

새만금 해양환경보전대책을 위한
수질환경모니터링
조사연구 2 단계 2 차년도

국토해양부

새만금 해양환경보전대책을 위한
조사연구 (2단계 2차년도, 2007)
Integrated Preservation Study on the Marine
Environments in the Saemangeum Area
(2nd Year of 2nd Phase)

수질환경모니터링 분야

Water Quality Monitoring

주관연구기관 : 한국해양연구원
공동연구기관 : 인하대학교

국 토 해 양 부

주 의
(편집순서10)



(휴먼고딕 15)



6cm



BSPM

새만금 해양환경보전대책을 위한 조사연구
(2단계 2차년도, 2007)

Integrated Preservation Study on the Marine Environments in the
Saemangeum Area (2nd Year of 2nd Phase, 2007)

해양수질환경 모니터링 분야
Water Quality Monitoring

주관연구기관 : 한국해양연구원
공동연구기관 : 인하대학교

국 토 해 양 부

제 출 문

국토해양부 장관 귀하

본 보고서를 “새만금 해양환경보전대책을 위한 조사연구”의 2단계 2차년도 중
과제 “해양수질환경 모니터링 분야”의 보고서로 제출합니다.

2008. 2.

주관연구기관명 : 한국해양연구원

주관연구책임자 : 김 은 수

연구원 : 김경태, 조성록, 김종근, 박준건,
신진선, 이정무, 전미경, 김석영
이현정

세부연구책임자 : 노 재 훈

연구원 : 강형구, 최동한, 이창래, 노승목,
강경아, 유신재

공동연구기관명 : 인하대학교

공동연구책임자 : 우 승 범

연구원 : 윤병일, 조재갑, 최영광, 민정록,
구분호, 고지민

2단계 2차년도 보고서 초록

과제관리 번호		해당단계 연구기간	2007. 2~ 2008. 2	단계 구분	2단계 2차년도 /총3단계
연구사업명	새만금 해양환경보전대책을 위한 조사·연구(2단계 2차년도, 2007)				
연구과제명	해양수질환경 모니터링				
연구책임자	김은수	해당단계 참여연구원수	총 : 24명 내부 : 9명 외부 : 15명	해당단계 연구비	정부: 486,000천원 기업: 천원 계: 천원
연구기관명 및 소속부서명	한국해양연구원 등		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위탁연구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	
<p>1. 물리/유동</p> <ul style="list-style-type: none"> - 끝막이 공사 완료 후 여름철 저조시에 방조제 내측의 수직 성층이 크게 강화 - 방조제 내·외측 유속 감소 - 만경·동진 유출수는 내측에만 분포 <p>2. 수질</p> <ul style="list-style-type: none"> - 끝막이 공사완료 후 방조제 내측의 부유물질 농도 감소 - 여름철의 방조제 내측의 일부지역에서 저층수의 용존산소는 20% 이하 - 방조제 내측 표층수에서 COD는 월평균 4mg/L 이상이며, 10월 평균은 7mg/L를 초과 - 저층퇴적물중의 유기물 축적은 저층수의 용존산소 결핍 초래 <p>3. 부유생태 모니터링</p> <ul style="list-style-type: none"> - 엽록소 a 농도와 일차생산력은 방조제 내·외측에서 증가 추세 - 급격한 환경 변화에 쉽게 적응하는 종에 의한 적조발생(방조제 내측에서 적조성 외편모조류인 <i>Prorocentrum minimum</i>이 5월과 10월에 대량 발생) - 동물플랑크톤 종 다양성지수 감소 및 내·외측의 개체수 차이 심화 - 방조제 내측에서 야광충 대량 발생 - 방조제 내·외측의 클로로필 농도와 COD 상관성 증가. 방조제 내측의 자생기원 유기물 증가 					
색인어 (각 5개이상)	한글	끝막이 공사 완료, 해수의 물리 특성, 수직 성층, 담수 유출, 수질모니터링, 영양염, 오염물질, 식물플랑크톤 대증식, 종 다양성 지수, 자생기원 오염원, 저산소현상			
	영어	Complete closure of the sea dike, physical properties of seawater, vertical stratification, freshwater plume, water quality monitoring, nutrients, pollutants, phytoplankton bloom, species diversity, autochthonous contaminant, hypoxia			

요 약 문

I. 제 목

새만금 해양환경보전대책을 위한 조사·연구 (2단계 2차년도, 2007)

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 방조제 완공으로 인한 방조제 내·외측 수질환경 변화 파악
- 방조제 완공에 따른 해양환경 변화 평가를 위한 자료 축적
- 수질 변화를 예측하기 위한 모델분야에 입력자료와 검증자료 제공
- 모니터링 체계 구축
 - 수질, 물리 및 부유 생태계 구조 및 기능의 변화 감시
 - 해양 생태계 손실의 최소화 방안 제시

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 계절별 해수 및 수질특성 조사
 - 방조제 내·외측 해역 3, 5, 7, 10월 대조기 저조시 수온, 염분, 수질 및 생태계 조사
 - : 일반수질 및 영양염 분포
 - : 식물플랑크톤의 엽록소 농도 및 일차 생산력 분포 특성
 - : 원생 및 중형 동물플랑크톤의 분포 특성
- 방조제 개방구간을 통한 담수 유출에 의한 외해역 환경변화 감시
 - 담수의 유출 범위
 - 엽록소 a 농도 및 부유생물의 군집변화 변화
- 환경변화 예측모델 수행을 위한 입력 및 검증 자료 확보
 - 수질/순환 예측을 위한 기초자료 제공
- 조석에 따른 유동, 해수 및 수질특성 변화
 - 7월 방조제 내·외측 3개 정점 층별 수온, 염분, 유동 25시간 연속관측
 - 7월 방조제 내·외측 2개 정점 층별 수질 및 부유생물 25시간 연속관측

IV. 연구개발결과

1. 물리/유동

- 수평 분포
 - 방조제 끝막이 공사 전인 2004년 하계시 방조제 내측 표층 염분의 분포 범위가 25.6~13.9psu 였지만 2007년 하계시에는 2.8~27.5psu로 염분 분포 범위가 넓어짐
 - 방조제 내측의 표·저층 수온 평균값은 2004년 하계시보다 2007년 하계시에 약 2~3℃ 낮아짐

○ 수직 성층

- 끝막이 후 방조제 내측의 염분 표·저층차는 2007년 하계 시 최대 26psu까지 나타났으며 2006년도 관측 범위과 비슷
- 성층 강도의 지표인 Potential Energy Anomaly를 산정한 결과, 2004년 하계시 내측은 $1.8\sim 49.8 J/m^3$ 분포였지만 2007년 하계시 $0.2\sim 95.4 J/m^3$ 분포로 성층 강도가 강화

