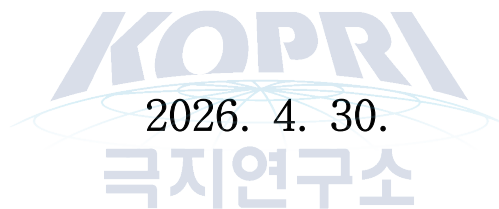


**해외 우수 연구원 유치를 위한
외국인 연수연구원 지원 사업**

**Postdoctoral Fellowship Program
for Outstanding International Researchers**



극 지 연 구 소

제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “해외 우수 연구원 유치를 위한 외국인 연수연구원 지원 사업” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2026. 4. 30

연구책임자 : 김성중

참여연구원 : 권영훈, 조안나

Catherine Lalande



보고서 초록

과제관리번호	PE23570 PK24020 PE25500	해당단계 연구기간	2023.4.1.~2026.3.31	단계 구분	3 / 3
연구사업명	연구·정책 지원 사업(정책·지원과제)				
연구과제명	해외 우수 연구원 유치를 위한 외국인 연수연구원 지원 사업				
연구책임자	김성중	1단계 (2023.4.1.~ 2024.3.31.)	총 : 6명	해당단계 연구비	정부 : 120백만원
			내부 : 3명		기업 : 0백만원
			외부 : 3명		총 : 120백만원
	김성중	2단계 (2024.4.1.~ 2025.3.31.)	총 : 6명	해당단계 연구비	정부 : 90백만원
			내부 : 3명		기업 : 0백만원
			외부 : 3명		총 : 90백만원
	김성중	3단계 (2025.4.1.~ 2026.3.31.)	총 : 6명	해당단계 연구비	정부 : 35백만원
			내부 : 3명		기업 : 0백만원
			외부 : 3명		총 : 35백만원
	총계				총 : 245백만원
연구기관명 및 소속부서명	극지연구소	참여기업명	-		
국제공동연구	-				
위탁연구	-				
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자이내)					보고서 면수
극지연구의 글로벌 이슈 대응 및 신규 영역 발굴을 위한 투자 필요성이 증대됨에 따라 해외 우수 연구원 유치 사업을 추진하게 되었습니다. 이를 통해 선제적 연구 활동을 실시하고 국제 교류를 활성화하여 해외 선진 기술 도입 및 연구의 다각화를 꾀하고 있습니다. 본 사업은 우수 인력 유치 방안 수립부터 신규 분야 창출, 국외 연구기관과의 협력 체계 구축까지 전 과정을 체계적으로 지원합니다. 본 사업으로 유치된 외국인 우수연구원들은 원격탐사, 해양 대기과학, 해양 생태계 및 유전학 등 다양한 분야에서 총 11편의 SCI(E) 논문을 게재하며 연구소의 질적 성장을 견인했습니다. 특히 상위 10% 이내 저널을 통해 SAR 영상 분석 기술 고도화뿐만 아니라 북극해 조류 및 탄소 순환 기전 규명, 남극 어류 계층 지도 완성 등 우수한 성과를 거두었습니다. 이는 글로벌 네트워크를 기반으로 국제 공동연구의 실효성을 입증한 결과이며, 연구소가 극지 과학기술을 선도하는 글로벌 리딩 기관으로 안착하는 초석이 되었습니다.					
색인어	한글	외국인 연수연구원, 글로벌 이슈, 연수연구원 지원사업			
	영어	Foreign Postdoctoral Fellow, Global issue, Fellowship program			

요 약 문

I. 제목

해외 우수 연구원 유치를 위한 외국인 연수연구원 지원 사업

II. 사업의 필요성

1. 경제·사회·기술적 필요성

- 세계 최고 수준의 극지과학 기술력 확보를 위하여 지속적인 노력 필요
- 극지연구 글로벌 이슈 대응 및 신규 연구영역 발굴을 위한 투자 증대 필요
(해외 기술 벤치마킹, 해외 우수 연구원 유치 등)
- 해외 기술 및 우수 기술인력 확보를 위한 방안 필요
- 극지연구의 글로벌화를 위한 국제협력 기반 조성

III. 사업 내용 및 사업 수행 현황

1. 지원방안

- 연구부서별 신규 채용 및 기존 외국인 연수연구원 인건비 50% 지원

2. 선발계획

- 소내 안내
- 지원자 물색 및 서류접수
- 부서운영위원회 심의·의결 및 협조전 제출
- 인사위원회 심의·의결 및 결과 안내
- 인력활용신청

3. 해외 연수연구원 유치현황

성 명	국적	직위(급)	연수기간	소 속	학 위	연구수행분야	비고
Iman Heidarpour Shahrezaei	이란	연수 연구원	2023.4.1.~ 2024.7.31.	원격탐사 빙권정보센터	박사	원격탐사/레이더 원격탐사	-
Catherine Lalande	캐나다	연수 연구원	2023.4.1.~ 2026.3.31.	해양대기연구본부	박사	해양연구/ 해양생지화학	-
Hettiarachchige Sachithra Amarin	스리랑카	연수 연구원	2023.4.1.~ 2024.9.30.	생명과학연구본부	박사	생명과학/ 극지해양생물생리	-

4. 개인별 연수 내용

가. Iman heidarpour shahrezaei

- 참여과제 : 북극 빙권변화 정량 분석을 위한 원격탐사 연구
- 연수과제 : 북극 빙권변화 정량 분석을 위한 원격탐사 연구

나. Catherine Lalande

- 참여과제 : 북극해 온난화-해양생태계 변화 감시 및 미래전망 연구
- 연수과제 : 북극해 온난화-해양생태계 변화 감시 및 미래전망 연구

다. Hettiarachchige Sachithra Amarin

- 참여과제 : 포스트 극지유전체 프로젝트: 극지 유용유전자 발굴을 위한 기능유전체 연구
- 연수과제 : 포스트 극지유전체 프로젝트: 극지 유용유전자 발굴을 위한 기능유전체 연구

IV. 사업성과 및 실적

- 논문 게재 국외(SCI(E)) 11편 등

V. 향후 계획

- 10년간의 사업 운영을 통해 내국인 중심 조직 체계를 탈피하고, 외국인 과학자의 안정적인 유입 경로와 전주기적 행정 지원 표준 시스템 구축 완수 ☞ 별도 사업 형식을 종료하고 '글로벌 인재 경영 시스템'으로 통합하여, 연구소 일반 예산 구조 내에서 연중 상시 우수 인재를 영입하는 유연한 체제로 전환
- 단순 인력 활용을 넘어 선진국 연구 기관과의 'Lab-to-Lab' 협력을 강화하고, 공동 R&D 과제 대형화를 통해 해외 고급 인력이 참여하는 선순환 구조 공고화
- 글로벌 네트워크 자산화 및 지식 확산: 사업 참여자 중심의 '글로벌 알umni(Alumni)'를 구축하여 귀국 후에도 지속적인 공동 세미나와 기술 교류를 수행함으로써 무형의 연구 자산 가치 극대화

목 차

제1장 서론

제1절 사업 배경	1
제2절 사업 개요	1
1. 사업의 필요성	1
2. 사업 목적	2

제2장 사업 내용

제1절 사업 추진 개요 및 추진경과	3
1. 사업 추진개요	3
2. 사업 추진경과	4
제2절 사업 수행 현황	6
1. 연수연구원 지원사업 대상자 선정절차	6
2. 해외 연수연구원 유치현황	7

제3장 연수 내용 결과

제1절 개인별 연수결과 보고서	10
1. Iman heidarpour shahrezaei	10
2. Catherine Lalande	14
3. Hettiarachchige Sachithra Amarin	21

제4장 사업성과

제1절 사업성과 및 실적	26
1. 인력활용실적	26
2. 정량적 성과	26
3. 정성적 성과	27
제2절 향후 계획	29

부록1. 논문실적 증빙자료	32
----------------------	----

제 1 장 서론



제1장 서론

제1절 사업 배경

유능한 연구 인력 확보는 기관의 미래 경쟁력을 결정하는 핵심 과업입니다. 급격한 연구 수요 증가에도 불구하고 채용 규모는 제한적인 상황에서, 우리 연구소는 한정된 국내 인적 자원의 한계를 극복하기 위해 해외 우수 과학자 유치를 전략적 대안으로 삼아왔습니다.

