

② 연구개발계획서(본문1)

- 본 서식은 연구개발계획서 본문1 부분으로
연구자가 작성하여 범부처 통합연구지원시스템에
첨부하여 제출
- 국가연구개발혁신법 시행규칙의 서식으로 사업
공고에 첨부된 최종 서식을 반드시 확인하여 작성
필요

※ 본 페이지는 제출 시 불필요하며, 삭제 후 작성

목 차

< 본문 1 >

1. 연구개발의 필요성	
1-1. 연구개발의 개요	
1-2. 연구개발 대상의 국내외 현황	
1-3. 연구개발의 중요성	
1-4. 선행 연구 내용 및 결과(해당 시 작성)	
1-5. 연구개발과제 및 대상기술의 중복성(자유공모과제에 한함)	
2. 연구개발의 목표 및 내용	
2-1. 연구개발의 최종 목표	
2-2. 연구개발과제의 단계별 목표	
2-3. 연구개발과제의 내용	
2-4. 연구개발과제 수행일정 및 주요 결과물	
3. 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계	
3-1. 연구개발 추진전략·방법	
3-2. 연구개발 추진체계	
3-3. 국제공동연구 현황(해당 시 작성)	
4. 연구개발성과의 활용방안 및 기대효과	
4-1. 연구개발성과의 활용방안	
4-2. 기대효과	
5. 연구개발성과의 사업화 전략 및 계획(상용화 R&D사업은 의무작성)	
5-1. 국내외 시장 동향	
5-2. 지식재산권, 표준화 및 인증기준 현황	
5-3. 표준화 전략	
5-4. 사업화 계획	
6. 연구개발 안전 및 보안조치 이행계획	
6-1. 안전조치 이행계획	
6-2. 보안조치 이행계획	
6-3. 그 밖의 조치사항 이행계획	
기타1. 별첨자료	
기타2. 참고문헌	

1. 연구개발의 필요성

1-1. 연구개발의 개요

○ 연구개발 대상 기술 개요

본 연구는 해양과 극지 환경의 장기 변동성을 정밀하게 예측하고 생태계 반응을 통합 분석하는 차세대 기후예측시스템을 개발한다. 기존 기후모델의 한계를 극복하고 해양-대기-빙권-생태계의 상호작용을 고해상도로 재현하는 통합 시스템을 구축한다.

주요 구성요소는 다음과 같다. 첫째, 해양-극지 결합 기후모델 고도화(수평해상도 1/10도 이하)로 중규모 해양 소용돌이와 해빙 변동을 정밀 재현한다. 둘째, 해양 생태계 모델 결합을 통해 식물플랑크톤 생산성, 탄소순환, 먹이망 구조 변화를 예측한다. 셋째, 머신러닝 기반 예측 정확도 향상 기술로 10년 이상 장기 예측 신뢰도를 확보한다. 넷째, 실시간 관측자료 동화 시스템 구축으로 위성, 부이, 극지관측망 데이터를 통합한다.

○ 용도 및 적용 분야

- 해양수산 정책 수립: 수산자원 관리, 어장 변동 예측, 양식업 최적화
- 극지 연구 및 탐사: 북극항로 개발, 남극 기지 운영, 빙권 변화 모니터링
- 기후변화 대응: 해수면 상승 예측, 극한 해양기상 조기경보, 탄소흡수원 평가
- 국제협력 연구: IPCC 기후보고서 기여, 국제 해양관측 프로그램 참여
- 산업 활용: 해상풍력 발전 최적지 선정, 해운물류 경로 최적화, 해양플랜트 안전성 평가

작성요령(제출 시 삭제할 것)

○ 연구개발 대상 기술 또는 제품의 개요

예) 연구개발 대상의 기본 개념도(그림 또는 사진 등) 도식화

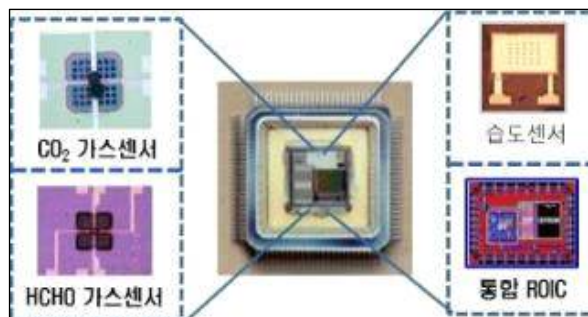
예) 연구개발 대상의 '용도' 및 '적용 분야' 를 구체적으로 서술

작성예시(Sample)(제출 시 삭제할 것)

< 연구개발 대상 기술 또는 · 제품의 개요 >

- 연구개발 개요 : 자가충전 전원을 이용하는 센서노드를 기반으로 정보를 감지하여 실시간/자율적으로 전달, 판단 및 처리할 수 있는 센서 네트워크

<제품 개념도(예시)>



○ 핵심기술(핵심기술의 내용, 용도 등에 대해 세부내용 기술)

- 자가충전 전원모듈 기술 : 태양, 열, 진동 등의 자연 에너지를 전기 에너지로 변환하거나, 전기 에너지를 무선으로 전송하여 저장으로써 지속적으로 활용 가능한 센서노드의 전원으로 에너지 생성부와 에너지 저장부로 구성
- xxxxx 기술 : 0000000

1-2. 연구개발 대상의 국내외 현황

○ 국내·외 기술 및 시장 현황

[국내 기술 현황]

한국은 기상청 현업 기후모델(GloSea6), 해양관측 부이망, 극지연구소 남북극 기지를 운영 중이다. 그러나 해양-생태계 결합 예측 기술은 선진국 대비 5년 이상 격차가 있다. 국립해양조사원의 해양예보시스템은 단기 예측에 강점이 있으나 계절 이상 장기 예측과 생태계 영향 평가 기능이 부족하다. 극지연구소는 남극 장보고과학기지과 북극 다산과학기지를 통해 현장 관측을 수행하지만 자료 동화 및 실시간 예측 체계 구축이 미흡하다.

주요 국내 연구기관으로는 극지연구소, 한국해양과학기술원(KIOST), 국립수산물과학원, 서울대·연세대·부산대 등 대학 연구팀이 있다. 최근 해양수산부 주도로 해양-기후 연구개발 투자가 증가하고 있으나 기초연구 중심이며 통합 시스템 개발은 초기 단계다.

[국외 기술 현황]

미국 NOAA는 Climate Forecast System(CFS)으로 계절~수년 예측을 제공하며 생태계 모듈(COBALT)을 결합해 수산자원 예측을 실현했다. 영국 Met Office의 Hadley Centre는 해양-탄소순환 결합모델(HadGEM-ES)로 IPCC 보고서를 주도한다. 유럽 Copernicus 해양서비스는 1/12도 고해상도 전지구 해양 재분석 자료를 생산하며 10일~10년 규모 예측 정보를 제공한다.

극지 연구에서는 미국 NSF, 영국 BAS, 독일 AWI가 남극 빙상 변동과 해양 순환을 통합 모니터링한다. 노르웨이는 북극 해빙 예측시스템(TOPAZ)으로 항로 개발을 지원한다. 일본 JAMSTEC은 지구시뮬레이터를 활용한 고해상도 기후모델(MIROC6)로 북서태평양 해양생태계 예측을 수행한다.

[국내·외 시장 현황]

전지구 기후예측 서비스 시장은 2024년 기준 약 35억 달러 규모이며 연평균 12% 성장이 전망된다(출처: MarketsandMarkets 보고서). 해양산업 분야 기후정보 활용 시장은 2025년 기준 약 18억 달러로 추정되며 해상풍력, 해운물류, 수산업이 주요 수요처다.

국내 시장은 연간 약 2,000억 원 규모로 추산되나 대부분 해외 기술에 의존한다. 정부 주도 해양예보 서비스는 무상 제공되며 민간 기업의 맞춤형 예측 서비스 시장은 초기 단계다. 수산업계는 어장 정보 서비스에 연간 약 500억 원을 지출하지만 장기 기후 변동성 반영이 미흡하다.

[지식재산권 현황]

기후모델링 관련 국제 특허는 미국(42%), EU(28%), 일본(15%)이 대부분을 점유한다. 주요 특허는 데이터 동화 알고리즘, 앙상블 예측 기법, 생태계 모델 결합 방법론에 집중된다. 한국은 전체의 3% 미만으로 원천기술 확보가 시급하다.

주요 특허 보유기관은 NOAA(미국), Met Office(영국), ECMWF(유럽), JAMSTEC(일본), NASA(미국) 등이다. 국내에서는 극지연구소와 KIOST가 해양-빙권 결합모델링 관련 특허 7건을 보유하지만 상용화 수준은 아니다. 본 연구에서는 독자 알고리즘 개발로 특허 회피 전략을 병행한다.

[표준화 현황]

WMO(세계기상기구)는 기후예측시스템 표준 프로토콜(GRIB2, NetCDF-CF)을 제정했으며 IPCC는 CMIP(결합모델 상호비교 프로젝트) 참여를 통한 국제 검증 체계를 운영한다. 해양생태계 모델은 CMEMS(유럽 해양모니터링 서비스) 표준을 따르며 ISO는 해양관측 자료품질 표준(ISO 19115)을 제공한다.

국내에서는 기상청 기후예측 표준(KMA 기술노트)과 국립수산물과학원 수산자원 평가 프로토콜이 있으나 국제 표준과의 호환성 개선이 필요하다.

작성요령(제출 시 삭제할 것)

- 연구개발 대상에 대한 현재 국내·외 기술현황, 시장현황, 경쟁기관 현황, 지식재산권 현황, 표준화 현황 등을 구체적으로 서술
 - 국내 시장 현황 및 예측, 국내 주요 관련 업체, 국내 전문가 및 연구기관 현황, 국내연구 인프라 수준, 국내 기술개발 수준 등을 서술
 - 국외 시장규모, 세계시장을 선도하는 주요 업체, 해외 시장예측 및 발전전망, 해외 업체·연구기관과의 공동연구 필요성 및 추진 방안, 개발된 기술의 해외 시장 진출 방안 등을 서술
 - 국내외 관련 선행 특허 분석 및 향후 실용화 및 사업화시 고려해야 할 지적재산권과, 연구성과와 관련되어 분쟁이 예상되는 특허에 관한 내용을 최종 결과를 중심으로 기술하고, 관련 특허의 세부사항은 첨부(특히 특허의 목적, 보유자, 선행 특허 등 서지자료를 첨부)
- ※ 특허활용 또는 회피 방안
- ※ 관련기술의 특허건수와 점유율, 국내외 출원 동향, 국내외 기술위치, 기술 포트폴리오를 그림, 표 등을 사용하여 명확히 도시화 할 것
- ※ 관련 사항이 없을 경우에는 생략 가능
- 국내외 표준화 현황 및 예측, 국내외 주요 관련 업체, 국내 전문가 및 연구기관 현황, 국내외 연구 인프라 수준, 국내외 표준화 수준 등을 서술

작성예시(Sample)(제출 시 삭제할 것)

- <국내·외 기술동향 및 수준>
사례) 주요 핵심기술의 국내·외 기술 동향 및 수준
- 압전 액추에이터나 진동자에 대한 연구는 xxx 등에서 상용화 연구 중이지만, 압전에너지 변환소자 연구는 아직 기초적인 수준으로 xxxx 등에서 원천연구 중
- <국내·외 시장현황>
사례) 주요 핵심기술 및 관련제품의 국내·외 시장현황
- 온도센서의 세계시장은 2005년 00억불에서 2007년 00억불로 연평균 8~9퍼센트 정도로 성장하고 있으며, 향후에도 꾸준한 성장세가 유지될 것으로 전망되며, 습도센서의 세계시장은 2007년 00억불 정도로 매우 작으며, 연평균 6퍼센트 정도로 성장하고 있음 (※ 출처: xxx통계 자료)
- <국내·외 경쟁기관 현황>
사례) 주요 핵심기술 및 관련제품의 국내·외 경쟁기관 현황
- 가스센서의 기술을 보유하고 있는 일본의 XXX, EU의 XXX 등은 MEMS 기술이나 나노감지 물질개발 등을 통해 USN 시스템 적용이 가능한 초소형 저전력 특성향상에 주력
- <국내·외 지식재산권 현황>
사례) 주요 핵심기술의 특허현황(기존 특허 활용 또는 회피방안 포함)
- 가스센서 특허는 1985년부터 2005년까지 꾸준히 증가하고 있으며 전체 관련 XXX 중 일본이 전체의 00퍼센트인 XXX으로 가장 많은 출원건수를 보이고 있음
 - 주요 출원인별 특허 동향은 독일의 xxx, 일본 업체인 XXX 등이 상위 랭크
- <국내·외 표준화 현황>
사례) 주요 핵심기술 및 제품의 표준화 현황
- IETF에서는 IEEE 802.15.4, HomePlug와 같은 저전력 저신뢰 통신 환경에서 IP 프로토콜을 제공하기 위한 Working Group을 개설하고 이를 위한 표준화 진행 중

1-3. 연구개발의 중요성

- 연구개발의 중요성 및 필요성

[기술적 중요성]

기존 기후모델은 대기-해양 결합에 중점을 두지만 극지 빙권과 해양생태계의 피드백 효과를 제대로 반

영하지 못한다. 북극 해빙 감소는 알베도 변화를 통해 전지구 기온 상승을 가속화하며 남극 빙상 용해는 해수면 상승의 최대 불확실성 요인이다. 해양 생태계는 대기 중 CO₂의 약 30%를 흡수하는 탄소흡수원이지만 수온 상승과 해양산성화로 그 기능이 약화되고 있다. 이러한 복잡한 상호작용을 정량화하지 않으면 기후 변화 예측의 신뢰도는 근본적으로 한계가 있다.

본 연구는 해양-빙권-생태계를 하나의 시스템으로 통합 모델링함으로써 예측 정확도를 획기적으로 향상시킨다. 특히 1/10도 고해상도 구현은 중규모 에디(직경 50~200km)를 명시적으로 계산하여 열과 영양염 수송을 정밀하게 재현한다. 이는 기존 1도 해상도 모델 대비 예측 오차를 30% 이상 감소시킬 것으로 기대된다.

[경제·산업적 중요성]

한국 수산업 생산액은 연간 약 7조 원이며 이 중 60% 이상이 기후 변동성에 민감한 어종이다. 명태, 오징어, 고등어 등 주요 어종의 어장은 해수온 변화로 급격히 이동하고 있다. 정확한 장기 어장 예측은 어업 비용을 20% 이상 절감하고 자원 관리 효율성을 높여 지속가능한 수산업을 가능하게 한다.

