

*Korea Institute  
of Ocean  
Science &  
Technology*



북극해 안전운항지원시스템 (KAINS) 개발 기획 연구

2013. 11

한국해양과학기술원

2013년도 해양 융·복합 기획연구사업

BSPE9917B-10280-7

*Korea Institute  
of Ocean  
Science &  
Technology*

# 북극해 안전운항지원시스템 (KAINS) 개발 기획 연구

2013. 11



# 북극해 안전운항지원시스템 (KAINS)개발 기획 연구

2013. 11

## 제 출 문

한국해양과학기술원장 귀하

본 보고서를 「북극해 안전운항지원시스템(KAINS) 개발 기획연구」  
과제의 최종보고서로 제출합니다.

2013. 11

총괄연구책임자 : 강길모

총괄연구참여자 : 장덕희, 채기영, 차정미,  
김수지, 최용진, 조민주

세부과제책임자 : 양찬수

참 여 연 구 원 : 김철호, 양희철, 김선화,  
홍성철, 허기영, 김영호,  
정성엽, 이춘주, 박성욱,  
남상헌



## 요 약 문

### 1. 제목

- 북극해 안전운항 지원시스템 (Korea Arctic Ice Navigation System, KAINS) 개발 기획 연구

### 2. 목표 및 필요성

- 이상기후현상으로 북극해의 북서항로(캐나다 북극 항로)와 북동항로(러시아 북극 항로)가 열렸으며, 북극해 주변국을 중심으로 북극해 개발 및 항로 지원 정책이 추진되고 있음
- IMO에서는 2014년까지 '극지역 운항선박에 대한 강제화 코드 (IMO polar code)'를 준비 중이며, 이에 대해 대응책 마련이 시급함. IMO polar code는 기존의 조선 및 기자재산업에 국한된 것이 아니라, MT(해양과학기술)과 ICT의 융합 기술을 요구하는 것임
- 우리나라가 기술적 우위에 있는 해양관측·예보시스템, 위성관측기술, ICT기술의 접목을 통해 안전운항지원시스템을 구축하여, 새로운 비즈니스산업을 창출하고 북극해를 이용하는 상선, 어선, 탐사선 등의 안전하고 경제적인 이용과 활용기반 마련이 시급함

### 3. 범위 및 내용

- 국내외 북극해 안전운항지원시스템 관련 기술, 정책 동향 분석
  - 러시아, 미국, 유럽의 대표 안전운항지원시스템 기술 분석
  - 북극해 연안국 중심의 북극해 국제적 정책 분석
  - 국내 북극해 진출 정책 분석
  - 국내외 기술 수준 비교



- 향후 연구에 필요한 핵심 기술과 추진 전략 수립
  - 사용자의 요구 분석
  - 북극해 안전운항 지원시스템 요소기술개발
  - 위성, 선박 기반 북극해 해빙 관측 시스템 개발
  - 북극해 실시간 해류 및 유빙 예측 시스템 개발
  - 북극해 해양기상예측 시스템 구축 기술
  - 빙해 수조 실험 및 북극해 운항 선박의 성능평가 모델 개발
  - 북극해 항로 운항과 활동 관련 법제도 분석 및 대응 방향 도출
  - 향후 연구 진행 계획 로드맵 작성
- 연구 개발 추진을 위한 RFP 도출

#### 4. 시사점

- 북극해 진출을 위한 요소 기술 개발과 함께 국제 정세 및 정책을 고려한 정책적 연구가 병행될 필요가 있음
- 현 국내기술로도 국제 수준의 북극해 항로지원 서비스를 개발할 수 있음
- 국외 기술에 의존하고 있는 현 국내기술 수준을 향상시킬 필요가 있음
- 북극해 진출을 위한 국제적 정책을 고려한 북극해 항로지원 서비스 위주의 목표 제시 필요
- 지구온난화에 따라 북극해 해빙이 감소함에 따라 북극해의 풍부한 천연자원을 개발하려는 다국적 기업들의 경쟁이 치열해지고 있음
- 북극해를 통한 항로를 개척할 경우 동북 아시아와 유럽을 잇는 물류 비용을 크게 절감할 수 있을 것으로 기대
- 북극 해빙의 변동에 의한 한반도 이상 기후변이의 예측 능력을 제고할 필요가 있음
- 북극해 진출을 위한 요소 기술 개발과 함께 국제 정세 및 정책을 고려한 정책적 연구가 병행될 필요가 있음

# 목 차



<b>요약문</b> .....	i
<b>I. 개요</b> .....	1
1. 추진 배경 및 필요성 .....	1
2. 북극해 안전운항지원시스템 개요 .....	6
3. 기획 연구의 범위 .....	9
<b>II. 국내·외 현황분석</b> .....	10
1. 국외 현황 분석 .....	10
2. 국내 현황 분석 .....	17
3. 국내·외 현황 비교 .....	19
<b>III. 연구 추진전략 및 핵심 기술</b> .....	21
1. 사용자 요구 분석 .....	21
2. 세부 연구 추진전략 및 핵심 기술 .....	25
3. 시스템 구축을 위한 사업 추진 체계 .....	60
4. 연차별 사업 추진 계획 .....	61
<b>IV. 과제 제안요구서 (RFP)</b> .....	62

# 표 목차

---



[표 3-2-1] 북극해 안전운항 지원시스템 설계의 연차별 계획 .....	33
[표 3-2-2] 위성기반 해빙 자료 종류 및 특징 .....	34
[표 3-2-3] 수신 대상 위성 해빙 자료 종류 및 특징 .....	39
[표 3-2-4] 위성 해빙 관측 시스템 설계 연구의 연차별 계획 .....	45
[표 3-2-5] 북극해 순환/해빙 예측 시스템 개발의 연차별 계획 .....	50
[표 3-2-6] 북극해 해양 기상 예측 시스템 개발의 연차별 계획 .....	53
[표 3-2-7] 빙해수조 실험 및 북극해 운항선박의 성능평가모델 개발의 연차별 계획 .....	56
[표 3-2-8] 북극해 정책 및 법률 연구의 연차별 계획 .....	58

# 그림 목차



[그림 1-1-1] 북극해 해빙 변화 추세 .....	1
[그림 1-1-2] 북극해 개발 및 정책 방향과 북극해 안전운항시스템의 필요성 .....	2
[그림 1-1-3] 북극해 항로 .....	3
[그림 1-1-4] 북극해 천연자원 매장 상황과 러시아 Yamal LNG 프로젝트 개발 위치 .....	4
[그림 1-1-5] 북극해 운항의 위험성 .....	5
[그림 1-2-1] 북극해 안전운항 지원 시스템의 핵심 기술 .....	7
[그림 1-2-2] 북극해 안전운항지원시스템의 활용분야 .....	8
[그림 2-1-1] 러시아 남북극연구소의 항행정보시스템의 구성 .....	11
[그림 2-1-2] 러시아 남북극연구소에서 제공하는 해빙정보 .....	11
[그림 2-1-3] 미국 AWT사의 해빙/기상 정보 자료 .....	13
[그림 2-1-4] 노르웨이 Nansen연구소에서 제공하는 위성기반 해빙정보와 해빙예측정보 .....	14
[그림 2-1-5] ArkGIS 시스템 정보 .....	15
[그림 2-2-1] 현대 Glovis의 북극해 시범 운항 항로 및 일정 .....	17
[그림 2-2-2] KOOS 시스템 개요 .....	18
[그림 2-2-3] 북극해 해빙 변화 추세 .....	20
[그림 2-2-4] 북극해 안전운항지원시스템의 강점 .....	20
[그림 3-1-1] 정박한 아라온호의 전경과 아라온호의 해도 .....	21
[그림 3-1-2] 아리랑위성의 촬영 한계선 .....	22
[그림 3-1-3] 자문회의 .....	24



[그림 3-2-1] 연구 추진 전략 .....	25
[그림 3-2-2] 북극해 후보 항로 .....	26
[그림 3-2-3] 단계별 북극해 항로 후보지역 .....	27
[그림 3-2-4] 북극해 항로 안전운항 지원 시스템 개요 .....	29
[그림 3-2-5] 북극해 항해계획 기법 개발 .....	30
[그림 3-2-6] 북극해 MSI 생성기법 개발 .....	31
[그림 3-2-7] PWOM 개발 반영 .....	32
[그림 3-2-8] O&SI SAF 해빙자료 .....	35
[그림 3-2-9] O&SI SAF FTP 서버 구조 .....	35
[그림 3-2-10] AMSR2/ ASI 해빙자료 .....	36
[그림 3-2-11] AMSR2/ ASI HTTP 서버 구조 .....	36
[그림 3-2-12] MOD/MYD 29 자료 .....	37
[그림 3-2-13] MODIS 해빙 자료 종류 .....	37
[그림 3-2-14] MODIS FTP 서버 구조 .....	38
[그림 3-2-15] 위성 기반 해빙 관측 시스템의 구성 .....	38
[그림 3-2-16] 준실시간 위성 해빙 자료 송수신 기관 .....	39
[그림 3-2-17] 위성 해빙 자료 수신 시스템의 데이터베이스 구조 .....	40
[그림 3-2-18] 위성 해빙 자료 처리 과정 .....	41
[그림 3-2-19] 위성 해빙 시스템 입력 자료 .....	42
[그림 3-2-20] 2013년 5월 1일 Sannikov Strait 지역의 해빙 분포도 .....	43
[그림 3-2-21] 2013년 7월 29일 Sannikov Strait 지역의 해빙 분포도 .....	43
[그림 3-2-22] 선박 탑재 레이다를 이용한 해빙 탐지 및 표출 장치 개발 .....	44
[그림 3-2-23] 위성과 선박 탑재 해빙 탐지 및 표출 장치 개발 .....	45
[그림 3-2-24] 북극해 순환/해빙예측 시스템 개념도 .....	46

[그림 3-2-25] 10년 규모 평균 해면 기온의 변동성의 불확실성에 대한 내부변동성, 수치모델, 시나리오의 기여도 분포 .....	47
[그림 3-2-26] 자료동화의 개념도 .....	48
[그림 3-2-27] 대표적인 해빙모델인 LIM2와 LIM3의 성능 .....	48
[그림 3-2-28] 자료동화에 의한 수치모델의 오류 수정 .....	49
[그림 3-2-29] 자료동화를 적용하여 해빙의 이동을 보정 .....	49
[그림 3-2-30] KAOOS (Korea Arctic Operational Oceanographic System) 의 구성 .....	51
[그림 3-2-31] KAOOS의 대상영역 및 지형 .....	52
[그림 3-2-32] 빙해수조에서 극지 해빙 유형에 따른 모형시험 .....	54
[그림 3-2-33] 유빙 구간에서 선박의 안전속도 예측 .....	55
[그림 3-2-34] 항로 최적화 알고리즘 및 빙저항과 선속과의 상관관계 분석 ...	56
[그림 3-2-35] 북극해 정책 및 법률 연구 추진 체계 .....	59
[그림 3-2-36] 북극해 정책 및 법률 연구 추진 전략 .....	59
[그림 3-3-1] 북극해 안전운항지원시스템 구축 사업 추진 체계 .....	60
[그림 3-4-1] 연도별 안전운항지원 시스템 기술개발 로드맵 .....	61



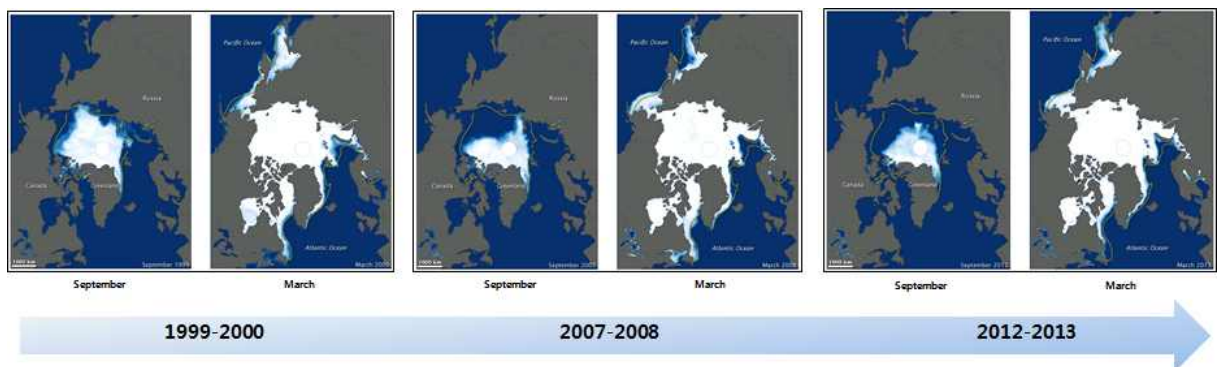


# I 개 요

## 1 추진 배경 및 필요성

### 1.1. 북극해의 환경적 변화

- 기후변화에 관한 정부 간 패널 (IPCC)에 따르면 북극해 면적은 1978년 이후 10년마다 평균 2.7%씩 감소
- 북극해 해빙은 매년 9월경 가장 적어지며, 작년은 관측사상 최소인 약 340만km<sup>2</sup>가 되었으며, 2000년까지의 약 20년 평균과 비교해서 거의 절반으로 줄어들었음 (미국, National Snow and Ice Data Center, NSIDC)
- IPCC의 기후변화모델에 의하면 2080년경 북극해 해빙이 완전히 사라지는 것으로 예측됐으나, 최근 인공위성을 통한 실측자료에 의하면 이보다 훨씬 빠르게 해빙이 감소하는 것으로 나타남



[그림 1-1-1] 북극해 해빙 변화 추세

(참고사이트: [http://earthobservatory.nasa.gov/Features/WorldOfChange/sea\\_ice.php](http://earthobservatory.nasa.gov/Features/WorldOfChange/sea_ice.php))

### 1.2. 북극해 안전운항지원시스템의 필요성

- 기후변화로 발생된 북극항로는 북극권의 상업적 이용 가능성을 증대시켰으며, 효과적인 이용을 위해서는 북극권의 환경정보시스템이 필요하게 됨



- 그러나, 국내외적으로 선박들의 북극해 진입을 꺼려하는 이유로 해빙에 의한 위험성을 해결해야하는 문제가 제시되면서 북극해의 적극적 활용을 위해, 북극해의 안전운항지원시스템이 절실함
- 국제해사기구(IMO)에서는 2014년까지 '극지역 운항선박에 대한 강제화 코드(IMO polar code)'를 준비 중이며, 이에 대해 대응책 마련이 시급함
- IMO polar code는 기존의 조선 및 기자재산업에 국한된 것이 아니라, MT(해양과학기술)과 ICT의 융합기술을 요구하므로, 대응기술을 개발하고 강제화 코드에 반영함으로써 극지운항 서비스 기술체계의 국제 표준화를 주도할 수 있음
- 우리나라가 기술적 우위에 있는 해양관측·예보시스템, 위성관측기술, ICT기술의 접목을 통해 안전운항지원시스템을 구축하여, 새로운 비즈니스산업을 창출하고 북극해를 이용하는 상선, 어선, 탐사선 등의 안전하고 경제적인 이용과 활용기반 마련이 시급함

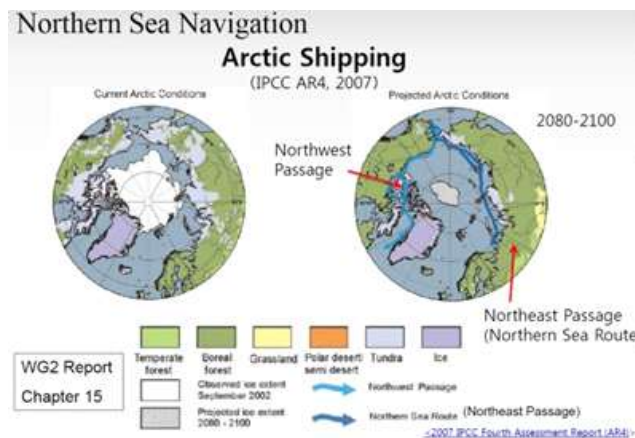


[그림 1-1-2] 북극해 개발 및 정책 방향과 북극해 안전운항시스템의 필요성



### 1.2.1. 북극해 항로의 운항 비용 절감 측면

- 북극해 항로는 1년 중 통상적으로 3개월 ~ 5개월 동안 항해가 가능하며, 매년 빙상상태에 따라 여러 개의 항로가 존재함
- 북극해 항로를 이용할 경우 기존 항로에 비해 운항 거리는 37% 감소하며, 운항 일수는 기존 30일에서 20일로 감소함
- 러시아에서 발행한 북극해 항로 항행 허가는 2012년 46척, 2013년 현재 460건으로 급증
- 2020년에는 북극해 항로의 수송량에 대해 현재의 약 8배가 되는 3천만톤으로 급증할 것으로 예측 (러시아 운수성)
- 지난 7월 기온이 올라간 후 빙하의 두께가 평균 수준 이하로 감소되면서 일부 북극해 항로로는 쇄빙선의 도움 없이 선박들이 항해를 할 수 있었음



[그림 1-1-3] 북극해 항로

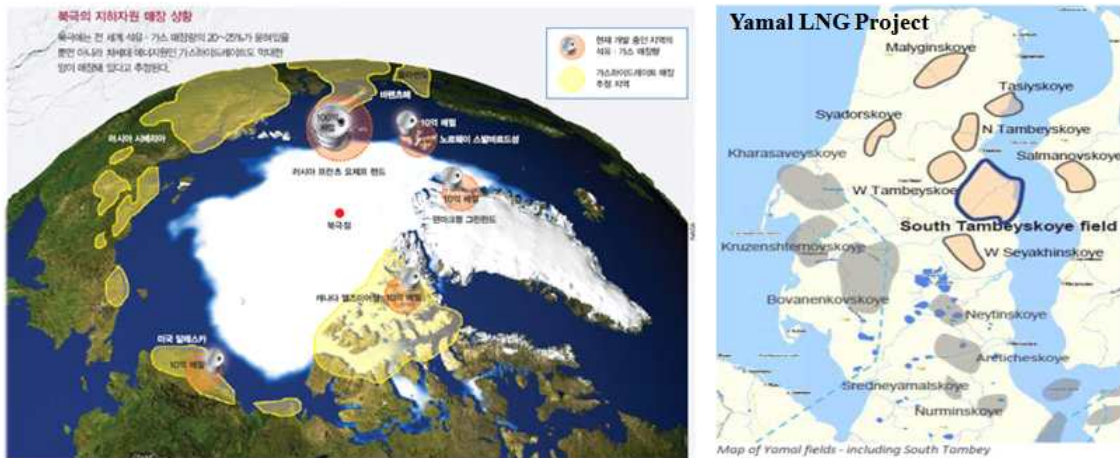
(참고사이트: [http://earthobservatory.nasa.gov/Features/WorldOfChange/sea\\_ice.php](http://earthobservatory.nasa.gov/Features/WorldOfChange/sea_ice.php))

### 1.2.2. 북극해의 수산 및 자원 개발 및 확보 측면

- 전세계 석유, 가스 매장량의 20~25%가 북극해역에 매장되어있다고 추정됨
- 해양 선진국, 북극해 연안국을 중심으로 북극항 개발 및 천연자원 개발이 경쟁적으로 이뤄짐(예 : 야말(Yamal)) LNG 프로젝트, 영국 MPs사의 북극 천연가스 및 석유 추출 착공)



- 수산물 생산량은 전세계 수산물 생산량의 40% 차지하므로 북극해의 해외수산 자원 확보가 시급함
- 해수온도의 변화로 인해 많은 상업 어종들이 북극해 주변으로 이동하는 추세로 북극해는 미래의 식량 안보 측면에서 매우 중요함
- 북극이사회의 협조를 통한 과학적 지하/수산자원조사 필요



[그림 1-1-4] 북극해 천연자원 매장 상황(좌)과 러시아 Yamal LNG 프로젝트 개발 위치(우)

### 1.2.3. 안전성 측면

- 대륙성기후와 해양성기후가 교차하는 지역으로, 상당히 강한 바람이 불고, 잦은 안개 발생
- 항로의 수심은 비교적 얇아서 통상적인 최저수심은 20m 내외이며, 항상 유빙에 의한 선박의 피해를 유의해야하므로 쇄빙기능을 보유하거나 ice class 등급을 받은 선박만 항해를 할 수 있음
- 북극해 항로에서 선박 사고 발생
  - 2011년 겨울, 핀란드 해역에서 러시아 선박이 얼음에 갇히는 사건이 발생
  - 2013년 9월 4일 유조선 Nordvik호가 Matisen해협에서 해빙과 충돌함
- 운항정보와 기상정보를 주고받을 수 있고 선박에서 발생하는 사고에 대응할 수 있는 항해 인프라가 완벽히 갖추어져 있지는 않은 상황
- 러시아, 북극 수색 및 구조 센터 설립 예정





- 북극해 안전운항지원 시스템 구축 필요
  - 준실시간 안전운항정보 제공
  - 해양기상 예측정보 제공



[그림 1-1-5] 북극해 운항의 위험성

#### 1.2.4. 북극해 항로의 정책적 중요성

- 북극해 항로 진출을 위한 기회요소와 도전(장애)요소를 동시에 분석, 국제사회와 연안국의 정책방향별 항로 및 자원개발 환경정보체계 구축 방향 지원
- 2013년 5월 15일 북극이사회를 통한 자국의 정식옵서버 자격 취득, 북극 비연안국으로서는 다양한 정보와 프로젝트 참여할 수 있는 기회를 확보, 향후 IMO, 지역수산기구 중심의 국제규범 형성과 연계한 AC논의에 대응 필요
- IMO는 북극의 상업적 이용가능성 증대에 따른 북극해 운항 규범 형성에 박차를 가하고 있는 바, 국제규범 및 북극연안국 국내법 대응분석을 위한 국제적 대응, 국내법적 수용(제정, 개정) 수요 도출 필요
  - 극지역 선박운항 관련 국제적인 규범체계 (UNCLOS, IMO 극지역 운항선박에 대한 강제화 코드, 2014년 제정 예정) 및 북극연안국 국내법 연계 분석, 대응
- 북극해의 상업적 활용을 산업기반 구축과 기술적 수요의 측면에서 접근할 경우, 정책수립 단계에서부터 학제간 <북극해 안전환경(圖/정보시스템) - 법제도 대응기반 - 구체적 기술수요 대응>의 연계 추진 필요





- 북극해는 UNCLOS가 적용되나, 연안국간 배타적 권리선언 및 자원/군사안보 요소에 따른 대립구도 장기화에 대응, IMO 중심의 국제규범, 북극연안국의 국내법과 정책방향을 중심으로 경제적 실무 수요 중심의 대응과 접근 논리 개발, 제시
  - 북극해 인접국 및 비연안국의 북극해 정책 조사 및 동향 파악 필요(예 : 러시아 남 북극 연구소의 북극항행정보 시스템, 국내법 및 정책동향 분석)
  - UNCLOS에 따라 북극해 공해, 연안국 EEZ 수산자원에 진출하는 우리나라 선단의 규범 준수와 지역수산기구와의 협력적 관계를 위한 국제적 전략 필요
- IMO와 북극해 연안국의 북극해 운항에 관한 기술수요를 분석, 우리나라 산업군의 북극해 진출 활동지원을 위한 국내법적 육성지원방안 제시