2014년 이전 내국인 중심이었던 인적 구성은 지난 10여년 간의 본 사업을 통해 비약적으로 변화했습니다. 2010년 전무했던 외국인 연수연구원은 지속적인 증가세를 기록하며 연구소의 필수 인력으로 자리 잡았습니다. 외국인 연수연구원은 연구성과 뿐만 아니라 세계적 수준의 연구진과 국제 협력 네트워크 구축에 기여해 왔으며, 향후 양적 성장을 넘어 글로벌 선도 기관으로서의 질적 성과 창출 단계에 진입하기 위한 초석 중 하나가 될 것으로 기대합니다.

본 사업은 외국인 과학자들이 우리 연구소 연구진과 결합하여 시너지를 창출할 수 있는 연구 환경 구축의 마중물이 되었습니다. 그 결과, 현재는 외국인 유치사업에 의존하지 않고도 연구소 기본 사업 등을 통해 수많은 해외 우수 인력이 자발적으로 유입되어 공동 연구에 매진할 수 있게 되었습니다.



제2절 사업 개요

1. 사업의 필요성

우리나라의 극지연구는 1988년 남극 세종과학기지 건설을 기점으로 본격화되었습니다. 이후 2002년 북극 다산기지 개소, 2009년 쇄빙연구선 아라온호 취역, 2014년 남극 장보고과학기지 준공 등을 거치며 연구 규모와 활동 영역을 지속적으로 확장해 왔습니다. 연구 분야 또한 해양·지질·대기 등 전통적 지구과학부터 운석·고층대기 등 우주과학, 극지 생명공학에 이르기까지 폭넓은 학제적 포트폴리오를 구축하고 있습니다. 이처럼 광범위한 지역과 융복합적 분야를 아우르는 극지연구를 선도하기 위해서는 다각적인 연구 배경을 갖춘 우수 인력 확보가 무엇보다 중요합니다.

우리 연구소는 세계 최고 수준의 극지 과학 기술력을 확보하고자 국제 협력을 지속하고 연구 영역을 끊임없이 확장해 왔습니다. 특히 남·북극 과학기지를 거점으로 현장 중심의 연구 활동을 꾸준히 전개하고 있습니다. 최근 글로벌 현안 대응을 위한 국제 공동 연구의 중요성이 커짐에 따라, 해외 선진 기술 벤치마킹과 극지 연구의 글로벌 가속화를 위해 해외 우수 연구 인재를 전략적으로 유치할 필요가 있습니다.

글로벌 극지 연구기관으로 도약하기 위해서는 우수한 외국인 과학자 유치가 필수적입니다. 다양한 연구 배경을 가진 인적 자원을 확보하여 연구를 활성화하려면, 외국인 연수연구원의 채용 문턱을 낮추고 연구소 차원의 행정·재정적 지원을 강화해야 합니다. 본 지원 사업을 통해 외국인 과학자 유치가 활성화된다면, 연구 성과 제고는 물론 신규 연구 영역 개척과 핵심 기술 확보에 결정적인 역할을 할 것입니다.

2. 사업 목적

본 사업의 핵심 목적은 전략적 재정 지원을 통해 해외 우수 연구원 유치를 활성화하는 것입니다. 이를 기반으로 글로벌 연구 동향 및 이슈에 대한 선제적 대응 역량을 강화하고, 선진 기술 도입과 국제협력의 폭을 넓히고자 합니다. 나아가 신규 연구 영역을 발굴하고 가시적인 성과를 창출함으로써, 외국인 연구진 및 글로벌 연구기관과의 견고한 협력 체계를 구축할 것입니다. 이러한 노력은 궁극적으로 대한민국 극지 연구의 질적 수준을 제고하고, 세계적 수준의 연구 성과를 지속적으로 생산할 수 있는 지속 가능한 기반이 될 것입니다.



제2장 사업 내용



제2장 사업 내용

제1절 사업추진 개요 및 추진경과

1. 사업 추진개요

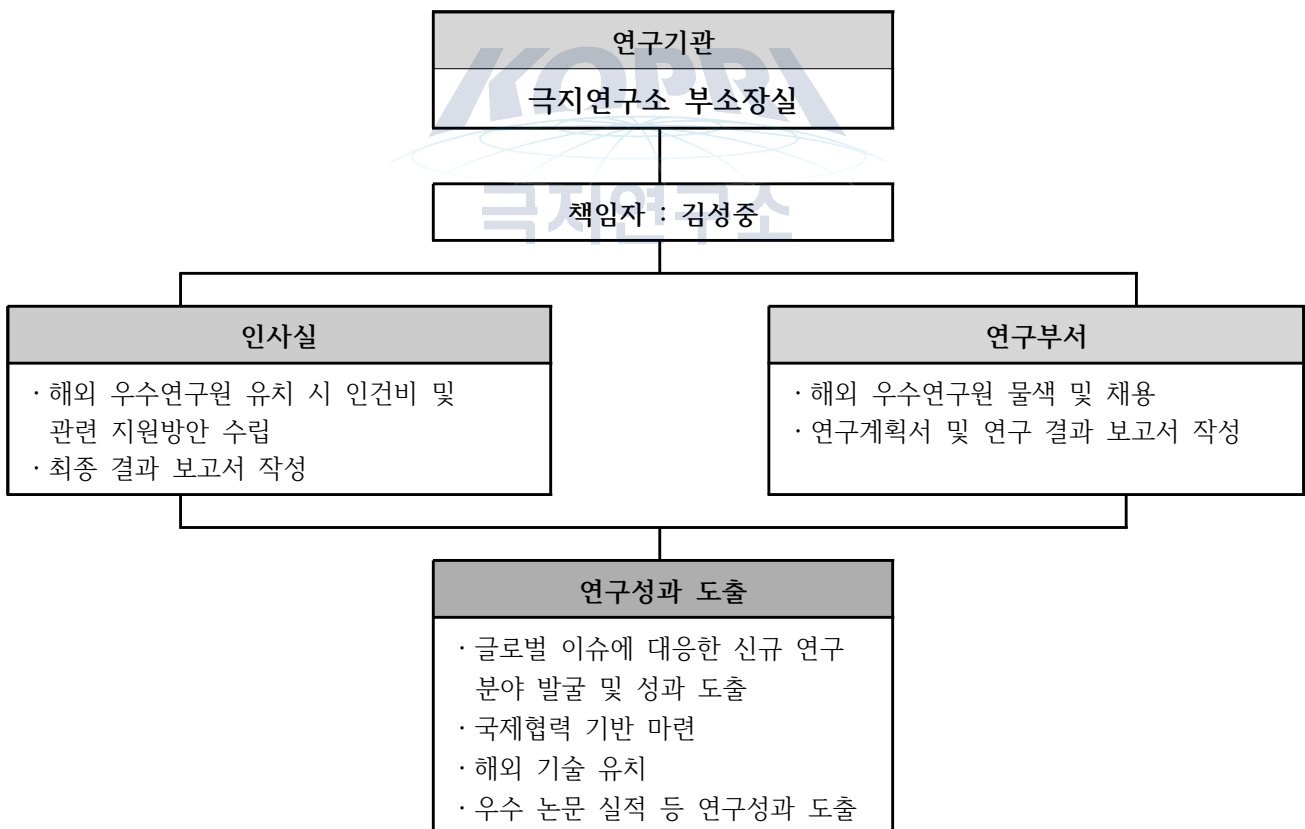
가. 사업명 : 해외 우수 연구원 유치를 위한 외국인 연수연구원 지원사업