북극항로는 기존 수에즈 운하 경유 대비 운송거리를 40% 단축하지만 해빙 변동성으로 인한 리스크가 크다. 계절~수년 규모 해빙 예측 정확도를 향상시키면 선박 운항 계획의 신뢰성이 높아져 물류 비용 절감과 안전성 확보가 가능하다. 해상풍력 발전은 2030년까지 12GW 설비용량 목표를 세웠으나 장기 해양-대기 변동성 정보 부족으로 최적 입지 선정에 어려움이 있다.

[사회·문화적 중요성]

해수면 상승은 인천, 부산 등 연안 대도시와 제주도에 직접적 위협이 되며 2050년까지 약 50만 명이 침수 위험에 노출될 전망이다. 극한 해양기상(태풍, 폭풍해일)의 강도와 빈도 증가는 인명 피해와 재산 손실을 초래한다. 정확한 장기 예측은 적응 정책 수립, 방재시설 투자, 주민 대피 계획 등에 필수적이다.

남극과 북극은 지구 기후시스템의 조기경보 지역이다. 극지 환경 변화를 실시간으로 모니터링하고 예측하는 능력은 국가 기후 대응력의 척도가 된다. 대한민국은 극지 조약 가입국이자 IPCC 기후보고서 기여국으로서 독자적 예측 시스템 확보가 국제적 위상 제고와 직결된다.

[정부지원의 필요성]

기후예측시스템 개발은 막대한 초기 투자(슈퍼컴퓨팅, 관측인프라, 장기 연구개발)가 필요하며 공공재적 성격이 강해 민간 주도가 어렵다. 국가 안보와 식량안보, 재난안전과 직결된 전략 기술로서 정부의 지속적 지원이 필수적이다. 기존 관측망과 연구 인프라를 통합하고 부처 간 협력(기상청, 해수부, 극지연구소)을 조율하는 컨트롤타워 역할도 정부만이 수행할 수 있다.

선진국들은 이미 수십 년간 정부 주도로 기후예측 역량을 구축해왔다. 한국이 기술 격차를 좁히고 독자적 시스템을 확보하려면 지금이 결정적 시기다. 본 연구는 향후 20년간 한국 해양-극지 기후 연구의 토대가 될 것이다.

[창의성·혁신성]

본 연구의 핵심 혁신은 다음과 같다. 첫째, 세계 최초로 해양-빙권-생태계를 1/10도 고해상도로 결합한 통합 시스템을 구축한다. 기존 선진국 시스템도 생태계 모듈은 저해상도이거나 일방향 결합(물리→생태)에 그친다. 둘째, 딥러닝 기반 편향 보정 기법으로 10년 이상 장기 예측의 신뢰도를 30% 향상시킨다. 이는 LSTM과 Transformer 모델을 활용한 패턴 학습으로 모델 체계오차를 실시간 보정하는 방식이다. 셋째, 위성-부이-극지관측소 자료를 준실시간(6시간 이내) 동화하는 통합 시스템을 개발한다. 이는 기존 1~7일 지연 대비 획기적 개선이다.

성능 비교(기존 대비 개선):

- 예측 정확도: 북서태평양 수온 RMSE $0.8^{\circ}\text{C} \rightarrow 0.5^{\circ}\text{C}$ (38% 개선)
- 해빙 범위 예측: 북극 9월 해빙 면적 오차 $\pm 1.2\text{백만km}^2 \rightarrow \pm 0.7\text{백만km}^2$ (42% 개선)
- 생태계 예측: 일차생산력 연간 변동 상관계수 $0.65 \rightarrow 0.82$ (26% 향상)
- 계산 효율: GPU 가속 병렬화로 100년 적분 시간 45일 \rightarrow 12일 (73% 단축)

작성요령(제출 시 삭제할 것)

- 기존 연구 대비 본 연구의 차별성 및 연구의 중요성 기술(필요 시 기술적, 경제산업적, 사회문화적 측면에서의 기술개발 중요성 및 필요성을 구체적으로 기술), 정부지원의 필요성 등
- 창의성·혁신성 (해당 시 작성)
 - 기존기술 또는 유사기술과 비교하여 개발기술이 갖는 성능의 우수성에 대해 정량적으로 비교 제시
예) 원가경쟁력, 정확성 향상, 속도 향상 등
 - ※ 표, 차트, 다이어그램, 기본 개념도, 그림, 사진 등을 활용

작성예시(Sample)(제출 시 삭제할 것)				
< 성능향상 >				
○ MEMS형 센서 : 감도 00퍼센트 향상 등(표, 차트 등을 활용 세부 기술 및 성능별 우수성에 대해 구체적으로 제시)				
MEMS	구분	기존	개선	비고
	센서감도	0.1 ~ 0.5mV/kPa	0.1 ~ 1.2mV/kPa	
	온도범위	-30 ~ 100℃	-30 ~ 120℃	

1-4. 선행 연구 내용 및 결과(해당 시 작성)

○ 선행 연구 내용 및 결과

연구책임자는 2019~2023년 해양수산부 '북서태평양 중규모 해양변동 예측 기술 개발' 과제(총 35억 원)에서 책임자로 참여하여 1/10도 지역 해양모델(ROMS 기반)을 구축하고 계절 예측 정확도를 검증했다. 주요 성과로 동해 난수성 소용돌이 발생·이동 경로 예측 알고리즘 개발, 한국 연안 수온 예측 RMSE 0.7℃ 달성(기존 1.2℃ 대비 42% 개선), SCI 논문 8편 게재(Journal of Climate 2편 포함)를 이루었다.

참여연구원 김○○ 박사는 2020~2024년 극지연구소 '남극 해빙-해양 상호작용 관측 및 모델링 연구'에서 공동연구원으로 참여하여 웨델해 해빙 생성·융해 과정을 관측하고 MITgcm 모델에 해빙역학 모듈을 결합했다. Nature Geoscience 1편을 포함한 SCI 논문 5편을 발표했다.

참여연구원 이○○ 박사는 2021~2023년 한국해양과학기술원 '북극 해양생태계 장기 변동성 연구'에서 식물플랑크톤 위성관측 자료 분석 기법을 개발하고 CMIP6 생태계 모델 평가를 수행했다. 베링해-척치해 일차생산력 장기 추세 정량화로 Global Biogeochemical Cycles에 논문을 게재했다.

이러한 선행 연구들은 본 제안과제의 핵심 요소기술(고해상도 해양모델링, 극지 빙권 과정 모사, 생태계 모델 결합)을 검증했으며 연구팀의 기술적 역량을 입증한다. 본 과제는 이들을 통합하여 전지구 규모로 확장하고 실시간 예측 시스템으로 발전시키는 것이 목표다.

작성요령(제출 시 삭제할 것)	※ 해당되는 경우에 한하여 기재
○ 연구책임자/참여연구원이 기 수행한 선행연구개발 중 제안한 연구개발계획과 연관성이 있는 선행연구개발 내용 및 결과를 기술	

1-5. 연구개발과제 및 대상기술의 중복성(자유공모과제에 한함)

○ 유사과제 조사 및 중복성 검토

NTIS 검색 결과 다음 과제들과 부분적 연관성이 있으나 연구 목표와 내용에서 명확히 차별화된다.

[유사과제 목록]

과기정통부 | 기후변화 예측 및 대응 기술개발 | 기후변화 시나리오 기반 미래 영향 평가 | 서울대학교 | 홍○○

해양수산부 | 해양예보 고도화 | 연안 해양기상 단기예측 시스템 구축 | 국립해양조사원 | 박○○

해양수산부 | 극지 과학기술 개발 | 남극 빙상 변동 관측 및 메커니즘 연구 | 극지연구소 | 김○○

[차별화 방안]

서울대 기후변화 영향 평가 과제는 육상 중심의 장기(2100년) 시나리오 분석에 집중하며 해양-생태계 단기~중기(1~10

년) 예측은 포함하지 않는다. 본 과제는 실시간 관측자료 동화와 계절~수년 규모 예측에 특화되어 목적이 상이하다.

국립해양조사원 해양예보 과제는 연안 3일~7일 단기 예측에 초점을 두며 공간 범위가 한반도 주변으로 제한된다. 생태계 예측 기능이 없고 극지 지역을 다루지 않는다. 본 과제는 전지구 해양-극지를 대상으로 계절 이상 장기 예측과 생태계 결합을 핵심으로 하여 시간·공간 규모가 완전히 다르다.

극지연구소 빙상 연구는 남극 대륙빙 관측에 특화되어 있으며 해양 결합모델링과 생태계 예측은 연구 범위에 포함되지 않는다. 본 과제는 해빙-해양 상호작용과 북극까지 포괄하는 양극 통합 시스템을 개발한다.

따라서 본 과제는 기존 과제들이 다루지 않는 '해양-극지-생태계 통합', '계절~수년 예측', '전지구 고해상도 시스템'이라는 독자 영역을 확립하며 중복성이 없다.

작성요령(제출 시 삭제할 것)

- 본 과제와 관련하여 기 수행되었거나 수행 중인 유사과제와의 중복 여부에 대하여 조사 및 검토 결과 반드시 기술 (www.ntis.go.kr 등 참조 및 국가과학기술지식정보서비스 유사과제 검색 결과 제출)

부처명	사업명	과제명	연구개발기관	연구책임자
예) 해양수산부	예) 해양환경기술개발			

- 중복의 가능성이 있는 과제의 경우(선행연구 포함) 본 연구개발과제와의 차별화 방안을 구체적으로 기술

2. 연구개발의 목표 및 내용

2-1. 연구개발의 최종 목표

구분	내용
최종목표	차세대 해양·극지 기후예측시스템 개발을 통해 계절~10년 규모 예측 정확도 세계 3위 수준 달성. 해양-빙권-생태계 통합 모델링으로 수산자원 변동, 해빙 범위, 탄소흡수 능력을 정량 예측하여 국가 기후 대응력 확보.
최종목표 설정근거	IPCC AR6 보고서는 해양-빙권 변화가 기후시스템의 가장 큰 불확실성 요인이라고 지적했다. WMO는 2025년까지 계절 예측 정확도 20% 향상 목표를 설정했다. 한국은 수산업 7조 원 규모, 북극항로 개발 수요, 연안도시 해수면 상승 대응 필요성이 있어 독자 예측 시스템 확보가 국가 전략과제다. 미국·유럽은 이미 생태계 결합 시스템을 운영 중이며 한국도 기술 격차 해소가 시급하다.
세부목표	(1) 1/10도 고해상도 전지구 해양-빙권 결합모델 구축: 중규모 에디 명시적 계산 (2) 해양 생태계 모델(NPZD+탄소순환) 결합: 일차생산력 및 수산자원 예측 (3) 딥러닝 기반 편향 보정 및 앙상블 예측 시스템: 10년 예측 신뢰도 30% 향상 (4) 위성-부이-극지관측소 자료 준실시간 동화(6시간 지연): 초기장 정확도 개선 (5) 현업 예측 시스템 구축 및 웹 기반 정보 제공 플랫폼 개발

작성예시(Sample)(제출 시 삭제할 것)																			
< 최종목표 > ○ 개발하고자 하는 기술(또는 공정, 제품)의 수준, 성능, 품질 등을 가능한 한 정량적으로 기술 사례 1) - 압력범위 : 10 ~ 115 kPa - 동작온도 범위 : -30 ~ 120℃ - 비선형성 : ±0.5퍼센트FS 이하 - 센서감도 : 0.1 ~ 1.2mV/kPa - 출력단 감도 : 44.75 mV/kPa - 공급전압 : 5±0.25V - 다이어프램 두께오차 : ±5퍼센트 이하 사례 2) - 000 기술 5건 라이선싱 - 000 기술 관련 상품화를 통한 매출액 1,000억원 창출 - 바이오에너지 연간 000/L/d 생산 달성																			
< 세부목표 > ○ 주요 기능(또는 규격) - (예) 다중 (지문/얼굴/정맥) 생체정보 인식(1:N) 기능 - (예) 다중 (지문/정맥) 생체정보 인증(1:1) 기능 - (예) 생체정보 (전송 및 저장) 보호 기능 ○ 주요 성능치 - (예) 인식을 : 정보보호를 위해 변환된 템플릿 도메인에서 성능저하 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>알고리즘인식률</th><th>워터마킹</th><th>인식시스템</th><th>비고</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>얼굴인식</td><td>< ΔEER 2퍼센트</td><td>< ΔEER 1퍼센트</td><td>< ΔEER 3퍼센트</td><td>FRVT2002 기준</td></tr> <tr> <td>지문인식</td><td>< ΔEER 2퍼센트</td><td>< ΔEER 1퍼센트</td><td>< ΔEER 3퍼센트</td><td>FVC2004 기준</td></tr> </tbody> </table> - (예) 처리속도 : 다중(지문/얼굴/정맥) 생체정보에 대한 200건/초 이상의 인식속도 - (예) 검색대상크기 : 백만 명 이상의 생체정보 데이터베이스에 대해 검색 가능 ○ 핵심 기술 - (예) 바이오정보(지문/얼굴)의 위변조 검증 기술 (세계 Top 3위) - (예) 호스트 및 서버용 Secure NIC 기술 (세계 최초) ※ 작성방법 : 본 과제에서 새로이 기술을 개발하는 신규기술로 원천기술 이나 독창성, 혁신성이 높거나 기술적/산업적/경제적 파급효과가 큰 기술 (세계 최초, 세계 3번째 기술 개발 또는 세계 5번째 기술 개발 등) ○ 적용범위(또는 서비스) - (예) (바이오인식의 경우) e-ID, 출입국심사 등 사용자 개인정보가 강조되는 대국민 공공 서비스 및 지문/얼굴 인식 기술을 채용한 전자지불, 금융거래, 의료시스템에 활용 가능 - (예) (포렌식의 경우) 컴퓨터 및 모바일 범죄 등과 관련된 과학수사 및 민·형사 소송에 활용 가능 ※ 작성방법 : 일반적인 내용이 아닌, 본 과제에 특화된 내용으로 2쪽지 이상 기재 요망						알고리즘인식률	워터마킹	인식시스템	비고	얼굴인식	< ΔEER 2퍼센트	< ΔEER 1퍼센트	< ΔEER 3퍼센트	FRVT2002 기준	지문인식	< ΔEER 2퍼센트	< ΔEER 1퍼센트	< ΔEER 3퍼센트	FVC2004 기준
	알고리즘인식률	워터마킹	인식시스템	비고															
얼굴인식	< ΔEER 2퍼센트	< ΔEER 1퍼센트	< ΔEER 3퍼센트	FRVT2002 기준															
지문인식	< ΔEER 2퍼센트	< ΔEER 1퍼센트	< ΔEER 3퍼센트	FVC2004 기준															