## 2 북극해 안전운항지원시스템 개요

### 2.1. 북극해 안전운항지원시스템의 목적

- 북극해 운항 선박들에게 안전하고 경제적인 항로를 동적으로 제공
- IMO polar code 대응 기술 개발 및 실시간 안전운항지원시스템 프로토타입 구축
  - 북극해 항행선박의 위험도를 고려한 경제적이고 안전한 항로의 동적 서비스
  - 위성자료를 이용한 준실시간 해빙 정보(밀도, 경계, 종류 등) 서비스
  - 북극해 실시간 해류 및 유빙 예측 시스템 개발
  - 해빙을 고려한 북극해 해양기상 예측정보 서비스
  - 빙해수조에서 극지 해빙 유형에 따른 선박의 빙성능 평가를 통한 선박의 안전속도 예측 및 유류소비모델 개발
  - 북극해 안전운항을 위한 IMO의 Polar Code, 북극해 연안국의 국내법적 기술수요에 대응, 환경정보시스템 반영수요와 국내법적 제도 개선 방안 도출



## 2.2. 북극해 안전운항지원시스템의 핵심 기술

- 아래 그림과 같이 북극해 안전운항 지원시스템은 총 5개의 핵심 기술로 구성되어 있으며, 크게 해빙과 기상자료 추정기법, 최적 항로지원기술 개발과 같은 요소 기술 개발 측면과, 실제 북극해와 유사한 환경에서의 실험을 통한 실증 연구, 북극해 관련 국제 흐름에 대응하기 위한 북극 정책과 법규 연구로 구성되어 있음



[그림 1-2-1] 북극해 안전운항 지원 시스템의 핵심 기술

## 2.3. 활용 분야

- 핵심 기술로 구축될 북극해 안전운항 지원시스템은 북극해 항로의 경제성을 극대화 시키며 각종 수산/자원 개발 분야와 일반 해운 분야에 적극적으로 활용 할 수 있음
- 북극해의 해빙정보를 제공함으로써 북극해 운항 선박 운항 노선을 선택적, 대안 적으로 설정 가능케 하고, 장애요소에 대한 예방조치 제고로 선박의 안전성을 보장할 수 있음



- 2014년 IMO polar code의 강제화 정책에 대비, 국내적으로는 북극해 진출 관련 국내 산업에 기술 대응수요와 산업기반 구축에 활용하고, 국제적으로는 창조 경제의 대외적 파급을 위한 기술 선도를 주도할 수 있음
- 북극해 안전운항 기술 개발을 통해 세계 조선강국의 위상을 제고시키며, 융합 기술을 통해 국가경쟁력 제고 및 신성장동력 창출에 기여함

### 북극해 경제적/ 과학적 활용 극대화

수산/자원 개발 분야	일반 해운 분야	국제해사기구 대응
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전세계 수산물 생산량의 40% 차지 → 해빙상황 작업 증가</li> <li>○ 해수온도의 변화로 인해 많은 상업 어종들이 북극해 주변으로 이동하는 추세</li> <li>○ 전세계 석유, 가스 매장량의 20~25%가 북극해역에 매장</li> <li>○ 북극이사회의 협조를 통한 과학적 지하/수산자원조사 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 북극해 항로를 이용 시 37% 운항 거리 감소</li> <li>○ 일부 북극해 항로로는 쇄빙선의 도움 없이 선박들이 항해를 할 수 있었음</li> <li>○ 이를 위해서는 정확한 해빙 정보 및 최적 경로 지원 시스템이 필수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Polar Code는 지금까지의 IMO 규정은 선박과 항만중심의 규제였으나, 해양기상 정보를 기반으로 한 위험도가 중요한 기준임</li> <li>○ 해사안전 및 환경기술개발 방향의 전환 예상: 선박과 해양환경정보의 연계</li> <li>○ 새로운 융복합분야: ICT+MT</li> </ul>
<p>북극권환경정보체계: 수산, 해운, 개발 활용 기초 연구개발: 국제규범대응, 신규 해양융복합산업 도출</p>		

[그림 1-2-2] 북극해 안전운항지원시스템의 활용분야



### 3 기획 연구의 범위

- 본 기획연구에서는 북극해 안전운항지원시스템을 구축해야 할 필요성에 대한 근거자료를 분석하고 구축에 필요한 전략적 접근법과 주요 연구 내용을 중심으로 하는 기술개발 전략수립, 연구개발 프로젝트의 RFP 도출을 최종 목표로 하여 다음과 같은 사항을 기획연구 범위로 설정하였음
  - 국내외 북극해 안전운항지원시스템 관련 현황 분석
    - 국외 기술 동향
    - 국내 기술 동향
    - 국내외 기술 수준 비교
  - 연구 추진전략과 핵심 기술
    - 사용자 요구 분석에 근거한 추진전략
    - 핵심 기술
    - 시스템 구축을 위한 사업 추진 체계
    - 연차별 추진 계획
  - 과제 제안 요구서(RFP) 도출



## II

## 국내·외 현황 분석

### 1) 국외 현황 분석

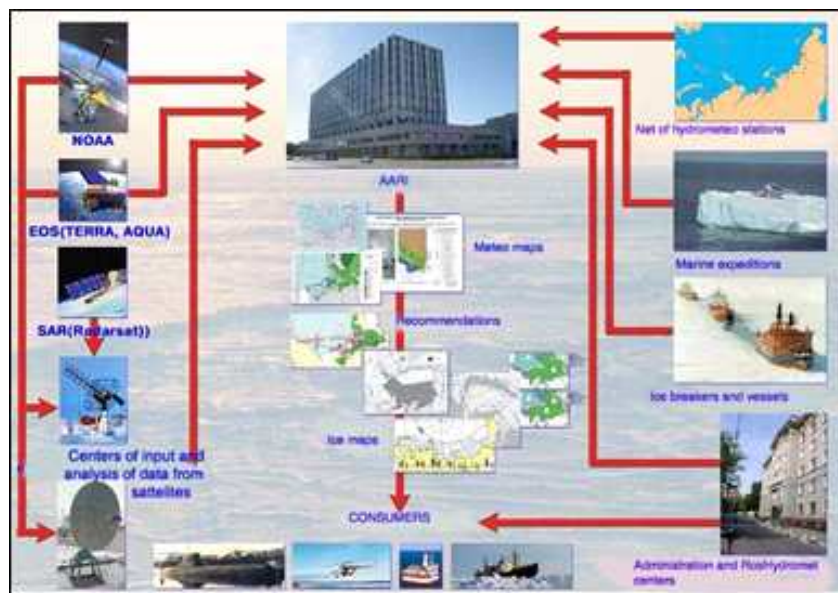
#### 1.1. 러시아

- 북극항로 개발을 위한 3단계 계획 추진 (현 2단계 사업 진행 중)
  - 북극해 개발에 가장 먼저 나선 국가로, 선형이론과 UNCLOS 제76조에 근거 북극해 중앙부를 자국의 대륙붕이라고 주장
  - 북극해 연안 중계항의 설비 증강도 검토
  - 풍부한 지하자원 개발 외 북극해 항로를 통항하는 상선에게 쇄빙선 동반을 의무화 하여 통항료를 수입원으로 삼으려는 의도가 보임
- 북극해 항로지역의 항만 인프라 현대화 진행
  - 최근 3년간 화물 운송량이 10배 증가
  - 북극해 항로를 통해 연간 천만톤까지 화물 운송 가능
  - 북극해 항로의 사용화와 관련하여 인프라의 구축이 시급
- 러시아는 2020년까지 북극해 항로의 가능성을 확대하기 위해 3천의 강력한 원자력 쇄빙선을 진수시킬 계획임. 이 차세대 쇄빙선은 속도, 파워면에서 우수하며 최신 보호 설비(실드)나 네이비게이션 시스템을 장비할 계획임
- 또한 러시아는 자국 조선산업 발전을 위한 국가차원으로 2030년까지의 조선업 발전 전략을 마련하여 북극항로 통과 및 자원 운송을 위한 대형 쇄빙상선을 자국에서 건조하기 위하여 기존의 조선소를 통합, 현대화하는 작업을 수행함과 동시에 우리나라와 핀란드 등을 통하여 극지 조선기술 협력을 추진하고 있음
- 러시아 남북극연구소의 항행정보시스템 개발
  - 빙하센터, 수문기상학 정보센터, 세계 해빙 데이터센터, 남극탐험대 등 과학연구, 실험기지 센터 및 쇄빙선 ‘아카데미페도로프’호를 비롯해 여러 척의 연구조사선 운영

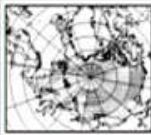
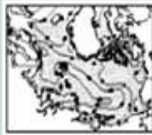

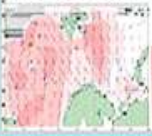




- 미해양대기청(NOAA), 연구조사선, 관측지역으로 부터 수집된 정보를 가공·분석하여 위성통신 또는 인터넷을 통해 수요자에게 제공함
- 기상정보, 인공위성 사진, 북극 빙황 데이터 북극 파도예측, 지도정보, 항해정보, 환경지리정보 등의 정보를 제공하고 있지만 최적경로 서비스는 제공하지 않음
  - NOAA (AVHRR), EOS (TERRA, AQUA), Radarsat-1 위성영상 이용
  - 해빙 이동 경로, 기상 예측자료제공 (3일~6일)
  - 해빙 예측 자료 (6일)



[그림 2-1-1] 러시아 남북극연구소의 항행정보시스템의 구성  
([http://www.aari.nw.ru/default\\_en.asp](http://www.aari.nw.ru/default_en.asp))

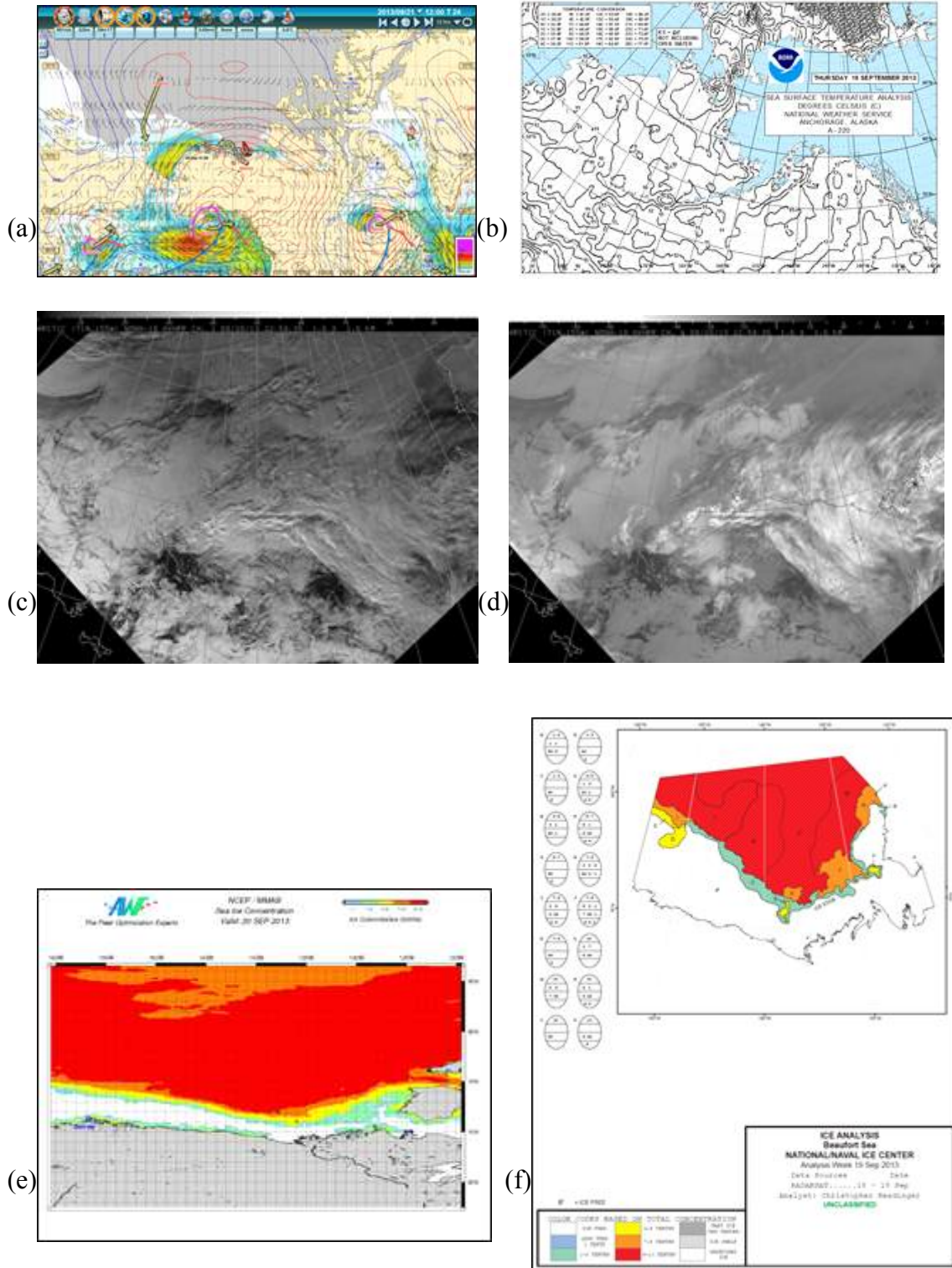
<b>Forecast of mean daily drift of sea ice (advance in days)</b>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>+1</td> <td>+2</td> <td>+3</td> </tr> <tr> <td>+4</td> <td>+5</td> <td>+6</td> </tr> </table>	+1	+2	+3	+4	+5	+6	<b>Forecast of currents and level elevation (advance in days)</b>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>+1</td> <td>+2</td> <td>+3</td> </tr> <tr> <td>+4</td> <td>+5</td> <td>+6</td> </tr> </table>	+1	+2	+3	+4	+5	+6			
+1	+2	+3														
+4	+5	+6														
+1	+2	+3														
+4	+5	+6														
<b>Waves forecast conditions for Northern-European part of Arctic ocean (advance in days)</b>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>+1</td> <td>+2</td> <td>+3</td> </tr> <tr> <td>+4</td> <td>+5</td> <td>+6</td> </tr> </table>	+1	+2	+3	+4	+5	+6	<b>Waves, wind current and forecast (12 - 72 hours) conditions for Barents Sea</b>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>+00</td> <td>+12</td> <td>+24</td> </tr> <tr> <td>+36</td> <td>+48</td> <td>+60</td> </tr> <tr> <td>+72</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	+00	+12	+24	+36	+48	+60	+72		
+1	+2	+3														
+4	+5	+6														
+00	+12	+24														
+36	+48	+60														
+72																

[그림 2-1-2] 러시아 남북극연구소에서 제공하는 해빙정보  
([http://www.aari.nw.ru/default\\_en.asp](http://www.aari.nw.ru/default_en.asp))



## 1.2. 미 국

- 북극이사회 회원국으로, **북극권 국가전략 발표**
- 극지 안전운항시스템 서비스는 미국에서 독점
- 미국 Ohio State University에서는 극지 기상예측과 연구를 위해 미국 NCAR WRF기반 Polar WRF 운영
- ExactEarth ShipMaps ([http://shipmaps.exactearth.com/map.html?z=sm\\_arctic](http://shipmaps.exactearth.com/map.html?z=sm_arctic))
  - 북극해 선박 및 항로 정보 제공 자료
- Applied Weather Technology사의 해빙 정보 시스템
  - 전세계 주요 기상기관과 정보기관 20여 곳으로부터 받은 자료를 분석한 후 대양을 운항하는 대형 선박에 날씨와 항로 정보 등을 제공
  - 선박들에게 기상 및 해빙정보를 이용하여 선박 항로를 제공하며 대형 파도 위험지대, 빙하지역, 큰 높이의 파도가 치는 지역 및 열대 시이클론 등과 같은 위험한 기상 조건 등의 제공
  - 현, 아라온호에서 문서형태로 해빙 및 기상정보를 수신 받음
  - 제공하는 자료는 위성자료, 기상자료, 기상 인자 분포도, 해빙자료, 해빙 분포도, 해빙 분석 자료 및 분포도 등이 있으며, 아래와 같음.
    - Weather forecast for survey point
    - Weather Forecast Chart (Pressure, wind, sea visibility)
    - Current Observation data
    - Satellite image visible
    - Satellite image infrared
    - Surface sea temperature
    - Daily ice concentration
    - Ice analysis
  - 본 시스템은 준실시간 모니터링이 힘들다는 문제가 있음



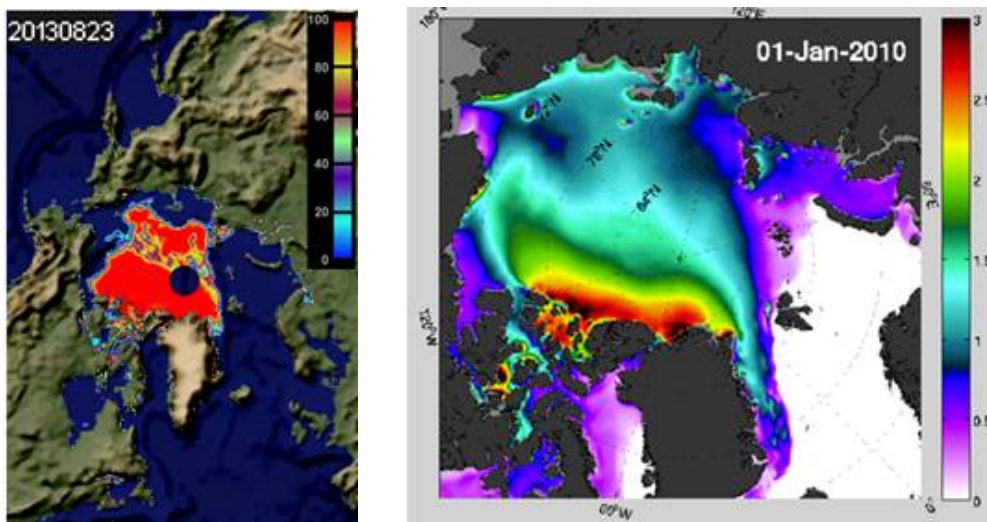
[그림 2-1-3] 미국 AWT사의 해빙/기상 정보 자료





### 1.3. 유럽

- 2008년 10월 EU의회는 북극정책에 관한 결의안을 통과
- 노르웨이 Nansen 환경원격탐사센터(Nansen Environmental & Remote Sensing Center)에서는 해빙예측 모니터링 및 예측 모델링 기술을 개발하여 인터넷을 통해 정보 제공
  - Arctic ROOS system (The Arctic Regional Ocean Observing System)을 통해 일별 위성 기반 해빙 밀도, 범위 분포도 제공
  - Ensemble Kalman Filter에 관한 선도적인 연구 그룹이며 이를 적용하여 해빙 관측 자료를 수치모델에 동화함으로써 예측 시스템을 구축함
  - 해빙 예측뿐만 아니라 북극 해빙과 기후 상관성 연구를 연구하여 기후 예측에 활용하고 있음
  - 위성자료와 함께 HYCOM-NORWECOM이라는 해빙-해양생화학모델을 이용한 해빙 두께, 이동 방향, 이동 속도 분포도를 일주일 간격으로 제공



[그림 2-1-4] 노르웨이 Nansen연구소에서 제공하는 위성기반 해빙정보(좌)와 해빙예측정보(우)

- 세계 야생동물기금협회에서 개발, 관리하는 북극 지리 정보 시스템인 ArkGIS (Arctic Geographic Information System)는 북극이사회워킹그룹, 노르웨이 해양연구소, 노르웨이 해안관리국 등 기관에서 정보를 제공받고 있음. 생태분야 활용을 위해 개발되었으나, 북극 화물선, 해빙 범위, 수심 등 정보가 포함된 지도를 웹사이트에서 제공하고 있음



[그림 2-1-5] ArkGIS 시스템 정보

## 1.4. 중 국

- 북극항로 중·장기 전략 수립 시행
  - 북극이사회 제 8차 각료회의에서 중국에게 옵서버 지위 부여
  - 북극에 가까운 국가인 중국의 기후, 환경, 농업 생산 및 지속 가능한 개발은 북극 지역의 환경에 크게 영향을 받아 왔음
  - 북극진출을 위한 교두보 확보를 위해 아이슬란드나 스웨덴 등 관계국과의 활발한 정상외교 및 전진기지 확보 정책을 펼침
  - 작년 9월 극지관측선 Xue Long이 러시아의 배타적경제수역(EEZ)를 벗어나 통항료나 쇄빙선 동반이 필요 없는 북극 중앙울트 항행에 성공해 러시아를 자극했음
  - 중국, 북극해 항로 첫 번째 컨테이너선 시범 운항 실시 (2013.08.21)
  - 중국 국영회사인 Cosco Group의 선박 Yong Sheng호는 8월 8일 중국 출발~9월 11일 암스테르담 도착, 북극해 항로 첫 운항 선박(총 항해 거리: 약 2,936해리, 30일 안에 완료)
  - 이번 이동 북극해 항로 외에 다른 두개의 북극해 항로운항에 대해 러시아 북극해 항로 관리국으로부터 허가를 받음



○ 북극해 자원개발에 적극적 참여

- 중국 석유회사 CNOOC (China National Offshore Oil corporation)는 중국해양 석유 및 천연가스 개발 분야의 가장 큰 회사임
- 현재 아이슬란드 북쪽 해안의 탄화수소 탐사 및 발굴에 대한 라이선스 입찰에 참여, 허가를 받게 되면 CNOOC는 최초로 북극권에서 해상석유탐사를 참여하게 됨
- 허가를 받게 되면 CNOOC는 최초로 북극권에서 해상석유탐사를 참여하게 됨
- 중국은 옵서버지위를 통해 북극을 둘러싸고 있는 국가들과 과학연구, 신항로 개방, 자원 탐사 등의 분야에서 협력을 강화할 예정
- 중국의 CNPC는 시베리아 북동부의 야말(Yamal)반도에서 진행 중인 LNG 프로젝트의 지분 20% 취득

○ 특히 중국은 러시아로부터 중고선을 도입하여 쇄빙연구선 설롱호를 운항중에 있으며, 최근에는 대형 쇄빙연구선을 직접 설계하여 개발 중인 것으로 확인되고 있으나 러시아로부터 발주된 Yamal Arctic 170K LNG선에 응찰하지 못할 정도로 대형 쇄빙상선에 대한 기술경쟁력은 아직 미약하다고 판단됨

### 1.5. 일 본

- 일본은 북극항로 정책은 단기 전략과 중·장기 전략으로 나눠 진행. 중·장기 전략에서는 향후 북극해 해빙이 거의 사라질 것을 예상하여 쇄빙선의 연구 및 개발의 경제성 분석 등이 포함되어 있음
- 북극이사회 제 8차 각료회의에서 중국에게 옵서버 지위 부여
- 일본은 4월 29일 러일정상회담에서 북극해 개발에 대해 논의하였으며, 북극해 문제에 관한 2국간 협력을 실시할 예정이라고 밝힘
- 최근 북극해를 이용 노르웨이로부터 일본에 석유제품을 수송
- 현재 일본에서는 Shirase 쇄빙연구선을 운용 중에 있으며, 최근에는 Shirase II 쇄빙연구선을 자체 건조하여 극지연구에 활용 중에 있음. 참고로 일본 미츠비시 중공업과 가와사키중공업에서 Arctic 170K LNG선 16척(6조원)에 응찰하여 최종 탈락을 하였으나 우리나라와 대형 쇄빙상선 시장에서 지속적으로 경쟁할 것으로 판단됨