○ 조석에 따른 유동 및 해수 특성

- 2006년도와 마찬가지로 2007년도 관측에서도 방조제 내측 수로, 신시 개방구간 외측 수로에서 끝막이 공사 완료 후 일평균 해류 유속의 크기가 공사 전에 비해 현저하게 감소된 것으로 관측
- 방조제 내측 수로(정점7, 정점304)에서 끝막이 공사 완료 후 수온, 염분, 밀도의 성층이 뚜렷하게 강화

2. 수질

○ 일반수질 및 영양염

- 방조제 내측에서의 용존산소포화도는 여름철에 120%를 상회하며, 저층은 20%를 나타내는 지역이 발생
- 내측 표층에서 COD는 월평균 4mg/L 이상이며, 10월 평균은 7mg/L를 초과
- 방조제 내측의 COD와 클로로필-a 관계로 부터 COD는 클로로필-a에 영향을 크게 받고 있는 것으로 나타났으며, 표층에서의 육상기인 COD는 3mg/L로 산정
- 부유물질은 감소하였으며, 여름철을 제외하고 총인 및 총질소 농도가 감소
- 입자성 물질 및 용존 유기 탄소는 방조제 내측 표층해역에서 농도가 증가
- 부유물질의 저층으로의 침전 및 제거는 새만금 방조제 내측 해역의 저층 환경 내 산소 소비를 유발시킬 수 있음

○ 중금속

- 방조제 내측에서 Cd을 제외한 용존성 중금속은 방조제 끝막이 이후에 변동 범위가 넓어지고 평균 농도가 증가. 육상기인 오염물질과 해수의 희석에 의한 영향으로 염분, DOC, DIN과 상관관계를 나타냄
- 방조제 내측에서 입자성 Mn, Cu, Zn은 2005년(끝막이 이전) 또는 2006년보다 함량이 증가하는 경향을 보였음
- 조하대 퇴적물은 만경강과 금강 하구 또는 북측 방조제, 신시갑문 주변에서 높았으며, Metal/Al 비는 대체로 내측의 방조제 북쪽, 신시갑문 주변에서 높음
- 퇴적물의 금속 함량은 입도 및 TOC와 양호한 상관성을 많이 보였으나 Mn, As, Pb, Hg은 유기물에 대하여 더욱 높은 상관성을 보임

3. 부유생태

- 끝막이 공사 후 변화 양상
 - 식물플랑크톤 우점종 변화 : 급격한 환경 변화에 쉽게 적응하는 *Prorocentrum minimum*과 같은 적조생물의 대량 번성이 발생
 - 엽록소 a 농도 변화 : 끝막이 공사 후 방조제 내·외측의 엽록소 a 농도 증가 추세
 - 동물플랑크톤 중 다양성 지수 감소 및 내·외측 간 개체수의 차이 심화
- 기회생물종 변화
 - 야광충은 끝막이 공사 후 방조제 내측에서 대량 발생
 - 해파리 유생은 2004년보다 감소하였으나 2005년과 2006년에 비해 증가
- 수환경과 부유생물과의 관계
 - 클로로필 농도와 COD 상관성 증가. 2007년에는 방조제 내측의 자생기원 유기물이 2006년에 비해 약 2배 증가된 양상을 보임

V. 연구개발결과의 활용방안

- 새만금 공사에 따른 방조제 내·외측 유동 및 수질환경 변화규명 자료로 활용
- 예측모델 수립을 위한 입력 및 검증자료 제공
- 새만금 개발에 따른 해양환경 보전을 위한 대책수립과 영향 최소화 방안 제시를 위한 기반자료로 활용
- 수질 환경 변화에 따른 부유 생태계의 변화 양상 파악
 - 부유생물 군집 및 생체량변화 양상을 분석하여 새만금 개발 시 부유생태계 변화 예측 자료로 활용
 - 새만금 개발 방향 결정에 필요한 환경 정책 자료로 활용

S U M M A R Y

I. Title

Integrated preservation study on the marine environments in the Saemangeum area (2nd Year of 2nd Phase, 2007)

II. Objectives and Necessity

- To investigate changes in water quality environments inside and outside of the dike caused by the completion of the dike
- To compile physical environmental data before the completion of remaining sea dike to assess the changes in marine environments after the completion of sea dike
- To provide input and validation data for numerical models designed to predict the water quality environmental changes.
- To establish long-term ecological monitoring system
 - Observe planktonic ecosystem structure change, water quality, physical environment and functional changes
 - Propose response measures which may contribute in minimizing impacts to marine ecosystem

III. Contents and scope

- Seasonal water column and water quality surveys
 - Temperature, salinity, water quality and planktonic ecosystem measurements at stations inside and outside the sea dike at low slack waters in spring tide in March, May, July and October
 - : Characterization of chlorophyll-a concentrations of phytoplankton and distribution of primary productivity
 - : Distributional characterization of protozoa and mesozooplankton
- Survey of environmental changes of outer dike water due to freshwater discharge during open period for flood-gate of the dike
 - Effluence area of low salinity water
 - Changes in chlorophyll a concentrations and plankton community
- Tidal variation of water movements, characteristics and water quality as tidal cycle
 - 25-hour continuous measurements of temperature, salinity, and current at three stations inside and outside the sea dike in August
 - 25-hour continuous measurements of water quality and planktonic community at two stations inside and outside the sea dike in August

- Observation of tide to monitor changes in water movement, saline water and water quality characteristics
- 25-hour continuous measurements of plankton at two stations, inside and outside the sea dike in July

IV. Results

1. Hydrography and Water movements

- Horizontal distribution
 - At the inside of the dike, the surface salinity range was 25.6~13.9psu in summer 2004 (before dike closure). The range become wider in 2007 (after closure), its range is 2.8~27.5psu
 - In 2007 summer season, it shows that the average temperature of surface and bottom layer is 2~3°C lower than the average temperature of 2004
- Vertical stratification
 - After complete closure of the sea dike, the maximum difference of water salinity between the surface and the bottom layer becomes 26psu at the inside of the dike in 2007 summer season, which is similar to 2006
 - Potential energy anomaly, an index of stratification intensity, was 1.8~49.8 J/m³ at low water in spring tide on 2004 summer season. But it increases to 0.2~95.4J/m³, showing strengthened vertical stratification on the summer season in 2007
- Tidal variation of water characteristics and movements
 - After complete closure of the sea dike, the daily averaged current speed is remarkably decreased in the inside channels of the dike and both outside of the Shinsi and the Garyuk gate
 - The vertical stratification of water temperature, salinity and water density was markedly intensified in the channels inside of the dike(Observation point 7, 304) after complete closure of the sea dike

2. Water quality

- General water quality and nutrients
 - The DO saturation percentages were higher than 120% at the surface in the inner part of Saemangeum dike in summer. In some areas, DO saturation percentages of bottom water were under 20%
 - Monthly average of COD was higher than 4mg/L in the inner part of Saemangeum dike. In particular, the average concentration in October over were 7mg/L.

