

# 적조피해 최소화를 위한 적조탐지 ·예측시스템 구축 및 실증화 최종보고서

2020. 06. 12.

주관연구기관 / 한국해양과학기술원

협동연구기관 / (주)시스코어

위탁연구기관 / 부경대학교 산학협력단

해 양 수 산 부

해양수산과학기술진흥원

2017  
0393

적조피해최소화를 위한  
적조탐지·예측시스템  
구축 및 실증화

최종 보고서

2020

해양수산부

해양수산과학기술진흥원

수산실용화기술개발사업 R&D Report

의도적 공백

# 제 출 문

해양수산과학기술진흥원장 귀하

‘적조피해 최소화를 위한 적조탐지·예측시스템 구축 및 실증화’(연구개발 기간 : 2017. 04. 28. ~ 2019. 12. 31.) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2020. 06. 12.

주관연구기관명: 한국해양과학기술원 (원장) 김 응 서

협동연구기관명: (주)시스코어 (대표) 김 병 권

위탁연구기관명: 부경대학교 산학협력단 (단장) 서 용 철



주관연구책임자: 강 돈 혁

협동연구책임자: 김 병 권

위탁연구책임자: 윤 흥 주

국가연구개발사업의 관리 등에 대한 규정 제18조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

의도적 공백



## 보고서 요약서

과제 번호	20170393	총 연구 기간	2017. 04. 28~ 2019. 12. 31
연구사업명	수산실용화기술개발사업		
연구과제명	적조 피해 최소화를 위한 적조 탐지·예측시스템 구축 및 실증화		
총 연구기간 참여연구원 수	총: 52명	총 연구개발비	정부: 3,359,000 천원 기업: 400,007 천원 계: 3,759,007 천원
수행기관명	한국해양과학기술원		참여기업명: (주) 시스코어 위탁기관명: 부경대학교 산학협력단
국제공동연구	상대국명 : 해당 없음		상대국 연구기관명 : 해당 없음

### 요약

- 실시간 유해 적조 탐지·예측 시스템 개발
  - 해양 환경 및 기상 관측 자료 기반의 적조 발생 예보 (72시간) 알고리즘 연구 및 발생 예측 시스템 운용 기술 개발
  - 유해 적조 음향탐지 시스템을 이용한 실시간 탐지 체계 구축 및 현장 운용 기술 적용 및 자료 가시화
  - 유해생물 원격탐사를 위한 GOCI 위성 및 초분광 특성 기술 개발
  - 실증화 해역(통영, 여수, 거제)에 대한 GIS 기반 적조 정보 시스템 적용
  - 다중 모델 앙상블 고해상도 해류 이동 모델 개발 및 적용 (150 m 격자)
  - 해류 모델과 생물 모델을 적용한 적조 이동 예측 기술 개발 및 적용 (72시간)
  - 신속 탐지 기법 등을 활용한 실시간 적조 예측 정보 보정
  - 적조 발생, 이동 예측 모델 결과 비교 분석용 광역 및 고정점 조사 및 분석
- 실시간 적조 탐지·예측 시스템 현장 적용
  - 적조 정보 통합 및 가시화 체계 구축 및 운용
  - (1차년도) 통영, (2차년도) 통영-여수, (3차년도) 통영-여수-거제 해역 적용
  - 적용 : 실증화 해역 어민 양식장 및 연안
  - 시스템 : 기상, 해양환경 및 적조 탐지 시스템 (해상 플랫폼),  
자료 통합, 분석, 모델 운용 및 가시화 시스템 (육상 플랫폼)
  - 적용 기간 : 매년 하계 시기 3개월
  - 시스템 가동률 : 96.3 % (하계 시기 3개월 기준 3년 평균)
- 실시간 적조 정보 및 예보 서비스 시스템 구축 및 시범 운용
  - 대상 : KIOST, 국립수산과학원, 지자체, 장비 운용 양식장 어민
  - 서비스 방법 : SMS, 웹기반 홈페이지
  - 정보 제공 : 실시간 적조 정보 자료, 72시간 예측 정보 (매 1시간)
- 적조 정보 및 예보 서비스를 활용한 후속 적조 대응 방안
  - 어류 방류에 활용할 FTP 기반 적조 생물 정보 제공 (국립수산과학원)
  - 장비활용 및 유지보수 방안을 위한 ILS 기반 유지 보수 방안 제시
  - 사용자 만족도 조사 : 평균 79.8점으로 만족하는 수준임 (타 매체 64.6점)

의도적 공백

## 〈 요약문 〉

연구의 목적 및 내용	<p>1. 최종 목표 : 적조 피해 최소화를 위한 적조 탐지·예측 시스템 구축 및 실증화를 통한 실시간 적조 정보 서비스 제공</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실시간 적조 탐지·예측 시스템 개발</li> <li>○ 실시간 적조 탐지·예측 시스템 현장 적용</li> <li>○ 실시간 적조 정보 및 예보 서비스 시스템 구축 및 시범 운용</li> <li>○ 적조 정보 및 예보 서비스를 활용한 후속 적조 대응 방안</li> </ul> <p>2. 세부 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실시간 적조 탐지·예측 시스템 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양 환경 및 기상 관측 통계를 이용한 예보 시스템</li> <li>- 유해 적조 음향탐지 시스템을 이용한 실시간 탐지</li> <li>- 원격 탐사(RS), GIS 기반 적조 정보 시스템</li> <li>- 다중 모델 앙상블 적조 이동 예측 시스템</li> <li>- 신속 탐지 기법 등을 활용한 실시간 적조 예측 정보 보정</li> </ul> </li> <li>○ 실시간 적조 탐지·예측 시스템 현장 적용             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대상 해역 : (1차년도) 통영, (2차년도) 통영-여수, (3차년도) 통영-여수-거제</li> <li>- 적용 : 양식장 및 연안</li> <li>- 적용 시스템 : 해양 기상 및 환경 탐지 시스템 (해상), 예측 시스템 (육상)</li> <li>- 예측 기간은 3일, 시간 간격은 1시간 이내 기준</li> </ul> </li> <li>○ 실시간 적조 정보 및 예보 서비스 시스템 구축 및 시범 운용             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대상 : 지자체, 관련 기관, 인근 어업인</li> <li>- 서비스 방법 : SMS, 인터넷홈페이지, 스마트폰 앱</li> <li>- 정보 제공 : 실시간 탐지 자료, 72시간 예측 정보 (매 1시간)</li> </ul> </li> <li>○ 적조 정보 및 예보 서비스를 활용한 후속 적조 대응 방안             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장비활용 및 유지보수 방안</li> <li>- 사용자 만족도 조사</li> </ul> </li> </ul>
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실시간 적조 탐지·예측 시스템 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양 환경 및 기상 관측 자료 기반의 적조 발생 예보 (72시간 예측, 예측률 76.8%) 알고리즘 연구 및 발생 예측 시스템 운용 기술 개발</li> <li>- 유해 적조 음향탐지 시스템을 이용한 실시간 탐지 체계 구축 및 현장 운용 기술 적용 및 자료 가시화</li> <li>- 유해생물 원격탐사를 위한 GOCI 위성 및 초분광 특성 기술 개발</li> <li>- 실증화 해역(통영, 여수, 거제)에 대한 GIS 기반 적조 정보 시스템 적용</li> <li>- 다중 모델 앙상블 고해상도 해류 이동 모델 개발 및 적용 (150 m 격자)</li> <li>- 해류 모델과 적조 생물 모델을 적용한 적조 이동 예측 기술 개발 및 적용 (1시간 간격, 72시간 예측, 예측률 69.5%)</li> <li>- 신속 탐지 기법 등을 활용한 실시간 적조 예측 정보 보정</li> <li>- 적조 발생, 이동 예측 모델 결과 비교 분석용 광역 및 고정점 조사 및 분석</li> </ul> </li> <li>○ 실시간 적조 탐지·예측 시스템 현장 적용             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 적조 정보 통합 및 가시화 체계 구축 및 운용</li> <li>- 연차별 적용 : (1차년도) 통영, (2차년도) 통영-여수, (3차년도) 통영-여수-거제</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 적용 해역 : 실증화 해역 내 어민 양식장 및 연안</li> <li>- 적용 기간 : 매년 하계 시기 3개월</li> <li>- 시스템 가동률 : 96.3 % (하계 시기 3개월 기준 3년 평균)</li> <li>- 무인체를 이용한 적조 탐지 가능성 제시</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실시간 적조 정보 및 예보 서비스 시스템 구축 및 시범 운용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대상 : KIOST, 국립수산과학원, 지자체, 장비 운용 양식장 어민</li> <li>- 서비스 방법 : SMS, 웹기반 홈페이지</li> <li>- 정보 제공 : 실시간 적조 정보 자료, 72시간 예측 정보 (매 1시간)</li> </ul> </li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 적조 정보 및 예보 서비스를 활용한 후속 적조 대응 방안 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 장비활용 및 유지보수 방안을 위한 ILS 기반 유지 보수 방안 제시</li> <li>- 어류 방류에 활용할 FTP 기반 적조 생물 정보 제공 (국립수산과학원)</li> <li>- 사용자 만족도 조사 : 평균 79.8점으로 만족하는 수준임 (타 매체 64.6점)</li> </ul> </li> </ul>				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개발된 요소 기술을 이용하여 실시간 적조 탐지 및 예보 기반의 통합 시스템 시범 구축 운영 및 남해 연안역 구축에 활용</li> <li>○ 국립수산과학원 적조 종합상황실과의 연계를 통한 효율적인 적조 관리 및 실시간 정보 제공에 활용</li> <li>○ 적조 이동 예측 정확도 향상을 위한 후속 R&amp;D의 원천 기술 활용</li> <li>○ 해양생물 관련 ICT 기반 해양과학 기술, 웹기반 가시화 기술, 해양무인체 적용 기술, 해양생태계 실시간 모니터링 기술 등에 요소기술 활용</li> </ul>				
<p>핵심어 (5개 이내)</p>	적조	실시간 탐지	예측	시스템 구축	실증화

## < SUMMARY >

<b>Purpose &amp; Contents</b>	<p>1. Final goal: Real-time service of red-tide information through construction and demonstration of red-tide detection and prediction system to minimize the damage by red-tide outbreak</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Development of red-tide detection and prediction system in real-time</li> <li>○ Field application of red-tide detection and prediction system in real-time</li> <li>○ Demonstration and pilot operation of red-tide information and prediction service system in real-time</li> <li>○ Utilization plan of follow-up using red-tide information and prediction system</li> </ul> <p>2. Specific goal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Development of red-tide detection and prediction system in real-time <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prediction system using observation statistics of ocean environment and weather</li> <li>- Real-time detection using harmful red tide acoustic sensing system</li> <li>- Remote sensing (RS), GIS-based red tide information system</li> <li>- Multi-model ensemble red tide movement prediction system</li> <li>- Correction of red-tide prediction information in real-time using rapid detection technique</li> </ul> </li> <li>○ Field application of red-tide detection and prediction system in real-time <ul style="list-style-type: none"> <li>- Case ocean sites : Tongyeong (1st year), Yeosu-Tongyeong (2nd year), Geoje-Yeosu-Tongyeong (3rd year)</li> <li>- Application : fish farming area and coastal oceans</li> <li>- Application system : ocean weather and environment detection system (in ocean) and prediction system (in land)</li> <li>- Prediction time within 3 days, detection interval within 1 hours</li> </ul> </li> <li>○ Demonstration and pilot operation of red-tide information and prediction service system in real-time <ul style="list-style-type: none"> <li>- Used by : local government, research institute, and fishermen</li> <li>- Service methods : SMS, internet webpage, application of cell phone</li> <li>- Information supply : real-time detection data, 72-hour forecast information (every 1 hours)</li> </ul> </li> <li>○ Utilization plan of follow-up using red-tide information and prediction system <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan of application and maintenance system</li> <li>- User satisfaction survey</li> </ul> </li> </ul>
<b>Results</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Development of red-tide detection and prediction system in real-time <ul style="list-style-type: none"> <li>- Research of red-tide occurrence prediction (72 hours) algorithm based on ocean environment and weather observation data and development of operation prediction system operation technology</li> <li>- Real-time detection system using harmful red-tide acoustic sensing system, application of field operation technology and data visualization</li> <li>- Development of GOCI satellite and hyperspectral characteristics technology for remote sensing of harmful organisms</li> <li>- Application of GIS-based red-tide information system to demonstration oceans (Tongyeong, Yeosu, Geoje)</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Development and application of multi-model ensemble high-resolution current movement model (150 m grid)</li> <li>- Development and application of red-tide movement prediction technology using ocean current model and biological model (72 hours)</li> <li>- Correction of red-tide prediction information in real-time using rapid detection technique</li> <li>- Investigation and analysis of wide area and fixed point for comparative analysis of red-tide occurrence and movement prediction model results</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Field application of red-tide detection and prediction system in real-time <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establishment and operation of red-tide information integration and visualization system</li> <li>- Application by sites : Tongyeong (1st year), Yeosu-Tongyeong (2nd year), Geoje-Yeosu-Tongyeong (3rd year)</li> <li>- Application ocean sites : fish farming and coastal oceans in demonstration oceans</li> <li>- Application periods : summer seasons (3 months) every year</li> <li>- System operation rate : 96.3 % (averaged during 3 year of 3 months in summer)</li> <li>- Proposal of red tide detection using unmanned system</li> </ul> </li> <li>○ Demonstration and pilot operation of red-tide information and prediction service system in real-time <ul style="list-style-type: none"> <li>- Used by : KIOST, NIFS, local government, and fishermen of operating systems</li> <li>- Service methods : SMS, web-based homepage</li> <li>- Information supply : real-time detection data, 72-hour forecast information (every 1 hours)</li> </ul> </li> <li>○ Utilization plan of follow-up using red-tide information and prediction system <ul style="list-style-type: none"> <li>- ILS-based suggestion of maintenance plan for application and maintenance system</li> <li>- Provide of FTP-based server of red-tide biological information for fish release</li> <li>- User satisfaction survey : average 79.8 (other media 64.6)</li> </ul> </li> </ul>				
<p style="text-align: center;"><b>Expected Contribution</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Construction of integrated system and utilization in coastal southern sea based on red-tide detection and prediction of pilot system using developing elements technology</li> <li>○ Efficient red tide management and real-time information service by linking with all-source situation room of red-tide in NIFS</li> <li>○ Utilization of follow-up of R&amp;D technology for improve red-tide movement prediction accuracy</li> <li>○ ICT-based marine science technology related to marine organisms, web-based visualization technology, marine unmanned application technology, use of element technology for marine ecosystem of real-time monitoring</li> </ul>				
<p style="text-align: center;"><b>Keywords</b></p>	Red-tide	Real-time detection	Prediction	System construction	Demonstration

## < Content >

Chapter 1	Outline of research & development(R&D) project .....	13
1.	The purpose of R&D .....	13
2.	The necessity of R&D .....	14
3.	The scope of R&D .....	16
4.	The importance of R&D .....	26
Chapter 2	Status of technology development at domestics & overseas ·	28
1.	Status of domestics .....	28
2.	Status of overseas .....	37
Chapter 3	Contents and achievements of research performance .....	40
1.	Development and advancement of red tide detection and prediction system in real-time .....	40
2.	Field application of red tide detection and prediction system in real-time .....	66
3.	Pilot operation of red tide information and forecast service .....	202
4.	Subsequent red tide countermeasures using red tide information and forecast service .....	324
5.	Consultation with external organizations on task performance .....	343
Chapter 4	Achievement of goal and contribution to related field .....	347
1.	Achievement of goal .....	347
2.	Contribution & usability to related field .....	355
Chapter 5	Application plan to R&D achievements .....	359
1.	Utilization plan to R&D achievements .....	359
2.	Expectation effectiveness .....	361
Chapter 6	Security level of R&D achievement .....	365
Chapter 7	Research facilities and equipment registered in the National science & technology comprehensive information system .....	366
Chapter 8	Performance of implementation of safety measurements such as laboratories in accordance with R&D task .....	367
Chapter 9	Typical research performance of R&D tasks .....	368
Chapter 10	Others .....	394
Chapter 11	References .....	398

의도적 공백



## 〈 목 차 〉

제1장 연구개발과제의 개요 .....	13
제1절 연구개발의 목적 .....	13
제2절 연구개발의 필요성 .....	14
제3절 연구개발의 범위 .....	16
제4절 연구개발의 중요성 .....	26
제2장 국내외 기술 개발 현황 .....	28
제1절 국내 현황 .....	28
제2절 국외 현황 .....	37
제3장 연구 수행 내용 및 성과 .....	40
제1절 실시간 적조 탐지·예측 시스템 구축 개발 및 고도화 .....	40
제2절 실시간 적조 탐지·예측 시스템 현장적용 .....	66
제3절 적조 정보 및 예보 서비스 시범 구축 운영 .....	202
제4절 적조 정보 및 예보 서비스를 활용한 후속 적조 대응 방안 .....	324
제5절 과제 수행 관련 대외 기관 업무 협의 .....	343
제4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....	347
제1절 목표 달성도 .....	347
제2절 관련 분야 기여도 및 활용성 .....	355
제5장 연구개발성과의 활용 계획 .....	359
제1절 연구개발성과의 활용 방안 .....	359
제2절 기대 효과 .....	361
제6장 연구개발성과의 보안등급 .....	365
제7장 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황 .....	366
제8장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적 .....	367
제9장 연구개발과제의 대표적 연구 실적 .....	368
제10장 기타 사항 .....	394
제11장 참고 문헌 .....	398

의도적 공백

# 제1장 연구개발 과제의 개요

## 제1절 연구개발의 목적

### 1. 연구개발 정의

- 다양한 (준)실시간 적조탐지 방법(음향탐지, 해양 관측위성, 환경 자료 관측, 미세 조류 유전자 분석 등)에 기반한 탐지 기술 개발 및 활용을 기반으로 한 유해적조의 양식장 주변 해역과 광역 동시 탐지 체계 망 구축과 운용을 통하여 적조로 인한 수산 피해 저감에 기여
- 정보통신기술(ICT)을 기반으로 한 적조 관측 정보, 모델 정보, 해양 환경 정보의 융합, 분석, 시스템 제어 기술을 통한 실시간 적조 정보 제공 체계 구축

### 2. 연구개발 목적

- 매년 불규칙하게 다양한 피해를 유발하는 적조를 현실적으로 대응하기 위하여 관측 기반의 (준)실시간 탐지 요소 기술(MT-BT-IT-ST), 모델 기반의 예측 및 이동, ICT 기반의 적조 통합 정보의 실시간 제공 및 가시화 체계 구축 및 실증화 운영을 통해 양식장 어류 피해를 최소화할 위한 적조 정보 제공 기반 마련

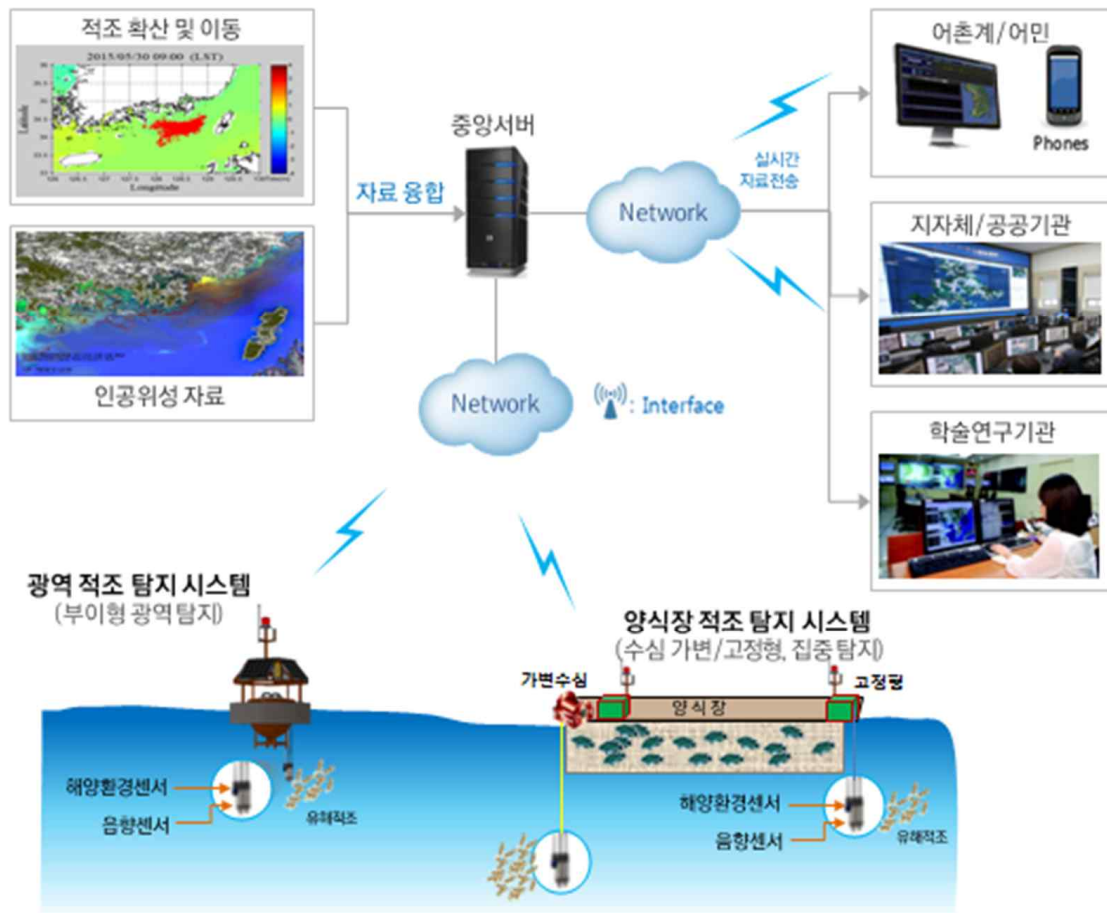


그림 1. 실시간 유해 적조 탐지·예측 정보 제공 시스템 구축 개념도

## 제2절 연구개발의 필요성

- 여름철 남해안에서 발생하는 적조는 양식 어류에 막대한 피해를 유발함. 실제 어류 피해는 '95년 764억원, '03년 215억원, '07년 115억원, '13년 247억원, '14년 74억원에 달하며, 방제와 피해 복구 총 비용은 '13년도에만 약 600억원에 달함



그림 2. 2013년 대규모 적조 발생 및 구제 현황 사진



그림 3. 적조 발생 관련 피해 사례 언론 보도

- 매년 하계시기에 남해안을 중심으로 국가 사회적 중요 현안임을 고려하여 적조 대응을 위한 기초 원천기술 개발 연구가 '00년~'12년 약 225억원 규모로 진행되었으나 아직까지 문제 해결에는 실패함
- 우리나라의 적조는 1961년 진해 부근의 진동만에서 적조가 목격된 이래, 1995년부터 급격하게 적조 발생이 증가하게 되는데 이는 매년 남해안과 동해안에서 발생하고 있는 *Cochlodinium polykrikoides* (*C. polykrikoides*)에 의한 적조가 주를 이루었으며 이로 인해 양식어장에 큰 피해를 입히고 있음
- 전 세계적으로 적조에 대한 기초 연구뿐만 아니라 적조 발생 조기 예보 및 대책 등에 대한 국가의 지원은 실로 막대함. 국내에서는 환경 및 산업에 막대한 영향을 끼치는 적조를 없애려는 여러 가지 과학적인 접근이 시도되고 있으나, 현재 실용화된 기술은 황토 이용 기술

---

이외에 아직 현장에서 만족할 만한 결과를 얻지 못하고 있음. 따라서 적조의 발생 후 조치를 강화하는 기술의 개발과 더불어 적조 조기 경보 대책을 마련하는 것은 필수적이라고 하겠음

- 이와 같이 연중 지속적으로 막대한 경제적 손실을 야기하는 적조를 예방하기 위해서는 유해조류의 출현 양상을 지속적으로 확인하여야 하나, 현미경을 이용하여 유해조류를 관찰하고, 이들의 출현양상을 모니터링 하는 것은 전문적인 기술자가 많은 시간을 조사하여 저밀도에서 유해조류의 출현 여부를 확인하기 때문에 과거의 기술을 기반으로 유해조류 예보 시스템을 구축하는 것은 불가능함
- 우리나라의 경우 매해 적조로 인한 경제적 손실이 엄청난 것이 사실임. 그럼에도 불구하고 지금까지는 황토 살포 후속 조치 이외에 우리가 할 수 있는 일은 거의 없었음. 이러한 현실을 극복하기 위하여 유해조류의 번성 이전에 예보할 수 있는 시스템을 구축하는 것임. 예보 시스템을 통하여 양식장에서 키우고 있는 어족 자원의 피해를 최소화 할 수 있음
- 적조 대응 방법이 고비용의 인력에 의존하는 정기적인 직접 채집·예찰 수준에서 인공위성, 자동항행장비, 수중음향센서, 분자탐침키트 등을 활용한 실시간 감시·예보 체계 구축 및 활용을 위한 요소 기술 활용으로 실시간 감시 및 모니터링 체계 구축 필요함
- 효과적인 양식 어류 피해 방지 대책으로 해수부는 '13년부터 '적조 발생해역 양식어류 긴급 방류 지침'을 시행하고 있으나, 현장에서는 적조에 의한 어류 폐사를 방지하기 위한 어류 방류 시점을 실시간으로 정확히 판단할 수 있는 과학적 기준이 필요함
- 어민이 운용중인 양식장 주변 해역에서의 실시간 적조 발생 정보, 해양 환경 정보, 유입 및 이동 정보 등임. 그러나 현재의 채수 및 목시 관측에 의한 자료는 시간 지연, 광역 자료, 주간 자료 등에 기반 하기 때문에 어민의 요구와는 상당한 차이가 발생함
- 따라서 적조 다발생 해역에서의 유해 적조 실시간 탐지 체계 구축, 적조 발생 해역의 환경 분석, 적조의 확산 및 이동 예보, 어민-지자체 실시간 적조 통합 정보 지원 체계 구축이 필요한 시점임

---

## 제3절 연구개발의 범위

### 1. 연구개발 최종 목표

#### 가. 최종 목표

- 양식장 적조 피해 최소화를 위한 관측 기반의 (준)실시간 탐지 요소 기술(MT-BT-IT-ST), 모델 기반의 예측 및 이동, ICT 기반의 적조 통합 정보의 실시간 제공, 가시화 체계 구축 및 실증화

#### 나. 최종목표 설정근거

- 다양한 (준)실시간 적조탐지 방법(음향탐지, 해양 관측위성, 환경 자료 관측 분석 등)에 기반한 탐지 기술 개발 적용 가능
- 실측 해양 자료, 기상 자료를 기반으로 예측 모델 적용 및 KOOS 모델, 적조 생태 모델을 이용한 72시간 확산 예측 기술 적용 가능
- ICT 기술을 적용한 실시간 정보 DB 구축, 예측 모델과의 융합, 시스템 관제 및 운용, 자료 동화 및 가시화, 정보 제공 네트워크 구축 적용 가능

#### 다. 세부목표

- 유해적조 생물의 광역 신속 탐지를 위한 요소 기술(MT-BT-IT-ST) 개발과 자료 융·복합을 통한 광역 탐지 체계 망 구축 및 운용 기술 개발

#### 라. 성과목표 (최종성과물)

##### (1) 실시간 적조탐지·예측 시스템 개발

- 수온, 기온, 영양염류, 강우량, 일사량, 일조시수, 바람, 염분, 조류, 클로로필 등 해양기상 관측 통계를 이용한 예보를 위한 데이터 구축
- 유해적조 음향탐지 시스템을 이용한 실시간 적조탐지 시스템 구축
- RS, GIS 등 기반 적조 정보 시스템 적용
- 국내 유관 기관 개발 자료(수과원, 조사원, KIOST, 기상청 등) 정보 연동 및 활용
  - 유해적조 생물의 신속 탐지기법(Real time PCR, FlowCam) 등을 활용한 실시간 예측 정보 보정

##### (2) 실시간 적조탐지·예측 시스템 현장 적용

- 적조 대표 발생 지역 - 통영, 여수(고흥), 거제 해역 연안 및 양식장에 관측 시스템 설치
  - 예측 기간은 3일 예측 기준, 시간 간격은 3시간 이내 기준
- 적조 이동 확산 및 예측 정확도 제시

##### (3) 대국민 적조정보 및 예보서비스 시범 개시

- 지자체, 관련기관, 어업인 및 대국민 실시간 적조 탐지 및 예측 정보 서비스 시스템 구축

- 맞춤형 서비스 : SMS 등
- 대국민 서비스 : 인터넷 홈페이지 (Web 기반)
- 어민 및 대국민 대상 적조 발생 신고 앱 개발 및 활용
- (4) 장비 활용 방안, 적조 생물 정보 제공 체계 및 만족도 조사
  - 장비 활용 및 시스템 구축 방안 제시 (ILS 기반)
  - 어류 방류에 활용할 적조 생물 정보 제공 체계 운용 (FTP 및 가시화 체계 활용)
  - 실시간 정보/예보 서비스 사용자 만족도 설문 조사 수행

## 2. 연구개발 내용 및 범위

### 가. 1차년도 세부 연구개발 목표, 내용 및 범위

세부 연구개발 목표	세부 연구개발 내용 및 범위	연구비 (천원)	수행기관
실시간 적조 탐지·예측 시스템 개발	1. 해양기상관측통계 (기온, 강수량, 일사량, 일조시수, 바람 등)를 이용한 예보를 위한 데이터 구축 2. 유해적조 음향탐지 시스템을 이용한 실시간 적조탐지 시스템 구축 3. 원격 탐사 (RS) 기반 적조 발생 현장 감시 - 천리안 해양위성 (GOCI)을 이용한 적조 발생 감시 결과의 실시간 제공 체계 구축 4. GIS 기반 적조 정보 시스템 개발 - 해양기상 관측 통계자료 및 국내 유관기관 개발자료 자료 등 빅데이터 분석	325,000	주관 : 한국해양과학기술원 위탁 : 부경대
	5. 탐지 시스템 구성 하드웨어 연동 설계 및 구현 6. 자료 통합 및 Database 설계 7. 위성자료, GIS 기반 가시화 설계 8. 운용해양 예보시스템 연동 및 가시화 설계 9. 자료 융합 및 표출 설계	30,000	협동 : (주)시스코어
실시간 적조 탐지·예측 시스템 현장 적용	1. 연구해역 (통영) 연안 및 양식장 실시간 적조 탐지, 예측 시스템 설치 및 운용 - 관측 센서 및 네트워크 운용 - 실시간 적조 탐지 예측 및 무선 수온 탐지 시스템 현장 운용 2. 적조 생물 ( <i>Cochlodinium polykrikoides</i> ) 정밀 모니터링 - 72시간 예측모형 정보 보정을 위한 적조 생물 정밀 모니터링 - 유해적조생물의 실시간 예측정보 보정을 위한	55,000	주관 : 한국해양과학기술원

	<p>통영/남해 해역 광역 모니터링</p> <p>3. 원격 탐사 (RS) 기반 적조 발생 현장 감시</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 통영 인근 해역에서 수행한 선박 현장 조사</li> <li>- 지상 초분광 센서를 통한 적조 발생 감시</li> </ul> <p>4. 다중 앙상블 이동 예측 시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 유관기관 기상 및 유동 예측 자료 수집</li> <li>- 정밀 격자 72시간 3차원 순환 예측 시스템 (예측 정확도: 60 %) 구축</li> </ul> <p>5. 실시간 적조 예측 시스템 현장 적용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 확산 예측 시스템 (물리 요소) 구축 및 운영</li> <li>- 적조 확산 예측 모델 구축</li> </ul>		
대국민 적조정보 및 예보 서비스 시범 구축	<p>1. 적조 정보 서비스 구축 알고리즘 작성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자료 전송, DB, 자료 융합</li> <li>- 가시화, 네트워크 구성 등</li> </ul> <p>2. 시스템 구성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구진 분석용 시스템 구성</li> </ul>	35,000	협동 : (주)시스코어
적조정보 및 예보 서비스를 활용한 후속 적조대응 방안	<p>1. 시스템 유지 보수</p> <p>2. 시스템 및 장비 운용 방안</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ILS 개념 도입으로 유지 보수 방안</li> </ul> <p>3. 해당 지역 만족도 조사</p>	20,000	주관 : 한국해양 과학기술원

나. 2차년도 세부 연구개발 목표, 내용 및 범위

세부 연구개발 목표	세부 연구개발 내용 및 범위	연구비 (천원)	수행기관
실시간 적조 탐지·예측 시스템 구축 고도화	<p>1. 적조 예보를 위한 통영/여수 해역 해양 기상 관측 데이터 (기온, 강우량, 일사량, 일조시수, 바람 등) 구축</p> <p>2. 통영/여수 유해적조 음향탐지 시스템을 이용한 실시간 적조 탐지 시스템 구축 및 운영</p> <p>3. 원격 탐사 기반 적조 정보 시스템</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 원격탐사 자료 및 현장관측 자료의 해양수치 모델로의 자동 연계 체계 구축</li> </ul> <p>4. GIS 기반 적조 정보 시스템 기반 구축 고도화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해양기상 관측 통계 분석을 이용한 적조 발생 예보 기술 개발 및 적용과 시스템 구축</li> <li>- 위성 기반 적조탐지 알고리즘 개발</li> </ul>	700,000	주관 : 한국해양 과학기술원 위탁 : 부경대
	5. 탐지 시스템 구성 하드웨어 연동 추가 구현	160,000	협동 :



	6. 자료 통합 및 Database 구현 7. 위성자료, GIS 기반 가시화 구현 8. 운용해양 예보시스템 연동 및 가시화 구현 9. 자료 융합 및 표출 구현 - 탐지시스템, 위성, 예보시스템 자료통합 구현		(주)시스코어
실시간 적조 탐지·예측 시스템 현장 적용	1. 음향탐지 시스템 현장 (통영/여수) 설치 - 관측 센서 및 네트워크 현장 설치 운용 (* 통영: 무인 수상정을 이용한 이동 탐지 시범 실시) 2. 통영/여수 해역 적조 생물 정밀 모니터링 - 72시간 예측모형 정보 보정을 위한 적조 생물 정밀 모니터링 - 유해적조생물의 실시간 예측정보 보정을 위한 통영/여수 해역 광역 모니터링 - 적조 수직 이동 및 이에 따른 영향 요인 분석 3. 원격 탐사 (RS) 기반 적조 정보시스템 - 원격탐사 및 현장관측 자료의 해양수치 모델로의 자동 연계 체계 구축 4. 다중모델 앙상블 이동 예측 시스템 구축 - 정밀 격자 72시간 3차원 예측시스템 구축 (여수) - 구축 및 수집된 모델결과를 이용한 앙상블 기법 (Super, hyper) 연구 및 시스템 구축 5. 예측 시스템 확산 모델 비교 검증 및 실험역 적용 6. 유해적조생물의 신속 탐지기법 등을 활용한 실시간 예측정보 보정 - 유전자 기반 적조 생물 실시간 진단 Kit 적용 - 휴대용 적조 광학탐지 모듈 현장 적용	241,000	주관 : 한국해양과학기술원 (무인 수상정 지원)-(주)LIG넥스원)
적조정보 및 예보 서비스 시범 개시	1. 적조 정보 및 예보 서비스 시스템 구축 및 시범 개시 2. 관련기관 등 적조 정보 시스템 공유 및 공동 활용 3. 실시간 적조 발생 정보의 가시화 전송 체계 개발 및 운용	150,000	협동 : (주)시스코어
적조 정보 및 예보서비스를 활용한 후속 적조대응 방안	1. 장비 유지 보수 방안 (ILS 개념 도입) 2. 어류 방류 관련 적조 생물 정보 제공 3. 유관기관 대상 적조 서비스 만족도 조사	131,000	주관 : 한국해양과학기술원

다. 3차년도 세부 연구개발 목표, 내용 및 범위

세부 연구개발 목표	세부 연구개발 내용 및 범위	연구비 (천원)	수행기관
실시간 적조 탐지·예측 시스템 구축 고도화	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 해양기상 관측 통계를 이용한 예보를 위한 데이터 구축 (기온, 풍향, 일사량, 풍속 등)</li> <li>2. 통영/여수/거제 해역 유해적조 음향탐지 시스템을 이용한 실시간 적조 탐지 시스템 구축 및 운영</li> <li>3. 원격탐사(RS) 기반 적조 발생 감시 기술 고도화               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 위성 기반 적조 주의보 및 경보 전파 기술 확립</li> <li>- 초분광 센서 자료로부터의 반사도 스펙트럼 분석을 통한 종 분류 기술 고도화</li> </ul> </li> <li>4. GIS 기반 적조 예보 시스템 정확도 개선, 시스템 구축               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 적조 발생 상황과 비교 분석을 통한 적조 예보 시스템 검증 및 정확도 개선</li> <li>- GIS 기반 적조 정보 시스템 구축</li> </ul> </li> </ol>	705,000	주관 : 한국해양과학기술원 위탁 : 부경대
	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. 적조 탐지 시스템 성능 검증 및 연동</li> <li>6. Database 서버 이중화 구축 및 운용</li> <li>7. 적조 자료 융합 및 표출 확장 및 보완</li> <li>8. 관제 센터용 제어 통제 및 모니터링 체계 구축</li> <li>9. Web 기반 모니터링 체계 구축</li> </ol>	160,000	협동 : (주)시스코어
실시간 적조 탐지·예측 시스템 현장적용	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 여수(고흥), 통영, 거제 연안 및 양식장 설치 및 운영               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 관측 센서 및 네트워크 운용</li> <li>- 현장 설치 운영 (부이형/양식장용 관측 시스템)</li> <li>- 시스템 유지 보수 및 개선 관리</li> </ul> </li> <li>2. 여수(고흥), 통영, 거제 연안 적조 생물 정밀 모니터링               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 72시간 예측모형 정보 보정을 위한 적조 생물 정밀 모니터링</li> <li>- 유해적조생물의 실시간 예측정보 보정을 위한 거제/여수(고흥)/통영 해역 광역 모니터링</li> </ul> </li> <li>3. 원격 탐사 (RS) 기반 적조 정보시스템               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 초분광 센서 지상 관측소를 이용한 적조 발생 범위 및 농도 관측</li> <li>- GOCI 적조 탐지/정량화 영상 제공 및 가시화 체계로 전송</li> <li>- GOCI 클로로필 영상 자료를 적조 밀도 변환 정확도 향상 및 모델 활용 기반의 모듈 구현</li> </ul> </li> </ol>	251,000	주관 : 한국해양과학기술원

	<p>4. 다중모델 앙상블 이동 예측 시스템 구축 및 운용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정밀 격자 72시간 3차원 예측 시스템 구축 (거제)</li> <li>- 다중 모델 앙상블 이동예측 시스템 운영</li> </ul> <p>5. 실시간 이동 예측 및 적조 확산 모델 검증과 실험 적용</p> <p>6. 유해 적조 생물의 신속 탐지기법 등을 활용한 실시간 예측 정보 보정</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유전자 기반 적조 실시간 진단 Kit 적용</li> <li>- 휴대용 적조 광학탐지 모듈 개발 및 현장 적용</li> </ul>		
	<p>7. 실시간 적조 탐지·예측 시스템 설치 및 시험 지원 (통영, 여수, 거제)</p>	50,000	협동 : (주)시스코어
적조정보 및 예보서비스 시범개시	<p>1. 적조 정보 서비스 시스템 시범 구축 및 운영 (정부, 지자체, 관련기관 등)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 데이터 공유를 위한 OpenAPI 서비스 제공</li> </ul> <p>2. 적조 정보 시스템 운영 및 기술 지원</p>	155,000	협동 : (주)시스코어
적조정보 및 예보서비스를 활용한 후속 적조대응 방안	<p>1. 장비 유지 보수 방안 제시</p> <p>2. 어류 방류 관련 적조 생물 정보 제공 (FTP 활용)</p> <p>3. 유관기관 대상 적조 서비스 만족도 조사 (최종)</p>	131,000	주관 : 한국해양 과학기술원

### 3. 연구개발 성과 목표

#### 가. 정량적 성과목표 및 성과지표

구분	성과목표	성과지표	세부 성과 지표	목표치	가중치 (%)	평가기준
최종 목표	실시간 적조탐지·예측 시스템	실시간 적조탐지·예측 시스템 개발	적조 예측 기간	3일	35	· 72시간 적조 예측 모델 운영 여부
			예측 자료 제공 시간 간격	3시간		· 적조 이동 모델 결과 업데이트 시간 간격
			탐지 시스템 정상 가동률	90 %		· 시스템 운영 시작 및 종료시까지의 가동률
			예측 정확도	70 %		· 적조 이동 예측 정확도 (발생 유무, 도달 유무 등)
	실시간 적조탐지·예측 시스템 현장 적용	실시간 적조탐지·예측 시스템 현장 적용	대표발생지역 거제 여수(고흥), 통영 등 연안 설치	3건	25	· 주요 적조 발생 해역 (통영, 여수(고흥), 거제) 연안에서의 현장 적용 여부
			대표발생지역 거제 여수(고흥), 통영 등 양식장 설치	6건		· 주요 적조 발생해역 (통영, 여수(고흥), 거제) 양식장에서의 현장 적용 여부
	적조발생 가시화 체계 개발	실시간 적조 발생 모니터링용 가시화 체계 개발 및 운용	1건	10	· 적조 발생 가시화 체계 개발 여부	
	실시간 적조정보 및 예보 서비스 시스템 구축 및 서비스 시범개시	대국민 적조정보 및 예보서비스 시범 개시	어류 방류에 활용할 적조 생물 정보 제공 체계 운용	1건	30	· 어류 방류에 활용할 적조 생물 정보 제공 체계 운용 여부
			적조 탐지·예측 시스템 유지 보수 매뉴얼	1건		· 적조 탐지·예측 시스템 유지보수 매뉴얼 작성 여부
			사용자 만족도 조사	75점		· 정책기관, 수과원 등 관리자 등을 대상으로 한 만족도 조사 결과 제시
1 차 년 도 · 1 7 년	실시간 적조탐지·예측 시스템	실시간 적조탐지·예측 시스템 개발	적조 예측 기간	3일	35	· 72시간 적조 예측 모델 운영 여부 (통영 해역)
			예측 자료 제공 시간 간격	3시간		· 적조 이동 모델 결과 업데이트 시간 간격 (통영 해역)
			탐지 시스템 정상 가동률	85 %		· 시스템 운영 시작 및 종료시까지의 가동률 (통영 해역)
			예측 정확도 기준 설정			· 적조 이동 예측 정확도 (통영 해역)
	실시간 적조탐지·예측 시스템 현장 적용	실시간 적조탐지·예측 시스템 현장 적용	통영 연안 설치	1건	25	· 통영 연안에서의 현장 적용 여부
			통영 양식장 설치	2건		· 통영 양식장에서의 현장 적용 여부
	적조발생 신고앱 개발	적조 발생 신고앱 설계	1건	10	· 적조 발생 신고앱 설계 여부	
	실시간 적조정보 및 예보 서비스 시스템 구축 및 서비스 시범개시	대국민 적조정보 및 예보서비스 시범 개시	대국민 적조 정보 및 예보 서비스 설계	1건	30	· 대국민 적조정보 및 예보 서비스 설계 여부
			적조 탐지·예측 시스템 유지 보수 매뉴얼 초안	1건		· 적조 탐지·예측 시스템 유지 보수 매뉴얼 초안 작성 여부
			사용자 만족도 조사	75점		· 어업인, 정책기관, 대국민 등을 상대로 한 만족도(필요성) 조사 결과 제시 (통영 해역)
2	실시간 적조탐지·예측	실시간 적조탐지·예측	적조 예측 기간	3일	35	· 72시간 적조 예측 모델 운영 여부 (통영, 여수(고흥) 해역 적용)

차 년 도 · 1 8 년	예측 시스템	시스템 개발	예측 자료 제공 시간 간격	3시간	25	· 적조 이동 모델 결과 업데이트 시간 간격 (통영, 여수(고흥) 해역 적용)
			탐지 시스템 정상 가동률	90 %		· 시스템 운영 시작 및 종료시까지의 가동률 (통영, 여수(고흥) 해역 적용)
			예측 정확도	60 %		· 적조 이동 예측 정확도 (발생 유무, 도달 유무 등) (통영, 여수(고흥) 해역 적용)
		실시간 적조탐지·예측 시스템 현장 적용	대표발생지역 거제, 여수(고흥), 통영 등 연안 설치	1건	25	· 주요 적조 발생 해역 (통영, 여수(고흥)) 연안에서의 현장 적용 여부
			대표발생지역 거제, 여수(고흥), 통영 등 양식장 설치	2건		· 주요 적조 발생 해역 (통영, 여수(고흥)) 양식장에서의 현장 적용 여부
		적조발생 가시화 전송 체계 개발	실시간 적조 발생 모니터링용 가시화 전송 체계 개발 및 운용	1건	10	· 적조 발생 가시화 전송 체계 개발 및 운용 여부
	실시간 적조정보 및 예보 서비스 시스템 구축 및 서비스 시범개시	대국민 적조정보 및 예보서비스 시범 개시	대국민 적조 정보 및 예보 서비스	1건	30	· 적조 관리자 대상으로 한 적조 정보 및 예보 서비스 제공 여부
			적조 탐지·예측 시스템 유지 보수 매뉴얼 작성	1건		· 적조 탐지·예측 시스템 유지 보수 매뉴얼 작성 여부
			사용자 만족도 조사	75점		· 정책기관, 수파원 등 관리자를 상대로 한 만족도(필요성) 조사 결과 제시 (통영, 여수(고흥))




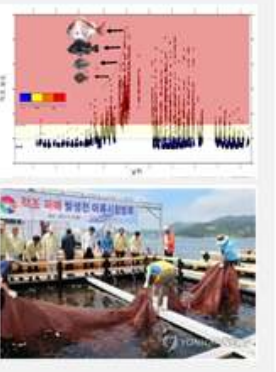
3 차 년 도 · 1 9 년	실시간 적조탐지·예측 시스템	실시간 적조탐지·예측 시스템 개발	적조 예측 기간	3일	35	· 72시간 적조 예측 모델 운영 여부 (통영, 여수(고흥), 거제 해역 적용)
			예측 자료 제공 시간 간격	3시간		· 적조 이동 모델 결과 업데이트 시간 간격 (통영, 여수(고흥), 거제 해역 적용)
			탐지 시스템 정상 가동률	90 %		· 시스템 운영 시작 및 종료시까지의 가동률 (통영, 여수(고흥), 거제 해역 적용)
			예측 정확도	70 %		· 적조 이동 예측 정확도 (발생 유무, 도달 유무 등) (통영, 여수(고흥), 거제 해역 적용)
		실시간 적조탐지·예측 시스템 현장 적용	대표발생지역 거제, 여수(고흥), 통영 등 연안 설치	1건	25	· 주요 적조 발생 해역 (통영, 여수(고흥), 거제) 연안에서의 현장 적용 여부
			대표발생지역 거제, 여수(고흥), 통영 등 양식장 설치	2건		· 주요 적조 발생 해역 (통영, 여수(고흥), 거제) 양식장에서의 현장 적용 여부
	적조발생 가시화 체계 개발	실시간 적조 발생 모니터링용 가시화 체계 개발 및 운용	1건	10	· 적조 발생 가시화 체계 개발 및 운용 여부	
	실시간 적조정보 및 예보 서비스 시스템 구축 및 서비스 시범개시	대국민 적조정보 및 예보서비스 시범 개시	대국민 적조 정보 및 예보 서비스	1건	30	· 적조 관리자를 대상으로 한 적조 정보 및 예보 서비스 제공 여부
			적조 탐지·예측 시스템 유지 보수 매뉴얼 작성	1건		· 적조 탐지·예측 시스템 유지 보수 매뉴얼 작성 여부
			사용자 만족도 조사	75점		· 정책기관, 수파원 등 관리자를 상대로 한 만족도(필요성) 조사 결과 제시 (통영, 여수(고흥), 거제)

나. 계량적 성과 목표

구분	년도	성과목표	변경전	변경 후
			1차협약('17.4) 시 목표치(건)	2차협약('17.12)시 변경
성과 목표 합계	2017- 2019	국내특허(출원/등록)	0/0	5/4
		국제특허(출원/등록)	0/0	0/0
		논문(SCI/비SCI)	0/0	5/4
		학회발표(국내/국외)	0/0	5/10
		인력양성(학사/석사/박사)	0/0/0	0/0/5
1차년 도	2017	국내특허(출원/등록)	0/0	2/0
		국제특허(출원/등록)	0/0	0/0
		논문(SCI/비SCI)	0/0	1/0
		학회발표(국내/국외)	0/0	1/4
		인력양성(학사/석사/박사)	0/0/0	0/0/3
2차년 도	2018	국내특허(출원/등록)	0/0	2/2
		국제특허(출원/등록)	0/0	0/0
		논문(SCI/비SCI)	0/0	2/2
		학회발표(국내/국외)	0/0	2/4
		인력양성(학사/석사/박사)	0/0/0	0/0/1
3차년 도	2019	국내특허(출원/등록)	0/0	1/2
		국제특허(출원/등록)	0/0	0/0
		논문(SCI/비SCI)	0/0	2/2
		학회발표(국내/국외)	0/0	2/3
		인력양성(학사/석사/박사)	0/0/0	0/0/1

#### 4. 연구개발 로드맵

구분	1차년도 (2017)	2차년도 (2018)	3차년도 (2019)
시범 해역	통영 해역	통영/고흥(여수) 해역	통영/고흥(여수)/거제 해역
사업 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 실시간 적조 탐지·예측 시스템 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기상 관측 기반 데이터 구축</li> <li>- 적조 생물 정밀 모니터링</li> <li>- 적조 음향탐지/환경관측 통합 시스템 구축 및 운영</li> <li>- 원격탐사 기반 적조정보시스템</li> <li>- GIS 기반 적조 정보 시스템 개발</li> </ul> </li> <li>· 실시간 탐지·예측 시스템 현장 적용               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다중 양상을 이동예측 시스템 개발</li> <li>- 실시간 적조 예측시스템 현장 적용</li> </ul> </li> <li>· 적조정보 및 예보 서비스 시범 구축               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정보서비스 구축 알고리즘 작성</li> <li>- 연구진 분석용 시스템 구성</li> </ul> </li> <li>· 적조정보 활용 후속 적조대응 방안               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 적조 생물에 따른 상위 포식자 관계 규명</li> <li>- 시스템 유지보수/만족도 조사</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 실시간 적조 탐지·예측 시스템 적용               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기상 관측 기반 데이터 구축</li> <li>- 적조 생물 정밀 모니터링</li> <li>- 적조 음향탐지/환경관측 통합 시스템 구축 및 운영</li> <li>- 원격탐사/GIS 기반 정보시스템</li> <li>- 실시간 예측 정보 보정(신속 탐지)</li> </ul> </li> <li>· 실시간 탐지·예측 시스템 현장 적용               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다중 양상을 이동예측 시스템 적용</li> <li>- 실시간 적조 예측시스템 현장 적용</li> </ul> </li> <li>· 적조정보 및 예보 서비스 시범 구축               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 적조 정보 서비스 시스템 구축 및 운영</li> </ul> </li> <li>· 적조정보 활용 후속 적조대응 방안               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시스템 유지 보수 및 활용 방안</li> <li>- 적조생물정보 실시간 제공 체계 운용</li> <li>- 관리자 만족도 조사</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 실시간 적조 탐지·예측 시스템 적용               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기상 관측 기반 데이터 구축</li> <li>- 적조 생물 정밀 모니터링</li> <li>- 적조 음향탐지/환경관측 통합 시스템 구축 및 운영</li> <li>- 원격탐사/GIS 기반 정보시스템</li> <li>- 실시간 예측 정보 보정(신속 탐지)</li> </ul> </li> <li>· 실시간 탐지·예측 시스템 현장 적용               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다중 양상을 이동예측 시스템 적용</li> <li>- 실시간 적조 예측시스템 현장 적용</li> </ul> </li> <li>· 적조정보 및 예보 서비스 시범 구축               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 적조 정보 서비스 시스템 보완 및 운영</li> </ul> </li> <li>· 적조정보 활용 후속 적조대응 방안               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시스템 유지 보수 및 활용 방안 (최종)</li> <li>- 적조생물정보 실시간 제공 체계 운용</li> <li>- 관리자 만족도 조사 (최종)</li> </ul> </li> </ul>
주요 사업 성과물	<p>통영/고흥(여수)/거제 시범 해역의 실시간 적조 탐지 및 예측 시스템 개발 및 현장 적용</p> <p>적조 정보 및 예보 서비스 체계 구축 / 가시화 체계 운영</p> <p>정부 - 지자체 - 연구기관 등 관리자 적조 정보 서비스</p>		
소요 예산	4.7 억원	14.32 억원	14.52 억원

실시간 적조탐지 시스템 개발 및 현장 적용	적조 예측 및 확산 시스템 개발	실시간 적조 정보 및 예측 서비스 시스템 구축 및 서비스	후속 적조 대응 연구 방안 연구
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 광역 및 양식장에 실시간 적조 탐지 음향/ 환경 센서 설치 및 탐지</li> <li>· 위성, 유전자 탐침, 스마트폰 광학탐지 등 탐지 센서 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 해역의 조류, 기상 등을 고려한 적조 확산 경로 정밀 예측 (KOOS 기술 적용)</li> <li>· 적조 내습 대상 양식장 예측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 적조 상황 24시간 정보 서비스 체계 구축</li> <li>· ICT 기반 적조 종합 정보 네트워크 구축 (72시간 예보)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 장비 유지 보수 및 활용 방안 제시</li> <li>· 적조 생물정보 제공 체계 운영</li> <li>· 관리자용 서비스 만족도</li> </ul>
			

## 제4절 연구개발의 중요성

- 과거에 출현한 적조는 시·공간적 변동이 특정 기간과 해역에 국한되어 나타났으나 최근에는 한반도 연안 어디서나 발생하는 경향을 보이고 있음. 특히 *Cochlodinium polykrikoides* 적조는 남해 전역뿐만 아니라 동해 및 서해 연안 해역까지 확산되면서 어류의 집단폐사 등과 같은 경제적 손실과 생태계에 막대한 악영향을 야기하고 있음
- 적조 발생에 따른 피해액이 1995년에는 764억, 2003년에는 약 220억, 2007년에는 약 120억, 2012년에는 약 45억, 2013년에는 약 250억원이 발생했음. 특히 2013년의 경우 방제 및 방지에 약 75억원, 연 인원 32,515명, 황토 살포 56,812톤, 장비 동원 1,875대, 복구 비용 206억원, 보험금 지급 75억원으로 적조 대응과 피해 대책 비용으로 약 600억원 이상 소요되었음

표 6. 적조 피해 현황 및 복구 사업비 (단위 : 백만원)

구 분	2003	2004	2005	2006	2007	2012	2013	
피해 현황	- 가구	293가구	11가구	62가수	2가구	251가구	81가구	272가구
	- 면적(ha)	32.6ha	0.1ha	5.0ha		118.14ha		28,185
	- 피해량 (천미; 천폐)	13,088 (어류 7,708 전복 5,380)	219 (어류 219)	1,638 (어류 1,632; 전복 6)	702 (어류 702)	9,571 (어류 9,474; 전복 97)	5,675 (어류 3,295; 전복 2,380)	(어류 26,901; 전복 1,284)
	피해신고액	21,501	120	1,061	73	11,498	4,402	24,684
	합 계	14,196	지원없음	1,266	지원없음	8,818	7,520	35,356
복구 사업비	○ 직접비용	11,132		931		6,794	2,832	20,630
	- 국 고	4,606		437		2,378	991	3,895
	- 지방비	1,120		94		1,019	425	1,670
	- 용 자	3,979		298		2,038	850	10,856
	- 자 담	1,428		102		1,359	566	4,209
	○ 간접비용	3,064		335		2,024	4,688	14,726
	-영여자금 상환연기	2,891		314		1,936	3,257	14,048
	-이자감면	162		19		88	1,431	654
	-학자금면제	1		1		-	-	2
	- 생 계 비	10		1				21

- 매년 하계 시기에 남해안을 중심으로 국가 사회적 중요 현안임을 고려하여 적조 대응을 위한 기초 원천기술 개발 연구가 '00년-'12년 약 225억원 규모로 진행되었으나 아직까지 문제 해결에는 실패함
- 적조 발생에 따른 피해를 최소화하기 위해 적조 탐지 및 모니터링 활동들이 있어 왔으나 기존의 적조탐지 기법의 경우 직접 현장조사를 통해 이루어져왔기 때문에 많은 비용과 시간, 인력이 요구되었고, 적조 예보 또한 제한적인 수준에서 시도되고 있음. 그리고 지역적으로 국한된 조사만으로는 유해성 적조의 조기 탐지 및 모니터링에 한계가 있음. 특히 유해성 적조는 광역적으로 저밀도를 유지하다가 증식-이동-밀집에 의해 유발되기 때문에 광역적-국



---

지적 탐사와 접근이 필요함. 또한 양식장 주변에 발생된 적조는 짧은 시간에 빠르게 진행되어 현재의 예찰 방법으로는 적조 피해 예방을 위한 시간이 부족함. 결과적으로 단기적 적조 방제나 발생률 저감은 힘들기 때문에 발생 초기 예보-이동-확산 경로에 대한 예측이 필요한 실정임

- 전 세계적으로 적조에 대한 기초 연구뿐만 아니라 적조 발생 조기 예보 및 대책 등에 대한 국가의 지원은 실로 막대함. 국내에서는 환경 및 산업에 막대한 영향을 끼치는 적조를 없애려는 여러 가지 과학적인 접근이 시도되고 있으나, 현재 실용화된 기술은 황토 이용 기술 이외에 아직 현장에서 만족할 만한 결과를 얻지 못하고 있음. 따라서 적조의 발생 후 조치를 강화하는 기술의 개발과 더불어 적조 조기 경보 대책을 마련하는 것은 필수적이라고 하겠음
- 최근 현장 조사와 연계하여 인공위성 및 무인항공기를 활용한 적조탐지 연구가 제안되고 있음. 원격탐사는 저비용으로 광역적인 해역을 모니터링 할 수 있다는 장점이 있으며, 이러한 기술은 적조 피해 저감을 위한 체계적 적조 감시 체계 구축을 위한 중요한 잠재력을 제공하고, 적조 발생 시 민감 지역에서 효율적이고 신속하게 적조 방제를 위한 과학적 자료 제공을 할 수 있음
- 이와 같이 연중 지속적으로 막대한 경제적 손실을 야기하는 적조를 예보하기 위해서는 유해조류의 출현 양상을 지속적으로 확인하여야 하나, 현미경을 이용하여 유해조류를 관찰하고, 이들의 출현양상을 모니터링 하는 것은 전문적인 기술자가 많은 시간을 조사하여 저밀도에서 유해조류의 출현 여부를 확인하기 때문에 과거의 기술을 기반으로 유해조류 예보 시스템을 구축하는 것은 불가능함
- 어민들은 양식장 주변해역에서 실시간 적조 발생 정보, 해양 환경 정보, 유입 및 이동 정보 등과 같은 실질적인 정보가 필요함. 그러나 현재의 채수 및 목시 관측에 의한 자료는 시간 지연, 광역 자료, 주간 자료 등에 기반 하기 때문에 어민의 요구와는 상당한 차이가 발생함
- 적조 대응 방법이 고비용의 인력에 의존하는 정기적인 직접 채집·예찰 수준에서 인공위성, 무인 항공기, 자동 항행장비, 수중음향 센서 등을 활용한 실시간 감시·예보 체계 구축 및 활용을 위한 요소 기술 활용으로 실시간 감시 및 모니터링 체계 구축이 중요함
- 2016년 정부연구개발 투자방향 및 기준(15.4): ICT를 활용한 대형 재난·재해에 효과적으로 대응하기 위한 선제적 기술 개발을 목표로 함
- 해양수산부의 적조 피해 대책에 관한 정책 목표는 적조 대책에 의한 어업 피해 사전 예방 및 피해 최소화임
- 따라서, 적조 발생해역에서 유해적조 실시간 탐지 체계 구축, 적조 발생 해역 환경 분석, 적조의 확산 및 이동 예보, 어민-지자체 실시간 적조 통합 정보 지원 체계 구축을 통해 현실적인 적조 대응책 수립에 활용이 필요함

## 제2장 국내외 기술 개발 현황

### 제1절 국내 현황

- 적조 피해 저감을 위한 기초·원천 기술 개발에 총 52억 7천만원 예산 사용 (1996년~2012년) ⇒ R&D 추진은 주로 모니터링 위주의 소단위 과제로 이루어져 가시적 연구 성과 미흡함
  - 연평균 2.9억원, 적조 모니터링 시스템 운영 예산 비중이 70 % 이상임
- 최근까지 적조 연구에서도 대학 및 기관에서 적조의 생태학 특성 연구에 많은 비중을 차지하였음. 적조의 발생 원인 연구 (휴면 포자설, 해류 유입설), 고흥 나로도를 출발점으로 하는 적조 확산 가설 연구, 적조 생물의 증식 기작 연구, 수직 이동 연구, 종간 경쟁과 유영능력 연구 등 많은 생태 연구가 이루어져 왔음

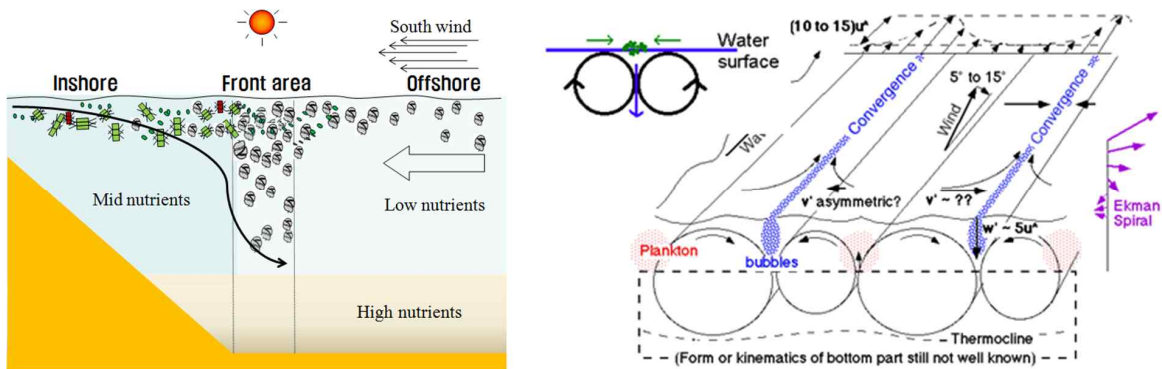


그림 4. 전남 고흥 나로도 해역에서 적조생물 집적 후 남해안 일대 확산 가설

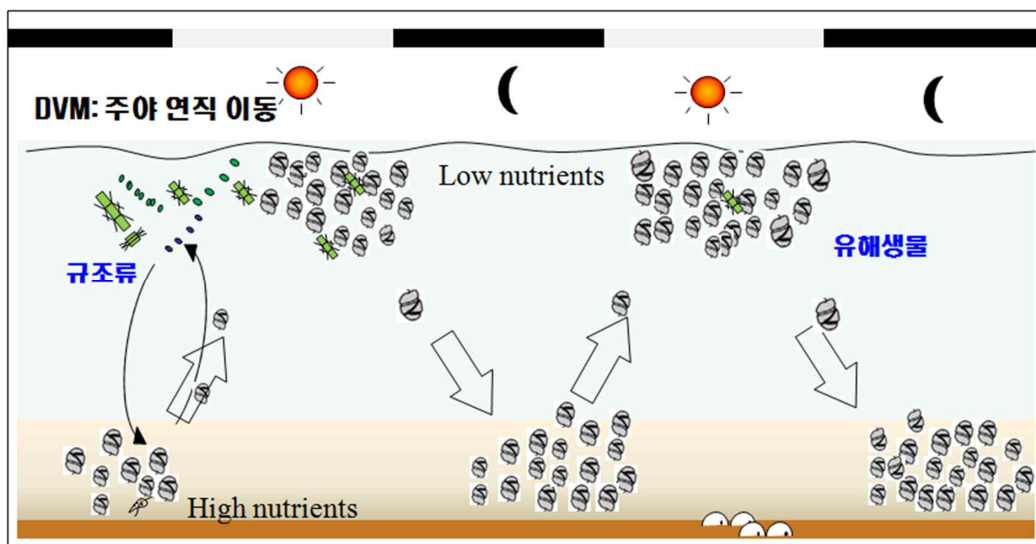


그림 5. *C. polykrikoides*의 주야연직 이동 모식도

- 국립수산과학원에서 유해적조 (*Cochlodinium polykrikoides*)의 발생과 확산 예보 시스템을 운영하고 있으나 유해적조 생물 확산 예보 기술은 선박 및 인력 중심으로 운용되어 자료 생

---

산 및 정확도 측면에서 부족함

- MODIS 해색 위성을 이용한 적조 탐지는 연안에서의 적조 감지 정밀도를 향상시켰지만, 초기 및 주의보 단계에서의 탐지가 매우 어렵고 특히 부유 물질이 높은 해역에서는 클로로필과 부유 퇴적물 사이의 상호 작용 등 여러 인자로 인한 적조 발생 지역이 과대 추정되기도 함
- 적조 생물의 신속 탐색 기법 개발에 대한 국제적 최근 동향으로 유전자 탐침 기법이 주로 개발되어 유독성 와편모류의 출현이 우리나라 해역에서 보고되고 있으나, 발생지 및 유입 경로에 대한 연구가 미미하며 출현량이 많지 않아 검출 분석에 어려움이 있음
- 국내에서는 와편모조류의 다양성을 확인하기 real-time PCR법을 이용하여 확인하였으며 신속 정확하게 확인됨을 보여주었고, 한국해양과학기술원은 “해양 유해조류 자동판별시스템 개발 및 방제적용기술 타당성 분석” 미래창조과학부 사업을 통해 적조생물의 유전자 종판별 장치를 개발하였음
- 한국해양과학기술원에서 자체 사업으로 추진한 “유비쿼터스 해양 유용/유해생물 관리기술 개발” 연구를 통해 유해적조 음향 탐지를 위한 적조 개체에 대한 음향 특성 파악 및 요소 기술 개발을 통해 통합 prototype 시스템 국내 개발을 시작하여 실 해역 검증을 실시하였음. 또한 실험실 및 실 해역 검증은 개발된 prototype 시스템을 기반으로 부이형 및 선박형 (2012-2013), 가두리 설치형 휴대용 (2014)을 현장에서 운용하여 적조 탐지 가능성을 파악하였음
- 현재 적조 음향탐지 기술 수준은 유비쿼터스 개념을 도입하여 실시간으로 음향 자료를 수신할 수 있는 기술력을 확보하였으며 현장 적용을 하여 2013년에는 경남 통영과 오비도에 적조 음향 시스템을 운영하여 적조생물 발생 탐지 및 변동 특성을 실시간으로 규명함
- 최근에 적조 조기 탐지를 위한 음향 탐지 기법, 유전자 분석 기법, 고해상도 인공위성 자료 활용 기법, 해양환경 자료 정밀 분석 기법 등이 제안 혹은 실험적 검증 연구가 진행되고 있으므로 이들 자료의 융복합을 통한 체계적인 적조 관측망 구축이 요구됨
- 해양자료 융복합(MT-BT-IT) 기술은 주로 해양물리 자료 분야에 활용되고 있으나 해양생물 자료 해석을 위한 융복합 기술은 최근에 시도되고 있는 분야임
- 향후 적조에 관한 연구는 대응(Response) 연구에서 적응(Adaptation) 연구로 패러다임 전환이 필요하며, 적조 조기 예보 및 수산 피해 최소화를 위한 실용적 연구 추진이 요구됨
- 아울러 적조 R&D 수행에 시너지 효과를 위하여 적조 생물의 시기별 관련 부처와의 협업 강화가 요구됨

표 7. 부처별 적조 R&D 주요 추진 사업

항목	해양수산부	미래창조과학부
핵심 키워드	적조 생물의 생물학적 특성 연구 (기존 연구 연계 강화 및 실용화)	첨단 융·복합 기술활용 관련 장비 개발 (새로운 기술과 접목된 하드웨어 개발)
주요 연구 대상	- 적조 생물 모니터링 관련 기술 - 적조 생물의 발생, 이동 메카니즘 - 적조 구제 물질·장비 실용화 - 적조 생물 대량 배양 기술	- 적조 대응 양식장 시설 개발 - 친환경 적조 구제 물질·장비 개발 - 적조 탐지용 kit 개발 - 생물학적 적조 제어 기술 개발

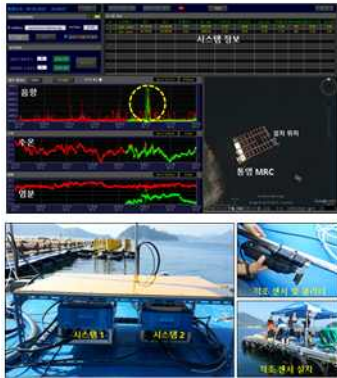
- 위성을 활용한 적조 탐지 연구는 위성 산출물(Chlorophyll-a, 부유물질, 용존유기물, 형광 등)의 값을 이용한 탐지 기술과 위성이 탐지하는 파장별 값을 이용한 탐지 기술이 개발되어 기존의 해상 위성인 SeaWiFS(Sea-viewing Wide Field-of-View Sensor), MODIS(MODerate resolution Imaging Spectroradiometer), MERIS(Medium Resolution Imaging Spectrometer), GOCI(Geostationary Ocean Color Image) 등이 사용되고 있음
- 전 지구 해양순환모델과 해양생태계 예측 분야는 세계적인 연구 기관에 비교해 미진하며, 자료동화 부분은 국내 연구인력 절대 부족함
- 적조 이동 모델의 경우, 적조생물 특히 *C. polykrikoides*를 직접 모형화 한 경우는 많지 않으나, 홍(2004)은 하위 생태계 모형에 들어가는 식물플랑크톤의 최대성장률, 최대영양염흡수율, 영양염 반포화상수에 대해서 *C. polykrikoides* 기준으로 적용하여 통영에서 수치실험을 한 바 있음
- 영양염-식물플랑크톤-동물플랑크톤-쇄설성퇴적물(NPZD) 기반 하위생태계 모형에 대한 1차원, 3차원적 접근과 해양순환모형과의 결합을 통한 3차원 이동확산 연계 모형 등이 개발 적용되고 있으나, 특정 적조생물을 포함한 적은 없음
- 한국해양과학기술원에서 수행한 “유비쿼터스 해양 유용/유해생물 관리기술 개발” 연구를 통해 유해적조 음향 탐지를 위한 적조 개체에 대한 음향 특성 파악 및 요소 기술 개발을 통해 통합 prototype 시스템 국내 개발을 시작하여 실험역 검증을 실시하였음
  - 실험실 및 실험역 검증은 개발된 prototype 시스템을 기반으로 선박형 및 부이형(2012-2013)을 현장에서 운용하여 적조 탐지 가능성을 파악하였음
  - 현재 기술 수준은 유비쿼터스 개념을 도입하여 실시간으로 음향 자료를 수신할 수 있는 기술력을 확보하였으며 현장 적용을 하여 2013년에는 경남 통영의 적조 다발생 해역인 오비도에 적조 음향탐지 시스템을 운영하여 적조생물 발생 탐지 및 변동 특성을 실시간으로 규명함

## 음향 센서를 통한 양식장 적조 탐지 체계 구축

### ● 음향센서구성



### ● 양식장 적조 탐지 시스템 구성도



### ● 적조 음향 탐지 결과

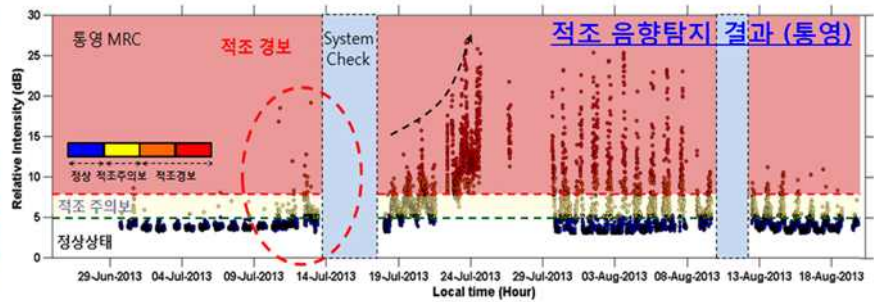


그림 6. KIOST 적조 음향 탐지 시스템의 선행 연구 결과

- 본 기술의 적용으로부터 국립수산물과학원의 예찰 결과보다 최대 6일 정도 사전 탐지하는 효용성을 보이고 있으므로 어민들에게 적조 피해를 대비할 수 있는 실시간 탐지 체계의 가능성을 보여줌
- 현재 국내에서 개발 및 시험 평가 완료된 적조 음향 탐지 시스템은 휴대용 시스템과 적조의 직접적인 피해가 미치는 양식장 운용 기반의 고정형 시스템으로 구분되어 있음. 두 시스템은 디지털 음향 센서 기반의 기술을 채택하여 시스템 성능을 향상시켰음
- 기 개발된 적조 음향 시스템은 적조 음향 자료 이외에 환경 자료를 동시에 취득하므로 단일 시스템 기반이 아닌 복수의 시스템 운용 기반으로 CDMA 통신 기법을 적용하여 시스템 제어, 관리 및 자료 저장 기능을 포함시킨 운용 소프트웨어 개발도 동시에 진행되었음
- 2017년에는 KIOST 자체적으로 음향 및 환경 관측 시스템을 시범 운영 하였고, 통영 2 곳, 거제 1곳에 관측 정점을 두고 시스템 관제, 자료 백업, 자료 가시화 안정성을 위해 시스템을 연속적으로 기 운영하였음





그림 7. 2017년도 실시간 음향 및 환경자료 관측 원격 가시화 체계

- 2014년에는 자체 기획 사업으로 수행하여 (과제명 : 통영해역 적조 피해 최소화를 위한 적조 통합 관리 체계 구축 기획연구) 통영 해역의 적조 피해 최소화를 위한 연구 방안에 대한 집중적인 기획 연구를 수행하였음
  - 기획연구를 통하여 핵심 기술을 (1) 초기 유입 적조 탐지, (2) 적조 이동 경로 및 확산 범위 예측, (3) 양식장 대상 실시간 적조 농도 정밀 모니터링, (4) 적조 생물 대응 양식 어류 반응 연구 등 총 4단계로 분류하여 각 기술을 세부적으로 분류하였음
  - 세부 기술 분석을 통해 통영 연안 양식장에 유입되는 적조의 실시간 모니터링을 위한 시스템 설치 안도 제시하였음
  - 또한 소요 예산을 고려한 경제성 평가를 실시하여 경제적 타당성이 있는 것으로 분석되었음



그림 8. 통영 연안 양식장 적조의 실시간 탐지를 위한 시스템 설치 안

- 한국해양과학기술원에서는 2009년부터 “운용해양예보시스템 (KOOS: Korea Operational Oceanographic System) 연구”를 수행해오고 있음
  - KOOS는 연안재해, 유류오염, 해난사고, 적조 등의 해양오염 등 해양에서의 긴급한 국가적 현안문제 해결을 위한 해양환경 현황과 예측정보의 생산·제공을 목표로 하고 있음
  - 지난 4년간 (2009년 8월~2013년 6월)의 1단계 연구를 통해 기상외력에서부터 활용 예측까지 체계적으로 연계되는 해양예측시스템을 구축하였고, 현재는 예측 정확도 향상 등의 성능 고도화를 위한 2단계 연구가 진행되고 있음 (2013년 10월~2019년 9월)
  - KOOS에서는 우리나라 인근해에서 바람, 기압, 등의 기상요소를 포함한 최소 300 m 해상도의 파랑, 조석, 조류, 해류, 수온, 염분 등의 현재 상태정보와 72시간 예측 정보를 생산 중에 있음
  - 기상 모델의 계산격자는 태풍의 영향을 충분히 고려할 수 있도록 동지나해 남쪽해역까지 포함된 광역격자 (20 km 수평 해상도) 및 우리나라 근해를 포함하는 상세격자 (4 km 수평 해상도)로 구성하고 있음
  - 3차원 순환 예측은 네스팅 기법을 사용하여 광역에서는 9 km, 중간역, 상세역에서는 각각 2 km, 300 m 이고, 개방 경계조건에서의 조화상수는 FES2012 모델의 결과를 사용하며, 수온, 염분, 해류의 초기 조건 및 경계 조건으로는 HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model) 모델 결과를 사용



- 기상 예측 결과와 순환 예측 결과는 한국해양과학기술원, 국립해양조사원, 기상청 등의 실시간 관측 자료를 이용하여 모델 성능평가를 수행 중에 있으며, 예측 정확도 현재 80% 수준임
- 검증된 기상 및 순환 결과로 물리적 입자추적 연구가 진행되었고, 이를 이용한 표류 예측 시스템은 해경의 수색구조를 위한 표류체 예측 및 유류확산 예측에 사용되고 있음

## 🔍 적조 확산 정밀 모델 개발 및 피해 양식장 예측



### 해상도 기반 (300 m) 기반 모델 개발을 통한 적조 이동/확산 72시간 예측

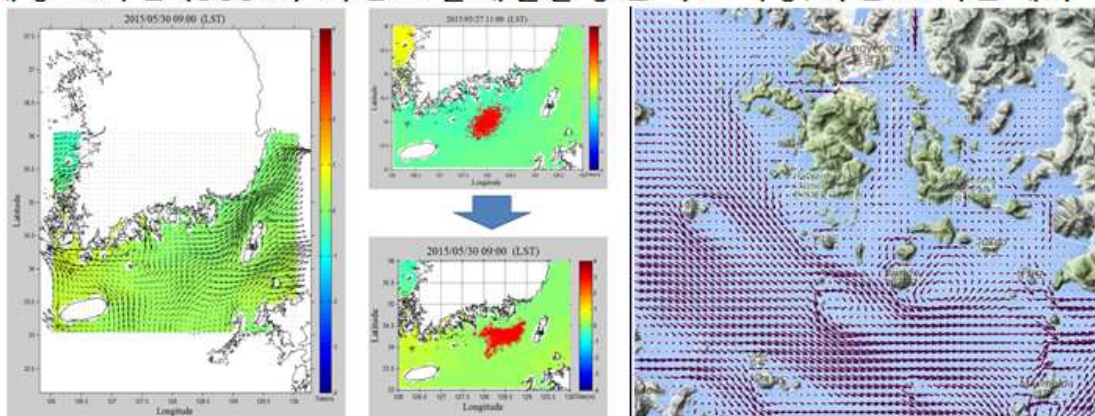


그림 9. KOOS 모델을 이용한 적조 확산 적용 예

- 기상 인자를 활용한 연안 적조 예측기술 개발
- *C. polykrikoides*에 의한 적조 발생 예측 모델의 경우 2000년대 초반부터 기상인자와 적조 발생과의 상관관계 연구로 시작(윤 등, 2002; 윤 등, 2003; 윤 등, 2004a; 윤, 2004b)하여 윤 (2005)이 환경 조건별 필터링 기법을 활용한 GIS 기반 남해 중부 해역 적조 발생 예측 지도를 제작한 바 있으며, 이를 기초로 하여 오 등(2012)이 환경 조건별 필터링 기법을 활용하여 남해와 동해의 6개 해역에 대해서 점 자료 형태 적조발생 예측을 시도한 바 있음
- 2010년대에 이르러 송 등(2010)이 국내에서 처음으로 기계학습 기법(kNN; k-Nearest Neighbor)을 활용한 적조 발생 예측을 시도하였으며, 이후 박과 이(2011), 박 등(2011)이 각각 나이브베이스 분류자, 인공신경망, SVM(Support Vector Machine) 등을 활용하여 정확도 향상을 시킨 사례가 있음



- 해양 기상자료를 이용하여 남해안을 중심으로 적조 예측 시스템을 개발(오 등 2013): 적조 발생에 적합한 조건은 24.4~54.5 mm/day의 강수량, 22~25 °C의 수온, 20~30 °C의 기온, 2~10.3 h/day의 일조시수, 2.4~4.6 m/s의 풍속으로 나타났음
  - 연안 적조를 모니터링하기 위해 무인항공기를 이용한 적조지수 개발(오 등 2016): 기존 해상위성의 경우 해안선에 가까운 해역에서 자료를 얻지 못하는 단점이 있음. 이를 보완하기 위하여 적조를 모니터링하기 위해 무인항공영상 사용한 항공영상 무감독분류(K-means)를 통해 적조 지수 개발
- 한국해양과학기술원 해양위성센터에서 해상 위성 자료를 이용하여 적조 분석 가능한 적조지수(Red tide Index, RI) 개발
- 적조 해역 스펙트럼 분석을 통하여 해상 위성 자료 3개 밴드로부터 유해성 적조 여부 계산 가능함
  - GOCI 영상을 이용한 적조탐지 기법 개발(오 등 2014; 박 등 2016): 탁수의 영향으로 탐지율이 높은 남해에 적용 가능한 GOCI 적조지수 및 적조탐지 알고리즘을 개발하였으며, 정지궤도 위성인 천리안 위성의 해양 탑재체인 GOCI 영상을 이용함으로써 하루 최대 8회 적조 모니터링이 가능

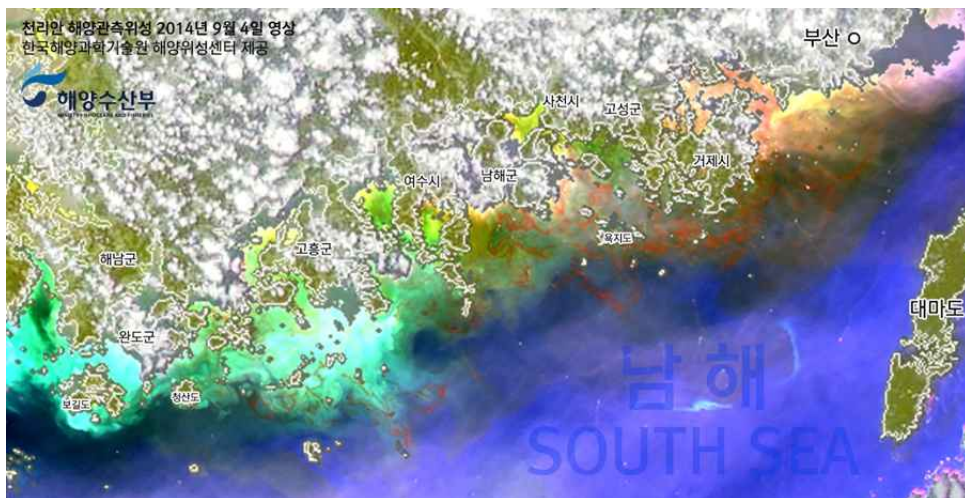


그림 10. 2014년 9월 4일 천리안 영상을 통해 관측된 남해안의 적조 양상 *C. polykrikoides* (KIOST 해양위성센터 제공)

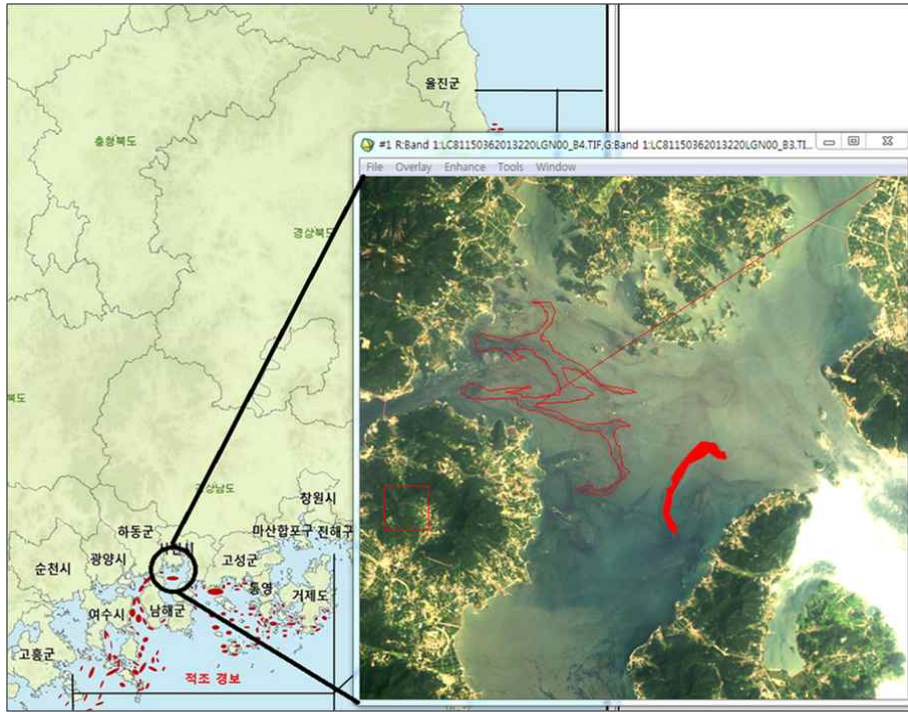


그림 11. 13년 8월 남해안에 발생한 적조를 Landsat-8 영상 (Landsat용 대기보정)

- 한국해양과학기술원에서는 아래와 같은 분자마커를 이용한 종판별 기술을 개발하여 수건의 특허 및 논문 발표를 통해 선도적으로 연구를 수행하고 있음
  - DNA chip에 의한 미세조류 종조성 확인 연구: 2008-2012년 한국해양과학기술원 기관고유사업 (유비쿼터스 해양 유용/유해생물 관리기술 개발)을 통하여 DNA chip을 이용한 미세조류 검출 방법과 관련 논문을 보고함
  - 프로브의 선별 및 종 검출 실험: Mitochondria COI 유전자를 이용하여 species-specific probe를 선별하여 (각 종간 variation site에 기초하여 21-23 bp의 길이로 probe를 제작), 모든 종의 샘플이 각기 특이적인 probe에서 Cy3로 라벨링된 생산품은 hybridization되어 형광 신호가 나타남
  - 한국해양과학기술원 남해연구소에서 미래창조과학부 지원을 받아 2013년부터 수행 중인 '해양유해조류 자동판별시스템 개발 및 방제 적용기술 타당성 분석' 사업에서는 우리나라 연안 해역의 적조 대발생의 이동 확산 자료를 분석하고 차세대 염기서열 분석을 통해 적조를 실시간 모니터링 기술을 개발하고자 하는 연구를 진행 중임

## 제2절 국외 현황

- 해양 선진국에서는 자국의 해양영토 내에 서식하는 적조 원인 종을 실시간 분석할 수 있는 시스템을 개발하여 관리하고 있음. 이러한 시스템은 연안에서 통합형 분자 탐침 시스템을 활용하여 실시간으로 DNA를 이용하여 생물의 종 동정 및 개체 수 등을 분석하여 실시간으로 육상 기지국에서 모니터링 하는 기술 수준까지 이르고 있음
- DNA chip의 장점은 여러 가지의 종을 한 번에 반응시킴으로써 한번 실험을 통해 많은 종을 알 수 있는 가장 좋은 방법이지만 형광을 검출하는데 있어서 아직 소형화하기 어려운 점과 여러 종을 한꺼번에 혼합하여 반응시킬 경우 오검출이 많은 단점이 있음
- 분자생물학적인 진단법은 현미경적 관찰법보다 표준화 및 일반적인 정확도 측면에서 높음. 특히 기술의 발달에 따라 정량적인 분석이 가능한 Real-Time PCR이 개발되었음
- 위성을 활용한 적조 탐지 연구는 주로 해색센서(ocean color sensor)를 탑재한 위성 즉, SeaWiFS(Sea-viewing Wide Field-of-View Sensor), MODIS(MODERate resolution Imaging Spectroradiometer), MERIS(Medium Resolution Imaging Spectrometer), GOCI(Geostationary Ocean Color Imager) 등을 이용하여 수행되어 왔음 (Ahn and Shanmugam, 2016; Carvalho et al., 2010; Hu et al., 2005; Stumpf et al., 2003)

표 8. SeaWiFS, MODIS, MERIS를 이용한 적조 및 유해조류 탐지 연구

Phytoplankton type	Reflectance classification (thresholds, anomalies)	Reflectance band-ratios	Bio-optical model or neural network	Spectral band difference	Satellite product (threshold or anomaly) and climatology, statistics
Red tides/HAB		Ahn et al. (2006) and Tang et al. (2006)	Stumpf (2001)	Ahn and Shanmugam (2006) and Shanmugam et al. (2008)	Miller et al. (2006), Stumpf et al. (2003) and Tomlinson et al. (2004)
Red tides/HAB	Siswanto et al. (2013)	Kahru et al. (2004) and Carvalho et al. (2011)	Cannizzaro et al. (2008) <sup>a</sup> and Carvalho et al. (2010)	Hu et al. (2005), Ryan et al. (2009) and Zhao et al. (2010) <sup>b</sup>	Cannizzaro et al. (2008), Cannizzaro (2004), Hu et al. (2004), Tomlinson et al. (2008) <sup>c</sup> , Anderson et al. (2011), Banks et al. (2012) <sup>d</sup> , Shutler et al. (2012) and Kurekin et al. (2014) <sup>b</sup>
Red tides/HAB		Bernard et al. (2005)		Ryan et al. (2008) and Jessup et al. (2009)	Li et al. (2010a)

- 국외 위성기반 적조 탐지 및 예보 시스템 구축 사례는 미해양대기청(NOAA)에서는 MODIS 및 MERIS 영상과 해류 모델을 연계하여 적조 발생을 탐지하고 이동을 예측하는 서비스를 시행하고 있고, 플로리다주 연안에서 빈발하는 *K. brevis* 적조 종의 탐지 및 이동 경로를 예측하고 있음 (Stumpf et al., 2003)
- MERIS 위성 영상을 이용하여 아라비아해에서 발생한 *C. polykrikoides* 번성을 탐지하는 연구가 수행되었음 (Zhao et al., 2015)



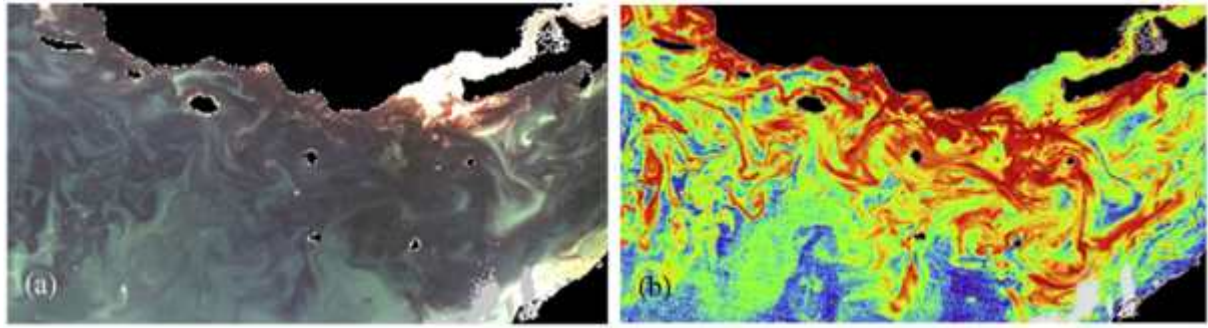


그림 12. 2008년 12월 24일 아라비아해에서 발생한 *C. polykrikoides* 번성을 MERIS 영상을 이용하여 탐지한 결과 (a) 천연색 영상, (b) 형광법을 이용하여 분석한 영상

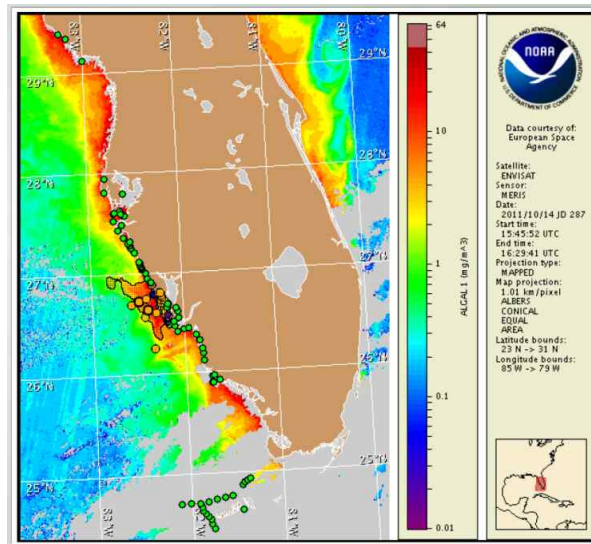


그림 13. NOAA 적조 예보시스템 HAB-OFS에서 관측된 플로리다주 연안의 *Karenia brevis* 적조종의 분포 (NOAA, COAST팀 제공)

- 한반도 주변에서 발생하는 적조를 탐지하는 연구로, Suh et al.,(2004)은 SeaWiFS를 이용하여 남해에 발생하는 *C. polykrikoides*를 탐지하는 연구를 수행하였고, Ahn and Shanmugam(2006)은 역시 SeaWiFS 위성을 이용하여 추정에 어려움이 있었던 남해 연안의 탁한 해수에도 적용이 가능한 적조지수(red-tide index)를 제안하였음. 자료기반의 분광 분류법을 이용하여 MODIS 영상에 적용, *C. polykrikoides*를 탐지하는 연구가 Son et al., (2011)에 의해 수행되었음
- 우리나라의 천리안위성의 GOCI 센서를 이용한 연구는 Choi et al.(2014)에 의해 시도되어 적조의 시간별 분포 변화를 관측하는데 성공하였고, 이어서 Noh et al.(2018)은 현장에서 선박 관측한 적조 시료와의 검증을 통해 비교적 맑은 해수에서 발생한 적조의 정량화 알고리즘을 제안하였음
- 최근 국내에서는 SGLI, GOCI-II, Sentinel-3 위성을 융합 활용하여 AI 기술을 적용한 적조 탐지 기술을 개발 중에 있음
- 해외의 경우 이미 1990년대부터 기계학습 기법을 적극적으로 활용하여 다양한 종에 의한 적

- 
- 조 발생 예측을 시도한 사례들이 있음(Recknagel et al., 1997; Recknagel et al., 1998)
- 주로 인공신경망 계열 알고리즘을 활용하였으며, 다른 기계학습 기법들과의 성능 비교 연구도 활발하게 이루어지고 있음
  - 해양 수치모델 연구를 주도하고 있는 미국은 해양수치모델 기술의 실용화를 통해 간접적으로 해양정보를 생산하는 기술의 적용·실용화 단계이며, 선진국의 해양 수치모델링을 활용한 해양예보시스템은 1980년 이후부터 활발히 연구가 시작되어 운영함
    - 미국 NOAA/NOS의 CO-OPS (Center for Operational Oceanographic Products and Services)에서의 예보시스템 (NOAA의 National Operational Coastal Modeling Program) : 체사피크만 운용예보시스템 (CBOFS), GBOFS, LEOFS, LHOFS, LMOFS, LOOFS, LSOFS, NYOFS, SJROFS
  - 발틱해 운용해양학시스템(BOOS): 발틱해에 연한 9개국(덴마크, 에스토니아, 핀란드, 독일, 라트비아, 리투아니아, 폴란드, 러시아, 스웨덴)의 19개 기관이 공동으로 개발·운영되는 운용해양시스템
  - NOOS (North West Shelf Operational Oceanographic System): 북해와 유럽의 북서 대륙붕에 연한 9개국 (벨기에, 덴마크, 프랑스, 독일, 아일랜드, 네덜란드, 노르웨이, 스웨덴, 영국)에 의해 운영되는 운용해양 시스템
-

## 제3장 연구 수행 내용 및 성과

### 제1절 실시간 적조 탐지·예측 시스템 구축 개발 및 고도화

1. 해양기상 관측 통계를 이용한 예보를 위한 데이터 구축 (기온, 풍향, 일사량, 풍속 등)
  - 1~3차년도 관심 해역인 통영에 기상 관측 시스템(AWS)을 설치하여 운영 중임 (LAN 유선 통신)
    - 설치 위치 : 한국해양과학기술원 통영해상과학기지
  - 2~3차년도 관심 해역인 여수에 기상 관측 시스템을 설치하여 운영 중임 (LoRa 무선 통신)
    - 설치 위치 : 여수 안도 마을
  - 3차년도 관심 해역인 거제는 통영과 인접하고 있어서 통영에 설치한 기상 관측 시스템 자료를 동일하게 사용하였음
  - 획득 자료는 기온 (Temperature), 풍속 (Wind speed), 풍향 (Wind direction), 일사량 (Solar radiation quantity)임 (매 10분)



그림 14. 통영 및 여수 해역에서 운용중인 기상 관측 시스템(AWS)

- 수신된 기상 자료는 KIOST 연구팀, 국립수산물과학원 연구팀이 FTP 서버에 접속하여 적조 발생 자료 해석에 활용함
- 가시화 체계에서 통영, 거제 해역 및 여수 해역 기상 자료 실시간 확인 가능

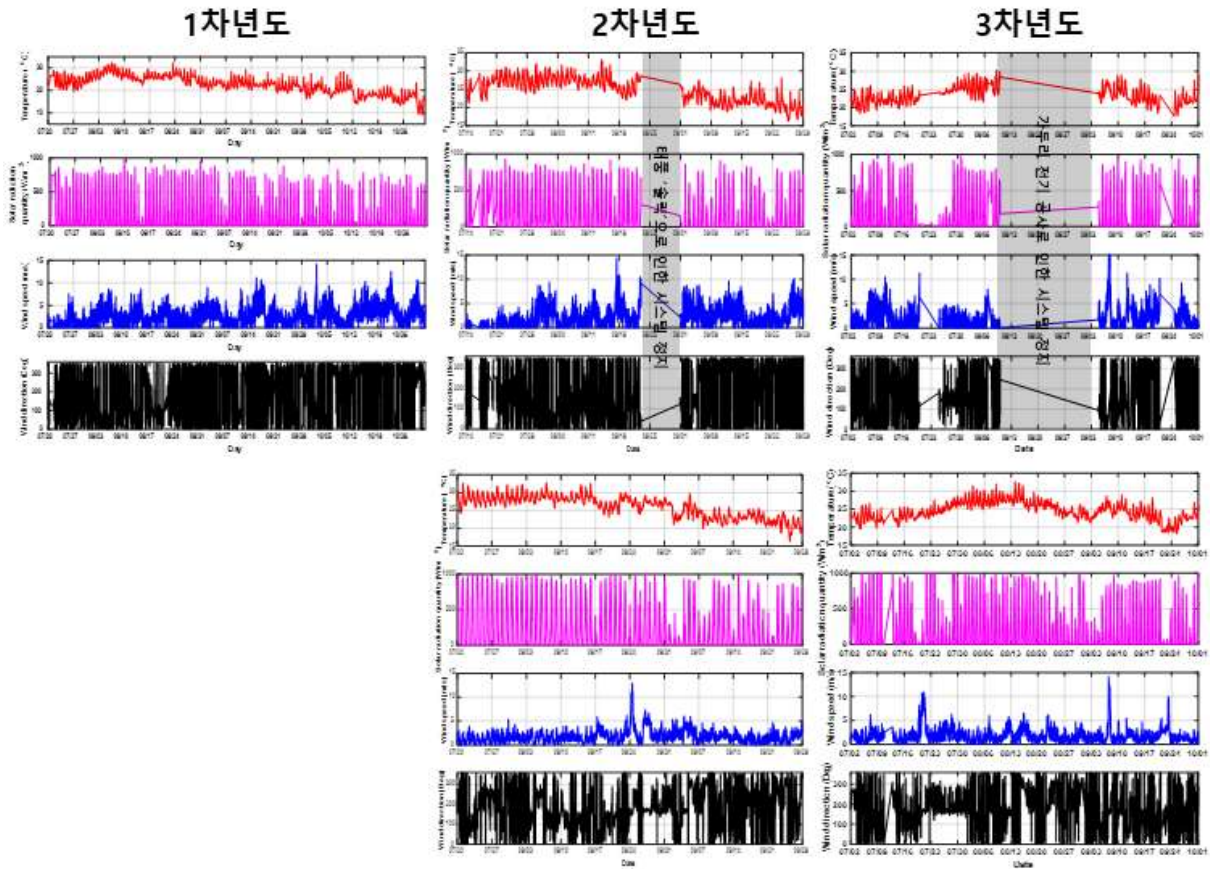


그림 15. 기상 관측 시스템(AWS)으로 획득한 (위) 통영 해역, (아래) 여수 해역의 기온, 일사량, 풍속, 풍향 자료

○ 1차년도 통영 해역 기상 관측 결과

- 통영 해상의 하계 기온은 낮과 밤에 약 5~10 °C 차이가 발생함을 확인
- 8월 7일에는 기온이 30 °C를 넘었으며, 이 때 음향탐지 및 해양 환경 관측 시스템을 통해 획득한 수온 자료에서는 수온이 약 28~30 °C를 보임
- 약 7월 말부터 8월 중순까지 25~30 °C로 유지하다가 8월 말부터 감소하여 9월 말에는 평균 20 °C로 나타남
- 풍속은 평균 3 m/s를 보이거나 간헐적으로 5~10 m/s 까지 나타남
- 8월 06일에는 2017년 5호 태풍 노루가 남해안에 간접적으로 영향을 미쳐 약 8 m/s 까지 바람이 강하게 나타남
- 9월 15일에는 2017년 18호 태풍 탈림이 남해안에 간접적으로 영향이 있어 풍속이 약 10 m/s 까지 보임
- 일사량은 대부분 주간에 500 W/m<sup>2</sup> 이상 나타남을 확인하였음
- 통영에 많은 비가 내려 날씨가 좋지 않았던 8월 14일, 9월 06일, 9월 27일에는 일사량이 낮게 나타남을 확인하였음

○ 2차년도 통영 및 여수 해역 기상 관측 결과

- 
- 통영 해상의 하계 기온은 낮과 밤에 약 5~10 °C 차이가 발생함을 확인함
  - 예년과 다르게 통영 해역은 7월 21일부터 기온이 30 °C를 넘었으며, 8월 중순까지 유지하다가 8월 말 태풍 ‘솔릭’으로 인한 영향으로부터 기온이 평균 약 25 °C로 나타남
  - 여수 해역은 7월 초부터 낮에는 30 °C를 넘었으며, 8월 17일 이후부터는 30 °C 미만으로 떨어져서 점차 기온이 낮아짐을 확인함
  - 통영 해역의 일사량은 대부분 주간에 700  $W/m^2$  이상 나타남을 확인함
  - 여수 해역의 일사량은 대부분 주간에 1,000  $W/m^2$  가까이 나타남을 확인하였음
  - 두 해역 모두 풍속은 평균 3 m/s를 보이거나 간헐적으로 5~10 m/s 까지 나타남
  - 통영 해역에서는 8월 23일부터 8월 31일까지 태풍 ‘솔릭’으로 인하여 연구 가두리를 이동함과 동시에 전원을 차단하여 자료 수신을 중단 시켰음
  - 여수 해역에서는 8월 24일에는 2018년 19호 태풍 ‘솔릭’으로 인하여 남해안에 직접적으로 영향을 미쳐 약 13 m/s 까지 바람이 강하였음
- 3차년도 통영 및 여수 해역 기상 관측 결과
- 통영 해역은 8월 초에 기온이 30 °C를 넘었으나 8월 10일부터는 가두리 전기 공사로 인하여 시스템을 약 1달 동안 정지시킴
  - 여수 해역은 8월 초부터 낮에는 30 °C를 넘었으며, 8월 16일 이후부터는 30 °C 이하로 점차적으로 떨어져서 기온이 낮아짐을 확인함
  - 통영 해역의 일사량은 대부분 주간에 700  $W/m^2$  이상 나타남을 확인함
  - 여수 해역의 일사량은 대부분 주간에 900~1,000  $W/m^2$ 로 나타남을 확인하였음
  - 두 해역 모두 풍속은 평균 3~5 m/s를 보이거나 태풍으로 인해 몇몇 날짜는 10 m/s 이상 나타남
  - 통영과 여수 해역 모두 7월 중순, 9월 초, 9월 중순 세 차례 태풍이 해당 해역을 통과하였음
-



---

## 2. 통영/여수(고흥)/거제 해역 유해적조 음향탐지 시스템을 이용한 실시간 적조 탐지 시스템 구축 및 운영

### 가. 적조 음향탐지 시스템 (Red tide Acoustic Sensing System, RASS)

- 음향 센서 및 해양 환경 관측 센서(수온/염분(CT), 엽록소(EXO2))를 탑재한 시스템 구축
- 총 15대 운용 (통영 6대, 여수(고흥) 5대, 거제 4대)
  - 센서 수심 약 1 m (표층) 설치 운영
  - 광역 해역은 부이 운용형, 연안에는 가두리 운용형으로 적용
  - 실시간으로 식물플랑크톤 음향 강도, 수온, 염분, 엽록소, DO, pH 등 자료 전송 (매 10분), 장비 장착 센서에 따라 자료 전송 결정
  - IoT 기반의 LoRa 통신망을 통해 FTP 서버로 전송
  - 내부 배터리 및 태양 전지를 사용하여 24시간 연속 관측
  - 가시화 체계에서 실시간으로 해당 자료 확인 가능



그림 16. 적조 음향탐지 시스템 및 센서, 음향 강도 측정 장비

### 나. 고수온 관측 시스템 (Wireless Temperature Sensing System, WTSS)

- 총 9대 운용 (통영 4대, 여수(고흥) 4대, 거제 1대)
  - 센서 수심 5 m 설치 운영
  - 실시간으로 수온 및 수심 자료 전송 (매 10분)
  - IoT 기반의 LoRa 통신망을 통해 FTP 서버로 전송
  - 내부 배터리 및 태양 전지를 사용하여 24시간 연속 관측
  - 가시화 체계에서 실시간으로 해당 자료 확인 가능



그림 17. 고수온 관측 시스템 및 센서, 수온 측정 장비

- 2017년도 7월부터 9월까지 통영 해역에, 2018년도 7월부터 9월까지 통영 및 여수 해역에, 2019년도 7월부터 9월까지 통영, 여수, 거제 해역에 적조 음향탐지 시스템 및 수온 관측 시스템을 각 해역별로 현장에 설치하여 운영 완료
- 실시간 FTP 서버를 통한 음향, 해양 환경, 수온 등 획득 자료 저장 및 가시화 수행 완료



그림 18. 적조 실증화 구축 해역 및 설치 운영 위척 (통영/여수(고흥)/거제 해역)

---

### 3. 원격탐사(RS) 기반 적조 발생 감시 기술 고도화

가. 천리안 해양위성(GOCI)을 이용한 적조 발생 감시 결과의 실시간 제공 체계 구축

- 위성 자료는 한국해양과학기술원 위성연구센터에서 제공하는 자료를 활용함
- LIB 파일의 잡광 (Stray light) 편차 보정
  - 슬롯간 복사휘도 편차 (ISRD; inter-slot radiometric discrepancy)로 인하여 남해 해역에 불연속면 발생에 의한 편차 제거
  - CIDUM (Correction of inter-slot discontinuity using MNF transform) 알고리즘 (Kim et al., 2015; Kim et al., 2016)을 이용하여 편차 제거

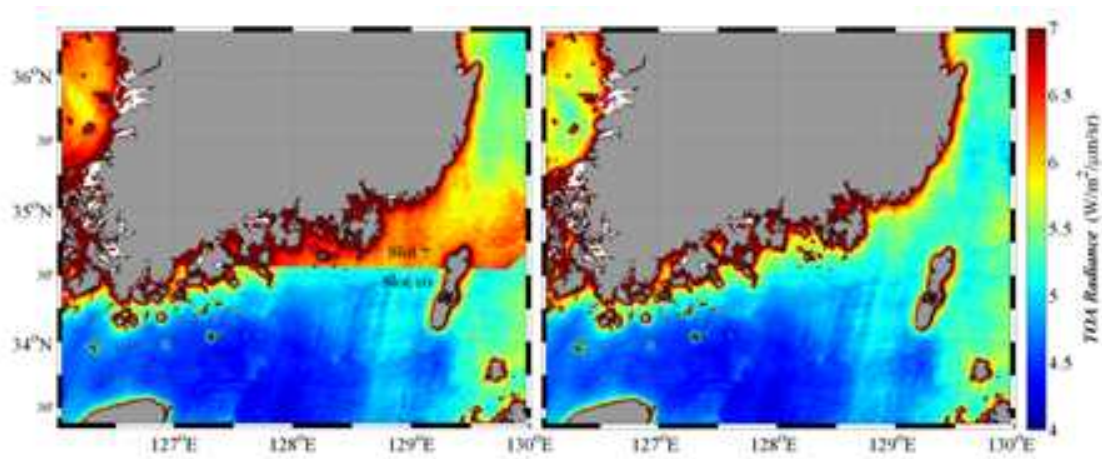


그림 19. CIDUM을 이용하여 슬롯간 복사휘도의 편차 제거

- 속도 향상을 위한 남해 영역 분할 처리
  - 신속한 적조정보 제공을 위하여 GOCI 영상의 전체영역 (5567 x 5685 pixel)을 처리하는 현업 처리 프로세스와는 별도로, 적조 빈발해역인 남해안 영역만을 병렬적으로 처리하는 처리 프로세스 구현
  - 남해안 영역을 포함하는 Slot 7과 Slot 10의 Level 1A 자료를 이용하여 슬롯간 경계 편차를 해소하고, 보정된 Level 1B 자료 생산
  - 남해안에 국한된 Level 1B 자료를 이용하여 Level 2, 원격탐사반사도 자료와 OC 및 RBR 등의 적조 탐지 영상 생산

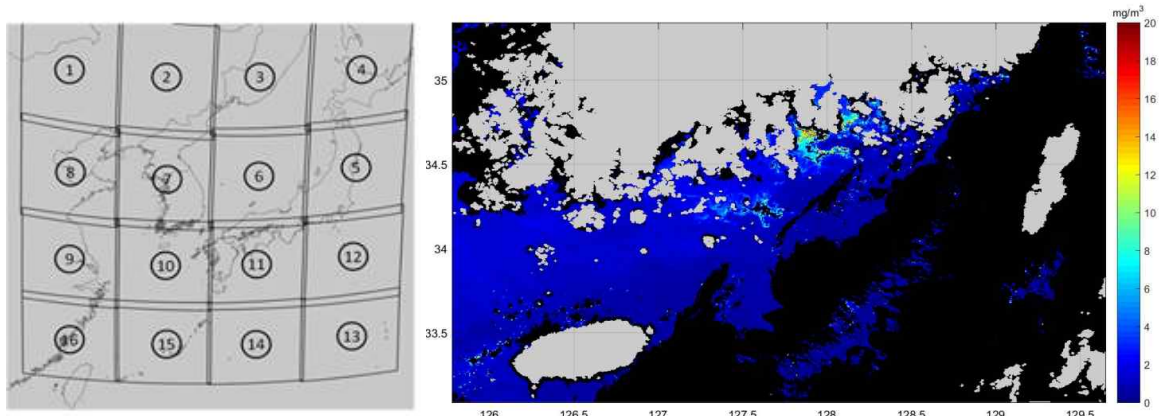


그림 20. GOCI 영상 전체 영역에서 7번, 10번 슬롯에 걸쳐 있는 남해 연안 영역만을 Crop한 결과

○ 대기보정 및 엽록소 알고리즘의 적용

- 레일리 산란과 에어로졸 산란의 영향을 제거하기 위하여 분할된 영상에 대기 보정 적용
- 연안 모니터링 영역을 최대화하기 위해 위성자료 마스킹 영역을 최소화함
- ✓ Flag 처리:  $Rrs(555) > 0.015$ 에 해당하는 pixel를 구름 및 육상으로 분류하여 분석에서 제외함
- (기본) OC3 (3-band ocean color algorithm)을 적용하여 클로로필 농도를 산출
- (옵션) OC3가 고농도 적조의 엽록소 농도를 상당히 과소 추정(Under-estimate)한다는 단점을 보완하기 위하여 남해에 적조 특화 알고리즘인 RBR(Red-to-blue ratio)을 적용하여 클로로필 농도 추가 생산

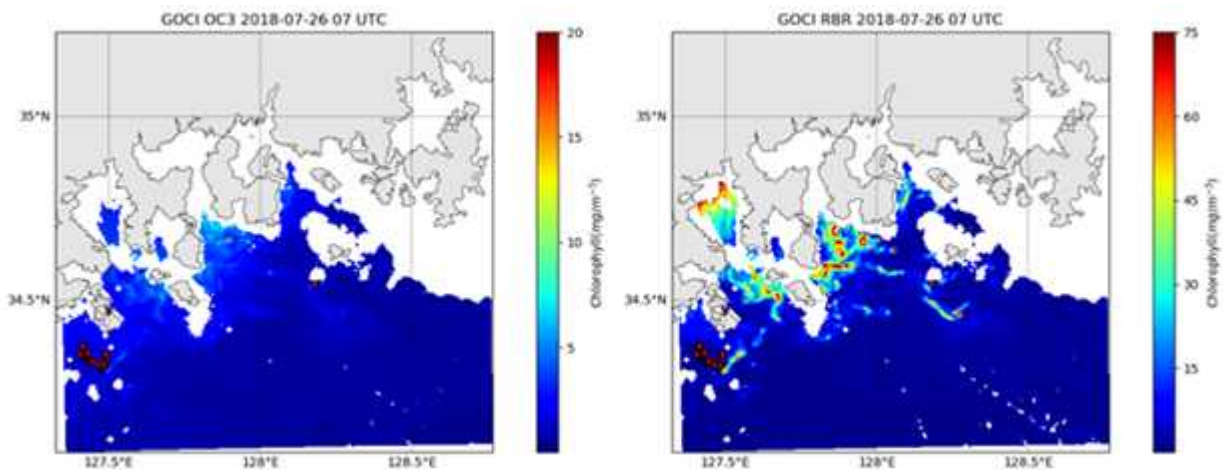


그림 21. 2018년 7월 26일 오후 4시 30분경에 관측된 여수 해역 적조 탐지 영상 (왼쪽: OC3, 오른쪽: RBR)

- 남해안 적조는 환경에 따라 차이가 있긴 하나 오후시간(14~17시)에 점차 해수표면에서 높은 농도를 보이는 특징이 있고(Kim et al., 2010; Park et al., 2001), RBR은 이러한 변화를 공간적으로 잘 나타냄.



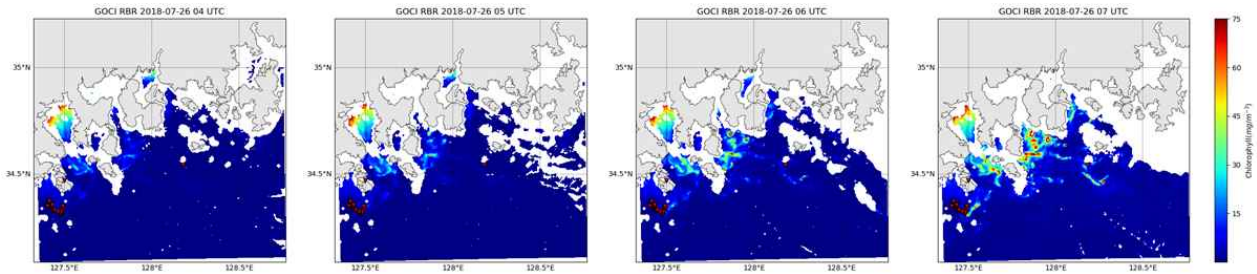


그림 22. 2018년 7월 26일 RBR 분석 영상 (순차적으로 13:30, 14:30, 15:30, 16:30 관측)

- 다만 연안 중심의 현장 관측 자료들과 위성 자료간 매치업은  $5 \text{ mg/m}^3$  이하의 농도에서 극소수만 이루어져 위성 분석 알고리즘을 개선하는 방법에는 한계가 있었음. 그 이유는 광학 센서인 GOCI 관측 영상에서는 구름, 육지의 반사도가 해수 반사도보다 월등히 강하기 때문에 이들과 인접해있는 연안 해수의 경우 영상처리에서 오염된 픽셀로 간주하여 예외 처리하는데, GOCI의 공간 해상도가 500 m임을 고려하면 해안선에서 1~1.5 km 거리의 해수까지 제외되기 때문임

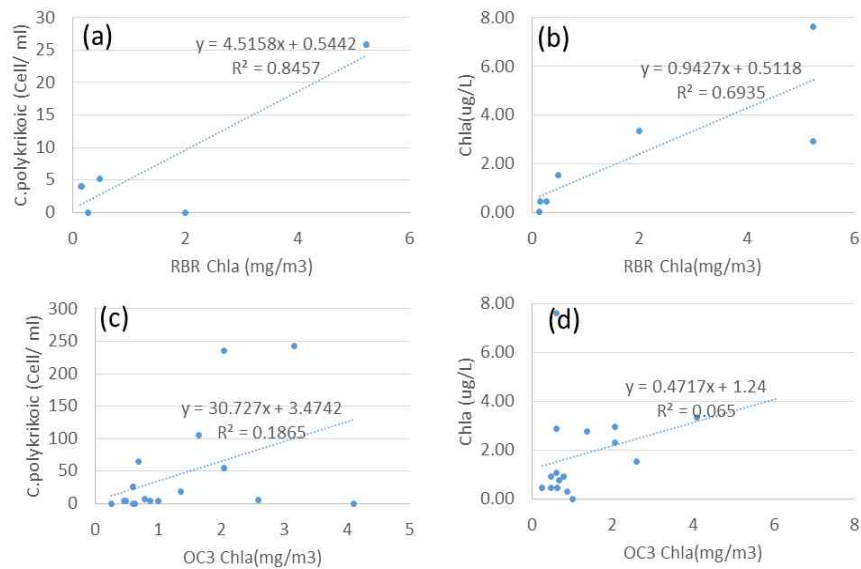


그림 23. GOCI 위성 Chlorophyll 농도값(OC3, RBR)과 현장관측 자료(코클로디니움 셀 개수, 클로로필 농도)간 산포도

- 해상도가 250m로 향상된 GOCI-II가 2020년 현재 궤도상 시험을 수행중이며, 본격적으로 위성자료를 이용할 수 있는 2021년 이후에는 연안 해역에서의 매치업 자료 획득이 보다 수월해질 것으로 예상되어 알고리즘 개선이 가능할 것으로 기대함
- 일일 8회 촬영된 시간별 영상과 더불어 일합성(Daily composite) 영상도 생산
- 영상 재포매팅
  - 다양한 분야의 사용자의 요구 자료 형태에 맞게 엽록소 영상의 포맷을 변환
  - ✓ 가시화 체계 표출 및 해류수치모델 입력자료 테스트용(ASCII)

- ✓ 일반 사용자를 위한 그림 파일 (jpg 파일)
- 가시화 시스템의 사용자 이해를 돕기 위한 구름 정보 가공
- ✓ 구름영역을 별도 추출하여 RGB 정보로 가공(ASCII, jpg)

표 9. 준실시간으로 생성되어 제공되는 GOCI 자료와 포맷 일람

자료 이름	포함변수	영역	형태	용량 (Byte)	비고
GOCI 클로로필 일합성 자료	엽록소 농도, 위도, 경도	남해안 전체	ASCII, jpg	5,225,834	1일 1회 (OC3, RBR)
GOCI 클로로필 시간별 영상	엽록소 농도, 위도, 경도	남해안 전체	ASCII, jpg	3,122,556	1일 8회 (OC3, RBR)
GOCI RGB 영상	구름RGB 색 정보, 위도, 경도	남해안 전체	ASCII, jpg	12,041,157	1일 8회

- 지정 FTP 서버에 자동 송출
  - 로컬 드라이브에 자료 생성완료시 자동으로 지정된 FTP서버에 송출되도록 자동화 완료
- GOCI 자료 생성 및 제공 전 과정의 자동화
  - 상기 각 단계별 처리가 다른 컴퓨터 언어로 구현되어 있어 전과정의 자동화가 필요
  - 슬롯편차보정 (IDL), Crop 및 대기보정 (C/C++), 엽록소 알고리즘 (IDL), 재포매팅 (Matlab), FTP 서버 송출 (Batch Script)
  - 시간별 영상 처리 프로세스 상세 요약 - 촬영 종료 후 30분 내에 전 과정 처리완료  
 <예시> GOCI 하루 중 첫 영상 (9시 30분 촬영)을 기준으로 한 자료 처리 시간표
    - ✓ 09:45 : GOCI 센서 촬영 종료
    - ✓ 10:00 : GOCI 자료 지상시스템 1차 보정처리 (복사보정/기하보정) 및 저장
    - ✓ 10:02 : CIDUM 적용
    - ✓ 10:07 : 대기보정 및 엽록소 알고리즘 적용, 구름 RGB 추출 완료
    - ✓ 10:12~14 : 파일 포맷 변환 (ASCII, jpg 등) 및 FTP 전송 완료
  - 일 합성 자료 요약
    - ✓ 17:12 : 8번째 영상 처리 완료 직후 합성 자료 생산
    - ✓ 18:02 : FTP에 전송 완료

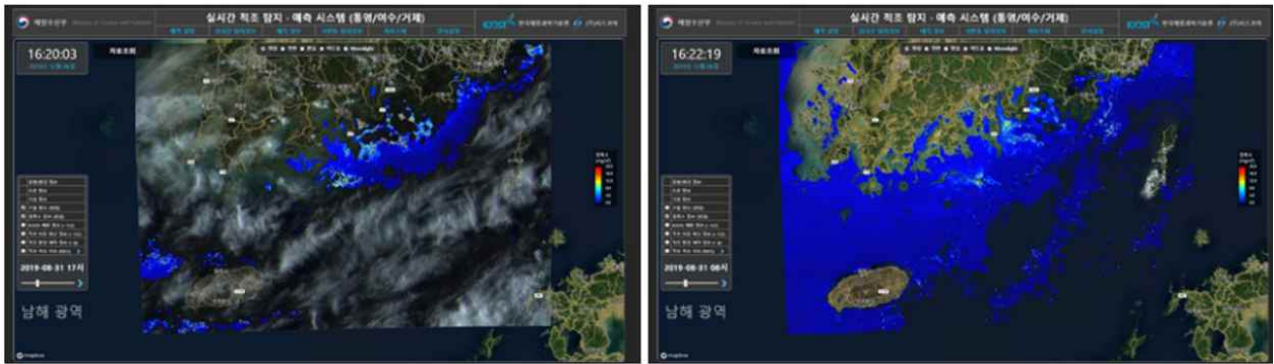


그림 24. 가시화 시스템의 GOCI 표출(왼쪽: 구름정보 유, 오른쪽: 구름정보 무)

### 나. 초분광 센서로부터의 적조의 해수 반사도 스펙트럼 분석

#### ○ 적조 및 비적조 해수의 초분광 색소 흡광 스펙트럼 분석

- 규조류 우점 해수와 적조 우점 해수는 색소 흡광 스펙트럼에서 명확한 차이를 나타냄
- 규조류 해수는 400 nm 이하에서 반등하는 모양이 나타나지 않는 반면, 적조 해수는 400 nm 이하에서 다시 강한 흡광을 나타냄
- 또한, 400 nm 와 500 nm 사이에서도 적조 해수의 경우가 곡선의 변화가 더욱 특징적임

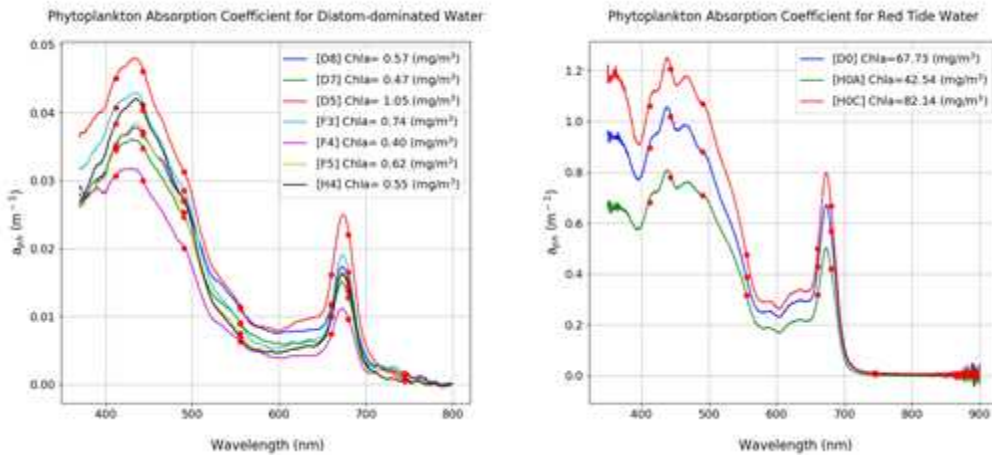


그림 25. 초분광 색소 흡광 스펙트럼: (좌) 규조류 우점 해수, (우) 적조 우점 해수  
(붉은 점은 GOCI 위성의 분광반응함수와 합성곱(convolution)한 값)

- 정 흡광계수(specific absorption coefficient)를 아래와 같이 모델링할 경우,

$$a_{ph}^*(\lambda) = A(\lambda) C^{-B(\lambda)}$$

- 규조류 해수와 적조 해수가 다른 양상을 나타냄

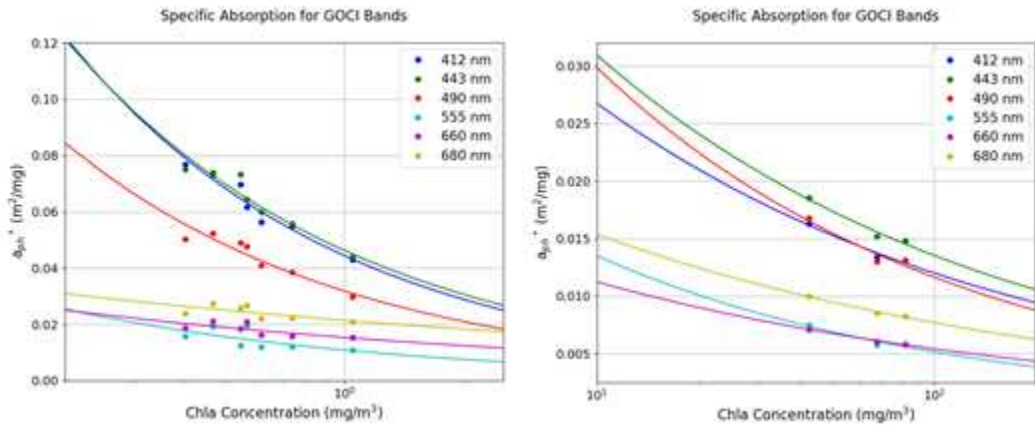


그림 26. GOCI의 6개 밴드에 대한 특정흡광계수 변화 그래프: (좌) 규조류 해수, (우) 적조 해수

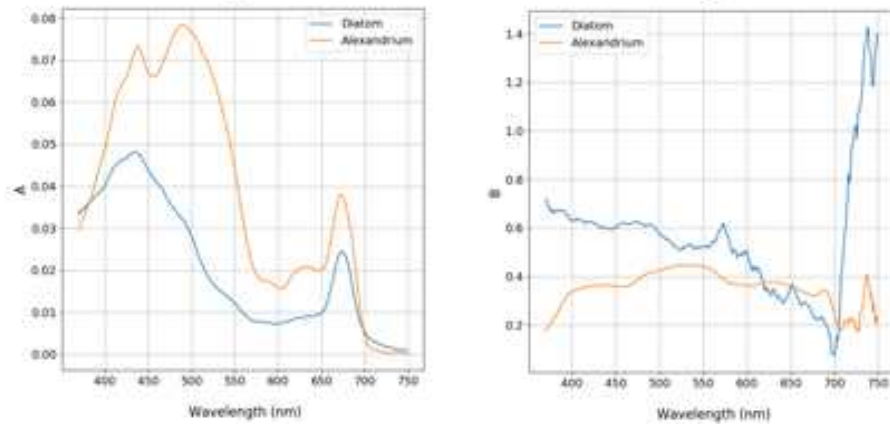


그림 27. 색소흡광계수 모델링 계수: (좌) 계수 A에 대한 곡선, (우) 계수 B에 대한 곡선

- 규조류 해수와 적조 해수의 특정흡광 계수가 큰 차이를 나타내는 것을 확인함
- 단위 엽록소당 흡광 계수가 적조해수의 경우가 큰 것으로 나타남



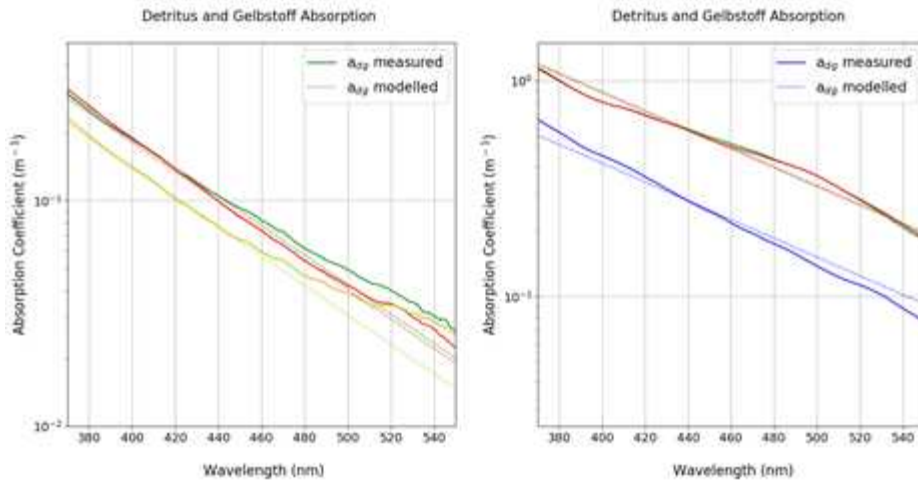


그림 28. 부유물 및 용존유기물 흡광 스펙트럼. 실선은 측정된 스펙트럼을 나타내고 점선은 모델링으로 표현된 곡선: (좌) 규조류 해수, (우) 적조 해수

- 용존 유기물 및 부유물의 흡광을 통상적으로 아래와 같이 나타냄

$$a_{dg}(\lambda) = a_{dg}(\lambda_0)e^{-s(\lambda-\lambda_0)}$$

- 이 때, 규조류 해수와 적조 해수의 흡광 계수 양상의 차이를 나타냄
- 규조류 해수의 경우, 지수부 계수  $s$ 가 약 0.015로 모델링할 수 있는 반면, 적조 해수는 0.01로 더 작은 값이 적합함을 보여줌
- 엽록소 흡광, 부유물 및 용존유기물 흡광에 대한 초분광 스펙트럼을 분석함으로써, 초분광 해수 반사도 및 위성 관측 해수 반사도에서 규조류 해수와 적조 해수가 가질 수 있는 잠재적인 차이를 분석하였음

#### 4. GIS 기반 적조 예보 시스템 정확도 개선, 시스템 구축

- 기존 발생 예측 시스템 시험 가동 및 취약성 검토
- 기계학습 기반 적조 발생 예측 모델 개발을 위한 데이터셋 생산

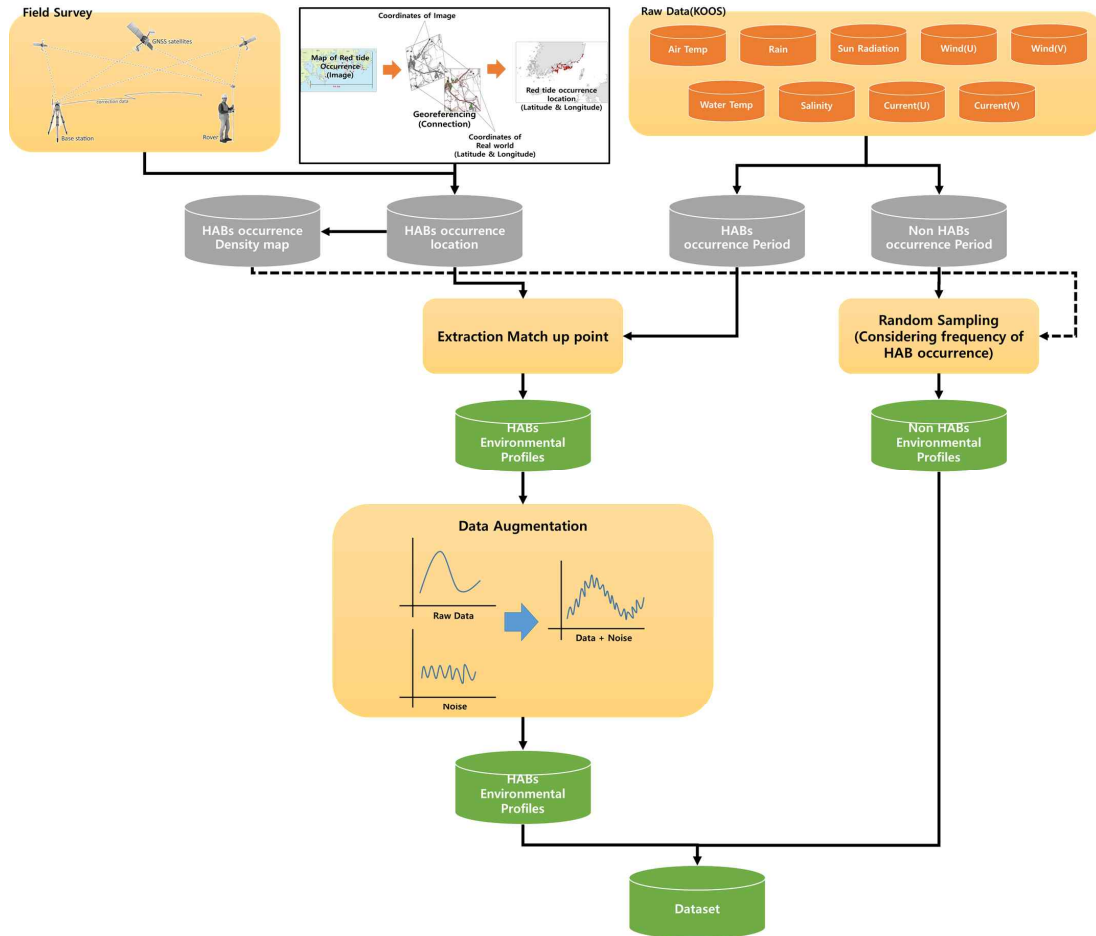


그림 29. 기계학습 기반 적조 발생 예측 모델 개발을 위한 데이터셋 생산 과정

- 2013~2015년에 발생한 적조의 위치정보 생산을 위해 국립수산과학원에서 제공하는 적조 발생 해역도(적조 속보)를 Georeferencing(Image to map)하여 지도화 작업 수행 후 적조 발생 해역을 공간 자료로 변환 (Polygon)
- 적조 발생 해역도로부터 추출된 적조 발생 해역 Polygon 자료에서 Centroid 좌표를 추출하여 적조 발생 위치 정보로 활용
- 2018년 이후 발생한 적조의 경우 현장에서 RTK-GPS를 활용하여 발생 위치를 측량
- 적조 발생 해역도와 현장 측량을 통해 얻어진 위치좌표는 입력 자료인 KOOS와의 일치점 좌표(Match-up point) 자료 추출에 활용
- 적조 미발생 해역에 대한 환경 프로파일은 적조 발생 해역도로부터 추출된 적조 발생 위치 정보를 Point Density 분석을 통해 발생 빈도를 고려한 임의 추출방식으로 일치점 좌표 자료를 생산하였음
- 데이터셋 내에서 적조 발생 : 적조 미발생 사례의 데이터 불균형이 발생하여, 원 자료에 임

의 잡음(Random noise)을 추가하여 Data augmentation을 수행

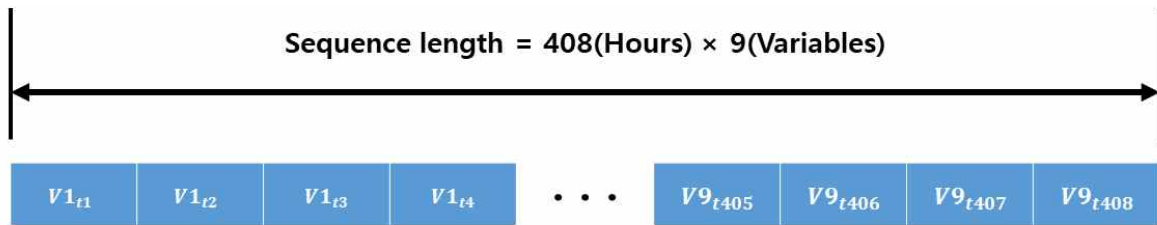


그림 30. 각 데이터들의 시퀀스 형식

○ 이 때, 각 데이터들은 3,672 (408시간 × 9개 입력 변수)개의 길이를 가진 시퀀스 형식임

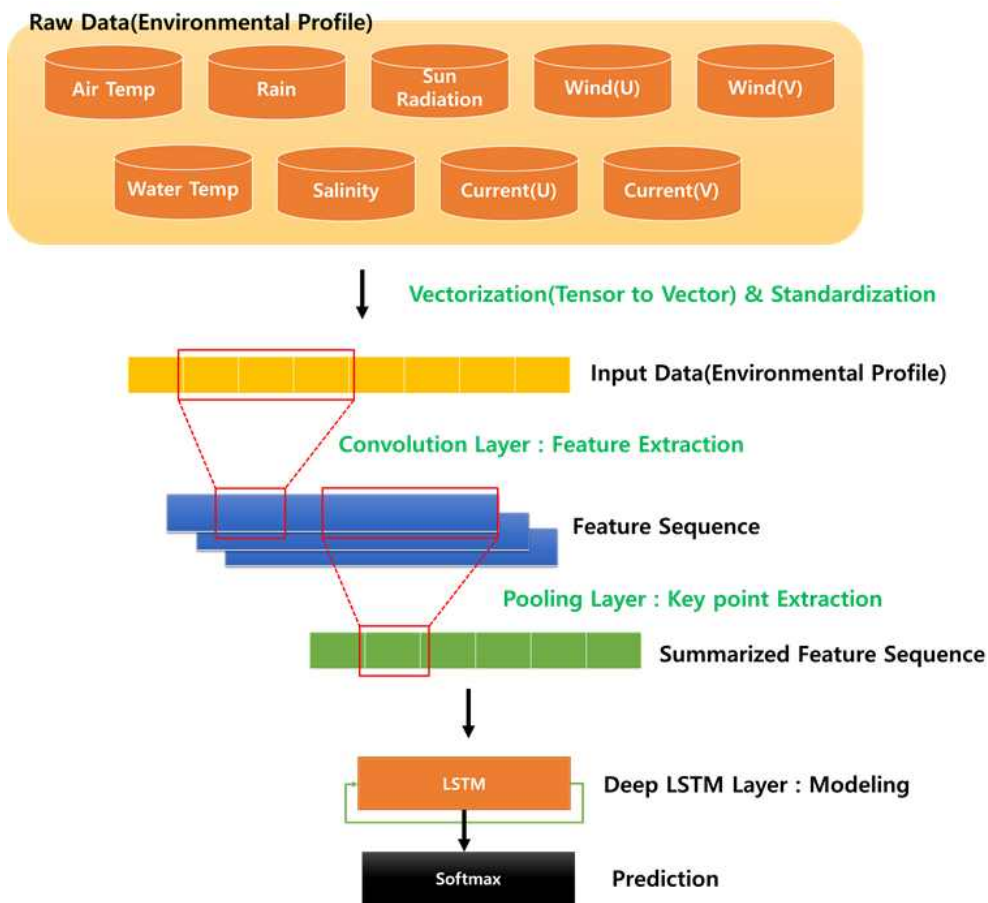


그림 31. *C. polykrikoides* 적조 발생 예측에 최적화된 심층 신경망 개발

○ *C. polykrikoides* 적조 예측을 위한 심층 신경망 알고리즘은 크게 특징 추출(Feature Extraction)과 모델링 단계로 구분되며, 1D Convolution을 통해 입력 시퀀스에서 특징을 추출하여 만들어진 특징 시퀀스(Feature sequence)를 LSTM을 통해 적조 발생과 미발생 확률을 계산함

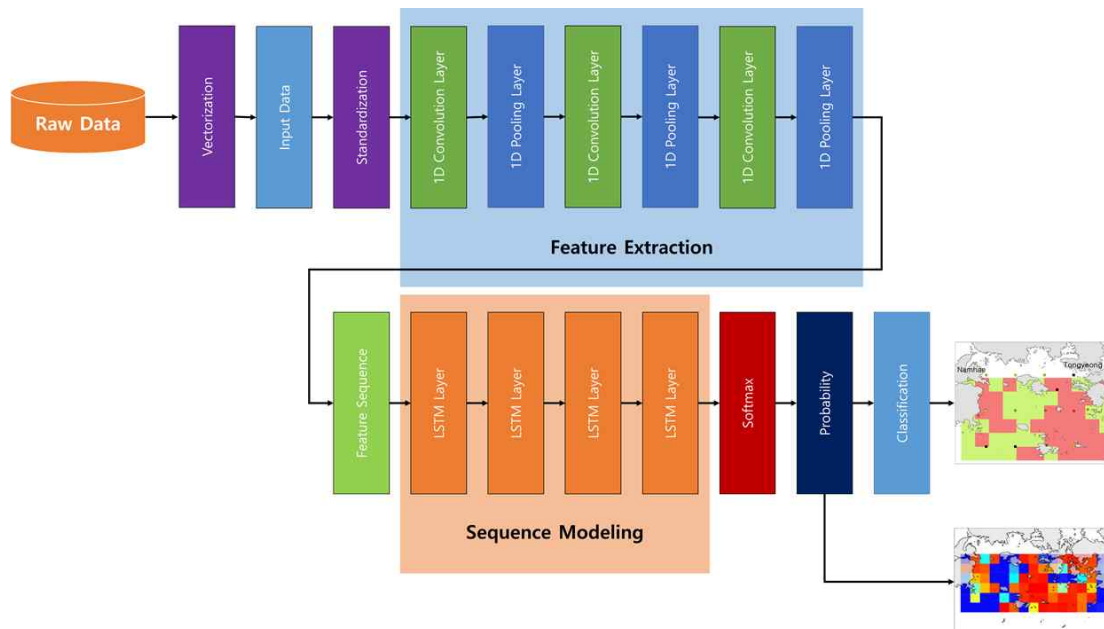


그림 32. *C. polykrikoides* 적조 발생 예측 심층 신경망 계산 흐름도

- 신경망의 출력 결과는 각 클래스(적조 발생, 적조 미발생)에 속할 확률이며, 50 %를 기준으로 최종 적조 발생 유무를 판단하여 1(적조 발생)과 0(적조 미발생)으로 출력함

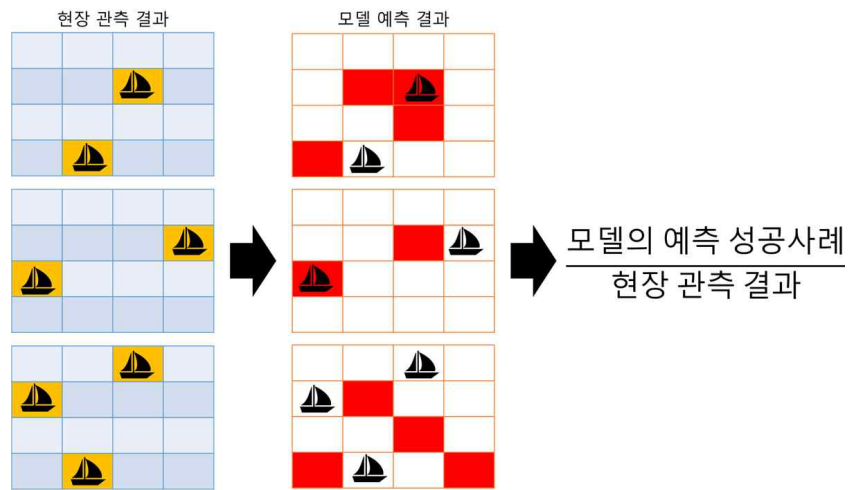


그림 33. *C. polykrikoides* 적조 발생 예측 모델의 현장 적용 및 정확도 평가

- 정확도 검증을 위해 2019년 8월, 9월에 현장 조사를 통해 총 134개 검증 포인트를 수집하였으며, 검증 포인트 내에서 Confusion Matrix를 이용하여 정확도 평가를 실시함

표 10. Confusion Matrix를 이용한 134개의 검증 포인트의 정확도 평가

N(관측 포인트 수) = 134		In-situ	
		Non HAB	HAB
Prediction	Non HAB	7	17
	HAB	14	96

Criteria	Score	Note
Total Accuracy	0.7687	
Precision	0.8727	모델이 예측한 적조 중 실제 적조 비율
Recall	0.8496	실제 적조 중 모델이 예측에 성공한 비율
F1-measure	0.8610	P와 R을 모두 고려한 정확도
F0.5-measure	0.8680	P에 더 높은 가중치를 부여한 정확도
F2-measure	0.8587	R에 더 높은 가중치를 부여한 정확도

- 검증 결과 전체 정확도는 약 77 %로 나타났으며, 적조 발생 클래스에 대한 Precision은 87 %, Recall값은 85 %로 나타남
- 이 때 Precision은 모델이 예측한 적조 중 실제 적조 비율을 나타내고, Recall은 실제 적조 중 모델이 예측에 성공한 비율을 계산한 값임

## 5. 적조 탐지 시스템 성능 검증 및 연동

- 적조 음향탐지 시스템, 고수온 관측 시스템 및 기상 관측 장비 연동 구현
  - 적조 음향탐지 시스템 15기 (통영 6기, 여수 5기, 거제 4기) 연동 구현
  - 고수온 관측 시스템 9기 (통영 4기, 여수 4기, 거제 2기) 연동 구현
  - 여수 지역 안도에 해양 기상 관측 시스템 설치 및 LoRa 연동 지원 및 구현



그림 34. 적조 음향탐지 시스템 해상 설치 전 수조 시험

- 적조 음향탐지 시스템 해상 설치 전/후 시험 연동 및 신호 레벨 확인
- 데이터 실시간 수신 신호레벨 확인 DB 저장
- DB 저장데이터 분석을 통한 센서 정확도 및 통신 성능 확인

No.	ID	Date	Time	센서값	높도 (dbm)	중도 (dbm)	저수 온도	저수 수온	State 1	State 2	수온	기압 수온	기압 수온	기압 수온	기압 수온	기압 수온	기압 수온
01	10000	2019-09-27	18:30:02	36.5750	126.2400	126.2400	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.40	26.40
02	10000	2019-09-27	18:42:25	36.5804	126.3070	126.3070	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
03	10000	2019-09-27	18:44:25	36.5808	127.7000	127.7000	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
04	10000	2019-09-27	18:46:18	36.5457	127.3100	127.3100	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
05	10000	2019-09-27	18:48:18	36.5808	127.7000	127.7000	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
06	10000	2019-09-27	18:50:25	36.5812	127.6700	127.6700	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
07	10000	2019-09-27	18:52:30	36.5816	127.3800	127.3800	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
08	10000	2019-09-27	18:54:30	36.5820	127.3100	127.3100	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
09	10000	2019-09-27	18:56:30	36.5824	126.9200	126.9200	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
10	10000	2019-09-27	18:58:30	36.5828	126.5300	126.5300	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
11	10000	2019-09-27	19:00:30	36.5832	126.1400	126.1400	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
12	10000	2019-09-27	19:02:30	36.5836	125.7500	125.7500	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
13	10000	2019-09-27	19:04:30	36.5840	125.3600	125.3600	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
14	10000	2019-09-27	19:06:30	36.5844	124.9700	124.9700	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
15	10000	2019-09-27	19:08:30	36.5848	124.5800	124.5800	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
16	10000	2019-09-27	19:10:30	36.5852	124.1900	124.1900	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
17	10000	2019-09-27	19:12:30	36.5856	123.8000	123.8000	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
18	10000	2019-09-27	19:14:30	36.5860	123.4100	123.4100	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
19	10000	2019-09-27	19:16:30	36.5864	123.0200	123.0200	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36
20	10000	2019-09-27	19:18:30	36.5868	122.6300	122.6300	25.0	40.0	000	000	25.00	0.00	0.00	0.00	11.9	26.36	26.36

그림 35. 데이터 수신 및 계측 데이터 확인



- 적조 음향탐지 시스템 센서 추가 연동 구현
  - YSI Exo2 2기 추가 설치 장비 연동 (염록소, 수온, 염분, pH, DO 계측)
  - 연동 센서 종류 : 적조 음향센서, CT 센서, YSI Exo2 센서)
- 무인수상정 연동 기능 추가
  - 무인수상정 적조 음향탐지 시스템 설치 및 하드웨어 연동 구현 및 시험 지원

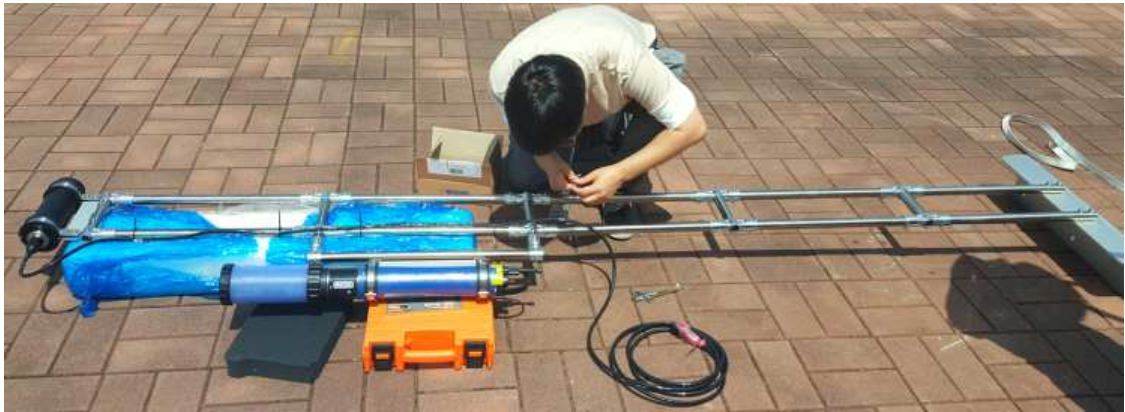


그림 36. 무인수상정 탐지 시스템 장착 지원

- 무인수상정 연동 프로그램 작성 및 시험 운용
- 실시간 위치정보 및 계측 값 수신 및 전시

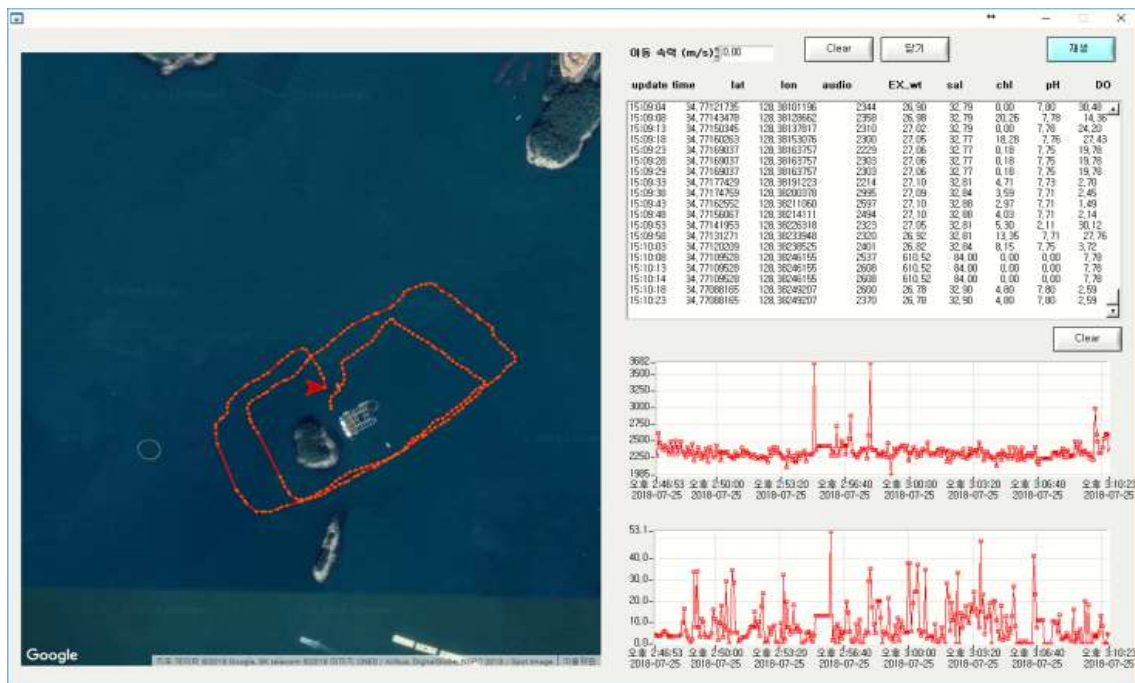


그림 37. 통영 무인수상정 연동시험 화면

## 6. Database 서버 이중화 구축 및 운용

- 주 서버, 보조 서버(백업 서버) 이중화 운용으로 자료 안정성, 고가용성 확보
  - 통영, 여수(고흥), 거제 해역에서 설치된 해상 관측 장비로부터 수집되는 자료 통합
  - 위성, 정밀 해류 모델, 생태 모델, GIS 기반 적조 발생 예측 DB 자료 통합
  - 서버 장애 발생 시 빠른 서비스 전이를 통해 연속적인 작업 환경 제공
  - 시스템 안정성 향상을 통한 안정적 가동률 확보
- 이중화 서버 구성
  - 실시간 데이터 백업 및 문제시 자동 백업 기능 구현