## 2 국내 현황 분석

- 북극이사회 제 8차 각료회의에서 중국에게 옵서버 지위 부여
- 해양수산부, 외교부, 산업통산자원부의 '북극종합정책 추진계획' 발표(2013.07.25)
  - 북극항로 상용화에 대비해 8월 중 시범 운항 계획
  - 시범 운항 선박에 국내 해기사와 북극 전문가 승선시켜 북극 운항 노하우를 익히게 함
  - 기존 약 2만2천km을 1만5천km로 단축, 항해 일수 10일 정도 줄임
  - 현 4개월 가량 경제적 운항 가능. 2020년 6개월, 2030년 연중 일반 항해 가능
  - 연료비 20% 절감, 보험료 30% 할증
  - 러시아 쇄빙선 사용료의 경우 러시아 측과 우대 요금 적용 방안 검토
  - 2020년부터 본격적인 상업 운항이 시작될 것으로 예상
- 현대 Glovis에서 유럽에서 여수까지 2013년 9월에 북극해 시범운항(첨부 1자료 참고)
  - 2013년 9월 16일 유럽 우스트루카항에서 출항하여 35일차에 여수 입항

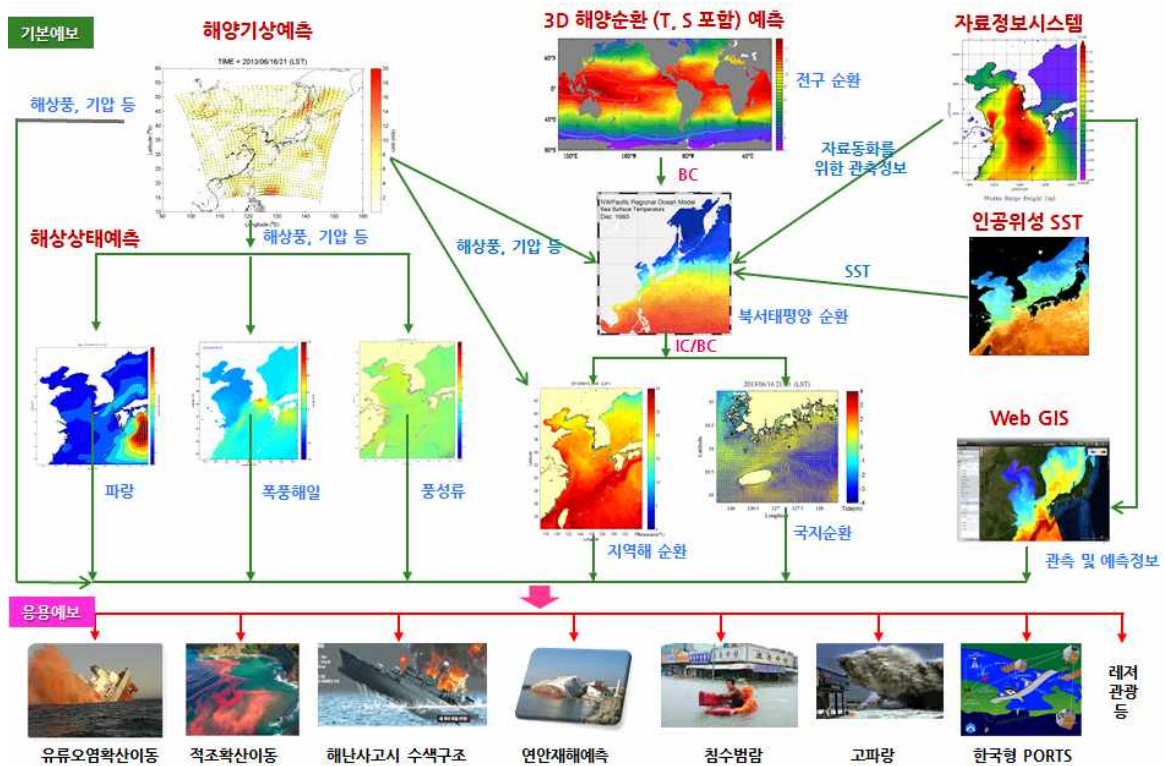


[그림 2-2-1] 현대 Glovis의 북극해 시범 운항 항로 및 일정





- 한국해양수산개발원(KMI)에서 북극해 활용전략 수립 연구(2012년~)
- 한국해양수산연수원(KIMFT)에서 북극 항로 진출 활성화 사업 추진 예정 (2014년~2017년, 총 37억원)
- 국립해양조사원(KHOA)에서 극지역 해도 제작 사업 추진 예정(2015년~)
- 국토교통부(MOLIT)에서 북극지역 공간정보구축사업 추진 예정(2014년~)
- 한국해양과학기술원(KIOST)에서 국내 최초로 기상외력에서부터 활용예보에 이르기까지 체계적으로 연계되어 우리나라 주변해역의 해양상태를 예측할 수 있는 운용해양예보시스템(KOOS) 수립 및 시범운영이 성공적으로 수행됨
- 한국해양과학기술원(KIOST)에서는 해양예보시스템(KOOS)의 북극해 적용 연구가 기획되고 있음 (KAOOS)



[그림 2-2-2] KOOS 시스템 개요

- 한국해양대학교에서 북극해 항로연구센터가 설립되었으나, 연구 성과의 공유가 안 됨



- 해빙 탐지기술 개발 관련 국제공동연구에서 참여하고 있으나, 자동화 시스템과 서비스 체계 개발 등은 이뤄지지 않고 있음. 극지 해양예보시스템 개발 사례 전무
- 북극해 순환 및 해빙/유빙의 변동을 모니터링/예측할 수 있는 고해상도 수치 모델 확보 되지 않음
- 해빙/유빙 모의를 위해 열역학 방정식에 의존, 유빙의 생성 및 변동을 모니터링하고 추적하기 위한 차세대 해빙 모형 개발 필요
- 국내 유일 쇄빙선 아라온호에서는 2010년 북극해 연구 항해 및 극지 종합 시험 항해를 실시했음. 극지 항해 때 미국 AWT사를 통해 이메일로 문서형태의 해빙 정보를 제공받음. 제공받는 자료에는 위성사진, 기상자료, 기상 분포도, 해수면 온도 분포도, 해빙 분포도, 해빙 분석자료 등이 있음
- 빙해선박의 선체구조 안전성 평가 및 빙성능 평가를 위해 국가차원으로 빙해수조 시설과 저온 콜드룸 시설 등의 인프라를 구축하였으며, 2009년 9월부터 가동 중에 있음

### 3) 국내·외 현황 비교

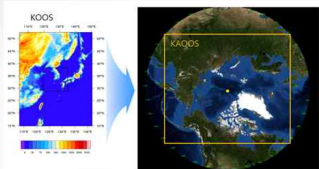
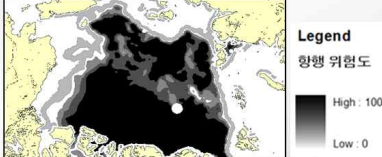
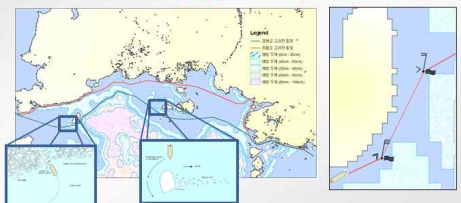

- 북극해 연안국을 중심으로 북극해 연구 및 북극해 항로지원시스템이 개발되어 운용되고 있는 것에 비해 국내의 경우 아직까지 국산기술의 개발이 전무한 상태로 고가의 미국 회사 제공 정보에 의존한 상태임
- 2014년부터 IMO polar code의 강제화가 진행될 예정으로 국내의 경우 대응 기술개발이 시급한 상황임
- 북극해 안전운항과 관련하여 기존 선진국간의 국제 공동연구(INSROP 등) 및 자체연구(EU Safe Ice 등)가 수행된 바 있으나, 미 참여 국가의 경우 정보 공유에 한계가 있음
- 또한 기존 선진국들이 주도적으로 ISO 기술표준 제정 및 발효에 따라 UR-I 개정의 필요성이 강조되고 있으며 기타 관련 법규 등도 많은 영향을 받을 것임



- 이러한 국내외 현황을 비교할 때 본 연구에서 기획한 북극해 안전운항지원 시스템은 아래와 같은 강점을 가진 방향으로 개발할 예정임

국가	주요 내용
<b>러시아</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 북극항로 개발을 위한 3단계 계획 추진</li> <li>○ 항로항만인프라현대화,원자력쇄빙선 추가진수계획</li> <li>○ 남북극연구소(AARI): 항행정보시스템 개발·운영</li> </ul>
<b>중국</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 북극항로 증장기 전략 수립, 북극이사회 옵서버</li> <li>○ 북극해 자원개발에 적극적 참여</li> <li>○ 북극해 항로 첫 번째 컨테이너선 시범운항 실시</li> </ul>
<b>유럽</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2008년10월EU 의회는 북극정책 결의안 통과</li> <li>○ 노르웨이 Nansen연구소: 해빙모니터링, 예측</li> <li>○ 북극 지리 정보 시스템인 ArkGIS의 출시</li> </ul>
<b>미국</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극지안전운항시스템서비스 독점</li> <li>○ 북극권 국가전략 발표, 북극이사회회원국</li> <li>○ Applied Weather Technology: 운항정보서비스제공</li> </ul>
<b>일본</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 북극항로 증장기 전략 수립 시행</li> <li>○ 북극이사회 옵서버 지위 부여 받음</li> <li>○ 북극해 이용 노르웨이로부터 일본에 석유제품수송</li> </ul>
<b>대한민국</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 북극해 활용전략 수립 연구 (2012~), KMI</li> <li>○ 북극항로 진출 활성화 사업 (2014~2017:약37억원),KIMFT</li> <li>○ 극지역해도제작(2015~),KHOA</li> <li>○ 북극지역공간정보구축(2014~), MOLIT</li> <li>○ 아라온 등 선박 북극 이용 시, 고가의 미국회사 제공정보 의존</li> <li>○ 환경정보체계(관측·예보) 개발과 Polar Code 대응 기술 개발 전문</li> </ul>

[그림 2-2-3] 북극해 해빙 변화 추세

<p><b>항로지원시스템의 국산화</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국외 업체에 의존한 항로 지원 서비스 → <b>국내 기술 도입</b></li> </ul> 	<p><b>항행 위험도 제작</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 위성자료, 해빙 모델, 해양기상 자료를 이용한 <b>항행 위험도</b> 제작</li> </ul> 
<p><b>최적 항로의 준실시간 제공</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기존 항행 보조자료 서비스 수준에서 발전 → <b>최적 항로 준실시간 서비스</b></li> </ul> 	<p><b>IMO 대응 기술 확보</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ IMO 기반 시스템 개발을 통한 <b>신속한 대응 기술 확보</b></li> </ul> 

[그림 2-2-4] 북극해 안전운항지원시스템의 강점



### III 연구 추진전략 및 핵심 기술

#### 1 사용자 요구 분석

##### 1.1. 아라온 방문 및 사용자 요구 분석

- 일시 : 2013년 10월 14일
- 아라온호 관계자들과의 면담을 통한 요구 분석 수행
- 요구 분석 내용
  - 쇄빙능력 : Polar class 10등급의 쇄빙선으로 영하 30도 해역에서 항행할 수 있으며 1m두께의 다년빙에서 3노트로 연속 쇄빙 가능
  - 항로계획 : AWT에서 1일1회 제공하는 기상 및 해빙자료를 이용하지만, 북극해의 해빙 및 기상상황은 시시각각 변하므로 상황에 따라 목적과 경험에 의존함
  - 안전운항지원시스템 의견 : 북극항로에서 해빙분포는 안전항행과 밀접한 연관이 있으므로 위성 해빙자료는 안전한 항로계획 수립에 필수적인 자료임
  - 선박 기반 및 외부 제공 해빙 정보 중요성



[그림 3-1-1] 정박한 아라온호의 전경(좌)과 아라온호의 해도(우)

- AWT에서 제공받고 있는 해빙 및 기상 정보
  - 기상 정보 요약 (72시간 기상 예보 자료 포함)
  - 위성 영상





- 해수면 온도 자료
- 해빙 밀도 분포도
- 5일 해빙 예보 자료
- 해빙 분석 자료

## 1.2. 항공우주연구원의 아리랑위성을 활용한 지원 방안

- 일시 : 2013년 3월 26일(1차), 9월 23일(2차)
- 목적 : 아리랑위성자료의 북극해 지원 방안에 대한 의견 수렴
- 1차 항우연 아리랑영상의 북극해 지원 방안 분석 자료
  - 북위 73°이상 지역은 하루에 1회 이상 (K2, 3: 총 2회, K2, K3, K3A, K5: 총 5회) 촬영
  - 북위 73°이상 지역은 3월~10월까지 촬영 가능(K5는 연중촬영가능)
  - 자료 종류별, 처리 단계에 따른 소요시간 차이 발생
  - 촬영 후 영상 배포까지 2.5시간~5시간 소요
  - 당일영상은 당일 전달하는 고급서비스 가능
- 2차 아리랑위성을 이용한 북극해 항로 관측 설계 방안
  - Kompsat-2, 3 위성 해당지역 촬영 시 약 3,325장 (615segments) 필요
  - 12월~2월까지의는 경로 중 일부분만 촬영 가능 (파란선)
  - 향후 아리랑 5호 검토 필요



[그림 3-1-2] 아리랑위성의 촬영 한계선 (좌: 1월, 12월, 우: 2월)



### 1.3. 해운, 원양어업, 자원개발 분야의 전문가와의 자문회의

- 일시 : 2013년 10월 29일
- 장소 : 한국해양과학기술원 해양위성센터 3층 회의실
- 참석자 : 자문위원(5명), 연구진(10명) 등 40명
  - 자문위원(5) : 노재호(HMT), 오승훈(현대글로벌비스), 이성민(한국가스공사),  
채태병(한국항공우주연구원)
- 목적 : 원양어업업체, 해운업체, 가스공사 관계자들을 초청하여 연구 평가 및 수요자 요구 분석
- 요구분석내용
  - 해운업체 (오승훈 현대 Glovis 차장)
    - 북극해 항로의 경제성(연료비 절감 영향 큼) 확인
    - 연료비 및 운하 통항료 합산 15% 정도 절감
    - 추가 보험료, 선박 관리비, 건조비의 영향보다 큼
    - 운항기간 단축으로 연간 수행 항차 증가 예상
    - 향후 북극 시범 운항 확대 및 경험 축적 예정
    - 국산 기술화가 시급한 분야로 남극을 포함한 전세계 해양 기상 예보 및 활용 지원 희망
    - 상업성 통한 해양 기상정보 제공 및 수익 창출 기여
    - 실제 본 시스템이 활용되려면 국가차원에서 주변국(예: 러시아)과의 자료 협조가 필수적임
    - 러시아, 미국, 일본 등에서 많은 북극해 시스템이 운용되고 있는데, 후발 주자로서 그 활용성이나 유용성 측면에서 열려되며, 또한 해운이나 상선업체에서는 북극해의 상업성이 많이 떨어지는 것으로 보고 있음
    - (답변사항) 국내의 경우 국외 업체의 자료에 의존하고 있는 현실임. 그러나 언제까지 의존만 해서는 안 되며, 비용적 측면에서 본 시스템의 국산화는 필수적임. 또한 현재 국외서 제공되는 해빙/기상정보 제공 기술은 바로 국내에서도 구현이 가능함. 특히 기상예보자료는 정확도가 중요한데, 현 국외 업체에서 구현한 수준은 국제적으로 open source로 공개되어 현 수준의 기술 구현이 가능함. 물론 어느 측면에서는 국내 수준이 낮을 수 있으나, 향후 충분히 향상시킬 수 있음
  - 원양 어업 및 관련 서비스 산업(노재호 사장)
    - 해빙이 존재하는 지역에서 작업이 대부분 이뤄지며, 전세계 쿼터의 영향으로 거의 생존을 담보로 작업 중임. 많은 지원이 필요함



- 일반적으로 쇄빙선의 지원을 받지 못한 상황에서 조업하고 있어 정밀한 실시간 유빙 자료가 반드시 필요함
- 남극과 북극 모두 원양어선 조업에서 중요한 것이 유빙도이며 어획량과 직결되는 경우가 많음
- 항상 정부나 연구기관 회의를 참석하면 대규모 상선이나 해운회사만을 대상으로 연구가 진행되는데, 실제 원양어업에 종사하는 소규모 선박에 대한 연구나 지원이 전혀 되지 않고 있음. 실제 많은 원양어업 선박들이 북극해 해빙을 기다렸다가 유빙정보가 정무한 상황에서 북극해에 진입하여 위험을 감수한 채 조업하는 경우가 많음. 실제 가장 필요한 자료는 해빙/유빙 두께, 밀도 정보임

- 한국가스공사(이성민센터장)

- 자원탐사과정에서 해양환경정보는 중요하며, 북극해 자원 수송에서 필요한 자료임
- 자원개발을 위해서는 자본 뿐만 아니라 고도의 기술, 정보, 환경 평가(EIA), 지역영향 평가(SIA), 긴급 상황 대처 등 다양한 요소의 총체적 집합체 기술력이 필요
- 현 북극해 관련 자원 개발 측면의 연구는 북극해에 대한 연구 초기 수준임
- 일정 시간이 지나면 자원개발 측면이 활성화 될 수 있을 것으로 예측됨
- 북극해 운항정보만이 아닌 자원개발 측면에서의 연구도 필요함  
: (답변사항) 자원개발 측면은 북극해 이사회 소속 국가의 이익과 직결된 부분으로 정보 획득 및 탐사가 현실적으로 힘들. 대신, 현재 국토부에서 진행하고 있는 북극해 공간정보 DB 구축 사업자료가 유용하게 사용될 것으로 사려됨

- 공통의견

- 각 분야 및 관계 부처의 종합적 지원을 통한 추진이 요구됨
- 현 정부의 북극해 정책에 대한 의견 참여가 힘들며, 여러 부서에서 산발적으로 진행하고 있는 것으로 생각됨



[그림 3-1-3] 자문회의



## 2 세부 연구 추진전략 및 핵심 기술

### 2.1 연구 추진 전략

- 본 연구의 목표는 IMO polar code에 대한 대응이 가능한 안전항로지원시스템 개발로 각 IMO polar code 각 항목에 대한 대응기술의 목표를 세우고, 이러한 기술개발과 함께 북극해 정책 및 법률에 대한 병행 연구도 추진하여 최종 북극해 융복합 연구 도출, 극지역 운항 선박 강제화 코드 대응기술 확보, 이를 통한 해양정보서비스 산업 창출을 유도하는 것임



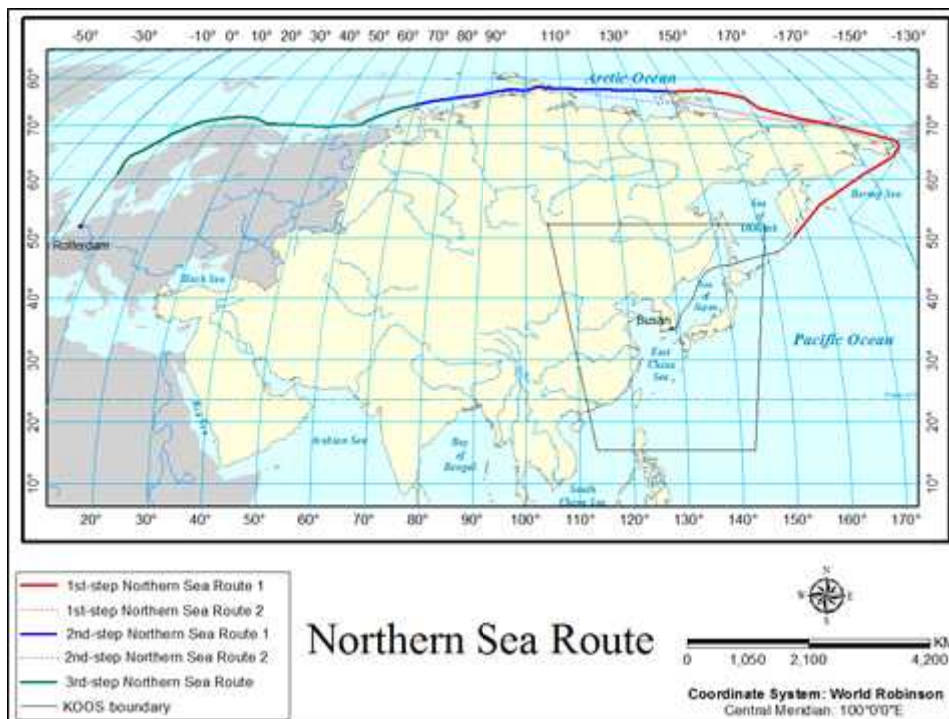
[그림 3-2-1] 연구 추진 전략

### 2.2 연구 대상지역 설정

- 북극해는 그 영역이 광대하고, 이에 대한 항로도 매우 다양하며 시간에 따라 변경될 수 있음

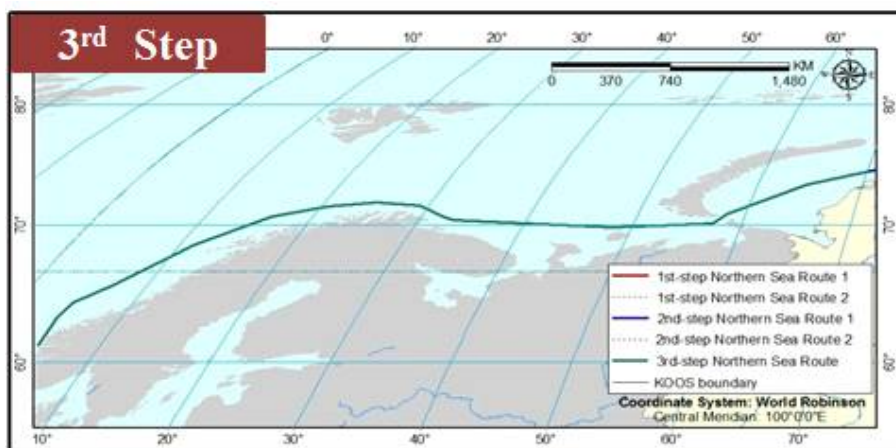
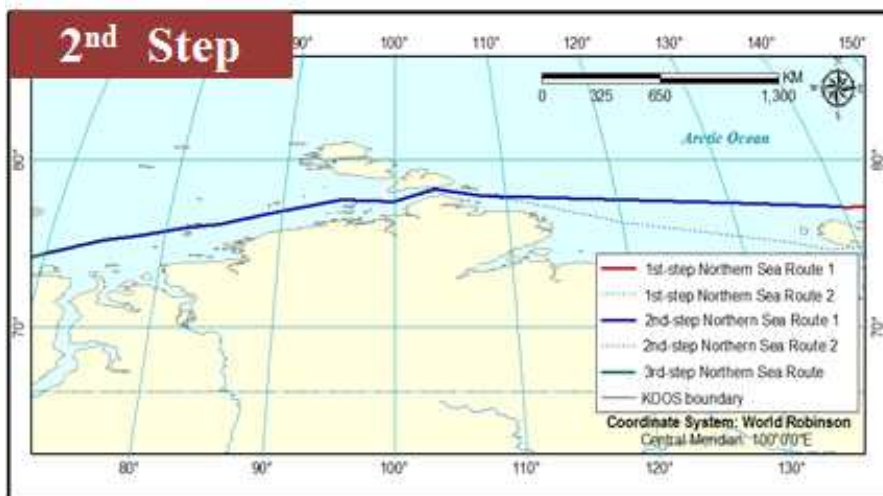
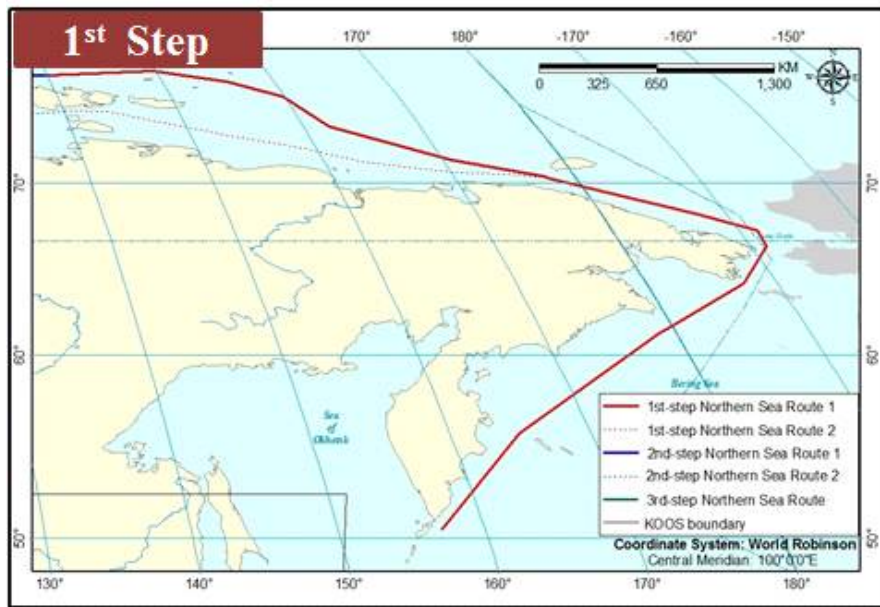