나. 사업개요 :

(1) 내용 : 연구부서별 신규 채용 및 기존 외국인 연수연구원 인건비 50% 지원

(2) 총 사업기간 : 2023.04.01. ~ 2026.03.31. (3년)

(3) 추진체계 :



2. 사업 추진경과

가. 사업 착수내용

- (1) 연구·정책지원사업 계획 수립 및 신규과제 공모 안내(2023. 01월)
- (2) 연구·정책지원사업 신규과제(해외 우수 연구원 지원사업) 계획서 제출(2023. 01.월)
- (3) 연구·정책지원사업 “해외 우수 연구원 유치를 위한 외국인 연수연구원 지원 사업” 수행을 위한 동 안전에 대하여 연구·기획위원회 의결 승인(2023. 03월)
- (4) 해외 우수 연구원 유치를 위한 외국인 연수연구원 지원 사업 본격 수행

나. 연구원 유치 성과를 위한 연구계획서 및 연구결과 보고서 작성

- (1) 인건비 지원 대상 연구원은 연구계획서 및 각 연차별 연구 결과 보고서 제출
- (2) 연구계획서 및 연구 결과 보고서를 바탕으로 본 과제의 최종 결과 보고서 작성

<표 1. 연구계획서 및 연구보고서 주요 내용>

연수신청서 및 연수계획서	○ 연수 분야 및 기대 연구 성과 구체화 - 기존 연구분야, 실적 및 활용방안 - 향후 연수계획 및 추진방향
↓	
연차별 연수 결과 보고서	○ 매년 연구 종료 시점 연수연구원 활용 결과보고서 작성 - 활용내용, 연수 성과 및 효과 - 향후 성과 활용 계획 등
↓	
최종 연구 결과 보고서	○ 연구계획서 및 연차별 연구 결과 보고서를 바탕으로 본 과제의 최종 결과 보고서 작성 - 해외 우수 연구원 유치를 통한 성과 및 활용계획 등

다. 월별추진 계획

- (1) 2023.02~2023.03.(2개월) / 2024.02.~2024.03.(2개월) / 2025.02.~2025.03.(2개월)
 - 지원계획 수립 후 소내 안내
- (2) 2023.04.~2024.03.(12개월) / 2024.04.~2025.03.(12개월) / 2025.04.~2026.03.(12개월)
 - 해외 우수연구원 지원 실시

<표 2. 외국인 연수연구원 지원사업 추진 경과>

No	일자	문서번호	문서제목
1	2023.01.26.	인사팀-188	■ 2023년 상반기 연구·정책지원사업 신규과제 계획서 제출
2	2023.05.11.	인사실-1093	■ 외국인 연수연구원 연수결과보고서 제출 요청
3	2023.05.16.	해양연구본부-293	■ 외국인 연수연구원 지원사업 연수결과보고서 제출
4	2023.05.16.	원격탐사빙권정보센터-230	■ 외국인 연수연구원 지원사업 연수결과보고서 제출
5	2023.05.17.	생명과학연구본부-337	■ 외국인 연수연구원 지원사업 연수결과보고서 제출
6	2023.05.17.	생명과학연구본부-345	■ 외국인 연수연구원 지원사업 연수결과보고서 제출
7	2024.02.29.	인사실-442	■ 2024년도 <외국인 연수연구원 지원사업> 계획수립을 위한 수요조사 및 2023년 결과보고 요청
8	2024.03.12.	원격탐사빙권정보센터-123	■ 2024년도 신규 추가 신청 서류 및 2023년 연수결과보고서 제출
9	2024.03.15.	생명과학연구본부-193	■ 2024년도 연장 신청서류 및 2023년 연수결과보고서 제출
10	2024.03.13.	해양대기연구본부-198	■ 2024년도 연장 신청서류 및 2023년 연수결과보고서 제출
11	2024.04.05.	인사실-751	■ 2024년도 해외 우수연구원 유치를 위한 외국인 연수연구원 지원사업 연차보고서(23년) 연구기획위원회 안건 상정 의뢰
12	2025.02.14.	인사실-364	■ 2025년도 <외국인 연수연구원 지원사업> 계획수립을 위한 수요조사 및 2023년 결과보고 요청
13	2025.02.21.	원격탐사빙권정보센터-114	■ 2024년 연수결과보고서 제출
14	2025.02.24.	해양대기연구본부-191	■ 2025년도 연장 신청서류 및 2024년 연수결과보고서 제출
15	2025.03.04.	생명과학연구본부-192	■ 2024년 연수결과보고서 제출
16	2025.03.04.	인사실-550	■ 외국인 연수연구원 지원사업 2024년도 연차보고서 연구기획위원회 안건 상정 의뢰
17	2026.04.07.	인사실-817	■ 외국인 연수연구원 지원사업 연수 결과보고서 제출 요청
18	2026.04.23.	해양대기연구본부-447	■ 외국인 연수연구원 지원사업 연수결과보고서 제출

제2절 사업 수행 현황

1. 연수연구원 지원사업 대상자 선정 절차

가. 선발인원

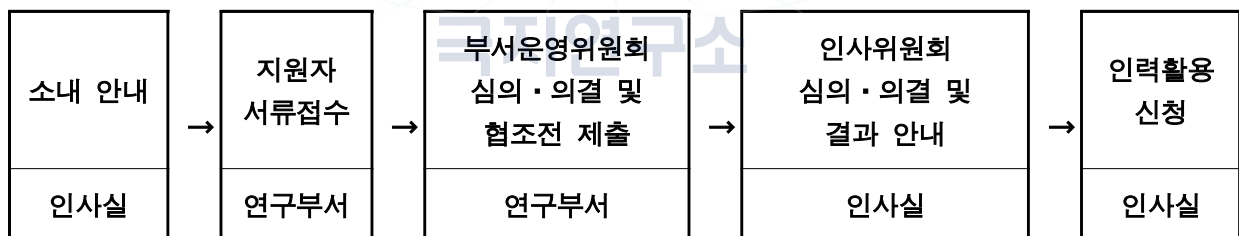
(1) 선발인원은 총 3명

(2) 지원자격

- 외국인인면서 국내·외에서 박사 학위를 취득한 자
- 최근 3년 이내 SCI급 논문 게재 실적이 있는 자

(3) 선발절차

- 지원방안 및 선발계획을 인사실에서 수립한 후 소내 안내 실시
- 각 연구부서에서는 해외 우수 연수연구원 지원자 서류 접수 진행
- 부서운영위원회 심의·의결 후 각 부서에서 인사실로 협조전 제출
- 인사위원회 심의·의결 승인 후 인사실에서 결과 안내
- 각 연구부서에서는 선발된 해외 연수연구원 인력활용 신청 진행