그림 38. 이중화 서버 구성 체계도

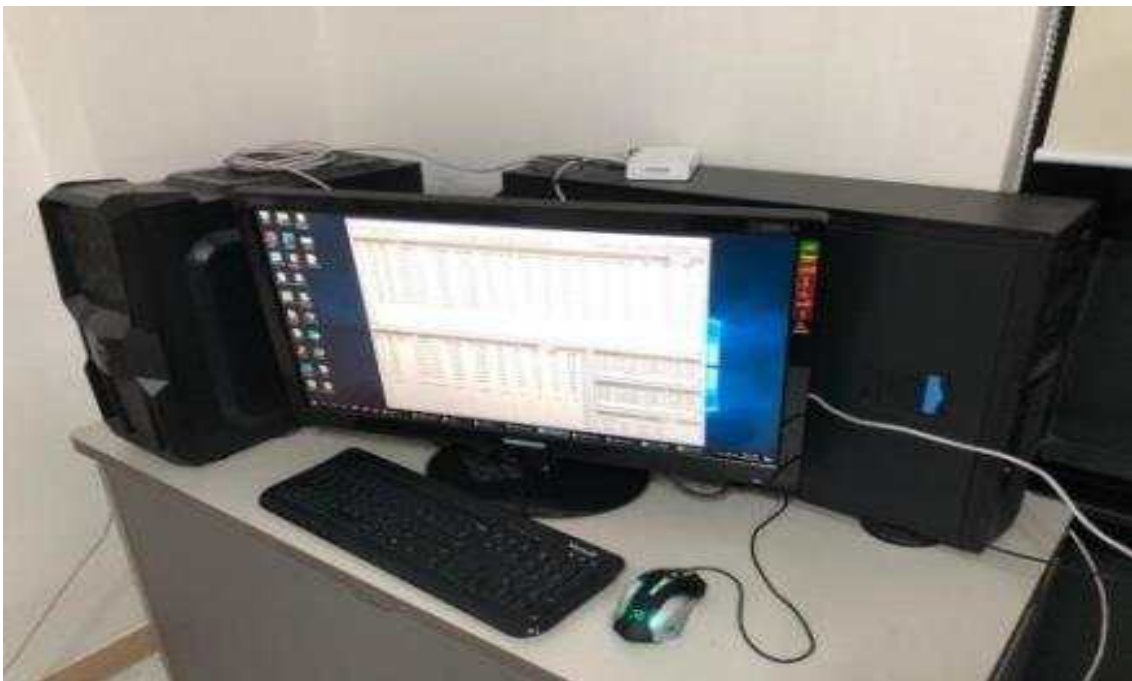


그림 39. 이중화 서버 운용 사진



## 7. 적조 자료 융합 및 표출 확장 및 보완

- FTP 운용을 통한 실시간, 준실시간 자료 공유 및 통합 관리
  - URL : systemcore.iptime.org
  - 지원 프로토콜 : FTP, FTPS, SFTP
  - 계정 : 참여 기관 별 계정 생성, 접근권한 구분, 자료 공개 범위 설정하여 운용
- 각 해역의 수집 자료(센서, 환경 자료, GIS 정보, 기상 정보 등), 위성 자료, 예측 시스템 자료, 확장성 및 가용성을 감안하여 DB 구현 고도화
  - 적조 음향탐지 시스템 : 장비 ID, 설치좌표, 음향, 수온, CT, YSI, Exo2 계측 값
  - 고수온 관측 시스템 : 장비 ID, 설치좌표, 수온, 수심 계측 값
  - 기상 관측 시스템 : 장비 ID, 기온, 일사량, 풍속, 풍향

표 11. 자료 통합 및 Database 구현

구분	폴더이름	내용
KIOST	acoustic	음향 및 해양 환경 자료
	dna	유전자 분석 자료
	document	각종 문서 자료
	ecology	식물플랑크톤 분석 자료
	environment	해양환경 및 기상 자료
	koos	koos 모델 자료 (72시간 예측 정보)
	optic	광학 분석 자료
	pknu	적조발생 예측 자료
	prediction	적조 이동 확산 예측 자료 (72시간 예측 정보)
	satellite	GOCI 위성 엽록소 영상 자료
	zooplankton	동물플랑크톤 분석 자료
	적조속보자료	국립수산과학원 적조 속보 자료 (pdf)
NIFS	ecology	식물플랑크톤 분석 자료
	environment	해양환경 및 기상 자료
	koos	koos 모델 자료 (72시간 예측 정보)
	satellite	GOCI 위성 엽록소 영상 자료

- OpenAPI 서비스 제공
  - 외부 기관에서 데이터베이스를 직접 접속해 응용 프로그램 및 정보를 검색할 수 있도록 OpenAPI 제공

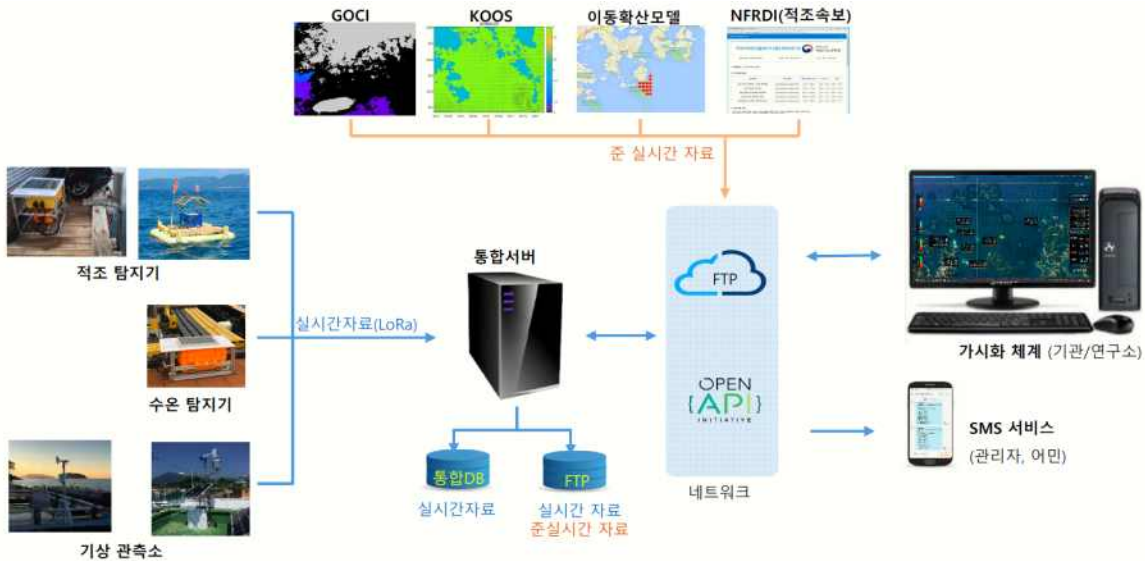


그림 40. 자료 수집 및 통합 체계 구성 및 자료 수집 및 통합 체계 연동도

○ 가시화 체계 전시 지역

- 총 3개 지역 (남해 광역, 통영/거제, 여수) 전시
- 제주도 포함 남해안 표출로 인한 광역 위성, 해류 자료 동시 표출



그림 41. 통영/거제 해역 구성 화면

○ 가시화 체계 전시정보 메뉴 구분

- 실시간 정보와 예측 정보의 구분을 위한 가시화 화면 및 메뉴 구분
- 실측 데이터 전시 화면, 예측 데이터 전시 화면, 실측 및 예측데이터 복합 전시 화면 구성

## 실시간 적조 탐지·예측 시스템 (통영/여수/거제)

해역 설정

실시간 탐지정보

예측 정보

사변동 탐지정보

자료조회

전시설정

그림 42. 전시 정보 메뉴 화면 구성

- 가시화 체계 안정화
  - 프로그램 종료 현상 개선
  - 실측 데이터 및 예측 데이터 미 전시 현상 개선
  - 연동 데이터량 축소 (데이터 포맷 및 가시화 기법 변경)
- 준실시간 자료 전시 기법 개선
  - 전시하는 자료의 이미지 품질 저하 현상을 개선하기 위해 전시 지역별 이미지 생성



그림 43. 통영 지역 준 실시간 자료 전시 개선 화면

- 준실시간 자료(해류, GOCI, 이동 확산, 발생 확률)의 과거 자료 전시
  - 과거 데이터 전시를 통한 데이터 변화 추이 직관적 확인
  - 실시간 데이터와 준 실시간 데이터 비교 분석을 통한 예측 모델링 정확도 검증

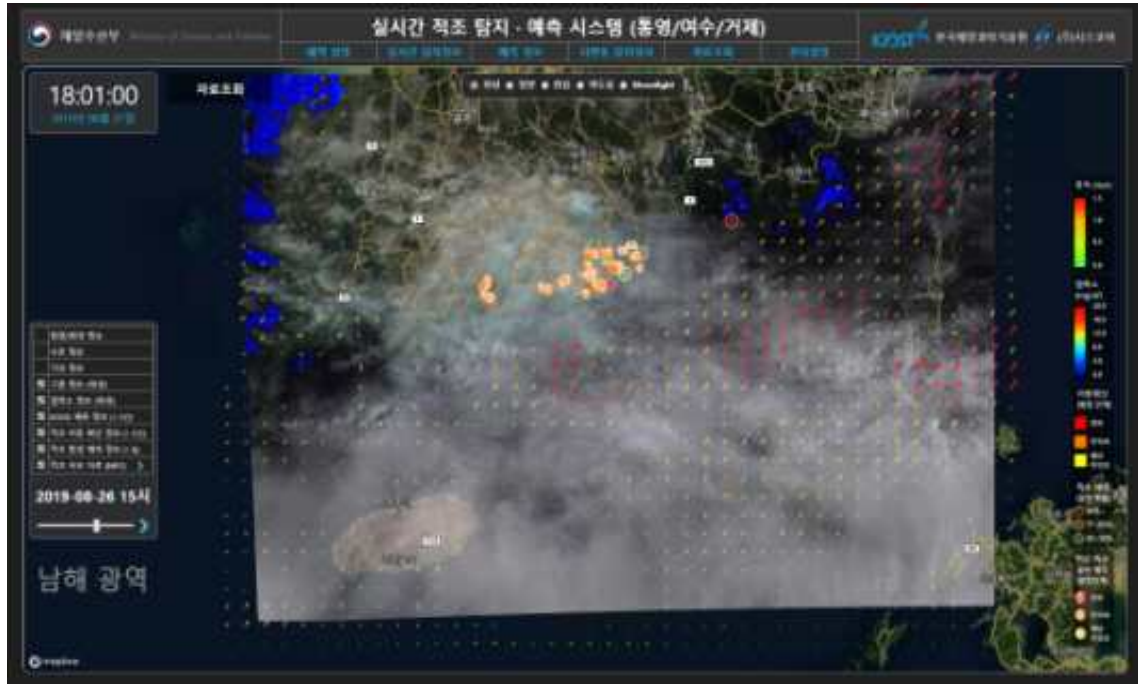


그림 44. 과거 자료 화면 전시 화면

## 8. 관제 센터용 제어 통제 및 모니터링 체계 구축

### ○ 실시간 적조 탐지·예측 시스템 제어 통제

- 계측장비 상태 모니터링 및 데이터 DB 및 흐름 제어, 전시 설정(Web page 포함)등 시스템 제어
- Windows App으로 제작된 프로그램에서 운용

적조 음향탐지 시스템 설치정보										
순번	장비ID	장비이름	위도	경도	CT	YSI	EXO	방향	비고	
1	18001	추도	34.76362	128.29768	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	T-RASS-04	
2	18002	오비도	34.82387	128.34889	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	T-RASS-02	
3	18003	연대도	34.73853	128.39639	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4	T-RASS-03	
4	18004	KIOST 해상기지	34.77034	128.3837	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	T-RASS-01	
5	18005	상노대도	34.67768	128.25478	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	T-RASS-05	
6	18006	남해 미조	34.70656	128.05185	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	T-RASS-06	
7	18007	금오도 장지	34.49882	127.79321	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	Y-RASS-01	
8	18008	금오도 송고	34.54755	127.71569	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	Y-RASS-02	
9	18009	화태도 독정	34.58696	127.74065	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	Y-RASS-03	
10	18010	개도	34.58118	127.67904	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	Y-RASS-04	
11	18011	대두라도	34.56433	127.74065	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	Y-RASS-05	
12	18012	율포만	34.76571	127.55594	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3	G-RASS-01	

무선 수온탐지 시스템 설치정보						
순번	장비ID	장비이름	위도	경도	방향	비고
1	18601	경남 수산자원연구소	34.828	128.33473	3	T-WTSS-01
2	18602	연명항	34.77853	128.39648	1	T-WTSS-02
3	18603	관리도	34.78128	128.38028	2	T-WTSS-03
4	18604	상노대도	34.67768	128.25478	3	T-WTSS-04
5	18605	금오도 장지	34.49886	127.79318	2	Y-WTSS-01
6	18606	화태도 모두	34.59332	127.72004	1	Y-WTSS-02
7	18607	화태도 독정	34.58698	127.71572	2	Y-WTSS-03
8	18608	개도	34.58118	127.67904	1	G-WTSS-01
9	19602	법금	34.81597	128.52359	1	G-WTSS-02
10	0		0	0	2	
11	0		0	0	1	
12	0		0	0	1	

그림 45. 관제 센터용 제어 통제 프로그램

## 9. Web 기반 모니터링 체계 구축

### ○ Web 기반 프로그램 구축

- 별도의 소프트웨어 설치 없이 웹 접속을 통해 적조 모니터링
- 웹 주소 : [www.kiost-redtide.kr](http://www.kiost-redtide.kr)



그림 46. Web 기반 모니터링 체계 - 접속 메인 화면



그림 47. Web 기반 모니터링 체계 - 메인 화면 하단

- 메인 화면은 본 과제를 소개하는 페이지로 메인 화면, 시스템 구성도, 연구 사업 목표 및 수행 체계, 기대효과 등이 기술되어 있음
- 실시간 계측 및 예측 데이터 및 과거 데이터 조회 모니터링
  - 지도 및 그래프 기반 데이터 전시 모니터링
  - 기상, 음향/환경, 수온, 위성 정보, 적조 속보 정보, KOOS 해류 정보를 실시간 혹은 과거 데이터 조회
- 다양한 지도(전자해도) 스타일 선택 가능
  - 해안과 내륙의 명확한 경계 구분으로 가시성 증대
  - 해도 위 전시되는 각 자료(엽록소, 해류, 적조속보, 이동확산, 발생예측 등)의 가시성 증대



그림 48. GIS 기반 정보 전시 화면

- 선택 해역별 지도 기반 데이터 전시
  - 남해안 전시 경우 전자 해도에 엽록소(GOCI) 및 자료의 정확한 판별을 위해 구름 데이터 전시





그림 49. GIS 기반 위성 자료 전시 화면

○ 시변동 탐지 정보 그래프 전시

- 고수온 관측, 적조 음향 탐지, 엽록소 계측 자료를 그래프 위에 전시
- 장비 별, 해역 별(통영, 여수, 거제) 선택하여 계측 데이터 확인이 가능

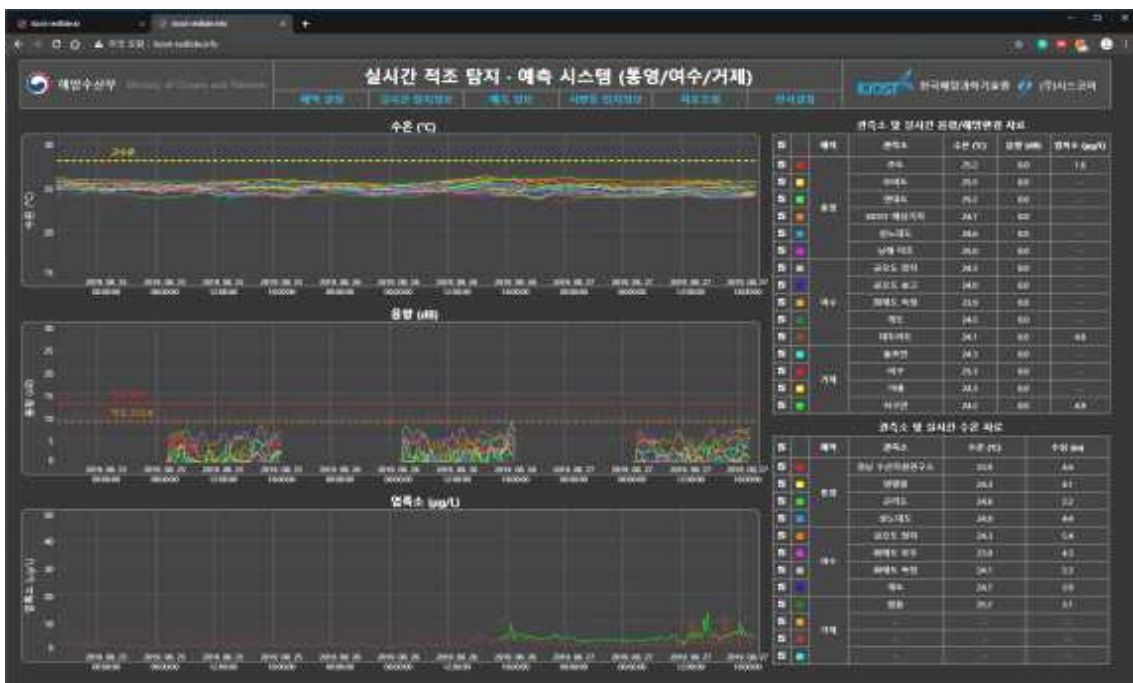


그림 50. 적조 음향, 수온, 엽록소 데이터 그래프 전시 화면



## 제2절 실시간 적조 탐지·예측 시스템 현장적용

### 1. 통영, 여수, 거제 연안 및 양식장 설치 및 운영

#### 가. 관측 센서 및 네트워크 현장 설치 운용

- 1차년도 적조 음향탐지 시스템 (RASS) 설치 및 운용
  - '17년 07월 초부터 순차적으로 총 6기를 설치하여 약 2달 이상 운용하였음
  - 통영 해역 연안 양식장 및 광역에 설치 및 운용하였음
  - 설치 해역 : 통영 -> 한국해양과학기술원 통영해상과학기지, 오비도, 연대도, 추도, 연화도, 남해 미조
  - 부이형 및 양식장 설치형 체계로 구축 및 운용
- 1차년도 고수온 관측 시스템 (WTSS) 설치 및 운용
  - '17년 07월 초부터 순차적으로 총 4 대를 설치하여 약 2달 동안 운용하였음
  - 설치 해역 : 통영 -> 경상남도 수산자원연구소, 곤리도, 연명항, 남해 미조

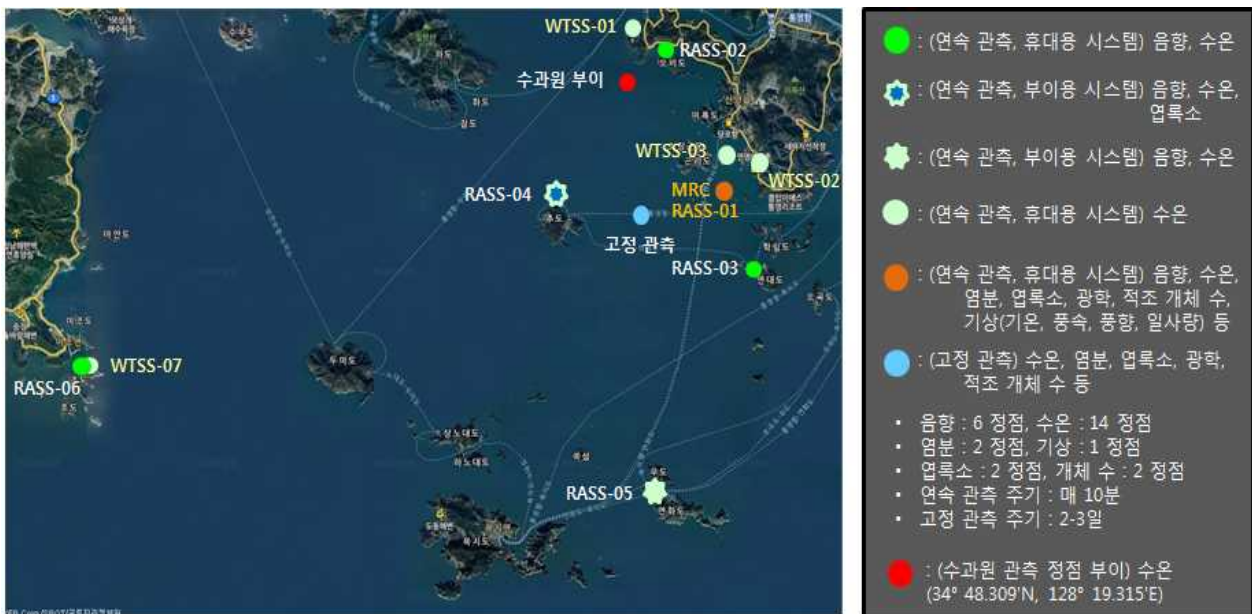


그림 51. 1차년도 통영 해역 실시간 적조 음향탐지 및 고수온 관측 시스템 현장 운용

- 2차년도 적조 음향탐지 시스템 (RASS) 설치 및 운용
  - 통영과 여수 두 해역의 연안 양식장 및 광역 해역에 설치 및 운용하였음 (총 10기)
  - '18년 07월 초부터 순차적으로 장비를 설치하여 약 2달 동안 운용하였음
  - 설치 해역 : 통영 -> 한국해양과학기술원 통영해상과학기지, 오비도, 연대도, 추도, 남해 미조
  - 여수 -> 금오도 장지, 금오도 송고, 화태도 독정, 개도, 대두라도
  - 부이형 및 양식장 설치형 체계로 구축 및 운용

○ 2차년도 고수온 관측 시스템 (WTSS) 설치 및 운용

- 통영과 여수 두 해역의 연안 양식장에 설치 및 운용하였음 (총 5기)
- '18년 07월 15일부터 순차적으로 장비를 설치하여 약 2달 동안 운용하였음
- 설치 해역 : 통영 -> 경상남도 수산자원연구소, 곤리도, 한국해양과학기술원 통영해양과학기지  
여수 -> 금오도 장지, 화태도 독정



그림 52. 2차년도 통영 및 여수 해역 실시간 적조 음향탐지 및 고수온 관측 시스템 현장 운용

○ 3차년도 적조 음향탐지 시스템 (RASS) 설치 및 운용

- 통영, 여수, 거제 해역의 연안 양식장 및 광역 해역에 설치 및 운용하였음 (총 15기)
- '19년 7월 초부터 9월 말까지 여름철 약 3달 동안 장비를 운용하였음
- 설치 해역 : 통영 -> 한국해양과학기술원 통영해양과학기지, 오비도, 연대도, 추도, 상노대도, 남해 미조  
여수 -> 금오도 장지, 금오도 송고, 화태도 독정, 개도, 대두라도

거제 -> 저구만, 어구, 가배, 울포만

- 부이형 및 양식장 설치형 체계로 구축 및 운용
- 3차년도 고수온 관측 시스템 (WTSS) 설치 및 운용
  - 통영, 여수, 거제 해역의 연안 양식장에 설치 및 운용하였음 (총 9기)
  - '19년 7월 초부터 9월 말까지 여름철 약 3달간 장비를 운용하였음
  - 설치 해역 : 통영 -> 경상남도 수산자원연구소, 곤리도, 연명항, 상노대도  
여수 -> 금오도 장지, 화태도 묘두, 화태도 독정, 개도  
거제 -> 범동

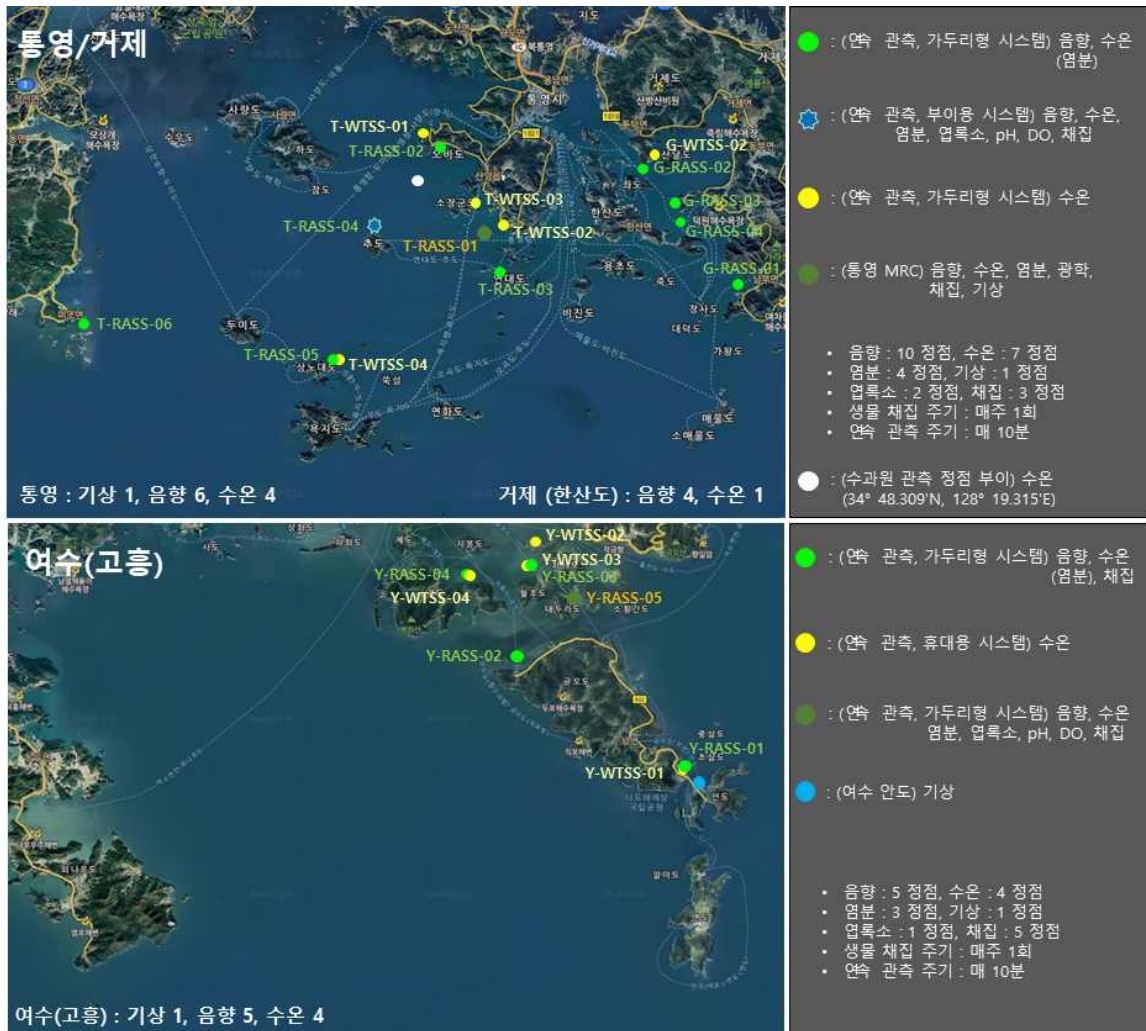


그림 53. 3차년도 통영, 거제, 여수 해역 실시간 적조 음향탐지 및 고수온 관측 시스템 현장 운용

- 각 정점별로 음향 센서는 수심 1 m에, 수온 센서는 수심 약 5 m에 설치하여 운용하였음
- 총 24기의 관측 시스템(적조 음향탐지 시스템 15기, 고수온 관측 시스템 9기)의 실시간 관측 자료 원격 전송 및 가시화 체계 구성 및 운영
  - 위 시스템은 내장 배터리를 사용하여 3개월 연속 운용이 가능

- 
- FTP 서버를 이용하여 자료 저장, 분류, 권한 부여를 수행
  - 자료 전송 통신망은 저전력, 저비용 통신망인 LoRa망 적용  
(LoRa : 사물인터넷 기술로 떠오르고 있는 대규모 저전력 장거리 무선 통신 기술)
  - 실측 자료는 연구자 기반으로 구축하여 활용 가능한 정보를 실시간 제공

나. 관측 시스템 연차별 운용 현황

(1) 해양 기상 관측 시스템

- 1차년도부터 3차년도까지 총 2기의 해양 기상 관측 시스템을 설치하여 연속 운용
  - 총 2기 운용 (통영 해역 1기, 여수 해역 1기)

(2) 적조 음향탐지 시스템

- 1차년도 2017년 07월 중순부터 순차적으로 장비를 설치하여 9월~10월 말까지 운용
  - 총 6기 운용 (통영 해역 6기)
- 2차년도 2018년 07월 초~중순부터 순차적으로 장비를 설치하여 9월 중순까지 운용
  - 총 10기 운용 (통영 해역 5기, 여수 해역 5기)
- 3차년도 2019년 07월 초부터 순차적으로 장비를 설치하여 9월 말까지 운용
  - 총 15기 운용 (통영 해역 6기, 여수 해역 5기, 거제 해역 4기)

(3) 고수온 관측 시스템

- 1차년도 2017년 07월 초부터 순차적으로 장비를 설치하여 9월 말까지 운용
  - 총 4기 운용 (통영 해역 4기)
- 2차년도 2018년 07월 초부터 순차적으로 장비를 설치하여 9월 중순까지 운용
  - 총 5기 운용 (통영 해역 3기, 여수 해역 2기)
- 3차년도 2019년 07월 초부터 순차적으로 장비를 설치하여 9월 말까지 운용
  - 총 9기 운용 (통영 해역 4기, 여수 해역 4기, 거제 해역 1기)

(4) 적조 실증화 서버 및 가시화 체계

- 1차년도부터 3차년도까지 적조 실증화 서버 및 가시화 체계를 운용
  - 적조 실증화 서버 운용 (동시에 이중화 서버도 운용)
  - 가시화 체계 운용 (Window 기반 program 타입, Web 기반)



표 12. 각 관측 시스템 별 연차별 운용 여부

관측 시스템	해역	설치장소	장비명	1차년도 운용	2차년도 운용	3차년도 운용	
해양 기상	통영	KIOST 해상기지	T-AWS-01	○	○	○	
	여수	안도	Y-AWS-01		○	○	
음향 및 해양 환경	통영	KIOST 해상기지	T-RASS-01	○	○	○	
		오비도	T-RASS-02	○	○	○	
		연대도	T-RASS-03	○	○	○	
		추도	T-RASS-04	○	○	○	
		연화도	T-RASS-05		○		
				상노대도			○
		남해 미조	T-RASS-06	○	○	○	
	여수	금오도 장지	Y-RASS-01		○	○	
		금오도 송고	Y-RASS-02		○	○	
		화태도 독정	Y-RASS-03		○	○	
		개도	Y-RASS-04		○	○	
		대두라도	Y-RASS-05		○	○	
	거제	저구만	G-RASS-01			○	
		어구	G-RASS-02			○	
		가배	G-RASS-03			○	
		울포만	G-RASS-04			○	
고수온	통영	경남 수산자원연구소	T-WTSS-01	○	○	○	
		연명항	T-WTSS-02		○		○
				KIOST 해상기지			○
		곤리도	T-WTSS-03	○	○	○	
		상노대도	T-WTSS-04				○
				남해 미조		○	
	여수	금오도 장지	Y-WTSS-01		○	○	
		화태도 묘두	Y-WTSS-02			○	
		화태도 독정	Y-WTSS-03		○	○	
		개도	Y-WTSS-04			○	
거제	법동	G-WTSS-02			○		
서버		적조실증화 서버	Server	○	○	○	
가시화 체계		가시화 체계	Program	○	○	○	
			Web-page			○	

다. 적조 음향탐지 시스템 현장 보정 (Calibration)

- 적조 음향탐지 시스템은 2018년도 7월 26일 여수 화태도 해역, 8월 8일 통영 오비도 해역에서 적조 띠를 발견하여 음향 Calibration을 수행하였음
  - 적조 음향탐지 시스템의 초음파 센서로부터 적조/무적조 상태에서의 자료 획득
  - 음향 자료 획득과 동시에 채수하여 실험실 내 분석 (*C. polykrikoides* 개체 수)
- 국립수산과학원 적조 발령기준 (무적조 0~10 cells/mL, 적조주의보 100~1,000 cells/mL, 적조경보 1,000 cells/mL 이상)을 토대로 음향 레벨과 *C. polykrikoides* 개체 수와의 관계식을 계산하였음
  - 통영 해역은 음향 디지털 레벨이 0~10,000 까지 나타났으며, 이 때 개체 수는 0~3,700

---

cells/mL 까지 나타났음

- 회귀 함수 분석 결과 통영 해역은  $y = 0.29x - 55.7$  로 나타났으며, 이 때 결정계수 값은 0.87로 높게 나타남
- 여수 해역은  $y = 0.36x - 102.1$  로 나타났으며, 결정계수 값은 0.95로 높게 나타남
- 획득한 음향 신호는 기존 연구 (Kang et al., 2013, Kim et al., 2018)를 토대로 음향 레벨을 데시벨 단위로 변경하였으며, 무적조 9 dB 이하, 적조주의보 9~13 dB, 적조경보 13 dB 이상으로 설정하였음
- 통영, 여수 해역별 음향 배경 레벨이 다름을 확인하였음



그림 54. 적조 음향탐지 시스템 현장 Calibration 수행

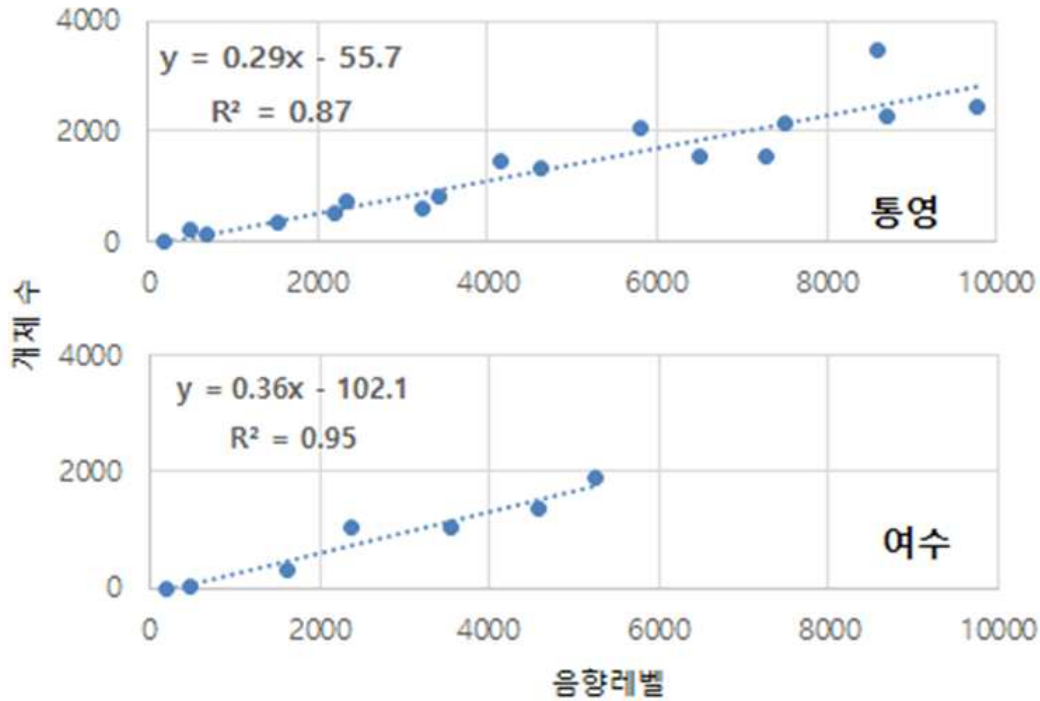


그림 55. 적조 음향탐지 시스템 현장 Calibration 수행 및 분석 결과 (위) 통영 (아래) 여수 해역

라. 실시간 적조 음향탐지 시스템 현장 운용

- 각 정점별 공통적으로 식물플랑크톤의 음향 강도와 수온 값을 측정하였음
- 몇몇 정점에서는 YSI Exo2 센서와 Annddera CT 센서를 추가로 설치 및 운용하여 염분, 엽록소, DO, pH의 여러 환경 자료도 함께 획득하였음
- 각 정점별로 설치 위치 및 연차별 결과를 나타내었음

(1) 적조 집중 관측 연안 해역 - 통영 한국해양과학기술원 해상과학기지 (T-RASS-01)

- 한국해양과학기술원 해상과학기지에 적조 음향탐지 시스템을 여름철 연속 운용하였음
- 해당 해역은 수심이 약 30 m이며, 매 10분마다 자료를 측정하여 서버로 전송하였음
- 1차년도 2017년 07월 20일부터 10월 31일까지 음향 강도, 수온, 염분 측정
- 2차년도 2018년 07월 05일부터 09월 21일까지 음향 강도, 수온, 염분, 엽록소, DO, pH 측정
- 3차년도 2019년 07월 03일부터 09월 30일까지 음향 강도, 수온, 염분 측정



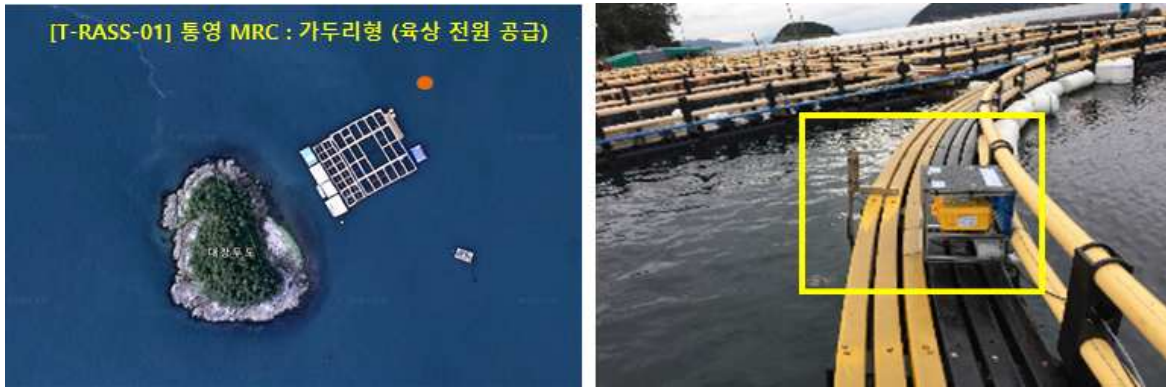


그림 56. 통영 한국해양과학기술원 해상과학기지 연구용 양식장에서 운용한 적조 음향탐지 시스템 (T-RASS-01)

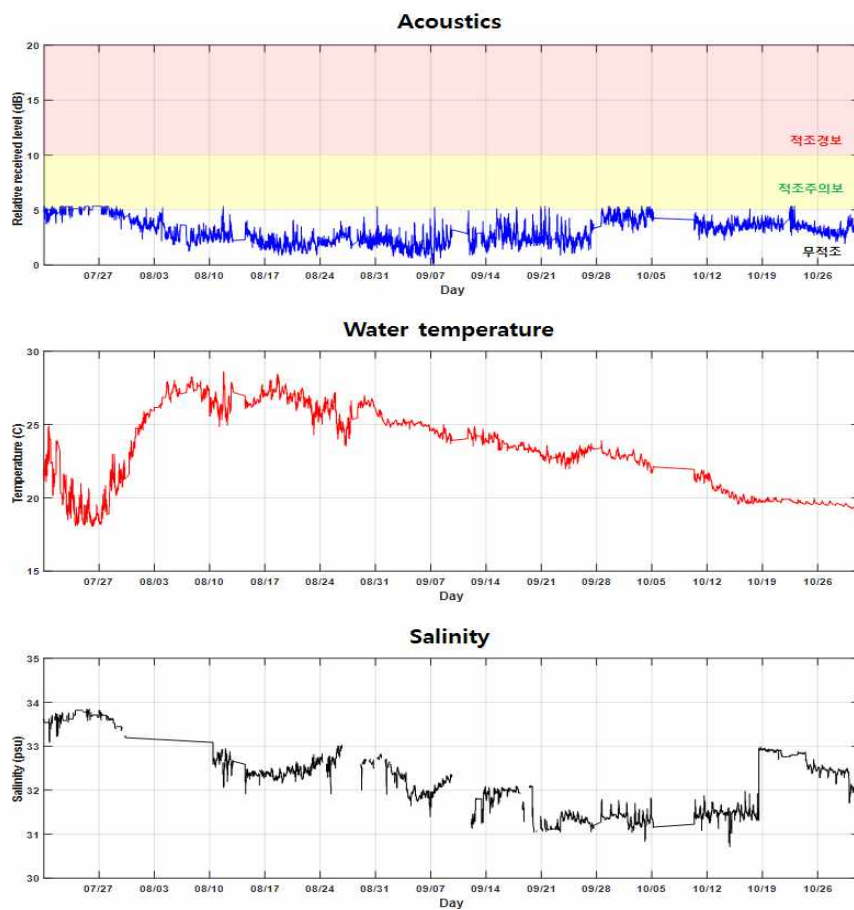


그림 57. 1차년도 통영해상과학기지에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온, 염분 결과

- 2017년 여름철 통영 해역에 적조가 발생하지 않았음. 따라서 음향 신호도 무적조 상태인 약 5 dB 이하로 나타남
- 해당 해역의 수온은 7월 말부터 급격히 증가하다가 8월 중순에는 최대 28 °C로 나타남, 그 후 점차적으로 감소하여 10월 말에는 20 °C 미만으로 나타남
- 염분은 평균 32~33 psu로 나타남

- 1차년도 정상 가동률: 104일 중 90일 가동 (86.54 %)

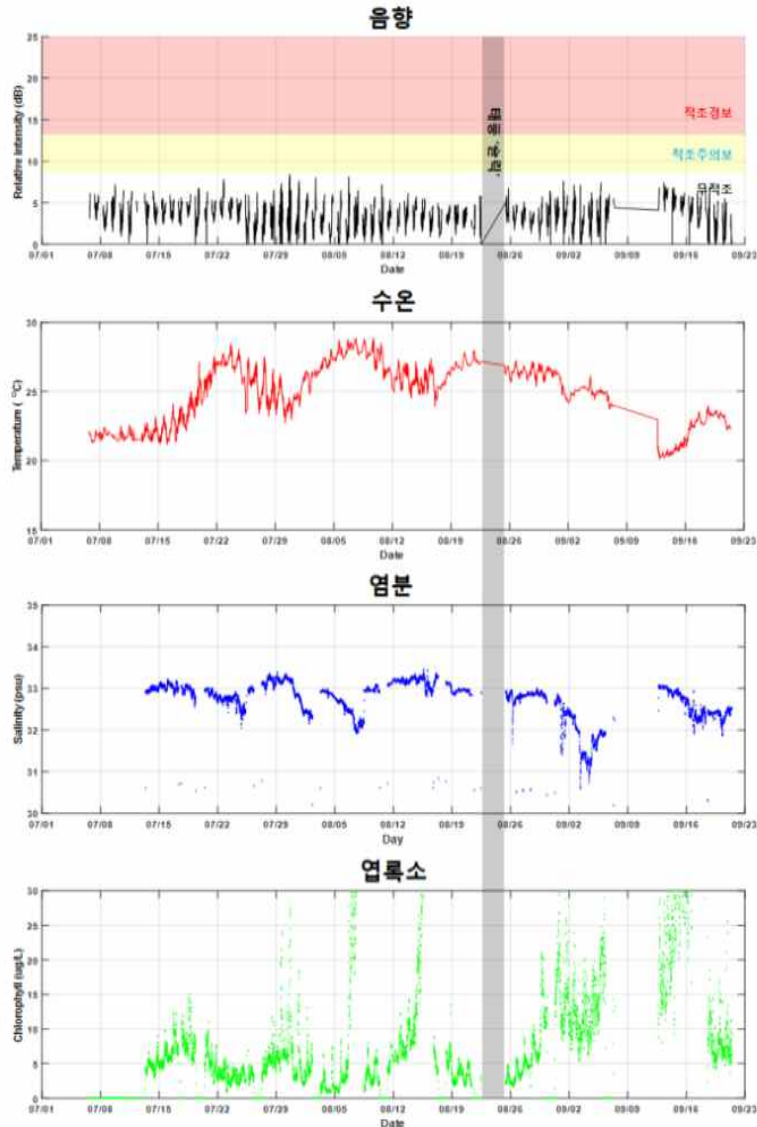


그림 58. 2차년도 통영해상과학기지에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온, 염분, 엽록소 결과

- 2018년 여름철 통영 해역에 적조가 약간 발생하였으나 한국해양과학기술원 통영해상과학기지 인근 해역에서는 적조가 발생하지 않음. 따라서 음향 신호에서는 대부분 무적조 상태인 약 9 dB 이하로 나타남
- 해당 해역의 수온은 7월 16일 이후부터 급격히 증가하다가 7월 말에 약 26 °C로 나타남, 그 후 태풍으로 인하여 약간 감소하였다가 다시 증가하여 8월 6일부터 약 28 °C까지 나타남. 8월 말 부터는 점차적으로 감소함을 보임
- 염분은 평균 32~33 psu로 나타남, 31 psu 이하의 값은 Biofouling에 의한 신호임
- 엽록소는 대부분 약 10 ug/L 이내로 나타났으나, 일부분 해조류에 의해 높은 오신호 값이 나타남
- 8월 말 태풍 ‘솔릭’으로 인한 피해를 예방하기 위해 가두리를 이동하여 약 4일 정도 중

단하였으며, 9월 초에는 가두리 전기 공사로 인하여 약 7일 동안 중단하였음

- 2차년도 정상 가동률: 78일 중 71일 가동 (91.03 %)

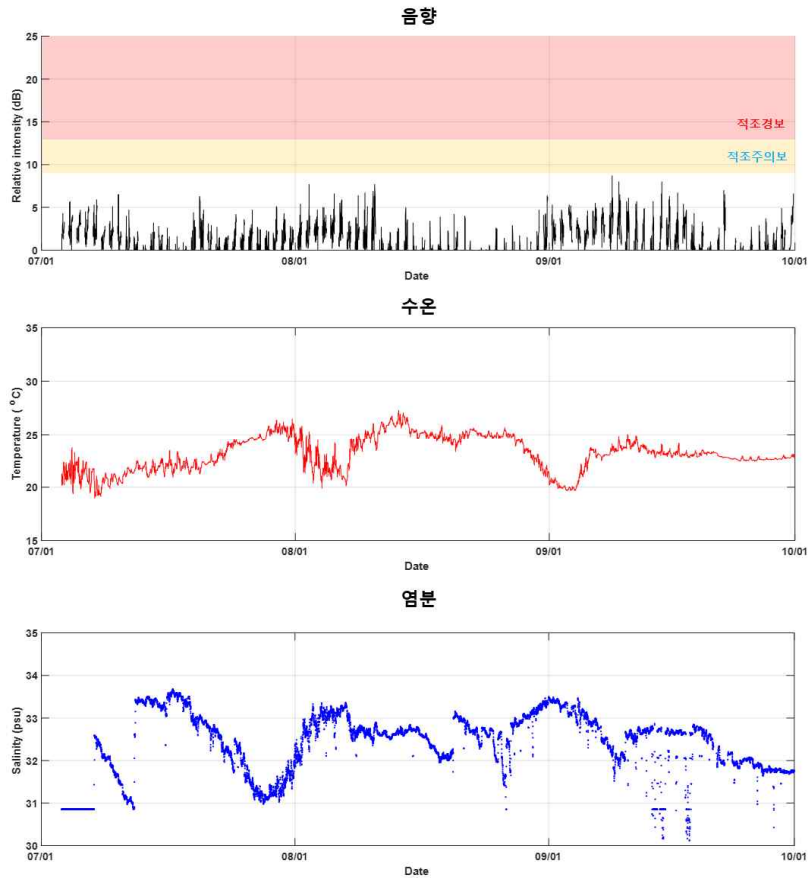


그림 59. 3차년도 통영해상과학기지에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온, 염분 결과

- 2019년 여름철 통영 해역에 적조가 발생하였으나, 장비를 설치해둔 통영해상과학기지 인근 해역에는 적조가 발생하지 않았음. 따라서 음향 신호는 대부분 무적조 상태인 9 dB 이하로 나타났음
- 이 해역의 수온은 7월 초에 약 20 °C부터 점차적으로 증가하여 8월 초~중순에 최고인 약 27 °C까지 나타남, 그 후 태풍으로 인하여 9월 초에 약 20 °C로 감소하였다가 다시 증가하여 9월 말까지 약 23 °C를 유지하였음
- 염분은 약 33 psu로 나타남, 31 psu 이하의 값은 Biofouling에 의한 신호임
- 3차년도 정상 가동률: 89일 중 89일 가동 (100.00 %)

(2) 적조 집중 관측 연안 해역 - 통영 오비도 민간 양식장 (T-RASS-02)

- 통영 오비도 인근 민간 양식장에 적조 음향탐지 시스템을 연속 운용하였음
- 해당 해역은 수심이 약 9 m이며 풍화리와 근접한 해역임, 매 10분마다 자료를 측정하여 서버로 전송하였음

- 1차년도 2017년 07월 20일부터 10월 31일까지 음향 강도, 수온 측정
- 2차년도 2018년 07월 05일부터 09월 21일까지 음향 강도, 수온 측정
- 3차년도 2019년 07월 03일부터 09월 30일까지 음향 강도, 수온 측정

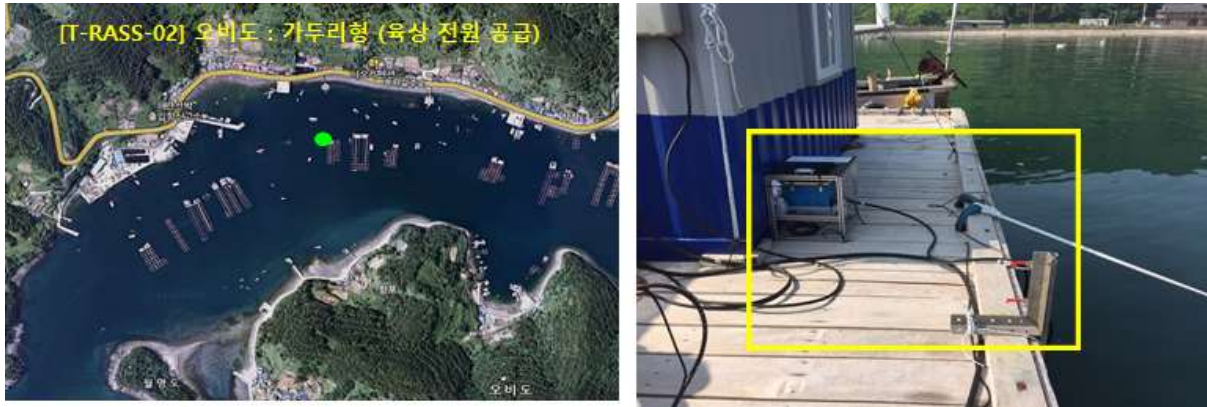


그림 60. 통영 오비도 민간 양식장에서 운용한 적조 음향탐지 시스템 (T-RASS-02)

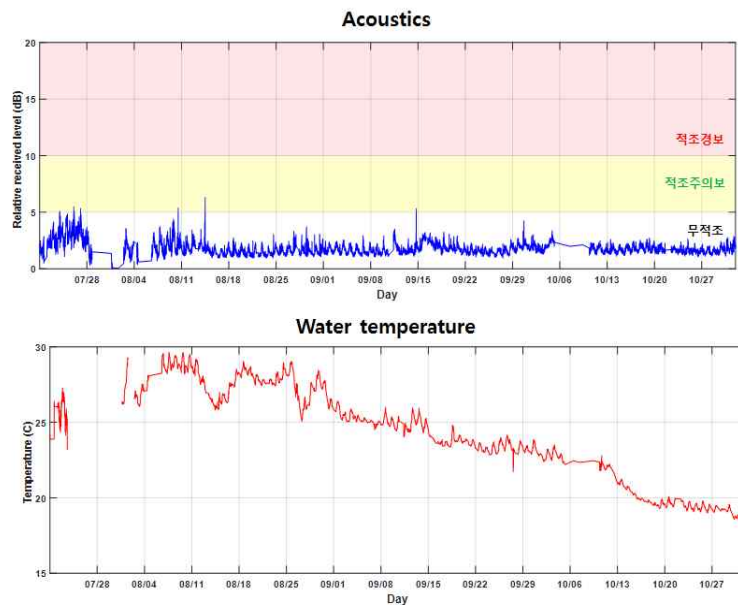


그림 61. 1차년도 통영 오비도에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 1차년도 여름철 오비도 해역에 적조가 발생하지 않았음. 따라서 음향 신호도 무적조 상태인 약 5 dB 이하로 나타남. 약 5 dB 이상 나타난 몇몇 음향 신호의 경우 무해성 규조류 혹은 무해성 와편모조류가 적은 개체 수로 나타남
- 해당 해역의 수온은 평균 25 °C에서 8월 초부터 증가하여 최대 29 °C까지 나타남, 고수온은 약 5일 동안 발생하였음
- 오비도 해역은 수심이 얇고, 주변이 섬으로 둘러 쌓여있기에 외부에서 해수의 유입이 잘 되지 않음. 따라서 고수온으로 나타남. 8월 말부터는 점차적으로 감소하여 10월 말에는 약 17 °C로 나타남

- 정상 가동률: 104일 중 95일 정상 가동 (91.35 %)

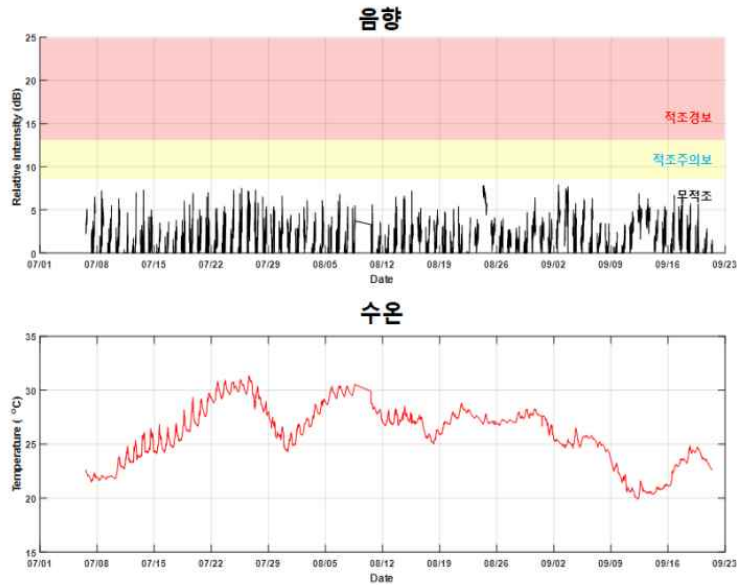


그림 62. 2차년도 통영 오비도에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 2018년 여름철 통영 해역에 적조가 약간 발생하였으나, 장비가 설치되어 있는 오비도 내측 해역이 아닌 외측 해역에 적조가 약하게 발생하였음. 따라서 음향 신호도 무적조 상태인 약 9 dB 이하로 나타남
- 해당 해역의 수온은 평균 25 °C에서 7월 중순부터 급격하게 증가하여 최대 31 °C까지 나타남, 고수온은 약 14일 동안 발생하였음
- 오비도 해역은 수심이 얇고, 주변이 섬으로 둘러 쌓여있기에 외부에서 해수의 유입이 잘 되지 않음. 8월 말부터는 점차적으로 수온이 감소하는 패턴을 보였음
- 시스템 가동률 : 78일 중 75일 정상 가동 (96.15 %)

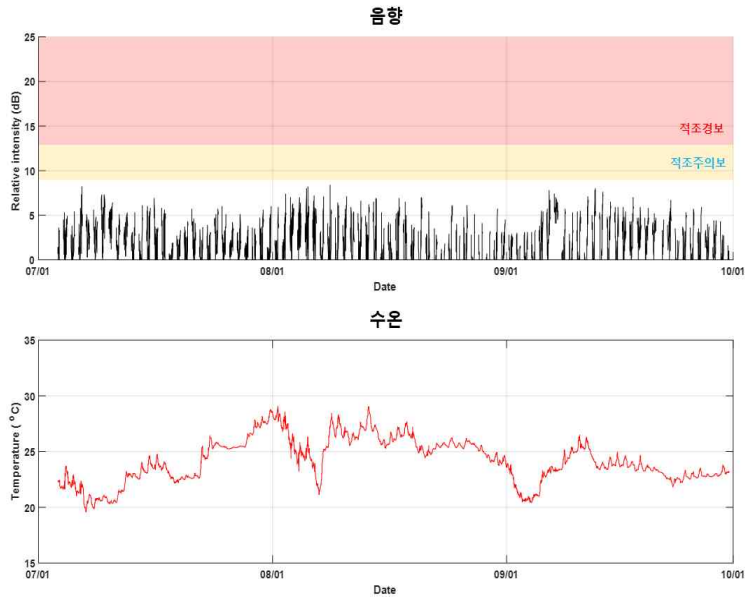


그림 63. 3차년도 통영 오비도에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 2019년 여름철 통영 해역에 적조가 발생하였으나, 오비도 내측 해역이 아닌 외측 해역에 적조가 발생하였음. 따라서 음향 신호도 무적조 상태인 약 9 dB 이하로 나타남
- 해당 해역의 수온은 7월 초부터 약 20 °C에서 점차적으로 증가하여 8월에 최대 약 28 °C로 나타났고, 평균 약 25 °C 이상 수온이 유지되어 나타나다가, 9월 초부터 점차적으로 감소하였음
- 3차년도 정상 가동률: 89일 중 89일 가동 (100.00 %)

(3) 적조 집중 관측 연안 해역 - 통영 연대도 민간 양식장 (T-RASS-02)

- 통영 연대도 인근 민간 양식장에 적조 음향탐지 시스템을 연속 운용하였음
- 해당 해역은 수심이 약 10 m인 지점으로 연대도와 근접하여 있음. 매 10분마다 자료를 측정하여 서버로 전송하였음
- 1차년도 2017년 07월 20일부터 09월 27일까지 음향 강도, 수온 측정
- 2차년도 2018년 07월 05일부터 09월 21일까지 음향 강도, 수온 측정
- 3차년도 2019년 07월 03일부터 09월 30일까지 음향 강도, 수온 측정





그림 64. 통영 연대도 민간 양식장에서 운용한 적조 음향탐지 시스템 (T-RASS-03)

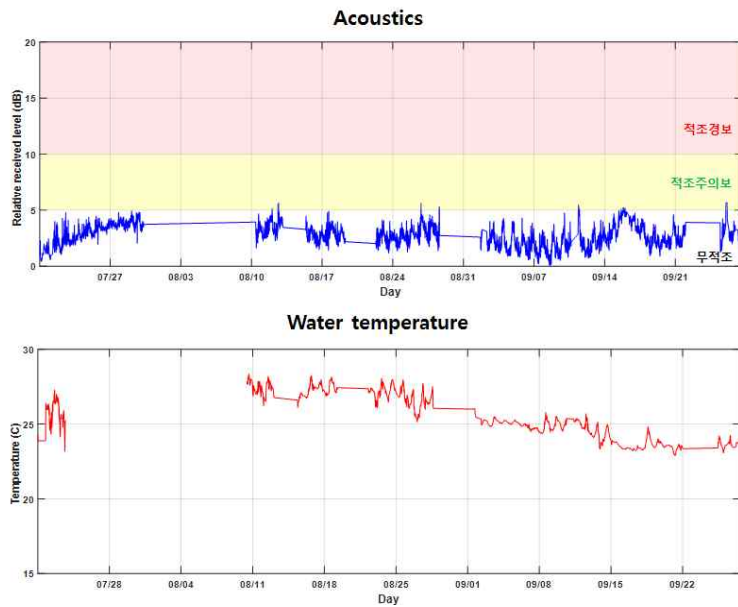


그림 65. 1차년도 통영 연대도에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 2017년도 여름철 해당 해역이 무적조이기 때문에 획득한 음향 신호가 5 dB 미만으로 주로 나타남을 확인
- 7월 중순부터 8월 초까지는 장비 점검으로 인하여 자료를 획득하지 못함
- 수온은 2017년 8월 11일에 약 27 °C로 나타났으며 8월 말부터 점차적으로 감소하다가 9월 말에는 23 °C로 나타남
- 자료를 획득하는 중, CDMA 통신 장애가 발생하여 새롭게 IoT 기반의 LoRa 통신망으로 변경하였음. 따라서 07월 31일부터 08월 10일까지 시스템을 운용하지 않음
- 정상 가동률: 70일 중 45일 정상 가동 (64.29 %)



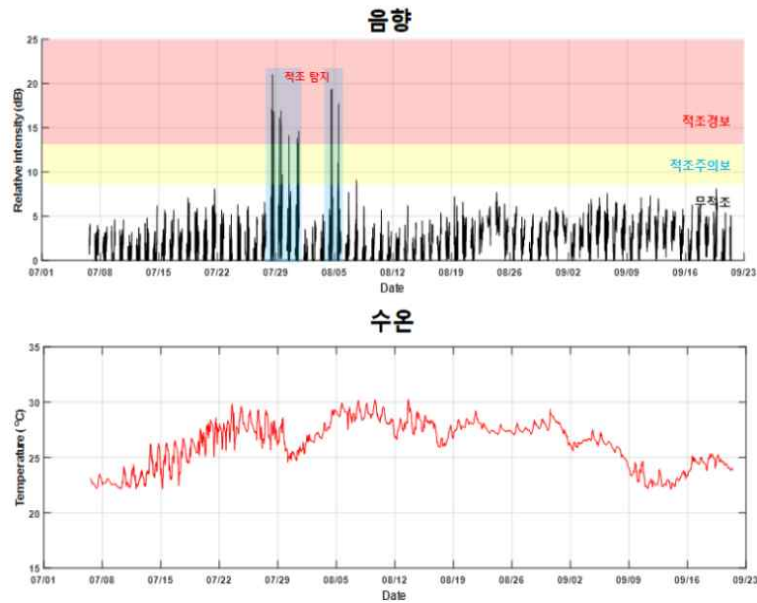


그림 66. 2차년도 통영 연대도에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 2018년 여름철 통영 해역에 발생한 적조는 7월 28일부터 8월 8일까지 장비가 설치되어 있는 연대도 해역에 적조가 강하게 발생하였음. 따라서 음향 신호도 7월 28일 약 20 dB, 7월 29일 약 16 dB, 8월 6일 약 20 dB로 나타나 적조 경보 수준이 약 6일 이상 지속되었음
- 연대도 해역의 수온은 평균 25 °C에서 7월 중순부터 급격하게 증가하여 최대 30 °C까지 나타남, 고수온은 약 12일 동안 발생하였음
- 수심이 얇아 강한 일사량이 지속되면 고수온으로 나타남. 9월 초부터 점차적으로 감소하여 9월 말에는 약 22 °C로 나타남
- 시스템 가동률 : 78일 중 78일 정상 가동 (100.00 %)

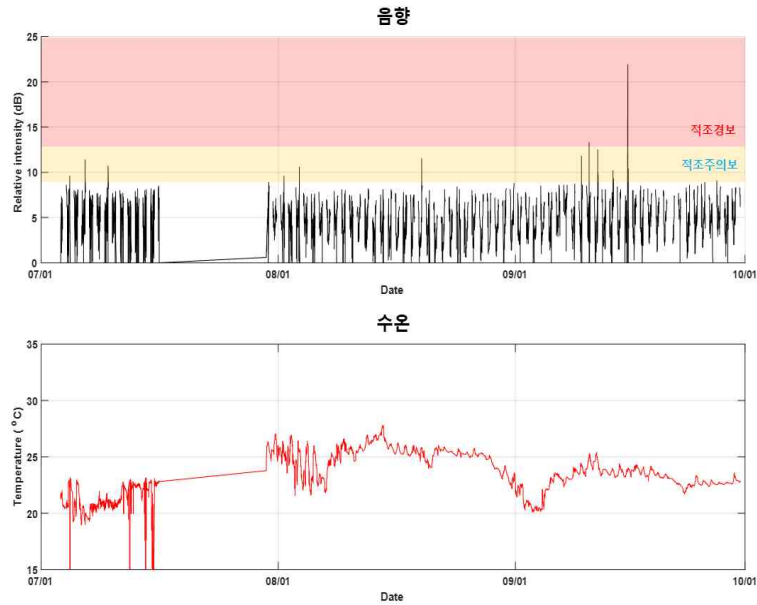


그림 67. 3차년도 통영 연대도에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 2019년 여름철 통영 연대도 인근 해역에서 9월 초부터 적조가 발생하여 적조 주의보~경보 단계까지 약 5일간 탐지되었음. 음향 신호를 보면 9월 중순에 약 10 dB 내외로 나타났으며, 9월 16일에는 최대 22 dB까지 나타났음
- 해당 해역의 수온은 7월 초에 약 20~22 °C 였으나, 지속적으로 증가하여 8월 초부터 증가하여 최대 28 °C까지 나타남. 9월 초부터는 수온이 점차적으로 하강하여 9월 말에는 약 23 °C를 유지하였음
- 7월 중순부터 말까지는 장비 점검으로 인하여 약 2주일 동안 장비를 운용하지 못하였음
- 3차년도 정상 가동률: 89일 중 75일 가동 (84.00 %)

(4) 적조 광역 관측 해역 부이형 - 통영 추도 연안 (T-RASS-04)

- 적조가 통영 연안 해역으로 이동하는 위치 중 하나인 조사 지역 중심부의 추도 북쪽 해역에 부이 형태의 적조 음향탐지 시스템을 연속 운용하였음
- 해당 해역은 수심이 약 25 m인 지점으로 추도 북쪽과 근접하여 있음. 매 10분마다 자료를 측정하여 서버로 전송하였음
- 1차년도 2017년 07월 20일부터 09월 23일까지 음향 강도, 수온, 엽록소 측정
- 2차년도 2018년 07월 05일부터 09월 21일까지 음향 강도, 수온 측정
- 3차년도 2019년 07월 07일부터 09월 30일까지 음향 강도, 수온, 엽록소 측정

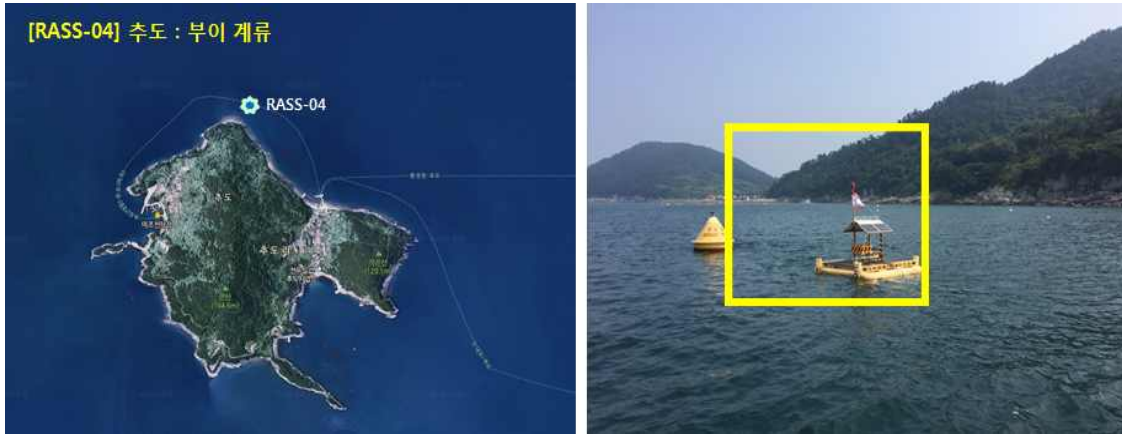


그림 68. 통영 추도 북쪽 해역에서 부이형으로 운용한 적조 음향탐지 시스템 (T-RASS-04)

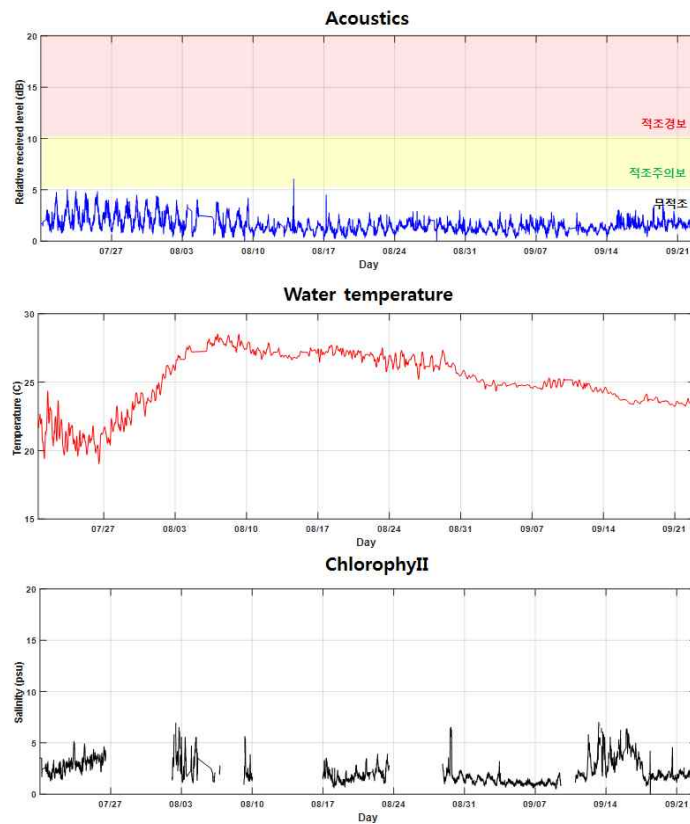


그림 69. 1차년도 통영 추도에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온, 엽록소 결과

- 1차년도에 획득한 음향 신호가 대부분 5 dB 미만에서 변동이 있어 정상 상태 해역으로 확인
- 수온은 2017년 7월 27일에 20 °C에서 8월 7일 경 최대 27 °C로 나타났으며 8월 31일부터 점차적으로 25 °C로 감소하였음, 9월 21일에는 23 °C로 나타남
- 클로로필 농도는 평균 5  $\mu\text{g/L}$  이내에서 나타남을 확인, 클로로필 농도를 보면 주야간에 변동이 있음. 이는 식물플랑크톤의 주야 수직 운동에 의해 나타남을 확인

- 정상 가동률: 66일 중 63일 정상 가동 (95.45 %)

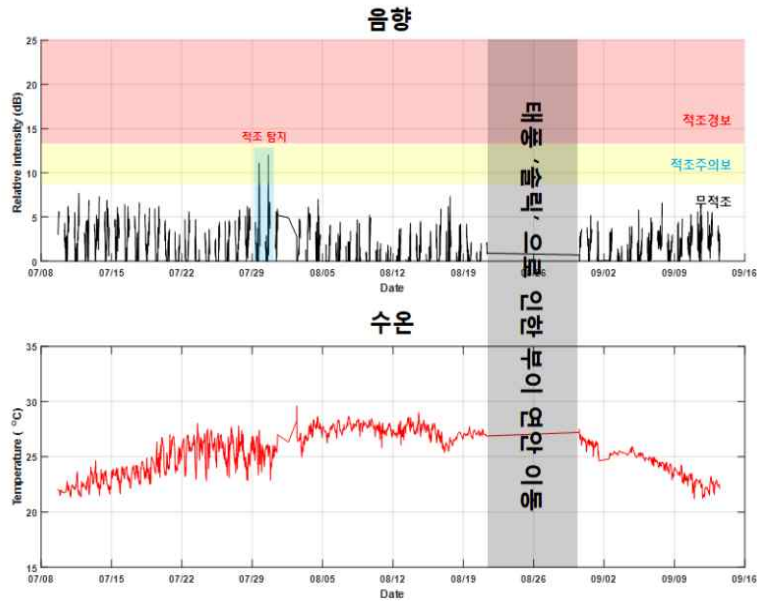


그림 70. 2차년도 통영 추도에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 2차년도 획득한 음향 신호가 대부분 9 dB 미만에서 변동이 있어 적조가 발생하지 않은 정상 해역임
- 그러나 통영 해역에서 적조가 발생한 7월 29일~30일에 해당 해역에서 음향 레벨이 약 12 dB로 나타나 적조주의보 단계의 적조가 발생함을 확인함
- 수온은 대부분 25 °C로 나타났고 7월 중순부터 점차적으로 증가하여 8월 초에는 약 28 °C로 나타남. 태풍이 지나간 때부터 감소하여 약 22 °C로 나타남
- 8월 말 태풍 '솔릭'으로 인한 피해를 예방하기 위해 부이를 연안으로 이동하여 시스템 운용을 중단시켰음
- 시스템 가동률 : 65일 중 62일 정상 가동 (95.38 %)

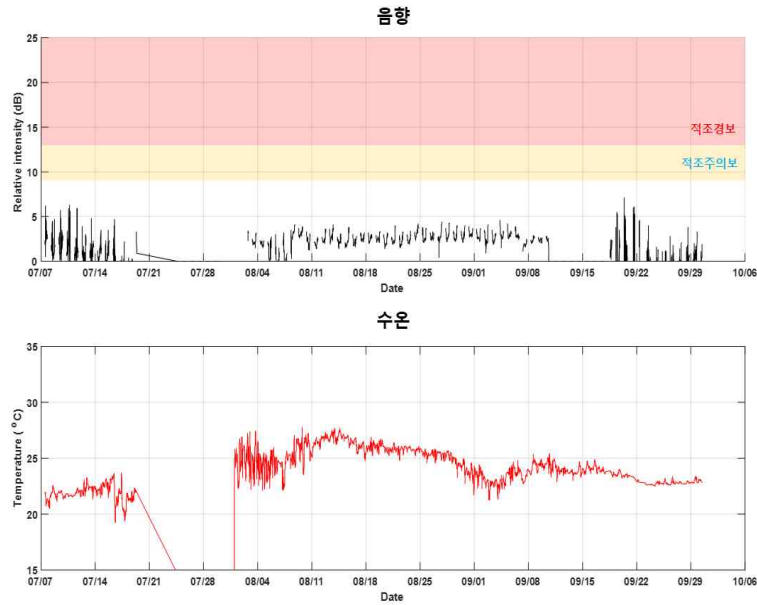


그림 71. 3차년도 통영 추도에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온, 염분, 엽록소 결과

- 2019년도 통영 해역에서 적조가 발생하였으나 해당 추도 해역에는 적조가 이동 확산되지 않았음, 따라서 획득한 음향 신호가 대부분 9 dB 미만으로 나타남
- 수온은 7월 초에 약 21~22 °C로 나타났고 계속 증가하여 8월 초에는 최대 27 °C로 나타남. 그 후 점차적으로 감소하여 9월 말에는 약 23 °C로 나타남
- 염분 값과 엽록소 값은 정상 및 Biofouling에 의한 신호가 나타났으므로 나타내지 않음
- 3차년도 정상 가동률: 85일 중 72일 가동 (85.00 %)

(5) 적조 광역 관측 해역 - 통영 연화도 연안 및 상노대도 민간 양식장 (T-RASS-05)

- 1차년도에는 적조가 외해 해역에서 통영 연안 해역으로 이동하는 위치 중 하나와 동시에, 우리나라 남해 서쪽에서 동쪽으로 흘러가는 해류 경로 중 하나인 연화도 서북쪽 해역에 부이 형태의 적조 음향탐지 시스템을 연속 운용하였음
- 해당 해역은 수심이 약 25 m인 지점으로 연화도와 우도 사이에 위치해 있음. 매 10분마다 자료를 측정하여 서버로 전송하였음
- 2차년도에는 해당 장비를 운용하지 않았음
- 3차년도에는 남해 상노대도 연안의 민간 양식장에 적조 음향탐지 시스템을 연속 운용하였음
- 해당 해역은 수심이 약 12 m인 지점으로 상노대도 연안에 근접하여 있음. 매 10분마다 자료를 측정하여 서버로 전송하였음
- 1차년도 2017년 07월 20일부터 09월 23일까지 음향 강도, 수온 측정
- 2차년도 미운용
- 3차년도 2019년 07월 12일부터 09월 30일까지 음향 강도, 수온 측정

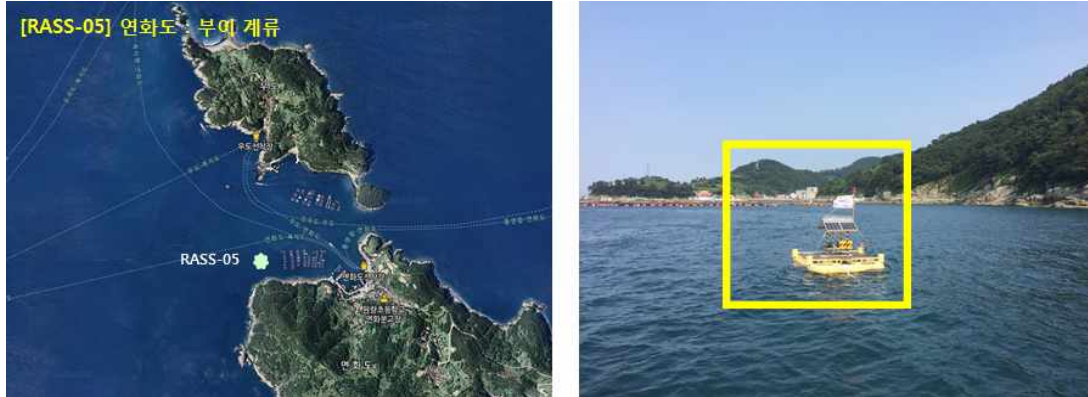


그림 72. 통영 연화도 서북쪽 해역에서 부이형으로 운용한 적조 음향탐지 시스템 (T-RASS-05)

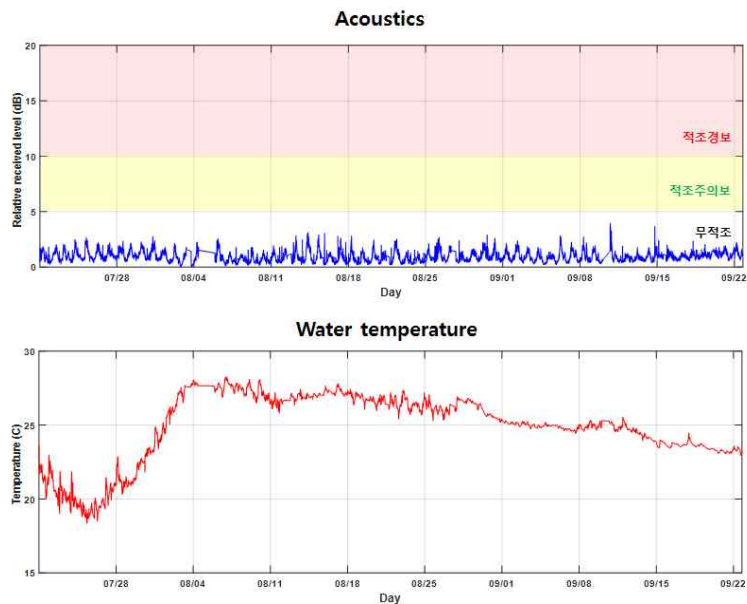


그림 73. 1차년도 통영 연화도에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 1차년도에 연화도에서 획득한 음향 신호가 대부분 3 dB 미만에서 나타났음. 이를 토대로 해당 해역은 물이 탁하지 않고 깨끗한 해역으로 확인
- 수온은 7월 28일에 약 21 °C에서 8월 초에 최대 27 °C로 나타났으며, 9월 01일부터 점차적으로 25 °C로 감소하였음. 9월 말에는 약 23 °C로 나타남
- 정상 가동률: 66일 중 63일 정상 가동 (95.45 %)

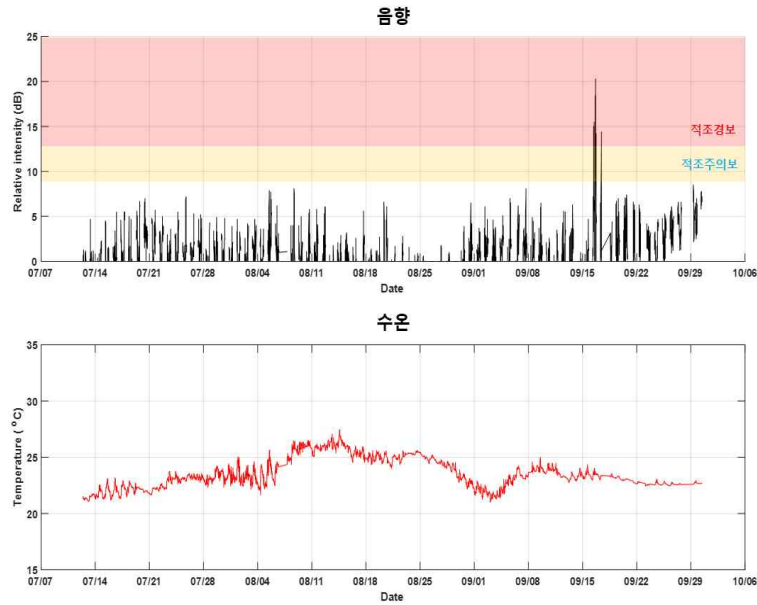


그림 74. 3차년도 통영 상노대도에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 3차년도 해역인 통영 상노대도에서 획득한 음향 강도가 대부분 9 dB 이내로 나타남. 그러나 9월 중순에 2일간 적조가 탐지되었고, 이 때 적조경보 단계의 음향 신호가 약 15~20 dB로 나타났음
- 수온은 다른 통영 해역과 유사하게 7월 초에 약 22~23 °C로 나타났고, 8월 중순에 25 °C 이상 나타나 최대 약 27 °C까지 나타났음. 9월 초부터는 점차적으로 하락하여 9월 말에는 약 23 °C를 유지하였음
- 3차년도 정상 가동률: 80일 중 80일 가동 (100.00 %)

(6) 적조 광역 관측 해역 - 남해 미조 연안 민간 양식장 (T-RASS-06)

- 적조가 남해안 서쪽에서 통영으로 유입되는 통로인 남해군 미조 해역에 가두리 형태의 적조 음향탐지 시스템을 연속 운용하였음
- 해당 해역은 수심이 약 20 m인 지점으로 연구 해역의 가장 서쪽에 위치해있음. 매 10분마다 자료를 측정하여 서버로 전송하였음
- 1차년도 2017년 07월 21일부터 09월 17일까지 음향 강도, 수온 측정
- 2차년도 2018년 07월 10일부터 09월 21일까지 음향 강도, 수온 측정
- 3차년도 2019년 07월 02일부터 09월 30일까지 음향 강도, 수온 측정



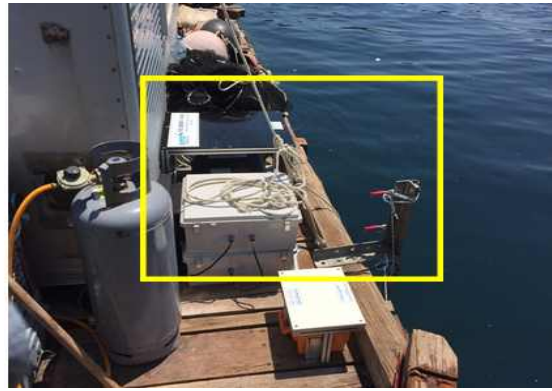


그림 75. 남해 미조 해역에서 가두리 형태로 운용한 적조 음향탐지 시스템 (T-RASS-06)

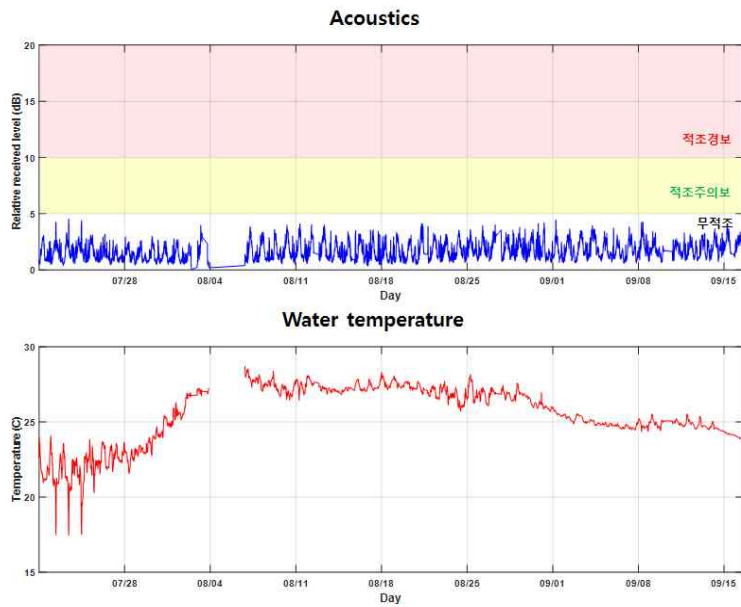


그림 76. 1차년도 남해 미조에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 1차년도 획득한 자료의 음향 신호가 대부분 5 dB 미만으로 확인
- 수온은 7월 28일에 약 21 °C에서 8월 4일 경 최대 27 °C로 나타났으며 9월 초부터 점차 적으로 감소하여 약 25 °C로 나타남. 9월 말에는 23 °C로 나타남
- 정상 가동률: 59일 중 55일 정상 가동 (93.22 %)

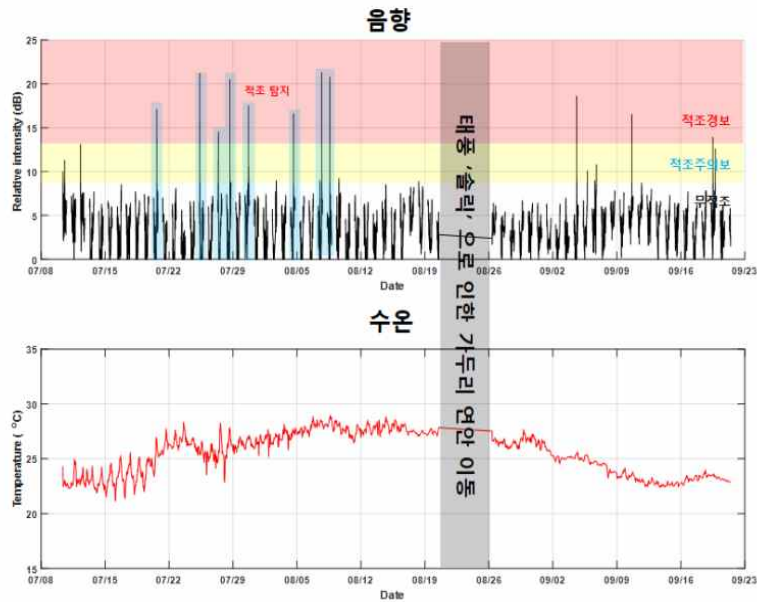


그림 77. 2차년도 남해 미조에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 2차년도 획득한 자료에서 대부분 여수 해역에서 발생한 적조가 통영 해역으로 이동할 때 남해 미조를 지나가므로 7월 중순부터 8월 중순까지 약 8일간 음향 레벨이 약 15 dB 이상 나타나 적조경보 단계가 일시적으로 발생하였음
- 수온은 대부분 25 °C 이상 나타났고 7월 중순부터 점차적으로 증가하여 8월 초에는 최대 약 27 °C로 나타남. 태풍이 지나간 때부터 감소하여 9월 말에는 약 23 °C로 나타남
- 8월 21일~8월 25일에는 태풍 '솔릭'으로 인한 피해를 예방하기 위해 가두리 이동에 따른 시스템 운용을 중단시켰음

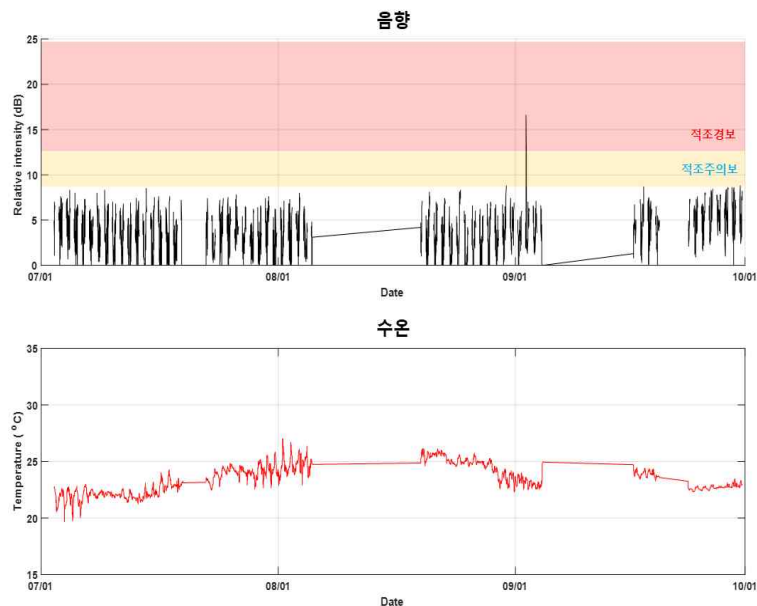


그림 78. 3차년도 남해 미조에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 3차년도 획득한 음향 신호가 대부분 9 dB 이내로 나타났으나, 9월 초에 적조경보 단계의 음향 신호가 한 차례만 나타남
- 수온은 7월 초에 21~23 °C로 유지되다가 8월 초에 최대 약 26 °C까지 나타남
- 태풍에 의한 가두리 이동 뿐만 아니라, 현장 가두리의 위치 이동 등에 대한 문제로 인하여 약 3주 동안 장비를 운용하지 못하였음
- 3차년도 정상 가동률: 90일 중 69일 가동 (77.00 %)

(7) 적조 광역 관측 해역 - 여수 금오도 장지 민간 양식장 (Y-RASS-01)

- 여수 내측 해역에서 남해, 통영으로 유입되는 통로인 금오도 장지 마을 민간 가두리 양식장에 가두리 형태의 적조 음향탐지 시스템을 연속 운용하였음
- 해당 해역은 금오도와 안도 사이의 동쪽 연안 수심이 약 12 m인 지점임. 매 10분마다 자료를 측정하여 서버로 전송하였음
- 2차년도 2018년 07월 11일부터 09월 21일까지 음향 강도, 수온, 염분 측정
- 3차년도 2019년 07월 02일부터 09월 30일까지 음향 강도, 수온, 염분 측정

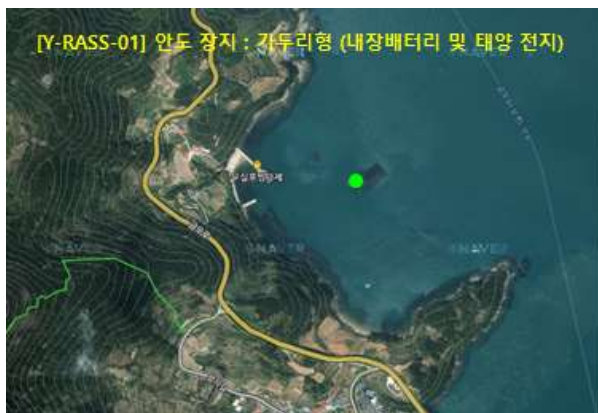


그림 79. 여수 금오도 장지 민간 양식장에서 운용한 적조 음향탐지 시스템 (Y-RASS-01)

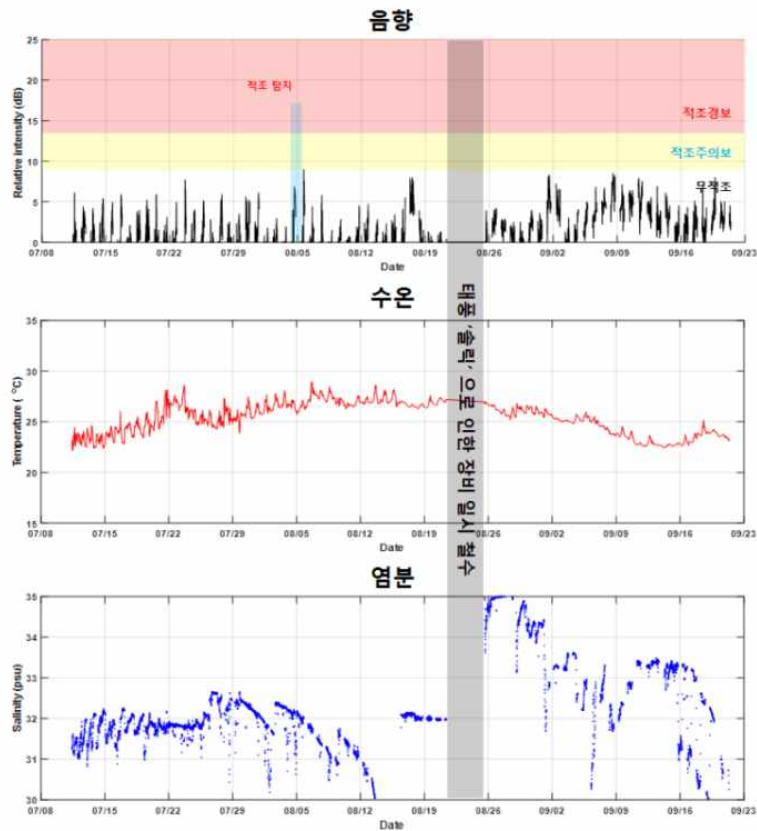


그림 80. 2차년도 여수 금오도 장지에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온, 염분 결과

- 2018년도 적조가 여수와 고흥 사이 해역인 보들바다와 금오수로 인근 섬 연안에서 주로 발생하였으므로 여수 동쪽에 치우친 안도 북쪽 장지에 설치한 시스템에서 획득한 음향 레벨은 9 dB 미만으로 나타나 대부분 정상 범위로 확인됨. 8월 6일에는 통영으로 이동하는 적조 띠가 적조주의보 단계로 탐지됨을 확인함
- 여름철 수온은 대부분 25 °C 이상 나타났고 7월 중순부터 점차적으로 증가하여 7월 말부터 8월 중순까지 약 25~27 °C로 나타남. 태풍이 지나간 때부터 23 °C 이하로 감소하였음
- 염분은 대부분 약 32~33 psu로 나타났으며, 8월 말에는 34 psu 까지 나타남. 31 psu 이하의 값은 Biofouling에 의한 신호임
- 8월 22일~25일에는 태풍 '솔릭'으로 인한 피해를 예방하기 위해 시스템을 일시 철수하여 운영을 중단시켰음
- 시스템 가동률 : 72일 중 72일 정상 가동 (100.00 %)

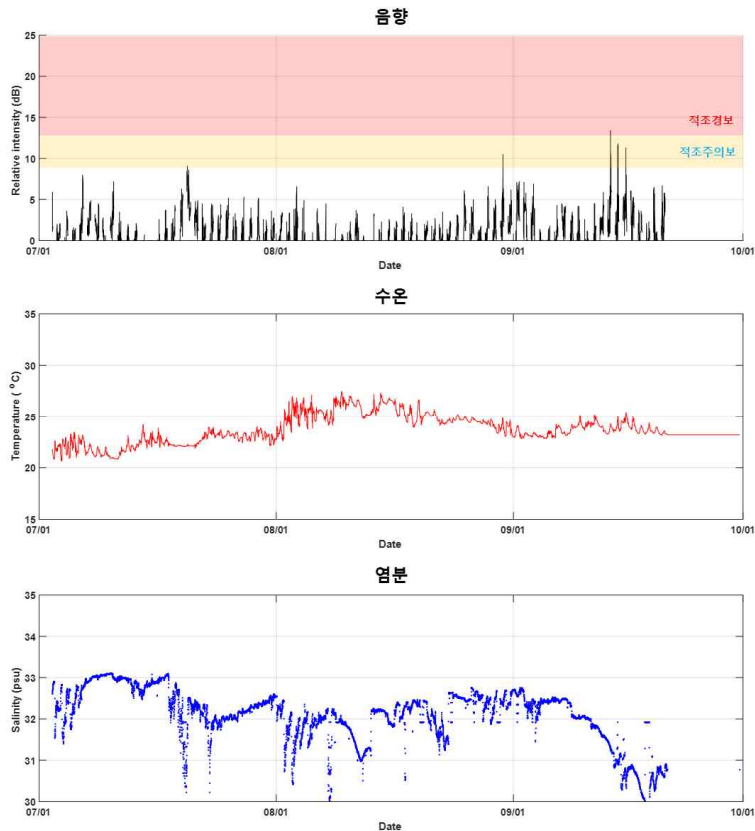


그림 81. 3차년도 여수 금오도 장지에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온, 염분 결과

- 2019년도 적조가 여수와 남해도 사이에 주로 발생하였고, 여수 금오도 동쪽에 위치한 장지 해역은 9월 초에 약 4일간 발생하였음. 이 때 음향 신호가 최대 약 14 dB 까지 나타남을 확인
- 그 외에는 대부분 음향 신호가 9 dB 미만으로 나타나 정상 범위로 나타남
- 수온은 7월 초에 약 22 °C로 유지되다가 8월 초에 최대 약 27 °C까지 증가하는 추세를 보이다가 8월 말부터 서서히 감소하여 9월 말까지 약 23 °C를 보임
- 염분은 대부분 약 32~33 psu 범위로 나타남
- 9월 말에는 태풍이 해당 해역을 통과하여 장비 점검을 위하여 약 9일간 운용하지 못함
- 시스템 가동률 : 90일 중 81일 정상 가동 (91.00 %)

(8) 적조 광역 관측 해역 - 여수 금오도 송고 민간 양식장 (Y-RASS-02)

- 여수 내측 해역에서 남해, 통영으로 유입되는 통로인 금오도 장지 마을 민간 가두리 양식장에 가두리 형태의 적조 음향탐지 시스템을 연속 운용하였음
- 해당 해역은 금오도 북쪽 수심이 약 14 m 인 지점임. 매 10분마다 자료를 측정하여 서버로 전송하였음
- 2차년도 2018년 07월 11일부터 09월 14일까지 음향 강도, 수온, 염분 측정
- 3차년도 2019년 07월 16일부터 09월 30일까지 음향 강도, 수온 측정





그림 82. 여수 금오도 송고 민간 양식장에서 운용한 적조 음향탐지 시스템 (Y-RASS-02)

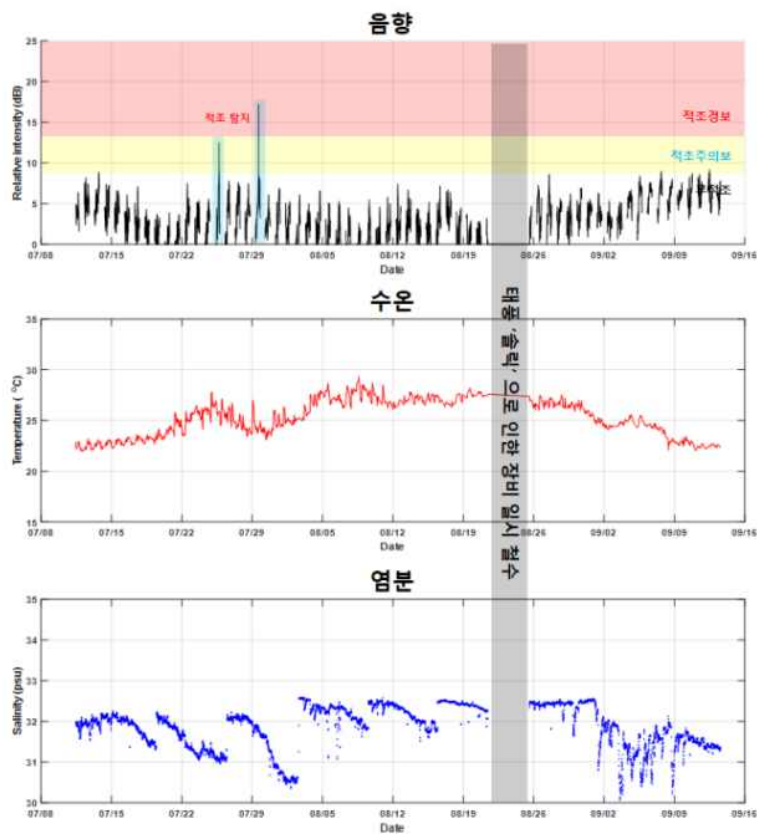


그림 83. 2차년도 여수 금오도 송고에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온, 염분 결과

- 2차년도 여수 금오수로에 위치한 송고항 인근 민간 가두리 양식장에 적조 음향탐지 시스템을 설치하였음. 해당 해역에서 획득한 음향 레벨은 대부분 9 dB 미만으로 나타나 대부분 정상 범위로 확인됨. 그러나 7월 25일과 29일 양일에 적조 때가 적조주의보 및 경보 단계로 탐지됨을 확인함
- 여름철 수온은 대부분 25 °C 이상 나타났고 7월 중순부터 점차적으로 증가하여 7월 말부터 8월 중순까지 약 27 °C를 대부분 유지했으나, 8월 초에 고수온이 약 2일간 발생함. 태풍이 지나간 때부터 서서히 감소하여 9월 말에는 23 °C로 나타남



- 염분은 평균 32 psu로 나타났으나 Biofouling에 의하여 일부분은 31 psu 이하로 떨어짐
- 8월 22일~25일에는 태풍 ‘솔릭’으로 인한 피해를 예방하기 위해 시스템을 일시 철수하여 운용을 중단시켰음
- 시스템 가동률 : 65일 중 65일 정상 가동 (100.00 %)

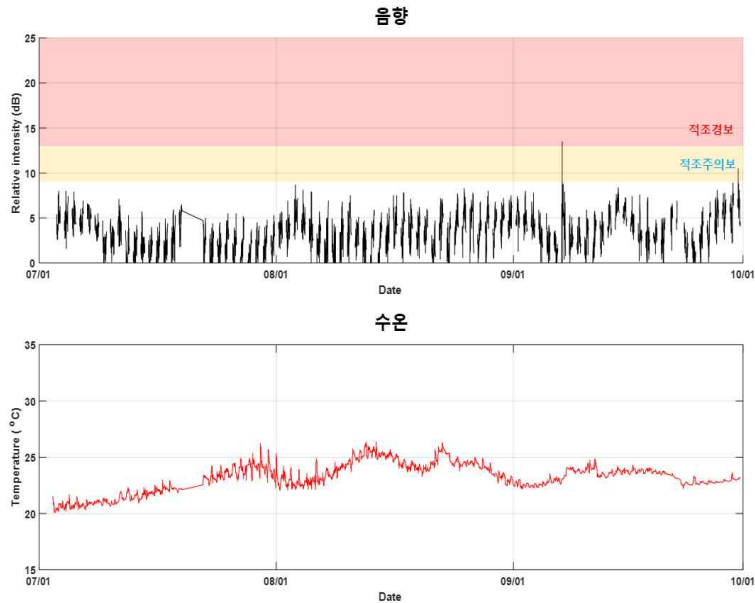


그림 84. 3차년도 여수 금오도 송고에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 3차년도 해당 해역에서는 음향 신호가 대부분 9 dB 이내로 나타났음. 그러나 9월 초 해당 해역에 적조 경보 단계까지 발생하였으며, 이 때 음향 신호가 최대 약 14 dB로 나타남
- 수온은 7월 초에 약 20~21 °C로 유지되며 8월 초 최대 약 26 °C까지 증가하는 추세를 보이다가 8월 말부터 서서히 감소하여 9월 말에는 약 23 °C를 보임
- 시스템 가동률 : 90일 중 90일 정상 가동 (100.00 %)

(9) 적조 집중 관측 연안 해역 - 여수 화태도 민간 양식장 (Y-RASS-03)

- 여수 내측 해역에서 빈번하게 적조가 발생하는 화태도 인근 민간 양식장에 가두리 형태의 적조 음향탐지 시스템을 연속 운용하였음
- 해당 해역은 화태도 서쪽에 위치하여 있고, 수심이 약 15 m인 지점임. 매 10분마다 자료를 측정하여 서버로 전송하였음
- 2차년도 2018년 07월 11일부터 09월 21일까지 음향 강도, 수온 측정
- 3차년도 2019년 07월 16일부터 09월 30일까지 음향 강도, 수온, 염분 측정



그림 85. 여수 화태도 민간 양식장에서 운용한 적조 음향탐지 시스템 (Y-RASS-03)

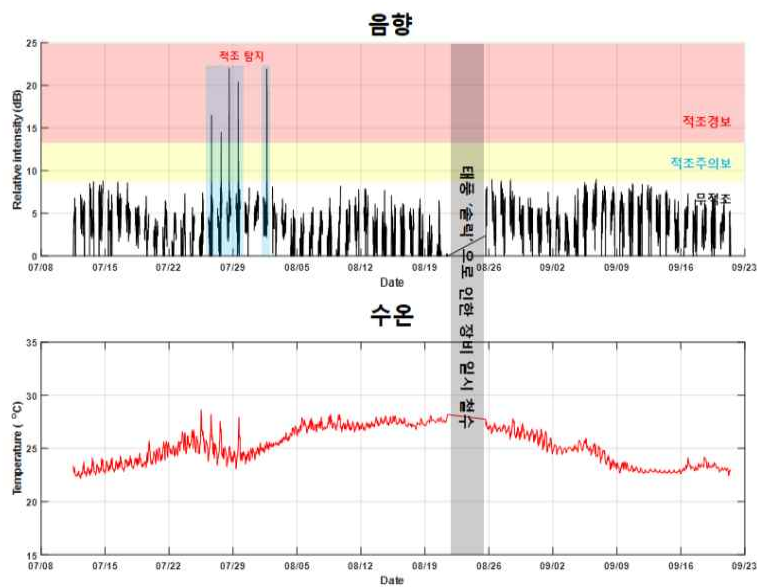


그림 86. 2차년도 여수 화태도에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 2차년도 여수 금오수로 인근 연안이며 매년 적조가 여수 해역에서 가장 많이 발생하는 화태도 인근 민간 가두리 양식장에 적조 음향탐지 시스템을 설치하였음. 해당 해역에서 획득한 음향 레벨 분석 결과 7월 25일부터 8월 초까지 적조경보 단계가 약 5차례 발생함을 확인함
- 여름철 수온은 7월 중순 이후부터 증가하다가 대부분 25 °C 이상 나타났고 8월 중순까지 약 27 °C를 유지함. 태풍이 지나간 때부터 서서히 감소하여 9월 말에는 23 °C로 나타남
- 8월 22일~25일에는 태풍 ‘솔릭’으로 인한 피해를 예방하기 위해 시스템을 일시 철수하여 운용을 중단시켰음
- 시스템 가동률 : 72일 중 72일 정상 가동 (100.00 %)

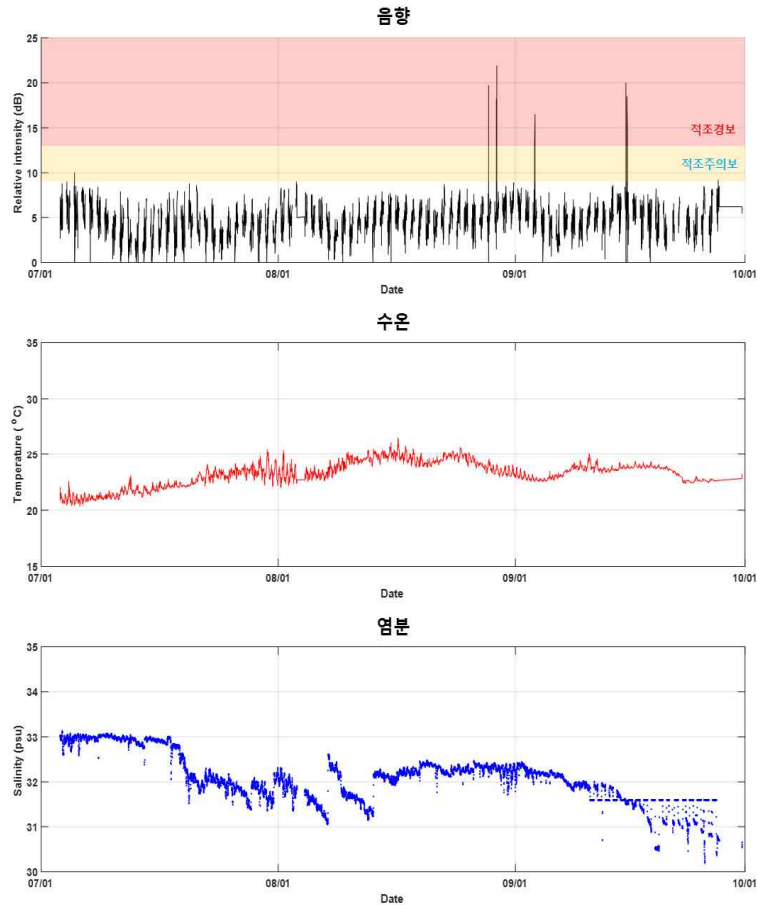


그림 87. 3차년도 여수 화태도에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온, 염분 결과

- 3차년도 해당 해역에서는 음향 신호가 대부분 9 dB 이내로 나타났음. 그러나 8월 말, 9월 초 그리고 9월 중순에 해당 해역에서 약 4차례 적조 경보 단계가 발생하였으며 이때 최대 음향 신호는 약 22 dB로 나타남
- 수온은 7월 초에 약 20~21 °C로 시작하여 8월 중순 최대 약 26 °C까지 증가하는 추세를 보이다가 8월 말부터 서서히 감소하여 9월 말에는 약 23 °C를 보임
- 시스템 가동률 : 90일 중 90일 정상 가동 (100.00 %)

(10) 적조 집중 관측 연안 해역 - 여수 개도 민간 양식장 (Y-RASS-04)

- 여수 내측 해역에서 빈번하게 적조가 발생하는 개도 인근 민간 양식장에 가두리 형태의 적조 음향탐지 시스템을 연속 운용하였음
- 해당 해역은 개도 북쪽에 위치한 수심이 약 10 m인 지점임. 매 10분마다 자료를 측정하여 서버로 전송하였음
- 2차년도 2018년 07월 14일부터 09월 14일까지 음향 강도, 수온 측정
- 3차년도 2019년 07월 16일부터 09월 30일까지 음향 강도, 수온 측정



그림 88. 여수 개도 민간 양식장에서 운용한 적조 음향탐지 시스템 (Y-RASS-04)

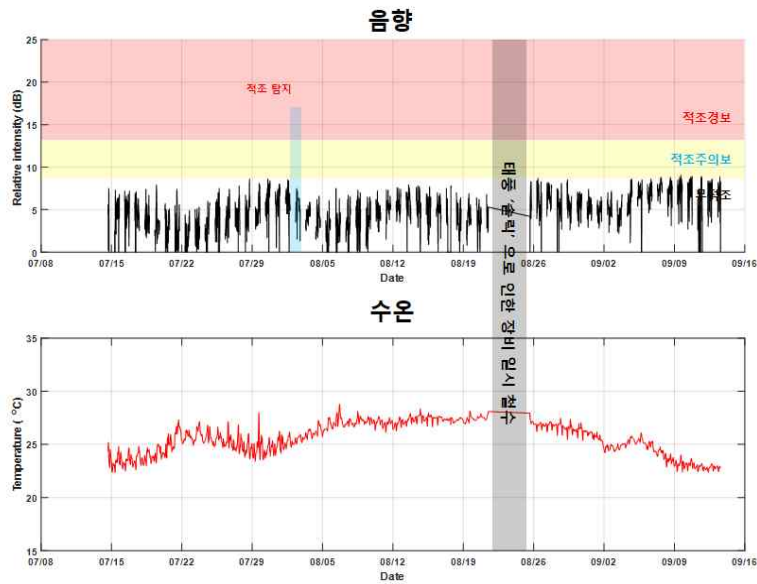


그림 89. 2차년도 여수 개도에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 여수 금오수로 인근에 위치한 개도 민간 가두리 양식장에 적조 음향탐지 시스템을 설치하였음. 해당 해역에서 획득한 음향 레벨 분석 결과 7월 중순부터 9월 중순까지 한차례만 탐지되었으나, 대부분 2달동안 음향 레벨이 9 dB 이하로 나타나 정상 해역 상태로 확인됨. 해당 해역은 다른 해역과는 달리 부유물이 많아 전체적으로 음향 레벨이 높게 나타남
- 여름철 수온은 7월 중순 이후부터 증가하다가 대부분 25 °C 이상 나타났고 8월 중순까지 약 27 °C를 유지함. 태풍이 지나간 때부터 서서히 감소하여 9월 말에는 23 °C로 나타남
- 8월 22일~25일에는 태풍 ‘솔릭’으로 인한 피해를 예방하기 위해 시스템을 일시 철수하여 운용을 중단시켰음
- 시스템 가동률 : 62일 중 62일 정상 가동 (100.00 %)

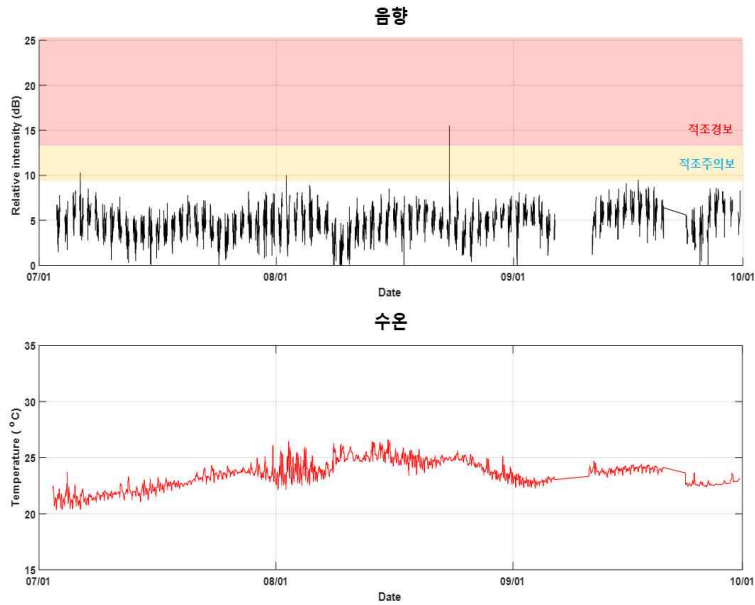


그림 90. 3차년도 여수 개도에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 3차년도 해당 해역에서는 음향 신호가 대부분 9 dB 이내로 나타났음. 그러나 8월 말에 해당 해역에서 적조 경보 단계가 한차례 발생하였고 음향 신호는 약 15 dB로 나타남
- 수온은 7월 초에 약 20~21 °C로 시작하여 8월 중순 최대 약 26 °C까지 증가하는 추세를 보이다가 8월 말부터 서서히 감소하여 9월 말에는 약 23 °C를 보임
- 시스템 가동률 : 90일 중 90일 정상 가동 (100.00 %)

(11) 적조 집중 관측 연안 해역 - 여수 대두라도 민간 양식장 (Y-RASS-05)

- 여수 내측 해역에서 빈번하게 적조가 발생하는 대두라도 인근 민간 양식장에 가두리 형태의 적조 음향탐지 시스템을 연속 운용하였음
- 해당 해역은 대두라도 동쪽에 위치한 수심이 약 8 m인 지점임 매 10분마다 자료를 측정하여 서버로 전송하였음
- 2차년도 2018년 07월 14일부터 09월 14일까지 음향 강도, 수온, 엽록소, DO, pH 측정
- 3차년도 2019년 07월 16일부터 09월 30일까지 음향 강도, 수온, 엽록소, DO, pH 측정





그림 91. 여수 대두라도 민간 양식장에서 운용한 적조 음향탐지 시스템 (Y-RASS-05)

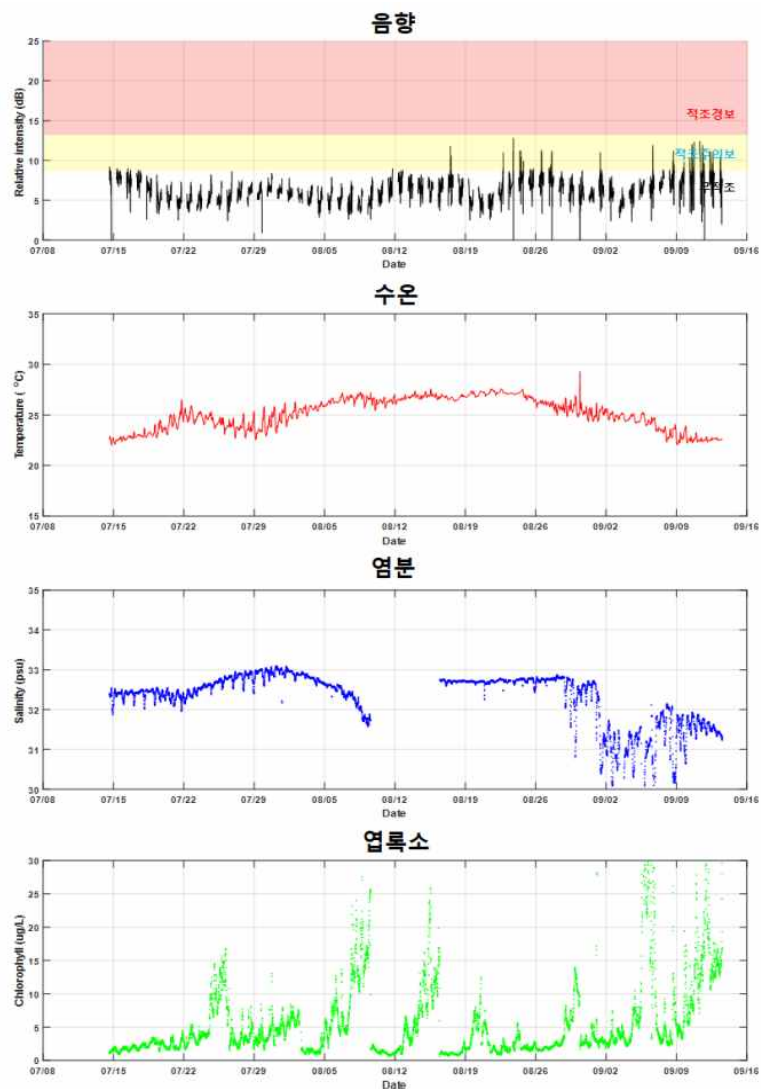


그림 92. 2차년도 여수 대두라도에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온, 염분, 엽록소 결과

- 여수 금오수로 인근 연안 섬 중 하나인 대두라도 민간 가두리 양식장에 적조 음향탐지 시스템을 설치하였음. 해당 지역은 금오수로에서 북동쪽에 위치한 해역으로 획득한 음향



레벨 분석 결과 대부분 9 dB 이하로 나타나 적조가 발생하지 않음을 확인함, 그러나 8월 말~9월 중순 9 dB 이상 간헐적으로 발생하는 음향 신호는 규조류(Diatoms)에 의한 신호임

- 해당 해역은 다른 해역과는 달리 부유물이 많아 전체적으로 음향 레벨이 높게 나타남
- 수온은 7월 중순 이후부터 증가하다가 대부분 25 °C 이상 나타났고, 7월 말부터 8월 말까지 약 27 °C를 유지함. 9월 초부터 점차적으로 감소하여 중순에는 23 °C로 나타남
- 염분은 평균 32~33 psu로 나타남, 31 psu 이하의 값은 Biofouling에 의한 신호임
- 엽록소는 대부분 약 10 ug/L 이내로 나타났으나, 센서면에 해조류가 붙었을 때는 오신호로 높은 값이 나타남
- 시스템을 설치 및 운용한 가두리가 섬으로 둘러싸여 있는 지역이므로 태풍에 의한 피해가 적을 것으로 판단되어 연속 운용하였음
- 시스템 가동률 : 62일 중 62일 정상 가동 (100.00 %)

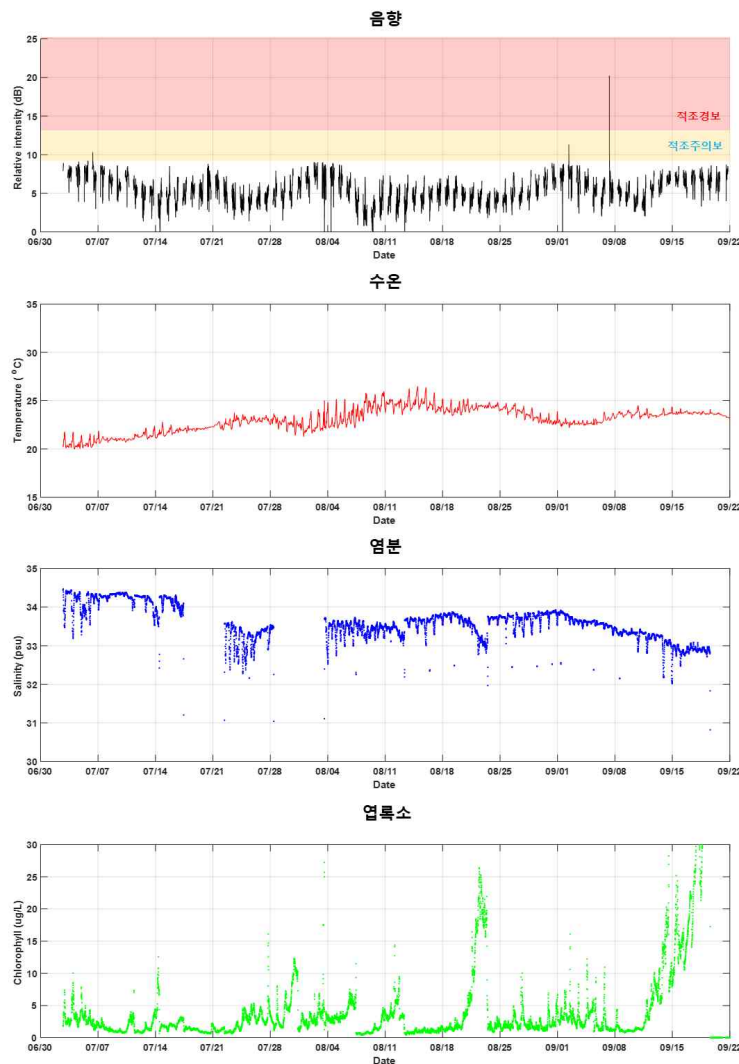


그림 93. 3차년도 여수 대두라도에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온, 염분, 엽록소 결과

- 3차년도 해당 해역에서는 음향 신호가 대부분 9 dB 이내로 나타났으나 9월 초에 적조 주의보 및 경보 단계가 각각 한 번씩 나타났고, 이 때 음향신호는 최대 20 dB로 확인됨
- 수온은 7월 초에 약 20~21 °C로 시작하여 8월 중순 최대 약 26 °C까지 증가하는 추세를 보이다가 8월 말부터 서서히 감소하여 9월 말에는 약 23 °C를 보임
- 염분은 평균 33~34 psu로 나타남
- 엽록소는 대부분 약 5 ug/L 이내로 나타났으나, 센서면에 해조류가 붙었을 때는 오신호로 높은 값이 나타남
- 시스템 가동률 : 90일 중 81일 정상 가동 (100.00 %)

(12) 적조 집중 관측 연안 해역 - 거제 저구만 민간 양식장 (G-RASS-01)

- 거제 외측 해역의 저구만 인근 민간 양식장에 가두리 형태의 적조 음향탐지 시스템을 연속 운용하였음
- 해당 해역은 거제도 남서쪽 하단에 위치한 수심이 약 15 m인 지점임 매 10분마다 자료를 측정하여 서버로 전송하였음
- 3차년도 2019년 07월 07일부터 09월 29일까지 음향 강도, 수온, 염분, 엽록소, DO, pH 측정



그림 94. 거제 저구만 민간 양식장에서 운용한 적조 음향탐지 시스템 (G-RASS-01)

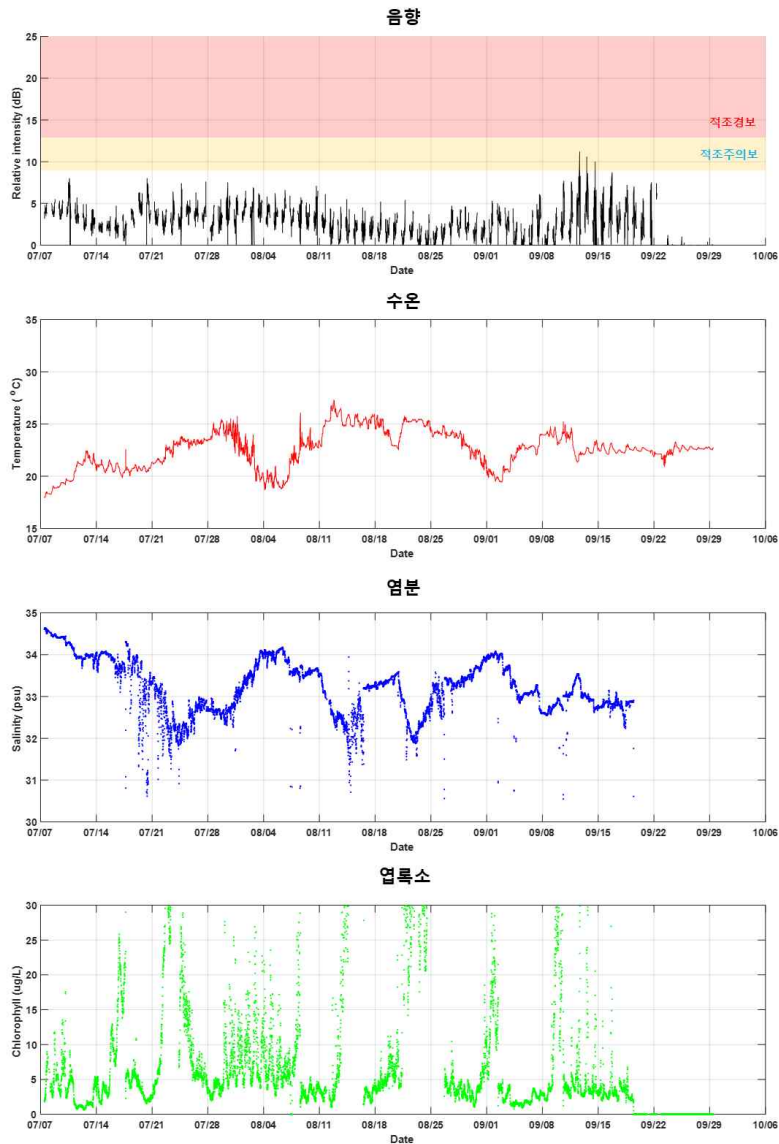


그림 95. 3차년도 거제 저구만에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온, 염분, 엽록소 결과

- 3차년도 해당 해역에서는 음향 신호가 대부분 9 dB 이내로 나타났으나 9월 중순에 적조 주의보 단계가 세 차례 발생했으며, 이 때 최대 음향 신호는 약 11 dB로 나타남
- 수온은 거제도 남서쪽 외해와 가까운 해역이므로 7월 초 약 18 °C로 시작하여 7월 말 25 °C까지 증가하다가 8월 초에 다시 20 °C로 감소하였음. 그 후 최대 27 °C 까지 증가하는 패턴을 보이다가 8월 말부터 서서히 감소하여 9월 말에는 약 23 °C를 보임
- 염분은 평균 33~34 psu로 나타났으나, 몇몇 신호는 Biofouling에 의하여 낮게 나타남
- 엽록소는 대부분 약 10 ug/L 이내로 나타났으나, 센서면에 해조류가 붙었을 때는 오신 호로 높은 값이 나타남
- 시스템 가동률 : 84일 중 84일 정상 가동 (100.00 %)

(13) 적조 집중 관측 연안 해역 - 거제 어구 민간 양식장 (G-RASS-02)

- 거제 내만 해역의 어구리 인근 민간 양식장에 가두리 형태의 적조 음향탐지 시스템을 연속 운용하였음
- 해당 해역은 거제도 남서쪽 상단에 위치한 수심이 약 24 m인 지점임 때 10분마다 자료를 측정하여 서버로 전송하였음
- 3차년도 2019년 07월 07일부터 09월 30일까지 음향 강도, 수온 측정



그림 96. 거제 어구 민간 양식장에서 운용한 적조 음향탐지 시스템 (G-RASS-02)

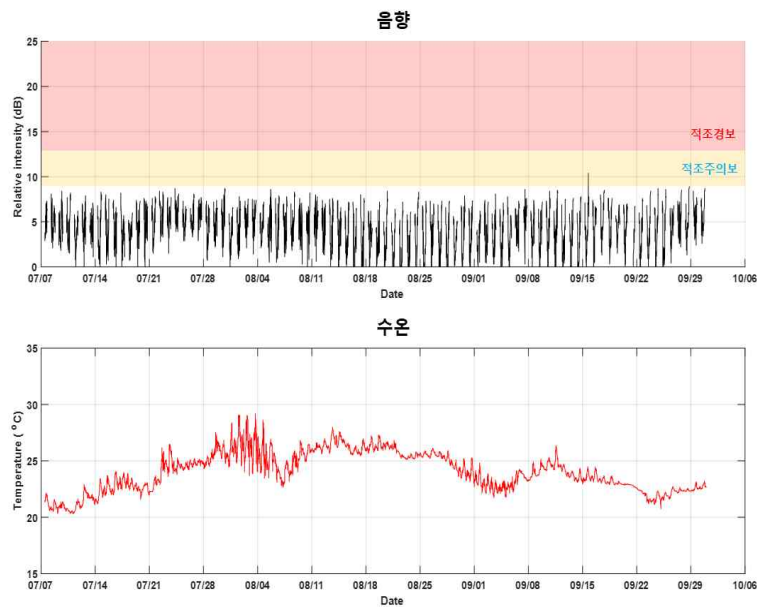


그림 97. 3차년도 거제 어구에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 3차년도 해당 해역에서는 적조주의보 단계만 한차례 나타났으며, 그 외의 대부분의 음향 신호가 9 dB 이내로 나타나 적조가 발생하지 않음
- 수온은 7월 초 약 20 °C에서 점차 증가하여 8월 초에 부분적으로 29 °C까지 나타남. 그 후 점차적으로 감소하여 9월 말에는 약 23 °C를 보임
- 시스템 가동률 : 85일 중 85일 정상 가동 (100.00 %)

(14) 적조 집중 관측 연안 해역 - 거제 가배 민간 양식장 (G-RASS-03)

- 거제 내만 해역의 가배리 인근 민간 양식장에 가두리 형태의 적조 음향탐지 시스템을 연속 운용하였음
- 해당 해역은 거제도 남서쪽 중단에 위치한 수심이 약 10 m인 지점임 때 10분마다 자료를 측정하여 서버로 전송하였음
- 3차년도 2019년 07월 07일부터 09월 30일까지 음향 강도, 수온 측정



그림 98. 거제 가배 민간 양식장에서 운용한 적조 음향탐지 시스템 (G-RASS-03)

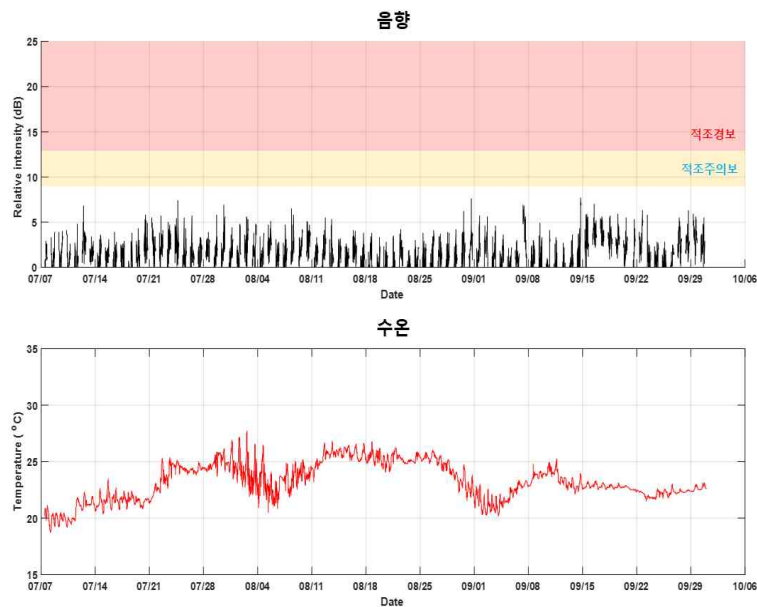


그림 99. 3차년도 거제 가배에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 3차년도 해당 해역에서는 음향 신호가 대부분 5 dB 이내로 낮게 나타나 부유물이 적은 해역 및 적조가 발생하지 않은 정상 해역으로 확인됨
- 수온은 7월 초 약 20 °C에서 점차 증가하여 8월 초에 25~27 °C 범위로 나타남. 그 후



---

점차적으로 감소하여 9월 말에는 약 23 °C를 보임

- 3차년도 정상 가동률: 85일 중 85일 가동 (100.00 %)

(15) 적조 집중 관측 연안 해역 - 거제 울포만 민간 양식장 (G-RASS-04)

- 거제 내측 해역의 울포만 인근 민간 양식장에 가두리 형태의 적조 음향탐지 시스템을 연속 운용하였음
- 해당 해역은 거제도 남서쪽 중단에 위치한 수심이 약 14 m인 지점임 매 10분마다 자료를 측정하여 서버로 전송하였음
- 3차년도 2019년 07월 08일부터 09월 30일까지 음향 강도, 수온, 염분 측정



그림 100. 거제 울포만 민간 양식장에서 운용한 적조 음향탐지 시스템 (G-RASS-04)



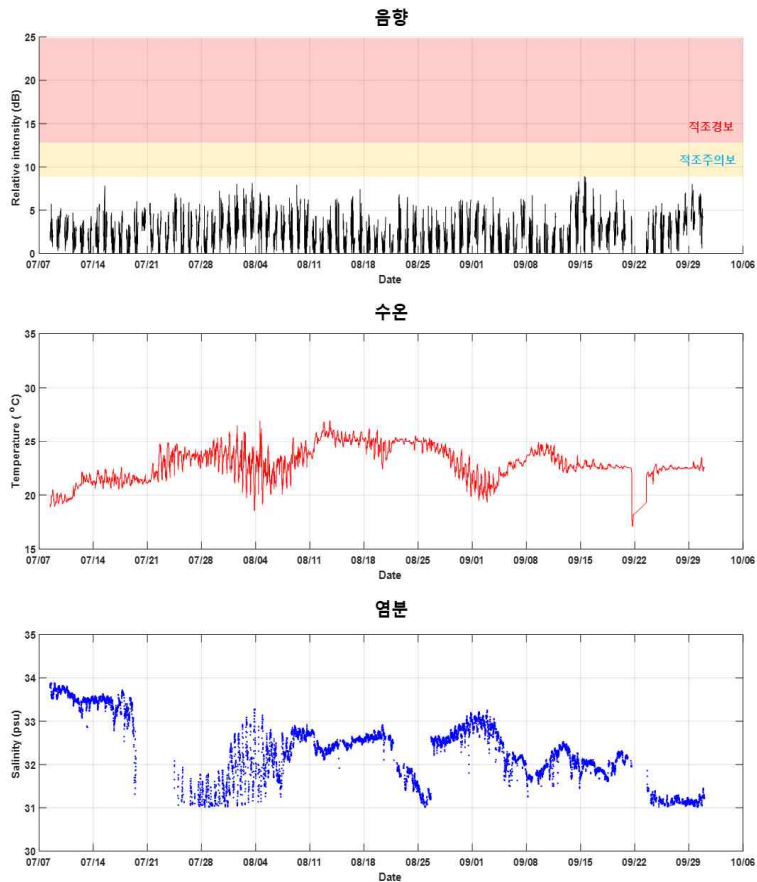


그림 101. 3차년도 거제 울포만에 설치한 적조 음향탐지 시스템으로 획득한 음향, 수온 결과

- 3차년도 해당 해역에서는 음향 신호가 대부분 9 dB 이내로 낮게 나타나 적조가 발생하지 않은 정상 해역으로 확인됨
- 수온은 7월 초 약 20 °C에서 점차 증가하여 8월 초에 25~27 °C 범위로 나타남. 그 후 점차적으로 감소하여 9월 말에는 약 23 °C를 보였음
- 염분은 33~34 psu로 나타났으나, Biofouling에 의해 일부 날짜에서는 32 psu 미만으로 낮게 나타남
- 3차년도 정상 가동률: 84일 중 84일 가동 (100.00 %)

표 13. 적조 음향탐지 시스템이 설치되어 있는 해역별 적조 및 고수온 탐지 일자 정리

관측 시스템	해역	설치장소	장비명	1차년도 운용	적조 탐지일자	2차년도 운용	적조 탐지일자	3차년도 운용	적조 탐지일자
음향 및 해양 환경	통영	KIOST 해상기지	T-RASS-01	○	0일	○	0일	○	0일
		오비도	T-RASS-02	○	0일	○	0일	○	0일
		연대도	T-RASS-03	○	0일	○	6일	○	5일
		추도	T-RASS-04	○	0일	○	2일	○	0일
		연화도	T-RASS-05	○	0일				
		상노대도					○	2일	
	남해 미조	T-RASS-06	○	0일	○	8일	○	1일	
	여수	금오도 장지	Y-RASS-01			○	1일	○	4일
		금오도 송고	Y-RASS-02			○	2일	○	1일
		확태도 독정	Y-RASS-03			○	5일	○	4일
		개도	Y-RASS-04			○	1일	○	1일
		대두라도	Y-RASS-05			○	0일	○	2일
	거제	저구만	G-RASS-01					○	3일
		어구	G-RASS-02					○	1일
		가배	G-RASS-03					○	0일
		울포만	G-RASS-04					○	0일
관측 시스템	해역	설치장소	장비명	1차년도 운용	고수온 탐지일자	2차년도 운용	고수온 탐지일자	3차년도 운용	고수온 탐지일자
음향 및 해양 환경	통영	KIOST 해상기지	T-RASS-01	○	0일	○	0일	○	0일
		오비도	T-RASS-02	○	5일	○	14일	○	0일
		연대도	T-RASS-03	○	0일	○	12일	○	0일
		추도	T-RASS-04	○	0일	○	0일	○	0일
		연화도	T-RASS-05	○	0일				
		상노대도					○	0일	
	남해 미조	T-RASS-06	○	0일	○	0일	○	0일	
	여수	금오도 장지	Y-RASS-01			○	0일	○	0일
		금오도 송고	Y-RASS-02			○	2일	○	0일
		확태도 독정	Y-RASS-03			○	0일	○	0일
		개도	Y-RASS-04			○	0일	○	0일
		대두라도	Y-RASS-05			○	0일	○	0일
	거제	저구만	G-RASS-01					○	0일
		어구	G-RASS-02					○	3일
		가배	G-RASS-03					○	0일
		울포만	G-RASS-04					○	0일

- 관측 시스템이 설치되어 있는 해역에서 적조 및 고수온 탐지 일자를 표로 나타내었음
  - 1차년도에는 적조가 발생하지 않았음
  - 1차년도에는 고수온 (28도 이상)이 내측 연안에 위치한 오비도에서 약 5일간 발생하였음
  - 2차년도에는 통영 연대도, 추도, 남해 미조 해역에서 각각 6일, 2일, 8일 동안, 여수 해역에서는 1~5일간 적조가 설치해둔 관측 시스템에서 탐지되었음
  - 2차년도에는 고수온이 내측 연안에 위치한 오비도, 연대도에서 약 14일, 12일간 발생하였고, 금오도 송고 해역에서도 2일간 발생하였음
  - 3차년도에는 통영 연대도, 상노대도, 남해 미조 해역에서 각각 5일, 2일, 1일 동안, 여수

해역에서는 1~4일간, 거제 해역에서는 저구만, 어구 해역에서 각각 3일, 1일 동안 적조가 설치해둔 관측 시스템에서 탐지되었음

- 3차년도에는 고수온이 내측 연안에 위치한 어구 해역에서만 2일 동안만 발생하였음

마. 실시간 고수온 관측 시스템 현장 운용

- 각 정점 공통적으로 수심 5 m에서의 수온을 측정하였으며, 연차별로 결과를 나타내었음
- 1차년도 통영 해역에서 7월 말부터 9월 말까지 연속 운영하였음
  - 해당 지역에서의 수심 약 5 m 지점에서 수온을 측정하였음
  - 측정 항목은 수온, 수심 자료를 실시간 전송하였음 (매 10분)
  - 측정 위치는 통영 해역 4 정점으로 경상남도 수산자원연구소, 연명항, 곤리도, 남해 미조에서 고수온 관측 시스템을 운용하였음



그림 102. 1차년도 연명포구, 남해 미조에서 운용한 고수온 관측 시스템

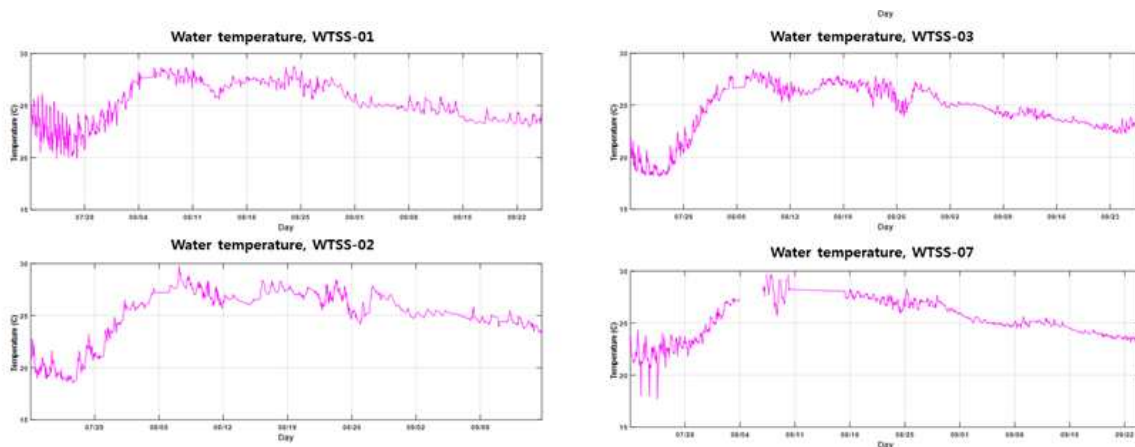


그림 103. 1차년도 통영 해역에서 고수온 관측 시스템으로 획득한 수온 자료

- 경상남도 수산자원연구소에 설치 및 운영한 장비로부터 획득한 수온은 7월 말에 약 24 °C에서 약간 감소하다가 7월 28일부터 다시 점차적으로 증가하여 최대 28 °C로 나타났음. 8월 말부터 점차적으로 감소하여 9월 말에는 약 23 °C로 나타남
  - 연명포구의 수온은 8월 초 최대 30 °C까지 나타남
  - 곤리도 해역의 수온은 8월 초부터 8월 말까지 약 26~27 °C로 나타남
  - 남해 미조의 수온은 8월 초 최대 30 °C까지 나타남을 확인함
  - 전체적으로 통영 해역은 유사한 수온 특성을 보임
  - 1차년도에는 장비를 설치해둔 통영 해역에서 고수온이 부분적으로 약 2-5일간 발생함 (고수온 기준 : 28 °C 이상)
- 2차년도 통영 및 여수 해역에서 7월 중순부터 9월 말까지 연속 운영하였음
- 해당 지역에서의 수심 약 5 m 지점에서 수온을 측정하였음
  - 측정 항목은 수온, 수심 자료를 실시간 전송하였음 (매 10분)
  - 해당 시스템은 가두리 위에 작은 박스 형태로 운용하므로 시스템 상부에 태양열 충전지와 내부 배터리팩을 이용한 12 VDC 전원을 사용하였음
  - 측정 위치는 통영 3 정점, 여수 2정점으로 통영 해역은 경상남도 수산자원연구소, 곤리도, 한국해양과학기술원 통영해상과학기지와 여수 해역은 금오도 장지, 화태도에 고수온 관측 시스템을 운용하였음



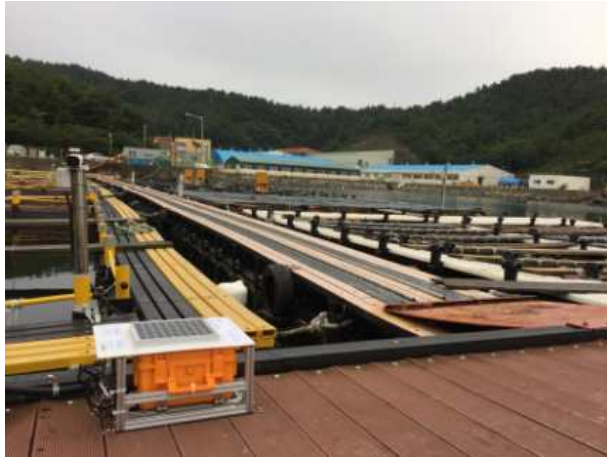


그림 104. 2차년도 경상남도 수산자원연구소에서  
운용한 고수온 관측 시스템

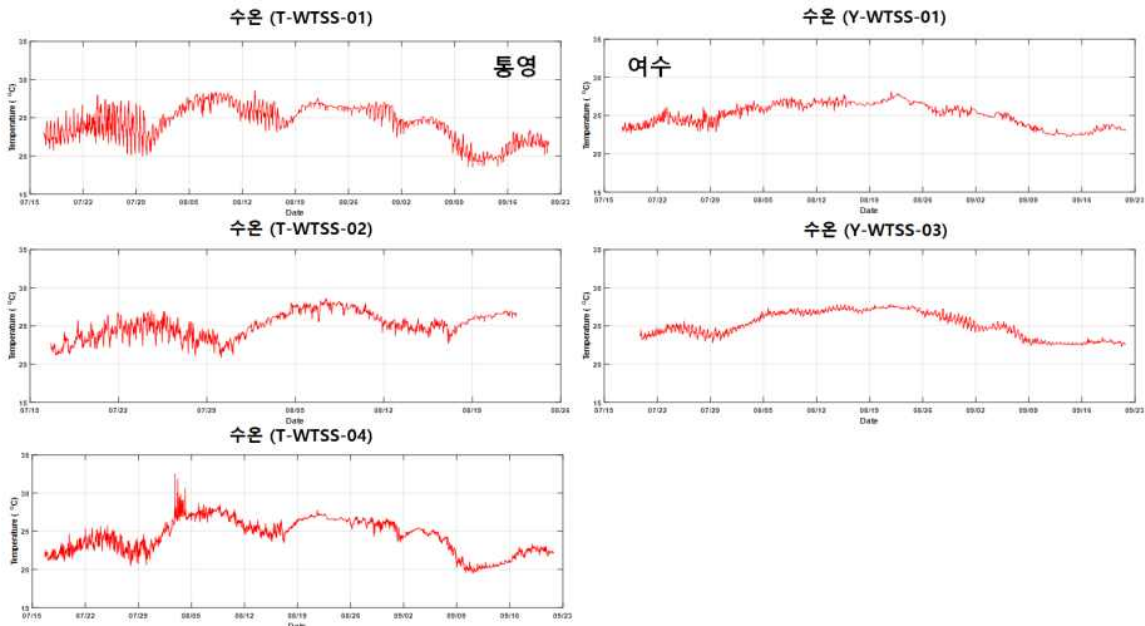


그림 105. 2차년도 통영 및 여수 해역에서 고수온 관측 시스템으로 획득한 수온 자료

- 경상남도 수산자원연구소 해역의 수온은 7월 말부터 밤낮으로 변동이 있다가 8월 초 최대 28 °C로 증가하는 추세를 보였고, 그 후 점차적으로 감소하여 9월 말에는 22 °C로 나타남
- 통영 곤리도 해역의 수온은 약 한 달만 측정하였음. 7월 말까지 20~25 °C 범위를 보이다가 8월 초 최대 28 °C까지 나타남. 해당 시스템은 곤리도 해상 낚시터에 설치하였으나 태풍으로 인하여 시스템을 철수하였음
- 한국해양과학기술원 통영해상과학기지 해역의 수온은 다른 통영 해역들과 유사한 패턴을 보임. 8월 초 최대 30 °C까지 나타남
- 여수 금오도 장지 해역의 수온은 7월 말부터 25 °C 이상 나타났으며, 9월 초까지 유지되다가 점차적으로 하강하여 약 23 °C를 보임

- 여수 화태도 해역의 수온도 금오도 장지와 동일한 수온 패턴을 보임
  - 2차년도에는 장비를 설치해둔 통영 해역에서 고수온이 부분적으로 약 5일간 발생함 (고수온 기준 : 28 ℃ 이상)
- 3차년도 통영, 여수, 거제 해역에서 7월 초부터 9월 말까지 연속 운영하였음
- 해당 지역에서의 수심 약 5 m 지점에서 수온을 측정하였음
  - 측정 항목은 수온, 수심이며 실시간 전송하였음 (매 10분)
  - 측정 위치는 통영 4정점, 여수 4정점, 거제 1정점으로 통영 해역은 경상남도 수산자원연구소, 연명항, 곤리도, 상노대도에, 여수 해역은 금오도 장지, 화태도 묘두, 화태도 독정, 개도에, 거제 해역은 법동에 고수온 관측 시스템을 운영하였음