- 북극해 항로에 실제 선박 위치 분포와 밀도정보를 참고자료로 사용하여 북극해 후보 항로를 아래 그림과 같이 설정하였음
- 항로는 부산을 출발하여 노르웨이 Rotterdam까지 항로로 설계되었으며, 총 경로 길이는 20,827,000km임
- 본 연구에서는 북극해 항해 운항 지원시스템의 적용 및 평가를 위하여 북극항로를 세 구간으로 구분하였음. 첫 번째 항로는 Kamchatka Peninsula부터 Sannilkov Strait까지의 연결되며, 두 번째 항로는 Sannilkov Strait부터 Polarstrtiior Heiberg Islands까지의 구간을 연결됨. 그리고 세 번째 항로는 노르웨이의 Bergen harbor로 연결됨
- 그 중 두 번째 항로는 Wrangel Island로부터 Sannilkov Strait, Sannilkov Strait을 지나는 두 개의 항로로 나누어짐
- 또한 그림은 해양환경정보를 제공하기위한 KOOS의 서비스 지역을 포함함



[그림 3-2-2] 북극해 후보 항로





[그림 3-2-3] 단계별 북극해 항로 후보지역



## 2.3. 북극해 안전운항 지원시스템 요소기술 개발

- 북극해 안전운항 지원 시스템은 북극해 항행 위험 위험지도 생성기법 부분, 북극해 항해계획 기법 부분, 북극해 MSI (Marine Safety Information) 생성기법 부분으로 구성되며, IMO의 polar code를 기반으로 설계되어야 함
- 북극해 안전운항 지원시스템은 북극해 항행 선박 인증절차에 활용할 수 있도록 개발되어야하며, 구축하기위한 기술개발 로드맵을 IMO polar code에 반영하도록 설계되어야 함

### 2.3.1. 북극해 항행 위험지도 생성기법 개발

#### 가) 개발 요구사항

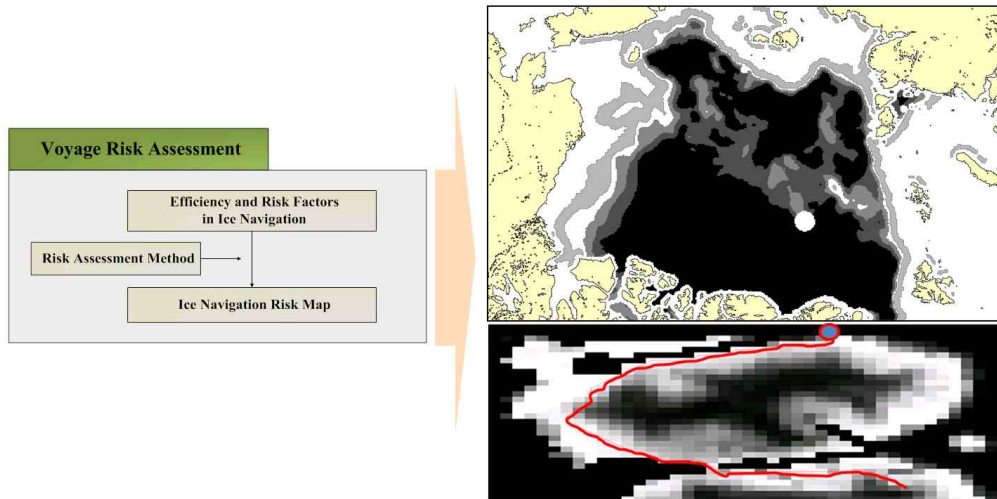
- 북극해 해양 환경
  - 북극해 항로는 1년 중 통상적으로 3개월 ~ 5개월 동안 항해가 가능하며, 매년 빙상 상태에 따라 여러 개의 항로가 존재함. 또한 강한 바람이 불고, 안개가 발생하는 경우가 많으며 유빙에 의한 선박의 피해를 항상 유의해야 함
- IMO polar code
  - DE 57/11/3 (Polar code 요건의 위험 기반 제정) : 극지운항을 위해서는 선박 항행 위험요소들을 파악함을 물론 상대적 중요성에대해 평가해야하며, 항행 위험 완화 조치를 식별해야 함
  - DE 57/11/6 (통신작업반 보고서) : 극지 해역의 해빙상태와 운항선박의 A, B, C 등급 개념을 도입해야 하며, 해빙 상태에 따른 선박의 운항 범위를 제안해야 함

#### 나) 북극해 항행 위험 지도 생성기법

- 선박의 북극해 운항에 대한 위험도를 표현함으로써 항해계획의 기반을 제공함
- 북극해 해빙관측 및 예측 모듈에서 제공하는 해빙의 분포, 종류, 집중도 (Concentration) 정보와 북극해 해양기상 모듈에서 제공하는 북극해 해풍 속도 및 강도, 조류, 파랑 정보를 이용하며, 북극해 선박 운항성능 평가모델을 기반으로 선박별 항행 위험지도를 생성함



- 아래 북극해 항행 위험 지도는 북극해 선박의 항행 위험도를 1에서 100까지 수치로 정량화하여 표현하였으며 Dijkstra 알고리즘을 이용하여 위험도를 최소화하는 경로를 표현함



[그림 3-2-4] 북극해 항로 안전운항 지원 시스템 개요

### 2.3.2. 북극해 항해 계획 기법 개발

#### 가) 개발 요구사항

- 북극해 항해계획 요건
  - 북극해를 항해 할 때 선박은 바람, 바다, 해류, 및 빙하의 영향을 받으므로, 해빙 및 기상 상황에 따른 선박의 내항능력, 속도, 유류소비량을 평가하여 안전하고 경제적인 항로를 선택해야 함
  - 북극해 해빙의 두께와 집중도는 선박속도의 저하의 주요요인이며, 이를 만회하기 위해 마력을 증가시키므로 연료소모량의 증가의 원인이 됨
  - 운항선박의 속도 저하는 파랑, 바람, 해류 등의 외부환경에 나타나며, 선속 저하는 도착시간을 변경시키는 요인이 됨
  - 북극해 해빙의 종류, 집중도 및 두께를 고려하여 선속을 조정해야 하며, 과도한 속도로 해빙과 충돌 시 선박 손상의 원인이 됨
  - 북극해 항로에도 여름에는 해무로 인해 시야가 좋지 않은 날이 있으므로 섬 사이의 좁은 해역이나 낮은 여울의 통과 시 주의가 필요함
  - 주변지형, 선박흘수와 수심을 고려하여 선박 좌초를 방지해야 함



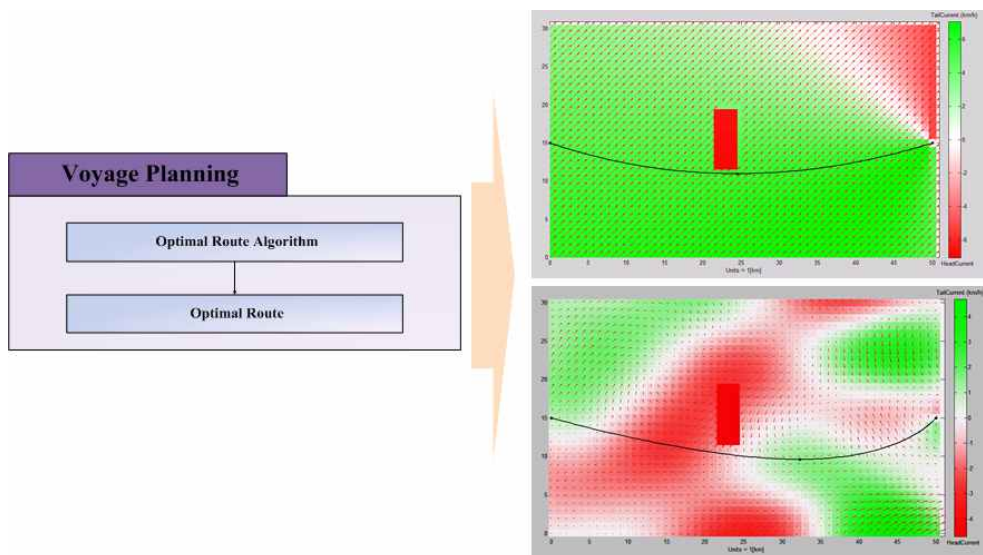


○ IMO polar code

- DE 57/11/3 (polar code 요건의 위험기반 제정) : 고품질의 얼음 및 기상 데이터를 기반으로 한 항해계획이 필요함
- DE 57/11/19 (통신작업반 보고서에 대한 코멘트) : 얼음에 대한 선박의 운항능력은 해빙에서의 안전속도와 함께 개발 적용되어야 함
- DE 57/11/22 (극지역 운항 매뉴얼) : PWOM의 범위 및 내용에 대한 초안 개요가 제안된 상황이며 주요항목으로 위험도 평가를 기반으로 한 장기 항해계획을 제시함

나) 북극해 항해계획 기법 개발

- 북극해 선박의 항해계획을 위해서는 선박 종류에 대한 운항평가가 요구되며 경제성 항목과 위험성 항목으로 구분되어 평가되어야 함
- 경제성 항목은 운항비용을 최소화하는 최적경로를 산출하기 위한 것으로 해빙 및 기상 상황에 따른 선박속도 및 유로소비량이 고려가 되어야함. 또한 경로 산출시 지구 곡률을 고려한 항해거리 측정 모델을 사용해야 함
- 안전성 항목은 북극해 선박의 위험도를 최소화하는 최적경로를 산출하기 위한 것으로 해빙의 분포, 종류, 집중도 및 두께에 대한 선박 운항 능력과 안전 속도가 고려되어야 하며, 해양기상에 대한 선박의 운항 위험도를 평가해야 함. 또한 북극해 항로는 유라시아 대륙의 대륙붕 위를 통과하기 때문에 여울, 암초 등의 장애물이 존재하므로 지형학적 고려 또한 필요함



[그림 3-2-5] 북극해 항해계획 기법 개발



### 2.3.3. 북극해 전자지도 기반 북극해 MSI (Marine Safety Information) 제공 기법 개발

#### 가) 개발 요구사항

○ 북극해 선박운항 요건

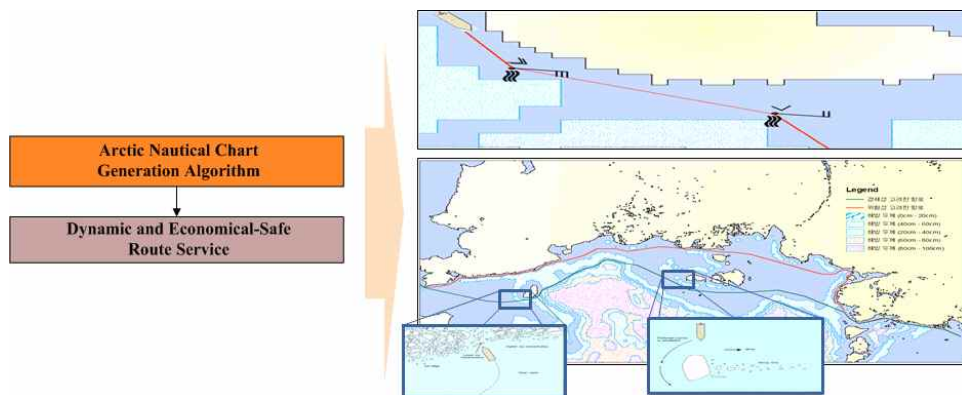
- 항해사는 지속적인 견시와 주변 통항 안전상황의 확인을 통하여 선박을 운항해야 함. 하지만 다양한 정보가 항해사에게 집중되면 혼란을 가중시킬 수 있으므로 정보의 제공과 표현에 상당한 고민이 필요함
- 북극해는 그동안 해빙으로 인해 수로측량이 이루어지지 않았으며 지속적으로 변하는 해빙의 분포와 유빙의 위치에 주의를 기울여야 함

○ IMO polar code

- DE 57/11/24 (통신작업반 보고서에 대한 코멘트): 국제수로기구 (IHO)는 남극지역의 95%는 수로측량을 하지 않았으며 북극지역도 유사하므로 일부지역을 제외하고 극지역의 해도는 연안 항해에 적합하지 않다고 보고하고 있음

#### 나) 전자지도 기반 북극해 MSI 생성기법

- 북극해 MSI는 일반 대양에서 항해사에게 주어지는 해류, 해풍, 파랑의 정보 이외에도 해빙의 위치, 종류, 집중도 및 두께 등의 정보를 항해사에게 제공되어야 함
- 북극해는 빙하 및 해빙의 감소로 인해 새로운 지형이 발견되기도 하므로 지속적인 MSI의 갱신이 필요함
- 유동적으로 변하는 북극해 항로의 MSI 정보를 제공하기 위해서는 지속적인 모니터링이 가능한 위성기반의 데이터를 기반으로 MSI를 제공할 필요가 있음



[그림 3-2-6] 북극해 MSI 생성기법 개발



### 2.3.4. Polar Water Operating Manual (PWOM) 개발 반영

#### 가) 개발 요구사항

○ PWOM

- 극지역 운항선박 증가로 해상 안전 및 해양오염 사고가 발생할 잠재적인 가능성이 증가되는 바, 극지역 운항 선박에 대한 강제화 코드 (polar code)를 제정 중에 있음

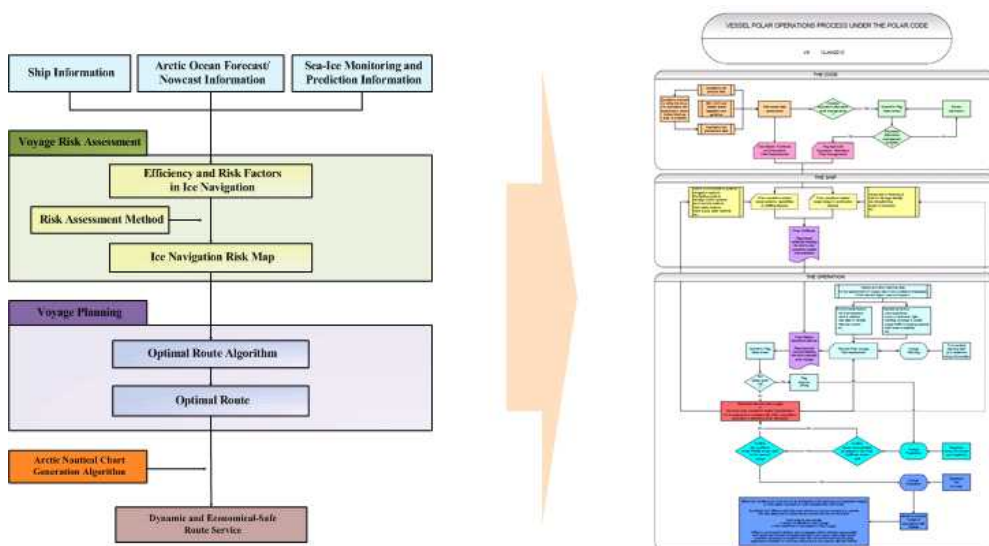
○ IMO polar code

- DE 57/11/21 (polar code 적용을 위한 관리절차) : 개별선박에 polar code 적용을 관리하기위한 실용적인 방법을 제안하였으며, 전체적인 운영계획에 대한 업무흐름도를 제안함

#### 나) 우리나라 상황을 반영한 PWOM 개발

○ 북극해 운항 안전지원 시스템은 IMO에서 제정 중인 polar 코드를 기반으로 설계 및 개발 되어야함

○ 우리나라의 강점인 조선기술 및 IT 기술을 고려하여 IMO PWOM 대응기술을 개발해야 함. 그중 북극해 운항 안전지원 시스템 개발의 기술적 성과는 IMO polar code 대응 기술로 간주 될 수 있으므로, 기술개발 로드맵을 제시하고 polar code의 북극해 항행 선박의 인증절차에 반영함으로써 북극해 안전 운항 서비스의 표준화를 주도함



[그림 3-2-7] PWOM 개발 반영



### 2.3.5 연차별 계획

[표 3-2-1] 북극해 안전항행 지원시스템 설계의 연차별 계획

차년도	연구 내용
1차년도	북극해 항로 경제성 평가 항목 도출 북극해 항로 위험도 평가 항목 도출 북극해 항로 위험도 평가 기법 개발
2차년도	북극해 항해계획 모델개발 북극해 최적 항로계획 기법 개발
3차년도	북극해 안전항행 정보인자 도출 북극해 MSI 생성 기법 개발
4차년도	북극해 안전항행 지원시스템 설계 북극해 안전항행 지원시스템 구축
5차년도	해빙과 해양기상 관측 및 예측 자료동화 평가 및 개선 북극해 항로 항행 안전 시범 정보 생산 및 개선



## 2.4. 위성과 선박 기반 해빙관측 시스템 설계

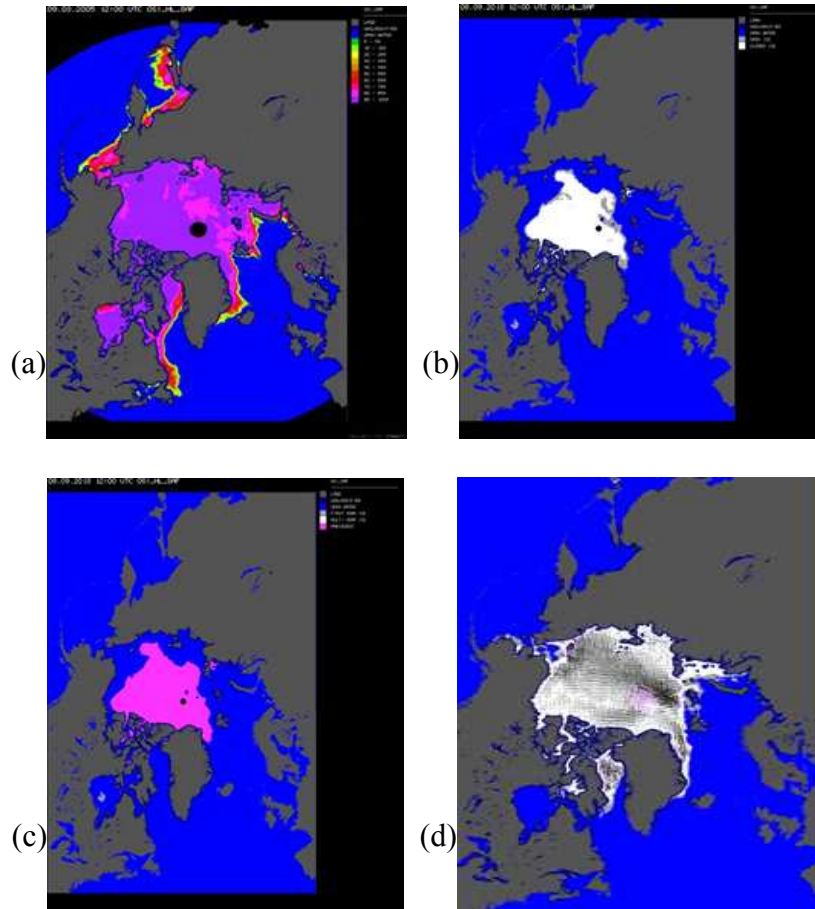
### 2.4.1. 가용 위성기반 해빙 자료 종류 및 특징

[표 3-2-2] 위성기반 해빙 자료 종류 및 특징

Data	Spatial resolution	Temporal resolution	Data	Source	Coverage	Sensor	File format
O&SI SAF ice	10km	Daily (product 12h)	Extent, concentration, type, sources of sea ice	EUMETSAT O&SI SAF FTP	Global	DMSP-F17 (SSMIS), Metop-A (ASCAT)	GRB, HDF
ASI (ARTIST Sea Ice) product	6.25km	Daily (service after one day)	Concentration of sea ice	University of Bremen, Germany	35°~90°N 105°~165°E 15°~75°W	GCOM-W1 AMSR2	HDF, PNG, PDF, TIF
AMSR2 sea ice product	10km	Daily (service after 17h)	Concentration of sea ice	JAXA	Global	GCOM-W1 AMSR2	He5
MODIS sea ice product (MOD29, MYD29)	1km	Forth per day (service after one day)	Extent of sea ice	NSIDC FTP	Global	Terra/Aqua MODIS	HDF, JPG