(4) 제출 서류

- 이력서 1부
- 연수신청서1부, 연구계획서 1부 및 연수계획평가서 1부
- 박사학위 논문 1부 및 SCI급 논문 게재 실적물 1부
- 인건비확보계획 및 계정책임자 확인서 1부
- 기타 연구소가 필요로 하는 서류

2. 해외 연수연구원 유치현황

가. 공모시기 및 지원인원

- (1차년도) 기존 인원 3명(Iman Heidarpour Shahrezaei, Catherine Lalande Hettiarachchige, Sachithra Amarin)에 대한 지원을 실시
- (2차년도) 기존 인원 3명 중 2명(Iman Heidarpour Shahrezaei, Sachithra Amarin) 퇴소로 당해연도 기준 총 1명에 대한 지원을 실시
- (3차년도) 당해연도 기준 총 1명에 대한 지원을 실시

<표 3. 공모시기 및 지원인원>

구분	1년차	2년차	3년차
공모시기	2023년도	2024년도	2025년도
지원인원	3명	3명	1명

나. 연차별 선정자 현황

- 해외 우수 연구원 유치를 위한 외국인 연수연구원 지원사업은 2023년 4월 1일부터 2026년 3월 31일까지 총 사업기간 3년간 진행되었음
- 본 사업은 유치연구원의 인건비의 50%를 지원하여 다양한 연구분야에서 우수한 외국인 과학자를 유치할 수 있도록 장려하였으며, 외국인이면서 국내·외에서 박사학위를 취득하고 최근 3년 이내 SCI(E) 논문 게재 실적이 있는 자에 한하여 지원을 시행함
- 아래 표4와 같이 해외 우수 연구원 유치를 위한 외국인 연수연구원 총 사업 기간동안 총 3명이 선정되어 연수연구원 지원 사업을 추진하였음

<표 4. 연차별 선정자 현황>

국적	성명	1년차 (2023년)	2년차 (2024년)	3년차 (2025년)	사업참여 기간	비고
이란	Iman Heidarpour Shahrezaei	○	○	-	2023.4.1. ~ 2024.7.31.	퇴소
캐나다	Catherine Lalande	○	○	○	2023.4.1. ~ 2026.3.31.	-
스리랑카	Hettiarachchige Sachithra Amarin	○	○	-	2023.4.1. ~ 2024.9.30.	퇴소

다. 해외 연수연구원 선정자 인적사항

(1) Iman Heidarpour Shahrezaei

성명	Iman heidarpour shahrezaei	생년월일	1985.03.21
국적	이란	지원당시 소속기관	극지연구소
직위	Post-doc	학위	박사
전공	원격탐사	활용분야	극지빙권원격탐사
		활용부서	원격탐사빙권정보센터
최종학위논문	An optimum design of Synthetic Aperture Radar (SAR) raw data processing algorithm based on non-linear trajectory		

(2) Catherine Lalande

성명	Catherine Lalande	생년월일	1977.9.30.
국적	캐나다	지원당시 소속기관	Amundsen Science, University Laval
직위	Post-doc	학위	박사
전공	해양 생지화학	활용분야	해양생지화학
		활용부서	해양대기연구본부
최종학위논문	Vertical export of biogenic matter in the Chuk t of biogenic matter in the Chukchi and Bar chi and Barents Seas		

(3) Hettiarachchige Sachithra Amarín

성명	Hettiarachchige Sachithra Amarín	생년월일	1987.10.15
국적	스리랑카	지원당시 소속기관	KIOST
직위	Post-doc	학위	박사
전공	Ocean Science (Applied Ocean Sciences)	활용분야	극지 해양생물학 및 생리학
		활용부서	생명과학연구본부
최종학위논문	Study of endogenous mediation by photic signals applied in industrial scale for olive flounder (Paralichthys olivaceus) aquaculture		

제3장 연 수 내 용 결 과



제3장 연수내용결과

제1절 개인별 연수결과 보고서

1. Iman Heidarpour Shahrezaei

가. 연수개요

활용분야	인공위성 원격탐사			
참여과제명	북극 빙권변화 정량 분석을 위한 원격탐사연구			
연수과제명	북극 빙권변화 정량 분석을 위한 원격탐사연구			
활용연수기간	2023년 4월 1일 ~ 2024년 7월 31일 (16개월)			
활용대상 과학기술자	국 적	이 란	성 명	Iman heidarpour shahrezaei
	소속기관	극지연구소		
	부 서	원격탐사빙권정보센터	직 위	연수연구원
	학 위	박사	전 공	원격탐사
국내활용책임자	활용부서	원격탐사빙권정보센터	활용책임자	김 현 철 (인)

<첨부서류>
- 연수 시 연구결과 및 논문

2025. 2. 20.

연수책임자 : 김 현 철 (인)

연수대상자 : Iman heidarpour shahrezaei (인)

극지연구소장 귀하

나. 활용내용

1. 활용대상자 활용내용

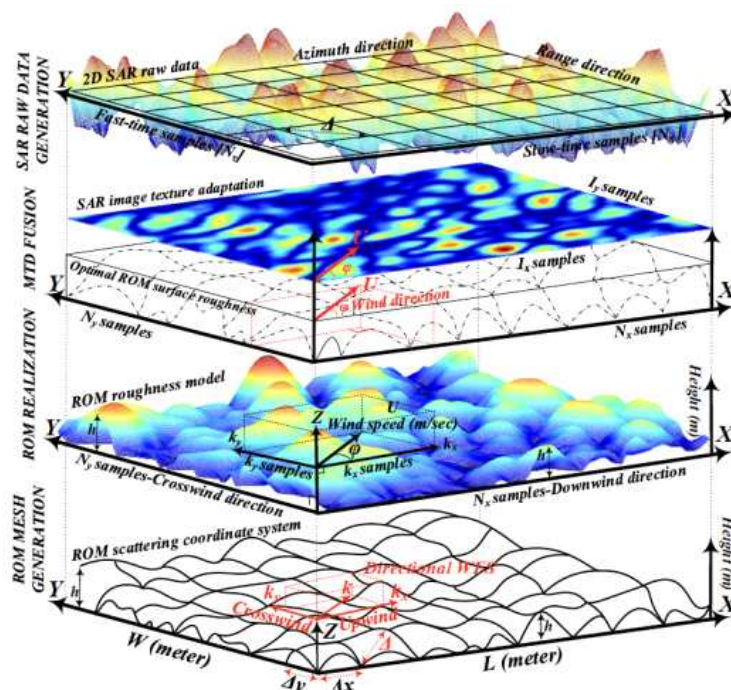
(유치대상자의 과제 참여내용 등을 포함하여 세부적으로 기술할 것)

가. 당초계획

- 원격탐사빙권정보센터에서 수행하고 있는 주요과제 “북극 빙권변화 정량분석을 위한 원격탐사 연구(연구책임자 김현철)” 사업에 참여하여 2019년부터 연구를 수행해 오고 있음.
- 과제의 주요 연구 부분인 해빙원격탐사 자료처리 기술 개발에서 텍스처 기반 영상분석 및 신호처리를 이용한 해빙 매핑 알고리즘 개선, 레이더 및 마이크로파 원격탐사자료 전처리 기술개발과 아리랑 위성 및 타 광학, 레이더 위성자료 처리기술 개발을 수행함.
- 레이더 위성자료 중 영상레이더 자료처리 및 시스템 운용 경험을 가지고 있는 이만 박사는 다중 스케일의 시간-주파수 처리 최적화를 기초로 해빙 영상레이더 영상 분석 연구를 수행함.