- COD concentration showed positive relationship with chlorophyll-a in the inner Saemankeum dike. Land-derived COD in surface water was about 3mg/L.
- The concentrations of SPM were lower after the completion of the Saemangeum dike, and also total phosphorus and nitrogen showed low concentration.
- SPM, POC and DOC were increased in surface water in the inner part of Saemangeum dike.
- The deposit of organic carbon piled on lower layer increases consumption of dissolved oxygen during oxygenation, and then brings a deficiency of dissolved oxygen on the lower layer of water mass.
- Heavy metals
 - In the surface waters of inner part of Saemangeum dike, the range and average concentrations of dissolved heavy metals except for Cd become wider in 2006 and 2007(after the completion of the dike). Due to the mixing land base pollutants and seawater, dissolved metals showed good relationship with salinity, DIN and DOC.
 - The contents of particulate Mn, Cu and Zn in 2007 were higher than those in 2005(before the completion of the dike) or 2006.
 - Metal contents and ratio(Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Cd and Hg) of Metal/Al in the marine sediments were high in the Mangyeong and Geum river estuaries, near the northern area of inner part of Saemangeum and the Sinsi watergate.
 - Metals in the surface sediments showed relatively high correlations with TOC and mean grain size. The correlation coefficients of Mn, As, Pb and Hg with TOC were higher than mean grain size.

3. Planktonic ecology

- Change of planktons after the completion of Saemangeum dike
 - Transition of dominant species of phytoplankton : abundant and dominant growth of very adaptive species to sudden and extreme environmental changes such as *Prorocentrum minimum*, a red-tide species
 - Change of chlorophyll *a* concentrations : Chlorophyll *a* concentration increased after the completion of the Saemangeum dike, at both inside and outside of the dike
 - Species diversity in zooplankton community decreased, and difference in diversity between inside and outside the sea dike was intensified
- Changes in opportunistic species
 - *Noctiluca scintillans* occurred on a massive scale inside the sea dike after the completion of the Saemangeum dike
 - Abundance of juvenile scyphomedusa has decreased compared to 2004, however

increased when compared to 2005 and 2006.

- Relationship between water environment and planktons
 - Increased correlation between chlorophyll *a* concentrations and COD : Authigenic organic matter in 2007 inside of the dike increased about twice when compared to 2006

V. Applications

- To identify and understand changes in spatial and temporal structure of hydrography, water movements and water quality caused by the Saemangeum project
- To provide input and validation data for numerical prediction models
- To provide fundamental information to propose mitigation options to minimize the impacts of the Saemangeum project on marine environments, and to examine any exploitation plan outside the sea dike
- To identify and understand changes of plankton ecosystem due to changes in water quality environment
 - Utilization of data in predicting future plankton ecosystem changes during Samangum area development through analyzing plankton community and biomass changes
 - Utilization of data in environmental policy decision making process which may help contributing in determining appropriate development direction for Samangum area

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	
제 1 절 연구개발의 개요	
제 2 절 연구개발의 현황과 필요성	
1. 국내외 연구기술현황	
2. 연구개발의 필요성	
제 3 절 연구개발 목표 및 범위	
1. 연구개발 목표	
2. 2차년도 목표 및 범위	
제 2 장 연구개발수행 내용 및 결과	
제 1 절 물리/유동	
1. 연구개요	
가. 공간감시	
나. 연속관측	
2. 자료처리 및 방법	
가. 수온, 염분자료	
나. 유동자료	
3. 연구내용 및 결과	
가. 담수방출	
나. 해수특성의 공간분포	
다. 연속관측 결과	
라. 물리환경의 연변동	
4. 결론	
제 2 절 수질	
1. 연구개요	
2. 시료채취 및 분석방법	
가. 시료채취	
나. 분석방법	
3. 결과 및 고찰	
가. 해수	
나. 조하대 퇴적물	
다. 조간대 퇴적물	
4. 결론	
제 3 절 부유생태	
1. 연구개요	

- 2. 시료채취 및 분석방법
 - 가. 조사정점
 - 나. 식물플랑크톤
 - 다. 박테리아
 - 라. 원생동물플랑크톤
 - 마. 중형동물플랑크톤
- 3. 결과 및 고찰
 - 가. 식물플랑크톤
 - 나. 박테리아
 - 다. 원생동물플랑크톤
 - 라. 중형동물플랑크톤
- 4. 결론

제 3 장 연구개발결과의 목표달성도와 활용방안

- 제 1 절 목표달성도
 - 1. 중과제 목표달성도
 - 2. 세부과제별 목표달성도
- 제 2 절 기여도 및 활용방안
 - 1. 기대성과
 - 2. 활용방안
- 제 3 절 추가연구의 필요성 및 향후조치에 대한 의견