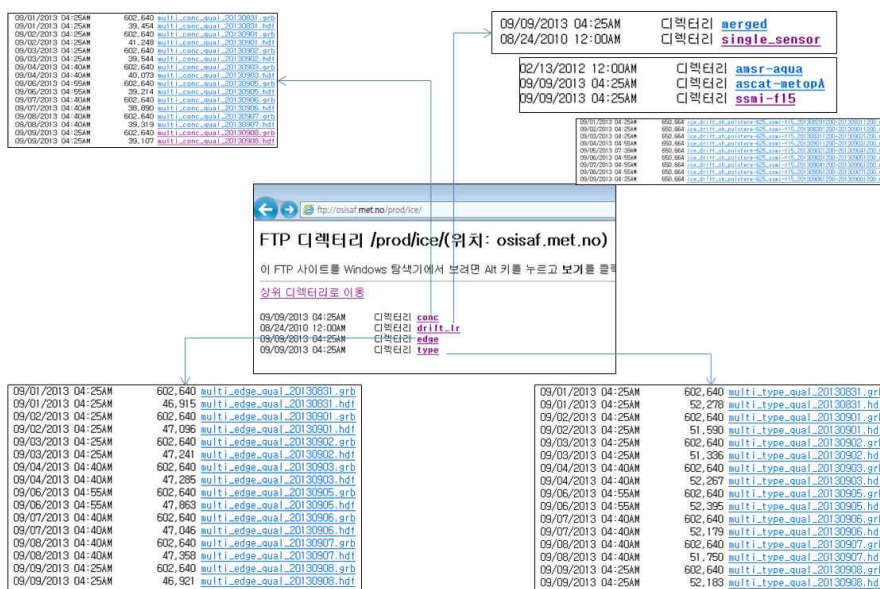
#### 가) O&SI SAF sea ice product

- Ocean and Sea Ice Satellite Application Facility (O&SI SAF) sea ice 자료
- DMSP F17(SSMIS), Metop-A (ASCAT) 위성자료 사용
- 10km 공간해상도로 제공
- 일별 해빙 경계, 밀도, 종류, 이동방향 정보 제공
- FTP 서버 (ftp://osisaf.met.no/prod/ice/)로 제공



[그림 3-2-8] O&SI SAF 해빙자료

(a: 해빙 밀도, b: 해빙 범위, c: 해빙 종류, d: 해빙 이동방향)



[그림 3-2-9] O&SI SAF FTP 서버 구조

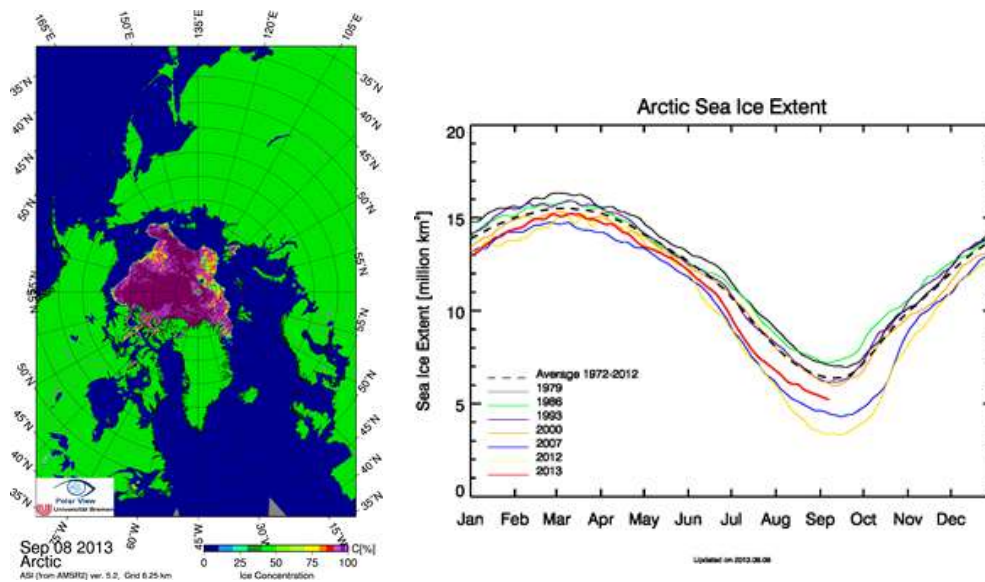




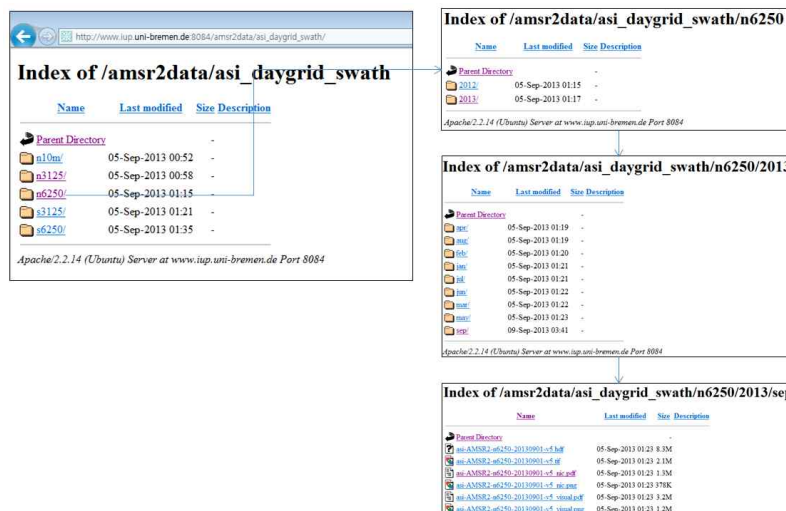
### 나) AMSR2/ASI 해빙 자료

- 독일 Bremen 대학에서 제작 (<http://www.iup.uni-bremen.de:8084/ssmis/>)
- GCOM-W1 위성 AMSE2 자료 사용
- 6.25 km spatial resolution
- Daily sea ice concentration
- HTTP 서버로 제공

[http://www.iup.uni-bremen.de:8084/amr2data/asi\\_daygrid\\_swath/n6250/2013/sep/](http://www.iup.uni-bremen.de:8084/amr2data/asi_daygrid_swath/n6250/2013/sep/)



[그림 3-2-10] AMSR2/ ASI 해빙자료 (좌: 해빙 밀도, 우: 시계열 해빙 범위 변화패턴)

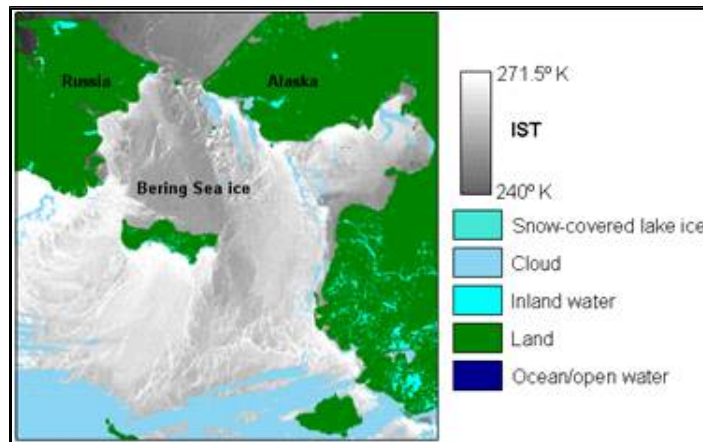


[그림 3-2-11] AMSR2/ ASI HTTP 서버 구조



다) MODIS 해빙 자료

- 미국 National Snow & Ice Data Center (NSIDC)에서 제작
- Terra/Aqua 위성 MODIS 자료 사용 (MOD29, MYD29 product)
- 1 km spatial resolution
- 일별 4회 자료 제공
- Daily sea ice extent and Ice Surface Temperature (IST)
- FTP 서버 (ftp://osisaf.met.no/prod/ice/)로 제공



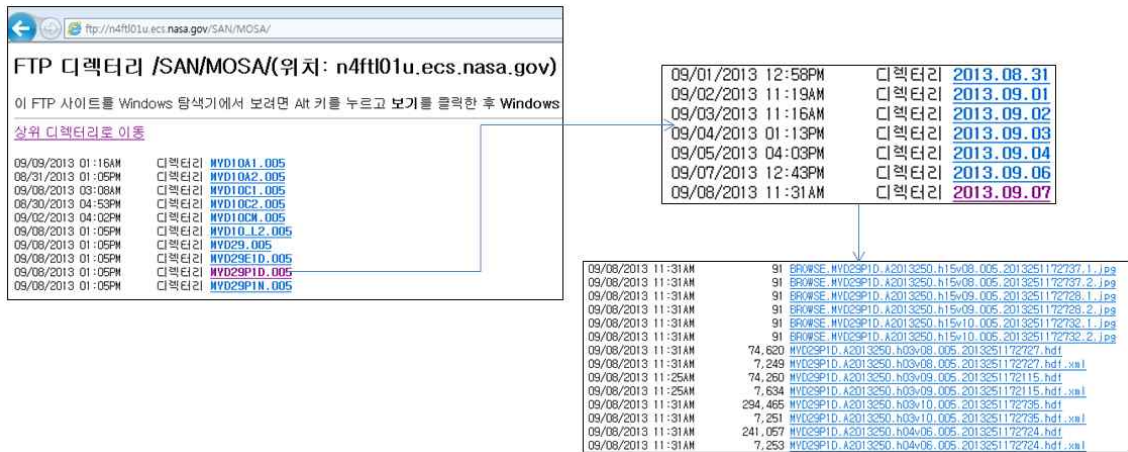
[그림 3-2-12] MOD/MYD 29 자료

MODIS Sea Ice Data Products [ [top](#) ]

Short Name	Long Name	Swath/Grid
MYD29	<a href="#">MODIS/Aqua Sea Ice Extent 5-Min L2 Swath 1km</a>	Swath
MOD29	<a href="#">MODIS/Terra Sea Ice Extent 5-Min L2 Swath 1km</a>	Swath
MYD29P1D	<a href="#">MODIS/Aqua Sea Ice Extent Daily L3 Global 1km EASE-Grid Day</a>	<a href="#">North and South EASE-Grid (Tiled)</a>
MOD29P1D	<a href="#">MODIS/Terra Sea Ice Extent Daily L3 Global 1km EASE-Grid Day</a>	<a href="#">North and South EASE-Grid (Tiled)</a>
MYD29P1N	<a href="#">MODIS/Aqua Sea Ice Extent Daily L3 Global 1km EASE-Grid Night</a>	<a href="#">North and South EASE-Grid (Tiled)</a>
MOD29P1N	<a href="#">MODIS/Terra Sea Ice Extent Daily L3 Global 1km EASE-Grid Night</a>	<a href="#">North and South EASE-Grid (Tiled)</a>
MYD29E1D	<a href="#">MODIS/Aqua Sea Ice Extent and IST Daily L3 Global 4km EASE-Grid Day</a>	<a href="#">North and South EASE-Grid</a>
MOD29E1D	<a href="#">MODIS/Terra Sea Ice Extent and IST Daily L3 Global 4km EASE-Grid Day</a>	<a href="#">North and South EASE-Grid</a>

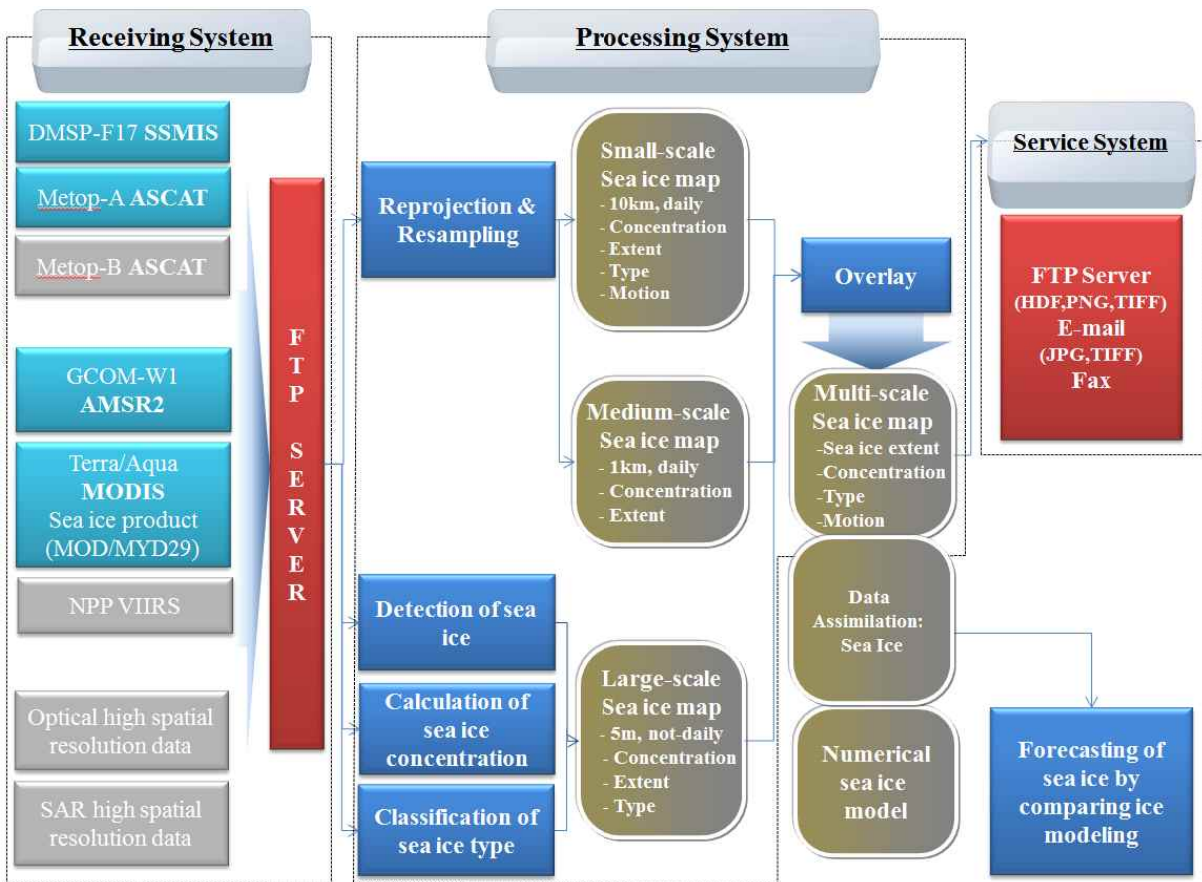
[그림 3-2-13] MODIS 해빙 자료 종류





[그림 3-2-14] MODIS FTP 서버 구조

### 2.4.2. 위성 기반 해빙 관측 시스템의 전체 설계



[그림 3-2-15] 위성 기반 해빙 관측 시스템의 구성



가) 위성 기반 해빙 자료 수신 시스템 설계

○ 수신 대상 해빙 자료 종류 및 특징

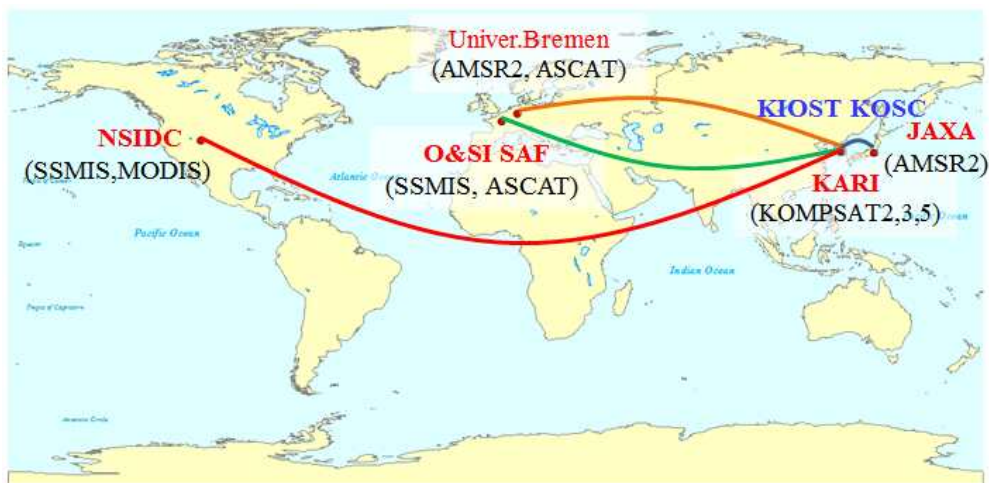
- 총 4 종류의 해빙 자료의 준실시간 수신을 목적으로 설계

[표 3-2-3] 수신 대상 위성 해빙 자료 종류 및 특징

Data	Source	Sensor	Data	Coverage	File format
O&SI SAF ice	10km	Daily (product 12h)	Extent, concentration, type, sources of sea ice	Global	GRB, HDF
ASI(ARTIST Sea Ice) product	6.25km	Daily (service after one day)	Concentration of sea ice	35°~90°N 105°~165°E 15°~75°W	HDF, PNG, PDF, TIF
AMSR2 sea ice product	10km	Daily (service after 17h)	Concentration of sea ice	Global	He5
MODIS sea ice product(MOD 29,MYD29)	1km	Forth per day (service after one day)	Extent of sea ice	Global	HDF, JPG

○ 위성 해빙 자료의 수신 체계 설계

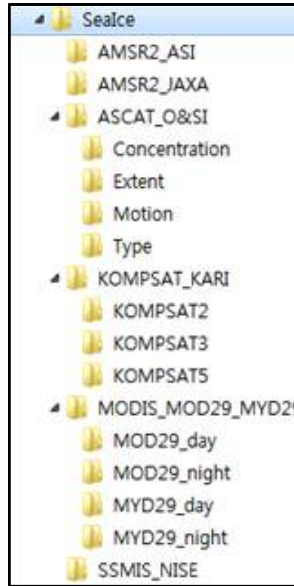
- 세계 각 국에 FTP나 HTTP 서버를 통해 위성 해빙자료의 준실시간 수신 설계



[그림 3-2-16] 준실시간 위성 해빙 자료 송수신 기관



- 아래 그림과 같이 각 센서별-product종류별-날짜별-시간별로 폴더를 구성한 후 데이터베이스 구축



[그림 3-2-17] 위성 해빙 자료 수신 시스템의 데이터베이스 구조

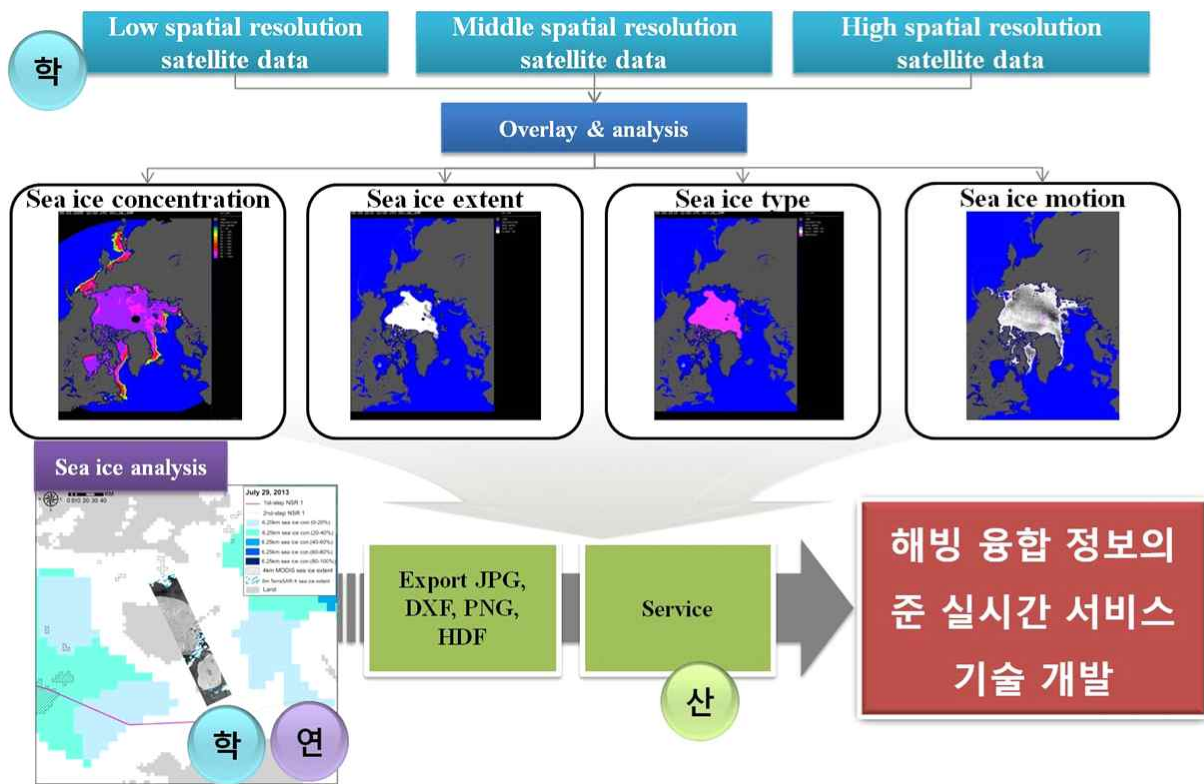
### 나) 위성 기반 해빙 자료 처리 및 서비스 시스템 설계

#### ○ 위성 해빙 자료 처리 과정

- 다양한 포맷과 투영, 좌표체계를 가진 위성자료의 융합을 위해, GeoTiff 형식으로, Stereographic North pole 좌표 체계로 단일화시켜 처리
- 10km이상의 공간해상도를 가진 소축척 위성 해빙자료는 해빙 범위, 해빙 밀도, 해빙 종류, 해빙 이동방향정보를 제공하고 있음
- 1km~10km의 공간해상도를 가지는 중축척 위성 해빙자료는 해빙 범위만을 제공하고 있으나, 그 경계는 소축척 해빙자료에 비해 보다 자세한 정보를 제공하고 있음. 그러나, 구름의 영향을 받는 광학위성영상을 기반으로 제작한 것으로 구름에 의해 해빙 모니터링이 안 된 지역이 많음
- 따라서 소축척, 중축척 해빙 경계자료는 중첩하여 같이 나타내어 사용자에게 보다 많은 정보를 제공할 예정임
- 소, 중축척 해빙지도는 매일 준실시간으로 제공될 수 있으나, 고해상도 위성영상 기반인 대축척 해빙지도의 경우 아리랑위성과 같은 고해상도 광학, SAR영상의 획득이 가능할 때 사용될 수 있음