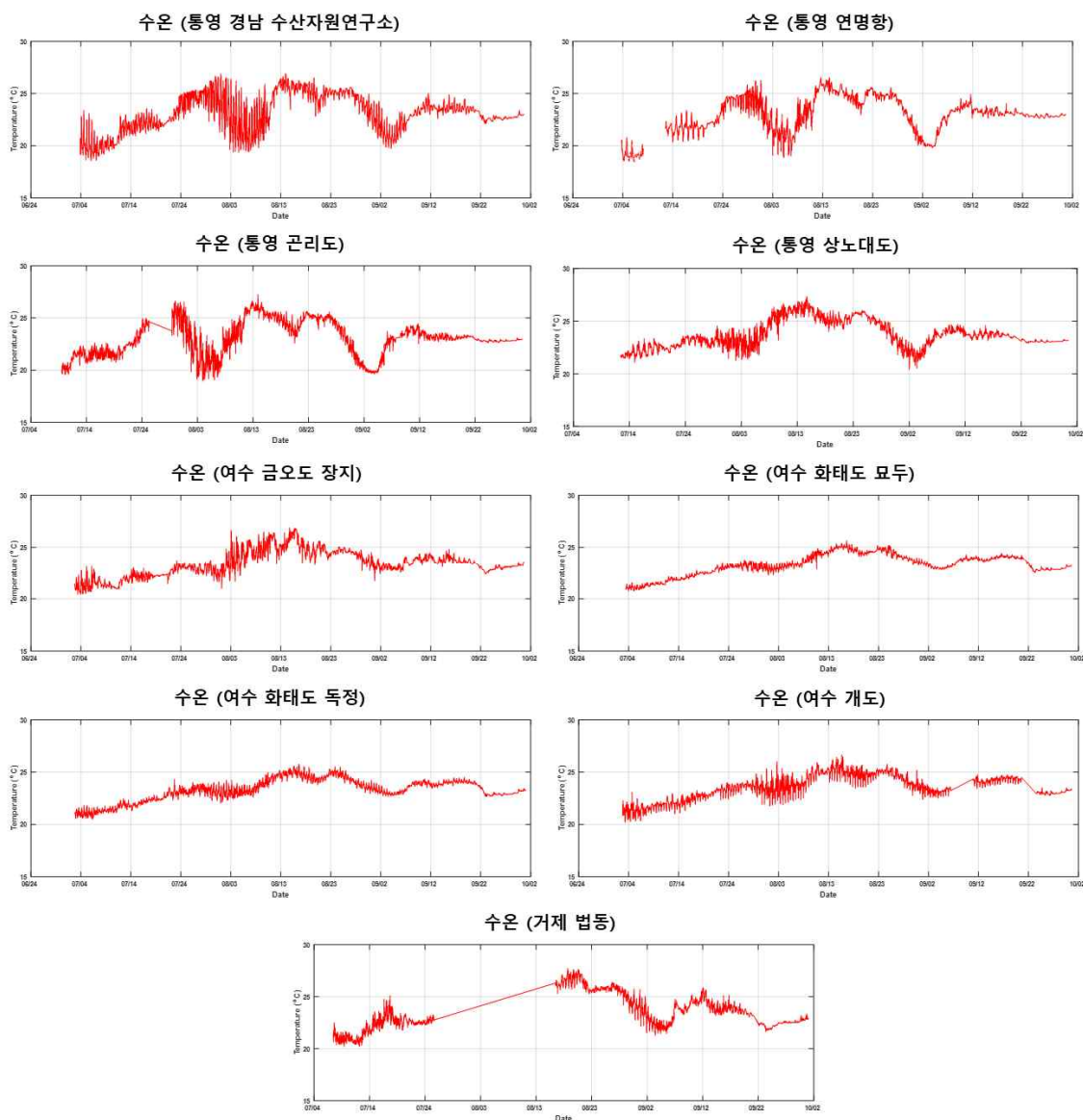


그림 106. 3차년도 통영, 여수, 거제 해역에서 고수온 관측 시스템으로 획득한 수온 자료

- 통영 경상남도 수산자원연구소 해역의 수온은 7월 초 약 20 ℃으로 나타났으나, 조류에 따라 변동하며 증가 및 감소하다가 8월 중순 최대 27 ℃까지 나타난 후 점차적으로 감



소하여 9월 말에는 약 23 °C로 나타남

- 통영 연명항, 곤리도, 상노대도 해역의 수온도 통영 경상남도 수산자원연구소 해역과 유사한 패턴을 보임
- 여수 금오도 장지 해역의 수온은 7월 초부터 약 22 °C로 나타났으며, 8월 중순까지 점차적으로 증가하다가 서서히 하강하여 9월 말 약 23 °C를 보임
- 여수 화태도 묘두, 화태도 독정, 개도 해역의 수온도 금오도 장지 해역과 유사한 패턴을 보임
- 거제 범동 해역의 수온은 7월 초 20~22 °C 범위에서 점차적으로 증가하여 8월 중순 약 27 °C까지 나타남. 그 후 점차적으로 감소하여 9월 말 23 °C로 나타남
- 3차년도에는 장비를 설치해둔 모든 해역에서 고수온이 발생하지 않음 (고수온 기준 : 28 °C 이상)

표 14. 고수온 관측 시스템이 설치되어 있는 해역별 고수온 탐지 일자 정리

관측 시스템	해역	설치장소	장비명	1차년도 운용	고수온 탐지일자	2차년도 운용	고수온 탐지일자	3차년도 운용	고수온 탐지일자
고수온	동영	경남 수산자원연구소	T-WTSS-01	○	0일	○	0일	○	0일
		연명항	T-WTSS-02	○	0일			○	0일
		KIOST 해상기지				○	0일		
		곤리도	T-WTSS-03	○	2일	○	5일	○	0일
		상노대도	T-WTSS-04					○	0일
		남해 미조		○	5일				
	여수	금오도 장지	Y-WTSS-01			○	0일	○	0일
		화태도 묘두	Y-WTSS-02					○	0일
		화태도 독정	Y-WTSS-03			○	0일	○	0일
		개도	Y-WTSS-04					○	0일
	거제	범동	G-WTSS-02					○	0일

○ 관측 시스템이 설치되어 있는 해역에서 고수온 탐지 일자를 표로 나타내었음

- 1차년도에는 고수온 (28도 이상)이 곤리도, 남해 미조 해역에서 약 2-5일간 발생하였음
- 2차년도에는 고수온이 곤리도 해역에서만 약 5일간 발생하였음
- 3차년도에는 고수온이 전 해역에서 발생하지 않음

○ 해당 고수온 관측 센서는 음향 및 해양 환경 시스템과 다르게 수심 5 m에 설치 및 운영하였음

바. 무인수상정(해검)을 이용한 이동 탐지 시범 실시

- 무인수상정은 (주) LIG넥스원 (방위산업체)에서 무상으로 제공하였고, 실 현장 운영비 지원을 하였음
- 무인수상정은 크기 8 × 2.6 m, 무게 3 ton, 최대속력 40 knots, 최대운용시간 8시간, 운용거리 12 km 이상 등 해상상대 3 이상에서도 운용할 수 있고, 전자해도 기반 관제기능 가능 및 자율 운항이 가능함

- 2차년도 2018년 07월 25일, 08월 17일 두 차례에 걸쳐 통영 연명항에 위치한 한국해양과학기술원 통영해양과학기지 인근 해역에서 무인수상정을 이용한 이동 적조 탐지를 실시함
- 운용 목적은 공간적인 적조 탐지 가능성 파악을 위한 음향/수온 센서, YSI Exo2 센서를 장착하여 운용하였음
- 무인수상정 현측에 붕에 센서를 거치하여 약 5 knots로 운용하였음
- 측정 항목은 매 5초마다 위·경도, 음향, 수온, 염분, 엽록소, pH, DO 자료를 수신하였음
- 운용하는 프로그램에서 수신되는 위·경도로부터 무인수상정 이동 경로가 표시되고, 음향 및 수온을 동시에 볼 수 있음
- 무인수상정으로 탐지 결과 음향 신호 및 엽록소, 수온, 염분, pH, DO 등 실시간으로 정상 수신되었고, 측정 당시 해당 해역에서는 적조 띠가 관측되지 않았음



그림 107. 무인수상정(해검) 주요 제원 및 측정 방법



그림 108. 무인수상정(해검)을 이용한 통영 해역에서 이동 탐지 운용

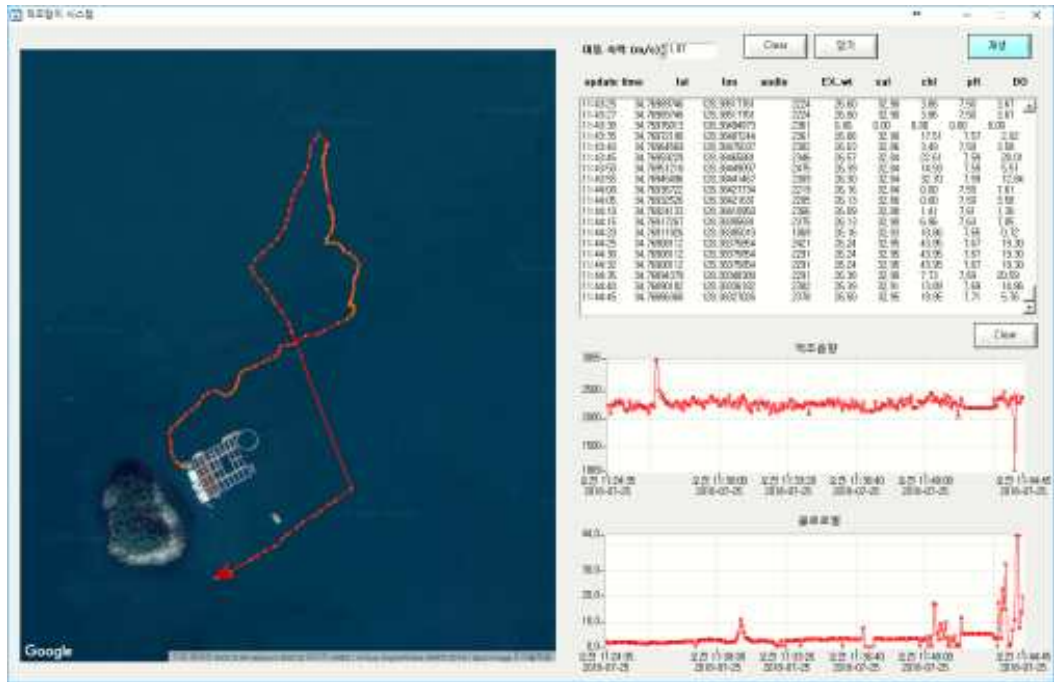
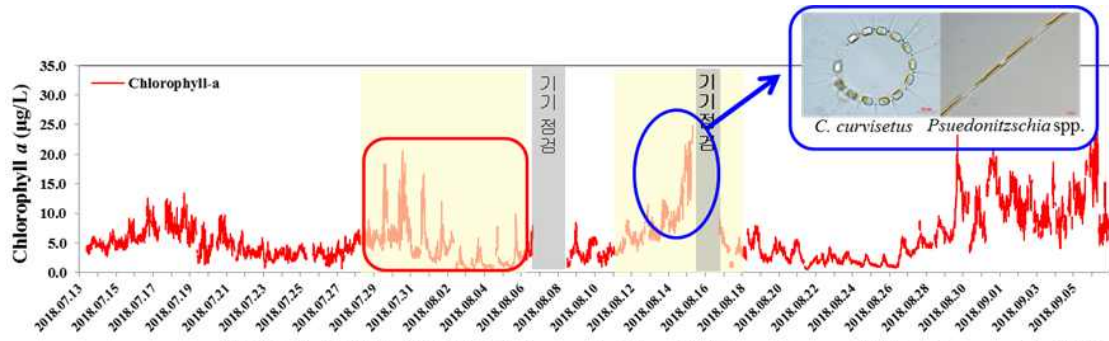


그림 109. 무인수상정(해검)을 이용한 통영 해역에서 이동 탐지 결과

사. 적조 일주 수직 이동(DVM; Diel vertical migration) 측정

- 2차년도 통영 해역 (KIOST 해상기지)에서 엽록소(Chlorophyll-*a*) 농도 변화를 확인하기 위하여 표층에서 Chlorophyll-*a*를 실시간 관측을 한 결과, 적조 발생 시 급격히 증가하는 패턴을 확인 할 수 있었음
- 또한 24시간 연속 관측을 통하여 적조 일주 수직 이동을 수심 별로 Chlorophyll-*a* 농도 변화를 확인하였음
- 2018년도 08월 02일 KIOST 해상기지에서 해양 환경 관측 센서(EXO2) 를 이용하여 엽록소 (Chlorophyll-*a*) 값과 채집 자료를 분석하여 식물플랑크톤 시간별 일주 수직 이동 관측을 수행함
  - 엽록소(Chlorophyll-*a*) 값은 수심 0~30 m 까지 수심 1 m 간격으로 측정하여 분석함
    - ✓ 엽록소는 09시부터 다음날 06시까지 1시간 단위로 측정 및 분석함
- *Cochlodinium polykrikoides*의 채집 및 분석은 수심 0~25 m 까지 수심 5 m 간격으로 채집 하였음
  - ✓ 채집은 09시, 15시, 16시, 21시, 다음날 03시에 각각 채집 수행 및 분석함
- 분석 결과 일몰 이후에는 표층에서는 Chlorophyll-*a*의 농도는 낮고 저층에서는 Chlorophyll-*a*의 농도가 높게 나타는 패턴을 확인하였고, 이는 *Cochlodinium polykrikoides*의 수직 이동과 연관되어 있는 것을 확인하였음



적조 발생시 특이적 Chlorophyll-a 변동 pattern 발생 (Han et al. 2018)

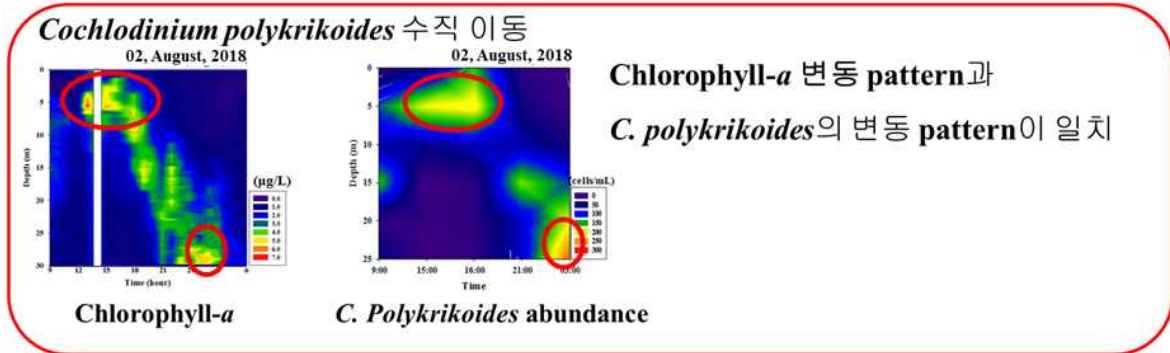


그림 110. 2018년도 통영 해역의 엽록소 농도 변화 및 일주 수직 이동에 따른 엽록소 및 *C. polykrikoides* 개체 수 연속 관측 결과

- 또한 3차년도에는 통영 해역 (KIOST 해상기지)에서 적조 음향탐지 시스템의 음향 자료와 채집 자료를 통하여 식물플랑크톤 시간별 일주 수직 이동 관측을 수행함
  - 현장 관측은 수심 0~25 m 까지 수심 1 m 간격으로 음향 강도를 매 4초당 1 ping을 송/수신하였음
  - 채집은 표층(0 m), 중층(15 m), 저층(25 m)을 수행하였음

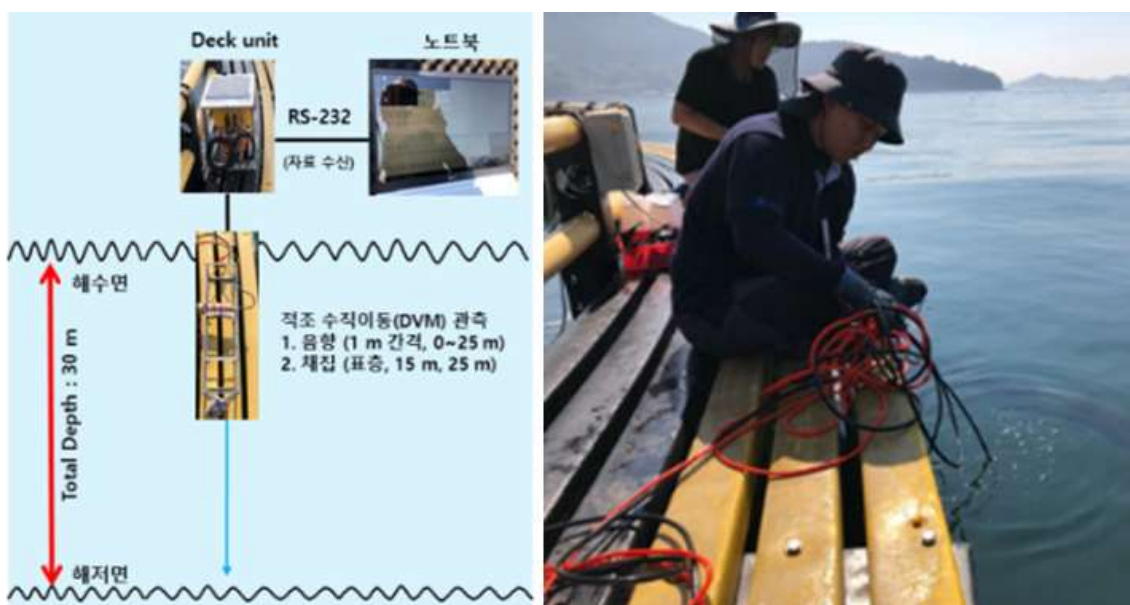


그림 111. 통영 해역에서 일주 수직 이동(DVM)에 따른 식물플랑크톤 음향 강도 측정



- 분석 결과 아침(09시)에는 저층부에서 상대적으로 높은 신호가 감지됨
- 낮 12시에는 중층부터 저층부까지 상대적으로 높은 신호가 감지됨
- 오후 15시에는 표층에서 상대적으로 높은 신호가 감지됨
- 구조류는 주로 아침에는 저층, 오후에는 상층에 분포가 나타남
- 채집 자료 분석 결과 전 시간 모두 *C. polykrikoides*는 발생하지 않음
- 음향 신호와 채집 자료가 비슷한 경향을 보임을 확인함

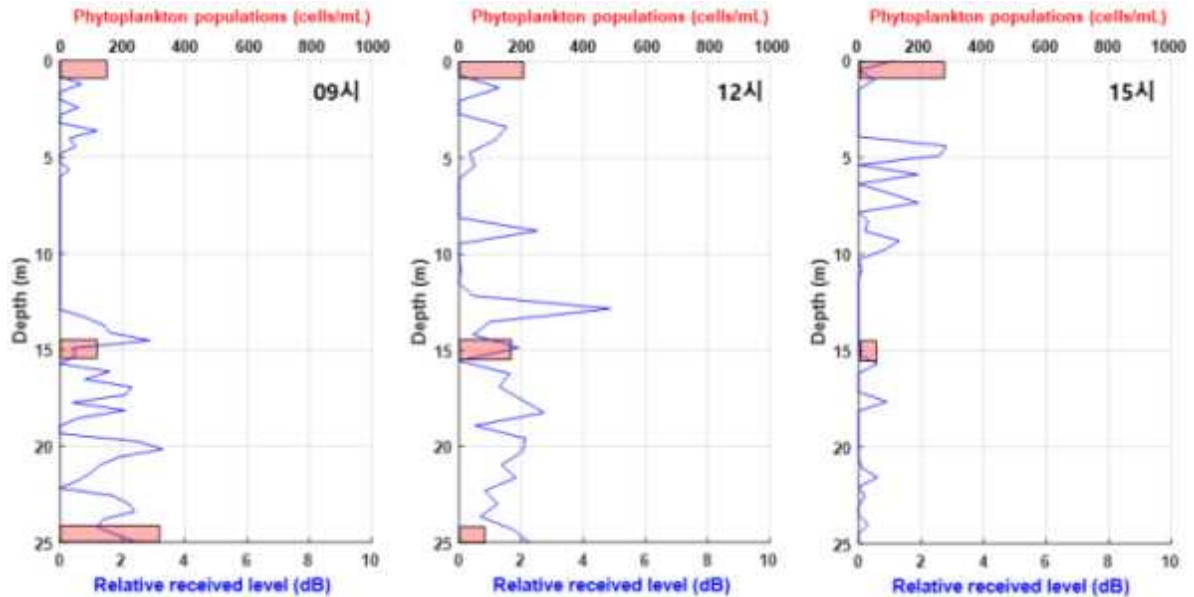


그림 112. 음향과 채집을 통한 식물플랑크톤 일주 수직 이동(DVM) 결과

#### 아. 시스템 가동률 계산

- 해양 기상 관측 시스템, 적조 음향 및 해양 환경 관측 시스템, 고수온 관측 시스템 그리고 적조 실증화 서버 등 여러 시스템들의 가동률을 계산하였음
- 해당 자료는 FTP 서버에 업로드된 자료를 토대로 각 연도별 실 가동률과 하계시기 평균 가동률을 계산하였음
- 적조는 하계시기에만 발생하기 때문에 하계시기(7-9월)의 평균 가동률만을 계산하는 것이 의미가 있다고 판단됨. 또한 무인 측정 장비이기 때문에 24시간 측정이 가능하므로 가동일자는 각 연도별로 시스템을 최대로 운영한 일자를 기준으로 계산하였음
- 장비 하계시기 평균 가동률은 국가연구개발 시설장비의 관리 등에 관한 매뉴얼 (미래창조과학부)을 참고하여 제시하였음

## 6.4 | 시설장비 활용 성과관리

□ 연구기관의 장은 지침 제34조제1항에 따라 시설장비의 활용실적을 체계적으로 관리 하여야 함

### 참고 시설장비 활용실적지표

구분	내용
시설장비 심의통과 여부(%)	심의통과 시설장비 수 / 실제 구축 시설장비 수 × 100
심의통과 시설장비 구축이행 여부	시설장비 심의를 통과한 시설장비가 심의결과대로 제대로 구축되었는지 여부
시설장비 등록률(%)	ZEUS(또는 NTIS) 등록 시설장비 수 / 실제 구축 시설장비 수 × 100
평균 등록소요기간(일)	ZEUS(또는 NTIS) 등록 시설장비 등록일 평균 - ZEUS(또는 NTIS) 등록 시설장비 구축일 평균
시설장비 가동률(%)	시설장비 가동시간 <sup>34)</sup> / 시설장비 가용시간 <sup>35)</sup> × 100
시설장비 전담운영인력 고용률(%)	시설장비 전담운영인력 <sup>36)</sup> 수 / ZEUS(또는 NTIS) 등록 시설장비 수 × 100
시설장비 공동활용허용률(%)	외부 공동활용허용 시설장비 수 <sup>37)</sup> / 전체 시설장비 수 × 100
시설장비 공동활용률(%)	공동활용된 시설장비 수 <sup>38)</sup> / 전체 시설장비 수 × 100
저활용·유유 시설장비 이전·인수 실적(건)	사업(과제) 수행이 종료된 후 지속 보유할 필요성이 없어진 저활용·유유 시설장비 중 ZEUS를 통해 이전·인수를 완료한 시설장비 수
국산 장비 구축률(%)	국산 장비 수 / ZEUS(또는 NTIS) 등록 장비 수 × 100

□ 연구기관의 장은 시설장비를 활용하여 창출한 연구개발성과를 지원기관에서 제공하는 활용성과지표에 따라 체계적으로 관리할 수 있음

- 34) 시설장비 가동시간 : 시설장비 사용을 위해 수행한 실험가동시간과 보조가동시간의 합을 의미함  
 ※ 실험가동시간 : 시험, 분석, 계측, 교육, 생산 등을 위해 시설장비를 실제로 가동한 시간  
 ※ 보조가동시간 : 사용 전 장비 예열, 유지보수 작업, 사용 후 장치 청소/세척 등을 위해 부수적으로 시설장비를 가동한 시간(특별한 사유 없이 단순히 켜져 있는 시간 제외)
- 35) 시설장비 가용시간 : 근무일수 × 8시간  
 ※ 연간 근무일수 : [주5일 × 50주 = 250일]을 기준으로 함
- 36) 시설장비 전담운영인력(정규직, 무기계약직) : 시설장비에 대하여 소정의 교육을 이수하여 전문적 지식 및 기술을 갖추고 있으며, 시설장비의 운행을 통해 데이터를 산출할 수 있을 뿐만 아니라 데이터의 해석이 가능한 자료써, 연구자는 아니나 연구개발 활동을 직접적으로 지원하는 업무에 종사하는 자
- 37) 공동활용허용 시설장비 수와 공동활용 서비스 시설장비 수의 합
- 38) 연간 1회 이상 외부기관(동일기관 타부서 포함)이 이용한 기록이 있는 시설장비의 수를 의미함

그림 113. 시설장비 활용 성과관리 및 실적지표 (참고 : 미래창조과학부)

- 시설장비 가동률 (%) = 시설장비 가동일 / 시설장비 가용일 × 100
- 시설장비 하계시기 평균 가동률 (%) = 시설장비 하계 가동일 / 시설장비 하계 가용일 × 100
  - 시설장비 가용일 : 2017년 73일, 2018년 79일, 2019년 91일 (장비 최대 운용일)



표 15. 1차년도 각 정점별 시스템 가동률 계산

관측 시스템	해역	설치장소	장비명	시작일자	종료일자	총 측정일	미 가동일	실 가동일	실 가동률 (%)	하계시기 평균 가동률 (%)	기타
해양 기상	통영	KIOST 해상기지	T-AWS-01	2017-07-20	2017-09-30	73	0	73	100.0	100.0	연중운영
음향 및 해양 환경	통영	KIOST 해상기지	T-RASS-01	2017-07-20	2017-09-30	73	14	59	80.8	80.8	
		오비도	T-RASS-02	2017-07-20	2017-09-30	73	9	64	87.7	87.7	
		연대도	T-RASS-03	2017-07-20	2017-09-27	70	25	45	64.3	61.6	
		추도	T-RASS-04	2017-07-20	2017-09-23	66	3	63	95.5	86.3	
		연화도	T-RASS-05	2017-07-20	2017-09-23	66	3	63	95.5	86.3	
		남해 미조	T-RASS-06	2017-07-21	2017-09-17	59	4	55	93.2	75.3	
고수온	통영	경남 수산자원연구소	T-WTSS-01	2017-07-21	2017-09-25	67	0	67	100.0	91.8	
		연명항	T-WTSS-02	2017-07-22	2017-09-16	57	0	57	100.0	78.1	
		곤리도	T-WTSS-03	2017-07-22	2017-09-27	68	0	68	100.0	93.2	
		남해 미조	T-WTSS-07	2017-07-21	2017-09-24	66	0	66	100.0	90.4	
서버	서버	적조실증화 서버	Server	2017-07-20	2017-09-30	73	0	73	100.0	100.0	연중운영
가시화 체계		가시화 체계	Program	2017-07-20	2017-09-30	73	0	73	100.0	100.0	연중운영
<b>평균</b>						68.0	4.5	63.5	93.6	87.0	

- 해양 기상 관측 시스템은 한국해양과학기술원 통영해양과학기지에 설치하였으며, 이후부터는 연중 운영하였음
- 적조 음향 및 해양 환경 관측 시스템은 장비 점검 및 고장에 따라 한국해양과학기술원 통영해양과학기지, 연대도에 설치해둔 장비를 제외하고 대부분 실 가동률은 80 % 이상 나타남
- 고수온 탐지 시스템의 실 가동률은 모두 100 %로 나타남
- 태풍에 의하여 일시 철수한 시스템은 자연재해로 인하였으므로 가동률 계산에 포함하지 않음
- 1차년도 운용한 시스템들의 실 가동률은 약 94 %로 나타났음
- 1차년도 운용한 시스템들의 하계시기 평균 가동률은 약 87 %로 나타났음 (기준 장비 가용일 : 73일)

표 16. 2차년도 각 정점별 시스템 가동률 계산

관측 시스템	해역	설치장소	장비명	시작일자	종료일자	중 측정일	미 가동일	실 가동일	실 가동률 (%)	하계시기 평균 가동률 (%)	기타
해양 기상	통영	KIOST 해상기지	T-AWS-01	2018-07-05	2018-09-21	78	2	76	97.4	97.4	연중운영
	여수	안도	Y-AWS-01	2018-07-05	2018-09-21	78	0	78	100.0	100.0	연중운영
음향 및 해양 환경	통영	KIOST 해상기지	T-RASS-01	2018-07-05	2018-09-21	78	7	71	91.0	91.0	
		오비도	T-RASS-02	2018-07-05	2018-09-21	78	3	75	96.2	96.2	
		연대도	T-RASS-03	2018-07-05	2018-09-21	78	0	78	100.0	100.0	
		추도	T-RASS-04	2018-07-10	2018-09-13	65	3	62	95.4	79.5	
		남해 미조	T-RASS-06	2018-07-10	2018-09-21	73	0	73	100.0	93.6	
	여수	금오도 장지	Y-RASS-01	2018-07-11	2018-09-21	72	0	72	100.0	92.3	
		금오도 송고	Y-RASS-02	2018-07-11	2018-09-14	65	0	65	100.0	83.3	
		화태도 독정	Y-RASS-03	2018-07-11	2018-09-21	72	0	72	100.0	92.3	
		개도	Y-RASS-04	2018-07-14	2018-09-14	62	0	62	100.0	79.5	
		대두라도	Y-RASS-05	2018-07-14	2018-09-14	62	0	62	100.0	79.5	
고수온	통영	경남 수산자원연구소	T-WTSS-01	2018-07-17	2018-09-21	66	0	66	100.0	84.6	
		KIOST 해상기지	T-WTSS-02	2018-07-17	2018-08-22	66	0	66	100.0	84.6	
		곤리도	T-WTSS-03	2018-07-17	2018-09-21	36	0	36	100.0	46.2	
	여수	금오도 장지	Y-WTSS-01	2018-07-17	2018-09-21	66	0	66	100.0	84.6	
		화태도 독정	Y-WTSS-02	2018-07-20	2018-09-21	63	0	63	100.0	80.8	
서버		적조실증화 서버	Server	2018-07-05	2018-09-21	78	0	78	100.0	100.0	연중운영
가시화 체계		가시화 체계	Program	2018-07-05	2018-09-21	78	0	78	100.0	100.0	연중운영
<b>평균</b>						<b>69.2</b>	<b>0.8</b>	<b>68.4</b>	<b>98.9</b>	<b>87.7</b>	

- 2차년도 한국해양과학기술원 통영해양과학기지에 설치된 기상 관측 장비가 7월 말 현장 유선 랜 교체로 인하여 2일간 미운용을 제외하고, 여수 해역에 설치한 기상 장비는 100 % 운용하였음
- 적조 음향 및 해양 환경 관측 시스템은 한국해양과학기술원 통영해양과학기지, 오비도, 추도에 설치한 장비를 제외하고는 모든 장비의 실 가동률은 100 %으로 나타남
- 고수온 탐지 시스템은 곤리도에 설치한 장비를 제외하고는 모든 시스템은 2달 이상 정상 운용하였음, 곤리도에 설치한 시스템은 가두리 자체가 다른 지역으로 이동하므로 1달만 운용하였음
- 태풍에 의하여 일시 철수한 시스템은 자연재해로 인하였으므로 가동률 계산에 포함하지 않음
- 2차년도 운용한 시스템들의 실 가동률은 약 99 %로 나타났음
- 2차년도 운용한 시스템들의 하계시기 평균 가동률은 약 88 %로 나타났음 (기준 장비 가용일 : 79일)

표 17. 3차년도 각 정점별 시스템 가동률 계산

관측 시스템	해역	설치장소	장비명	시작일자	종료일자	총 측정일	미 가동일	실 가동일	실 가동률 (%)	하계시기 평균 가동률 (%)	기타
해양 기상	통영	KIOST 해상기지	T-AWS-01	2019-07-01	2019-09-30	91	26	65	71	71.4	연중운영
	여수	안도	Y-AWS-01	2019-07-01	2019-09-30	91	0	91	100	100.0	연중운영
음향 및 해양 환경	통영	KIOST 해상기지	T-RASS-01	2019-07-03	2019-09-30	89	0	89	100	97.8	
		오비도	T-RASS-02	2019-07-03	2019-09-30	89	0	89	100	97.8	
		연대도	T-RASS-03	2019-07-03	2019-09-30	89	14	75	84	82.4	
		추도	T-RASS-04	2019-07-07	2019-09-30	85	13	72	85	79.1	
		상노대도	T-RASS-05	2019-07-12	2019-09-30	80	0	80	100	87.9	
		남해 미조	T-RASS-06	2019-07-02	2019-09-30	90	21	69	77	75.8	
	여수	금오도 장지	Y-RASS-01	2019-07-02	2019-09-30	90	9	82	91	90.1	
		금오도 송고	Y-RASS-02	2019-07-02	2019-09-30	90	0	90	100	98.9	
		화태도 독정	Y-RASS-03	2019-07-02	2019-09-30	90	0	90	100	98.9	
		개도	Y-RASS-04	2019-07-02	2019-09-30	90	0	90	100	98.9	
		대두라도	Y-RASS-05	2019-07-02	2019-09-30	90	9	82	91	90.1	
	거제	저구만	G-RASS-01	2019-07-07	2019-09-29	84	0	84	100	92.3	
		어구	G-RASS-02	2019-07-07	2019-09-30	85	0	85	100	93.4	
		가배	G-RASS-03	2019-07-07	2019-09-30	85	0	85	100	93.4	
울포만		G-RASS-04	2019-07-08	2019-09-30	84	0	84	100	92.3		
고수온	통영	경남 수산자원연구소	T-WTSS-01	2019-07-03	2019-09-30	89	0	89	100	97.8	
		연명항	T-WTSS-02	2019-07-03	2019-09-30	89	10	79	89	86.8	
		곤리도	T-WTSS-03	2019-07-09	2019-09-30	83	4	79	95	86.8	
		상노대도	T-WTSS-04	2019-07-12	2019-09-30	80	0	80	100	87.9	
	여수	금오도 장지	Y-WTSS-01	2019-07-02	2019-09-30	90	0	90	100	98.9	
		화태도 묘두	Y-WTSS-02	2019-07-03	2019-09-30	89	0	89	100	97.8	
		화태도 독정	Y-WTSS-03	2019-07-02	2019-09-30	90	0	90	100	98.9	
		개도	Y-WTSS-04	2019-07-02	2019-09-30	90	0	90	100	98.9	
	거제	법동	G-WTSS-02	2019-07-07	2019-09-30	85	22	63	74	69.2	
	서버		적조실증화 서버	Server	2019-07-01	2019-09-30	91	0	91	100	100.0
가시화 체계		가시화 체계	Program	2019-07-01	2019-09-30	91	0	91	100	100.0	연중운영
			Web-page	2019-07-01	2019-09-30	91	0	91	100	100.0	연중운영
<b>평균</b>						<b>87.9</b>	<b>4.4</b>	<b>83.6</b>	<b>95.1</b>	<b>91.9</b>	

- 3차년도 기상 관측 시스템은 한국해양과학기술원 통영해양과학기술지에 설치된 기상 관측 장비가 7월 말 유선 랜 교체로 인하여 약 1달 동안 운용하지 못했음, 여수 해역은 100 % 운용하였음
- 적조 음향 및 해양 환경 관측 시스템은 장비 고장 및 가두리 이동에 따라 연대도, 추도, 남해 미조, 금오도 장지, 대두라도를 제외하고는 실 가동률은 100 %으로 나타남
- 고수온 탐지 시스템은 연명항, 곤리도, 법동에 설치된 장비들을 제외하고는 실 가동률은 100 %으로 나타남
- 태풍에 의하여 일시 철수한 시스템은 자연재해로 인하였으므로 가동률 계산에 포함하지 않음
- 3차년도 운용한 시스템들의 실 가동률은 약 95 %로 나타났음
- 3차년도 운용한 시스템들의 하계시기 평균 가동률은 약 92 %로 나타났음 (기준 장비 가용일 : 91일)

## 2. 적조 생물 정밀 모니터링

가. 72시간 예측 모형 정보 보정을 위한 적조 생물 정밀 모니터링

○ 통영 및 거제 해역 음향자료 정보 보정을 위한 적조 생물 정밀 모니터링

- 2017년 적조 발생에 따른 피해를 많이 입는 통영해역에 적조 생물 음향장비 설치에 따른 적조 생물 정밀 모니터링 및 실시간 관측을 진행하였음. 통영해상과학기지에서 적조 생물을 관측하기 위해 Chlorophyll-a 연속 실시간 관측과 정밀모니터링 고정정점에서 주 1-2회씩 총 12회 적조생물 분포 분석을 실시하였음
- 2018년 적조 발생에 따른 피해를 많이 입는 통영해역에 적조 생물 음향장비 설치를 통하여 따른 적조 생물 정밀 모니터링 및 실시간 관측을 진행하였음. 통영해상과학기지에서 적조생물을 관측하기 위해 Chlorophyll-a 연속 실시간 관측과 주별 (총 8회) 24시간 연속 관측을 수심별 식물플랑크톤 분석을 현장에서 실시간으로 중 동정 및 계수를 진행하였음
- 2019년 적조 발생 후 확산에 경로에 있는 통영 추도 및 거제 저구해역에 생물 정밀 모니터링을 진행하였음. 통영 추도 및 거제 저구 해역에서 적조생물 관측을 하기 위해 Chlorophyll-a 연속 실시간 관측과 적조 생물 분석을 실시하였음



그림 114. 2017-2019년 고정정점 연속 관측

- 2017년 해양 환경 관측 기간 중 25 ℃ 이상의 고수온이 35일이 나타났음. 이러한 고수온으로 인하여 실시간 관측지점인 한국해양과학기술원 통영해상과학기지에서 적조 생물의 거의 관찰 되지 않았음



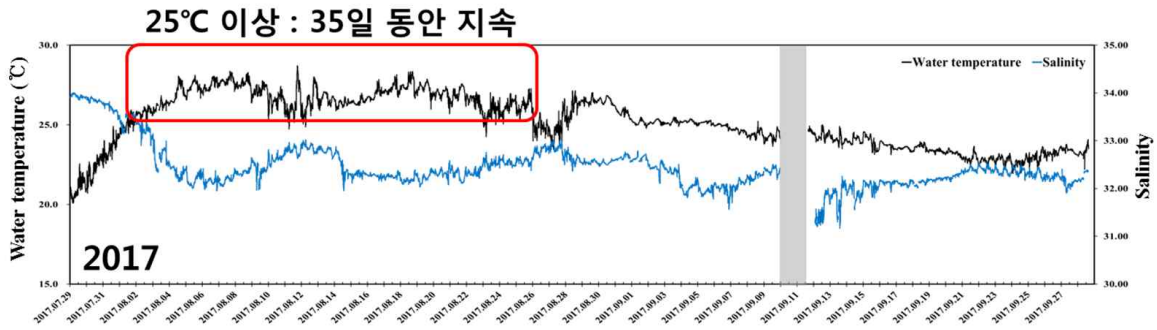


그림 115. 2017년 고정정점 표층 수온 및 염분의 변화

- Chlorophyll-*a* 농도와 식물플랑크톤 개체 수의 변화를 비교하기 위하여 총 12회 표층 해수에서 식물플랑크톤을 검경한 결과, 식물플랑크톤 개체 수는 72~3,454 cells/ml (평균 697 cells/ml)를 확인하였음. Chlorophyll-*a* 농도와 식물플랑크톤 개체 수의 상관관계는 0.478 ( $p < 0.001$ )로 Chl-*a* 농도가 증가할 때 식물플랑크톤 개체 수가 증가하는 유사한 변화 양상을 보였음

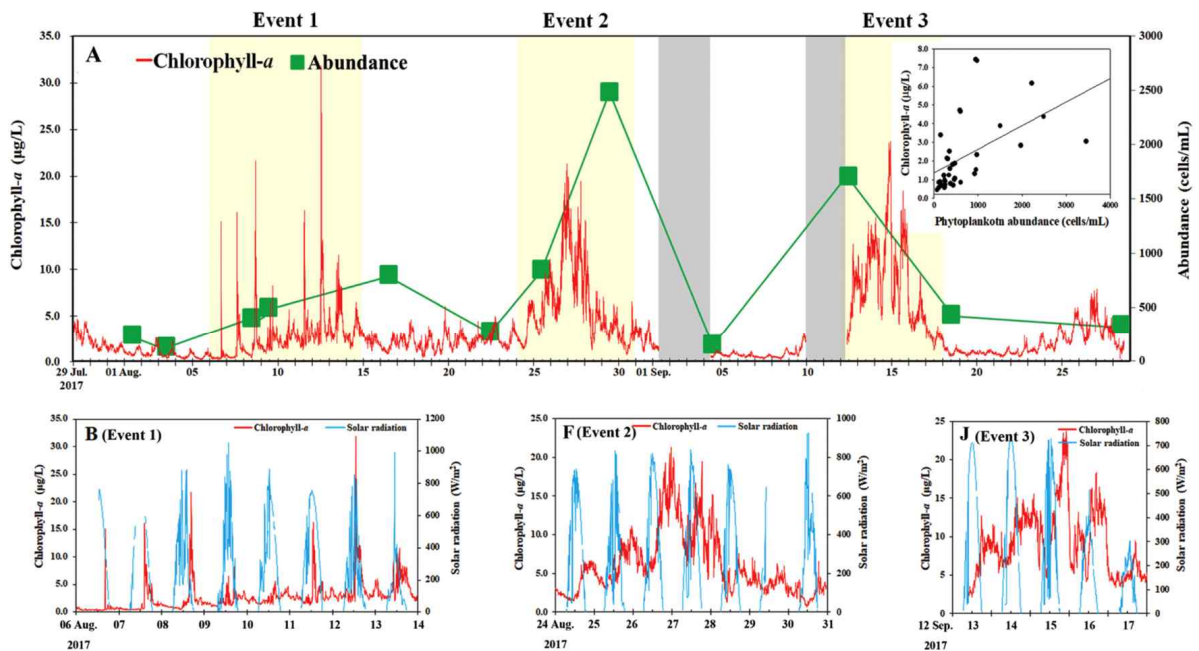


그림 116. 2017년 식물플랑크톤 개체 수 및 광량에 따른 엽록소 농도 변화

- 2018년 해양 환경 관측 기간 중 25 °C 이상의 고수온이 44일이 나타났는데, 유지기간 중 수온이 22 °C까지 내려간 후 다시 증가하는 것을 확인 할 수 있었음

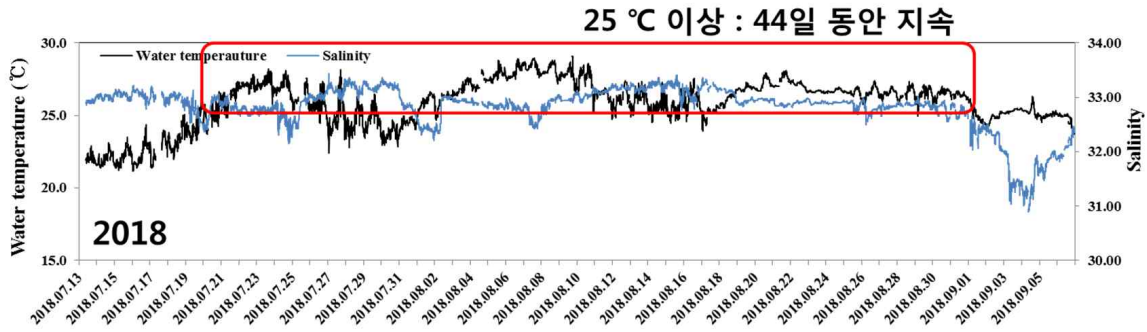


그림 117. 2018년 고정정점 표층 수온 및 염분의 변화

- 2019년 통영 추도에서 25°C 이상의 고수온이 22일 동안 연속 관측되었지만, 상대적으로 2017년도와 2018년도에 비해 고수온 지속기간이 짧았음. 9월 1일 이후 두 정점 모두 24°C이하로 감소하였으며, 감소 후 소폭 상승하는 경향을 보였음

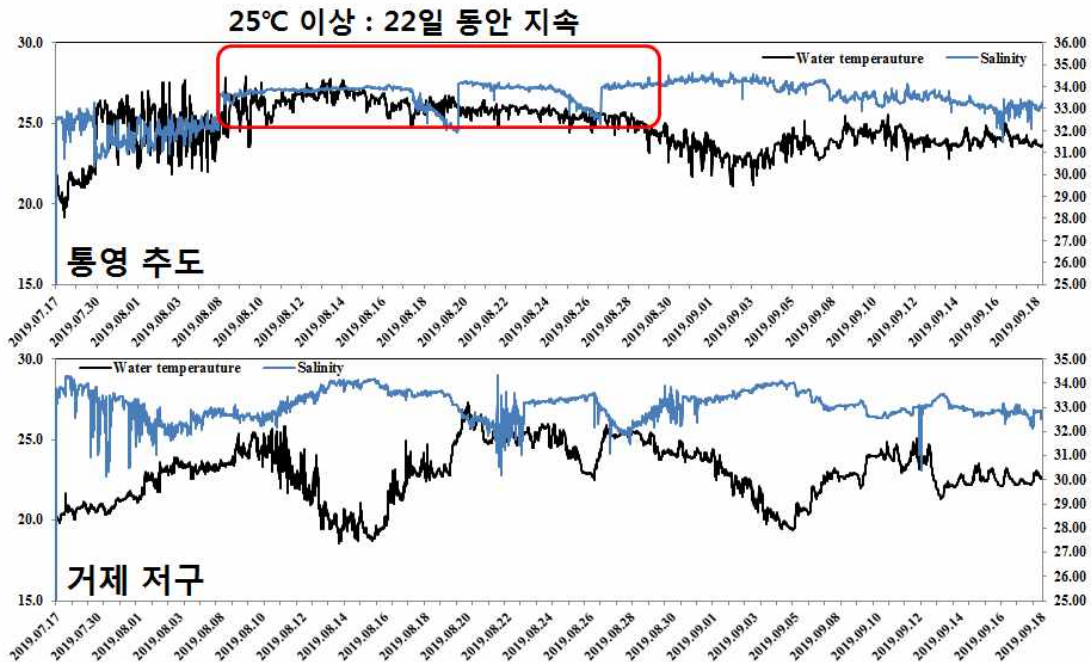


그림 118. 2019년 고정정점 표층 수온 및 염분의 변화

- Chlorophyll-*a* 농도 변화를 확인하기 위하여 통영 추도와 거제 저구 해역의 표층에서 실시간 관측을 한 결과, Han et al. (2009)의 적조 발생 패턴과 같이 급격히 증가하는 변화를 확인할 수 있었음. 관측 시작 이후 8월 31일까지 두 정점에서는 대부분 규조류가 우점하여 Chlorophyll-*a*농도의 적조 발생 패턴은 관찰되지 않았으며, 주요 우점종은 *Chaetoceros* spp., *Skeletonema* spp.로 나타났음
- Chlorophyll-*a* 농도의 변화를 기반으로 통영 추도에서는 적조가 9월 4일 발생된 것을 알 수 있었고, 거제 저구에서는 9월 9일 이후부터 9월 17일까지 발생된 것을 알 수 있었음



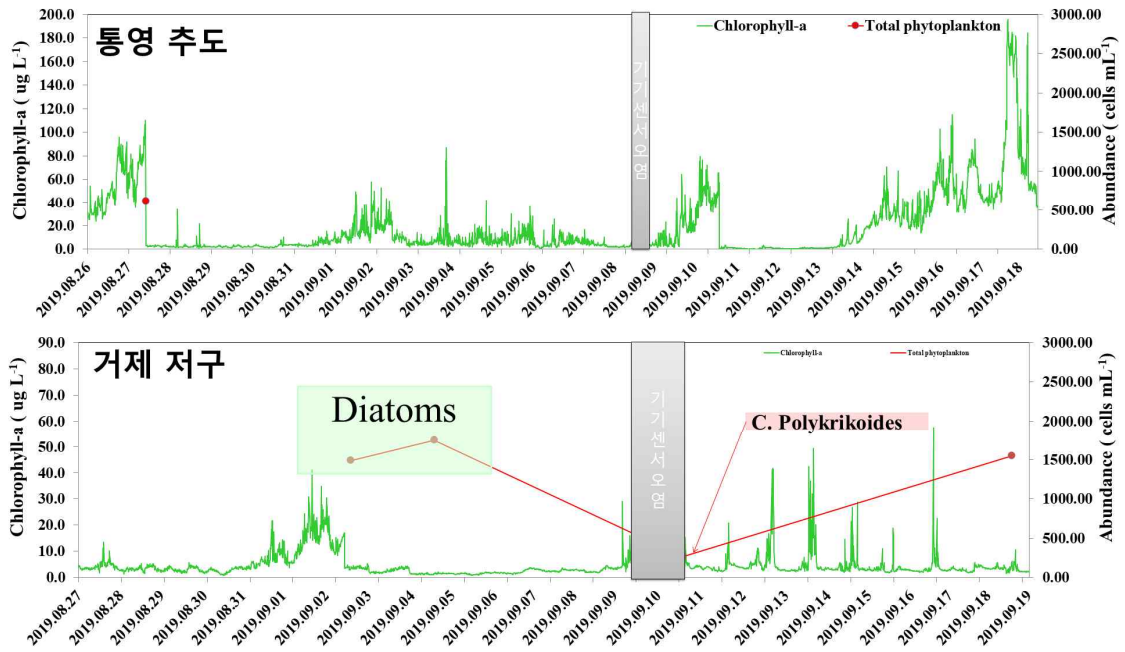


그림 119. 2019년 고정정점 실시간 엽록소 농도 변화 및 적조 발생시 엽록소 변화

- 여수(고흥) 해역 음향자료 정보 보정을 위한 적조생물 모니터링
  - 2018년도 적조 음향자료 정보 보정을 위한 남해안 여수(고흥) 해역 주간 정밀 모니터링을 위해 여수 돌산도-금오도 주변의 양식어장 밀집지역에 적조생물 음향 측정 장비를 설치하여 *C. polykrikoides*의 개체 수 동태를 파악함과 동시에, 음향자료 정보 보정을 수행하였음. 정점1 (개도), 정점2 (화태도), 정점3 (대두라도), 정점4 (송고), 정점5 (안도)의 총 5개 고정정점에서 7월 19일부터 8월 30일까지 매주 7회 적조생물의 개체 수를 파악하였음
  - 2019년도 여수 돌산도-금오도 주변의 양식어장 밀집지역에 적조생물 음향측정장비 보정 및 적조생물 정밀모니터링을 위해 정점1 (개도), 정점2(화태도), 정점3 (대두라도), 정점4 (송고), 정점5 (안도)의 총 5개 고정정점에서 7월 1일부터 9월 8일까지 3일 간격으로 총 20회 규조류, 와편모조류, 적조생물 *C. polykrikoides*의 개체 수 변동 추이를 파악하였음

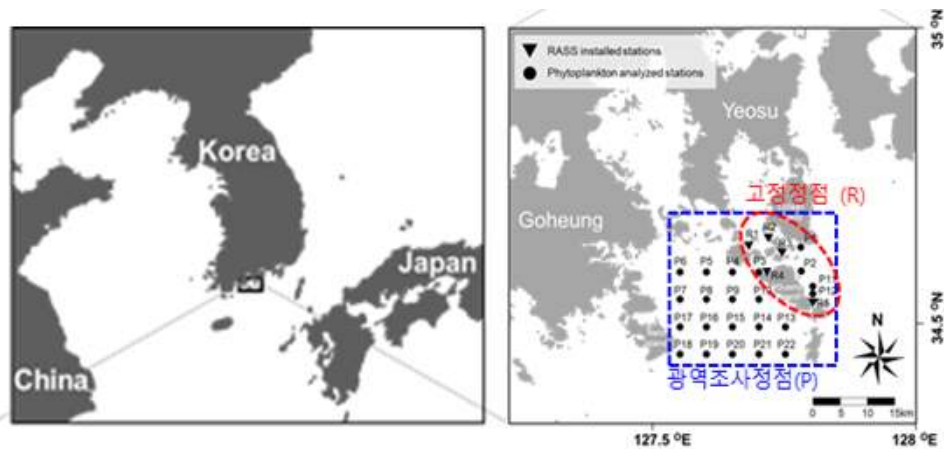


그림 120. 2018-2019년 여수(고흥) 해역에서 격자망 조사 정점도

- 2018년 주 간격의 *C. polykrikoides*의 개체 수 변화양상은 7월 19일 송고 정점에서 최대 5 cells/ mL의 개체 수가 관찰 이후에, 7월 26일 정점 1번과 2번인 개도와 화태도에서 적조경보 수준(1,000 cells/mL)에 근접한 평균 700 cells/mL의 개체 수가 관찰되었음. 이후 8월 2일 *C. polykrikoides*의 개체 수는 급격히 감소하여, 적조 관심 수준인 10 cells/mL으로 관찰되었음
- 송고와 대두라도에서는 7월 19일부터 8월 9일까지 1-80 cells/mL 수준에서 세포 밀도가 변동하였으며, 안도에서는 조사 기간 동안 10 cells/mL 이하로 낮은 개체 수를 보였음. 그러나, 다른 4개 정점에서 개체 수가 관찰되지 않은 조사시기에도 상대적으로 외측에 위치한 안도에서는 8월 30일까지 *C. polykrikoides*의 유영세포가 관찰되는 특징을 보였음

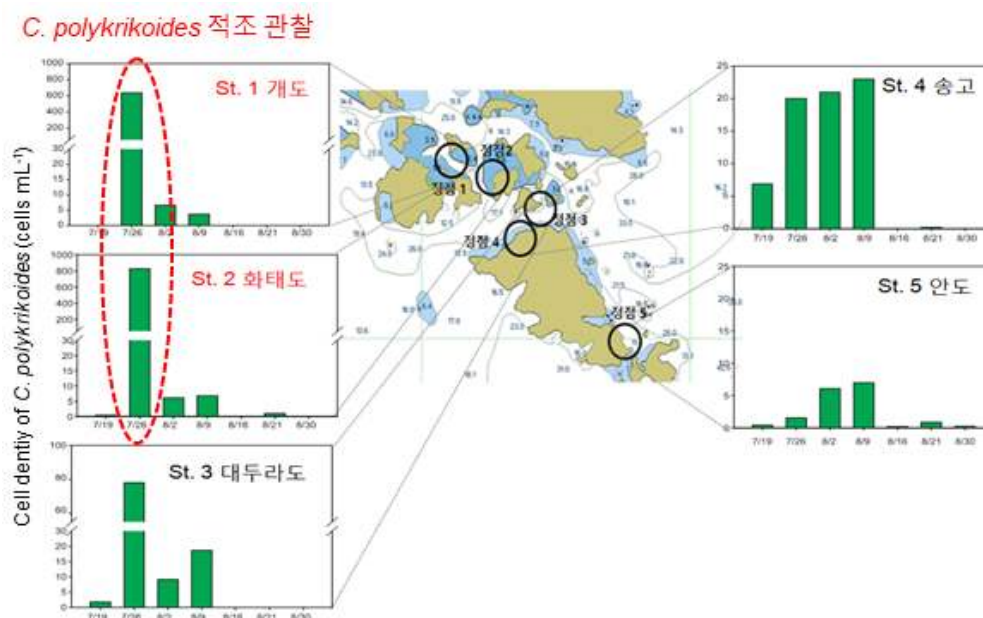


그림 121. 2018년 7월-8월 고정정점의 *C. polykrikoides*의 개체 수 변화

- 2019년 7월 2일 21 °C 전후의 표층수온은 8월 15일에 약 26-27 °C 까지 상승하였고, 이후 점차 감소하여 9월 1일 이후 전 정점에서 24 °C 이하로 감소하였으며, 9월 7일 이후 소폭 상승하는 경향을 보였음

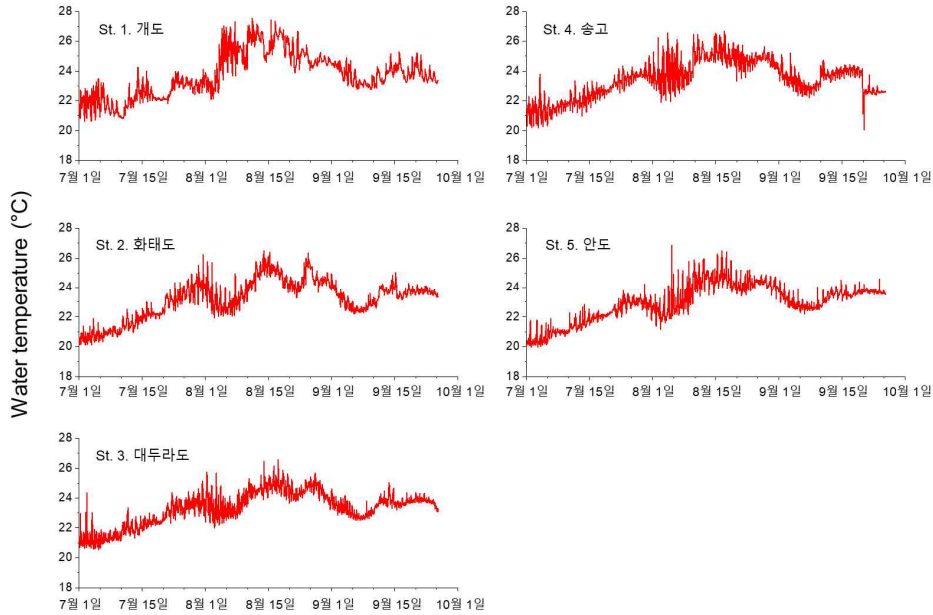


그림 122. 2019년 여수(고흥) 해역 고정 정점 수온 변화

- 2019년 8월 19일까지 모든 정점에서 규조류가 우점하였으며, 주요 우점종은 *Chaetoceros* spp., *Pseudo-nitzschia* spp.로 관찰되었음. 특이적으로 7월 14일은 정점 1 개도와 정점 4 송고에서 *Navicula* spp. 등의 benthic panate diatom이 우점하였으며, 정점 5 안도에서 유일하게 유해적조 원인생물인 *Scrippsiella trochoidea*, *Alexandrium affine* 등 와편모조류가 일정한 높은 비율로 출현하였음. 수온이 25°C 이상으로 상승한 8월 13일부터 정점 1-3에서 와편모조류의 비율이 점차 높게 관찰되기 시작하였으며, 8월 19일 같은 정점에서 적조생물인 *C. polykrikoides*의 유영세포가 5-8 cells/mL의 밀도로 관찰되었음. 8월 23일 정점 2 화태도에서 유해 적조생물인 *C. polykrikoides*가 141 cells/mL로 관찰되어, 국립수산과학원의 적조주의보 기준인 100 cell 이상의 세포밀도가 관찰되었음
- 이후 8월 26일 *C. polykrikoides*의 분포는 정점4에서 492 cells/mL로 일정하게 높은 밀도를 유지되었음. 특히 9월 1일 *C. polykrikoides*의 세포밀도는 1,029 cells/mL로 적조경보 수준의 조사 기간 중 가장 높은 밀도가 관찰되었음. 한편, 9월 8일 내측 여수(고흥) 돌산도 양식장 주변의 *C. polykrikoides*의 개체 수는 5 cells/mL 이하로 감소한 경향을 보였고, 이는 *C. polykrikoides*의 적조가 남해안의 동쪽으로 이동하여 상대적으로 낮게 나타난 결과로 판단됨 (국립수산과학원 적조속보)

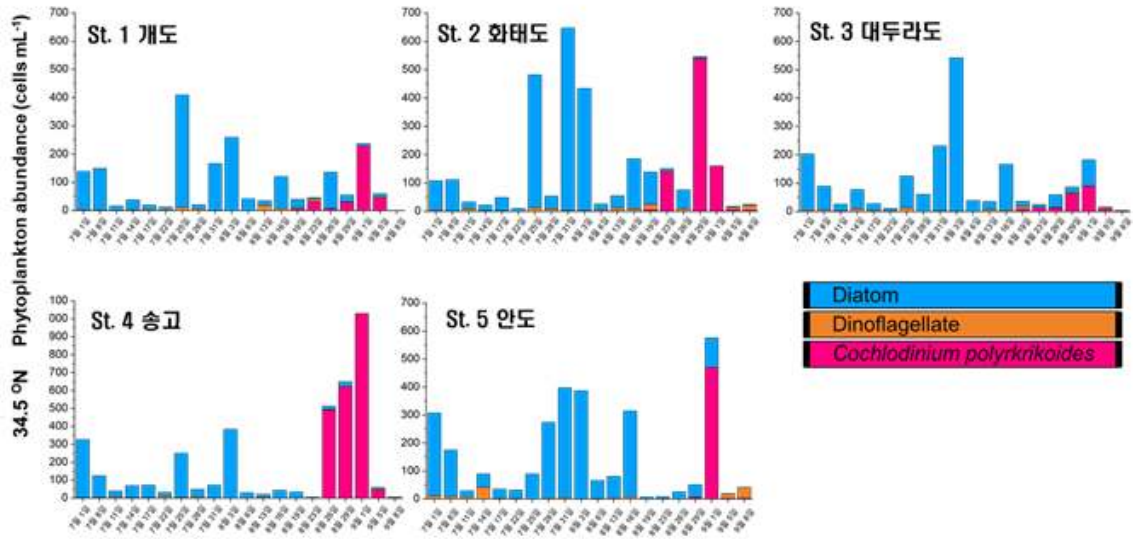


그림 123. 2019년 고정정점의 식물플랑크톤 군집의 변화

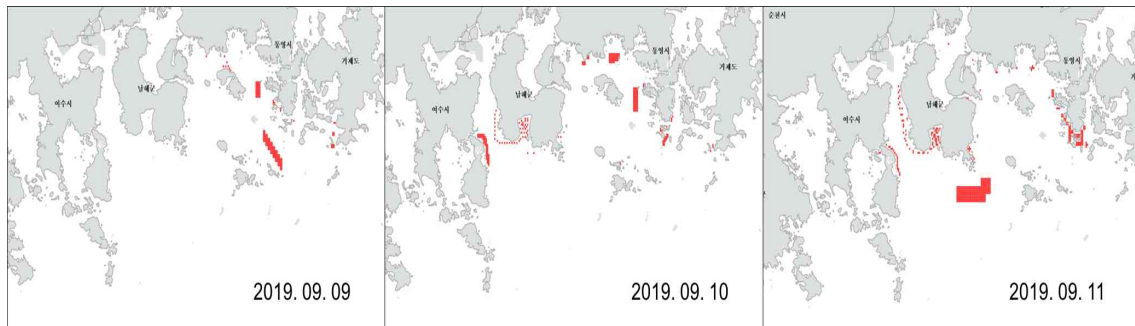


그림 124. 2019년 9월 9일부터 11일까지 *C. polykrikoides* 적조속보

나. 유해적조생물의 실시간 예측정보 보정을 위한 통영/여수(고흥)/거제/해역 광역 모니터링

○ 통영 해역의 광역 모니터링

- 적조 음향 자료, 위성자료, 시간별 예측 모형 등의 정보 보정을 위한 남해/통영/거제해역 광역 모니터링을 보정자료를 확보하기 위하여 72시간 간격으로 통영 및 남해 일부 연안 3 2km x 24 km에서 34개 정점을 선정하여 2017년 8월 11일 조사 진행 후 8월 14일 (72시간 후) 광역조사를 수행하였음. 적조생물 *Cochlodinium polykrikoides* 및 식물플랑크톤 관찰을 위해 현장에서 식물플랑크톤을 채집 후 분석하였음
- 2018년 48시간 남해/통영 연안 32 km x 24 km에서 19개 정점을 선정하여 2018년 8월 6일 조사 진행 후 8월 8일 48시간 후 광역조사를 수행하였음. 적조생물 *Cochlodinium polykrikoides* 및 식물플랑크톤 관찰을 위해 현장에서 식물플랑크톤을 채집 후 분석하였음
- 2019년 48시간 및 24시간 남해/통영 연안 32 km x 24 km에서 21개 정점을 선정하여 2019년 9월 2일 조사 진행 후 9월 4일 48시간 후 광역조사를 수행하였음. 9월 10일~11일, 9월 18일~19일에 같은 정점에서 24시간 조사를 수행하였음. 적조생물 *Cochlodinium*



*polykrikoides* 및 식물플랑크톤 관찰을 위해 현장에서 식물플랑크톤을 채집 후 분석하였음

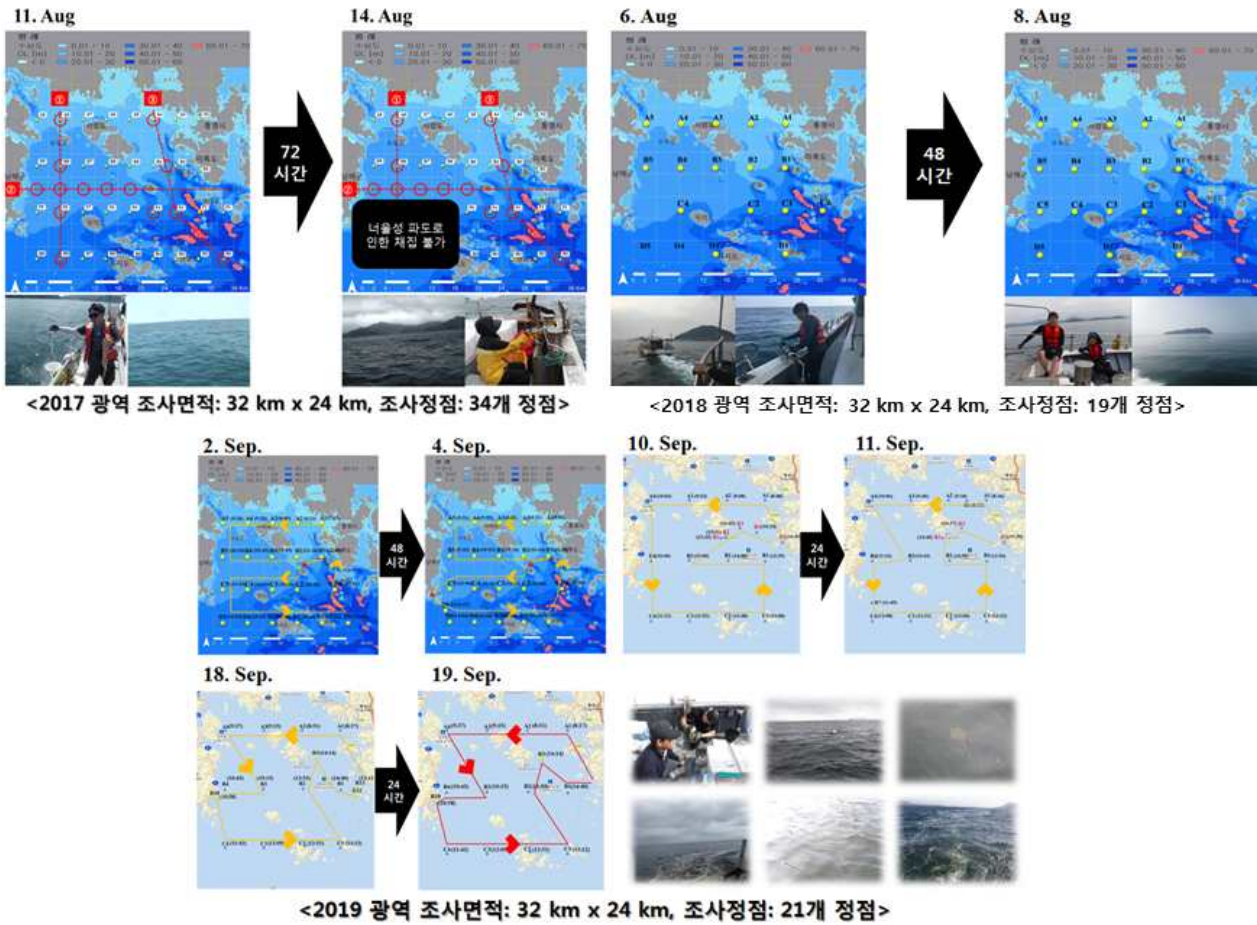


그림 125. 적조 광역조사 조사정점 (2017년: 좌, 2018년: 우, 2019년: 아래)

- 2017년 통영 광역 조사 시 수온은 8월 11일에 27.1~29.2 °C로 평균 (27.9±0.5 °C) 이었고, 8월 14일에는 26.3~27.7 °C로 평균 (27.0±0.4 °C) 이었음. 이는 8월 11일과 14일에 다른 양상을 나타내었는데, 이는 8월 14일 집중강우에 따른 차이라고 판단됨. 염분은 8월 11일에 32.72~34.03 psu로 평균 (33.45±0.28) 이었고, 8월 14일에는 31.92~34.07 psu로 평균 (33.32±0.45) 이었음. 이는 8월 11일과 14일에 다른 양상을 나타내었는데, 이는 8월 14일 집중강우에 따른 차이라고 판단됨

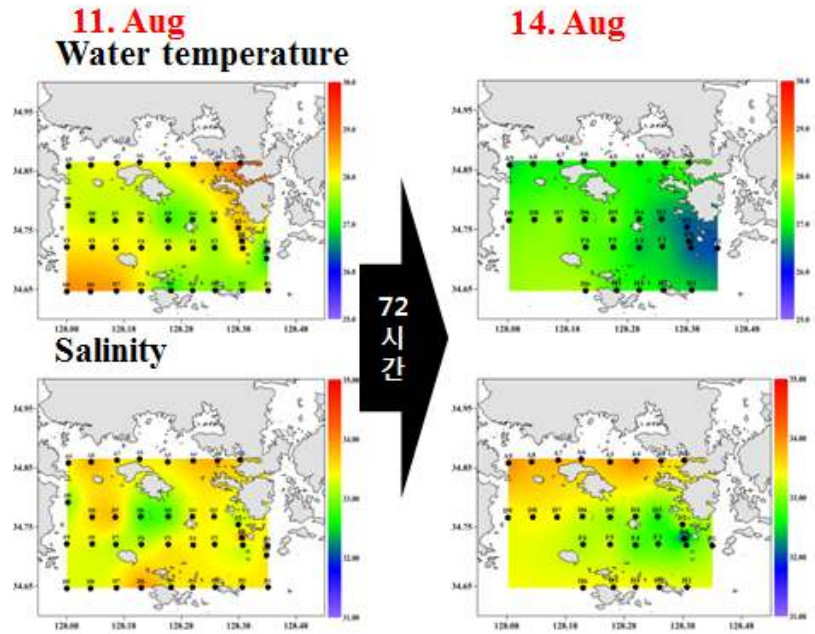
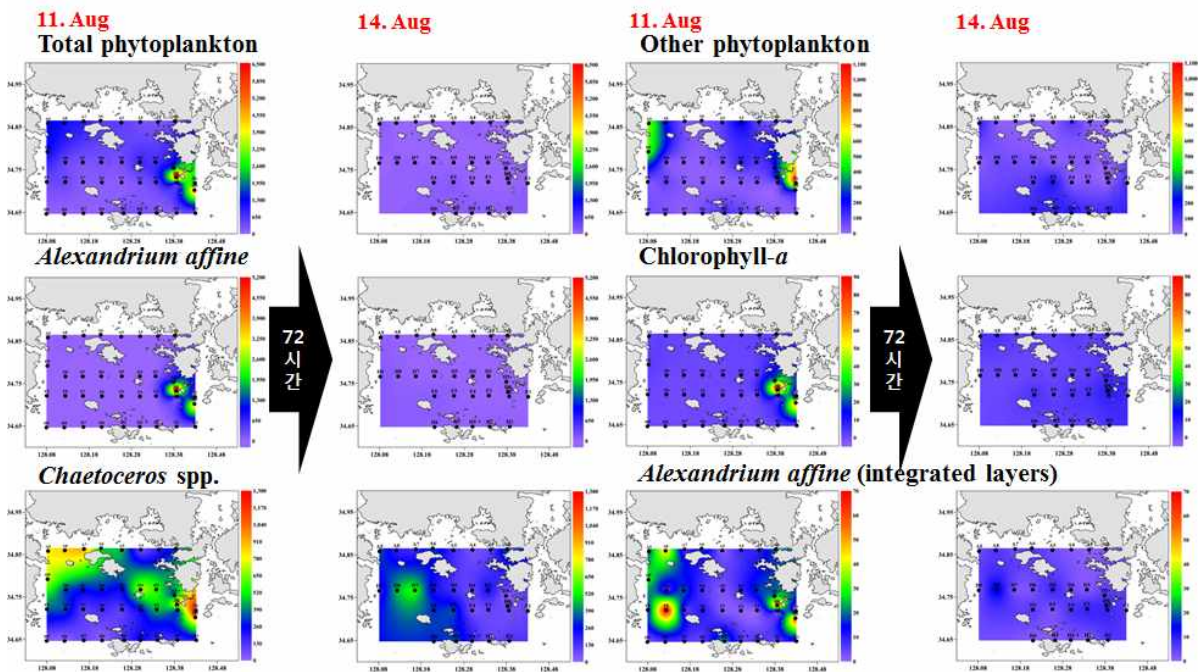


그림 126. 2017년 광역조사 수온 변화

- 2017년 72시간 광역조사에서는 높은 수온으로 대상 적조생물인 *Cochlodinium polykrikoides*은 관찰되지 않았음. 8월 11일 *Alexandrium affine*의 적조가 나타났으며 D0 정점에서 최대 5,460 cells/mL 관찰되어 99 % 이상의 *A. affine*로 심한 단일 적조 양상을 보였으나, 8월 14일에는 집중 강우로 인한 적조생물의 소멸되어 *A. affine*가 관찰되지 않았음



<표층 식물플랑크톤 개체수의 분포 (2017)>

그림 127. 2017년 광역조사 식물플랑크톤 개체 수



- 2017년 용존무기질소는 8월 11일에 3.371~5.505  $\mu\text{g/L}$ 로 평균 ( $4.630\pm 0.523\mu\text{g/L}$ ) 이었고, 8월 14일에는 4.626~11.423  $\mu\text{g/L}$ 로 평균 ( $6.422\pm 1.748\mu\text{g/L}$ ) 이었음. 용존무기인은 8월 11일에 0.008~0.255  $\mu\text{g/L}$ 로 평균 ( $0.058\pm 0.057\mu\text{g/L}$ ) 이었고, 8월 14일에는 0.041~0.491  $\mu\text{g/L}$ 로 평균 ( $0.112\pm 0.097\mu\text{g/L}$ ) 이었음. 용존규소는 8월 11일에 1.339~13.456  $\mu\text{g/L}$ 로 평균 ( $6.112\pm 2.569\mu\text{g/L}$ ) 이었고, 8월 14일에는 3.665~21.011  $\mu\text{g/L}$ 로 평균 ( $6.279\pm 4.297\mu\text{g/L}$ ) 이었음. 이는 8월 11일과 14일에 다른 양상을 나타내었는데, 이는 8월 14일 집중강우에 따른 차이라고 판단됨

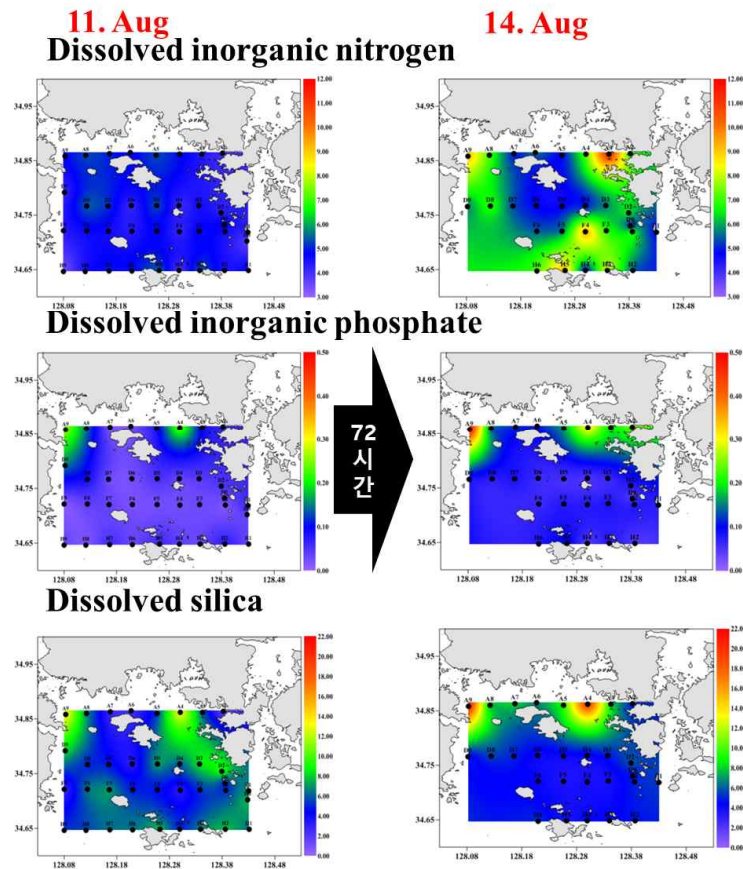


그림 128. 2017년 광역조사 영양염류 변화

- 2018년 48시간 적조생물 확산 예측모델 구현을 위해 통영 연안 광역조사에서는 8월 6일의 식물플랑크톤 개체 수는 44~1,650 cells/mL를 보였으며, 8월 8일 식물플랑크톤 개체 수는 20 ~ 1,856 cells/mL를 보였음. 적조 유발 종인 *Cochlodinium polykrikoides*는 8월 6일에 0~184 cells/mL인 반면 8월 8일에는 0~60 cells/mL를 보였음
- 남해도 동부 해역에서 *Cochlodinium polykrikoides* 관찰되고 광역적인 적조 띠가 발생되었음. 이후 24시간 적조생물 확산 예측모델 구현을 위해 통영 연안 광역조사에서는 적조 띠 및 적조생물이 연안으로 이동하는 것을 확인 할 수 있었음

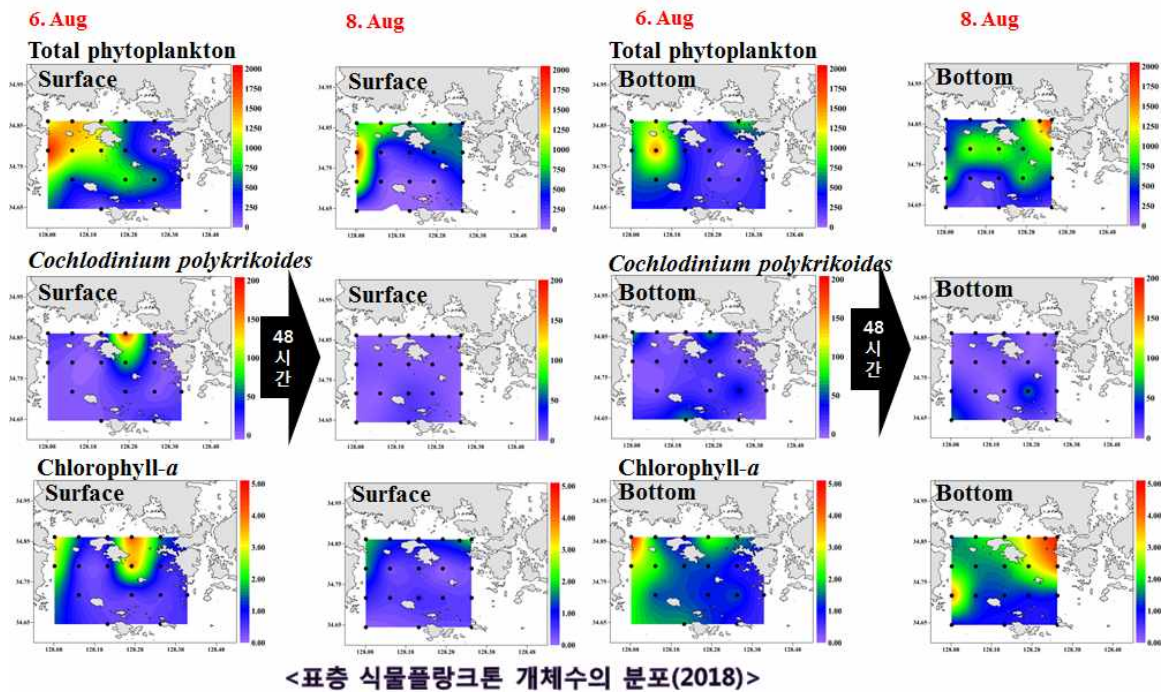


그림 129. 2018년 광역조사 식물플랑크톤 개체 수

- 2019년 수온은 9월 2일에 21.4~24.2 °C로 평균 (22.8±0.8 °C) 이었고, 9월 4일에는 20.6~24.4 °C로 평균 (23.3±0.9 °C) 이었고, 평균 수온은 약 0.5 °C 차이로 약간 증가하였음. 9월 10일에 23.9~25.3 °C로 평균 (24.7±0.4 °C) 이었고, 9월 11일에는 24.4~26.6 °C로 평균 (25.2±0.6 °C) 이었고, 이 때 *Cochlodinium polykrikoides*이 적조가 발생하였음. 9월 18일에 23.4~24.8 °C로 평균 (24.1±0.4 °C) 이었고, 9월 19일에는 23.5~24.3 °C로 평균 (23.9±0.2 °C)로 계속적으로 수온이 20 °C 이상으로 유지됨

### Water temperature

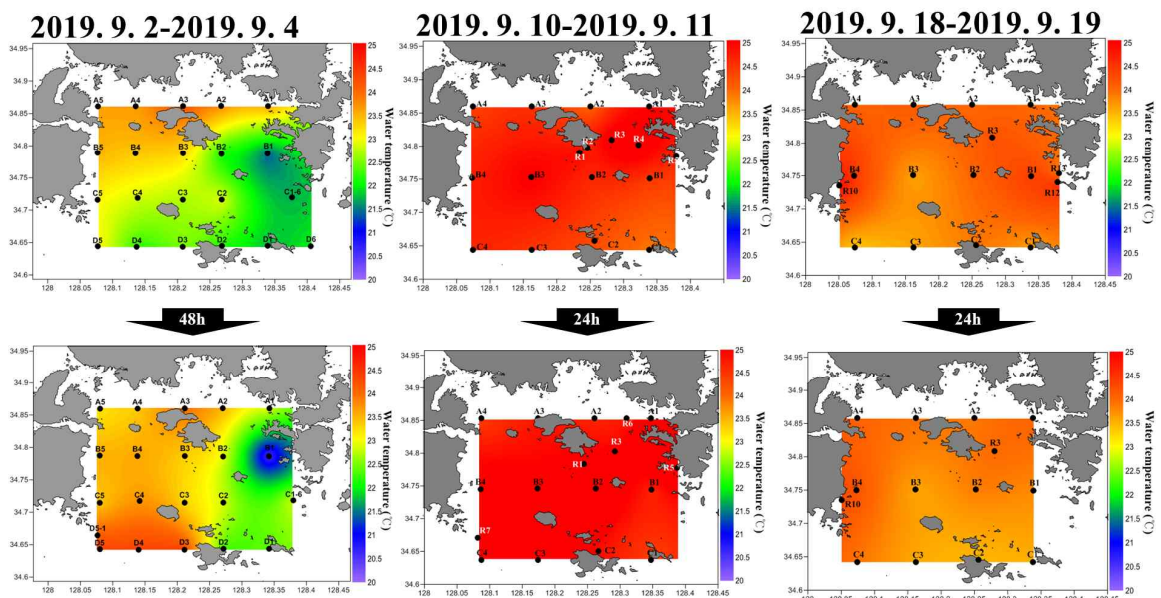
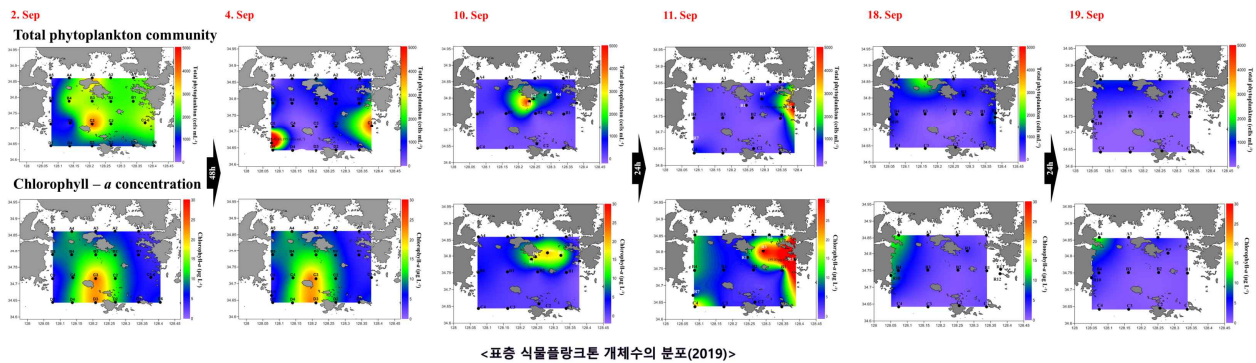


그림 130. 2019년 광역조사 수온 변화

- 2019년 48시간 적조생물 확산 예측모델 구현을 위해 통영 연안 광역조사에서는 9월 2일의 식물플랑크톤 개체 수는 58~361 cells/mL를 보였으며, 9월 4일 식물플랑크톤 개체 수는 4~980 cells/mL를 보였음. 2019년 24시간 적조생물 확산 예측모델 구현을 위해 통영 연안 광역조사에서는 9월 10일의 식물플랑크톤 개체 수는 12~4,942 cells/mL를 보였으며, 9월 11일 식물플랑크톤 개체 수는 20~5,770 cells/mL를 보였음. 2019년 24시간 2차 적조생물 확산 예측모델 구현을 위해 통영 연안 광역조사에서는 9월 18일의 식물플랑크톤 개체 수는 34~2,682 cells/mL를 보였으며, 9월 19일 식물플랑크톤 개체 수는 37~1,196 cells/mL를 보였음. Chlorophyll-*a* 농도는 대체적으로 식물플랑크톤이 높은 지역에서 높은 농도를 나타내었음



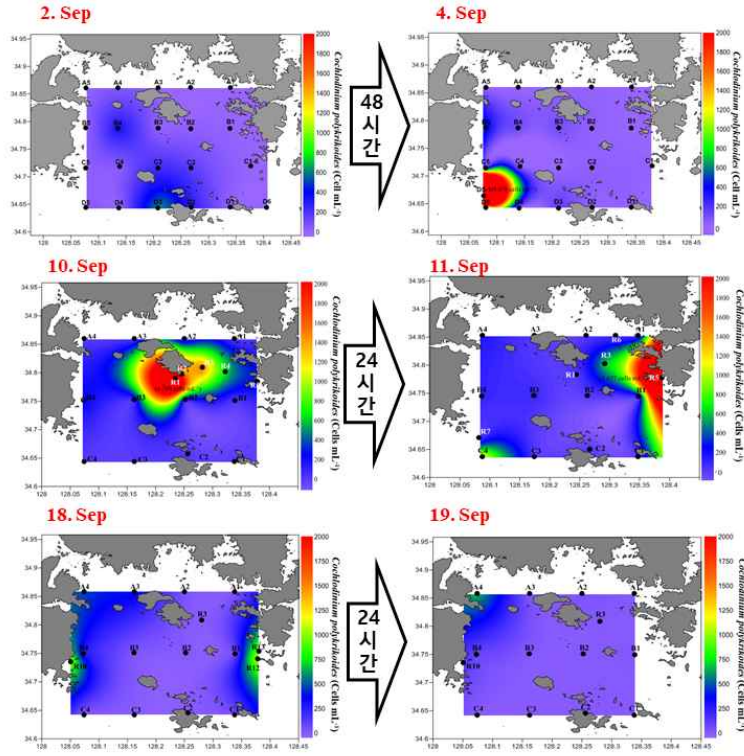
<표층 식물플랑크톤 개체수의 분포(2019)>

그림 131. 2019년 광역조사 식물플랑크톤 개체 수

- 2019년 적조 유발종인 *Cochlodinium polykrikoides*는 9월 2일에 최대 65 cells/mL인 반면 9월 4일에는 959 cells/mL로 증가하였음. 9월 10일에는 적조 유발종인 *C. polykrikoides*는 4,789 cells/mL에서 9월 11일에는 5,677 cells/mL로 계속적으로 증가추세가 유지되었음. 그러나, 9월 18일 *C. polykrikoides*는 1,083 cells/mL에서 9월 19일에는 651 cells/mL로 감소하였음. 적조 유발 종인 *C. polykrikoides*은 남해 동부에서 개체 수가 점차 증가하였고, 시간이 지남에 따라 점차 통영 연안 쪽으로 밀집하는 것을 확인할 수 있었음



## *Cochlodinium polykrikoides*



<적조생물 *Cochlodinium polykrikoides* (2019)>

그림 132. 2019년 광역조사 *Cochlodinium polykrikoides* 분포

- 용존무기질소 및 용존무기인은 적조 발생 시 소모로 인한 감소의 양상은 보이지 않았음. 오히려, 적조 발생 시 상대적으로 농도가 증가하는 양상을 보였음. 이는 적조 *C. polykrikoides*의 extracellular polymeric substances의 분비에 의해 영양염류가 증가하는 양상을 보였다고 판단됨

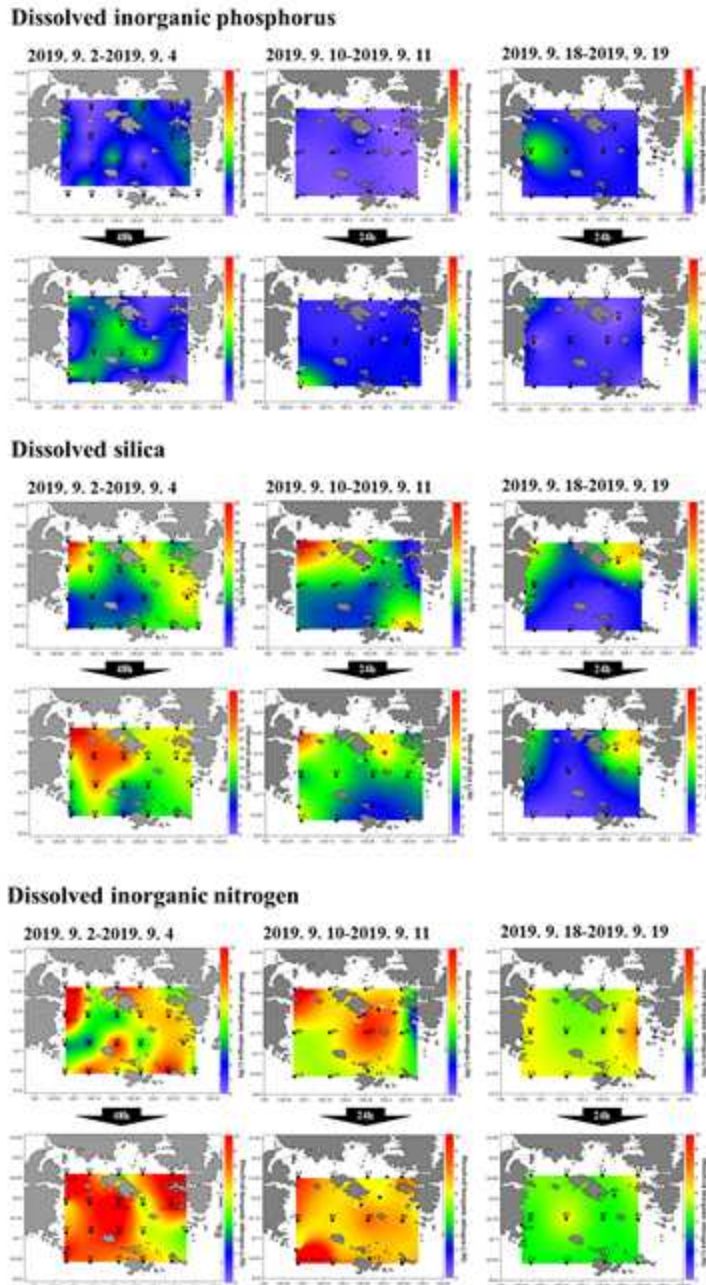


그림 133. 2019년 광역조사 무기 영양염류 분포

- 2019년 광역조사 시 조사시간 (07시~16시)에 따른 변화를 파악하기 위하여 Chlorophyll-*a* 농도의 수직 프로파일링을 조사한 결과, 오전의 관측정점에서 표층보다 저층에 상대적으로 높은 Chlorophyll-*a* 농도를 보였음. 따라서 비록 광역조사시의 시간에 따른 한계점이 있으나, 적조 관측 시에 시간에 따른 고려가 반드시 필요하다고 판단됨

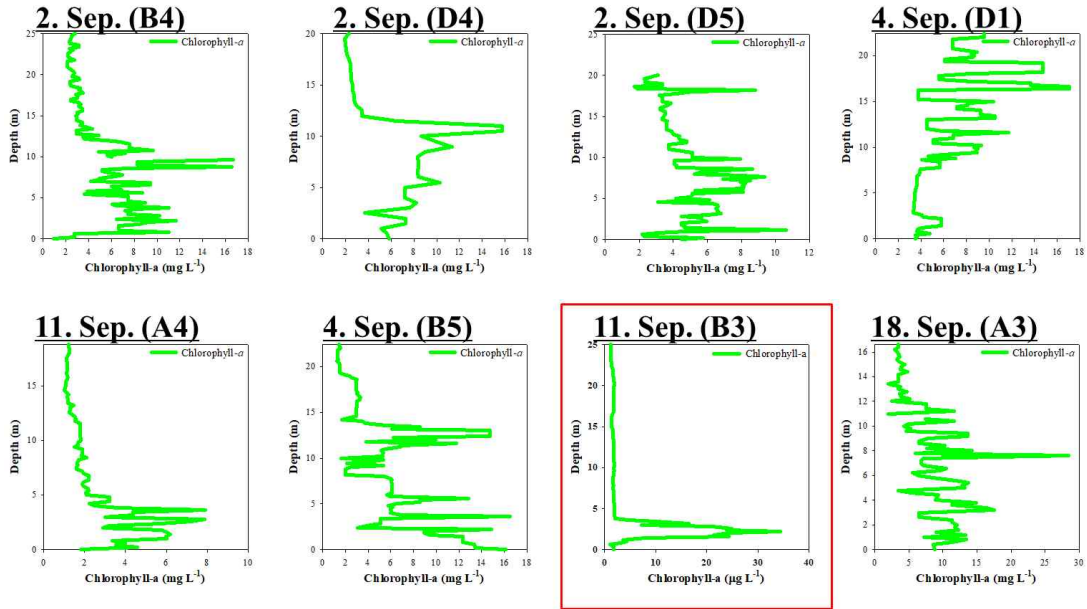


그림 134. 2019년 광역조사 수심별 Chlorophyll-a 변화

○ 여수(고흥) 해역의 광역 모니터링

- 2018년 적조 음향자료 및 위성자료, 72시간 예측모형에 필요한 정보 보정을 위해 남해안 여수(고흥) 해역 광역 정밀 모니터링을 위해 연안 20 km x 15 km에서 22개 정점을 선정하여 8월 6일 (시작) / 8월 8일 (48시간 후) 광역조사를 수행하였음
- 2019년에는 2018년도 기존 광역 조사 정점 22개 및 통영과 연결성을 파악하기 위하여 남해도 12개 정점을 선정하여 9월 2일 (시작) / 9월 4일 (48시간 후) 광역조사를 수행하였음. 시료 분석 방법 및 여수(고흥) 주변의 격자망 정점은 2018년과 동일하게 수행하였음

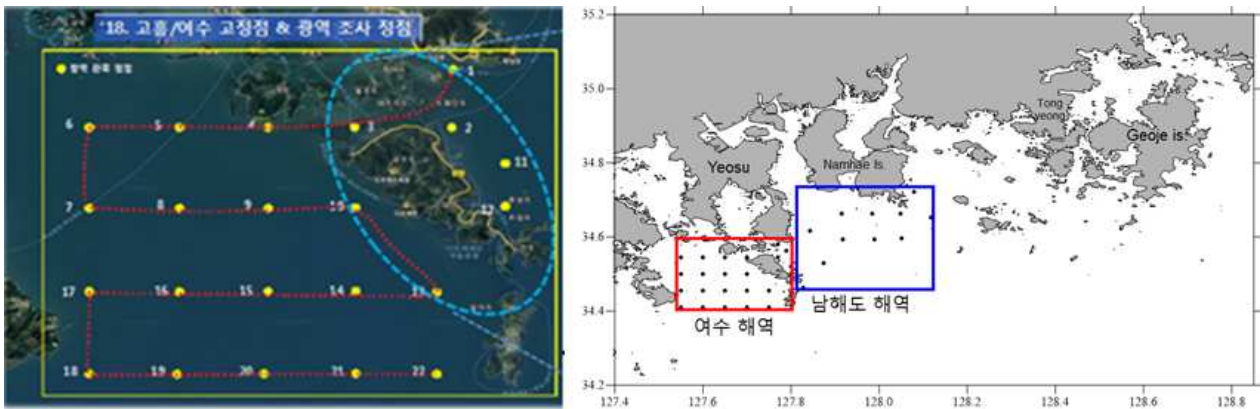


그림 135. 여수(고흥) 해역 광역조사 정점 (2018년: 좌측, 2019년: 우측)

- 2018년 6월 29일 장마전선의 영향으로 남해안 여수(고흥) 해역에서 강우가 140 mm로 기록되었고, 7월 1일 전후로 강우가 빈번하게 관찰되었음. 뿐만 아니라, 2018년 7월 24일 *C. polykrikoides*의 적조가 최초 발생하기 이전 3주 동안 일조량이 극히 높게 관찰되는 특성을 보였다. 이는 2018년 7월 8일 이후 한국 남해안을 포함한 동아시아(위도



30-40°N)에 열돔 현상의 강한 고기압의 영향으로 판단되었음

- 열돔현상으로 인해 지속된 높은 일조량은 7월 중순까지 *C. polykrikoides*의 성장에 긍정적인 영향을 주었지만 열돔현상은 표층수온의 급격한 증가로 30 °C에 이르는 고수온현상을 초래한 것은 그들의 성장에 부정적으로 작용하였을 가능성이 높음. 본 연구팀의 기존 연구결과에 따르면 *C. polykrikoides*은 최적 수온인 25 °C 이상으로 증가하면 성장률의 감소가 관찰되며, 30° C에서는 적응하지 못하는 생리적 특징을 지니고 있다는 것을 파악하였음
- 따라서 열돔현상이 유발한 표층수의 고수온화는 적조발생 해역이 광역화되지 않고 짧은 기간에 소멸하는데 중요하게 영향을 미친 것으로 판단됨

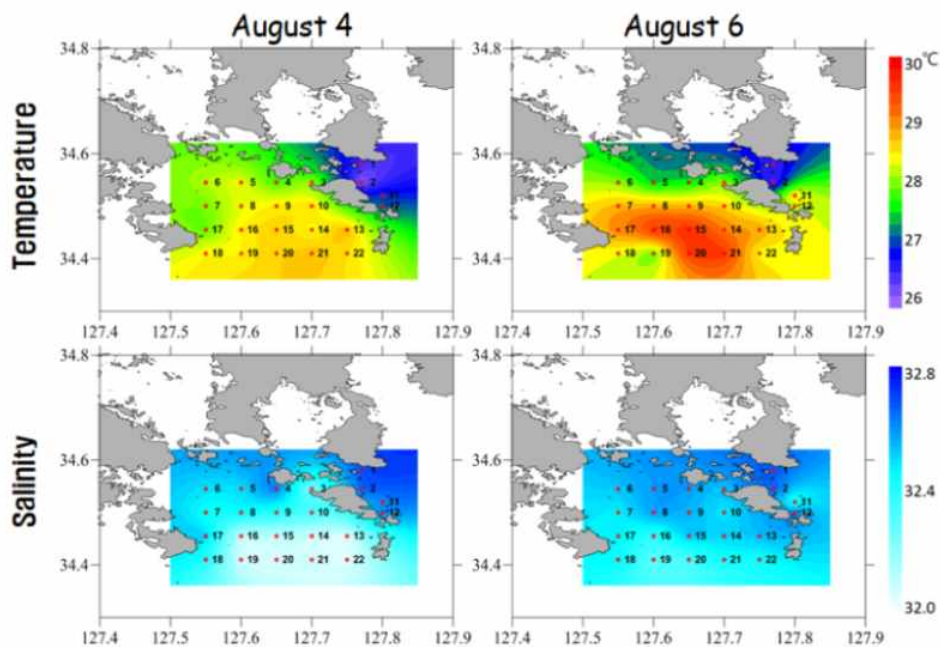


그림 136. 2018년 8월 4일과 6일의 여수(고흥) 해역의 수온과 염분도의 수평분포

- 2018년 8월 4일 *C. polykrikoides* 개체 수는 0.01~448 cells/mL의 범위로 관찰되었고, 8월 6일에는 최대 180 cells/mL로 관찰되어, 일정히 높은 개체 수를 유지하였음. 특히, 8월 4일 정점 8에서 48 cells/mL로 최대 세포밀도가 관찰되었고, 정점 12에서 64 cells/mL로 정점 17에서 44 cells/mL 순으로 비교적 높은 밀도를 보였음. 48시간 경과 후인 8월 6일, *C. polykrikoides*의 개체 수는 정점 13, 15, 17에서 각각 104, 161, 175 cells/mL로, 적조 주의보 (>100 cells/ml) 수준의 관찰되었고, 조사 중 정점으로 이동하는 중 특정 정점부근에서는 적조미가 부분적으로 관찰되었음
- Chlorophyll-a 농도는 8월 4일 정점 12과 17에서 상대적으로 높게 관찰되었음 (2 mg/m<sup>3</sup> 이상). Chlorophyll-a의 농도는 대부분 적조생물 *C. polykrikoides*의 세포밀도가 기여한 것으로 판단됨. 반면 8월 6일에는 정점5에서 높은 Chl.a가 관찰되었고, 이는 또 다른 적조원인 생물인 *Chatonella marina*가 관찰되었음. 외측 해역인 정점 13-18에서의 높은 Chlorophyll-a 농도는 적조생물 *C. polykrikoides*에 의한 것으로 확인되었음

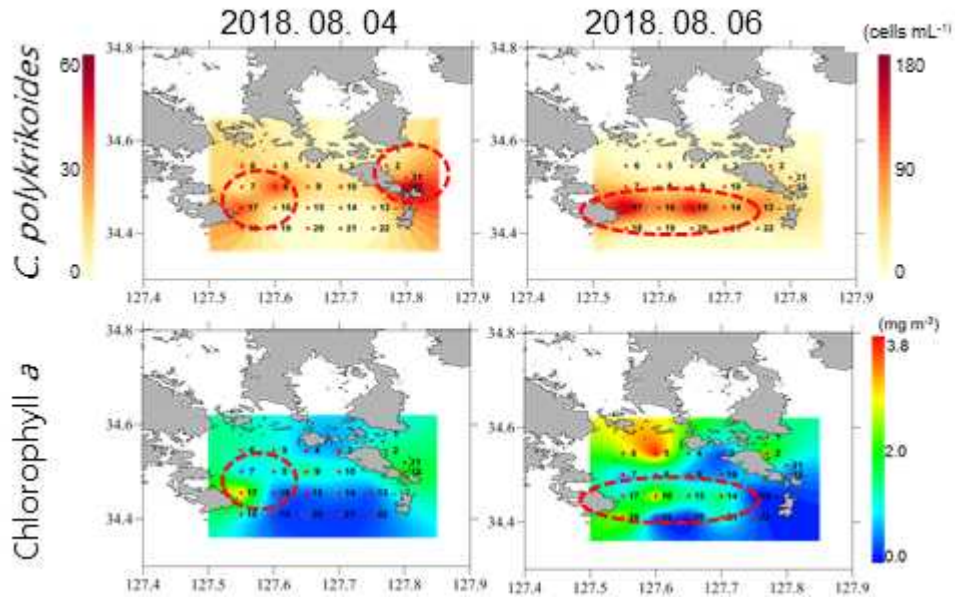


그림 137. 2018년 8월 4일과 8월 6일 여수(고흥) 해역의 *C. polykrikoides*와 Chl.a 분포

- 2018년 각 정점별 식물플랑크톤의 군집조성은 적조생물 *C. polykrikoides*가 극우점하는 양상을 보였음. 특히 8월 4일에는 *C. polykrikoides*가 70-80 % 이상의 점유율을 보였고, 8월 6일에는 일부 정점에서는 *Chattonella marina*가 부분적으로 우점하였음
- 대부분의 의 격자망 정점에서는 *C. polykrikoides*의 개체 수가 높게 나타났고, 점유율이 일부 정점을 제외하면 80 % 수준으로 높게 나타나는 것을 확인하였음

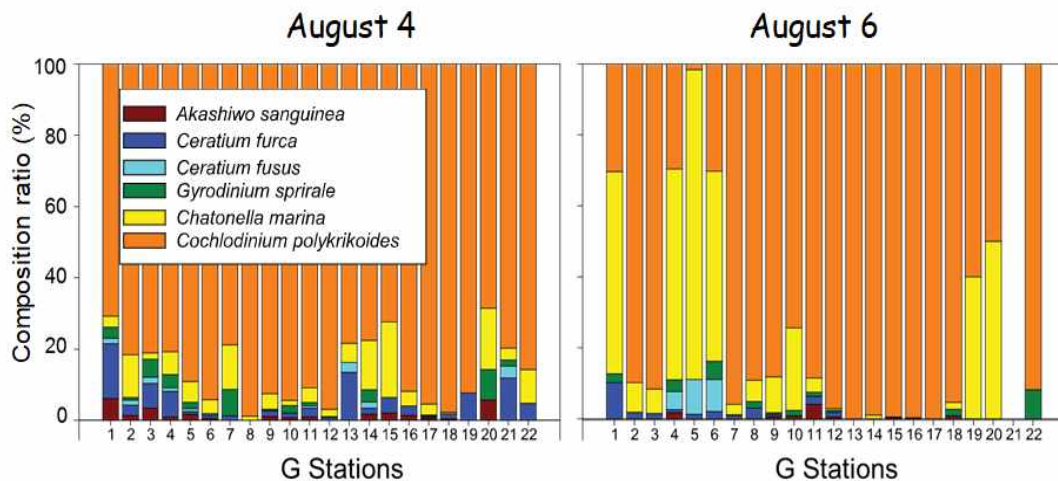


그림 138. 2018년 8월 4일과 6일의 여수(고흥) 해역의 식물플랑크톤 군집조성

- 2018년 표층수의 수온 및 염분의 분포는 8월 4일과 6일 공통적으로 외측 해역에서 높은 경향을 보였으며, 평균 수온은 2018년 8월 4일 28.1 °C 에서 48시간 경과 후 28.5 °C 로 소폭 상승하였음. 특히 대부분의 여수(고흥)의 격자망 정점에서 29~30 °C 에 달하는 고수온이 관측되는 특이적 양상을 확인하였음. 반면, 8월 4일과 6일 공통적으로 돌산도 주변 정점에서는 낮은 수온이 관찰되었고, 금오도와 돌산도를 통과하는 해협 영향으로

수로를 통과하는 해류가 저층의 상대적은 낮은 수괴의 중 저층수가 혼합되면서 표층 수온이 3-4 °C 정도 낮게 관찰된 것을 확인하였음

- 염분 분포는 8월 4일과 6일 평균 염분이 각각 32.4 psu, 32.5 psu로 특이적 변동특성이 관찰되지 않았음
- 2018년 수온, 염분 및 형광값 (식물플랑크톤의 총 현존량을 대변할 수 있는 값)의 수직 구조를 살펴보면 8월 4일과 6일 공통적으로 표층부 수온은 28~29 °C로 고수온이 관찰되었고, 수심 10~20 m 수층에서는 약 20 °C 전후로 표층부와 확연한 수온차가 관찰되었음
- 이를 통해 수심 10 m층까지 강한 성층이 형성된 것을 파악하였음. 염분의 수직구조는 30 m 수심까지 수층별 큰 차이가 관찰되지 않았으며, 형광 값은 대부분 표층에서 높은 경향을 보였고, 대부분의 높은 형광 값은 *C. polykrikoides*에 의해 기여된 것으로 판단되었음

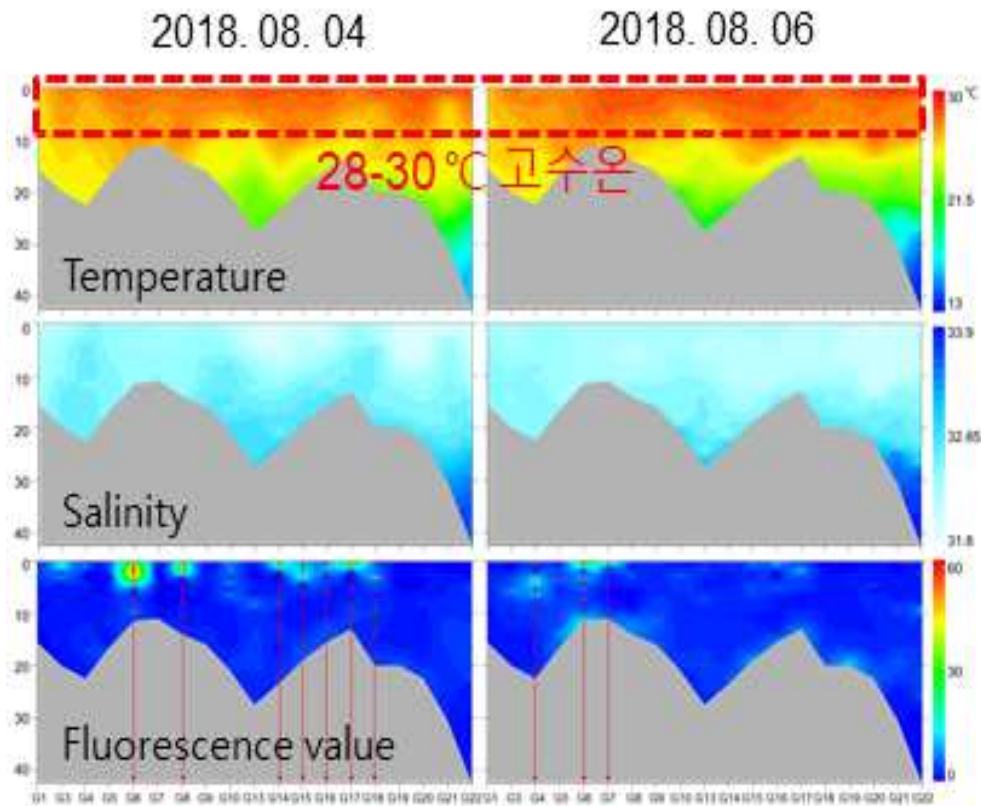


그림 139. 2018년 8월 4일과 6일의 여수(고흥) 해역 수온과 염분도, 형광값의 수직분포

- 2018년 영양염류는 아질산염+질산염과 인산염의 농도는 각각 0.16~0.84  $\mu\text{M}$ , 0.02~0.3  $\mu\text{M}$ 의 범위로 매우 낮은 값을 보였음
- 반면, 규산염은 4.5~17  $\mu\text{M}$ 의 범위로 높은 농도분포를 보였으며, 수평적 분포에서도 내측 해역이 외측해역과 비교하여 상대적으로 높은 경향을 보였음
- 높은 규산염 농도는 규조류의 성장을 촉진하는 역할을 하지만, 아질산염+질산염의 절대

농도가 매우 낮아 제한 영양염으로 작용하여, 규조류가 우점할 수 없는 환경이 조성되었다고 판단됨

- 따라서 상대적으로 규조류의 경쟁생물이 출현이 낮게 나타난 시기에 와편모조류인 적조 생물 *C. polykrikoides*은 그들 고유의 주야 연직 이동능력 효과적으로 발휘하여, 밤에는 저층에서 영양염류를 흡수하고, 낮에는 표층으로 이동하여 광합성을 하면서 빠르게 성장하여 특정해역에서 극 우점하는 양상을 확인하였음

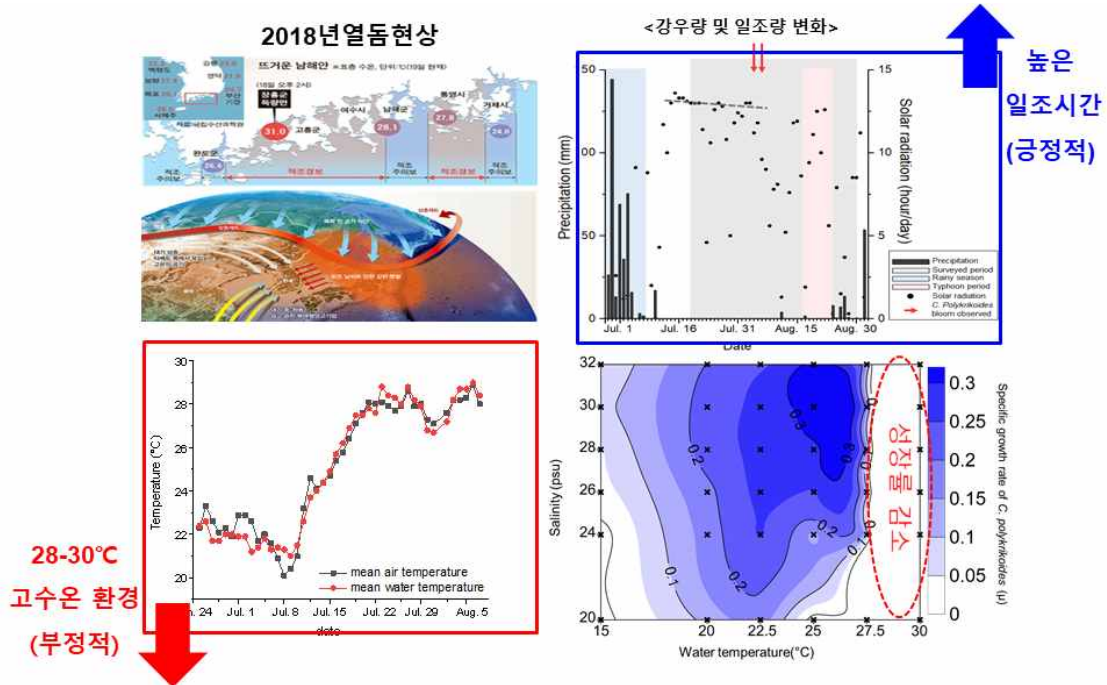


그림 140. 2018년 발생한 열돔현상 및 강우 및 일조량, 수온 변화, *C. polykrikoides*의 성장률

- 2019년 9월 2일 23 °C 전후의 표층 수온분포를 보였으며, 돌산도 주변해역에서 2 °C 정도 낮은 저수온 수괴가 관찰되었고, 남해도 해역의 외측에서 24 °C 이상의 상대적으로 높은 수온이 관찰되었음
- 표층 염분은 9월 2일 내측에서 31 psu 이하의 상대적으로 낮은 염분이 관찰되었고, 이와 반대로 4일에는 외측에서 낮은 염분이 관찰되었음. 이는 9월 2일 평균 49 mm를 기록한 강우의 영향으로 내만에서 약 30 psu의 낮은 염분이 관찰되었고, 이후 4일에는 해류의 흐름에 의해 저염분 수괴가 외측으로 이동한 것으로 판단됨



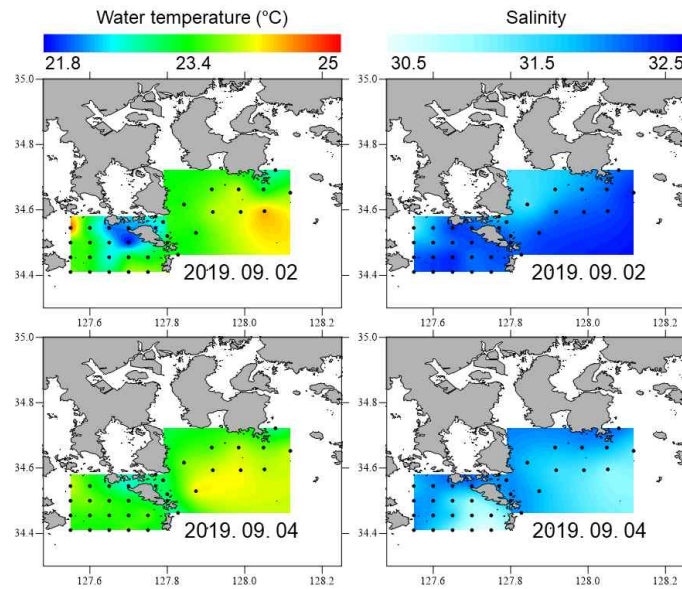


그림 141. 2019년, 남해도 해역 광역조사 표층 수온(왼쪽), 염분(오른쪽)

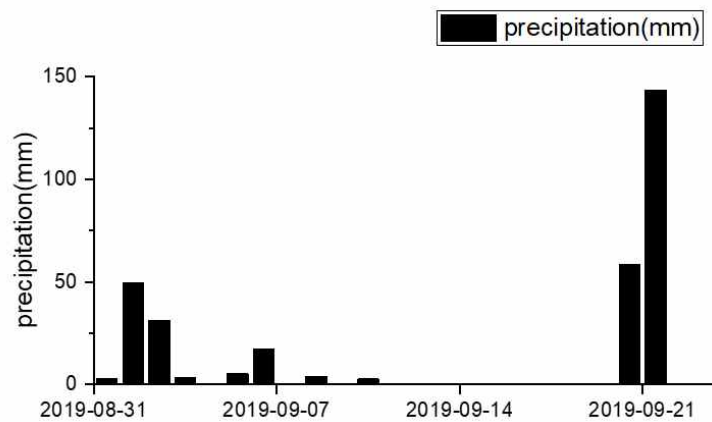


그림 142. 2019년 9월 남해안(통영, 남해도, 여수) 일평균 강우량

- 2019년 9월 2일 엽록소 농도의 수평분포는 돌산도의 동쪽 연안과 여수해역의 중앙부와 외측에서 30  $\mu\text{g/L}$  이상의 높은 엽록소 농도가 관찰되었음
- 9월 4일 엽록소 농도는 여수해역의 서쪽에서 조사 시기 중 가장 높은 75  $\mu\text{g/L}$ 의 값이 관찰되었고, 돌산도 동쪽에서 30  $\mu\text{g/L}$  이상의 높은 농도의 엽록소가 관찰되었음
- 9월 2일 적조생물인 *C. polykrikoides*의 수평 분포는 엽록소가 높은 여수 해역의 중앙부와 외측, 돌산도의 동쪽 연안에서 높게 나타났으며, 30  $\mu\text{g/L}$  이상의 높은 엽록소 농도가 나타난 정점에서는 1,000 cells/mL의 이상의 높은 개체 수를 보였음
- 9월 4일 *C. polykrikoides*의 수평분포는 48시간 전과 마찬가지로 엽록소가 높은 해역에서 높게 나타났으며, 75  $\mu\text{g/L}$ 의 최대 엽록소 농도가 관찰된 정점에서는 4,350 cells/mL의 매우 높은 개체 수를 보였음



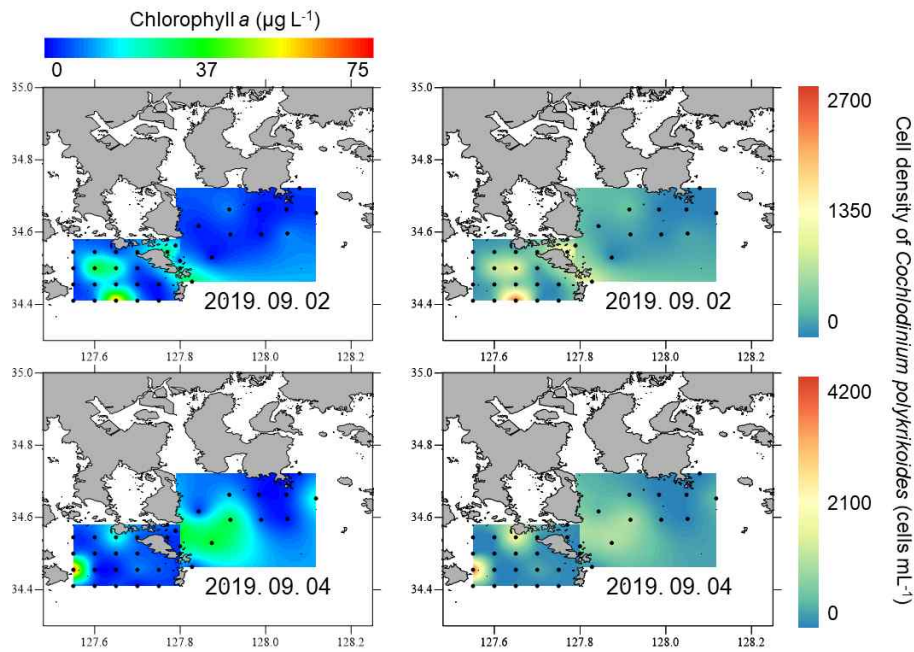


그림 143. 2019년 여수(고흥), 남해도 해역 광역조사 염록소 농도(왼쪽), *C. polykrikoides* 개체 수(오른쪽)

- 2019년 영양염 중 아질산염+질산염의 분포는 9월 2일과 4일 모두 돌산도 인접한 좁은 해역에서 3 µM 이상의 높은 농도가 관찰되었고, 이외의 해역에서는 전반적으로 1 µM 이하의 낮은 농도를 보였음
- 암모니아의 농도는 9월 2일 전반적으로 1 µM 이하의 낮은 경향을 보였고, 이후 9월 4일은 돌산도 인접한 좁은 해역에서 2 µM 이상으로 증가하는 양상을 보였음

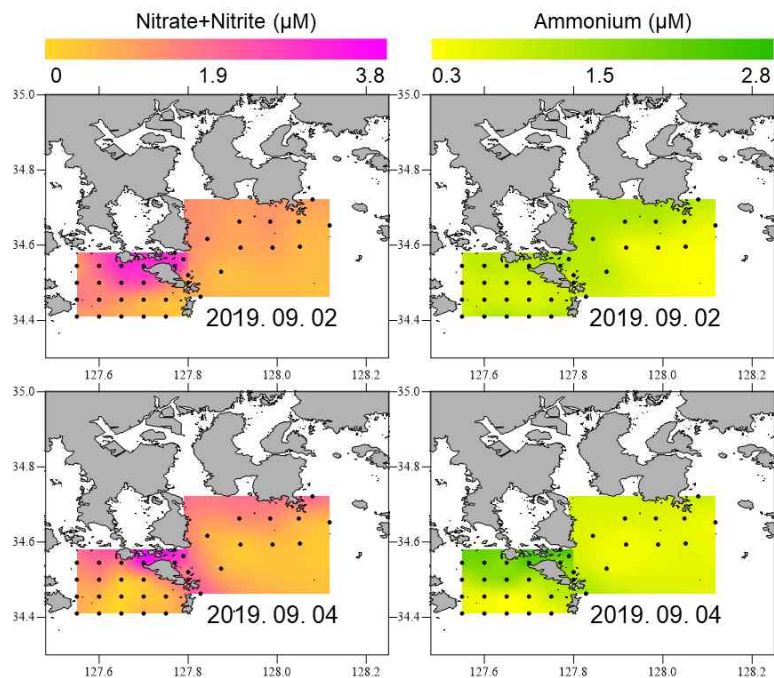


그림 144. 2019년 여수(고흥), 남해도 해역 광역조사 표층수의 아질산+질산염 농도(왼쪽)와 암모니아 농도(오른쪽)

- 2019년 인산염의 수평분포는 9월 2일과 4일 공통적으로 남해도 남쪽 해역에서 상대적으로 높은 2  $\mu\text{M}$  전후의 농도가 관찰되었고, 특이적으로 9월 2일 2,000 cells/mL 이상의 *C. polykrikoides* 적조가 발생한 해역에서 2.6  $\mu\text{M}$ 의 높은 농도가 관찰되어, 조사기간 동안의 *C. polykrikoides* 적조와 인산염 농도와의 상관성은 유의하게 관찰되지 않았음
- 규산염의 수평분포는 아질산염+질산염 농도의 수평분포와 매우 유사하게 돌산도 인접해역에서 높게 나타나며 (최대농도: 14.2  $\mu\text{M}$ ), 내측 해역의 농도가 외측에 비해 상대적으로 높게 나타나는 경향을 보였고, 최소값이 4  $\mu\text{M}$  이상으로 나타나 규산염에 의한 영양염 제한이 관찰되지 않았을 것으로 판단되었음
- 저층수의 영양염류는 표층에 비해 아질산염+질산염의 농도는 평균 5  $\mu\text{M}$  전후, 인산염은 1  $\mu\text{M}$ , 암모니아 1  $\mu\text{M}$ , 규산염은 16  $\mu\text{M}$  이상으로 표층수에 비해 상당히 높은 경향을 보였음

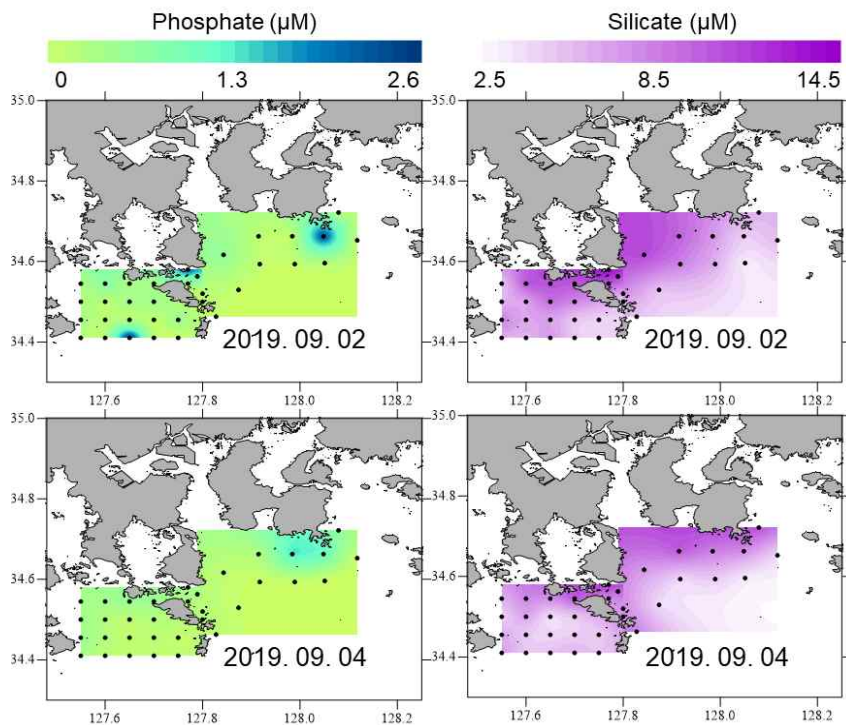


그림 145. 2019년 여수(고흥), 남해도 해역 광역조사 표층수의 인산염 농도(왼쪽)와 규산염 농도(오른쪽)

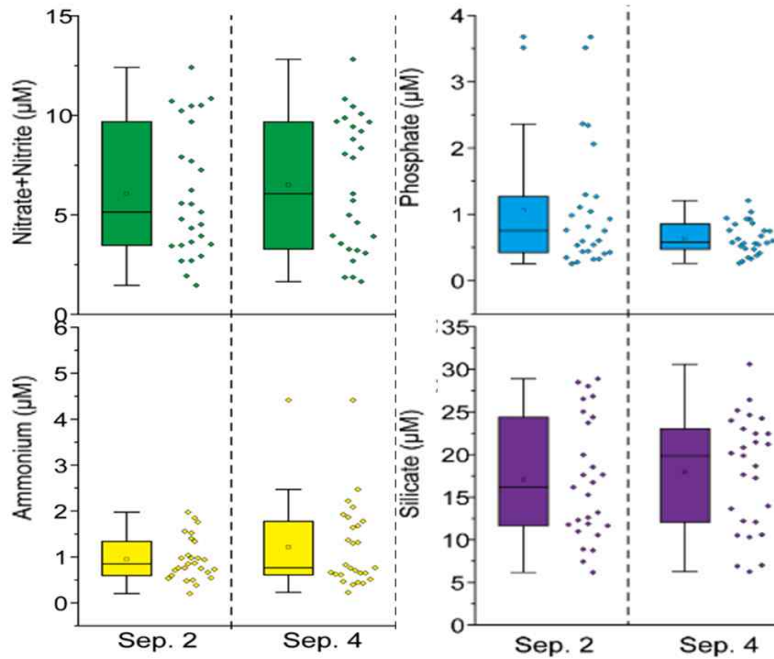


그림 146. 2019년 여수(고흥), 남해도 해역 광역조사 저층수의 영양염류 boxplot

- 2019년 여수(고흥), 남해도 해역의 광역조사 이후 *C. polykrikoides* 적조는 해역에서 동쪽인 남해도, 통영 해역으로 점차 이동하였으며, 이후 점점 적조의 규모가 확장되었음
- 9월 7일 한국 서해안을 관통하여 북상한 태풍 ‘링링’ 이후에 *C. polykrikoides* 적조는 소멸되지 않았으며, 태풍 ‘링링’에 의한 남풍계열 바람의 영향으로 *C. polykrikoides* 적조를 남해도 남쪽 연안에 집적되었다고 판단됨
- 9월 23일 한국 남해안을 관통하여 북상한 태풍 ‘타파’에 의한 북풍계열의 바람은 연안에 분포하던 *C. polykrikoides* 적조를 외해로 분산시키는 역할을 하였고, 태풍 ‘타파’ 이후 *C. polykrikoides* 적조는 소멸되었음
- *C. polykrikoides* 적조발생 기간 동안 발생한 두 태풍이 *C. polykrikoides* 적조에 주는 영향은 완전히 다르게 나타났음
- 두 태풍이 발생 기간 동안 남해안의 최대파고는 약 9m, 유의파고는 약 6m로 유사하게 나타났음. 하지만 유의파고가 4 m 이상의 파고가 지속된 시간이 ‘링링’은 12시간, ‘타파’는 25시간으로 ‘타파’가 오랜 시간동안 높은 파고가 영향을 미쳤고, 강수량도 ‘링링’ 기간의 23 mm에 비해 ‘타파’ 기간에 202 mm로 많은 양의 강우를 기록하였음
- 따라서 두 태풍이 *C. polykrikoides* 적조에 미치는 영향을 통해 적조의 물리적 소멸은 지속적인 강한 파고와 강우에 의한 영향이 중요한 역할을 할 수 있음을 시사하고 있음

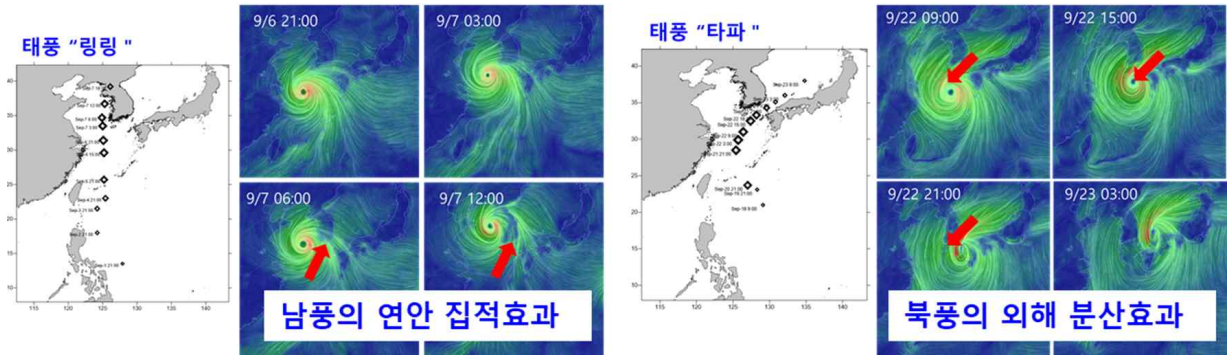


그림 147. *C. polykrikoides* 적조 발생기간에 통과한 태풍 '링링'과 '타파'의 경로 및 바람

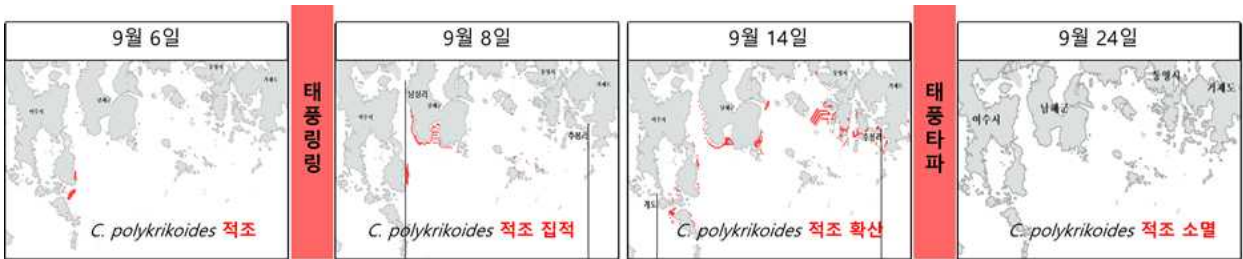


그림 148. 광역조사 이후 *C. polykrikoides* 적조 분포 양상

표 18. 태풍 '링링'과 '타파' 기간의 파고와 강수량 비교

태풍	풍속 (m/s)		최대파고 (m)		유의파고 (m)		평균파고 (m)		강수량 (mm)
	일 최대	일 평균	일 최대	일 평균	일 최대	일 평균	일 최대	일 평균	
링링	14.5	10.7	9.4	6.6	6.5	4.1	4.6	2.9	23
타파	22.7	18.7	9.5	8.1	6.5	5.2	4.6	3.7	202

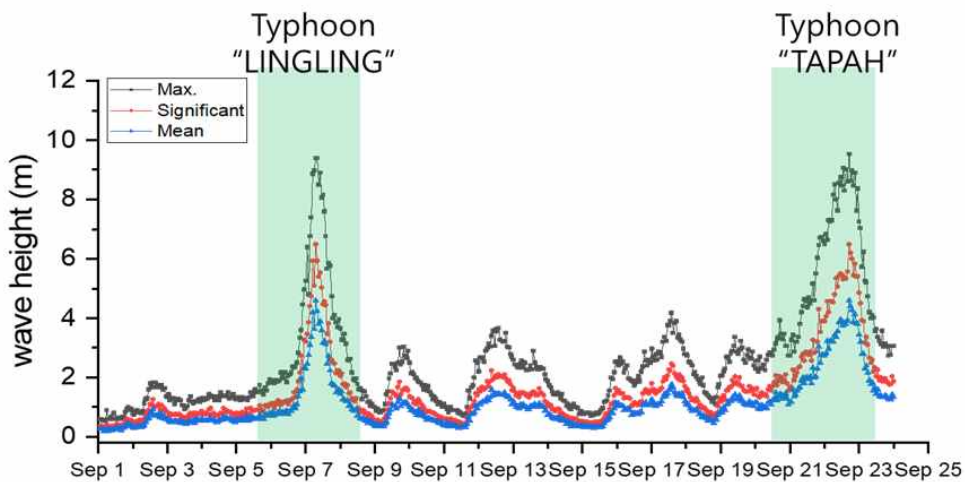


그림 149. 2019년 9월 남해안의 최대, 유의, 평균 파고

○ 거제 해역의 광역 모니터링

- 2019년 48시간 거제 연안 9.0 km x 16.5 km에서 12개 정점을 선정하여 2019년 8월 16일에 거제 광역조사 보정을 위한 테스트 조사를 진행하였음



- 테스트 조사 진행 후 9월 2일~4일에 48시간 후 광역조사를 수행하였고, 9월 18일~19일 같은 정점에서 24시간 조사를 수행하였음. 적조생물 *Cochlodinium polykrikoides* 및 식물플랑크톤 분석을 실시하였음



그림 150. 2019년 거제 광역조사 조사정점

- 2019년 거제 해역의 수온은 9월 2일에 28.7~23.9 °C로 평균 (20.2±1.6 °C) 이었고, 9월 4일에는 20.9~23.6 °C로 평균 (21.9±1.1 °C) 이었고, 평균 수온은 대체적으로 낮고 약 1.7 °C 차이로 대폭 증가하였음. 9월 18일에 23.0~24.3 °C로 평균 (23.5±0.4 °C) 이었고, 9월 19일에는 23.0~23.9 °C로 평균 (23.3±0.3 °C) 이었고, 평균수온은 거의 비슷한 것을 확인하였음

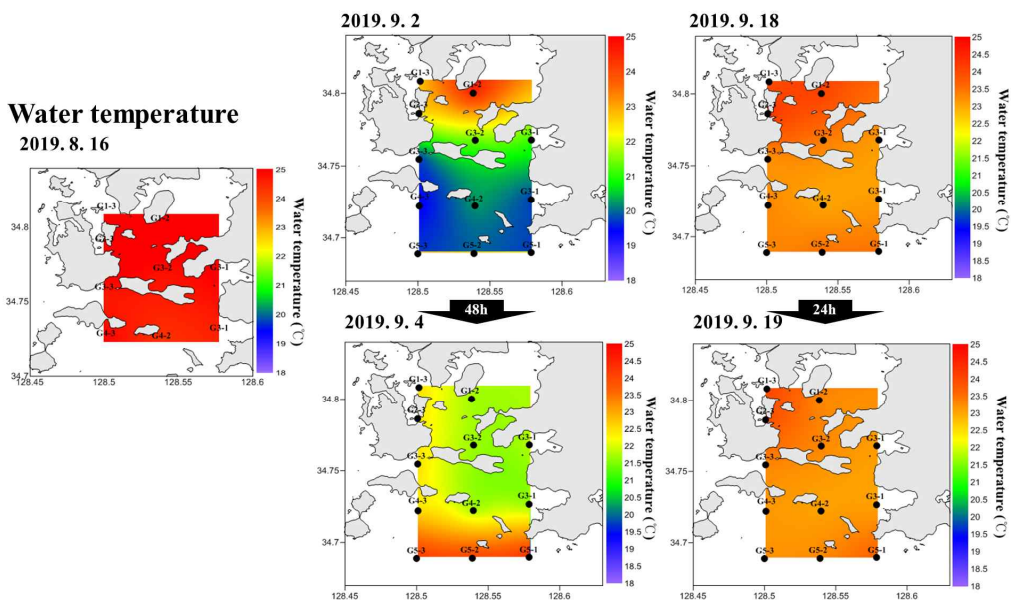


그림 151. 2019년 거제 광역조사 수온 변화

- 2019년 48시간 거제 광역조사에서는 적조 유발 종인 *Cochlodinium polykrikoides*는 9월



2일과 4일에 최대 17 cells/mL로 저 밀도의 적조가 관찰되었음. 그러나 9월 18일에는 적조 유발종인 *C. polykrikoides*는 1,480 cells/mL로 증가하다가 9월 19일에는 최대 333 cells/mL로 감소하는 양상을 보였음. 이는 적조 유발종인 *Cochlodinium polykrikoides*은 시간이 지남에 따라 남해도-통영을 거쳐 거제로 확산되는 것으로 판단됨

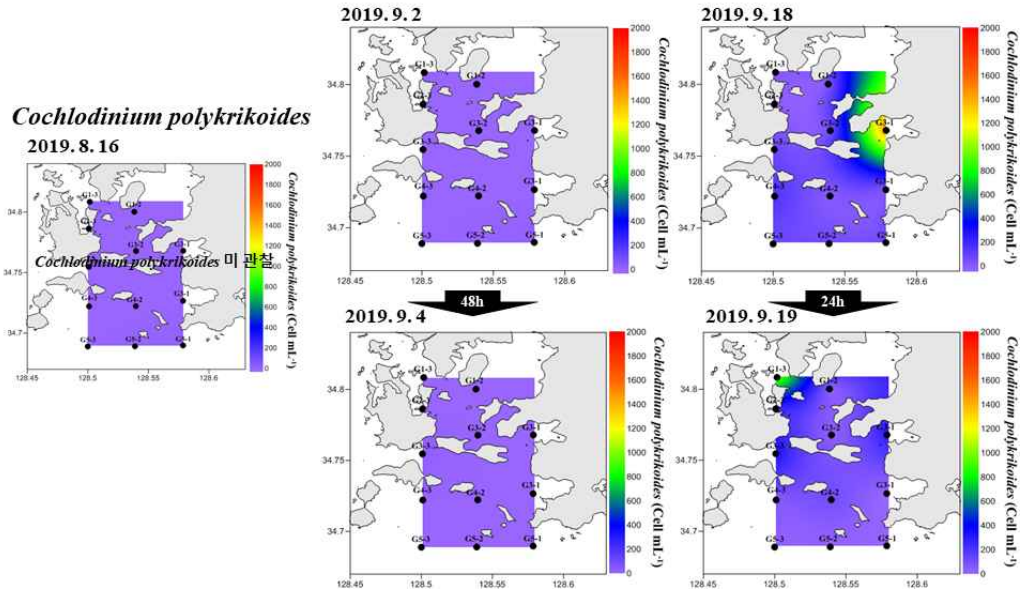


그림 152. 2019년 거제 광역조사 *Cochlodinium polykrikoides* 분포

- 2019년 거제 해역의 용존무기질소는 9월 2일~4일까지 높은 농도를 유지 후, *Cochlodinium polykrikoides*가 관찰 된 9월 18일~19일에는 낮은 농도를 확인하였는데, 이는 적조생물의 증식을 위한 영양염 소비인지 아니면 생태학적 변화인지 심도있는 연구가 필요함. 용존무기인과 용존규소는 9월 2일~19일까지 낮은 농도를 확인하였음

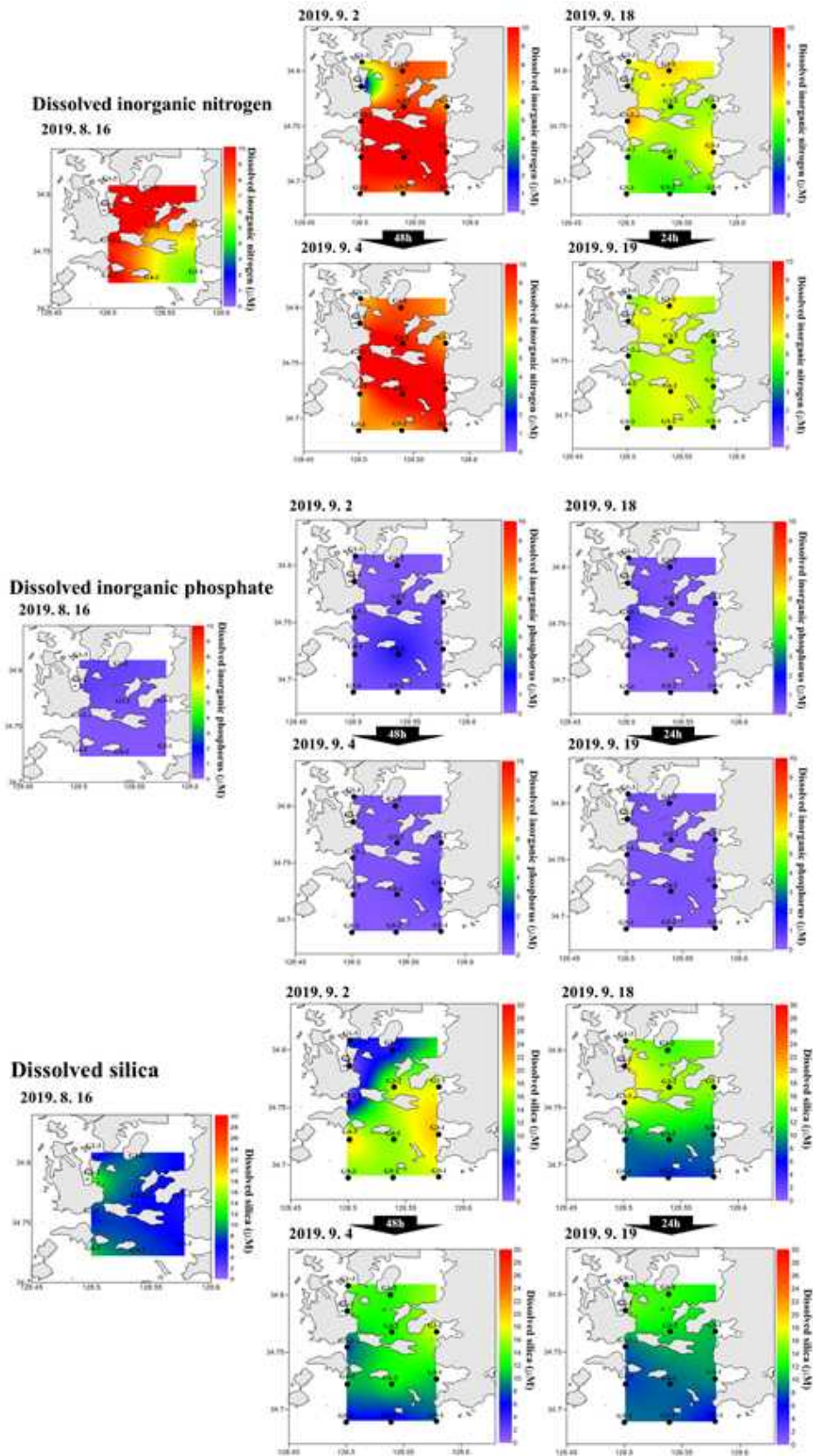


그림 153. 2019년 거제 광역조사 무기영양염류 변화

### 3. 원격 탐사 (RS) 기반 적조 발생 현장 감시

- 통영 해역에서 수행한 선박 현장 조사
  - 2017년 8월, 총 36개 표층 채수 정점, 21개 광학측정 정점
- 측정 항목 : 엽록소, 부유물, 엽록소 흡광, 부유물 흡광, 용존유기물 흡광, 해수 원격반사도
- 사용 장비 : 초분광 분광복사계 (TriOS RAMSES), 채수 및 필터링 장비
- 지상 초분광 카메라 관측을 통한 적조 발생 감지 (통영해상과학기지)
- 총 3개의 센서(해수 광량, 대기복사, 하향 복사회도)를 측정하여 해수 반사도를 추정
- 클로로필 농도 알고리즘(OC3)을 적용하여 해수 반사도를 클로로필 농도로 변환

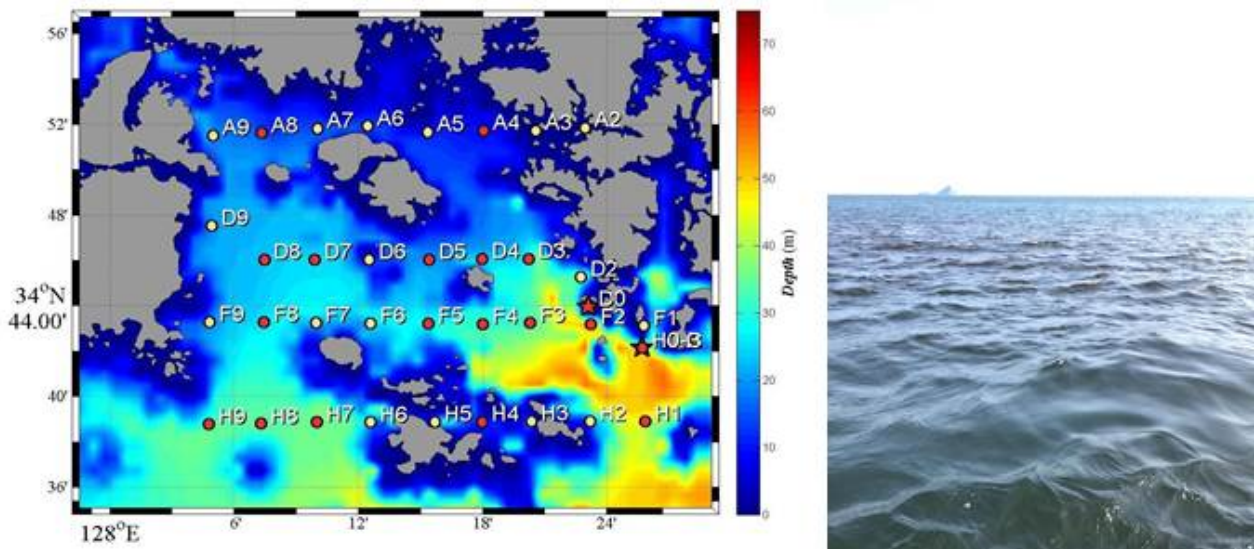


그림 154. 17년 8월 11일 수행한 광학 현장 조사 정점. (좌) 붉은 원 정점은 광학 조사(초분광 센서 운영 및 해수 구성 성분의 흡광측정)가 이루어진 위치, 노란 원 정점은 일반 해수조사(CTD 및 생물 조사) 수행

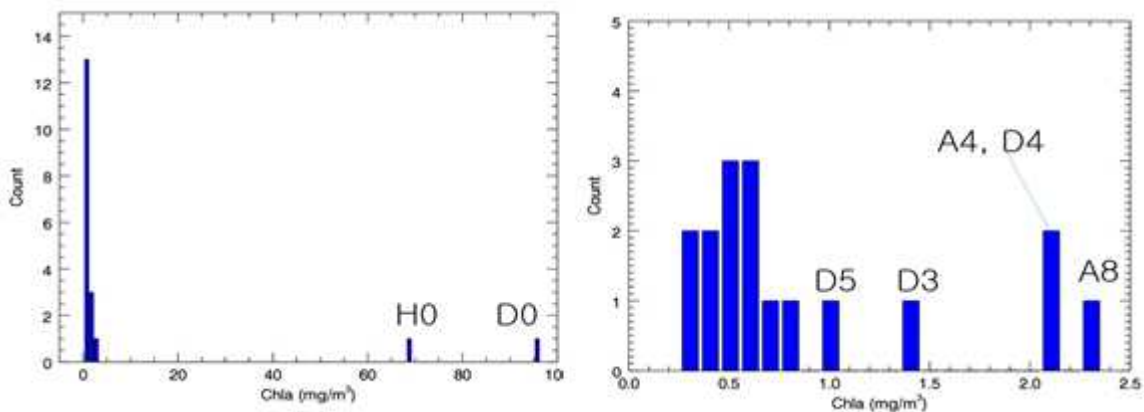


그림 155. 현장조사에서 획득한 엽록소 농도 히스토그램; (좌) 전체 시료, (우) 농도 2.5  $mg/m^3$  이하의 시료



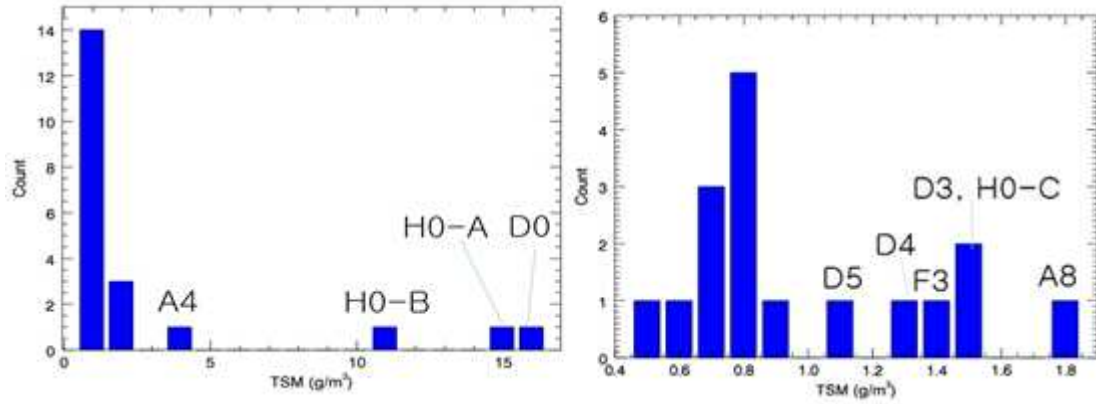


그림 156. 현장조사에서 획득한 부유물 농도 히스토그램; (좌) 전체 시료, (우) 농도  $2.0 \text{ mg/m}^3$  이하의 시료

- 적조가 발생한 정점 H0, D0를 제외한 정점은 주로 엽록소 농도  $2.5 \text{ mg/m}^3$  이하에 그침
- 적조 생물체 역시 일종의 부유물로서 적조 발생 정점 H0, D0에서 총부유물(TSM)이 크게 나옴
- 하지만 정점 H0, D0를 제외한 정점은 주로 농도  $2.0 \text{ mg/m}^3$  이하에 그침