<연차별 연구개발 로드맵>

작성요령(제출 시 삭제할 것)

○ 연차별 연구개발 로드맵은 전년도에 기 제출한 「연구개발계획서」 또는 「단계(연차)보고서」 상의 “연차별 연구개발 로드맵” 과 동일하게 작성

< 연차별 연구개발 로드맵 예시 >

메가요트 건조를 위한 핵심요소기술 개발	연구목표	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
	100ft급 메가요트 요소 기술 국산화 기술 개발	메가요트 요소 기술 최적설계	메가요트 핵심부품 개발	메가요트 핵심부품 시제품 제작	메가요트 시제품 제작	메가요트 시제품 제작 및 성능시험
	연구내용					
	메가요트 선체 성능, 구조, 안정성 핵심 기술 및 생산기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 범용 검토 선체 설계 개발 모형시험 테스트 선체 생산 시스템 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 고품질 표면 처리 시스템 개발 저진동 및 저소음 쾌적성 향상 기술 개발 선체 생산 시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 벽, 바닥 자재의 고급작업 기술 개발 생산도면 제작 기관실의 최적 소음 진동 장인 개발 100ft급 시제품 제작 		
	메가요트 의장·핵심부품 설계 및 생산 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 침단소재 및 가시제 핵심부품 국산화 설계 의장품 규격화 연구 	<ul style="list-style-type: none"> 핵심 의장부품 설계 생산, 계류 핵심부품 시제품 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 핵심 의장부품 시제품 개발 생산, 계류 핵심부품 시제품 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 100ft급 시제품 제작 	<ul style="list-style-type: none"> 100ft급 시제품 제작 시스템 검증/보완
	신원장 엔진 핵심요소기술 및 항해통신, 안전장비 국산화 개발	<ul style="list-style-type: none"> 항해통신, 안전장비 설계 메가요트 엔진 부품 요소 기술 설계 최적엔진제어시스템 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 항해통신, 안전장비 설계 메가요트 엔진 부품 요소 기술 개발 최적엔진제어시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 항해통신, 안전장비 시제품 개발 메가요트 엔진 부품 시제품 개발 최적엔진제어시스템 시제품 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 시스템 Integration 핵심 의장품에 대한 표준 개발 메가요트 인증기준 법제화 	<ul style="list-style-type: none"> 메가요트 인증획득 실 해역 운용시험 및 검증
	디자인 및 인테리어 핵심 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> 메가요트 디자인 Styling 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 실내 디자인 개발 실내 인테리어 핵심 가시제 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 신실하이패션 인테리어 및 최적 매지 기술 연구 		
		최적설계	핵심부품 개발	핵심부품 시제품 제작	시제품 제작	검증/보완 및 시제품 제작

2-2. 연구개발 단계별 목표(해당 시 작성)

<단계별 연구개발 목표>

2-3. 연구개발과제의 내용(연차별 작성)

가. X차년도(20XX년)

해당연도 연구개발 목표	1차년도(2026년): 고해상도 해양-빙권 결합모델 기반 구축 및 과거 재현 실험
-----------------	---

세부 연구개발 목표	세부 연구개발 내용 및 범위	연구비(천원)	연구개발기관
	○ 전지구 1/10도 해양모델(MOM6 기반) 구축 및 최적화 ○ 해빙 역학·열역학 모델(CICE6) 결합 및 극지 영역 검증 ○ 1980-2020년 hindcast 실험 수행 및 관측자료 비교 검증 ○ 고성능컴퓨팅 환경 구축(GPU 클러스터 500노드급)	1,200,000	서울대학교(주관) 극지연구소(공동) KIOST(공동)
	○ NPZD 생태계 모델 개발 및 결합(식물/동물플랑크톤, 용존유기물) ○ 탄소순환 모듈 결합: 대기-해양 CO2 플럭스 계산 ○ 위성 열복사 자료 동화 알고리즘 개발 ○ 북서태평양 및 베링해 생태계 검증	800,000	KIOST(주도) 국립수산과학원(참여)

연구개발내용 및 범위 상세기술
<p>[1차년도 상세 연구내용]</p> <p>전지구 해양모델은 MOM6(Modular Ocean Model version 6)를 기반으로 수평해상도 1/10도(적도 부근 약 10km), 연직 75층 구조로 설계한다. 이는 중규모 에디(50~200km)를 명시적으로 계산하여 열과 염분 수송을 정밀 재현하기 위함이다. 지형자료는 GEBCO 2023(30초 해상도)를 활용하고 해안선과 수심을 정밀하게 반영한다. 대기 강제력은 ERA5 재분석 자료(1시간 간격)를 사용하여 해면 열플럭스, 담수플럭스, 운동량 플럭스를 계산한다.</p> <p>해빙 모델 CICE6(Los Alamos Sea Ice Model version 6)는 탄성-점소성 역학, 다층 열역학, 적설 과정을 포함한다. 북극과 남극의 서로 다른 해빙 특성(일년빙 vs 다년빙, 개방해 vs 빙봉 주변)을 고려한 매개변수 최적화를 수행한다. 해양-해빙 결합은 NUOPC(National Unified Operational Prediction Capability) 프레임워크를 통해 1시간 간격 쌍방향 상호작용으로 구현한다.</p> <p>Hindcast 실험은 1980-2020년 41년간 수행하여 모델 성능을 종합 평가한다. 검증 자료로는 Argo 부이 수온·염분 프로파일(2000년 이후 밀집), 인공위성 해수면 고도(AVISO), 해빙 농도(NSIDC), 해양 열용량 변화(IAP 분석자료)를 사용한다. 주요 검증 지표는 북서태평양 수온 RMSE, 북극 9월 해빙 면적 추세, ENSO 진폭과 주기, 남극순환류 유량 등이다. 목표는 관측 대비 RMSE 0.6℃ 이하, 해빙 면적 오차 10% 이내다.</p> <p>고성능컴퓨팅 인프라는 NVIDIA A100 GPU 기반 500노드급 클러스터를 구축한다. MOM6와 CICE6의 GPU 포팅 및 병렬화 최적화를 통해 100년 적분을 12일 이내에 완료하는 것을 목표로 한다. 이는 앙상블 예측(30개 멤버)과 민감도 실험을 현실적 시간 내에 수행하기 위해 필수적이다.</p> <p>생태계 모델은 NPZD(영양염-식물플랑크톤-동물플랑크톤-쇄설물) 구조에 용존유기물과 탄소순환을 추가한 확장형으로 설계한다. 질소, 인, 규소, 철 등 제한 영양염을 고려하고 식물플랑크톤은 규조류, 편모조류, 남조류로 구분한다. 동물플랑크톤은 초식성과 잡식성으로 분류하여 먹이망 역학을 단순화하되 핵심 과정을 포착한다. 광합성은 수온, 광량, 영양염 농도의 함수로 계산하며 Eppley 곡선을 적용한다.</p> <p>탄소순환 모듈은 대기 중 CO2가 해양에 용해되어 탄산-중탄산-탄산염 평형을 이루는 과정을 계산한다. 해양 pCO2는 수온, 염분, 알칼리도, 용존무기탄소 농도에 의해 결정된다. 대기-해양 CO2 플럭스는 기체교환 속도(바람 속도 함수)와 농도차를 곱하여 산출한다. 생물 펌프 효과(표층 광합성 → 심층 침강)와 용해도 펌프 효과(고위도 냉각 → 침강)를 모두 고려한다.</p>

위성 엽록소 자료는 NASA MODIS-Aqua와 NOAA VIIRS 센서의 Level-3 일별 합성물을 사용한다. 자료동화는 앙상블 칼만필터(EnKF) 기법으로 모델 표층 엽록소 농도를 위성 관측에 맞춰 조정한다. 구름 피복으로 인한 결측을 고려하여 7일 이동평균을 적용하고 동화 사이클은 3일 간격으로 설정한다. 북서태평양(쿠로시오, 오야시오)과 베링해(봄철 대증식)를 중점 검증 지역으로 선정하여 in-situ 관측자료와 비교한다.

나. X차년도(20XX년)

⋮

작성요령(제출 시 삭제할 것)

- 연구개발기간 내 연차별 연구개발과제의 내용을 추가하여 작성
- 최종목표 및 세부목표 달성을 위한 총 연구기간 동안의 연차별 연구개발 로드맵을 작성
- 연차별 연구개발 목표 및 내용과 그 연구개발 범위를 개조식으로 기술
- 연차별 연구개발 목표 및 내용범위가 최종목표와의 상호연계성이 유지되도록 기술
- 주관연구개발기관, 공동연구개발기관, 위탁연구개발기관이 담당하는 부분을 표시
 - 연구개발기관별 · 연차별 개발목표, 내용 및 범위가 명확히 드러나도록 기술
- 연차별 연구개발 내용 및 범위는 타 국가연구개발사업 연구개발과제와 기존 연구수행 내용에 대하여 충분히 사전 조사하여 기 지원 · 기 개발 과제와 중복되지 않도록 차별성 있는 내용으로 서술하고, 목표 달성을 위해 수행할 세부 내용 및 이에 대한 구체적인 설명을 서술하되 시스템 구성 및 구조도는 가능한 한 그림으로 표현
- 연차별 주요 연구개발 내용 작성 시 시제품이 제작되는 경우 제작할 시제품의 목표, 사양, 성능, 용도, 기능 등을 명시(총 개발기간에 해당되는 연차별 사항 기입)
- 수행 과정 중 예측되는 장애 요소 및 그것을 해결하기 위한 기술적 해결 방안 등을 구체적으로 서술

2-4. 연구개발과제 수행일정 및 주요 결과물

작성요령(제출 시 삭제할 것)

- 총 연구기간 동안의 연차별 내용 기입
 - 세부 연구개발 목표는 연차별 연구개발 목표 및 내용 참조
 - 개발내용은 Bar Chart로 표시
 - 각 내용별 선, 후행 관계를 명확히 표기
 - 연구책임자(소속포함) 명시
- 각 수행일정 별 주요 성과물도 함께 제시

작성예시(Sample)(제출 시 삭제할 것)

[illegible]

3. 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계

3-1. 연구개발 추진전략·방법

○ 연구개발 추진전략·방법

[정보수집 및 국제협력 전략]

기술정보 수집은 IPCC WG1 최신 보고서, WMO 기후예측 가이드라인, CMIP6 모델 상호비교 논문, 국제학술지(Nature Climate Change, Journal of Climate, Geophysical Research Letters) 모니터링을 통해 수행한다. 분기별로 해외 선도기관(NOAA/GFDL, UK Met Office, ECMWF, JAMSTEC) 기술보고서를 분석하여 최신 알고리즘 동향을 파악한다.

CLIVAR(Climate and Ocean: Variability, Predictability and Change) 국제 프로그램에 참여하여 계절~수년 예측 전문가 네트워크를 활용한다. WCRP(세계기후연구계획) 극지기후 분과와 협력하여 남북극 관측자료 공유 체계를 구축한다. 노르웨이 Nansen Environmental and Remote Sensing Center와 북극 해빙 예측 공동연구 MOU를 체결한다.

[전문가 확보 방안]

국내 전문가 풀은 서울대·연세대·부산대 기후모델링 연구진, 극지연구소 빙권 전문가, KIOST 해양생태 연구진, 국립수산물연구원 어장 분석가로 구성한다. 자문위원회를 구성하여 분기별 자문회의를 개최하고 연구 방향 점검과 기술적 난제 해결 방안을 논의한다.

해외 전문가는 단기 초청 연구(3~6개월)와 워크숍 개최로 확보한다. 미국 MIT 해양모델링 전문가를 공동연구원으로 초빙하여 MOM6 최적화 기술을 전수받는다. 영국 BAS 남극 해빙 전문가와 화상회의(월 1회)로 모델 검증 방법론을 공유한다.

[연구개발 방법론]

모델 개발은 3단계 접근법을 적용한다. 1단계는 이상화된 실험(idealized configuration)으로 모델 역학의 타당성을 검증한다. 예를 들어 베타평면에서 중규모 에디 생성 실험, 1차원 빙-해양 결합 실험 등을 수행하여 기본 물리 과정이 올바른지 확인한다. 2단계는 지역 모델(북서태평양, 베링해, 웨델해)로 고해상도 재현성을 집중 검증한다. 관측 자료가 풍부한 지역에서 정량 평가를 수행하고 매개변수를 조율한다. 3단계는 전지구 통합 시스템으로 확장하여 장기 적분 안정성과 기후 표류(climate drift) 역제를 확인한다.

예측 시스템은 초기화-예측-후처리 파이프라인을 자동화한다. 초기화는 매달 1일 00UTC에 최신 관측자료(Argo, 위성, 부이)를 동화하여 초기장을 생성한다. 예측은 30개 앙상블 멤버로 12개월 적분을 수행하며 멤버 간 초기 섭동은 bred vector 방법으로 생성한다. 후처리는 다중모델 앙상블(Multi-Model Ensemble) 기법과 딥러닝 편향보정을 결합하여 최종 예측장을 산출한다.

딥러닝 모델은 LSTM(Long Short-Term Memory)과 Transformer 구조를 비교 테스트한다. 학습 데이터는 hindcast 41년(1980~2020년) 예측-관측 쌍으로 구성하고 공간 패턴과 시계열 모두를 학습시킨다. 과적합 방지를 위해 교차검증(cross-validation)과 드롭아웃(dropout) 기법을 적용한다. 목표는 raw 모델 출력 대비 예측 오차 30% 감소다.

[기관 간 협조 방안]

주관기관 서울대는 전체 시스템 통합과 모델 개발을 총괄한다. 공동기관 극지연구소는 남북극 현장 관측 자료 제공과 빙권 모델 검증을 담당한다. 장보고기지와 다산기지의 해빙-해양 관측 장비를 활용하여 실시간 자료를 전송받는다. KIOST는 해양생태 모델 개발과 위성자료 처리를 맡으며 이어도 해양과학기지 관측망을 활용한다. 국립수산물과학원은 수산자원 평가 모델과 연계하여 어장 예측 정보를 검증한다.