나. 실제 활용내용

- 극지연구소 원격탐사빙권정보센터에서 박사후연수연구원으로 근무하며 영상레이더 자료를 활용한 자료처리 기술 개발함.
- 기존연구를 확장하여, 동적 해상 상태에서 표면 모델 융합을 사용한 SAR 전자기 상호작용을 위한 무작위 해양 매체 거칠기 조사 및 방향성 파동 산란 분포 모드 분석을 수행 중임.
- 이 연구를 통해 해양 표면의 동적인 변화를 이해하고 관측할 수 있는 해빙영상의 텍스처 변화 감지 및 구조 매핑과 같은 고해상도 영상기반의 자료처리 연구를 진행 하고 있음.
- 연구를 통해 도출된 과학적인 성과는 국제 세미나 및 학술대회에서 발표되었으며 향후에도 국제 학술대회 발표 및 학술지에 투고를 진행하며, 추가적인 연구를 현재 수행 중임.

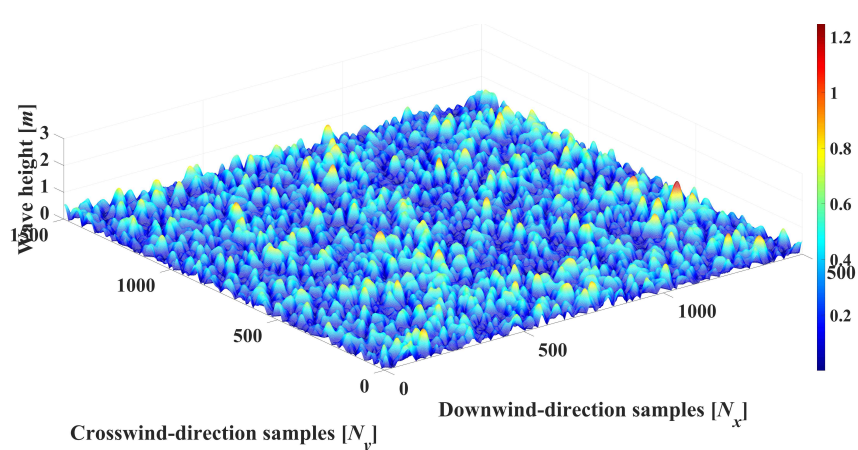


<ROM boundary conditions, surface roughness pattern reconstruction, MTD features fusion and SAR dataset configuration>

2. 연수자 활용을 통해 이룩한 성과 또는 효과									
[1] 지적재산권 : 해당 없음									
[2] 논문 및 저서									
논 문						전 문 도 서			
발 표		게재(예정)		제 출		발 간		준 비	
국내	국외	국내	국외(SCI)	국내	국외	국내	국외	국내	국외
-	3	-	3	-	-	-	-	-	-
- 구체적 내용 <Published> 1. Heidarpour Shahrezae I. and Kim, H., "Sea-Ice Surface Types Characterization and SAR Volume Backscattering Properties in Response to Sea States Interactions Using Structural Feature Fusion" in <i>IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing</i>, vol. 18, pp. 7967-7981, 2025. 2. Heidarpour Shahrezae I. and Kim, H., "Directional Wave Scattering Distribution Modes Analysis and Investigation of Random Ocean Media Roughness for SAR Electromagnetic Interactions Using Surface Model Fusion in Dynamic Sea States: A Survey" in <i>IEEE Access</i>, vol. 12, pp.44351-44382, 2024 3. Heidarpour Shahrezae I. and Kim, H., "A Monostatic Forward-Looking Staring Spotlight SAR Raw Data Generation and Hybrid-Domain Image Formation Modifications Based on Extended Azimuth Nonlinear Chirp Scaling Autofocusing," in <i>IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems</i>, vol. 59, No. 3, pp. 2329-2358, 2023									

[3] 기술지식의 이전					
강의	세미나 및 강연	기술지도 및 연구자문	기술이전	기술개발	정보제공
-	-	-	-	-	-
- 구체적 내용 (내용, 일시, 장소, 학술회의명, 기술개발내용 등) :					
[4] 연구네트워크의 구축					
외국소속 기관과의 MOU교환	공동연구	국제공동 세미나	인력교류	정보 및 연구교류	기술조사단교환
-	-	-	-	-	-
- 구체적 내용(상대협력기관명, 추진내용, 일시 등) : [5] 후속과제와의 연계 - Iman Heidarpour Shahrezaei 박사는 퇴소 후 현재 한국해양대학교 전파모빌리티융합공학전공 응용 마이크로파 실험실(Applied Microwave Lab.)에서 연구교수로 재직 중임. - 현재 원격탐사 응용을 위한 응용 전자기학(Applied Electromagnetics) 및 첨단 안테나 설계(Advanced Antenna Design) 연구를 수행하고 있으며, 이는 KOPRI 재직 시절 수행한 연구의 연장선상에 있음. 다만, 현재는 보다 실용적인 평가와 검증에 중점을 두고 있으며, 레이더 원격탐사와 전자기파 전파 연구의 비중이 확대됨. - 퇴소 이후에도 KOPRI 재직 시 수행한 연구성과를 기반으로 김현철 박사와 공동논문을 발간하였으며, 해당 논문은 최종보고서 논문실적에 포함되어 있음.					

다. Activity Report

1. Name	Iman heidaprou shahrezaei
2. Nationality	Iranian
3. Department and Position	Center of remote sensing and GIS
4. Field of Specialization	SAR signal processing and remote sensing
5. Host Researcher (Name, Position, Department)	Hyun-Cheol Kim, Director Center of Remote Sensing & GIS, KOPRI
6. Research Title	Study on remote sensing for quantitative analysis of change in the Arctic cryosphere
7. Research Period	from 2023.04.01. to 2024.07.31.
8. Summarize description of the activities in KOPRI	At KOPRI, I'm currently engaged in two main projects. The first involves modeling ocean surface roughness and investigating its electromagnetic interaction properties. This encompasses formulations, analysis, simulation, and numerical modeling procedures related to ocean wave frequency (WFS), incorporating both 3D and 2D simulations of dynamic ocean wind waves. The formula utilized in this research is a two-scale Elfouhaily formulation adapted to six additional spreading functions, all of which shape specific ocean wind waves and roughness patterns. Additionally, the directional effect synthesis, as well as roughness pattern fusion to provide optimal ocean surface roughness, is addressed in this research, making it a more comprehensive survey. The second project focuses on modeling Marginal Ice Zone (MIZ) sea types, simulating and categorizing them, and studying their interactions with microwave frequencies, particularly in the range of 1 GHz to 18 GHz. In this research, we aim to understand MIZ behavior through microwave observations, particularly using Synthetic Aperture Radar (SAR). The formula utilized in this research is a JONSWAP formulation, incorporating complex ice type coupling effects and paired with sea states, including wind speed and direction, to determine freeboard heights. Both projects incorporate objective verification scenarios, utilizing qualitative and quantitative metrics to verify results. These verifications are crucial for applications in ocean radar probing, scatterometry, and sensor design. Below, you'll find an example outcome of a 3D simulation depicting the ocean surface under specific formulations of WFS, and wind speed directions, with variations in direction. 
9. Research achievements while in KOPRI	We have published Six articles in SCIE journals. Additionally, we have presented our work at four IEEE conferences.