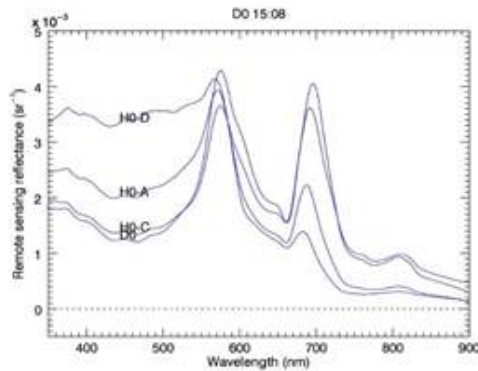
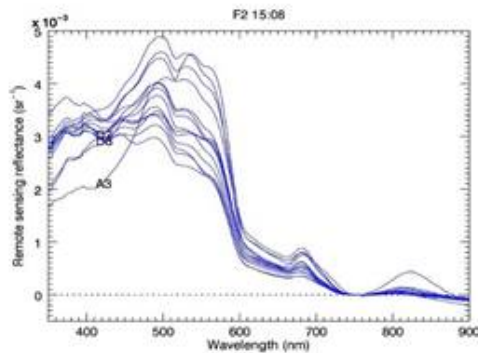


그림 157. 무적조, 적조 해수에 대한 (상) 초분광 해수반사도 스펙트럼과 (하) 해당 천연색 영상

- 규조류에 의한 저농도 엽록소농도를 가지는 해수의 경우,  $500 \text{ nm}$  부근을 최고점으로 하여 단파장 방향( $440 \text{ nm}$ )으로 색소 흡광으로 인한 완만한 감소 곡선이 관측되는 반면,

적조 해수의 경우, 최고점이 550 nm 부근에 나타나고 단파장 방향으로 급격한 반사도 감소가 나타남

- 700 nm 부근의 반사도 역시 큰 차이를 나타내는데, 비적조 해수의 경우 680 nm 부근에서의 형광신호 및 660 nm에서의 흡광으로 인하여 작은 돌출부가 관찰될 수 있음
- 그에 비교하여, 적조 해수의 경우 680 nm 부근에서의 침투값이 550 nm 부근의 최고치에 이를 만큼 발달하여 나타나는 것을 볼 수 있음
- 위성 영상 분석에 사용된 RBR 알고리즘은 기본적으로 490 nm와 680 nm의 반사도 비를 이용하는 기법으로, 적조 농도 정량화에 효과적인 파장대임을 알 수 있음

○ 고정관측소에서의 초분광센서 운영을 통한 적조 탐지

- 남해안 한국해양과학기술원 통영해상과학기지에 초분광센서를 설치하여 적조 발생 관측
- 생물팀이 주기적인 관측한 적조 생물량을 이용하여 적조 종 및 생물량과의 비교 분석 수행
- 적조 해수가 통과하였을 때, 초분광 해수반사도 스펙트럼을 관측
- 적조 해수와 규조류 해수가 각각 다른 스펙트럼을 나타내었으며 이는 생물 분석을 통하여 8월 7~8일에는 적조생물종이, 8월 25일 이후에는 규조류 생물이 발생한 것으로 파악됨
- 8월 7~8일에 적조 패치가 통과하였고, 8월 25일 이후에는 규조류가 발생함



그림 158. 한국해양과학기술원 통영해상과학기지에 설치한 초분광 센서



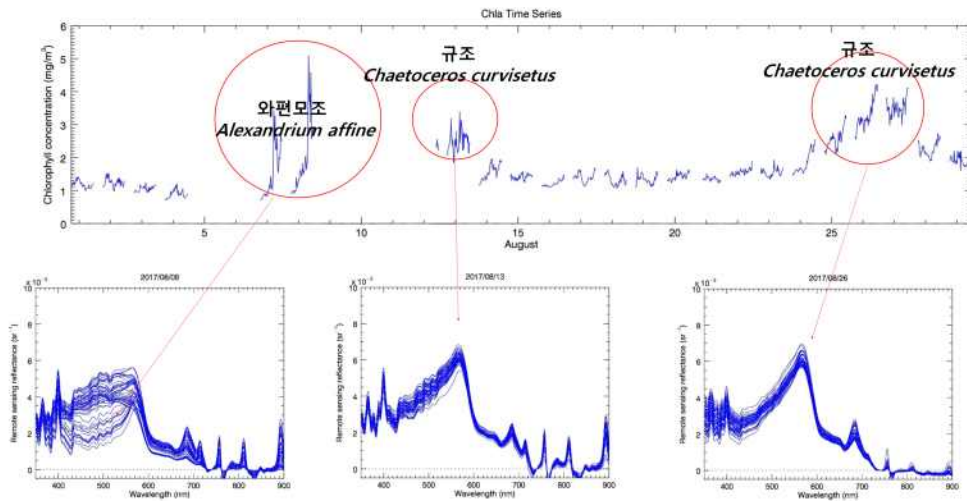


그림 159. 한국해양과학기술원 통영해양과학기지 고정 관측소 초분광센서 관측 값으로부터 유추한 엽록소 농도 시계열 자료

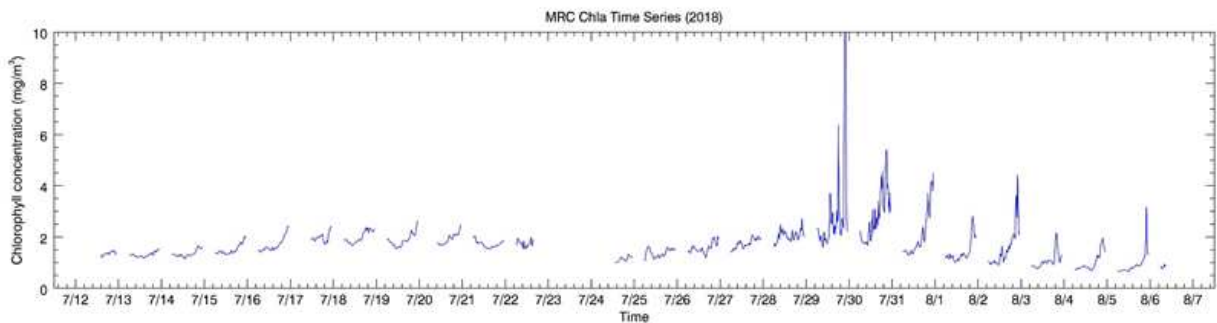


그림 160. 2018년 7월 12일~8월 7일까지 약 한 달간 한국해양과학기술원 통영해양과학기지에서 관측된 TriOS 광학자료를 이용하여 추정된 엽록소 농도 시계열 결과

- 원격탐사(RS) 기반 적조 발생의 현장 적용
  - 1차년도 통영, 2차년도 여수, 3차년도 거제 해역에 대한 GOCI 적조 탐지/정량화 영상 제공
  - 기준과 같이 일 8회, 일합성 영상을 촬영 종료 후 45분 이내에 FTP에 업로드 완료 목표
- 해류 모델 및 생태 모델에 활용 가능하도록 농도 및 적조 유무 정보를 연계하는 모듈 구현

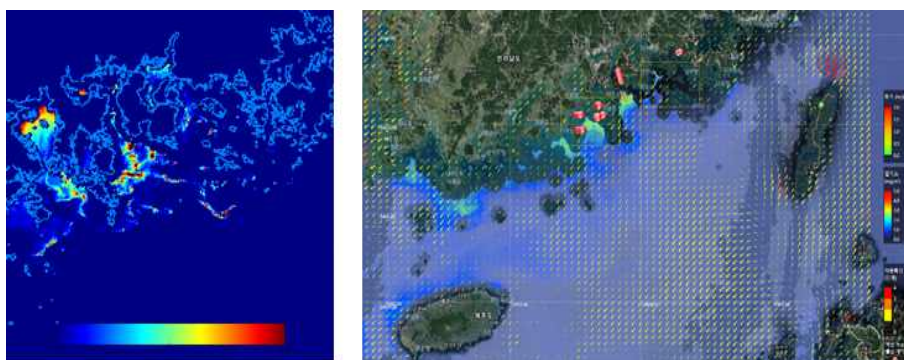


그림 161. 위성 정량화 알고리즘과 남해 광역 위성 클로로필 영상

---

#### 4. 다중모델 앙상블 이동 예측 시스템 구축 및 운용

- 적조 이동 예측은 생물적인 요소가 포함되지만 기본적으로 물리환경에 의존하기 때문에 이동 예측의 정확도는 배경으로 사용하는 기상, 유속 등의 모델 예측 결과에 크게 좌우됨
- 적조 이동 예측 모델은 유동모델의 유속 및 바람 결과로 이동하고 수온 및 일사량에 의해 증감이 결정되기 때문에 정확한 적조 이동예측을 위해서는 정확한 입력 자료가 필요함

##### 가. 남해안 순환 예측 시스템 구축

###### (1) 운용해양예보시스템(KOOS)

- 한국해양과학기술원에서는 2009년부터 “운용해양예보시스템 (KOOS: Korea Operational Oceanographic System) 연구” (Park, 2015)를 수행해오고 있음
- 이 시스템은 해양수산부 연구개발 사업의 일환으로 연안재해, 유류오염, 해난사고, 적조 등의 해양오염 등 해양에서의 긴급한 국가적 현안문제 해결을 위한 해양환경 현황과 예측정보의 생산·제공을 목표로 하고 있음
- 지난 10년간 (2009년 8월~2018년 4월)의 1, 2 단계 연구를 통해 기상외력에서부터 활용 예측까지 체계적으로 연계되는 해양예측시스템을 구축 및 고도화하였고(해양수산부, 2018), 현재는 예측 정확도 향상 등의 예측을 위한 해양예측시스템을 구축하였고, 현재는 예측 정확도 향상 및 성능 고도화를 위한 “해양수치모델링과 지능정보기술을 활용한 해양예측 정확도 향상 연구”가 진행되고 있음
- KOOS에서는 우리나라 인근해에서 바람, 기압, 등의 기상요소를 포함한 최소 300 m 해상도의 파랑, 조석, 조류, 해류, 수온, 염분 등의 현재 상태정보와 72시간 예측 정보를 생산 중에 있음
- 기상 모델의 계산격자는 태풍의 영향을 충분히 고려할 수 있도록 동지나해 남쪽해역까지 포함된 광역격자(20 km 수평 해상도) 및 우리나라 근해를 포함하는 상세격자 (4 km 수평해상도)로 구성되어 있고, 3차원 순환 예측의 경우 고해상도 북서태평양 해양순환 예측 시스템 (KOOS OPEM : Ocean Predictability Experiment for Marine environment)과 Coastal KOOS로 구분함
- 네스팅 기법을 사용하여 광역에서는 4 km, 중간역, 상세역에서는 각각 2 km, 300 m 로 구성되어 있고, 개방 경계 조건에서의 조화상수는 FES2012 (Carrere, 2012) 모델의 결과를 사용하며, 수온, 염분, 해류의 초기조건 및 경계조건으로는 MYOCEAN daily data를 사용함
- KOOS의 기상 예측 결과와 순환 예측 결과는 한국해양과학기술원, 국립해양조사원, 기상청 등의 실시간 관측 자료를 이용하여 모델 성능평가를 수행 중에 있으며, 예측 정확도 현재 80 % 수준임
- 다중 모델 앙상블을 위해서는 여러 기관들에서 운용하는 모델의 해상도가 동일 혹은 더 높은 해상도를 필요로 하나 국내 유관 기관들의 해류 모델 해상도는 목적에 따라 다르게 운용하고 있는 상황임(국립해양조사원: 남해안 전체 1 km 해상도, 목포, 광양, 부산 인근 항만에 대하여 250 - 500 m 해상도, 기상청: 남해안을 동서로 구분하여 500 m 해상도로 운영 중)
- 본 연구에서는 대상 생물이 적조 생물이고 연안 유입을 고려하여 남해 광역은 해상도가 300

---

m, 실증화 구역에서는 150 m의 고해상도 자료를 운용하고자 하였으나 타 기관에서는 본 연구에서 비교 및 적용 가능한 고해상도 다중 모델 앙상블 해류 자료를 남해안 전체에 고해상도 해수유동 예측 시스템을 운영하고 있지 않아 직접적인 자료를 활용하기는 현실적으로 어려웠음

- 본 연구에서는 자료의 해상도, 모델에 사용되는 입력 변수 및 각 기관에서 생성되는 결과의 앙상블 비교를 통해 기존 한국해양과학기술원 운용해양예보시스템(KOOS)의 기상, 해양순환 모델과 연계한 남해안 전체에 대하여 300 m, 여수, 통영 일대에 150 m 급의 적조 확산 예측을 위한 순환예측시스템을 자체적으로 구축하고, 해류 모델 결과의 정확도를 증가하고자 하였음

## (2) 시스템 구축

- 적조의 발생 빈도가 높은 남해안 일대의 영역에서  $1/288^\circ$ 의 해상도를 가지는 격자를 구성하여 수치모델 기반 적조확산예측을 위한 72시간 해상상태 예측 시스템을 구축함
  - 이 시스템은 해양순환, 기상, 조석을 고려하는 예측 시스템으로 수직 격자는 최대 40층으로 이루어져 있고, 포르투갈에서 개발한 MOHID(Cancino and Neves, 1999) 모델을 사용함
  - 기본적으로 Coastal KOOS 와 같은 개념이고, 다만 최종 격자가 전 연안이 아닌 남해안 위주의 격자로 구성되어 있음
  - 남해안 일대로 영역을 축소하고 해상도를 높여서 보다 신속하고 정확한 예측결과를 생산할 수 있도록 하였음
- 적조 확산 예측을 위한 순환예측시스템은 Coastal KOOS의 2 km 해상도의 순환예측 시스템의 결과를 네스팅하여 남해안 전체 영역에 대하여 300 m 해상도의 해양 순환 예측시스템이 구축되었음
  - 수직적으로는 Sigma, Cartesian 격자체계를 동시에 사용하는 hybrid 수직격자체계를 이용하고 최대 40층을 가짐
  - 또한, 좁은 영역의 정확도를 위해 본 연구과제의 관심 해역인 통영, 여수(고흥) 일대에 150 m 급의 해상도로 예측 시스템을 구축하였음
  - 조석 개방경계조건으로는 FES2012, 해양순환 초기 및 경계조건으로는 KOOS-OPEM, 기상 조건으로는 WRF(Skamarock et al., 2008) 모델을 사용함. 이는 Coastal KOOS 와 동일하지만 본 시스템에서는 파랑 요소는 고려하지 않음
- 남해안 300 m 해상도 순환 예측 시스템과 본 과제의 실증화 구역에서는 150 m 해상도로 통영, 여수(고흥) 해역의 영역을 보여줌
  - 각 격자별 격자 수는 남해안 영역의 경우 동서 방향 555개, 남북 방향으로 317개 이고, 여수(고흥) 영역은  $383 \times 233$  개, 통영 영역은  $351 \times 281$  개로 구성되어 있음
  - 수심은 국립해양조사원의 수치해도 및 관측 수심을 사용하였음

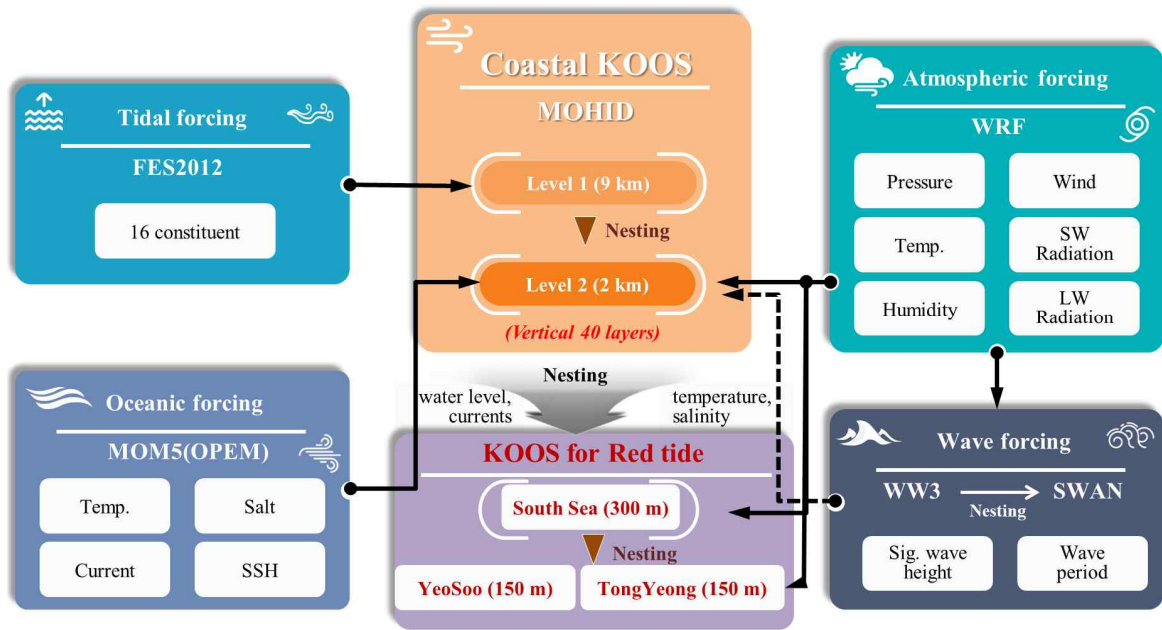


그림 162. 적조이동확산 예측을 위한 순환 예측시스템의 개요도

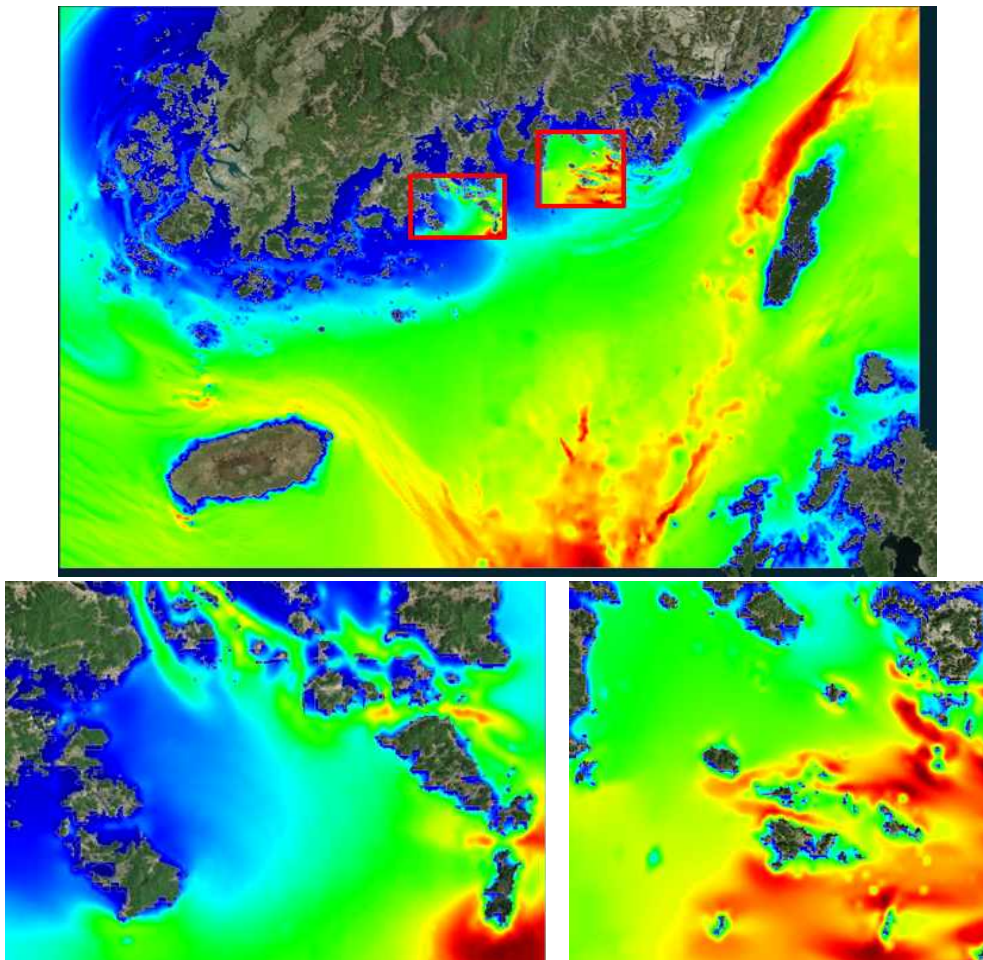


그림 163. 순환예측 시스템의 영역 및 수심도 (위) 남해안, (아래 왼쪽) 여수(고흥), (아래 오른쪽) 통영



(3) 결과 및 자료 공유

- 구축된 예측시스템은 해당영역에서 1일 1회 72시간 예측을 수행하고, 예측 항목은 매 격자 점에서 1시간 간격의 조위, 층별 유속, 수온, 염분 임

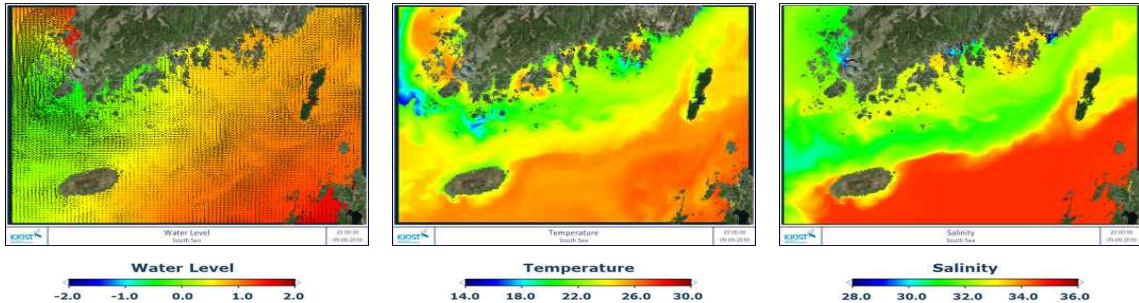


그림 164. 남해안 영역 (300 m 해상도) 순환예측 결과 예, 2018년 8월 9일 20시 (UTC)의 조위, 유속(왼쪽), 수온(가운데), 염분(오른쪽) 결과

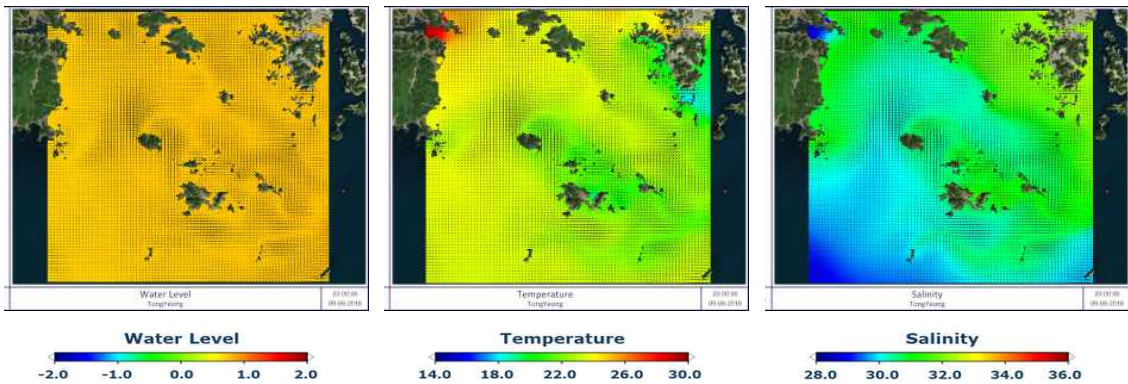


그림 165. 통영 해역 (150 m 해상도) 순환예측 결과 예, 2018년 8월 9일 20시 (UTC)의 조위, 유속(왼쪽), 수온(가운데), 염분(오른쪽) 결과

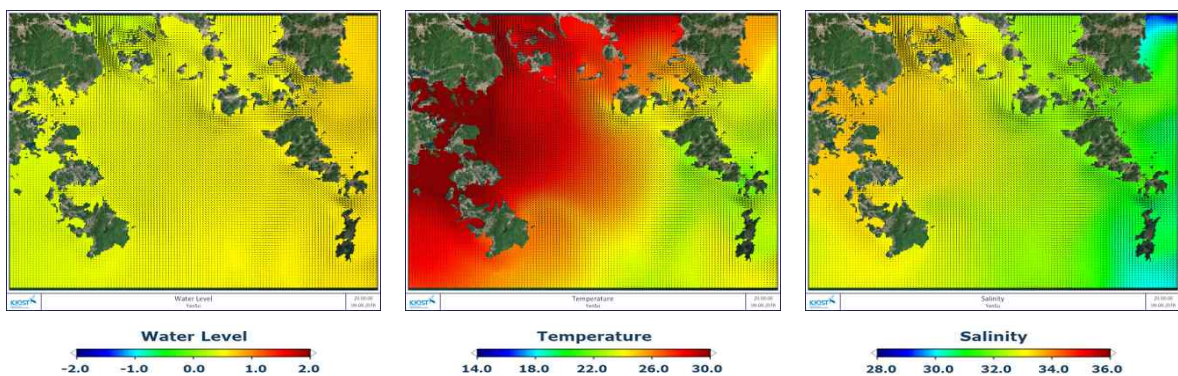


그림 166. 여수(고흥) 해역 (150 m 해상도) 순환예측 결과 예, 2018년 8월 9일 20시 (UTC)의 조위, 유속(왼쪽), 수온(가운데), 염분(오른쪽) 결과

- KOOS 결과의 계산은 3차원으로 진행됨. 표층 결과는 1시간으로 저장되지만 3차원의 경우 저장 용량의 한계로 3시간 간격으로 저장됨
- 예측시스템으로부터 생산된 조위, 유속, 수온, 염분 뿐 아니라 계산에 사용된 바람, 기온, 일



---

사량 등은 netcdf 형태로 변환되고, 변환된 결과는 계산 완료 즉시 ftp 서버 (ftp://systemcore.iprtime.org)에 업로드 됨

- 이러한 해양순환 예측자료는 적조이동확산 예측에 즉시 활용되었고, 본 연구의 연구진 뿐 아니라 국립수산과학원에도 자료를 공유하였음
- 순환예측결과는 적조 이동 예측의 생물학적인 변화예측 및 인공지능의 학습 및 예측에도 활용되었음

## 나. 모델 검증 및 고도화

### (1) 관측 수행 및 관측 자료 수집

- 예측 모델의 정확도를 검증하기 위하여 관측 자료는 기상청 및 국립해양조사원 등에서 관측하여 제공하는 자료와 본 과업에서 수행한 실시간 모니터링 자료도 사용하였음
- 기본적으로 예측시스템은 KOOS의 결과를 다운스케일링 하여 사용하므로 조위, 수온과 같이 근접 격자 간 변화가 크지 않은 요소에 대해서는 KOOS의 정확도와 거의 유사함
- 하지만, 유속과 같이 지형에 영향을 받는 요소는 해상도 등에 따라서 정확도에 차이가 발생할 수 있음. 이에 유속에 대해서는 검증을 위한 별도의 관측을 수행하여 모델 검증자료로 사용하였음
  - 수집한 조석 자료로는 부산, 추자, 제주 조위 관측소이고, 유속은 제주해협, 대한해협부 이 부이임
  - 유속관측은 2019년 5월 31일부터 7월 4일까지 약 35일간 통영 연명항 인근에서 ADCP를 이용하여 층별 유속을 관측하였음
  - 관측된 층별 유속 시계열 자료는 모델 검증에 사용되었고, 수온의 경우 본과제의 현장 모니터링 및 집중 관측 자료를 사용하였으며 이는 관측 방법 및 기간에 대해서는 현장 관측 및 모니터링 부분에서 자세히 언급하였음

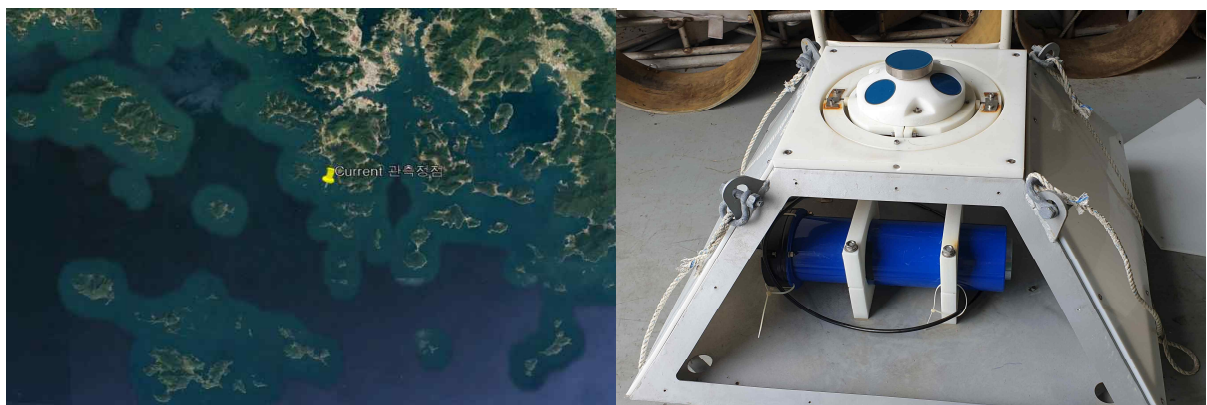


그림 167. 유속 관측 위치 및 관측장비 (ADCP)

### (2) 모델 검증 (조위, 유속)

- 부산, 추자, 제주 조위관측소에서의 조위 검증 결과를 나타냄. 예측 모델의 조위는 관측을 잘 재현하였음

- 매일 72시간 예측 결과 중, 초기 24시간의 결과를 연결한 시계열로 correlation 0.9 이상을 합격으로 판단하는 성능 평가에서 관측 격자점 평균 98 % 이상의 정확도를 보여줌. 조석의 경우 평가 결과는 해상도별로 큰 차이는 없게 나타남

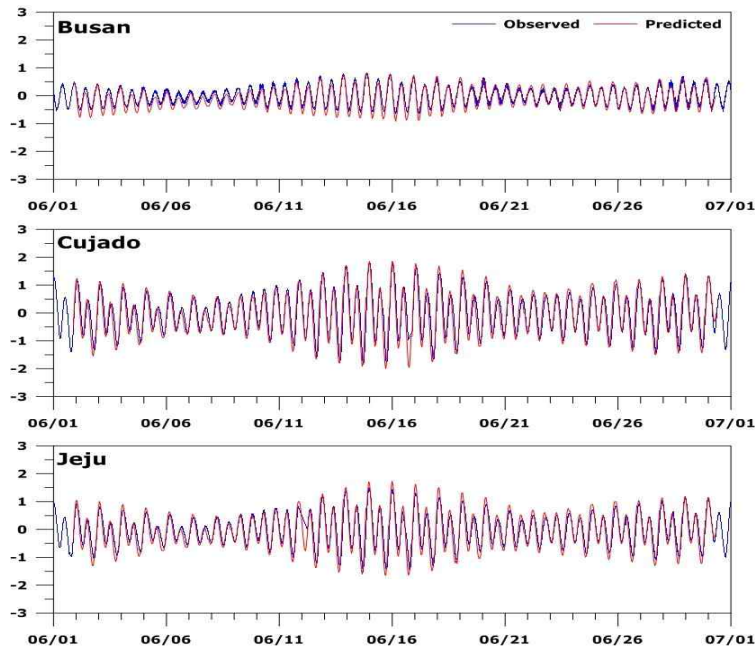


그림 168. 국립해양조사원의 부산, 추자, 제주 조위관측소에서의 조위 검증 결과(2018년 6월)

- 유속 검증 결과의 비교 관측 자료는 국립해양조사원으로부터 제공받은 제주해협부이와 대한해협부이 자료를 사용하였음
  - 매일 예측한 72시간 예측 결과 중, 초기 24시간의 결과를 관측과 비교하였다. 제주해협 정점의 경우 RMES 가 동-서 방향의 흐름에서 0.36 m/s, 남-북 방향의 흐름에서 0.28 m/s 의 오차를 보인 반면 남해 동부부이에서는 동-서, 남-북 방향 각각 0.22, 0.21 m/s 의 RMSE 를 보였음
  - 남해는 쿠로시오의 영향이 더 강한 여름철이 겨울철보다 다소 복잡한 흐름을 보이고 있어 성능평가 점수가 낮음에도 불구하고 수치모델의 재현성이 유의할 만한 수준으로 판단됨

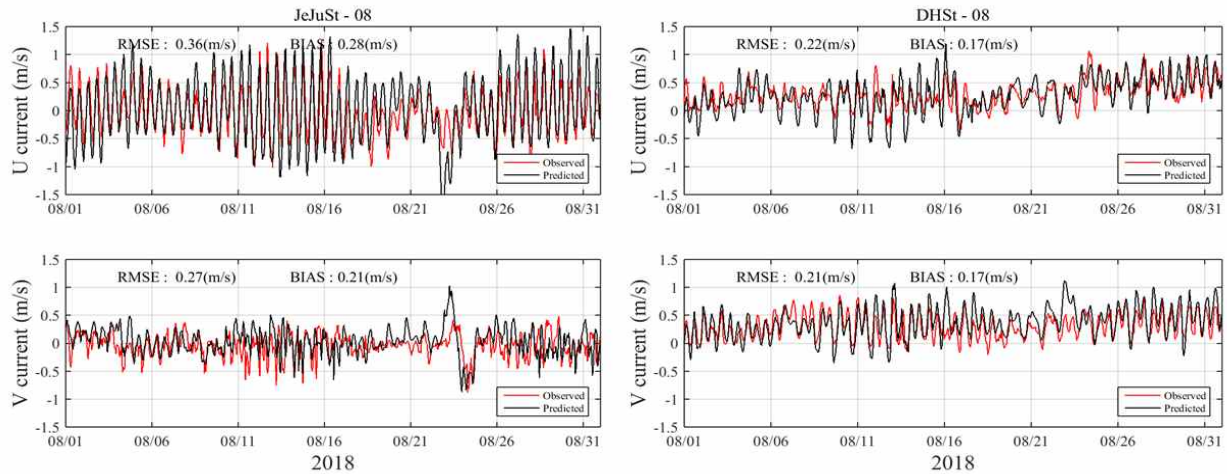


그림 169. 국립해양조사원의 제주해협과 남해동부부이에서의 표층유속 검증 결과

- 국립해양조사원의 관측정점이 적조관심해역인 연안에 존재하는 것이 아닌 외해에 있으므로 연안에 초점을 맞춘 본 연구의 적조이동 예측을 위한 예측시스템을 검증하기에는 객관성이 떨어짐
- 본 연구에서 직접관측을 수행한 관측결과와 비교 및 검증을 수행하였음
  - 그 결과는 1시간 간격의 관측 과 예측 표층유속 결과를 비교한 것으로 전반적인 경향은 재현하나 스케일이 작은 잔차 성분을 재현하지는 못하는 것을 보여줌
  - 또한 각각의 자료를 조화 분해 후 그 결과를 비교 하였으며, 동-서, 남-북 성분에서 모두 절대적인 크기의 차이는 존재하지만 그 방향성은 잘 재현하였음, 복잡한 연안에서도 방향성을 잘 재현하므로 적조이동 예측 시 유의한 값을 출력할 것으로 기대할 수 있음

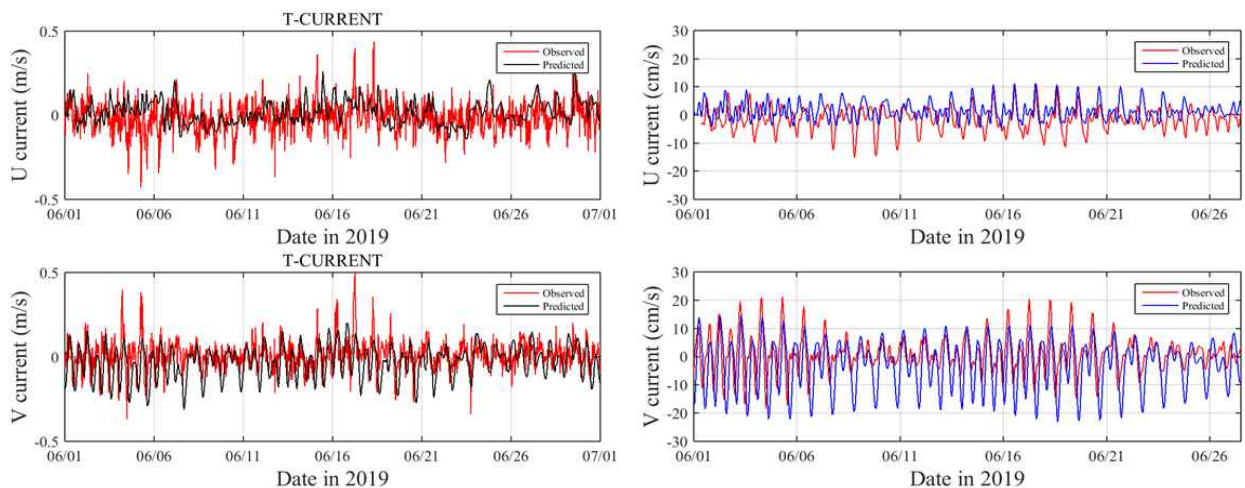


그림 170. 통영 연명항 인근에서 관측한 표층유속결과의 비교 검증 결과. (왼쪽 : 잔차류를 포함한 유속 비교, 오른쪽 : 조화분해 후 조석성분만 비교)

### (3) 모델 검증 (수온)

- 수온 검증은 본 과업에서 수행한 관측 자료를 사용하였음

- 2018년 8월에 통영과 여수에서 관측한 표층 수온과의 검증 결과 중 4개의 정점(통영 2개, 여수 4개)에서의 결과를 나타내었음
  - 그림에서 보는 바와 같이 수치모델의 결과는 관측 추세를 잘 따라가는 것처럼 보이지만 때로는 바람 등의 환경변화에 다소 민감하게 반응하여 나타남
  - 같은 영역내의 근접한 관측정점 사이에도 관측 결과는 서로 다른 양상을 보이기도 하지만 수치모델 결과에서는 가까운 영역의 값은 거의 동일하게 계산되며, 수치모델은 수온에 대해 공간적 변화에 민감하지 못함

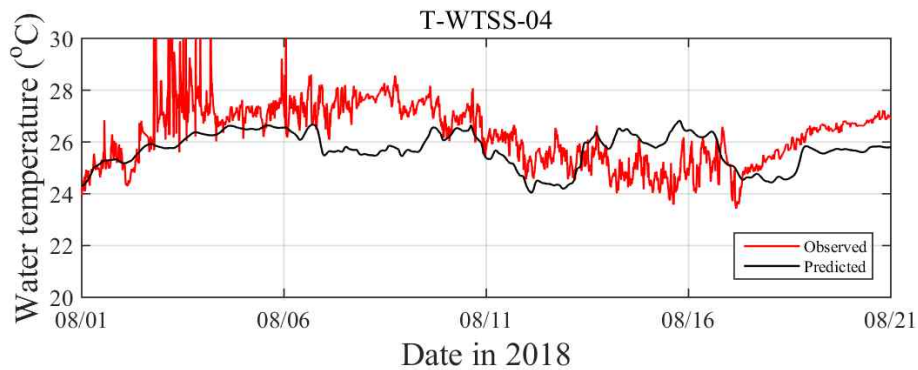
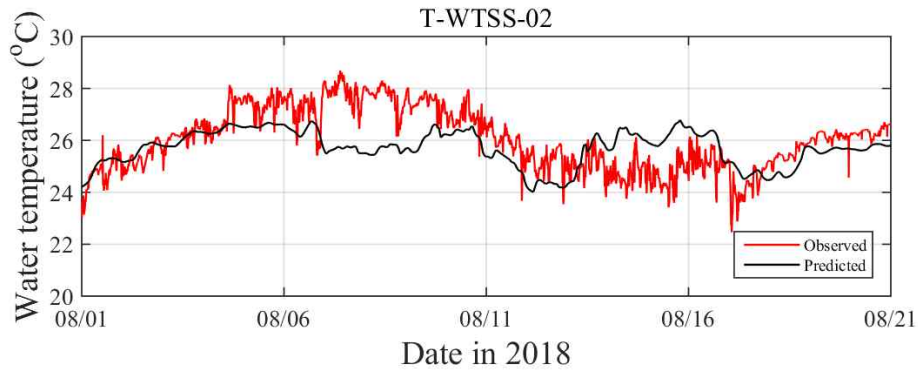


그림 171. 2018년 8월 통영 관측 정점(T-WTSS-02, T-WTSS-04)에서 표층 유속 관측결과와의 비교

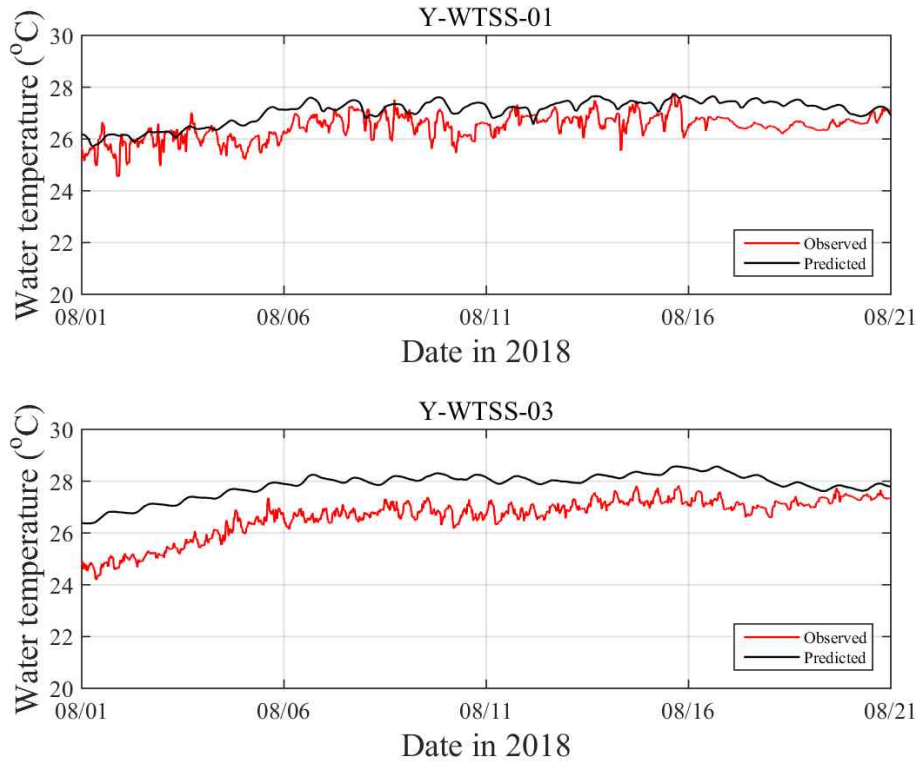


그림 172. 2018년 8월 여수 관측 정점(Y-WTSS-01, Y-WTSS-03)에서 표층유속 관측결과와의 비교

- 실제 적조가 발생했던 시기인 2019년 8, 9월의 통영, 여수, 거제에서의 관측결과를 통한 예측모델 검증 결과를 보여줌
  - 예측 모델의 수온결과는 관측의 추세를 잘 재현하지만 최대 2 °C의 오차를 보이기도 함
  - 이와 같은 오차는 적조발생 여부를 결정짓는 온도에서는 자칫 심각한 오차를 발생할 수 있기 때문에 모델 결과를 분석하는데 신중해야하며, 수온의 오차를 줄이기 위한 해결책으로 상세 해역에서의 자료동화 방법에 대해서 연구를 진행하였음



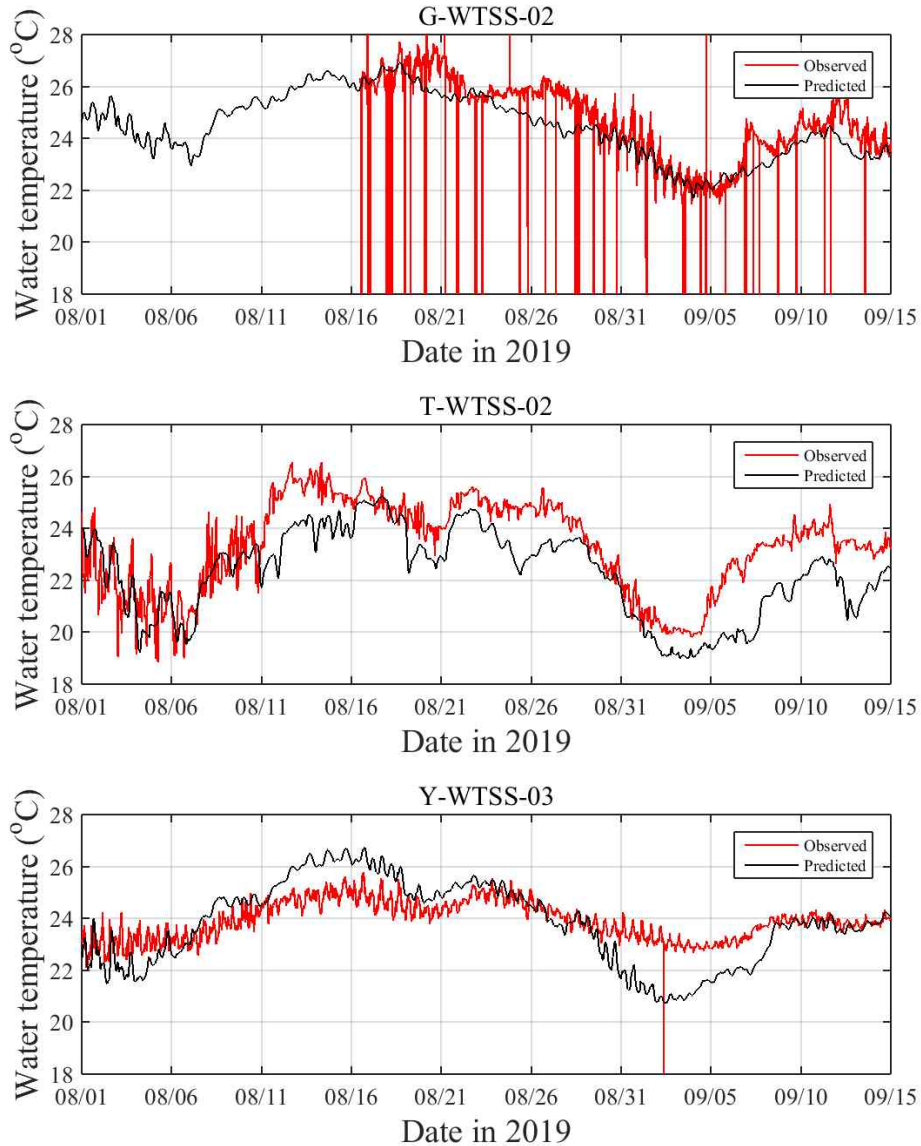


그림 173. 2019년 8월-9월 거제, 통영, 여수 관측 정점(G-WTSS-02, Y-WTSS-02, Y-WTSS-03)에서의 표층유속 관측결과와의 비교

- 적조이동 및 확산 예측에서 표층뿐만 아니라 저층에서의 증식 등을 제대로 재현하기 위한 층별 수온을 검증하기 위하여 비교하였음
- 2018년 7월 26일, 8월 2일, 8월 10일, 8월 30일에 24시간 동안 3시간마다 통영해양과학기지에서의 수온 관측 자료를 사용하였음
- 관측 자료는 층별 유속을 관측한 결과로 해당일의 시간별 수직구조의 변화를 파악할 수 있음, 그 결과, 수치모델로 재현되어 수직구조의 변화양상이 관측된 결과와 유사하였고, 순환 모델이 일사량과 조석에 따른 성층변화를 비교적 잘 재현하고 있음을 확인하였음

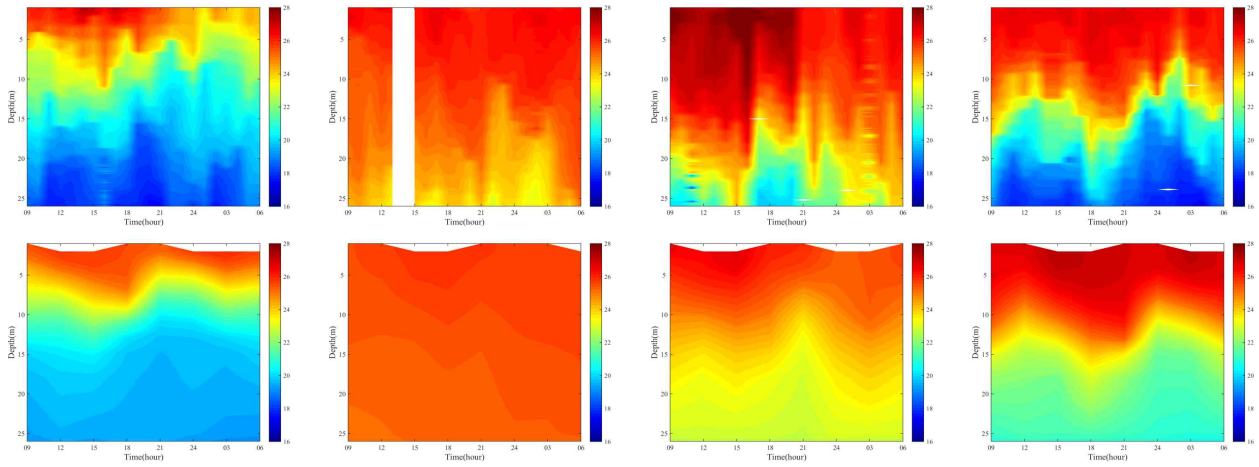


그림 174. 통영 해상기지에서의 고정점점 연속관측 결과(위)와 모델결과(아래) 비교, 왼쪽부터 2018년 7월 26일, 8월 2일, 8월 10일, 8월 30일 결과

#### (4) 모델 검증 (일사량)

- 적조 이동확산모델은 기상요소를 고려함. 이동에 필요한 바람 뿐 아니라 번식에 사용될 수 있는 일사량의 정확도가 필요함
- 기상 자료는 이동확산모델 뿐 아니라 인공지능의 학습에도 사용되므로 정확도가 중요함, 순환예측시스템 및 이동확산모델에 사용되는 기상예측자료 중 기온과 일사량을 관측결과와 비교하여 검증하였음
- 관측 자료는 2019년 여수해역에 설치한 AWS 자료를 사용하였고, 검증기간은 적조가 발생한 8월말을 포함하는 8월 1일부터 9월 15일까지로 설정하였음
  - AWS 관측과 기상 모델의 시계열 결과를 비교한 결과, 기온의 경우 매일 시간에 따른 미세변화 재현에는 차이가 있지만 장기적인 경향을 잘 재현하고 있고, 일사량의 경우 재현이 우수하게 나타났음

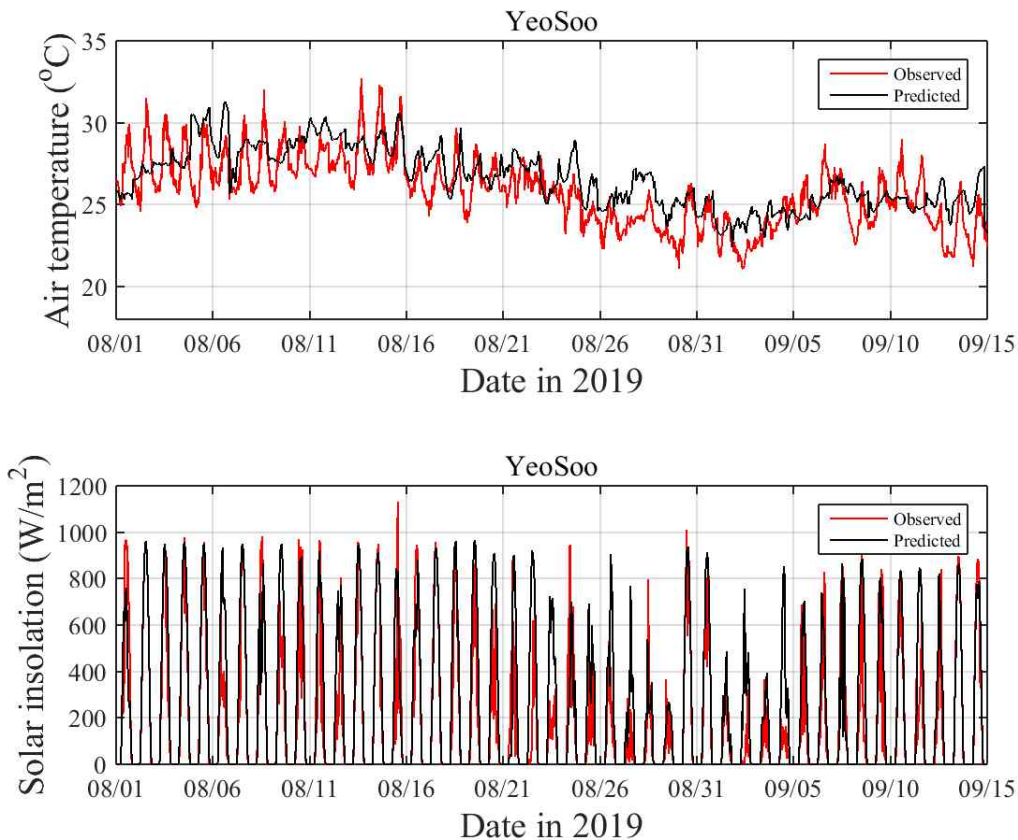


그림 175. 2019년 8월-9월 여수 AWS 정점에서의 기온, 일사량 관측 결과의 비교

#### 다. 순환 모델 고도화

- 순환모델의 정확도를 높이기 위한 방법으로 자료동화 방법을 고려해 볼 수 있음
- KOOS 에서는 지역해 모델에서 수온에 대하여 자료동화를 수행하고 연안에서는 자료 동화 된 결과를 다운스케일 하여 사용하므로 연안에서의 별도의 자료동화를 수행하지 않음
- 자료동화를 수행하지 않는 다른 이유는 환경이 서로 다른 서해와 동해를 동시에 고해상도로 계산하여야하므로 자료동화에 어려움이 있음, 하지만, 하계 연안에서 갑작스럽게 고수온, 저염수 상황이 발생하게 되면 연안 예측 시스템은 이 경향을 제대로 재연하지 못하는 경우가 간헐적으로 발생하게 됨
- 수온에 대하여 연안에서의 자료동화 방법을 고찰해 보고 예측시스템에 적용하였고, 자료동화의 효과를 높이기 위해 본 연구의 상세역인 통영영역에 한정하여 자료동화를 수행하였음
- 자료동화에 사용되는 자료는 연구영역내의 실시간 관측 자료를 사용하였고, 자료동화의 방법은 OI(Optimal interpolation) 기법을 적용하였음
  - OI는 최적내삽법이라고도 부르며 이 방법은 자료동화의 기본 개념 중에 하나인 Cressman analysis에 기원함, 테스트의 기본적인 컨셉은 실시간 포인트 관측자료를 이용한 자료동화 방법이 모델 전체영역에 미치는 영향을 알아보았음
  - 2017년 8월 11일에 수행한 여름철 집중관측 10일전부터 한 개의 정점(RASS - 01)의 관측결과로 10일간의 자료동화를 수행하고 8월 11일의 집중관측 정점들의 수온 결과와 비

교하였음

- 자료동화 전에는 8월 11일의 결과가 전체적으로 1-2 °C 낮게 모의하였지만, 자료동화를 통해 RASS - 01 정점의 오차가 감소하였고, 집중 관측 정점의 수온패턴과 유사하게 모의되었음

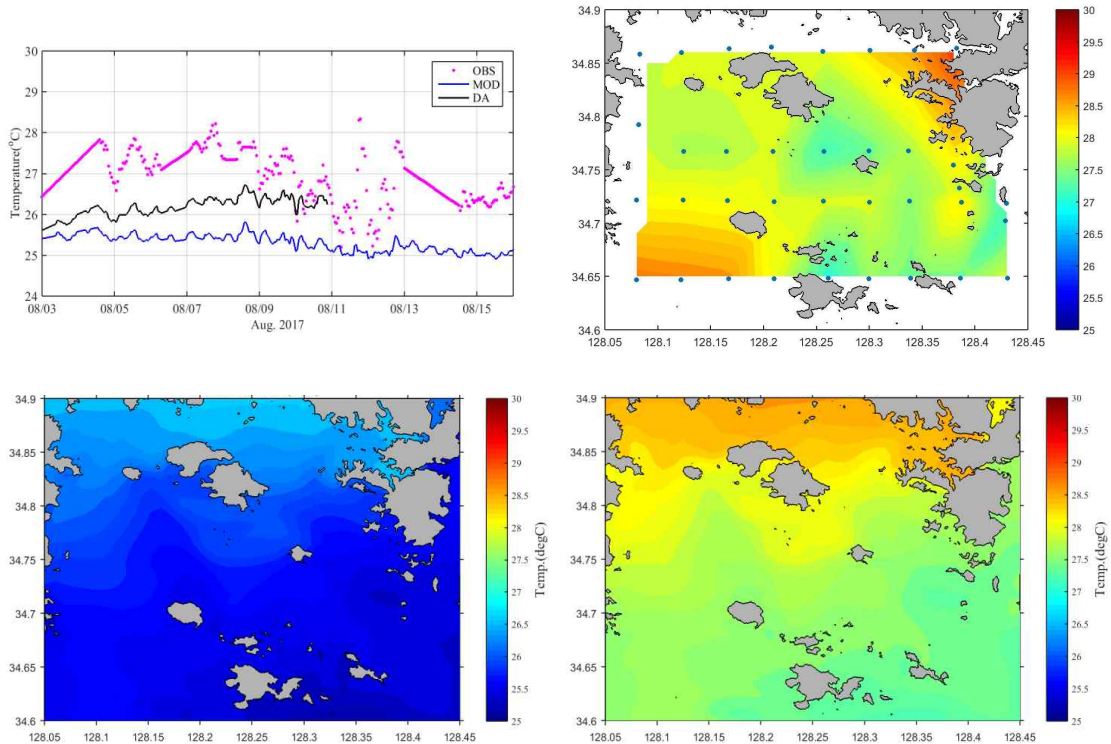


그림 176. 자료동화를 통한 수온 예측 결과 향상. a) MRC RASS-01 에서의 수온 비교, b) 8월 11일의 표층 수온 공간 분포, c) 8월 11일 자료동화 전 수온 예측 결과, d) 8월 11일 자료동화 후 수온 예측 결과

## 라. 이동 예측 모델 정확도 향상 연구

### (1) 표류부이 실험 및 이동 예측 검증

- 적조 이동 확산 모델의 결과를 검증하고, 정확도를 파악하기 위한 방법 중의 하나로 표류부이 실험을 수행하였음
- 예측 모델의 정확도 향상을 위한 모델 검/보정 자료 확보를 위해 2018년 8월 여수 영역에 2기, 2019년 9월 통영 해역에서 2기 총 4기의 표류 부이를 투하하여 표층흐름에 따른 이동양상을 파악하였음
- 표류부이는 위성으로 위치를 전송하는 방식을 사용하므로 영역의 제한이 없고, 신속하고 정확하게 자료를 확인할 수 있음
  - 2019년 9월에 투하한 표류부이와 수치모델을 이용한 표류예측의 결과, 방향성은 잘 재현하지만 크기에서는 오차가 발생하였음
  - 연안 및 섬의 영향을 크게 받지 않는 외해의 경우 표류예측에 오차가 발생할 경우 입력장의 오차패턴에 따라 메타모델의 개념으로 입력장을 보정하여 정확도를 높이기도 하지



만 본 과제의 연구영역은 복잡하고 협소하므로 별도의 입력장 보정을 수행하지는 않았음

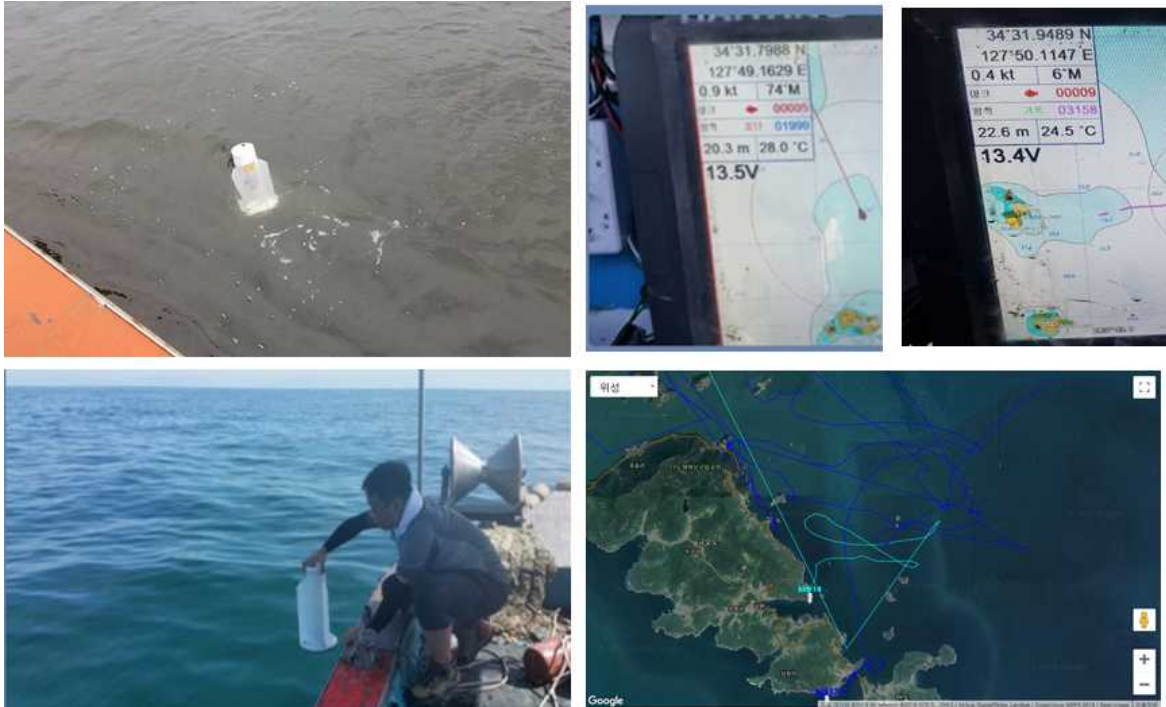


그림 177. 표류부이 실험역 실험 (2018년)

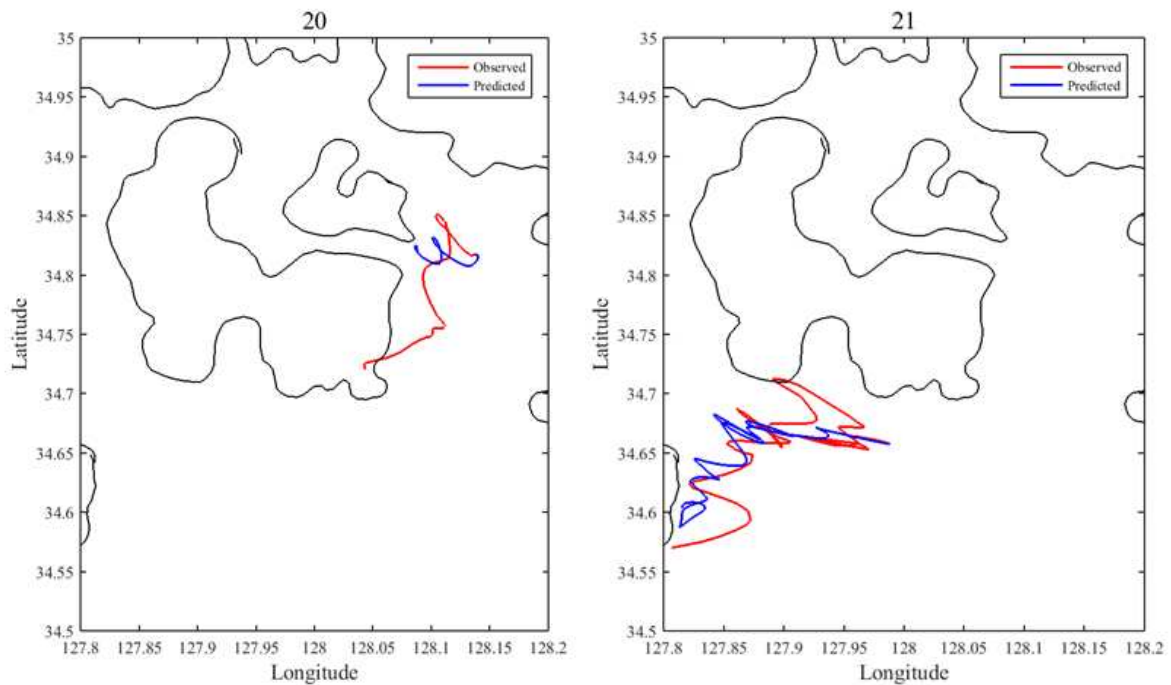


그림 178. 2019년 통영인근에서의 표류부이 실험 결과 및 입자추적모델 결과와의 비교

## (2) 위성 자료 연계 예측 및 검증

- 정확한 적조확산 예측을 위해서는 사용되는 순환 예측의 정확도가 중요하고 정확도를 검증



- 
- 하기 위한 방법으로는 고정정점에서 관측하는 유속 및 수온 관측자료 또는 표류부이 현장실험 자료를 통한 모델 검증이 수행됨
- 정점 관측 및 표류 실험은 공간적인 한계를 가지므로 본 연구에서는 모델 검증에서의 공간적인 한계를 극복하고자 남해안 전체의 위성자료를 이용한 이동확산 모델의 검증 방법을 제안하였음
  - 한반도 주변 해양을 매일 8번 촬영하는 천리안 위성에 탑재되어 있는 해양탑재체 (Geostationary Ocean Color Imager, GOCI) 자료를 이용하여 유속 및 입자추적에 대한 검증을 수행하였음
  - 위성자료는 최신 개발된 적조량 정량화 알고리즘(RBR)을 이용한 엽록소 산출 방식을 사용하여 분석하였고, 2018년에는 여름철 이례적으로 맑은 날씨가 지속되면서 질 좋은 위성자료가 많이 획득되어 예측 모델의 검증 자료가 많이 생성되었음
  - 본 연구의 초점은 공간적인 해양 이동을 시간별로 검증하기 위한 것으로 알고리즘에 대한 유효성 여부는 다루지 않고, 다만 매시간 동일한 알고리즘으로 생산되는 자료의 이동 패턴을 비교하여 모델을 검증하였음
- 2018년 8월 1일 위성으로부터 추출한 클로로필 정보와 위성 자료를 초기조건으로 입력한 농도별 입자추적결과를 비교하였음
- 아래 그림은 8월 1일 9시부터 2시간 간격의 클로로필 자료이고, 오른쪽의 그림은 8월 1일 9시의 위성 자료를 초기조건으로 하는 순환예측모델 기반의 농도별 입자추적의 결과임
  - 위성은 연안에 근접한 해역의 정보를 온전히 추출하지는 못하기 때문에 연안에서의 비교에 제한이 있지만, 흐름에 대한 전체적인 패턴 및 변화양상을 비교 검증하기에는 적합한 방법으로 판단되었음
  - 위성에서 추출한 자료가 적조생물이라는 검증이 아직 부족하고, 위성이 기상상황에 크게 영향을 받기 때문에 온전한 자료를 매일 획득할 수 없는 점은 추후 해결해야 할 필요성이 있음
-

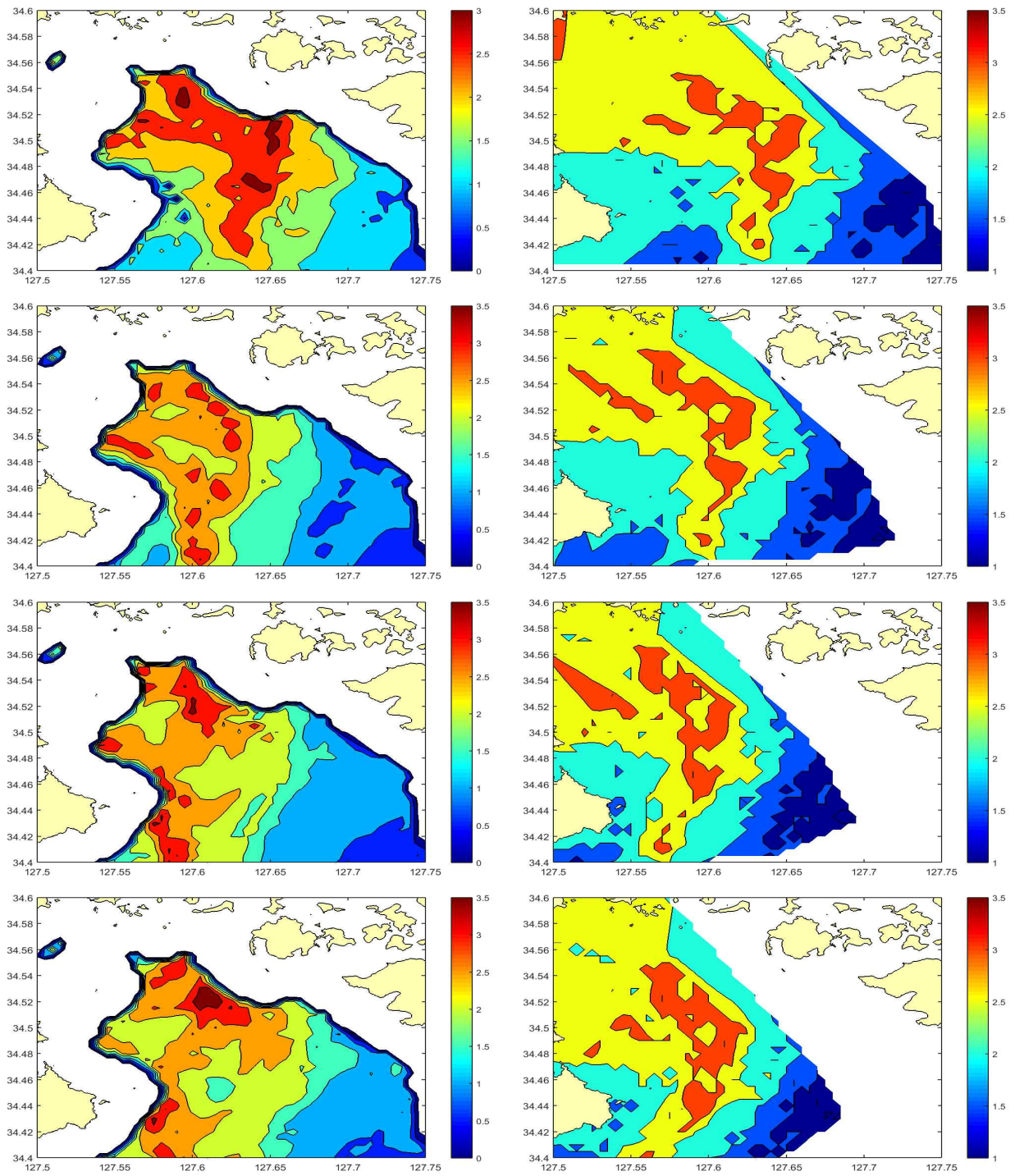


그림 179. 위성으로부터 추출한 클로로필 정보(왼쪽), 모델 결과 (오른쪽). 위에서부터 2019년 8월 1일 9시, 11시, 13시, 15시 결과

---

## 5. 실시간 이동 예측 및 적조 확산 모델 검증과 실행 적용

### 가. 적조 이동 확산 모델링 과정

- 본 연구에서 수행한 적조 이동 확산 모델을 비롯한 일반적인 생태 모델링 과정은 모델 개발, 검증, 교정, 검증 및 실제 적용의 다섯 단계로 구분됨
  - 목적 달성을 위한 모델의 기본적인 구조를 만들고, 적절한 방식으로 작동하는지 검증 과정을 거침. 이 단계에서는 모델의 세부 요소가 아니라 일반적인 경향이 제대로 작동하는지 검토함
  - 검증이 완료된 후에는 모델의 세부 요소에 대한 조정이 필요한데 이 때 매개변수의 세부 조율과 같은 최적화가 수행됨
  - 구축된 모델을 적합 시 사용된 자료가 아닌 검증용 자료를 이용하여 모델의 성능 평가가 진행되고 허용오차 이내의 결과가 도출되면 모델을 실제 적용함

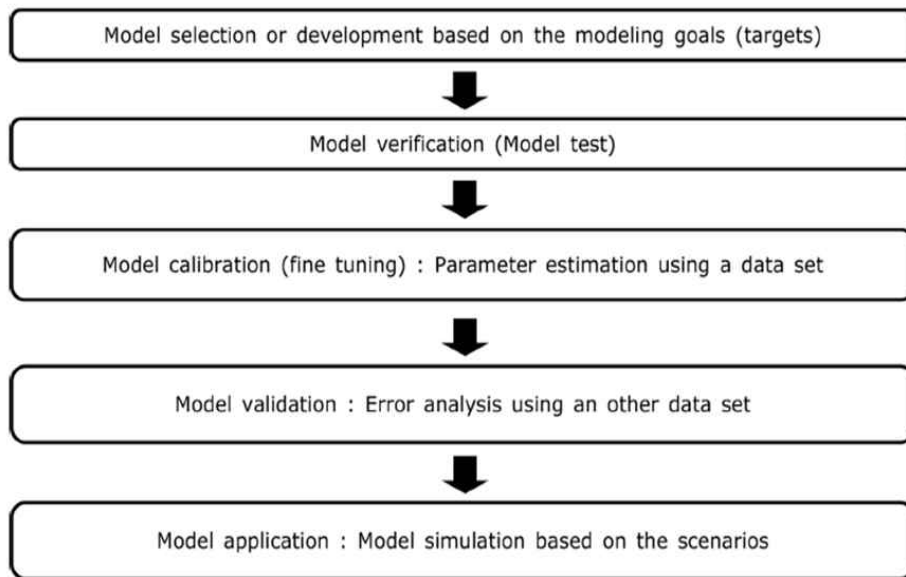


그림 180. 일반적인 적조 이동 확산 모델 개발 과정

### 나. 적조 이동 확산 예측 모델 구축을 위한 가용 자료 검토

- 모델 개발 단계에서는 모델의 입력 자료를 검토
  - 모델의 입력자료 수준 및 형식에 따라 모델의 구조가 결정되며, 검증 이후의 단계에서는 구조를 변경하는 데에 비용이 많이 소요됨
  - 적조의 이동 및 확산 모델에 가장 중요한 입력 자료는 해류 정보와 적조 입자의 위치정보이다. 해류 정보의 경우, 한국해양과학기술원의 72시간 해양·기상 예측 모델인 KOOS의 1시간 간격 자료를 매일 제공받아 사용함
  - 적조 입자의 위치 및 농도정보는 다양한 관측 자료를 사용할 수 있는데, 본 연구과제의 일환으로 관측한 자료와 위성관측 자료, 국립수산과학원의 적조속보 자료가 사용 가능함

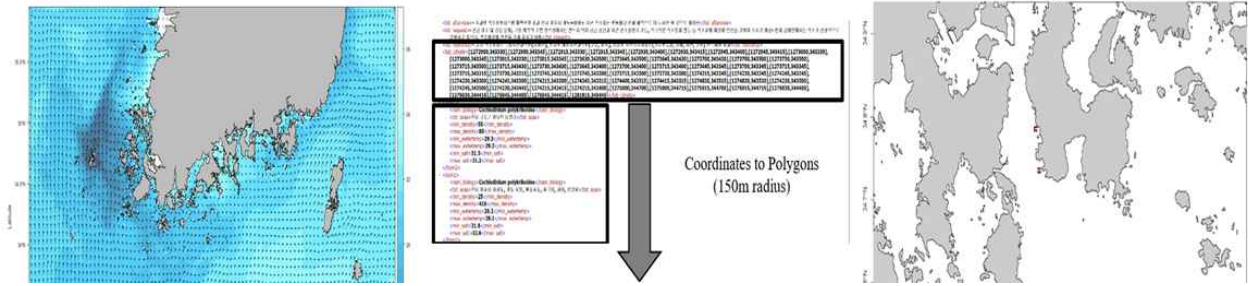


그림 181. KOOS에서 제공하는 해양·기상 예측 모델의 유속장과 수온(좌) 및 국립수산과학원 적조속보 API 정보와 적조 이동 확산 모델 입력자료 변환 결과(우)

표 19. 적조 이동 확산 모델 입력자료 목록

Symbols	Variable name	Units	Remark
u, v	horizontal velocity	<i>m/s</i>	KOOS(Ocean)
T	water temperature	°C	KOOS(Ocean)
S	salinity	<i>psu</i>	KOOS(Ocean)
I	solar radiation	<i>W/m<sup>2</sup></i>	KOOS(Atmosphere)
<i>NH<sub>4</sub></i>	ammonium	<i>μmol/l</i>	-
<i>NO<sub>3</sub></i>	nitrate	<i>μmol/l</i>	-
<i>NO<sub>2</sub></i>	nitrite	<i>μmol/l</i>	-
<i>PO<sub>4</sub></i>	phosphate	<i>μmol/l</i>	-
-	HAB particles	-	NIFS

- 위 표에 정리한 바와 같이 적조 이동 확산 모델의 핵심 입력 자료는 해류(u, v), 수온(T), 염분(S), 일사량(I), 영양염 및 초기 적조입자의 위치와 농도임
- 여기서, 물리환경에 해당하는 자료는 KOOS의 기상 해양 모델 예측 자료를 사용하였고, 1시간 간격으로 72시간 계산된 자료를 사용함. 단, 계산 시작 시간을 기준으로 계산이 완료되어 업로드 될 때까지 수 시간이 소요되므로 실제로 이동 확산 모델이 계산을 수행하여 제공할 수 있는 시간은 72시간보다 짧음
- 영양염 자료는 현재 준 실시간 운용모델에 가용한 자료가 없으나, 저층으로 migration 하는 적조 생물의 특성을 고려하여 저층의 영양염을 충분히 이용한다고 가정함
- 본 연구에서 관측한 자료의 경우 정확도가 높지만 광범위한 영역의 적조 위치 정보 수집에 한계가 있으며, 위성 자료의 경우 기상 조건이 좋지 않은 날은 결측이 발생하며, 육지에서 가까운 해역의 경우 적조 생물의 농도 정보 추정에 오차가 클 수 있음
  - 적조 이동 및 확산 예측을 통하여 달성하고자 하는 목표는 연안 양식장의 피해 저감이기 때문에 연안의 초기 적조발생 위치 정보가 중요함
  - 국립수산과학원에서 제공하는 적조속보 자료는 국립수산과학원과 지방자치단체 등에서 주변 해역을 예찰하여 제공되는 적조 발생 정보로, 직접 관측 자료에 비해 농도정보의 해상도가 낮음
  - 일시에 적조 위치정보가 관측되는 위성관측과 비교했을 때 관측 시간 측면에서 오차가 있을 수 있지만, 일 단위의 입력 조건으로 봤을 때에는 대부분의 적조 발생 해역을 관측

하는 자료이기 때문에 이점이 있음

- 본 연구에서 구축한 모델은 매일 72시간 이내의 단기 예측을 수행하는 모델이기 때문에 적조 정보의 농도 및 입력조건 중 시간 정보의 손실이 있더라도 광범위한 해역에서 매일 제공되는 자료가 적절할 수 있음
- 이외에 KOOS에서 해류 정보와 함께 제공되는 수온, 염분, 일사량 자료는 적조 생물인 *Cochlodinium polykrikoides*의 성장률 계산에 사용됨
- 유해 조류의 종류는 다양하나 국내에서 주로 연안 어업에 피해를 주는 종인 *C. polykrikoides* 단일 종을 대상으로 성장률을 계산함
- 실험 조건에서의 *C. polykrikoides* 성장률은 여러 논문에서 제시하였고 본 연구에서는 해당 성장률 연구를 바탕으로 최적 성장 곡선식을 추정한 Cho et al.(2016)의 연구 결과를 적용했으며 그 식은 다음과 같음

$$G_C = G_{\max} \times \frac{I}{I+24.81} \times f_{TS}(T,S) \times f_{NP}([NH_4],[NO_2],[PO_4])$$

- 여기서  $G_C$ 는 각 계산격자(Cell)에 대한 성장률이며,  $G_{\max}$ 는 일 단위의 최대 성장률,  $f_{TS}(T,S)$ 는 수온과 염분에 대한 최적 성장계수를 계산하는 함수,  $f_{NP}([NH_4],[NO_2],[PO_4])$ 는 영양염류에 대한 최적 성장계수를 계산하는 함수,  $T_{opt}$ 와  $S_{opt}$ 는 각각 최적 성장 조건의 수온, 염분을 의미하며 각각은 다음과 같이 계산함
- 연구대상 해역인 남해 해역에서는 가용한 영양염류(Nutrients) 농도 자료가 미흡한 상태이며, 본 연구 단계에서 개발한 모형을 사용하기 위해서는 현재 상태와 미래의 예측 농도정보가 격자 형태로 제공되어야 함
- 이는 남해 수질환경 모형 개발이 요구되는 별도의 연구프로젝트이기 때문에 영양염류에 의한 적조생물의 성장 제한은 없다는 가정 하에서 모형을 수행하였음. 영양염류 농도에 의한 성장제한 식은 모형에 포함되어 있기 때문에 영양염류 농도 정보가 입력되는 경우, 그 영향이 반영될 수 있도록 모형을 구성하였음. 규산염에 의한 영향은 가용한 연구 성과, 즉 성장제한 함수가 없기 때문에 현 상태에서의 영향 반영이 어려움

$$G_{\max} = 0.8(d^{-1}),$$

$$f_{TS}(T,S) = \left(\frac{T}{T_{opt}}\right)^{3.4} \times \left\{ \exp\left[1 - \left(\frac{T}{T_{opt}}\right)^{3.4}\right]\right\} \times \left(\frac{S}{S_{opt}}\right)^{2.0} \times \left\{ \exp\left[1 - \left(\frac{S}{S_{opt}}\right)^{2.0}\right]\right\}$$

$$T_{opt} = 24.5(^{\circ}C), S_{opt} = 28.4(psu),$$

$$f_{NP}([NH_4],[NO_2],[PO_4]) = \frac{[NH_4 + 1.33]}{[NH_4 + 4.14]} \times \frac{[NO_2 + 2.78]}{[NO_2 + 7.52]} \times \frac{[PO_4 + 0.23]}{[PO_4 + 1.50]}$$

#### ○ 적조 실시간 운용모델 구축(Development) 과정

- 적조 이동 확산 모델은 오픈소스 프로그램인 R 언어를 이용하여 개발됨
- R 언어는 일반적으로 느린 속도 때문에 수치모형 구성에는 적합하지 않은 객체지향 언어이나, 수치해석 연산을 직접 하지 않고 흐름 모형을 입력 자료로 받아 병렬처리 하는



---

구조이기 때문에 대중적인 PC 사양에서도 구동이 가능하도록 설계됨

- 적조 이동 확산 모델의 계산 흐름도는 아래 그림과 같음. 적조 이동 확산 모델의 기본적인 구조는 입자추적 모델을 바탕으로 함
- 모델의 중추 기능은 흐름자료에 기반한 입자의 이동이며, 모의 결과의 시공간 해상도는 제공되는 흐름자료의 해상도를 따름. 본 연구에서 구축한 적조 이동 확산 모델은 시간 해상도는 1시간, 공간 해상도는 150~300 m의 KOOS 자료 양식을 따름. 적조 이동 확산 모델은 입력 자료의 해상도에 맞추어 작동되도록 설계함
- 계산에 필요한 자료가 입력된 후 오류 방지를 위한 자료 전처리를 수행함. 여기에는 흐름, 기상 등 수치모델에서 계산 시 발생하는 무효값(-99 등)의 처리 및 공간좌표 보정 문제 등이 해당되며, 특히 본 연구와 같이 광역모델에 비해 고해상도 모의가 필요한 연안 해역의 입자추적 모델에서는 초기 입자의 위치정보를 설정할 때 좌표정보가 정확하지 않으면 입자가 육지 격자에 입력되거나 계산 시 프로그램이 멈추는 등의 오류가 발생하게 됨
- 적조 입자 또는 군집의 초기 위치정보는 점(point) 좌표로 주어지는데 모델에서는 해당 좌표를 기준으로 반경 150 m의 영역을 적조 Patch로 정의하고, 해당 영역 내에서 농도에 비례한 적조입자를 무작위로 발생시켰음. 발생된 입자는 모델 내에서 흐름 및 기상조건에 따라 1시간 간격으로 이동하면서 증식 또는 소멸하며, 입력자료가 존재하는 모의 시간 동안 반복 계산된 후 저장되는 구조임

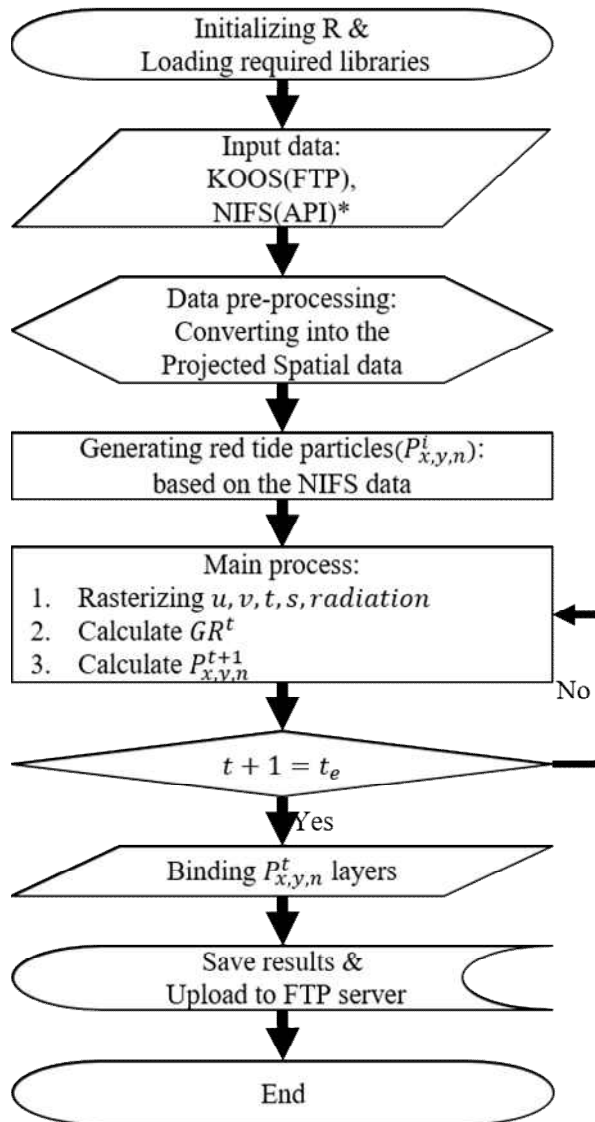


그림 182. 적조생물 이동 확산 모델 흐름도

○ 적조 이동 확산 모델 검증

- 상기 적조 성장률을 적용된 모델의 검증 결과, 수온, 염분, 일사량 조건이 적정 수준일 때 적조 입자의 수가 증가하는 경향이 모의되고, 일몰 이후 일사량이 없을 때에는 사멸율이 증가율보다 커 적조 입자의 수가 감소하는 것으로 나타남
- 검증 대상 자료는 2013년도 적조 발생 공간정보(shp)와 KOOS에서 제공하는 약 2 km 격자의 흐름모델이며, 검증 대상은 적조생물의 24, 48 시간 이후 개체 수암
- 모델은 적조생물의 성장계수를 입력했을 때 적조 입자의 성장-사멸이 모의되는 구조가 적절히 반영된 것으로 판단됨
- 검증 결과, 24시간 및 48시간 후의 총 개체 수 변화 양상은 지속적으로 갱신되는 입력 조건에 따라 증감 추세를 반영 하였으며, 적조생물이 급증하는 시기에는 성장률 입력 조건이 이를 충분히 반영하지는 못하는 것으로 나타남

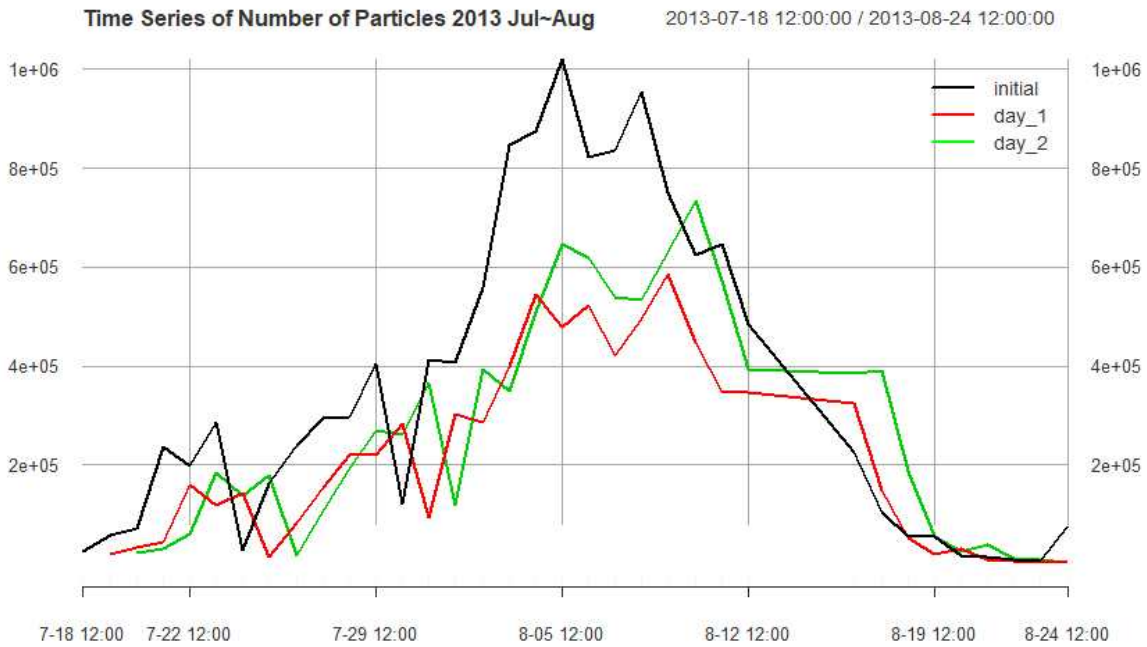


그림 183. 초기조건(검정), 24시간 후(빨강), 48시간 후(초록)의 일별 입자 수 변화 양상

- 적조 입자의 초기 조건과 24, 48시간 후 입자 수의 회귀 분석 결과,  $R^2$  값은 24, 48시간 후 예측 결과에 대하여 각각 0.8, 0.7로 나타나 전반적인 증감의 경향성을 반영하는 것으로 나타났으나, 미탐지 적조 군집의 영향으로 추정되는 초기 조건의 급변으로 인해 국지적으로 오차가 크게 발생하는 것으로 보였음
- 초기 입력 값으로 사용된 입자 수와 예측 결과의 입자 수 비교가 모델의 정확성을 담보하는 것은 아니나 전반적인 경향 반영에 큰 오류가 없는 것으로 판단할 수 있기 때문에 모형이 적절하게 동작한다는 것을 확인할 수 있음

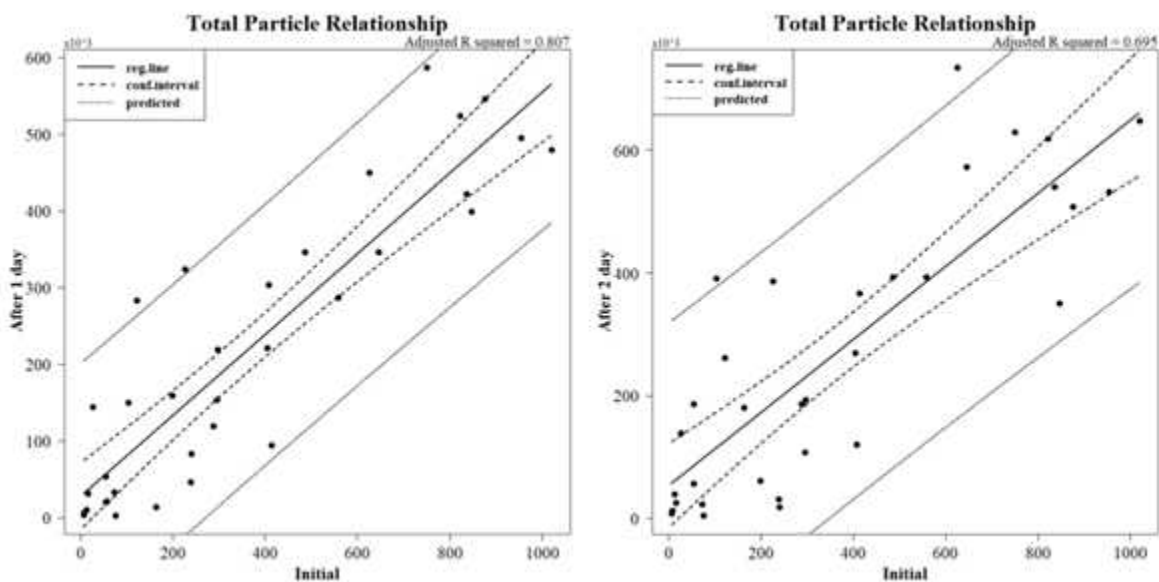


그림 184. 모델에서 초기조건에 해당하는 입자 수와 (좌) 24시간, (우) 48시간 후의 입자 수의 선형회귀분석 결과

- 주요 인자인 일사량 증감에 따른 성장계수 계산 결과는 새벽에는 0으로, 일출 후 오전 시간대에는 각 격자의 다른 인자에 따라 적절한 값으로 계산되는 것을 확인함. 일부 사례에서는 울산, 포항 연안의 냉수대의 영향으로 추정되는 성장률 변화가 보임

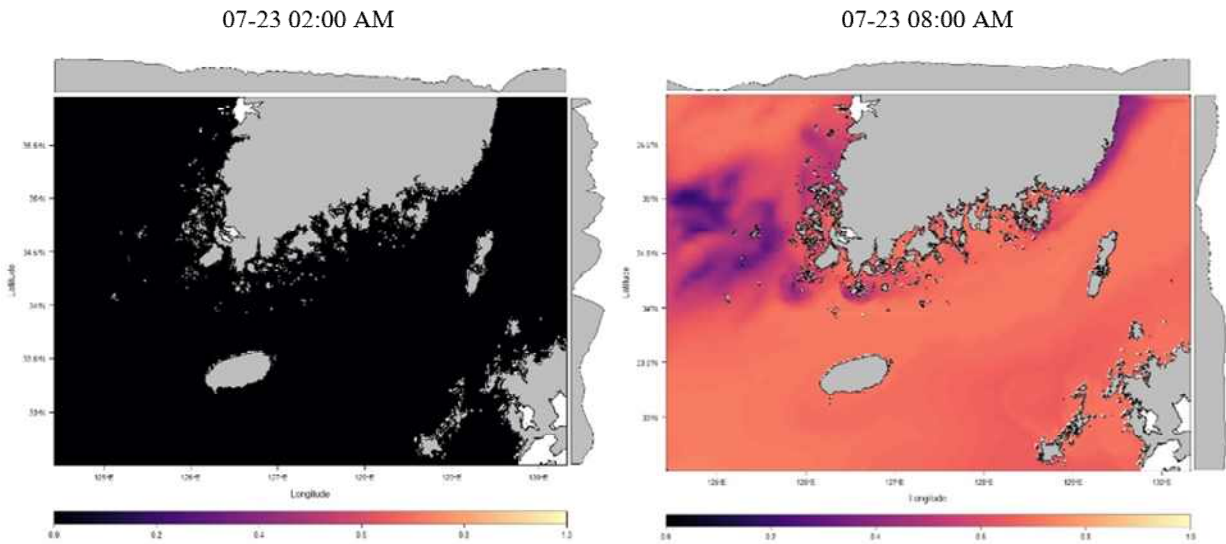


그림 185. 일사량 및 기타 입력 조건에 따른 적조생물 성장률 분포 비교

- 우리나라 남해안은 리아스식 해안으로 복잡한 지형 때문에 연안 흐름을 따라 움직이는 입자들은 계산 과정에서 육지 경계를 넘어갈 수 있음. 이 경우 일반적으로 흐름모형에서 무효 값으로 처리되거나 값이 없는 경우 오류가 발생하거나 육지 영역으로 유입된 입자가 더 이상 움직이지 못하고 정체되는 현상이 발생하게 됨

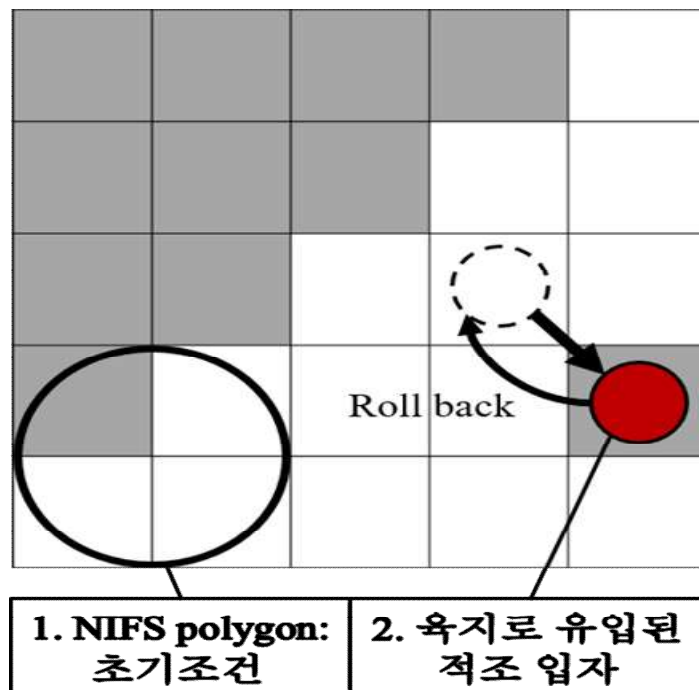


그림 186. 적조입자의 육지 경계 처리

- 흐름에 따라 연안의 특정 영역으로 적조생물이 적체되는 현상이 발생할 수는 있지만 이는 고해상도 흐름모형에서 어느 정도 반영된 것으로 간주하여 적조 이동 확산 모델에서는 이전 위치로 되돌리는 Mirroring 기법을 사용하였고, 초기 입력 조건에서 육지에 걸쳐 있는 입자들은 배제하였음
- 모형 예측 결과 제시 방법
  - 현재 국립수산과학원에서 제공하는 적조속보에서 적조 주의보 및 경보를 발령하는 기준은 아래 표와 같음
  - *C. polykrikoides* 농도를 기준으로 10 cell/mL 이상은 적조 예비주의보, 100 cell/mL 이상은 적조 주의보, 1,000 cell/mL 이상은 적조 경보를 발령하는 기준이 마련되어 있으며, 적조 이동 확산 모델에서는 이를 반영하여 10 cell/mL 이하는 0 등급부터 나머지 세 단계의 주의보 및 경보에 1~3등급으로 분류하였음

표 20. 국립수산과학원 적조 주의보 및 경보 발령 기준

종류	규모	적조생물 밀도 (cell/mL)	비고
적조 예비주의보	적조생물의 출현밀도가 증가하여, 적조발생이 예상될 때	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 편조류: 종의 세포크기와 독성도에 따라 결정</li> <li>- Chattonella spp. : 1,000이상</li> <li>- <b>Cochlodinium polykrikoides : 10이상</b></li> <li>- Gyrodinium sp. : 200이상</li> <li>- Karenia mikimotoi : 500이상</li> <li>- 기타 편모조류 : 10,000이상</li> <li>○ 규조류: 20,000이상</li> <li>○ 혼합형: 편조가 50%이상 때 20,000이상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수과원장은 적조생물 해황 및 해역의 특성에 따라 피해가 우려될 경우 적조 규모 및 밀도에 관계없이 적조예보를 발령할 수 있음</li> </ul>
적조 주의보	반경 2~5km (12~79km <sup>2</sup> ) 수역에 걸쳐 발생하고 어업피해가 우려될 때	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 편조류: 종의 세포크기와 독성도에 따라 결정</li> <li>- Chattonella spp. : 2,500이상</li> <li>- <b>Cochlodinium polykrikoides : 100이상</b></li> <li>- Gyrodinium sp. : 500이상</li> <li>- Karenia mikimotoi : 1,000이상</li> <li>- 기타 편모조류 : 30,000이상</li> <li>○ 규조류: 50,000이상</li> <li>○ 혼합형: 편조가 50%이상 때 40,000이상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수과원장은 적조의 진행정보(유해종의 출현, 확산)의 전과 및 어업피해방지에 관한 조치가 필요할 때 적조속보를 발령할 수 있음.</li> <li>○ 적조생물 밀도는 양식생물 피해 최소화를 위해 양식장 환경관리, 먹이공급 중단 등 적조 대응을 위한 예보발령 기준이며, 양식생물 폐사를 판단하는 기준은 아님</li> </ul>
적조 경보	반경 5km(79km <sup>2</sup> ) 이상 수역에 걸쳐 발생하여 상당한 어업피해가 예상될 때	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 편조류: 종의 세포크기와 독성도에 따라 결정</li> <li>- Chattonella spp. : 5,000이상</li> <li>- <b>Cochlodinium polykrikoides : 1,000이상</b></li> <li>- Gyrodinium sp. : 2,000이상</li> <li>- Karenia mikimotoi : 3,000이상</li> <li>- 기타 편모조류 : 50,000이상</li> <li>○ 규조류: 100,000이상</li> <li>○ 혼합형: 편조가 50%이상 때 80,000이상</li> </ul>	
적조 해제	적조가 소멸되어 어업피해 위험이 없고 수질이 정상상태로 회복했을 때		

출처: 국립수산과학원 적조정보시스템(<http://www.nifs.go.kr/red/main.red>)



- 적조 입자의 이동 및 확산에 따라 각 격자에 존재하는 입자의 수를 적조 생물의 농도로 환산하여 등급을 부여함. 예측 결과는 KOOS 자료와 마찬가지로 72시간 동안의 계산 결과를 netcdf 형식(.nc)으로 저장하여 실시간 운용 서버에 업로드 되어 가시화 체계에서 사용됨
- 구축 모형 정확도 평가기법 제안
  - 시간 별 예측을 수행하는 모형의 경우 많은 경우에 고정 관측 지점을 두고 해당 지점의 시계열 자료와 모형로 계산된 자료가 얼마나 일치하는지 비교하며 수치형 자료의 경우 평균제곱근편차(Root Mean Squared Error; RMSE)등을 사용함
  - 적조 이동 확산 모형도 동일한 평가 기법으로 평가가 가능하며 적조 입자들을 공간밀도로 변환시켜 비교할 수 있음. 그러나 적조 입자의 실시간 관측을 수행하는 정점의 경우 연안에 가깝게 붙어있기 때문에 흐름 모형의 해상도를 고려했을 때 적조 입자가 원활하게 이동하기 어려운 지점으로 판단되어 격자 단위의 공간오차를 평가하는 방식을 검토하였음
  - 공간 오차는 일반적인 분류모형의 평가 기준으로 사용되는 혼동행렬(Confusion Matrix)을 적용하였음

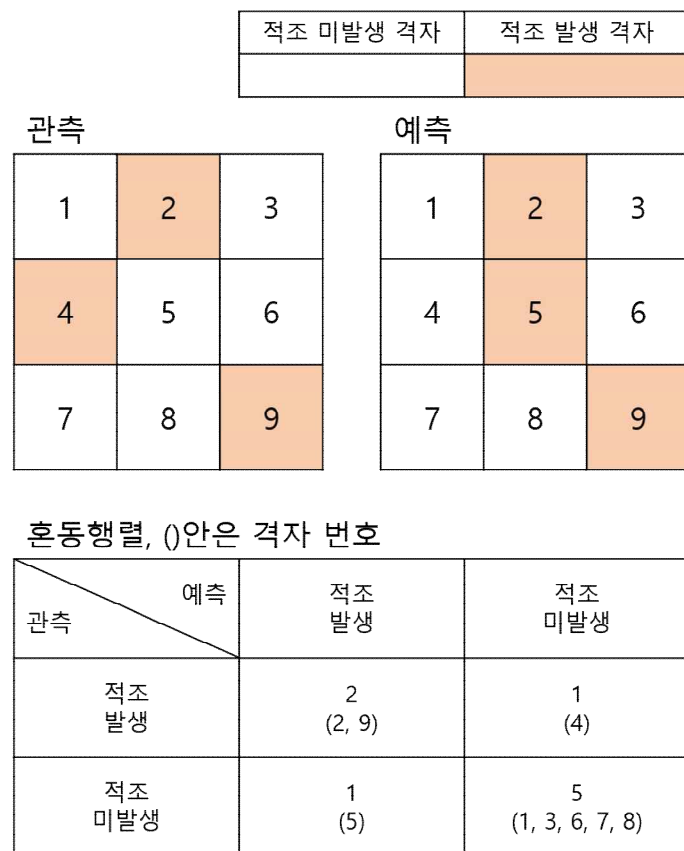


그림 187. 혼동행렬을 이용한 공간오차 평가 방법

- 관측과 예측 모두 적조가 발생한 격자의 번호는 2, 9번으로 총 2개이며, 관측과 예측 모두 적조가 발생하지 않은 격자는 1, 3, 6, 7, 8번의 다섯 개임. 4번과 5번 격자는 각각 관측 또는

예측 중 한 쪽에만 발생한 것으로 나타나 결과가 일치하지 않음. 이때 정확도(Accuracy)는 총 격자 수(9) 분의 결과가 일치하는 격자 수(7)로 약 78 %로 계산됨

- 상기 예는 적조의 발생 또는 미발생의 이진 분류(Binary Classification) 평가에 대한 예시이나, 적조 예측 모델과 같이 여러 등급을 예측해야 하는 경우인 다중 분류(Multi-class Classification)에도 적용이 가능함
- 그러나 모의 해역에서 적조가 발생하지 않은 해역이 넓은 경우 혼동행렬은 적조가 발생하지 않은 격자의 수가 그렇지 않은 격자의 수에 비해 지나치게 많아지며 이로 인해 정확도 기반의 평가 방법이 부적절할 수 있음
- 적조가 발생하지 않은 격자의 수가 전체 격자의 수에서 차지하는 비율이 압도적으로 많은 경우 실제 예측 모델이 발휘하는 성능과 무관하게 항상 높은 정확도를 제시하게 됨
- 이와 같은 경우에는 정확도 지표의 지나친 왜곡을 방지하기 위해 평가격자의 크기를 조정하거나, 다른 평가 지표 (재현율, 정밀도, F1 score 등)를 사용할 수 있음

표 21. 2013년 7월 30일의 혼동행렬 (2 km 해상도 기준)

관측 \ 예측	0	1	2	3
0	46,919	14	13	12
1	74	5	14	1
2	73	0	11	8
3	0	0	0	0

- Stumpf R. P. et al. (2009)은 Florida 연안을 대상으로 한 선행 연구에서 약 10 km 해상도를 최대치로 제안했으나, 본 연구에서는 300 m 해상도(최대 150 m)의 정밀한 흐름 모형을 이용하는 점과 반경 10 km 이하의 소규모 도서가 많이 존재하고 해안선이 복잡한 지형인 점을 감안했을 때 10 km 격자 이상의 평가 격자의 적조 위험도 예측 효용성이 저하될 것으로 판단됨
- 이에 따라 평가 격자 해상도 다변화를 통한 최적 해상도 선정이 필요하다고 판단했고, 연구에서는 약 30 km를 결정하고, 최대 10 km를 상한으로 평가 격자 크기를 제시하였음



그림 188. 약 30 km 평가 격자 해상도를 제안한 선행연구 검토 (Stumpf R. P. et al., 2009)

- 약 10~20 km 정도의 평가격자를 설정했을 때 평가 범위가 설정되며, 해당 격자에서 다시 등급별 평가 결과가 계산됨.
- 아래 그림에서 \*로 표기된 격자 내에는 1, 2등급 적조가 혼재하는 것으로 계산되었고, 각 등급에 따른 예측 정확도는 관측 자료와 비교하여 각 등급의 적조가 해당 격자에 존재하는지 여부로 결정됨

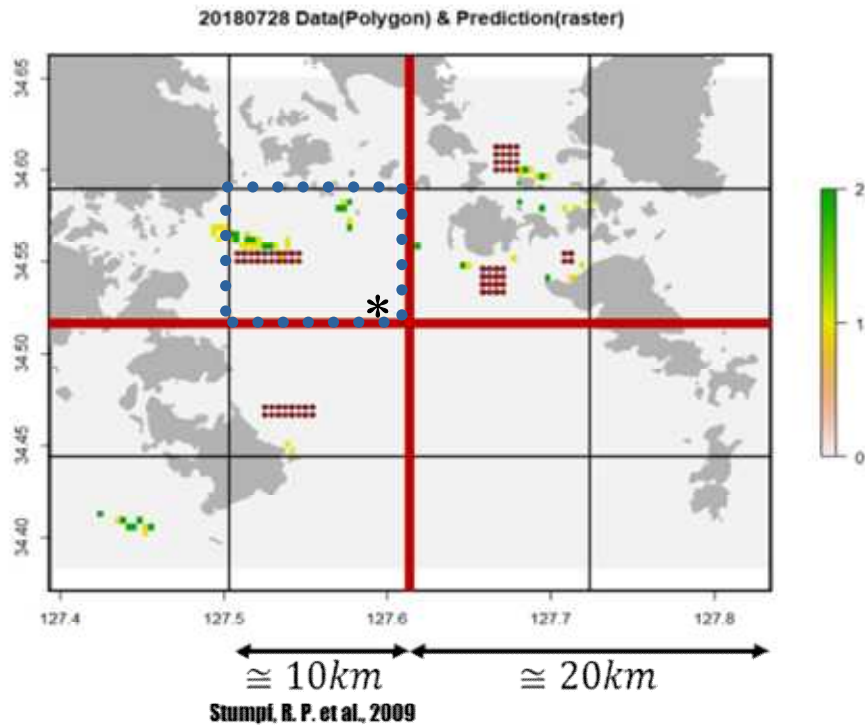


그림 189. 적조속보 자료와 모델 계산 결과의 평가격자 해상도에 따른 비교 (통영 해역)

- 현재 구축된 적조 이동 확산 모델의 공간 평가에 사용할 해상도를 산정하기 위하여 평가격자 수준을 달리하여 평가 결과를 도시화 함 (2018-07-24 예측, 2018-07-25 관측 자료로 검증함)

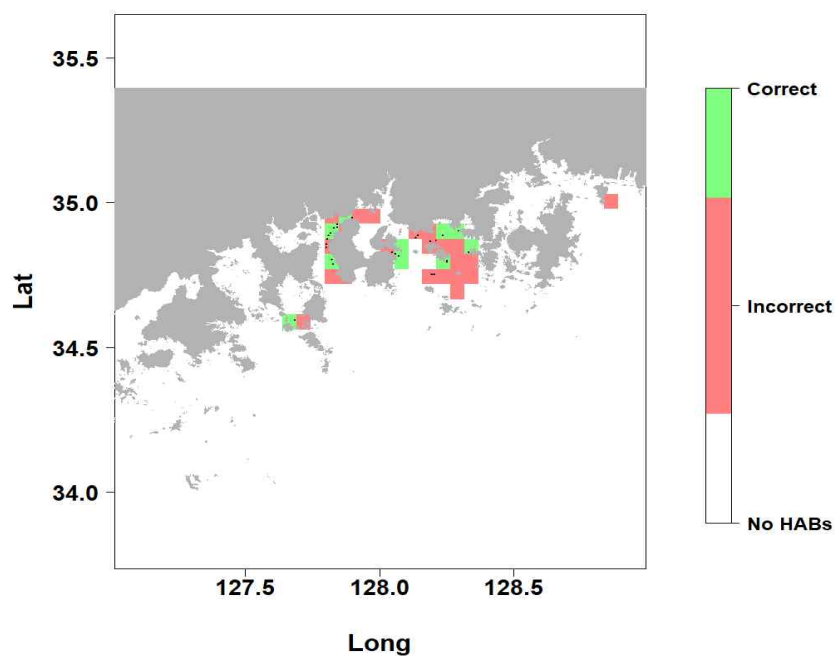


그림 190. 5 km 공간 평가 해상도를 적용한 결과

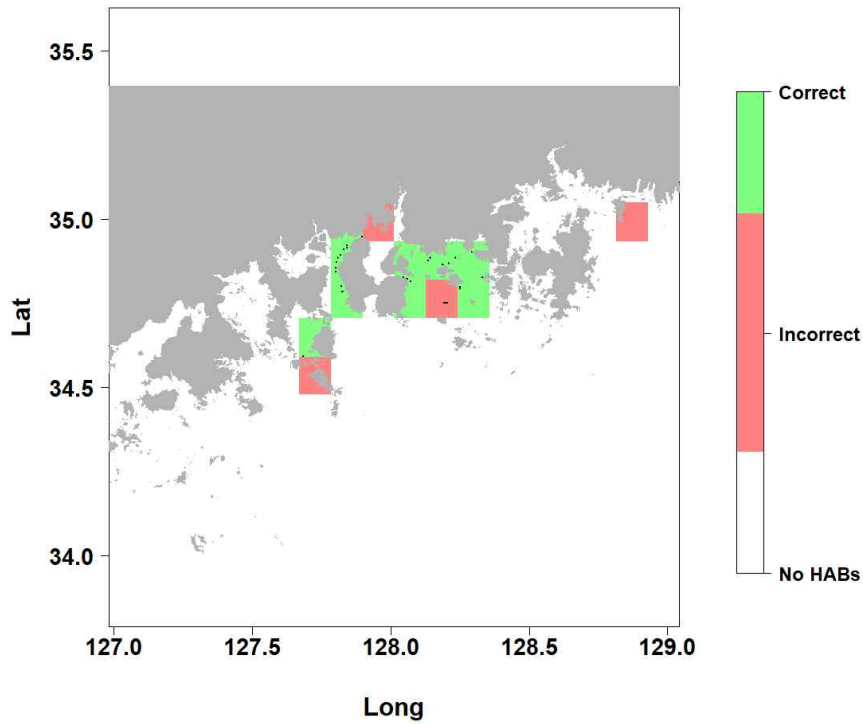


그림 191. 10 km 공간 평가 해상도를 적용한 결과

- 평가 격자 크기(5, 10 km)에 따라 이진 분류 정확도(여기서는 재현율이 아닌 정확도를 사용함) 평가 결과, 순서대로 약 33, 69% 정도의 정확도를 보임
- 10 km는 남해안의 복잡한 해안선 때문에 예측 결과 제공의 실질적인 의미가 없을 것으로 판단되어 5 km의 평가 해상도를 결정함
- 실질적인 예측 효과를 위해 향후 5 km 보다 작은 격자에서 평가가 가능하도록 연차별 적조 정보 확보 연구 및 모델 정확도 증가 등의 개선방안 연구가 필요함. 이를 통해 단계별로 이동 예측 모형의 격자 크기를 연차별 혹은 단계별로 줄일 필요가 있음. 즉, 5 km 보다 격자 크기를 줄인 예측 모델 개발은 향후 세밀한 적조 정보 확보 및 이를 통한 모델 함수 보정 등을 통해 구현해야 함

표 22. 다중 분류 평가 시 혼동행렬 (각 박스는 재현율 계산과 관련된 영역)

재현율의 개념( $TP_k/P_k$ ) 관측 자료 중 (검은 박스)> 적조가 발생한 경우 (파란 박스)> 모델도 적조 발생으로 예측(빨간 박스)  *k는 각 등급		예측		합
		적조발생	미발생	
관측	적조발생	$TP_k$	$FN_k$	$P_k$
	미발생	$FP_k$	$TN_k$	$N_k$
합		$P_k'$	$N_k'$	$P_k + N_k$



- 따라서 적조 예측 정보의 다중분류 평가 시 혼동행렬은 다음 표와 같이 요약됨
- 이 때, 정확도, 민감도, 특이도, 정밀도, 재현율, F1 score는 각각 다음과 같이 계산됨

$$\text{정밀도 } Acc_m = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \frac{TP_k + TN_k}{P_k + N_k}$$

$$\text{민감도 } Sen_m = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \frac{TP_k}{P_k}$$

$$\text{특이도 } Spc_m = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \frac{TN_k}{N_k}$$

$$\text{정밀도 } Prec_m = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \frac{TP_k}{TP_k + FP_k}$$

$$\text{재현율 } Rec_m = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \frac{TP_k}{P_k}$$

$$\text{F1 score } (F_1)_m = 2 \frac{Prec_m \cdot Rec_m}{Prec_m + Rec_m}$$

- 각 평가 지표들의 계산 방식을 살펴보았을 때, 현 수준에서 적절한 평가지표로 사용될 수 있는 지표는 F1 score와 재현율로 판단됨. 그 중 F1 score는 예측 관점의 정확도와 관측 관점의 정확도를 조화 평균한 값으로 많은 분류 모델의 표준 평가지표로 사용되고 있음
- F1 score는 정밀도와 재현율에 동일한 가중치를 둔 형태로 두 평가 지표의 중요도에 따라 가중치를 차등 부여하는 방식으로 변형해서 사용함. 본 연구에서는 모델을 이용한 예측보다 관측에서 실제 적조가 발생한 현상이 현실적인 피해를 고려했을 때 더 중요한 정보라고 간주하여 재현율을 공간 예측 오차의 평가지표로 사용
- 재현율 고려 시, 선행연구에서 제시한 상한 해상도 10 km를 평가 범위로 산정하고 관측자료 기준의 TP(True Positive)에 해당하는 격자와 인접격자를 ‘정확’, ‘유사’ 예측으로 판단함

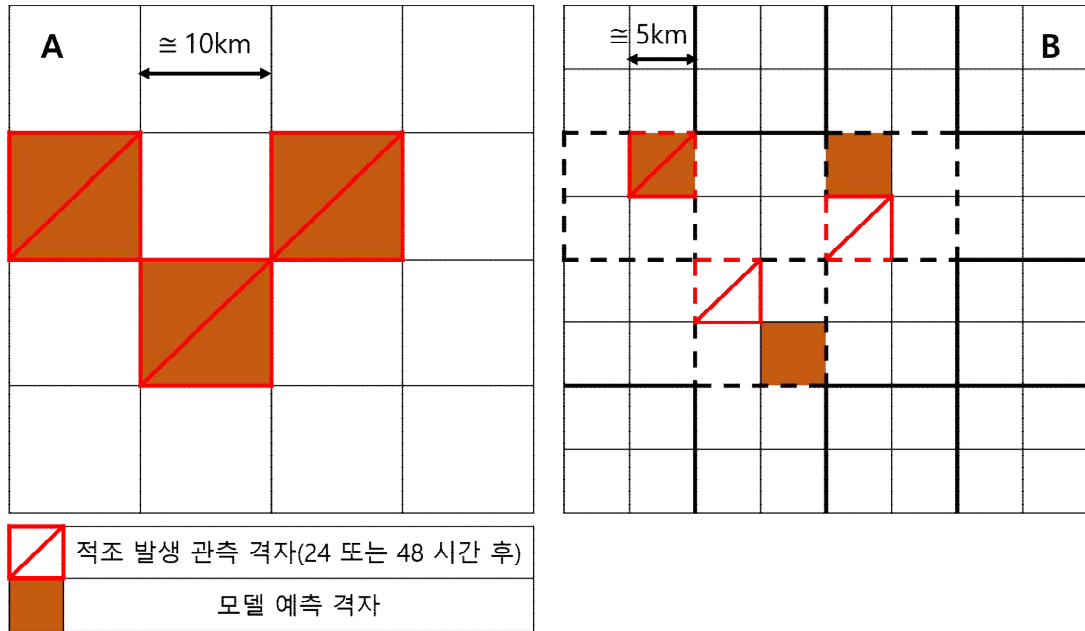


그림 192. 인접 격자를 포함한 재현율 산정 모식도. 10km 상한 범위(A)와 5km 평가 격자(B)의 비교

- 이에 따라 인접 격자에 가중치를 부여하는 방법으로 재현율(Recall)을 수정하여 제시함. 이는 10 km 이내의 평가격자 설정이 되었더라도 소규모 도서가 많고 해안선이 복잡한 지리적 특성을 고려했을 때 예측의 실효성을 위해 더 높은 정확성이 필요하다고 생각됨. 다만 인접 격자에 ‘유사’ 평가와 함께 부여한 80 % 가중치에 대한 기준은 본 과제 수행 시 적용한 임의의 수치이나 향후 적절한 가중치 산정 방법이 개발되면 수정될 수 있을 것으로 판단
- 본 연구에서는 실제 평가 상한 범위를 10 km로 설정하고 실제 재현율 계산은 5 km 격자로 세분하여 정분류 격자와 인접격자를 차등 평가하는 방식, 즉, 기존의 재현율 계산 방법에 인접격자를 고려한 수정사항이 반영된 수정된 재현율(Modified Recall)\*을 제안하고 평가 정확도 산정에 사용
  - 수정된 재현율: 관측 자료의 인접격자에 위치한 예측자료 80 %의 가중치 부여
- 예측 결과 검증
  - 2019년도 한국해양과학기술원에서 관측한 자료를 이용한 검증 결과, 9월 2일 및 9월 4일 관측한 자료를 이용하여 수행한 48시간 이후 관측 결과 적조 이동 확산 예측 정확도는 수정된 재현율을 기준으로 1등급 및 2등급에서 각각 89 %, 87 %로 나타났고, 3등급 격자 예측 정확도는 40 %로 나타남
  - ✓ ‘정확도’는 혼동행렬의 기본 평가 기법인 정확도가 아닌 ‘수정된 재현율’을 의미함
  - 본 검증 결과는 광역 예측 모형에 대한 평가를 수행하기 이전에 고해상도 관측을 수행한 적조 관측 자료를 이용하여 적조의 이동 경향을 검증하기 위하여 수행했으며 1, 2등급 적조의 이동 경향 및 이동 예측은 정밀하게 관측된 자료를 이용할 경우 5~10 km 범위 내에서는 비교적 높은 정확도를 보이는 것으로 보임
  - 다만, 3등급 이상의 고농도 적조는 해당 관측 자료에서 발생 빈도가 적어 정확도를 판단

하기 어려우나 적조의 위치 정보는 유사하게 예측되나 성장 또는 집적으로 인해 발생한 고농도 적조에 대한 예측은 다소 미흡한 것으로 보임

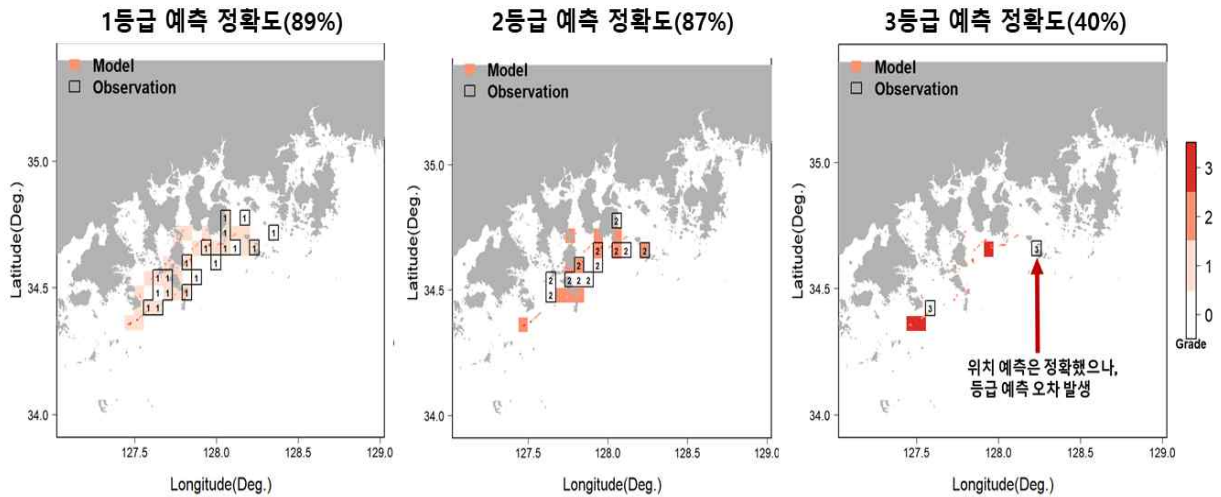


그림 193. 2019년 09월 02일 48시간 후 등급별 예측 결과(작은 격자는 300 m 계산 격자, 큰 격자는 5 km 평가 격자)

- 동일한 방법으로 9월 10-11일, 18-19일 관측한 자료를 이용한 검증하였고, 9월 2일 실험과 달리 24시간 후 예측을 한 결과를 검증하였음
- 9월 10일 모델 예측 결과, 1, 2등급 적조 예측 정확도는 각각 77 %, 60 %, 3등급은 0 %로 나타남
- 그러나 3등급 적조에 대한 정확도는 9월 2일 예측 결과와 마찬가지로 발생한 위치는 정확하게 예측 했지만 농도 예측은 빗나가 정확도 평가 시 계산에서 제외됨
- 9월 18일 모델 예측 결과 역시 24시간 후 관측 자료를 이용하여 검증했으며, 1, 2등급 적조 예측 정확도는 각각 97 %, 85 %로 나타났고, 3등급 적조는 입력 자료와 검증자료 모두 발생하지 않아 평가에서 제외됨
- 총 3가지 경우 (9월 2일/4일 48시간 예측, 9월 10일/11일 24시간 예측, 9월 18일/19일 24시간 예측)에 대한 정확도 평가 결과 69.56 %의 재현율을 나타냄
- 이는 여수 및 통영 거제 해역으로 제한된 영역에서 정밀한 적조 위치 및 농도를 관측한 결과로 판단되며, 향후 입력자료 정밀화를 통해 실시간 운용 모델도 정확도를 개선할 여지가 있다고 판단됨

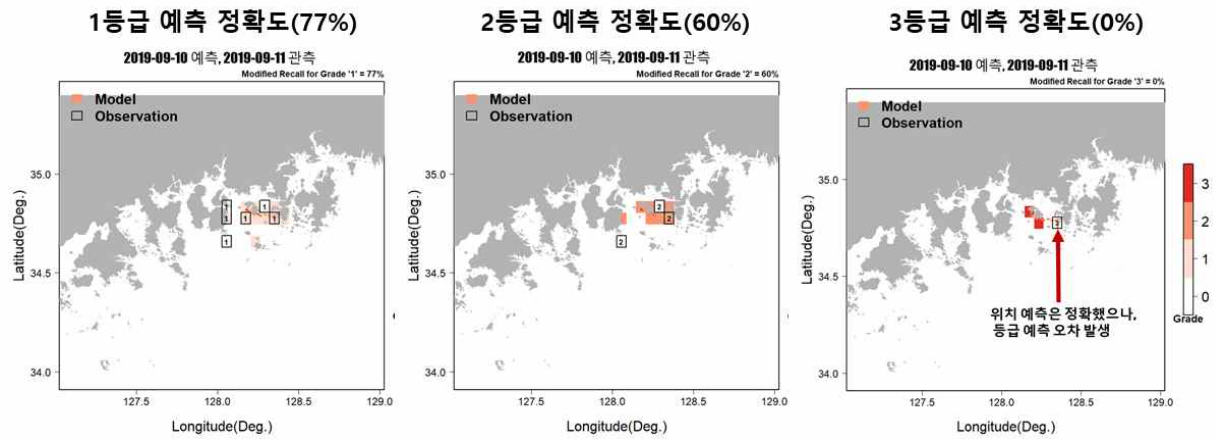


그림 194. 2019년 09월 10일 24시간 후 등급별 예측 결과

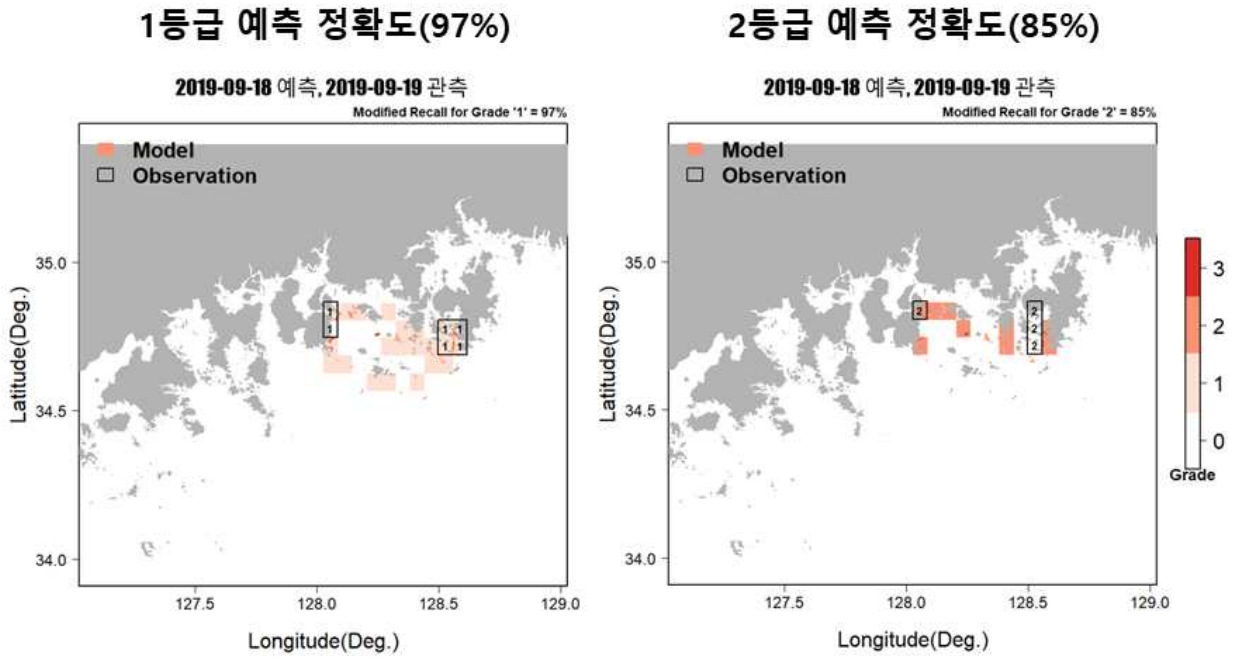


그림 195. 2019년 09월 18일 24시간 후 등급별 예측 결과

표 23. 2019년도 적조 발생 기간의 24시간, 48시간 예측 정확도 계산 결과

예측 날짜	관측 날짜	적조 발생 등급별 수정된 재현율(%)			등급 평균(%)
		1등급	2등급	3등급	
2019-09-02	2019-09-04	89.00	87.00	40.00	72.00
2019-09-10	2019-09-11	77.00	60.00	0.00	45.67
2019-09-18	2019-09-19	97.00	85.00	-	91.00
<b>일 평균(%)</b>		<b>87.67</b>	<b>77.33</b>	<b>20.00</b>	<b>69.56</b>

○ 실시간 운용 모델 검증 결과

- 본 연구에서는 국립수산과학원 적조속보 OpenAPI를 이용하여 적조 발생 시기에 일 단위로 구동되는 준 실시간 모델을 운용함. 본 운용 모델의 오차 평가는 정밀 관측 자료를 이용한 방식을 동일하게 사용했으며 등급 해상도를 낮춘 이진 분류(Binary-class) 평가와 모든 등급에 대한 평가인 다중 분류(Multi-class) 평가를 추가로 비교하여 검증해보았음
- 적조 등급별 재현율은 1등급이 66 %, 2등급이 37.6 %, 3등급이 7 %로 고농도 적조 예측 시 재현율이 현저히 감소하는 경향이 보였으며 이는 앞서 언급한 원인 중 초기 농도 조건을 발생 지점에 정확하게 부여하지 못했기 때문으로 추정됨
- 그러나 Binary-class로 변환하여 재현율을 검토했을 때에는 1등급 적조의 재현율과 유사하게 나타남, 이는 등급과 무관하게 발생 유무로만 평가했을 때 공간적 정확도는 어느 정도 일치한다는 것으로 생각할 수 있으며, OpenAPI를 이용한 초기조건 부여 시 해역 단위로 제공되는 농도를 기하 평균 하게 되어 고농도 적조 정보가 유실되기 때문에 발생하는 것으로 판단됨



표 24. Binary, Multi-class 24시간 예측 재현율(Recall)

Date	Binary-class (%)	Multi-class (%)		
	Modified Recall_Binary	Modified Recall_G1	Modified Recall_G2	Modified Recall_G3
2019-08-20	20	0	0	0
2019-08-21	100	100	0	0
2019-08-22	0	0	0	0
2019-08-23	52	53	0	0
2019-08-24	63	76	0	0
2019-08-25	47	55	0	0
2019-08-26	72	62	29	0
2019-08-27	80	77	6	0
2019-08-28	52	80	87	0
2019-08-29	15	16	12	0
2019-08-30	92	91	78	0
2019-08-31	90	85	43	0
2019-09-01	58	33	32	0
2019-09-02	26	33	10	0
2019-09-03	80	70	33	0
2019-09-04	75	80	32	0
2019-09-05	73	85	37	0
2019-09-06				
2019-09-07				
2019-09-08	69	88	16	0
2019-09-09	45	51	42	0
2019-09-10	93	92	89	12
2019-09-11	95	96	96	32
2019-09-12	70	72	59	0
2019-09-13	100	100	100	76
2019-09-14				
2019-09-15				
2019-09-16	82	80	84	54
2019-09-17	73	78	71	17
2019-09-18	76	95	59	0
2019-09-19	100	100		
2019-09-20	0	0	0	0
<b>Mean</b>	<b>64.21</b>	<b>66.00</b>	<b>37.59</b>	<b>7.07</b>

표 25. Binary, Multi-class 48시간 예측 재현율(Recall)

Date	Binary-class (%)	Multi-class (%)		
	Modified Recall_Binary	Modified Recall_G1	Modified Recall_G2	Modified Recall_G3
2019-08-20	90	90	0	0
2019-08-21	68	68	0	0
2019-08-22	0	0	0	0
2019-08-23	43	52	0	0
2019-08-24	43	55	0	0
2019-08-25	38	22	0	0
2019-08-26	61	49	31	0
2019-08-27	88	90	0	0
2019-08-28	25	27	17	0
2019-08-29	8	0	7	0
2019-08-30	100	100	90	0
2019-08-31	58	27	30	0
2019-09-01	14	16	4	0
2019-09-02	59	68	0	0
2019-09-03	78	83	36	22
2019-09-04	71	80	27	0
2019-09-05				
2019-09-06	67	65	21	0
2019-09-07				
2019-09-08	69	78	37	0
2019-09-09	49	35	41	0
2019-09-10	95	96	88	21
2019-09-11	87	84	82	35
2019-09-12	98	100	94	0
2019-09-13				
2019-09-14	20	25	16	0
2019-09-15				
2019-09-16	91	80	90	55
2019-09-17	91	95	87	37
2019-09-18	100	100		
2019-09-19	93	100	93	27
<b>Mean</b>	<b>63.11</b>	<b>62.40</b>	<b>34.27</b>	<b>7.58</b>

○ 적조 이동 확산 모델 오차 유발 인자 검토

- 국외 유해조류 모델링 구축 및 운용 평가 사례들(Robson and Hamilton, 2004; Stumpf, R. P. et. al., 2009; Petra Roiha et al., 2010; Cusack C. et. al., 2016;)을 검토했을 때, 모형의 복잡도와 추정 오차의 관계에 대한 검토가 반드시 필요함을 알 수 있음
- Costanza and Sklar(1985) 및 Jorgensen(1988)은 모형의 복잡도가 올라갈수록 다수의 고 해상도 입력 자료를 필요로 함
- 해당 입력 자료를 온전히 갖추지 못한 상태에서 초기 입력 자료를 추정할 때 발생하는 오차들은 누적되어 최종 예측 결과에 영향을 줌
- 따라서 모형 구축 이전에 반드시 입력 자료의 오차분석이 수행되어야 하며, 이를 통해 현재 수준에서 가능한 예측 성능을 가늠할 수 있음
- 실시간 운용 모델을 이용한 검증 결과를 통해 일부 입력자료(적조 위치 정보) 누락이 공간오차를 유발할 수 있을 것으로 파악함
- 2019년 09월 09일 적조속보 웹페이지를 통해 도시된 적조 발생 위치 정보를 동일한 날짜의 API를 이용한 초기 입력 자료와 비교했을 때 남해군 연안의 대규모 적조 정보가 누락된 것이 확인됨

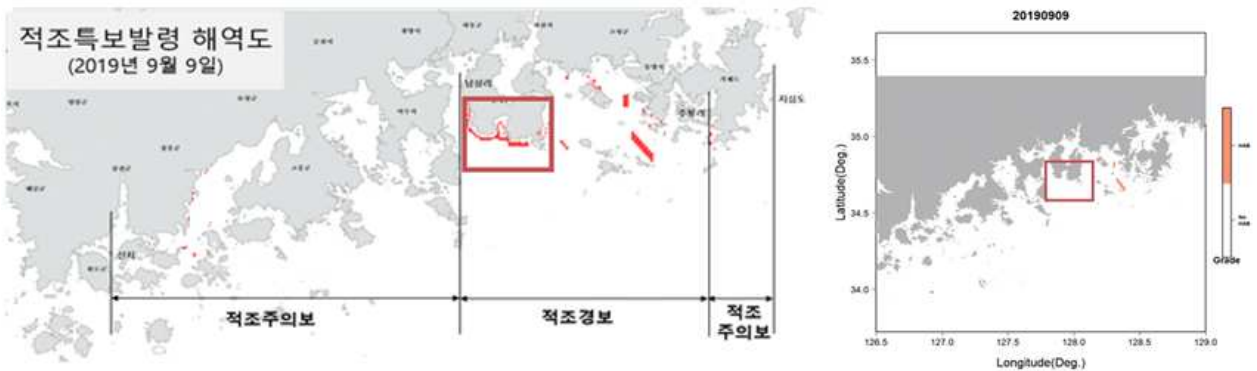


그림 196. 국립수산과학원 적조속보(위)와 같은 날짜의 API 제공 정보(아래) 비교

- 적조 등급과 무관하게 발생 유무를 이용한 위치 예측 오차를 파악한 결과, 2019-09-08의 모델은 24시간 뒤의 관측 자료에 대하여 약 69 % 정도의 재현율(Recall)을 보임. 상기한 위치 정보 누락이 보완되었을 경우, 남해군 연안의 적조 발생을 예측한 것으로 평가되므로 재현율이 향상될 것으로 판단됨

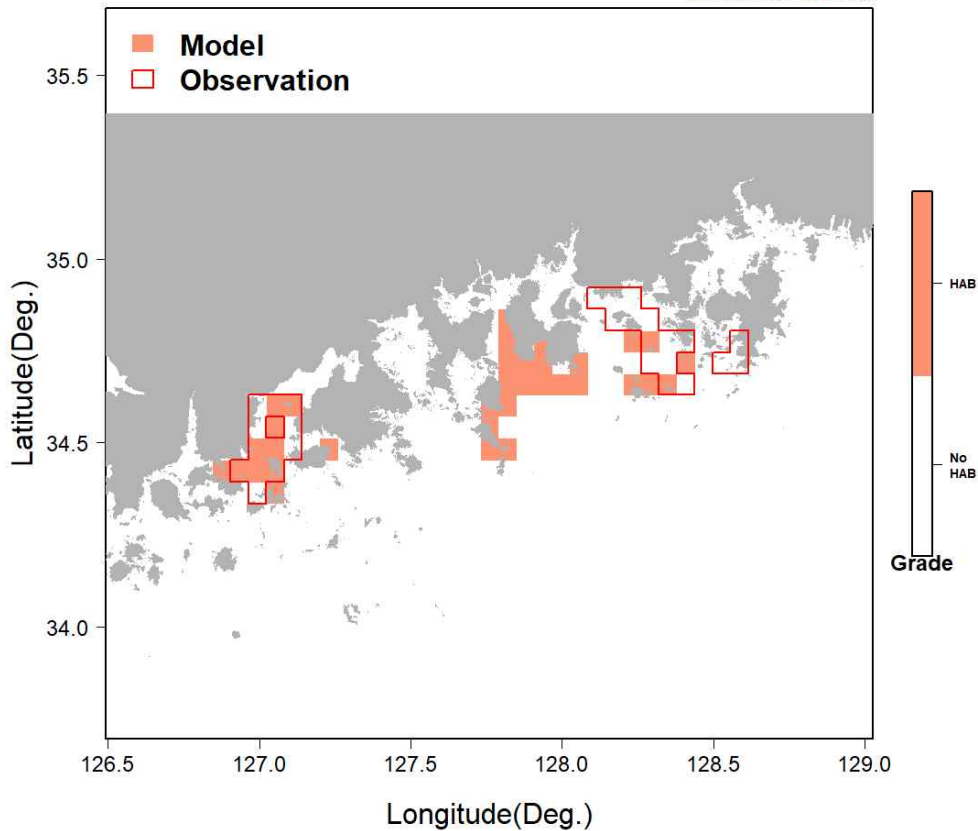
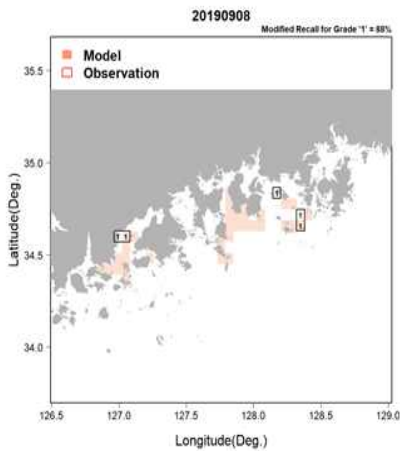


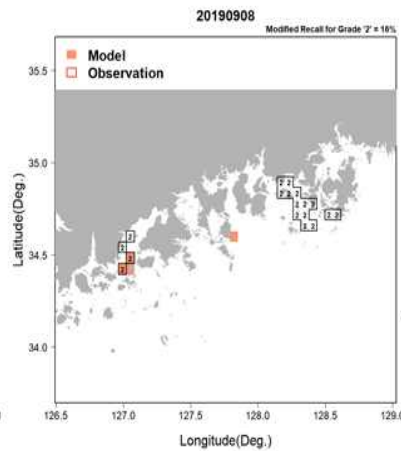
그림 197. 9월 9일 관측 자료를 이용한 9월 8일 24시간 예측 모델의 재현율 평가 결과 (이진분류)

- 관측 정보의 누락은 두 가지 원인으로 추정됨
  - 첫째, 추정되는 원인으로 광범위한 조사 범위로 인한 현장 관측 자체가 누락되는 경우임
  - 둘째, 확인된 원인으로 전산 오류로 인해 API 정보가 누락되는 경우로 판단됨
  - ✓ 후자의 경우 API 제공 시스템 보완 등으로 단기간에 개선 가능한 요소로 보이며, 전자의 경우 예찰 자원 추가 투입 등을 고려해 볼 수 있음
- 그러나 등급별 예측의 경우, 비교적 고농도 적조가 관측되었던 남해군 연안 적조가 2019-09-08 초기 입력 자료에는 발생 지점별 농도를 특정할 수 없어 국립수산과학원 적조 속보(웹, API)에서 제공한 농도들의 기하평균 값인 194 cells/mL로 일괄 적용되어 약 2등급 정도의 초기농도가 부여됨
- 이에 따른 결과로 등급별 위치 예측 오차가 크게 나타난 것으로 판단되기 때문에 적조 발생 위치 정보와 해당 좌표의 농도를 같이 제공하는 등 개선 여지가 있을 것으로 생각됨.
- 현재 적조 속보 자료(OpenAPI 기반)에서 위치 정보는 정확히 제공되나 적조 개체수는 범위로 제공되는 한계점이 있어 입력 변수 측면에서 개체수는 범위가 아닌 개체수(cell/ml)로 제공된다면 적조 예찰 자료의 연계성 및 재현율 측면의 개선이 될것임

### 1등급 예측 정확도(88%)



### 2등급 예측 정확도(16%)



### 3등급 예측 정확도(-%)

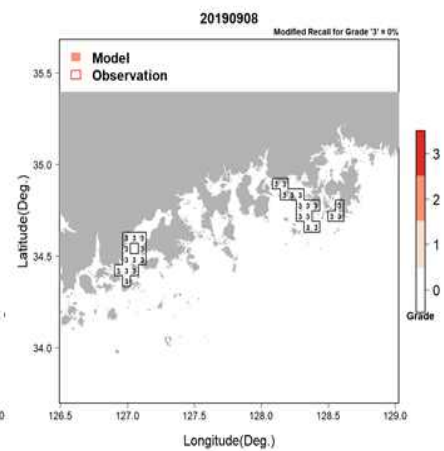


그림 198. 9월 9일 관측자료를 이용한 9월 8일 24시간 예측 모델의 재현율 평가 결과(다중 분류)

#### ○ 모델 구축 및 운용 기술 검토

- 적조 이동 확산 모델 구축 및 운용에 사용된 언어는 오픈소스 통계 분석 언어인 'R'(Version 3.6.1.)로, 무료로 사용이 가능함
- 모델 구축 및 운용 시 사용된 필수 라이브러리는 'raster', 'sp', 'RNetCDF', 'RCurl', 'XML', 'fields', 'lubridate', 'tidyverse'이며 향후 개발 과정에서의 의존성 문제가 발생할 가능성이 적은 라이브러리를 사용함
- 개발된 모듈은 흐름도에 제시된 바와 같이 보조함수 모듈, API 수집 모듈, 입력자료 생성 모듈, 주 계산 모듈로 이루어져 있다. 출력 결과 역시 R에서 직접 다룰 수 있는 'raster' 객체로 반환되며 netcdf(nc) 형식의 파일로 저장이 가능함
- 주 계산 모듈 내부에서는 치명적인 입력자료 오류를 수정하도록 했으며, 지리정보에 익숙하지 않은 사용자를 위해 공간 좌표를 보정하도록 설계되었음
- 향후 보완 가능한 선택사항 등을 입력할 수 있도록 계산부를 분리하였음
- 모델의 입력자료 준비 후 실시간 운용을 위한 운영체제 환경 설정이 필요함, 국내에서 일반적으로 많이 사용하는 윈도우 운영체제를 기준으로 과정은 다음과 같음
- ① 제어판>시스템 및 보안>시스템>고급 시스템 설정 또는 작업표시줄에서 검색을 통해 '시스템 환경 변수 편집' 실행한 뒤, 아래의 순서대로 윈도우의 환경변수에 R 설치 경로를 'R\_HOME'으로 등록(관리자 권한 필요)
- ② 윈도우 커맨드 창에서 R을 실행하여 정상 작동 확인
- ③ 텍스트 편집기를 이용하여 아래와 같이 {R CMD BATCH '실행코드 경로'}를 입력 후 file\_name.bat 와 같이 bat 확장자로 저장. 아래 예에서는 'redtide\_batch.bat'으로 저장
- ④ 수동 실행은 ③의 '.bat'파일을 실행 시키거나 윈도우 스케줄러를 이용해 주기적으로 실행되도록 설정. 단, 배치파일로 실행할 R 코드 내부에는 모델 결과를 저장하는 명령어를 입력해야 함



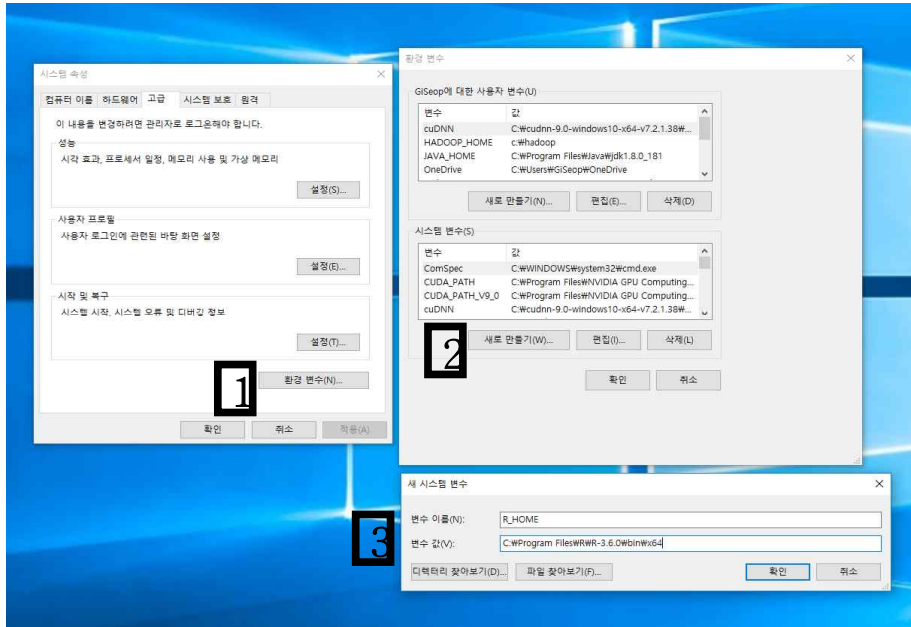


그림 199. 윈도우 환경에서 R 환경변수 설정 과정

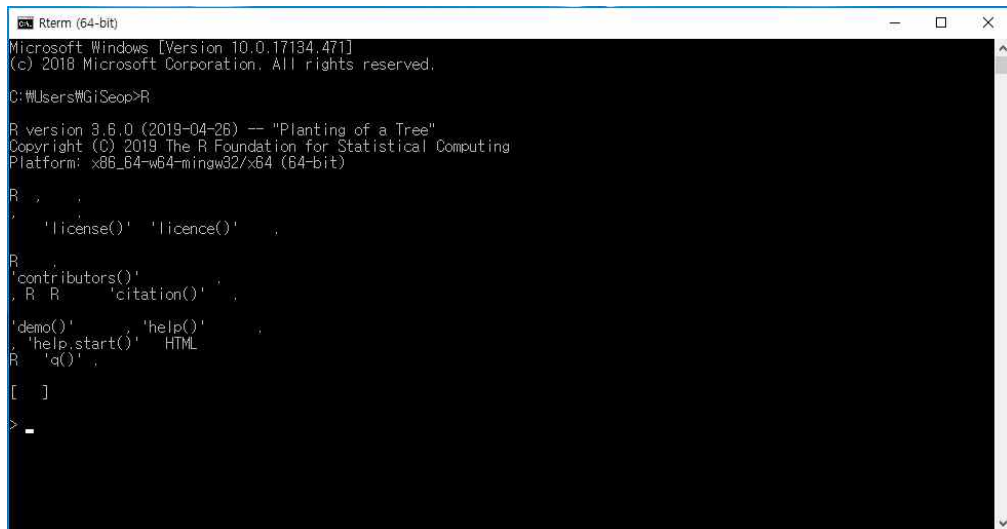


그림 200. 윈도우 cmd에서 R 실행 여부 확인

○ 모델 배포 및 유지 보수

- 실시간 운용 모델은 자료제공 서버나 원격으로 입력 자료 수집이 가능한 PC라면 설치하여 운용 가능함
- 본 연구에서 사용한 모델은 공동개발 플랫폼인 github에 업로드하여 배포될 예정이며, 이 역시 ‘R’언어 내부에서 다운로드 및 설치가 가능하도록 Packaging 과정을 거치는 중임
- 배포 후 사용자는 배포된 모델을 이용하거나 개발에 직접 참여할 수 있으며, 개발 모델의 R 코드는 ‘<https://github.com/Gi-Seop/HAT>’에 업로드 될 예정임