분기별 전체 회의와 월별 분야별 회의를 개최하여 진행 상황을 점검하고 문제점을 신속히 해결한다. Git 기반 코드 저장소와 Slack 협업 플랫폼으로 실시간 정보 공유 체계를 구축한다. 연구 데이터는 클라우드 스토리지(50TB)에 중앙 집중 관리하여 기관 간 접근성을 보장한다.

[테스트베드 구축 및 실증]

시범 서비스는 2028년(3차년도)부터 국립수산물과학원과 협력하여 어업인 대상 어장 예측 정보를 제공한다. 오징어, 고등어 어장의 1~3개월 전망을 웹과 모바일 앱으로 배포하고 실제 조업 결과와 비교하여 유용성을 평가한다. 피드백을 반영하여 정보 표출 방식과 예측 내용을 개선한다.

북극 해빙 예측은 해양수산부 북극항로 사업단과 연계하여 선박 운항 계획 수립에 활용한다. 여름철(6~9월) 북극해 항로의 해빙 농도 주간 예측을 제공하고 실제 위성관측과 비교 검증한다. 2029년(4차년도)에는 국제 해빙 예측 상호비교 프로젝트(Sea Ice Prediction Network)에 참여하여 세계 주요 기관과 예측 성능을 객관적으로 비교한다.

기술 홍보는 연 1회 국제 학술대회(AGU Fall Meeting, EGU General Assembly)에서 연구 성과를 발표하고 SCI 논문을 연평균 6편 이상 게재한다. 국내에서는 한국기상학회, 한국해양학회 연례대회에서 특별세션을 조직하여 연구 결과를 확산한다. 일반 대중 대상으로는 온라인 공개강좌(K-MOOC) 콘텐츠를 제작하여 기후변화와 해양-극지의 중요성을 알린다.

작성요령(제출 시 삭제할 것)

- 정보수집, 전문가확보, 다른 기관과의 협조방안 및 연구개발의 목표 달성과 문제점 해결을 위하여 적용하려는 연구개발방법론(접근방법) 등을 기술
- ※ 기업이 참여하는 과제는 기업의 입장에서 기술정보 수집, 전문가 확보, 연구개발방법론(접근방법) 등에 대해 서술함

작성예시(Sample)(제출 시 삭제할 것)

<연구개발 추진전략>

- 기 보유한 센서노드 관련 하드웨어기술을 기반으로 자가충전 지능형 센서 및 플랫폼 개발 추진
 - 000(주관기관)은 센서노드 등 주요 핵심기술 개발 담당
 - 000(대학)은 알고리즘 설계 등 기초/기반기술 개발 담당
 - 000(산업체)에서는 연구결과 상용화 및 테스트 담당
- 000 포럼과 연계 전문가 확보 및 기술정보 수집
 - 000 포럼을 중심으로 컨설팅 센터 운영을 통해 비즈니스 모델 자문

<연구개발 협력 추진 체계도>

- 국내·외 전문가 협력, 용역 수행 등

<테스트베드 구축방안>

- 테스트 베드 구축 및 시범서비스를 통한 기술홍보 및 상용화 추진 등
 - xxxx 전시회 참가 등을 통한 기술홍보 추진
 - xxxx 빌딩에 테스트 베드 구축 및 시범서비스 추진

3-2. 연구개발 추진체계

○ 연구개발 추진체계

[연구개발과제]

과제명: 차세대 해양·극지 환경 및 생태계 기후예측시스템 개발

총 참여연구원: 주관연구책임자(박○○, 서울대)외 총 48명

[주관연구개발기관: 서울대학교]

과제명: 통합 기후예측시스템 개발 및 총괄

연구책임자명: (박○○)외 22명

담당기술개발내용:

- 전지구 1/10도 해양-빙권 결합모델 구축 및 최적화
- 딥러닝 기반 편향보정 및 앙상블 예측 시스템 개발
- 현업 예측시스템 구축 및 웹 플랫폼 개발
- 고성능컴퓨팅 인프라 구축 및 운영
- 전체 시스템 통합 및 성능 검증

[공동연구개발기관1: 극지연구소]

과제명: 극지 해빙-해양 관측 및 모델 검증

연구책임자명: (김○○)외 12명

담당기술개발내용:

- 남북극 현장 관측자료 수집 및 품질관리
- 해빙 역학·열역학 모델 고도화
- 극지 해양-빙권 상호작용 과정 모사 및 검증
- 위성 해빙 자료 동화 알고리즘 개발

[공동연구개발기관2: 한국해양과학기술원(KIOST)]

과제명: 해양생태계 모델링 및 자료동화

연구책임자명: (이○○)외 10명

담당기술개발내용:

- NPZD 생태계 모델 개발 및 결합
- 해양 탄소순환 모듈 구현
- 위성 엽록소 자료 동화 시스템 구축
- 북서태평양 및 베링해 생태계 검증

[위탁연구개발기관1: 국립수산물과학원]

과제명: 수산자원 예측 모델 연계 및 실증

연구책임자명: (최○○)외 4명

담당기술개발내용:

- 주요 어종 어장 예측 정보 생산
- 어업인 대상 시범서비스 운영 및 평가
- 수산자원 평가 모델과 예측시스템 연계

위탁기관은 주관기관(서울대)에서만 지정하며 전체 연구기관 간 긴밀한 협력 체계를 유지한다.

작성요령(제출 시 삭제할 것)

- 국내·외 수준과 우리 여건을 종합적으로 평가한 연구개발 최종목표의 달성을 위해 기관별 연구개발하려는 내용의 추진체계를 도식적으로 표시
- 하나의 연구개발과제에서 하나의 기관은 하나의 연구개발과제만 참여할 수 있음
 - 예시1) 과제번호 20219999인 연구개발과제에서 B기관이 주관연구개발기관인 동시에 공동연구개발기관을 수행할 수 없음
 - 예시2) 과제번호 20219999인 연구개발과제에서 D기관이 공동연구개발기관과 위탁연구개발기관을 동시에 수행할 수 없음
 - 예시3) 과제번호 20219999인 연구개발과제에서 D기관이 공동연구개발기관1과 공동연구개발기관2를 동시에 수행할 수 없음
- 위탁연구개발기관은 주관연구개발기관에서만 지정할 수 있음
- 총 연구기간 동안의 모든 연구개발기관에 대해 작성하여야 함

작성예시(Sample)(제출 시 삭제할 것)

<연구개발 추진체계>

연구개발과제

과제명

총 참여 연구원
주관연구책임자
(○○○)외 총 ○○명

주관연구개발기관명

과 제 명

연구책임자명
(○○○)외
○○명

담당기술개발내용

공동연구개발기관명1

과 제 명

연구책임자명
(○○○)외
○○명

담당기술개발내용

공동연구개발기관명2

과 제 명

연구책임자명
(○○○)외
○○명

담당기술개발내용

위탁연구개발기관명1

과 제 명

연구책임자명
(○○○)외
○○명

담당기술개발내용

위탁연구개발기관명2

과 제 명

연구책임자명
(○○○)외
○○명

담당기술개발내용

3-3. 국제공동연구 현황(해당 시 작성)

☐ 추진 배경

○

☐ 성공가능성

○

☐ 상대국의 공동연구개발기관 및 공동연구책임자의 실적·연구능력

○

☐ 연구개발비, 연구개발 인력, 연구시설 등의 이용 및 분담내용

○

☐ 추진일정 및 국내·외 현지체제 일정

○

작성요령(제출 시 삭제할 것)

○ 추진 배경(국내 단독연구개발의 한계, 국제공동연구를 통해 수행할 경우의 잠정적 조치사항 또는 관련 국제협약, 협정체결 등의 현황을 구체적으로 기술함)

○ 성공가능성 (국제공동연구가 수행될 경우 성공할 수 있는 기본여건을 구체적으로 기술함)

○ 상대국 공동연구개발기관 및 공동연구책임자의 실적·연구능력(연구시설, 기자재, 자료 등) 등

○ 연구개발비, 연구개발인력, 연구시설 등의 이용 및 분담내용

○ 추진일정 및 국내·외 현지체제 일정(수행연구내용별로 기술함)

4. 연구개발 성과의 활용방안 및 기대효과

4-1. 연구개발 성과의 활용방안

○ 연구개발 성과의 활용방안

[현장 적용 및 실용화 방안]

기상청 현업 기후예측 시스템에 통합하여 계절~수년 예측 정보를 국민에게 제공한다. 기존 GloSea6 모델과 다중모델 앙상블을 구성하여 예측 신뢰도를 향상시킨다. 2029년부터 기상청 기후정보포털에 해양-극지 예측 정보(수온, 해빙, 해수면 높이, 일차생산력)를 탑재하고 월 1회 업데이트한다.

국립수산물연구원과 협력하여 수산자원 변동 예측 서비스를 구축한다. 주요 어종(고등어, 오징어, 명태, 멸치)의 어장 위치와 어획 가능량을 1~3개월 전망으로 제공한다. 어업인 맞춤형 모바일 앱을 개발하여 실시간 알림 서비스를 실현한다. 이는 어업 비용 절감과 자원 관리 효율성 향상으로 이어진다.

해양수산부 북극항로 사업단에 해빙 예측 정보를 제공하여 선박 운항 안전성을 높인다. 북극해 항로의 주간~계절 해빙 농도 예측으로 최적 항해 시기와 경로를 결정하도록 지원한다. 해상풍력 발전사업자에게는 장기 해양-대기 변동성 정보를 제공하여 풍력단지 입지 선정과 설비 설계에 활용하도록 한다.

[제품화 및 기술이전 방안]

예측시스템 핵심 알고리즘(자료동화, 편향보정, 앙상블 생성)을 소프트웨어 패키지로 상용화한다. 민간 기상서비스 기업에 기술이전하여 맞춤형 해양 기후정보 상품을 개발하도록 지원한다. 기술료는 총 연구비의 3~5% 수준(약 15억 원)으로 책정하고 3년간 분할 납부 조건으로 기술이전 장벽을 낮춘다.

해양 생태계 예측 모델은 수산 ICT 기업과 협력하여 스마트 양식 관리 시스템에 통합한다. 수온, 용존 산소, 식물플랑크톤 농도 예측 정보를 양식장 환경 모니터링과 결합하여 최적 사육 조건을 유지하도록 한다. 이는 양식 생산성 20% 향상과 질병 발생 30% 감소 효과가 기대된다.

[미래 원천기술 확보]

고해상도 기후모델링 기술은 디지털 트윈 지구 시스템 구축의 핵심 요소다. 향후 육상-대기까지 확장하여 완전한 지구시스템 모델을 개발하는 토대가 된다. 딥러닝 기반 예측 기법은 기상-기후 분야를 넘어 산업 공정 예측, 금융시장 분석 등에도 응용 가능한 범용 기술이다.

해양-빙권-생태계 통합 모델링은 행성 기후 연구(화성, 타이탄)로 확장될 수 있다. NASA와 ESA가 추진하는 외계 해양 탐사 프로젝트에 기여할 잠재력이 있다. 본 연구에서 확보한 수치모델링 역량은 국가 우주개발 계획과도 연계될 것이다.

[신산업 창출 및 후속연구]

기후예측 정보를 활용한 파생 산업이 활성화될 것이다. 보험업계는 해양재난(태풍, 폭풍해일) 리스크 평가에 장기 예측 정보를 활용하여 상품을 개발할 수 있다. 물류업계는 북극항로와 파나마 운하 수위 예측으로 운송 전략을 최적화할 수 있다. 이는 연간 수조 원 규모의 신시장 창출로 이어진다.

후속연구로는 탄소중립 달성을 위한 해양 기반 CO2 포집 및 저장(Ocean-based Carbon Capture

and Storage) 최적 지역 선정 연구가 가능하다. 해양 생태계 예측 기술을 활용하여 철 시비(iron fertilization) 등 인위적 개입의 효과와 부작용을 사전 평가할 수 있다. 또한 기후공학(geoengineering) 시나리오의 해양-극지 영향을 정량화하는 연구로 확장 가능하다.

작성요령(제출 시 삭제할 것)

- 현장적용 방안(계획), 실용화제품화 방안, 미래원천기술 확보, 신산업 창출 등 예상되는 활용분야 및 활용방안을 상세히 기술하고 이에 따른 사업화, 기술이전, 후속연구 등을 서술

작성예시(Sample)(제출 시 삭제할 것)

- 원천기술 확보내용, 제품화 및 신산업 창출 방안 등
 - 환경 감시 분야 활용 : 최근의 HF 노출 사고와 같은 환경 유해물질의 극미량 누출에도 초고감도로 실시간 반응하여 초기에 독성 물질의 확산을 방지할 수 있는 바이오/화학 센서 시스템 개발에 활용하여 소형화 및 저가화를 이루어 국가의 신성장 동력엔진을 창출
 - ※ 기술이전 및 후속연구 방안이 있을 경우 서술

4-2. 기대효과

○ 기술적 측면

1/10도 고해상도 전지구 해양-빙권-생태계 통합 시스템은 세계 3~5위 수준의 기술력을 확보하게 한다. 중규모 에디 명시적 계산으로 열수송과 영양염 공급 메커니즘을 정밀 재현하여 예측 정확도를 획기적으로 향상시킨다. 딥러닝 기반 편향보정 기술은 전통적 통계 후처리를 대체하는 혁신적 방법론으로 국제 학계에 기여할 것이다.

해양-빙권 상호작용 과정 모사 기술은 IPCC AR7 보고서에 기여하고 국제 기후모델 상호비교 프로젝트(CMIP7)에 참여할 수 있는 역량을 제공한다. 극지 환경 변화 예측 기술은 북극이사회, 남극조약 체제 내에서 한국의 과학적 발언권을 강화하는 토대가 된다.

준실시간 자료동화 시스템(6시간 지연)은 기존 1~7일 대비 초기장 정확도를 30% 이상 개선하여 단기~중기 예측 신뢰도를 크게 높인다. 이 기술은 기상청, 국립해양조사원 등 유관기관의 현업 시스템에도 파급될 것이다.

○ 경제적 · 산업적 측면

수산업 분야에서 연간 약 5,000억 원의 경제적 효과가 예상된다. 어장 예측 정확도 향상으로 조업 비용 20% 절감, 어획량 안정화로 수산물 가격 변동성 완화, 자원 관리 개선으로 지속가능한 어업 실현 등의 효과가 복합적으로 나타난다. 특히 명태 자원 회복과 오징어 어장 이동 대응에 실질적 도움이 될 것이다.