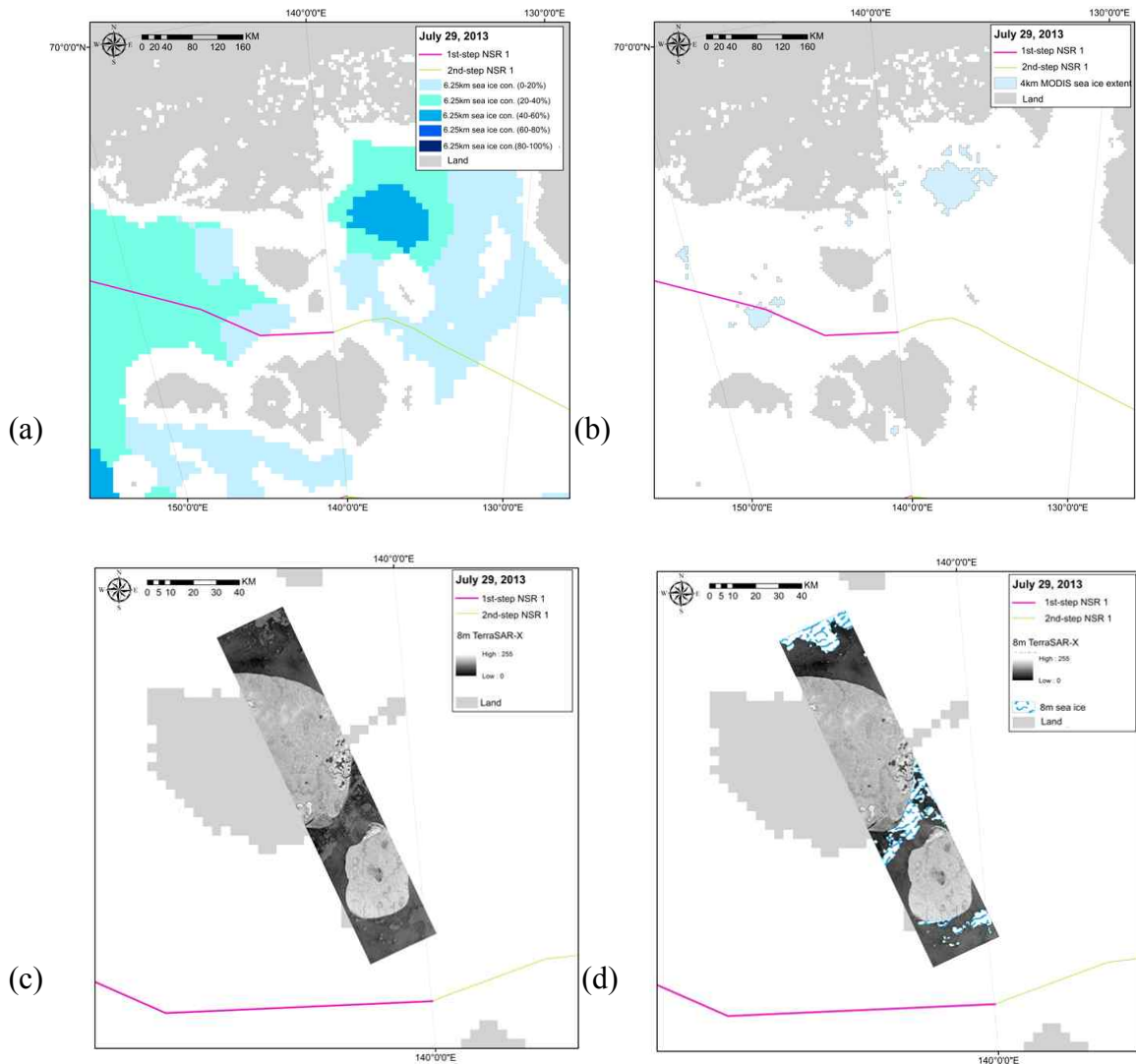
- 고해상도 위성영상의 경우 해빙 경계, 해빙 밀도, 해빙 종류를 추정할 수 있는 연구가 진행될 필요가 있음. 이는 연구원과 학교에서 공동으로 진행되어야 할 것으로 사려됨
- 아래 [그림 3-2-18]과 같이 소, 중, 대축척의 해빙 지도를 중첩하여 다양한 해빙정보를 하나의 해빙자료로 나타내어 사용자의 요구사항에 맞는 형식과 방식으로 전송하는 서비스가 구현될 계획임



[그림 3-2-18] 위성 해빙 자료 처리 과정

다) 위성 기반 해빙 분포도 시범 제작

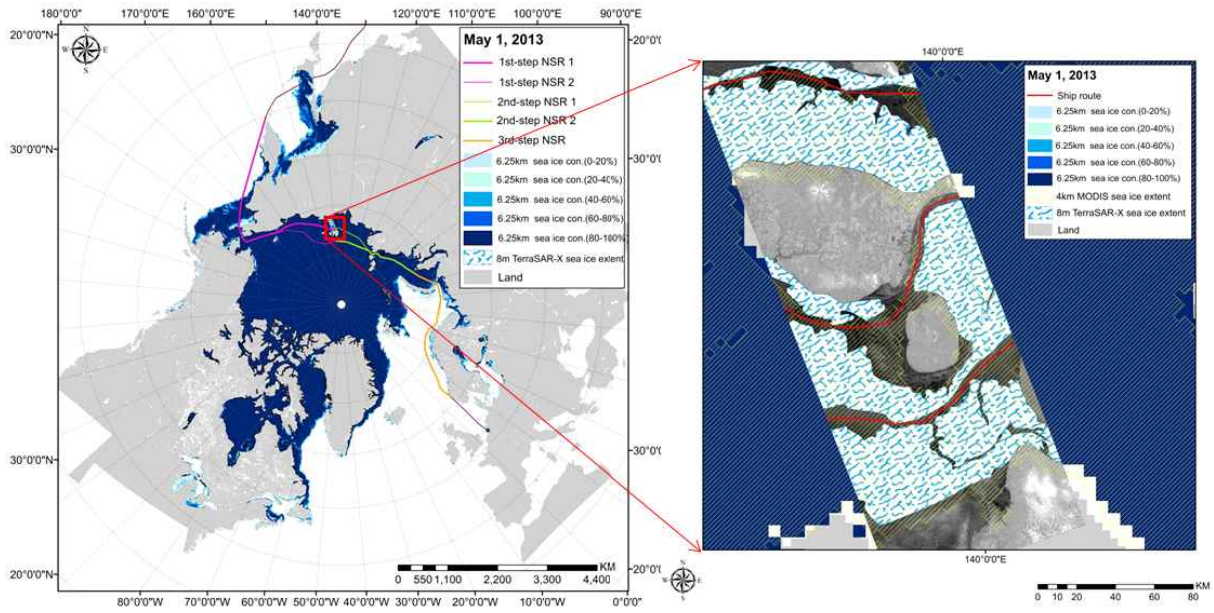
- 아래 [그림 3-2-19]는 위성기반 해빙 분포도 시범제작을 위해 사용된 2013년 7월 29일 6.25km 공간해상도의 AMSR2 해빙 밀도 분포지도, 4km의 MODIS 해빙 경계, 8m TerraSAR-X 해빙 경계지도를 보여주고 있음



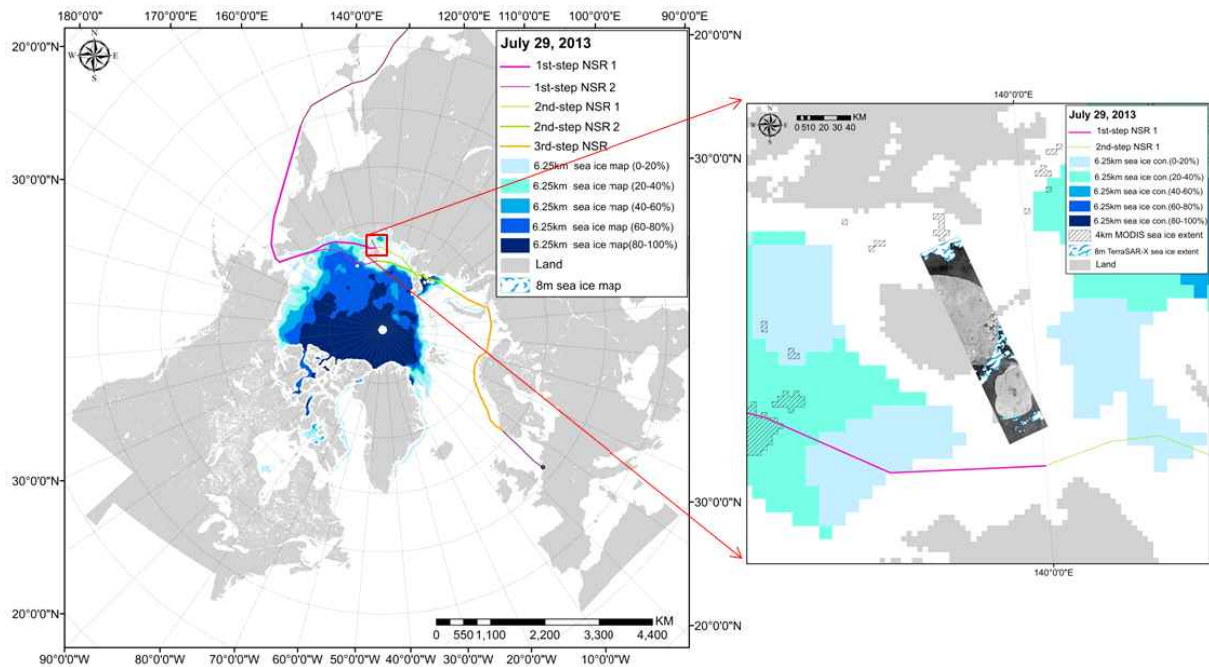
[그림 3-2-19] 위성 해빙 시스템 입력 자료  
 (a: 6.5km 해빙 밀도, b: 4km MODIS 해빙 경계,  
 c: 8m TeraSAR-X 원영상, d: 8m TeraSAR-X에서 추출된 유빙 경계)

- 아래 [그림 3-2-20]과 [그림 3-2-21]은 2013년 5월 1일과 7월 29일을 대상으로 본 연구에서 구축하고자하는 위성기반 해빙 관측시스템의 최종 서비스되는 결과물을 보여주고 있음





[그림 3-2-20] 2013년 5월 1일 Sannikov Strait 지역의 해빙 분포도



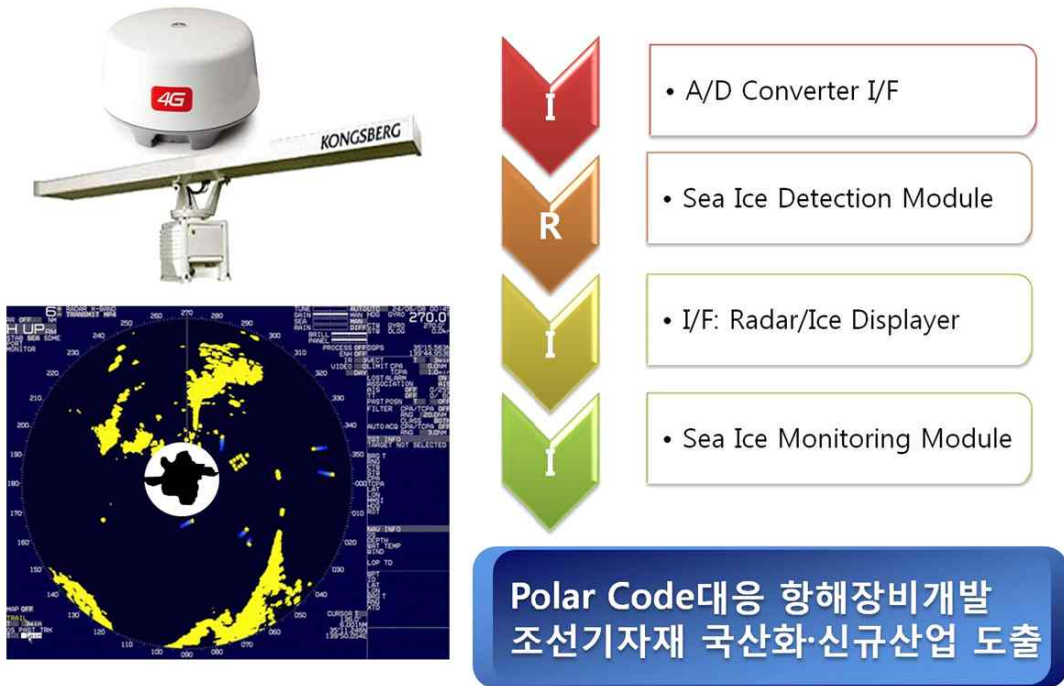
[그림 3-2-21] 2013년 7월 29일 Sannikov Strait 지역의 해빙 분포도





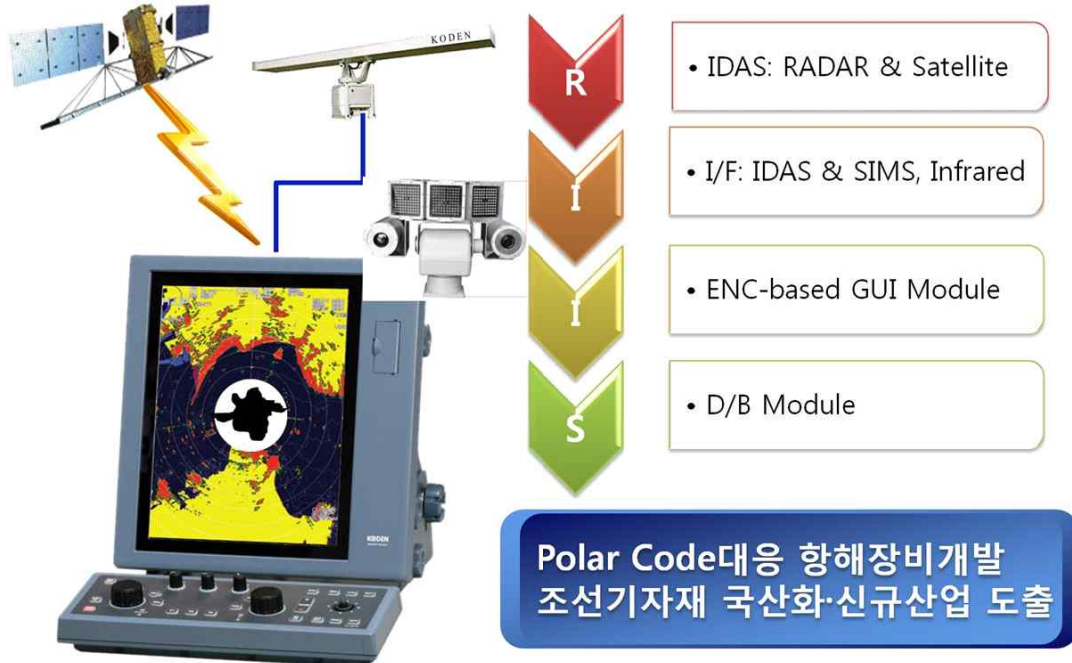
### 2.4.3. 선박 기반의 해양 관측 및 표출 장치 개발

- FMCW레이더 이용 해빙관측 알고리즘 개발
  - 선박에 장착한 FMCW레이더를 이용하여 실시간으로 주변 해역의 레이더영상을 획득한 후, 영상처리를 통한 자동 해빙 관측 알고리즘 개발
  - 국외에는 FMCW레이더 장치와 함께 실시간으로 해빙을 탐지하여 화면 출력해주는 장치까지 개발된 상태로, 현 국외 수준의 국내화가 시도될 예정임
  - 이는 산-연의 협동체계로 진행될 예정임



[그림 3-2-22] 선박 탑재 레이더를 이용한 해빙 탐지 및 표출 장치 개발

- 해빙정보 통합 표출 장치 구현 : Search Light 동기화 체계
  - 위성에서 탐지한 해빙자료와 선박에 탑재된 레이더자료에서 획득된 해빙자료를 통합하여 표출하는 장치를 구현
  - 이를 통해 광역의 해빙 정보와 지역적 상세한 해빙 정보를 동시에 선박에게 실시간으로 제공함으로써, 최상의 안전성을 제시할 수 있음



[그림 3-2-23] 위성과 선박 탑재 해빙 탐지 및 표출 장치 개발

라) 연차별 계획

[표 3-2-4] 위성 해빙 관측 시스템 설계 연구의 연차별 계획

차년도	연구 내용
1차년도	저해상도 위성 해빙 정보 추출 및 가시화 기법 개발 FMCM 데이터를 이용한 해빙 탐지 실험
2차년도	해빙 지도 생성 기법 개발 중·저해상도 위성자료 자동 취득 시스템 개발 광학위성 해빙 탐지 알고리즘 개발 FMCM 데이터 기반 해빙 탐지 알고리즘 개발
3차년도	해빙차트 생성 기법 개발 합성개구레이더에 의한 유빙 탐지 알고리즘 개발 FMCM 데이터 기반 해빙자동탐지 및 가시화 구현
4차년도	해빙 두께 추정 알고리즘 개발 북극해 해빙 관측 서비스 시스템 구축
5차년도	북극해 해빙 관측 시범 정보 생산 및 서비스



## 2.5. 북극해 순환/해빙 예측 시스템 설계

### 2.5.1. 북극해 순환/해빙 예측 시스템의 구성

- 북극해 순환/해빙 예측 시스템은 북극해 주변 해류 및 유빙을 실시간 예측할 수 있는 현업 시스템으로 북극 항로를 운항하는 선박의 안전을 확보하고 한반도 기상 변화에 민감한 북극해 해빙의 변화를 모니터링하고 예측함. 북극해 순환/해빙 예측 시스템은 해양과 해빙 관측 자료를 수치모델에 동화하여 실측치에 가까운 초기장을 얻어내는 해양/해빙 자료동화 시스템과 이로부터 얻어지는 북극해 해류예보 시스템, 북극해 해빙 예측 시스템 그리고 유빙 추적 시스템으로 구성됨



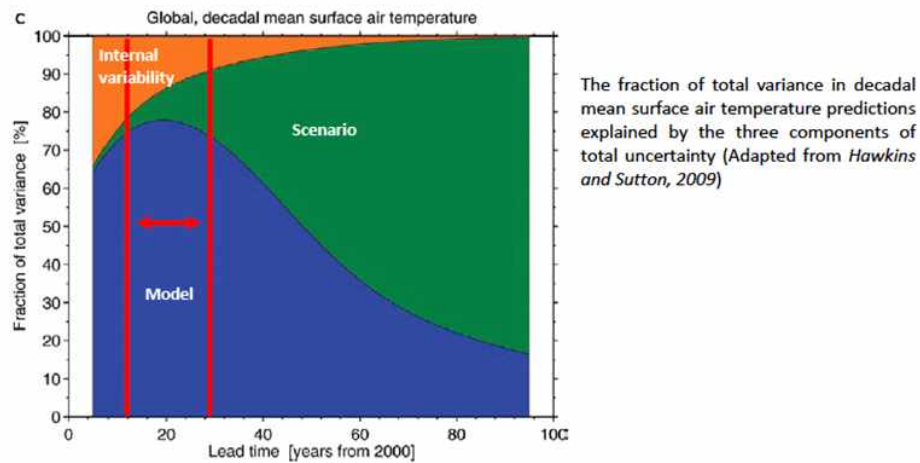
[그림 3-2-24] 북극해 순환/해빙예측 시스템 개념도

#### 가) 해양/해빙 자료동화 시스템

- 전지구, 10년 규모의 평균 해면 기온의 예측확률은 모델링과 내부변동성 그리고 시나리오에 따라 좌우됨



- 그중 시나리오는 외력에 관련된 항목으로 예측하기 어렵지만 내부변동성은 자료동화를 통한 초기조건 입력과 수치모델의 개선을 통해 불확실성을 줄일 수 있음
- 외력의 중요성이 떨어지는 초기 10년간의 예측은 수치모델과 자료동화에 의해 성능이 결정됨
- 특히 해빙모델의 불확실성이 아직까지 높아 이에 대한 연구 및 현업체계 개발이 중요함
- 그림 10년 규모의 변동성까지는 내부변동성과 수치모델에 의한 불확실성이 크며 따라서 자료동화와 수치모델 개선을 통해 예측 성능을 높일 수 있음을 나타냄

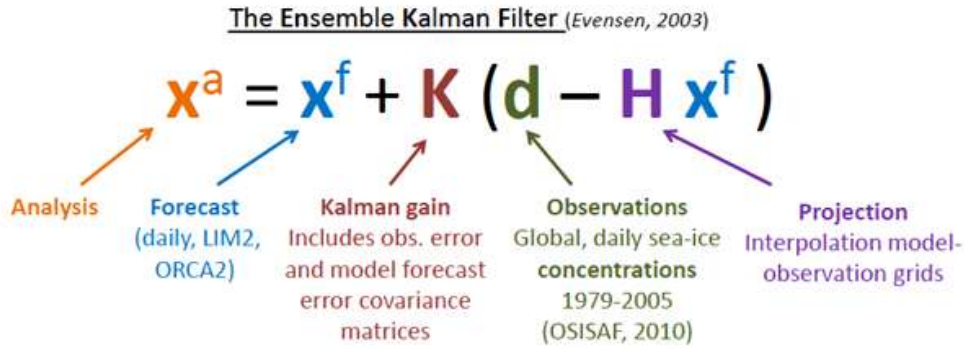


[그림 3-2-25] 10년 규모 평균 해면 기온의 변동성의 불확실성에 대한 내부변동성, 수치모델, 시나리오의 기여도 분포

- 해빙 모형을 위한 자료동화 기법으로 앙상블 기법에 기반한 자료동화를 적용할 수 있음
- 자료동화에 사용될 관측자료로는 sea ice concentration을 사용할 수 있음
- Sea ice concentration 은 diagnostic 변수이기 때문에 이를 수치모델의 계산 변수(Prognostic 변수)인 sea ice thickness, temperature, salinity 에 동화하기 위해서는 Multivariate 자료동화 기법을 채택해야 하며 앙상블 기법들은 비교적 개발이 쉬움
- 배경오차 공분산으로부터 Kalman gain을 얻게 되며 이를 이용하여 Observation 과 수치모델(Forecast)의 차이를 보정하는 가중치를 결정함. Kalman gain을 계산

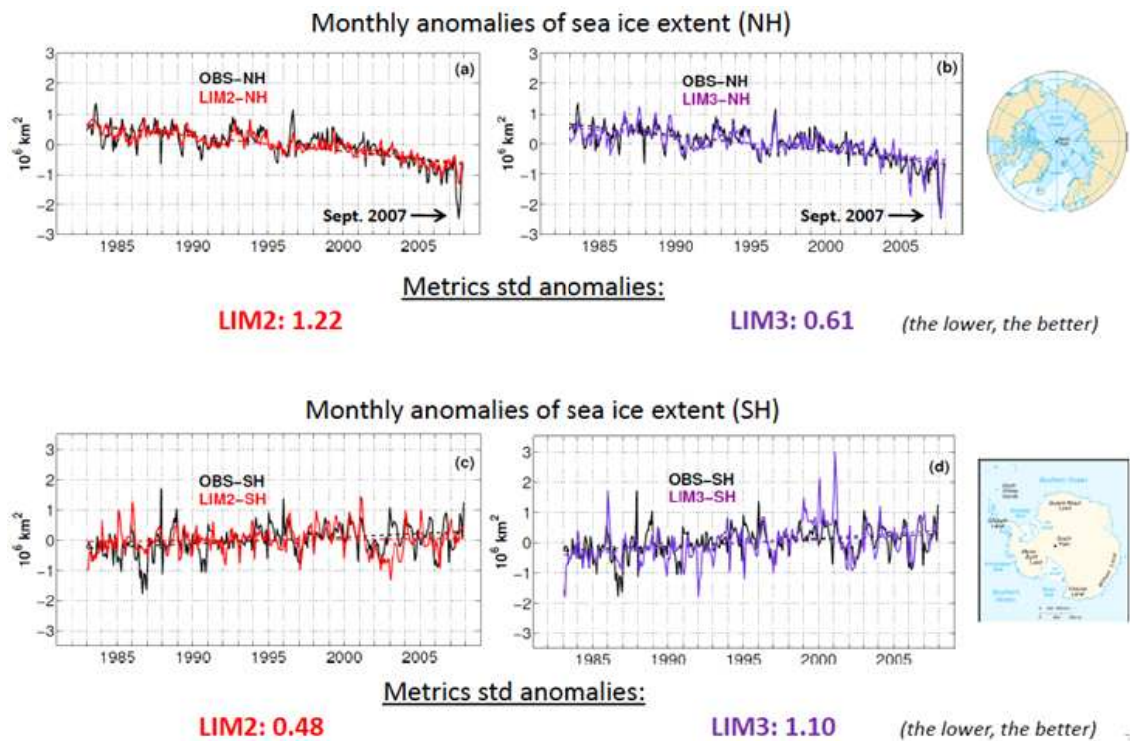


하는 모듈과 수치모델을 관측치와 비교할 수 있도록 치환(Projection)시켜주는 모듈을 개발하는 것이 주요함



[그림 3-2-26] 자료동화의 개념도

- 계절적으로는 여름철에 지역적으로는 남극해 주변의 해빙모형에서 그리고 저 해상도 모형에서 해빙모형의 성능이 떨어지는 것으로 알려져 있음
- 고해상도의 지역모형을 수립할 필요가 있으며 해빙모형의 평가 및 성능 향상을 위한 연구가 수행될 필요가 있음