## 6. 유해 적조 생물의 신속 탐지기법 등을 활용한 실시간 예측 정보 보정

가. 유전자 기반 적조 실시간 진단 Kit 적용

(1) 유전자 기반 실시간 진단 Kit 개발

- DNA 및 RNA 기반 유해조류 종판별 기법 탐색하여 PCR, Aptamer, FISH, SH 기법에 대한 자료를 확보하였음
- 각 기법에 대한 타당성 검토 결과, Real-time PCR을 선정하여 Primer 제작, Standard curve 확립 등의 과정을 거쳐 실시간 진단 Kit를 개발하였음
- 유전자 기반 적조생물 실시간 진단 Kit을 이용하여 현장 샘플의 진단 가능성을 확인하였음

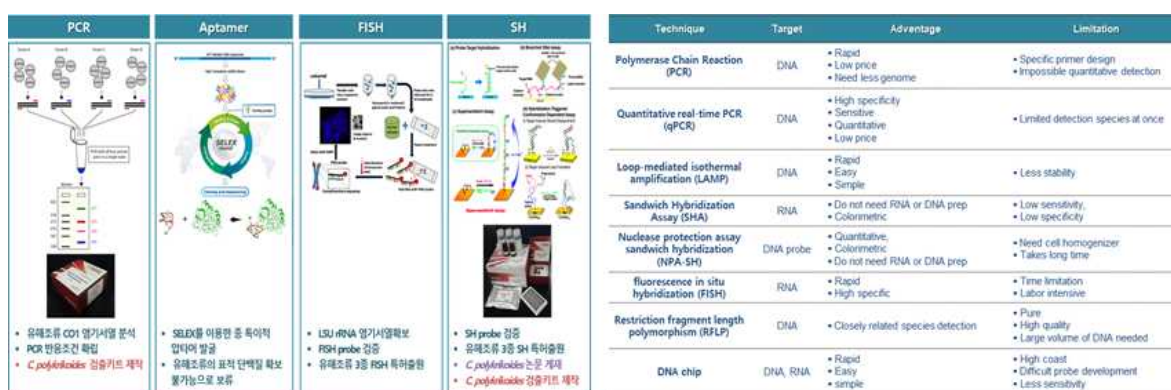


그림 201. 종 판별 검출 기법 비교

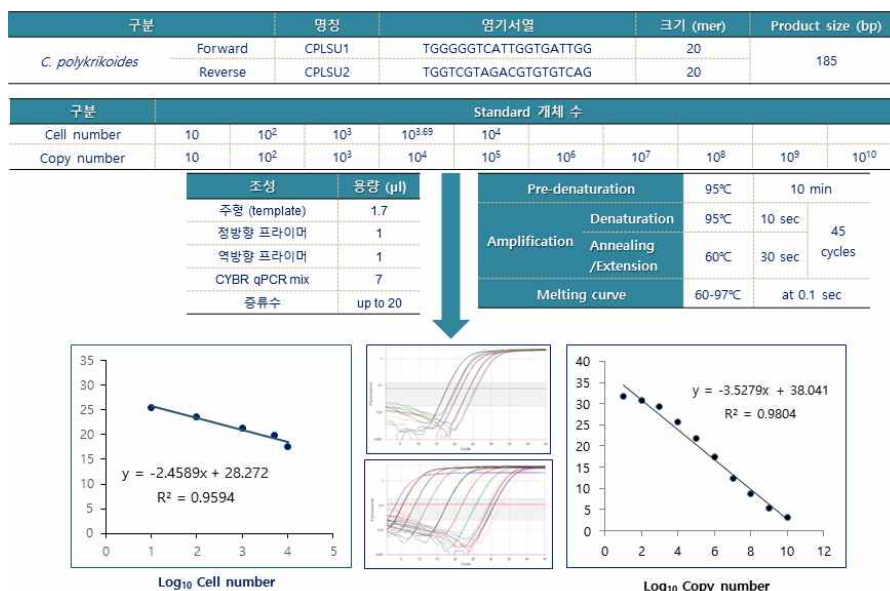


그림 202. Real-time PCR 기반 기술 개발

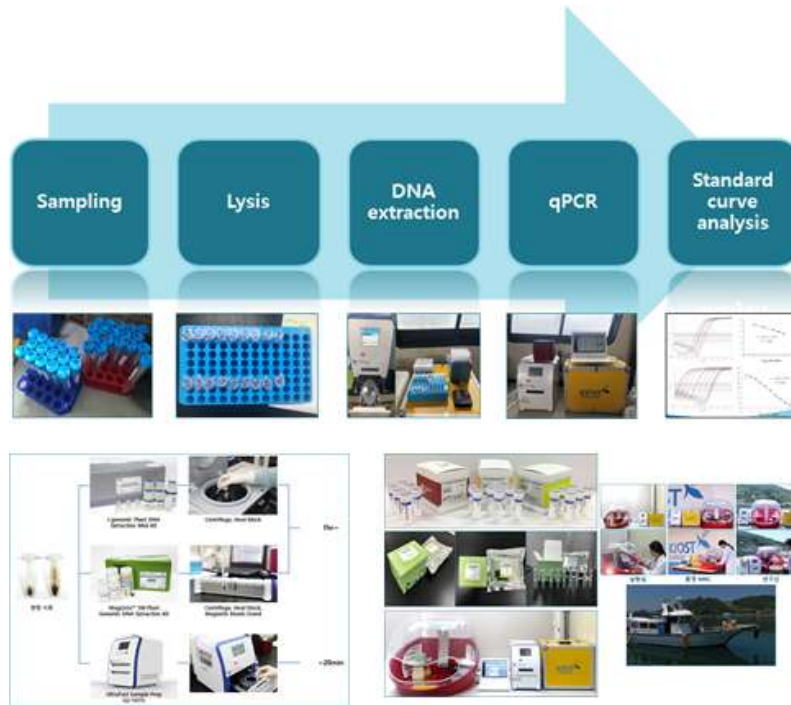


그림 203. 적조생물 판별 진단 프로세스 (위) 및 적조생물 판별 진단 Kit Device 및 현장 적용 (아래)

(2) 유전자 기반 Kit를 사용한 적조 생물 *C. polykrikoides* 정밀 모니터링

- 유전자 기반 실시간 진단 Kit 적용 검증을 위한 2018년도 통영 지역, 2019년도 여수, 통영, 거제 지역의 모니터링을 진행하였음. 특히, 2019년도는 적조의 발생으로 통영 지역을 3차에 걸쳐 현장 모니터링을 진행하였음

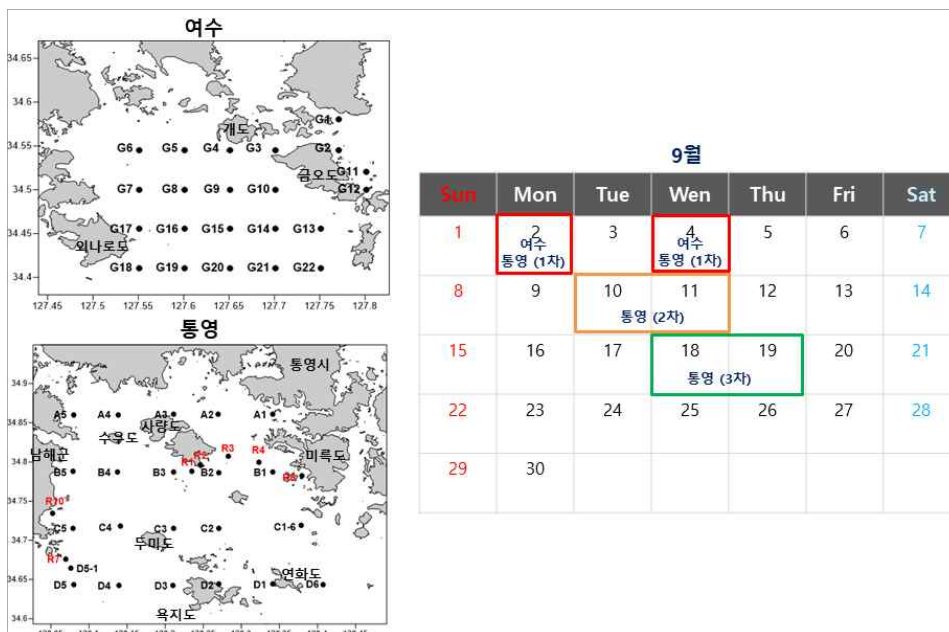


그림 204. 2019년도 광역조사 지역 및 1차, 2차, 3차 조사 기간

- 2018년도 통영에서는 적조가 발생하지 않았으며, 2019년도 여수, 통영, 거제 지역에서 적조생물 실시간 현장 검출과 현미경 검출 결과를 확인한 결과 적조 경보 수치인 1000 cell까지의 sensitivity가 qPCR 실시간 진단 Kit와 현미경 분석이 유사함을 확인함

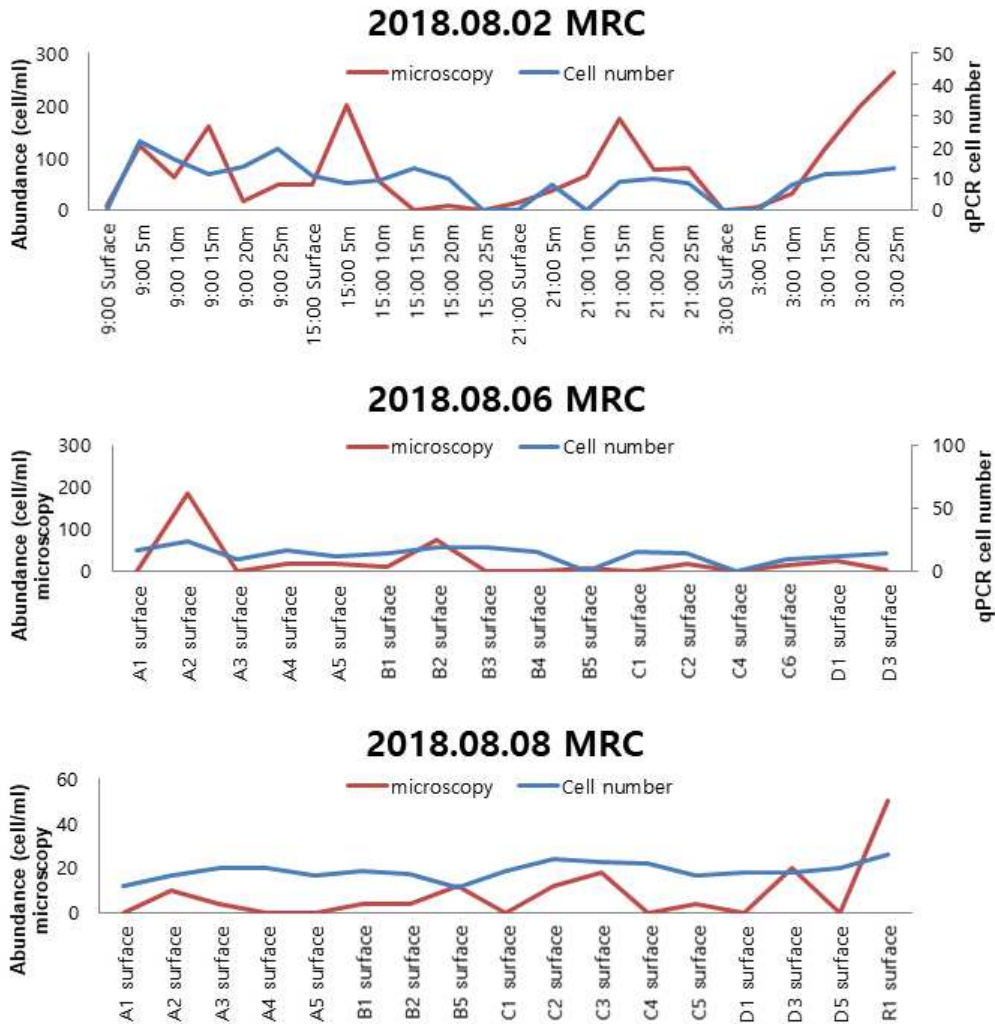


그림 205. 실시간 진단 Kit 검증을 위한 2018년도 통영 지역 *C.polykrikoides* 모니터링

- 여수 지역에서는 2019년 9월 2일에 G1, 2, 8, 9, 20 정점에서 각각 qPCR결과 718.64, 1015.36, 1485.92, 1535.77, 776.57, 2207.30 cells/mL 나타났으며, 2019년 9월 4일에는 G4, 9, 14 정점에서 각각 593.12, 694.64, 2085.42cells/mL이 나타났음
- 통영은 1차, 2차, 3차에 나뉘 광역조사를 실시하였으며, 1차 기간인 2019년 9월 2일과 4일에 D3, C3, D5-1, D5, B5 정점에서 각각 qPCR 결과 924.91, 237.92, 6807.69, 420.70, 381.42 cells/mL이 나타났음
- 2차 기간인 2019년 9월 10일과 11일에 R2, R1, R3, R4, R5, R3 정점에서 각각 qPCR 결과 5255.77, 4460.5, 311.33, 284.05, 7365.37, 3433.48 cells/mL이 나타났으며, 3차 기간인 2019년 9월 18일과 19일에 R10, A4 정점에서 226.38, 365.90 cells/mL이 나타나 2차 기간에 가장 적조가 활발해 졌다가 소멸되는 양상을 보였음



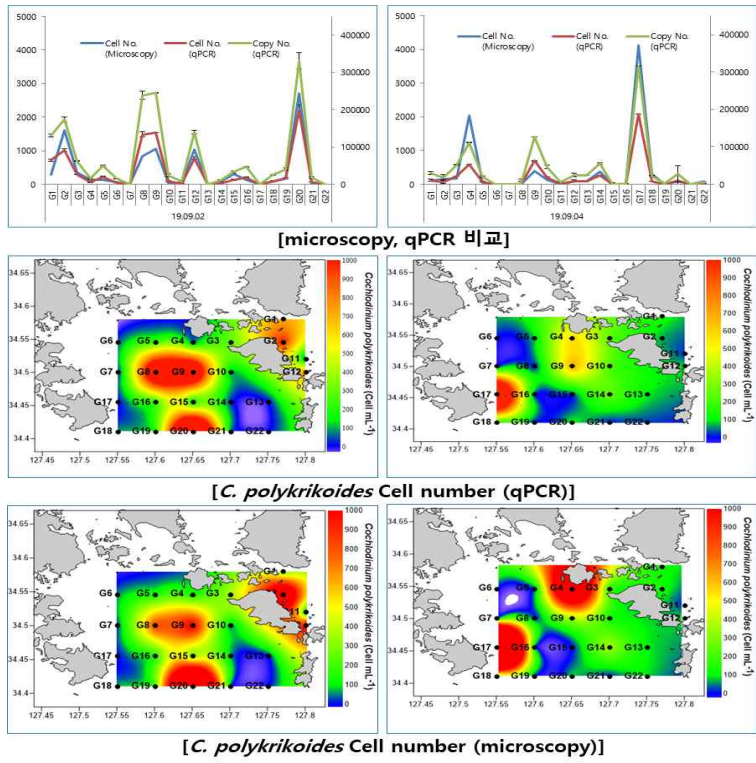


그림 206. 실시간 진단 Kit 검증을 위한 2019년도 여수 지역 *C.polykrikoides* 모니터링

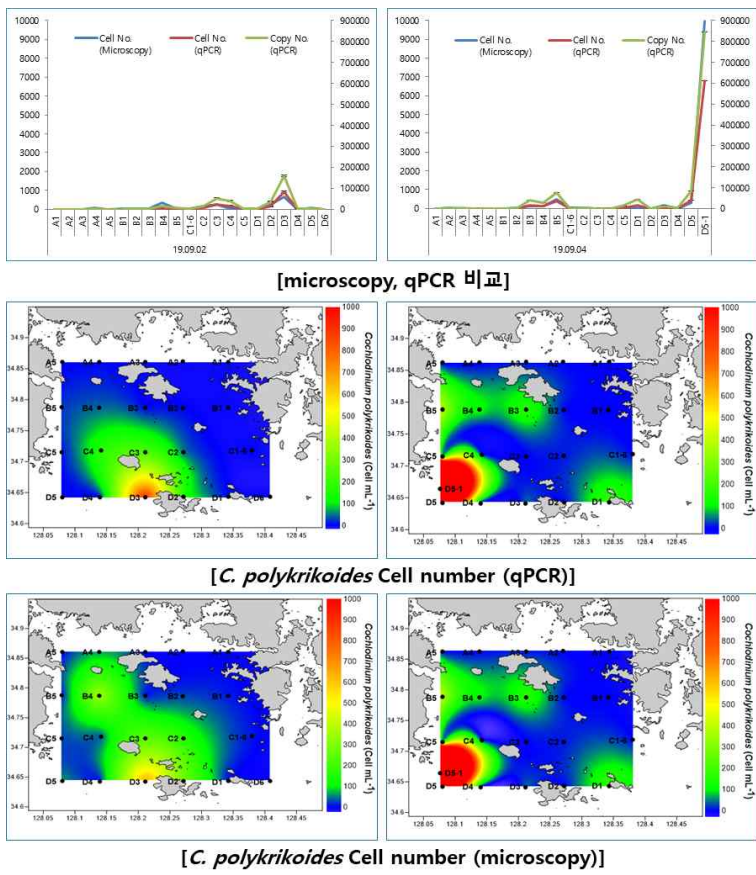


그림 207. 실시간 진단 Kit 검증을 위한 2019년도 1차 통영지역 *C.polykrikoides* 모니터링



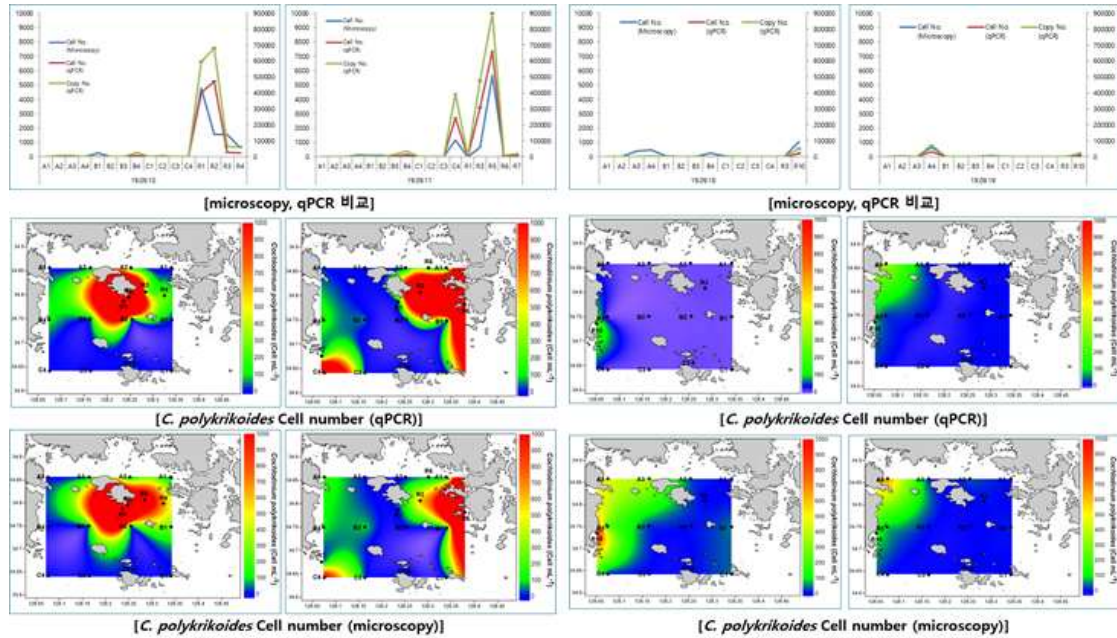


그림 208. 실시간 진단 Kit 검증을 위한 2019년도 통영 해역 *C.polykrikoides* 모니터링: 2차(좌), 3차(우)

#### 나. 휴대용 적조 광학탐지 모듈 개발 및 현장 적용

##### (1) 적조 생물의 신속한 현장 종판별을 위해 휴대용 적조 광학 탐지 장치를 개발

- 적조를 일으키는 생물은 *Cochlodinium polykrikoides*, *Gymnodinium* sp., *Alexandrium* sp., *Karenia mikimotoi*, *Chattonella* spp. 등 매우 다양하고 크기는 20-40  $\mu\text{m}$ 로 매우 작으며 유사하기 때문에, 분류 전문가가 아니면 종 확인이 어려움
- 현재 모니터링 과정은 현장에서 수집한 표본을 분자마커나 실험실의 현미경을 이용하여 적조 생물의 존재 유무를 확인하고 동정하고 있음. 그러나 신속한 종 확인이 필요할 때 광범위한 조사 해역을 제한된 인력으로 적조 발생 여부 감지도 어려움이 따름
- 따라서, 적조 생물 모니터링의 필수 장비인 현미경에 ICT 기술을 접목하여, 현장에서 촬영한 고해상도 사진을 바로 전문가에게 전송을 할 수 있는 휴대용 적조 광학 탐지 장치를 개발하였음
- 휴대용 적조 광학 탐지 장치 개념도를 구현하였음. 주요 구성품은 시료의 크기를 광학적으로 확대하는 휴대 가능 소형 현미경(CM2-F175, Nikon), 2) 현미경 영상 기록용 디지털카메라(D850, Nikon), 3) 스마트폰용 디지털 카메라 제어 프로그램(SnapBridge Ver.2.5.4, Nikon) 및 자료 전송을 위한 스마트폰, 4) 현장에서 현미경 재물대의 시료를 안정적으로 고정할 수 있는 반폐쇄형 슬라이드 글라스(3차 모델), 5) power LED 광원으로 구성되어 있음

### 휴대용 적조 광학탐지 장치 개념도



그림 209. 휴대용 적조 광학 탐지 장치 개념도

- 휴대용 적조 광학 탐지 장치 현장 운용 편의성 평가를 위해 이 장비를 소형선박에 선적하여 적조 생물 모니터링 현장으로 이동하였음
- 조사 해역에서 도착한 후 수집한 표본을 필터(망목, 20 $\mu$ m)로 농축한 후, 농축 시료를 반폐쇄형 슬라이드 글라스에 주입한 후 촬영한 디지털 이미지를 전송하였음
- 정선 상태의 시료 채집을 제외한 모든 과정을 조사 정점 간 이동 항해 중에 실시하였음
- ✓ 사진 촬영조건은 카메라 ISO 자동, 노출시간 1/8,000초, 조리개 F 개방, 대물렌즈 배율 10X 또는 20X

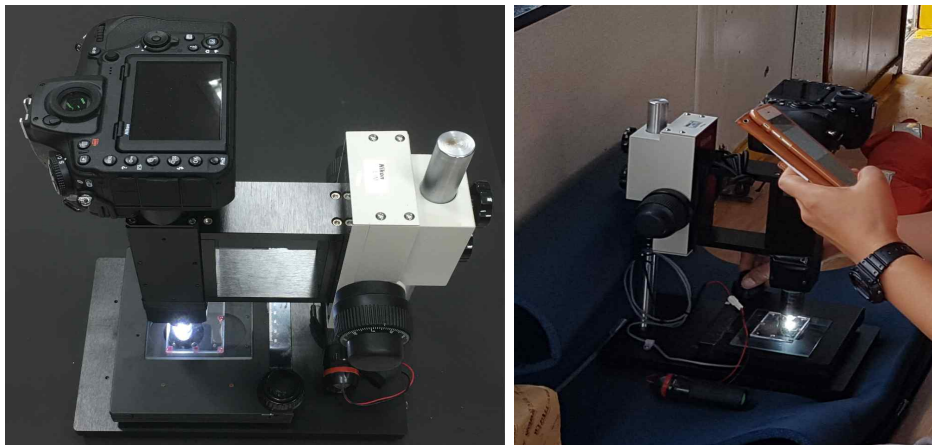


그림 210. 휴대용 적조 광학 탐지 장치 최종 모델( 4차 모델; 좌)과 적조생물의 현장(소형 이동 선박) 모니터링; 적조생물 촬영과 디지털 이미지 전송(우).

- 현장에서 휴대용 적조 광학 탐지 장치의 재물대에서 시료를 안정적으로 고정할 수 있는 반폐쇄형 슬라이드 글라스는 최초 모델 제작 후 2회의 추가 개량을 실시하였음
- 1차 모델은 크기가 76.0 x 25.0 mm인 상판(아크릴, 두께 1.0 mm; 시료 주입구, 10.0

mm)과 하판(유리, 두께 1.5 mm)의 간격은 0.1 mm임

- 시료가 밖으로 유출되지 않도록 두 판의 사방을 5 mm 넓이의 실리콘으로 밀봉한 후, 관찰 후 시료를 제거하기 위해 시료 주입구 맞은편 측면에 넓이 1.0 mm 정도의 틈을 만들었음. 이 틈의 모세관현상을 이용하여 현장 관찰한 시료를 제거하였음
- 이후 2차 모델에서 동일 크기에 시료 배출구(직경 5.0 mm)를 주입구 맞은편 상부로 변경하였음
- 마지막 3차 모델은 많은 시료 주입의 필요성, 시료 주입 시 내부 공기의 원활한 배출, 관찰 시료 제거의 편의성을 고려하였음. 이 모델은 크기가 76.0 x 52.0 mm임. 왼쪽 중앙 구멍 직경은 5.0 mm(시료 배출), 오른쪽 중앙의 구멍 직경은 10.0 mm(시료 주입), 모서리 구멍 직경은 2.0 mm(내부 공기 배출), 상판(아크릴, 두께 1.0 mm)과 하판(유리, 두께 1.5 mm)의 간격 0.5 mm임 두 판의 가장자리를 약 2.0 mm 폭의 실리콘으로 밀봉하였음. 시료를 적재할 수 있는 부피는 약 1.7 mL임

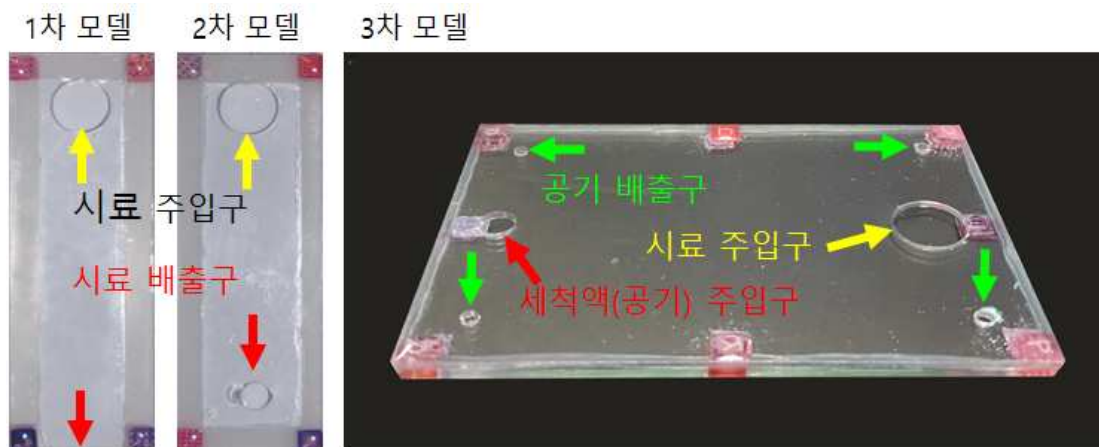


그림 211. 재물대의 표본 고정을 위한 반폐쇄형 슬라이드 글라스(1-3차 모델)

- 현장에서 적조 생물 탐지와 종판별을 위해 휴대용 적조 광학 탐지 장치와 반폐쇄형 슬라이드 글라스를 개발하였음
- 두 종류의 1차 모델에 대한 성능 평가와 개선을 위해 여수 하태도 부근(2018년 7월 26일)과 통영해양생물자원기지(2018년 8월 1일) 두 곳에서 적조 모니터링 현장(선박)에서 운용 실험을 실시하였음
- 휴대용 적조 광학 탐지 장치는 현장 운용 결과 분석 후 추가로 3회 수정 보완을 하였음
- 1차 수정의 주요 내용은 초점의 정확도 향상을 위해 현미경 경통을 미동 나사로 조절할 수 있는 모델로의 교체임
- 2차 수정은 살아 있는 적조 생물(*Cochlodinium polykrikoides*)의 빠른 움직임 추적과 카메라의 장시간 노출이 용이한 디지털 카메라로 변경하였음. 이 때 CMOS 면적이 23.6 X 15.7 mm (2088만 화소; Digital camera D7500, Nikon)에서 36.0 X 23.9 mm (1600만 화소; DS-Ri2, Nikon)로 증가하였지만 화소수는 약간 감소하였음
- 3차 보완한 최종 모델은 카메라의 해상도 향상, 장기 노출, 스마트폰과의 연동성을 고려



하였음. 이 때 카메라 CMOS 면적(D850, Nikon)이 36.0 X 24.0 mm로 같지만 화수소는 최초 모델의 약 2배인 4575만 화소로 증가시켰음



그림 212. 휴대용 적조 광학 탐지 모듈 1차 모델(좌), 2차 모델(중), 3차 모델(우)

- 완성된 휴대용 적조 광학 탐지 장치와 반폐쇄형 슬라이드 글라스를 이용하여 2019년에 총 3회의 현장 적조 모니터링을 수행하였음
- 1차 현장 모니터링은 8월 16일 통영시 한산도 동부해역, 2차는 9월 4일 통영시 미륵도 서부해역, 3차는 9월 10일 여수시 금오도 동부해역으로 각 조사 정점에서 촬영한 생물들의 디지털 이미지를 모니터링 현장에서 즉시 전송하였음

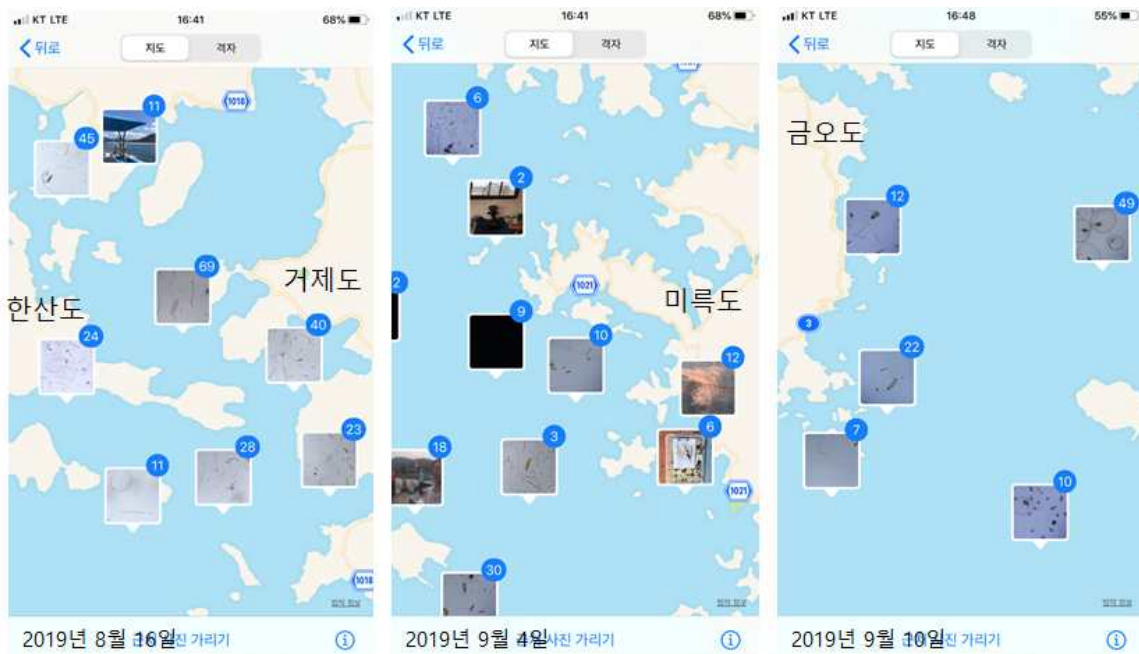


그림 213. 휴대용 적조 광학 탐지 모듈의 소형선박 탑재 현장 운용 해역과 시간

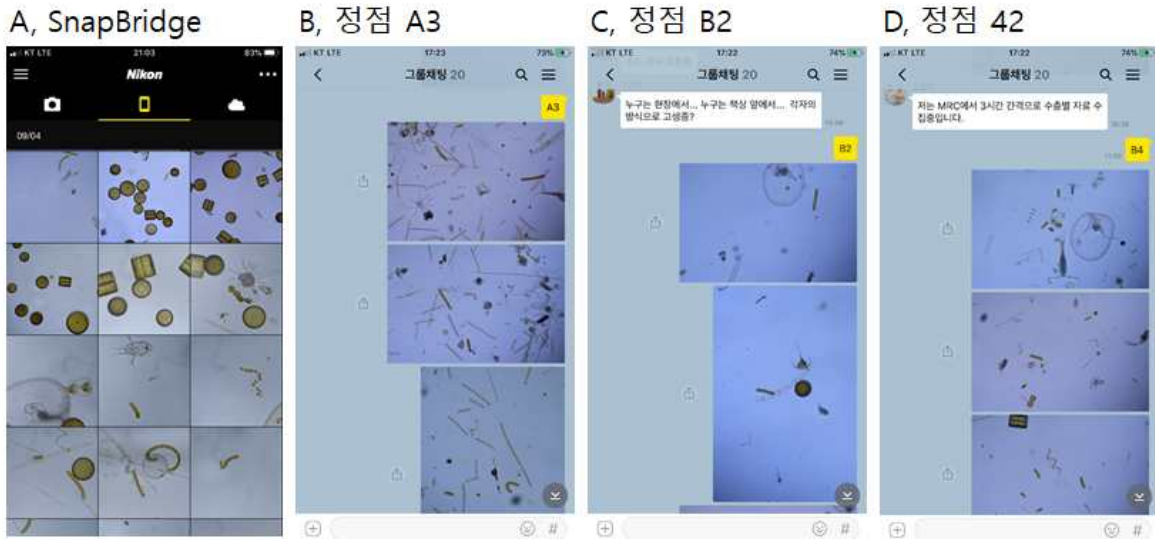
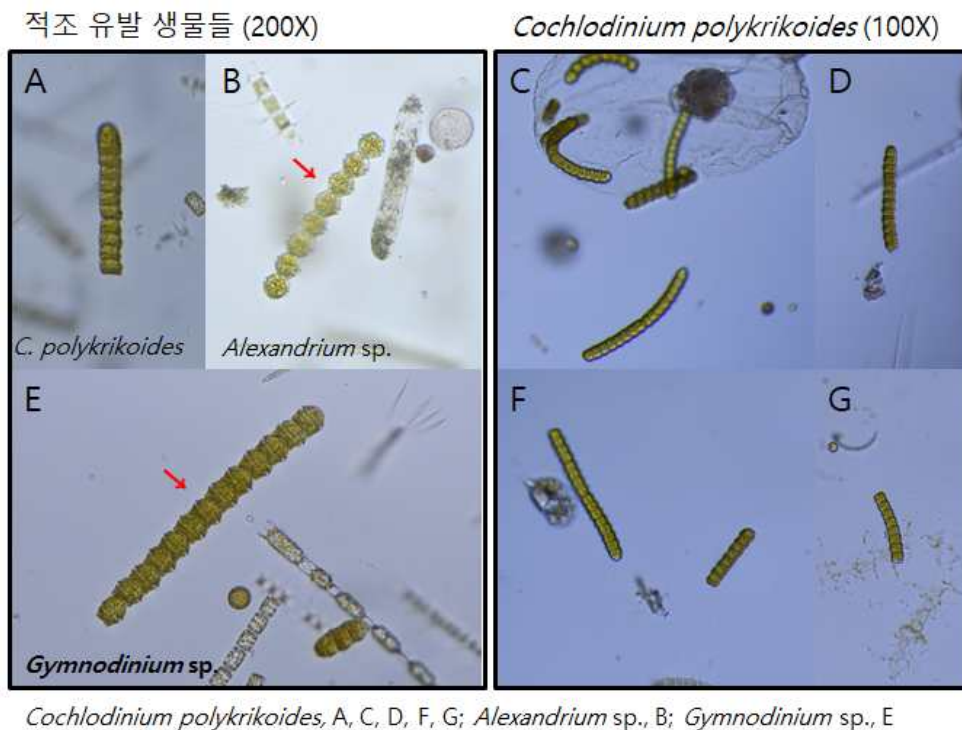


그림 214. 휴대용 적조 광학 탐지 장치의 카메라(그림 2) 스마트폰 제어(A) 및 현장 사진 전송(B-D)

- 현장에서 휴대용 적조 광학 탐지 모듈로 적조 생물들을 촬영하고 동정한 종들은 *Cochlodinium polykrikoides*, *Alexandrium* sp., *Gymnodinium* sp. 등 3 종임
- 배율에 따른 종 분해능은 200배가 100배보다 유리하였음. 이와 반대로 유영속도가 빠른 *C. polykrikoides* 촬영에는 광각의 대물렌즈 10X가 20X보다 유리하였음



*Cochlodinium polykrikoides*, A, C, D, F, G; *Alexandrium* sp., B; *Gymnodinium* sp., E

그림 215. 휴대용 적조 광학 탐지 장치에서 촬영된 적조 종

- 이렇게 휴대용 적조 광학 탐지 모듈은 현장에서 누구나 이 장치를 쉽게 이용할 수 있어야 한다는 대 전제 하에 개발한 장비를 수차례 현장 적용 후 보완을 하였음



- 
- 이렇게 최종 모델을 이용하여 적조 생물 모니터링 현장에서 표본 농축, 촬영 이미지 전문가 전송, 적조 생물 종판별이 가능하였음
  - 본 개발에서 현장에서 휴대용 적조 광학 탐지 장치의 재물대에 농축 시료를 안정적으로 고정할 수 있어야 함. 이는 채수한 해수를 농축기(망목, 20 um)에 넣음. 망목위의 고농도 시료를 피펫으로 재물대위의 반폐쇄형 슬라이드 글라스에 주입 후 위의 두 과정을 다수의 모니터링 정점에서 시료 농축 장치와 반폐쇄형 슬라이드 글라스 한 쌍을 이용하여 현장에서 다수의 조사 정점에서 마이크로플랑크톤 촬영에 성공하였음
  - 현장에서 적조생물을 촬영할 때 살아 있는 생물과 선박 진동과 적조 생물의 빠른 움직임 극복이 중요하므로, 촬영한 사진의 품질이 이를 증명하여 성공하였음
  - 이 때 카메라는 수 시간 연속 작동상태로 촬영조건은 노출시간 1/8000초로 동일하였지만, 시료 농도와 대물렌즈 배율(10X 또는 20X)에 따라 ISO는 250에서 최대 3200으로 움직이는 피사체를 촬영하였음
  - 이는 Power LED가 상기의 촬영 조건에 만족할 수 있는 충분한 광을 제공하였기 때문에 가능하였으며, 적조생물의 광에 의한 사멸은 없었음
  - 본 연구를 통해 개발한 휴대용 적조 광학 탐지 장치와 부가장비(현장 시료 농축기, 반폐쇄형 슬라이드 글라스, Power LED, 스마트폰 등)를 이용하여 모니터링 현장에서 적조 생물의 유무와 종판별에 성공하였음
  - 이와 동시에 상용 무선통신망을 이용하여 현장에서 종 동정의 정확성 높이기 위해 전문가에게 고해상도의 디지털 이미지 전송도 가능하였음. 따라서 이 장비는 신속한 종판별을 요하는 다양한 현장 요구에 부응할 것으로 판단됨

## 7. 실시간 적조 탐지·예측 시스템 설치 및 시험 지원 (통영, 여수(고흥), 거제)

- 적조 음향탐지 시스템 통영 6개소, 여수 5개소, 거제 4개소 설치 및 시험 지원
- 수온 관측 시스템 통영 4개소, 여수 4개소, 거제 1개소 설치 및 시험 지원
- 실시간 적조 탐지 시스템 설치 환경 다양화 및 태풍 등 특이 사항 발생 시 시스템 안정성 향상 및 원격 지원



그림 216. 적조 음향탐지 시스템 및 고수온 관측 시스템 현장 설치 구성

- 탐지 시스템 운용 및 유지 보수성 향상을 위한 시스템 업그레이드
  - 평상시 최소 전원(통신, GPS)만 인가, 센서부 등은 운용 시에만 전원을 공급하여 사용
  - Sleep, Wake-up 모드 및 연속 운용 모드를 도입하여 사용자가 선택적으로 운용 가능
- 적조 음향탐지 시스템 가두리 설치 운용성을 위한 시스템 구성
  - 충전 및 보호회로를 포함한 고밀도 대용량의 배터리 박스 시스템 설계 제작
  - 적조 음향탐지 시스템 365일 운용을 위한 솔라셀을 포함한 시스템 설치대 설계 제작
- 고수온 관측 시스템 365일 운용을 위한 솔라셀을 포함한 시스템 설치대 제작



그림 217. 적조 음향탐지 시스템 설치대

### 제3절 적조정보 및 예보 서비스 시범개시 및 구축 운영

#### 1. 적조 탐지 및 예측 시스템 체계

- 적조 피해 최소화를 위해 실시간 적조 탐지 및 예측 시스템을 구축하고 실증화를 통해 실시간으로 적조 정보를 가시화하고 모니터링하는 서비스를 제공한다

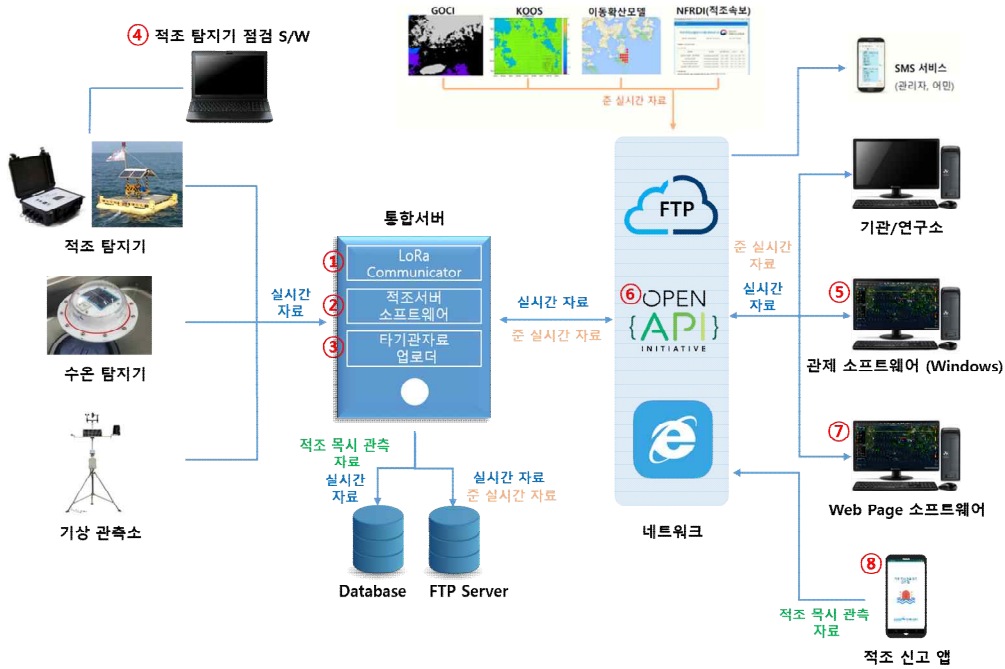


그림 218. 적조 체계 및 소프트웨어 구성도

#### 2. 적조 체계 소프트웨어 구성

표 26. 적조 체계 소프트웨어 구성 내용

번호	구분	Target 시스템	내용	참고
1	LoRa Communicator	적조 서버 PC	LoRa 서버 자료 조회 및 적조 서버로 송신	Windows PC
2	적조서버 소프트웨어	적조 서버 PC	LoRa 커뮤니케이터, 기상자료 수신 및 DB 저장	
3	타 기관 자료 업로더	관리자 PC	타 기관 자료를 가시화체계용 자료로 변환 (netCDF to image)	
4	적조 음향탐지 시스템 점검 SW	적조 음향탐지 시스템 점검용 노트북	적조 음향탐지 시스템 점검	
5	관제 소프트웨어	적조 서버 PC	실시간/준 실시간(적조 DB자료) 조회 및 가시화	Middle Ware
6	OpenAPI	적조 서버 PC	웹 연동을 통한 적조 DB자료 조회를 위한 미들웨어	
7	Web Page 소프트웨어	일반 PC	웹 브라우저 상에서 실시간/준 실시간(적조 DB자료) 조회 및 가시화	Web
8	적조 신고 앱	안드로이드 기반 스마트폰	안드로이드용 적조 수색 신고	Android

가. 적조 체계 소프트웨어 개발 Revision

(1) 2017년 (1차)

표 27. 2017년도 적조 체계 소프트웨어 개발 Revision 내용

이름	내용	참고
LoRa Communicator	<ul style="list-style-type: none"> <li>LoRa Communicator 소프트웨어 신규 개발</li> </ul>	신규 개발
적조서버	<ul style="list-style-type: none"> <li>적조 서버 소프트웨어 신규 개발</li> </ul>	신규 개발
관제 소프트웨어 (Windows)	<ul style="list-style-type: none"> <li>실시간/준 실시간(적조 DB 자료) 조회 및 가시화 소프트웨어 개발</li> <li>전자해도 (google map)을 통한 탐지기 위치 및 탐지 자료 전시</li> </ul>	신규 개발
적조 음향탐지 시스템 점검 소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> <li>적조 음향탐지 시스템 점검 소프트웨어 개발</li> </ul>	신규 개발

(2) 2018년 (2차)

표 28. 2018년도 적조 체계 소프트웨어 개발 Revision 내용

이름	내용	참고
LoRa Communicator	<ul style="list-style-type: none"> <li>적조 및 수온 탐지기 연동 확장 (연동 장비 개수 증가)</li> <li>기상 관측자료 연동 확장 (여수 지역 추가)</li> <li>안정화 (오류 및 예외처리 보완)</li> </ul>	기능 보완
적조서버	<ul style="list-style-type: none"> <li>적조 및 수온 탐지기 연동 확장 (연동 장비 개수 증가)</li> <li>기상 관측자료 연동 확장 (여수 지역 추가)</li> <li>SMS, MMS 문자 서비스 기능 추가</li> </ul>	기능 보완
관제 소프트웨어 (Windows)	<ul style="list-style-type: none"> <li>개발 플랫폼 변경 (LabWindows CVI에서 Visual Studio C#)</li> <li>적조 자료 (DB 자료) 조회 기능 보완</li> <li>- 과거 적조 자료 (DB 자료) 조회 및 가시화</li> <li>타 기관 자료 실시간 연동 및 가시화</li> <li>- GOCI 위성자료</li> <li>- KOOS 해류 자료</li> </ul>	기능 보완
적조 음향탐지 시스템 점검 소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> <li>적조 음향탐지 시스템 점검 소프트웨어 보완</li> <li>점검 항목 추가</li> </ul>	기능 보완
타 기관 자료 업로더	<ul style="list-style-type: none"> <li>타 기관 자료 실시간 연동 및 변환 소프트웨어 개발</li> <li>- GOCI 위성 자료를 가시화 체계 사용가능한 형태로 변환</li> <li>- KOOS 해류 자료를 가시화 체계에서 사용가능한 형태로 변환</li> <li>- 이동확산 모델 자료를 가시화 체계에서 사용가능한 형태로 변환</li> </ul>	신규 개발
OpenAPI	<ul style="list-style-type: none"> <li>적조 DB 자료를 가시화 소프트웨어에서 사용가능하도록 조회 서비스 제공</li> <li>http 기반 조회 서비스 제공</li> </ul>	신규 개발

(3) 2019년 (3차)

표 29. 2019년도 적조 체계 소프트웨어 개발 Revision 내용

이름	내용	참고
LoRa Communicator	<ul style="list-style-type: none"> <li>적조 및 수온 탐지기 연동 확장 (연동 장비 개수 증가)</li> <li>안정화 (오류 및 예외처리 보완)</li> </ul>	기능 보완
적조서버	<ul style="list-style-type: none"> <li>적조 및 수온 탐지기 연동 확장 (연동 장비 개수 증가)</li> <li>SMS, MMS 문자 서비스 기능 보완</li> </ul>	기능 보완
관제 소프트웨어 (Windows)	<ul style="list-style-type: none"> <li>과거 타 기관 자료 조회 및 가시화 보완                             <ul style="list-style-type: none"> <li>GOCI 위성 자료 조회 및 가시화</li> <li>KOOS 해류 자료 조회 및 가시화</li> <li>이동확산 모델 자료 조회 및 가시화</li> </ul> </li> <li>전자해도 변경                             <ul style="list-style-type: none"> <li>기존 google map 기반에서 Mapbox 기반 전자지도로 변환</li> <li>지도 해상도 증가</li> <li>타 기관 자료 가시화 보완</li> </ul> </li> </ul>	기능 보완
적조 음향탐지 시스템 점검 소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> <li>적조 음향탐지 시스템 점검 소프트웨어 보완</li> </ul>	기능 보완
타 기관 자료 업로더	<ul style="list-style-type: none"> <li>타 기관 자료 실시간 연동 및 변환 소프트웨어 보완</li> </ul>	기능 보완
OpenAPI	<ul style="list-style-type: none"> <li>적조 DB 자료를 Web, PC에서 사용 가능하도록 서비스 보완</li> </ul>	기능 보완
Web Page 소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> <li>웹 브라우저를 통한 가시화 체계 소프트웨어 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>기존 관제 소프트웨어 기능 적용</li> <li>웹 브라우저 상에서 적조 데이터 및 타 기관 자료 조회</li> </ul> </li> </ul>	신규 개발
적조 신고 앱	<ul style="list-style-type: none"> <li>적조 상태(수색)을 신고할 수 있는 안드로이드용 스마트폰 앱 개발</li> </ul>	신규 개발

나. 적조 체계 소프트웨어 형상 항목 설계 및 개발

(1) LoRa Communicator 소프트웨어

(가) 개요

- LoRa Communicator 소프트웨어는 탐지기(LoRa Device)로부터 SK Telecom Thing-Plug 서버에 기록한 데이터를 조회하고 수신하는 소프트웨어이다.



그림 219. ThingPlug를 통한 LoRa Communicator와 LoRa Device간 연동



(나) 개발 환경

표 30. LoRa Communicator 소프트웨어 개발환경 내용

구분	내용	참고
운영체제	Windows 10	Microsoft
개발환경	LabWindows CVI 2015 with SP1	National Instruments
컴포넌트	HTTP Comm Library	Open Source
핵심기술	RestAPI를 통한 SK telecom Thing-Plug 연동 TCP/IP 연동	

(다) CSCI 구성

- LoRa Communicator 소프트웨어의 CSCI 구성은 아래와 같다.

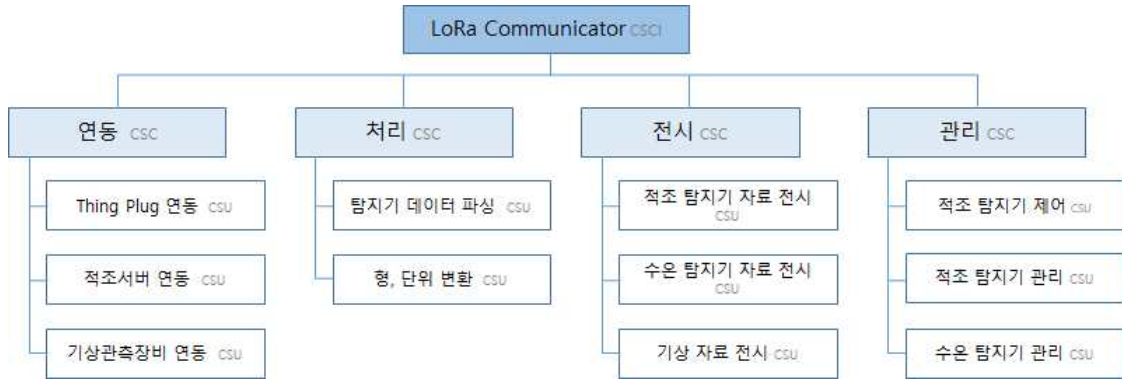
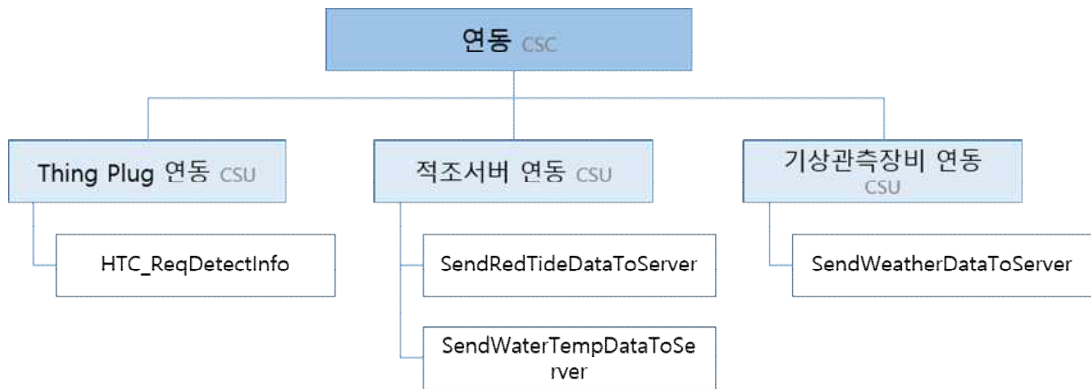


그림 220. LoRa Communicator CSCI 구성도

○ 연동 CSC 구성

- LoRa Communicator 소프트웨어 연동 CSC 구성은 아래와 같다.



[그림 221] LoRa Communicator 소프트웨어 연동 CSC 구성도

표 31. LoRa Communicator 소프트웨어 연동 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
연동	Thing Plug 연동	HTTP 기반 통신으로 Thing Plug와 연동하여 탐지자료를 조회하고 수신한다.	
	적조서버 연동	적조서버로 탐지자료를 송신한다.	
	기상관측장비 연동	통영, 여수 지역 기상관측장비로부터 기상자료를 수신한다.	

○ Thing Plug 연동 CSU

- Thing Plug 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ int HTC\_ReqDetectInfo (char \*devEUI, char\* appEUI, char\* userKey, char\* rcvData, unsigned char devIndex)
- ✓ 정의 : LoRa 장비의 데이터 조회를 요청한다.

표 32. Thing Plug 연동 CSU - HTC\_ReqDetectInfo 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	devEUI	char *	LoRa 장비 Device EUI 정보
	appEUI	char *	LoRa 장비 Application EUI 정보
	userKey	char *	LoRa 장비 Application Key 정보
	rcvData	char *	추출한 정보를 받을 변수
	devIndex	unsigned char	장비 인덱스 번호
Return		int	HTTP 요청 결과 정보

○ 적조서버 연동 CSU

- 적조서버 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void SendRedTideDataToServer (T\_REDTIDE\_DATA tData)
- ✓ 정의 : 적조 서버 소프트웨어로 적조 음향탐지 시스템 데이터를 전송한다.

표 33. 적조서버 연동 CSU - SendRedTideDataToServer 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	tData	T_REDTIDE_DATA	적조 장비 탐지 자료 구조체
Return		없음	

- ✓ void SendWaterTempDataToServer (T\_WATERTEMP\_DATA tData)

- ✓ 정의 : 적조 서버 소프트웨어로 수온 탐지기 데이터를 전송한다.

표 34. 적조서버 연동 CSU - SendWaterTempDataToServer 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	tData	T_WATERTEMP_DATA	수온 장비 탐지 자료 구조체
Return		없음	

○ 기상관측장비 연동 CSU

- 기상관측장비 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void SendWeatherDataToServer (T\_WEATHER\_DATA tData)
- ✓ 정의 : 적조 서버 소프트웨어로 기상 관측 장비 데이터를 전송한다.

표 35. 적조서버 연동 CSU - SendWeatherDataToServer 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	tData	T_WEATHER_DATA	기상 관측 장비 탐지 자료 구조체
Return		없음	

○ 처리 CSC 구성

- LoRa Communicator 소프트웨어 처리 CSC 구성은 아래와 같다.

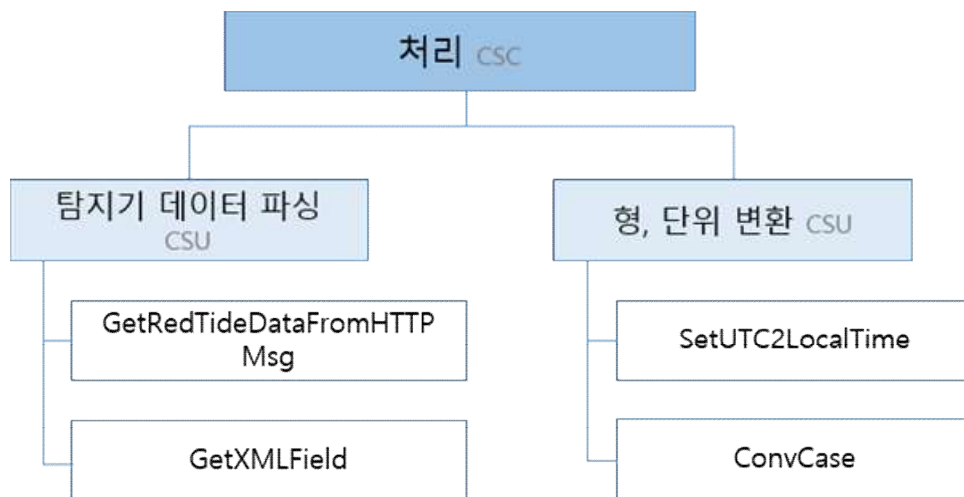


그림 222. LoRa Communicator 소프트웨어 처리 CSC 구성도

표 36. LoRa Communicator 소프트웨어 처리 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
처리	탐지기 데이터 파싱	Thing Plug와 연동하는 문자열 기반 데이터를 산술 데이터 형태로 파싱(디코딩)한다.	
	형, 단위 변환	탐지 자료를 각각의 자료 단위로 환산 한다.	

○ 탐지기 데이터 파싱 CSU

- 탐지기 데이터 파싱 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ int GetRedTideDataFromHTTPMsg (char\* responseString, char\* rcvData, int\* sequenceNum, char\* updateTime)
- ✓ 정의 : LoRa 장비 탐지 데이터 HTTP 문자열에서 탐지 데이터 자료구조를 추출한다.

표 37. 탐지기 데이터 파싱 CSU - GetRedTideDataFromHTTPMsg 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	responseString	char *	HTTP 통신으로 수신 받은 문자열 정보
	rcvData	char *	추출한 정보를 받을 변수
	sequenceNum	int *	문자열 Sequence 개수
	updateTime	char *	Thing Plug 업데이트 시간
Return		int	HTTP 요청 결과

- ✓ void GetXMLField (char\* xmlMsg, char\* startFieldTag, char\* fieldTag, char\* fieldVal)
- ✓ 정의 : 수신 받은 XML과 JSON 정보를 파싱한다.

표 38. 탐지기 데이터 파싱 CSU - GetXMLField 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	xmlMsg	char *	XML 형태의 메시지 정보
	startFieldTag	char *	시작 태그 정보
	fieldTag	char *	태그 정보
	fieldVal	char *	태그로 검색하여 추출한 정보
Return		없음	

○ 형, 단위 변환 CSU

- 형, 단위 변환 연동 CSU 구성은 아래와 같다.

- ✓ void SetUTC2LocalTime (char\* dateTime)
- ✓ 정의 : LoRa 장비의 GPS 시간을 로컬 시간으로 변환한다.

표 39. 형, 단위 변환 CSU - SetUTC2LocalTime 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	dateTime	char *	로컬 시간 정보
Return		없음	

- ✓ void ConvCase (char\* str)
- ✓ 정의 : 대문자를 소문자로 변환하는 함수이다.

표 40. 형, 단위 변환 CSU - ConvCase 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	str	char *	변환된 소문자 문자열 정보
Return		없음	

○ 전시 CSC 구성

- LoRa Communicator 소프트웨어 전시 CSC 구성은 아래와 같다.

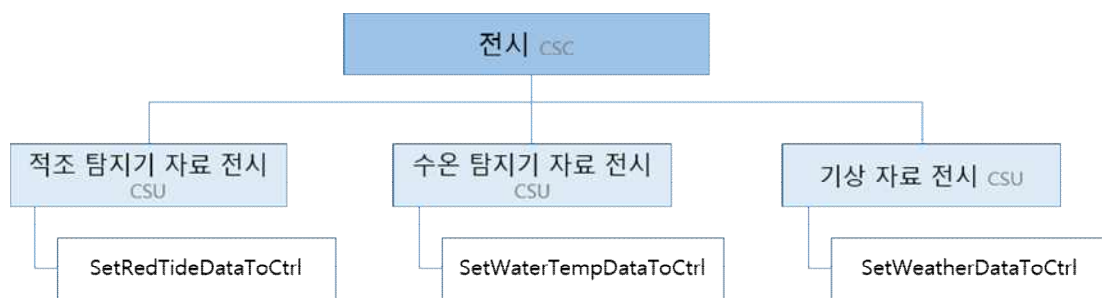


그림 223. LoRa Communicator 소프트웨어 전시 CSC 구성도

표 41. LoRa Communicator 소프트웨어 전시 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
전시	적조 음향탐지 시스템 자료 전시	적조 음향탐지 시스템 자료를 화면에 전시	
	수온 탐지기 자료 전시	수온 탐지기 자료를 화면에 전시	
	기상 자료 전시	기상 자료를 화면에 전시	



○ 적조 음향탐지 시스템 자료 전시 CSU

- 적조 음향탐지 시스템 자료 전시 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void SetRedTideDataToCtrl (int devIndex, T\_REDTIDE\_DATA tData, int newFlag)
- ✓ 정의 : 적조 음향탐지 시스템의 데이터를 화면에 전시한다.

표 42. 적조 음향탐지 시스템 자료 전시 CSU - SetRedTideDataToCtrl 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	devIndex	int	장비 인덱스 번호
	tData	T_REDTIDE_DATA	적조 장비 탐지 자료 구조체
	newFlag	int	파일 저장 체크 정보
Return		없음	

○ 수온 탐지기 자료 전시 CSU

- 수온 탐지기 자료 전시 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void SetWaterTempDataToCtrl (int devIndex, T\_WATERTEMP\_DATA tData, int newFlag)
- ✓ 정의 : 수온 탐지기의 데이터를 화면에 전시한다.

표 43. 수온 탐지기 자료 전시 CSU - SetWaterTempDataToCtrl 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	devIndex	int	장비 인덱스 번호
	tData	T_WATERTEMP_DATA	수온 장비 탐지 자료 구조체
	newFlag	int	파일 저장 체크 정보
Return		없음	

○ 기상 자료 전시 CSU

- 기상 자료 전시 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void SetWeatherDataToCtrl (int devIndex, T\_WEATHER\_DATA tData, int newFlag)
- ✓ 정의 : 기상 관측 장비의 데이터를 화면에 전시한다.

구분		Type	설명
Parameter	devIndex	int	장비 인덱스 번호
	tData	T_WEATHER_DATA	기상 관측 장비 탐지 자료 구조체
	newFlag	int	파일 저장 체크 정보
Return		없음	

표 44. 기상 자료 전시 CSU - SetWeatherDataToCtrl 함수 내용

○ 관리 CSC 구성

- LoRa Communicator 소프트웨어 관리 CSC 구성은 아래와 같다.

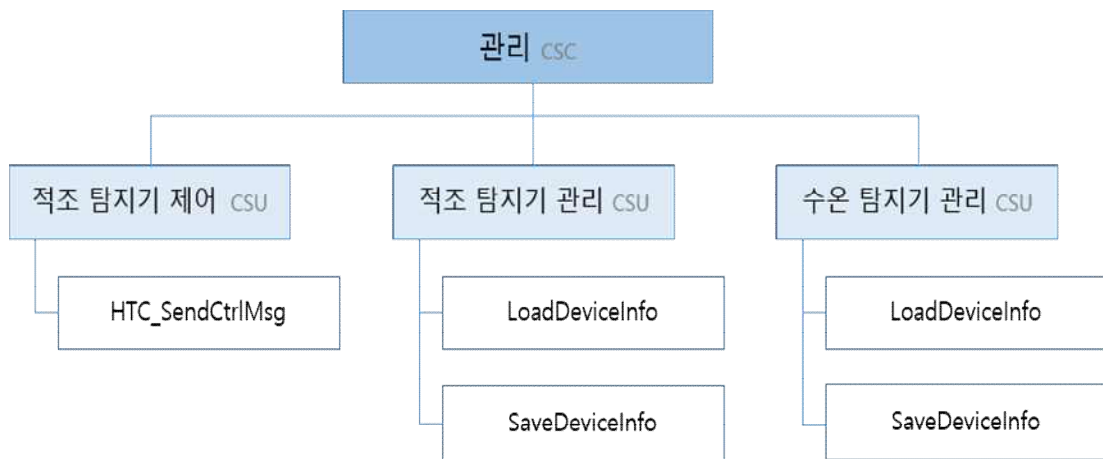


그림 224. LoRa Communicator 소프트웨어 관리 CSC 구성

표 45. LoRa Communicator 소프트웨어 관리 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
관리	적조 음향탐지 시스템 제어	적조 음향탐지 시스템의 탐지정보를 설정	
	적조 음향탐지 시스템 관리	적조 음향탐지 시스템을 관리(등록/삭제)	
	수온 탐지기 관리	수온 탐지기를 관리(등록/삭제)	

○ 적조 음향탐지 시스템 제어 CSU

- 적조 음향탐지 시스템 제어 CSU 구성은 아래와 같다.
  - ✓ void HTC\_SendCtrlMsg (char\* devEUI, char \*appEUI, char\* appKey, unsigned char devIndex)
  - ✓ 정의 : LoRa 장비의 제어 정보를 송신한다.

표 46. 적조 음향탐지 시스템 제어 CSU - HTC\_SendCtrlMsg 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	devEUI	char *	LoRa 장비 Device EUI 정보
	appEUI	char *	LoRa 장비 Application EUI 정보
	appKey	char *	LoRa 장비 Application Key 정보
	devIndex	unsigned char	장비 인덱스 번호
Return		void	없음

○ 적조 음향탐지 시스템 관리 CSU

- 적조 음향탐지 시스템 관리 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void LoadDeviceInfo (void)
- ✓ 정의 : 적조 음향탐지 시스템 관리 정보를 파일에서 불러온다.

표 47. 적조 음향탐지 시스템 관리 CSU - LoadDeviceInfo 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	없음	없음	
Return		없음	

- ✓ void SaveDeviceInfo (void)
- ✓ 정의 : 적조 음향탐지 시스템 관리 정보를 파일에 저장한다.

표 48. 적조 음향탐지 시스템 관리 CSU - SaveDeviceInfo 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	없음	없음	
Return		없음	

○ 수온 탐지기 관리 CSU

- 수온 탐지기 관리 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void LoadDeviceInfo (void)
- ✓ 정의 : 수온 탐지기 관리 정보를 파일에서 불러온다.

표 49. 수온 탐지기 관리 CSU - LoadDeviceInfo 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	없음	없음	
Return		없음	

- ✓ void SaveDeviceInfo (void)
- ✓ 정의 : 수온 탐지기 관리 정보를 파일에 저장한다.

표 50. 수온 탐지기 관리 CSU - SaveDeviceInfo 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	없음	없음	
Return		없음	

(라) DFD (Data Flow Diagram)

○ LoRa Communicator 소프트웨어의 Data Flow Diagram은 아래와 같다.

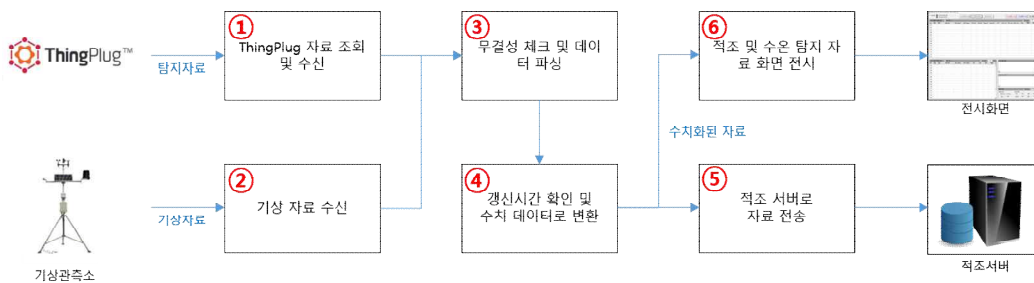


그림 225. LoRa Communicator 소프트웨어 Data Flow Diagram

표 51. LoRa Communicator 소프트웨어 Data Flow Diagram 내용

번호	항목	내용
1	Thing Plug 자료 조회 및 수신	적조 및 수온 탐지기의 자료를 Thing Plug로부터 수신
2	기상 자료 수신	기상 관측 장비로부터 자료 수신
3	무결성 체크 및 데이터 파싱	적조 및 수온 탐지기, 기상 장비의 자료를 무결성 검사 및 추출
4	갱신 시간 확인 및 수치 데이터로 변환	적조 및 수온 탐지기, 기상 장비의 업데이트 시간 확인 및 자료 수치화
5	적조 서버로 자료 전송	적조 서버 소프트웨어로 자료를 전송
6	적조 및 수온 탐지 자료 화면 전시	적조 및 수온 탐지 자료, 기상 자료를 화면에 전시

(1) GUI (Graphic User Interface)

- LoRa Communicator 소프트웨어의 GUI는 표 기반 화면으로 구성하였고, 적조 탐지정보, 수온 탐지정보, 기상정보를 한 화면에서 보여주며, 보조화면으로 탐지기 제어, 탐지기 관리, Thing Plug와의 연동 로그 전시 화면으로 구성하였다.

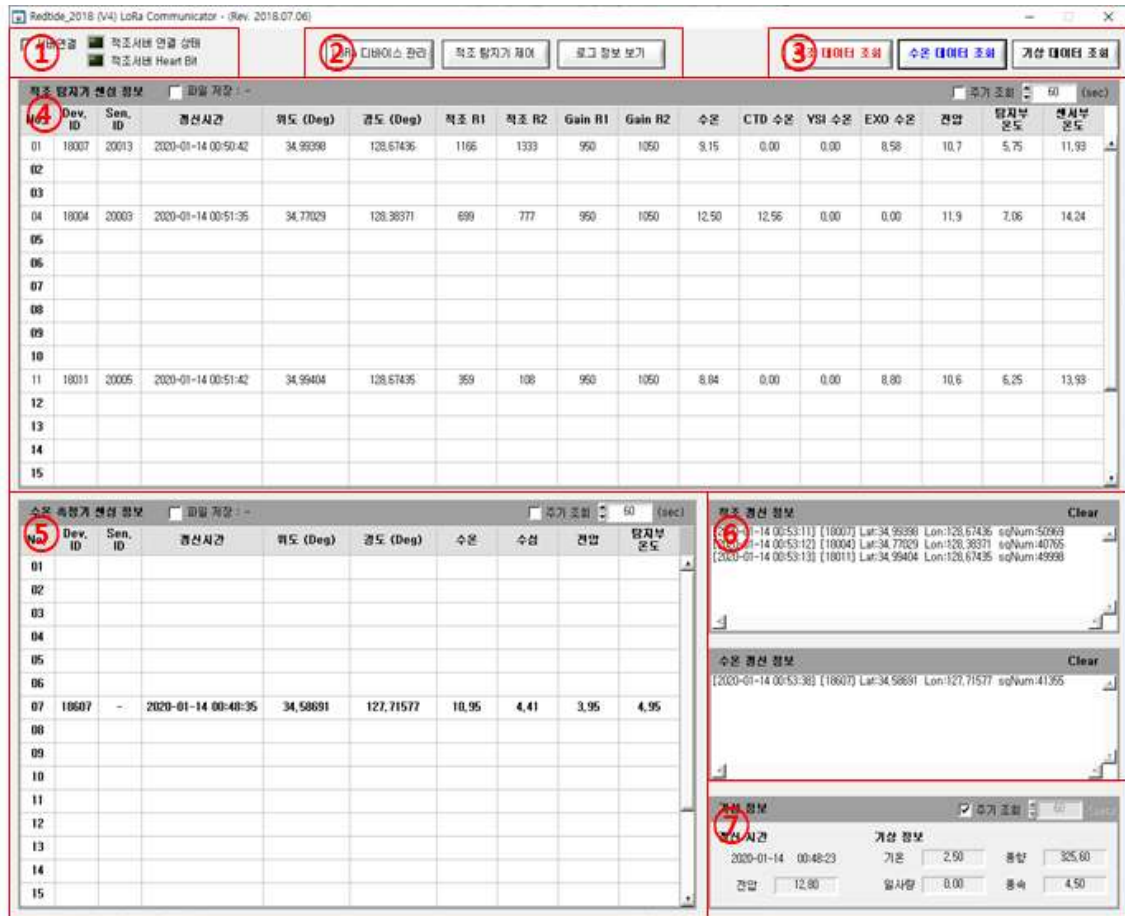


그림 226.LoRa Communicator 소프트웨어 주 화면 구성

표 52. LoRa Communicator 소프트웨어 주 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	적조서버 연동	적조서버 연동 메뉴, 연동 상태 전시	
2	보조화면 메뉴	보조화면 전시 메뉴	
3	자료 조회 메뉴	적조, 수온, 기상 자료 조회	
4	적조 탐지 정보	적조 음향탐지 시스템 별 탐지 정보 전시	
5	수온 탐지 정보	수온 탐지기 별 탐지 정보 전시	
6	Thing Plug 연동 로그	Thing Plug 연동 로그 전시	
7	기상 정보	기상자료 전시	



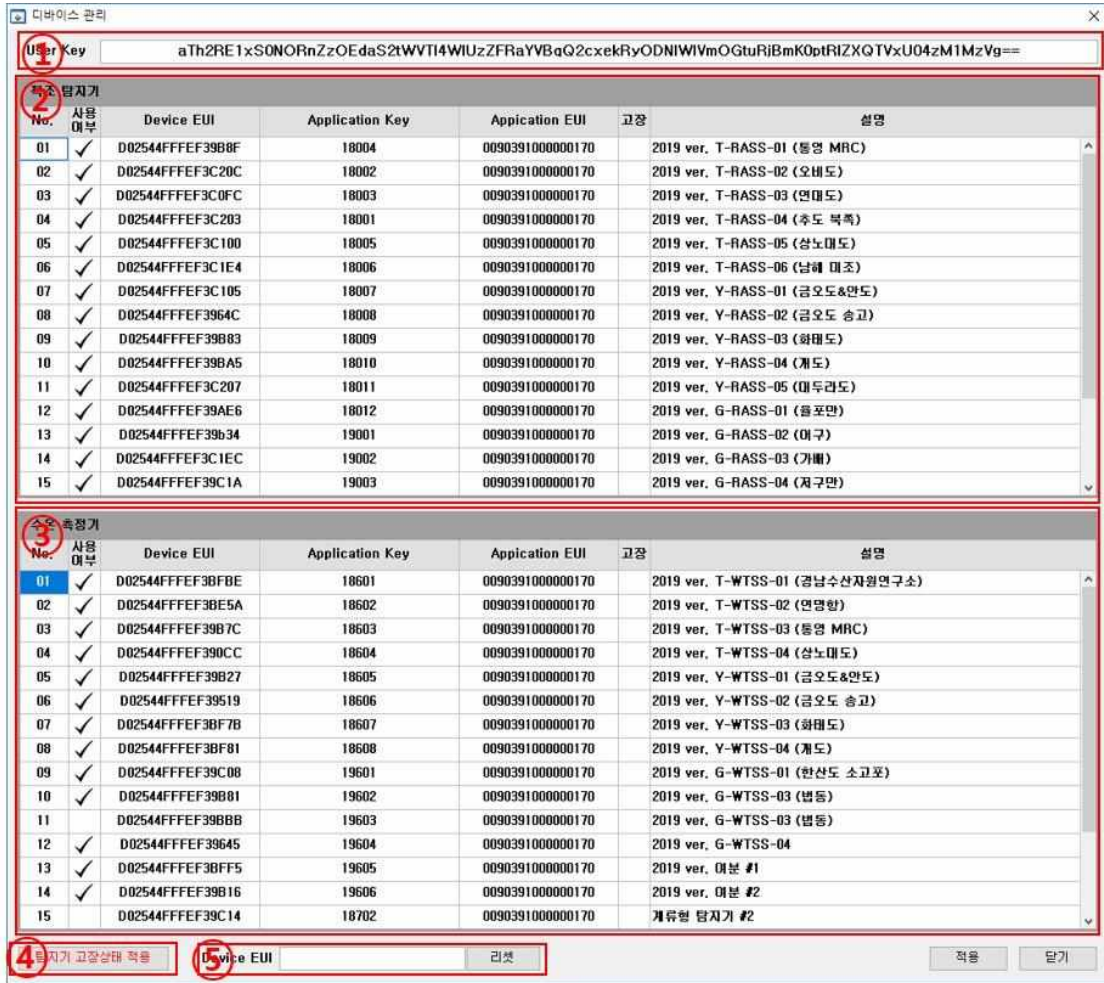


그림 227. LoRa Communicator 소프트웨어 LoRa 디바이스 관리 화면 구성

표 53. LoRa Communicator 소프트웨어 LoRa 디바이스 관리 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	User Key 정보	LoRa 디바이스 조회에 필요한 User Key 정보	
2	적조 음향탐지 시스템 관리 정보	LoRa 디바이스 적조 음향탐지 시스템 관리 정보 전시	
3	수온 탐지기 관리 정보	LoRa 디바이스 수온 탐지기 관리 정보 전시	
4	탐지기 고장상태 적용 버튼	LoRa 디바이스 고장 상태 설정	
5	Device EUI 리셋	해당 LoRa 디바이스를 리셋	

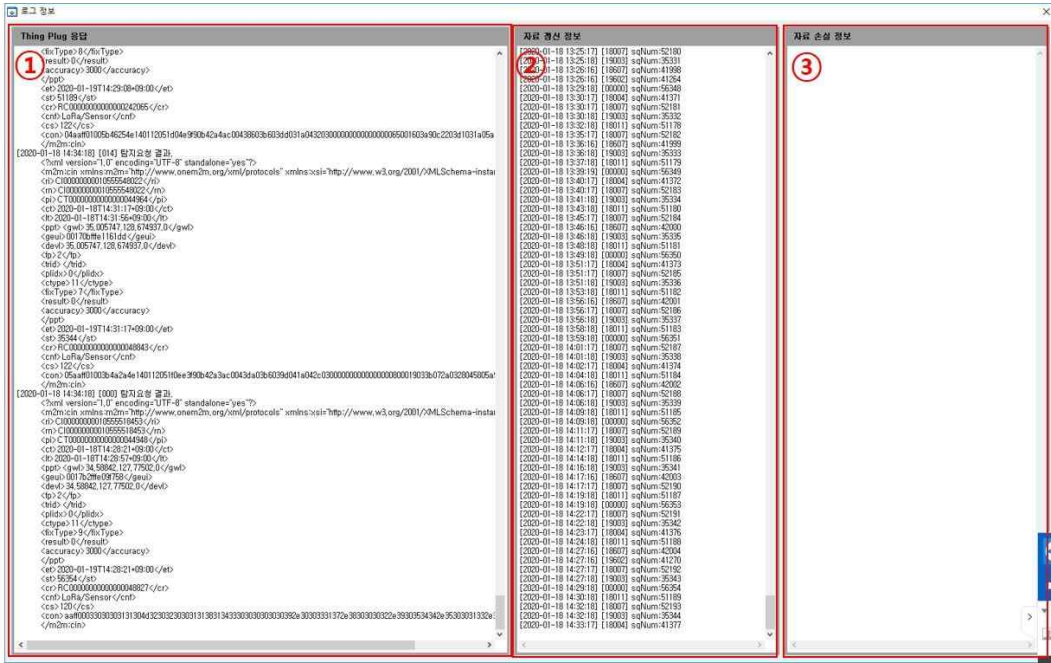


그림 228. LoRa Communicator 소프트웨어 LoRa 디바이스 로그 정보 화면 구성

표 54. LoRa Communicator 소프트웨어 LoRa 디바이스 관리 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	Thing Plug 응답	LoRa 디바이스 자료 조회 응답 정보 전시	
2	자료 갱신 정보	LoRa 디바이스 자료 갱신 정보 전시	
3	자료 손실 정보	LoRa 디바이스 자료 손실 정보 전시	

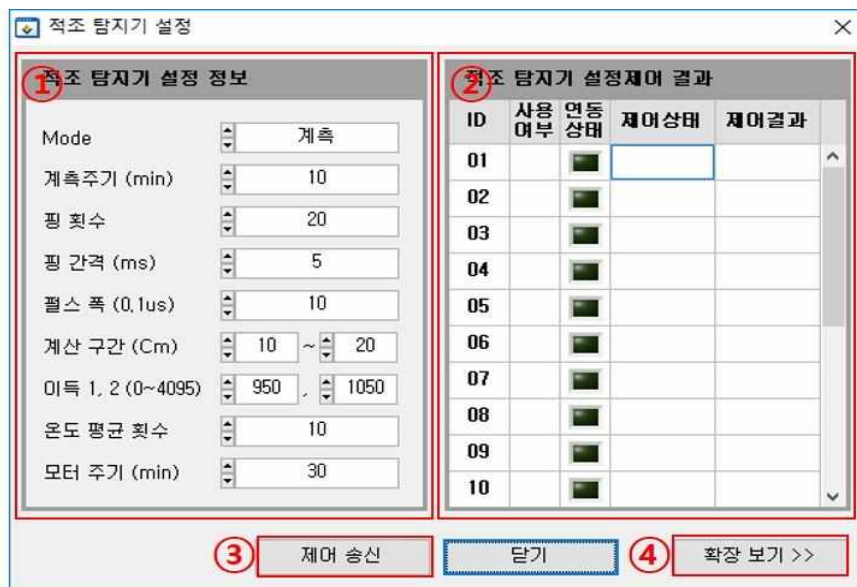


그림 229. LoRa Communicator 소프트웨어 적조 음향탐지 시스템 설정 화면 구성

표 55. LoRa Communicator 소프트웨어 적조 음향탐지 시스템 설정 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	적조 음향탐지 시스템 설정 정보	적조 음향탐지 시스템 제어 정보 입력	
2	적조 음향탐지 시스템 설정제어 결과	적조 음향탐지 시스템 제어 결과 전시	
3	제어 송신 버튼	적조 음향탐지 시스템 제어 명령 송신	
4	확장 보기 버튼	적조 음향탐지 시스템 제어 결과 상세 전시	

(2) 적조 서버 소프트웨어

(가) 개요

- 적조 서버 소프트웨어는 LoRa Communicator 소프트웨어로부터 적조, 수온 탐지 데이터 및 기상 데이터를 수신하고 Data Base에 기록하는 소프트웨어다.

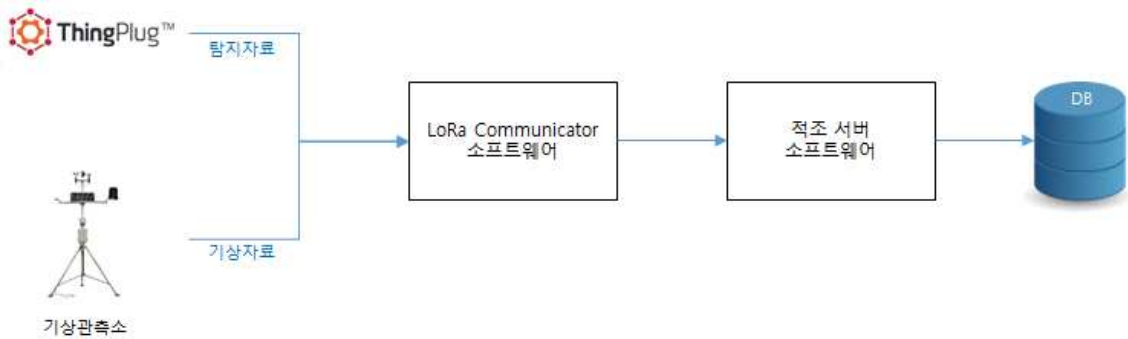


그림 230. 적조 서버 소프트웨어 연동 구성

(나) 개발환경

표 56. 적조 서버 소프트웨어 개발환경 내용

구분	내용	참고
운영체제	Windows 10	Microsoft
개발환경	Visual Studio 2015 MFC	Microsoft
컴포넌트	ODBC (Open Data Base Connectivity) Cool SMS API	Microsoft Cool SMS
핵심기술	TCP/IP 인터넷 연동 Data Base 연동 SMS, MMS 문자 서비스 연동	

(다) CSCI 구성

- 적조 서버 소프트웨어의 CSCI 구성은 아래와 같다.

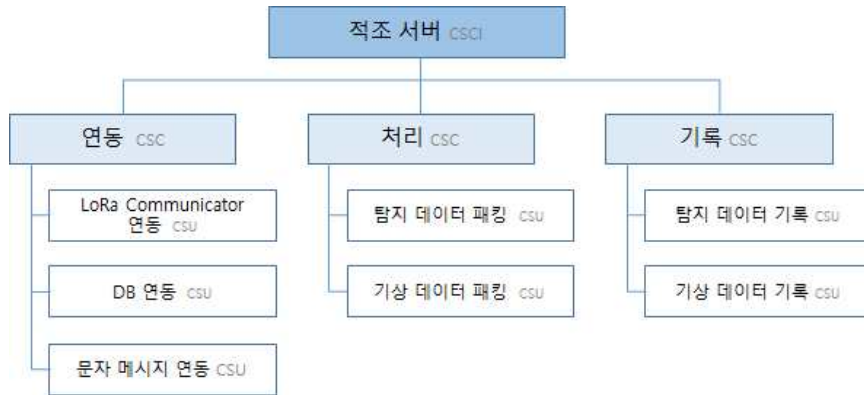


그림 231. 적조 서버 소프트웨어 CSCI 구성도

- 연동 CSC
- 적조 서버 소프트웨어의 연동 CSC 구성은 아래와 같다.

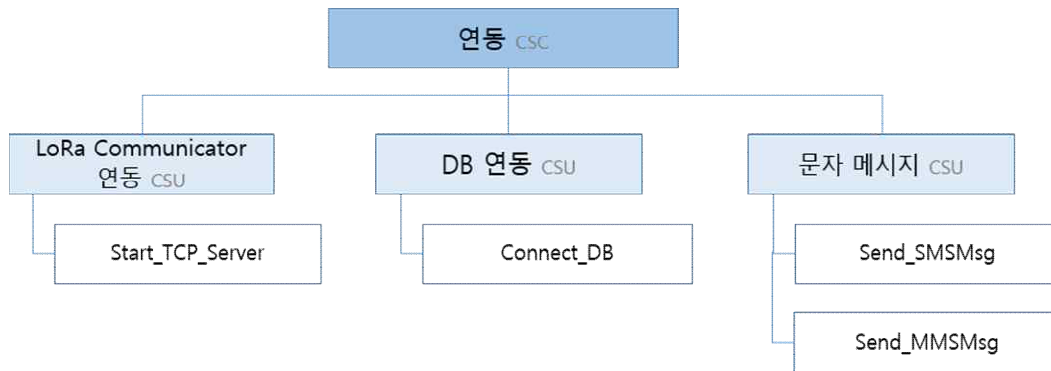


그림 232. 적조 서버 소프트웨어 연동 CSC 구성도

표 57. 적조 서버 소프트웨어 연동 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
연동	LoRa Communicator 연동	TCP/IP 통신으로 LoRa Communicator와 연동하여 탐지자료 및 기상자료를 수신	
	DB 연동	Data Base에 탐지자료 및 기상자료를 기록	
	문제 메시지 연동	탐지 자료 중 지역 별 수은 정보를 1일 2회에 걸쳐 관계자 및 어민들에게 문자 메시지를 발송	

- LoRa Communicator 연동 CSU
  - LoRa Communicator 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
  - ✓ void Start\_Tcp\_Server ()
  - ✓ 정의 : LoRa Communicator와 연동한다.

표 58. LoRa Communicator 연동 CSU - Start\_Tcp\_Server 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	없음	없음	
Return		없음	

○ DB 연동 CSU

- DB 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ BOOL Connect\_DB ()
- ✓ 정의 : Data Base와 연결한다.

표 59. DB 연동 CSU - Connect\_DB 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	없음	없음	
Return		BOOL	Data Base 연결 결과 정보

○ 문자 메시지 연동 CSU

- 문자 메시지 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void Send\_SMSMsg(CStringA strMsg, CString receiverPhoneNum)
- ✓ 정의 : SMS 문자 메시지를 전송한다.

표 60. 문자 메시지 연동 CSU - Send\_SMSMsg 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	strMsg	CStringA	SMS 메시지 정보
	receiverPhoneNum	CString	메시지를 수신 받을 핸드폰 번호
Return		없음	

- ✓ void Send\_MMSMsg(CStringA strMsg, CString receiverPhoneNum)
- ✓ 정의 : MMS 문자 메시지를 전송한다.



표 61. 문자 메시지 연동 CSU - Send\_MMSMsg 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	strMsg	CStringA	MMS 메시지 정보
	receiverPhoneNumber	CString	메시지를 수신 받을 핸드폰 번호
Return		없음	

○ 처리 CSC

- 적조 서버 소프트웨어의 처리 CSC 구성은 아래와 같다.

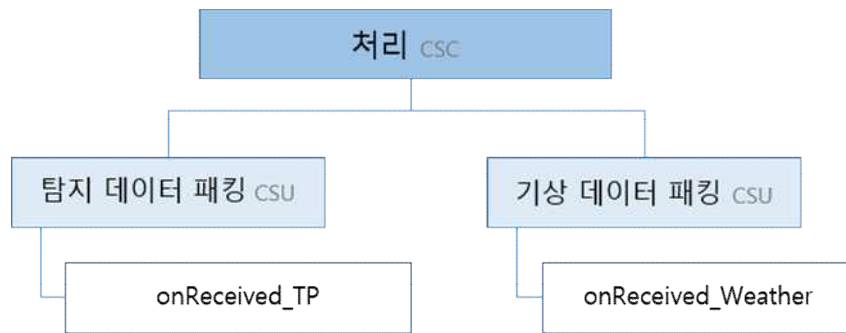


그림 233. 적조 서버 소프트웨어 처리 CSC 구성도

표 62. 적조 서버 소프트웨어 처리 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
처리	탐지 데이터 패킹	탐지 데이터를 DB에 기록하는 테이블 형태로 데이터를 패킹	
	기상 데이터 패킹	기상 데이터를 DB에 기록하는 테이블 형태로 데이터를 패킹	

○ 탐지 데이터 패킹 CSU

- 탐지 데이터 패킹 CSU 구성은 아래와 같다.
  - ✓ void onReceived\_TP (LPBYTE lpBuffer, DWORD dwCount)
  - ✓ 정의 : 적조 및 수온 탐지 정보 데이터를 수신 받아 패킹한다.

표 63. 탐지 데이터 패킹 CSU - onReceived\_TP 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	lpBuffer	LPBYTE	데이터를 담는 버퍼
	dwCount	DWORD	데이터의 크기
Return		없음	

○ 기상 데이터 패킹 CSU

- 기상 데이터 패킹 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void onReceived\_Weather (LPBYTE lpBuffer, DWORD dwCount)
- ✓ 정의 : 기상 정보 데이터를 수신 받아 패킹한다.

표 64. 기상 데이터 패킹 CSU - onReceived\_Weather 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	strMsg	CStringA	데이터를 담는 버퍼
	receiverPhoneNum	CString	데이터의 크기
Return		없음	

○ 기록 CSC

- 적조 서버 소프트웨어의 기록 CSC 구성은 아래와 같다.

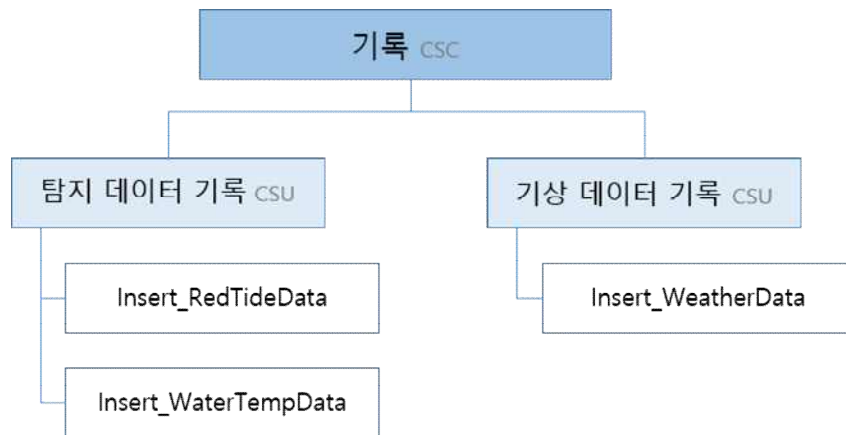


그림 234. 적조 서버 소프트웨어 기록 CSC 구성도

표 65. 적조 서버 소프트웨어 CSCI 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
기록	탐지 자료 기록	적조 음향탐지 시스템 자료를 화면에 전시	
	기상 자료 기록	수온 탐지기 자료를 화면에 전시	

○ 탐지 데이터 기록 CSU

- 탐지 데이터 기록 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void Insert\_RedTideData (T\_REDTIDE\_DATA tData)
- ✓ 정의 : 적조 음향탐지 시스템의 정보를 Data Base에 기록한다.

표 66. 탐지 데이터 기록 CSU - Insert\_RedTideData 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	tData	T_REDTIDE_DATA	적조 장비 탐지 자료 구조체
Return		없음	

- ✓ void Insert\_WaterTempData (T\_WATERTEMP\_DATA tData)
- ✓ 정의 : 수온 탐지기의 정보를 Data Base에 기록한다.

표 67. 탐지 데이터 기록 CSU - Insert\_WaterTempData 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	tData	T_WATERTEMP_DATA	수온 장비 탐지 자료 구조체
Return		없음	

○ 기상 데이터 기록 CSU

- 기상 데이터 기록 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void Insert\_WeatherData (T\_WEATHER\_DATA tData)
- ✓ 정의 : 기상 관측 장비의 정보를 Data Base에 기록한다.

표 68. 탐지 데이터 기록 CSU - Insert\_WeatherData 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	tData	T_WEATHER_DATA	기상 장비 탐지 자료 구조체
Return		없음	

(마) DFD (Data Flow Diagram)

- 적조 서버 소프트웨어의 Data Flow Diagram은 아래와 같다.

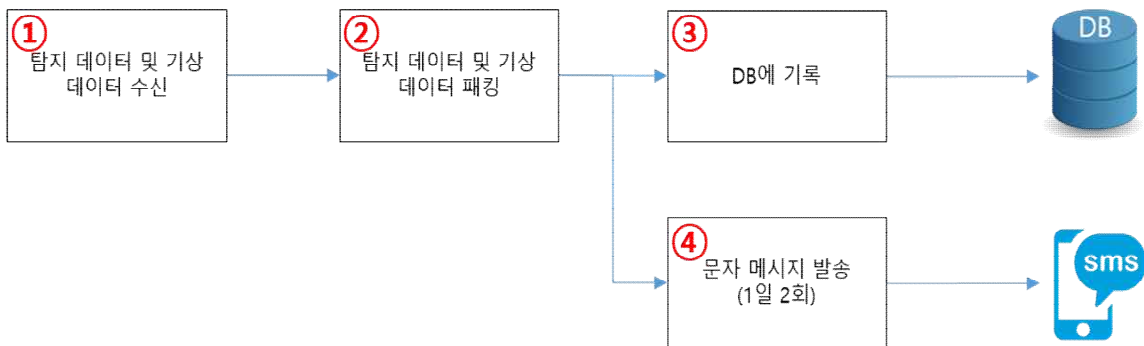


그림 235. 적조 서버 소프트웨어 Data Flow Diagram

표 69. 적조 서버 소프트웨어 Data Flow Diagram 내용

번호	항목	내용	참고
1	탐지 데이터 및 기상 데이터 수신	LoRa Communicator 소프트웨어로부터 탐지 데이터와 기상 데이터를 수신	
2	탐지 데이터 및 기상 데이터 패킹	탐지 데이터와 기상 데이터를 DB 기록하는 테이블 형태로 패킹	
3	DB에 기록	Data Base에 자료를 저장	
4	문자 메시지 발송	관리자와 어민들에게 탐지 정보를 문자 메시지로 전송	

(바) 문자 메시지 발송

- 적조 서버 소프트웨어는 탐지/수집하는 수온정보를 관계자 및 어민들에게 1일 2회에 걸쳐 문자 메시지 발송을 한다.
- 문자 메시지의 발송 흐름은 아래와 같다.



그림 236. 적조 서버 문자 메시지 발송 흐름

(1) GUI (Graphic User Interface)

- 적조 서버 소프트웨어의 GUI는 로그창과 표 기반 화면으로 구성하였고, 각 탐지기에서 실측한 수온정보를 화면에 전시한다.



그림 237. 적조 서버 소프트웨어 주 화면 구성

표 70. 적조 서버 소프트웨어 주 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	적조 데이터 수신 로그	적조서버 연동 메뉴, 연동 상태 전시	
2	수온 및 기상 데이터 수신 로그	보조화면 전시 메뉴	
3	탐지기 별 수온 정보	적조, 수온, 기상 자료 조회	
4	설정 메뉴	적조 음향탐지 시스템 별 탐지 정보 전시	
5	문자전송 메뉴	수온 탐지기 별 탐지 정보 전시	

### (3) 타 기관 자료 업로더 소프트웨어

#### (가) 개요

- 타 기관 자료 업로더 소프트웨어는 적조 FTP 서버로 업로드 되는 자료들 중 KOOS 해류 자료와 이동확산 자료를 가시화 소프트웨어에서 사용가능한 형태의 데이터로 변환하는 소프트웨어이다.



(나) 개발환경

표 71. 타 기관 자료 업로더 소프트웨어 개발 환경

구분	내용	참고
운영체제	Windows 10	Microsoft
개발환경	Visual Studio 2015 MFC	Microsoft
컴포넌트	netCDF Decoder Lightning Chart Ultimate	Unidata Arction
핵심기술	netCDF 파일 디코딩 GIS 정보 연동 jpeg 이미지 저장	

(다) CSCI 구성

○ 타 기관 자료 업로더 소프트웨어의 CSCI 구성은 아래와 같다.

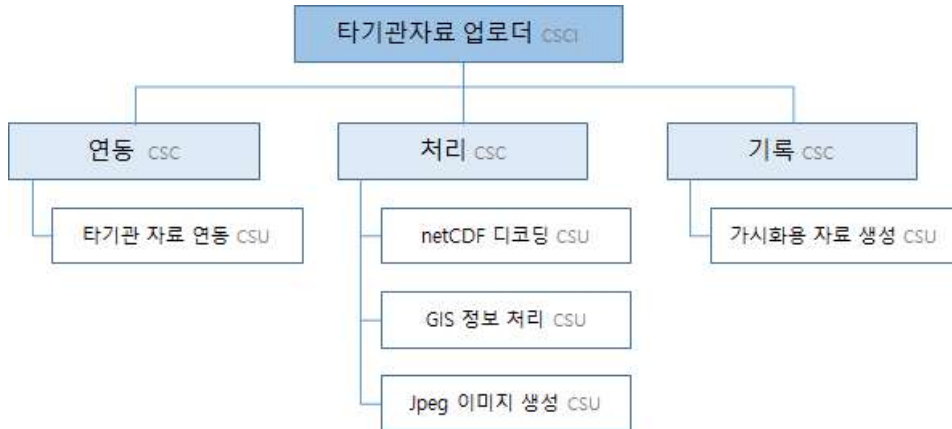


그림 238. 타 기관 자료 업로더 소프트웨어 CSCI 구성도

○ 연동 CSC

▪ 타 기관 자료 업로더 소프트웨어의 연동 CSC 구성은 아래와 같다.

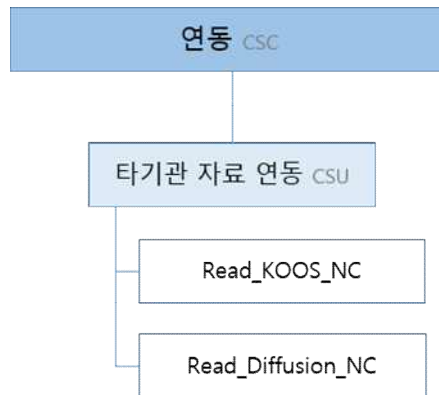


그림 239. 타 기관 자료 업로더 소프트웨어 연동 CSC 구성

표 72. 타 기관 자료 업로더 소프트웨어 연동 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
연동	타 기관 자료 연동	netCDF 형태의 자료(파일)을 읽는다.	

○ 타 기관 자료 연동 CSU

- 타 기관 자료 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ int Read\_KOOS\_NC (CString fileName)
- ✓ 정의 : KOOS 해류 netCDF 파일을 읽는다.

표 73. 타 기관 자료 연동 CSU - Read\_KOOS\_NC 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	fileName	CString	KOOS 해류 netCDF 파일 이름
Return		int	파일 읽기 결과 정보

- ✓ int Read\_Diffusion\_NC (CString fileName, int index)
- ✓ 정의 : 적조 이동확산 netCDF 파일을 읽는다.

표 74. 타 기관 자료 업로더 소프트웨어 연동 CSU - Read\_Diffusion\_NC 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	fileName	CString	적조 이동확산 netCDF 파일 이름
	index	int	적조 이동확산 지역 정보
Return		int	파일 읽기 결과 정보

○ 처리 CSC

- 타 기관 자료 업로더 소프트웨어의 처리 CSC 구성은 아래와 같다.

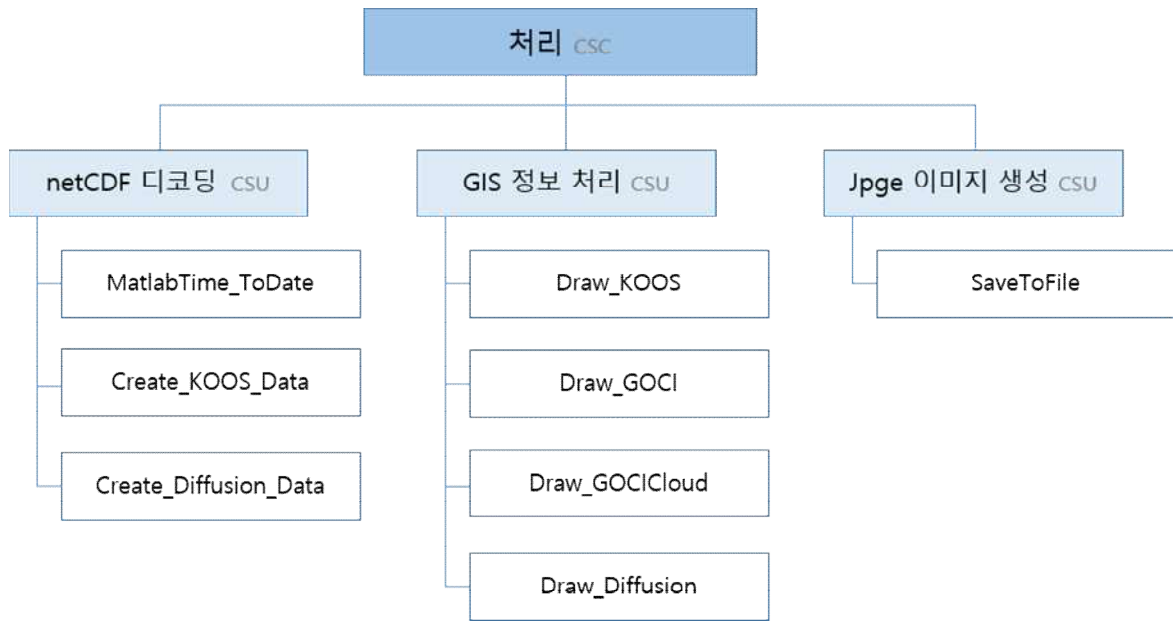


그림 240. 타 기관 자료 업로더 소프트웨어 처리 CSC 구성

표 75. 타 기관 자료 업로더 소프트웨어 처리 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
처리	netCDF 디코딩	netCDF 형태의 자료를 인식 가능한 형태의 데이터로 디코딩	
	GIS 정보 처리	좌표계를 이용하여 획득한 자료를 가상의 전자지도공간에 전시	
	Jpeg 이미지 생성	가상의 전자지도 공간에 전시한 데이터를 Jpeg 이미지로 변환	

○ netCDF 디코딩 CSU

- netCDF 디코딩 CSU 구성은 아래와 같다.

- ✓ void MatlabTime\_ToDate (double matTime, int\* year, int\* month, int\* day, int\* hour, int\* min, int\* sec)

- ✓ 정의 : netCDF 파일의 matlab 시간 정보를 일반 시간 단위로 변경한다.

표 76. netCDF 디코딩 CSU - MatlabTime\_ToDate 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	matTime	double	netCDF 파일의 matlab 시간 정보
	year	int *	년
	month	int *	월
	day	int *	일
	hour	int *	시
	min	int *	분
	sec	int *	초
Return		없음	

- ✓ void Create\_KOOS\_Data ()
- ✓ 정의 : netCDF 파일의 KOOS 정보를 디코딩하여 저장한다.

표 77. netCDF 디코딩 CSU - Create\_KOOS\_Data 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	없음	없음	
Return		없음	

- ✓ void Create\_Diffusion\_Data ()
- ✓ 정의 : netCDF 파일의 적조 이동확산 정보를 디코딩하여 저장한다.

표 78. netCDF 디코딩 CSU - Create\_Diffusion\_Data 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	없음	없음	
Return		없음	

- GIS 정보 처리 CSU
  - GIS 정보 처리 CSU 구성은 아래와 같다.
    - ✓ void Draw\_KOOS (int dataLength)
    - ✓ 정의 : KOOS 해류 자료를 좌표계와 연동하여 그려낸다.

표 79. GIS 정보 처리 CSU - Draw\_KOOS 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	dataLength	int	KOOS 해류 자료의 크기
Return		없음	

- ✓ void Draw\_GOCI (int dataLength)
- ✓ 정의 : GOCI 엽록소 자료를 좌표계와 연동하여 그려낸다.

표 80. GIS 정보 처리 CSU - Draw\_GOCI 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	dataLength	int	GOCI 엽록소 자료의 크기
Return		없음	

- ✓ void Draw\_GOCICloud (int dataLength)
- ✓ 정의 : GOCI 구름 자료를 좌표계와 연동하여 그려낸다.

표 81. GIS 정보 처리 CSU - Draw\_GOCICloud 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	dataLength	int	GOCI 구름 자료의 크기
Return		없음	

- ✓ void Draw\_Diffusion (int dataLength)
- ✓ 정의 : 적조 이동확산 자료를 좌표계와 연동하여 그려낸다.

표 82. GIS 정보 처리 CSU - Draw\_Diffusion 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	dataLength	int	적조 이동확산 자료의 크기
Return		없음	

- Jpeg 이미지 생성 CSU
  - Jpeg 이미지 생성 CSU 구성은 아래와 같다.
  - ✓ bool SaveToFile (string fileName)
  - ✓ 정의 : Jpeg 이미지를 생성한다.



표 83. Jpeg 이미지 생성 CSU - SaveToFile 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	fileName	string	Jpeg 파일 이름
Return		bool	파일 저장 결과

○ 기록 CSC

- 타 기관 자료 업로더 소프트웨어의 기록 CSC 구성은 아래와 같다.

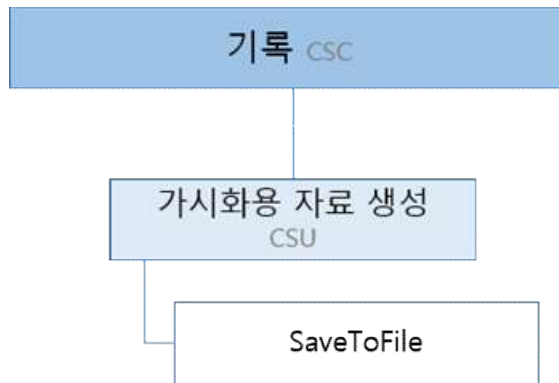


그림 241. 타 기관 자료 업로더 소프트웨어 기록 CSC 구성

표 84. 타 기관 자료 업로더 소프트웨어 기록 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
기록	탐지 자료 기록	Jpeg 이미지로 변환된 데이터를 이미지 파일로 기록 한다.	

○ 가시화용 자료 생성 CSU

- 가시화용 자료 생성 CSU는 아래와 같다.
- ✓ bool SaveToFile (string fileName)
- ✓ 정의 : Jpeg 이미지를 생성한다.

표 85. 가시화용 자료 생성 CSU - SaveToFile 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	fileName	string	Jpeg 파일 이름
Return		bool	파일 저장 결과

(라) DFD (Data Flow Diagram)

- 타 기관 자료 업로더 소프트웨어의 Data Flow Diagram은 아래와 같다.

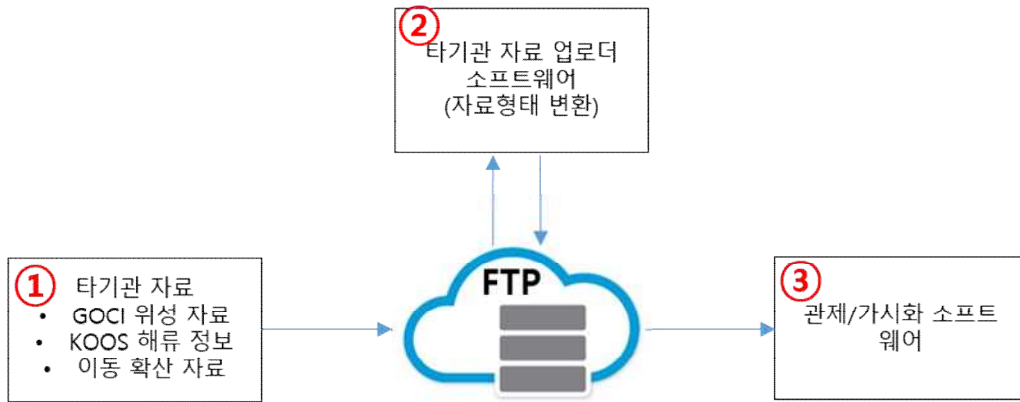


그림 242. 타 기관 자료 업로더 소프트웨어 Data Flow Diagram

표 86. 타 기관 자료 업로더 소프트웨어 Data Flow Diagram 내용

번호	항목	내용	참고
1	타 기관 자료 수신	GOCI 업록소, KOOS 해류, 이동 확산 자료를 FTP 서버에 저장	
2	타 기관 자료 변환	관제/가시화 소프트웨어용 자료로 가공 및 변환	
3	자료 전시	가시화용 자료를 관제/가시화 소프트웨어에서 전시	

(마) GUI (Graphic User Interface)

- 적조 서버 소프트웨어의 GUI는 로그창과 표 기반 화면으로 구성하였고, 각 탐지기에서 실측한 수온정보를 화면에 전시한다.

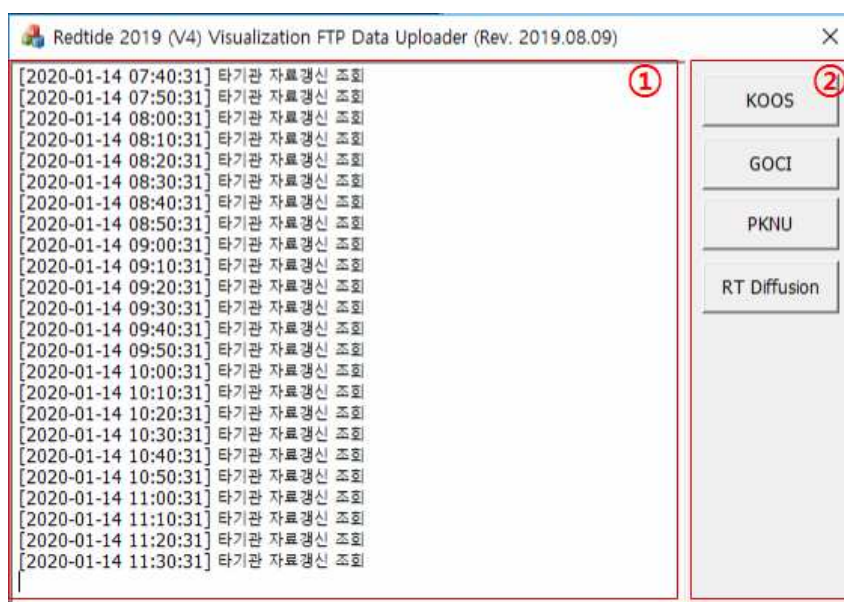


그림 243. 타 기관 자료 업로더 소프트웨어 주 화면 구성

표 87. 타 기관 자료 업로더 소프트웨어 주 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	타 기관 자료 갱신 로그	타 기관 자료 갱신 조회 로그정보 전시	
2	수동 변환 메뉴	타 기관 자료 수동 변환 메뉴	

(4) 관제 소프트웨어 (Windows)

(가) 개요

- 관제 소프트웨어 (Windows)는 관리자 PC에서 실시간 자료(탐지기 계측 자료, 기상 정보)와 준 실시간 자료(해류, 업록소, 이동 확산, 발생 예측)를 조회 및 가시화, 모니터링하는 Windows OS 기반 소프트웨어이다.

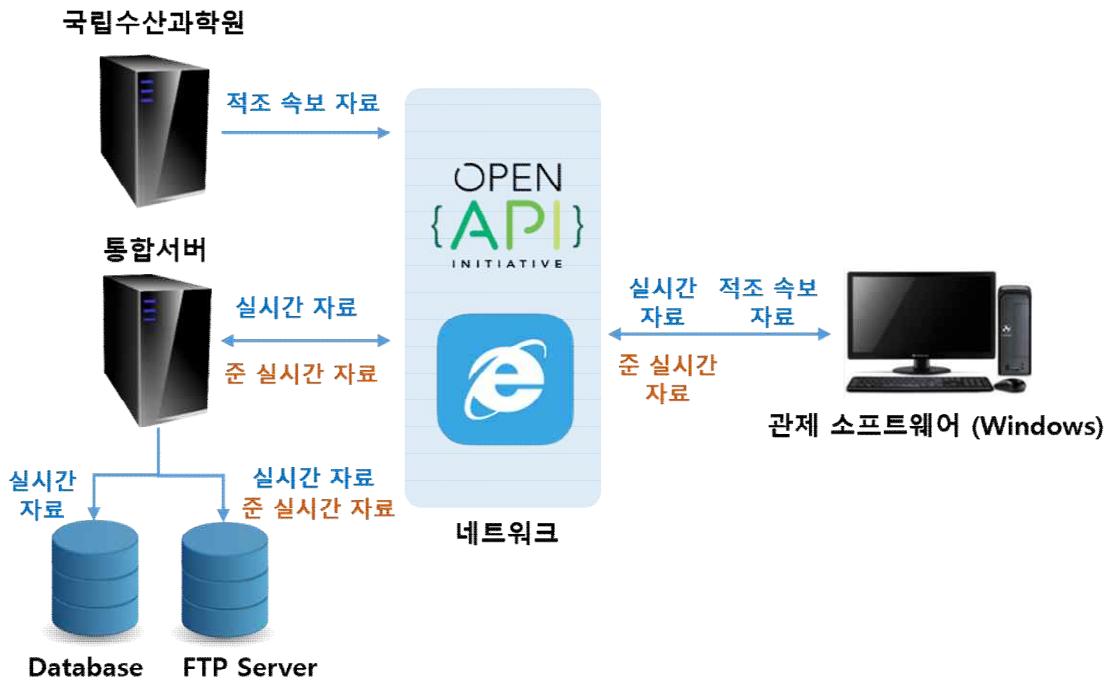


그림 244. OpenAPI와 HTTP를 통한 관제 소프트웨어 (Windows)

(나) 개발환경

표 88. 관제 소프트웨어 (Windows) 개발환경 내용

구분	내용	참고
운영체제	Windows 10	Microsoft
개발환경	Visual Studio 2017 Community C# Javascript HTML5 / CSS	Microsoft Mozilla W3C
컴포넌트	Lightning Chart Ultimate Mapbox	Arction Mapbox
핵심기술	OpenAPI와 HTTP 통신을 이용한 실시간 · 준 실시간 자료 연동 국립수산과학원 적조속보 자료 연동 GIS 정보 연동 전자지도(Mapbox) 연동을 통한 자료 가시화 LightningChart 연동을 통한 자료 가시화	

(다) 상태와 모드

- 관제 소프트웨어 (Windows)의 운용 모드는 아래와 같이 구분된다.
  - 실시간 탐지 정보 조회 모드
    - ✓ 실시간으로 탐지기에서 계측한 정보, 기상 관측 정보, 엽록소 정보 등을 확인하는 모드
  - 예측 정보 조회 모드
    - ✓ 적조 생물의 이동 경로 및 확산 정보를 확인하는 모드
  - 자료 조회 모드
    - ✓ 조회 날짜를 설정하여 해당 날짜의 실시간 · 준 실시간 정보를 확인하는 모드
  - 그래프 조회 모드
    - ✓ 적조 및 수온 탐지기에서 계측한 정보를 그래프 형태로 확인하는 모드
  - 화면 운용 모드
    - ✓ 실시간 적조 탐지·예측 시스템의 소개 및 설명 화면과 각 해역 정보, 그래프 정보를 설정한 순서에 따라 전시하는 모드

(라) CSCI 구성

- 관제 소프트웨어(Windows)의 CSCI 구성은 아래와 같다.

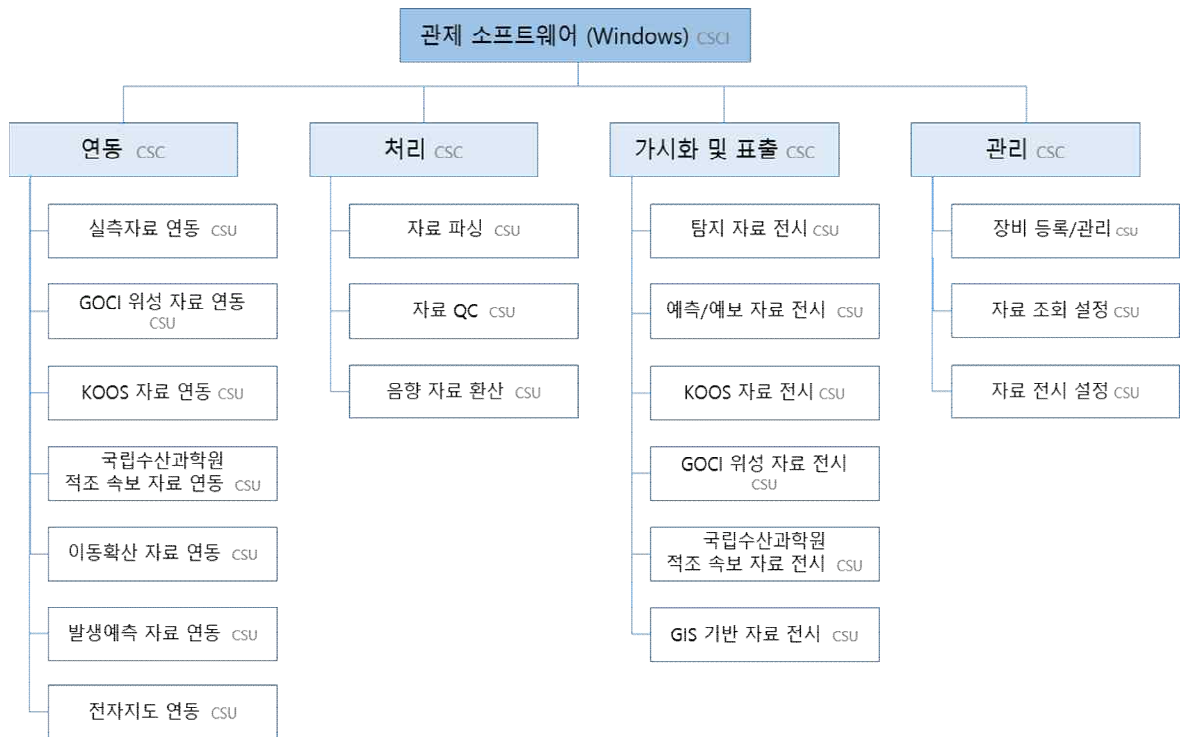


그림 245. 관제 소프트웨어 (Windows) CSCI 구성도

○ 연동 CSC 구성

- 관제 소프트웨어 (Windows) 연동 CSC 구성은 아래와 같다.

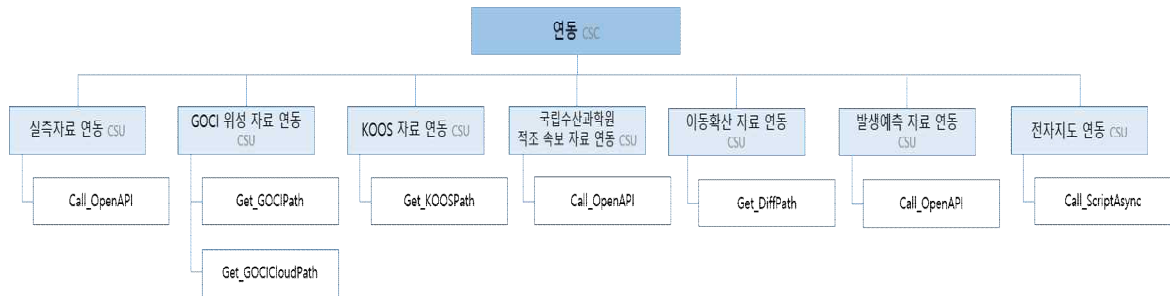


그림 246. 관제 소프트웨어 (Windows) 연동 CSC 구성도

표 89. 관제 소프트웨어 (Windows) 연동 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
연동	실측자료 연동	OpenAPI로 탐지기 및 기상 관측 장비에서 실시간으로 측정된 자료를 수신	
	GOCI 위성 자료 연동	HTTP 통신으로 엽록소와 구름 정보를 수신	
	KOOS 자료 연동	HTTP 통신으로 해류 예측 정보를 수신	
	국립수산과학원 적조 속보 자료 연동	OpenAPI로 국립수산과학원에서 제공하는 적조 속보 자료를 수신	
	이동확산 자료 연동	HTTP 통신으로 이동확산 모델링 자료를 수신	
	발생예측 자료 연동	OpenAPI로 발생 예측 자료를 수신	
	전자지도 연동	전자지도(Mapbox)와 연동하고 데이터를 송·수신	

○ 실측자료 연동 CSU

- 실측자료 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ string Call\_OpenAPI (string[] param, int call\_type)
- ✓ 정의 : OpenAPI를 호출하여 탐지기의 고장/사용 정보와 적조 및 수온, 기상 장비에 대한 자료를 수신한다.

표 90. 실측자료 연동 CSU - Call\_OpenAPI 함수 내용

구분	Type	설명
Parameter	param	OpenAPI 호출을 위한 입력 정보 (탐지기 종류, 탐지기 ID, 검색 시작 날짜, 검색 종료 날짜)
	call_type	OpenAPI 호출 타입 (0: 적조 및 수온, 기상 장비 자료, 1: 탐지기 고장/사용 정보)
Return	string	OpenAPI 호출 결과 데이터

○ GOCI 위성 자료 연동 CSU

- GOCI 위성 자료 연동 CSU는 아래와 같다.
- ✓ var Get\_GOCIPath (var date, var area)
- ✓ 정의 : HTTP 통신으로 GOCI 엽록소 정보 이미지 URL 주소를 수신한다.



표 91. GOCI 위성 자료 연동 CSU - Get\_GOCIPath 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	date	var	수신 받을 GOCI 엽록소 정보의 날짜 정보
	area	var	수신 받을 GOCI 엽록소 정보의 지역 정보
Return		var	GOCI 엽록소 정보 이미지 URL 주소

- ✓ var Get\_GOCICloudPath (var date)
- ✓ 정의 : HTTP 통신으로 GOCI 구름 정보 이미지 URL 주소를 수신한다.

표 92. GOCI 위성 자료 연동 CSU - Get\_GOCICloudPath 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	date	var	수신 받을 GOCI 구름 정보의 날짜 정보
Return		var	GOCI 구름 정보 이미지 URL 주소

○ KOOS 자료 연동 CSU

- KOOS 자료 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ var Get\_KOOSPath (var date, var area)
- ✓ 정의 : HTTP 통신으로 KOOS 해류 정보 이미지 URL 주소를 수신한다.

표 93. KOOS 자료 연동 CSU - Get\_KOOSPath 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	date	var	수신 받을 KOOS 해류 정보의 날짜 정보
	area	var	수신 받을 KOOS 해류 정보의 지역 정보
Return		string	KOOS 해류 정보 이미지 URL 주소

○ 국립수산과학원 적조 속보 자료 연동 CSU

- 국립수산과학원 적조 속보 자료 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ string Call\_OpenAPI (string[] param, int call\_type)
- ✓ 정의 : OpenAPI를 호출하여 적조 속보 정보 및 적조 속보 상세정보를 수신한다.

표 94. 국립수산물품질관리원 적조 속보 자료 연동 CSU - Call\_OpenAPI 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	string[]	OpenAPI 호출을 위한 입력 정보 (검색 시작 날짜, 검색 종료 날짜)
	call_type	int	OpenAPI 호출 타입 (2: 적조 속보 일반 정보, 3: 적조 속보 상세 정보)
Return		string	OpenAPI 호출 결과 데이터

○ 이동확산 자료 연동 CSU

- 이동확산 자료 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
  - ✓ var Get\_DiffPath (var date, var area)
  - ✓ 정의 : HTTP 통신으로 적조 이동확산 정보 이미지 URL 주소를 수신한다.

표 95. 이동확산 자료 연동 CSU - Get\_DiffPath 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	date	var	수신 받을 적조 이동확산 정보의 날짜 정보
	area	var	수신 받을 적조 이동확산 정보의 지역 정보
Return		string	적조 이동확산 정보 이미지 URL 주소

○ 발생예측 자료 연동 CSU

- 발생예측 자료 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
  - ✓ string Call\_OpenAPI (string[] param, int call\_type)
  - ✓ 정의 : OpenAPI를 호출하여 적조 발생예측 정보 이미지 URL을 수신한다.

표 96. 국립수산물품질관리원 적조 속보 자료 연동 CSU - Call\_OpenAPI 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	string[]	OpenAPI 호출을 위한 입력 정보 (검색 시작 날짜, 검색 종료 날짜)
	call_type	int	OpenAPI 호출 타입 (4: 발생 예측 정보)
Return		string	OpenAPI 호출 결과 데이터

○ 전자지도 연동 CSU

- 전자지도 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
  - ✓ void Call\_ScriptAsync (string script\_name, string[] param)

✓ 정의 : 웹 뷰를 통해 Javascript 함수를 호출하고 비동기로 실행한다.

표 97. 전자지도 연동 CSU - Call\_ScriptAsync 함수 내용

구분	Type	설명
Parameter	script_name	호출할 Javascript 함수 이름
	param[]	호출할 Javascript 함수의 입력 변수
Return	없음	

○ 처리 CSC

- 관제 소프트웨어 (Windows) 처리 CSC 구성은 아래와 같다.

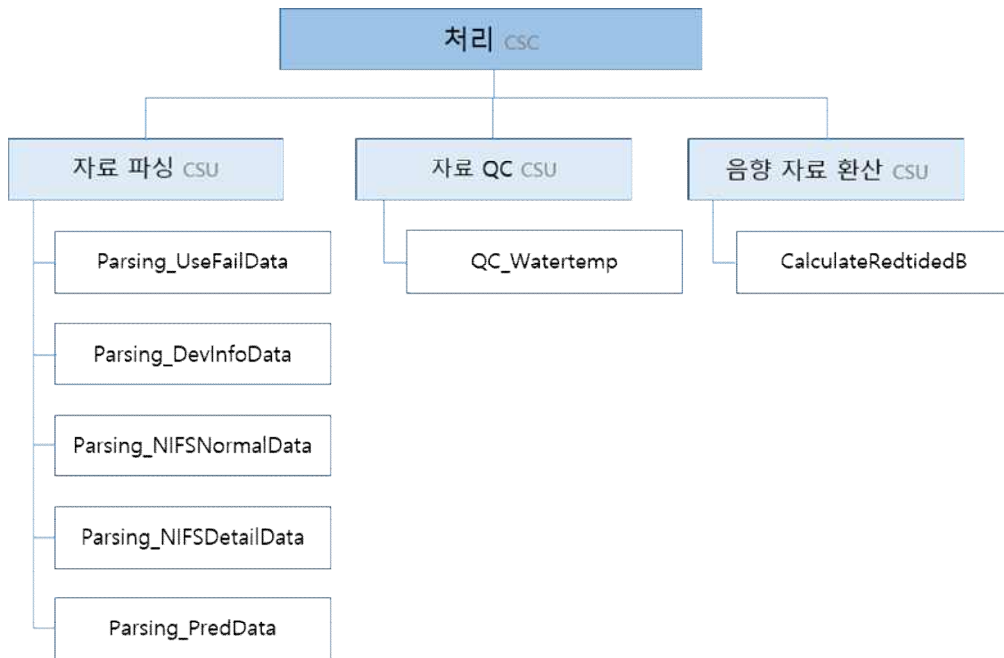


그림 247. 관제 소프트웨어 (Windows) 처리 CSC 구성

표 98. 관제 소프트웨어 (Windows) 처리 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
처리	자료 파싱	자료를 정리하고 가공 및 추출	
	자료 QC	적조 음향탐지 시스템 및 수온 탐지기의 수 은 데이터의 오류 정보를 제거	
	음향 자료 환산	적조 음향 자료를 환산	

○ 자료 파싱 CSU

- 자료 파싱 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void Parsing\_UseFailData (List<T> list, string data)

- ✓ 정의 : 탐지기의 사용/고장 정보를 정리, 가공 및 추출한다.

표 99. 자료 파싱 CSU - Parsing\_UseFailData 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	list	List<T>	가공 및 추출된 자료를 저장할 리스트
	data	string	탐지기 사용/고장 정보 OpenAPI 수신 자료
Return		없음	

- void Parsing\_DevInfoData (List<T> list, string data, int dev\_type)
- 정의 : 적조 및 수온 탐지기, 기상 장비의 정보를 정리, 가공 및 추출한다.

표 100. 자료 파싱 CSU - Parsing\_DevInfoData 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	list	List<T>	가공 및 추출된 자료를 저장할 리스트
	data	string	탐지기 및 장비 정보 OpenAPI 수신 자료
	dev_type	int	장비 종류 정보 (0: 적조 음향탐지 시스템, 1: 수온 탐지기, 2: 기상 장비)
Return		없음	

- ✓ void Parsing\_NIFSNormalData (string data)
- ✓ 정의 : 적조 속보 자료의 일반 정보를 정리, 가공 및 추출한다.

표 101. 자료 파싱 CSU - Parsing\_NIFSNormalData 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	data	string	적조 속보 정보 OpenAPI 수신 자료
Return		없음	

- ✓ void Parsing\_NIFSDetailData (string data)
- ✓ 정의 : 적조 속보 자료의 상세 정보를 정리, 가공 및 추출한다.

표 102. 자료 파싱 CSU - Parsing\_NIFSDetailData 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	data	string	적조 속보 상세 정보 OpenAPI 수신 자료
Return		없음	

- ✓ void Parsing\_PredData (List<T> list, string data)
- ✓ 정의 : 적조 발생예측 정보를 정리, 가공 및 추출한다.

표 103. 자료 파싱 CSU - Parsing\_PredData 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	list	List<T>	가공 및 추출된 자료를 저장할 리스트
	data	string	적조 발생예측 OpenAPI 수신 자료
Return		없음	

○ 자료 QC CSU

- 자료 QC CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void QCWatertemp (int device\_index, int dev\_type)
- ✓ 정의 : 적조 및 수온 탐지기의 수온 데이터 중 에러 데이터를 제거한다.

표 104. 자료 QC CSU - QCWatertemp 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	device_index	int	적조 및 수온 탐지기의 인덱스 번호
	dev_type	int	탐지기 종류 (0: 적조 음향탐지 시스템, 1: 수온 탐지기)
Return		없음	

○ 음향 자료 환산 CSU

- 음향 자료 환산 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void CalculateRedtidedB (int device\_index)
- ✓ 정의 : 적조 음향탐지 시스템의 적조 RAW 데이터 (acoustic1)를 음향 데이터 (dB)로 환산한다.

표 105. 음향 자료 환산 CSU - CalculateRedtidedB 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	device_index	int	적조 음향탐지 시스템의 인덱스 번호
Return		없음	

○ 가시화 및 표출 CSC

- 관제 소프트웨어 (Windows) 가시화 및 표출 CSC 구성은 아래와 같다.

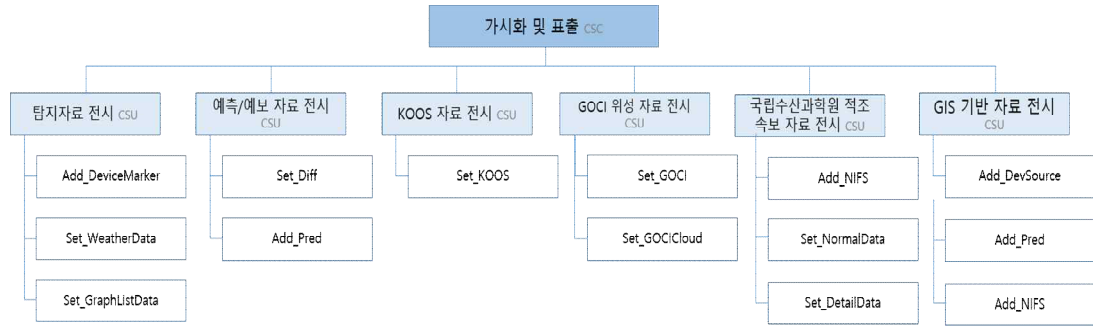


그림 248. 관제 소프트웨어 (Windows) 가시화 및 표출 CSC 구성

표 106. 관제 소프트웨어 (Windows) 가시화 및 표출 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
전시	탐지 자료 전시	적조 및 수온 탐지기에서 측정한 자료를 화면에 전시	
	예측/예보 자료 전시	적조 생물의 이동 경로와 발생 확률을 예측한 자료를 화면에 전시	
	KOOS 자료 전시	72시간 해류 예측 정보를 화면에 전시	
	GOCI 위성 자료 전시	엽록소와 구름 정보를 화면에 전시	
	국립수산과학원 적조 속보 자료 전시	적조 발생 현황, 적조 진행 사항 등 적조 관련 정보를 화면에 전시	
	GIS 기반 자료 전시	위치 자료와 속성 자료를 통합·관리하여 지도, 도표 및 그림의 형태로 정보를 전시	

○ 탐지자료 전시 CSU

- 탐지자료 전시 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void Add\_DeviceMarker (bool rt\_visible, bool wt\_visible)
- ✓ 정의 : 적조, 수온 탐지기 아이콘을 지도에 전시한다.

표 107. 탐지자료 전시 CSU - Add\_DeviceMarker 함수 내용

구분	Type	설명
Parameter	rt_visible	적조 음향탐지 시스템의 아이콘의 전시 활성화 설정
	wt_visible	수온 탐지기의 아이콘의 전시 활성화 설정
Return	없음	

- ✓ void Set\_WeatherData (int location)
- ✓ 정의 : 기상 장비 정보를 화면에 전시한다.



표 108. 탐지자료 전시 CSU - Set\_WeatherData 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	location	int	기상 관측 정보를 전시할 지역의 정보 (0: 통영/거제, 1: 여수/고흥)
Return		없음	

- ✓ void Set\_GraphListData (int dev\_type)
- ✓ 정의 : 그래프 화면에 탐지기의 정보를 전시한다.

표 109. 탐지자료 전시 CSU - Set\_GraphListData 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	dev_type	int	탐지기 종류 (0: 적조 장비, 1: 수온 장비)
Return		없음	

○ 예측/예보 자료 전시 CSU

- 예측/예보 자료 전시 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void Set\_DIFF (string date, string hour, int location, bool visible)
- ✓ 정의 : 적조 이동확산 자료를 지도에 전시한다.

표 110. 예측/예보 자료 전시 CSU - Set\_DIFF 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	date	string	전시할 이동확산 자료의 날짜 정보
	hour	string	전시할 이동확산 자료의 시간 정보
	location	int	전시할 이동확산 자료의 지역 정보
	visible	bool	이동확산 자료의 전시 활성화 설정
Return		없음	

- ✓ void Add\_Pred (List<double> param\_lat, List<double> param\_lon, List<double> param\_pred, int count, bool visible)
- ✓ 정의 : 적조 발생예측 자료를 지도에 전시한다.

표 111. 예측/예보 자료 전시 CSU - Add\_Pred 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param_lat	List<double>	전시할 발생예측 자료의 위도 정보
	param_lon	List<double>	전시할 발생예측 자료의 경도 정보
	param_pred	List<double>	전시할 발생예측 자료의 발생 확률 정보
	count	int	발생예측 자료의 개수
	visible	bool	발생예측 자료의 전시 활성화 설정
Return		없음	

○ KOOS 자료 전시 CSU

- KOOS 자료 전시 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void Set\_KOOS (string date, string hour, int location, bool visible)
- ✓ 정의 : KOOS 해류 자료를 지도에 전시한다.

표 112. KOOS 자료 전시 CSU - Set\_KOOS 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	date	string	전시할 KOOS 해류 자료의 날짜 정보
	hour	string	전시할 KOOS 해류 자료의 시간 정보
	location	int	전시할 KOOS 해류 자료의 지역 정보
	visible	bool	KOOS 해류 자료의 전시 활성화 설정
Return		없음	

○ GOCI 위성 자료 전시 CSU

○ GOCI 위성 자료 전시 CSU 구성은 아래와 같다.

- ✓ void Set\_GOCI (string date, int location, bool visible)
- ✓ 정의 : GOCI 엽록소 자료를 지도에 전시한다.

표 113. GOCI 위성 자료 전시 CSU - Set\_GOCI 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	date	string	전시할 GOCI 엽록소 자료의 날짜 정보
	location	int	전시할 GOCI 엽록소 자료의 지역 정보
	visible	bool	GOCI 엽록소 자료의 전시 활성화 설정
Return		없음	

- ✓ void Set\_GOCICloud (string date, bool visible)
- ✓ 정의 : GOCI 구름 자료를 지도에 전시한다.

표 114. GOCI 위성 자료 전시 CSU - Set\_GOCICloud 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	date	string	전시할 GOCI 구름 자료의 날짜 정보
	visible	bool	GOCI 구름 자료의 전시 활성화 설정
Return		없음	

○ 국립수산과학원 적조 속보 자료 전시 CSU

- 국립수산과학원 적조 속보 자료 전시 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void Add\_NIFS (List<double> param\_lon, List<double> param\_lat, int count, bool visible)
- ✓ 정의 : 적조 속보 자료를 지도에 전시한다.

표 115. 국립수산과학원 적조 속보 자료 전시 CSU - Add\_NIFS 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param_lat	List<double>	전시할 적조 속보 자료의 위도 정보
	param_lon	List<double>	전시할 적조 속보 자료의 경도 정보
	count	int	적조 속보 자료의 개수
	visible	bool	적조 속보 자료의 전시 활성화 설정
Return		없음	

- ✓ void Set\_NormalData (int index)
- ✓ 정의 : 적조 속보 자료를 적조 속보자료 전시화면에 전시한다.

표 116. 국립수산과학원 적조 속보 자료 전시 CSU - Set\_NormalData 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	index	int	적조 속보 자료의 인덱스 정보
Return		없음	

- ✓ void Set\_DetailData (int index)
- ✓ 정의 : 적조 속보 상세 자료를 적조 속보자료 전시화면에 전시한다.

표 117. 국립수산물품질관리원 적조 속보 자료 전시 CSU - Set\_DetailData 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	index	int	적조 속보 상세 자료의 인덱스 정보
Return		없음	

○ GIS 기반 자료 전시 CSU

- GIS 기반 자료 전시 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void Add\_DevSource (var dev\_type, var dev\_id, var msg, var color, var lng, var lat, var angle, var item\_num, var visible)
- ✓ 정의 : 적조 및 수온 탐지기의 위치 자료, 속성 자료를 통합하여 지도에 전시한다.

표 118. GIS 기반 자료 전시 CSU - Add\_DevSource 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	dev_type	var	탐지기 종류 (0: 적조 장비, 1: 수온 장비)
	dev_id	var	탐지기 ID
	msg	var	아이콘에 전시할 메시지 정보
	color	var	아이콘의 색상 정보
	long	var	탐지기의 경도 정보
	lat	var	탐지기의 위도 정보
	angle	var	메시지의 각도 정보 (0: 1사분면, 1: 2사분면, 2: 3사분면, 3: 4사분면)
	item_num	var	메시지의 항목 개수
	visible	var	탐지기 아이콘 전시 활성화 설정
Return		없음	

- ✓ void Add\_Pred (var param\_lat, var param\_lng, var param\_data, var count, var visible)
- ✓ 정의 : 적조 발생 예측 정보의 위치 자료, 속성 자료를 통합하여 지도에 전시한다.

표 119. GIS 기반 자료 전시 CSU - Add\_Pred 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param_lat	var	적조 발생예측 자료의 위도 정보
	param_lng	var	적조 발생예측 자료의 경도 정보
	param_data	var	적조 발생예측 자료의 발생 확률 정보
	count	var	적조 발생예측 자료의 개수
	visible	var	적조 발생예측 자료의 전시 활성화 설정
Return		없음	

- ✓ void Add\_NIFS (var param\_lng, var param\_lat, var count, var visible)
- ✓ 정의 : 적조 속보 자료의 위치 자료, 속성 자료를 통합하여 지도에 전시한다.

표 120. GIS 기반 자료 전시 CSU - Add\_NIFS 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param_lng	var	적조 속보 자료의 위도 정보
	param_lat	var	적조 속보 자료의 경도 정보
	count	var	적조 속보 자료의 개수
	visible	var	적조 속보 자료의 전시 활성화 설정
Return		없음	

○ 관리 CSC

- 관계 소프트웨어 (Windows) 관리 CSC 구성은 아래와 같다.

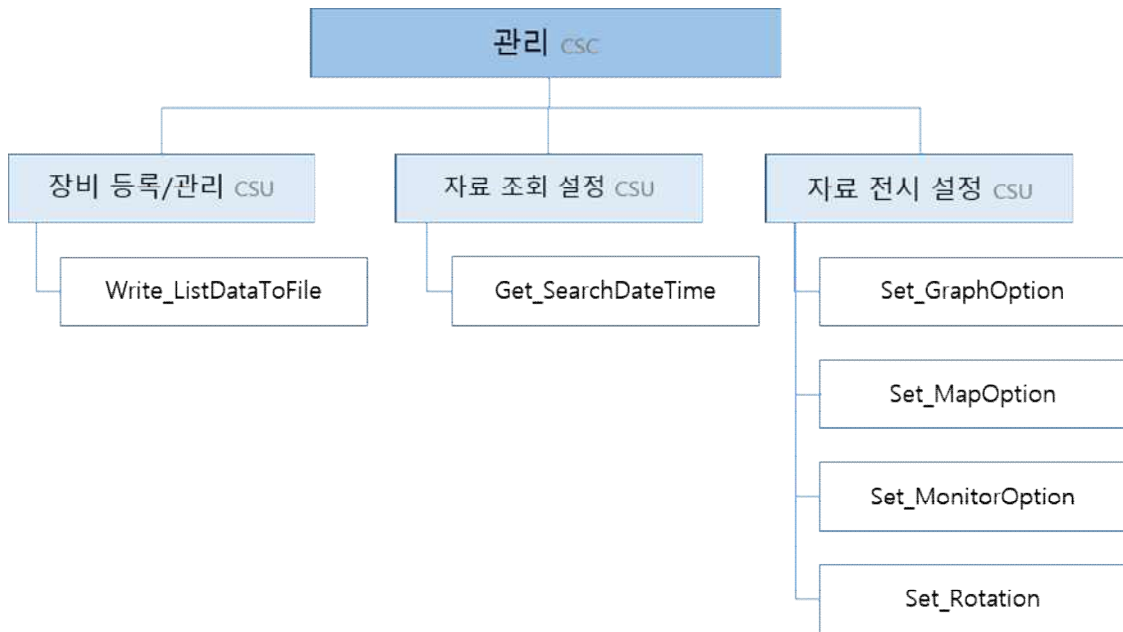


그림 249. 관제 소프트웨어 (Windows) 관리 CSC 구성

표 121. 관제 소프트웨어 (Windows) 관리 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
관리	장비 등록/관리	조회하고자 하는 적조 및 수온 탐지기를 등록하고 관리	
	자료 조회 설정	실시간 · 준 실시간 자료의 조회 날짜를 설정	
	자료 전시 설정	전자지도, 그래프, 화면 운용 등의 전시와 관련된 설정	

○ 장비 등록/관리 CSU

- 장비 등록/관리 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void Write\_ListDataToFile (string file\_path, int data\_file\_type, int count)
- ✓ 정의 : 장비 등록/관리 정보를 파일로 저장한다.

표 122. 장비 등록/관리 CSU - Write\_ListDataToFile 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	file_path	string	장비 등록/관리 정보를 저장할 파일 경로
	data_file_type	int	탐지기 종류 별 파일 (0: 적조 장비, 1: 수온 장비)
	count	var	탐지기 개수
Return		없음	



○ 자료 조회 설정 CSU

- 자료 조회 설정 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void Get\_SearchDateTime (ref string ret\_start\_date, ref string ret\_end\_date)
- ✓ 정의 : 자동 검색 및 수동 검색에 따른 시작, 종료 날짜를 계산하여 자료 조회

표 123. 자료 조회 설정 CSU - Get\_SearchDateTime

구분		Type	설명
Parameter	ret_start_date	string	검색 시작 날짜 정보
	ret_end_date	string	검색 종료 날짜 정보
Return		없음	

○ 자료 전시 설정 CSU

- 자료 전시 설정 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void Set\_GraphOption()
- ✓ 정의 : 그래프 전시와 관련된 설정을 한다.

표 124. 자료 전시 설정 CSU - Set\_GraphOption 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	없음	없음	
Return		없음	

- ✓ void Set\_MapOption()
- ✓ 정의 : 전자지도 전시와 관련된 설정을 한다.

표 125. 자료 전시 설정 CSU - Set\_MapOption 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	없음	없음	
Return		없음	

- ✓ void Set\_MonitorOption()
- ✓ 정의 : 화면 전시와 관련된 설정을 한다.

표 126. 자료 전시 설정 CSU - Set\_MonitorOption 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	없음	없음	
Return		없음	

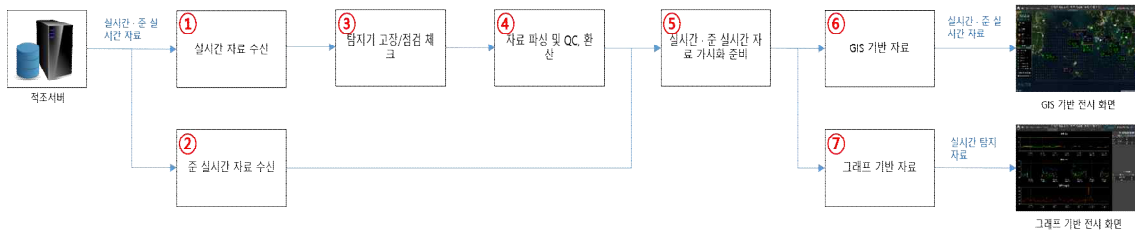
- ✓ void Set\_Rotation()
- ✓ 정의 : 화면 운용과 관련된 설정을 한다.

표 127. 자료 전시 설정 CSU - Set\_Rotation 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	없음	없음	
Return		없음	

(마) DFD (Data Flow Diagram)

○ 관제 소프트웨어 (Windows)의 Data Flow Diagram은 아래와 같다.



.그림 250. 관제 소프트웨어 (Windows) Data Flow Diagram

표 128. 관제 소프트웨어 (Windows) Data Flow Diagram 내용

번호	항목	내용	참고
1	실시간 자료 수신	OpenAPI를 통해 실시간 탐지 자료를 수신	
2	준 실시간 자료 수신	HTTP 통신을 통해 준 실시간 자료를 수신	
3	탐지기 고장/점검 체크	탐지기의 고장/점검 정보를 확인	
4	자료 파싱 및 QC, 환산	탐지기의 정보를 가공 및 추출, 에러 데이터 제거, 음향 자료 환산 작업 수행	
5	실시간·준 실시간 자료 가시화 준비	실시간·준 실시간 자료를 지도, 그래프 전시에 맞게 데이터 설정	
6	GIS 기반 자료	Mapbox와 연동하여 실시간·준 실시간 자료의 위치 및 속성 정보를 지도에 전시	
7	그래프 기반 자료	LightningChart와 연동하여 실시간 탐지 정보 그래프 전시	

(가) GUI (Graphic User Interface)

- 관제 소프트웨어 (Windows)의 GUI는 전자지도 및 그래프 기반 화면으로 구성하였고 보조 화면으로는 자료 조회 설정, 탐지기 관리, 해도 설정, 모니터 설정, 그래프 설정, 화면운용 설정, 장비별 그래프 화면, 적조 속보 화면으로 구성하였다.