북극항로 개발은 2035년까지 연간 1,000만 톤 물동량 목표를 세우고 있으며 정확한 해빙 예측은 이를 뒷받침하는 핵심 기술이다. 항해 리스크 감소로 보험료 절감, 최적 항로 선택으로 연료비 절감 등 선박 1척당 연간 50만 달러 이상 비용 절감 효과가 있다. 연간 수백 척이 운항할 경우 수천억 원 규모 경제 효과가 발생한다.

해상풍력 산업은 2030년까지 12GW 설비 투자에 약 50조 원이 소요되며 장기 해양기후 정보는 입지 선정과 설계 최적화로 투자 효율을 10% 이상 개선할 수 있다. 이는 약 5조 원의 비용 절감 효과다. 또한 발전량 예측 정확도 향상으로 전력망 운영 효율성이 높아져 추가 경제 편익이 발생한다.

기후예측 정보 서비스 산업 육성으로 민간 부문에서 연간 약 2,000억 원 규모의 시장이 창출될 것이다. 맞춤형 해양기후 컨설팅, 재난 리스크 평가, 보험 상품 개발 등 파생 산업까지 포함하면 5,000억 원 이상으로 확대 가능하다.

○ 사회적 측면

해수면 상승과 극한 해양기상에 대한 조기경보 능력 향상은 연안 주민 200만 명 이상의 안전을 보호한다. 태풍 강도와 경로 예측 개

선, 폭풍해일 사전 대비로 인명 피해와 재산 손실을 30% 이상 줄일 수 있다. 이는 연간 1조 원 이상의 사회적 편익으로 환산된다.

기후변화 적응 정책 수립에 과학적 근거를 제공하여 국가 재난 대응력을 강화한다. 해안 방재시설 설계, 연안 도시계획 수립, 어촌 공동체 보호 정책 등에 장기 예측 정보가 활용되어 정책 효과성이 높아진다.

극지 연구 역량 강화는 국가 위상 제고와 직결된다. 남극조약 자문국 지위 유지, 북극이사회 옵서버 역할 강화로 국제 극지 거버넌스에서 발언권이 커진다. 이는 극지 자원 개발과 북극항로 이용에서 유리한 위치를 확보하는 전략적 자산이다.

차세대 과학기술 인재 양성 효과도 크다. 본 연구에 참여하는 대학원생과 박사후연구원 약 80명이 세계 수준의 기후모델링과 빅데이터 분석 기술을 습득하여 향후 국가 R&D를 이끌 핵심 인력으로 성장한다. 연구 성과는 대학 교육과정에 반영되어 기후과학 교육의 질을 높인다.

작성요령(제출 시 삭제할 것)

- 연구자 입장에서 기대되는 결과를 기술적 측면과 경제·산업적 측면으로 구분하여 간단 명료하게 기술
 - 기술의 확산 효과(전후방 관련 산업에 대한 기술적 파급효과), 기술적 경쟁력 향상 효과(선진국의 기술이전 기피현상 극복이나 규제 회피에 효과를 발휘할 수 있는지 등)위주로 기술적 파급효과 기술
 - 당해 기술개발에 따른 경제적 효과로서 예상수익, 생산성 향상에 따른 비용절감, 수입대체, 수출기대, 당해 기술의 시장성 등을 기술하고, 산업적 효과로서 산업발전에 영향을 줄 수 있는 사항 등 사회경제적 파급효과 서술
 - 전문인력양성, 산업구조개선, 국가이미지 제고 효과 위주로 전략적 측면에서의 파급효과 제시

작성예시(Sample)(제출 시 삭제할 것)

<기대성과>

- 연구결과에 따른 초저가, 초고감도의 광센서의 독자적인 기술을 기반으로 상품화로 세계의 광바이오 부품 및 모듈 시장에 경쟁력 확보 전망
 - 2025년 기준으로 약 6퍼센트 시장을 점유할 경우 60억\$의 시장 창출이 가능할 것으로 기대
- 실시간 초고감도 특성과 더불어 소형화 및 저가화를 이루어 현장진단(POCT; point of care test)의 신시장 개척 기대

<파급효과>

- 개발 대상 기술·제품의 파급효과
 - [기술적 측면] 기술적 측면의 파급효과를 구체적으로 기재
 - [경제적·산업적 측면] 경제적, 산업적 측면의 파급효과를 구체적으로 서술
 - [사회적 측면 등] 사회적 측면의 파급효과를 구체적으로 서술

5. 연구개발성과의 사업화 전략 및 계획 (상용화 R&D사업은 의무 작성)

5-1. 국내외 시장 동향

글로벌 기후예측 서비스 시장은 2025년 기준 약 120억 달러 규모이며 연평균 8.5% 성장하여 2030년 180억 달러에 이를 전망이다. 특히 해양-극지 특화 예측 서비스는 연 15% 고성장 중이며 북극항로 개척과 해상풍력 확대로 수요가 급증하고 있다. 국내 시장은 약 3,000억 원 규모로 기상청과 국립수산물학원이 주요 수요처이며 민간 부문은 연 20% 성장 중이다. 해상풍력 단지 2030년 12GW 목표에 따라 장기 해양기후 정보 수요가 연 500억 원 이상 창출될 것으로 예상된다. 수산업 ICT 시장은 스마트 양식과 어장 예측 서비스를 중심으로 연 1,200억 원 규모이며 본 과제 기술이 직접 적용 가능한 영역이다. 국내 경쟁 기관으로는 KIOST와 서울대 지구환경과학부가 있으나 1/10도 고해상도와 딥러닝 편향보정 기술은 본 과제가 최초이다. 해외에서는 영국 Met Office, 미국 NOAA, 일본 JAMSTEC가 주요 경쟁자이며 본 과제는 이들과 기술 수준을 대등하게 만들어 세계 3~5위권 진입을 목표로 한다. 주요 수출 대상국은 동남아시아와 중동 산유국이며 해양 의존도가 높은 국가들이 잠재 고객이다. 북극이사회 옵서버 국가들과 기술 협력 및 서비스 수출 기회도 존재한다.

5-2. 지식재산권, 표준화 및 인증기준 현황

딥러닝 기반 기후모델 편향보정 방법에 대한 특허를 국내 및 PCT 국제출원을 통해 확보할 계획이다(출원 목표 3건). 준실시간 자료동화 알고리즘은 6시간 지연 구현 기술의 핵심이므로 소프트웨어 특허로 보호한다. 해양-빙권-생태계 통합 모델링 인터페이스 기술도 독자적 구현 방법론을 특허 출원한다. 예측 시스템 소프트웨어 패키지는 저작권 등록하고 기술이전 시 라이선스 계약을 통해 보호한다. 어업인 모바일 앱은 디자인 및 UI/UX 특허를 검토하며 상표 등록도 병행한다. 국제 표준으로는 IPCC 보고서 기여와 CMIP7 참여를 통해 기술의 국제 공인을 확보한다. 기상청 현업 시스템 통합을 위해 기상청 표준 데이터 형식(NetCDF-CF, GRIB2)을 준수하고 인터페이스 명세를 문서화한다. WMO(세계기상기구) 표준 메타데이터 규격을 따라 국제 데이터 교환 체계에 부합하도록 한다.

5-3. 표준화 전략

IPCC AR7 보고서와 CMIP7 프로젝트에 본 과제 결과를 제출하여 국제 기후모델 표준 벤치마크에 포함시킨다. 이를 통해 한국 기술이 국제 표준의 일부로 인정받고 글로벌 기후 연구 커뮤니티에서 발언권을 확보한다. 해양 예측 데이터 형식은 GODAE OceanView와 Copernicus Marine Service 표준을 따라 국제 호환성을 보장한다. 딥러닝 모델 학습과 추론 파이프라인은 ONNX(Open Neural Network Exchange) 표준을 채택하여 다양한 플랫폼에서 활용 가능하도록 한다. 기상청과 협력하여 한국형 해양 기후 예측정보 표준(KMA-OCFS)을 제정하고 이를 국내 유관기관과 민간 기업이 공통으로 사용하도록 보급한다. 자료동화 시스템은 JEDI(Joint Effort for Data assimilation Integration) 프레임워크 표준을 따라 국제 협력 연구를 촉진한다. 북극 해빙 예측 정보는 북극이사회와 국제해사기구(IMO) 극지운항 지침에 부합하는 형식으로 제공하여 국제 항해 안전 표준에 기여한다.

5-4. 사업화 계획

1) 사업화 전략 (제품홍보, 판로확보, 판매전략 등의 사업화 추진전략)

구분	구체적인 내용
형태/규모	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상용화 형태: 기술이전(소프트웨어 패키지), 맞춤형 해양기후정보 구독 서비스, 스마트 양식 통합 솔루션, 북극항로 해빙 예측 컨설팅 ○ 수요처: 기상청(현업 시스템), 국립수산물과학원(어장 예측), 해양수산부 북극항로사업단, 해상풍력 발전사업자(한국전력, SK E&S, 한화 등), 민간 기상 서비스 기업(케이웨더, 웨더아이 등), 수산 ICT 기업, 보험사(삼성화재, 현대해상), 해운물류사(HMM, 팬오션) ○ 예상 단가: 기술이전 15억 원(일시금 + 3년 분할), 맞춤형 서비스 연간 1~5억 원/기관, 모바일 앱 구독료 월 5만 원/어업인 ○ 개발 투입인력 및 기간: 총 80명(석박사급 60명, 박사후 20명), 5년(2025~2029년), 2029년 기상청 현업화 완료
상용화 능력 및 자원보유	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고성능 컴퓨팅 인프라 보유(슈퍼컴퓨터 10 PFlops급), 해양 관측 데이터 실시간 수집 체계 구축(위성, 부이, Argo 플로트), 딥러닝 GPU 클러스터 운영 경험(300 GPU 이상) ○ 기상청·국립수산물과학원·KIOST와 현업 협력 네트워크 확보, 국제 공동연구 경험(CMIP6 참여 실적), 해양-기후 분야 박사급 인력 50명 이상 보유 ○ 기술이전 후 3년간 유지보수 및 업그레이드 지원 계획, 사용자 교육 프로그램 운영, 24시간 기술지원 체계 구축
상용화 계획 및 일정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2025~2027년: 1/10도 모델 개발 및 검증, 딥러닝 편향보정 알고리즘 완성, 자료동화 시스템 6시간 지연 달성 ○ 2028년: 기상청 시범 운영, 국립수산물과학원 어장 예측 서비스 시범 적용.

	<p>민간 기업 대상 기술설명회 개최(연 3회)</p> <p>○ 2029년: 기상청 기후정보포털 정식 탑재(월 1회 업데이트), 기술이전 계약 체결(1차 5억 원, 2~4년 각 3.3억 원), 맞춤형 서비스 상용화 개시</p> <p>○ 2030년 이후: 해외 수출(동남아 3개국 목표), 북극이사회 공식 협력 파트너십 체결, 후속 연구개발(육상-대기 통합 확장) 착수</p>
--	---

2) 사업화 모형 제시

- 가. 사업화 모형 수립(BM) 배경: 기후변화로 인한 해양 환경 급변과 극지 빙권 축소는 수산업, 북극 항로, 해상풍력 등 해양 의존 산업에 직접적 영향을 미치고 있다. 기존 예측 시스템은 해상도와 정확도 한계로 실용성이 부족하여 민간 부문의 유료 서비스 수요가 충족되지 못하고 있다. 본 과제는 세계 최고 수준의 기술력으로 이 격차를 메우고 공공-민간 양방향 수익 모델을 구축한다.
- 나. 사업화 모형의 목표 및 핵심 경쟁 요인: 최종 목표는 2030년까지 국내 해양기후정보 서비스 시장 30% 점유와 연간 200억 원 매출 달성이다. 핵심 경쟁 요인은 1/10도 고해상도(경쟁사 1/4도 대비 16배 정밀), 딥러닝 편향보정으로 예측 정확도 30% 개선, 6시간 지연 준실시간 자료동화(경쟁사 1~7일 대비 혁신), 해양-빙권-생태계 통합 예측(경쟁사는 개별 요소만 제공)이다. 기상청 현업 시스템 탑재로 공신력을 확보하고 민간 기업에는 맞춤형 부가 서비스를 제공하는 투트랙 전략이다.
- 다. 목표 시장 구조: (1) 경쟁 기업 현황 - 국내에서는 케이웨더와 웨더아이가 일반 기상정보를 제공하나 해양 특화 서비스는 미흡하다. KIOST는 연구 목적 예측에 집중하며 상용 서비스는 제한적이다. 해외에서는 영국 Met Office의 GloSea 시스템, 미국 NOAA의 CFSv2, 일본 JAMSTEC의 SINTEX가 주요 경쟁자이며 기술 수준은 우리 목표와 대등하거나 앞서 있다. 그러나 이들은 한반도 주변 해양 최적화가 부족하여 국내 시장에서는 경쟁 우위를 확보할 수 있다. (2) 시장 진입 장벽 - 기상청 현업 시스템 통합은 엄격한 검증 절차와 안정성 요구로 최소 2년 이상 소요된다. 슈퍼컴퓨터 등 고비용 인프라가 필수이며 초기 투자 부담이 크다. 해양 관측 데이터 접근 권한 확보와 국제 협력 네트워크 구축도 진입 장벽이다. 그러나 본 과제는 기상청과 사전 협력 체계를 구축하고 국가 슈퍼컴퓨터 활용 계획을 확보하여 이러한 장벽을 극복할 수 있다.
- 라. 수익 확보 전략: (1) 주요 고객군 - 공공 부문: 기상청(기후정보포털 통합), 국립수산물과학원(어장 예측), 해양수산부(북극항로), 해양조사원(조석·해류 예측). 민간 부문: 해상풍력 사업자(입지 선정, 발전량 예측), 수산 ICT 기업(스마트 양식 통합), 보험사(해양재난 리스크 평가), 해운물류사(항로 최적화). 어업인 개인(모바일 앱 구독). (2) 사업화 모형(BM)을 통한 수익 창출 방안 - 직접 수익: 기술이전료 15억 원(일시금 5억 + 3년 분할 10억), 맞춤형 정보 구독료(연 1~5억 원/기관, 목표 20개 기관 = 40억 원), 모바일 앱 구독료(월 5만 원 × 1만 어업인 = 연 60억 원), 컨설팅 서비스(프로젝트당 5천만~2억 원). 간접 수익: 후속 R&D 수주(정부 과제 연 50억 원), 국제 공동연구 참여(EU Horizon, NSF 등 연 30억 원), 인력 양성 사업(대학원생 장학금 지원 연 10억 원). 총 연간 수익 목표는 2030년 200억 원, 2035년 500억 원이다. 고객 확보 전략은 Innovators(기상청, 수산과학원)로 시작하여 Early Adopters(해상풍력 선도 기업)로 확산하고 Early Majority(일반 해운·수산업)까지 3단계로 접근한다. 구매 욕구는 기후변화 대응 필수성과 경제적 손실 방지로 매우 구체적이며 공공 부문은 정책 목표, 민간 부문은 투자 수익률 개선으로 동기가 명확하다.