2. Catherine Lalande

가. 연수개요

활용분야	해양 생지화학			
참여과제명	북극해 온난화-해양생태계 변화 감시 및 미래전망 연구			
연수과제명	Polar Marine Biogeochemistry			
활용연수기간	2023년 4월 1일 ~ 2026년 3월 31일 (36 개월)			
활용대상 과학기술자	국 적	캐나다	성 명	Catherine Lalande
	소속기관	Amundsen Science, University Laval		
	부 서	해양대기연구본부	직 위	연수연구원
	학 위	박사	전 공	해양 생지화학
국내활용책임자	활용부서	해양대기연구본부	활용책임자	양은진 (인)

<첨부서류>
- 연수 시 연구결과 및 논문

2026. 04. 20.

연수책임자: 양은진 (인)

연수대상자: Catherine Lalande (인)

극지연구소장 귀하

나. 활용내용

1. 활용대상자 활용내용

(유치대상자의 과제 참여내용 등을 포함하여 세부적으로 기술할 것)

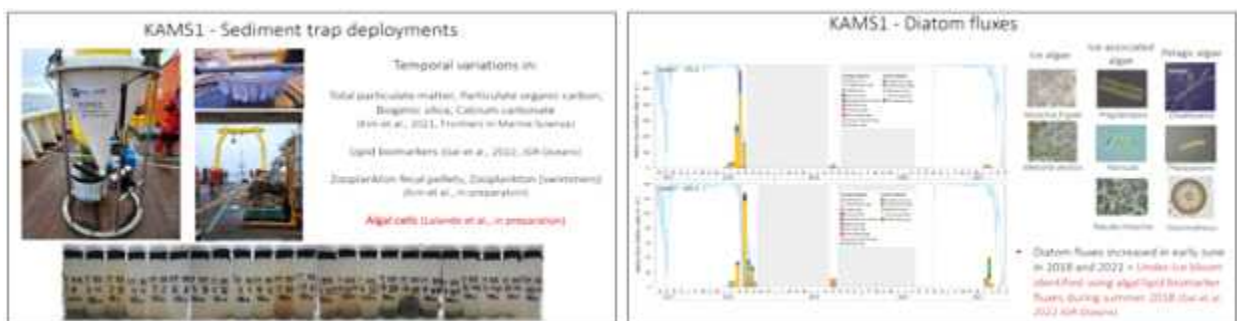
가. 당초계획

- 해양대기연구부에서는 서북극해와 서남극해에서 퇴적물 트랩을 운용중에 있으며, 퇴적물 트랩의 입자플럭스 분석을 통하여 극지해역의 탄소 플럭스에 대한 연구를 수행중에 있음.
- 연수자는 북극해 퇴적물 트랩 분석을 통한 탄소 플럭스 연구의 전문가로서, 그동안 pan-Arctic ocean에서 퇴적물 트랩에 대한 연구를 진행해 왔으며, 현장과 실험실에서 많은 경험을 가지고 있음.
- KOPRI에서는 북극해 온난화-해양 생태계 변화 감시 및 미래전망 연구의 프로젝트에서 수행하고 있는 아라온의 현장 연구에 직접 참여하여, 해양 장기 계류장비에서 퇴적물 트랩을 운용하고, 퇴적물 트랩의 생지화학적 분석을 수행하고자 하였음.
- 북극해에서 정기적으로 매년 수행되는 퇴적물 트랩 계류 라인을 추가적으로 확장하여 북극해로 유입되는 해류특성과의 상관성등에 분석을 수행할 예정이었으며, 동시베리아해와 축치해에서 획득된 자료와 다른 해역인 베링해협과 류포트해역에서 얻은 결과들을 비교하여 태평양 북극해에서 탄소 플럭스에 대한 연구를 진행할 예정임. 다른 해역의 시료는 국제공동 협력을 통해서 미국측으로부터 획득할 예정임.
- 최종적으로는 북극 해빙 감소와 파듯한 태평양수의 유입이 북극해에 탄소 플럭스에 미치는 영향에 대한 연구를 대서양 북극해와 비교할 계획임.

나. 실제 활용내용 (사진 첨부 필수)

1) 연구과제 참여 및 핵심 연구 수행

- Catherine 박사는 연수연구원으로 재직하는 동안 「북극해 온난화-해양생태계 변화 감시 및 미래전망연구」 과제의 핵심 연구인력으로 참여하여, 북극해 해양생태계 변화와 탄소순환 과정 규명을 위한 연구 수행.
- 특히 북극해에서 장기간 운영 중인 퇴적물 트랩(sediment trap) 자료를 체계적으로 정리·분석하였으며, 기존 입자성 유기탄소 플럭스 자료와 함께 ice algae 관련 생물자료를 추가적으로 분석하여 북극해 탄소 플럭스에서 해빙기원 조류(algal export)의 기여도와 계절 변동 특성을 정량적으로 평가하였음.
- 이를 통해 북극해 온난화와 해빙 감소가 해양생태계 및 탄소순환에 미치는 영향 이해에 기여함.



[북극해에서 해빙미세조류의 연간 분포 특성 비교 연구]

2) 북극해 현장조사 및 관측기술 고도화

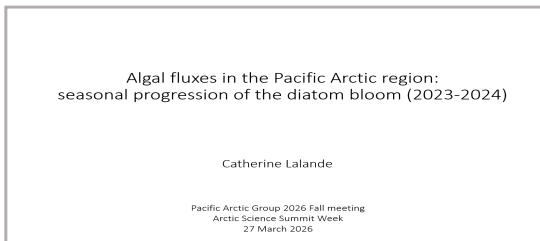
- 2022년부터 매년 하계 ARAON 북극해 현장연구에 참여하여 현장 관측, 장비 운영, 시료 확보 업무를 수행하였으며, 특히 2023년 탐사부터는 기존 해양 수층 퇴적물 트랩 외에 해빙 하부 ice sediment trap 을 최초로 설치·운용하였음.
- 이를 통해 해빙 아래에서 침강하는 조류 및 유기물 입자 시료를 성공적으로 확보하였으며, 확보된 시료를 활용하여 해빙 하부 algal flux 및 해빙-해양 연계 생지화학 과정에 대한 연구를 수행하였고, 해당 성과는 북극해 해빙 감소 시기 생태계 변화 이해를 위한 중요한 기초자료로 활용되고 있음.



[북극해 현장탐사 활동사진]

3) 학술발표 및 국제공동연구 활동

- 연구성과를 바탕으로 Polar Symposium, 한국해양학회, Pacific Arctic Group 회의, Distributed Biological Observatory 회의, S-DBO 데이터 워크숍 등 국내외 주요 학술행사에서 다수의 구두 및 포스터 발표 수행.
- 이를 통해 우리나라 북극 연구성과를 국제사회에 적극적으로 소개하였으며, 미국·캐나다·일본 등 주요 북극 연구기관과의 학술교류 및 공동연구 기반 확대에 기여하였음.



[북극해 트랩 관련 학술발표]

4) 논문 게재 및 연구성과 창출

- 북극해 퇴적물 트랩 및 탄소플럭스 연구와 관련하여 SCI급 논문 4편이 주저자로 게재되었으며, 그 외 공저자 논문 몇편을 게재함.
- 향후 추가적인 우수 연구성과 창출이 기대됨.

5) 국제협력 네트워크 운영 기여

- 한국이 Pacific Arctic Group 의장국을 수행하는 기간 동안 PAG 총무간사(2024.10.~2026.10.) 로 선임되어 활동중에 있음.
- 회의 운영 지원, 회원국 간 협력 조정, 행사 준비 및 의장단 업무 지원 등을 담당하였으며, 우리나라의 북극 국제협력 리더십 강화와 북극 연구 거버넌스 참여 확대에 기여함.