제 4 장 연구개발과정에서 수집한 과학기술정보 및 참고문헌

- 제 1 절 관련 과학기술 정보
- 제 2 절 참고문헌
 - 1. 물리/유동
 - 2. 수질
 - 3. 부유생태

표 목 차

표 2-1-1. 물리/유동분야 조사항목과 조사일자(2002~2007).	.....
표 2-1-2 (a). 물리/유동분야 공간감시 정점 위치(2007년 3월 저조시).	.....
표 2-1-2 (b). 물리/유동분야 공간감시 정점 위치(2007년 5월 저조시).	.....
표 2-1-2 (c). 물리/유동분야 공간감시 정점 위치(2007년 7월 저조시).	.....
표 2-1-2 (d). 물리/유동분야 공간감시 정점 위치(2007년 10월 저조시).	.....
표 2-1-3. 2007년도 새만금 조사정점위치.	.....
표 2-1-4 (a). 2002~2006년 연속관측 개요.	.....
표 2-1-4 (b). 2007년 연속관측 개요.	.....
표 2-1-5. 물리/유동 조사에 사용된 장비의 제원.	.....
표 2-1-6. 2005~2007년 연속 관측 결과.	.....
표 2-2-1. 2007년 만경·동진강을 통해 새만금 방조제 내측으로 유입되는 하천 유량 (m ³ /day) 및 입자성 부유물질(SPM), 입자성 유기탄소(POC) 및 용존유기탄소 (DOC)	.....
표 2-2-2. 연안해수 표준물질인 캐나다 NRC의 CASS-4를 이용한 해수 중의 용존성 중금속 분석 정확도 검증 결과.	.....
표 2-2-3. 해양 퇴적물 표준물질인 캐나다 NRC의 MESS-2를 이용한 입자성 금속 분석 정확도 검증 결과.	.....
표 2-2-4. 해양 퇴적물 표준물질인 캐나다 NRC의 MESS-2를 이용한 퇴적물 중의 금속 분석 정확도 검증 결과.	.....
표 2-2-5. 새만금 주변 하천 및 해역 표층수의 용존성 중금속 농도(2007. 03).	.....
표 2-2-6. 만경강 하구 표층수의 용존성 중금속 농도(2007. 03).	.....
표 2-2-7. 새만금 해역 표층 해수의 용존 중금속 자료 비교($\mu\text{g/L}$).	.....
표 2-2-8. 새만금 주변 하천 및 해역 표층수의 입자성 금속 함량(2007. 03).	.....
표 2-2-9. 만경강 하구 표층수의 입자성 금속 함량(2007. 03).	.....
표 2-2-10. 총중금속에서 용존 중금속이 차지하는 비율(2007. 03).	.....
표 2-2-11. 새만금 해역 해수 중의 중금속 분배계수 (Log(Kd)).	.....
표 2-2-12. 만경·동진강을 통한 새만금 방조제 내측의 금속별 유입량.	.....
표 2-2-13. 해역 표층 퇴적물의 지화학적 특성(2007. 05).	.....
표 2-2-14. 해역 표층 퇴적물의 금속 함량(2007. 05).	.....
표 2-2-15. 새만금 해역 표층 퇴적물의 지화학 성분들의 상관계수(2007. 05).	.....
표 2-2-16. 새만금 해역 표층 퇴적물의 금속 함량 비교.	.....
표 2-2-17. 조간대 퇴적물의 지화학적 특성(2007. 08).	.....
표 2-3-1. 2007년 각 조사 정점에서 측정된 일차생산력 및 결정 요인 특성.	.....
표 2-3-2. 2002~2007사이 조사 해역에 출현한 식물플랑크톤 우점종 목록.	.....
표 2-3-3. 2007년 3월 방조제 내·외측에서 출현한 상위 5개 우점 분류군의 평균 개체수(개	.....

- 체/m³) 및 우점률(%).
- 표 2-3-4. 2007년 5월 방조제 내·외측에서 출현한 상위 5개 우점 분류군의 평균 개체수
(개체/m³) 및 우점률(%).
- 표 2-3-5. 2007년 7월 방조제 내·외측에서 출현한 상위 5개 우점 분류군의 평균 개체수
(개체/m³) 및 우점률(%).
- 표 2-3-6. 2007년 10월 방조제 내·외측에서 출현한 상위 5개 우점 분류군의 평균 개체수
(개체/m³) 및 우점률(%).

그 립 목 차

그림 2-1-1.	2007년 물리/유동분야 조사 정점도.
그림 2-1-2.	만경강과 동진강 및 금강하구 유역도와 수위, 유량 측정 대상 지점.
그림 2-1-3.	2002~2007년간 군산기상대에서 관측한 월 평균기온.
그림 2-1-4.	2002~2007년간 군산기상대에서 관측한 월평균풍속.
그림 2-1-5.	2002~2007년간 군산기상대에서 관측한 월강수량.
그림 2-1-6.	2002~2007년 5월과 7~8월의 군산 일강수량.
그림 2-1-7.	2002~2007년 5월 금강과 만경/동진강의 일 유량.
그림 2-1-8.	2002~2006년 7~8월 금강과 만경/동진강의 일 유량.
그림 2-1-9.	2007년 3월 대조기 저조시에 조사한 수온, 염분의 수평분포.
그림 2-1-10.	2007년 5월 대조기 저조시에 조사한 수온, 염분의 수평분포.
그림 2-1-11.	2007년 7월 대조기 저조시에 조사한 수온, 염분의 수평분포.
그림 2-1-12.	2007년 10월 대조기 저조시에 조사한 수온, 염분의 수평분포.
그림 2-1-13.	2007년 3, 5, 7, 10월 대조기 저조시의 연직 수온 차(표층-저층).
그림 2-1-14.	2007년 3, 5, 7, 10월 대조기 저조시의 연직 염분 차(저층-표층).
그림 2-1-15.	2007년 7월 대조기 저조시 (11일)에 Line 1에서 수온, 염분, 밀도 (σ_t)의 수직 분포.
그림 2-1-16.	2007년 7월 대조기 저조시 (11일)에 Line 2에서 수온, 염분, 밀도 (σ_t)의 수직 분포.
그림 2-1-17.	2007년 7월 대조기 저조시 (11일)에 Line 3에서 수온, 염분, 밀도 (σ_t)의 수직 분포.
그림 2-1-18.	2007년 7월 대조기 저조시 (11일)에 Line 4에서 수온, 염분, 밀도 (σ_t)의 수직 분포.
그림 2-1-19.	2007년 방조제 내측(정점A)과 방조제 외측(정점C)에서의 연속관측 결과.
그림 2-1-20.	(좌) 정점 A에서 25시간 연속 관측한 수온, 염분, 밀도 (우) 정점 C에서 25시간 연속 관측한 수온, 염분, 밀도.
그림 2-1-21.	연도별 하계 대조기의 연직 수온 차(표층-저층)
그림 2-1-22.	연도별 하계 대조기의 연직 염분 차(표층-저층).
그림 2-1-23.	04~07년 연도별 하계(7월)시 방조제 내측의 표·저층에서의 수온, 염분 분포.
그림 2-1-24.	04~07년 연도별 하계(7월)시 방조제 내측의 수온 수직 분포도.
그림 2-1-25.	04~07년 연도별 하계(7월)시 방조제 내측의 염분 수직 분포도.
그림 2-1-26.	04~07년 연도별 하계(7월)시 방조제 내측의 밀도 수직 분포도.
그림 2-1-27.	2004~2006년 새만금 해역에서 표·저층의 일평균 해류.
그림 2-1-28.	연도별(2004~2007년) 5월, 7월 군산 강수량.
그림 2-1-29.	2007년도 방조제 내·외측에서의 PEA 분포.
그림 2-1-30.	연도별(2004~2007) 5월 방조제 내·외측에서의 PEA 분포.