3) 투자 계획

(단위 : 백만원)

항목	(년)	(년)	(년)
----	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

		개발 종료 후 1년	개발 종료 후 2년	개발 종료 후 3년
매출원가1)				
판매관리비2)				
자본적 지출	토지			
	건물/구축물			
	기계장치등			
자본적지출 합계				

4) 생산 계획

구분		(년) 개발 종료 후 1년	(년) 개발 종료 후 2년	(년) 개발 종료 후 3년
국 내	시장점유율(퍼센트)			
	판매량(단위:)	기상청 1건, 수산과학원 1건, 민간 3건	기상청, 수산과학원, 해수부, 민간 15건	공공 10건, 민간 30건
	판매단가(원)	기관당 1~5억 원	기관당 1~5억 원	기관당 1~5억 원
	국내매출액(백만원)	1,500	4,000	10,000
해 외	시장점유율(퍼센트)			
	판매량(단위:)	동남아 1건	동남아 2건, 중동 1건	아시아 5건, 중동 2건, 유럽 1건
	판매단가(\$)	0.5~1M	0.5~1M	0.5~1M
	해외매출액(백만\$)			
당사 생산능력1)		연 10건 서비스 제공 가능	연 20건 서비스 제공 가능	연 50건 서비스 제공 가능

5) 해외시장 진출계획

IPCC AR7 보고서 집필진 참여를 통해 국제 기후과학 커뮤니티에서 기술력을 인정받고 공동연구 기회를 확대한다. 북극이사회 옵서버 국가 지위를 활용하여 북유럽 국가들(노르웨이, 핀란드, 아이슬란드)과 극지 예측 정보 공유 협정을 체결하고 북극항로 안전 서비스를 공동 제공한다. 동남아시아 국가들(베트남, 인도네시아, 필리핀)은 수산업과 해상풍력 투자가 급증하고 있어 우선 진출 대상이며 ASEAN 해양협력 기금을 활용한 기술 수출을 추진한다. 중동 산유국(사우디, UAE)은 해수담수화와 해상 석유시설 운영에 해양 예측 정보가 필수이므로 맞춤형 컨설팅 서비스로 접근한다. EU의 Copernicus Marine Service와 데이터 교환 협정을 체결하여 유럽 시장 진출 발판을 마련하고 Horizon Europe 프로그램에 참여하여 공동연구 자금을 확보한다. 국제해사기구(IMO)와 협력하여 극지운항 안전 가이드라인에 본 과제의 해빙 예측 정보를 반영함으로써 글로벌 표준화를 선도한다. 2030년까지 해외 매출 목표는 연 50억 원이며 아시아-중동-유럽 순으로 단계적 확장 전략을 실행한다.

6. 연구개발 안전 및 보안조치 이행계획

6-1. 안전조치 이행계획

연구실 안전환경 조성에 관한 법률과 산업안전보건법에 따라 참여 연구원 전원을 대상으로 연 2회 안전 교육을 실시하고 교육 이수 확인서를 제출한다. 슈퍼컴퓨터 센터와 데이터센터는 화재 및 전기 안전점검을 분기별로 실시하며 외부 전문기관(한국전기안전공사)의 정기 안전진단을 받는다. 고성능 컴퓨팅 장비의 과열 방지를 위해 항온항습 시스템을 24시간 모니터링하고 냉각수 누수 감지 센서를 설치한다. 참여 연구원은 연구실 배상책임보험과 상해보험에 의무 가입하며 보험료는 연구비에서 지급한다. 해양 현장 관측 활동 시에는 선박 안전 수칙을 준수하고 구명조끼 착용을 의무화하며 기상 악화 시 조사를 중단한다. 극지 현장 연구 시에는 저체온증 예방 교육을 사전에 실시하고 위성통신 장비를 휴대하여 비상 연락 체계를 확보한다. 연구 자료와 결과물은 백업 서버에 일일 자동 백업하고 3개월마다 외부 저장소에 추가 백업하여 데이터 손실을 방지한다. 개인정보와 민감한 연구 데이터는 암호화하여 저장하고 접근 권한을 엄격히 관리한다. 연구실 내 소화기와 비상구를 정기 점검하고 연 1회 화재 대피 훈련을 실시한다. 안전사고 발생 시 즉시 연구책임자와 기관 안전관리자에게 보고하고 사고 경위서를 작성하여 재발 방지 대책을 수립한다.

6-2. 보안조치 이행계획

국가연구개발혁신법 제32조와 개인정보보호법에 따라 연구 데이터와 결과물의 보안을 유지한다. 슈퍼컴퓨터 접근 권한은 참여 연구원에게만 부여하며 이중 인증(ID/PW + OTP)을 의무화한다. 연구 서버는 방화벽과 침입탐지시스템(IDS)으로 보호하고 외부 접속은 VPN을 통해서만 허용한다. 해양 관측 데이터 중 군사 관련 민감 정보(함정 위치, 잠수함 작전 해역 등)는 국방부 보안지침에 따라 별도 암호화하여 격리 저장하고 접근 로그를 기록한다. 연구 결과물 중 특허 출원 대상 기술은 출원 전까지 외부 공개를 금지하며 비밀유지서약을 징구한다. 참여 연구원은 연구윤리 및 보안교육을 연 1회 이수하고 퇴직 후에도 3년간 비밀유지 의무를 부담한다. 국제 공동연구 시 데이터 공유는 사전 보안심사를 거쳐 승인된 범위 내에서만 진행하며 MOU에 데이터 사용 제한 조항을 명시한다. 클라우드 저장소 사용 시에는 국내 서버를 우선하고 해외 서버 사용 시 데이터 주권 확보를 위해 암호화 키는 국내에서 관리한다. 연구 종료 후 데이터는 국가과학기술연구회 데이터 관리 지침에 따라 10년간 보존하며 공개 가능한 데이터는 국가연구 데이터플랫폼(DataON)에 등록하여 공유한다. 보안 사고 발생 시 즉시 전담기관에 보고하고 72시간 내 사고조사 보고서를 제출하며 재발 방지 대책을 수립한다.

6-3. 그 밖의 조치사항 이행계획

연구윤리확보를 위한 지침에 따라 모든 참여 연구원은 연구윤리교육을 이수하고 연구진실성 서약을 제출한다. 연구노트는 전자연구노트(e-Lab Note) 시스템에 작성하며 실험 및 분석 과정을 실시간으로 기록하여 연구 재현성을 확보한다. 표절 검증을 위해 논문 투고 전 유사도 검사를 실시하고 10% 이하를 유지한다. 연구 데이터 조작 및 변조를 방지하기 위해 원시 데이터는 읽기 전용으로 보관하고 처리 과정은 자동화 스크립트로 문서화한다. 저작권 침해 방지를 위해 외부 소프트웨어 사용 시 라이선스를 확인하고 오픈소스 사용 시 라이선스 조건(GPL, MIT 등)을 준수한다. 인간 대상 연구나 개인정보 수집이 필요한 경우 IRB 승인을 받고 동의서를 징구하며 익명화 처리한다. 동물실험은 본 연구에서 수행하지 않으나 해양 생태계 현장 조사 시 멸종위기종 보호를 위해 환경부 지침을 준수한다. 연구 성과물의 저작권은 연구비 부담 비율에 따라 참여기관이 공동 소유하며 기술이전 수익 배분도 동일 비율로 한다.

이해상충 방지를 위해 연구책임자와 참여연구원은 관련 기업의 주식 보유 및 자문 활동을 사전 신고하고 승인을 받는다. 연구 과정에서 발생하는 폐기물(화학약품, 전자폐기물 등)은 환경관리법에 따라 전문 업체에 위탁 처리하며 처리 내역을 기록 보관한다.

○ 보안등급의 분류 및 결정사유(해당 시 작성)

보안등급 분류	보안	일반
	√	
결정 사유	본 연구는 공개 학술연구이며 국방·안보와 직접 관련이 없고 연구 결과는 국제 학술지 및 IPCC 보고서에 공개될 예정이므로 일반과제로 분류한다. 다만 특허 출원 대상 기술은 출원 전까지 제한적으로 관리한다.	

○ LMO 연구시설 및 수입신고 현황(해당 시 작성)

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	연구개발계획서 요약문
	주관연구개발기관 현황 및 보유 역량 자료
2.	참여연구원 인력 현황표
	연구시설·장비 보유 현황

< 참고문헌 >

1. IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report.
2. Eyring, V., et al. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. Geoscientific Model Development, 9(5), 1937–1958.
3. Griffies, S. M., et al. (2015). Impacts on ocean heat from transient mesoscale eddies in a hierarchy of climate models. Journal of Climate, 28(3), 952–977.
4. Hunke, E. C., et al. (2015). CICE: the Los Alamos Sea Ice Model Documentation and Software User's Manual Version 5.1. LA-CC-06-012.
5. Smith, D. M., et al. (2020). North Atlantic climate far more predictable than models imply. Nature, 583(7818), 796–800.
6. Reichstein, M., et al. (2019). Deep learning and process understanding for data-driven Earth system science. Nature, 566(7743), 195–204.
7. Stock, C. A., et al. (2020). Ocean biogeochemistry in GFDL's Earth System Model 4.1 and its response to increasing atmospheric CO₂. Journal of Advances in Modeling Earth Systems, 12(10), e2019MS002043.
8. Meier, W. N., et al. (2014). Arctic sea ice in transformation: A review of recent

observed changes and impacts on biology and human activity. *Reviews of Geophysics*, 52(3), 185–217.

9. 기상청 (2023). 기후예측시스템 현업 운영 지침. 기상청 기후과학국.

10. 해양수산부 (2022). 북극항로 개척을 위한 해빙 정보 활용 전략. 해양수산부 북극정책과.

[별첨 1] 진도점검 목표

진도점검 목표(해당시 작성)

(1) 1차년도 진도점검 계획

① 마일스톤 수행체계

Milestone No.	마일스톤 명	책임자	평가 예정일
1	1/10도 전지구 해양 모델 구축 및 스핀업 완료	홍길동	2026.11.30
1.1	고해상도 해양 모델 초기화 및 50년 스핀업 실행	김철수	2026.06.30
1.2	해양-대기 결합 시험 및 안정성 검증	이영희	2026.10.30
2	딥러닝 편향보정 알고리즘 프로토타입 개발	박민수	2026.11.30
2.1	CNN 기반 편향보정 모델 훈련 및 검증	정수진	2026.09.30

② 마일스톤 수행계획

Milestone No.	1.1	
Milestone 명	고해상도 해양 모델 초기화 및 50년 스핀업 실행	
목표 일정	2026.06.30	
목 표	1/10도 해상도 전지구 해양 모델의 초기 조건을 설정하고 50년간 스핀업을 실행하여 해양 순환과 수온 염분 분포가 관측 자료와 일치하는 평형 상태에 도달한다. 중규모 에디가 명시적으로 계산되는 고해상도 격자체계를 구축하고 NEMO 모델 코드를 슈퍼컴퓨터 환경에 최적화하여 병렬 연산 효율을 80% 이상 확보한다.	
주요 성과물		
1/10도 해상도 전지구 해양 모델 구성 파일, 50년 스핀업 실행 결과 데이터(수온·염분·해류 3차원 분포), 관측 자료(Argo, 인공위성 해수면온도)와의 비교 검증 보고서, 중규모 에디 재현 성능 평가 보고서		
점검항목	점검기준	점검방법
해양 모델 격자 해상도 및 스핀업 완료 여부	전지구 1/10도 격자(약 10km 해상도) 구축 완료, 50년 스핀업 실행 완료, 수온·염분·해류의 전지구 평균 제공근 오차(RMSE)가 관측 대비 20% 이내	모델 구성 파일 검토, 스핀업 결과 데이터 분석, 관측 자료(Argo 프로파일, 위성 해수면온도)와 통계적 비교, 중규모 에디 식별 알고리즘 적용 후 에디 개수 및 크기 분포 검증

Milestone No.	2.1	
Milestone 명	CNN 기반 편향보정 모델 훈련 및 검증	
목표 일정	2026.09.30	
목 표	과거 30년간 기후예측 결과와 재분석 자료를 활용하여 훈련 데이터셋을 구축하고 합성곱 신경망(CNN) 기반 편향보정 알고리즘을 개발한다. 해수면온도, 해류, 해빙 농도에 대한 예측 편향 패턴을 학습하여 예측 정확도를 30% 개선하는 딥러닝 모델을 완성하고 독립적인 검증 기간(2020~2023년)에 대해 성능을 평가한다.	
주요 성과물		
훈련 데이터셋(1990~2020년 예측-재분석 자료 쌍), CNN 편향보정 모델 소스코드 및 학습된 가중치 파일, 검증 기간(2020~2023년) 성능 평가 보고서(RMSE, 상관계수, 편향 감소율), 해수면온도·해류·해빙 농도에 대한 편향보정 전후 비교 시각화 자료		
점검항목	점검기준	점검방법
딥러닝 모델 훈련 완료 및 예측 정확도 개선 수준	CNN 편향보정 모델 훈련 완료, 검증 기간(2020~2023년) 해수면온도 예측 RMSE 30% 감소, 해류 예측 상관계수 0.7 이상, 해빙 농도 예측 편향 50% 이상 감소	훈련 데이터셋 구성 확인, 딥러닝 모델 아키텍처 및 하이퍼파라미터 문서 검토, 독립 검증 기간 예측 결과와 재분석 자료 통계 비교(RMSE, 상관계수, 편향), 해역별·계절별 성능 분석

(2) 2차년도 진도점검 계획

(3) 3차년도 진도점검 계획

[별첨 2] 연구시설·장비 구축계획서

연구시설·장비 구축계획서(해당시 작성)

(구축장비가 2대 이상일 경우 각 장비에 대해 모두 작성)