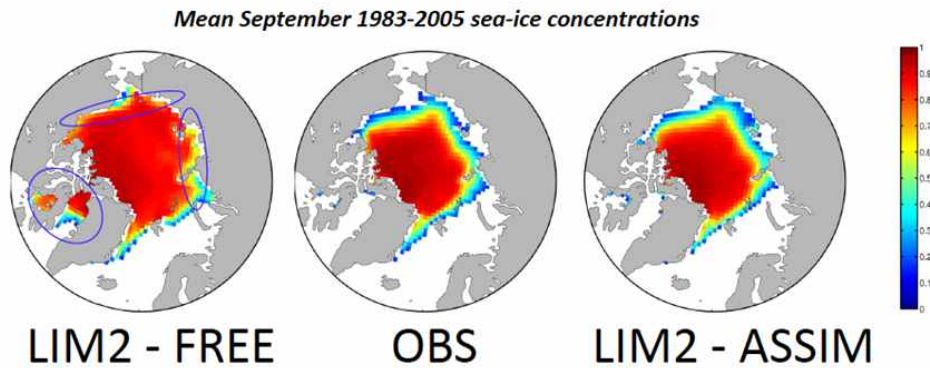


[그림 3-2-27] 대표적인 해빙모델인 LIM2와 LIM3의 성능 (Massonet et al., 2011)





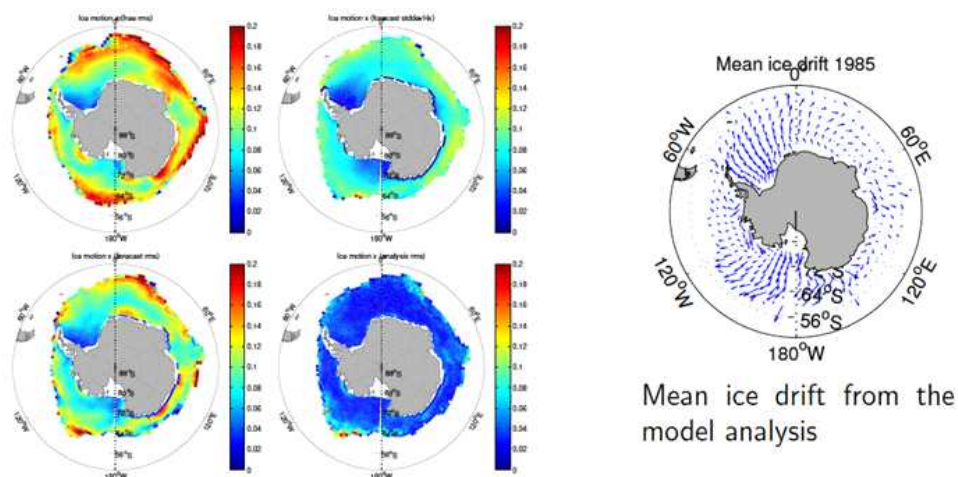
- 해빙 모형에 관측 자료인 sea ice concentration 을 동화할 경우 모델 개선 효과가 나타남
- 자료동화를 통해서 현재의 해빙을 모니터링할 수 있으며 수치모델의 시스템적인 오류를 보정할 수 있음



[그림 3-2-28] 자료동화에 의한 수치모델의 오류 수정 결과 (Massonet et al., 2011)

나) 순환/해류 예측 시스템

- 왼쪽 패널은 수치모델에 의해 모의된 해빙의 이동 속도를 나타내며 가운데 패널은 자료동화를 적용했을 때 해빙의 이동 속도임. 위쪽 패널은 동서 방향, 아래 패널은 남북 방향을 나타냄. 오른쪽 패널은 자료동화를 통해 얻어진 해빙의 이동을 벡터로 나타냄



[그림 3-2-29] 자료동화를 적용하여 해빙의 이동을 보정한 자료 (Barth et al., 2012)





- 순환/해빙 예측 시스템은 해양순환모델과 해빙모델이 결합된 수치모델임
- 앞서 기술한 앙상블 칼만필터 기법을 적용하여 해양순환과 해빙에 대한 재분석 자료를 얻게 되며 이를 초기장으로 순환/해빙 결합 예측 모델에 입력하여 예측이 수행됨
- 또한 이렇게 얻어진 예측 결과를 이용하여 해빙의 이동을 예측하게 됨

**다) 빙붕 탐색/추적 시스템**

- 해안으로부터 떨어져 빙붕에 대해서는 빙붕 관측 시스템과 연동된 모니터링 시스템이 요구되며 순환/해빙 예측 시스템으로부터 예측된 해류를 이용한 이동 예측 시스템을 이용하여 추적 시스템이 별도로 구축될 필요가 있음

**2.5.2. 연차별 계획**

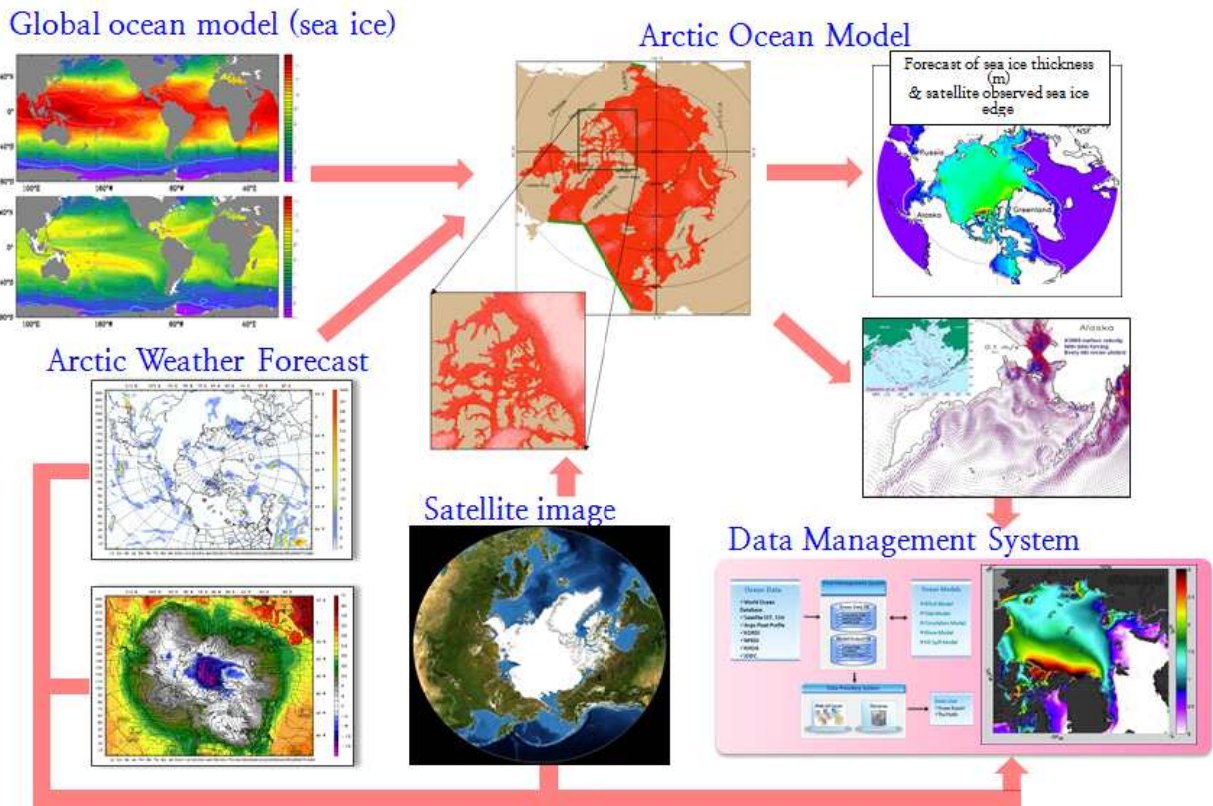
[표 3-2-5] 북극해 순환/해빙 예측 시스템 개발의 연차별 계획

차년도	연구 내용
1차년도	북극해 관측 자료 수집 및 품질 관리 체계 수립 북극해 해양순환/해빙 결합모델 수립 북극해 관측 자료 동화 방안 연구
2차년도	북극해 해양순환/해빙 예측 시스템 구축 북극해 해양순환/해빙 재분석 자료 생산 및 서비스
3차년도	북극해 빙붕 탐색 시스템 설계 (위성 관측과 연계) 북극해 해양순환 예측 시범 서비스
4차년도	북극해 해빙 변동과 한반도 기후변화 상관성 연구 북극해 해빙 변동 예측 시범 서비스
5차년도	북극해 유빙 탐색 및 추적 시범 정보 생산 새롭게 얻어지는 관측 자료 동화 방안 수립 북극해 해양순환/해빙 예측 서비스 개선



## 2.6. 북극해 해양기상 관측·예측 시스템 설계

### 2.6.1. 북극해 해양기상 예측시스템 설계



[그림 3-2-30] KAOS (Korea Arctic Operational Oceanographic System)의 구성

#### 가) 정밀격자 북극해 해양기상예측정보 생산체제 설계

##### ○ 기술정보 수집

- 미국 오하이오 주립대학교 (OSU), 해양대기청 (NOAA), 국립기상연구소 (NCAR), 국립환경예측센터 (NCEP) 등과 관련 기술정보 교환 및 자료 수집을 통한 정밀 격자 북극해 해양기상예측정보 생산시스템 수립 및 운영

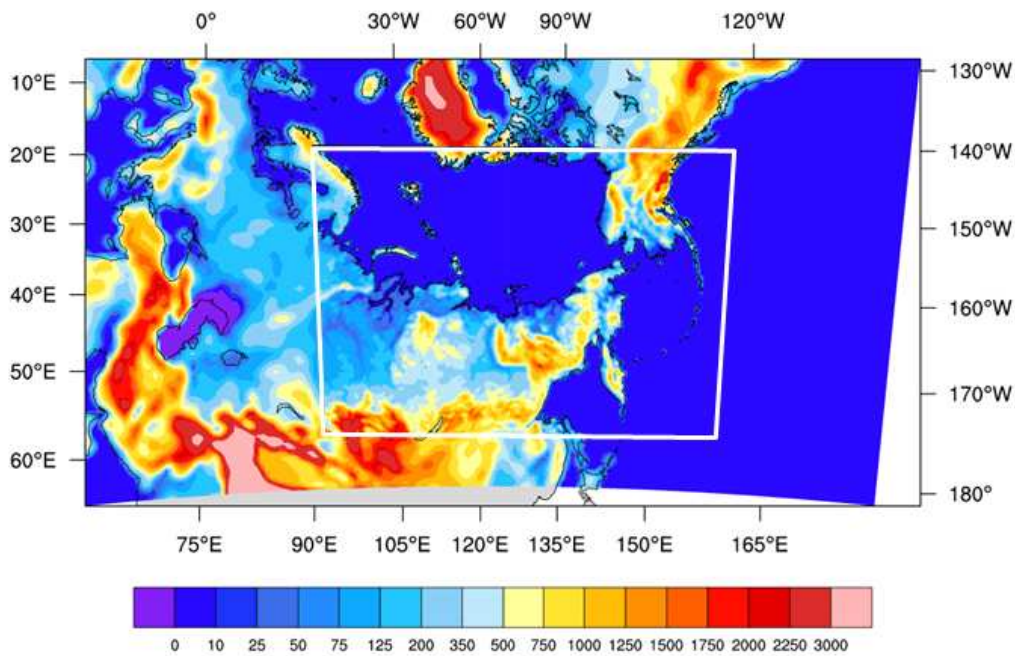
##### ○ 전문가 활용

- 국내의 기상분야 전문가 (기상연구소, 대학 기상학과 등)로부터의 기술자문과 한국 해양위성센터, 미국 OSU과의 지속적인 협력을 통해 매일 예측정보 생산·운영에 대한 기술 협력, 모델평가 등 고도화에 활용



○ 연구개발 방법론

- 북극해 영역의 기상예측시스템 수립 및 시범운영
  - 기존의 기상예측모델을 기반으로 눈과 해빙에 대한 열교환 과정을 개선
  - 북극해 영역의 해빙을 고려한 시스템 설계
  - 해빙에 대한 반사도(Albedo)와 해빙의 두께를 고려한 최적의 물리모수화 과정 설계
- 전지구 해빙예측시스템과의 연계를 통한 해빙의 초기 및 경계조건 생산
- 인공위성 해빙관측시스템으로부터 생산된 해빙 관측자료의 적극 활용
- 수집 가능한 기상자료를 활용한 자료동화시스템 구축과 정확도 향상
- 해면기압, 해상풍 및 악기상 관련 요소의 예측정보 생산



[그림 3-2-31] KAOOS의 대상영역 및 지형

### 2.6.2. 북극해 해상상태 예측시스템 설계

#### 가) 정밀격자 북극해 파랑예측정보 생산체제 설계

○ 기술정보 수집

- SWAN (Near shore wave model)과 WAM (3rd generation ocean wave models) 모델을 도입하고 미국 해양대기청과 기술정보 교환 및 자료 수집



- 전문가 활용
  - KOOS의 해상상태(파랑) 예측시스템 개발자 그룹과의 교류를 통한 실시간 예측시스템 수립에 대한 기술협력
  - 한국해양과학기술원의 전문가를 활용하고 국내 및 미국, EU 등 국외의 대학, 연구기관으로부터 자문을 통해 기술경쟁력 확보
- 연구개발 방법론
  - 한국해양과학기술원과 국외의 파랑 예측시스템 유관 사업과 연계하여 효율적인 관측자료의 확보 및 모델 검증으로 고도화 추진
    - 북극해 해양기상예측시스템으로부터 생산된 기상상태를 초기 및 경계 자료로 활용한 효율적인 시스템 설계
    - 북극해 영역의 해빙을 고려한 해상상태예측시스템 설계

[표 3-2-6] 북극해 해양 기상 예측 시스템 개발의 연차별 계획

차년도	연구 내용
1차년도	정밀격자 북극해 해양기상예측모델 수립 (북동향로) 해양기상 예보와 해양예보모델 입력을 위한 120시간 정밀 격자 해양기상 예보체제 수립 (1일 2회)
2차년도	정밀격자 해양기상모델 개선 북극 해양/대기 환경을 고려한 최적 물리모수화 수립
3차년도	지상, 고층 기상 관측자료 수집 및 DB 구축 지상, 고층 기상 관측자료 전처리 시스템 개발 기상자료동화 시스템 수립
4차년도	해양/해빙 예측모델 자료 입력체제 구축 위성기반 해빙정보 입력체제 구축 및 적용 해빙 예측 모델 자료 입력체제 구축 및 적용
5차년도	실시간 북극해 해양기상 예측시스템 운영 북극해 해양기상예측시스템 실시간 운영체제 수립 해양기상예측정보 검증 및 개선





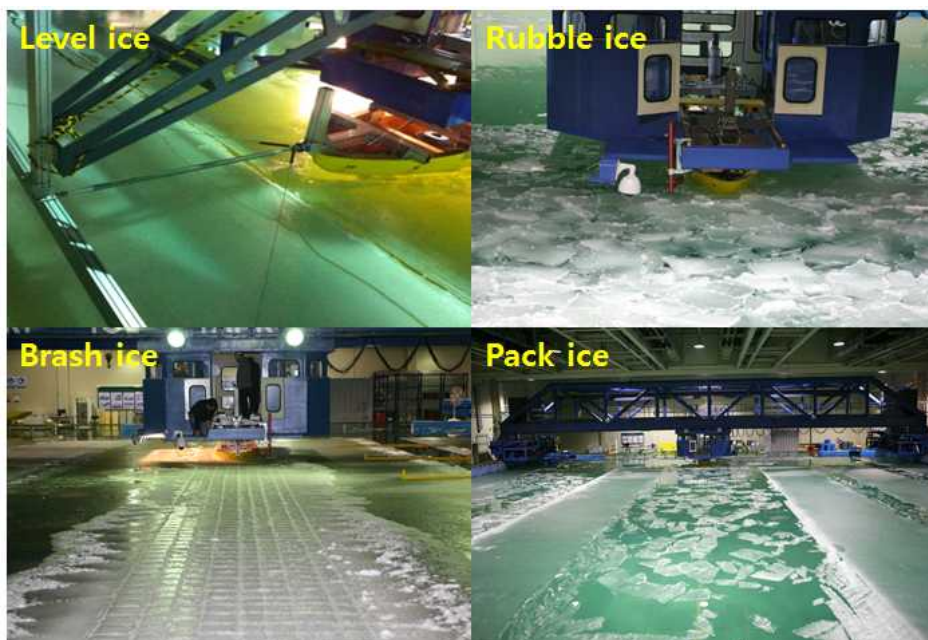
## 2.7. 빙해수조 실험 및 북극해 운항선박의 성능평가모델 개발

- 빙해수조에서 극지 빙상환경과 유사한 환경조건을 구현한 후 모형시험을 통해 빙해선박의 빙성능 평가 및 안전속도를 예측하고 이를 바탕으로 해빙 유형에 따른 선박의 유류 소비량을 추정할 수 있는 모델을 개발함. 또한 상기 기술 개발을 통해 IMO polar code 대응기술을 확보하고 ISO 기술표준 제정에 적극 동참함

### 2.7.1. 빙해수조에서 극지 빙상환경 구현 및 시험기법 개발

#### 가) 극지 빙상환경 구현

- 빙해수조에서 실험역과 유사한 극지 빙상환경 조건 구현 기술 개발
  - 빙해선박의 극지해역 운항 시 발생할 수 있는 다양한 극지 해빙 유형에 대한 시나리오 도출
    - Level ice 조건 구현 (빙 두께 고려)
    - Ridge ice 조건 구현 (Sail height, Keel depth 형상 고려)
    - Pack ice 조건 구현 (빙 집적도 60%, 70%, 80%, 90% 고려)
    - Brash ice 조건 구현 (빙편의 크기에 따른 영향 고려)



[그림 3-2-32] 빙해수조에서 극지 해빙 유형에 따른 모형시험

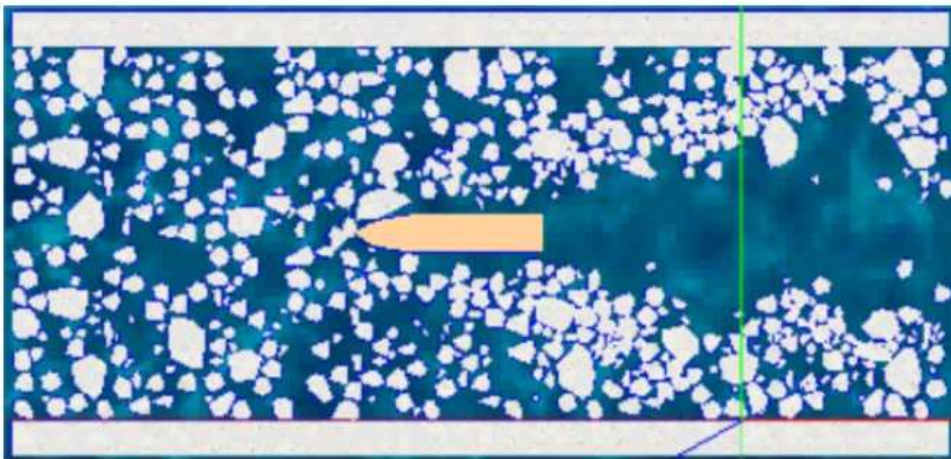


## 나) 빙해선박의 해빙유형에 따른 안전속도 모델 개발

### ○ 해빙유형에 따른 빙해선박의 안전속도 예측시험

- 빙해선박의 빙성능 평가 시험을 통해 선박의 저항 및 추진성능을 평가하고 이를 바탕으로 극지 해빙 유형에 따른 선박의 안전속도 예측

- FMA 규정에 따라 brash ice 채널에서 선박의 안전속도 예측/평가
- 빙맥(ice ridge)의 형상과 지역별 분포도에 따른 안전속도 예측/평가
- 평탄빙(level ice) 구간에서 선박의 안전속도 예측/평가



[그림 3-2-33] 유빙 구간에서 선박의 안전속도 예측

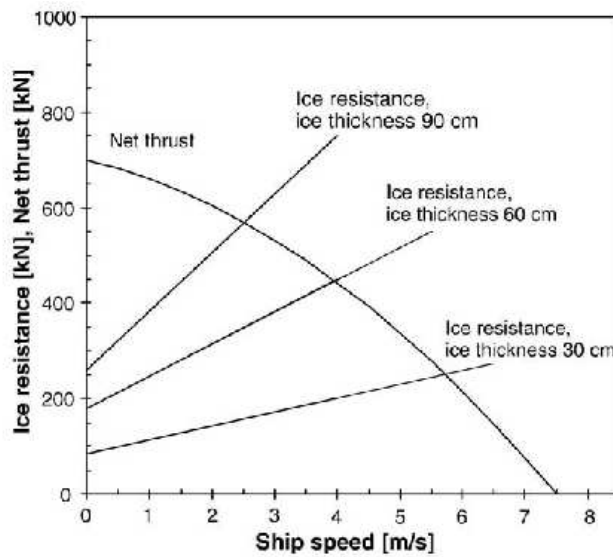
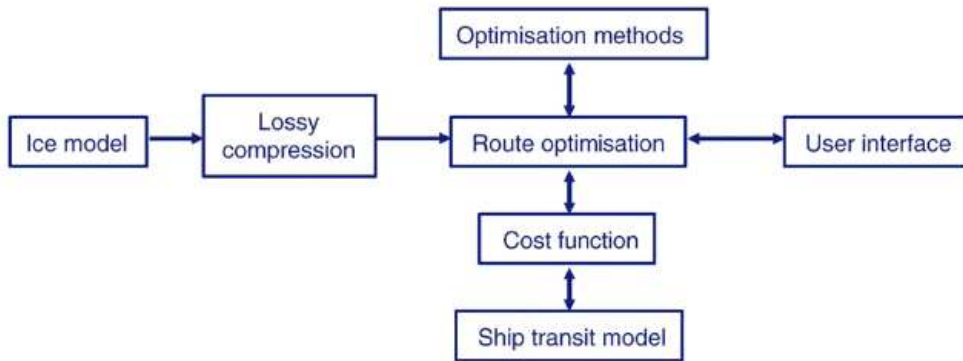
## 다) 빙해선박의 해빙 유형에 따른 유류소비모델 개발