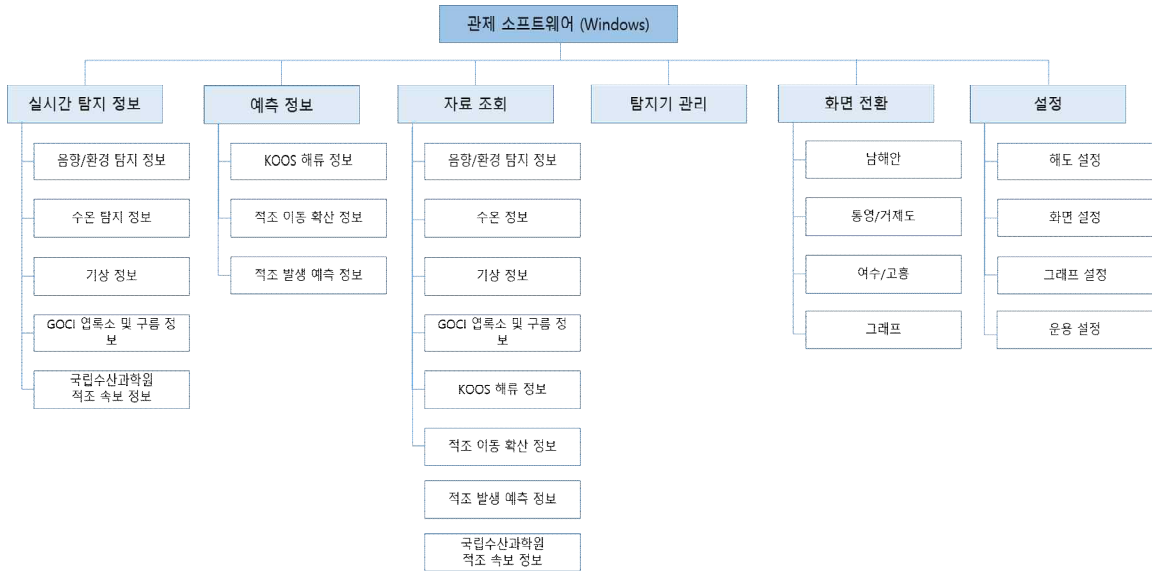


그림 251. 관제 소프트웨어 (Windows) 메뉴 구성도



그림 252. 관제 소프트웨어 (Windows) 타이틀 화면 구성

표 129. 관제 소프트웨어 (Windows) 타이틀 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	타이틀 정보	프로그램의 타이틀 정보를 전시	
2	참여 기관 로고	참여 기관의 로고를 전시	
3	메뉴 정보	전시 모드 및 보조 화면 전시 메뉴	
4	시스템 버튼	프로그램 최소화, 종료 버튼	

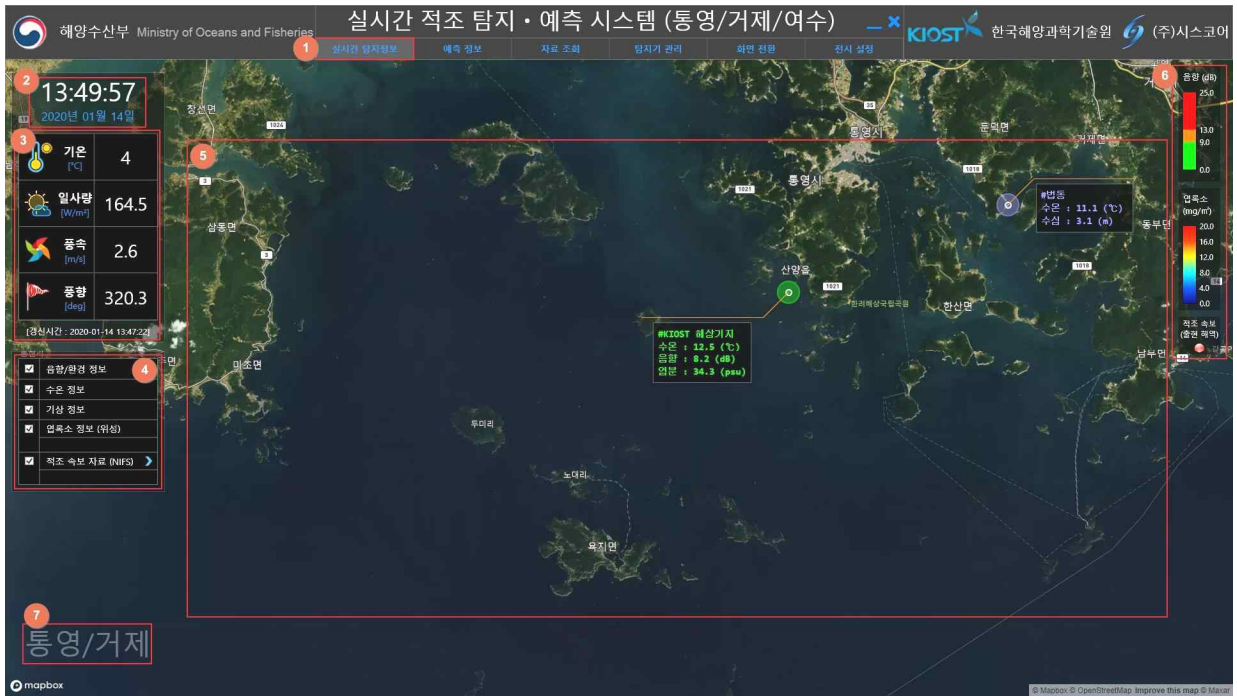


그림 253. 관제 소프트웨어 (Windows) 실시간 탐지정보 모드 화면

표 130. 관제 소프트웨어 (Windows) 실시간 탐지정보 모드 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	모드 정보	현재 설정된 모드 전시	
2	날짜 및 시간	현재 시간과 날짜 전시	
3	기상 정보	기상 관측 장비에서 수집한 정보 전시	
4	전시 자료 항목	탐지기 및 타 기관 자료 항목 선택 및 전시	
5	자료 전시	탐지기 및 타 기관 자료 GIS 기반 전시	
6	자료 범례	자료의 범례를 전시	
7	지역 명 전시	지도에 해당하는 위치의 지역 명 전시	

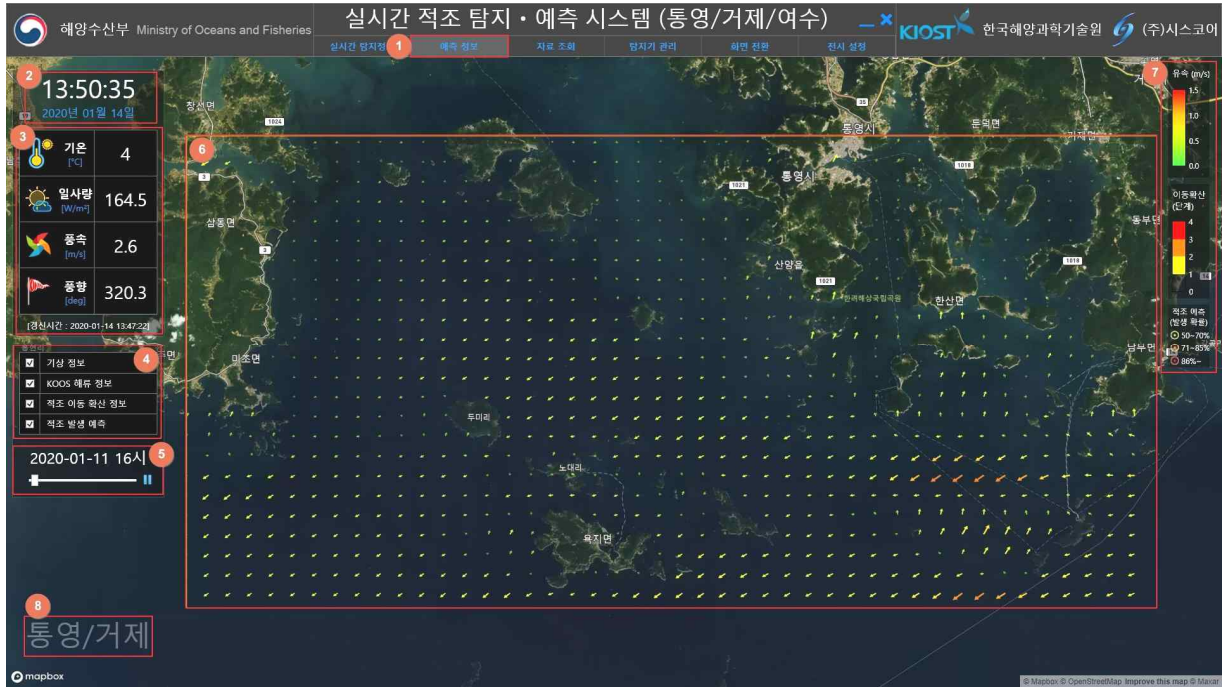


그림 254. 관제 소프트웨어 (Windows) 예측정보 모드 화면

표 131. 관제 소프트웨어 (Windows) 예측정보 모드 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	모드 정보	현재 설정된 모드 전시	
2	날짜 및 시간	현재 시간과 날짜 전시	
3	기상 정보	기상 관측 장비에서 수집한 정보 전시	
4	전시 자료 항목	예측 정보 자료 항목 선택 및 전시	
5	전시 자료 Playback	예측 정보 자료를 시간 별 재생, 탐색, 정지 기능	
6	자료 전시	예측 정보 자료 GIS 기반 전시	
7	자료 범례	자료의 범례를 전시	
8	지역 명 전시	지도에 해당하는 위치의 지역 명 전시	



그림 255. 관제 소프트웨어 (Windows) 자료 조회 모드 화면

표 132. 관제 소프트웨어 (Windows) 자료 조회 모드 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	모드 정보	현재 설정된 모드 전시	
2	날짜 및 시간	현재 시간과 날짜 전시	
3	기상 정보	기상 관측 장비에서 수집한 정보 전시	
4	전시 자료 항목	탐지기 및 타 기관 자료 항목 선택 및 전시	
5	전시 자료 Playback	탐지기 및 타 기관 자료를 시간 별 재생, 탐색, 정지 기능	
6	자료 전시	탐지기 및 타 기관 자료 GIS 기반 전시	
7	자료 범례	자료의 범례를 전시	
8	지역 명 전시	지도에 해당하는 위치의 지역 명 전시	





그림 256. 관제 소프트웨어 (Windows) 그래프 모드 화면 구성

표 133. 관제 소프트웨어 (Windows) 그래프 모드 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	수온 그래프 정보	적조 및 수온 탐지기의 수온 정보를 그래프로 전시	
2	음향 그래프 정보	적조 음향탐지 시스템의 음향 정보를 그래프로 전시	
3	엽록소 그래프 정보	적조 음향탐지 시스템의 엽록소 정보를 그래프로 전시	
4	적조 음향탐지 시스템 항목	적조 음향탐지 시스템 항목 및 정보 전시	
5	수온 탐지기 항목	수온 탐지기 항목 및 정보 전시	



그림 257. 관제 소프트웨어 (Windows) 자료 조회 설정 화면 구성

표 134. 관계 소프트웨어 (Windows) 자료 조회 설정 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	현재시간 기준 검색	현재시간 기준으로 조회할 과거 시간 선택	
2	날짜 지정 검색	자료를 조회할 시작 날짜, 종료 날짜 선택	



그림 258. 관계 소프트웨어 (Windows) 탐지기 관리 화면 구성

표 135. 관계 소프트웨어 (Windows) 탐지기 관리 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	적조 음향탐지 시스템 관리 정보	조회할 적조 음향탐지 시스템의 정보를 입력 및 등록	
2	수온 탐지기 관리 정보	조회할 수온 탐지기의 정보를 입력 및 등록	



그림 259. 관제 소프트웨어 (Windows) 해도 설정 화면 구성

표 136. 관제 소프트웨어 (Windows) 해도 설정 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	지도 스타일 정보	지도 스타일 (일반, 위성, 밝음, 어두움 등) 설정	
2	자료 항목	지도에 전시할 자료 설정	



그림 260. 관제 소프트웨어 (Windows) 모니터 설정 화면 구성

표 137. 관제 소프트웨어 (Windows) 모니터 설정 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	모니터 종류 정보	소프트웨어 화면을 싱글 또는 듀얼 설정	
2	전시 위치 정보	소프트웨어 화면의 전시 위치 설정	
3	해상도 및 전시 종류 정보	소프트웨어 화면의 해상도, 전시 종류 설정	



그림 261. 관제 소프트웨어 (Windows) 그래프 설정 화면 구성

표 138. 관제 소프트웨어 (Windows) 그래프 설정 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	Y축 스케일 설정	그래프 Y축 스케일 자동/수동 설정	
2	Y축 스케일 수동 정보	그래프별 Y축 스케일 수동 레벨 설정	
3	그래프 포인트	그래프 포인트 전시 설정	
4	보조 그래프 영역 설정	보조 그래프화면 영역 색상 설정	
5	적조 기준선 설정	그래프 적조 기준선 설정 및 레벨 설정	
6	수온 기준선 설정	그래프 수온 기준선 설정 및 레벨 설정	
7	낮 시간 음향그래프 설정	음향그래프 밤 시간 자료 전시 설정	



그림 262. 관제 소프트웨어 (Windows) 화면 운용관리 설정 화면 구성

표 139. 관제 소프트웨어 (Windows) 화면 운용관리 설정 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	화면 운용 설정	화면 운용 모드 설정	
2	화면 운용 정보	화면 운용 순서 및 시간을 설정	



그림 263. 관제 소프트웨어 (Windows) 보조 그래프 화면 설정 구성

표 140. 관계 소프트웨어 (Windows) 적조 속보자료 전시 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	탐지기 정보	탐지기의 설치 정보를 전시	
2	수온 그래프 정보	수온 또는 적조 음향탐지 시스템의 수온 그래프 전시	
3	음향 그래프 정보	적조 음향탐지 시스템의 음향 그래프 전시	
4	기타 그래프 정보	적조 음향탐지 시스템 센서에 따라 엽록소 또는 엽분 그래프 전시	

그림 264. 관계 소프트웨어 (Windows) 적조 속보자료 전시 화면 구성

표 141. 관계 소프트웨어 (Windows) 적조 속보자료 전시 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	적조 속보코드 정보	적조 속보자료의 속보코드를 전시	
2	적조 속보 정보	속보에 해당하는 적조 정보를 전시	
3	적조 속보 상세정보	속보에 해당하는 적조 상세정보를 전시	



# 실시간 적조 탐지·예측 시스템 시범 운용



그림 265. 관계 소프트웨어 (Windows) 적조 체계 주 화면 구성

표 142. 관계 소프트웨어 (Windows) 적조 체계 주 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	적조 체계 주 화면	실시간 적조 탐지 및 예측 시스템의 주 화면 전시	

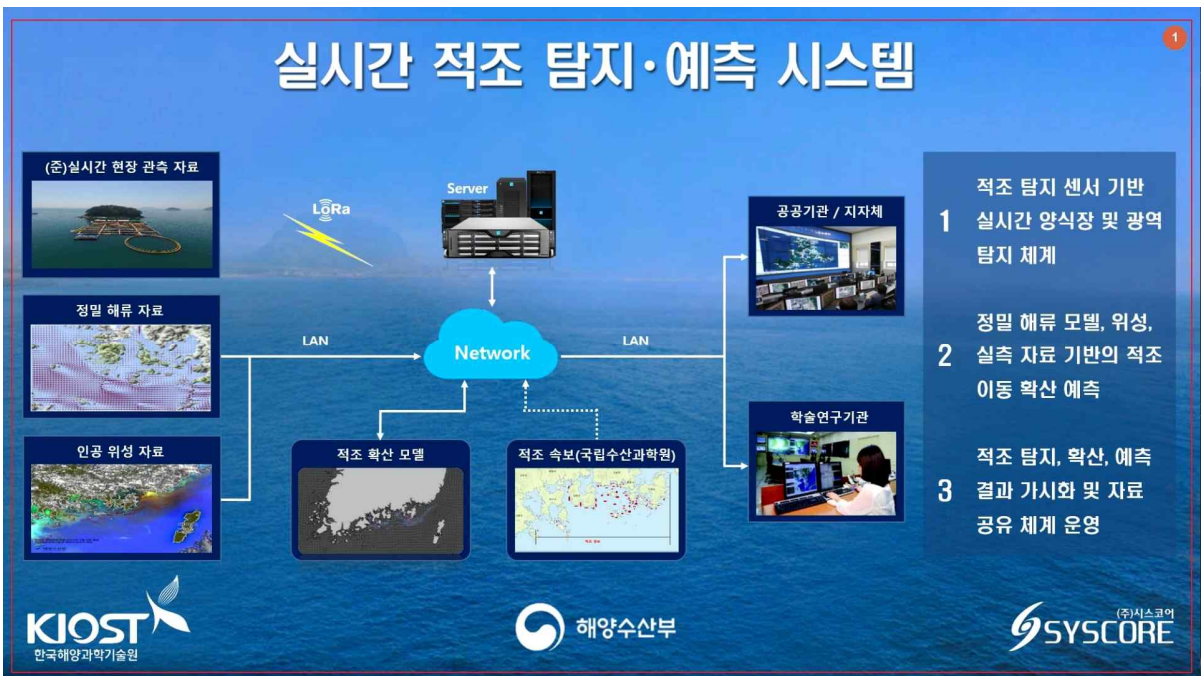


그림 266. 관계 소프트웨어 (Windows) 적조 체계 설명 화면 구성

표 143. 관제 소프트웨어 (Windows) 적조 체계 설명 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	적조 체계 설명 화면	실시간 적조 탐지 및 예측 시스템의 설명 화면 전시	

(5) Web Page 소프트웨어

(나) 개요

- Web Page 소프트웨어는 웹(WEB)기반으로 사용자가 별도의 SW설치 없이 인터넷 URL을 통해 바로 실시간 적조 탐지/예측 시스템에 접근 및 이용 가능한 소프트웨어이다.

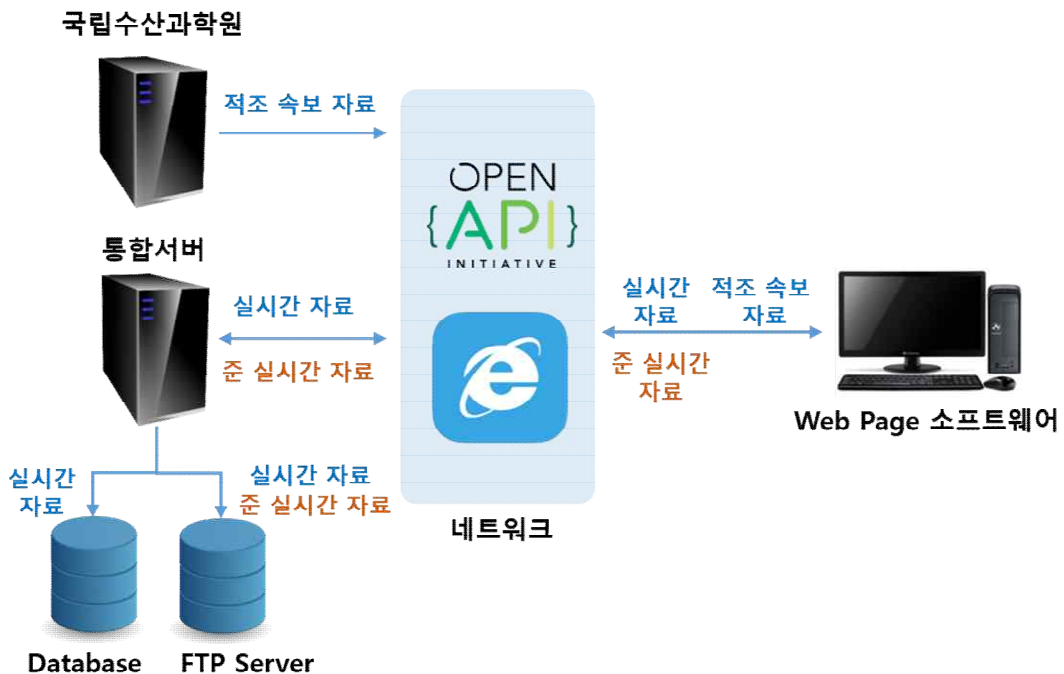


그림 267. OpenAPI와 HTTP를 통한 Web Page 소프트웨어

(다) 개발환경

표 144. Web Page 소프트웨어 개발환경 내용

구분	내용	참고
운영체제	Windows 10	Microsoft
개발환경	Visual Studio 2017 Community Web Project Chrome 기반의 HTML5, Javascript	Microsoft W3C Mozilla
컴포넌트	dygraphs, Mapbox	Open Source Mapbox
핵심기술	Javascript, Ajax를 활용한 탐지 데이터의 비동기 호출 및 전시, 국립수산과학원 적조속보 자료 연동, GIS 정보 연동 전자지도(Mapbox)와의 연동을 통한 자료 가시화	Mozilla

(라) 상태와 모드

- 실시간 탐지 정보 조회 모드
  - 각 해역의 탐지기, 위성/해류 모델 데이터, 적조 속보 데이터를 실시간 및 준 실시간으로 지도 기반 전시와 그래프 기반의 전시 기능을 담당한다.
- 예측 정보 조회 모드
  - 실시간으로부터 앞으로 최대 72시간 까지 KOOS 해류 모델, 적조 이동 확산 정보, 적조 발생 예측 정보의 예측 데이터를 전시 기능을 담당한다.
- 자료 조회 모드
  - 자료조회 메뉴는 Web 기반의 실시간 적조 탐지·예측 시스템에서 전시하는 모든 데이터를 과거 날짜 및 기간을 선택하여 데이터를 전시 기능을 담당한다.
- 그래프 조회 모드
  - “실시간 탐지정보”와 “자료 조회” 기능에서 음향/환경 탐지기과 수온 탐지기의 실측 정보를 그래프와 표 기반으로 전시 기능을 담당한다.
- 화면 운용 모드
  - 실시간 적조 탐지·예측 시스템의 소개 및 설명 화면과 각 해역 정보, 그래프 정보를 설정한 순서에 따라 전시 기능을 담당한다.

(마) CSCI 구성

- Web Page 소프트웨어의 CSCI 구성은 아래와 같다.



그림 268 Web Page 소프트웨어의 CSCI 구성

○ 연동 CSC 구성

- Web Page 소프트웨어의 연동 CSC 구성은 아래와 같다.

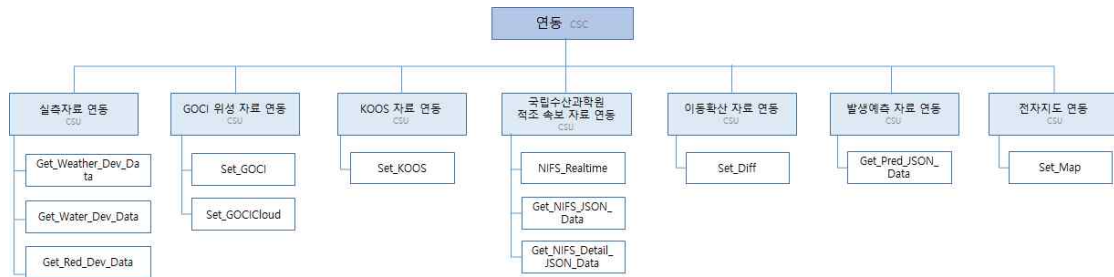


그림 269. Web Page 소프트웨어의 연동 CSC 구성도

표 145. Web Page 소프트웨어의 연동 CSC 구성도

CSC	CSU	내용	참고
연동	실측자료 연동	OpenAPI 통해 탐지기 및 기상 관측 장비에서 실시간으로 측정된 자료를 수신한다.	
	GOCI 위성 자료 연동	HTTP 통신으로 엽록소와 구름 정보를 수신한다.	
	KOOS 자료 연동	HTTP 통신으로 해류 예측 정보를 수신한다.	
	국립수산업과학원 적조 속보 자료 연동	OpenAPI 통해 국립수산업과학원에서 제공하는 적조 속보 자료를 수신한다.	
	이동확산 자료 연동	HTTP 통신으로 이동확산 모델링 자료를 수신한다.	
	발생예측 자료 연동	OpenAPI 통해 발생 예측 자료를 수신한다.	
	전자지도 연동	전자지도(Mapbox)와 연동하고 데이터를 송·수신 한다.	

○ 실측자료 연동 CSU

- 실측자료 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ function Get\_Weather\_JSON\_Data(\_deviceID)
- ✓ 정의 : OpenAPI 호출하여 기상 장비의 기온, 일사량, 풍속, 풍향 데이터를 수신한다.

표 146. 실측자료 연동 CSU - Get\_Weather\_JSON\_Data 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	_deviceID	var	OpenAPI 호출을 위한 입력 정보 (기상 장비 ID)
Return		undefined	-

- ✓ function Get\_Water\_Dev\_JSON\_Data(\_deviceID)
- ✓ 정의 OpenAPI 호출하여 수온 탐지기의 실측 데이터를 수신한다.

표 147. 실측자료 연동 CSU - Get\_Water\_Dev\_JSON\_Data 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	_deviceID	var	OpenAPI 호출을 위한 입력 정보 (수온 장비 ID)
Return		undefined	-

- ✓ function Get\_Red\_Dev\_JASON\_Data(\_deviceID)
- ✓ 정의 OpenAPI 호출하여 음향/환경 탐지기의 실측 데이터를 수신한다.

표 148. 실측자료 연동 CSU - Get\_Red\_Dev\_JASON\_Data 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	_deviceID	var	OpenAPI 호출을 위한 입력 정보 (음향/환경 장비 ID)
Return		undefined	-

○ GOCI 위성 자료 연동 CSU

- GOCI 위성 자료 연동 CSU는 아래와 같다.
  - ✓ function Set\_GOCI(date, area, visible)
  - ✓ 정의 : HTTP 통신으로 GOCI 업록소 정보 이미지 URL 주소를 수신한다.

표 149. GOCI 위성 자료 연동 CSU - Set\_GOCI 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	date	var	수신 받을 GOCI 업록소 정보의 날짜 정보
	area	var	수신 받을 GOCI 업록소 정보의 지역 정보
	visible	var	수신 받을 GOCI 업록소 정보의 전시 상태 정보
Return		undefined	-

- ✓ function Set\_GOCICloud(date, visible)
- ✓ 정의 : HTTP 통신으로 GOCI 구름 정보 이미지 URL 주소를 수신한다.

표 150. GOCI 위성 자료 연동 CSU - Set\_GOCICloud 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	date	var	수신 받을 GOCI 구름 정보의 날짜 정보
	visible	var	수신 받은 GOCI 구름 정보의 전시 상태 정보
Return		undefined	-

○ KOOS 자료 연동 CSU

- KOOS 자료 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
  - ✓ function Set\_KOOS(date, hour, area, visible)
  - ✓ 정의 : HTTP 통신으로 KOOS 해류 정보 이미지 URL 주소를 수신한다.

표 151. KOOS 자료 연동 CSU - Set\_KOOS 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	date	var	수신 받을 KOOS 해류 정보의 날짜 정보
	hour	var	수신 받을 KOOS 해류 정보의 시간 정보
	area	var	수신 받을 KOOS 해류 정보의 지역 정보
	visible	var	수신 받을 KOOS 해류 정보의 전시 상태 정보
Return		undefined	-

○ 국립수산과학원 적조 속보 자료 연동 CSU

- 국립수산과학원 적조 속보 자료 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
  - ✓ async function NIFS\_Realttime()
  - ✓ 정의 : 실시간 탐지 정보 메뉴에서 OpenAPI를 호출하여 적조 속보 및 속보 상세정보를 수신한다.

표 152. 국립수산과학원 적조 속보 자료 연동 CSU - NIFS\_Realttime 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

- ✓ function Get\_NIFS\_JSON\_Data()
- ✓ 정의 : 자료조회 메뉴에서 OpenAPI를 호출하여 적조 속보 정보를 수신한다.



표 153. 국립수산물품질관리원 적조 속보 자료 연동 CSU - Get\_NIFS\_JSON\_Data 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

- ✓ function Get\_NIFS\_Detail\_JSON\_Data(codNews, idx)
- ✓ 정의 : 자료조회 OpenAPI를 호출하여 적조 속보 정보 및 적조 속보 상세정보를 수신한다.

표 154. 국립수산물품질관리원 적조 속보 자료 연동 CSU - Get\_NIFS\_Detail\_JSON\_Data 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	codNews	var	속보 상세정보를 호출 하려는 코드뉴스 번호
	idx	var	코드 뉴스 번호를 저장하고 있는 배열의 인덱스
Return		undefined	-

○ 이동확산 자료 연동 CSU

- 이동확산 자료 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ function Set\_Diff(date, hour, area, visible)
- ✓ 정의 : HTTP 통신으로 적조 이동확산 정보 이미지 URL 주소를 수신한다.

표 155. 이동확산 자료 연동 CSU - Get\_DiffPath 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	date	var	수신 받을 적조 이동확산 정보의 날짜 정보
	hour	var	수신 받을 적조 이동확산 정보의 시간 정보
	area	var	수신 받을 적조 이동확산 정보의 지역 정보
	visible	var	수신 받을 적조 이동확산 정보의 전시 여부 정보
Return		undefined	-

○ 발생예측 자료 연동 CSU

- 발생예측 자료 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ function Get\_Pred\_JSON\_Data()
- ✓ 정의 : OpenAPI를 호출하여 적조 발생예측 정보 이미지 URL을 수신한다.

표 156. 국립수산과학원 적조 속보 자료 연동 CSU - Call\_OpenAPI 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

○ 전자지도 연동 CSU

- 전자지도 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ function Set\_Map (style)
- ✓ 정의 : 웹 페이지의 HTML 상에 Mapbox 지도의 컨트롤을 설정하고 전시한다.

표 157. 전자지도 연동 CSU - Set\_Map 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	style	var	전시하려는 Mapbox 지도 스타일 설정
Return		undefined	-

○ 처리 CSC

- Web Page 소프트웨어 처리 CSC 구성은 아래와 같다.

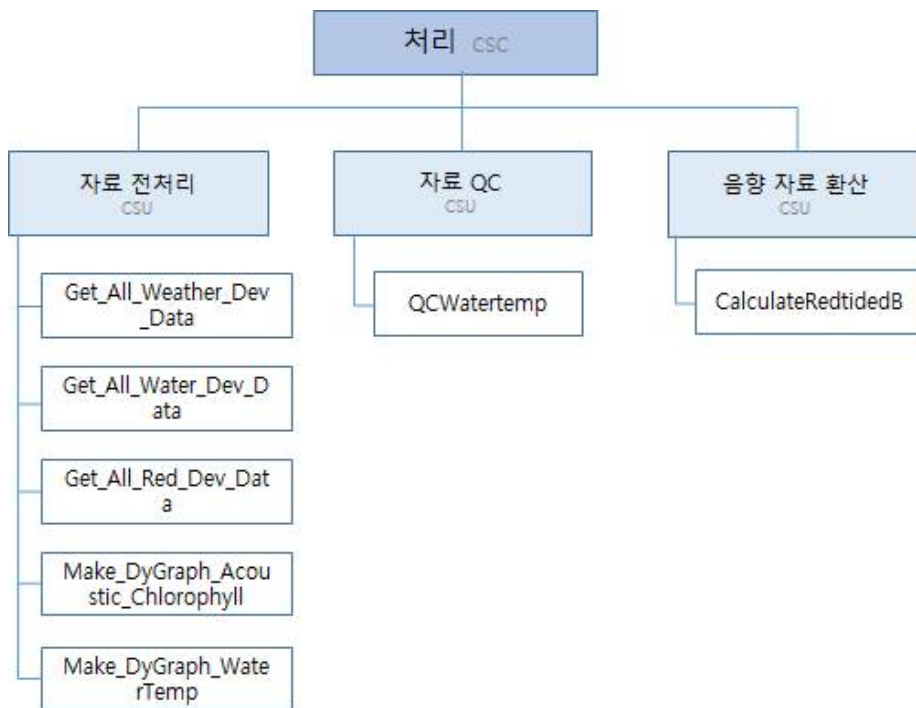


그림 270. Web Page 소프트웨어의 처리 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
처리	자료 전처리	적조 서버 및 OpenAPI에서 수신한 데이터를 파싱하여 어플리케이션 내부 자료구조에 저장	
	자료 QC	적조 음향탐지 시스템 및 수온 탐지기의 수온 데이터의 오류 정보를 제거	
	음향 자료 환산	적조 음향 자료를 환산	

표 158. Web Page 소프트웨어의 처리 CSC 구성 내용

○ 자료 전처리 CSU

- 자료 전처리 CSU 구성은 아래와 같다.
  - ✓ async function Get\_All\_Weather\_Dev\_Data()
  - ✓ 정의 : 모든 기상 장비의 데이터를 함수 내부에서 각 OpenAPI 요청 함수로 호출 후 수신한 데이터를 파싱하여 어플리케이션 내부 자료구조(3차원 배열)에 맞추어 저장한다.

표 159. 자료 전처리 CSU - Get\_All\_Weather\_Dev\_Data 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

- ✓ async function Get\_All\_Water\_Dev\_Data()
- ✓ 정의 : 모든 수온 탐지기 데이터를 함수 내부에서 각 OpenAPI 요청 함수로 호출 후 수신한 데이터를 파싱하여 어플리케이션 내부 자료구조(3차원 배열)에 맞추어 저장한다.

표 160. 자료 전처리 CSU - Get\_All\_Water\_Dev\_Data 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

- ✓ async function Get\_All\_Red\_Dev\_Data()
- ✓ 정의 : 모든 음향/환경 탐지기 데이터를 함수 내부에서 각 OpenAPI 요청 함수로 호출 후 수신한 데이터를 파싱하여 어플리케이션 내부 자료구조(3차원 배열)에 맞추어 저장한다.

표 161. 자료 전처리 CSU - Get\_All\_Red\_Dev\_Data 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

- ✓ function Make\_DyGraph\_Acoustic\_Chlorophyll()
- ✓ 정의 : 그래프 컴포넌트(dygraph)의 음향 및 엽록소 그래프에 데이터를 전시하기 위해 음향 및 엽록소 값을 파싱하고 그래프 전시를 위한 자료구조(2차원 배열)에 데이터를 저장한다.

표 162. 자료 전처리 CSU - Make\_DyGraph\_Acoustic\_Chlorophyll 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

- ✓ function Make\_DyGraph\_WaterTemp()
- ✓ 정의 : 그래프 컴포넌트(dygraph)의 수온 그래프에 데이터를 전시하기 위해 수온 값을 파싱하고 그래프 전시를 위한 자료구조(2차원 배열)에 데이터를 저장한다.

표 163. 자료 전처리 CSU - Make\_DyGraph\_WaterTemp 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

- ✓ async function All\_Pred\_JSON\_DATA()
- ✓ 정의 : 발생예측 데이터 수신 후 어플리케이션 내부 자료구조(배열)에 데이터를 저장한다.

표 164. 자료 전처리 CSU - All\_Pred\_JSON\_DATA 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

○ 자료 QC CSU

- 자료 QC CSU 구성은 아래와 같다.

- ✓ function QCWatertemp(\_deviceID, \_device)

- ✓ 정의 : 음향/환경 및 수온 탐지기의 수온 데이터 중 에러 값을 제거한다.

표 165. 자료 QC CSU - QCWatertemp 함수 내용

구분	Type	설명	
Parameter	_deviceID,	var	음향/환경 및 수온 탐지기의 장비 ID
	_device)	var	탐지기 종류 (redtide: 적조 음향탐지 시스템, water: 수온 탐지기)
Return	undefined	-	

○ 음향 자료 환산 CSU

- 음향 자료 환산 CSU 구성은 아래와 같다.

- ✓ function CalculateRedtidedB(\_deviceID)

- ✓ 정의 : 적조 음향탐지 시스템의 적조 RAW 데이터 (acoustic1)를 음향 데이터 (dB)로 환산한다.

표 166. 음향 자료 환산 CSU - CalculateRedtidedB 함수 내용

구분	Type	설명	
Parameter	_deviceID	var	음향/환경 탐지기의 장비 ID
Return	undefined	-	

○ 전시 CSC

- Web Page 소프트웨어의 가시화 및 표출 CSC 구성은 아래와 같다.

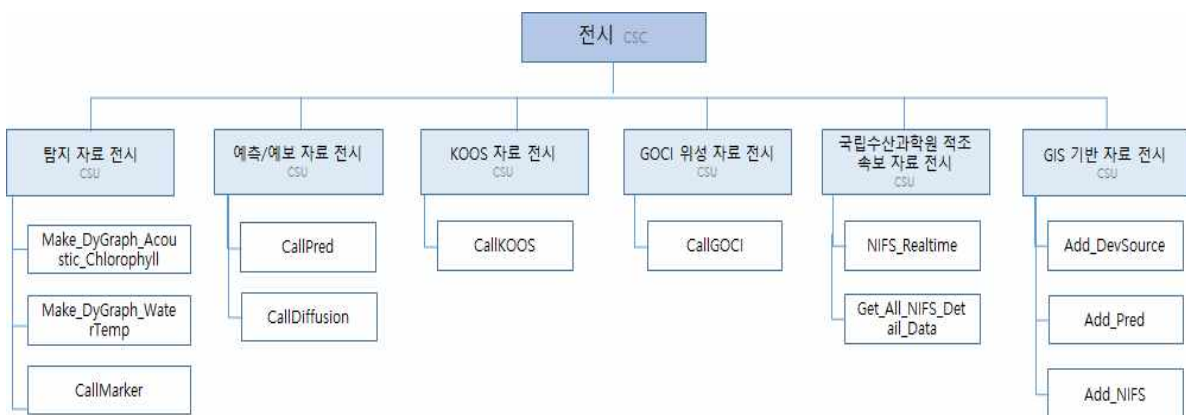


그림 271. Web Page 소프트웨어의 전시 CSC 구성 내용

표 167. Web Page 소프트웨어의 전시 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
전시	탐지 자료 전시	적조 및 수온 탐지기에서 계측한 자료를 화면에 전시	
	예측/예보 자료 전시	적조 생물의 이동 경로와 발생 확률을 예측한 자료를 화면에 전시	
	KOOS 자료 전시	72시간 해류 예측 정보를 화면에 전시	
	GOCI 위성 자료 전시	엽록소와 구름 정보를 화면에 전시	
	국립수산과학원 적조 속보 자료 전시	적조 발생 현황, 적조 진행 사항 등 적조 관련 정보를 화면에 전시	
	GIS 기반 자료 전시	위치 자료와 속성 자료를 통합·관리하여 지도, 도표 및 그림의 형태로 정보를 전시	

○ 탐지자료 전시 CSU

- 탐지자료 전시 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ function Make\_DyGraph\_Acoustic\_Chlorophyll()
- ✓ 정의 : 음향 및 환경 탐지기의 데이터를 어플리케이션 전시를 위한 내부 자료구조(2차원 배열)에 저장하고 지도, 그래프, 표에 전시한다.

표 168. 탐지자료 전시 CSU - Make\_DyGraph\_Acoustic\_Chlorophyll 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

- ✓ function Make\_DyGraph\_WaterTemp()
- ✓ 정의 : 수온 탐지기의 데이터를 어플리케이션 전시를 위한 내부 자료구조(2차원 배열)에 저장하고 지도, 그래프, 표에 전시한다.

표 169. 탐지자료 전시 CSU - Make\_DyGraph\_WaterTemp 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

- ✓ function CallMarker()
- ✓ 정의 : 음향/환경 탐지기 및 수온 탐지기의 지도 전시 여부 체크박스에 따라 전시와 비전시 기능을 담당한다.



표 170. 탐지자료 전시 CSU - CallMarker 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

○ 예측/예보 자료 전시 CSU

- 예측/예보 자료 전시 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ function CallPred()
- ✓ 정의 : 전시하려는 날짜를 파싱하여 적조 발생 예측 정보를 지도에 전시한다.

표 171. 예측/예보 자료 전시 CSU - CallPred 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

- ✓ function CallDiffusion()
- ✓ 정의 : 전시하려는 날짜를 파싱하여 적조 이동 확산 예측 정보를 지도에 전시한다.

표 172. 예측/예보 자료 전시 CSU - CallDiffusion 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

○ KOOS 자료 전시 CSU

- KOOS 자료 전시 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ function CallKOOS()
- ✓ 정의 : 전시하려는 날짜를 파싱하여 KOOS 해류 데이터를 지도에 전시한다.

표 173. 예측/예보 자료 전시 CSU - CallKOOS 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

○ GOCI 위성 자료 전시 CSU

- GOCI 위성 자료 전시 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ async function CallGOCI()
- ✓ 정의 : 시하려는 날짜를 파싱하여 GOCI 업록소와 구름 자료를 지도에 전시한다.

표 174. 예측/예보 자료 전시 CSU - CallGOCI 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

○ 국립수산과학원 적조 속보 자료 전시 CSU

- 국립수산과학원 적조 속보 자료 전시 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ async function NIFS\_Realttime()
- ✓ 정의 : 실시간 탐지 정보 메뉴에서 적조 속보 자료를 지도에 전시한다.

표 175. 예측/예보 자료 전시 CSU - NIFS\_Realttime 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

- ✓ async function Get\_All\_NIFS\_Detail\_Data()
- ✓ 정의 : 자료조회 메뉴에서 적조 속보 자료를 지도에 전시한다.

표 176. 예측/예보 자료 전시 CSU - Get\_All\_NIFS\_Detail\_Data 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

○ GIS 기반 자료 전시 CSU

- GIS 기반 자료 전시 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void Add\_DevSource (var dev\_type, var dev\_id, var msg, var color, var lng, var lat, var angle, var item\_num, var visible)
- ✓ 정의 : 적조 및 수온 탐지기의 위치 자료, 속성 자료를 통합하여 지도에 전시한다.

표 177. GIS 기반 자료 전시 CSU - Add\_DevSource 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	dev_type	var	탐지기 종류 (0: 적조 장비, 1: 수온 장비)
	dev_id	var	탐지기 ID
	msg	var	아이콘에 전시할 메시지 정보
	color	var	아이콘의 색상 정보
	lng	var	탐지기의 경도 정보
	lat	var	탐지기의 위도 정보
	angle	var	메시지의 각도 정보 (0: 1사분면, 1: 2사분면, 2: 3사분면, 3: 4사분면)
	item_num	var	메시지의 항목 개수
	visible	var	탐지기 아이콘 전시 활성화 설정
Return		없음	

- ✓ void Add\_Pred (var param\_lat, var param\_lng, var param\_data, var count, var visible)
- ✓ 정의 : 적조 발생 예측 정보의 위치 자료, 속성 자료를 통합하여 지도에 전시한다.

표 178. GIS 기반 자료 전시 CSU - Add\_Pred 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	param_lat	var	적조 발생예측 자료의 위도 정보
	param_lng	var	적조 발생예측 자료의 경도 정보
	param_data	var	적조 발생예측 자료의 발생 확률 정보
	count	var	적조 발생예측 자료의 개수
	visible	var	적조 발생예측 자료의 전시 활성화 설정
Return		없음	

- ✓ void Add\_NIFS (var param\_lng, var param\_lat, var count, var visible)
- ✓ 정의 : 적조 속보 자료의 위치 자료, 속성 자료를 통합하여 지도에 전시한다.

표 179. GIS 기반 자료 전시 CSU - Add\_NIFS 함수 내용

구분	Type	설명	
Parameter	param_lng	var	적조 속보 자료의 위도 정보
	param_lat	var	적조 속보 자료의 경도 정보
	count	var	적조 속보 자료의 개수
	visible	var	적조 속보 자료의 전시 활성화 설정
Return	없음		

○ 관리 CSC

- Web Page 소프트웨어의 관리 CSC 구성은 아래와 같다.

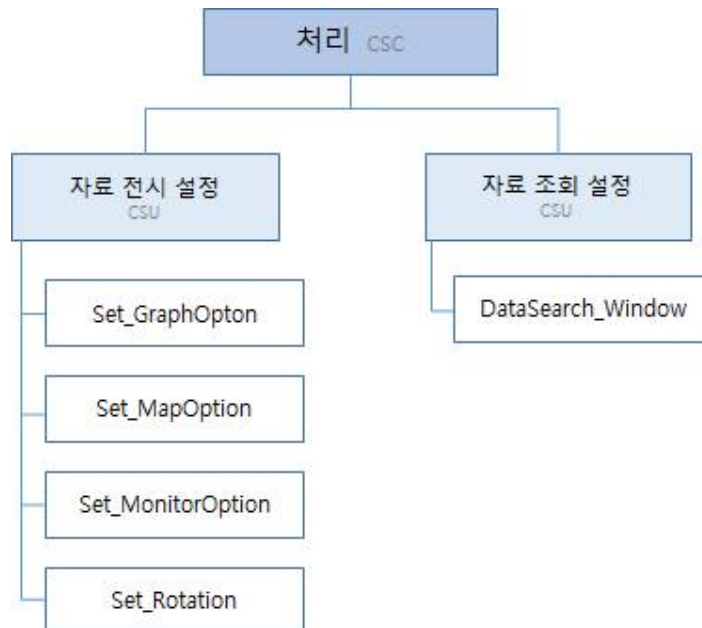


그림 272. Web Page 소프트웨어 관리 CSC 구성 내용

표 180. Web Page 소프트웨어 관리 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
관리	자료 전시 설정	전자지도, 그래프, 화면 운용 등의 전시와 관련된 설정을 한다.	
	자료 조회 설정	실시간 · 준 실시간 자료의 조회 날짜를 설정한다.	

○ 자료 전시 설정 CSU

- 자료 전시 설정 CSU 구성은 아래와 같다.
  - ✓ void Set\_GraphOption()
  - ✓ 정의 : 그래프 전시와 관련된 설정을 한다.

표 181. 자료 전시 설정 CSU - Set\_GraphOption

구분	Type	설명
Return	없음	

- ✓ void Set\_MapOption()
- ✓ 정의 : 전자지도 전시와 관련된 설정을 한다.

표 182. 자료 전시 설정 CSU - Set\_MapOption

구분	Type	설명
Return	없음	

- ✓ void Set\_MonitorOption()
- ✓ 정의 : 화면 전시와 관련된 설정을 한다.

표 183. 자료 전시 설정 CSU - Set\_MonitorOption

구분	Type	설명
Return	없음	

- ✓ void Set\_Rotation()
- ✓ 정의 : 화면 운용과 관련된 설정을 한다.

표 184. 자료 전시 설정 CSU - Set\_Rotation

구분	Type	설명
Return	없음	

- 자료 조회 설정 CSU
  - 자료 조회 설정 CSU 구성은 아래와 같다.
  - ✓ function DataSearch\_Window()
  - ✓ 정의 : 자료 조회 메뉴에서 날짜, 시간을 입력하고 기간을 설정한다.

표 185. 자료 조회 설정 CSU - Get\_SearchDateTime

구분		Type	설명
Parameter	param	-	-
Return		undefined	-

(바) DFD (Data Flow Diagram)

○ Web Page 소프트웨어의 Data Flow Diagram 구성은 아래와 같다.

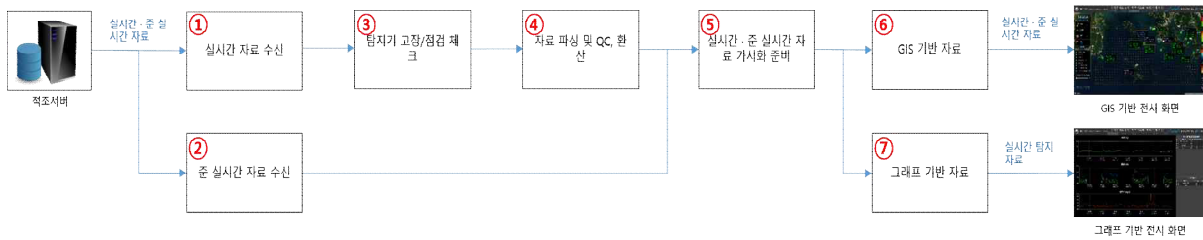


그림 273. 관제 소프트웨어 (Windows) Data Flow Diagram

표 186. 관제 소프트웨어 (Windows) Data Flow Diagram 내용

번호	항목	내용	참고
1	실시간 자료 수신	OpenAPI를 통해 실시간 탐지 자료를 수신	
2	준 실시간 자료 수신	HTTP 통신을 통해 준 실시간 자료를 수신	
3	탐지기 고장/점검 체크	탐지기의 고장/점검 정보를 확인	
4	자료 파싱 및 QC, 환산	탐지기의 정보를 가공 및 추출, 에러 데이터 제거, 음향 자료 환산 작업 수행	
5	실시간·준 실시간 자료 가시화 준비	실시간·준 실시간 자료를 지도, 그래프 전시에 맞게 데이터 설정	
6	GIS 기반 자료	Mapbox와 연동하여 실시간·준 실시간 자료의 위치 및 속성 정보를 지도에 전시	
7	그래프 기반 자료	LightningChart와 연동하여 실시간 탐지 정보 그래프 전시	

(사) GUI (Graphic User Interface)

○ Web Page 소프트웨어의 GUI는 Google Chrome 브라우저에 URL(kiost-redtide.kr) 입력 시 “실시간 유해적조 탐지 및 예측 시스템”의 메인페이지로 접속하게 된다.



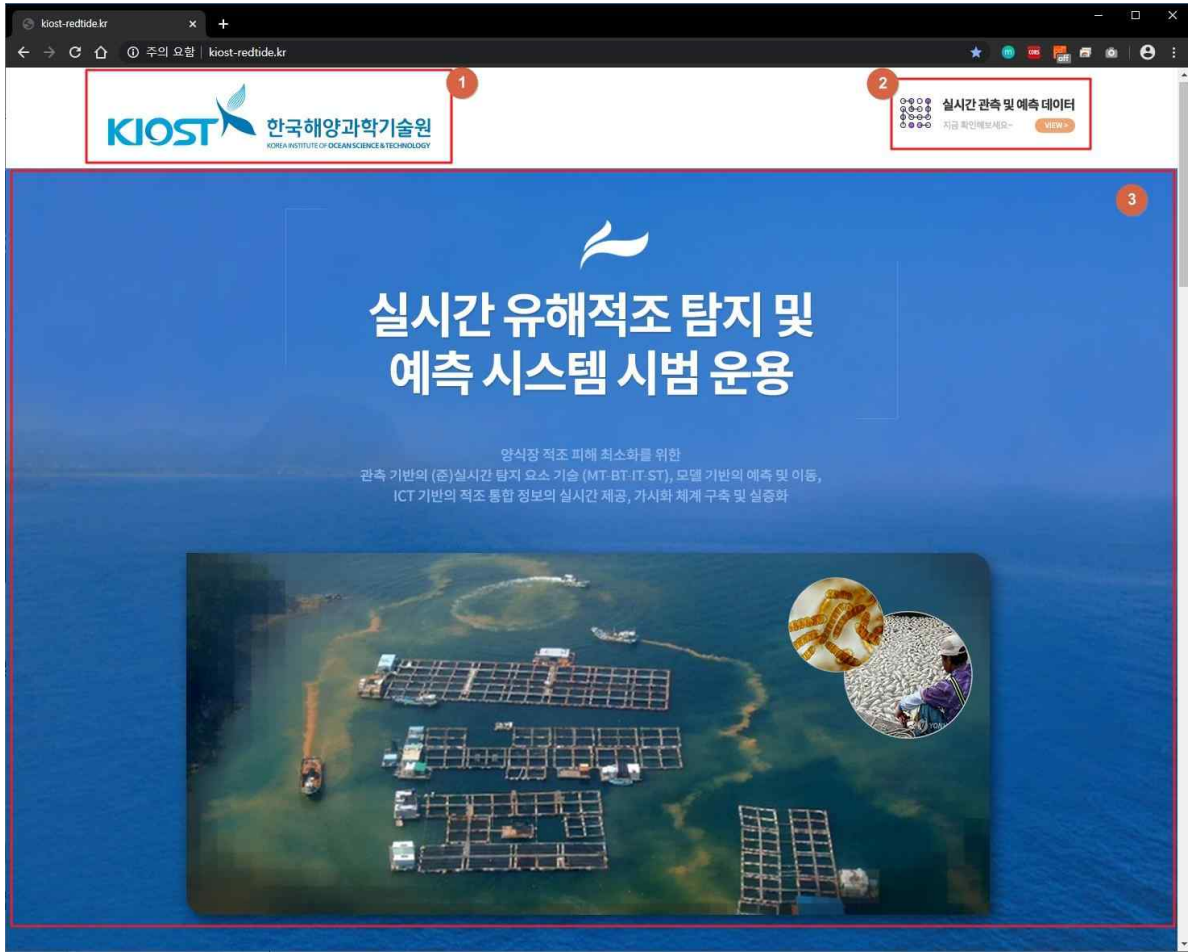


그림 274. Web Page 소프트웨어 - “실시간 유해적조 탐지 및 예측 시스템” 메인 페이지

표 187. Web Page 소프트웨어 - “실시간 유해적조 탐지 및 예측 시스템” 메인 페이지

순번	항목	내용	참고
1	기관명	운용기관 전시	
2	실시간 적조 탐지 · 예측 시스템 진입 버튼	WEB 기반 적조 가시화 체계 SW 진입 버튼	
3	과제 개요 및 설명	시스템 구성도, 연구 사업 목표, 연구 수행 체계, 기대효과 내용 전시	

- 지도 기반 화면과 그래프/표 기반 화면으로 구성하였고 해역 설정 메뉴로 지도 기반, 시변 동 탐지 정보 메뉴로 그래프/표 기반 화면으로 이동할 수 있다.
  - Web Page 소프트웨어의 지도 기반 UI 화면이다.



그림 275. Web Page 소프트웨어 - 지도 기반 전시 화면

표 188. Web Page 소프트웨어 - 지도 기반 전시 화면

순번	항목	내용	참고
1	메인 메뉴	기능별 메인 메뉴	
2	전자해도 스타일 설정 창	전자해도 전시 스타일 변경	
3	시간/날짜, 기상정보 창	시간/날짜, 지역별 기상정보 전시	
4	체크박스 창	탐지기 및 모델 데이터 전시 여부를 체크 박스로 설정	
5	해역표기	전시 중인 전자해도의 해역 표기	
6	컬러 맵	전시 되는 각 데이터 모델 별 컬러 맵 표기	
7	데이터 전시	전자해도 위 전시되는 데이터	

○ Web Page 소프트웨어의 그래프/표 기반 전시 UI 화면이다.

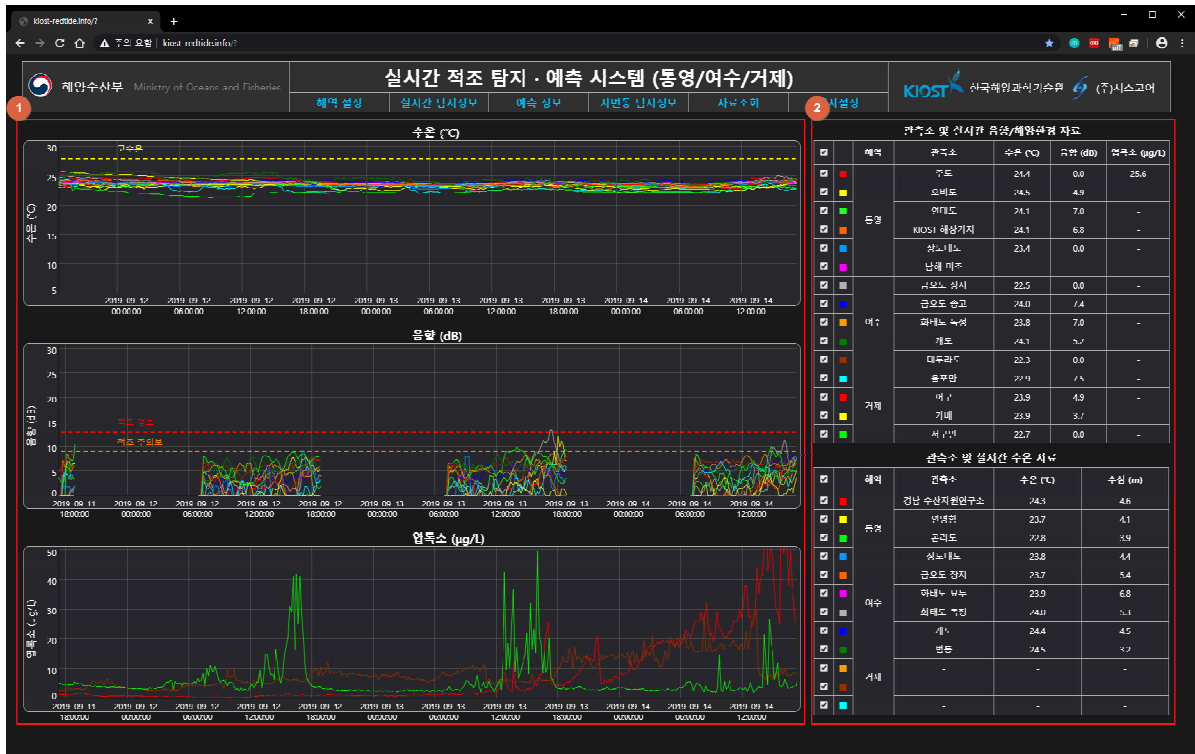


그림 276. Web Page 소프트웨어 - 그래프/표 기반 전시 화면

표 189. Web Page 소프트웨어 - 그래프/표 기반 전시 화면

순번	항목	내용	참고
1	그래프	수온, 음향, 엽록소 데이터 그래프 전시	
2	표	음향 탐지기, 수온 탐지기 데이터 표 전시	

○ Web Page 소프트웨어 메뉴 구성도

- Web Page 소프트웨어의 메뉴 구성도이다. '실시간 탐지정보', '예측정보', '자료조회' 메뉴를 주요 기능으로 한다. '해역 설정'메뉴는 상기 주요 기능의 지도기반의 해역별 전시를 제공하며 '시변동 탐지정보'메뉴는 상기 주요 기능의 그래프/표기반의 전시를 제공한다.



그림 277. Web Page 소프트웨어 - 메뉴 구성도

표 190. Web Page 소프트웨어 - 메뉴 구성도

순번	항목	내용	참고
1	해역 설정	지도 기반의 해역별 데이터 전시	
2	실시간 탐지정보	실시간 탐지기, 모델, 연동 데이터 전시	
3	예측정보	72시간 적조 예측 데이터 전시	
4	시변동 탐지정보	그래프/표 기반의 데이터 전시	
5	자료 조회	과거 자료 전시	
6	전시설정	그래프 전시 설정, 화면 운용 설정	

○ 해역설정 메뉴

- 해역 설정 메뉴는 데이터 및 모델을 지도 기반으로 해역별 전시한다.
- 실시간, 예측, 과거자료 메뉴에서 데이터를 지도화면에 전시한다.
- 3가지 해역을 전시하며 각 남해 광역, 통영/거제, 여수(고흥) 해역의 데이터를 전시한다.
- 4가지 지도 스타일을 설정 할 수 있다 (위성, 일반, 밝음, 어두움, Moonlight)
- 해역 설정의 남해광역 메뉴를 선택한 UI 화면이다.





그림 278. Web Page 소프트웨어 - 해역설정 메뉴 (남해광역)

표 191. Web Page 소프트웨어 - 해역설정 메뉴 (남해광역)

순번	항목	내용	참고
1	메뉴	해역설정 -> 남해광역	
2	지도 전시 화면	남해 광역 기반의 데이터 전시 화면	
3	해역 명 표기	전시 해역 명 표기	

- 해역 설정의 통영/거제 메뉴를 선택한 UI 화면이다.



그림 279. Web Page 소프트웨어 - 해역설정 메뉴 (통영/거제)

표 192. Web Page 소프트웨어 - 해역설정 메뉴 (통영/거제)

순번	항목	내용	참고
1	메뉴	해역 설정 -> 통영/거제	
2	지도 전시 화면	통영/거제 기반의 데이터 전시 화면	
3	전시 해역 명 표기	전시 해역 명 표기	

- 해역 설정의 여수(고흥) 메뉴를 선택한 UI 화면이다.



그림 280. Web Page 소프트웨어 - 해역설정 메뉴 (여수(고흥))

표 193. Web Page 소프트웨어 - 해역설정 메뉴 (여수(고흥))

순번	항목	내용	참고
1	메뉴	해역 설정 -> 여수(고흥)	
2	지도 전시 화면	여수/고흥 기반의 데이터 전시 화면	
3	전시 해역 명 표기	전시 해역 명 표기	

- 해역 설정 메뉴에서 전시되는 지도의 스타일을 변경 할 수 있다. 이하 각 지도 스타일에 대한 UI 화면이다.



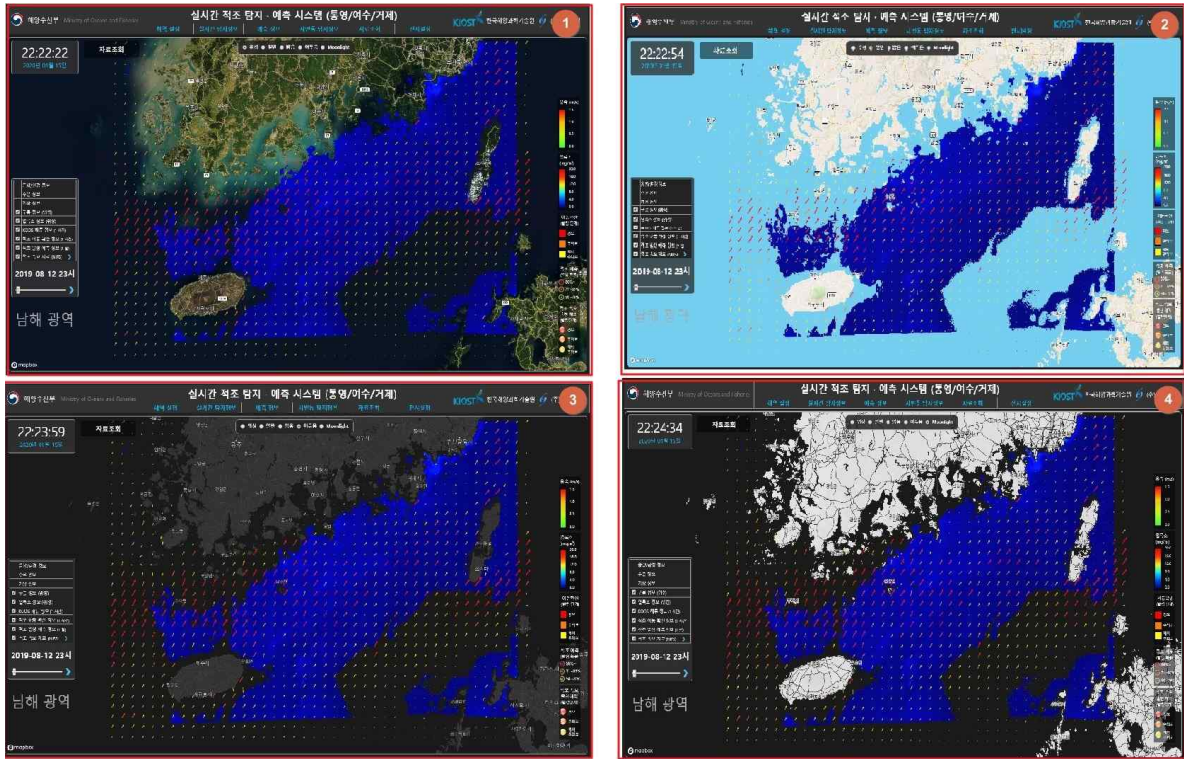


그림 281. Web Page 소프트웨어 - 지도 전시 스타일 설정



그림 282. Web Page 소프트웨어 - 지도 전시 스타일 설정 창

표 194. Web Page 소프트웨어 - 지도 전시 스타일 설정

순번	항목	내용	참고
1	지도 스타일 별 전시	지도 스타일 위성	
2	지도 스타일 별 전시	지도 스타일 일반	
3	지도 스타일 별 전시	지도 스타일 어두움	
4	지도 스타일 별 전시	지도 스타일 Moonlight	
5	지도 스타일 설정 창	위성, 일반, 어두움, Moonlight 선택 가능	

○ 실시간 탐지정보

- 실시간 탐지 메뉴는 각 지역의 탐지기, 위성/해류 모델 데이터, 적조 속도 데이터를 실시간 및 준 실시간으로 지도 기반 전시와 그래프 기반의 전시 기능을 담다하는 메뉴이다. 실시간 탐지 메뉴에서 전시 되는 데이터는 아래와 같다.

- ✓ 실시간 음향/환경 탐지기 정보 전시
- ✓ 실시간 수온 탐지기 정보 전시

- ✓ 실시간 기상 장비 데이터 전시
- ✓ 실시간 해류 모델 전시 (남해광역)
- ✓ 준 실시간 GOCI 엽록소 정보 전시
- ✓ 준 실시간 GOCI 구름 정보
- ✓ 준 실시간 적조 속보 자료 (NIFS)
- 실시간 탐지 정보 메뉴에서 음향/환경 탐지기, 수온 탐지기, 기상 장비 데이터의 지도 기반 전시 UI 화면이다.



그림 283. Web Page 소프트웨어 - 실시간 탐지정보 메뉴 음향, 수온, 기상 장비 전시

표 195. Web Page 소프트웨어 - 실시간 탐지정보 메뉴 음향, 수온, 기상 장비 전시

순번	항목	내용	참고
1	기상 장비 정보 창	전시 중인 해역의 기상 장비 데이터 전시	
2	장비 전시 체크 박스	기상, 음향/환경, 수온 탐지기의 전시 여부 설정	
3	수온 탐지기	전자 해도에 수온 탐지기 데이터 전시	
4	음향/환경 탐지기	전자 해도에 음향/환경 탐지기 데이터 전시	
5	메뉴 모드 상태	실시간 탐지 시스템의 운용상태 전시	
6	탐지기 상태 컬러 맵	음향/환경, 수온 탐지기의 컬러 맵 전시	

- 실시간 탐지정보 메뉴에서 실시간 KOOS 해류 모델 전시 UI 화면이다. 실시간 탐지 정보 메뉴에서는 남해 광역 해역을 선택 할 경우에만 해류모델을 전시한다.
- 실시간 탐지정보 메뉴에서 실시간 GOCI 위성 엽록소 모델 전시 UI 화면이다.



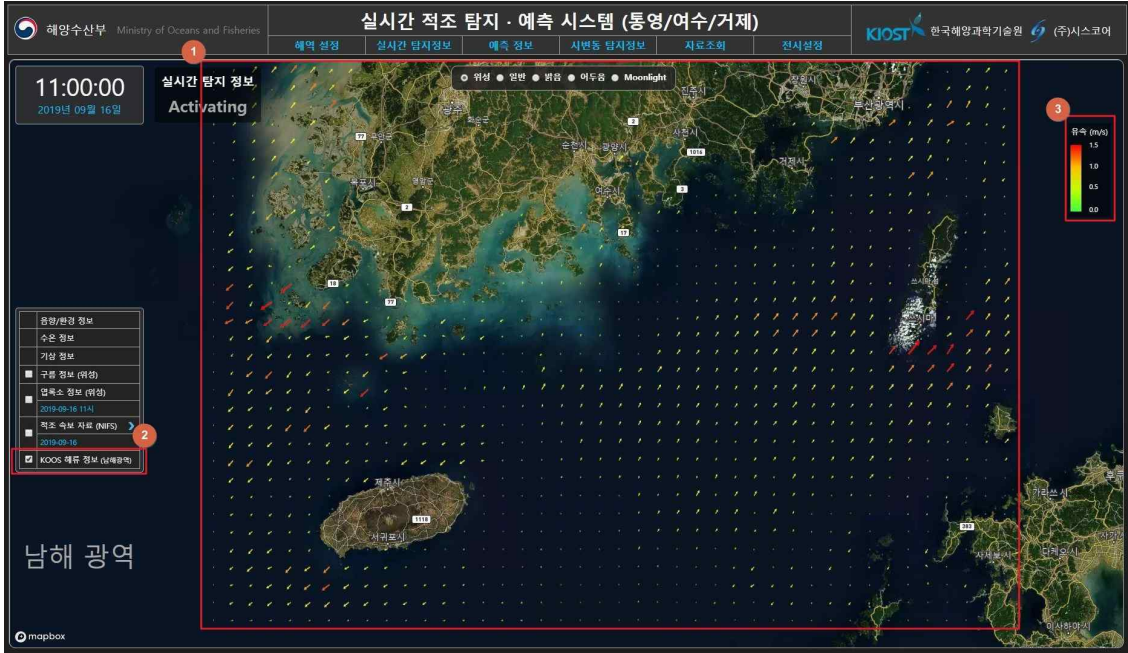


그림 284. Web Page 소프트웨어 - 실시간 탐지정보 메뉴 해류 데이터 전시

표 196. Web Page 소프트웨어 - 실시간 탐지정보 메뉴 KOOS 해류 데이터 전시

순번	항목	내용	참고
1	지도상 전시	전자 해도에 실시간 KOOS 해류 데이터 전시 (실시간 탐지정보 메뉴에서는 남해광역시 뷰에서만 전시됨)	
2	체크박스	실시간 KOOS 해류 데이터 전시 여부 설정	
3	컬러맵	실시간 KOOS 해류 데이터 컬러 맵 전시	

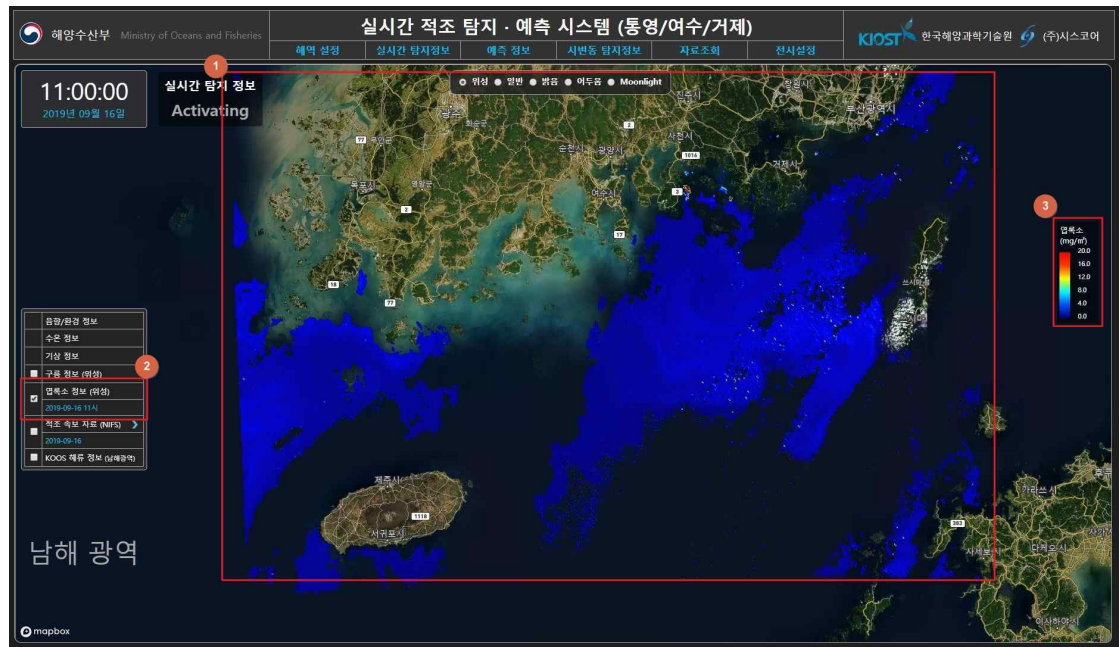


그림 285. Web Page 소프트웨어 - 메뉴 GOCI 위성 엽록소 데이터 전시

표 197. Web Page 소프트웨어 - 실시간 탐지정보 메뉴 GOCI 위성 엽록소 데이터 전시

순번	항목	내용	참고
1	지도 상 전시	실시간 GOCI 위성 엽록소 모델 지도 상 전시	
2	체크박스/갱신시간	실시간 GOCI 위성 엽록소 모델 전시 여부 설정, 데이터 갱신 시간 전시	
3	컬러맵	실시간 GOCI 위성 엽록소 모델 컬러맵	

- 실시간 탐지정보 메뉴에서 실시간 GOCI 위성 구름 모델 전시 UI 화면이다.

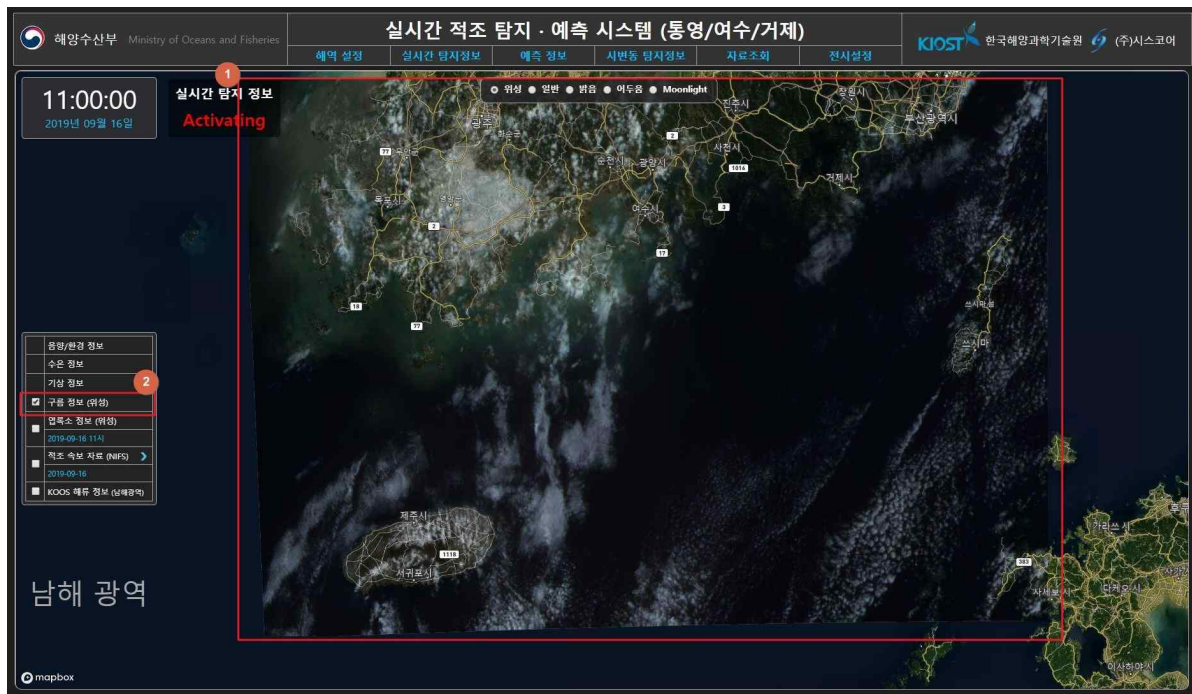


그림 286. 소프트웨어 - 실시간 탐지정보 메뉴 GOCI 위성 구름 데이터 전시

표 198. Web Page 소프트웨어 - 실시간 탐지정보 메뉴 GOCI 위성 구름 데이터 전시

순번	항목	내용	참고
1	지도 상 전시	실시간 GOCI 위성 구름 모델 지도 상 전시	
2	체크박스	실시간 GOCI 위성 구름 모델 전시 여부 설정	

- 실시간 탐지정보 메뉴에서 실시간 국립수산물과학원 적조 속보데이터 전시 UI 화면이다. 적조 속보 발령 단계에 따라 빨강색(경보), 주황색(주의보), 노란색(예비주의보) 마커로 지도에 전시된다.

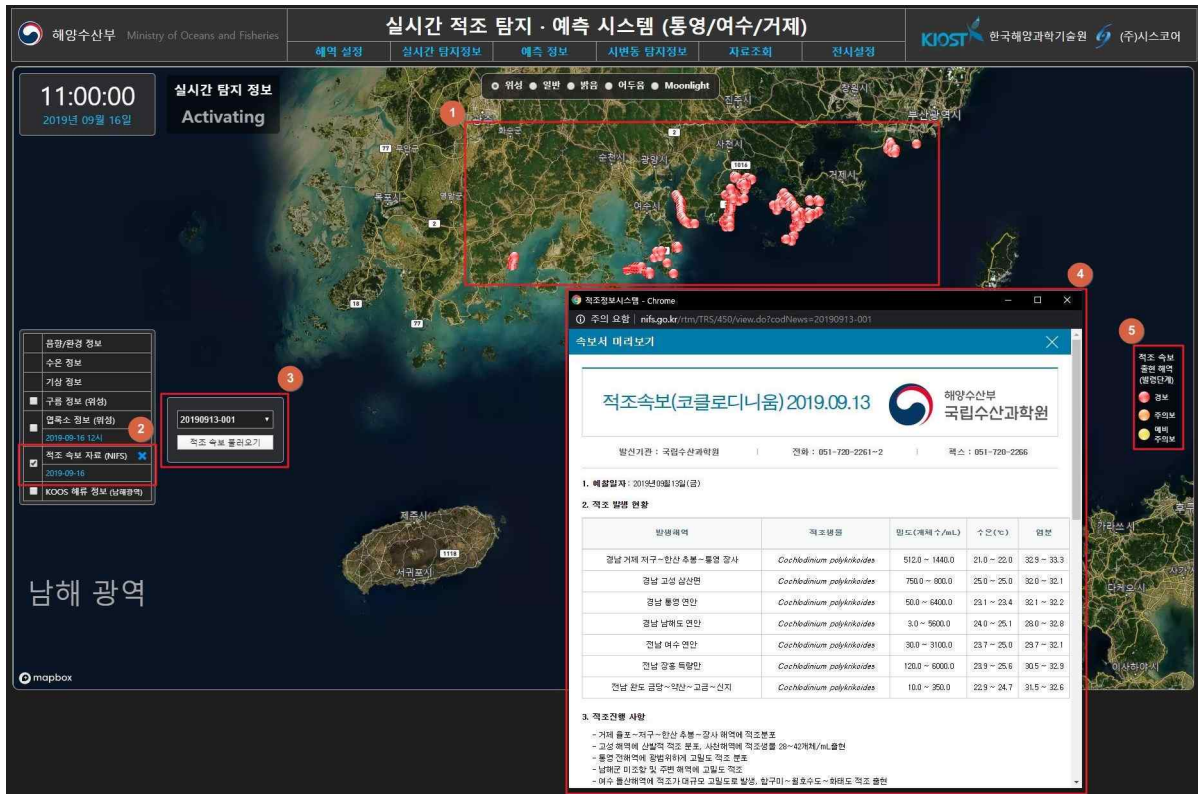


그림 287 Web Page 소프트웨어 - 실시간 탐지정보 메뉴 NIFS 적조 속보

표 199. Web Page 소프트웨어 - 실시간 탐지정보 메뉴 NIFS 적조 속보

순번	항목	내용	참고
1	지도 상 전시	실시간 국립수산과학원(NIFS) 적조 속보 지도 상 전시	
2	체크박스 / 갱신시간	실시간 국립수산과학원(NIFS) 적조 속보 전시 여부 설정, 데이터 갱신 시간 전시	
3	적조 속보 리스트	현 시간에서 3일 이전까지 적조 속보 조회 전시	
4	적조 속보 조회	적조 속보 리스트에서 속보 코드에 따른 국립수산과학원 적조 속보 시스템 페이지 연동	
5	발령단계	적조 경보, 주의보, 예비 주의보 발령단계 등급 전시	

- 실시간 탐지 정보 메뉴에서 “시변동 탐지정보” 메뉴를 누르게 되면 실시간 탐지 중인 음향/환경 탐지기와 수온 탐지기 데이터를 그래프/표 기반으로 전시한다. 이하 실시간 탐지정보의 시변동 탐지정보를 선택한 UI 화면이다.



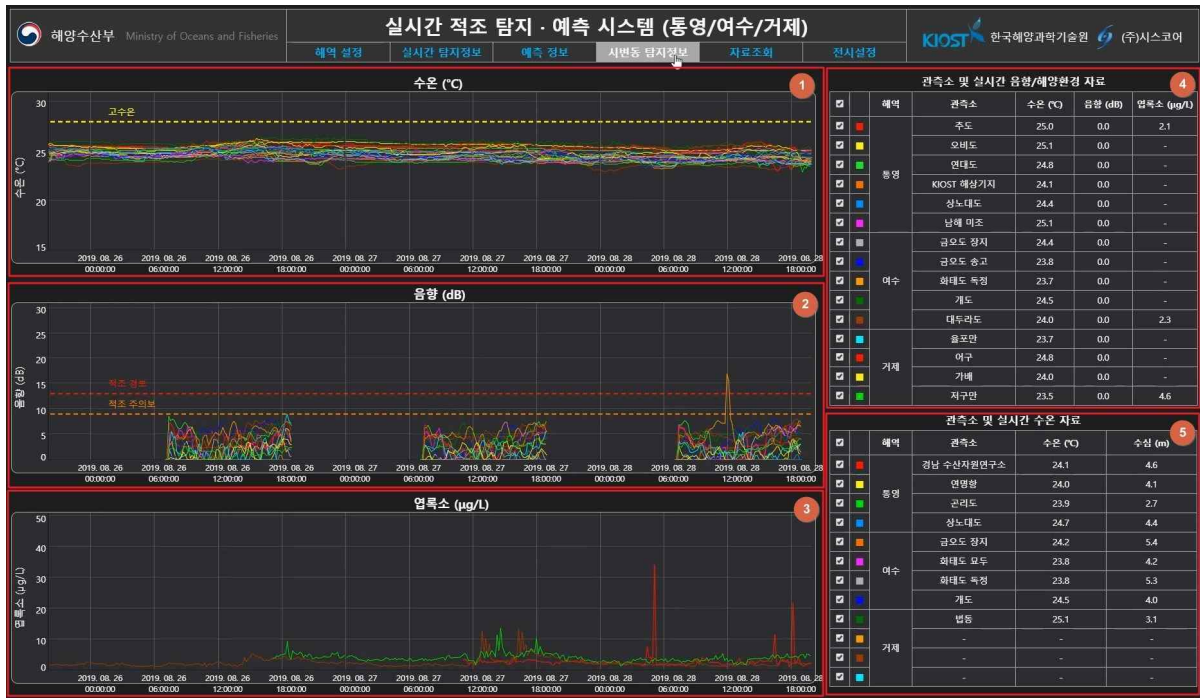


그림 288. Web Page 소프트웨어 - 실시간 탐지정보 그래프/표 기반 데이터 전시

표 200. Web Page 소프트웨어 - 실시간 탐지정보 그래프/표 기반 데이터 전시

순번	항목	내용	참고
1	그래프 전시	음향/환경 탐지기, 수온 탐지기의 수온 값 전시	
2	그래프 전시	음향/환경 탐지기의 음향 값 전시	
3	그래프 전시	음향/환경 탐지기의 엽록소 값 전시	
4	표 전시	음향/환경 탐지기 관측소, 수온, 음향, 엽록소 값 전시	
5	표 전시	수온 탐지기의 관측소, 수온, 수심 값 전시	

○ 예측 정보

- 예측 정보 메뉴는 실시간을 기준으로 최대 72시간 까지 KOOS 해류 모델, 적조 이동 확산 정보, 적조 발생 예측 정보의 예측 데이터를 전시 한다. 예측 정보 메뉴에서 전시하는 데이터는 다음과 같다.
  - ✓ KOOS 해류 정보 (1시간)
  - ✓ 적조 이동 확산 정보 (1시간)
  - ✓ 적조 발생 예측 정보 (1일)
- 예측 정보 메뉴에서 KOOS 해류 정보 전시 UI 화면이다.



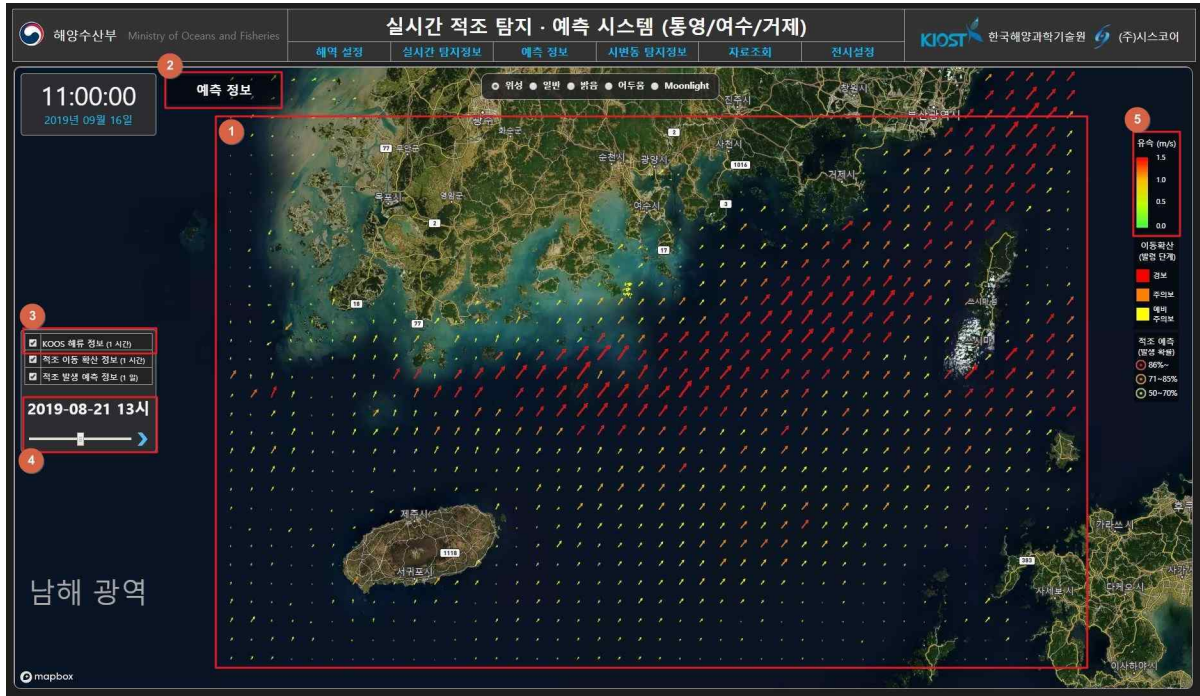


그림 289 Web Page 소프트웨어 - 예측 정보 메뉴의 해류 정보 전시

표 201. Web Page 소프트웨어 - 예측 정보 메뉴의 KOOS 해류 정보 전시

순번	항목	내용	참고
1	지도 전시	지도 상 KOOS 해류 정보 전시	
2	메뉴 상태	예측 정보 메뉴 상태 전시	
3	체크박스	KOOS 해류 모델 전시 여부 설정	
4	날짜 이동 슬라이드 바	72시간 예측 KOOS 해류 정보 1시간 단위로 별 탐색 기능	
5	컬러 맵	KOOS 해류 모델 유속(m/s) 컬러 맵	

- 예측 정보 메뉴에서 적조 이동 확산 데이터 전시 UI 화면이다.

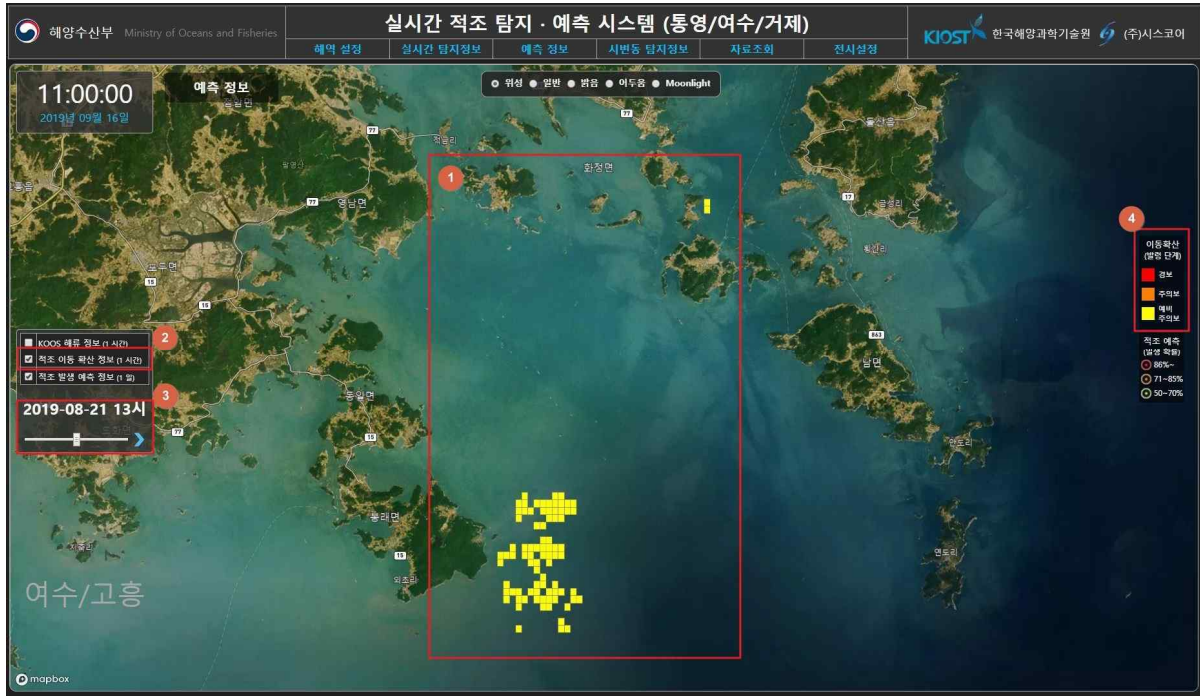


그림 290. Web Page 소프트웨어 - 예측 정보 메뉴의 적조 이동 확산 정보 전시

표 202. Web Page 소프트웨어 - 예측 정보 메뉴의 적조 이동 확산 정보 전시

순번	항목	내용	참고
1	지도 전시	지도 상 적조 이동 확산 정보 전시	
2	체크박스	적조 이동 확산 정보 전시 여부 설정	
3	날짜 이동 슬라이드 바	72시간 예측 적조 이동 확산 정보 날짜/시간 별 탐색 기능	
4	컬러 맵	적조 이동 확산 발령 단계 (경보, 주의보, 예비 주의보) 컬러 맵	

- 예측 정보 메뉴에서 적조 이동 확산 데이터 전시 UI 화면이다.

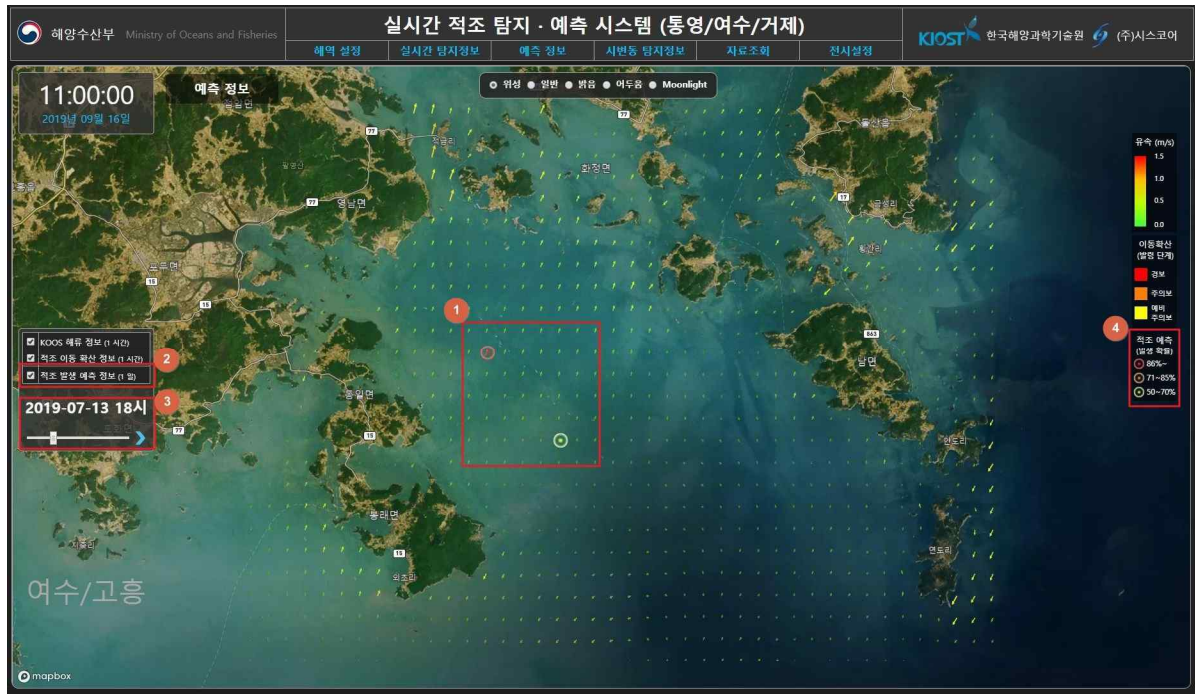


그림 291. Web Page 소프트웨어 - 예측 정보 메뉴의 발생 예측 정보 전시

표 203. Web Page 소프트웨어 - 예측 정보 메뉴의 발생 예측 정보 전시

순번	항목	내용	참고
1	지도 전시	지도 상 발생 예측 데이터 전시	
2	메뉴 상태	발생 예측 정보 메뉴 상태 전시	
3	체크박스	발생 예측 정보 전시 여부 설정	
4	날짜 이동 슬라이드 바	72시간 발생 예측 정보 1일 단위로 탐색	
5	컬러 맵	적조 발생 확률 컬러 맵	

○ 시변동 탐지정보

- 시변동 탐지정보 메뉴는 “실시간 탐지정보”와 “자료 조회” 기능에서 음향/환경 탐지기  
와 수온 탐지기의 정보를 그래프와 표 기반으로 전시한다.

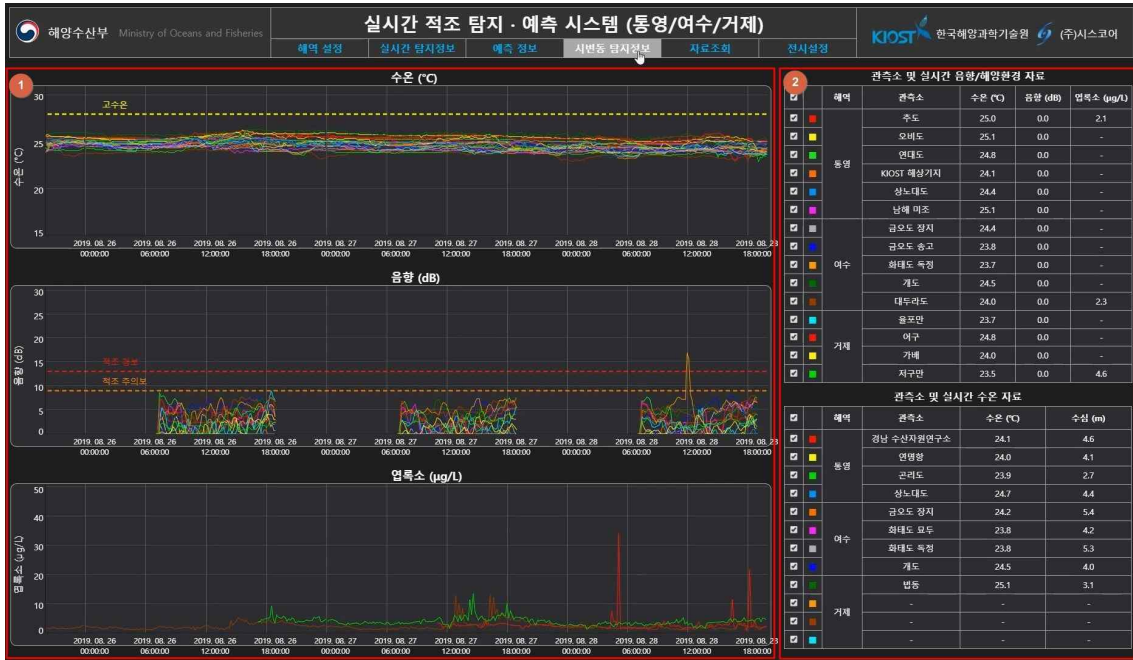


그림 292. Web Page 소프트웨어 - 시변동 탐지정보의 그래프/표 기반 탐지기 정보 전시

표 204. Web Page 소프트웨어 - 시변동 탐지정보의 그래프/표 기반 탐지기 정보 전시

순번	항목	내용	참고
1	그래프 기반 전시	수온, 음향, 염록소 정보 그래프 전시	
2	표 기반 전시	음향/환경 탐지기, 수온 탐지기 정보 표에 전시	

- 수온 그래프에서 원하는 데이터에 마우스 이동시 강조되는 UI화면이다.

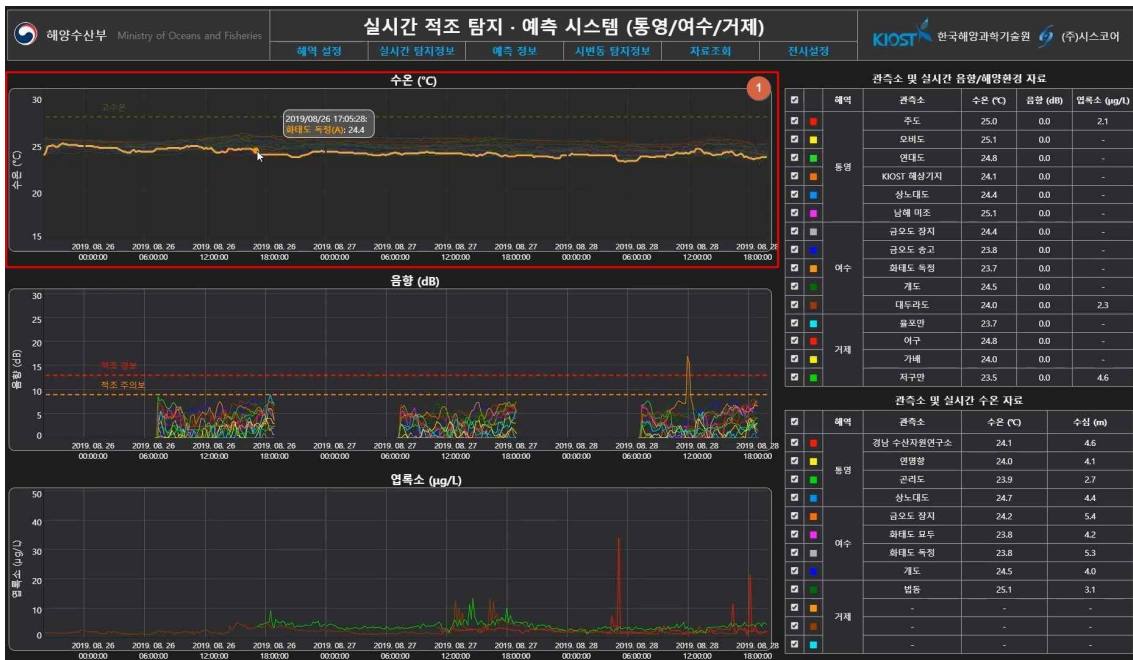


그림 293. Web Page 소프트웨어 - 시변동 탐지정보 그래프 강조 효과



표 205. Web Page 소프트웨어 - 시변동 탐지정보 그래프 강조 효과

순번	항목	내용	참고
1	그래프 강조	그래프 상 데이터 마우스 이동시 강조되어 전시	

- 표의 체크박스를 통해 원하는 관측소의 탐지기 정보만 그래프에 전시하는 UI 화면이다.



그림 294. Web Page 소프트웨어 - 시변동 탐지정보 그래프 강조 효과

표 206. Web Page 소프트웨어 - 시변동 탐지정보 그래프 강조 효과

순번	항목	내용	참고
1	그래프 전시	수온 그래프의 선택 된 탐지기 정보 전시	
2	그래프 전시	음향 그래프의 선택 된 탐지기 정보 전시	
3	체크 박스	탐지기 전시 여부 체크	
4	해역 선택	선택 되는 해역만 그래프 전시 하도록 설정	
5	관측소 선택	선택 되는 관측소 그래프 강조 효과	

- 수온 그래프에서 고수온 기준선을 전시하고 음향 그래프에서 적조 경보, 적조 주의보 기준선을 전시하는 UI 화면이다.

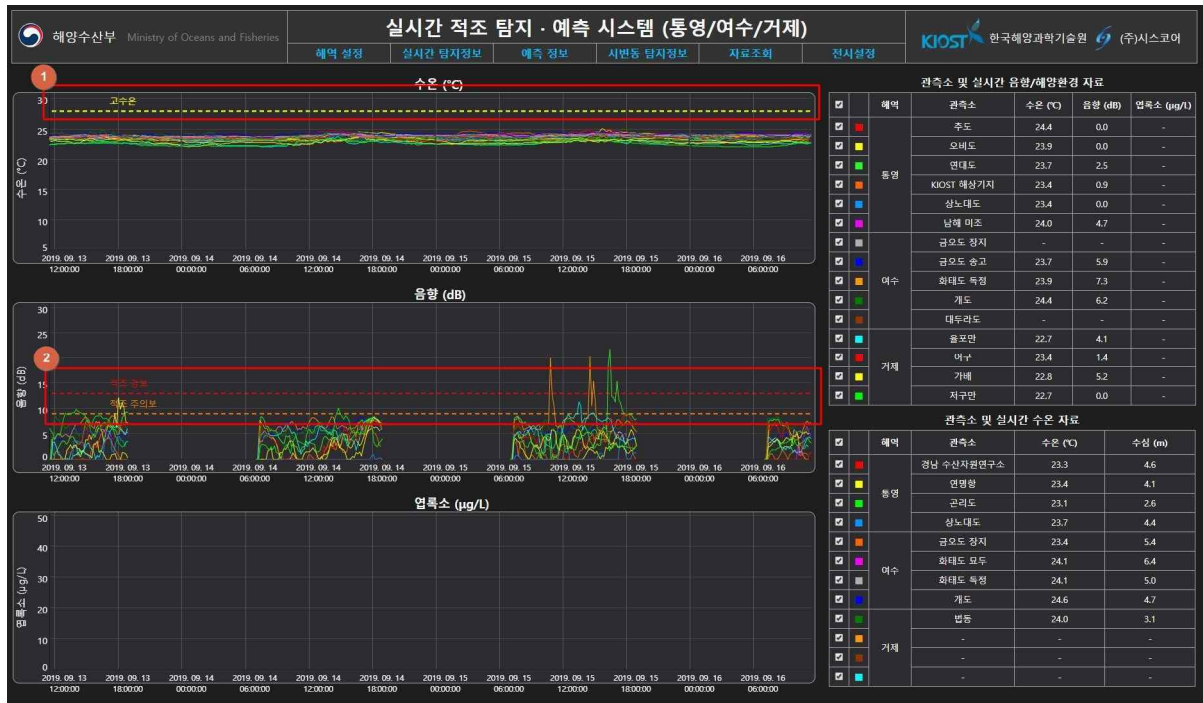


그림 295. Web Page 소프트웨어 - 그래프 기준선 전시

표 207. Web Page 소프트웨어 - 그래프 기준선 전시

순번	항목	내용	참고
1	그래프 기준선 전시	수온 그래프 고수온 기준선 전시	
2	그래프 기준선 전시	음향 그래프 적조 경보, 적조 주의보 기준선 전시	

○ 자료조회

- 자료조회 메뉴는 Web 기반의 실시간 적조 탐지·예측 시스템에서 전시하는 모든 데이터를 과거 날짜 및 기간을 선택하여 데이터를 전시한다. 자료조회 메뉴에서 전시하는 데이터는 아래와 같다.
  - ✓ 음향/환경 탐지기 정보 전시
  - ✓ 수온 탐지기 정보 전시
  - ✓ 기상 장비 데이터 전시
  - ✓ GOCI 염록소 정보 전시
  - ✓ GOCI 구름 정보
  - ✓ KOOS 해류 모델 전시 (1시간)
  - ✓ 적조 이동 확산 정보 (1시간)
  - ✓ 적조 발생 예측 정보 (1일)
  - ✓ 적조 속보 자료 (NIFS)
- 상단 자료조회 메뉴를 클릭하면 전시되는 과거 자료 조회 창의 UI 화면이다.



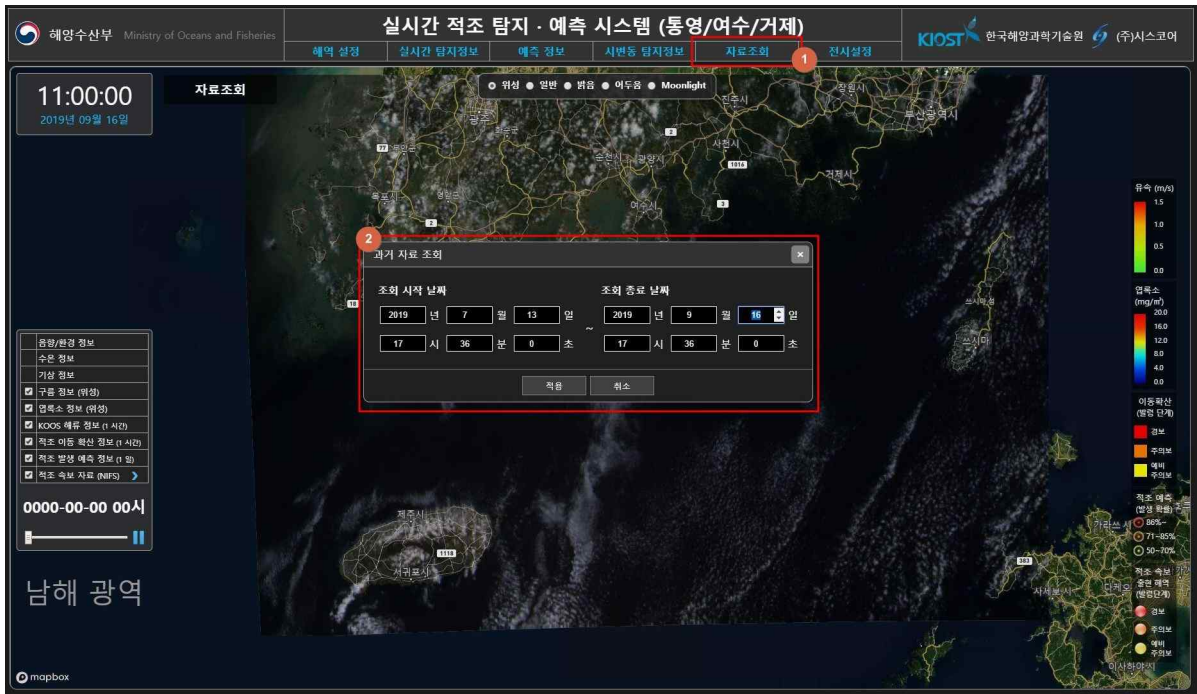


그림 296. Web Page 소프트웨어 - 자료조회 날짜 및 기간 선택 UI

표 208. Web Page 소프트웨어 - 자료조회 날짜 및 기간 선택 UI

순번	항목	내용	참고
1	자료 조회 메뉴	상단 자료조회 메뉴 버튼	
2	과거 자료 조회 창	날짜/시간을 입력하여 기간을 특정하여 조회	

- 지도 기반의 자료 조회 전시 UI 화면이다.

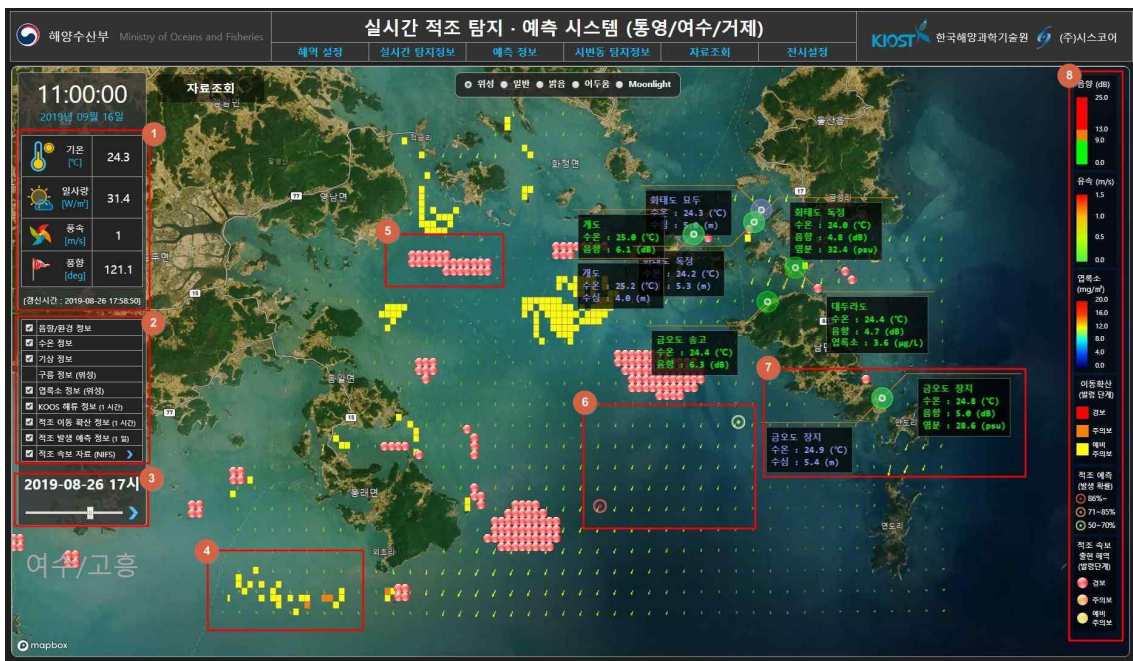


그림 297. Web Page 소프트웨어 - 자료조회 지도 기반의 데이터 전시 UI

표 209. Web Page 소프트웨어 - 자료조회 지도 기반의 데이터 전시 UI

순번	항목	내용	참고
1	기상 정보 창	지도 이동에 따라 해역별 기상 정보 전시	
2	체크 박스	탐지기 및 모델 데이터 전시 여부 체크	
3	슬라이드 바	자료 조회 기간 탐색 슬라이드 바	
4	이동확산 정보	지도 상 전시 되는 이동 확산 정보	
5	적조속보 정보	지도 상 전시 되는 적조 속보 마커	
6	발생예측 정보	지도 상 전시 되는 발생 예측 정보	
7	탐지기 정보	지도 상 전시 되는 음향/환경 및 수온 탐지기	
8	컬러 맵	전시 데이터에 따른 컬러 맵	

- 지도 기반의 자료 조회 전시 UI 화면이다.

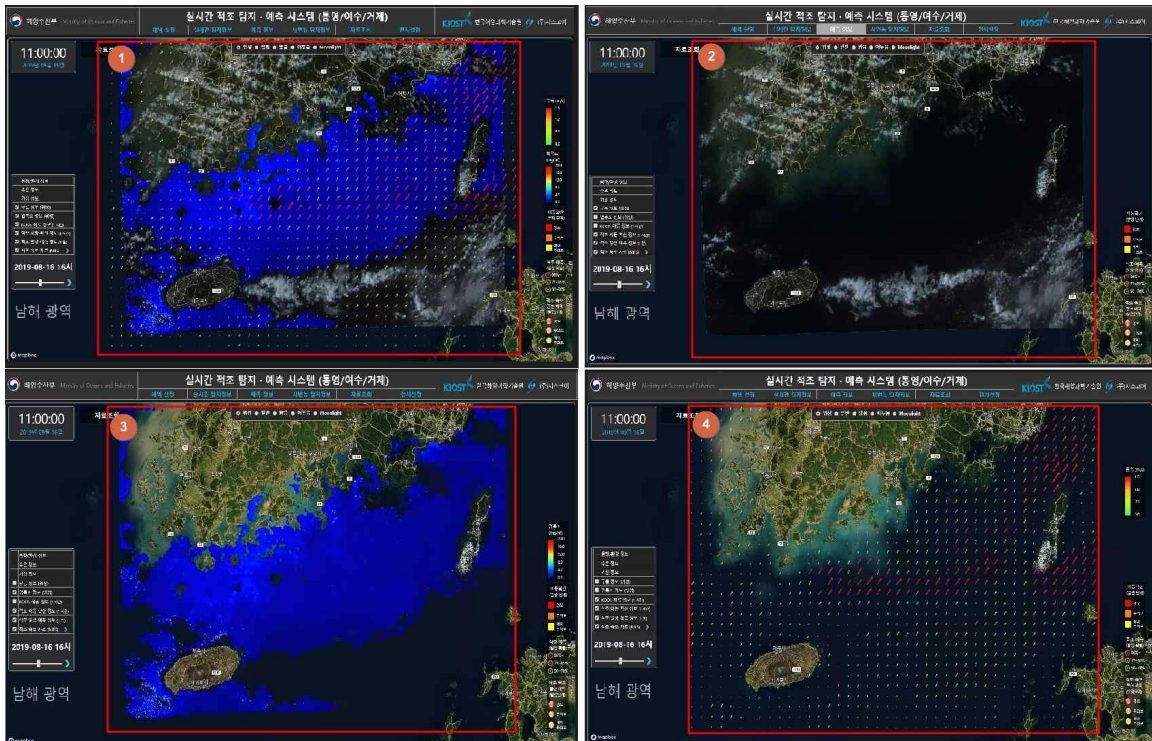


그림 298. Web Page 소프트웨어 - 자료조회 GOCI 위성, KOOS 해류 정보 전시

표 210. Web Page 소프트웨어 - 자료조회 GOCI 위성, KOOS 해류 정보 전시

순번	항목	내용	참고
1	모델 데이터 레이어 전시	GOCI 위성 (구름, 엽록소), KOOS 해류 정보 레이어 전시	
2	GOCI 위성 구름 정보	지도 상 GOCI 위성 (구름) 정보 전시	
3	GOCI 위성 엽록소 정보	지도 상 GOCI 위성 (엽록소) 정보 전시	
4	KOOS 해류 정보	지도 상 KOOS 해류 정보 전시	

- 자료 조회 메뉴에서 시변동 탐지정보 메뉴를 선택 후 그래프/표 기반의 탐지기 실측 데이터 전시 UI 화면이다. 아래 그림은 1달 동안의 데이터를 조회한 UI 화면이다.



그림 299. Web Page 소프트웨어 - 그래프/표 기반의 탐지기 실측 데이터 전시

순번	항목	내용	참고
1	그래프 기반 전시	조회 기간 만큼 탐지기 수온, 음향, 염록소 데이터 전시	
2	표 기반 전시	조회 기간에서 탐지기 가장 최근 데이터 전시	

표 211. Web Page 소프트웨어 - 자료조회 그래프/표 기반의 탐지기 실측 데이터 전시

○ 전시설정

- 전시설정 메뉴는 그래프 설정으로 그래프 전시 설정 및 화면 운용메뉴로 화면의 전환 기능을 수행한다.
  - ✓ 그래프 설정
  - ✓ 화면운용
- 전시설정의 그래프 설정 메뉴 UI 화면이다.



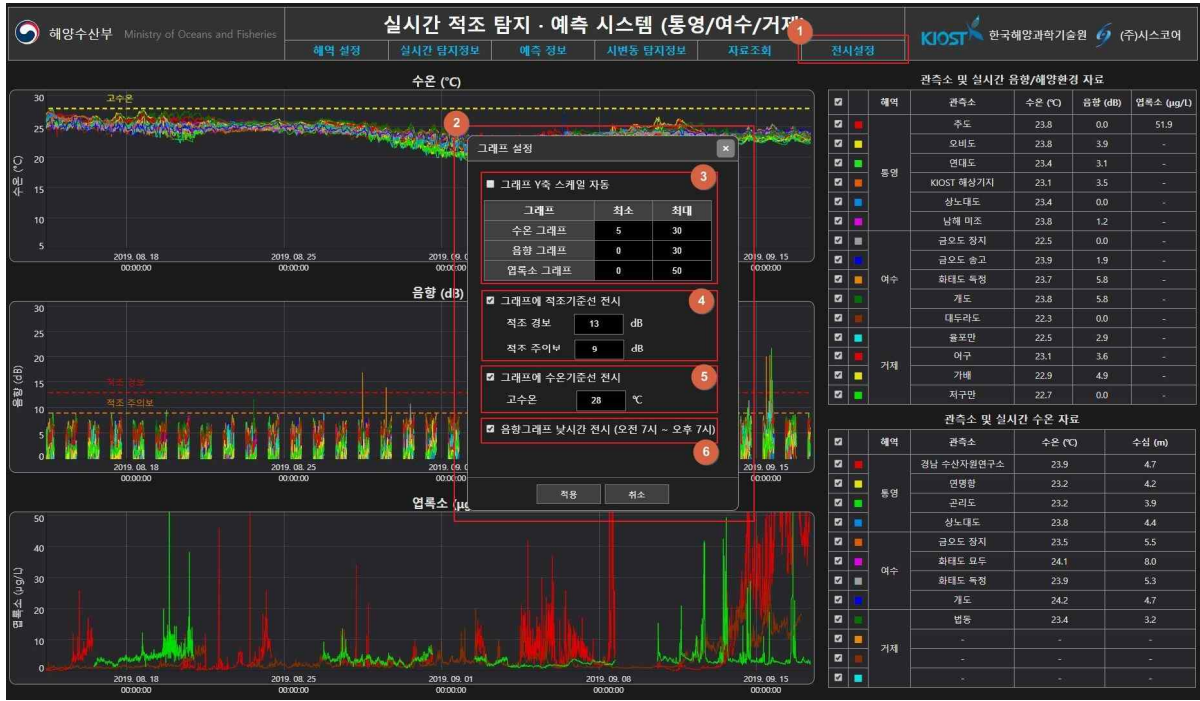


그림 300. Web Page 소프트웨어 - 전시설정 메뉴의 그래프 설정

표 212. Web Page 소프트웨어 - 전시설정 메뉴의 그래프 설정

순번	항목	내용	참고
1	메뉴 버튼	전시 설정 메뉴 버튼	
2	그래프 설정 창	그래프 전시 설정 창	
3	그래프 Y축 범위 설정	그래프의 Y축 범위 수동/자동 지정	
4	그래프 기준선 전시	적조 그래프 경보, 주의보 기준선 값 설정	
5	그래프 기준선 전시	수온 그래프 고수온 기준선 값 설정	
6	음향 그래프 주/야간 전시	음향 그래프 야간 전시 설정	

- 전시설정 메뉴의 화면운용 UI 화면이다.

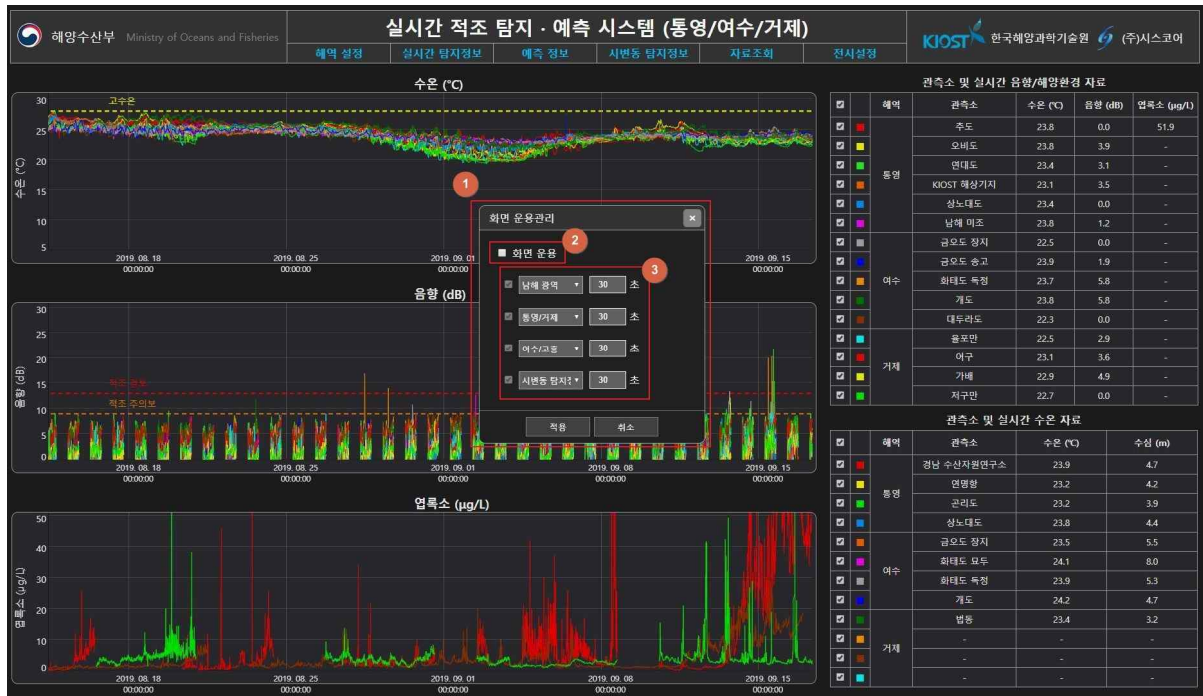


그림 301. Web Page 소프트웨어 - 전시설정 메뉴의 화면운용

표 213. Web Page 소프트웨어 - 전시설정 메뉴의 화면운용

순번	항목	내용	참고
1	화면운용 창	화면 운용 메뉴 선택 시 출력 창	
2	체크박스	화면 운용 동작 여부 설정	
3	화면선택	화면 운용 시 전시 되는 화면과 시간 설정	

## (6) OpenAPI

### (가) 개요

- OpenAPI는 적조 서버 Database와 연동하여 실시간 탐지 자료 및 기상 자료, 적조 목시 관측 자료를 송·수신 할 수 있는 프로그래밍 인터페이스이다.

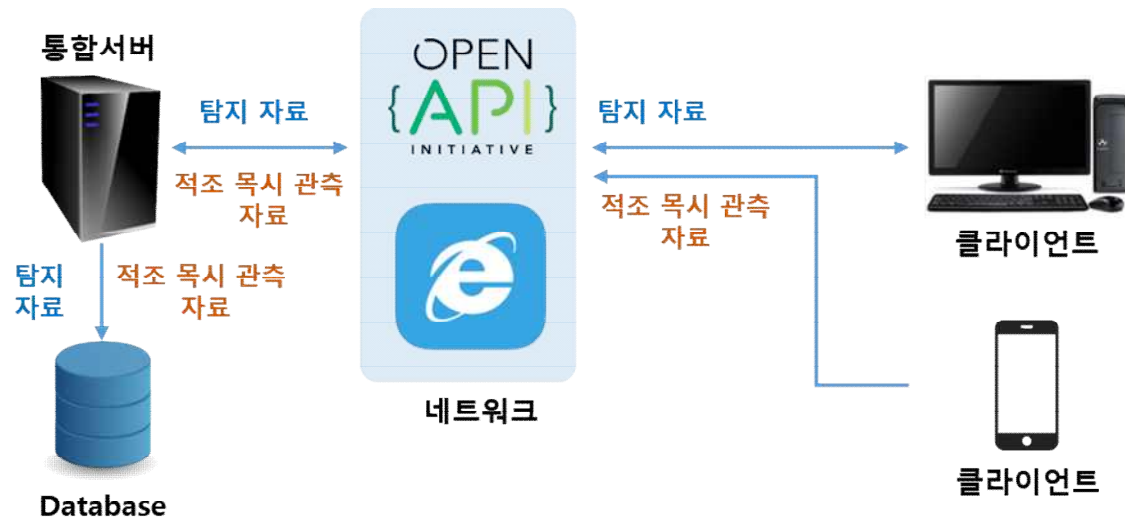


그림 302. OpenAPI 구성도

(가) 개발환경

표 214. OpenAPI 개발환경 내용

구분	내용	참고
운영체제	Windows 10	Microsoft
개발환경	PHP	
컴포넌트	ODBC (Open Data Base Connectivity)	
핵심기술	Data Base 연동 HTTP 통신	

(나) OpenAPI 기능 목록

표 215. OpenAPI 기능 목록

서비스명	기능 분류
탐지기 정보	탐지기 계측 자료 정보
	탐지기 사용/고장 정보
적조 발생예측 정보	적조 발생예측 정보
적조 목시 관측 정보	적조 목시 관측 정보

○ 탐지기 계측 자료 정보

- 개요
  - ✓ 적조 및 수온 탐지기, 기상 관측 장비에서 계측한 자료를 수신한다.
- 기능 내용



표 216. 탐지기 계측 자료 정보 OpenAPI 기능 내용

기능명	탐지기 계측 자료 정보
데이터 생성 주기	수시
요청 URL	<a href="http://systemcore.ipitime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/GetDeviceInfo.php">http://systemcore.ipitime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/GetDeviceInfo.php</a>
변수1	SEARCH (장비 종류) 'redtide' 적조 장비 'watertemp' 수온 장비 'weather' 기상 장비
변수2	DEVICE_ID (장비 ID '18001' ...)
변수3	DETAIL (세부 검색항목) 공백으로 둘 시 전체 항목 검색
변수4	START_DATE (자료 검색 시작 일 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss')
변수5	END_DATE (자료 검색 종료 일 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss')
예제	<a href="http://systemcore.ipitime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/GetDeviceInfo.php?SEARCH=redtide&amp;DEVICE_ID=18001&amp;DETAIL=&amp;START_DATE=2019-09-01 12:00:00&amp;END_DATE=2019-09-02 12:00:00">http://systemcore.ipitime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/GetDeviceInfo.php?SEARCH=redtide&amp;DEVICE_ID=18001&amp;DETAIL=&amp;START_DATE=2019-09-01 12:00:00&amp;END_DATE=2019-09-02 12:00:00</a>

○ 요청 결과 코드 값

▪ 적조 장비

표 217. 탐지기 계측 자료 정보 OpenAPI - 적조 장비 요청 결과 코드 값

컬럼명	컬럼 설명	Data Type	Data Size
1	장비 ID	int (11)	4 bytes
2	자료 업데이트 시간	datetime	8 bytes
3	위도 정보	float (7,5)	8 bytes
4	경도 정보	float (8,5)	8 bytes
5	음향 Raw1	int (11)	4 bytes
6	음향 Raw2	int (11)	4 bytes
7	Gain1	int (11)	4 bytes
8	Gain2	int (11)	4 bytes
9	수온	float	8 bytes
10	CTD 센서 염분도	float	8 bytes
11	CTD 센서 수온	float	8 bytes
12	YSI 센서 엽록소	float	8 bytes
13	YSI 센서 수온	float	8 bytes
14	EXO 센서 수온	float	8 bytes
15	EXO 센서 엽록소	float	8 bytes
16	EXO 센서 수온	float	8 bytes
17	EXO 센서 용존산소	float	8 bytes
18	EXO 센서 pH	float	8 bytes

- 수온 장비

표 218. 탐지기 계측 자료 정보 OpenAPI - 수온 장비 요청 결과 코드 값

컬럼명	컬럼 설명	Data Type	Data Size
1	장비 ID	int (11)	4 bytes
2	자료 업데이트 시간	datetime	8 bytes
3	위도 정보	float (7,5)	8 bytes
4	경도 정보	float (8,5)	8 bytes
5	수온	float	8 bytes
6	수심	float	8 bytes
7	전원 값	float	8 bytes

- 기상 장비

표 219. 탐지기 계측 자료 정보 OpenAPI - 기상 장비 요청 결과 코드 값

컬럼명	컬럼 설명	Data Type	Data Size
1	자료 업데이트 시간	datetime	8 bytes
2	기온	float	8 bytes
3	일사량	float	8 bytes
4	풍속	float	8 bytes
5	풍향	float	8 bytes

○ 요청/응답 메시지 예제

- 적조 장비

표 220. 탐지기 계측 자료 정보 OpenAPI - 적조 장비 요청/응답 메시지 예제

URI 예제
<a href="http://systemcore.ipitime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/GetDeviceInfo.php?SEARCH=redtide&amp;DEVICE_ID=18001&amp;DETAIL=&amp;START_DATE=2019-09-01 12:00:00&amp;END_DATE=2019-09-01 14:00:00">http://systemcore.ipitime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/GetDeviceInfo.php?SEARCH=redtide&amp;DEVICE_ID=18001&amp;DETAIL=&amp;START_DATE=2019-09-01 12:00:00&amp;END_DATE=2019-09-01 14:00:00</a>
응답 메시지
<pre>[{"1":"18001","2":"2019-09-01 12:08:39","3":"34.76373","4":"128.29778","5":"362","6":"434","7":"950","8":"1050","9":"23.22","10": :"0","11":"0","12":"0","13":"0","14":"34.36","15":"0","16":"23.32","17":"6.63","18":"8.09"},{"1":"18 001","2":"2019-09-01 12:18:57","3":"34.76373","4":"128.29776","5":"373","6":"433","7":"950","8":"1050","9":"23.57","10": :"0","11":"0","12":"0","13":"0","14":"34.33","15":"0","16":"23.45","17":"6.78","18":"8.09"}]</pre>

- 수온 장비

표 221. 탐지기 계측 자료 정보 OpenAPI - 수온 장비 요청/응답 메시지 예제

URI 예제
<a href="http://systemcore.iptime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/GetDeviceInfo.php?SEARCH=watertemp&amp;DEVICE_ID=18601&amp;DETAIL=&amp;START_DATE=2019-09-01 12:00:00&amp;END_DATE=2019-09-01 14:00:00">http://systemcore.iptime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/GetDeviceInfo.php?SEARCH=watertemp&amp;DEVICE_ID=18601&amp;DETAIL=&amp;START_DATE=2019-09-01 12:00:00&amp;END_DATE=2019-09-01 14:00:00</a>
응답 메시지
[{"1":"18601","2":"2019-09-01 12:05:34","3":"34.82802","4":"128.33473","5":"21.712","6":"4.66466","7":"4.01117"}, {"1":"18601","2":"2019-09-01 12:15:42","3":"34.82802","4":"128.33473","5":"21.714","6":"4.66725","7":"4.01277"}]

- 기상 장비

표 222. 탐지기 계측 자료 정보 OpenAPI - 기상 장비 요청/응답 메시지 예제

URI 예제
<a href="http://systemcore.iptime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/GetDeviceInfo.php?SEARCH=weather&amp;DEVICE_ID=001&amp;DETAIL=&amp;START_DATE=2019-09-11 12:00:00&amp;END_DATE=2019-09-11 15:00:00">http://systemcore.iptime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/GetDeviceInfo.php?SEARCH=weather&amp;DEVICE_ID=001&amp;DETAIL=&amp;START_DATE=2019-09-11 12:00:00&amp;END_DATE=2019-09-11 15:00:00</a>
응답 메시지
[{"1":"2019-09-11 12:01:58","2":"26.9","3":"773.4","4":"1.5","5":"137.2"}, {"1":"2019-09-11 12:06:58","2":"26.6","3":"736.8","4":"1.8","5":"130.3"}, {"1":"2019-09-11 12:11:58","2":"26.7","3":"791.7","4":"1.1","5":"141.5"}]

○ 탐지기 사용/고장 정보

- 개요

- ✓ 적조 및 수온 탐지기의 사용/고장 정보를 수신한다.

- 기능 내용

표 223. 탐지기 사용/고장 정보 OpenAPI 기능 내용

기능명	탐지기 사용/고장 정보
데이터 생성 주기	수시
요청 URL	http://systemcore.iptime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/GetUseFailInfo.php
변수1	SEARCH (검색 항목 'fail')
예제	http://systemcore.iptime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/GetUseFailInfo.php?SEARCH=fail

- 요청 결과 코드 값

표 224. 탐지기 사용/고장 정보 OpenAPI 요청 결과 코드 값

컬럼명	컬럼 설명	Data Type	Data Size
Device_ID	장비 ID	int (11)	4 bytes
Use_Info	사용 정보	int (11)	4 bytes
Fail_Info	고장 정보	int (11)	4 bytes

- 요청/응답 메시지 예제

표 225. 탐지기 사용/고장 정보 OpenAPI 요청/응답 메시지 예제

URI 예제
<code>http://systemcore.iptime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/GetUseFailInfo.php?SEARCH=fail</code>
응답 메시지
<code>[{"Device_ID":"18001","Use_Info":"1","Fail_Info":"0"}, {"Device_ID":"18002","Use_Info":"1","Fail_Info":"0"}, {"Device_ID":"18003","Use_Info":"1","Fail_Info":"0"}, {"Device_ID":"18004","Use_Info":"1","Fail_Info":"0"}, {"Device_ID":"18005","Use_Info":"1","Fail_Info":"0"}, {"Device_ID":"18006","Use_Info":"1","Fail_Info":"0"}]</code>

- 적조 발생 예측 정보

- 개요

- ✓ 적조 발생 예측 정보를 수신한다.

- 기능 내용

표 226. 적조 발생 예측 정보 OpenAPI 기능 내용

기능명	적조 발생 예측 정보
데이터 생성 주기	수시
요청 URL	<code>http://systemcore.iptime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/GetPKNUData.php</code>
변수1	START_DATE (자료 검색 시작 일 'yyyy-MM-dd')
변수2	END_DATE (자료 검색 종료 일 'yyyy-MM-dd')
예제	<code>http://systemcore.iptime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/GetUseFailInfo.php?START_DATE=2019-07-29&amp;END_DATE=2019-07-30</code>

- 요청 결과 코드 값

표 227. 적조 발생 예측 정보 OpenAPI 요청 결과 코드 값

컬럼명	컬럼 설명	Data Type	Data Size
Updatetime	자료 업데이트 시간	datetime	8 bytes
Lat	위도	float (7,5)	8 bytes
Lon	경도	float (8,5)	8 bytes
Pred	발생 확률 정보	float (3,2)	8 bytes

■ 요청/응답 메시지 예제

표 228. 적조 발생 예측 정보 OpenAPI 요청/응답 메시지 예제

URI 예제
<code>http://systemcore.iptime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/GetUseFailInfo.php?START_DATE=2019-07-29&amp;END_DATE=2019-07-30</code>
응답 메시지
<code>[ { " U p d a t e t i m e " : " 2 0 1 9 - 0 7 - 2 9 11:33:04", "Lat": "34.62080", "Lon": "128.02100", "Pred": "1.00"}, {"Updatetime": "2019-07-29 11:33:04", "Lat": "34.62080", "Lon": "128.06300", "Pred": "1.00"}].....</code>

○ 목시 수색 관측 정보

■ 개요

- ✓ 적조 신고 앱에서 수신한 적조 목시 관측 자료 및 위치 정보를 Data Base에 저장한다.

■ 기능 내용

표 229. 적조 목시 관측 정보 OpenAPI 기능 내용

기능명	적조 목시 관측 정보
데이터 생성 주기	수시
요청 URL	<code>http://systemcore.iptime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/SetWatercolorData.php</code>
변수1	lat (위도 정보)
변수2	lon (경도 정보)
변수3	watercolor (수색 레벨)
예제	<code>http://systemcore.iptime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/SetWatercolorData.php?lat=34.7698936&amp;lon=128.3829193&amp;watercolor=6단계</code>

■ 요청 응답 메시지 예제

표 230. 적조 발생 예측 정보 OpenAPI 요청/응답 메시지 예제

URI 예제
http://systemcore.iptime.org/KIMST_RedtideV3/2019_Redtide/SetWatercolorData.php?lat=34.7698936&lon=128.3829193&watercolor=6단계
응답 메시지
Success 또는 Failed

(다) DFD (Data Flow Diagram)

○ GET 방식 DFD

- OpenAPI의 GET 방식 Data Flow Diagram은 아래와 같다.

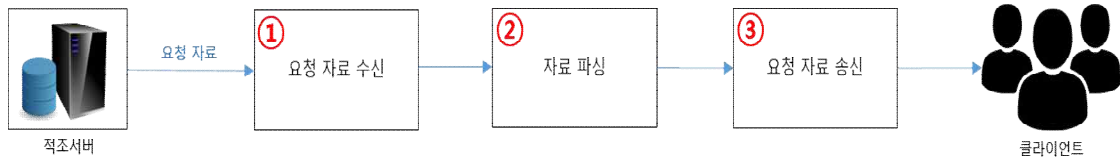


그림 303. OpenAPI GET 방식 DFD 구성도

표 231. OpenAPI GET 방식 Data Flow Diagram 내용

번호	항목	내용	참고
1	요청 자료 수신	클라이언트가 요청한 자료를 Data Base로부터 수신	
2	자료 파싱	자료 가공 및 추출	
3	요청 자료 송신	OpenAPI를 통해 자료를 수신	

○ POST 방식 DFD

- OpenAPI의 POST 방식 Data Flow Diagram은 아래와 같다.

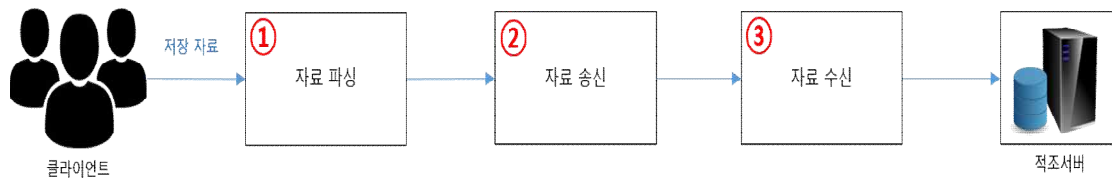


그림 304. OpenAPI POST 방식 DFD 구성도



표 232. OpenAPI POST 방식 Data Flow Diagram 내용

번호	항목	내용	참고
1	자료 파싱	클라이언트가 Data Base에 저장할 자료를 가공 및 추출	
2	자료 송신	OpenAPI를 통해 자료를 송신	
3	자료 수신	클라이언트가 송신한 자료를 수신하여 Data Base에 저장	

(7) 적조 신고 앱

(가) 개요

○ 적조 신고 앱은 안드로이드 OS 기반 스마트폰 용 적조 목시 관측 신고 어플리케이션이다.

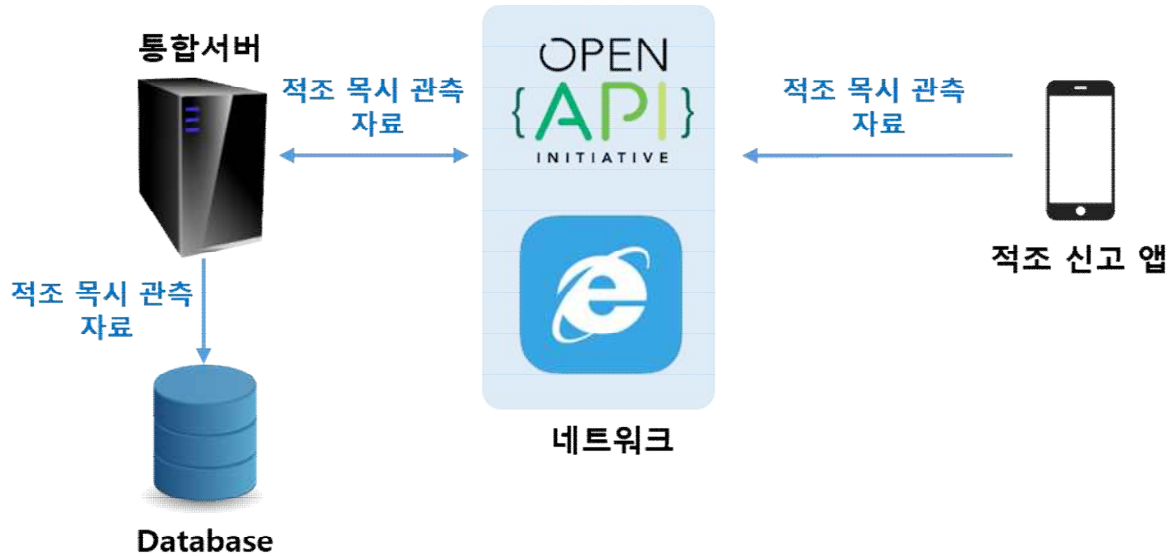


그림 305. OpenAPI와 HTTP를 통한 적조 신고 앱

(나) 개발환경

표 233. 적조 신고 앱 개발환경 내용

구분	내용	참고
운영체제	Windows 10	Microsoft
개발환경	Android Studio PHP	Google
컴포넌트		
핵심기술	OpenAPI를 통한 위치 정보 · 목시 관측 자료 연동	

(다) CSCI 구성

○ 적조 신고 앱의 CSCI 구성은 아래와 같다.

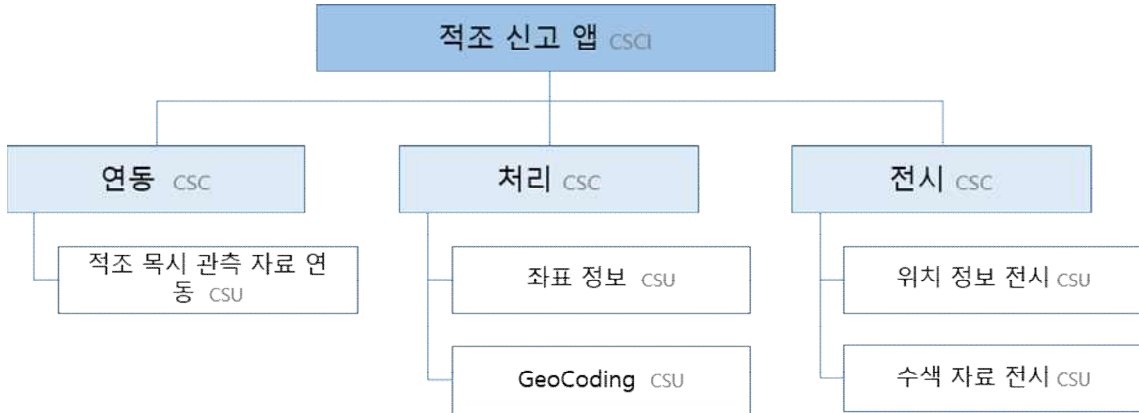


그림 306. 적조 신고 앱 CSCI 구성도

○ 연동 CSC

- 적조 신고 앱의 연동 CSC 구성은 아래와 같다.

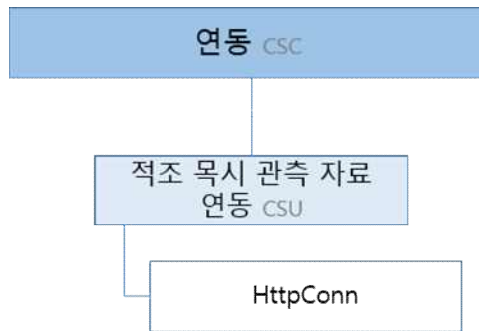


그림 307. 적조 신고 앱 연동 CSC 구성도

표 234. 적조 신고 앱 연동 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
연동	적조 목시 관측 자료 연동	OpenAPI를 통해 위치 정보와 적조 목시 관측 자료를 송신	

○ 적조 목시 관측 자료 연동 CSU

- 적조 목시 관측 자료 연동 CSU 구성은 아래와 같다.
  - ✓ String HttpConn (double lat, double lon, String watercolor)
  - ✓ 정의 : OpenAPI를 통해 위치 정보 및 적조 목시 관측 자료 정보를 송신한다.

표 235. 적조 목시 관측 자료 연동 CSU - HttpConn 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	lat	double	위도 정보
	lon	double	경도 정보
	watercolor	String	적조 목시 관측 자료 검색 레벨
Return		String	OpenAPI 호출 결과 정보 (Success: 전송 성공, Failed: 전송 실패)

○ 처리 CSC

- 적조 신고 앱의 처리 CSC 구성은 아래와 같다.

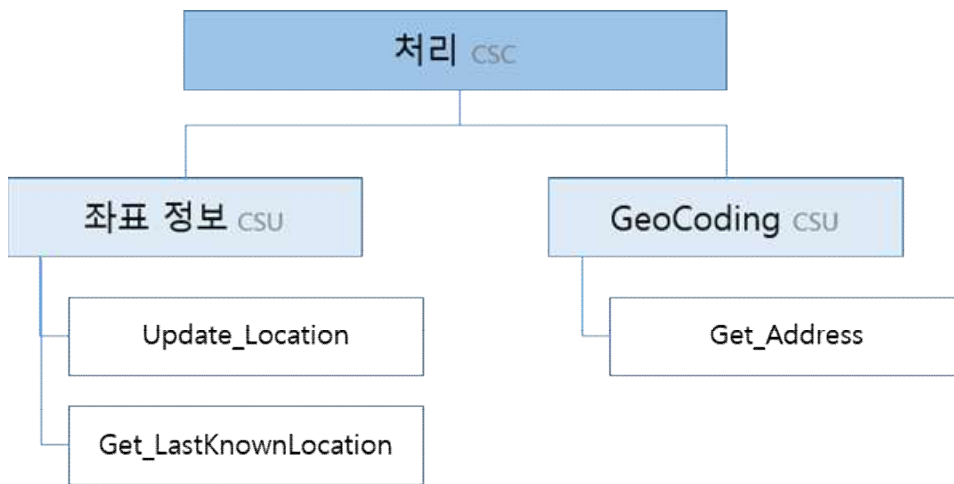


그림 308. 적조 신고 앱 처리 CSC 구성도

표 236. 적조 신고 앱 처리 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
처리	좌표 정보	스마트폰의 GPS, Network 위치를 탐색하여 최적의 위치 정보를 생성한다.	
	GeoCoding	좌표 정보를 주소 체계로 변환한다.	

○ 좌표 정보 CSU

- 좌표 정보 CSU 구성은 아래와 같다.

- ✓ void Update\_Location()
- ✓ 정의 : 스마트폰의 현재 GPS, Network 위치를 새로 갱신한다.

표 237. 좌표 정보 CSU - Update\_Location 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	없음	없음	
Return		없음	

- ✓ Location Get\_LastKnownLocation ()
- ✓ 정의 : 스마트폰에서 마지막으로 획득한 위치 정보를 반환한다.

표 238. 좌표 정보 CSU - Get\_LastKnownLocation 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	없음	없음	
Return		Location	위치 정보

○ GeoCoding CSU

- GeoCoding CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ String Get\_Address(Location location)
- ✓ 정의 : 위도, 경도 정보를 주소 체계로 변환한다.

표 239. GeoCoding CSU - Get\_Address 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	Location	location	위치 정보
Return		String	위치 정보에 대한 주소 정보

○ 전시 CSC

- 적조 신고 앱의 전시 CSC 구성은 아래와 같다.

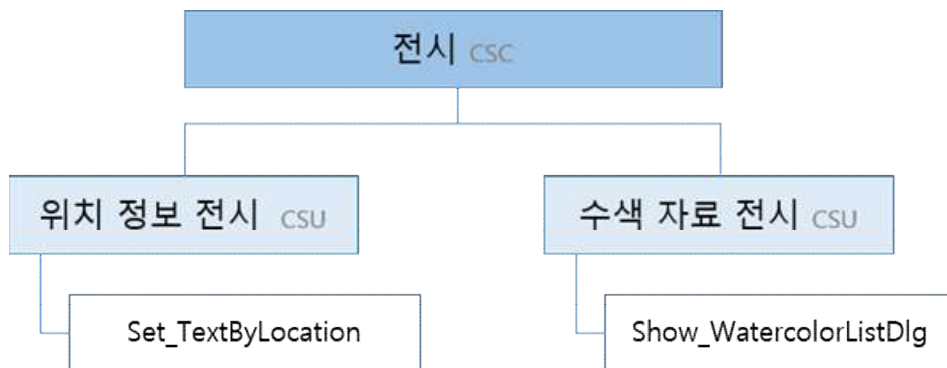


그림 309. 적조 신고 앱 전시 CSC 구성도

표 240. 적조 신고 앱 전시 CSC 구성 내용

CSC	CSU	내용	참고
전시	위치 정보 전시	좌표 정보 및 주소 정보를 전시한다.	
	수색 자료 전시	단계별 수색 정보를 전시한다.	

○ 위치 정보 전시 CSU

- 위치 정보 전시 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void Set\_TextByLocation (Location location)
- ✓ 정의 : 위치 정보와 주소 정보를 화면에 전시한다.

표 241. 위치 정보 전시 CSU - Set\_TextByLocation 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	Location	location	위치 정보
Return		없음	

○ 수색 자료 전시 CSU

- 수색 자료 전시 CSU 구성은 아래와 같다.
- ✓ void Show\_WatercolorListDlg ()
- ✓ 정의 : 예시 단계별 수색 자료를 화면에 전시한다.

표 242. 수색 자료 전시 CSU - Show\_WatercolorListDlg 함수 내용

구분		Type	설명
Parameter	없음	없음	
Return		없음	

(라) DFD (Data Flow Diagram)

- 적조 신고 앱의 Data Flow Diagram은 아래와 같다.

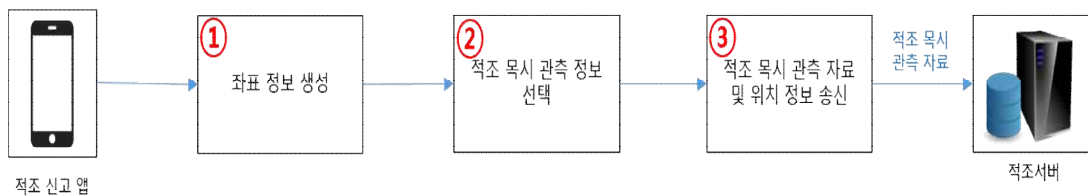


그림 310. 적조 신고 앱 Data Flow Diagram

표 243. 관제 소프트웨어 (Windows) Data Flow Diagram 내용

번호	항목	내용	참고
1	좌표 정보 생성	스마트폰의 GPS, Network 위치 정보 갱신	
2	적조 목시 관측 정보 선택	수색 단계 설정	
3	적조 목시 관측 자료 및 위치 정보 송신	OpenAPI로 위치 정보와 적조 목시 관측 정보를 송신	

(마) GUI (Graphic User Interface)

- 적조 신고 앱의 화면은 주 화면과 수색 리스트 보조 화면으로 구성하였다.