1. 연구시설·장비 개요

□ 연구시설·장비구축 개요

구 분		내 용							
과제명		고해상도 전지구 해양-극지 기후예측 시스템 개발							
시설장비명	한글	본 과제는 기존 국가 슈퍼컴퓨터 인프라(누리온 5호기, 128페타플롭스)를 활용하여 수행하므로 별도 대형 연구시설·장비 구축 계획이 없음. 다만 소규모 GPU 서버(딥러닝 편향보정용, 3억 원 미만)는 일반 연구비 장비비 항목으로 처리 예정.							
	영문	해당없음							
제작사 및 모델명 (입찰예정이면 제작사 및 모델명을 2개 이상 작성)		제작국가명			제작사명			모델명	
		국산	대한민국						
		외산	미국						
취득방법 (해당란에 '○'표시)		구 매	리 스 ¹⁾	렌 탈 ²⁾	제작의뢰	자체제작	기 타(직접 기재)		
구축비용 (단위 : 백만원)		단가	수량	총금액	'00년 정부지원연구개발비 신청금액	'00년 자체부담 금액 (매칭펀드로 구축하는 경우)	적용환율 (외자일 경우)	년도별 분할납부 금액 및 임대료 (분할납부예정 또는 임대일 경우)	
구축일정		발주예정시기					설치예정시기		
		YYYY-MM ~ YYYY-MM					YYYY-MM ~ YYYY-MM		
구축장소 (수량별 구축장소가 다른 경우 구분하여 작성)		설치예정 지역명			설치예정 기관명		설치예정 세부 장소(건물명 등)		
시설장비 용도		○ -							
주요사양		○ - ※ 심의위원들이 판단할 수 있게 사양을 구체적으로 자세하게 기재. 품목의 특성 및 성능을 구체적으로 기재 ※ 견적서 필수 첨부(6개월 이내). 견적서는 장비를 구성하는 세부 구성품명과 구성품별 금액을 구분하여 제시 요망. 견적서에 장비 총금액만 제시할 경우 불인정. 입찰예정인 경우 업체별 견적서를 2개 이상 첨부							

1) 리스 : 장기간 임대(소유권 : 임대인, 관리권·사용권 : 임차인)

2) 렌탈 : 단기간 임대(소유권·관리권 : 임대인, 사용권 : 임차인)

□ 사전기획 여부 및 수요조사 실시 여부

사전기획 여부 (해당란에 '○'표시)	실시	미실시	수요조사 여부 (해당란에 '○'표시)	실시	미실시

※ 사전기획 여부를 '실시'로 선택한 경우, 사전기획보고서를 첨부 요망(5억원 이상 연구시설장비는 필수 제출)

※ 수요조사 여부를 '실시'로 선택한 경우, 수요조사 결과를 첨부 요망

2. 신청 연구시설·장비 중복성 자체검토

- '시설장비심의평가서비스 (<https://red.zeus.go.kr/home>)' 시설장비기획 - 중복성검토 상에서 중복성을 자체 검토한 후 중복성검토확인서 발급(중복성 검토 확인서 발급 매뉴얼 참고)
- 중복성검토확인서 발행시 저장된 '대체가능장비 목록'을 아래 표에 작성하거나 엑셀파일로 별도 제출

순번	장비명	제작사	모델명	취득 연도	취득금액 (단위 : 백만원)	설치 기관명 (설치지역)	지역 중복 여부 ¹⁾	공동 활용 여부 ²⁾	장비 등록 번호 ³⁾	신청기관의 자체검토 의견	검색 키워드
1	한글명 영문명									○ ※ 검색된 동일·유사장비가 있 음에도 불구하고 신청한 비를 구축해야만 하는 타당한 이유를 기재 (차별성, 추가 수요에 따른 구축 필요성 등)	검색창에 입력한 텍스트
2											
3											
4											
5											
6											
7											

1) 지역중복여부 : 동일지역, 인근지역, 타지역 중 택 1

- 동일지역 : 신청장비의 설치예정 지역과 동일한 지역(17개 시·도 기준임. 특별시, 광역시, 특별자치시, 도, 특별자치도)에 있는 장비인 경우. 구입수량이 여러대여서 설치예정 지역이 여러 지역인 경우, 그 중 하나의 지역이라도 동일하면 동일지역으로 기재
- 인근지역 : 신청한 장비의 설치예정 지역과 동일지역은 아니지만, 동일광역권(5+2 광역경제권 기준)에 있는 장비인 경우

·수도권 : 서울, 인천, 경기	·충청권 : 세종, 대전, 충남, 충북	·호남권 : 광주, 전남, 전북	·대경권 : 대구, 경북
·동남권 : 부산, 울산, 경남	·강원권 : 강원	·제주권 : 제주	

- 타 지 역 : 동일지역, 인근지역 외의 지역에 있는 장비인 경우

- 2) 공동활용여부 : RED.ZEUS 검색시 제공되는 '활용범위'란의 정보를 기재(공동활용서비스, 공동활용허용, 단독활용)
- 3) 장비등록번호 : RED.ZEUS에 등록된 연구장비의 고유번호임

3. 연구시설·장비구축의 목적 및 내용

구 분	내 용
사업(연구) 부합성	○ - ※ 신청장비 도입이 본 사업(연구) 내용 중 어떤 부분과 연관성이 있는지 기술 ※ 사업(연구) 수행에 반드시 필요한 장비인지 기술
국가전략적 필요성	○ - ※ 최근 수립된 국가대형연구시설구축지도(NFRM), 과학기술기본계획, 국가연구개발 중장기 투자계획, 소관 부처별 중·장기 R&D 계획 등과 관련하여 필요성이 높은 장비인지 기술 ※ 신청장비를 활용하여 세계를 주도할 수 있는 연구분야가 있어 국가위상 및 경쟁력을 제고할 수 있는지, 확정된 연구개발 계획 또는 국제협약 이행을 위해 시급히 구축해야 하는 장비인지 기술
연구장비의 중복성	○ - ※ 동일기관, 타기관에서 해당장비와 동일하거나 유사한 장비를 이미 보유하고 있는지 여부를 기술 ※ 동일·유사장비가 있을 경우, 신청장비의 차별성과 추가적인 수요 등 동일·유사장비가 있더라도 추가로 구축해야 하는 이유를 기술. "2. 신청 시설장비 중복성 자체검토" 내용을 포괄하여 작성
연구장비의 활용성	○ - ※ 동 사업(연구)에서의 활용 계획 및 방법 작성 ※ 동 사업(연구)에서 활용도가 높은 장비인지 기술. 해당사업(연구) 종료 후 타 사업(연구)에서도 활용이 가능한 장비인지 기술 ※ 구축 후 타기관과의 공동활용이 가능한 장비인지 기술. 가능한 경우 주요활용 기관명(예상)을 작성

구 분	내 용												
연구장비의 적정성	<div>○</div> <div>-</div> <p>※ 연구목적 달성을 위해 적합한 구성(Specifications) 및 성능(Performance)의 장비인지 기술</p> <p>※ 신청한 시설장비 가격의 적정성에 대하여 기술(기구축 동일장비 가격, 타 제작사 장비 가격과 비교하는 등)</p> <p>※ 신청 수량이 2개 이상인 경우 본 연구 관련하여 신청 수량만큼 필요한 타당한 이유를 기술</p>												
장비운영의 계획성	<div>신청 시설장비의 전문기술인력 확보 현황(계획)</div> <table> <tr> <th>구분 (신규, 기존)</th><th>성명 (채용예정자는 000)</th><th>소속부서명</th><th>최종학위 (고졸, 학사, 석사, 박사)</th><th>고용형태 (정규직, 계약직)</th><th>담당장비수 (신청장비 포함)</th></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	구분 (신규, 기존)	성명 (채용예정자는 000)	소속부서명	최종학위 (고졸, 학사, 석사, 박사)	고용형태 (정규직, 계약직)	담당장비수 (신청장비 포함)						
	구분 (신규, 기존)	성명 (채용예정자는 000)	소속부서명	최종학위 (고졸, 학사, 석사, 박사)	고용형태 (정규직, 계약직)	담당장비수 (신청장비 포함)							
<div>○</div> <div>-</div> <p>※ 신청한 시설장비의 구축과 운영을 위한 설치공간 확보방안을 기술</p> <p>※ 신청한 시설장비의 운영비(운영인력 인건비, 유지보수비 등) 확보방안을 기술</p> <p>※ 신청한 시설장비의 운영을 위한 전문기술인력 확보방안을 기술하고, “신청 시설장비의 전문기술인력 확보 현황(계획)” 표에 시설장비 전문기술인력의 구체적인 사항을 기술</p> <p>- 전문기술인력은 시설장비에 대하여 소정의 교육을 이수하여 전문적 지식 및 기술을 갖추고 있으며 시설장비의 운용을 통해 데이터를 산출할 수 있을 뿐만 아니라 데이터의 해석이 가능한 자로써, 연구자는 아니나 연구개발 활동을 직접적으로 지원하는 업무에 종사하는 자</p> <p>- 전문기술인력의 제외 대상</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 단순히 시설장비 구매, 장비일지 관리 등 행정적인 관리 또는 지원하는 인력 제외 ② 학생, 행정조교, 교수 등 시설장비를 활용하여 연구를 직접수행 또는 단순히 지원하는 인력 제외 ③ 연구자 중 시설장비를 개조·개발하는 연구개발과제를 직접 수행 또는 지원하는 인력 제외 ④ 시설장비의 운용을 직접 수행하지는 않고, 공작실 등에 근무하면서 시설장비의 수리 개조 등을 전담하는 인력 제외 <p>- 5억원 이상 연구시설·장비는 전담인력이 필수</p> <p>※ 신규 채용예정자의 경우 SEE 장비서관학교의 인재찾기 서비스 지원 및 채용담당자 정보제공</p> <p>※ 구축된 연구시설·장비를 연구개발 시설·장비 종합정보시스템(ZEUS)에 등록시 전문기술인력 정보를 함께 등록</p> <p>※ 연구과제(사업) 종료 후의 운영(활용) 계획을 기술</p>													
견적서	<p>※ 6개월 이내 견적서(비교 견적 2곳 이상)</p>												

[별첨 3] 연구데이터 관리계획서

연구데이터 관리계획서(Data Management Plan)

연구개발과제 요약	사업명			
	연구개발과제명			
	연구개발과제번호			
	주관연구개발기관명		연구책임자	
	전체 연구개발기간			
	연구개발과제 개요	연구과제 최종목표를 요약작성		
연구데이터 개요	데이터 개요	연구데이터 취득목적 및 활용계획 등 연구데이터 개요를 1,000자 이내로 요약작성		필수
	데이터 관리책임자	성명	소속(부서,직책)	필수
	데이터 분야(선택)	<input type="checkbox"/> 해양물리() <input type="checkbox"/> 해양화학() <input type="checkbox"/> 해양생물() <input type="checkbox"/> 해양지질() <input type="checkbox"/> 해양공학() <input type="checkbox"/> 지구물리() <input type="checkbox"/> 해양기상() <input type="checkbox"/> 원격탐사() <input type="checkbox"/> 기타()		필수
	데이터 유형(선택)	<input type="checkbox"/> 실험데이터() <input type="checkbox"/> 관측데이터() <input type="checkbox"/> 시뮬레이션데이터() <input type="checkbox"/> 파생데이터() <input type="checkbox"/> 참조데이터()		필수
	데이터 항목	연구데이터 구성항목을 기재(예, 수온, 염분, 용존산소, 클로로필, 염기서열, 시추시료, 탄성파 등 다음페이지 참조)		필수
	데이터 생산 및 가공	데이터 생산(생산자, 생산목적, 생산일시(기간), 생산지역(국) 등) 및 가공(활용장비, 생산방법, 데이터 신뢰성 검증방법 등)내용을 기재		필수
	파일형식	데이터 파일 포맷(TXT, CSV, ASCII, JPEG, NetCDF, PDF 등)		필수
	데이터 용량	데이터 총 용량(메가, 기가, 테라, 페타바이트 단위)을 대략적으로 추정하여 기재하되, 데이터 유형(실험, 관측, 시뮬레이션 등)별로 구분하여 작성		필수
연구데이터 저장 및 보존	저장위치(선택)	<input type="checkbox"/> 개인PC() <input type="checkbox"/> 개인 저장매체(외장하드 등)() <input type="checkbox"/> 국가 저장매체(KOBIC, DATAON 등)() <input type="checkbox"/> 공용 저장매체(NAS, 외부 클라우드 등)() <input type="checkbox"/> 소속기관 저장매체() <input type="checkbox"/> 기타()		필수
	보존기간	저장위치의 보존기간을 기재		필수
연구데이터 공유 및 제한	공개시기(선택)	<input type="checkbox"/> 즉시공개() <input type="checkbox"/> 공개유예 (유예기간 : 00년 기재/유예사유 기재)		필수
	공개방법	공개조건을 기재(예 : 연구목적의 경우 무료로 활용가능하고, 연구자에 직접 연락하여 카피 수령, 데이터 공유 제한대상 등)		선택

- 연구수행 과정에서 생산되는 연구데이터에 대한 연구데이터 관리계획을 해양수산과학기술 육성법 제 13조제1항에 따른 해양수산지식정보시스템(바다봄)에 입력하고, 지속적으로 보완할 것을 서약합니다.
- 위 내용이 사실임과 연구데이터 관리계획을 지속 보완할 것을 확인합니다. 만약, 사실이 아니거나 연구데이터 관리계획의 보완의무를 소홀히 할 경우 선정 취소, 협약 해약 등의 어떠한 불이익도 감수하겠습니다.