2. 연수자 활용을 통해 이룩한 성과 또는 효과

[1] 지적재산권

특 허				실용신안	의장등록	S/W등록	기타
출 원		등 록					
국내	국외	국내	국외				
-	-	-	-	-	-	-	-

[2] 논문 및 저서

논 문						전 문 도 서			
발 표		게재(예정)		제 출		발 간		준 비	
국내	국외	국내	국외(SCI)	국내	국외	국내	국외	국내	국외
-	5	-	5	-	-	-	-	-	-

- 구체적 내용 (저자, 게재학술지명, 게재년도, 논문제목 등) :

- (1) Jung J, Miyazaki Y, Hur J, Lee YK, Jeon MH, Lee Y, Cho KH, Chung HY, Kim K, Choi JO, LalandeC, Kim JH, Choi T, Yoon YJ, Yang EJ, and Kang SH. 2023. Measurement report: Summertime fluorescence characteristics of atmospheric water-soluble organic carbon in the marine boundary layer of the western Arctic Ocean. Atmospheric Chemistry and Physics23, 4663-4684. Published April 2023.
- (2) Catherine Lalande, Jong-Kuk Moon, Jinyoung Jung, Eun Jin Yang. 2024. High spatial variability in under-ice export fluxes over the Chukchi Plateau in the Pacific Arctic region. Ocean Science Journal, 59:21, <https://doi.org/10.1007/s12601-024-00148-z>
- (3) Kim, JH., Lalande, C.*, Yang, EJ*, Cho, KH., Kim, D., Moon, JK., Yoo, H., 2024. Seasonal variations in the contribution of zooplankton fecal pellets to the particulate organic carbon fluxes over the slopes of the Pacific Arctic region. Progress in Oceanography, <https://doi.org/10.1016/j.pcean.2024.103335>
*co-corresponding author
- (4) Lalande, C., Yang, EJ., Ko, E., Park, J., Jung, JY., Kim, JH., Moon, JK., Kim, D., Jeon. SJ. 2025. Sea ice breakup and nutrient supply regulate the timing and magnitude of algal export over the slopes of the Pacific Arctic region. Limnology and Oceanography, 70 (5), 1329-1344. Published March 2025.
- (5) Lalande C, Stabeno P, Mordy C, Bell S, Wegner Koch C, Yang EJ, Jung JY, Son J, Kim JH, Frey K, Grebmeier JM. 2026. Monitoring export fluxes to detect seasonal and interannual changes in the pelagic ecosystem of the northern Bering Sea. Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 226, 105611. Published April 2026.

[3] 기술지식의 이전					
강의	세미나 및 강연	기술지도 및 연구자문	기술이전	기술개발	정보제공
-	3건	-	-	-	-
- 구체적인 내용 <국제 워크숍 발표> (1) Lalande, C. Magnitude, composition, and timing of algal export in the Pacific Arctic region. Distributed Biological Observatory Data Workshop, Baltimore, October 31, 2024 (2) Lalande, C., Kim, D., Kim, JH., Ko, E., Park, J., Jung, J., Cho, KH., Yang, EJ. Algal export in the East Siberian Sea. International Symposium on Polar Sciences 2023 (Siberian Distributed Biological Observatory Workshop), Korea Polar Research Institute, May 23 2023 (3) Lalande, C., Kim, D., Kim, JH., Ko, E., Park, J., Jung, J., Cho, KH., Yang, EJ. 'Algal export over the East Siberian and Chukchi Sea slopes in the Arctic Ocean' 2023 한국해양과학기술협의회공동학술대회, Busan, May 3 2023					
[4] 연구네트워크의 구축					
외국소속 기관과의 MOU교환	공동연구	국제공동 세미나	인력교류	정보 및 연구교류	기술조사단교환
-	3건	-	-	-	-
- 구체적인 내용 (1) 베링해협 시료 분석 및 국제공동연구 - 미국 프로젝트를 통해 확보한 베링해협 인근 퇴적물 트랩 시료를 제공받아 KOPRI와 동일한 방법으로 비교분석하였음 - 해당 시료는 University of Maryland 와의 협력을 통해 확보되었으며, 북극해 유입 관문인 베링해협의 탄소 플럭스 특성 파악에 활용되고 있음 (2) 태평양 북극해 공동연구 확대 - 베링해협과 KOPRI 관측망 자료를 연계하여 태평양 북극해 전 구간의 carbon flux 비교 연구를 University of Maryland 와 공동으로 수행하고 있음. 2025년 일본 Jamstec으로부터 북극해 퇴적물트랩에서 algal flux 에 대한 공동연구 제안을 받아서 현재 진행중에 있음. - 이를 통해 국제 수준의 북극해 탄소순환 연구성과 창출이 기대된다. (3) PAG 국제협력 활동 - 한국이 Pacific Arctic Group 의장국을 수행함에 따라, 임기 기간 동안 총무간사로 활동하고 있음 - 회의 운영 및 회원국 협력 지원을 담당하며 우리나라의 북극 국제협력 강화에 기여. (4) 향후 공동연구 및 국제협력 계획 - 향후 Catherine 박사는 캐나다 Amundsen Science, 미국 University of Maryland, 일본 JAMSTEC 등과 연계하여 북극해 퇴적물 트랩 연구를 지속 수행하고, KOPRI와의 협력을 통해 태평양 북극해 및 대서양 북극해를 포함한 환북극 규모의 탄소 플럭스 비교 연구를 추진할 계획임. 또한 PAG, DBO, SAS 등 국제 연구네트워크를 활용하여 공동논문 작성, 자료 공유, 국제 워크숍 개최 및 차세대 연구자 양성 프로그램 등을 지속 추진할 예정임.					

다. Activity Report

1. Name	Catherine Lalande
2. Nationality	Canadian
3. Department and Position	Ocean and Atmospheric Sciences - Postdoc
4. Field of Specialization	Marine Biogeochemistry
5. Host Researcher (Name, Position, Department)	양은진, Ocean and Atmospheric Sciences
6. Research Title	Polar Marine Biogeochemistry
7. Research Period	From 01/04/2023 to 31/03/2026
8. Summarize description of the activities in KOPRI Cruises - Arctic Ocean Araon Cruise (ARA14B), East Siberian and Chukchi Seas, August 1 - August 31, 2023 - Arctic Ocean Araon Cruise (ARA15A), East Siberian and Chukchi Seas, July 28 - August 29, 2024 - Arctic Ocean Araon Cruise (ARA16A), East Siberian and Chukchi Seas, July 15 - August 22, 2025 Sample processing at other institutes/universities - 2023 Arctic Ocean sample processing and research consultation, Korea Institute of Ocean Science and Technology, October 17-19, 2023 - 2024 Arctic Ocean sample processing and research consultation, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan, October 10-11 and December 2-3, 2024 - Bering Sea sample processing, University of Maryland Center for Environmental Science, Solomons, Maryland, October 24-25, 2024 Management - Secretary, Pacific Arctic Group (PAG) This role involves coordinating and supporting the Pacific Arctic Group, including organizing meetings, preparing agendas, and producing meeting reports. PAG is a network of institutes and individuals contributing a Pacific perspective to Arctic science under the International Arctic Science Committee (IASC). The appointment covers the 2025-2026 term during which Korea, represented by Dr. Eun Jin Yang, serves as Chair of PAG. Responsibilities consist of supporting four scheduled meetings: - 2025 PAG Spring Meeting, Boulder, USA, March 22, 2025 - 2025 PAG Fall Meeting, Incheon, Republic of Korea - November 3-4, 2025 - 2026 PAG Spring Meeting, Aarhus, Denmark - March 27, 2026 - 2026 PAG Fall Meeting, Victoria, Canada - November 16-17, 2026 Manuscripts in preparation - Lalande C, Yang EJ, Kim JH, Moon JK, Kim D. Magnitude, timing and composition of particle flux over the Northwind Ridge. - Lalande C, Kim JH, Kim JH, Moon JK, Son J, Jung J, Yang EJ. Under-ice biogenic matter fluxes in the Pacific Arctic region. - Lalande C, Moon JK, Grebmeier J, Yang EJ. Seasonal progression of the algal bloom derived from algal fluxes in the Pacific Arctic region - 2023-2024. - Lalande C, Stabeno PJ, Mordy CW, Bell SW, Yang EJ, Jung J, Son J, Kim JH, Frey K, Grebmeier JM. Continued monitoring of export fluxes in the northern Bering Sea - 2023-2024.	