그림 311. 적조 신고 앱 인트로 화면 구성

표 244. 적조 신고 앱 인트로 화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	인트로 화면	적조 신고 앱의 인트로 화면 전시	



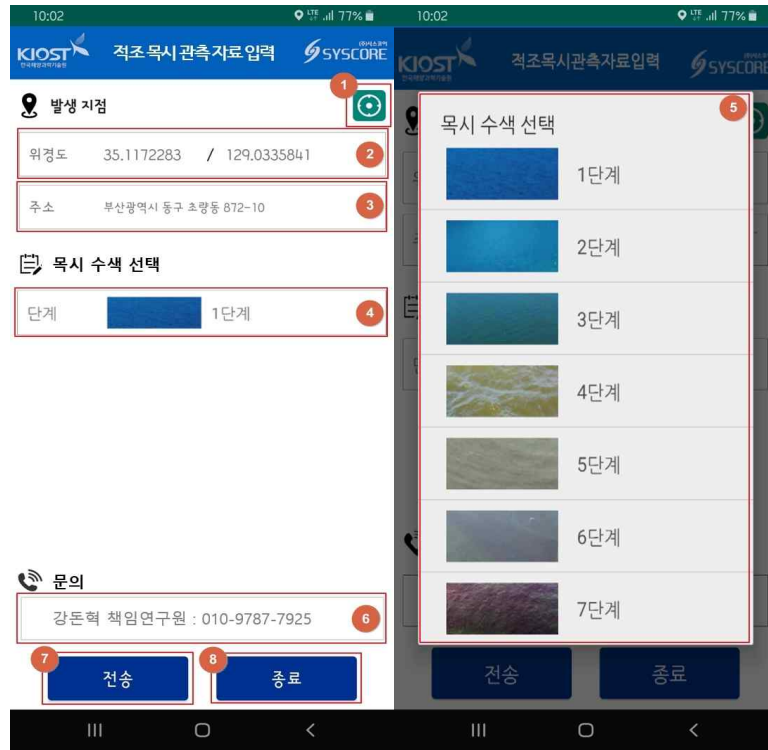


그림 312. 적조 신고 앱 주 화면 및 수색 리스트 보조화면 구성

표 245. 적조 신고 앱 주 화면 및 수색 리스트 보조화면 구성 내용

번호	항목	내용	참고
1	위치 갱신	스마트폰의 현재 GPS, 네트워크 위치를 새로 갱신	
2	좌표 정보	좌표 정보를 전시	
3	주소 정보	좌표 정보에 해당하는 주소 정보 전시	
4	수색 정보	마지막으로 선택한 수색 단계 전시	
5	수색 리스트	전체 목시 수색 단계를 전시	
6	전송 버튼	위치 정보, 목시 수색 상태를 Database에 전송	
7	종료 버튼	적조 신고 앱 종료	

(바) 적조 신고 앱 목시 수색 단계 별 결과

- 적조 신고 앱을 통해 목시 수색 단계 별 자료 서버로 저장 결과 7월 30일부터 9월 19일까지 총 606개의 자료가 전송되었음
- 획득 자료 도출 결과 7월 30일부터 8월 20일까지는 1~3단계인 정상 수색으로 나타남을 확인
- 8월 23일 여수 해역에서 최대 7단계까지 나타남을 확인
- 9월 2일 및 4일에는 여수-남해-통영 해역까지 적조가 확산되어 최대 7단계까지 나타남을 확인
- 9월 10일부터 18일까지는 거제 해역까지 적조가 확산되어 약 5~6단계까지 나타남을 확인

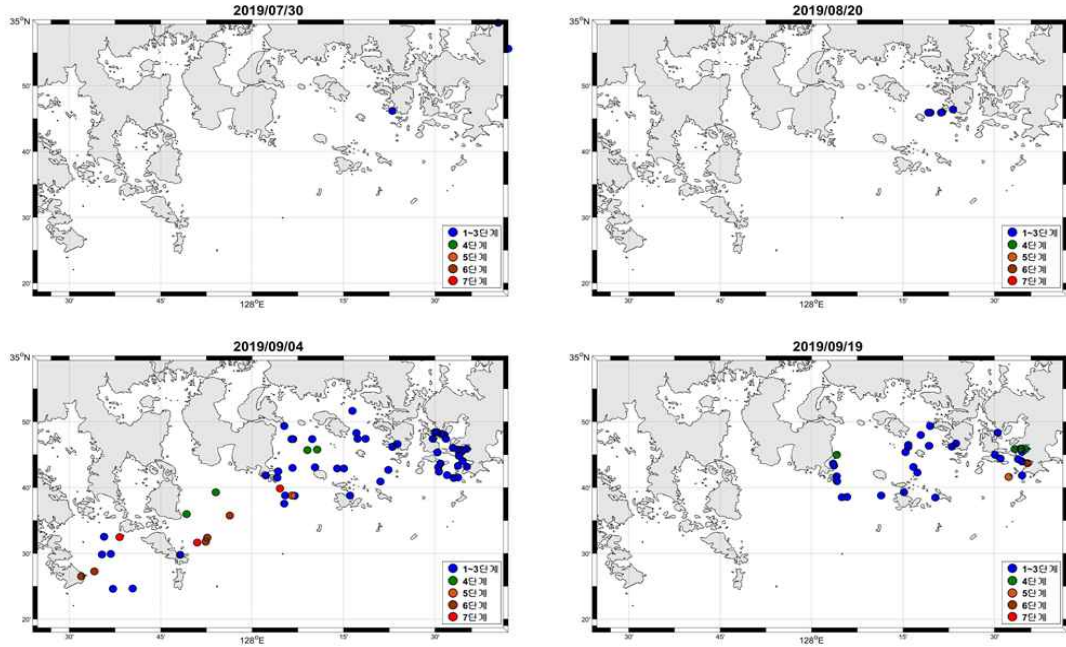


그림 313. 적조 신고 앱 목시 수색 단계별 결과 예시

다. 적조 체계 Data Base 설계 및 개발

(1) 개요

- 적조 체계에 사용되는 데이터베이스는 적조 목시 관측 자료 테이블, 적조 및 수온 탐지기 사용/고장 정보 테이블, 적조 발생 예측 정보 테이블, 적조 음향탐지 시스템 계측 자료 테이블, 수온 탐지기 계측 자료 테이블, 기상 관측 장비 자료 테이블로 구성되어 있다.
- 적조 음향탐지 시스템 계측 자료 테이블, 수온 탐지기 계측 자료 테이블, 기상 관측 장비 자료 테이블은 장비 ID에 따라 테이블이 생성된다.

(가) 설계환경

표 246. 관제 소프트웨어 (Windows) 설계환경 내용

구분	내용	참고
운영체제	Windows 10	Microsoft
종류	MySQL	Open Source

(나) 테이블 목록

표 247. 적조 Data Base 테이블 목록

번호	테이블명	내용	참고
1	app_watercolor	적조 목시 관측 자료 저장	
2	devicefailinfo	적조 및 수온 탐지기 사용/고장 정보 저장	

3	pknu	적조 발생 예측 정보 저장	
4	redtidedata_18001	적조 음향탐지 시스템 18001번 자료 저장	
5	redtidedata_18002	적조 음향탐지 시스템 18002번 자료 저장	
6	redtidedata_18003	적조 음향탐지 시스템 18003번 자료 저장	
7	redtidedata_18004	적조 음향탐지 시스템 18004번 자료 저장	
8	redtidedata_18005	적조 음향탐지 시스템 18005번 자료 저장	
9	redtidedata_18006	적조 음향탐지 시스템 18006번 자료 저장	
10	redtidedata_18007	적조 음향탐지 시스템 18007번 자료 저장	
11	redtidedata_18008	적조 음향탐지 시스템 18008번 자료 저장	
12	redtidedata_18009	적조 음향탐지 시스템 18009번 자료 저장	
13	redtidedata_18010	적조 음향탐지 시스템 18010번 자료 저장	
14	redtidedata_18011	적조 음향탐지 시스템 18011번 자료 저장	
15	redtidedata_18012	적조 음향탐지 시스템 18012번 자료 저장	
16	redtidedata_18013	적조 음향탐지 시스템 18013번 자료 저장	
17	redtidedata_19001	적조 음향탐지 시스템 19001번 자료 저장	
18	redtidedata_19002	적조 음향탐지 시스템 19002번 자료 저장	
19	redtidedata_19003	적조 음향탐지 시스템 19003번 자료 저장	
20	watertempdata_18601	수온 탐지기 18601번 자료 저장	
21	watertempdata_18602	수온 탐지기 18602번 자료 저장	
22	watertempdata_18603	수온 탐지기 18603번 자료 저장	
23	watertempdata_18604	수온 탐지기 18604번 자료 저장	
24	watertempdata_18605	수온 탐지기 18605번 자료 저장	
25	watertempdata_18606	수온 탐지기 18606번 자료 저장	
26	watertempdata_18607	수온 탐지기 18607번 자료 저장	
27	watertempdata_18608	수온 탐지기 18608번 자료 저장	
29	watertempdata_19601	수온 탐지기 19601번 자료 저장	
30	watertempdata_19602	수온 탐지기 19602번 자료 저장	
31	watertempdata_19603	수온 탐지기 19603번 자료 저장	
32	watertempdata_19605	수온 탐지기 19605번 자료 저장	
33	watertempdata_19606	수온 탐지기 19606번 자료 저장	
34	weatherdata_001	기상 관측 장비 통영 지역 자료 저장	
35	weatherdata_002	기상 관측 장비 여수 지역 자료 저장	

(2) 테이블 설계

(가) 적조 목시 관측 자료 테이블

표 248. 적조 목시 관측 자료 테이블 설계

테이블명		app_watercolor		
설명		적조 신고 앱에서 송신한 적조 목시 관측 자료 저장 테이블		
번호	필드명	명칭	Type	크기 (bytes)
1	updatetime	자료 저장 시간	datetime	8
2	lat	위도	float (9,7)	8
3	lon	경도	float (10,7)	8
4	watercolor	수색 단계	varchar	45

(나) 적조 및 수온 탐지기 사용/고장 정보 테이블

표 249. 적조 및 수온 탐지기 사용/고장 정보 테이블 설계

테이블명		devicefailinfo		
설명		적조 및 수온 탐지기 사용/고장 정보 저장 테이블		
번호	필드명	명칭	Type	크기 (bytes)
1	devID	탐지기 장비 ID	int (11)	4
2	useChk	사용 정보	int (11)	4
3	failChk	고장 정보	int (11)	4

(다) 적조 발생 예측 정보 테이블

표 250. 적조 발생 예측 정보 테이블 설계

테이블명		devicefailinfo		
설명		적조 및 수온 탐지기 사용/고장 정보 저장 테이블		
번호	필드명	명칭	Type	크기 (bytes)
1	updatetime	자료 저장 시간	datetime	8
2	lat	위도	float (7,5)	8
3	lon	경도	float (8,5)	8
4	pred	발생 확률	float (3,2)	8

(라) 적조 음향탐지 시스템 계측 자료 테이블

표 251. 적조 음향탐지 시스템 계측 자료 테이블 설계

테이블명		redtidedata_...		
설명		적조 음향탐지 시스템 계측 자료 저장 테이블		
번호	필드명	명칭	Type	크기 (bytes)
1	devID	탐지기 장비 ID	int (11)	4
2	updatetime	자료 저장 시간	datetime	8
3	lat	위도	float (7,5)	8
4	lon	경도	float (8,5)	8
5	acoustic1	음향 Raw 데이터1	int (11)	4
6	acoustic2	음향 Raw 데이터2	int (11)	4
7	gain1	이득 데이터1	int (11)	4
8	gain2	이득 데이터2	int (11)	4
9	watertemp	수온	float	8
10	ctd_sal	CTD 센서 염분도	float	8
11	ctd_wt	CTD 센서 수온	float	8
12	ysi_chl	YSI 센서 엽록소	float	8
13	ysi_wt	YSI 센서 수온	float	8
14	exo_sal	EXO 센서 염분도	float	8
15	exo_chl	EXO 센서 엽록소	float	8
16	exo_wt	EXO 센서 수온	float	8
17	exo_do	EXO 센서 용존산소	float	8
18	exo_ph	EXO 센서 ph	float	8

(마) 수온 탐지기 계측 자료 테이블

표 252. 수온 탐지기 계측 자료 테이블 설계

테이블명		watertemp_...		
설명		수온 탐지기 계측 자료 저장 테이블		
번호	필드명	명칭	Type	크기 (bytes)
1	devID	탐지기 장비 ID	int (11)	4
2	updatetime	자료 저장 시간	datetime	8
3	lat	위도	float (7,5)	8
4	lon	경도	float (8,5)	8
5	watertemp	수온	float	8
6	waterdepth	수심	float	8
7	power	전원 값	float	8

(바) 기상 관측 장비 자료 테이블

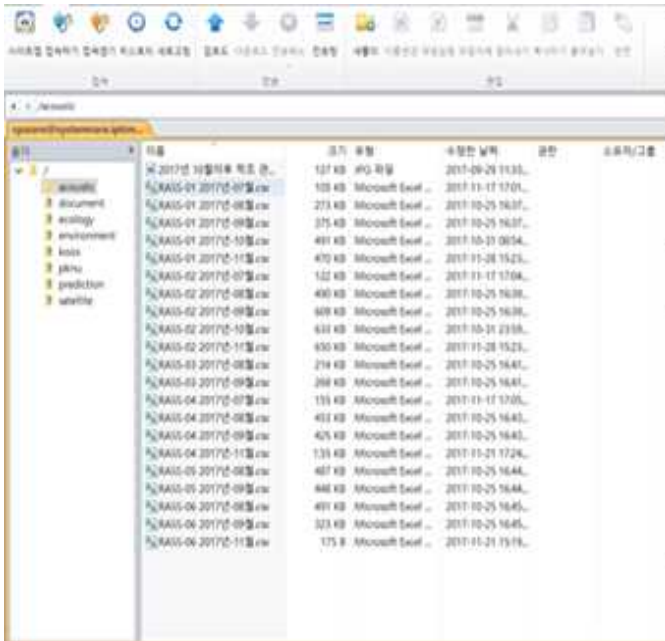
표 253. 기상 관측 장비 자료 테이블 설계

테이블명		weathertemp_...		
설명		기상 관측 장비 자료 저장 테이블		
번호	필드명	명칭	Type	크기 (bytes)
1	updatetime	자료 저장 시간	datetime	8
2	airtemp	기온	float	8
3	solar	일사량	float	8
4	windspeed	풍속	float	8
5	winddirection	풍향	float	8



### 3. 적조 정보 서비스 시스템 시범 구축 및 운영

- 적조 정보 서비스 체계 구성 완료 - OpenAPI를 통한 적조 정보 공개 개념 도입
- 과제 착수 및 실무회의(해수부, 국립수산과학원)에서 적조 예찰, 예보, 발령 등의 사항은 법령으로 국립수산과학원의 고유 업무이므로 국립수산과학원에서 진행하는 방향으로 검토 및 조정 의견
- 보완책으로 당해 과제에서는 생성되는 적조 정보를 원격 접속 망 구축하여 국립수산과학원 본원 적조 상황실, 국립수산과학원 남해수산연구소, 경상남도 수산자원연구소에 접속 권한 부여 및 공동 활용 체계 구축 및 운영
- 해양수산부 적조 상황실에 자료 가시화 프로그램 설치 및 운영



자료 구분	KROST → MIFS	MIFS → KROST	자료 형태	기타 (KROST 자료 정보)
예찰 기상	기온	○	-	매 10분 연속 자료
	풍향	○	-	통영 해상 1개 정점
	풍속	○	-	시간/위치 정보
	일사량	○	-	
예찰 환경	수온	○	○	수온 18개 정점 매 10분 염분 3개 정점 매 10분
	염분	○	○	공포포털 3개 정점 매 10분
	광도보정	○	○	72개 정점 정점 5분 내 2회 시간/위치 정보
예찰 생물	백조 개체수	○	○	72개 정점 정점 1회 2개 고정 정점 주 3회
	우절종	○	○	시간/위치 정보
예찰 퇴산	GOCI 이미지	○	-	1일 1회 남해안 평안 (1일 합성) 시간/위치 정보 자료 용량 : 68 B
	GOCI 영속소 영상	○	-	1일 8회 남해안 평안 시간/위치 정보 자료 용량 : 2.13 B
	GOCI RGB 영상	○	-	1일 8회 남해안 평안 시간/위치 정보 자료 용량 : 2.13 B
	GOCI 영속소	○	-	1일 8회 남해안 평안 시간/위치 정보 자료 용량 : 2.6 B
예찰 모형	유속	○	-	KODR 자료 (300 m 해상도)
	수온	○	-	72시간 계속 결과
	염분	○	-	시간/위치 정보 자료 용량 : 약 80 B

그림 314. FTP 서버 및 업로드 자료 형식

- 적조 정보 및 예보를 모니터링 가능한 가시화 체계 구축 및 시범 운용
  - 가시화 프로그램 구현 및 참여 연구진 배포
  - 가시화 체계 구축 주요 기관 (국립수산과학원 본원, 남해수산연구소, 해양수산부, 한국해양과학기술원)에 설치 및 운용
  - 설치 하드웨어 : 대형 TV 모니터 및 연동 PC 설치
  - 3차년도에는 Web page를 기반으로 하여 연구원 개개인 PC에서도 접속 가능하도록 개발 및 운영



그림 315. 해양수산부 및 한국해양과학기술원 접견실에 적조 가시화 프로그램 설치 및 운영 사진



그림 316. 국립수산물품질관리원 본원 및 남해수산물연구소 적조 가시화 프로그램 설치 및 설명 사진

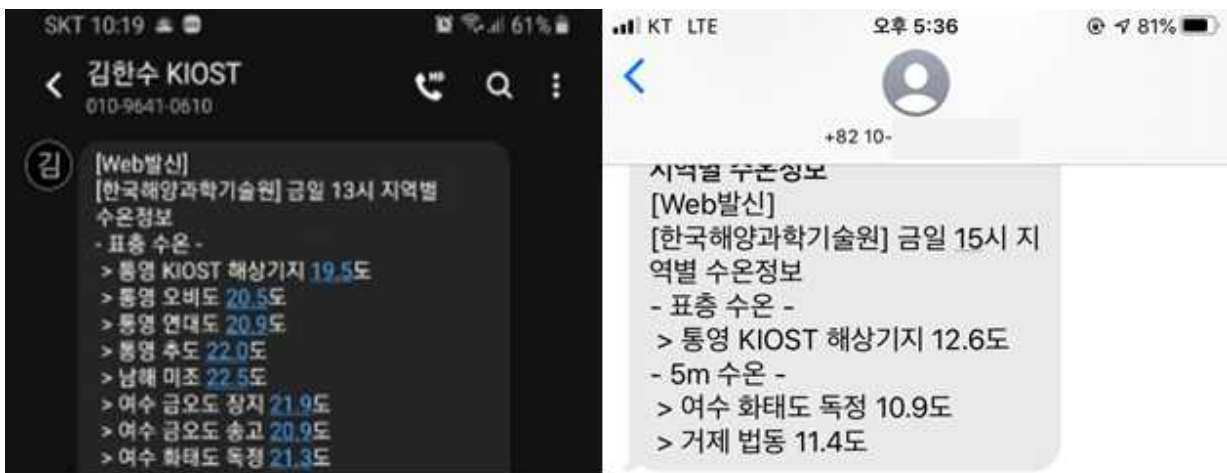


그림 317. 수온 SMS 문자 메시지 서비스

- 지역 별 고수온 및 저수온에 대한 수온 자료 SMS 문자 메시지 시스템 구축 및 서비스 개시
  - 해당 민간 가두리 양식장 담당자에게 문자 메시지 서비스 운용
  - 적조 관련 정보 중 양식장 어류에 민감한 고수온 자료에 한해 정보 제공

- ✓ 2차년도 정보 제공 기간 : 2018년 08월 09일 - 09월 14일 (매일 2회, 08시, 14시)
- ✓ 2차년도 정보 제공 양식장 개수 : 통영 5개소, 여수(고흥) 5개소
- ✓ 3차년도 정보 제공 기간 : 2019년 07월 08일 - 09월 30일 (매일 2회, 09시, 15시)
- ✓ 3차년도 정보 제공 양식장 개수 : 통영 10개소, 여수(고흥) 9개소, 거제 5개소
- 적조 관련 정보 중 양식장 어류에 민감한 저수온 자료에 한해 정보 제공
- ✓ 3차년도 정보 제공 기간 : 2019년 01월 09일 - 05월 02일 (매일 2회, 10시, 16시)
- ✓ 3차년도 정보 제공 양식장 개수 : 여수(고흥) 2개소
- ✓ 3차년도 정보 제공 기간 : 2019년 10월 04일 - 2020년 03월 31일 (매일 1회, 15시)
- ✓ 3차년도 정보 제공 양식장 개수 : 통영 1개소, 여수(고흥) 1개소, 거제 1개소

○ FTP를 이용한 정보 제공

- 서버 FTP 운용 및 기관 별 계정/폴더 생성, 파일 업로드 및 다운로드
- 공통 권한 : 자료 업로드 및 다운로드
- 계정 별 권한 : 자료 삭제는 업로더만 삭제할 수 있음

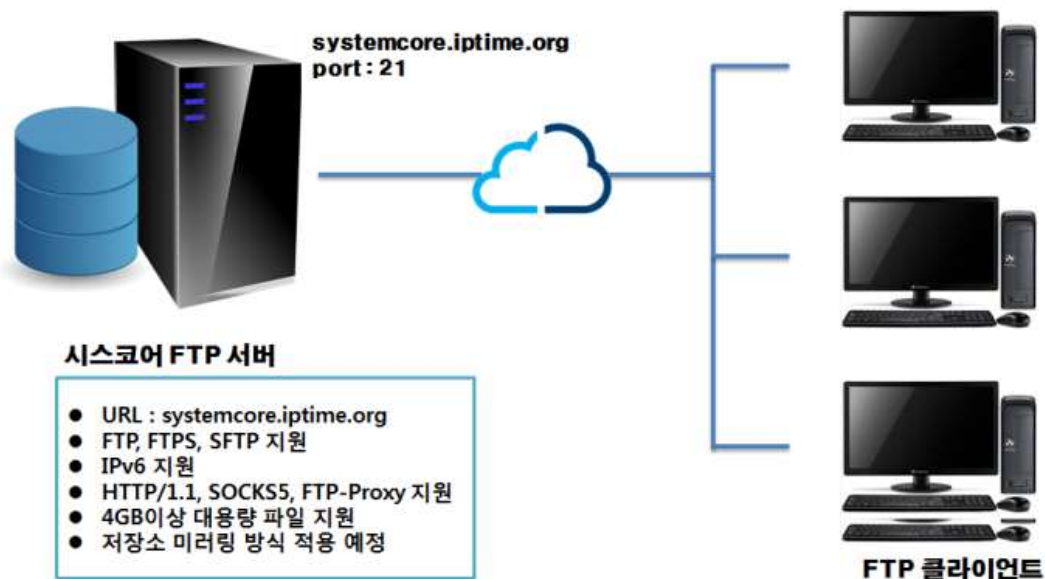


그림 318. FTP 서버를 통한 적조 정보 및 자료 공유

○ OpenAPI를 이용한 정보 제공

- 타 기관 프로그램에서 수집된 DB 자료를 활용할 수 있도록 OpenAPI 구현 및 인터페이스 제공
- 제공 서비스 : 탐지 포인트 별 탐지 자료 제공, 기간을 지정하여 자료 열람 가능
- 정보 항목 : 현장에서 측정한 적조 정보 (적조 값, 수온, 염분도, 엽록소 등), 위성 이미지, 고해상도 해류, 적조 이동 등

- 자료 포맷 : JSON/XML

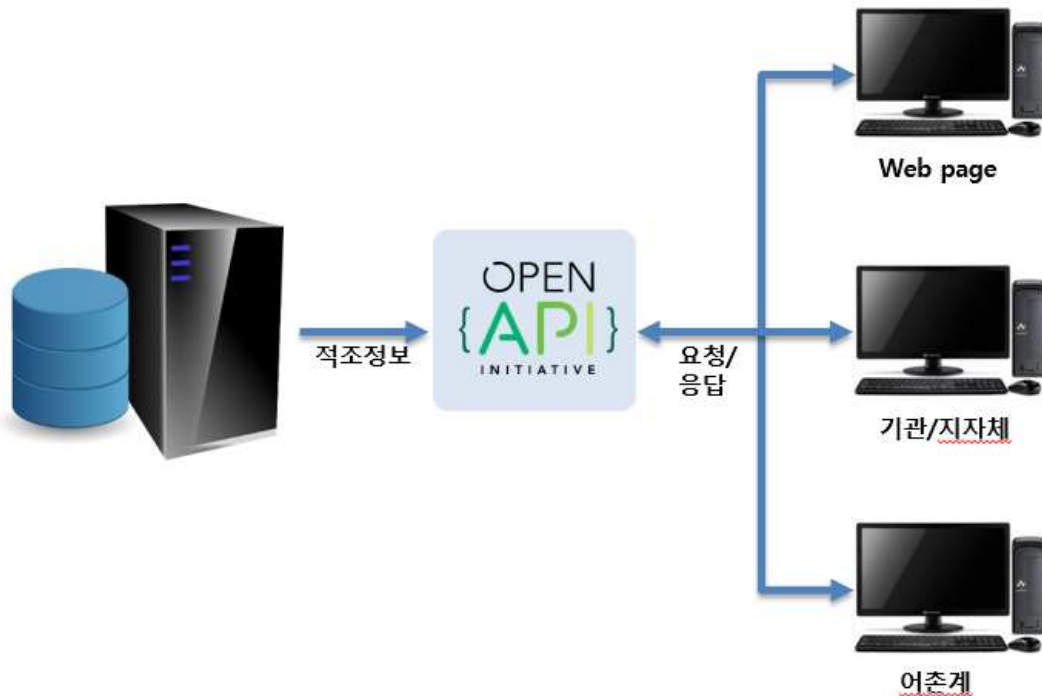


그림 319. OpenAPI를 통한 적조 정보 및 자료 공유

- 적조 정보 및 예보를 모니터링 가능한 가시화 체계 구축 및 시범운영
- 적조 연구 단체 및 기관에 가시화 소프트웨어 배포
- 기관 간 자료 공유 및 활용
  - 국립수산과학원 적조 속보 정보 OpenAPI를 통한 자료 획득
  - 가시화 체계에 적조 속보 조회 및 자료 통합 전시 기능 추가

#### 4. 적조 정보 시스템 운영 및 기술 지원

- 실시간 적조 탐지 및 예측 시스템 획득 자료 저장 및 서버 운용
- 실시간 적조탐지 장비, 수온탐지 장비 상태 모니터링
- 예측 시스템 정확도 개선을 위하여 수신된 데이터에서 자료 추출 공유
- Windows 프로그램 기반 및 Web page 기반 적조 가시화 체계 운용 및 기술 지원
- 스마트폰용 적조 목시 관측 신고 앱 구현 및 배포
- 적조 신고 앱 좌표 자동 생성 및 수색 7단계 선택 시스템에 전송하도록 구성



## 제4절 적조정보 및 예보서비스를 활용한 후속 적조 대응 방안

### 1. 장비 유지 보수 방안

#### 가. 시스템 유지 보수

- 통영, 여수(고흥), 거제 각 해역 별로 설치한 적조 관측 장비 유지 보수 및 일지 작성
- 유지 보수 항목 및 자료를 근거로 한 보수 간격 조정
  - 여수는 평균 3일에 1회, 통영 및 거제는 평균 1주일에 1회 점검을 수행함
  - 전체 시스템 사진, 센서 유지보수 전/후, 추가 환경 센서 유지보수 전/후 내용 작성

Check list of red tide acoustic & environment sensing system				Check list of red tide acoustic & environment sensing system				Check list of red tide acoustic & environment sensing system			
일시	2019.08.08 11:50	위치	여수(고흥) 해양수산부조사역	일시	2019.08.19 10:07	위치	대동각도	일시	2019.08.16 13:00	위치	적조현
점검자	김현수, 김재과	시스템	T-RASS-01	점검자	최서영	시스템	T-RASS-05	점검자	김현수, 정승원, 김준수	시스템	G-RASS-01
관측 시스템 사진		점검 시간	11:50	관측 시스템 사진		점검 시간	10:07	관측 시스템 사진		점검 시간	
센서 연결 내용		점검 위치	발행가두리 방	센서 연결 내용		점검 위치	효정연어 방	센서 연결 내용		점검 위치	장안포 (삼척포서로 CA1 정교도로 단절)
센서 분할		점검 분할	확도 심하지 않음	센서 분할		점검 분할	물리 접촉	센서 분할		점검 분할	
중량 센서 세척 전		중량 센서 세척 후		중량 센서 세척 전		중량 센서 세척 후		중량 센서 세척 전		중량 센서 세척 후	
CTEX003 용어 세척 전		CTEX003 용어 세척 후		CTEX003 용어 세척 전		CTEX003 용어 세척 후		CTEX003 용어 세척 전		CTEX003 용어 세척 후	
중량 보정값	○	작동여부	○	중량 보정값	○	작동여부	○	중량 보정값	○	작동여부	○
특이사항	• 이상 없음			특이사항	• 없음			특이사항	• 5mC 온도센서 용어 조립 확인 • 용량 전이 확인 필요 후 발급허가 불가		

그림 320. 적조 관측 장비 유지 보수 및 관리 일지

#### 나. 시스템 및 장비 운용 방안

##### (1) 수중 및 육상 설치 시스템 및 네트워크 장비 유지 보수안 도출 접근 방법

- 시스템 관리 주기, 부품 교체 주기, 통합 시스템 체크 리스트 작성, 단종 부품 품목 및 수량 파악, 사용 종료 후 유지 보수 방안을 위해 국방 분야 종합군수지원체계(Integrated Logistics Support) 기법 적용 검토



그림 321. 적조 실증화 활용 장비 종합 관리를 위한 ILS 적용 개념

## (2) 장비의 통합 지원 체계

- 종합군수지원체계(ILS)는 운용 및 정비 등에 관련 된 제반의 모든 활동을 효율적으로 지원하는 업무로 정비계획, 지원장비, 보급지원, 기술교범, 정비시설, 기술자료 관리안을 제시하며 RAM 분석과 LSA 분석으로 구성됨
- RAM 정의 : 개발 초기부터 신뢰도(Reliability), 정비도(Maintainability), 가용도(Availability)를 관리하여 시스템 전반의 신뢰성 구축 및 수명주기 비용을 절감하는 활동
- LSA 정의 : 군수지원분석(Logistics Support Analysis)이란 무기체계 수명주기 간의 군수지원요소를 확인, 정의, 분석하여 구체화하는 활동

## (3) ILS 요소 적용 및 시스템 관리 방안

- 신뢰도 분석 : 시스템 H/W에 대한 신뢰도 예측, 핵심 부품에 관한 가속수명시험 및 적용되는 S/W에 대한 정적/동적 시험
- 고장 정비도 분석 : 시스템 H/W 정비 수준에 따라 최적화 된 정비 업무 분석
- 시스템 운용 가용도 분석 : 앞의 신뢰도 및 정비도로 가용도 산출 혹은 운용 실적으로 가용도 산출
- 예방 정비 계획 : 배터리등 주기성 교환 품목 정리, 해양생물 부착 등으로 센서 점검 주기 정리, 해수에 의한 부식 방지를 위한 사전 방식 작업
- 보급 지원 관리 : 수리부속 리스트 정리, 단종 및 Long Delivery 품목 관리
- 점검 인력 운용 및 교육 : 운용 및 점검 인력 확보, 수중 및 육상 센서 및 가시화 시스템 운용 및 점검 매뉴얼로 대체



표 254. RAM 적용 체계 모식도

구 분	내 용	척 도
신뢰도 Reliability	- 주어진 조건에서 규정된 시간 동안 고장없이 작동할 확률 - MTBF 예 $\lambda = \frac{\text{number of failures}}{\text{total mission time}} = \frac{6}{142} = 0.0422535$ $\text{MTBF} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.0422535} = 23.6667 \text{ hours}$	MTBF
가용도 Availability	- 임의의 시점에 장비가 가동 가능 상태에 있을 확률 $A_o = \frac{\text{총 가동시간}}{\text{총 시간}} = \frac{\text{총 가동시간}}{\text{총 가동시간} + \text{총 불가동시간}}$ $= \frac{OT+ST+AT}{OT+ST+AT+TCM+TPM+TALDT} \text{ 또는 } \frac{MUT}{MUT+MDT}$ ※ MUT : 평균가동시간 MDT : 행정/군수지연시간 및 수리시간을 포함해서 정비를 하는데 소요되는 평균시간, 즉, 평균불가동시간	Ao
정비도 Maintainability	- 고장 발생시 정상 복구될 때까지의 평균 시간 $MTTR = \frac{\sum_{i=1}^N ET_i \times TF_i}{\sum_{i=1}^N TF_i}$ MTTR = 평균수리시간 TF <sub>i</sub> = 고장정비 활동의 빈도 수 ET <sub>i</sub> = 고장정비 활동의 소요시간	MTTR

(4) 적조 탐지 예측 시스템 구성

- 적조 탐지 예측 시스템은 모듈 단위로 적조 음향탐지 시스템, 수온 탐지기, 케이블 조립체, 통합 서버로 구분

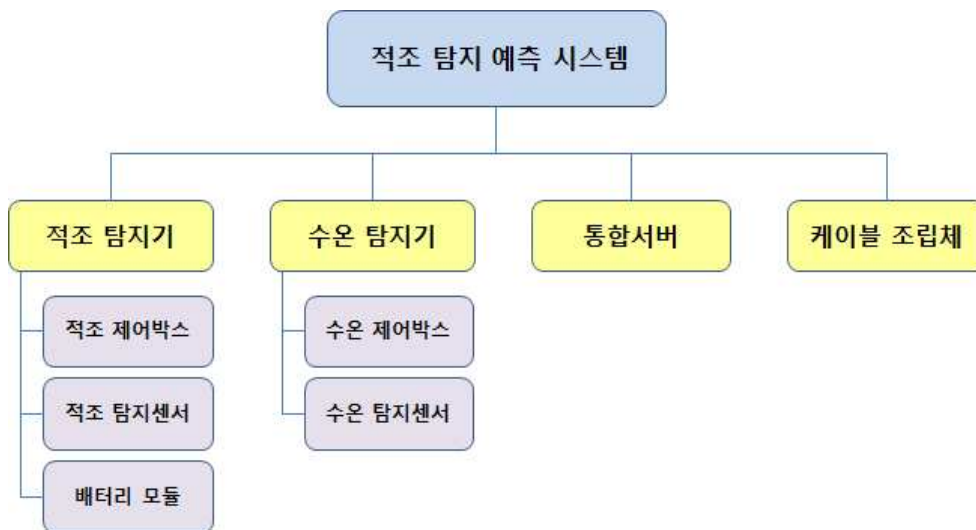


그림 326. 적조 탐지 및 예측 시스템 구성 현황

(5) 시스템을 각 항목별로 ILS에 의거하여 RAM 계산

- 각 시스템별 정비 ILS 개념을 도입하여 정비, 소모품 교체 주기, 장비 내구연한에 대하여 고

려

○ 적조 음향탐지 시스템은 사용자 예방정비, 제조사 예방정비 그리고 고장 정비로 분류

표 255. 적조 음향탐지 및 고수온 관측 시스템의 구성에 따른 신뢰도, 정비도 계산

레벨 2	레벨 3	레벨 4/5	수 량	단 위	MTBF	MTTR	
적조 탐지기	적조 제어 박스	하우징	1	EA	81,460	120	
		상부 조립체					
		상면판	1	EA	69,225	104	
		LCD	1	EA	47,263	80	
		LCD 배선조립체	1	EA	75,638	80	
		스위치 조립체	3	EA	34,465	80	
		LED 조립체	3	EA	35,174	80	
		모니터링 배선조립체	1	EA	57,416	80	
		하부 조립체					
		제어 조립체	1	EA	32,268	160	
		입출력 조립체	1	EA	31,583	160	
		전원용 배선조립체	1	EA	48,610	80	
		적조탐지센서용 배선조립체	1	EA	42,940	80	
		보조센서용 배선조립체	2	EA	45,861	80	
		하우징	1	EA	12,634	120	
	전면 조립체						
	전원 회로카드 조립체	1	EA	34,279	160		
	제어회로카드 조립체	1	EA	33,186	160		
	수신회로카드 조립체	1	EA	31,056	160		
	송신회로카드 조립체	1	EA	29,712	160		
	DC모터 조립체	1	EA	18,261	640		
	온도센서 조립체	1	EA	41,955	120		
	음향센서	1	EA	10,840	640		
	브러쉬 조립체	1	EA	6,120	80		
	후면 조립체	1	EA	18,253	120		
	음향센서 배선조립체	1	EA	45,260	80		
	배터리 모듈	하우징	1	EA	88,150	120	
		직류전원입력용 배선조립체	1	EA	48,260	80	
		솔라셀전원입력용 배선조립체	1	EA	48,263	80	
		전원출력용 배선조립체	1	EA	48,260	80	
		배터리팩	1	EA	16,287	80	
	수온 탐지기	수온 제어 박스	하우징	1	EA	81,460	120
			상부 조립체				
상면판			1	EA	69,225	104	
LCD			1	EA	47,263	80	

		LCD 배선조립체	1	EA	75,638	80
		스위치 조립체	3	EA	34,465	80
		LED 조립체	3	EA	35,174	80
		모니터링 배선조립체	1	EA	57,416	80
		하부 조립체				
		제어용 회로카드 조립체	1	EA	32,268	160
		입출력 회로카드 조립체	1	EA	31,583	160
		전원용 배선조립체	1	EA	48,610	80
		적조탐지센서용 배선조립체	1	EA	42,940	80
		보조센서용 배선조립체	2	EA	45,861	80
		배터리 모듈				
		솔라셀전원입력용 배선조립체	1	EA	72,394	80
		전원출력용 배선조립체	1	EA	72,390	80
	수온 탐지 센서	배터리팩	1	EA	32,574	80
		하우징	1	EA	18,951	120
		전면 조립체				
		회로카드 조립체	1	EA	37,707	160
		압력센서 조립체	1	EA	22,471	160
		온도센서	1	EA	41,955	180
		후면 조립체	1	EA	32,470	120
	배선조립체	1	EA	45,260	80	
케이블 조립체	전원케이블 조립체	1	EA	18,571	120	
	센서케이블 조립체	1	EA	16,483	120	
	보조센서 케이블 조립체	1	EA	24,373	120	
통합 서버	랙 조립체	1	EA	272,727	140	
	전원 공급 장치	1	EA	187,322	80	
	CPU	1	EA	3,095,975	120	
	마더보드	1	EA	224,830	160	
	SSD	1	EA	1,500,000	80	

표 256. 적조 음향탐지 및 고수온 관측 시스템 정비 시간

구 분	항 목	내 용	정비 시간 (h)	비 고
사용자 예방정비	적조 음향탐지 시스템	제어기	외관 고정 상태 확인 및 조정	0.1
		수온 측정 센서	외관 고정 상태 확인 및 조정	0.1
			세척-부착 해양 생물 및 오물 제거	1
		배터리 모듈	외관 및 고정 상태 확인 및 조정	0.1

			소모품 교체(배터리팩)	0.2	
	고수온 관측 시스템	제어기	외관 고정 상태 확인 및 조정	0.1	
			제어기	소모품 교체(배터리팩)	0.2
		센서부	외관 고정 상태 확인 및 조정	0.1	
			센서부	세척-부착 해양 생물 및 오물 제거	1
제조사 예방정비	적조 음향탐지 시스템	제어기	부품 점검 및 재조립	4	
		수온 측정 센서	교정	16	
	고수온 관측 시스템	제어부	부품 점검 및 재조립	4	
		센서부	교정	16	
고장 정비	단위 모듈		고장 모듈별 고장 수리	80	

표 257. 적조 음향탐지 및 고수온 관측 시스템 소모품 교체 주기

구 분	항 목	소 모 품	교체 주기 (Months)	비 고
적조 음향탐지 시스템	적조 탐지 센서	와이퍼 브러쉬	8	운용시간
		초음파 센서	8	운용시간
	배터리 모듈	배터리 팩	12	운용시간
고수온 관측 시스템	제어기	배터리 팩	12	운용시간

표 258. 적조 음향탐지 및 고수온 관측 시스템 장비 내구 연한

구 분	항 목	내구 연한 (Months)	비 고
적조 탐지 시스템	적조 음향탐지 시스템	16	운용시간
	적조 탐지 센서	12	운용시간
	배터리 모듈	16	운용시간
수온 측정 시스템	제어기	16	운용시간
	수온 측정센서	12	운용시간

(6) 운용 인력 관리

- 요구 되는 기술 인력에 부합되는 인력이 충원되도록 계획
- 각각의 정비, 보급, 교육 인력 소요 산출
- 직무별 주특기 식별

표 259. 운용 인력 관리 및 교육

구 분	인 원(명)		내 용
정 비	사용자	2	· 사용자 예방 정비 · 제조사 예방 정비 · 고장 수리
	제조사	2	
보 급	제조사	1	· 정비시 소요 되는 공구, 부품, 소모품
교 육	예방정비	1	· 예방 정비 방법 교육 · 가시화 시스템 운영 및 시스템 점검
	시스템 운용	1	

2. 시스템 설치 운영시 가이드 라인 및 검토 사항

가. 시스템 설치 위치 선정

- 남해안에 발생하는 적조 발생 해역을 광역 단위 혹은 지자체 단위로 구분하여 선정
  - 완도군, 고흥군, 여수시, 남해군, 통영시, 거제시 등으로 광역 지역을 구분하여 시스템 설치 위치 검토
  - 각 지자체 연구소 혹은 국립수산과학원 지역 연구소 등과 협의를 거쳐 시스템 설치 위

---

치 선정 사전 검토

- Hot spot, 적조 이동 해역, 적조 유입 해역 등 기존 적조 연구 결과를 기반으로 모델 운용이 가능한 위치 선정 검토
- 양식장 밀집 해역을 집중적으로 고려하여 어민 피해 방지 위주의 설치 위치 검토 필요

나. 대어민 및 지자체 협조 체계

- 적조 탐지 시스템의 유지 보수는 하계 시기에 센서의 fouling 문제, 태풍에 의한 파손 등을 고려할 때 적조 관련 관측 자료의 QC(Quality Control)에서 가장 핵심적인 요소임
- 예산 투입 대비 효과의 극대화를 위해 장비 설치 해역(가두리 등)의 어촌계 어민 혹은 양식장 어민에게 자료 제공에 대한 상응하는 조건으로 장비 유지 관리 체계 제안
- 지자체의 적조 및 고수온 대응 부서와 연계한 적조 자료 활용 제공과 연계한 관리 협조 체계 제안 및 운영 체계 수립

다. 세부 시스템의 적정 소요량 산출

- 예산의 한정성에 의한 장비 설치 및 관리의 제한성으로 인해 설치 위치 선정 이후에 적정 시스템 설치 소요량 산출
- 적조 생물 발생 및 이동 예측 모델 입력 변수, 고수온 및 음향 탐지 관측 적정성을 위한 검토를 통한 해역별 혹은 지역별 적정 센서 투입량 산출

라. 세부 시스템 설치 환경 분석 및 장비 운용

- 해상 시스템
  - 가두리 설치 : 다발성 혹은 막대한 적조 피해 양식장을 선정하여 관측 체계 투입 검토
  - 부이 : 적조 유입 해역을 선정하여 관측 체계 투입 검토
  - 선박 : 어선 등에 목시 관측 자료 전송앱 제공으로 실시간 광역 자료 수집 및 분석 검토
- 가시화 체계
  - 통신 체계 및 서버 안정성 점검
  - 적조 발생, 이동-확산 모델 구현을 위한 모델 안정성 점검
  - 적조 자료 분석 및 가시화 체계 안정성 점검
  - 적조 정보 체계(웹기반) 혹은 SMS 기반 안정성 점검
  - 가시화 체계 구축 사이트 검토 및 시범 구축, 운영

마. 현장 유지 인력 및 장비 유지 보수

- 각 해역별 장비 유지 필수 인력 확보 방안 수립 (어촌계 지원 인력 제외)
- 각 장비별 유지 보수 일정 수립 및 유지 항목 점검

바. 국립수산물과학원 적조 속보체계 연계성 및 대어민 정보 공유 체계 구축

---



- 현재의 적조 속보 체계와 연동하여 통합된 적조 정보 체계 설계 및 구현 (현업 투입용)
- 국립수산과학원 적조 속보팀의 요구에 맞는 R&D 가시화 연구 결과물 최적화 과정
- 대어민 혹은 지자체와의 적조 정보 공유 항목 결정
- 활용 목적에 최적화된 가시화 체계 정보 분류 및 정보 제공 방법 수립

사. 정확도 향상을 위한 R&D 연구 추진

- 기상청 예보 자료와 유사하게 적조 발생 혹은 이동 예측 정확도를 상승(예로 년 5% 상승) 시키기 위한 R&D 연구 지속 방안 도출
- 정확도 증가를 위한 적조 관련 연구 항목 세분화
- 연차별 계획 수립 이후 연구소(출연연, 수과원 협업)-어촌계-지자체 네트워크 구축으로 연구 협업 체계로 수행

**3. 어류 방류 관련 적조 생물 정보 제공 (FTP 활용)**

- 적조 생물 정보 제공을 위해 적조 가시화 체계 기반 실시간으로 적조 상황을 국립수산과학원에 제공, FTP 접속 권한을 부여하여 적조 정보 활용 권한 제공
- 생물 정보 제공 항목
  - 해양 기상, 해양 환경, 해양 생물, 해양 위성, 해양 모델, 예측 정보 등 제공
  - 정보 제공 형태 : ASCII 형태의 text, 엑셀 기반의 csv, netCDF
- 생물 정보 제공 주기
  - 현장 장비 기반 자료 매 10분
  - 모델 자료 1일 1회
- 생물 정보 제공 방법
  - 서버 접속을 통한 자료 다운로드
  - KIOST FTP 서버 및 웹 기반 프로그램을 통해 실시간 적조 발생 환경 및 생물 정보 상황 모니터링이 가능한 웹 접속 주소를 외부 기관 (국립수산과학원, 3개 지자체)에 제공 ([www.kiost-redtide.kr](http://www.kiost-redtide.kr))

표 260. 생물 정보 제공 항목

자료구분	항목	KIOST → NIFS	NIFS → KIOST	자료형태	자료정보
해양 기상	기온	○	-	ASCII	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통영지역 기상 정보</li> <li>• 여수(고흥) 지역 기상 정보</li> <li>• 매 10분 마다 관측</li> </ul>
	풍향	○	-		
	풍속	○	-		
	일사량	○	-		
해양 환경	수온	○	○	ASCII	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 탐지 포인트 별 수온, 염분, 클로로필 정보 제공</li> <li>• *탐지 포인트 별 측정 정보는 다를 수 있음.</li> </ul>
	염분	○	○		
	클로로필	○	○		
해양 생물	적조 개체수	○	○	ASCII	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광역정점(2회), 고정정점(주3회)의 측정 정보</li> </ul>
	종류	○	○	Text	
해양 위성	GOCI 이미지	○	-	netCDF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1일 1회 (합성, 평균) 자료 제공</li> </ul>
	GOCI 엽록소 영상	○	-	Image	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이미지 제공</li> </ul>
	GOCI RGB 영상	○	-	Image	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이미지 제공</li> </ul>
	GOCI 엽록소	○	-	ASCII	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위경도 좌표 별 엽록소 값 제공</li> </ul>
해양 모델	유속	○	-	netCDF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KOOS 자료</li> <li>• 72시간 예측 결과 (해양환경)</li> </ul>
	수온	○	-		
	염분	○	-		
예측정보	적조발생 가능성	○	-	netCDF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 72시간 예측 정보 (적조)</li> </ul>



그림 327. 가시화 체계를 이용한 생물 정보 제공 항목

#### 4. 적조 서비스 만족도 조사

- 1차년도 적조 미 발생으로 인해 만족도 조사는 수행을 하지 못했으며, 적조 정보 서비스가 실질적으로 진행된 2, 3차년도에 한해 만족도 조사를 실시하였음
- 적조 피해 발생 시 적조 정보 자료는 피해 보상과 관련된 사항으로 자료를 직접 어민에게 제공하는 대신 적조 법령기관인 국립수산물품질관리원에 제공 (1차년도 협의 사항)
- 대안으로 관리자 (국립수산물품질관리원 연구원, 지자체 등)를 대상으로 만족도 조사를 실시하였음

- 추가로 정보 자료를 양산하는 해당 양식장 관리인 및 고수온/저수온 SMS 수신 어민들을 대상으로 부분 설문 조사를 실시하였음
- 2~3차년도 설문 항목은 결과의 일관성을 위해 2차년도에 작성한 설문지를 공통적으로 활용하였음
- 만족도 조사 업체 : 다운리서치
- 외부 리서치 전문업체 활용한 만족도 조사 항목 개발
  - 이용자 일반 사항 항목 : 4개
  - 유해 적조 정보 제공 서비스 만족도 항목 : 12개
  - 고수온 제공에 대한 어민 서비스 만족도 항목 : 4개
- 만족도 조사 및 분석
  - 서비스 만족도 조사 방법 : 이메일, 전화, 직접 방문 혼용
  - 조사 시기 : 2차년도 '18년 11월~12월 설문 조사 완료  
3차년도 '19년 12월 설문 조사 완료
- 만족도 조사 결과

년 도	서비스 만족도
2018년	- 유해 적조 정보 제공 <b>서비스 만족도는 79.86점</b> 으로 만족하는 수준임 - 타 매체에서 제공하는 적조 발생 정보의 주기 및 방식에 대한 만족도는 68.75점으로 유해 적조정보 제공 서비스에 대한 만족도가 상대적으로 높음
2019년	- 유해 적조 정보 제공 <b>서비스 만족도는 79.82점</b> 으로 만족하는 수준임 - 타 매체에서 제공하는 적조 발생 정보의 주기 및 방식에 대한 만족도는 60.53점으로 유해 적조 정보 제공 서비스에 대한 만족도가 상대적으로 높음
평 균	<b>79.84 점 (타 매체 64.64점)</b>

- 2차년도 만족도 조사 결과를 토대로 3차년도에 개선사항 반영
  - 3차년도에는 웹기반 가시화 체계를 구축하였으며, 실시간 관측과 예측을 나눠서 전시하였음. 또한 재현 확인을 위하여 자료 조회 기능을 통해 해류 또는 이동 확산 정보를 1시간 간격으로 play / stop 할 수 있도록 개선하였음
  - 통영, 여수, 거제 해역에 총 15기를 동시 운용하였음
  - 해당 시스템에서 무적조 / 적조주의보 / 적조경보의 세 단계별로 지도 기반 자료에서는 적조 음향탐지 시스템, 이동 확산 모델 자료를 색을 다르게 나타내었고, 시계열 기반 자료에서는 음향 기준선을 나타내었음
  - 1시간에 1번의 위성 자료를 준실시간으로 나타냈으며, 17시에는 주간 자료를 평균하여 나타내었음. 또한 자료 조회 기능을 통해 원하는 날짜/시간의 위성 정보를 확인할 수 있도록 개선하였음. 또한 대표적인 몇몇 정점에서 수온 뿐만 아니라 DO, pH, 염분, 클로로

---

필 값도 함께 획득하여 FTP 서버에 자료를 공유하였음

- 현장에서 광학으로 획득한 코클로디니움 현미경 사진을 FTP 서버에 준실시간으로 업로드 하였음, 또한 가시화 체계를 웹기반으로 개발하여 현장에서도 바로 볼 수 있도록 개선하였음
- 적조가 이동하는 particle을 3단계로 나눠서 1시간 간격으로 해류에 따라 움직이도록 개선하였음

○ 3차년도 만족도 조사 결과를 통한 향후 방향 제시

- 3차년도에는 웹기반 가시화 체계를 구축하였으며, 실시간 관측과 예측을 나눠서 전시하였음. 또한 재현 확인을 위하여 자료 조회 기능을 통해 해류 또는 이동 확산 정보를 1시간 간격으로 play / stop 할 수 있도록 개선하였음
- KIOST, 국립수산물연구원 (본원, 남해수산연구소, 남동해수산연구소), 경상남도 수산자원연구소, 각 지자체 (통영, 여수, 거제시청) 등 보다 더 많은 사람들이 볼 수 있도록 공유하였으며, 개발한 해당 시스템이 유용하게 쓰일 것으로 판단됨
- 현재 개발한 웹기반 적조 가시화 체계를 앱으로도 개발할 필요가 있음. 또한 적조 생물의 특성 연구에도 지속적으로 연구가 수행되어야 할 필요성이 있음
- 대표적인 몇몇 정점에서 수온 뿐만 아니라 DO, pH, 염분, 클로로필 값도 함께 획득하여 FTP 서버에 자료를 공유하였음. 또한 음향 강도를 개체 수 정보로 환산하여 제공하는 방향으로 개선할 필요성이 있음
- 웹 기반 및 앱 기반 가시화 체계의 제공 뿐만 아니라 적조 속보 자료 처럼 서면으로도 제공할 수 있을 것으로 판단됨
- 국가적인 측면에서 적조 탐지 및 예측 시스템을 적극 도입하여 대국민 서비스에 직접적인 기여가 필요함

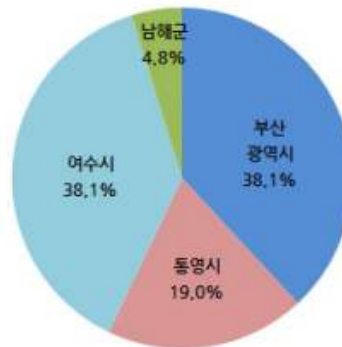
가. 2018년 만족도 조사 (2018년 12월)

(1) 표본 특성 및 만족도 점수 산출 방법

- 이용자는 연구원이 61.9%(n=13), 어민이 38.1%(n=8)로 나타남
- 거주 해역은 부산광역시와 여수시가 각각 38.1%(n=8), 통영시 19%(n=4), 남해군 4.8%(n=1)로 나타남



[그림 1] 이용자 구분



[그림 2] 거주 해역

■ 표본특성 분석결과 ■

구 분		빈도(명)	비율(%)
이용자 구분	연구원	13	61.9
	어민	8	38.1
거주 해역	부산광역시	8	38.1
	통영시	4	19.0
	여수시	8	38.1
	남해군	1	4.8
전 체		21	100

- 5점 척도인 항목의 경우, 매우 부정은 0점, 부정은 25점, 보통은 50점, 긍정은 75점, 매우 긍정은 100점으로 환산함



- 4점 척도인 항목의 경우, 매우 부족 0점, 부족 33.3점, 차이 없음 66.7점, 충분한 수준은 100점으로 환산함



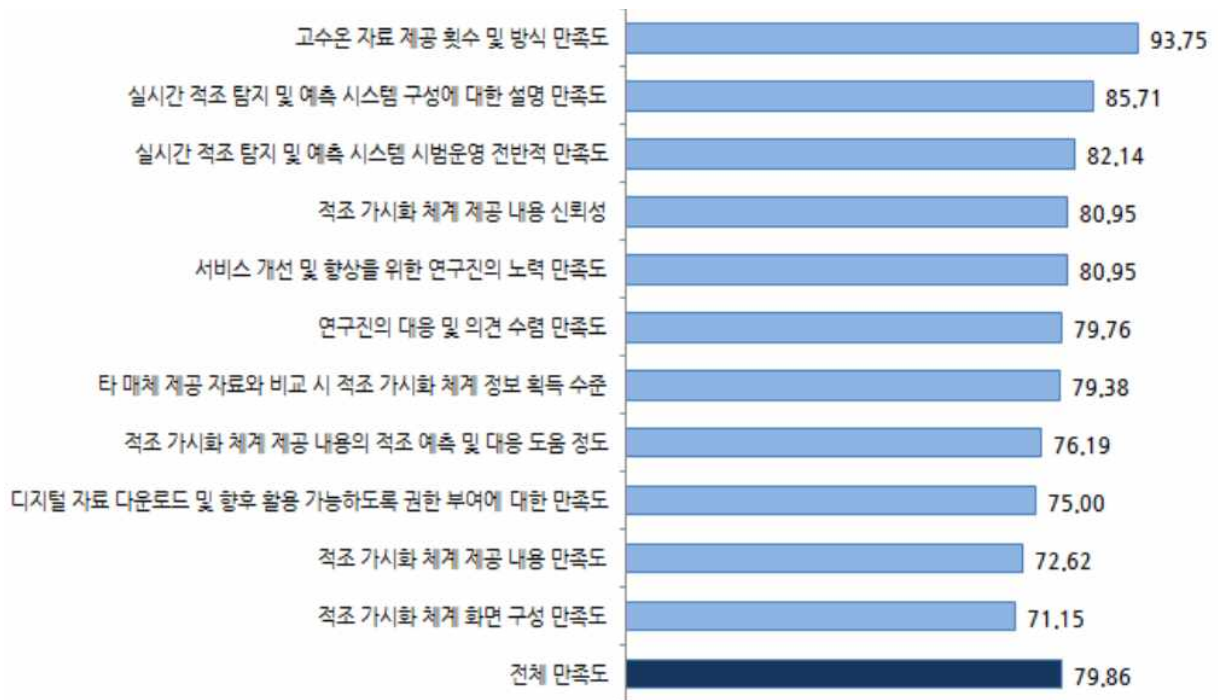
## (2) 조사 결과 요약

### ■ 인지도 및 이용 현황

- 적조 가시화체계에 대한 인지도는 매우 잘 안다 47.6%, 대략적으로 안다 33.3%, 들어는 봤다 19%로 나타나 인지도는 확보되어 있는 것으로 나타남
- 연구원들은 하계에 적조 가시화 체계 모니터링을 주당 평균 3회 하는 것으로 나타남

### ■ 유해 적조 정보 제공 서비스 만족도

- 유해 적조 정보 제공 서비스 만족도는 79.86점으로 만족하는 수준임. 타 매체에서 제공하는 적조 발생 정보의 주기 및 방식에 대한 만족도는 68.75점으로 유해 적조 정보 제공 서비스에 대한 만족도가 상대적으로 높음



- 유해 적조 정보 제공 서비스 만족도를 구성하고 있는 항목별 분석결과, 11항목 모두 평점 70점 이상으로 만족하는 수준인 것으로 나타남. 특히 고수온 자료 제공 횟수 및 방식 만족도(93.75점), 실시간 적조 탐지 및 예측 시스템 구성에 대한 설명 만족도(85.71점)는 매우 만족하는 수준으로 타 항목 대비 만족도가 상대적으로 높고, 적조 가시화 체계 제공 내용 만족도(72.62점), 적조 가시화 체계 화면 구성 만족도(71.15점)는 상대적으로 낮음



## ■ 향후 추진방향

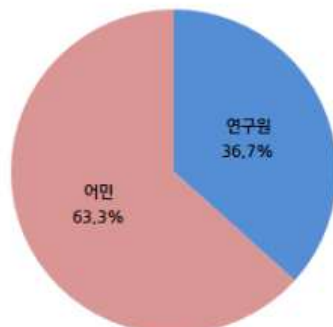
- 현재 시범운영 중인 적조 실시간 탐지 체계 구축 및 가시화 체계 서비스를 지속적으로 운영할 필요성에 대해 매우 필요함 47.6%, 필요함 52.4%로 응답자 모두가 필요하다고 인식하고 있음
- 적조 가시화 체계가 구축될 경우, 희망 장소로는 양식장 43.5%, 어촌계 34.8%, 연구소 21.7% 순으로 나타남
- 적조 발생 정보를 제공 받아 대응하기 위해 필요한 최소한의 시간은 24시간 37.5%, 48시간 25%로 나타났고, 기타 응답으로는 12시간 12.5%, 2시간 12.5%, 빠르면 빠를수록 좋음 12.5%가 있었음

구 분	건의 및 제안
연구원	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2019년도에도 계속 진행해서 좋은 정보를 제공 바람</li> <li>○ 가시화 영역의 보강이 필요함. 점으로 움직이는 것은 이동만을 나타내는 것으로 확산되는 것이 미흡함. 해류와 여러 정보가 한 번에 빠른 속도로 제공 되어 혼란 야기함. 재현에 필요한 일정한 속도 필요함</li> <li>○ 문자 보다는 현장에 기기설치를 많이 해서 바로바로 알 수 있게 했으면 함</li> <li>○ 보다 정확한 적조 정보서비스 제공 및 위험 수위를 알 수 있는 단계별 알림체계 필요</li> <li>○ 자료 제공시 누적된 위성 자료도 같이 병행되면 좋겠다. 관리가 어려운 측면도 있겠으나 지금 제공되는 서비스가 유해적조 뿐만 아니라 양식생물에 영향을 미칠 수 있는 빈 산소, 저수온, 고수온 등도 향후 고려되면 양식 생물을 관리하는 산학연에 도움이 많이 될 것으로 판단됨</li> <li>○ 적조 현상을 현장에서 바로바로 볼 수 있게 모니터링 바람</li> <li>○ 적조가 이동하는 가시화 보기가 불편하고 화면구성이나 자료는 매우 만족함. 내년에도 기회가 된다면 또 사용할 예정임</li> <li>○ 휴대폰으로 실시간 업로드하는 시스템이 매우 불편함. 현장에서는 적용하기 어려움</li> </ul>

나. 2019년 만족도 조사 (2019년 12월)

(1) 표본 특성 및 만족도 점수 산출 방법

- 본 조사에 참여한 응답자의 특성은 다음과 같다.
- 이용자는 연구원이 36.7%(n=11), 어민이 63.3%(n=19)로 나타남
- 거주 해역은 여수시가 53.3%(n=16), 통영시 20%(n=6), 부산광역시 16.7%(n=5), 거제시 6.7%(n=2), 남해군 3.3%(n=1)로 나타남



[그림 1] 이용자 구분



[그림 2] 거주 해역

■ 표본특성 분석결과 ■

구 분		빈도(명)	비율(%)
이용자 구분	연구원	11	36.7
	어민	19	63.3
거주 해역	부산광역시	5	16.7
	통영시	6	20.0
	여수시	16	53.3
	거제시	2	6.7
	남해군	1	3.3
전 체		30	100

- 5점 척도인 항목의 경우, 매우 부정은 0점, 부정은 25점, 보통은 50점, 긍정은 75점, 매우 긍정은 100점으로 환산함



- 4점 척도인 항목의 경우, 매우 부족 0점, 부족 33.3점, 차이 없음 66.7점, 충분한 수준은 100점으로 환산함



## (2) 조사 결과 요약

### ■ 인지도 및 이용 현황

- 적조 가시화체계에 대한 인지도는 매우 잘 안다 43.3%, 대략적으로 안다 43.3%, 들어는 봤다 10%, 전혀 모른다 3.3%로 나타나 인지도는 96.7%로 나타남
- 연구원들은 하계에 적조 가시화 체계 모니터링을 주당 평균 3.27회 하는 것으로 나타남

### ■ 유해 적조 제공 서비스 만족도

- 2019년 유해 적조 정보 제공 서비스 만족도는 79.82점으로 만족하는 수준이고, 2018년(79.86점) 대비 0.04점 하락함. 타 매체에서 제공하는 적조 발생 정보의 주기 및 방식에 대한 만족도는 60.53점으로 유해 적조 정보 제공 서비스에 대한 만족도가 상대적으로 높음



- 유해 적조 정보 제공 서비스 만족도를 구성하고 있는 항목별 분석결과, 11개 항목 모두 평점 65점 이상으로 만족하는 수준인 것으로 나타남. 특히 타 매체 제공 자료와 비교 시 적조 가시화 체계 정보 획득 수준(91.12점), 고수온 자료 제공 횟수 및 방식 만족도(89.47점)는 매우 만족하는 수준으로 타 항목 대비 만족도가 상대적으로 높고, 적조 가시화 체계 화면 구성 만족도(68.18점), 디지털 자료 다운로드



---

및 향후 활용 가능하도록 권한 부여에 대한 만족도(68.18점)는 상대적으로 낮음

- 2018년 대비 추이 분석결과, 타 매체 제공 자료와 비교 시 적조 가시화 체계 정보 획득 수준(11.74점), 적조 가시화 체계 제공 내용의 적조 예측 및 대응 도움 정도(2.98점), 적조 가시화 체계 제공 내용 만족도(2.38점)는 상승함
- 반면, 적조 가시화 체계 제공 내용 신뢰성(1.78점), 서비스 개선 및 향상을 위한 연구진의 노력 만족도(1.78점), 적조 가시화 체계 화면 구성 만족도(2.97점), 연구진의 대응 및 의견 수렴 만족도(3.09점), 실시간 적조 탐지 및 예측 시스템 시범운영 전반적 만족도(3.81점), 고수온 자료 제공 횟수 및 방식 만족도(4.28점), 디지털 자료 다운로드 및 향후 활용 가능하도록 권한 부여에 대한 만족도(6.82점), 실시간 적조 탐지 및 예측 시스템 구성에 대한 설명 만족도(7.38점)는 하락함

## ■ 향후 추진방향

- 현재 시범운영 중인 적조 실시간 탐지 체계 구축 및 가시화 체계 서비스를 지속적으로 운영할 필요성에 대해 매우 필요함 66.7%, 필요함 30%, 필요하지 않음 3.3%로 응답자의 96.7%가 필요하다고 인식하고 있음
- 적조 가시화 체계가 구축될 경우, 희망 장소로는 양식장 51.5%, 연구소 24.2%, 어촌계 24.2% 순으로 나타남
- 적조 발생 정보를 제공 받아 대응하기 위해 필요한 최소한의 시간은 48시간 47.4%, 24시간 42.1%, 72시간 5.3%로 나타났고, 기타 응답으로는 12시간 5.3%가 있었음

구분	건의 및 제안
연구원	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 많은 사람들이 찾아보고 공유할 수 있도록 했으면 좋겠음</li> <li>○ 위성자료 등 주변 해역을 볼 수 있는 범위가 좀 더 넓으면 좋겠음. 올해 적조가 외해에 주로 분포한 부분이 있어 남쪽으로 좀 더 넓히면 좋겠음</li> <li>○ 정확도를 현재보다 더 개선할 필요가 있음. 양식장 등 관계당사자들이 쉽게 정보에 접근할 수 있는 인터페이스(웹/모바일/문자 등) 필요함. 적조생물의 특성 등에 대해서는 아직 연구가 많이 부족하므로 지속적인 연구개발 지원이 중요</li> <li>○ 지속적인 관찰 및 자료 제공 필요</li> </ul>
어민	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 산소 밀도 측정자료 요망</li> <li>○ 서면으로 정보를 제공받을 수 있으면 더 좋겠음</li> <li>○ 수온 이외에 다양한 정보 제공 필요</li> <li>○ 용존 산소 자료도 제공되면 좋겠음. 매일 규칙적으로 개체수 정보 등 제공이 필요</li> <li>○ 적조 관측 개체수라든지 상세한 정보제공이 필요함(DO, 수온, 개체수 정보). 앱을 이용한 정보제공 필요</li> <li>○ 전체 어민들에게 홍보가 잘 될 수 있게 해주기 바람</li> <li>○ 황토 말고 다른 물질이 있다면 시험하여 보기 바람</li> </ul>

## 제5절 과제 수행 관련 대외 기관 업무 협의

### 1. 과제 수행 관련 대외 기관과의 중요 업무 협의

○ 과제 수행 중 협의 기관

- 정부 기관 및 연구소 : 해양수산부, 국립수산물과학원 (본원, 남해연구소, 남동해연구소)
- 사업 관리 기관 : KIMST
- 대학 : 부경대, 전남대, 호서대
- 지자체 : 통영시, 여수시, 거제시
- 산업체 : LIG넥스원, (주)AWT
- 어민 : 전라남도 여수시 남면 화태도 어촌계 등
- 학회발표 관련기관 : 한국해양학회, PICES 등

○ 총 22회에 걸친 과제 관련 업무 협의 진행

일시	회의명 / 장소	주요 회의 내용	외부 기관 참석자
2017. 05. 19-20.	- 회의명: 과제착수회의 - 장소 : KIOST 통영해양과학기지	- '17년 과제 수행 내용 설명 - KIOST - 수과원 자료 공유 - 자료 표준화 - 예측 정확도 기준 논의 - 본 사업의 만족도 조사 등	(해수부) 송진영 사무관 (수과원) 임월애 연구관 (KIMST) 한성원 연구원
2017. 06. 12.	- 회의명: 적조 자료 활용 실무자 회의 - 장소 : 국립수산물과학원	- KIOST, NIFS 적조 자료 현황 논의 - 자료 공유 방법 논의	(수과원) 임월애, 한인성, 나선희, 김명창 (KIMST) 한성원 연구원 정준형 연구원
2017. 07. 25.	- 회의명: 해양 IT공학을 이용한 수중 생물 탐지 체계 확대 협의 - 장소 : KIOST 회의실	- IT 기반 적조 음향 시스템 현 장 적용 자료전송 방법 협의 - 연안 센서망 구축을 위한 IT 기법 상호 협력 논의	(호서대) 박주삼, 송재열, 조용갑 교수
2017. 10. 11.	- 회의명: 수산실용화기술 개발사업(2017) 현장 컨설팅 - 장소 : 부경대학교	- 과제 현장 컨설팅 내용 - 적조 탐지시스템의 정점 조정 검토 필요 - 기관간 시스템 공유 방안	(수과원) 임월애 연구관 (KIMST) 최희선 연구원
2017. 10. 30.	- 회의명: 적조실증화 전 문가 초청 및 세미나 - 장소 : KIOST 남해연구소	- 적조 조기에보를 위한 모니터 링 시스템 개발 - 남해 서부해역 유해적조생물 모니터링 현황 및 성과	(수과원) 박태규 연구사 (수과원) 손문호 연구사



2017. 11. 20	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 회의명: ILS 개념과 적조 시스템 통합 관리</li> <li>- 장소 : 안산시 사동</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ILS 개념 소개</li> <li>- 적조 실증화 과제 활용 장비에 대한 ILS 적용 방법</li> </ul>	(LIG넥스원) 이기원 수석 (기술자문)
2017. 12. 06	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 회의명: 중간평가 위원 지적 사항 검토 논의</li> <li>- 장소 : KIOST 회의실</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 음향탐지 시스템 설치 수심 가변 검토</li> <li>- 향후 시스템 구성시 하드웨어 구축 협의</li> <li>- 자료 융합, 가시화 설계 반영</li> </ul>	(주) AWT 윤성용 대표
2017. 12. 22	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 회의명: 적조예측모델 워크샵</li> <li>- 장소 : 국립수산과학원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수과원, 기상청, KIOST 등 적조 예측모델 연구기관간 연구 내용 소개 및 협업 토의</li> </ul>	(수과원) 임월에 연구관 외
2018. 05. 03	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 회의명: 적조 예측 정확도 지표 설정 및 과제 발전방안 협의</li> <li>- 장소 : KIOST 회의실</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2차년도 과제 발전 방안</li> <li>- KIOST와 국립수산과학원 적조 자료 공동 활용</li> <li>- 고수온 자료 양 기관 공동 활용 제안 등</li> <li>- 적조 예측 지표 설정(과제 성과 지표) 협의</li> </ul>	(수과원) 임월에 연구관
2018. 05. 08	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 회의명: 여수(고흥) 해양역 실시간 적조 탐지, 고수온 관측 정점 및 자료 공동 활용 협의</li> <li>- 장소 : 국립수산과학원 남해수산연구소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2차년도 과제 설명 및 자료 공유 협의</li> <li>- 실시간 적조 탐지 및 고수온 측정 장비 설치 위치 협의</li> </ul>	(수과원) 서영상 과장 김평중 연구관 손문호 연구사
2018. 05. 28	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 회의명: 적조 및 해양환경 정보 공유 및 가시화 활용 협의</li> <li>- 장소 : 국립수산과학원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- KIOST 생성 적조 자료 분류 설명, 서버 공동 활용 및 가시화 결과 공유 체계 활용</li> <li>- NIFS의 적조 속보 및 적조 통보서의 KIOST 활용</li> </ul>	(수과원) 이준수, 나선희, 김명창
2018. 06. 14	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 회의명: '18년 연구계획 및 진행 사항 토의</li> <li>- 장소 : 부산역</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- '18년 연구 계획 및 진행 사항 토의</li> <li>- 적조 탐지를 위한 광역 및 실증화 구역 설명</li> <li>- 가시화 체계 시범 운용 (해수부, 수과원 등)</li> <li>- 실증화 과제 종료 후 추후 활용 방법 논의 (부처, 수과원, KIOST 논의 필요)</li> </ul>	(해수부) 유성봉 사무관

2018. 06. 19	- 회의명: 적조예측모델 워크숍 - 장소 : 국립수산과학원	- 수과원, 기상청, KIOST 등 적조 예측모델 연구기관간 연구 내용 소개 및 협업 토의	(수과원) 임월에 연구관 외
2018. 07. 24	- 회의명: 무인 수상정을 이용한 적조탐지 해상시험 방법 협의 - 장소 : KIOST 통영해상과학기지	- 무인 수상정을 이용한 적조탐지 해상 시험 방법 협의 - 설치 방법 - 무인 수상정 원격 제어 통신 체크 방법 - 적조 탐지 및 환경 센서 설치 및 운용 방법	(LIG넥스원) 방한성, 유지훈, 박재홍, 원병제, 진택성, 이준식
2018. 08. 24	- 회의명: 적조 탐지 장비 현장 재설치 점검, 18년 적조 상황 협의 - 장소 : 여수시 화태도 어촌계	- 태풍 이후 적조 탐지 장비 현장 재설치 점검 및 18년 적조 상황 협의 - 화태도 어촌계장 및 양식업자 의견 수렴	(화태도어촌계장) 박민호 외
2018. 10. 04	- 회의명: 현장점검회의 - 장소 : KIOST 회의실	- 당해연도 계획 대비 정량적 성과 목표 실적 현황 등	(KIMST) 조은별 연구원 외 점검위원
2019. 05. 17	- 회의명: '19. 해양학회 특별세션 - 장소 : 제주도 서귀포 ICC	1. 실시간 적조탐지, 예측 시스템 구축 기술 소개 2. Field application and validity of a red-tide acoustic sensing system (RASS) for monitoring and alerting of harmful algal blooms (HABs) in fish cage farm 3. 천리안 해양위성을 이용한 남해 적조 탐지 연구 4. 남해안 현장관측 및 위성자료를 활용한 연안 순환예측 모델의 검증 5. 해양기상자료와 심층신경망을 활용한 적조 발생 예측 적조 예측 모형의 오차 분석 기법의 비교	(한국해양학회) 회원 질의 & 제안
2019. 06. 25	- 회의명: 적조 자료 공동 활용을 위한 지자체 협의 - 장소 : 거제 시청	- 실시간 적조탐지·예측 시스템 소개 - 실시간 적조탐지·예측 시스템 자료 공유 방안 협의	(거제시청) 양식산업담당 주성조, 김은석

2019. 06. 25	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 회의명: 적조 자료 공동 활용을 위한 지자체 협의</li> <li>- 장소 : 통영시청</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실시간 적조탐지·예측 시스템 소개</li> <li>- 실시간 적조탐지·예측 시스템 자료 공유 방안 협의</li> </ul>	(통영시청) 어업진흥과 김광수
2019. 06. 26	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 회의명: 적조 자료 공동 활용을 위한 지자체 협의</li> <li>- 장소 : 여수시청</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실시간 적조탐지·예측 시스템 소개</li> <li>- 실시간 적조탐지·예측 시스템 자료 공유 방안 협의</li> </ul>	(여수시청) 어장보전팀장 김장환, 이희철
2019. 12. 23	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 회의명: 적조 이동 예측 정확도 평가 회의</li> <li>- 장소 : KIOST 회의실</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실시간 적조탐지·예측 시스템 개발의 세부 성과 지표인 예측 정확도 평가 방법 및 결과 토의</li> </ul>	(수과원) 임월에 연구관 (수과원) 손문호 연구사
2020. 01. 29	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 회의명: 적조 발생 및 이동 예측 모델의 정확도 평가 협의 및 의견 수렴</li> <li>- 장소 : KIOST 회의실</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실시간 적조탐지·예측 시스템 개발의 세부 성과 지표인 예측 정확도(발생 및 이동 예측 모델) 평가 방법 및 결과 토의</li> <li>- 본 과제에서 수행하고 있는 정확도 평가 방법의 합리성 의견과 향후 정확도 개선 방향 제시</li> <li>- 수과원과 공동 활용 방안 제안 등</li> </ul>	(수과원) 이준수 연구사

# 제4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

## 제1절 목표 달성도

### 1. 정량적 성과목표 달성도

구분	성과목표	성과지표	세부 성과 지표	목표치	가중치 (%)	평가기준	달성 여부 (관련 페이지)	달성 근거 요약
최종 목표	실시간 적조탐지·예측 시스템	실시간 적조탐지·예측 시스템 개발	적조 예측 기간	3일	35	· 72시간 적조 예측 모델 운영 여부	달성 p167 - 190 p289 - 292	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 150 m 고해상도 해류 흐름장에 72시간 적조 이동 예측 모델 구현 및 운용 완료 (거제, 통영, 여수(고흥) 해역)</li> <li>- 실시간 적조 가시화 체계에 업로드 완료 및 운용 완료 (거제, 통영, 여수(고흥))</li> </ul>
			예측 자료 제공 시간 간격	3시간		· 적조 이동 모델 결과 업데이트 시간 간격	달성 p151 - 190	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고해상도 해류 모델 결과와 적조 이동 예측 결과를 1시간 간격으로 정보 제공 및 업데이트 완료 (거제, 통영, 여수(고흥) 해역)</li> </ul>
			탐지 시스템 정상 가동률	90%		· 시스템 운영 시작 및 종료시까지의 가동률	달성 p115 - 119	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1-3차년도 탐지 시스템 현장 설치 및 정상 운영 완료</li> <li>- 평균 95 % 이상 정상 가동률 유지</li> </ul>
			예측 정확도	70%		· 적조 이동 예측 정확도 (발생 유무, 도달 유무 등)	대부분 달성 p167 - 190	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 적조 이동 예측 모델 정확도는 하계 적조 시기 종료 후 측정 자료와 비교하여 정확도 수치 계산</li> <li>- 이동 예측 정확도 약 69.5 %로 예측 정확도 제시</li> </ul>
		실시간 적조탐지·예측 시스템 현장 적용	대표발생지역 거제 여수(고흥), 통영 등 연안 설치	3건	25	· 주요 적조 발생 해역 (통영, 여수(고흥), 거제) 연안에서의 현장 적용 여부	달성 p66 - 70 p72 - 111	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 통영 연안 1개 정점 (추도)에 부이형 체계로 설치하여 정상 운영 수행 완료 (1~3차년도)</li> <li>- 여수(고흥) 해역은 금오도 인근에 가두리 집중 지역으로 수과원 남해연구소와 협의하여 해상 가두리형으로 변경하여 정상 운영 완료</li> <li>- 거제 해역은 연안에 가두리 집중 지역으로 수과원 남해연구소와 협의하여 해상 가두리형으로 변경하여 정상 운영 완료</li> </ul>
			대표발생지역 거제 여수(고흥), 통영 등 양식장 설치	6건		· 주요 적조 발생해역 (통영, 여수(고흥), 거제) 양식장에서의 현장 적용 여부	달성 p72 - 111	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 통영 양식장 5개 정점 (KIOST 해상기지, 오비도, 연대도, 상노대도, 남해 미조) 설치 및 운용 완료 (1~3차년도)</li> <li>- 여수(고흥) 양식장 5개 정점 (금오도 장지, 금오도 송고, 화태도 독정, 개도, 대두라도) 설치 및 운용 완료 (1~3차년도)</li> <li>- 거제 양식장 4개 정점 (여구, 가배, 울포만, 저구만) 설치 및 운용 완료 (1~3차년도)</li> <li>- 고수온 무선 수온 측정 센서 9 곳 설치 및 운영 완료 (1~3차년도)</li> </ul>
		적조발생 가시화 체계 개발	실시간 적조 발생 모니터링용	1건	10	· 적조 발생 가시화 체계 개발 여부		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 적조 가시화 체계를 사용자 접속 편의를 위해 웹 기반으로 개발 및 운용 완료</li> </ul>

			가시화 체계 개발 및 운용			달성 p202 - 300	- 가시화 자료는 해양 기상 정보, 적조 음향 강도 정보, 해양 환경 (수온, 염분, 엽록소 등) 정보, GOCI 위성 정보, KOOS 해류 정보, 적조 이동 확산 예측 정보, 적조 발생 예측 정보, 수과원 적조 속보 등 실시간 및 예측 자료 가시화 전시 운용 완료
실시간 적조정보 및 예보 서비스 시스템 구축 및 서비스 시범개시	대국민 적조정보 및 예보서비스 시범 개시	어류 방류에 활용할 적조 생물 정보 제공 체계 운용	1건	30	어류 방류에 활용할 적조 생물 정보 제공 체계 운용 여부	달성 p320 - 323 p332 - 333	- 대국민 서비스 제공 대신 적조 관련 관리자에게 생물 정보 제공으로 변경 (2차년도) - 19년 7월 초부터 적조 정보 및 예보 서비스를 FTP 서버와 가시화 체계 시범 구축 및 운용 완료 - 연구기관에는 웹 기반으로 적조 정보 제공 가능한 웹 주소 제공, 장비 설치 해역 어민에 한해 고수온 정보 제공 완료
		적조 탐지·예측 시스템 유지 보수 메뉴얼	1건		적조 탐지·예측 시스템 유지 보수 메뉴얼 작성 여부	달성 p324 - 330	- 연차별로 장비 점검 및 유지 보수 후 각각의 개별 장비별로 유지 보수 일지 작성 완료 - 2차년도에 기 작성된 각 장비 일지를 토대로 당해연도에는 개별 장비, 센서부등 각각 파트별로 분류하여 장비 유지 방안 도출 완료
		사용자 만족도 조사	75점		정책기관, 수과원 등 관리자 등을 대상으로 한 만족도 조사 결과 제시	달성 p333 - 342	- 만족도 조사는 2차년도, 3차년도에 각각 웹 접속 및 문자 수신 어민 및 관리자등을 대상으로 설문 조사 실시 완료 (외부 리서치 전문 업체 의뢰) - 만족도 조사 점수 79.82점으로 제시
1차년도 · 17년	실시간 적조탐지·예측 시스템	적조 예측 기간	3일	35	72시간 적조 예측 모델 운영 여부 (통영 해역)	달성 p167 - 190 p289 - 292	- 150 m 해상도 KOOS 업그레이드로 72시간(3일) 모델 개발 완료 - KOOS 해류 모델에 적조 생물 모형 모델 접합 구조 완료
		예측 자료 제공 시간 간격	3시간		적조 이동 모델 결과 업데이트 시간 간격 (통영 해역)	달성 p151 - 190	- 1시간 간격으로 KOOS 모델 가시화 구성 완료 - KOOS 해류 모델에 적조 생물 모형 모델 접합 구조 완료
		탐지 시스템 정상 가동률	85%		시스템 운영 시작 및 종료시까지의 가동률 (통영 해역)	달성 p115 - 117	- '17년 7월 19일 탐지 시스템 현장 설치 후 9월 20일까지 정상 운영 완료. 95 % 정상 가동률
		예측 정확도 기준 설정	60%		적조 이동 예측 정확도 (통영 해역)	달성 p167 - 190	- 과제 착수 및 실무회의(해수부, 국립수산과학원)에서 모델 예측 정확도 기준 설정은 '17년 결과 분석 후 향후 재논의로 결정 - 예측 정확도 기준 설정 초안 완료
	실시간 적조탐지·예측 시스템 현장 적용	통영 연안 설치	1건	25	통영 연안에서의 현장 적용 여부	달성 p66 - 70 p72 - 111	- 연안 2개 정점 (추도, 연화도)에 부이형 체계로 설치하여 정상 운영
		통영 양식장 설치	2건		통영 양식장에서의 현장 적용 여부	달성 p72 - 111	- 양식장 4개 정점 (통영 MRC, 오비도, 연대도, 남해 미조)에 양식장 설치형 체계로 설치하

							<ul style="list-style-type: none"> <li>- 여 정상 운영</li> <li>- 고수온 무선 수온 측정 센서 6 곳 설치 및 운영</li> </ul>	
		적조발생 신고앱 개발	적조 발생 신고앱 설계	1건	10	· 적조 발생 신고앱 설계 여부	달성 p308 - 315	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 적조 현장 발생 파악 신고앱 설계 완료 (수과원 정보화 기술 사업과 연계하여 설계안 추후 협의 예정)</li> </ul>
	실시간 적조정보 및 예보 서비스 시스템 구축 및 서비스 시범개시	대국민 적조정보 및 예보서비스 시범 개시	대국민 적조 정보 및 예보 서비스 설계	1건	30	· 대국민 적조정보 및 예보 서비스 설계 여부	달성 p332 - 333	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 과제 착수 및 실무회의(해수부, 국립 수산과학원)에서 적조 예찰/예보/발령 등의 사항은 법령으로 국립수산과학원의 고유 업무임으로 국립수산과학원에서 진행하는 방향으로 검토 및 조정 의견</li> <li>- 보완책으로 당해 과제에서 생성되는 적조 정보를 원격 접속망 설계 및 시범 구축을 통해 국립수산과학원 적조상황실(8월 9일), 남동해연구소(8월 20일)에 접속 권한 부여 및 공동 활용 체계 구축 및 운영 완료</li> </ul>
			적조 탐지·예측 시스템 유지 보수 매뉴얼 초안	1건		· 적조 탐지·예측 시스템 유지 보수 매뉴얼 초안 작성 여부	달성 p324 - 330	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하계 시기 현장 운용 장비의 유지 보수 일지를 바탕으로 장비 운용 종료 후에 ILS 개념에 근거한 유지/보수 매뉴얼 초안 작성 완료</li> </ul>
사용자 만족도 조사	75점	· 어업인, 정책기관, 대 국민 등을 상대로 한 만족도 (필요성) 조사 결과 제시 (통영 해역)	달성 p333 - 342	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 과제 착수회의(해수부, 국립수산과학원)에서 적조 피해보상의 현안 문제 등을 고려하면 연구단계 자료를 어민에게 직접 제공하는 것은 재검토 필요 제기</li> <li>- 보완책으로 관리 사용자(지자체/관련 공무원/연구단체 등)를 대상으로 한 만족도 조사로 수행하는 것으로 변경</li> <li>- 17년 12월에 만족도 항목 도출 및 3개 기관(수과원 본원, 남동해연구소, 경남도수산연구소) 적조 관리자에게 설문 조사 실시 (리서치 업체 의뢰))</li> </ul>				
2차년도 · 18년	실시간 적조탐지·예측 시스템	실시간 적조탐지·예측 시스템 개발	적조 예측 기간	3일	35	· 72시간 적조 예측 모델 운영 여부 (통영, 여수(고흥) 해역 적용)	달성 p167 - 190 p289 - 292	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 150 m 고해상도 해류 흐름장에 72시간 적조 이동 예측 모델 구현 및 운용 완료 (통영, 여수(고흥) 해역)</li> <li>- 실시간 적조 가시화 체계에 업로드 완료 및 운용 완료 (통영, 여수(고흥))</li> </ul>
			예측 자료 제공 시간 간격	3시간		· 적조 이동 모델 결과 업데이트 시간 간격 (통영, 여수(고흥) 해역 적용)	달성 p151 - 190	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고해상도 해류 모델 결과와 적조 이동 예측 결과를 1시간 간격으로 정보 제공 및 업데이트 완료 (통영, 여수(고흥) 해역)</li> </ul>
			탐지 시스템 정상 가동률	90%		· 시스템 운영 시작 및 종료시까지의 가동률 (통영, 여수(고흥) 해역 적용)	달성 p115 - 118	<ul style="list-style-type: none"> <li>- '18년 7월 01일 탐지 시스템 현장 설치 후 9월 30일까지 정상 운영 완료</li> <li>- 태풍 기간 제외 시 99 % 정상 가동률 유지</li> </ul>
			예측 정확도	60%		· 적조 이동 예측 정확도 (발생 유무, 도달 유무)	달성 p167 - 190	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 과제 착수 및 실무회의(해수부, 국립 수산과학원)에서 모델 예측 정확도 기준 설정을</li> </ul>



실시간 적조정보 및 예보 서비스 시스템 구축 및 서비스 시범개시	실시간 적조탐지·예 측 시스템 현장 적용	대표발생지 역 거제 여수(고흥), 통영 등 연안 설치	1건	25	· 주요 적조 발생 해역 (통영, 여수 (고흥)) 연안에서 의 현장 적용 여 부	달성 p66 - 70 p72 - 111	· '18년에 결정 (4단계로 구분) - '18년 적조 발생 해역인 여수 (고흥) 해역에 대해 4단계로 정확도 평가시 78.7% 예측 정확도 제시 - 통영 연안 1개 정점에 부이형 체계로 설치하여 정상 운영 수행 완료 - 여수(고흥) 해역은 금오도 인 근에 가두리 집중 지역으로 수과원 남해연구소와 협의하 여 해상 가두리형으로 변경하 여 정상 운영 수행 완료
		대표발생지 역 거제 여수(고흥), 통영 등 양식장 설치	2건		· 주요 적조 발생 해역 (통영, 여수 (고흥)) 양식장에 서의 현장 적용 여부	달성 p72 - 111	- 통영 해역 7개 양식장 운용 (적조, 고수온, 기상 등) 완료 - 여수(고흥) 해역 8개 양식장 운용(적조, 고수온, 기상 등) 완료
		실시간 적조 발생 모니터링용 가시화 전송 체계 개발 및 운용	1건		10	· 적조 발생 가시화 전송 체계 개발 및 운용 여부	달성 p202 - 300
	대국민 적조정보 및 예보서비스 시범 개시	대국민 적조 정보 및 예보 서비스	1건	30	· 적조 관리자 대상 으로 한 적조 정 보 및 예보 서비 스 제공 여부	달성 p332 - 333	- 과제 착수 및 실무회의(해수 부, 국립 수산과학원)에서 적 조 예찰/예보/발령 등의 사항은 법령으로 국립수산과학 원 의 고유 업무임으로 국립수산 과학원에서 진행하는 방향으 로 검토 및 조정 완료 - 대국민 정보 제공에서 적조 법령 기관인 국립수산과학원 으로 정보 서비스 제공 - '18 하계 시기에 국립수산과학 원 본원, 남해수산연구소에 실시간 적조 모니터링 가시화 체계 설치 및 운영을 통한 정 보 서비스 완료 - 경남도 수산자원연구소는 가 시화 체계 운용 프로그램 제 공으로 서비스 활용 권한 부 여 완료
			적조 탐지·예측 시스템 유지 보수 매뉴얼 작성		1건	· 적조 탐지·예측 시스템 유지 보 수 매뉴얼 작성 여부	달성 p320 - 323 p324 - 330
		사용자 만족도 조사	75점		· 정책기관, 수과원 등 관리자를 상대 로 한 만족도(필 요성) 조사 결과 제시 (통영, 여수 (고흥))	달성 p333 - 337	- 1차년도 해수부, 수과원과 협 의 후 만족도 조사 대상을 민 간인에서 관리자(연구원) 및 장비 설치 어민에 한정하는 만족도 조사로 변경 - 리서치 업체(다운 리서치)를 통해 설문지 작성 완료 및 설문 조사 실시 완료, 결과 79.86점)

실시간 적조탐지·예 측 시스템	실시간 적조탐지·예 측 시스템 개발	적조 예측 기간	3일	35	· 72시간 적조 예측 모델 운영 여부 (통영, 여수(고흥), 거제 해역 적용)	달성 p167 - 190 p289 - 292	- 150 m 고해상도 해류 흐름장 에 72시간 적조 이동 예측 모 델 구현 및 운용 완료 (거제, 통영, 여수(고흥) 해역) - 실시간 적조 가시화 체계에 업로드 완료 및 운용 완료 (거제, 통영, 여수(고흥))	
		예측 자료 제공 시간 간격	3시간		· 적조 이동 모델 결과 업데이트 시 간 간격 (통영, 여수(고흥), 거제 해역 적용)	달성 p151 - 190	- 고해상도 해류 모델 결과와 적조 이동 예측 결과를 1시간 간격으로 정보 제공 및 업데 이트 완료 (거제, 통영, 여수 (고흥) 해역)	
		탐지 시스템 정상 가동률	90%		· 시스템 운영 시작 및 종료시까지의 가동률 (통영, 여 수(고흥), 거제 해역 적용)	달성 p115 - 119	- '19년 7월 03일부터 순차적으 로 관측 시스템 현장 설치 후 9월 30일까지 정상 운영 완료 - 평균 95 % 이상 정상 가동률 유지	
		예측 정확도	70%		· 적조 이동 예측 정확도 (발생 유 무, 도달 유무 등) (통영, 여수 (고흥), 거제 해역 적용)	대부분 달성 p167 - 190	- 적조 이동 예측 모델 정확도 는 하계 적조 시기 종료 후 측정 자료와 비교하여 정확도 수치 계산 - 현장 관측 자료 확보 및 모델 정확도 향상 완료	
	실시간 적조탐지·예 측 시스템 현장 적용	대표발생지 역 거제, 여수(고흥), 통영 등 연안 설치	1건	25	· 주요 적조 발생 해역 (통영, 여수 (고흥), 거제) 연 안에서의 현장 적 용 여부	달성 p66 - 70 p72 - 111	- 통영 연안 1개 정점에 부이형 체계로 설치하여 정상 운영 수행 완료 - 여수(고흥) 해역은 금오도 인 근에 가두리 집중 지역으로 수파원 남해연구소와 협의하 여 해상 가두리형으로 변경하 여 정상 운영 완료 - 거제 해역은 연안에 가두리 집중 지역으로 수파원 남해 연구소와 협의하여 해상 가 두리형으로 변경하여 정상 운영 완료	
		대표발생지 역 거제, 여수(고흥), 통영 등 양식장 설치	2건		· 주요 적조 발생해 역 (통영, 여수 (고흥), 거제) 양 식장에서의 현장 적용 여부	달성 p72 - 111	- 통영 양식장 5개 정점 (KIOST 해상기지, 오비도, 연대도, 상노대도, 남해 미 조) 설치 및 운용 완료 - 여수(고흥) 양식장 5개 정점 (금오도 장지, 금오도 송고, 화태도 독정, 개도, 대두라도) 설치 및 운용 완료 - 거제 양식장 4개 정점 (어구, 가배, 울포만, 저구만) 설치 및 운용 완료 - 고수온 무선 수온 측정 센서 9 곳 설치 및 운영 완료	
	적조발생 가시화 체계 개발	실시간 적조 발생 모니터링용 가시화 체계 개발 및 운용	1건	10	· 적조 발생 가시화 체계 개발 및 운 용 여부	달성 p202 - 300	- 적조 가시화 체계를 사용자 접속 편리를 위해 웹 기반으 로 개발 및 운용 완료 - 가시화 자료는 해양 기상 정 보, 적조 음향 강도 정보, 해 양 환경 (수온, 염분, 염류소 등) 정보, GOCI 위성 정보, KOOS 해류 정보, 적조 이동 확산 예측 정보, 적조 발생 예측 정보, 수파원 적조 속보 등 실시간 및 예측 자료 가시 화 전시 운용 완료	
	실시간 적조정보 및 예보 서비스	대국민 적조정보 및 예보서비스	대국민 적조 정보 및 예보 서비스	1건	30	· 적조 관리자를 대 상으로 한 적조 정보 및 예보 서 비스 제공 여부	달성 p320 - 323 p332 - 333	- 대국민 서비스 제공 대신 적 조 관련 관리자에게 정보 제 공으로 변경 (2차년도) - 19년 7월 초부터 적조 정보

시스템 구축 및 서비스 시범개시	시범 개시	적조 탐지·예측 시스템 유지 보수 매뉴얼 작성	1건	· 적조 탐지·예측 시스템 유지 보 수 매뉴얼 작성 여부	달성 p324 - 330	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 및 예보 서비스 FTP 서버와 가시화 체계 시범 구축 및 운 용 완료</li> <li>- 연구기관에는 웹 기반으로 적 조 정보 제공 가능한 웹 주소 제공, 장비 설치 해역 어민에 한해 고수온 정보 제공 완료</li> </ul>	
		사용자 만족도 조사	75점		· 정책기관, 수과원 등 관리자를 상대 로 한 만족도(필 요성) 조사 결과 제시 (통영, 여수 (고흥), 거제)	달성 p333 - 342	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 장비 점검 및 유지보수 후 각 각의 개별 장비별로 유지 보 수 일지 작성 완료</li> <li>- 2차년도에 기 작성된 각 장비 일지를 토대로 당해연도에는 개별 장비, 센서부등 각각 파 트별로 분류하여 장비 유지 방안 도출 완료</li> </ul>
							<ul style="list-style-type: none"> <li>- 만족도 조사는 웹 접속 및 문 자 수신 어민 및 관리자들에 대상으로 설문 조사 실시 완 료</li> <li>- 만족도 조사 점수 79.82점으로 제시</li> </ul>

## 2. 계량적 성과목표 달성도

구분	년도	성과목표	목표치 (건)	달성치 (건)
성과목표 합계	2017-2019	국내특허(출원/등록)	5/4	5/3
		국제특허(출원/등록)	0/0	0/0
		논문(SCI/비SCI)	5/4	7/8
		학회발표(국내/국외)	5/10	21/23
		인력양성(학사/석사/박사) <sup>1)</sup>	0/0/5	0/3/0
1차년도	2017	국내특허(출원/등록)	2/0	2/0
		국제특허(출원/등록)	0/0	0/0
		논문(SCI/비SCI)	1/0	1/0
		학회발표(국내/국외)	1/4	1/4
		인력양성(학사/석사/박사)	0/0/3	0/0/0
2차년도	2018	국내특허(출원/등록)	2/2	2/1
		국제특허(출원/등록)	0/0	0/0
		논문(SCI/비SCI)	2/2	4/4
		학회발표(국내/국외)	2/4	11/15
		인력양성(학사/석사/박사)	0/0/1	0/0/0
3차년도	2019	국내특허(출원/등록)	1/2	1/2
		국제특허(출원/등록)	0/0	0/0
		논문(SCI/비SCI)	2/2	2/4
		학회발표(국내/국외)	2/3	9/4
		인력양성(학사/석사/박사)	0/0/1	0/3/0

<sup>1)</sup>학위 수여는 학생이 속한 해당 대학교의 지도교수에게 권한이 있으므로 과제책임자의 인력양성 권한이 제한적이었음. 그러나, 본 과제를 통해 축적된 자료들을 이용하여 현재 박사학위과정 논문 작성이 진행되고 있는 상태임. 본 과제는 실용화과제로 결과의 추적평가 자료를 제출해야 함. 따라서 학위 과정 추적 및 관리를 통해 인력양성 결과를 제출하고자 함

### 3. 세부 연구개발 내용 및 달성

세부 연구개발 목표	세부 연구개발 내용 및 범위	달성 여부 (관련 페이지)	수행기관
실시간 적조 탐지·예측 시스템 구축 고도화	1. 해양기상 관측 통계를 이용한 예보를 위한 데이터 구축 (기온, 풍향, 일사량, 풍속 등)	달성 p40 - 42	주관 : 한국해양 과학기술원  위탁 : 부경대
	2. 통영/여수/거제 해역 유해적조 음향탐지 시스템을 이용한 실시간 적조 탐지 시스템 구축 및 운영	달성 p43 - 44	
	3. 원격탐사(RS) 기반 적조 발생 감시 기술 고도화 - 위성 기반 적조 주의보 및 경보 전파 기술 확립 - 초분광 센서 자료로부터의 반사도 스펙트럼 분석을 통한 종 분류 기술 고도화	달성 p45 - 51	
	4. GIS 기반 적조 예보 시스템 정확도 개선, 시스템 구축 - 적조 발생 상황과 비교 분석을 통한 적조 예보 시스템 검증 및 정확도 개선 - GIS 기반 적조 정보 시스템 구축	달성 p52 - 55	
	5. 적조 탐지 시스템 성능 검증 및 연동 6. Database 서버 이중화 구축 및 운용 7. 적조 자료 융합 및 표출 확장 및 보완 8. 관제 센터용 제어 통제 및 모니터링 체계 구축 9. Web 기반 모니터링 체계 구축	달성 p56 - 65	
실시간 적조 탐지·예측 시스템 현장 적용	1. 여수(고흥), 통영, 거제 연안 및 양식장 설치 및 운영 - 관측 센서 및 네트워크 운용 - 현장 설치 운영 (부이형/양식장용 관측 시스템) - 무인 수상정을 이용한 적조 탐지 시범 운용 - 적조 일주 수직이동 특성	달성 p66 - 119	주관 : 한국해양 과학기술원
	2. 여수(고흥), 통영, 거제 연안 적조 생물 정밀 모니터링 - 72시간 예측모형 정보 보정을 위한 적조 생물 정밀 모니터링 - 유해적조생물의 실시간 예측정보 보정을 위한 거제/여수(고흥)/통영 해역 광역 모니터링	달성 p120 - 146	
	3. 원격 탐사 (RS) 기반 적조 정보 시스템 - 초분광 센서 지상 관측소를 이용한 적조 발생 범위 및 농도 관측 - GOCI 적조 탐지/정량화 영상 제공 및 가시화 체계로 전송 - GOCI 클로로필 영상 자료를 적조 밀도 변환 정확도 향상 및 모델 활용 기반의 모듈 구현	달성 p147 - 150	
	4. 다중모델 앙상블 이동 예측 시스템 구축 및 운용 - 정밀 격자 72시간 3차원 예측 시스템 구축 - 다중 모델 앙상블 이동예측 시스템 운영	달성 p151 - 166	

(계속)	5. 실시간 이동 예측 및 적조 확산 모델 검증과 실험 적용	달성 p167 - 190	
	6. 유해 적조 생물의 신속 탐지기법 등을 활용한 실시간 예측 정보 보정 - 유전자 기반 적조 실시간 진단 Kit 적용 - 휴대용 적조 광학탐지 모듈 개발 및 현장 적용	달성 p191 - 200	
	7. 실시간 적조 탐지·예측 시스템 설치 및 시험 지원 (통영, 여수, 거제)	달성 p201	협동 : (주)시스코어
적조정보 및 예보서비스 시범개시	1. 적조 정보 서비스 시스템 시범 구축 및 운영 - 데이터 공유를 위한 OpenAPI 서비스 제공	달성 p202 - 323	협동 : (주)시스코어
	2. 적조 정보 시스템 운영 및 기술 지원	달성 p323	
적조정보 및 예보 서비스를 활용한 후속 적조 대응 방안	1. 장비 유지 보수 방안 제시	달성 p324 - 332	주관 : 한국해양 과학기술원
	2. 어류 방류 관련 적조 생물 정보 제공	달성 p332 - 333	
	3. 유관기관 대상 적조 서비스 만족도 조사	달성 p333 - 342	

#### 4. 최종 연구 결과물 및 유지 방안

분 야	최종 결과물 (Final product)	유지 (Maintenance)	비 고
해양 기상 관측 시스템	해양 기상 관측 시스템 및 자료 DB 확보	· 통영 시스템 계속 운용 · 여수 시스템 백업 장비	통영 해양기상 자료 계속 관측
적조 음향 탐지 시스템	실시간 적조 음향 탐지 시스템 및 자료 확보	· 통영 해상에 하계 운영 · 기타 장비 백업	통영 해역 하계 관측
수온 관측 시스템	실시간 수온 탐지 시스템 수온 DB 확보	· 통영 해상에 하계 운영 · 기타 장비 백업	통영 해역 하계 관측
적조 발생 예측 모델	적조 발생 확률 모델 확보	· Source code 백업 (PC 기반)	모델 입력 변수 제공시 결과 활용 가능
적조 이동 예측 모델	적조 이동 예측 모델 확보	· Source code 백업 (PC 기반)	NFRDI 적조 속보 정보 입력시 활용 가능 (netCDF)
고해상도 해류 모델	150 m 해상도 해류 모델 확보 (통영-거제, 여수 해역)	· Source code 백업 (서버 기반)	KIOST KOOS 시스템과 연계
해양 위성	남해 광역/실증화 해역의 일 8회 GOCI 위성 자료 DB	· KIOST 위성 센터에서 유지	KIOST 위성센터 시스템과 연계
적조 모니터링 자료	실증화 해역의 적조 개체수	· DB 백업	KIOST 남해연구소 해양시료

	및 환경 자료 DB		도서관과 연계
유전자 kit	적조 발생 초기 탐색용 유전자 kit 확보	· kit 장비 보수 및 백업 유지	KIOST 남해연구소 해양시료 도서관과 연계
휴대용 적조 광학 탐지	휴대용 적조 광학탐지 장치 확보	· 장비 보수 후 백업 유지	KIOST 본원
적조 가시화 체계	적조 정보 통합 및 가시화 시스템 확보	· Web 기반 체계 백업 관리 · Source code 백업 (서버 기반)	협동 기관 관리
적조 신고 앱	실시간 적조 신고 앱 확보	· 안드로이드 기반 Source code 백업	협동 기관 관리
고수온 자료 SMS 정보	일 2회 고수온 자료 문자 전송 체계	· 핸드폰 SMS 문자 발송 시스템 Source code 백업	협동 기관 관리

## 제2절 관련 분야 기여도 및 활용성

### 1. 실시간 적조 탐지 시스템 구축 및 실측 적용 기술 분야

- 적조 다발생 대표 해역의 어민 가두리 양식장 해역을 대상으로 적조 탐지 시스템 적용을 통한 하계 시기 현장 장비 활용으로 실시간 적조 탐지 변동성 파악
- 실시간 현장 기반 적조 탐지를 위해 음향탐지 시스템, 유전자 탐색 장비, 광학 기법, 위성 자료 등을 활용하여 선박 기반의 현장 조사가 가지는 제한 요소를 해결하기 위한 다양한 탐지 기술 적용
- 적조 탐지를 위해 하나의 고정적인 방법이 아닌 활용 가능한 다양한 과학적 방법의 적용을 통해 적조 탐지의 정확도 및 신속성을 증대시키는 기술 개발에 기여
- 저비용, 고효율, 무인 측정의 장점이 있는 적조 음향탐지 시스템을 복수의 정점에서 구축하면 적조 다발생 해역인 남해 전역에서 적조를 실시간 24시간 연속 관측할 수 있는 구축 기술 적용
- 구축된 적조 탐지 시스템은 사업 종료 후에도 지속적으로 운영할 필요성이 있음. 또한 적조 다발 해역 중 미적용 해역에 대한 추가적인 실증화 연구가 진행되어 남해안 전역에 대한 하계 시기 실시간 적조 정보 관측 및 정보 제공 체계 구축이 필요함
- 유전자 기반 적조 생물 진단 Kit을 이용한 결과는 초기 적조 (10cells/mL) 발생 시 검출할 수 있는 결과를 확보하였으며, 본 기술은 *Cochlodinium polykrikoides* 특이적 검출할 수 있는 유전자 정보를 개발하여 특허 등록을 완료하였음. 본 기술을 통해 대량 생산할 수 있는 개발 업체를 확보하였으므로 상시 유지 및 생산이 가능함

### 2. 실시간 적조 이동 및 확산 예측 적용 기술 분야

- 현장 관측 기반의 적조 자료를 이용하여 적조 이동 및 확산 예측 정보는 양식장 어민 피해와 직결되는 중요한 문제로 고해상도 해류 모델 및 생물 모형의 결합이 필수적임



- 본 과제에서 실증화 구역에 대해 구축한 고해상도 해류 모델 (150 m 격자망)은 국내 연안 해류 모델 가운데 가장 해상도가 높은 모델이며, 물리 입자 모델과는 달리 적조 생물의 생태학 특성을 고려한 확산 및 소멸 기작을 적용한 생물 모형이 결합된 모델을 적용하였음
- 적조 예측을 위한 음향탐지 시스템, 해류 모델, 이동확산 모델을 결합하여 실시간 적조 탐지 자료와 국립수산과학원의 적조 속보 자료를 입력 변수로 하여 기 구축한 이동 및 확산 예측 기술을 고해상도로 적용하여 어민 양식장을 중심으로 적조 이동 및 확산을 예측하는 부분에 기여

### 3. ICT 기반 적조 정보 통합 기술 분야

- 해양 ICT 기술 분야에서 실시간 자료 생성은 수온, 염분, 기상 등 물리 자료에 주로 적용하지만 해양생물 관련 자료는 통합이 부족함. 본 연구에서는 적조 관련하여 생성되는 모든 자료들을 ICT 기반으로 LoRa 통신을 이용하여 자료 전송 체계를 구축함
- LoRa 통신망 기술을 적용하여 각 구축 장비 별로 월 1,000원 미만의 초저가 통신망 기술을 적용, 적조 자료 원격 통합 기술에 적용하여 향후 관련 기술 구축에 기여

### 4. 웹기반 적조 정보 가시화 기술 분야

- 획득 자료를 실시간 통합 적조 탐지 및 예측 시스템에 지도 기반 및 시계열 자료로 전시되어 한 눈에 볼 수 있도록 웹기반의 통합 적조 정보 가시화 체계를 개발하였음
- 대용량 적조 탐지 및 이동 예측 모델 자료의 사용자 접속은 속도 및 편의성이 중요한 요소이므로 본 과제에서는 웹 기반 기술을 적용하여 관리자의 승인 방법으로 사용자의 정보 접속 편의성을 구현함
- 정보의 시각화 혹은 가시화는 정보의 이해 및 해석 측면에서 중요한 요소이므로 본 과제에서 구축한 가시화 체계는 측정 및 모델 연산 자료들을 메뉴 기반 방법으로 실시간 가시화 체계를 구현하여 대용량 해양생물 자료의 정보 제공 기술에 웹기반 방법 표출에 기여

### 5. 국립수산과학원 적조 속보 자료 연동 기술 분야

- 국립수산과학원 적조 속보 자료를 OpenAPI를 통해 속보 자료 생성과 동시에 적조 이동 및 확산 예측 모델의 광역 입력 변수로 적용 가능한 기술 구축
- 해당 기술은 각 지자체가 수집한 위치기반 자료를 활용하므로 이전의 공간 정확도 가지는 적조 이동 예측의 부정확성을 개선하는 기술로 활용 가능함

### 6. 실시간 대어민 및 관리자 정보제공 구축 기술 분야

- 적조 다발생 양식장 어민 및 해당 지자체(혹은 중앙정부) 관리자들은 적조 관련 시기에 빠르며, 정확한 상황 판단을 위해 실해역 자료를 요구하고 있음. 적조 시기의 개체수와 고수온 자료는 양식장 피해와 연결되어 있으므로 양식장 어민과 관리자들에게 빠른 정보 제공 체계 구축이 요구됨

- 본 과제에서 개발한 자료 관측, 모델, 자료 전송 및 가시화 체계 등의 방법 가운데 전체 자료 혹은 선별적인 자료를 대상으로 해당 어민 혹은 관리자에게 직접 정보 제공 (사무실 기반 가시화 체계 구축, 개인의 스마트폰 앱과 문자 전송 등)을 위한 기술 적용에 기여
- FTP 서버를 통해 적조 자료를 관리자에게 실시간 정보 제공 구축 기술을 개발

## 7. 무인체 기반 적조 탐지 기술 분야

- 무인체 기반 해양 연구 및 적용 연구는 세계적인 추세이며 ICT 기반에서는 실현 가능한 기술임
- 본 연구 과제에서 시범 진행한 무인체 기반 적조 탐지 기술은 향후 연근해 해양생태계 모니터링 및 적조 탐지 체계 확장의 기술 적용에 기여

## 8. 향후 실시간 적조 생태 등 해양생물 공간 모니터링 체계 구축 분야

- 국립수산물품질관리원 적조 상황실의 적조 관리체계와 연동된 R&D 기술 확장 및 현장 적용에 기여
- 해파리 등 해양 재해생물 관리, 고수온 및 저수온 관리 모니터링 체계 개발 연구에 직접적인 기여
- 향후 적조 정보를 실시간 앱 기반으로 다수의 연구자/결정자/어촌계/어업인 등 적조 관련자에게 모두 제공할 수 있도록 국립수산물품질관리원과의 협의를 통해서 기술 적용에 기여

## 9. 개발 결과물의 활용 방안

- 공공기관 분야 : 해양수산부 적조상황실과 연계된 적조 종합 정보 체계 활용이 가능하며, 이때 정보 제공 부분은 관측, 모델, 분석된 모든 적조 정보(적조 발생 예측, 적조 이동 및 확산, 고수온, 위성 클로로필, 적조 음향 개체수, 고해상도 해류, 현장 목시 관측 자료, 해상 기상, 유전자 kit 정보, 시계열 자료, 공간 분포 자료 등)가 포함된 전체 자료의 업로드 및 가시화 체계 구축을 통해 활용. 이때 적조 자료 수집, 분석 및 관리는 출연연이, 시스템 구축 및 운영은 전문업체가 수행함
- 지자체 분야 : 전남, 경남의 각 지자체의 어업생산과, 어업진흥과, 양식산업과 등 적조 관련 지자체의 상황실에 적조 관련 자료의 업로드 및 가시화 체계 구축을 통해 활용. 이때 정보의 선택은 사전 협의(해당 지자체에 해당하는 정보 위주로 제공)를 거쳐 web 기반으로 제공하는 체계로 활용
- 어민 : 적조 관련 정보 자료의 방대함을 고려하여 양식장 어민이 직관적으로 판단할 수 있는 자료 위주로 정보를 제공함. 적조는 양식수산물 재해보험 대상이므로 직접적인 정보 제공보다는 예측 정보 위주의 정보 제공을 통해 어민들이 피해 대비를 위한 대응책 수립을 위한 정보 제공(고수온, 적조 발생 예측, 고밀도 적조 이동 예측 등) 및 활용을 제안함. 자료 제공 방법은 대상 어민에 대한 SMS 문자, 어촌계 사무실에 정보 가시화 모니터 구축 등을 통해 제공 체계 구축을 기본으로 함.  
접근성 편리 및 다수의 어민들에게 정보를 제공하기 위하여 현재 개발된 목시 관측 정보 수

- 
- 집 앱과 유사하게 선별된 정보에 대해 앱기반으로 다수의 어민에게 제공하는 체계로 활용
- 일반 국민 : 일반 국민은 적조 정보 이해 측면을 목적으로 남해 광역 정보, 고수온 정보 등을 실시간이 아닌 1일 단위로 경향 파악에 활용하도록 정보 제공. 정보 제공은 web 기반으로 구축하여 활용
-

# 제5장 연구개발성과의 활용 계획

---

## 제1절 연구개발성과의 활용 방안

### 1. 실시간 적조 탐지·예측 시스템

- 음향탐지 기반, 위성정보 기반, 해양 기상 및 환경 기반, 유전자 분석 기반, 생물 자료 분석 기반 등의 자료 융합을 통해 유해적조 광역 탐지 발생을 GIS 기반 통합 정보 제공
- 구축된 유해적조 광역 탐지 시스템은 사업 종료 후에도 지속적으로 운영할 필요성이 있음. 또한 미적용 해역에 대한 추가적인 실증화 연구가 진행되어 남해안 전역에 대한 하계 시기 실시간 적조 관측 정보 제공 체계 구축
- 구축된 적조 관측, 분석 및 자료 전송, 가시화 정보 체계의 활용을 위해 별도의 연구팀 혹은 운영팀을 구성할 필요가 있음. 인적 자원 및 예산이 뒷받침된다면 운영팀의 인력 구성은 정부 부처 인력(정부출연연구소) 혹은 외주에 의하여 민간이 참여할 수 있도록 활용 계획
- 적조 탐지 요소 기술 개발을 통한 해양생물 조기 탐지 기술 향상
- 적조 생물 발생 지역의 관리 및 대책 수립을 위한 실시간 광역 정보 제공
- 적조 생물 대량 발생 이동·확산 경로 예측 및 이를 통한 방재 자산 및 인력 투입의 효율성 향상
- 적조 생물 발생 양상 규명으로 선제 적조 발생 대응 가능
- 원격 탐사를 활용한 연안 해역 적조탐지 매뉴얼을 제공
- 적조 발생과 관련된 자료 공유를 통한 관련 연구 기관 및 대학의 연구 활성화에 기여
- 대어민 대상의 실질적인 적조 관련 정보의 실시간 제공 체계 확보 및 활성화 기반 구축
- 국립수산과학원과의 적조 자료 공유 및 상호 활용 가능으로 적조 대응의 과학적인 자료 제공 체계 확보

### 2. 원격 탐사 (위성)

- 개발된 GOCI 위성기반 적조 감시 기술을 통하여 남해안 영역의 클로로필 이상변화에 대한 광역 분포 결과를 1일 8회 생산하고, 적조 발생 기간 동안 유관기관에 정보를 전파하여 적조 대응에 활용될 수 있음
- 또한 위성 입력 자료를 2020년 발사되는 정지궤도 해양위성 2호 (GOCI-II) 자료로 대체하여 250 m 급의 실시간 클로로필 이상변화 감시에 활용 예정

### 3. 해양 기상 자료 기반 적조 발생 예측 모델

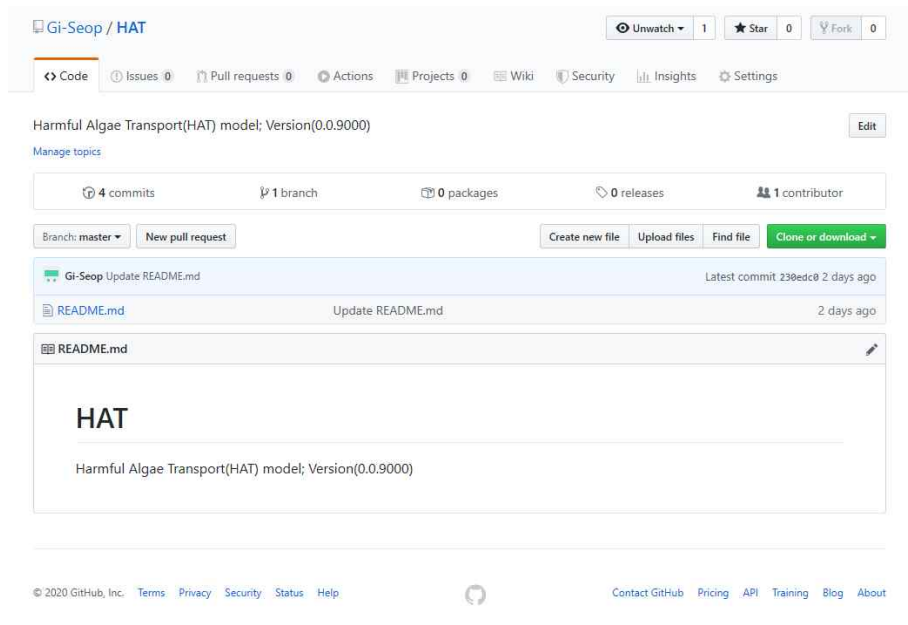
- 국립수산과학원 내부 서버에 GPU 계산 노드 증설 시 본 연구에서 개발한 신경망의 미세조정(Fine tuning)이 2시간 이내에 가능함
- 본 연구에서 개발한 심층 신경망 기반 적조 발생 예측 모델을 수산과학원에 설치 후 적조 예찰 시스템과 연계하여 일단위로 미세조정을 실시할 경우 현재보다 나은 정확도를 확보함

---

과 동시에 수산과학원 내부 의사결정 지원 자료로 활용 가능할 것으로 판단됨

#### 4. 적조 생태학 기반 적조 이동 확산 모델

- 지속적인 유지보수 및 사용자 feedback을 위하여 공동개발 플랫폼 Github을 통해 배포 및 유지보수 예정. 현재 배포 버전 Packaging 진행 중 (<https://github.com/Gi-Seop/HAT>)



- KOOS 등 해수 유동 입력 자료가 지속적으로 확보 될 시, 비교적 적은 유지비용으로 '1'의 모델을 이용하여 적조 발생 기간 동안 예측 자료 생산 가능

#### 5. 해류 순환 모델 (KOOS)

- 유관기관(국립수산과학원, 국립해양조사원) 및 지자체 등에 해수순환 예측 정보 제공

#### 6. 적조 식물플랑크톤

- 적조 생물 발생 지역의 관리 및 대책 수립을 위한 실시간 광역 정보 제공
- 적조 생물 대량 발생 이동·확산경로 예측 및 이를 통한 방재 자산 및 인력 투입의 효율성 향상
- 적조 생물 발생양상 규명으로 선제 적조 발생 대응 가능

#### 7. 유전자 기반 실시간 진단 Kit

- 적조 탐지 요소 기술 개발을 통한 해양생물 조기 탐지 기술 향상
- 적조 생물 발생 지역의 관리 및 대책 수립을 위한 실시간 광역 정보 제공
- 유해조류 정밀 탐지 유전자 분석 디바이스를 통한 현장 검출 감도 향상

- 현장에서 유전자 기반 실시간 진단 kit와 적조 분석 자료의 양상불 결과를 통해 초기 저밀도 적조 검출 및 대발생 적조 발생 파악을 분석하였고, 유기적으로 위성자료 및 수치모델에 자료를 제공하여 검증을 수행함

## 제2절 기대효과

직접적 편익	부수적 효과
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 적조 실시간 탐지 체계 구축</li> <li>○ 양식장 적조 피해액 절감</li> <li>○ 적조 제거 물질 살포 비용 절감</li> <li>○ 적조 제거 물질에 의한 생태계 교란 방지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 양식 투자 활성화</li> <li>○ 연안 수산 자원 증대 효과</li> <li>○ 국가 과학기술의 사회 현안 해결</li> <li>○ 피해 Zero화 기술에 활용</li> </ul>

### 1. 과학 기술적 기대 효과

- 미래형 수산 과학기술 혁신을 통해 수산분야 국가 R&D 및 과학기술 역량 제공
- 지속가능하고 안전한 수산자원 생산, 관리 및 정보 활용을 위한 과학적 기반 제공
- 수산 자원 DB 구축 및 변동예측 모델 구축을 통해 국내 연구 결과를 국제 사회에 효율적으로 전달함으로써 국제 협력 사업을 촉진
- 신규 수산자원 발굴 및 DB 구축·활용 기술 개발을 통해 수산업 전·후방 사업과의 R&D 성과 창출 기대
- 산발적인 적조탐지 연구를 광역 체계 설치 운영 개념으로 확대
- 유해적조 초기-중기 발생 단계 탐지 체계 기술 확보 (적조 예보 기술의 정확도 향상)
- 천리안 해양관측 위성자료 등 가용 해상 위성정보 DB 및 활용 알고리즘 개발
- 유해적조 탐지 및 기원 추적 기술 개발을 통한 광역 경보 시스템 구축
- 국가적 유해생물 관리 체계 기술 확보
- BT-IT-ST 기반으로 한 융합된 MT, 해양과학연구 기술 및 활용 능력 향상
- 1차 산업 중심의 수산업을 IT·BT·ICT 융·복합 산업으로 첨단화시키기 위한 성공모델 발굴
- 기술 첨단화·생태 보존형 수산 과학기술 개발 및 보급을 통해 지속 가능한 성장달성의 첨병 역할 기대
- 적조에 대한 원천성 연구를 통해 국제사회에서 연구 주도권 확보 가능 (적조가 일본, 동남아, 북미 등에서 다양한 지역에서 발생하면서 전 세계적인 이슈로 부각)
- 수산자원 DB 및 적조 변동예측 모델 등 국내 연구 결과를 국제 사회에 공개함으로써 적조 문제의 해결을 위한 국제 협력 연구 촉진 가능
- 광역 적조 탐지 기술이나 적조 확산 예측기술, 양식장 적조 정밀 탐지 기술 등을 바탕으로 광역 감시망을 구축하여 적조 예보 역량 강화 가능



- ✓ (관련) 「해양수산 R&D 중·장기계획(2014-2020)」 추진전략 1-1. 해양과학조사 및 예보 역량 강화
- 유해적조 광역 조기 탐지 체계를 통한 국가적 통합관리 운영을 통해 연안 해양관리 체계 구축
  - 고비용의 인력에 의존하여 목시 관측이나 정기적인 채수에 의존하고 있는 현재의 적조 감시 체계를 인공위성, 음향탐지 시스템, 무인 선박 기술 등을 활용해 정확하고 구체적인 적조의 예찰·예보가 가능해질 것임
- 실시간 적조탐지 시스템 제시 및 필요시 대안 제시를 통한 향후 연구방향 확립 및 기초자료 제공
- 적조의 발생 및 확산 매커니즘 규명을 위한 기초연구 자료 제공
- 적조발생 예측 기술의 정확도 향상

## 2. 경제적 기대 효과

- 수산업의 산업구조 고도화·첨단화를 통해 1차 산업으로서의 성장한계를 극복하고 글로벌 경쟁력 제고에 기여
  - 해양 관측·탐사 및 양식업 관련 장비의 국산화율 제고를 통해 수산업 자립화를 실현하고 전·후방 산업으로의 동반성장 활성화 촉진
- 수산업의 고부가 가치화 달성을 통해 어업인 소득 안정화 등 어민 복지 향상
  - 안정적인 양식 수산업 활동으로 가격경쟁력 향상 및 수출증대
  - 관련 인프라 조성을 위한 새로운 일자리 창출, 고급 인력의 유입을 통한 수산업발전 동력 확보의 선순환 체계 구축
- 첨단 적조탐지·예측 시스템 개발을 통해 기존의 노동 집약적 유해적조 예찰 방식에서 탈피함으로써 적조 예찰 선박의 유류비 및 인건비 비용 절감 효과 유발
- 적조 생물에 의한 수산피해 최소화로 수산물 안정적 생산에 기여
  - 2013년 적조 피해액: 247억원, 최대 피해액: 764억 (1995년)
  - ✓ (유해적조 피해액) 2013년 국립수산물과학원에서 발표한 자료에 의하면, 적조 발생으로 인한 2003~2012년 평균 어업 피해액은 38.7억원에 달함
  - 양식장의 적조를 정밀하게 탐지하여 실시간 적조 농도를 모니터링하고, 대규모 적조의 발생 시 실시간 정보전달이 가능해짐으로써 가두리양식장의 이송이나 서식수심 조절 기술을 통해 수산물의 안정적 생산에 기여할 수 있음
- 중동 및 동남아 적조 피해 국가에 적조 광역탐지체계 시스템과 운영기술을 이전함으로써 기술이전수입을 발생시키고 수산 기술 선도국으로 국가적 위상 강화
- ICT 등 타 과학기술분야와의 융합을 통한 적조 문제에 대한 근본적인 처방과 함께 다양한 부가가치 창출 가능
  - 생물들의 시·공간적 분포 영상을 광역적으로 탐사할 수 있는 기술을 개발하기 때문에 해양물리, ICT, 수산공학, 항공우주공학, 기계공학 분야의 인프라 조성을 위한 고급인력

---

의 유입효과와 함께 관련 일자리 창출 촉진

- ✓ (관련) 「제3차 과학기술기본계획」의 ‘국가전략기술개발’ 전략의 ‘ICT 융합 신산업 창출 분야 및 걱정 없는 안전사회 구축’ 분야
- 적조 발생 초기에 방재 자산 및 인력을 투입함으로써 예산의 효율적인 운용이 가능
- 적조 발생 초기에 방재 대책을 수립하여 피해 어장 축소 및 피해액 저감 가능

### 3. 사회·문화적 기대효과

- 적조로 인한 수산 피해를 최소화하여 어업인의 안정적인 수산업 활동을 가능케 하며, 수산 자원의 안전성 확보를 통한 국민행복 달성에 이바지 및 국가 브랜드 경쟁력 확보
  - 환경 지배적 산업인 수산업의 생산 및 소득 안정성을 확보하여 어민복지 향상에 기여할 수 있으며, 수산업 분야의 사회적 투자 창출 도모
  - 적조로 인한 양식어류 폐사를 방지함으로써 수산물 식품 안전성 위협을 조기에 불식시키고 국민이 건강하고 향상된 삶의 질을 향유할 수 있는 환경 조성
  - 수산자원의 안정적 공급과 지속적 관리를 가능케 하고 수산물 안전 신뢰도를 제고시킴으로써 수산물의 가격경쟁력을 확보할 수 있으며, 이는 국내 소비 촉진 및 수출 수입 증대로 연결
- 수산업의 첨단화·고도화를 통한 안정적 일자리 창출 및 고급 인력 유입을 통한 산업성장의 선순환체계 수립
- 장기적으로 어촌 소득 증대 및 신규 일자리 창출에 기여할 수 있으며, 수산업은 전통산업이라는 고정적 관념에서 탈피하는 등 수산업에 대한 국민적 인식 제고 가능
  - 우리나라의 어촌은 수산업의 부가가치 창출 능력 약화, 경제활동 인구의 감소 및 수산업 인력의 노령화 등 다양한 문제로 인해 경쟁력이 소실되고 있는 상태
  - 동 사업 추진을 통해 수산업의 첨단화·고도화가 구현되면 신규 일자리 창출과 고급 인력 유입이 가능하며, 이를 통해 투자촉진과 신시장창출로 연계되는 등 산업 성장의 선순환 체계 구축
  - 어촌복지 향상 및 수산업에 대한 국민인식 제고는 해양레저, 관광산업 발전으로 연계·확대될 수 있으며 지역경제 활성화에 이바지 가능
- 유해적조 생물에 의한 수산물 피해 최소화로 수산물 안전성에 대한 국민 인식 제고
  - 국민들에게 안전한 수산물을 안정적으로 제공함으로써 건강하고 향상된 삶의 질을 향유할 수 있는 환경을 조성
  - 적조가 대규모로 발생하는 경우 극심한 악취 등으로 인해 해양관광·레저산업도 불황을 겪게 되는데, 적조 발생을 원천적으로 봉쇄하거나 예방할 수 있게 됨으로써 관련 사업에 미치는 부의 효과 최소화 가능
- ✓ (관련) 「해양수산 R&D 중장기계획 (2014-2020)」 추진전략 3-3. 친수 공간 및 해양문화 콘텐츠 창출

---

#### 4. 정책적 기대효과

- 유해 적조의 발생원인 탐색부터 피해 저감 기술에 이르기까지 적조로 인해 발생하는 국가적 재난 이슈를 해결하기 위한 정책적 방안의 과학적 근거를 제공
  - 양식어장 구조개선, 철저한 사전 준비와 대응 훈련을 통한 피해 최소화 등 적조 대응 정책의 과학 기술적 기반으로 활용 가능
    - ✓ (관련) 해양수산부 「국가안전관리집행계획」에서는 적조 발생 시의 행동 매뉴얼 작성, 적조 발생 대비 양식 어장 관리 교육 등의 내용을 규정
  - 유해적조 광역 체계 구축을 통한 적조 피해 대책 마련 시간 확보
    - 적조 재난에 신속히 대처할 수 있는 적조 예보 시스템을 확보함으로써 정부차원의 적조 피해 예방 대책 및 대응 매뉴얼 마련에 기여할 수 있음
    - 최초 적조 발생 후 적조 구제 물질·장비 확보 및 가동 준비 기간 : 7일(평균)
  - 유해적조 광역 탐지 체계 구축을 통한 적조 피해 예방(안) 마련에 활용
    - 과학적 기준에 근거하여 각 양식어종별 생존 임계치 및 최적의 방류시점을 판단할 수 있으며, 이를 통해 국가 보상체계의 효율성 및 어민피해 최소화에 기여
    - ✓ (관련) 해양수산부는 「적조 발생해역 양식어류 긴급방류 지침」을 통해 양식 어류의 폐사를 막기 위한 방지 대책을 시행
  - 유해 해양 생물 관리 체계 기술의 확보를 통해 사회 현안을 해결함으로써 지속가능한 해양 환경 관리 및 해양생태계 다양성 보전에 기여
    - ✓ (관련) 「해양수산 R&D 중·장기계획(2014-2020)」 추진전략 3-1. 해양 환경 개선 및 위해요소 대응역량 강화
  - 본 사업을 통해 개발되는 기술을 정책수립·운영에 직·간접적으로 활용할 수 있을 것으로 기대
    - 실시간 적조 농도 정밀 모니터링을 통한 양식장 이송, 방류 방안 수립
    - 적조 생물의 생물·생태학적 발생기작 규명을 통한 사전적 예방 정책 수립
-

## 제6장 연구개발성과의 보안등급

보안등급 분류	보안	일반
		■
결정 사유	일반과제: 보안과제로 지정되지 아니한 과제	

## 제7장 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수 량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치장소)	ZEUS장비 등록 번호
해당없음								

# 제8장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

- 안전보건관리규정<1002> 제정 및 운영으로 연구실 및 연구원 안전 조치 이행 중
- 분기별 안전보건 교육 및 실시 및 관리 체계 구축

## 제 1 장 총 칙

제 1 조 목 적 .....	5
제 2 조 적용범위 .....	5
제 3 조 정 의 .....	5
제 4 조 안전·보건업무우선 .....	6

## 제 2 장 조직과 직무

제 5 조 기 구 .....	6
제 6 조 사고예방책임 .....	6
제 7 조 원 장 .....	6
제 8 조 안전보건관리 책임자 .....	6
제 9 조 안전보건관리부서장 .....	7
제 10 조 관리감독자 .....	7
제 11 조 안전관리자 .....	7
제 12 조 보건관리자 .....	8
제 13 조 안전담당자 .....	8
제 14 조 산업안전보건위원회 .....	8

## 제 3 장 안전관리

제 15 조 안전·보건교육 .....	9
제 16 조 관리책임자 등에 대한 교육 .....	9
제 17 조 유해·위험기계·기구 등의 방호조치 등 .....	9
제 18 조 성능보장 및 안전장치 .....	9
제 19 조 표지와 통보 .....	9
제 20 조 위험물의 저장 및 취급 .....	10
제 21 조 실험실 저장 제한 .....	10
제 22 조 작업승인 .....	10
제 23 조 위험물질의 구매통제 .....	10
제 24 조 폭발위험물의 관리 .....	10
제 25 조 고압전기 .....	11
제 26 조 화학물질 .....	11



## 제9장 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/특 허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
----	--------------------------	------------	-----------	----	---------------------------	-----------	-------------------------	---------------------------------	---------------------------------

### 1. 1차년도 실적

1	논문	Development of application of an acoustic system for harmful algal blooms (HABs, red tide) detection using an ultrasonic digital sensor	KIOST	제1저자	Ocean Science Journal	0.514	2018.03	중복 사사	SCI
2	특허	적조와 고온의 발생으로부터 해수유입 신뢰성을 향상시킨 해수공급장치	KIOST	출원인	대한민국		2017.09	단독 사사	
3	특허	해수염 발전장치를 탑재한 신소재 등부표 시스템	KIOST	출원인	대한민국		2017.10	중복 사사	

### 2. 2차년도 실적

4	논문	Monitoring the seasonal dynamics of microalgae in the South Sea of Korea by use of a cytochrome c oxidase I DNA barcode	KIOST	교신 저자	Aquatic Ecosystem Health & Management	0.876	2018.03	중복 사사	SCI
5	논문	Mapping distribution of cysts of recent dinoflagellate and Cochlodinium polykrikoides using next-generation sequencing and morphological approaches in South Sea, Korea	KIOST	제1저자	Scientific Reports	4.011	2018.05	중복 사사	SCI
6	논문	Grazing impact of the copepod Calanus sinicus on phytoplankton in the norther East China Sea in late spring	KIOST	제1저자	Ocean Science Journal	0.514	2018.06	중복 사사	SCI
7	논문	High-frequency acoustic backscattering characteristics for acoustic detection of the red tide species Akashiwo sanguinea and Alexandrium affine	KIOST	제1저자	Journal of Oceanology and Limnology	0.741	2019.07	단독 사사	SCI
8	논문	Chlorophyll-a 연속 관측 변화 패턴에 따른 식물플랑크톤 군집 변화 분석	KIOST	제1저자	한국해양환경·에너지학회지		2018.05	중복 사사	비SCI
9	논문	로지스틱 회귀모형과 의사결정나무모형을 이용한 Cochlodinium polykrikoides 적조 탐지	부경대	제1저자	한국전자통신학회지		2018.08	단독 사사	비SCI

기법 연구									
10	논문	A Study on Red Tide Detection Technique by using Multi-Layer Perceptron	부경대	제1저자	International Journal of Grid and Distributed Computing		2018.08	단독 사사	비SCI
11	논문	원격 수질 측정을 위한 현장 조분광 복사계 및 수중 구성성분 관측 자료 분석	KIOST	제1저자	한국측량학회지		2018.08	중복 사사	비SCI
12	특허	적조 생물의 수직 이동 특성을 이용한 적조 모니터링 시스템, 및 그 방법	KIOST	출원인	대한민국		2018.07	단독 사사	
13	특허	수심별 수환경 측정 및 채수 장치, 그 방법	KIOST	출원인	대한민국		2018.07	단독 사사	
14	특허	무선 다층 수중 환경 측정장치	KIOST	등록인	대한민국		2018.10	단독 사사	

### 3. 3차년도 실적

15	논문	Phytoplankton composition associated with physical and chemical variables during summer in the southern sea of Korea: Implication of the succession of the two toxic dinoflagellates <i>Cochlodinium</i> (a.k.a. <i>Margalefidinium</i> ) <i>polykrikoides</i> and <i>Alexandrium affine</i>	KIOST	제1저자	Journal of Experimental Marine Biology and Ecology	2.365	2019.05	중복 사사	SCI
16	논문	Field application and validity of a red-tide acoustic sensing system (RASS) for monitoring and alerting of harmful algal blooms (HABs) in Korean coastal waters	KIOST	제1저자	Journal of Applied Phycology	2.635	2019.08	단독 사사	SCI
17	논문	한산도-거제도 동부 굴 양식장 주변에서 식물플랑크톤의 계절적 분포 특성	KIOST	제1저자	한국환경생물학회지		2019.01	중복 사사	비SCI
18	논문	한국 남동해역의 냉수대 발생 변화와 <i>Cochlodinium polykrikoides</i> 적조와의 상관성 연구	부경대	제1저자	한국전자통신학회지		2019.06	단독 사사	비SCI
19	논문	Invertase 분석이 통합된 sandwich hybridization에 의한 <i>Cochlodinium polykrikoides</i> 의 신속 검출	KIOST	제1저자	한국산학기술학회논문지		2019.08	중복 사사	비SCI
20	논문	2017년 봄철 한국	KIOST	제1저자	Ocean and		2019.09	중복 사사	비SCI

		남해와 북부동중국해의 살과 <i>Salpa fusiformis</i> 대량 출현			Polar Research				
21	특허	해수염 발전장치를 탑재한 신소재 등부표 시스템	KIOST	등록인	대한민국		2019.01	중복 사사	
22	특허	인버타제 분석 통합 샌드위치 혼성을 사용하는 코클로디니움 폴리클리코이데스 검출 방법 및 검출용 키트	KIOST	출원인	대한민국		2019.05	단독 사사	
23	특허	적조 생물의 수직 이동 특성을 이용한 적조 모니터링 시스템, 및 그 방법	KIOST	등록인	대한민국		2019.12	단독 사사	

번호	1
성과유형	SCI 논문
논문명	Development of application of an acoustic system for harmful algal blooms (HABs, red tide) detection using an ultrasonic digital sensor
연구기관	한국해양과학기술원

주요  
서지  
사항

The overgrowth of phytoplankton leads to negative effects such as harmful algal blooms (HABs, also called red tides) in marine environments. The HAB species *Cochlodinium polykrikoides* (*C. polykrikoides*) appears frequently in Korea during summer. In this study, we developed a real-time acoustic detection and remote-control system to detect red tides using an ultrasonic digital sensor. In the laboratory, the acoustic signals increased as the number of cells increased. At the same time, for field application, we deployed the system near the southern coast of Korea, where red tides frequently occurred in summer seasons 2013–2015. The system developed here detected red tides in situ, with a good correlation between the acoustic signals and *C. polykrikoides* populations. These results suggest that it may be useful for early detection of red tides.

관련사진

Ocean Sci. J. (2018) 53(3):91–99  
<http://dx.doi.org/10.1007/s12601-017-0406-6>

Available online at <http://link.springer.com>



98

Kim, H. et al.

Article

### Development and Application of an Acoustic System for Harmful Algal Blooms (HABs, Red Tide) Detection using an Ultrasonic Digital Sensor

Hansoo Kim<sup>1</sup>, Donghyug Kang<sup>2\*</sup>, and Seung Woo Jung<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Maritime Security Research Center, KIOST, Ansan 30537, Korea  
<sup>2</sup>Library of Marine Samples, South Sea Research Institute, KIOST, Geoje 53201, Korea  
<sup>3</sup>Department of Ocean System Engineering, College of Ocean Science, Ajou National University, Ajou 63243, Korea

Received: 18 June 2017; Revised: 13 September 2017; Accepted: 6 October 2017  
 © KIO, KIOST and Springer 2017

**Abstract**—The overgrowth of phytoplankton leads to negative effects such as harmful algal blooms (HABs, also called red tides) in marine environments. The HAB species *Cochlodinium polykrikoides* (*C. polykrikoides*) appears frequently in Korea during summer. In this study, we developed a real-time acoustic detection and remote-control system to detect red tides using an ultrasonic digital sensor. In the laboratory, the acoustic signals increased as the number of cells increased. At the same time, for field application, we deployed the system near the southern coast of Korea, where red tides frequently occurred in summer seasons 2013–2015. The system developed here detected red tides in situ, with a good correlation between the acoustic signals and *C. polykrikoides* populations. These results suggest that it may be useful for early detection of red tides.

**Keywords**—harmful algal blooms, red tide, *Cochlodinium polykrikoides*, real-time acoustic detection system, ultrasonic digital sensor

#### 1. Introduction

Harmful algal blooms (HABs, also called red tides) occur due to overgrowth of phytoplankton in marine environment (Kim et al. 2001; Jeong et al. 2011). HABs cause damage to agriculture and fisheries as well as to marine ecosystems all over the world (Richard et al. 2001; Rabalais et al. 2009; Kudrinski and Gobler 2011). One dinoflagellate species responsible for red tides is *Cochlodinium polykrikoides* (*C. polykrikoides*) (Kim et al. 2001). In Korea, blooms of this species have occurred at irregular intervals since the 1990s (Jeong et al. 2011). Red tides were reported to cause about 76.4 billion

US dollars in aquaculture damage in 1997 and 24.7 million US dollars in such damage in 2013 along the southern and eastern coasts of Korea (Seo et al. 1998; NFRDI 2014).

In general, a red tide is classified or categorized in the pre-caution stage in Korea when the number of cells is 10<sup>5</sup> to 1,000 cells/mL, and it is considered to be in the warning stage when the number of cells is greater than 1,000 cells/mL (NFRDI 2014). *C. polykrikoides* exhibits little change in population density early in its occurrence. This red tide species is known to take about a week to proliferate from 170 cells/mL to 3,200 cells/mL during rapid multiplication (Seo et al. 1998).

Until now, studies on phytoplankton have been carried out by measuring photosynthesis, cell division, and the number of cells using a laboratory microscope (Ahn et al. 2005; Lim et al. 2007). To detect red tides in the ocean, ship-based visual observation is used most often, and cell populations are counted from sampled seawater using a microscope, whereas a fluorometer is used to measure phytoplankton (Lim et al. 2007). These processes carry high monetary and labor costs. The visual observation and counting method requires time-consuming analysis and can be conducted only during the daytime. *C. polykrikoides* is difficult to detect due to its rapid movement with currents and fast growth rate (Ahn et al. 2005). Recently, wide-area detection methods based on aerial or satellite observations have been used. Satellite is limited by low resolution because of the technical specification of a 500 × 500 m pixel, which leads to errors when red tide populations are small. These methods are also unable to detect red tides when the weather is cloudy

present. Phytoplankton usually reveal the dominant growth of surface red tide species (*Dinoflagellates*, *C. polykrikoides*) versus red tide species (*Diatoms*). We did not make comparisons using all data but analyzed biological data from water sampled on several occasions in 2015. *C. polykrikoides* is dominant in the environment when the backscattering signal is high due to blooms. The backscattering range was short because we used a high-frequency signal. The system cannot detect broad areas, but the red tide phenomenon occurred primarily in patch form over a wide area.

#### 5. Conclusions

In this study, we developed a real-time acoustic detection, remote-control, and monitoring system for the detection of red tides using an ultrasonic digital sensor. The advantages of the acoustic detection method are that measurements can be taken 24 hours a day and red tides can be detected early and in real-time. The stability and effectiveness of the system were verified through performance evaluation in the laboratory and in the ocean. In the laboratory, the backscattering signals increased as the number of cells increased. Detection of red tides in the pre-caution and warning stages was possible in the ocean. We installed the sensor in situ for 1 to 3 months in summer. We found a strong correlation between the acoustic signal and the *C. polykrikoides* population in 2015. This method appears promising for the early detection of red tide initiation. Additionally, the system can provide an alarm when a red tide is detected.

#### Acknowledgements

This research was a part of the project titled "Development of commercial system for real-time detection and analysis of the Harmful algal bloom (red tide)" and "Establishment and demonstration of red tide detection and prediction system for minimizing red tide damage" funded by the Ministry of Oceans and Fisheries, Korea (PM19710, PM160270).

#### References

Angiles R, Juell A, Garcia F, Masó M, Bustamante G (2008) High-resolution spatio-temporal distribution of a coastal phytoplankton bloom using laser in situ scattering and transmissionometry (LISST). *Harmful Algae* 7(6): 808–816  
 Ahn YH, Shamsigam P, Chang KJ, Moon JE, Ryu JH (2005)

Spatial and temporal aspects of phytoplankton blooms in complex ecosystems off the Korean coast from satellite ocean color observations. *Ocean Sci* 14: 67–78  
 Blain S, Minto P, Benitez C, Jerez R, Milos M, Lascala G (1996) Acoustical response of phytoplankton volume scatterers at ultrasonic frequencies as an indicator of pollution in sea waters. *WIT Trans Ecol Environ* 18: 231–240  
 Blain S, Benitez CE, De Milos MIE, Minto P, Lascala G, Jerez RE (2000) Acoustical behaviour of phytoplanktonic algae. *Acoust Lett* 23(8): 175–182  
 Bok TH, Paeng DG, Kim E, Na J, Kang D (2010) Ultrasonic backscattered power from *Cochlodinium polykrikoides*, the main red tide species in the Southern Sea of Korea. *J Plankton Res* 32(4): 510–514  
 Bok TH, Na J, Paeng DG (2013) Diel variation in high-frequency acoustic backscatter from *Cochlodinium polykrikoides*. *J Acoust Soc Am* 134(2): E140–E146  
 Clay CS, Menzies B (1977) Acoustical oceanography: principles and applications. John Wiley and Sons, New York, 185 p  
 Crawford G, Farrow D (1987) On the spatial distribution of ocean habitats. *J Geophys Res* 92: 8231–8243  
 De Soto RS (1978) Concepts of applied ecology. Springer Verlag, New York, 79 p  
 Fofonoff K, Stanton T (2000) Chapter 6: acoustical methods. In: Harris RP, White PH, Lenz J, Shalal HR, Hurdley ME (eds) Zooplankton methodology manual. Elsevier Academic Press, London, pp 223–258  
 Guillard RRR (1975) Culture of marine invertebrate animals. Plenum Press, New York, 328 p  
 Holliday D, Papper R (1980) Volume scattering strength and acoustical distribution of acoustic frequencies between 0.5 and 3 MHz. *J Acoust Soc Am* 67(1): 155–166  
 Weiss JB, Provostone A (2008) Transport and mixing in geophysical flows. Springer Verlag, New York, 222 p  
 Jeong SW, Ahn GH (2013) The Distribution of *Cochlodinium polykrikoides* blooms in coastal waters of Korea. In: Proceedings of the Korean Society of Environment and Ecology Conference, Daegu, 2011, pp 57–58  
 Johnson RK (1977) Sound scattering from a fluid sphere revisited. *J Acoust Soc Am* 61(2): 375–377  
 Kang D, Lim S, Lee H, Doh J, Lee YH, Choi JW (2013) Development and evaluation of real-time acoustic detection system of harmful red-tide using ultrasonic sound. *Ocean Polar Res* 35(1): 15–26  
 Kim E, Lee H, Na J, Choi JW, Kang D (2010) 5-MHz acoustic backscatter measurements of *Cochlodinium polykrikoides* blooms in Korean coastal waters. *ICES J Mar Sci* 67(8): 1759–1765  
 Kim HG, Jung CS, Lim WA, Lee CK, Kim SY, Youn SH, Cho YC, Lee SG (2001) The spatio-temporal progress of *Cochlodinium polykrikoides* blooms in the coastal waters of Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 34(6): 691–696

번호	2
성과유형	특허
특 허 명	적조와 고온의 발생으로부터 해수유입 신뢰성을 향상시킨 해수공급장치
연구기관	한국해양과학기술원

기술  
개요  
및  
기술  
특징

본 발명은 해수의 적조와 고온을 감지하고, 감지결과에 따라 육상해수양식장으로의 해수 유입을 제어하는 구성을 통해 보다 안전한 해수를 공급받게 되므로, 육상해수양식장의 시스템 안정성을 향상시킬 수 있는 적조와 고온의 발생으로부터 해수유입신뢰성을 향상시킨 해수공급장치에 관한 것이다.