그림 2-1-31. 연도별(2004~2007) 7월 방조제 내·외측에서의 PEA 분포.	
그림 2-2-1. 수질조사 정점.	
그림 2-2-2. 조하대 퇴적물 조사정점.	
그림 2-2-3. 조간대 퇴적물 조사정점.	
그림 2-2-4. 새만금 방조제 내측과 외측의 표층수중 COD의 시기별 변동 특성.	
그림 2-2-5. 새만금 방조제 내측과 외측 표층수 중 DIN의 시기별 변동특성.	
그림 2-2-6. 새만금 방조제 내측과 외측 표층수 중 TN의 시기별 변동특성.	
그림 2-2-7. 새만금 방조제 내측과 외측 표층수 중 TP의 시기별 변동특성.	
그림 2-2-8. 새만금 방조제 내측과 외측 표층수 중 Chl-a의 시기별 변동특성.	
그림 2-2-9. 새만금 방조제 내측과 외측 표층수 중 부유물질의 시기별 변동특성.	
그림 2-2-10. 새만금 방조제 내측과 외측 표층수의 부유물질과 투명도와의 상관관계.	
그림 2-2-11. 새만금 표층수 중 수소이온농도의 수평농도분포.	
그림 2-2-12. 새만금 표층수 중 용존산소의 수평농도분포.	
그림 2-2-13. 방조제 내측의 용존산소포화도의 수직분포.	
그림 2-2-14. 새만금 표층수 중 COD의 수평농도분포.	
그림 2-2-15. 방조제 내측의 COD--클로로필-a 관계(왼쪽; 표층, 오른쪽; 저층).	
그림 2-2-16. 새만금 표층수 중 용존무기질소의 수평농도분포.	
그림 2-2-17. 새만금 표층수 중 총질소의 수평농도분포.	
그림 2-2-18. 새만금 표층수 중 총인의 수평농도분포.	
그림 2-2-19. 새만금 표층수 중 규산규소의 수평농도분포.	
그림 2-2-20. 새만금 표층해역의 입자성 부유물질(SPM)정점별 분포.	
그림 2-2-21. 새만금 방조제 내측 해역의 저층에서의 정점별 입자성 부유물질(SPM) 분포. ·	
그림 2-2-22. 새만금 방조제 내측 표층해역에서의 클로로필-a와 입자성 유기탄소(POC)와의 상관관계.	
그림 2-2-23. 새만금 방조제 내측 표층 해역의 총 유기탄소(TOC) 중 용존 유기탄소(DOC)와 입자성 유기탄소(POC) 존재 비율.	
그림 2-2-24. 새만금 표층해역의 입자성 유기탄소(POC)정점별 분포.	
그림 2-2-25. 새만금 방조제 내측 해역의 저층에서의 정점별 입자성 유기탄소(POC) 분포. ·	
그림 2-2-26. 새만금 표층해역의 용존 유기탄소(DOC)정점별 분포.	
그림 2-2-27. 새만금 방조제 내측 해역의 저층에서의 정점별 용존 유기탄소(DOC) 분포.	
그림 2-2-28. 2003~2007년 봄철(5월) 새만금 방조제 표층 해역의 입자성 유기탄소(POC) 연 변화.	
그림 2-2-29. 2003~2007년 여름철(7월) 새만금 방조제 표층 해역의 입자성 유기탄소(POC) 연 변화.	
그림 2-2-30. 2003~2007년 봄철(5월) 새만금 방조제 표층 해역의 용존 유기탄소(DOC) 연 변화.	
그림 2-2-31. 2003~2007년 여름철(7월) 새만금 방조제 표층 해역의 용존 유기탄소(DOC) 연 변화.	

그림 2-2-32.	방조제 내측 및 외측에서 연속관측된 염분 변화.	.....
그림 2-2-33.	방조제 내측 및 외측에서 연속관측된 COD 변화.	.....
그림 2-2-34.	방조제 내측 및 외측에서 연속관측된 TN 변화.	.....
그림 2-2-35.	방조제 내측 및 외측에서 연속관측된 TP 변화.	.....
그림 2-2-36.	연속관측에서 나타난 수질항목간의 상관관계.	.....
그림 2-2-37.	2007년 7월 새만금 방조제 내측 해역 표·저층에서 시간에 따른 SPM, POC, DOC 농도변화	.....
그림 2-2-38.	2007년 7월 새만금 방조제 외측 해역 표·저층에서 시간에 따른 SPM, POC, DOC 농도 변화.	.....
그림 2-2-39.	표층해수의 용존성 중금속 농도 분포(2007. 03).	.....
그림 2-2-40.	새만금 주변 하천 및 해역 표층수 중의 염분과 용존성 중금속간의 상관관계.	.....
그림 2-2-41.	만경강 하구 표층수 중의 염분과 용존성 중금속간의 상관관계.	.....
그림 2-2-42.	새만금 주변 하천 및 해역 표층수 중의 DOC와 용존성 중금속간의 상관관계.	.....
그림 2-2-43.	만경강 하구 표층수 중의 DOC와 용존성 중금속간의 상관관계.	.....
그림 2-2-44.	새만금 주변 하천 및 해역 표층수 중의 용존무기질소와 용존성 중금속간의	.....
그림 2-2-45.	만경강 하구 표층수 중의 용존무기질소와 용존성 중금속간의 상관관계.	.....
그림 2-2-46.	표층 해수의 용존성 중금속의 시기별 변화.	.....
그림 2-2-47.	표층 해수의 입자성 금속 함량 분포(2007. 03).	.....
그림 2-2-48.	새만금 주변 하천 및 해역 표층수 중의 염분과 입자성 금속의 상관관계.	.....
그림 2-2-49.	새만금 만경강 하구에서의 염분과 입자성 금속의 상관관계.	.....
그림 2-2-50.	새만금 주변 하천 및 해역 표층수와 만경강 하구에서의 POC와 입자성 금속의 상관관계.	.....
그림 2-2-51.	새만금 주변 하천 및 해역 표층수 중의 부유물질과 입자성 금속의 상관관계.	.....
그림 2-2-52.	새만금 주변 하천 및 해역 표층수와 만경강 하구에서의 염분과 중금속	.....
그림 2-2-53.	새만금 주변 하천 및 해역 표층수와 만경강 하구에서의 부유물질과 중금속	.....
그림 2-2-54.	연도별 조하대 퇴적물의 COD 분포.	.....
그림 2-2-55.	연도별 조하대 퇴적물의 총인 분포.	.....
그림 2-2-56.	조하대 퇴적물의 COD 및 총인과 입도와의 상관관계.	.....
그림 2-2-57.	새만금 해역 표층퇴적물의 Metal/Al 비 분포(2007. 05).	.....
그림 2-2-58.	조하대 퇴적물의 연도별 입도와 금속간의 상관관계.	.....
그림 2-2-59.	조하대 퇴적물의 연도별 TOC와 금속간의 상관관계.	.....
그림 2-2-60.	방조제 내측 표층 퇴적물의 정점간 연도별 금속비교.	.....
그림 2-2-61.	방조제 내측 표층 퇴적물의 정점간 연도별 Metal/Al비 비교.	.....
그림 2-3-1.	2007년 부유생물 분야 조사 정점도.	.....
그림 2-3-2.	혼합된 표준용액의 HPLC 크로마토그램 및 동정도.	.....
그림 2-3-3.	2007년 방조제 내·외측의 계절별 엽록소 a 농도 분포.	.....
그림 2-3-4.	조사 시기 및 정점별 Pheopigment 농도 분포.	.....