### ○ 해빙 유형에 따른 유류소비 모델 개발

- 극지 해빙 유형에 따른 선박의 빙성능 추정 결과를 바탕으로 선박의 운항속도를 예측하고 이를 바탕으로 극지해역 운항 시 빙해선박의 유류소비량을 추정할 수 있는 모델 개발

- 빙해역 운항 시 빙해선박의 평균 운항시간 및 속도 계산
- 선종별 유류 사용량 추정 및 유류소비량 추정
- 해빙 유형에 따른 선종별 유류소비예측 모델 개발





[그림 3-2-34] 항로 최적화 알고리즘 및 빙저항과 선속과의 상관관계 분석

[표 3-2-7] 빙해수조 실험 및 북극해 운항선박의 성능평가모델 개발의 연차별 계획

차년도	연구 내용
1차년도	빙해수조에서 극지 빙상환경 구현
2차년도	빙해수조에서 극지 빙상환경 시험기법 개발
3차년도	빙해 선박의 해빙유형에 따른 안전속도 모델 개발
4차년도	빙해선박의 해빙 유형에 따른 유류소비모델 개발
5차년도	Polar code에 따른 빙해선박 성능평가 상세 도출



## 2.8. 북극해 항로 운항 관련 법제도 기획

### 2.8.1. IMO Polar Code 및 국제협력 개정방향 분석 및 대응

#### 가) IMO Polar Code 제정 동향 분석

- IMO는 2014년 Polar Code 채택을 추진하고 있는 바, IMO 제정 동향과 북극해 연안국의 북극운항 국내규범을 분석, Code 및 관련 협약의 국내 제도와의 충돌 요소 도출
- Polar Code의 채택 형태에 따른 관련 협약의 개정방향, 정책 및 법제도 대응 방향, 정부 대응 방안 도출

#### 나) 극지역 선박운항 안전을 위한 국제기준 및 제도형성 대응

- IMO 논의 분석과 함께 북극해 연안국의 북극 운항 규범의 연계성, 및 국제기준 (제도)형성에 대응한 국내적 대응방안 제시
- Code 채택과 관련한 북극해 환경보호, 항행, 자원이용과 관련한 여러 형태의 국제적, 지역적 기구의 합의 규범 도출에 대응

### 2.8.2. 북극 운항선박 안전성 제고를 위한 국내법 정비

#### 가) 북극 연안국 국내법 분석 및 협력방안 도출

- Polar Code와 관련 협약의 개정은 IMO와 관련 협약 당사국인 우리나라에게 국내법적 수용을 요구하는 바, 국내정책 및 법제 정비 방안 분석, 추진
- Polar Code에 따른 제도적 정비 방안과 연계하여, 북극 연안국의 기술 요구를 분석, 양자간 협력방안 도출
  - Polar Code 채택 전, 및 채택 후 적용 범위에 따른 우리나라 관련 산업의 사전 대응 요소와 정책적 개선 방안 도출

#### 나) Polar Code 제정에 따른 관련 협약개정과 기술 수요의 국내적 수용 분석

- Polar Code 개정과 북극해 안전운항 관련 국제규범의 국내적 수용을 위한 국내법 개정안 도출



- 내국민의 북극해 안전 운항 지원을 위한 환경정보 시스템 구축의 제도적 추진 방안, 기술적 및 산업적 수용환경 확보를 위한 제도적 진흥(법안) 도출

### 2.8.3. 법제도 분야 연차별 추진 계획

#### 가) 연차별 추진 내용

- 법제도 분야는 다음과 같은 영역을 단계별로 추진함
  - (1) IMO 중심의 국제규범 논의와 관련협약 개정 동향에 따른 국내법 수용 (제정 혹은 개정수요)분석
  - (2) Polar Code 채택에 따른 국제적 대응과 협력
  - (3) Polar Code 및 북극 연안국 규범에 대한 국내법 수용(제정 및 개정)
  - (4) 극지 선박운항 안전에 관한 국제기준과 제도형성 대응 및 국내산업의 제도적 진흥 방향 제시 등으로 추진
- 연차별로는 다음 추진내용을 기반으로 함

[표 3-2-8] 북극해 정책 및 법률 연구의 연차별 계획

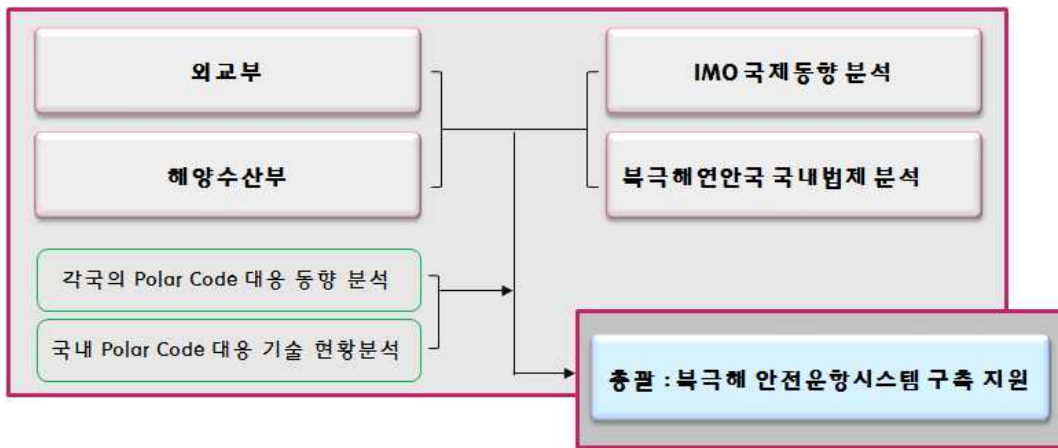
차년도	연구 내용
1차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ IMO Polar Code 및 국제협약 개정방향 분석 및 대응</li> <li>○ 북극 연안국 항행안전 관련 국내법 분석</li> </ul>
2차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Polar Code 및 국제협약 개정 대응</li> <li>○ Polar Code 채택에 따른 국내법 개정 수요도출</li> <li>○ Code 채택 이후 국제적 대응협력 방향</li> </ul>
3차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Polar Code 제정에 따른 국내법 개정</li> <li>○ Polar Code에 의한 극지역 산업기반 수요 도출</li> </ul>
4차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Polar Code 제정에 따른 국내법 개정</li> <li>○ IMO 등 극지역 해양산업 및 기술표준화 관련 대응</li> </ul>
5차년도	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극지 선박운항 안전을 위한 국제기준 및 제도형성 대응</li> <li>○ 국내법 제정 및 개정</li> </ul>



나) 추진방법

○ 추진 방법

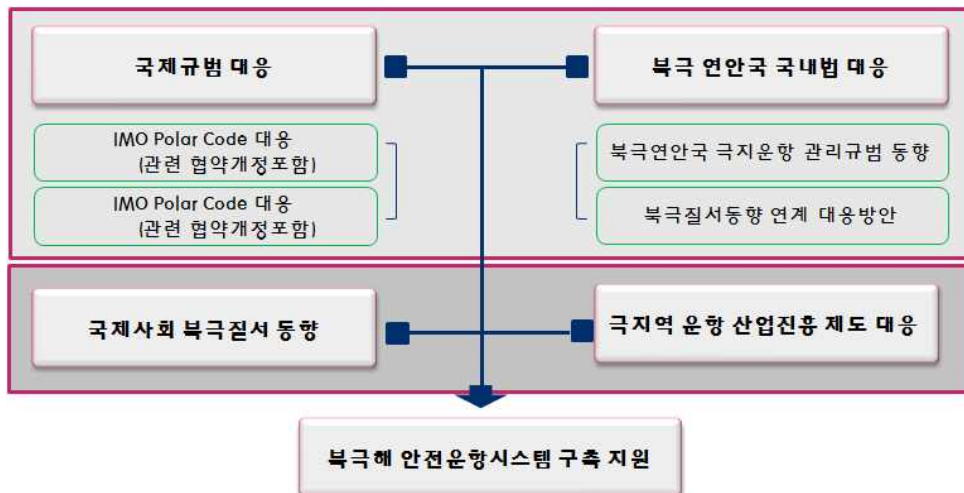
- 법제도 분야는 해양수산부 및 외교부의 IMO 대응, 연안국 국내법제 분석을 통해 북극해 운항에 관한 국제규범 형성에 대응하고, 채택 방향에 따른 국내법적 정비 수요를 도출, 국내 관련 산업의 제도적 정비 기반을 확보토록 함



[그림 3-2-35] 북극해 정책 및 법률 연구 추진 체계

○ 추진 전략

- 법제도는 국제규범은 IMO와 북극해 연안국 극지운항 관리규범을 모니터링하되, 극지를 둘러싼 국제사회의 질서변화 동향을 주시, (1) 국내적 법제도 수용 기반 제시, (2) 국제적 합의의 아국 수요 반영을 중심으로 안전운항 시스템을 구축하는데 지원

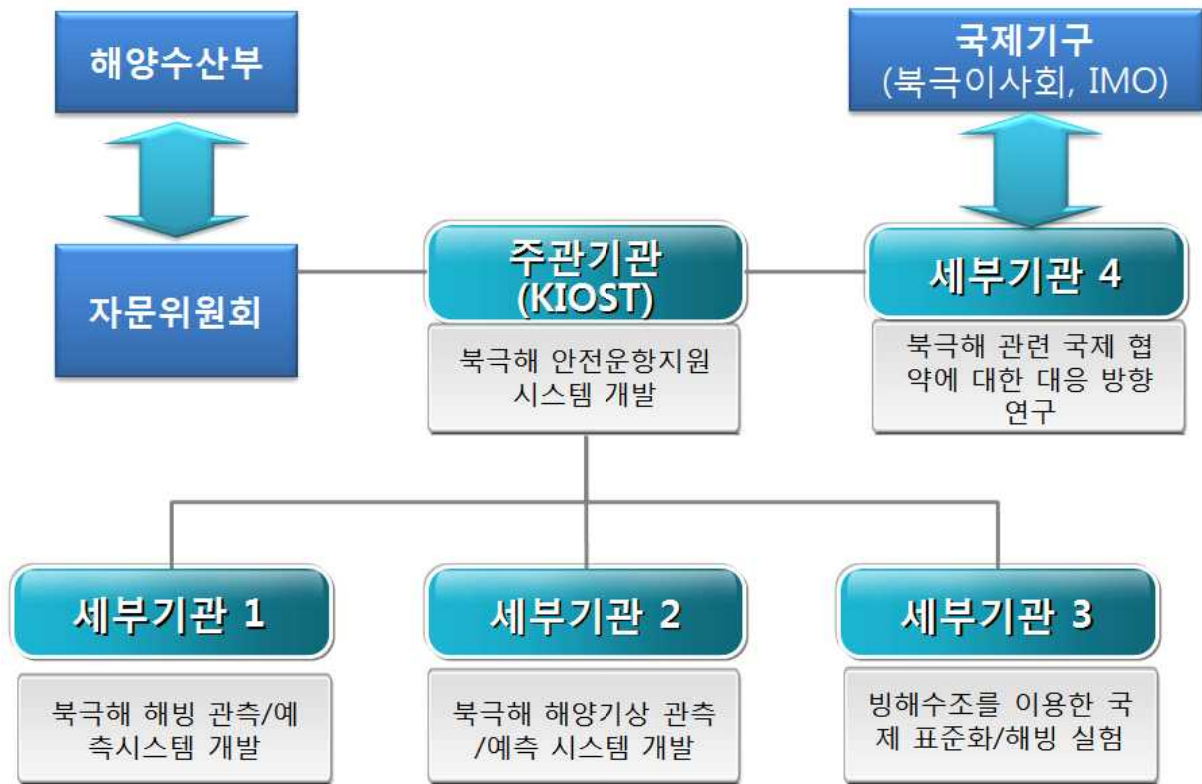


[그림 3-2-36] 북극해 정책 및 법률 연구 추진 전략



### 3 시스템 구축을 위한 사업 추진 체계

- 북극해 안전지원시스템 구축 사업을 위해 아래와 같은 추진 체계를 제안하였음
- 북극안전운항지원시스템 구축을 위해 주관기관인 한국해양과학기술원에서 북극해 안전운항지원시스템을 개발하고, 하위 세 개의 세부기관에서 핵심 기술 개발을 맡아 진행할 계획임
- 본 연구는 기술 개발과 함께 정책적 연구를 진행하므로, 세부기관 4에서는 국제기구의 정책적 방향에 맞춰 국내 대응 방향에 대한 연구를 진행하려 함



[그림 3-3-1] 북극해 안전운항지원시스템 구축 사업 추진 체계



## 4 연차별 사업 추진 계획

- [그림 3-4-1]은 북극해 안전운항지원시스템 구축을 위한 전체 로드맵으로, 총 5년으로 진행하려 함
- 본 과제는 크게 북극해 안전운항시스템 구축을 위한 기술 개발과 IMO 대응을 위한 정책 방안 연구를 진행할 예정임
- 1차년~3차년까지는 북극해 안전운항시스템 구축을 위한 요소기술인 해빙 탐지 및 예측, 해양 기상정보의 추출 기술 개발, 빙해 수조 실험 등의 수행 되고, 4차년도에서는 각 요소기술의 시스템 개발 및 각 시스템의 연계가 수행됨. 최종 5차년도에서는 테스트베드를 구축하고 북극해 안전항해의 시범 서비스를 구현할 예정임



[그림 3-4-1] 연도별 안전운항 지원시스템 기술개발 로드맵





# IV 과제 제안요구서(RFP)

중점분야	북극해 안전항해 지원	구분	-
과제명	북극해 안전운항지원시스템(KAINS) 개발		
연구기간	1단계(5년)	정부지원액	100억

### 가. 연구 필요성

- 이상기후현상으로 북극해의 북서항로(캐나다 북극 항로)와 북동항로(러시아 북극 항로)가 열렸으며, 북극해 주변국을 중심으로 북극해 개발 및 항로 지원 정책이 추진되고 있음
- IMO에서는 2014년까지 '극지역 운항선박에 대한 강제화 코드 (IMO polar code)'를 준비 중이며, 이에 대해 대응책 마련이 시급함. IMO polar code는 기존의 조선 및 기자재산업에 국한된 것이 아니라, MT(해양과학기술)과 ICT의 융합기술을 요구하는 것임
- 우리나라가 기술적 우위에 있는 해양관측·예보시스템, 위성관측기술, ICT기술의 접목을 통해 안전운항지원시스템을 구축하여, 새로운 비즈니스산업을 창출하고 북극해를 이용하는 상선, 어선, 탐사선 등의 안전하고 경제적인 이용과 활용기반 마련이 시급함

### 나. 연구 개발 목표 및 내용

#### (1) 최종목표

IMO polar code 대응 기술 개발 및 실시간 안전운항지원시스템 프로토타입 구축





## (2) 주요 개발 내용

- 북극해 항행선박의 위험도를 고려한 경제적이고 안전한 항로의 동적 서비스 구현
  - 북극해 항행 위험지도 생성기법 개발
  - 북극해 항해 계획 수립 기법 개발
  - 전자지도 기반 북극해 MSI (Maritime Safety Information) 생성 기법 개발
  - 우리나라 상황을 반영한 Polar Water Operating Manual (PWOM) 개발
- 위성기반 준실시간 해빙 관측 및 서비스 시스템 개발 (시범 서비스 포함)
  - 다중 위성 센서기반 해빙정보 융합기술 개발: 경계, 밀도, 종류, 두께, 이동 방향
  - 준실시간 위성기반 해빙자료 시범 서비스 체계 개발
- 북극해 실시간 해류 및 유빙 예측 시스템 개발
  - 북극해 주변 지역 해양/해빙 접합 모델 기술 동향 분석 및 국내외 협력 관계 구축
  - 해양/해빙 자료동화 시스템 설계: 위성자료 입력자료 사용 및 검증
  - 유빙 추적 모델 도입 및 개발
  - 지역 기후모델링 그룹과 협력을 통한 북극해 해빙과 한반도 겨울철 기후 상관성 연구
- 북극해 해양기상 관측/예측 시스템 개발
  - 북극해 해양기상예측시스템 설계 및 개발: 초기 및 경계자료 생산
  - 관측 및 인공위성 해양기상 파라미터 자료 수집 체계 마련: 효율적인 시스템 설계
  - 북극해 영역의 해빙을 고려한 해상상태예측시스템 설계 및 개발
- 빙해수조실험을 통한 극지 해빙 유형에 따른 선박의 안전속도 예측 및 유류소비모델 개발
  - 다양한 극지 해빙 유형(level ice, ridge ice, brash ice 등) 모사
  - 선종별 빙성능 평가 기법 확보 및 안전속도 예측
  - 극지 해빙 유형에 따른 선종별 유류소비 추정 모델 개발
- 선박 기반의 해빙관측 및 표출 장치 개발
  - FMCW레이더와 Infrared센서 이용 해빙관측 알고리즘 개발
  - 해빙정보 통합 표출 장치 구현: Search Light 동기화 체계
- 북극 정책과 법률
  - IMO Polar Code 및 국제협약 개정 방향, 북극연안국의 국내법적 기술수요 분석 대응
  - 북극해 안전운항 관련 국제(내) 규범의 국내법(제도)적 수용을 위한 대응



**(3) 연차별 추진계획 및 예산**

- 주관기관과 총 4개의 세부기관으로 구성
- 총 연구기간 : 5년
- 예산 총액 : 100억
- 예산 집행 계획

연구 내용	요소 기술	예산(천원)
북극해 안전운항지원시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Polar code에 따른 북극해 항행 위험도 평가 기법 개발</li> <li>· 북극해 항해 계획 기법 개발</li> <li>· 북극해 MSI 기법 개발</li> <li>· 북극해 안전 운항 지원 시스템</li> </ul>	2,000,000
해빙 관측/예측 시스템 개발 내빙 지원용 항해장비 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 중·저해상도 위성 해빙 정보 추출·가시화 개발 : ice map 및 chart</li> <li>· 북극해 해빙/유빙 예측모델·자료 동화 시스템 구축</li> <li>· 내빙지원용 항해 장비개발: 통합모듈</li> </ul>	3,000,000
북극해 기상 관측/예측 시스템 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 정밀격자 북극해 기상예측 모델 수립</li> <li>· 해양/대기 환경 고려 최적 물리 모수화</li> <li>· 기상자료 동화 시스템 수립</li> <li>· 파랑 예측 시스템 수립</li> <li>· 위성 바람·파랑·해류·SST추출·서비스</li> </ul>	1,750,000
빙해수조 실험 및 북극해 운항선박의 성능평가모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 빙상환경 구현·시험기법 개발</li> <li>· 해빙유형별 안전속도·유류 소비 모델 개발</li> <li>· 빙해 선박의 성능평가 상세 도출</li> </ul>	2,250,000
북극 정책과 법률	<ul style="list-style-type: none"> <li>· IMO 중심의 국제규범 논의와 관련협약 개정 동향에 따른 국내법 수용 (제정 혹은 개정수요)분석</li> <li>· Polar Code 채택에 따른 국제적 대응과 협력</li> <li>· Polar Code 및 북극 연안국 규범에 대한 국내법 수용</li> <li>· 극지 선박운항 안전에 관한 국제기준과 제도형성 대응 및 국내 산업의 제도적 진흥 방향 제시 등으로 추진</li> </ul>	1,000,000



○ 연차별 추진계획

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
<b>성과 목표</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>항로 위험도평가기법</li> <li>해빙, 기상 관측/예측 기초연구</li> <li>폴라코드 및 국제협약 개정방향 분석·대응</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>최적항로 계획 수립 기법 개발</li> <li>해빙, 기상 관측/예측 알고리즘 개발</li> <li>폴라코드 개정 대응에 따른 국내법 개정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>항로정보 표현기법개발</li> <li>해빙지도 생성,해빙 예측, 기상 동화 시스템 구축</li> <li>국내법 제정·극지역 산업 수요 도출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>항로안전지원시스템 구축</li> <li>해빙 관측 서비스 및 자료 동화 시스템 구축</li> <li>폴라코드 제정에 따른 국내법 제정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>항로안전 시범서비스 생산</li> <li>해빙 정보, 기상 정보 생산</li> <li>극지 선박운항 안전을 위한 국제기준·제도형성 대응</li> </ul>
<b>북극해 항로 안전운항지원 시스템 개발</b>	항로 위험도 평가 기법 개발	최적 항로계획 기법 개발	북극해 MIS 생성기법 개발	북극해 안전운항 지원시스템 구축	북극해 항로 항행 안전 시범 서비스 생산
<b>북극해 해빙 관측 시스템 개발</b>	위성 해빙정보 추출 기법 개발 및 FMCM데이터를 이용한 해빙 탐지 실험	위성 기반 및 FMCM 데이터 기반 해빙탐지 알고리즘 개발	해빙 지도 생성 기법 개발	북극해 해빙 관측 서비스 시스템 구축	북극해 해빙관측 시범 정보 생산
<b>북극해 해빙 예측 시스템 개발</b>	북극해 해빙/유빙 예측 모델 수립		북극해 해빙/유빙 예측 시스템 구축	북극해 해빙/유빙 자동화 시스템 구축	북극해 해빙/유빙 예측 시범 정보생산
<b>북극해 해양 기상 관측 및 예측 시스템 개발</b>	정밀격자 북극해 기상예측 모델 수립	북극 해양/대기 환경을 고려한 최적 물리 모수화 수립	기상자료 동화 시스템 수립	해양/해빙 예측 모델자료 입력 체계구축	북극해 기상 관측 및 예측 시범 정보 생산
<b>극지 빙상환경 구현 및 시험기법 개발</b>	빙해수조에서 극지 빙상환경 구현 및 시험기법 개발		선박의 해빙유형에 따른 안전속도 모델 개발	선박의 해빙 유형에 따른 유류소비모델 개발	Polar Code에 따른 선박 성능평가 상세 도출
<b>북극 정책 및 법률</b>	Polar Code 및 국제협약 개정 방향 분석 및 대응	북극 연안국의 항행안전 관련 국내법 분석	Polar Code 및 국제협약 개정 대응	극지역 해양산업 및 기술 표준화 관련 대응	국제기준·제도형성 대응과 국내법 제정, 개정

다. 연구 기대 효과 및 활용 방안

- 북극해 항로 관련 극지환경대응형-기반구축형-기술선도형 단계별 융복합 과제 도출
- 국제사회의 북극해 환경보전, 연안국의 개발수요에서 운항 안전 지원 분야 세계 시장 확보
- 북극해 이용 및 자원 관련 환경 안전 핵심기술 확보를 통한 경제 영토 개척 기반 마련
- IMO Polar Code, 북극이사회와 연안국 규범, UNCLOS에 대한 대응 기술 확보