- 본 발명은 해수의 고밀도 적조와 고수온을 실시간으로 감지하고, 감지결과에 따라 해수의 유입을 제어하는 구성을 통해 적조와 고온의 발생으로부터 해수유입 신뢰성을 향상시킨 해수공급장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- 감지수단의 실시간감지결과에 따라 단일 해수유입통로의 수심 내 위치를 자유롭게 변화시키면서 유입수단을 제어하거나, 수심별로 분기된 해수유입통로에 각각 감지수단과 유입수단을 대응 설치하여 실시간 감지 결과에 따라 복수의 유입수단을 각각 제어하는 구성
- 해수의 적조를 감지하는 구성에 디지털 신호생성방식이 적용되도록 하여 깊은 수심에서도 노이즈의 간섭을 감소시킬 수 있고, 해수의 적조 또는 온도에 대한 센싱값을 외부에 위치한 사용자에게 실시간으로 알리는 구성을 통해 용이한 모니터링 환경을 달성

관련사진



번호	3
성과유형	특허
특 허 명	해수염 발전장치를 탑재한 신소재 등부표 시스템
연구기관	한국해양과학기술원
기술 개요 및 기술 특징	<p>본 발명은 해양수산계내의 해양환경관측이나 해상선박운항 안전시설을 위한 등부표로서, 기존 등부표의 개량형으로 개발함을 목적으로 한다. 기존 등부표의 소재는 강재나, FRP, 콘크리트를 소재로 하여 제작하고 있으나, 제작비용의 과다 및 장기간 부유설치시 자외선에 의한 탈색, 염분에 의한 부식, 부착생물에 의한 부력저하 등의 원인으로 인하여 유지관리의 비용증가와 관리의 어려움이 있다. 또한 에너지원으로 사용되는 전지나, 태양광 발전장치의 전기공급 한계로 인하여 관측 및 점멸등 기기의 에너지원 공급의 한계점이 있는 것이 현실이다. 이를 극복하고자 해수염 발전 장치를 이용한 신소재(PE + CU) 조립식 해양등부표를 개발함으로써 반영구적인 내구성, 내염성, 안전성, 고효율 전기공급 장치를 지속적으로 유지 할 수 있는 해양등부표 시스템 기술 개발 임.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존의 등부표는 철재나, FRP, 콘크리트 소재로 구성 일체형으로 되어 있으나 본 기술은 폴리에틸렌 파이프와, 동판(구리)를 합성하여 조립식으로 구성한다.</li> <li>- 소재 구성시 원료에 해양안전법규에 따른 컬러 및 수요자공급 원칙에 따라 색소 및 UV 차단제를 혼합하여 구성하므로써 해상안전 컬러, 내구성 및 안전성(인장력), 내염성을 확보하는 기술</li> <li>- 소재를 조립식으로 융합 구성함으로써 운반의 편리성, 내부 결로현상 방지, 부착생물영향으로 인한 부력저하방지, 유지관리의 편리성을 도모 한다.</li> <li>- 등부표 하부에 동판을 합성함으로써 부착생물 부착방지 기술적용.</li> <li>- 등부표 계류라인에 신소재를 적용하므로써 계류라인의 부착생물부착방지 및 파도에 의한 누적피로방지를 통한 계류라인 마모방지 기술 적용.</li> <li>- 해수염 발전 및 전기저장장치(ESS)를 이용한 지속가능 발전 전기공급장치 및 이를 이용한 등부표 발란스 조절 장치 기술적용</li> <li>- 다중 등부표 기둥을 이용한 공간별 관측장비 수납공간 확보기술 적용</li> </ul>
관련사진	<div style="text-align: center;"> <p>관 인 생 령 출 원 번 호 통 지 서</p> <p>출 원 일 자 2017.10.18 특 기 사 할 심사청구유) 공개신청유) 출조번호(613799) 출 원 번 호 10-2017-0113405 ( 접수번호 1-1-2017-1028303-98) 출 원 의 영 칭 한국해양과학기술원(1-2012-034461-6) 대 리 인 성 명 특허법인 남앤드남(9-2012-100182-6) 발 명 자 성 명 박용주 오승용 김민혁 박영규 박근수 발 명 의 영 칭 해수염 발전장치를 탑재한 신소재 등부표 시스템</p> <p><b>특 허 청 장</b></p> <p>&lt;&lt; 안내 &gt;&gt;</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.</li> <li>2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉한 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다. ※ 납부처분번호 113계 기금번호1- 접수번호</li> <li>3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고려번호 정보변경(경장), 변경신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다. ※ 특허법(patent.go.kr) 접속 &gt; 민원서비스다문로드 &gt; 특허법 시행규칙 제43 조 제4항 제1호</li> <li>4. 특허(실용신안등록)출원인 명세서 또는 도면의 변경이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.</li> <li>5. 의견으로 출원고지 받은 경우 PCT 제도(특허-실용신안)나 미드린도 제도(실용)를 이용할 수 있습니다. 국내 출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다. ※ 제도 안내 <a href="http://www.kipo.go.kr">http://www.kipo.go.kr</a> 특허법담당PCT/미드린도 ※ 우선권 인정기간: 특허-실용신안면 12개월, 실용-미드린도면 4개월 이내 ※ 미특허(실용)의 선출원일 기초로 우선권이며, 우선권 주장출원 시, 선출원인 미공개상태이면, 우선권으로부터 18개월 이내에 미국출원서류에 (선지적교관허가(Anticipation))를 제출하거나 우선권 내지나래에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.</li> <li>6. 본 출원사실을 인부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다. ※ 특허법령 10-2016-4000000, 상표법령출원 40-2016-0000000</li> <li>7. 출원인이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허가결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효소송이 제기 될 수 있습니다.</li> <li>8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.</li> </ol> </div> </div>




번호	4
성과유형	SCI 논문
논문명	Monitoring the seasonal dynamics of microalgae in the South Sea of Korea by use of a cytochrome c oxidase IDNA barcode
연구기관	한국해양과학기술원
주요 서지 사항	<p>Microalgae are important primary producers in the marine environment, and are also important sources of health foods and medical products. Rapidly growing microalgae have potential use for the production of commercial products, but can also cause harmful microalgal blooms in natural ecosystems. There are many available techniques for the identification of microalgae in natural ecosystems. We used the mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I gene as DNA barcode to identify 14 species of microalgae from the South Sea of Korea and to discriminate among similar biogeographic subgroups within species. In addition, we designed species-specific primers targeting the cytochrome c oxidase subunit I gene to evaluate monthly changes of microalgae throughout the year. <i>Chaetoceros brevis</i>, <i>Asterionellopsis glacialis</i> and <i>Stephanopyxis turris</i> were present during all seasons, whereas <i>Skeletonema japonicum</i>, <i>Nitzschia improvisa</i>, <i>Ditylum brightwellii</i> and <i>Chaetoceros diadema</i> were only detected during winter and spring. Our results indicate that species-specific polymerase chain reaction of the cytochrome c oxidase subunit I gene can be used to monitor the seasonal dynamics of microalgae in the South Sea of Korea. This polymerase chain reaction detection method successfully identified the 14 most common species of microalgae with the same polymerase chain reaction condition near Tongyeong, in the South Sea of Korea.</p>
관련사진	 <p>The image shows the cover page of a journal article. At the top, there are logos for 'AQUATIC ECOSYSTEM HEALTH &amp; MANAGEMENT' and 'Taylor &amp; Francis'. The title is 'Monitoring the seasonal dynamics of microalgae in the South Sea of Korea by use of a cytochrome c oxidase I DNA barcode'. The authors listed are Mirye Park<sup>1,2</sup>, So Yun Park<sup>1</sup>, Jink Hwang<sup>1,2</sup>, Juyun Lee<sup>3</sup>, Seung Won Jung<sup>1,4</sup>, Youngjae Chung<sup>1</sup>, and Taek-Kyun Lee<sup>1,2,*</sup>. Below the authors, their affiliations are listed: <sup>1</sup>South Sea Environment Research Department, Korea Institute of Ocean Science &amp; Technology, Ulsan, 5050, Republic of Korea; <sup>2</sup>Marine Environmental Science, Korea University of Science and Technology, Daejeon 30535, Republic of Korea; <sup>3</sup>Research Strategy Team Korea Marine Environment Management Corporation, Insoo 55378, Republic of Korea; <sup>4</sup>Agency of Marine Science &amp; Technology, Korea Institute of Ocean Science &amp; Technology, Geoje 53578, Republic of Korea; <sup>5</sup>Department of Life Science and Biotechnology, Sanggyeung University, Busongju 28774, Republic of Korea. The abstract text is visible below the author information, starting with 'Microalgae are important primary producers in the marine environment, and are also important sources of health foods and medical products...'. The journal title 'AQUATIC ECOSYSTEM HEALTH &amp; MANAGEMENT' is at the bottom.</p>

번호	5
성과유형	SCI 논문
논문명	Mapping distribution of cysts of recent dinoflagellate and <i>Cochlodinium polykrikoides</i> using next-generation sequencing and morphological approaches in South Sea, Korea
연구기관	한국해양과학기술원

주요  
서지  
사항

The total dinoflagellate cyst community and the cysts of *Cochlodinium polykrikoides* in the surface sediments of South Sea (Tongyeong coast), South Korea, were analysed using next-generation sequencing (NGS) and morphological approaches. Dinoflagellate cysts can be highly abundant (111–4,087 cysts g<sup>-1</sup>dry weight) and have diverse species composition. A total of 35 taxa of dinoflagellate cysts representing 16 genera, 21 species (including four unconfirmed species), and 14 complex species were identified by NGS analysis. Cysts of *Scrippsiella* spp (mostly *Scrippsiella trochoidea*) were the most dominant and *Polykrikos schwartzii*, *Pentapharsodinium dalei*, *Ensiculifera carinata*, and *Alexandrium catenella/tamarense* were common. Thus, a combination of NGS and morphological analysis is effective for studying the cyst communities present in a given environment. Although *C. polykrikoides* developed massive blooms during 2013–2014, microscopy revealed low density of their cysts, whereas no cysts were detected by NGS. However, the vegetative *C. polykrikoides* not appeared during 2015–2017 in spite of the observation of *C. polykrikoides* cysts. This suggests that the *C. polykrikoides* blooms were not due to development of their cysts but to other factors such as currents transporting them to a marine environment suitable for their growth.



**OPEN** Mapping distribution of cysts of recent dinoflagellate and *Cochlodinium polykrikoides* using next-generation sequencing and morphological approaches in South Sea, Korea

Seung-Wan Kang<sup>1</sup>, Donghyun Kang<sup>1</sup>, Hyun-sung Kim<sup>1</sup>, Hyun-Ho Kim<sup>1</sup>, Joon Sang Park<sup>1</sup>, Seon-Ho Park<sup>1</sup> & Taek-Ryun Lee<sup>1</sup>

The total dinoflagellate cyst community and the cysts of *Cochlodinium polykrikoides* in the surface sediments of South Sea (Tongyeong coast), South Korea, were analysed using next-generation sequencing (NGS) and morphological approaches. Dinoflagellate cysts can be highly abundant (111–4,087 cysts g<sup>-1</sup> dry weight) and have diverse species composition. A total of 35 taxa of dinoflagellate cysts representing 16 genera, 21 species (including four unconfirmed species), and 14 complex species were identified by NGS analysis. Cysts of *Scrippsiella* spp (mostly *Scrippsiella trochoidea*) were the most dominant and *Polykrikos schwartzii*, *Pentapharsodinium dalei*, *Ensiculifera carinata*, and *Alexandrium catenella/tamarense* were common. Thus, a combination of NGS and morphological analysis is effective for studying the cyst communities present in a given environment. Although *C. polykrikoides* developed massive blooms during 2013–2014, microscopy revealed low density of their cysts, whereas no cysts were detected by NGS. However, the vegetative *C. polykrikoides* not appeared during 2015–2017 in spite of the observation of *C. polykrikoides* cysts. This suggests that the *C. polykrikoides* blooms were not due to development of their cysts but to other factors such as currents transporting them to a marine environment suitable for their growth.

**Additional Information**  
Supplementary information accompanies this paper at <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-018-25345-4>.

1. Kim, S. et al. Environmental DNA metabarcoding reveals high biodiversity in a species-rich coastal sea. *Sci. Rep.* 7, 46888 (2017).

2. Minoda, K. & Hase, M. Cloning and whole-genome sequencing of dinoflagellates. In *Molecular Cell Biology of Dinoflagellates* (eds. Lewis, J. M., Spector, T. & Bratley, J.) 305–330 (The Coastal Society, 2011).

3. Cho, H. I., Kim, S. H., Cho, S. H. & Hwang, K. H. Dinoflagellate cysts in marine sediments from the southern coastal waters of Korea. *Mar. Micropaleontol.* 32, 171–179 (2004).

4. Gao, S. C. *Dinoflagellate cysts: species and molecular evolution in the light of phylogenetics*. *Marine Microgeology* 17, 1–13 (2001).

5. Kang, S. W., Park, J. S., Kang, D. H., Kim, H. J. & Lee, T. R. Seasonal changes in water column and phytoplankton communities in the Western part of the South Korean Sea. *Environ. Biol. Fish.* 98, 1205–1213 (2015).

6. Kang, S. W., Kim, C. F., Lee, J. M. & Lee, J. H. Molecular changes in water column and phytoplankton communities in the Western part of the South Korean Sea. *Environ. Biol. Fish.* 98, 1205–1213 (2015).

7. Minoda, K., Gao, S. C., & Hase, M. *Dinoflagellate cysts: species and molecular evolution in the light of phylogenetics*. *Marine Microgeology* 17, 1–13 (2001).

8. Kang, S. W., Park, J. S., Kang, D. H., Kim, H. J., & Lee, T. R. Seasonal changes in water column and phytoplankton communities in the Western part of the South Korean Sea. *Environ. Biol. Fish.* 98, 1205–1213 (2015).

9. Kang, S. W., Kim, C. F., Lee, J. M. & Lee, J. H. Molecular changes in water column and phytoplankton communities in the Western part of the South Korean Sea. *Environ. Biol. Fish.* 98, 1205–1213 (2015).

10. Kang, S. W., Kim, C. F., Lee, J. M. & Lee, J. H. Molecular changes in water column and phytoplankton communities in the Western part of the South Korean Sea. *Environ. Biol. Fish.* 98, 1205–1213 (2015).

11. Minoda, K., Gao, S. C., & Hase, M. *Dinoflagellate cysts: species and molecular evolution in the light of phylogenetics*. *Marine Microgeology* 17, 1–13 (2001).

12. Kang, S. W., Park, J. S., Kang, D. H., Kim, H. J., & Lee, T. R. Seasonal changes in water column and phytoplankton communities in the Western part of the South Korean Sea. *Environ. Biol. Fish.* 98, 1205–1213 (2015).

13. Kang, S. W., Kim, C. F., Lee, J. M. & Lee, J. H. Molecular changes in water column and phytoplankton communities in the Western part of the South Korean Sea. *Environ. Biol. Fish.* 98, 1205–1213 (2015).

14. Kang, S. W., Kim, C. F., Lee, J. M. & Lee, J. H. Molecular changes in water column and phytoplankton communities in the Western part of the South Korean Sea. *Environ. Biol. Fish.* 98, 1205–1213 (2015).

15. Kang, S. W., Kim, C. F., Lee, J. M. & Lee, J. H. Molecular changes in water column and phytoplankton communities in the Western part of the South Korean Sea. *Environ. Biol. Fish.* 98, 1205–1213 (2015).

16. Kang, S. W., Kim, C. F., Lee, J. M. & Lee, J. H. Molecular changes in water column and phytoplankton communities in the Western part of the South Korean Sea. *Environ. Biol. Fish.* 98, 1205–1213 (2015).

17. Kang, S. W., Kim, C. F., Lee, J. M. & Lee, J. H. Molecular changes in water column and phytoplankton communities in the Western part of the South Korean Sea. *Environ. Biol. Fish.* 98, 1205–1213 (2015).

18. Kang, S. W., Kim, C. F., Lee, J. M. & Lee, J. H. Molecular changes in water column and phytoplankton communities in the Western part of the South Korean Sea. *Environ. Biol. Fish.* 98, 1205–1213 (2015).

19. Kang, S. W., Kim, C. F., Lee, J. M. & Lee, J. H. Molecular changes in water column and phytoplankton communities in the Western part of the South Korean Sea. *Environ. Biol. Fish.* 98, 1205–1213 (2015).

20. Kang, S. W., Kim, C. F., Lee, J. M. & Lee, J. H. Molecular changes in water column and phytoplankton communities in the Western part of the South Korean Sea. *Environ. Biol. Fish.* 98, 1205–1213 (2015).

번호	6
성과유형	SCI 논문
논문명	Grazing impact of the copepod <i>Calanus sinicus</i> on phytoplankton in the northern East China Sea in late spring
연구기관	한국해양과학기술원

주요  
서지  
사항

We investigated the feeding habits of four developmental stages of *Calanus sinicus* (copepodites at 4 to adults) in early June 2015 at 12 sampling stations along the southern coast of Korea to the northern East China Sea, to better understand the role of *C. sinicus* in controlling phytoplankton stocks. Ingestion rate, daily ration as body carbon, population ingestion rate, and grazing impact were estimated using the gut pigment method. The mean biomass of copepodites at stage 5 (CV) was the greatest (13.5 mgC m<sup>-3</sup>) and that of adult males was the lowest (0.7 mgC m<sup>-3</sup>). The ingestion rate per *C. sinicus* individual tended to increase with developmental stage, with the highest rate in adult females (519 ng chl ind<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>) and the lowest rate in copepodites at stage 4 (CIV; 305 ng chl ind<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>). A significant correlation was found between ingestion rate and temperature, but not salinity or chlorophyll-*a* concentration. The daily ration of *C. sinicus* as body carbon significantly decreased with increased body weight, with the highest value found in CIVs (66.4%) and the lowest value in adult males (30%). Despite the high ingestion rate of the adults, the mean grazing impact of *C. sinicus* on phytoplankton biomass, in terms of chlorophyll-*a* concentration, was the highest in CIVs (2.6%), followed by CIVs and adult females, and was the lowest in adult males (0.1%). The higher grazing impact of copepodites than adults underscores the importance of evaluating copepodite stages in the feeding studies of marine food webs.

관련사진

Ocean Sci. J. (2018) 53(2):225–237  
http://dx.doi.org/10.1007/s12601-018-0010-6

Available online at <http://link.springer.com>

Article

SpringerLink



### Grazing Impact of the Copepod *Calanus sinicus* on Phytoplankton in the Northern East China Sea in Late Spring

Garam Kim and Hyung-Ku Kang\*

Marine Ecosystem and Biological Research Center, KIOST, Busan 49111, Korea

Received 17 August 2017; Revised 18 October 2017; Accepted 3 December 2017  
© KSO, KIOST and Springer 2018

**Abstract** – We investigated the feeding habits of *Calanus sinicus* during its four developmental stages in copepodite 4 (CIV), copepodite 5 (CV), adult males and females in early June 2015 at 12 sampling stations along the southern coast of Korea to the northern East China Sea, to better understand the role of *C. sinicus* in controlling phytoplankton stocks. Ingestion rate, daily ration as body carbon, population ingestion rate, and grazing impact were estimated using the gut pigment method. The mean biomass of CVs was the greatest (13.5 mgC m<sup>-3</sup>) and that of adult males was the lowest (0.7 mgC m<sup>-3</sup>). The ingestion rate per *C. sinicus* individual tended to increase with developmental stage, with the highest rate in adult females (519 ng chl ind<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) and the lowest rate in CIVs (305 ng chl ind<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>). A significant correlation was found between ingestion rate and temperature, but not salinity or chlorophyll-*a* concentration. The daily ration of *C. sinicus* as body carbon significantly decreased with increased body weight, with the highest value found in CIVs (66.4%) and the lowest value in adult males (30%). Despite the high ingestion rate of the adults, the mean grazing impact of *C. sinicus* on phytoplankton biomass, in terms of chlorophyll-*a* concentration, was the highest in CIVs (2.6%), followed by CIVs and adult females, and was the lowest in adult males (0.1%). The higher grazing impact of copepodites than adults underscores the importance of evaluating copepodite stages in the feeding studies of marine food webs.

**Keywords** – copepod, *Calanus sinicus*, copepodite, ingestion rate, daily ration, grazing impact, gut pigment method, phytoplankton

#### 1. Introduction

Mesozooplankton, including copepods, play an important role in marine food webs as a link between predators at higher trophic levels and primary producers (Kiørboe 1997; Turner 2002). They serve as a crucial food source for pelagic

fish, and as intensive grazers that control the amount and structure of standing stocks of phytoplankton. Mesozooplankton also have a substantial influence on energy transfer and biochemical cycling in marine food webs, because they regenerate nutrients and bring them to deeper waters in their habitats (Ittekkk et al. 2004; Calbet 2008). Measuring zooplankton feeding to quantify trophic relationships and interactions between zooplankton and phytoplankton are required to better understand marine food web characteristics (Range 1980).

The northern East China Sea encompasses an area from the Changjiang River estuary to the edge of the southern sea of Korea. This area has a large continental shelf that grows steadily deeper from the Changjiang River estuary to the southeastern sea of Jeju Island, and a continental slope toward the east. This area has a complex current circulation system due to various influential currents such as the Tsushima Warm Current, Taiwan Warm Current, Yellow Sea Coastal Current, and Changjiang diluted water (Choi et al. 2010). This complicated environment provides abundant fishery resources. The northern East China Sea plays a role as a spawning ground for several commercially important species for the Korean fishery industry such as anchovies and herring (Kim et al. 2005).

*Calanus sinicus* is a warm-temperate coastal copepod that is widely distributed throughout the northern Pacific Ocean (Aron 1977). They are abundant in the Inland Sea of Japan, Bohai Sea, Yellow Sea, and East China Sea, and are an important food item for larval fish and pelagic fish such as sardines and anchovies (Zhu et al. 1990). *C. sinicus* occurs year-round in these habitats, with large seasonal fluctuations in density. They dominate the zooplankton community in

50 µg C L<sup>-1</sup>), and 22–25% of prey even in non-oligotrophic seas (Calbet and Saiz 2005). Microzooplankton made up more than 70% of the total carbon ration ingested by *A. boeckii* throughout the year in Gyeonggi Bay, Yellow Sea, except during the winter diatom bloom periods (Yang et al. 2010). *C. sinicus* is known to actively feed on non-phytoplankton prey. Heterotrophic protozoa made up 42.9–86.7% of the total carbon rations ingested by *C. sinicus* in the East Japan Sea in August (Yang et al. 2009), and 16% of the gut content weight of *C. sinicus* in the Bohai Sea in summer was ciliates and flagellates (Yang 1997). Therefore, feeding on protozoa may decrease the grazing impact of copepods on phytoplankton stocks, depending on the amount and composition of phytoplankton in their habitats.

We found differences in the grazing impacts on phytoplankton among the *C. sinicus* developmental stages in this study. The grazing impact of CVs was the highest despite their mediocre ingestion rate and daily ration, due to their 5–19-fold higher biomass than the other developmental stages. This result confirms that ingestion rates among the different developmental stages are not identical, and the feeding patterns of certain earlier developmental stages are more influential than those of adults.

#### 5. Conclusions

This study evaluated the ingestion rate, daily ration, population ingestion rate, and grazing impact of *C. sinicus* by developmental stage (CIV to adults) in the northern East China Sea in late spring, using the gut pigment method. The results demonstrated the differences in feeding habits among developmental stages within a species, compared to previous studies that focused on the adult stage. The ingestion rate of *C. sinicus* individuals in this study tended to increase with development. The ingestion rate of *C. sinicus* in our study area was higher than that in the Yellow Sea. This may be because the amount phytoplankton of a size edible by *C. sinicus* in the study area in late spring was larger than the amount in other seas. In contrast to the ingestion rate, the daily ration of *C. sinicus* as body carbon significantly decreased with increased body weight. The population ingestion rate and the grazing impact of *C. sinicus* on phytoplankton stocks was the highest in CVs, rather than in adults or CIVs. This study suggests the importance of the copepodite stages in estimating feeding rates for better understanding the feeding habits of copepods in marine food webs.

#### Acknowledgements

We are grateful to the captain and crew of the R/V *Onuri* for their help in the cruise. We also thank Dr. JH Kang and JH Noh for sampling assistance and chlorophyll-*a* data, respectively. This research was a part of the project titled “Establishment and demonstration of red tide detection and prediction system for minimizing red tide damage” funded by the Ministry of Oceans and Fisheries, Korea (PM60650) and the KIOST project (PE99628).

#### References

- Aflan A, Lee JB, Kim JT, Choi YC, Kim JM, Myoung JG (2007) Seasonal dynamics of phytoplankton and environmental factors around the Chagwi-do off the West Coast of Jeju Island, Korea. *Ocean Sci J* 42(2):117–127
- Aron (1977) Study on plankton in China Seas. In: Aron (ed) Scientific reports of ‘Comprehensive oceanography expedition in China seas’. Ocean Res Off Press, Tianjin, pp 1–159 (in Chinese)
- Atkinson A (1996) Subantarctic copepods in an oceanic, low chlorophyll environment: ciliate predation, food selectivity and impact on prey populations. *Mar Ecol-Prog Ser* 130:85–96
- Båmstedt U, Eilertsen HC, Tande KS, Skjoldal HR (1991) Copepod grazing and its potential impact on the phytoplankton development in the Barents Sea. *Polar Res* 10(2):339–354
- Båmstedt U, Gifford D, Irigoien X, Atkinson A, Roman M (2000) Feeding. In: Harris RP, Wiebe PH, Lutz J, Skjoldal HR, Huntley M (eds) ICES zooplankton methodology manual. Academic Press, San Diego, pp 297–399
- Baustista B, Harris R (1992) Copepod gut contents, ingestion rates and grazing impact on phytoplankton in relation to size structure of zooplankton and phytoplankton during a spring bloom. *Mar Ecol-Prog Ser* 82(1):41–50
- Calbet JA, Alvarez-Mangalán F, Acosta JL, Quevedo M, González-Quiñón R, Huskin I, Fernández D, del Valle CR, Anadón R (2002) Mesozooplankton distribution and grazing during the productive season in the Northwest Antarctic Peninsula (FRUELA cruise). *Deep-Sea Res Pt II* 49(4):869–882
- Calbet A (2008) The trophic roles of mesozooplankton in marine systems. *ICES J Mar Sci* 65(3):325–331
- Calbet A, Saz E (2005) The ciliate-copepod link in marine ecosystems. *Aquat Microb Ecol* 38(2):157–167
- Chen M, Liu H, Song S, Sun J (2015) Size-structural mesozooplankton biomass and grazing impact on phytoplankton in northern South China Sea during four seasons. *Deep-Sea Res Pt II* 117:108–118
- Chen MR, Ka S, Hwang JS (2010) Diet of the copepod *Calanus*

\*Corresponding author. E-mail: [Lmp64@kio.ac.kr](mailto:Lmp64@kio.ac.kr)



번호	7
성과유형	SCI 논문
논문명	High-frequency acoustic backscattering characteristics for acoustic detection of the red tide species <i>Akashiwo sanguinea</i> and <i>Alexandrium affine</i>
연구기관	한국해양과학기술원

주요  
서지  
사항

Harmful algal blooms (HABs), caused by the overgrowth of certain phytoplankton species, have negative effects on marine environments and coastal fisheries. In addition to cell-counting methods using phytoplankton nets, a hydroacoustic technique based on acoustic backscattering has been proposed for the detection of phytoplankton blooms. However, little is known of the acoustic properties of HAB species. In this study, as essential data to support this technique, we measured the acoustic properties of two HAB species, *Akashiwo sanguinea* and *Alexandrium affine*, which occur in the South Sea off the coast of Korea. Due to the small size of the target, we used ultrasound for the measurements. Experiments were conducted under laboratory and field conditions. In the laboratory experiment, the acoustic signal received from each species was directly proportional to the cell abundance. We derived a relationship between the cell abundance and acoustic signal received for each species. The measured signals were compared to predictions of a fluid sphere scattering model. When *A. sanguinea* blooms appeared at an abundance greater than 3,500 cells mL<sup>-1</sup>, the acoustic signals varied with cell abundance, showing a good correlation. These results confirm that acoustic measurements can be used to detect HAB species.

관련사진

Journal of Oceanology and Limnology  
<https://doi.org/10.1007/s00343-019-0113-1>

### High-frequency acoustic backscattering characteristics for acoustic detection of the red tide species *Akashiwo sanguinea* and *Alexandrium affine*

KIM Hansoo<sup>1</sup>, KANG Donghyun<sup>2</sup>, JUNG Seung Won<sup>3</sup>, KIM Mira<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Maritime Security and Safety Research Center, Korea Institute of Ocean Science & Technology (KIOST), Busan 49111, Korea  
<sup>2</sup>Department of Ocean System Engineering, Ajou National University, Ajou 32434, Korea  
<sup>3</sup>Library of Marine Samples, Korea Institute of Ocean Science & Technology (KIOST), Daejeon 33530, Korea

Received Apr. 30, 2018; accepted in principle Jul. 19, 2018; accepted for publication Sep. 21, 2018  
 © Chinese Society for Oceanology and Limnology, Science Press and Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2019

**Abstract** Harmful algal blooms (HABs), caused by the overgrowth of certain phytoplankton species, have negative effects on marine environments and coastal fisheries. In addition to cell-counting methods using phytoplankton nets, a hydroacoustic technique based on acoustic backscattering has been proposed for the detection of phytoplankton blooms. However, little is known of the acoustic properties of HAB species. In this study, as essential data to support this technique, we measured the acoustic properties of two HAB species, *Akashiwo sanguinea* and *Alexandrium affine*, which occur in the South Sea off the coast of Korea. Due to the small size of the target, we used ultrasound for the measurements. Experiments were conducted under laboratory and field conditions. In the laboratory experiment, the acoustic signal received from each species was directly proportional to the cell abundance. We derived a relationship between the cell abundance and acoustic signal received for each species. The measured signals were compared to predictions of a fluid sphere scattering model. When *A. sanguinea* blooms appeared at an abundance greater than 3 500 cells mL<sup>-1</sup>, the acoustic signals varied with cell abundance, showing a good correlation. These results confirm that acoustic measurements can be used to detect HAB species.

**Keyword** acoustic backscattering, *Akashiwo sanguinea*, *Alexandrium affine*, fluid-sphere scattering model, harmful algal blooms (HABs), red tide

#### 1 INTRODUCTION

Harmful algal blooms (HABs, also called red tides) result from the rapid and excessive growth of phytoplankton (Rhodes et al., 2001; Jeong and An, 2011; Kudva and Gobler, 2012). These events have major impacts on coastal marine ecology, fisheries, and living marine resources (Low and Low, 2006; Rabalais et al., 2009; Kim, 2010). The dinoflagellates *Akashiwo sanguinea* and *Alexandrium affine* are the most common HAB species worldwide (Swadlow and Tangen, 1997; Wang et al., 2001; Lee et al., 2005), and can be found in the South Sea off the coast of Korea and in the Ariake Sea off the coast of Japan (Lee et al., 2005; Lim et al., 2008; Katano et al., 2011). *Akashiwo sanguinea* is a cosmopolitan HAB species that is found frequently in oceans from temperate to tropical waters and can pose a severe

threat to fish, shellfish, and sea birds (Swadlow and Tangen, 1997; Tang and Gobler, 2015). *Alexandrium affine* is a potentially toxic phytoplankton that can cause poisoning (Anderson, 1998; Nguyen-Ngoc, 2004; Kim et al., 2016). Damage and illness caused by *A. sanguinea* and *A. affine* have occurred every year in Korea, Northeast Asia, as well as other locations worldwide (Jeung et al., 2009; Lee et al., 2016). To prevent ecosystem damage caused by HABs, forecasting and detecting the occurrence of HABs as early as possible are necessary.

Previous studies of HABs have used various techniques, including visual observation, seawater sampling to count organisms, and satellite observation (Ahn et al., 2003). However, these methods are

\*Corresponding author: shwang@kiostr.ac.kr

8

J. OCEANOLOG. LIMNOL.

#### 5 CONCLUSION

In this study, we explored the high-frequency acoustic backscattering characteristics of two HAB species, *A. sanguinea* and *A. affine*, which occur in the South Sea off the coast of Korea. Due to the small size of the target, we used ultrasound for the measurements. Experiments were conducted under laboratory and field conditions. In the laboratory experiment, the acoustic signal received from each species was directly proportional to the cell abundance. We derived a relationship between the cell abundance and acoustic signal received for each species. The measured signals were compared to predictions of a fluid sphere scattering model. When *A. sanguinea* blooms appeared at an abundance greater than 3 500 cells mL<sup>-1</sup>, the acoustic signals varied with cell abundance, showing a good correlation. These results confirmed that acoustic measurements could be used to detect HABs. Our findings contribute to our understanding of the HAB acoustic properties. In future studies, we will clarify the vertical migration of HAB species by measuring acoustic signals at multiple depths, including at the surface, middle, and bottom of the water column.

#### 6 DATA AVAILABILITY STATEMENT

The datasets generated and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

#### 7 ACKNOWLEDGMENT

This research was a part of the project titled "Establishment and demonstration of red tide detection and prediction system for minimizing red tide damage" funded by the Ministry of Ocean and Fisheries, Korea (PM61410). The authors thank Hyun Jung Kim, Junsu Kang, and Hye Jung Han for their help in the laboratory and field data acquisition. Especially, we are grateful to Mr. Byoung-Kwon Kim for technical assistance in acoustic sensing system integration.

#### References

Ahn YH, Shimamura P, Chang KI, Moon JE, Ryu JH. 2005. Spatial and temporal aspects of phytoplankton blooms in complex ecosystems off the Korean coast from satellite ocean color observations. *Ocean Sci J*, 46(2): 67-71.  
 Anderson D M. 1998. Physiology and bloom dynamics of toxic *Alexandrium* species, with emphasis on life cycle transitions. *In*: Anderson D M, Cembella A D, Hallegraeff

G M eds. *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*. Springer, Berlin Heidelberg p.29-48.  
 Anglin S, Avila A, Gatoño E, Masó M, Basterrechea O. 2008. High-resolution spatio-temporal distribution of a coastal phytoplankton bloom using laser in situ scattering and transmission (LISST). *Remote Sens*, 1(3): 808-816.  
 Badyala S, Phlips E J, Madhous A L, Kelley K. 2014. *Akashiwo sanguinea* (Dinophyceae) entraining mucous from pores on the cell surface. *Algal*, 2(3): 197-201.  
 Bih T H, Pang D G, Kim E, Ha J, Kang D. 2010. Ultrasound backscattered power from *Cochlodinium polykrikoides*, the main red tide species in the Southern Sea of Korea. *J. Plankton Res*, 32(4): 503-514.  
 Crawford G B, Farmer D M. 1987. On the spatial distribution of ocean pollution. *J. Geophys. Res*, 92(B): 233-8. 243.  
 Epply R W, Holman R W, Stockdale J D H. 1967. Sinking rates of marine phytoplankton measured with a fluorometer. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 1(2): 191-208.  
 Guillard R R L. 1975. Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. *In*: Smith W L, Chanley M F eds. *Culture of Marine Invertebrate Animals*. Springer, Boston, MA, p.29-60.  
 Jeong S O, An G H. 2011. The fluctuations of *Cochlodinium polykrikoides* blooms in coastal waters of Korea. *In*: Proceedings of the Korean Society of Environmental and Ecology Conference. Daejeon University, Daejeon, p.57-58.  
 Jeong D A, Miller M A, Ryan J P, Nevins H M, Kerkering H A, Madoni A, Chase D R, Johnson T A, Kudva R M. 2009. Mass stranding of marine birds caused by a surfactant-producing red tide. *PLoS One*, 4(2): e4550.  
 Johnson R K. 1977. Sonar scattering from a fluid sphere revisited. *J. Acoust. Soc. Am.*, 61(2): 373-377.  
 Kawan T, Yoshida M, Yamaguchi S, Hanada T, Yoshida K, Hayano Y. 2011. Diel vertical migration and cell division of bloom-forming dinoflagellate *Akashiwo sanguinea* in the Ariake Sea, Japan. *Plankton Res*, 33(2): 92-100.  
 Kim E, Lee H, Noh J, Cho J W, Kang D. 2010. 5-MHz acoustic backscatter measurements of *Cochlodinium polykrikoides* blooms in Korean coastal waters. *KCS J. Mar. Sci.*, 67(8): 1759-1765.  
 Kim H, Bih T H, Pang D G, Kim J, Nam K H, Lee J B, Shah M M R. 2017. Mobility of amphipods *Corophium* Hallowell measured by high-frequency ultrasound. *J. Acoust. Soc. Am.*, 141(4): 395-E340.  
 Kim H, Kang D, Jung S W. 2018. Development and application of an acoustic system for harmful algal blooms (HABs, red tide) detection using an ultrasonic digital sensor. *Ocean Sci J*, 58(1): 91-99.  
 Kim H G. 2005. Harmful Algal Blooms in the Sea. Daem Publishing Co., Seoul, 467p.  
 Kim H G. 2010. An overview on the occurrences of harmful algal blooms (HABs) and mitigation strategies in Korean coastal waters. *In*: Ishizatsu A, Liu H J eds. *Cosual Environmental and Ecosystem Issues of the East China Sea*. TERRAPUB and Nagasaki University, Tokyo, p.121-131.

번호	8
성과유형	비SCI 논문
논문명	Chlorophyll-a 연속 관측 변화 패턴에 따른 식물플랑크톤 군집 변화 분석
연구기관	한국해양과학기술원

주요  
서지  
사항

통영 연안 해역에서 chlorophyll-a 농도 변화 패턴과 그에 따른 식물플랑크톤 군집 변동은 파악하기 위해 62일간 연속 관측(2017년 7월 29일~9월 28일) 및 주 1~2회의 주기적인 식물플랑크톤 군집 분석을 실시하였다. 조사기간 동안 chlorophyll-a 농도가 증감하는 변화가 3회 발생하였다. 첫 번째 chlorophyll-a 농도 변화(8월 6일~14일)에서는 14~16시 급격한 증가가 반복적으로 나타났으며, 이는 식물플랑크톤 군집 중 최우점종으로 출현한 와편모조류 *Alexandrium affine*의 일주수직운동에 의한 결과이다. 두 번째(8월 24일~30일) 및 세 번째(9월 12일~17일) 변화는 *Chaetoceros curvisetus*, *Skeletonema marinoi-dohrnii* complex 등의 규조류에 의해 증가하였으며, 이때 규조류는 event 1의 *A. affine*의 14~16시에 급격한 증가와 달리 특정 시간에 관계없이 증가하였다. 또한 실시간 chlorophyll-a 농도의 연속 관측을 통해 *A. affine*의 일주수직운동 및 특징적인 chlorophyll-a 농도 변화 양상을 찾아냈으며, 3회의 chlorophyll-a 농도에 대한 변화는 7~12일의 간격을 두고 증가하였다.

관련사진

한국해양연구원 - 해외지부  
J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy  
1588-291, No. 2, 2017, 118, 119p, 2018

https://doi.org/10.7746/JKME.2018.21.2.117  
ISSN 2288-6886(Print) / ISSN 2288-681X(Online)

Original Article

Chlorophyll-a 연속 관측 변화 패턴에 따른 식물플랑크톤 군집 변화 분석

원예정<sup>1</sup>, 강준수<sup>2</sup>, 김형성<sup>3</sup>, 강동혁<sup>4</sup>, 정승환<sup>5</sup>  
한국해양과학기술원 해양정보시스템  
국립해양조사원 해양정보국  
한국해양과학기술원 해양정보국

Analysis of Phytoplankton Community Change According to Continuous Observation Pattern of Chlorophyll-a Concentration

Hye-Jung Kim<sup>1</sup>, Jun-su Kang<sup>2</sup>, Hyeung-seung Kim<sup>3</sup>, Dong-hyeok Kang<sup>4</sup>, and Seung-won Jung<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>Library of Marine Samples, Korea Institute of Ocean Science & Technology, Gejeo 33331, Korea  
<sup>2</sup>Department of Oceanography, College of Environmental and Marine Science and Technology, Pohang National University, Pohang 41301, Korea  
<sup>3</sup>Korea Research Institute of Coastal and Estuarine Science, P.O. Box 107, Yusong, Taejeon 30538, Korea

요약

통영 연안 해역에서 chlorophyll-a 농도 변화 패턴과 그에 따른 식물플랑크톤 군집 변동은 파악하기 위해 62일간 연속 관측(2017년 7월 29일~9월 28일) 및 주 1~2회의 주기적인 식물플랑크톤 군집 분석을 실시하였다. 조사기간 동안 chlorophyll-a 농도가 증감하는 변화가 3회 발생하였다. 첫 번째 chlorophyll-a 농도 변화(8월 6일~14일)에서는 14~16시 급격한 증가가 반복적으로 나타났으며, 이는 식물플랑크톤 군집 중 최우점종으로 출현한 와편모조류 *Alexandrium affine*의 일주수직운동에 의한 결과이다. 두 번째(8월 24일~30일) 및 세 번째(9월 12일~17일) 변화는 *Chaetoceros curvisetus*, *Skeletonema marinoi-dohrnii* complex 등의 규조류에 의해 증가하였으며, 이때 규조류는 event 1의 *A. affine*의 14~16시에 급격한 증가와 달리 특정 시간에 관계없이 증가하였다. 또한 실시간 chlorophyll-a 농도의 연속 관측을 통해 *A. affine*의 일주수직운동 및 특징적인 chlorophyll-a 농도 변화 양상을 찾아냈으며, 3회의 chlorophyll-a 농도에 대한 변화는 7~12일의 간격을 두고 증가하였다.

Abstract - To understand the changes in chlorophyll-a concentration and phytoplankton community in Tongyeong coastal waters, Korea, we continuously measured chlorophyll-a concentrations using a fluorometric sensor from July 29 to September 28, 2017(62 days). Furthermore, phytoplankton analyses were conducted periodically to monitor changes in dominant species affected by variations in chlorophyll-a concentrations. In the present study, chlorophyll-a concentration increased rapidly three times(event 1-3). During the first event(August 6 to 14), rapid and repeated increases in chlorophyll-a concentration during every 14:00 to 16:00 pm were the result of the diel vertical migration of *Alexandrium affine* the dominant species during the event. The second and third events occurred from August 24 to 30 and September 12 to 17, respectively. During these events, increases in chlorophyll-a concentrations were caused by diatoms(*Chaetoceros curvisetus*, *Skeletonema marinoi-dohrnii* complex, etc.). Unlike event 1, we did not observe any characteristic changes such as vertical migration of *A. affine* during these events. Therefore, the continuous monitoring of chlorophyll-a concentrations using a real-time detection device, such as a fluorometric sensor, is necessary and important because of the variations that occur in chlorophyll-a concentration and phytoplankton community in the estuary.

Keywords: Tongyeong coastal waters, continuous monitoring, diatoms, *Alexandrium affine*, chlorophyll-a concentration, diel vertical migration, phytoplankton community, diatoms, *Chaetoceros curvisetus*, *Skeletonema marinoi-dohrnii* complex

Corresponding author: E-mail: hkim@kioos.ac.kr

Chlorophyll-a 연속 관측 변화 패턴에 따른 식물플랑크톤 군집 변화 분석

원예정<sup>1</sup>, 강준수<sup>2</sup>, 김형성<sup>3</sup>, 강동혁<sup>4</sup>, 정승환<sup>5</sup>  
한국해양과학기술원 해양정보시스템  
국립해양조사원 해양정보국  
한국해양과학기술원 해양정보국

Analysis of Phytoplankton Community Change According to Continuous Observation Pattern of Chlorophyll-a Concentration

Hye-Jung Kim<sup>1</sup>, Jun-su Kang<sup>2</sup>, Hyeung-seung Kim<sup>3</sup>, Dong-hyeok Kang<sup>4</sup>, and Seung-won Jung<sup>5</sup>  
<sup>1</sup>Library of Marine Samples, Korea Institute of Ocean Science & Technology, Gejeo 33331, Korea  
<sup>2</sup>Department of Oceanography, College of Environmental and Marine Science and Technology, Pohang National University, Pohang 41301, Korea  
<sup>3</sup>Korea Research Institute of Coastal and Estuarine Science, P.O. Box 107, Yusong, Taejeon 30538, Korea

요약

통영 연안 해역에서 chlorophyll-a 농도 변화 패턴과 그에 따른 식물플랑크톤 군집 변동은 파악하기 위해 62일간 연속 관측(2017년 7월 29일~9월 28일) 및 주 1~2회의 주기적인 식물플랑크톤 군집 분석을 실시하였다. 조사기간 동안 chlorophyll-a 농도가 증감하는 변화가 3회 발생하였다. 첫 번째 chlorophyll-a 농도 변화(8월 6일~14일)에서는 14~16시 급격한 증가가 반복적으로 나타났으며, 이는 식물플랑크톤 군집 중 최우점종으로 출현한 와편모조류 *Alexandrium affine*의 일주수직운동에 의한 결과이다. 두 번째(8월 24일~30일) 및 세 번째(9월 12일~17일) 변화는 *Chaetoceros curvisetus*, *Skeletonema marinoi-dohrnii* complex 등의 규조류에 의해 증가하였으며, 이때 규조류는 event 1의 *A. affine*의 14~16시에 급격한 증가와 달리 특정 시간에 관계없이 증가하였다. 또한 실시간 chlorophyll-a 농도의 연속 관측을 통해 *A. affine*의 일주수직운동 및 특징적인 chlorophyll-a 농도 변화 양상을 찾아냈으며, 3회의 chlorophyll-a 농도에 대한 변화는 7~12일의 간격을 두고 증가하였다.

Abstract - To understand the changes in chlorophyll-a concentration and phytoplankton community in Tongyeong coastal waters, Korea, we continuously measured chlorophyll-a concentrations using a fluorometric sensor from July 29 to September 28, 2017(62 days). Furthermore, phytoplankton analyses were conducted periodically to monitor changes in dominant species affected by variations in chlorophyll-a concentrations. In the present study, chlorophyll-a concentration increased rapidly three times(event 1-3). During the first event(August 6 to 14), rapid and repeated increases in chlorophyll-a concentration during every 14:00 to 16:00 pm were the result of the diel vertical migration of *Alexandrium affine* the dominant species during the event. The second and third events occurred from August 24 to 30 and September 12 to 17, respectively. During these events, increases in chlorophyll-a concentrations were caused by diatoms(*Chaetoceros curvisetus*, *Skeletonema marinoi-dohrnii* complex, etc.). Unlike event 1, we did not observe any characteristic changes such as vertical migration of *A. affine* during these events. Therefore, the continuous monitoring of chlorophyll-a concentrations using a real-time detection device, such as a fluorometric sensor, is necessary and important because of the variations that occur in chlorophyll-a concentration and phytoplankton community in the estuary.

Keywords: Tongyeong coastal waters, continuous monitoring, diatoms, *Alexandrium affine*, chlorophyll-a concentration, diel vertical migration, phytoplankton community, diatoms, *Chaetoceros curvisetus*, *Skeletonema marinoi-dohrnii* complex

Corresponding author: E-mail: hkim@kioos.ac.kr

번호	9
성과유형	비SCI 논문
논문명	로지스틱 회귀모형과 의사결정나무모형을 이용한 <i>Cochlodinium polykrikoides</i> 적조 탐지 기법 연구
연구기관	부경대학교

주요  
서지  
사항

본 연구에서는 기계학습 기법의 한 갈래인 로지스틱 회귀모형과 의사결정나무 모형을 이용하여 인공위성영상에서 *Cochlodinium polykrikoides* 적조 픽셀을 탐지하는 방법을 제안한다. 학습자료로 적조, 청수, 탁수 해역에서 추출된 수출광량 분광 프로파일(918개)을 활용하였다. 전체 데이터셋의 70%를 추출하여 모형 학습에 활용하였으며, 나머지 30%를 이용하여 모형의 분류 정확도를 평가하였다. 정확도 평가 결과 로지스틱 회귀모형은 약 97%의 분류 정확도를 보였으며, 의사결정나무 모형은 약 86%의 분류 정확도를 보였다.

관련사진

### 로지스틱 회귀모형과 의사결정나무 모형을 이용한 *Cochlodinium polykrikoides* 적조 탐지 기법 연구

박수호\* · 김홍민\* · 김병규\* · 황도현\* · 영호자리갈 윤자야\* · 손홍주\*

Study on Detection Technique for *Cochlodinium polykrikoides* Red tide using Logistic Regression Model and Decision Tree Model

Su-Ho Bak\* · Heung-Min Kim\* · Bum-Kyu Kim\* · Do-Hyun Hwang\* · Inghjargal Umuzya\* · Hong-Joo Yoon\*

요약

본 연구에서는 기계학습 기법의 한 갈래인 로지스틱 회귀모형과 의사결정나무 모형을 이용하여 인공위성 영상에서 *Cochlodinium polykrikoides* 적조 픽셀을 탐지하는 방법을 제안한다. 학습자료로 적조, 청수, 탁수 해역에서 추출된 수출광량 분광 프로파일(918개)을 활용하였다. 전체 데이터셋의 70%를 추출하여 모형 학습에 활용하였으며, 나머지 30%를 이용하여 모형의 분류 정확도를 평가하였다. 정확도 평가 결과 로지스틱 회귀모형은 약 97%의 분류 정확도를 보였으며, 의사결정나무 모형은 약 86%의 분류 정확도를 보였다.

#### ABSTRACT

This study propose a new method to detect *Cochlodinium polykrikoides* on satellite images using logistic regression and decision tree. We used spectral profiles(918) extracted from red tide, clear water and turbid water as training data. In 70% of the entire data set was extracted and used for model training, and the classification accuracy of the model was evaluated by using the remaining 30%. As a result of the accuracy evaluation, the logistic regression model showed about 97% classification accuracy, and the decision tree model showed about 86% classification accuracy.

#### 키워드

Red Tide, Ocean Color Remote Sensing, COMS/GOCE Decision Tree, Machine Learning 적조, 해수색 원격 탐사, 광시 레도 해석 위성, 로지스틱 회귀모형, 의사 결정 나무, 기계 학습

#### 1. 서론

로 해수가 붉게 변색되는 현상이다. 최근 연구결과 해수의 색을 변화시키지 않는 빛은 생물밀도에서 어떤

적조현상은 해양에서 식물 플랑크톤의 대량 증식으

\*부경대 학교 지구환경시스템과학부 \* Received : May 01, 0000, Revised : July 01, 0000, Accepted : July 01, 0000

\* Corresponding Author : hngjoo.yoon@bju.ac.kr

Division of Earth Environmental System Science Major of Spatial Information Engineering, Pukyong National University,

Email : yoon@seu.ac.kr

원주 : 0000-0000-0000

수정확정일 : 0000-00-00

게재확정일 : 0000-00-00

로지스틱 회귀모형에 비해 높은 분류 오류를 지닌 것으로 판단된다. 이를 해결하기 위해서는 정규화 수출광량에 비해 관련성 큰 분산 파이가 큰 변수를 사용해야 하며, 본 연구에서는 밴드 간 비율을 추가로 사용하여 모형을 생성하였다. 그 결과 기존 모형에 비해 정확도 향상을 확인할 수 있었으며, 청수와 적조 픽셀 간의 분류 오류도 개선되었다.

#### 감사의 글

위 논문은 "2018년 한국원자통신학회 봄학술대회 우수논문"입니다.  
본 논문은 2018년 해양수산부 과제로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임  
(\*의뢰기관: 과외와를 위한 적조탐지-예측 시스템 구축 및 실증화, 17M60660)

#### References

- [1] D. Anderson, P. Anderson, V. Brčić, J. Cullen, and J. Rensel, *Monitoring and Management Strategies for Harmful Algal Blooms in Coastal Waters*. Paris: Intergovernmental Oceanographic Commission Technical Series, 2001.
- [2] H. Kim, Harmful Algal Blooms in the Sea, Busan: Daem, 2003.
- [3] Y. Yoon, Sea rebellion, Red tide, Daju: lipmoonang, 2012.
- [4] Y. Kim, Y. Byun, Y. Huh, and Y. Yu, "Detection of *Cochlodinium polykrikoides* Red Tide Using MODIS Level 2 Data in Coastal Waters," *Korean Society of Civil Engineers Journal of Civil Engineering*, vol. 27, no. 4D, 2007, pp. 535-540.
- [5] Y. Ahn, J. Moon, W. Seo, and H. Yoon, "Inherent Optical Properties of Red Tide Algal for Ocean Color Remote Sensing Application," *J. of the Korean Society for Marine Environmental Engineering*, vol. 12, no. 1, 2009, pp. 47-54.
- [6] R. Stumpf, M. Culver, P. Tester, M. Tomlinson, G. Kirkpatrick, B. Pedersen, E.

Truby, V. Bansibrabhusankul, and M. Soracco, "Monitoring *Karenia brevis* blooms in the Gulf of Mexico using satellite ocean color imagery and other data," *Harmful Algae*, vol. 2, no. 2, 2003, pp. 147-160.

[7] M. Tomlinson, R. Stumpf, V. Bansibrabhusankul, E. Truby, G. Kirkpatrick, B. Pedersen, G. Vargo, and C. Hall, "Evaluation of the use of SeaWiFS imagery for detecting *Karenia brevis* harmful algal blooms in the eastern Gulf of Mexico," *Remote Sensing of Environment*, vol. 91, no. 3, 2004, pp. 283-303.

[8] Y. Suh, L. Jang, N. Lee, and J. Ishizaka, "Feasibility of Red Tide Detection Around Korean Waters Using Satellite Remote Sensing," *J. of Fisheries Science and Technology*, vol. 77, no. 3, 2004, pp. 148-162.

[9] J. Ishizaka, Y. Kitano, Y. Urabe, H. Sasaki, A. Tanaka, H. Murakami, T. Suzuki, K. Matsuoka, and H. Nakata, "Satellite Detection of Red Tide in Ariake Sound, 1998-2001," *J. of Oceanography*, vol. 62, no. 1, 2006, pp. 37-45.

[10] Y. Son, Y. Kang, and J. Ryu, "Monitoring Red Tide in South Sea of Korea(SSK) Using the Geostationary Ocean Color Imager(GOCI)," *Korean J. of Remote Sensing*, vol. 26, no. 3, 2012, pp. 531-548.

[11] Y. Ahn and P. Scharnngang, "Detecting the red tide algal bloom from satellite ocean color observations in optically complex Northeast-Asia Coastal waters," *Remote Sensing of Environment*, vol. 103, no. 4, 2006, pp. 494-507.

[12] Y. Son, J. Ishizaka, J. Jeong, H. Kim, and T. Lee, "Cochlodinium polykrikoides red tide detection in the South Sea of Korea using spectral classification of MODIS data," *Ocean Science Journal*, vol. 46, no. 4, 2011, pp. 239-253.

[13] S. Bak, H. Kim, D. H. Hwang, H. Yoon, and W. Seo, "Detection technique of Red Tide Using GOCI Level 2 Data," *Korean J. Remote Sensing*, vol. 32, no. 6, 2016, pp. 673-679.

[14] S. Bak, H. Kim, D. Hwang, S. Oh, and H. Yoon, "Red Tide Detection Technique by Using Multi-temporal GOCI Level 2 Data,"



번호	10
성과유형	비SCI 논문
논문명	A Study on Red Tide Detection Technique by using Multi-Layer Perceptron
연구기관	부경대학교
주요 서지 사항	<p>This study proposed a red tide detection technique for <i>Cochlodinium polykrikoides</i>(<i>C. polykrikoides</i>) by using Normalized water-leaving radiance from GOCI (: Geostationary Ocean Color Imager) data and 2 stage filtering algorithm based on multi-layer perceptron. We designed the algorithm to classify the type of seawater into 3 classes (Red tide, Clear water, Turbid water). The proposed algorithm has been developed to remove the clear water pixels first and then the turbid water pixels in the satellite images. As a result of the evaluation of the detection accuracy using the verification data, the total accuracy was confirmed to be about 97%. Multi-layer perceptron based algorithm can extract features from input data using their internal structures that is called hidden layer. Nevertheless, it showed similar performance to the logistic regression model using statistical variable selection method and showed higher accuracy than the decision tree model. The results of this study can contribute to reduction of red tide damage through early detection and monitoring of red tide.</p>
관련사진	<p style="text-align: right;">International Journal of Grid and Distributed Computing Vol. 11, No. 9 (2018), pp.93-102 <a href="http://dx.doi.org/10.14257/ijgc.2018.11.9.08">http://dx.doi.org/10.14257/ijgc.2018.11.9.08</a></p> <p style="text-align: center;"><b>A Study on Red Tide Detection Technique by using Multi-Layer Perceptron</b></p> <p style="text-align: center;">Su-Ho Bak<sup>1</sup>, Do-Hyun Hwang<sup>1</sup>, Heung-Min Kim<sup>1</sup>, Bum-Kyu Kim<sup>1</sup>, Unuzaya Enkgjargal<sup>1</sup>, Seong-Yeol Oh<sup>2</sup> and Hong-Joo Yoon<sup>1*</sup></p> <p style="text-align: center;"><sup>1</sup><i>Division of Earth Environmental System Science, Pukyong National University, Yongso-ro 45, Nam-gu, Busan, 48513, South Korea</i> <sup>2</sup><i>Oceanic Climate &amp; Ecology Research Division, National Institute of Fisheries Science, 216, Gijanghaean-ro, Gijang-eup, Busan, 46083, South Korea</i> <i>*yoonhj@pknu.ac.kr, Romeo98x@nate.com</i></p> <p style="text-align: center;"><b>Abstract</b></p> <p style="text-align: center;"><i>This study proposed a red tide detection technique for <i>Cochlodinium polykrikoides</i>(<i>C. polykrikoides</i>) by using Normalized water-leaving radiance from GOCI (: Geostationary Ocean Color Imager) data and 2 stage filtering algorithm based on multi-layer perceptron. We designed the algorithm to classify the type of seawater into 3 classes (Red tide, Clear water, Turbid water). The proposed algorithm has been developed to remove the clear water pixels first and then the turbid water pixels in the satellite images. As a result of the evaluation of the detection accuracy using the verification data, the total accuracy was confirmed to be about 97%. Multi-layer perceptron based algorithm can extract features from input data using their internal structures that is called hidden layer. Nevertheless, it showed similar performance to the logistic regression model using statistical variable selection method and showed higher accuracy than the decision tree model. The results of this study can contribute to reduction of red tide damage through early detection and monitoring of red tide.</i></p>

번호	11
성과유형	비SCI 논문
논문명	원격 수질 측정을 위한 현장 초분광 복사계 및 수중 구성성분 관측 자료 분석
연구기관	한국해양과학기술원

주요  
서지  
사항

복사계 장비를 이용하여 수질을 원격으로 추정하는 기술은 광역 수권환경의 변화를 모니터링 함에 있어서 효과적인 수단을 제공한다. 위성 또는 유무인 항공기 등의 플랫폼과 결합되어 사용될 시, 광역 수질정보 획득에 소요되는 비용 및 시간을 절감할 수 있다. 정확한 원격 추정 알고리즘을 개발하기 위해서는 다양한 광학적 환경에서 획득된 현장 관측 자료의 확보가 매우 중요하다. 본 연구에서는 조사지역의 광학적 환경을 분석하기 위하여, 초분광 복사량 및 수중 구성물질에, 그리고 그 구성물질의 광학적 특성에 대한 자료가 획득되었다. 조사해역으로 설정된 통영 인근 해역에 대한 관측자료를 분석한 결과, 조사해역은 광학적으로 복잡한 해역임이 나타났고, 일부 정점에서 적조생물을 포함한 수괴가 발견되었다. 또한, 각 수중 구성성분이 원격탐사 반사도(remote sensing reflectance) 및 흡광계수에 미치는 영향에 대한 정성적인 분석결과를 제공한다.

관련사진

Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography  
Vol. 36 No. 4, 2018-11, 2018  
http://dx.doi.org/10.7470/KSGPS.2018.36.4.205

ISSN 1594-4559(Print)  
ISSN 2284-2402(Online)  
Copyright © KSGPS

원격 수질 측정을 위한 현장 초분광 복사계 및 수중 구성성분 관측 자료 분석  
Analysis of Hyperspectral Radiometer and Water Constituents Data for Remote Estimation of Water Quality

김원국<sup>1</sup>, 최준영<sup>2</sup>  
Kim, Wonkook<sup>1</sup>, Choi, Jun Myoung<sup>2</sup>

Abstract

Remote estimation of water quality via radiometric measurement provides a convenient means for monitoring environmental changes in water bodies in wide areas. Combined with platforms such as satellites, manned/unmanned vehicles, it reduces the measurement cost and time for acquiring water quality information on the interested target areas. To develop accurate retrieval algorithms, however, acquisition of in-situ measurements from various optical environments is critical. In this study, hyperspectral radiometric measurement, the collocated water quality variables, and in-situ optical properties were obtained to analyze the optical environment of the study area. Field data collected around the Tongyeong area showed that the area has optically complex environment, with occasional outbreak of red tide in summer season. Effect of water constituents on the optical variables (remote sensing reflectance and absorption coefficients) were quantitatively analyzed.

Keywords: Water Quality, Remote Sensing, Hyperspectral, Chlorophyll-a, Total Suspended Matter, Absorption

초 롚

본문에 장비를 이용하여 수질을 원격으로 추정하는 기술은 광역 수권환경의 변화를 모니터링함에 있어서 효과적인 수단을 제공한다. 위성 또는 유무인 항공기 등의 플랫폼과 결합되어 사용될 시, 광역 수질정보 획득에 소요되는 비용 및 시간을 절감할 수 있다. 정확한 원격 추정 알고리즘을 개발하기 위해서는 다양한 광학적 환경에서 획득된 현장 관측 자료의 확보가 매우 중요하다. 본 연구에서는 조사지역의 광학적 환경을 분석하기 위하여, 초분광 복사계 및 수중 구성물질에 대한 자료와 수중 구성물질의 광학적 특성에 대한 자료가 획득되었다. 조사해역으로 설정된 통영 인근 해역에 대한 관측자료를 분석한 결과, 조사해역은 광학적으로 복잡한 해역임이 나타났고, 일부 정점에서 적조생물을 포함한 수괴가 발견되었다. 또한, 각 수중 구성성분이 원격탐사 반사도 및 흡광계수에 미치는 영향에 대한 정성적인 분석결과를 제공한다.

핵심단어: 수질, 원격탐사, 초분광, 반사도, 흡광계수, 용부유물질, 플랑크톤

Received 2018. 08. 01, Revised 2018. 08. 07, Accepted 2018. 08. 07  
Corresponding Author: Member, Korea Ocean Satellite Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology (E-mail: wkim@kioos.ac.kr)  
Korea Ocean Satellite Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology (E-mail: jchoi@kioos.ac.kr)

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol. 36, No. 4, 2018-11, 2018

논문 실험이 없는 것을 볼 수 있고, 이는 적조 생물 집적의 신 현 이상으로 추정된다.

4. 결론

본 연구는 영남 해역의 해수면 대안소 초분광 복사계 및 용부유물질 측정용 초분광 원격수질 관측에 필요한 변수들을 분석하고 광학적인 환경에 대한 광학적 특성을 분석하였다. 통영 해역에 대한 현장 관측 자료를 분석한 결과, 조사해역은 광학적으로 복잡한 해역임이 나타났고, 일부 정점에서 적조생물을 포함한 수괴가 발견되었다. 또한, 각 수중 구성성분이 원격탐사 반사도(remote sensing reflectance) 및 흡광계수에 미치는 영향에 대한 정성적인 분석결과를 제공한다.

감사의 글

이 논문은 해양수산부의 연구개발 사업인 '적조·퇴적 퇴출을 위한 적조 발생·예측·신속 대응 및 실용화' 및 '해양생태 통합서비스시스템 개발'의 지원을 받아 수행된 연구임

References

- Gower, J.F.R., Brown, L., and Borsari, G.A. (2004). Observation of chlorophyll fluorescence in wet coastal waters of Canada using the MERIS satellite sensor. *Canadian Journal of Remote Sensing*, Vol. 30, No. 1, pp. 17-25.  
Gower, J.F.R., Doerfler, R., and Borsari, G.A. (1999). Interpretation of the 685nm peak in water-leaving radiances spectra in terms of fluorescence, absorption and scattering, and its observation by MERIS. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 20, No. 9, pp. 1771-1786.  
Jeffrey, S.W. and Humphrey, G.E. (1975). New spectrophotometric equation for determining chlorophyll a, b, c1 and c2. *Biochimica et Physiologica Acta*, Vol. 167, No. 2, pp. 101-114.  
Kim, H. (2014). *Utilization Plan of Drones for the Field of Ocean and Fishery*. In-situ Analysis Report No. 2014-06. Korea Maritime Institute (KMI), Busan, pp. 5-36.  
Kim, W., Moon, J.E., Park, Y.J., and Ishizuka, J. (2016). Evaluation of chlorophyll retrievals from Geostationary Ocean Color Imager (GOCI) for the North East Asian region. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 184, pp. 482-495.  
Kishino, M., Takahashi, M., Okami, N., and Ichimaru, S. (1985). Estimation of the spectral absorption coefficients of phytoplankton in the sea. *Bulletin of Marine Science*, Vol. 37, No. 2, pp. 634-642.  
Le, C.F., Hu, C.M., Cannizzaro, J., English, D., Muller-Klaus, F., and Lee, Z. (2013). Evaluation of chlorophyll remote sensing algorithms for an optically complex estuary. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 129, pp. 75-89.  
Lee, Y.S. (2006). Factors affecting outbreaks of high density *Cochlodinium polykrikoides* red tides in the coastal waters around Yeosu and Tongyeong, Korea. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 52, No. 10, pp. 1249-1258.  
Lee, Z., Ahn, Y.H., Moley, C., and Arnone, R. (2010). Removal of surface-reflected light for the measurement of remote-sensing reflectance from an above-water platform. *Optics Express*, Vol. 18, No. 25, pp. 26313-26324.  
Lee, Z., Carter, K.L., Mobley, C.D., Stewart, R.G., and Patch, J.S. (1998). Hyperspectral remote sensing for shallow waters: 2. Deriving bottom depths and water properties by optimization. *Applied Optics*, Vol. 38, No. 18, pp. 3831-3843.  
Moon, J.H., Park, Y.J., Ryn, J.H., Choi, J.K., and Ahn, J.H. (2012). Initial validation of COCI water products against in situ data collected around Korean peninsula for 2010-2011. *Ocean Science Journal*, Vol. 47, No. 3, pp. 261-277.  
O'Reilly, J.E., Maritorena, S., Mitchell, B.G., Siegel, D.A., Carder, K.L., Garver, S.A., Kahru, M., and McClain, C.

번호	12
성과유형	특허
특 허 명	적조 생물의 수직 이동 특성을 이용한 적조 모니터링 시스템, 및 그 방법
연구기관	한국해양과학기술원
기술 개요 및 기술 특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 발명은 적조 생물의 수직이동을 이용하여, 적조 발생여부를 측정하는 장치에 관한 것이다.</li> <li>- 적조 생물(예를 들면, Chlorophyll-a 등)는 오후 2-4시에 광합성을 위해 해수면으로 이동하여, 그 시간때의 적조 생물의 농도가 급증하고, 그 이후 시간에는 해수면 아래로 이동하는 특징을 가지고 있음.</li> <li>- 본 발명은 해수면을 부유하는 부이, 부이에 설치된 태양 전지 모듈, 부이와 연결된 적조 생물 측정 센서 모듈, 및 적조 생물 측정 센서 모듈에서 측정된 정보를 외부로 전송하는 무선 통신 모듈을 포함합니다.</li> <li>- 적조 생물 측정 센서 모듈은 검출 센서, 검출 센서에 붙은 적조 생물을 제거하는 센서 자동 세척용 와이퍼, 및 부이와 검출 센서를 연결하는 데이터 케이블을 포함할 수 있다.</li> <li>- 적조 생물의 수직이동을 이용하여, 적조 발생 여부를 측정하는 특징</li> <li>- 검출 센서에 있는 조류를 기계적으로 제거하는 특징</li> </ul>
관련사진	<div style="text-align: center;"> <p>관인생략</p> <p><b>출원 번호 통지서</b></p> <p>출원 일자 2018.07.17</p> <p>특기사항 심사참국(유) 공개신청(유) 출조번호(PAD18092)</p> <p>출원번호 10-2018-0082673 (접수번호 1-1-2018-0702146-58)</p> <p>출원인명칭 농업회사법인 팜푸드주식회사(1-2016-034929-2)</p> <p>대리인성명 김영호(9-2005-001065-9)</p> <p>발명자성명 정성채</p> <p>발명의명칭 작업차</p> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p><b>특 허 정 장</b></p> <p>&lt;&lt; 안내 &gt;&gt;</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.</p> <p>2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 통보된 납입일수중에 성명, 납부지번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다. ※ 납부지번호: 4134(가평로) - 접수번호</p> <p>3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고려번호 정보변경(경정) 경정신청서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다. ※ 특허청(patent.go.kr) 접속 &gt; 민원서비스(민원포드) &gt; 특허명 사항규칙 등지 제4호 서식</p> <p>4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.</p> <p>5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허/실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다. ※ 제도 안내 - http://www.kipo.go.kr/특허/마당-PCT/마드리드 ※ 우선권 연장기간: 특허/실용신안은 12개월, 상표/디자인은 6개월 이내 ※ 미국특정상규정의 선출원일 기준은 우리나라와 유사하며 우선권주장출원 시, 선출원이 미국계상태이면 우선권로부터 14개월 이내에 미국특정상규정에 (전자직교출원) ACP(Pro/SP/3)를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.</p> <p>6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위한 할 경우 관련법정에 따라 처벌을 받을 수 있습니다. ※ 특허출원 10-2018-0-0000000, 상표등록출원 40-2016-0000000</p> <p>7. 음원법이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.</p> <p>※ 기타 심사 절차에 관한 사항은 통보된 안내서를 참조하시기 바랍니다.</p> </div>



번호	14
성과유형	특허
특 허 명	무선 다층 수중 환경 측정장치
연구기관	한국해양과학기술원
기술 개요 및 기술 특징	<p>본 발명은 다층 수중 환경 측정장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 양식장, 저수지, 강 또는 바다 등의 수심별 수중 환경을 측정하고자 하는 위치에 고정시키거나 혹은 표류하면서 수심에 따른 수온, 압력, 유속 등의 수중 환경 정보를 측정할 수 있도록 하는 무선 수중 환경 측정장치에 관한 것이다.</p> <p>수중 환경 측정을 원하는 위치의 수면 상에 부유되어 고정되는 부이부</p> <p>상기 부이부의 하부 수중으로 연장되어 설치되어 수심에 따른 수중 환경을 측정하는 와이어 센서부 및 상기 와이어 센서부에 탈장착 가능하게 장착되어 수중 환경을 측정하는 다수의 센서 모듈을 포함하는 센서 모듈부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 무선 수중 환경 장치.</p>
관련사진	



번호	15
성과유형	SCI 논문
논문명	Phytoplankton composition associated with physical and chemical variables during summer in the southern sea of Korea: Implication of the succession of the two toxic dinoflagellates <i>Cochlodinium</i> (a.k.a. <i>Margalefidinium</i> ) <i>polykrikoides</i> and <i>Alexandrium affine</i>
연구기관	한국해양과학기술원
주요 서지 사항	<p>Harmful algal blooms (HABs) of the dinoflagellates <i>Cochlodinium</i> and <i>Alexandrium</i> are known to have serious negative impacts on marine ecosystems and the aquaculture industry. We investigated the appearance and succession patterns of both HAB species in the southern sea of Korea and performed a bioassay using <i>C. polykrikoides</i> and <i>A. affine</i> cultures to evaluate their competitive relationship. From June to August in 2017, the surface water temperature increased from 17.4 °C to 26.8 °C, the salinity decreased from 34.2 to 30.8, and strong stratification developed. The nutrient concentrations remained low in the surface layer and high in the bottom layers. <i>C. polykrikoides</i> dominated in July; however, <i>A. affine</i> reached bloom levels throughout the study area in August. The growth experiments were carried out on each species at six water temperature (15, 20, 22.5, 25, 27.5 and 30 °C) and six salinity (20, 24, 26, 28, 30 and 32) levels. The maximum growth rate for <i>C. polykrikoides</i> (0.31 day<sup>-1</sup>) was measured at 25 °C and a salinity of 32, and for <i>A. affine</i> (0.43 day<sup>-1</sup>) at 25 °C and a salinity of 30. At all salinity levels, <i>C. polykrikoides</i> cells died within 2 days when temperature were 30 °C, while <i>A. affine</i> maintained high growth rates (0.35–0.39 day<sup>-1</sup>). Further, <i>C. polykrikoides</i> is salinity sensitive at the lowest salinity level of 20 in 25 °C and 27 °C, but <i>A. affine</i> did not respond sensitively to changes in salinity. In contrast, <i>A. affine</i> did not grow at low temperature of 15 °C, but <i>C. polykrikoides</i> could survive in high salinity range (26–32). In co-cultivation at a 1:1 cell inoculation ratio, <i>A. affine</i> had a competitive advantage over <i>C. polykrikoides</i> at all temperatures; however, when the inoculation ratio was varied, the species with a higher initial cell density showed a competitive advantage at all temperatures except 30 °C. Combined the field and bioassay results indicated that <i>A. affine</i> may have an advantage over <i>C. polykrikoides</i> under relatively higher temperature and low salinity conditions, which is important when evaluating the species succession and blooms in the southern sea of Korea during summer.</p>
관련사진	<p>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 514 (2019) 31–46</p> <p>Contents lists available at ScienceDirect</p> <p>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</p> <p>journal homepage: www.elsevier.com/locate/jembe</p> <p>Phytoplankton composition associated with physical and chemical variables during summer in the southern sea of Korea: Implication of the succession of the two toxic dinoflagellates <i>Cochlodinium</i> (a.k.a. <i>Margalefidinium</i>) <i>polykrikoides</i> and <i>Alexandrium affine</i></p> <p>Young Kyun Lim<sup>a,b</sup>, Seung Ho Baek<sup>a,b</sup>, Minji Lee<sup>a</sup>, Young Ok Kim<sup>a</sup>, Keun-Hyung Choi<sup>a</sup>, Jih Ho Kim<sup>a</sup></p> <p><sup>a</sup> KIM Research Center, KIOST (Korea Institute of Ocean Science and Technology), P.O. Box 107, Inhae 3, Incheon 406-700, South Korea</p> <p><sup>b</sup> Department of Geography and Ocean Environmental Science, College of Natural Science, Chonnam National University, Jeonso 341-760, Republic of Korea</p> <p><sup>c</sup> Marine Environmental and Ocean Research Institute, KIOST (Korea Institute of Ocean Science and Technology), Inhae 3, Incheon 406-700</p> <p>ARTICLE INFO</p> <p>ABSTRACT</p> <p>Harmful algal blooms (HABs) of the dinoflagellates <i>Cochlodinium</i> and <i>Alexandrium</i> are known to have serious negative impacts on marine ecosystems and the aquaculture industry. We investigated the appearance and succession patterns of both HAB species in the southern sea of Korea and performed a bioassay using <i>Cochlodinium</i> and <i>Alexandrium</i> cultures to evaluate their competitive relationship. From June to August in 2017, the surface water temperature increased from 17.4 °C to 26.8 °C, the salinity decreased from 34.2 to 30.8, and strong stratification developed. The nutrient concentrations remained low in the surface layer and high in the bottom layers. <i>C. polykrikoides</i> dominated in July; however, <i>A. affine</i> reached bloom levels throughout the study area in August. The growth experiments were carried out on each species at six water temperature (15, 20, 22.5, 25, 27.5 and 30 °C) and six salinity (20, 24, 26, 28, 30 and 32) levels. The maximum growth rate for <i>C. polykrikoides</i> (0.31 day<sup>-1</sup>) was measured at 25 °C and a salinity of 32, and for <i>A. affine</i> (0.43 day<sup>-1</sup>) at 25 °C and a salinity of 30. At all salinity levels, <i>C. polykrikoides</i> cells died within 2 days when temperature were 30 °C, while <i>A. affine</i> maintained high growth rates (0.35–0.39 day<sup>-1</sup>). Further, <i>C. polykrikoides</i> is salinity sensitive at the lowest salinity level of 20 in 25 °C and 27 °C, but <i>A. affine</i> did not respond sensitively to changes in salinity. In contrast, <i>A. affine</i> did not grow at low temperature of 15 °C, but <i>C. polykrikoides</i> could survive in high salinity range (26–32). In co-cultivation at a 1:1 cell inoculation ratio, <i>A. affine</i> had a competitive advantage over <i>C. polykrikoides</i> at all temperatures; however, when the inoculation ratio was varied, the species with a higher initial cell density showed a competitive advantage at all temperatures except 30 °C. Combined the field and bioassay results indicated that <i>A. affine</i> may have an advantage over <i>C. polykrikoides</i> under relatively higher temperature and low salinity conditions, which is important when evaluating the species succession and blooms in the southern sea of Korea during summer.</p> <p>1. Introduction</p> <p>Over the past several decades, the frequency and location of harmful algal blooms (HABs) have consistently increased (Gilbert et al., 2005; Hallegraeff, 1993). This has caused large economic losses in the aquaculture industry in connection with the marine fish and shellfish industries (Anderson et al., 2012; Fu et al., 2012; Gilbert et al., 2005; Scudlark, 1990). Of particular concern to the shellfish industry are marine dinoflagellates which produce toxins that can accumulate in filter-feeding bivalves and cause paralytic shellfish poisoning (PSP), diarrhetic shellfish poisoning (DSP) and kahalictoxin and/or death in human consumers (Gilligan et al., 1996; Parsons et al., 2000; Trigo and Gillet, 2005; Wang et al., 2011). <i>Alexandrium</i>, <i>Cochlodinium</i> and <i>Prorocentrum</i> are known as the most widespread HAB genera among the dinoflagellates (Anderson et al., 2012; Comber, 1993). In Korea, HABs have caused extensive fish kills during summer. A bloom of <i>Karenia mikimotoi</i> caused severe damage to <i>R. koreanus</i> for the first time in 1981, but harmful dinoflagellates <i>Cochlodinium polykrikoides</i> became the dominant HAB</p> <p>mechanism to alterb systems more efficient than others (Gronau and Haux, 1974; Swell et al., 2008), while several species produce allelopathic substances (Fitzner et al., 2006; Granel et al., 2009; Tang and Gohler, 2010). Several phytoplankton species that form HABs can have allelopathic impacts on other algae, bacteria, and grazers in natural environments (Granel et al., 2009; Legrand et al., 2003; Trono et al., 2008). According to Tang and Gohler (2010), the allelopathic effect that impacts the co-occurring algae depends on the abundance of each of the competing species, and the allelopathic effect can contribute to the maintenance of a <i>C. polykrikoides</i> bloom when the cell densities of competing species are low. In our co-culture results, however, <i>A. affine</i> showed competitive advantage when both species were at the same cell densities. It is considered that the effect of allelopathy is not great in the studied cell densities. Therefore, the difference in cell density is important. To secure initial cell densities and ensure that the bloom is in a naturally competitive environment, it might be critical to start with equal initial cell densities (Lee et al., 2013) or generate large amounts of vegetative cells from cysts (Li et al., 2018; Choi et al., 2017). Because the coastal environment is opened and constantly flowing, it is difficult to determine their initial population in the natural environment, however, relative high cell densities of <i>A. affine</i> were observed at the surface layer of S-17 (Fig. 10) and S-7 (Fig. 10) and at the middle layer of S-22 (Fig. 10), S-17 (Fig. 10) and S-22 (Fig. 10) before its bloom. Based on favorable environmental conditions and high growth rate for <i>A. affine</i> in the summer of 2017, these patches of <i>A. affine</i> might be able to perform more effective ecological functions for species competition.</p> <p>5. Conclusions</p> <p>We observed and clarified the succession from diatoms to dinoflagellates with respect to the changes in the coastal environment via rainfall, runoff, ebb and currents. In addition, specific succession phenomena from the HAB species <i>C. polykrikoides</i> to <i>A. affine</i> were also investigated via field and laboratory experiments. A high temperature and low salinity environment was formed due to the large inflow of the Changnyeong channel water in our survey, and it greatly influenced the variability of the phytoplankton community. <i>A. affine</i> had better environmental tolerance than <i>C. polykrikoides</i> to higher water temperature and lower salinity range. The different growth conditions of both species contributed to the explanation of the HAB succession in the field. The present study provides novel information for understanding succession from <i>C. polykrikoides</i> to <i>A. affine</i> in the field. However, since both species are highly competitive in the laboratory, it is necessary to investigate not only the fluctuation of phytoplankton but</p> <p>also specific biological interactions with bacteria and zooplankton containing allelopathic effects. Additionally, the migration and accumulation patterns of vegetative cells via other oceanic physical factors such as currents and tides, and contribution of germination from cysts should be considered together in further studies.</p> <p>Acknowledgements</p> <p>This work was supported by the Basic Core Technology Development Program for the Ocean and the Polar Region of the National Research Foundation (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT &amp; Future Planning (grant number: NRF-2018M1A5A1A0203606), and a grant of Ministry of Ocean and Fisheries (grant number: PM60060).</p> <p>Declaration of interest</p> <p>None.</p> <p>Appendix A. Supplementary data</p> <p>Supplementary data to this article can be found online at <a href="https://doi.org/10.1016/j.jembe.2019.02.005">https://doi.org/10.1016/j.jembe.2019.02.005</a>.</p> <p>References</p> <p>Anderson, D.M., Johnson, T.J., Daniels, A.J., Collier, T., Hansen, B., Hauxton, M., 2005. The globally distributed genus <i>Alexandrium</i> and related taxa in marine environments and associated human health. <i>Harmful Algae</i> 1, 26–52.</p> <p>Baek, S.H., Kim, S., Lee, M., 2008. Growth of <i>Cochlodinium polykrikoides</i> and <i>Alexandrium affine</i> under various temperature and salinity conditions. <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i> 361, 116–126.</p> <p>Baek, S.H., Kim, S., Lee, M., Yoo, J.M., Ahn, Y.O., 2015. Seasonal distribution of phytoplankton communities and environmental parameters in the southern sea of Korea. <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i> 478, 1–12.</p> <p>Baek, S.H., Kim, S., Lee, M., Yoo, J.M., Ahn, Y.O., 2016. Phytoplankton community structure and environmental parameters in the southern sea of Korea. <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i> 538, 1–12.</p> <p>Baek, S.H., Kim, S., Lee, M., Yoo, J.M., Ahn, Y.O., 2017. Seasonal changes in phytoplankton community structure and environmental parameters in the southern sea of Korea. <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i> 538, 1–12.</p> <p>Baek, S.H., Kim, S., Lee, M., Yoo, J.M., Ahn, Y.O., 2018. Seasonal changes in phytoplankton community structure and environmental parameters in the southern sea of Korea. <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i> 538, 1–12.</p> <p>Baek, S.H., Kim, S., Lee, M., Yoo, J.M., Ahn, Y.O., 2019. Seasonal changes in phytoplankton community structure and environmental parameters in the southern sea of Korea. <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i> 538, 1–12.</p> <p>Baek, S.H., Kim, S., Lee, M., Yoo, J.M., Ahn, Y.O., 2020. Seasonal changes in phytoplankton community structure and environmental parameters in the southern sea of Korea. <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i> 538, 1–12.</p> <p>Baek, S.H., Kim, S., Lee, M., Yoo, J.M., Ahn, Y.O., 2021. Seasonal changes in phytoplankton community structure and environmental parameters in the southern sea of Korea. <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i> 538, 1–12.</p> <p>Baek, S.H., Kim, S., Lee, M., Yoo, J.M., Ahn, Y.O., 2022. Seasonal changes in phytoplankton community structure and environmental parameters in the southern sea of Korea. <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i> 538, 1–12.</p> <p>Baek, S.H., Kim, S., Lee, M., Yoo, J.M., Ahn, Y.O., 2023. Seasonal changes in phytoplankton community structure and environmental parameters in the southern sea of Korea. <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i> 538, 1–12.</p> <p>Baek, S.H., Kim, S., Lee, M., Yoo, J.M., Ahn, Y.O., 2024. Seasonal changes in phytoplankton community structure and environmental parameters in the southern sea of Korea. <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i> 538, 1–12.</p> <p>Baek, S.H., Kim, S., Lee, M., Yoo, J.M., Ahn, Y.O., 2025. Seasonal changes in phytoplankton community structure and environmental parameters in the southern sea of Korea. <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i> 538, 1–12.</p>





번호	17
성과유형	비SCI 논문
논문명	한산도-거제도 동부 굴 양식장주변에서 식물플랑크톤의 계절적 분포특성
연구기관	한국해양과학기술원
주요 서지 사항	<p>본 연구에서는 2016년 6월부터 12월까지 통영 한산도 및 거제 동부 굴 양식장 밀집해역의 환경요인의 변동에 따른 식물플랑크톤 군집변화의 계절특성을 파악하고자 하였다. 조사기간 동안 수온은 14~28.8 °C 로, 염분은 29.4~34.2 psu의 범위로 변화하였다. 질산염+아질산염의 농도는 6~7월 동안 표층에서 3.0 μM 전후로, 8월과 9월초까지 제한농도 이하로, 그 후 9월말부터 점차적으로 증가하는 양상을 보였다. 암모니아는 전반적으로 낮게 나타나 계절적 특성이 뚜렷하지 않았다. 인산염은 표층에서 0.01~0.7 μM 의 범위로 보였고, 질산염+아질산염과 유사한 계절적 변화를 보였다. 규산염 평균농도는 표층에서 10.7 μM과 저층에서 15.7 μM로, 전 계절에 있어 식물플랑크톤의 성장에 제한인자로 작용하지 않았다. 식물플랑크톤 군집조성은 규조류, 와편모조류, 은편모조류의 비율은 각각 61.2%, 22.5%, 13.6%로 관찰되었다. 6월말, 외측해역(T1정점)을 중심으로 와편모조류 <i>Prorocentrum donghaiense</i>가 우점하였고, 이후 7월 <i>Cryptomonas</i> spp.와 규조류 <i>Chaetoceros</i> spp.가 상대적으로 높게 점유하였다. 태풍 이후 성층이 붕괴된 9월말에서 10월까지 규조류 <i>Pseudonitzschia</i> spp.와 <i>Chaetoceros</i> spp.가 전 정점에서 우점하였으며, 12월에는 와편모조류 <i>A. sanguinea</i>가 최대 1.7×10<sup>5</sup> cellsL<sup>-1</sup> 로 적조주의보 수준으로 높게 관찰되었다. 결과적으로 거제도 한산도주변해역에서는 계절적 성층의 형성과 소멸에 따른 식물플랑크톤 군집조성의 차이가 나타났고, 환경요인의 변화는 일차생산자인 식물플랑크톤 생물량(biomass) 변동에도 영향을 미칠 수 있으며, 이는 양식굴산업의 생산에도 직결될 것으로 판단된다.</p>
관련사진	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">ISSN 1226-8999 (print) ISSN 1226-7583 (online)</p> <p style="text-align: center;">656 Young Kyun Lim and Seung Ho BaeK</p> <p style="text-align: center;">Korean J. Environ. Biol. 36(4): 647-658 (2016) <a href="http://dx.doi.org/10.11629/KJEB.2016.36.4.647">http://dx.doi.org/10.11629/KJEB.2016.36.4.647</a></p> <p style="text-align: center;">(Original article)</p> <p style="text-align: center;"><b>한산도-거제도 동부 굴 양식장주변에서 식물플랑크톤의 계절적 분포특성</b></p> <p style="text-align: center;">임 경 윤<sup>1,2</sup>, 배 승 호<sup>1*</sup></p> <p style="text-align: center;"><sup>1</sup>한국해양과학기술원 원형생물연구센터, <sup>2</sup>충남대학교 해양환경과학과</p> <p style="text-align: center;">Seasonal Distributional Characteristics of Phytoplankton adjacent to the Oyster Farming Area of Hansan-Geoje Island</p> <p style="text-align: center;">Young Kyun Lim<sup>1,2</sup> and Seung Ho Bae<sup>1*</sup></p> <p style="text-align: center;"><sup>1</sup>Biotech Research Center, KIOST, Geoje 53301, Republic of Korea <sup>2</sup>Department of Oceanography and Ocean Environmental Science, Chungnam National University, Daegu 70134, Republic of Korea</p> <p>Abstract - The aim of this study is to investigate the seasonal changes of phytoplankton communities based on the environmental changes in a dense oyster farming area (Hansan-Geoje Island) from June to December 2016. The water temperature varied from 14°C to 28.8°C, and its salinity ranged from 29.4 to 34.2 psu. Nitrate + nitrite was kept at ca. 3.0 μM on the surface layer from June to July, below the concentration limit in August and early September, and then gradually increased from late September. Ammonia was high on July 30 and August 10, and its seasonal characteristics were not clear. Phosphate ranged from 0.01 to 0.7 μM on the surface layer, and its seasonal changes were similar to those of nitrate + nitrite. Mean nitrate concentration was 10.7 μM on the surface and 15.7 μM in the bottom layer, and it was not acted as a limiting factor for the growth of phytoplankton. Among the phytoplankton community, Bacillariophyceae, Dinophyceae and Cryptophyceae were 61.2%, 22.5%, and 13.6%, respectively. In late June, diatom <i>Prorocentrum donghaiense</i> was dominant in the outer waters (S1, T1), later on, <i>Cryptomonas</i> spp. and <i>Chaetoceros</i> spp. were dominant, respectively. From late September to October, diatom <i>Pseudonitzschia</i> spp. and <i>Chaetoceros</i> spp. were stimulated under non-stratified condition after the typhoon. In December, <i>A. sanguinea</i> was found to be 1.7×10<sup>5</sup> cells L<sup>-1</sup>. Seasonally, relative high phytoplankton biomass may be favorable to maintain high production of filter feeder oyster in the dense oyster farming areas of Hansan and Geoje Island.</p> <p>Keywords : oyster farm, Hansan and Geoje Island, phytoplankton community, seasonality, stratification, typhoon</p> <p style="text-align: center;">* Corresponding author: Seung Ho Bae, Tel. 055-631-6333, Fax: 055-639-6309, E-mail: sbae@kioest.ac.kr</p> <p style="text-align: center;">© 2016, Korean Society of Environmental Biology</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">摘 要</p> <p>본 연구에서는 2016년 6월부터 12월까지 통영 한산도 및 거제 동부 굴 양식장 밀집해역의 환경요인의 변동에 따른 식물플랑크톤 군집변화의 계절특성을 파악하고자 하였다. 조사기간 동안 수온은 14~28.8°C 로, 염분은 29.4~34.2 psu의 범위로 변화하였다. 질산염+아질산염의 농도는 6~7월 동안 표층에서 3.0 μM 전후로, 8월과 9월초까지 제한농도 이하로, 그 후 9월말부터 점차적으로 증가하는 양상을 보였다. 암모니아는 전반적으로 낮게 나타나 계절적 특성이 뚜렷하지 않았다. 인산염은 표층에서 0.01~0.7 μM의 범위로 보였고, 질산염+아질산염과 유사한 계절적 변화를 보였다. 규산염 평균농도는 표층에서 10.7 μM과 저층에서 15.7 μM로, 전 계절에 있어 식물플랑크톤의 성장에 제한인자로 작용하지 않았다. 식물플랑크톤 군집조성은 규조류, 와편모조류, 은편모조류의 비율은 각각 61.2%, 22.5%, 13.6%로 관찰되었다. 6월말, 외측해역(T1정점)을 중심으로 와편모조류 <i>Prorocentrum donghaiense</i>가 우점하였고, 이후 7월 <i>Cryptomonas</i> spp.와 규조류 <i>Chaetoceros</i> spp.가 상대적으로 높게 점유하였다. 태풍 이후 성층이 붕괴된 9월말에서 10월까지 규조류 <i>Pseudonitzschia</i> spp.와 <i>Chaetoceros</i> spp.가 전 정점에서 우점하였으며, 12월에는 와편모조류 <i>A. sanguinea</i>가 최대 1.7×10<sup>5</sup> cells L<sup>-1</sup> 로 적조주의보 수준으로 높게 관찰되었다. 결과적으로 거제도 한산도주변해역에서는 계절적 성층의 형성과 소멸에 따른 식물플랑크톤 군집조성의 차이가 나타났고, 환경요인의 변화는 일차생산자인 식물플랑크톤 생물량(biomass) 변동에도 영향을 미칠 수 있으며, 이는 양식굴산업의 생산에도 직결될 것으로 판단된다.</p> <p style="text-align: center;">사 사</p> <p>본 연구는 2016년 6월부터 12월까지 통영 한산도 및 거제 동부 굴 양식장 밀집해역의 환경요인의 변동에 따른 식물플랑크톤 군집변화의 계절특성을 파악하고자 하였다. 조사기간 동안 수온은 14~28.8°C 로, 염분은 29.4~34.2 psu의 범위로 변화하였다. 질산염+아질산염의 농도는 6~7월 동안 표층에서 3.0 μM 전후로, 8월과 9월초까지 제한농도 이하로, 그 후 9월말부터 점차적으로 증가하는 양상을 보였다. 암모니아는 전반적으로 낮게 나타나 계절적 특성이 뚜렷하지 않았다. 인산염은 표층에서 0.01~0.7 μM의 범위로 보였고, 질산염+아질산염과 유사한 계절적 변화를 보였다. 규산염 평균농도는 표층에서 10.7 μM과 저층에서 15.7 μM로, 전 계절에 있어 식물플랑크톤의 성장에 제한인자로 작용하지 않았다. 식물플랑크톤 군집조성은 규조류, 와편모조류, 은편모조류의 비율은 각각 61.2%, 22.5%, 13.6%로 관찰되었다. 6월말, 외측해역(T1정점)을 중심으로 와편모조류 <i>Prorocentrum donghaiense</i>가 우점하였고, 이후 7월 <i>Cryptomonas</i> spp.와 규조류 <i>Chaetoceros</i> spp.가 상대적으로 높게 점유하였다. 태풍 이후 성층이 붕괴된 9월말에서 10월까지 규조류 <i>Pseudonitzschia</i> spp.와 <i>Chaetoceros</i> spp.가 전 정점에서 우점하였으며, 12월에는 와편모조류 <i>A. sanguinea</i>가 최대 1.7×10<sup>5</sup> cells L<sup>-1</sup> 로 적조주의보 수준으로 높게 관찰되었다. 결과적으로 거제도 한산도주변해역에서는 계절적 성층의 형성과 소멸에 따른 식물플랑크톤 군집조성의 차이가 나타났고, 환경요인의 변화는 일차생산자인 식물플랑크톤 생물량(biomass) 변동에도 영향을 미칠 수 있으며, 이는 양식굴산업의 생산에도 직결될 것으로 판단된다.</p> <p style="text-align: center;">REFERENCES</p> <p>Ajwa C, V. Inceoglu and DA Ritz: 1976 Growth rates of <i>Cryptomonas</i> sp. and other algal species in the waters of Malta (Central Mediterranean). <i>Algalologia</i> 15:195-212.</p> </div> </div>

번호	18
성과유형	비SCI 논문
논문명	한국 남동해역의 냉수대 발생 변화와 <i>Cochlodinium polykrikoides</i> 적조와의 상관성 연구
연구기관	부경대학교

주요  
서지  
사항

한반도 동해 남부해역은 매년 하계에 집중적으로 냉수대가 형성되어 빈번한 이상해황이 발생한다. 동해안에 발생하는 냉수대는 바람의 영향을 지배적으로 받는데 남풍계열의 바람이 3일에서 7일 이상 지속적으로 불어오는 경우 발생한다. 본 연구에서는 냉수대의 발생과 변화 및 *Cochlodinium polykrikoides* 적조와의 상관성을 분석하기 위하여 기상청, 한국수력원자력, 해양조사원의 부이의 수온과 풍향 및 풍속, COMS/GOCI의 클로로필 자료, 바람자료와 NOAA에서 제공하는 GHRSSST Level 4 SST, 국립수산물학원의 적조속보자료를 활용하였다. 동해안 연안용승시 용승된 수괴는 해류를 따라 북쪽으로 이동하는 특성을 보이며 수괴를 따라 고농도의 클로로필이 형성되는 특성을 보였다. 남쪽의 동한난류의 세력이 강하게 형성될 때 적조가 북상하는 특성을 나타내었다.

관련사진

Regular paper | Journal of the KIECS, vol. 14, no. 3, Jun. 30, 2019, 1-5, pISSN 1975-9173 | eISSN 2288-2939  
http://dx.doi.org/10.1007/s10087-018-14-3-399

### 한국 남동해역의 냉수대 발생 변화와 *Cochlodinium polykrikoides* 적조와의 상관성 연구

김병규 · 황도원 · 박수호 · 김용민 · 영호지리갈 윤자아 · 김태원 · 윤용준\*\*

Study on the Correlation Between the Upwelling Cold Waters and *Cochlodinium polykrikoides* Red Tide in the Southeast Sea of Korea

Bum-Kyu Kim<sup>1</sup>, Do-Hyun Hwang<sup>2</sup>, Se-Ho Park<sup>3</sup>, Hyung-Min Kim<sup>4</sup>, Eukhyeong Yunzaya<sup>5</sup>, Dae-Hyun Kim<sup>6</sup>, Hong-Joo Yoon<sup>6</sup>

요약

한반도 동해 남부해역은 매년 하계에 집중적으로 냉수대가 형성되어 빈번한 이상해황이 발생한다. 동해안에 발생하는 냉수대는 바람의 영향을 지배적으로 받는데 남풍계열의 바람이 3일에서 7일 이상 지속적으로 불어오는 경우 발생한다. 본 연구에서는 냉수대의 발생과 변화 및 *Cochlodinium polykrikoides* 적조와의 상관성을 분석하기 위하여 기상청, 한국수력원자력, 해양조사원의 부이의 수온과 풍향 및 풍속, COMS/GOCI의 클로로필 자료, 바람자료와 NOAA에서 제공하는 GHRSSST Level 4 SST, 국립수산물학원의 적조속보자료를 활용하였다. 동해안 연안용승시 용승된 수괴는 해류를 따라 북쪽으로 이동하는 특성을 보이며 수괴를 따라 고농도의 클로로필이 형성되는 특성을 보였다. 남쪽의 동한난류의 세력이 강하게 형성될 때 적조가 북상하는 특성을 나타내었다.

ABSTRACT

In the southeast sea of Korea, the cold water is concentrated in every summer, showing its abnormal oceanic condition. Cold water occurred in the southeast sea is dominantly influenced by wind, which occur when the south wind is continuously blowing for 3 to 7 days. In this study, water temperature, wind speed and direction data of KMA, KIOVA and KOPF, Chlorophyll-a of COMS/GOCI, GHRSSST Level 4 SST of NASA, and satellite data of the National Institute of Fisheries Science were used to analyze the correlation between occurrence and change of the cold water and the risk of *Cochlodinium polykrikoides*. The upwelling cold water mass showed a characteristic of moving northwest along the current and occurrence a high concentration of chlorophyll-a along the water mass. Also, when the warm current were strong, the characteristics of red tide followed a northwestward moving.

키워드

Cold Water, Coastal Upwelling, Red Tide, *Cochlodinium polykrikoides*, Sea Surface Temperature(SST)  
냉수대, 연안 용승, 적조, *Cochlodinium polykrikoides*, 해수면 온도

\* 부경대학교 지구환경시스템과학부 \* Received : Nov. 03, 2018, Revised : Feb. 26, 2019, Accepted : Jun. 15, 2019  
bunkey@bju.ac.kr, hhwang2@bju.ac.kr \* Corresponding Author : Hong-Joo Yoon  
yoonhjo@bju.ac.kr, hhwang2@bju.ac.kr, Division of Earth Environmental System Science, School of Spatial Information  
Engineering, Pukyong National University  
\*\* 조선대학교 지구환경시스템과학부  
\*\* 조선대학교 지구환경시스템과학부  
\* 본 연구는 : 2018.11.09  
\* 수행기간 : 2018.06.15  
\* 게재확정일 : 2019.06.15

JIECS, vol. 14, no. 03, 399-404, 2019

이 논문작성 및 논문을 제작하기 위하여 원상자료 및 현장관측 데이터 자료를 분석하여 동해안 냉수대의 적조의 환경요인을 파악하였다. 이러한 분석을 토대로 적조 및 냉수대 발생시 동해안 해양환경의 변화와 공간적인 분포, 냉수대와 적조의 상관성을 분석하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이라 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2019년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥위원회의 지원을 받아 수행된 연구임 ("적조피해 최소화를 위한 적조탐지-예측시스템 구축 및 실용화, PAB0000)

References

- [1] J. Park, D. Kim, H. Yoon, and W. Seo, "A Study on Identification of Characteristics of Spatial Distribution for Submerged Marine Debris," *J. of the Korean Institute of Electronics Communication Science*, vol. 11, no. 5, 2016, pp. 395-444.
- [2] B. Kim, D. Hwang, H. Yoon, and W. Seo, "A study on suitability selection of artificial reef by GIS," *J. of the Korean Institute of Electronics Communication Science*, vol. 10, no. 5, 2015, pp. 628-636.
- [3] H. Ch. Y. Suh, and S. Heo, "The relationship between phytoplankton distribution and environmental conditions of the upwelling cold water in the eastern coast of the Korean peninsula," *J. of the Korean Association of Geographic Information Studies*, vol. 7, no. 4, 2004, pp. 166-173.
- [4] J. Lee, D. Kim, and J. Kim, "Observation of Coastal Upwelling at Ulsan in summer 1997," *J. of the Korean Society of Oceanography*, vol. 38, no. 3, 2003, pp. 122-134.
- [5] A. Kim, "The influences of coastal upwelling on phytoplankton community in the southern of East Sea, Korea," Master's Thesis, Pukyong National University, 2014.
- [6] S. Kim, W. Go, L. Jang, J. Lim, and K. Yarnada, "Short-Term Variability of a Summer Cold Water Mass in the Southeast Coast of Korea Using Satellite and Shipboard Data," *Proc. of Korean Society of Marine Environment & Safety*, 2008, pp. 188-191.
- [7] S. Yoon and H. Yang, "Study on the Temporal and Spatial Variation in Cold Water Zone in the East Sea using Satellite Data," *Korean J. of Remote Sensing*, vol. 32, no. 6, 2016, pp. 703-719.
- [8] Y. Suh, H. Lee, and J. Hwang, "Temporal and Spatial Variations of the Cold Waters Occurring in the Eastern Coast of the Korean Peninsula in Summer Season," *Korean J. of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 34, no. 5, 2001, pp. 435-444.
- [9] H. Kim, *Harmful Algal Blooms in the Sea*, Busan: Daesoon Publishing Co., 2005.
- [10] S. Bak, "Detection technique of *Cochlodinium polykrikoides* Red Tide Using GOCI Level 2 Data," Master's Thesis, Pukyong National University, 2017.
- [11] S. Bak, H. Kim, B. Kim, D. Hwang, E. Urnzaya, and H. Yoon, "Study on Detection Technique for *Cochlodinium polykrikoides* Red Tide using Logistic Regression Model and Decision Tree Model," *J. of the Korean Institute of Electronics Communication Science*, vol. 13, no. 4, 2018, pp. 777-786.
- [12] Y. Kim, Y. Byun, Y. Huh, and Y. Yu, "Detection of *Cochlodinium polykrikoides* Red Tide Using MODIS Level 2 Data in Coastal Waters," *Korean Society of Civil Engineers J. of Civil Engineering*, vol. 27, no. 4D, 2017, pp. 538-540.
- [13] A. Kim, S. Yoon, M. Chung, S. Yoon, and C. Moon, "The Influence of Coastal Upwelling on Phytoplankton Community in the Southern Part of East Sea, Korea," *J. of the Korean Society of Oceanography*, vol. 19, no. 4, 2014, pp. 297-301.
- [14] S. Yoon and H. Yang, "Study on the Temporal and Spatial Variation in Cold Water Zone in the East Sea Using Satellite Data," *Korean J. of*

번호	19
성과유형	비SCI 논문
논문명	Invertase 분석이 통합된 sandwich hybridization에 의한 <i>Cochlodinium polykrikoides</i> 의 신속 검출
연구기관	한국해양과학기술원

주요  
서지  
사항

유해조류 대발생(harmful algal blooms, HABs)을 유발하는 해양 미세조류의 신속하고 정확한 종판별은 HABs을 예측하고 관리하기 위한 매우 중요한 도구이다. 우리는 이전 연구에서 적조 유발 미세조류인 *Cochlodinium polykrikoides*를 현장에서 검출하기 위한 nuclease protection assay sandwich hybridization (NPA-SH) 방법을 개발한 바 있다. 본 연구에서는 *C. polykrikoides* 검출을 위한 NPA-SH 방법의 반응 단계를 간소화시켜 현장 적용성을 향상시키는 것을 목적으로, signal probe에 형광 대신 invertase (INV)를 결합시켰으며, hybridization 과정에서 sucrose를 반응물로 사용하여 발색 반응을 유도하였다. INV와 signal probe의 결합 여부는 SDS-PAGE와 형광 현미경을 사용하여 확인하였으며, 반응 최적화를 위한 적정 프로브의 양, sucrose의 양 및 처리시간 등을 정립하였다. 본 연구의 결과 개발된 INV-SH는 NPA-SH와 비교하여 현장에서의 처리시간이 감소되었으며, 흡광도 측정기 뿐만 아니라, 상대적으로 부피가 작고 값 싼 개인 혈당계 사용이 가능하게 되었다. 본 연구에서 개발된 INV-SH는 INV가 적용된 최초의 *C. polykrikoides* 종판별 기술이며, 증진된 현장기술이 될 수 있다.

관련사진

Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society  
Vol. 20, No. 8, pp. 627-633, 2019

<https://doi.org/10.5762/JKAIS.2019.20.8.627>  
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4686

Rapid Detection of *Cochlodinium polykrikoides* by Sandwich Hybridization Integrated with Invertase Assay

Mingyeong Kang<sup>1</sup>, Mirye Park<sup>2</sup>, Taek-Kyun Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ecological Risk Research Division, Korea Institute of Ocean Science and Technology

<sup>2</sup>Microbial Research Department, Nakhongang National Institute of Biological Resources

Invertase 분석이 통합된 sandwich hybridization에 의한 *Cochlodinium polykrikoides*의 신속 검출

강민영<sup>1</sup>, 박미예<sup>2</sup>, 이택권<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>한국해양과학기술원 생태위험성연구부, <sup>2</sup>국립나주생명물리정보연구원 미생물실

요 약 유해조류 대발생(harmful algal blooms, HABs)을 유발하는 해양 미세조류의 신속하고 정확한 종판별은 HABs을 예측하고 관리하기 위한 매우 중요한 도구이다. 우리는 이전 연구에서 적조 유발 미세조류인 *Cochlodinium polykrikoides*를 현장에서 검출하기 위한 nuclease protection assay sandwich hybridization (NPA-SH) 방법을 개발한 바 있다. 본 연구에서는 *C. polykrikoides* 검출을 위한 NPA-SH 방법의 반응 단계를 간소화시켜 현장 적용성을 향상시키는 것을 목적으로, signal probe에 형광 대신 invertase (INV)를 결합시켰으며, hybridization 과정에서 sucrose를 반응물로 사용하여 발색 반응을 유도하였다. INV와 signal probe의 결합 여부는 SDS-PAGE와 형광 현미경을 사용하여 확인하였으며, 반응 최적화를 위한 적정 프로브의 양, sucrose의 양 및 처리시간 등을 정립하였다. 본 연구의 결과 개발된 INV-SH는 NPA-SH와 비교하여 현장에서의 처리시간이 감소되었으며, 흡광도 측정기 뿐만 아니라, 상대적으로 부피가 작고 값 싼 개인 혈당계 사용이 가능하게 되었다. 본 연구에서 개발된 INV-SH는 INV가 적용된 최초의 *C. polykrikoides* 종판별 기술이며, 증진된 현장기술이 될 수 있다.

**Abstract** Rapid and accurate identification of marine microalgae causing harmful algal blooms (HABs) is a crucial tool for predicting and managing HABs. We previously developed a nuclease protection assay sandwich hybridization (NPA-SH) method for the in situ detection of blooming microalgae *Cochlodinium polykrikoides*. In this study, we improved the applicability of the NPA-SH method for the detection of *C. polykrikoides* by simplifying the reaction step. For this purpose, invertase (INV) was conjugated to the signal probe instead of using fluorescence, and sucrose was used as a reactant to induce a color reaction. The INV-signal probe conjugation was confirmed by SDS-PAGE and epifluorescence microscopy. The treatment time and appropriate amounts of the probe and sucrose that optimized the reaction were determined. As a result, the developed INV-SH reduced the treatment time in the field compared with NPA-SH, and also enabled the use of a relatively small volume and low-priced personal glucose meter, as well as an absorbance meter. INV-SH is the first *C. polykrikoides* species identification technology to which INV has been applied and could be an improved field technique.

**Keywords** : HABs, *C. polykrikoides*, NPA-SH, INV-SH, Invertase

This research was supported by the Research Program of Korea Institute of Marine Science & Technology funded by the Ministry of Oceans and Fisheries of Republic of Korea (EM6410), and supported by the Bio & Medical Technology Development Program of the National Research Foundation (NRF) funded by the Ministry of Science and ICT (MSIT) (NRF-2017M4A5A40077739).

\*Corresponding Author : Taek-Kyun Lee(Korea Institute of Ocean Science & Technology)

Received May 8, 2019

Revised June 4, 2019


Accepted August 2, 2019

Published August 31, 2019

627





번호	21
성과유형	특허
특 허 명	해수염 발전장치를 탑재한 신소재 등부표 시스템
연구기관	한국해양과학기술원
기술 개요 및 기술 특징	<p>본 발명은 해양수산계내의 해양환경관측이나 해상선박운항 안전시설을 위한 등부표로서, 기존 등부표의 개량형으로 개발함을 목적으로 한다. 기존 등부표의 소재는 강재나, FRP, 콘크리트를 소재로 하여 제작하고 있으나, 제작비용의 과다 및 장기간 부유설치시 자외선에 의한 탈색, 염분에 의한 부식, 부착생물에 의한 부력저하 등의 원인으로 인하여 유지관리의 비용증가와 관리의 어려움이 있다. 또한 에너지원으로 사용되는 전지나, 태양광 발전 장치의 전기공급 한계로 인하여 관측 및 점멸등 기기의 에너지원 공급의 한계점이 있는 것이 현실이다. 이를 극복하고자 해수염 발전 장치를 이용한 신소재(PE + CU) 조립식 해양등부표를 개발함으로써 반영구적인 내구성, 내염성, 안전성, 고효율 전기공급 장치를 지속적으로 유지 할 수 있는 해양등부표 시스템 기술 개발 임.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존의 등부표는 철재나, FRP, 콘크리트 소재로 구성 일체형으로 되어 있으나 본 기술은 폴리에틸렌 파이프와, 동판(구리)를 합성하여 조립식으로 구성한다.</li> <li>- 소재 구성시 원료에 해양안전법규에 따른 컬러 및 수요자공급 원칙에 따라 색소 및 UV 차단제를 혼합하여 구성하므로써 해상안전 컬러, 내구성 및 안전성(인장력), 내염성을 확보하는 기술</li> <li>- 소재를 조립식으로 융합 구성함으로써 운반의 편리성, 내부 결로현상 방지, 부착생물영향으로 인한 부력저하방지, 유지관리의 편리성을 도모 한다.</li> <li>- 등부표 하부에 동판을 합성함으로써 부착생물 부착방지 기술적용.</li> <li>- 등부표 계류라인에 신소재를 적용하므로써 계류라인의 부착생물부착방지 및 파도에 의한 누적피로방지를 통한 계류라인 마모방지 기술 적용.</li> <li>- 해수염 발전 및 전기저장장치(ESS)를 이용한 지속가능 발전 전기공급장치 및 이를 이용한 등부표 발란스 조절 장치 기술적용</li> <li>- 다중 등부표 기둥을 이용한 공간별 관측장비 수납공간 확보기술 적용</li> </ul>
관련사진	 <p>특허증 CERTIFICATE OF PATENT</p> <p>특 허 제 10-2061882 호 Patent Number</p> <p>출원번호 Application Number 제 10-2018-0084530 호 출원일 Filing Date 2018년 07월 20일 등록일 Registration Date 2019년 12월 26일</p> <p>발명의 명칭 Title of the Invention 적조 생물의 수직 이동 특성을 이용한 적조 모니터링 시스템, 및 그 방법</p> <p>특허권자 Patentee 한국해양과학기술원(131471-*****) 부산광역시 영도구 해양로 385(동상동)</p> <p>발명자 Inventor 등록사할만해 기재</p> <p>위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다. This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.</p> <p>2019년 12월 26일 특허청장 COMMISSIONER, KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE 박원주</p>



번호	22
성과유형	특허
특 허 명	인버타제 분석 통합 샌드위치 혼성을 사용하는 코클로디니움 폴리클리코이데스 검출 방법 및 검출용 키트
연구기관	한국해양과학기술원
기술 개요 및 기술 특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유해조류 대발생을 유발하는 해양미세조류를 검출하기 위하여 샌드위치 혼성법이 개발된 바 있고, 이방법을 개선하기 위한 뉴클레아제 보호 분석 통합 샌드위치 혼성법이 개발되어 활용되고 있음</li> <li>- 본 기술은 뉴클레아제 보호 분석 통합 샌드위치 혼성법을 개선한 기술이며, 상대적으로 부피가 크고 값비싼 플레이트리더기를 대신하여 개인혈당계를 활용할 수 있도록, 형광물질 대신 인버타제를 결합시킨 신호탐침을 개발하였음</li> <li>- 인버타제가 결합된 신호탐침을 통하여 기존의 뉴클레아제 보호 분석 통합 샌드위치 혼성법 보다 더 빠르게 현장에서 활용이 가능하게 되었음</li> <li>- 인버타제 분석 통합 샌드위치 혼성(INV-SH) 방법은 기존의 뉴클레아제 보호 분석 통합 샌드위치 혼성(NPA-SH)을 사용하는 코클로디니움 폴리클리코이데스 검출방법의 반응단계를 축소하고, 현장 적용성을 높인 기술임</li> <li>- INV-SH 기술을 위해서 뉴클레아제 보호 분석 탐침(nuclease protection assay probe), 포획 탐침(capture probe) 및 신호 탐침(signal probe)이 요구되는데, NPA-SH에서 사용되었던 탐침들의 염기서열은 그대로 사용하지만, 신호탐침에 표지되어 있는 형광물질을 인버타제(invertase)로 교체하는 것이 특징임</li> <li>- 인버타제는 자당을 포도당과 과당으로 변화시키는 효소이며, 샌드위치 혼성법의 마지막 발색단계에서 자당을 첨가하고, 최종 반응물인 포도당을 마이크로플레이트 또는 개인혈당계를 이용하여 측정할 수 있음</li> <li>- 특히 포획탐침을 고정하는 방법으로 스트렙타비딘을 플레이트에 고정하는 방식과 마그네틱비드에 고정하는 방식의 차이를 규명하였으며, 마지막으로 자당의 반응시간을 정립하였음</li> </ul>
관련사진	<div style="text-align: center;"> <p>관 렘 생 략 출 원 번 호 통 지 서</p> <p>출 권 일 자 2019.05.13 특 기 시 할 심사청구(과) 공개신청(무) 출원번호(PAD19036) 출 원 번 호 10-2019-0055436 (잠수번호 1-1-2019-0483169-16) 출 원 연 영 칭 한국해양과학기술원(1-2012-034461-6) 대 리 인 설 명 김영호(9-2005-001065-9) 발 명 자 성 명 이학근 장순원 장인걸 김경민 발 명 의 영 칭 글루코스를 이용한 코클로디니움 폴리클리코이데스의 검출 방법 및 검출용 키트</p> <p><b>특 허 청 장</b></p> <p>&lt;&lt; 본 내 &gt;&gt;</p> <p>1. 기침의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행사항은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다. 2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 통보된 납입일수중에 선영, 납부자인료 유급 기침이 개입된 후 개국 또는 은행에 납부하여야 합니다. * 납부지번호: 0114가관코드+ 접수번호 3. 기침의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고적번호 정보변경결정, 장장신고서]를 제출하여야 하며, 통원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다. * 특검(특patent.go.kr) 접속&gt; 통원서시도포보&gt; 특성방 시정규직 (특) 특조서 시서 4. 특(특)실용신안(특)출원은 말세서 또는 도면의 보장이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 원무는 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보충할 수 있습니다. 5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허-실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국민출원일로부터 9개월 이내로 인정받거나 하는 경우에는 국민출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다. * 제도 명세 : <a href="http://www.kipo.go.kr">http://www.kipo.go.kr</a> -특검(특)실용신안(특) 마드리드 * 우선권 인정기간 : 특허 실용신안은 12개월, 상표 (TM)은 6개월 이내 * 국민출원일로부터 9개월 이내로 인정받거나 하는 경우에는 국민출원일로부터 9개월 이내로 인정받거나 하는 경우에는 국민출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다. 6. 본 출원시실용 권유에 심사청구서 하는 경우에는 아래에 같이 하여야 하며, 이를 위반 할 경우 권원당하여 무관 처벌을 받을 수 있습니다. * 특검(특) 10-2019-0010000, 상근특검(특) 40-2019-0010000 7. 출원인이 착수신청결정에서 제발한 발명을 사용(제)가과 영락하게 설계되지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 특허이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다. 8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 통원된 안내서를 참조하시기 바랍니다.</p> </div>

번호	23
성과유형	특허
특 허 명	적조 생물의 수직 이동 특성을 이용한 적조 모니터링 시스템, 및 그 방법
연구기관	한국해양과학기술원
기술 개요 및 기술 특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 발명은 적조 생물의 수직이동을 이용하여, 적조 발생여부를 측정하는 장치에 관한 것이다.</li> <li>- 적조 생물(예를 들면, Chlorophyll-a 등)는 오후 2-4시에 광합성을 위해 해수면으로 이동하여, 그 시간때의 적조 생물의 농도가 급증하고, 그 이후 시간에는 해수면 아래로 이동하는 특징을 가지고 있음.</li> <li>- 본 발명은 해수면을 부유하는 부이, 부이에 설치된 태양 전지 모듈, 부이와 연결된 적조 생물 측정 센서 모듈, 및 적조 생물 측정 센서 모듈에서 측정된 정보를 외부로 전송하는 무선 통신 모듈을 포함합니다.</li> <li>- 적조 생물 측정 센서 모듈은 검출 센서, 검출 센서에 붙은 적조 생물을 제거하는 센서 자동 세척용 와이퍼, 및 부이와 검출 센서를 연결하는 데이터 케이블을 포함할 수 있다.</li> <li>- 적조 생물의 수직이동을 이용하여, 적조 발생 여부를 측정하는 특징</li> <li>- 검출 센서에 있는 조류를 기계적으로 제거하는 특징</li> </ul>
관련사진	<p>특허증 CERTIFICATE OF PATENT</p> <p>특허 제 10-2061882 호 Patent Number</p> <p>출원번호 제 10-2018-0084530 호 Application Number</p> <p>출원일 2018년 07월 20일 Filing Date</p> <p>등록일 2019년 12월 26일 Registration Date</p> <p>발명의 명칭 Title of the Invention 적조 생물의 수직 이동 특성을 이용한 적조 모니터링 시스템, 및 그 방법</p> <p>특허권자 Patentee 한국해양과학기술원(131471-*****) 부산광역시 영도구 해안로 385(동상동)</p> <p>발명자 Inventor 등록사용한에 기재</p> <p>위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다. This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.</p> <p>2019년 12월 26일</p> <p>특허청장 COMMISSIONER, KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE</p> <p>박원주</p> <p>특허청 Korean Intellectual Property Office</p> <p>QR코드에 현재기준 등록사항을 확인하세요</p>

## 제10장 기타 사항

### 1. 홍보 브로슈어 제작

#### ○ 제작 목적 및 구성

- 과제명 “적조 피해 최소화를 위한 적조탐지·예측시스템 구축 및 실증화” 연구의 종료와 함께 과제의 전반적인 내용 및 결과를 압축적으로 정리하여 대외 홍보용 배포를 위해 작성
- 구성 : 적조 탐지 및 예측 시스템 소개, 시스템 구성, 시스템 요소 기술, 시스템 시범 운용 예, 적조 정보 서비스 제공, 활용 방안 및 기대 효과
- 총 16쪽으로 구성

#### ○ 향후 활용 방안

- 대외 기관 및 기관 방문자에게 해당 국가 R&D 결과를 배포하여 연구 결과 홍보
- 주요 배포처 : 적조 관련 연구자, 적조 관리 기관, 적조 관리 지자체, 적조 연구 대학, 기관 방문자 등







## Red tide

적조는 자연재해가 아니라 자연현상입니다. 그렇다고 해서 방지할 수 없습니다. 적조 피해를 zero화 할 수 없으나 최소화 할 수 있습니다. 적조 피해에 대처할 수 있는 빠른 정보를 제공해야 합니다. 이는 과학으로 해결해야 합니다.

어민들은 지금도 적조 피해를 줄이기 위해 사투를 벌이고 있습니다.

### 연구개발의 필요성

- ▶ 현재 적조 탐지는 광역자료, 주간 자료 기반 및 분석 시간 지연 때문에 어민, 정책 결정자의 정보 요구와 차이가 발생함
- ▶ 적조 다발성 해역에서 실제 활동 중심으로 적조 연구 방향 전환 및 실시간 적조 종합 정보 지향 체계 구축 연구가 필요한 시점임
- ▶ 최근의 기술개발 요소의 융합(IMT, IT, BT, ST 기반)을 통한 실시간 탐지·예측 체계 구축 필요성 증대

### 정책적 근거

- ▶ 2018-2022 중용종교 안전관리 예산을 위해 제1차 해양수산과학기술육성 기본 계획-전략 2: 사회문제 해결을 위한 해양수산과학기술 기반 확보
- ▶ 2015년 해양수산부 "유해 해양생물 지형 및 관리 등에 관한 고시" 제정: 적조, 해파리 등 유해 해양생물의 체계적 관리

### R&D 과제 개요

- ▶ 사업명: 수산생물위기술개발사업 (2017-2019)
- ▶ 과제명: 적조 피해 최소화를 위한 적조 탐지·예측 시스템 구축 및 실험회
- ▶ 사업관리기관: 해양수산과학기술진흥원

### 연구 목표

방식별 적조 피해 최소화를 위한 관측 기반의 실시간 탐지 요소 기술

관측 자료 및 모델 기반의 예측 및 대응

ICT 기반의 적조 종합 정보의 실시간 제공 체계 구축

실시간 종합 적조 탐지 및 예측 시스템을 시험 운용 (중영(여수)지역)

다수계열의 필요성 및 연구회

실시간 종합 적조 탐지·예측 시스템 구축

## I. 적조 피해 최소화를 위한 실시간 통합 적조 탐지 및 예측 시스템

#### 1. 실시간 관측 인프라

용항 및 해양환경 센서 기반 실시간 탐지 및 광역 탐지 시스템

#### 2. 적조 생물 분석 인프라

실시간 예측정보 보정을 위한 해양분자학/미생물 분석용 종합 적조 모니터링

#### 3. 원격 관측 인프라

위성 기반 적조 정보 시스템 고도화 및 적조 일고리온 기술 개발

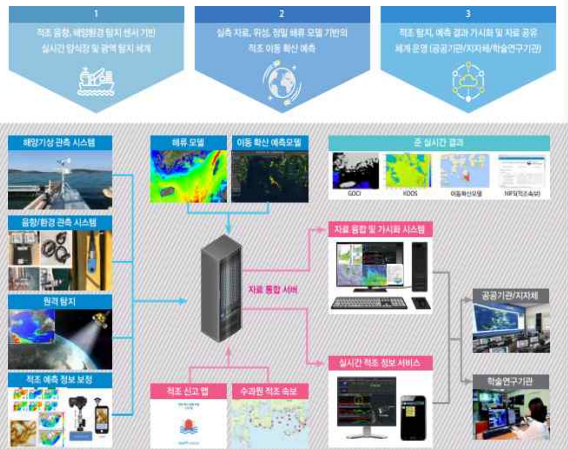
#### 4. 수치모델 인프라

다중 영상 및 모델링 통한 72시간 3차원 예측 시스템 구축 및 현장 적용

#### 5. 실시간 통합 적조 탐지 및 예측 시스템 시험 운용

중영(여수)지역 해역의 실시간 탐지·예측, 대응·방역, 위생 및 예외대응, 이동 확산 정보 기반

## II. 실시간 통합 적조 탐지 및 예측 시스템 구성도



## III. 적조 탐지·예측 시스템 요소 기술

### 1. 실시간 적조 융합탐지 시스템 개발

#### 실시간 적조 융합탐지 시스템 개발 및 내용

- ▶ 세계 최초로 초음파 센서 기반 적조 융합탐지 시스템 개발 (특허번호: 10-1651822)
- ▶ 광역 및 연안 탐시장 또는 부이에 실시간 융합 및 해양환경 관측 센서 설치 운용
- ▶ IoT 기반의 LoRa 통신을 사용하여 적조 연속 관측 및 자료 전송 체계 구축

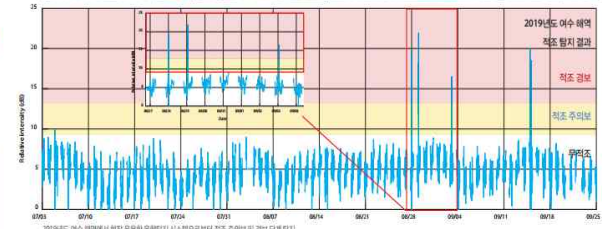


#### 실시간 적조 융합탐지 시스템(RASS) 장비 내용

1. 초음파 융합 탐지 기반 실시간 적조 탐지
2. 이동식 또는 고정식으로 설치 운용
3. 실시간 원격 제어 및 모니터링
4. 융합 이외에 해양 환경 관측 센서 동시 운용 가능

### 실시간 적조 융합탐지 시스템 현장 운용 및 결과

- ▶ 적조가 주로 발생하는 광역/연안 해역에서의 적조 유도
- ▶ 실시간 탐지 현장 운용 (기동력 및 부이형)
- ▶ 17-19 동영, 여수, 거제 해역에서 복수의 관측 시스템 현장 운용
- ▶ 실시간 융합 및 해양환경 관측 센서 기반 적조 탐지





## 2. 적조 현장 측정 분석 및 신속 탐지 기법

### 적조 예측 정보 보장을 위한 대상종 현장 측정 및 분석 신속 탐지 기법 적용

- ▶ 적조 용량 탐지자료, 위성자료, 모델 입력 변수 중 실시간 자료 및 72시간 예측 모델을 위한 적조 생물 및 환경요인 현장 측정 및 분석
- ▶ 유전자 기반 적조생물 진단 Kit
- ▶ 휴대용 적조 탐지용 광학 모듈 설계 및 개발

### 현장 적용 고도화 및 활용

- ▶ qPCR 기반 유전자표지 종관별 키트의 개발을 통한 고도화, 핵산추출과정의 자동화, 유전자표지 종관별 현장 이동 시스템 구축

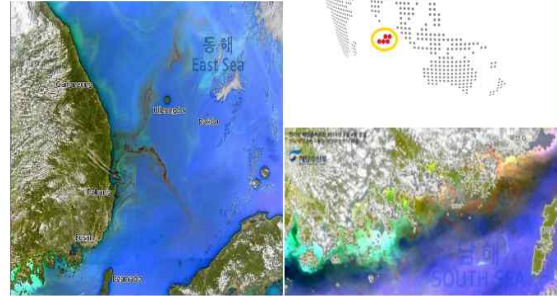


현장 고도화, qPCR 기반 적조 신속 탐지 기법 현장 적용, 및 기반 휴대용 적조 광학탐지 장치, 스마트폰

## 3. 적조 원격 탐사

### 천리안 GOCI 위성을 활용한 적조 원격 탐사

- ▶ 천리안 해양관측위성(GOCI: Geostationary Ocean Color Imager)을 이용한 적조 탐지
- \* GOCI: 동아시아를 하루 한번 1시간 간격으로 촬영하는 정지궤도 위성
- ▶ GOCI 자료 온실시간 분석 자료와 적조 탐지-예측 시스템 연계
- ▶ 슬롯기계 편차 보정 영상처리 기법 적용을 통해 광역적분 분석력 개선

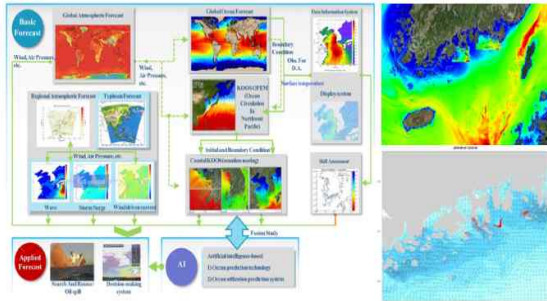


적조 탐지·예측 시스템 요소 기법

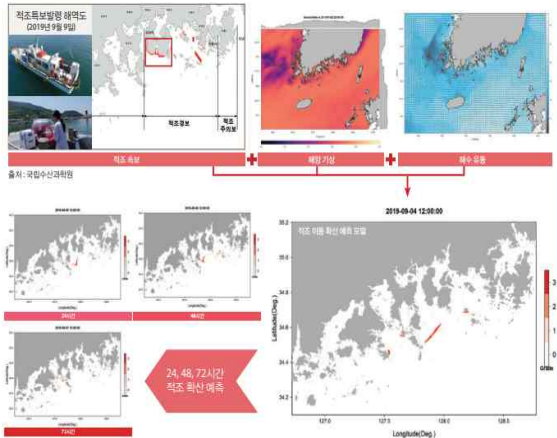
## 4. 다중모델 앙상블 적조 이동 예측 시스템 개발

### 운용해양정보시스템 (KOOS) 고도화

- ▶ 운용해양정보시스템 (KOOS) 자료를 내삽하여 적조 확산 예측을 위한 남해안 전체의 300 m 해상도, 통영/거제 및 여수 해역에는 150 m 고해상도의 예측 시스템 구축
- ▶ FTP 서버를 통한 자료 공유 (비밀, 기온, 일사량, 수온, 염분, 유속 등)
- ▶ 수립된 예측 모델 결과 검증(조위, 유속, 수온 등) 및 고도화

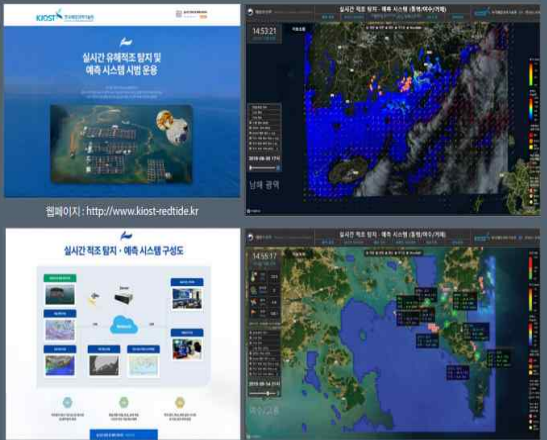


### 72시간 적조 이동 예측 모델 개발



적조 탐지·예측 시스템 요소 기법

## IV. 실시간 통합 적조 탐지 및 예측 시스템 시범 운용

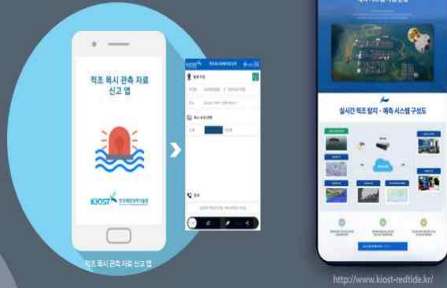


- ### 실시간 통합 적조 탐지 및 예측 시스템
- ▶ 가시화: 세계 홈페이지: <http://www.kioos-redtide.kr>
  - 지역 상황, 실시간 탐지정보, 예측정보, 시범용 탐지정보, 자료조회, 전자상황 가능
  - ➔ 대상 해역 설정: 남해, 동해, 서해, 여수
- ### 실시간 탐지정보
- ▶ 각 해역 별 (온)실시간 탐지정보 전시
  - ▶ 해역 기상 자료: 매 10분
  - ▶ 용량 탐지자료 (용량 및 농도): 매 10분
  - ▶ 수온 및 수심 자료: 매 10분
  - ▶ 위성 자료 (염분): 매 1시간 (주간)
- ### 예측정보
- ▶ 각 해역 별 예측정보 전시 (최대 72시간)
  - ▶ 해역 모델 자료: 매 1시간
  - ▶ 적조 이동 확산 모델 자료: 매 1시간 (주간)
- ### 시범용 탐지정보
- ▶ 각 관측소 및 실시간 용량(농도)정보 전시
  - ▶ 수온, 용량 정보, 염분, 수심, 시계열 그래프 및 표

실시간 통합 적조 탐지 및 예측 시스템 시범 운용

### 실시간 통합 적조 탐지 및 예측 시스템 정보 서비스 제공

- ▶ 관측 자료 DB와 연동 통합
- ▶ 가시성 네트워크 구성 등 관련 기관 및 기업인 활용 버전으로 시스템 구성
- ▶ 적조 발생 신고와 개발 및 관리 적용
- ▶ **대리인서비스** : 인터넷홈페이지, 스마트폰 앱 ((대상 : 어촌계 및 어민))



### V. 연구개발 성과의 활용방안

- ▶ 유행 및 예방 환경 위험, 유전자 분석 등의 자료 융합을 통해 유해적조 광역적지 발생률 GIS 기반 통합 정보 제공
- ▶ 적조 탐지 요소 기술 개발을 통한 조기 탐지 기술 향상
- ▶ 적조 발생 지역의 관리 및 대책 수립을 위한 실시간 광역 정보 제공
- ▶ 적조 예방 발생 이동 - 확산 경로 예측 및 이를 통한 방제 및 인력 투입의 효율성 향상
- ▶ 적조 발생영향 규명으로 선제 적조 발생 대응 가능
- ▶ 적조발생과 관련된 연구자료 공유를 통한 관련 연구 기관 및 대학의 연구 활성화 기여

### VI. 기대효과

- ▶ 국가적 유해생물 통합관리 체계 기술 확보
- ▶ 유해적조 탐지 및 기원 추적 기술 개발을 통한 광역/광역 감시 시스템 구축
- ▶ MT-8T-4T-ST 기반의 융합 해양과학연구 수행 역량 강화
- ▶ 적조에 의한 수산업 피해 최소화, 노동 인력비용 절감
- ▶ 적조 피해 국가에 적조 탐지 체계 기술 이전
- ▶ 국가 해양과학기술을 통한 사회 현안 문제 해결 체계 구축

국립해양과학기술원

Copyright © 2019 KIOST ALL RIGHTS RESERVED.



#### 한국해양과학기술원

49111 부산광역시 영도구 해양로 385

Tel. 051-664-3650 (강동혁 책임연구원, dhkang@kiost.ac.kr) / Tel. 055-639-8430 (정승원 책임연구원, diatoms@kiost.ac.kr)

#### (주)시스코어

16922 경기도 용인시 기흥구 용구대로2335번길 43

Tel. 031-889-9675 (김병권 대표, bkkim@syscore.co.kr)



## 제11장 참고문헌

---

- 강돈혁, 임선호, 이형빈, 도재원, 이윤호, 최지웅. 2013. 초음파를 이용한 유해적조의 실시간 음향탐지 시스템 개발 및 평가. *Ocean and Polar Research*, 35(1), 15-26.
- 박선, 이성로, 2011. 나이브베이스 분류자와 퍼지 추론을 이용한 적조 발생 예측의 성능향상, *한국해양정보통신학회 논문지*, 15, 1881-1888.
- 박선, 김경준, 이진석, 이성로, 2011. 신경망과 SVM을 이용한 적조 발생 예측, *전자공학회 논문지*, 48, 39-45.
- 배헌민, 이창규 외 18명, 2009. 식물플랑크톤 유해성 탐색기술 및 적조발생 환경제어 연구, 국립수산과학원, TR-2010-ME-013.
- 송병호, 정민아, 이성로, 2010. 사례 기반 추론을 이용한 적조 예측 모니터링 시스템 구현 및 설계, *한국통신학회 논문지*, 35, 1819-1826.
- 오승열, 박재문, 윤희주, 2015. 인공위성을 통한 해양 기상자료를 이용한 적조발생예보, *한국전자통신학회 논문지*, 10, 311-318.
- 윤양호, 2010. 바다의 반란 적조(아산재단 연구총서 제309집). 집문당, 서울, 531 pp.
- 윤양호, 김종덕, 오석진, 2012. 미세조류의 경이로운 세계와 산업적 이용. 전남대학교출판부, 광주, 352 pp.
- 윤희주, 김영섭, 윤양호, 김상우, 2002. 원격탐사를 이용한 한국 남해 중부해역에서의 적조 예찰 연구 1. 적조발생과 기상인자간의 상관성 연구, *한국해양정보통신학회 논문지*, 6, 843-848.
- 윤희주, 김승철, 박일흠, 2003. 한국 남해중부해역의 적조발생에 관한 기상 및 해양환경 특성, *한국해양정보통신학회 논문지*, 7, 845-852.
- 윤희주, 남광우, 조한근, 변혜경, 2004. 원격탐사를 이용한 한국 남해 중부해역에서의 적조 예찰 연구 2. 적조 발생과 해양인자간의 상관성 연구, *한국해양정보통신학회 논문지*, 8, 938-945.
- 윤희주, 서영상, 정종철, 남광우, 2004. 한국 연안의 적조형성과 기상인자간의 관계에 대한 통계적 해석, *한국해양정보통신학회 논문지*, 8, 926-932.
- 윤희주, 2005. 적조기상정보 : 기상인자를 활용한 연안 적조예측기술 개발, *한국해양정보통신학회 논문지*, 9, 844-853.
- 최현용, 2001. 한국 남해 나로도와 소리도 사이 해역의 1998년 하계 해황 및 적조소멸과의 관계, *한국해양학회지 '바다'*
- 해양수산부, 운용해양(해양예보) 시스템 연구 (2단계), 2018.
- Ahn Y. H., 2000. Development of remote sensing reflectance and water leaving radiance models for ocean remote sensing technique, *J. Korean Society of Remote Sensing*, 16(3), 243-260 (in Korean).
- Ahn, Y.-H., Shanmugam, P., 2006. Detecting the red tide algal blooms from satellite ocean color observations in optically complex Northeast-Asia Coastal waters. *Remote*

- B. Gokaraju, S.S. Durbha, R.L. King, N.H. Younnan, 2011. A Machine Learning Based Spatio-Temporal Data Mining Approach for Detection of Harmful Algal Blooms in the Gulf of Mexico, *IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing*, 4, 710-720.
- Bruce et al. 2015. Approaches for the detection of harmful algal blooms using oligonucleotide interactions. *Anal Bionanal Chem.* 407(1), 95-116.
- Carvalho, G.A., Minnett, P.J., Fleming, L.E., Banzon, V.F., Baringer, W., 2010. Satellite remote sensing of harmful algal blooms: A new multi-algorithm method for detecting the Florida Red Tide (*Karenia brevis*). *Harmful algae*, 9, 440-448.
- Cannizzaro, J. P., K. L. Carder, F. R. Chen, C. A. Heil, and G. A. Vargo. 2008. 'A novel technique for detection of the toxic dinoflagellate, *Karenia brevis*, in the Gulf of Mexico from remotely sensed ocean color data', *Continental Shelf Research*, 28, 137-158.
- Cancino, L. and Neves, R., 1999. Hydrodynamic and sediment suspension modeling in estuarine systems. Part I: Description of the numerical models. *Journal of Marine Systems*, 22, 105-116.
- Carrere L., F. Lyard, M. Cancet, A. Guillot, L. Roblou, FES, 2012. A new global tidal model taking taking advantage of nearly 20 years of altimetry, *Proceedings of meeting "20 Years of Altimetry"*, Venice.
- Cho, H. Y., Park, K. S., & Kim, S., 2016. Global parameter estimation of the *Cochlodinium polykrikoides* model using bioassay data. *Acta Oceanologica Sinica*, 35(2), 39-45.
- Choi, J.-K., Min, J.-E., Noh, J.H., Han, T.-H., Yoon, S., Park, Y.J., Moon, J.-E., Ahn, J.-H., Ahn, S.M., Park, J.-H., 2014. Harmful algal bloom (HAB) in the East Sea identified by the Geostationary Ocean Color Imager (GOCI). *Harmful Algae*, 39, 295-302.
- Costanza, R., & Sklar, F. H., 1985. Articulation, accuracy and effectiveness of mathematical models: a review of freshwater wetland applications. *Ecological Modelling*, 27(1-2), 45-68.
- Cusack, C., Dabrowski, T., Lyons, K., Berry, A., Westbrook, G., Salas, R., & Silke, J., 2016. Harmful algal bloom forecast system for SW Ireland. Part II: Are operational oceanographic models useful in a HAB warning system. *Harmful algae*, 53, 86-101.
- Dierssen, H. M., R. M. Kudela, J. P. Ryan, and R. C. Zimmerman. 2006. 'Red and black tides: Quantitative analysis of water-leaving radiance and perceived color for phytoplankton, colored dissolved organic matter, and suspended sediments', *Limnology and Oceanography*, 51, 2646-2659.
- Erica T. Casper, John H. Paul, Matthew C. Smith, Michael Gray, 2004, Detection and Quantification of the Red Tide Dinoflagellate *Karenia brevis* by Real-Time Nucleic Acid Sequence-Based Amplification, *Applied Envir Micro*, 70(8), 4727-4732.

- 
- Fraga et al. 2014. Multi-detection method for five common microalgal toxins based on the use of microspheres coupled to a flow-cytometry system. *Anal Chin Acta*. 850, 57-64.
  - Fukase, S., 1982: Mechanism of occurrence of red tide caused by *Chattonella antiqua* (HADA) ONO. In Report of Special Research Project on Environmental Science, 127-136 (in Japanese).
  - F. Recknagel, M. French, P. Harkonen, K-I. Yabunaka, 1997. Artificial neural network approach for modelling and prediction of algal blooms, *Ecological Modelling*, 96, 11-28.
  - F. Recknagel, T. Fukushima, T. Hanazato, N. Takamura, H. Wilson, 1998. Modelling and prediction of phyto- and zooplankton dynamics in Lake Kasumigaura by artificial neural networks. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 3, 123-133.
  - Geesey, M.E. and Tester, P.A., 1993. *Gymnodinium breve* ubiquitous in Gulf of Mexico waters. In Smayda TJ and Y Shimizu(eds). *Toxic phytoplankton blooms in the Sea*. Elsevier, Amsterdam, 251-255.
  - Gitelson, Anatoly A., Giorgio Dall'Olmo, Wesley Moses, Donald C. Rundquist, Tadd Barrow, Thomas R. Fisher, Daniela Gurlin, and John Holz. 2008. A simple semi-analytical model for remote estimation of chlorophyll-a in turbid waters: Validation, *Remote Sensing of Environment*, 112, 3582-93.
  - Hahn, S. D., 1998: History of algal records in Korean coastal waters, In *Harmful algal blooms in Korea and China*(ed. Kim, H. G., S. G. Lee and C. K. Lee), NFRDI, Korea, 34-43.
  - Hallegraeff, G.M. and C.J. Bolch, 1992. Transport of diatom and dinoflagellate resting spores in ships' ballast water: implications for plankton biogeography and aquaculture. *J. Plankton Res.*, 14, 1067-1084.
  - Hyun Jung Kim, SeungWon Jung, Dhong-Il Lim, Min-Chul Jang, Taek-Kyun Lee, Kyoung soon Shin, Jang-seu Ki. 2016. Effects of temperature and nutrients on changes in genetic diversity of bacterioplankton communities in a semi-closed bay, South Korea. *Marine Pollution Bulletin*, 106, 139 - 148.
  - Hu, C., Muller-Karger, F.E., Taylor, C.J., Carder, K.L., Kelble, C., Johns, E., Heil, C.A., 2005. Red tide detection and tracing using MODIS fluorescence data: A regional example in SW Florida coastal waters. *Remote Sensing of Environment*, 97, 311-321.
  - Jørgensen, S. E., Bendricchio, G., 2001. *Fundamentals of ecological modelling*. Elsevier.
  - Kim, Y.S., C.S. Jeong, G.T. Seong, I.S. Han, and Y.S. Lee. (2010) Diurnal vertical migration *Cochlodinium polykrikoides* during the red tide in Korean coastal sea waters. *J. Environ. Biol.* 31, 687 - 693.
  - Kim H, Bok T-H, Paeng D-G, Kim J, Nam K-H, Lee J-B, Shah MMR, 2017. Mobility of *Amphidinium carterae* Hulburt measured by high-frequency ultrasound. *The Journal*
-

- 
- of the Acoustical Society of America, 141, EL395–EL401.
- Kim H, Kang D, Jung SW, 2018. Development and application of an acoustic system for harmful algal blooms (HABs, red tide) detection using an ultrasonic digital sensor. *Ocean Science Journal*, 53, 91–99.
  - Kim H, Kang D, Jung SW, Kim M, 2019. High-frequency acoustic backscattering characteristics for acoustic detection of the red tide species *Akashiwo sanguinea* and *Alexandrium affine*. *Journal of Oceanology and Limnology*, 37, 1268–1276.
  - Kim, W., Ahn, J.-H., Park, Y.-J., 2015. Correction of Stray-Light-Driven Interslot Radiometric Discrepancy (ISRDR) Present in Radiometric Products of Geostationary Ocean Color Imager (GOCI). *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 53, 5458–5472.
  - Kim, W., Moon, J.-E., Ahn, J.-H., Park, Y.-J., 2016. Evaluation of Stray Light Correction for GOCI Remote Sensing Reflectance Using in Situ Measurements. *Remote Sensing*, 8, 378.
  - Kim, Won kook, Jeong-Eon Moon, Young-Je Park, and Joji Ishizaka. 2016. 'Evaluation of chlorophyll retrievals from Geostationary Ocean Color Imager (GOCI) for the North-East Asian region', *Remote Sensing of Environment*, 184, 482–495.
  - Kwang-Soon Park, Ki-Young Heo, Kicheon Jun, Jae-Il Kwon, Jinah Kim, Jin-Yong Choi, Kyoung-Ho Cho, Byoung-Ju Choi, Seung-Nam Seo, Young Ho Kim, Sung-Dae Kim, Chan-Su Yang, Jong-Chan Lee, Sang-Ik Kim, Seonjeong Kim, Jung-Woon Choi, and Sang-Hun Jeong, 2015 : Development of the operational oceanographic system of Korea. *Ocean Science Journal*, 50, 353–369.
  - Le C. F., C. M. Hu, J. Cannizzaro, D. English, F. Muller-Karger, and Z. Lee. 2013. Evaluation of chlorophyll-a remote sensing algorithms for an optically complex estuary, *Remote Sensing of Environment*, 129, 75–89.
  - Lee SY, Jeong HJ, Seong KA, Lim AS, Kim JH, Lee KH, Lee MJ, Jang SH, 2017, Improved real-time PCR method for quantification of the abundance of all known ribotypes of the ichthyotoxic dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides* by comparing 4 different preparation methods. *Harmful Algae*, 63, 23–31.
  - Matsuoka, K. and Y. Fukuyo, 2000. Technical guide for modern dinoflagellate cyst study. WESTPAC-HAB /WEAT-PAC /IOC, JSPS, 29pp.
  - Matsuoka, K., M. Iwataki, and H. Kawami, 2008. Morphology and taxonomy of chain-forming species of the genus *Cochlodinium* (Dinophyceae). *Harmful Algae*, 7, 261–270.
  - Matsuoka, K., A. Mizuno, M. Iwataki, Y. Takano, T. Yamatogi, Y.H. Yoon and J.-B. Lee, 2009. Seed populations of a harmful unarmored dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides* Margalef in the East China Sea. *Harmful Algae*, 9, 548–556.
  - Noh, J.H., Kim, W., Son, S.H., Ahn, J.-H., Park, Y.-J., 2018. Remote quantification of *Cochlodinium polykrikoides* blooms occurring in the East Sea using geostationary ocean
-

- 
- color imager (GOCD). *Harmful Algae*, 73, 129–137.
- Ohtsuka, S., Suzaki, T., Horiguchi, T., Suzuki, N., & Not, F., 2015. *Marine Protists*. Springer.
  - Okaichi, T.(eds), 2003. *Red Tides*. Terra Scientific Publishing Company /Kluwer Academic Publisher, Tokyo, 439 pp.
  - Omori, M. and B. Thorne-Miller, 2006. *Marine Biodiversity - Understanding Ocean Ecosystems to Protect the earth*. Tsukiji-shokan, Tokyo, 230 (in Japanese).
  - Park, J.G., M. K. Jeong, J. A. Lee, K.-J. Cho and O-S. Kwon (2001) Diurnal vertical migration of a harmful dinoflagellate, *Cochlodinium polykrikoides* (Dinophyceae), during a red tide in coastal waters of Namhae Island, Korea. *Phycologia*: Vol. 40, No. 3, pp. 292–297.
  - Park, K.S.; Heo, K.H.; Jun, K.C.; Kwon, J.I.; Kim, J.; Choi, J.Y.; Cho, K.H.; Choi B.J.; Seo, S.N.; Kim, Y.H.; Kim, S.D.; Yang, C.S.; Lee, J. C.; Kim, S.I.; Kim, S.J.; Choi, J.W., and Jeong, S.H., 2015. Development of the operational oceanographic system of Korea. *Ocean Science Journal*, 50(2), 353–369.
  - Part et al. 2016. Development of real-time RT-PCR for detecting viable *Cochlodinium polykrikoides* (Dinophyceae) cysts in sediment. *Harmful algae*, 60, 36–44.
  - Park, T. G., W. A. Lim, Y. T. Park, C. K. Lee, and H. J. Jeong, 2013. Economic impact, management and mitigation of red tides in Korea, *Harmful Algae*, 30, S131–S143.
  - Roiha, P., Westerlund, A., Nummelin, A., & Stipa, T., 2010. Ensemble forecasting of harmful algal blooms in the Baltic Sea. *Journal of Marine Systems*, 83(3–4), 210–220.
  - Robson, B. J., & Hamilton, D. P., 2004. Three-dimensional modelling of a *Microcystis* bloom event in the Swan River estuary, Western Australia. *Ecological Modelling*, 174(1–2), 203–222.
  - Rixen, M., and E. Ferreira-Coelho, 2007, Operational surface drift prediction using linear and non-linear hyper-ensemble statistics on atmospheric and ocean models, *J. Mar. Syst.*, 65(1–4), 105–121.
  - Son, Y.B., Ishizaka, J., Jeong, J.-C., Kim, H.-C., Lee, T., 2011. *Cochlodinium polykrikoides* red tide detection in the South Sea of Korea using spectral classification of MODIS data. *Ocean Science Journal*, 46, 239–263.
  - Skamarock, W.C., Klemp, J.B., Dudhia, J., Gill, D.O., Barker, D.M., Duda, M.G., Huang, X.Y., Wang, W., Power, J.G., 2008. A Description of the Advanced Research WRF 3, NCAR/TN - 475p STR NCAR TECHNICAL NOTE.
  - Stumpf, R., Culver, M., Tester, P., Tomlinson, M., Kirkpatrick, G., Pederson, B., Truby, E., Ransibrahmanakul, V., Soracco, M., 2003a. Monitoring *Karenia brevis* blooms in the Gulf of Mexico using satellite ocean color imagery and other data. *Harmful Algae*, 2, 147–160.
-

- 
- Stumpf, R. P., Tomlinson, M. C., Calkins, J. A., Kirkpatrick, B., Fisher, K., Nierenberg, K., & Wynne, T. T. 2009. Skill assessment for an operational algal bloom forecast system. *Journal of Marine Systems*, 76, 151–161.
  - Suh, Y.-S., Jang, L.-H., Lee, N.-K., Ishizaka, J., 2004. Feasibility of red tide detection around Korean waters using satellite remote sensing. *Fisheries and aquatic sciences*, 7, 148–162.
  - Suh et al. 2016. Detection of the dinoflagellate, *Cochlodinium polykrikoides*, that forms algal blooms using sandwich hybridization integrated with nuclease protection assay. *Biotechnol Lett.*, 38, 57–63.
  - Tang, D., B. Di, G. Wei, I. Ni, I.S. Oh and F. Wang, 2006. Spatial, seasonal and species variations of harmful algal blooms in the South China Sea and East China Sea. *Hydrobiologia*, 568, 245–253.
  - Trainer, V.L., 2002. Harmful algal blooms on the U.S. west coast. in "Taylor, F.J.R. and V.L. Trainer (eds), Harmful Algal Blooms in the PICES Region of the North Pacific. PICES Scientific Report, 23, 89–117.
  - Tomlinson, M. C., T. T. Wynne, and R. P. Stumpf. 2009. 'An evaluation of remote sensing techniques for enhanced detection of the toxic dinoflagellate, *Karenia brevis*', *Remote Sensing of Environment*, 113, 598–609.
  - Yan, T., M.-J. Zhou and J.-Z. Zou, 2002. A national report on harmful algal blooms in China. in "Taylor, F.J.R. and V.L. Trainer (eds), Harmful Algal Blooms in the PICES Region of the North Pacific. PICES Scientific Report, 23, 21–37.
  - Yoon, H.J. and Y.S. Kim, 2003, Satellite Monitoring and Prediction for the Occurrence of the Red Tide in the Middle Coastal Area in the South Sea of Korea, *Korean Journal of Remote Sensing*, 19(1), 21–30.
  - Zhao, J., Temimi, M., Ghedira, H., 2015. Characterization of harmful algal blooms (HABs) in the Arabian Gulf and the Sea of Oman using MERIS fluorescence data. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 101, 125 - 136.
  - Zhang et al. 2014. Parallel detection of harmful algae using reverse transcription polymerase chain reaction labeling coupled with membrane-based DNA array. *Environ Sci Pollu Res Int.*, 21, 4565–4575.
-



주 의

1. 이 최종보고서는 해양수산부에서 시행한 수산실용화기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 해양수산부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.