그림 2-3-5. 조사 시기 및 정점별 염분 분포. ....	.....
그림 2-3-6. 2007년 새만금 방조제 내·외측에서 측정된 식물플랑크톤 주요 색소 분포. ....	.....
그림 2-3-7. 조사 시기 및 정점별 peridinin 색소의 농도 분포. ....	.....
그림 2-3-8. 조사 시기 및 정점별 19'-butanoyloxyfucoxanthin 색소의 농도 분포. ....	.....
그림 2-3-9. 방조제 내측과 외측 수역의 계절별 식물플랑크톤 평균 개체수. ....	.....
그림 2-3-10. 3월의 정점별 식물플랑크톤 총 개체수와 우점종 분포. ....	.....
그림 2-3-11. 5월의 정점별 식물플랑크톤 총 개체수와 우점종 분포. ....	.....
그림 2-3-12. 7월의 정점별 식물플랑크톤 총 개체수와 우점종 분포. ....	.....
그림 2-3-13. 10월의 정점별 식물플랑크톤 총 개체수와 우점종 분포. ....	.....
그림 2-3-14. 방조제 내측과 외측 수역의 일차생산력. ....	.....
그림 2-3-15. 2007년 7월 25시간 연속 관측 시 엽록소 a 농도 변화. ....	.....
그림 2-3-16. 2007년 7월 25시간 연속 관측 시 염분 변화. ....	.....
그림 2-3-17. 유출수의 시간에 따른 엽록소 a 농도 변화. ....	.....
그림 2-3-18. 방조제 내측 수역의 25시간 연속 관측 시 식물플랑크톤 개체수 변화. ....	.....
그림 2-3-19. 방조제 외측 수역의 25시간 연속 관측 시 식물플랑크톤 개체수 변화. ....	.....
그림 2-3-20. 끝막이 공사 전후의 방조제 내측 엽록소 a 농도 변화. ....	.....
그림 2-3-21. 끝막이 공사 전후의 방조제 외측 엽록소 a 농도의 변화. ....	.....
그림 2-3-22. 염분과 <i>Prorocentrum minimum</i> 의 개체수 출현 관계. ....	.....
그림 2-3-23. 물막이 공사 전후에 방조제 내측(검정)과 외측(회색)에서 측정된 일차생산력의 평균값. ....	.....
그림 2-3-24. 방조제 외측(왼쪽)과 내측(오른쪽)에서 엽록소 a 농도와 COD 사이의 관계. ....	.....
그림 2-3-25. 방조제 내측에서 클로로필 a 농도와 COD와의 연도별 상관관계. ....	.....
그림 2-3-26. 2007년 조사에서 측정된 박테리아 개체수 분포. ....	.....
그림 2-3-27. 2007년 조사에서 측정된 박테리아 생산력 분포. ....	.....
그림 2-3-28. 2007년 7월 정점 A와 C에서 수행된 24시간 정선 조사에서 얻어진 박테리아 개체수 및 박테리아 생산력의 시간에 따른 변화. ....	.....
그림 2-3-29. 식물플랑크톤 생물량 vs. 박테리아 생물량 및 생산력 사이의 관계. ....	.....
그림 2-3-30. 박테리아 생물량과 생산력 사이의 관계. ....	.....
그림 2-3-31. 계절 별 방조제 내·외측 수역의 원생동물 개체수 분포. ....	.....
그림 2-3-32. 원생동물 각 분류군의 정점별 개체수 분포. ....	.....
그림 2-3-33. 연속관측 시의 방조제 내·외측 수역의 원생동물플랑크톤 개체수 분포. ....	.....
그림 2-3-34. 방조제 내·외측 원생동물플랑크톤 평균 개체수의 장기변화. ....	.....
그림 2-3-35. 조사 시기에 따른 동물플랑크톤의 출현 분류군 수 변화. ....	.....
그림 2-3-36. 조사 시기에 따른 동물플랑크톤의 출현 개체수 변화. ....	.....
그림 2-3-37. 조사 시기에 따른 야광충의 출현 개체수 변화. ....	.....
그림 2-3-38. 정선 관측시 새만금 내·외측의 시간에 따른 동물플랑크톤 개체수 변화. ....	.....
그림 2-3-39. 정선 관측시 새만금 내·외측의 시간에 따른 야광충의 개체수 변화. ....	.....
그림 2-3-40. 2004-2007년까지 방조제 내·외측의 야광충의 출현 개체수 변화. ....	.....

- 그림 2-3-41. 2004-2007년까지 방조제 내·외측의 동물플랑크톤 출현 개체수 변화.
- 그림 2-3-42. 2004-2007년까지 방조제 내·외측의 종 다양성 지수 변화.

부 록 목 차

- 부록 2-2-1. 새만금 방조제 내측 해역에서의 일반수질 및 영양염 분포(2007. 03).
- 부록 2-2-2. 새만금 방조제 외측 해역에서의 일반수질 및 영양염 분포(2007. 03).
- 부록 2-2-3. 새만금 방조제 내측 해역에서의 일반수질 및 영양염 분포(2007. 05).
- 부록 2-2-4. 새만금 방조제 외측 해역에서의 일반수질 및 영양염 분포(2007. 05).
- 부록 2-2-5. 새만금 방조제 내측 해역에서의 일반수질 및 영양염 분포(2007. 07).
- 부록 2-2-6. 새만금 방조제 외측 해역에서의 일반수질 및 영양염 분포(2007. 07).
- 부록 2-2-7. 새만금 방조제 내측 해역에서의 일반수질 및 영양염 분포(2007. 10).
- 부록 2-2-8. 새만금 방조제 외측 해역에서의 일반수질 및 영양염 분포(2007. 10).
- 부록 2-2-9. 새만금 방조제 내측 해역에서의 연속관측 결과(2007. 07).
- 부록 2-2-10. 새만금 방조제 외측 해역에서의 연속관측 결과(2007. 07).