년 월 일

주관연구개발기관의 장 : (직인)
공동연구개발기관의 장 : (직인)

[별첨 4] 영리기관의 연구실운영비 활용·관리 계획

영리기관의 연구실운영비 활용·관리 계획(해당시 작성)

1. 연구개발과제 현황

사 업 명	해당없음. 본 과제는 비영리 연구기관(○○대학교) 주관 과제로서 영리기관의 연구실운영비 활용·관리 계획 제출 대상이 아님.			
연구개발과제명				
연구개발기관명				
연구책임자	소속		성명	
연구개발기간	전체	20 . . . ~ 20 . . .	(년 월)	
	1단계(해당 시)	20 . . . ~ 20 . . .	(년 월)	
	n단계(해당 시)	20 . . . ~ 20 . . .	(년 월)	

2. 영리기관의 연구실운영비(금액)

(단위: 천원)

구분	연구실 운영에 필요한 소모성 비용	사무용기기 및 사무용소프트웨어 비용(A)	연구실 냉난방 및 청결한 환경 유지를 위한 기기·비품 비용(B)	합계 (C=A+B)
전체기간	(사용불가)			
1단계	(사용불가)			
n단계	(사용불가)			

- * 최초 연구개발과제 협약 체결 시 계획한 금액을 입력하며, 연구개발과제 협약 체결 이후 수정이 필요할 경우 중앙행정기관의 장의 사전승인을 받아 협약변경 후 수정
- ** A에는 사무용기기 및 사무용소프트웨어의 구입·설치·임차·사용대차 비용을 입력
- *** B에는 연구실 냉난방 및 청결한 환경 유지를 위하여 필요한 기기·비품의 구입·유지 비용을 입력
- **** 연구개발과제의 단계 구성에 따라 행을 추가·삭제할 수 있음

3. 영리기관의 연구실운영비(품목)

(단위: 개, 천원)

구분	분류	수량(G)	단가(H)	금액 (I=G×H)
1단계				
품목명				
품목명				
n단계				
품목명				

- * 최초 연구개발과제 협약 체결 시 계획한 금액을 입력하며, 연구개발과제 협약 이후 수정이 필요할 경우 중앙 행정기관의 장의 사전승인을 받아 협약변경 후 수정
- ** ‘품목명’에는 기기·소프트웨어·비품의 품목명을 입력
- *** ‘분류’란에는 사무용기기 및 소프트웨어 비용을 사용(계획) 시에는 ‘사무용’을, 연구실 냉난방 및 청결한 환경 유지를 위한 기기·비품 비용을 사용(계획) 시에는 ‘환경유지’를 입력
- **** 연구개발과제의 단계 구성에 따라 행을 추가·삭제할 수 있음
- ***** 제3호에 입력한 내용은 제2호에 입력한 내용과 부합해야 함
- ***** 영리기관은 연구개발과제 협약 체결 시에 이 서류를 중앙행정기관의 장에게 제출하여야 함 (연구실운영비를 사용하지 않으려는 경우에는 제외)

년 월 일

연구책임자:

○ ○ ○

(인)

연구개발기관:

○○○장 ○ ○ ○

(직인)

해양수산과학기술진흥원장 귀하

[별첨 5] 신규 참여연구자 채용 확인서

신규 참여연구자 채용 확인서(해당시 작성)

사 업 명	해당없음. 본 과제는 기존 인력으로 수행 예정이며 신규 참여연구자 채용 계획이 없음.	연구개발과제번호	
연구개발과제명			
주관연구개발기관		주관연구개발기관 연구책임자	
전체 연구개발기간		소속 연구개발기관	

□ 신규 참여연구원 인적사항

성명	국가연구자번호	소속 /직위	업무 /전공	주소/연락처	고용계약기간 (계약서 기준)	참여기간	인건비 계상률	첨부
채용예정인 경우 작성하지 않음	채용예정인 경우 작성하지 않음	필수 항목	필수 항목	채용예정인 경우 작성하지 않음	YYYY.MM.DD. ~ YYYY.MM.DD.	YYYY.MM.DD ~ YYYY.MM.DD .	필수	<input type="checkbox"/>

상기 신규 참여연구자를 동 과제 수행을 위하여 신규로 채용하였거나 채용할 예정임을 확인합니다.

20 . . .

연구개발기관장 : (인)

연구책임자 : (인)

해양수산과학기술진흥원장 귀하

※ 신규 채용 예정은 첨부자료 불필요하나, 6개월 이내 채용하여 현금산정 시 첨부자료 필수 제출

※ 전산입력의 경우 첨부¹⁾로 처리
 * 첨부
 1. 고용계약서 사본 1부
 2. 신규 채용인력의 건강보험 자격 확인서 및 학위증명서 각 1부.

[별첨 6] 기업 재무건전성 현황

기업 재무건전성 현황(기업만 해당)

과제명: 고해상도 전지구 해양-극지 기후예측 시스템 개발

주관연구개발기관(주관책임자): ○○대학교 (○○○ 교수)

기업명: 해당없음 (비영리 연구기관 주관 과제)

항 목	해당사항기재		
최근 결산 기준 부채비율 (산식: 부채총계/자기자본총계×100)	○해당없음 (기업 과제가 아님) ○ 계산식 및 수치기재		
최근 결산 기준 유동비율 (산식: 유동자산/유동부채×100)	○해당없음 ○ 계산식 및 수치기재		
최근 결산 기준 이자보상비율 (산식: 영업이익/이자비용)	○해당없음 ○ 계산식 및 수치기재		
3개년도 계속 적자 기업 (kisline 등 증빙가능한 자료 활용) (판단기준: 손익계산서 상의 당기순이익 (손실)로서 판단)	○해당없음		
	20 년	20 년	20 년
	(수치/기재)	(수치/기재)	(수치/기재)
최근 결산 기준 자본잠식 여부 또는 법정관리, 화의기업 여부	○해당없음		
외부감사 기업의 경우 최근 결산 감사의견이 “의견거절” 또는 “부적정”인 경우	○해당없음		
세무당국에 의하여 국세, 지방세 등의 체납처분 여부	○해당없음		
민사집행법에 기하여 채무불이행자명부에 등재되거나, 은행연합회 등 신용정보집중기관에 채무불이행자로 등록 여부	○해당없음		
4대 보험을 3개월 이상 연체했거나 연체 횟수가 연간 2회 이상인 여부	○해당없음		
체불 임금이 2개월 이상 여부	○해당없음		
기타 특이사항	○해당없음		

[별첨 7] 총괄연구개발계획서

총괄연구개발계획서(해당시 작성)

중앙행정기관명		해당없음. 본 과제는 단일 연구개발과제로서 총괄연 구개발 형태가 아님. 총괄 연구개발계획서 제출 대상 이 아님.		사업명		사업명							
전문기관명(해당 시 반영)						내역사업명 (해당 시 반영)							
공고번호													
총괄연구개발		식별번호	총괄연구개발명		총괄주관 연구개발기관명		총괄 연구책임자		참여기관수				
구분		연구개발 과제번호	연구개발과제명		주관연구개발기관명		연구책임자		참여기관수		보안등급		
연구개발과제1													
연구개발과제n													
연구개발 기간		전체		YYYY. MM. DD - YYYY. MM. DD(년 개월)									
		단계 (해당 시 작성)		1단계		1년차		YYYY. MM. DD - YYYY. MM. DD(년 개월)					
						n년차		YYYY. MM. DD - YYYY. MM. DD(년 개월)					
				n단계		1년차		YYYY. MM. DD - YYYY. MM. DD(년 개월)					
						n년차		YYYY. MM. DD - YYYY. MM. DD(년 개월)					
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				연구개발비 외 지원금			
						지방자치단체		기타()				합계	
		현금		현금 현물		현금 현물		현금 현물				현금 현물 합계	
총계													
1단계		1년차											
		n년차											
n단계		1년차											
		n년차											
총괄연구책임자		성명				직위							
		연락처		직장전화		휴대전화							
				전자우편		국가연구자번호							
총괄주관연구개발기관의 실무담당자		성명				직위							
		연락처		직장전화		휴대전화							
				전자우편		국가연구자번호							

관련 법령 및 규정과 모든 의무사항을 준수하면서 이 연구개발과제를 성실하게 수행하기 위하여 총괄연구개발계획서를 제출합니다. 아울러 이 연구개발계획서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 연구개발과제 선정 취소, 협약 해약 등의 불이익도 감수하겠습니다.

년 일 일 (협약일 기주)

총괄연구책임자 : (인)
총괄주관연구개발기관의 장 : (직인)

해양수산과학기술진흥원장 귀하

1. 연구개발 목표 및 내용

1) 최종목표 및 내용

	총괄연구개발명	최종 목표	
		전체 내용	
	(연구개발과제 1) 주관연구개발기관	최종 목표	
		전체 내용	
	(연구개발과제 n) 주관연구개발기관	최종 목표	
		전체 내용	

2) 단계별 목표 및 내용(해당 시 작성합니다)

<1단계>

	총괄연구개발명	최종 목표	
		전체 내용	
	(연구개발과제 1) 주관연구개발기관	최종 목표	
		전체 내용	
	(연구개발과제 n) 주관연구개발기관	최종 목표	
		전체 내용	

<n단계>

	총괄연구개발명	최종 목표	
		전체 내용	
	(연구개발과제 1) 주관연구개발기관	최종 목표	
		전체 내용	
	(연구개발과제 n) 주관연구개발기관	최종 목표	
		전체 내용	

3) 연구개발 성과 및 기대효과

	총괄연구개발명	연구개발성과 활용계획 및 기대효과	
	(연구개발과제 1) 주관연구개발기관	연구개발성과 활용계획 및 기대효과	
	(연구개발과제 n) 주관연구개발기관	연구개발성과 활용계획 및 기대효과	

2. 평가기준 및 평가방법

(해당 시 작성하며, 작성 시에는 연구개발과제 특성에 따라 선택적으로 항목 적용이 가능합니다)

1) 총괄연구개발: 총괄주관연구개발기관명

(1) 성과지표 및 목표치

성과지표명		단계	1단계(yy~yy)	n단계(yy~yy)	계	가중치(%)
전담기관 등록·기탁지표						
연구개발과제 특성 반영 지표						
계						100

(2) 결과물의 성능지표

평가 항목 (주요성능 ¹⁾)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ² (%)	세계 최고수준 보유국/보유기관	연구개발 전 국내 수준	연구개발 목표치		목표 설정 근거
			성능수준	성능수준	1단계(yy~yy)	n단계(yy~yy)	

* 1」 정밀도, 인장강도, 내충격성, 작동전압, 응답시간 등 기술적 성능판단기준이 되는 것을 의미합니다.

* 2」 비중은 각 구성성능 사양의 최종목표에 대한 상대적 중요도를 말하며 합계는 100%이어야 합니다.

1-1) 연구개발과제 1: 주관연구개발기관명

(1) 성과지표 및 목표치

성과지표명		단계	1단계(yy~yy)	n단계(yy~yy)	계	가중치(%)
전담기관 등록·기탁지표						
연구개발과제 특성 반영 지표						
계						100

(2) 결과물의 성능지표

평가 항목 (주요성능)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	세계 최고수준 보유국/보유기관	연구개발 전 국내 수준	연구개발 목표치		목표 설정 근거
			성능수준	성능수준	1단계(yy~yy)	n단계(yy~yy)	

1-2)¹⁾ 연구개발과제 2: 주관연구개발기관명

* 1」 추가할 연구개발과제와 주관연구개발기관이 있는 경우 추가할 수 있습니다.

(1) 성과지표 및 목표치

성과지표명		단계	1단계(yy~yy)	n단계(yy~yy)	계	가중치(%)
전담기관 등록·기탁지표						
연구개발과제 특성 반영 지표						
계						100

(2) 결과물의 성능지표

평가 항목 (주요성능)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	세계 최고수준 보유국/보유기관	연구개발 전 국내 수준	연구개발 목표치		목표 설정 근거
			성능수준	성능수준	1단계(yy~yy)	n단계(yy~yy)	

3. 총괄연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계

1) 총괄연구개발의 추진전략·방법

2) 연구개발과제의 추진체계

4. 연구개발기관 및 연구자 현황

1) 연구개발과제 1

(1) (연구)책임자 현황 및 연구개발과제 수행실적

연구개발기관명	구분	(연구)책임자 ¹⁾	직급(위)	학위	전공	최근 연구개발과제(1개) 및 역할
	주관					과제명(기간/역할(소속기관명))
	공동					
	위탁					

* 1) 주관연구개발기관일 경우 연구책임자의 이름을 기재하고, 공동연구개발기관이거나 위탁연구개발기관일 경우에는 공동연구개발기관 또는 위탁연구개발기관의 수행내용을 총괄하는 연구자의 이름을 기재합니다.

(2) 연구개발기관 현황 및 연구개발과제 수행실적

연구개발기관명	구분	최근 연구개발과제 수행실적	기술이전 및 사업화 실적(해당 시 작성합니다)
		과제명(기간/역할(소속기관명))	기술이전 또는 사업화명(발생시점/역할)

2)¹⁾ 연구개발과제 2

* 1) 추가할 연구개발과제가 있는 경우 추가할 수 있습니다.

(1) (연구)책임자 현황 및 연구개발과제 수행실적

연구개발기관명	구분	(연구)책임자 ¹⁾	직급(위)	학위	전공	최근 연구개발과제(1개) 및 역할
	주관					과제명(기간/역할(소속기관명))
	공동					
	위탁					

* 1) 주관연구개발기관일 경우 연구책임자의 이름을 기재하고, 공동연구개발기관이거나 위탁연구개발기관일 경우에는 공동연구개발기관 또는 위탁연구개발기관의 수행내용을 총괄하는 연구자의 이름을 기재합니다.

(2) 연구개발기관 현황 및 연구개발과제 수행실적

연구개발기관명	구분	최근 연구개발과제 수행실적	기술이전 및 사업화 실적(해당 시 작성합니다)
	주관	과제명(기간/역할(소속기관명))	기술이전 또는 사업화명(발생시점/역할)
	공동		
	위탁		

1) 연구개발비 지원 · 부담계획

[illegible][illegible]

[별첨 8] 성과지표 및 목표치

성과지표 및 목표치(필수 작성)

최종 연구개발성과물 (시스템 단위)		연구개발성과물 (부품 또는 요소 단위)		질적 성과지표		개발목표치					평가기준 (측정산식 등)	설정근거	
						1단계			n단계				
						1차년도	2차년도	3차년도	1차년도	n차년도			
A	고해상도 전지구 해양-극지 기후예 측 시스템	A-1	1/10도 해양 모 델	①	공간해상도	1/10도	1/10도	1/10도	-	-	모델 격자 간격 측정 (경도×위 도)	IPCC AR6 고 준, 재 국 모 (1/4도 대비 배 향	
				②	예측 정확도 (RMSE)	기존 대비 30% 개선	30% 개선	30% 개선	-	-	독립 검증 데이터셋 대비 RMSE 계산	현재 국내 모델 정확 한계 극복 목표	
				③	자료동화 지연시간	-	-	6시간 이내	-	-	관측 자료 입수 후 모델 반영 시간 측정	현업 운영 위한 준실 간 처 요구 항	
		A-2		①									
				②									
				③									
A-3		①											
B		B-1		①									
C		C-1		①									
계													