제1장 연구개발과제의 개요

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 개요

우리나라는 간척사업으로 생물다양성과 생산성의 보고인 하구 기수지역의 환경이 소실되어 왔으며, 방조제를 축조하여 형성된 담수호의 오염과 해류의 변화 등으로 해양환경에 미치는 악영향이 사회적인 문제로 대두되어 왔다. 특히 천연상태에서는 하구의 높은 생물다양성과 생산성을 부양하는 물질인 영양물질이 하구환경의 교란과 정체로 인해 부영양화란 이차적 오염문제를 야기하여 해양환경에 영향을 미치고 있으나 이에 대한 과학적 기초와 이해가 부족하여 대처가 어려운 실정이다. 이러한 하구의 수질악화는 하천 생태계의 경제적 가치는 물론이고 연안 해역의 생태 환경에 치명적으로 영향을 줌에 따라 내륙에서는 큰 문제가 되지 않는 질소가 하구 부영양화의 주요 원인이 됨과 동시에 이에 따른 적조피해가 빈발하고 있다는 문제점이 있다.

새만금 사업으로 인하여 해안선이 변경되고 해저지형이 변하면 해양의 순환과 조류, 조석 및 해수분포가 변화하는 환경변화를 겪게 될 것이며, 특히 해안지형의 변화는 방조제 내부는 물론 방조제 외부의 해수유동 특성에 지대한 영향을 미칠 것으로 예상된다. 이러한 해황과 해수유동의 변화는 연안역 퇴적물 이동 및 지형 변화, 갑문을 통한 방류로 인한 연안 수질 악화와 연안생태계의 변화 등이 예상된다. 한편, 배수갑문을 통한 유출수는 방조제 외측 해양환경을 변화시키게 되며, 유입수는 방조제 내측 호소환경을 변화시킨다.

아울러 만경강에서는 신시배수갑문을 통한 해수의 유입을 허락하여 당분간 만경강을 해수호로 유지할 계획이나, 신시배수갑문의 위치가 만경강 주류에 있지 않기 때문에 유입된 오염물질이 호내에 정체되고, 침강됨으로서 수질악화가 가속화 될 것이며, 인근 연안해역과의 유통만으로 만경강 수질 유지가 어려울 것으로 예상된다. 또한, 배수갑문을 통한 인근 해역으로 방출되는 물이 해역 수질에 상당한 영향을 미칠 것으로 사료된다.

새만금 사업에서 수질분야의 쟁점사항은 방조제와 만경강과 동진강 사이 방수제 건설에 따른 방조제 내측 수질변화와 방조제 건설 후 배수갑문을 통하여 방류될 물이 방조제 외측 해역수질에 미치는 영향 및 범위를 어떻게 추정할 것인가 하는 것으로 압축된다.

따라서 본 연구는 새만금 방조제 완공에 따른 해양환경 변화를 평가, 예측하여 영향최소화 방안을 제시하는데 목적이 있다. 또한 새만금 사업의 공사 단계별 해황과 해수유동 등 물리환경 변화와 수질 및 생태계 변화를 실측자료 및 실험자료에 의해 규명하고 자료를 예측모델에 입력 및 검증자료로 제공하는데 목적이 있다. 특히 2003년 6월에 4호 방조제가 차단이 되고, 2006년 4월에 방조제가 완공됨에 따른 수질환경변화를 파악하기 위하여 방조제 차단 전후 2002~2006년 수집된 자료를 바탕으로 새만금 방조제 내·외측 수질환경 변화를 평가하는데 주된 목표를 맞추었다.

제 2 절 연구개발의 현황과 필요성

1. 국내의 연구기술현황

국립수산과학원은 새만금 해역 중앙을 통과하는 대략 35°50'N을 따라 설정된 309 정선을 따라 장기적으로 격월 간격의 수온, 염분자료를 수집하고 있다. 309 정선에서의 조사는 126° 15'E 외해역에서 실시되고 있어 새만금 해역의 해황 파악을 위해서는 미흡하지만 외해역의 계절변화를 포함한 장기적 해황 파악에 있어 귀중한 자료이다. 또한 연안환경 모니터링의 일환으로 금강 하구역을 포함하여 비응도 남쪽으로부터 곰소만 입구에 이르기까지 7개의 위치에서 연 4회 수질변수와 함께 수온, 염분을 측정하고 있다.

국립해양조사원에서는 1986년 6월과 1998년 8월에 위도와 고군산열도 사이해역의 표면 하 5m에서 15, 30일간에 걸친 해류관측을 실시한 바 있으며, 위도와 군산외항에서는 조석 관측을 실시하고 있다.

농업기반공사에서는 새만금 사업 이전부터 현재에 이르기까지 공사와 관련된 수온, 염분, 유동조사를 실시하고 있으며, 현재는 주로 새만금 방조제 내측에서 조사를 수행 중이다.

차 등(2004)은 4호 방조제 완공 전 새만금 해역 어류플랑크톤에 대해 연구를 수행하였으며, 김과 황(2003)은 새만금 갯벌의 패류 생물량에 대해 연구하였으며 새만금 간척 사업에 따른 갯벌 패류의 군집구조 변화에 대해 연구를 수행하였다.

김과 김(2002), 김 등(2002)은 새만금 사업지구의 연안해역에서 부영양화 관리를 위한 생태계모델의 적용에 관한 연구를 수행하였다. 특히 해역의 수질 특성 및 저질의 요출 부하량을 산정하였으며 오염 부하량의 정량적 관리에 대한 연구도 병행되었다.

유해성 적조 발생에 관한 연구는 유 등(2002), 정 등(2002)에 의해 수행되었다.

(주) 한국해양과학기술에서는 군산지방해양수산청의 수탁으로 군산항 일대의 매몰 원인 분석과 매몰 저감방안 검토를 위하여 군산항 내항수로부터 외항수로에 이르는 해역에서 조석, 조류, 퇴적 등 수리현상을 조사, 분석하고 있다 (군산지방수산해양청, 2001; 김태인, 2002).

군산대학교 새만금 환경연구센터에서는 새만금 사업에 따른 연안환경 변화 진단과 악영향 파악을 위하여 새만금 해역에서의 해수순환 변화 요인 및 과정 연구를 수행 중이며, 연구내용은 고정점 해양부이와 광역 고주파 레이더 (HF radar)를 이용한 해수유동 관측, 여름철 담수 plume 확장 조사 및 수치모델을 이용한 연안환경 변화 예측이다 (신은주 등, 2002). 현재 고군산열도 북쪽의 4공구 외측과 만경강 하구 등 2개 위치에서 고정점 부이를 운용 중이며 HF radar를 이용한 표면 해류조사는 고군산열도 북쪽 해역에서 실시하고 있다.

미국 연방정부와 버지니아 주정부는 준설물 관리지역으로 활용되는 연방정부 소유의 Craney 섬의 확장을 위한 사전 타당성 조사를 수행하였다. 환경변화를 최소화하기 위하여

섬의 확장을 어느 방향으로 할 것인지에 대한 사전 연구는 VIMS (Virginia Institute of Marine Sciences)에 의해 수행되었으며, 주된 연구내용은 조석의 진폭과 위상의 변화, 조류를 포함한 해수유동의 강도와 방향 변화, 염분 및 염분구조의 변화, 해수순환과 정화능력의 변화, 퇴적 potential의 변화 등 물리환경 변화를 규명하는 것이었다. 이와 같은 일반적 물리특성 변화 외에 Craney 섬 인근해역 특징적으로 나타나는 조석전선의 변화와 비조석 와류시스템 변화 등도 연구되었다. 수치모델과 현장조사가 병행된 연구를 통해 여러 가지 확장 시나리오 중 동서방향 혹은 동쪽으로의 확장이 물리환경 변화를 최소화 하는 것으로 순위를 정하였다.

한편, 국내의 연안개발에 따른 환경보전을 위한 사업은 과거에 비하여서는 급진적으로 증가하였으나, 외국에 비하여 그 규모가 매우 작은 편이다. 최근까지 사회적 문제로 대두되었던 시화호의 경우, 처음에 계획되었던 담수호 조성이 실패한 것이 좋은 예이다. 그 이후 사회적인 물의가 발생함에 따라 방조제 축조 후에 해양환경에 대한 조사를 실시하였으나, 당초에 계획되었던 육상오염원 삭감을 위한 계획은 많이 축소되었다. 화옹호의 경우에도 호내 환경 및 해양환경에 대한 조사 및 예측에 대한 연구가 철저히 이루어지지 않아 수질이 악화될 우려가 있다.

간척사업이 국민의 호응을 얻지 못하는 사례가 빈번하게 발생됨에 따라, 개발 사업주관 기관에서는 개발현황과 아울러 환경보전대책을 수립하고 사업 전반에 대한 내용을 인터넷, 안내책자를 통하여 홍보를 하고 있다. 그러나, 환경보전대책을 단기간의 조사 결과에 의존함으로써 충분한 기초자료가 없어 예측 결과에 신뢰감을 주지 못하며, 환경보전대책에 대한 계획은 방조제 외곽 해양보다는 주로 호내에 국한되어 있어 해양환경 및 어업자원에 영향을 초래할 수 있다. 더구나, 이러한 일들이 공사가 상당히 진척된 이후에 진행되기 때문에 큰 호응을 얻지 못하여 관련 공사가 수년간 지연되었다. 그 좋은 예가 새만금 사업으로 인한 환경영향 및 사후 대책에 대한 의문점이 대두되어 2년간 공사가 지연된 점이다.

2. 연구개발의 필요성

새만금 사업이 해양환경에 미치는 영향을 평가하고 영향 최소화 방안 마련을 위해서는 환경변화의 기초 원인이 되는 수질환경 변화가 정량화 되어야 하는데, 연안선과 해저지형 변화에 의해 주로 수반되는 물리환경의 변화는 궁극적으로 수질, 생태 및 퇴적환경의 변화를 유발하는 요인이 된다. 새만금 사업은 방조제 건설, 갑문을 통한 해수유통과 방출의 단계별로 진행될 예정이며, 사업 단계별로 수질환경을 조사, 비교하여 변화를 감시하고, 예측력 있는 수치모델을 사용하여 영향 변화를 사전 예측함으로써 새만금 사업이 환경 친화적인 사업이 될 수 있도록 과학적인 근거를 제시할 필요가 있다. 현재 새만금 사업은 방조제가 완공되어 배수갑문에 의해 해수 유출입이 되고 있다. 담수화가 되었을 때의 수질환경 변화를 평가하기 위해서는 현상태의 수질환경을 정확하고 충분히 파악하여야 할 것이다.

제 3 절 연구개발 목표 및 범위

1. 연구개발 목표

구 분	연구개발목표	연구 개발 내용 및 범위
2차년도 (2007)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 방조제 완공에 따른 내측에서의 수질변화 규명 ○ 방조제 외해역 환경변화 감시 ○ 수질 예측모델에 필요한 자료 생산 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 방조제 완공에 따른 내측에서의 수질변화 규명 <ul style="list-style-type: none"> - 플랑크톤(유기물)의 발생량이 증가에 따른 변화 - 내측 계절별 성층화 발생기작 파악 - 저층 퇴적물에 미세한 실트·점토의 퇴적 ○ 방조제 외해역 환경변화 감시 <ul style="list-style-type: none"> - 유출수에 의한 수질 및 부유생물 변화 - 방류된 담수의 영향 및 플룸 소멸에 따른 수질환경변화 조사 ○ 수질 및 생태계 예측모델에 필요한 자료 생산

2. 2차년도 목표 및 범위

세부 과제	연구내용	실시장소	물량	시기 및 방법
수질 환경	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수질 특성 파악 ○ 수질모델 자료 제공 	방조제 내·외측	물리: 내측 11정점, 외측 24정점 수질: 내측 7정점, 외측 10정점 생태: 내측 7정점, 외측 13정점	조사시기 : 3, 5, 7, 10월 조사방법 : 표, 5m, 저층 (수심 5m 이하는 표층) 조사항목 : 수온, 염분, 일반수질, 영양염, 입자성물질, 플랑크톤, 클로로필, 중금속(하계),
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 조석에 따른 환경변화 ○ 수질모델 자료제공 	방조제 내·외측	물리 3정점 수질, 생태 2 정점	조사시기 : 7월 대조기 저조 조사방법 : 25시간/2시간 간격 수심: 표, 중, 저층 조사항목 : 일반수질, 영양염, 입자성물질
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 하계 성층 조사 	방조제 내측	내측 : 7 정점	조사시기 : 6, 8월 조사방법 : 표, 저층 조사항목 : 일반수질, 영양염, 입자성물질
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 갯벌 및 조하대 특성 	조간대 및 조하대	조간대 : 5라인 조하대 : 5월 20정점 8월 25정점	조사시기 : 조하대(5, 8월), 조간대(8월) 조사방법 : 표층 조사항목: C, II