9. Research achievements while in KOPRI

Publications (first-author manuscripts attached)

- Jung J, Miyazaki Y, Hur J, Lee YK, Jeon MH, Lee Y, Cho KH, Chung HY, Kim K, Choi JO, Lalande C, Kim JH, Choi T, Yoon YJ, Yang EJ, and Kang SH. 2023. Measurement report: Summertime fluorescence characteristics of atmospheric water-soluble organic carbon in the marine boundary layer of the western Arctic Ocean. *Atmospheric Chemistry and Physics* 23, 4663 - 4684. Published April 2023.
- Lalande C, Moon JK, Jung J, Yang EJ. 2024. High spatial variability in under-ice export fluxes over the Chukchi Plateau in the Pacific Arctic region. *Ocean Science Journal* 59 (2), 21. Published April 2024.
- Kim JH, Lalande C*, Yang EJ*, Cho KH, Kim D, Moon JK, Yoo H. 2024. Seasonal variations in the contribution of zooplankton fecal pellets to the particulate organic carbon fluxes over the slopes of the Pacific Arctic region. *Progress in Oceanography* 228, 103335. Published August 2024.

*co-corresponding author

- Lalande C, Yang EJ, Ko E, Park J, Jung JY, Kim JH, Moon JK, Kim D, Jeon SJ. 2025. Sea ice breakup and nutrient supply regulate the timing and magnitude of algal export over the slopes of the Pacific Arctic region. *Limnology and Oceanography* 70 (5), 1329-1344. Published March 2025.
- Lalande C, Stabeno P, Mordy C, Bell S, Wegner Koch C, Yang EJ, Jung JY, Son J, Kim JH, Frey K, Grebmeier JM. 2026. Monitoring export fluxes to detect seasonal and interannual changes in the pelagic ecosystem of the northern Bering Sea. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 226, 105611. Published April 2026.

Oral and poster presentations

- 2023 한국해양과학기술협의회공동학술대회, Busan Exhibition and Convention Center, Busan, May 3, 2023. Oral presentation.
- International Symposium on Polar Sciences 2023 - Siberian Distributed Biological Observatory Workshop, Korea Polar Research Institute, May 23, 2023. Oral presentation.
- Distributed Biological Observatory Data Workshop, Colwell Center, Baltimore, USA, October 31, 2024. Oral presentation.
- 2025 Pacific Arctic Group Spring Meeting, University of Colorado Boulder, Boulder, USA, March 22, 2025. Oral presentation.
- 2025 한국해양과학기술협의회공동학술대회, Busan Exhibition and Convention Center, Busan, May 8, 2025. Poster presentation.
- Distributed Biological Observatory Data Workshop, Korea Polar Research Institute, Incheon, November 5, 2025. Oral presentation.
- 2026 Pacific Arctic Group Spring Meeting, Aarhus University, Aarhus, Denmark, March 27, 2026. Oral presentation.

3. Hettiarachchige Sachithra Amarin

가. 연수개요

활용분야	극지 해양생물 생리연구 수행			
참여과제명	포스트 극지유전체프로젝트: 극지 유용유전자 발굴을 위한 기능유전체 연구			
연수과제명	포스트 극지유전체프로젝트: 극지 유용유전자 발굴을 위한 기능유전체 연구			
활용연수기간	2023년 11월 1일 ~ 2024년 9월 30일 (11개월)			
활용대상 과학기술자	국 적	Sri Lankan	성 명	Hettiarachchige Sachithra Amarin
	소속기관	극지연구소		
	부 서	생명과학연구본부	직 위	연수연구원
	학 위	박사	전 공	해양과학
국내활용책임자	활용부서	생명과학연구본부	활용책임자	김진형 (인)

<첨부서류>

- 연수 시 연구결과 및 논문

2025. 02. 26.

연수책임자: 김진형 (인)

연수대상자: Hettiarachchige Sachithra Amarin (인)

극지연구소장 귀하

나. 활용내용

1. 활용대상자 활용내용

가. 당초계획

- 극지 어류 생리 실험수행 및 논문 작성
 - 극지 어류의 생리연구 동향분석
 - 극지 어류 생리연구 리뷰 논문 작성
 - 극지 어류 전자기장 영향 관련 생리실험 수행
 - 비극지 어류의 비교실험 수행

나. 실제 활용내용(사진 첨부(연구활동 모습, 연구결과 등) 필수)

- 극지어류 생리 실험수행 및 논문 작성
 - 극지 어류의 식욕 및 소화율 관련 유전자 연구
 - 극지 어류의 mtDNA 유전체 분석 및 특성 연구

Gastric evacuation rates and changes in postprandial appetite-related gene expression in the Antarctic black rockcod, *Notothenia coriiceps*^{1,2}

Jihun Kim^{1,2,3}, Sachithra Amarin Hettiarachchi^{1,3}, Seungyeon Lee^{1,2}, Il-Chan Kim¹,
Hélène Volkoff³, Jae-Seong Lee⁴, and Jin-Hyoung Kim^{1,2,*3}

¹Division of Life Sciences, Korea Polar Research Institute, Incheon, Republic of Korea^{1,2}

²Polar Science, University of Science and Technology, Incheon, Republic of Korea²

³Department of Biology, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL A1B 3X9
Canada³

⁴Department of Biological Sciences, College of Science, Sungkyunkwan University, Suwon,
Republic of Korea⁴

³These authors equally contributed on this manuscript³

* Author for correspondence: J-H Kim, kimjh@kopri.re.kr^{1,2}

Abstract^{1,2}

Although the Antarctic black rockcod, *Notothenia coriiceps* is a notothenioid benthic fish species that plays a key role in the Antarctic marine food web dynamics, its physiology remains largely unknown. This study investigates postprandial changes in appetite-related gene expression and gastric evacuation rates, which are crucial for understanding digestion and appetite regulation. Gastric evacuation was assessed by examining stomach and intestine

[1] 지적재산권

특 허				실용신안	의장등록	S/W등록	기타
출 원		등 록					
국내	국외	국내	국외				
-	-	-	-	-	-	-	-

[2] 논문 및 저서

논 문						전 문 도 서			
발 표		게재(예정)		제 출		발 간		준 비	
국내	국외(SCI)	국내	국외(SCI)	국내	국외	국내	국외	국내	국외
-	3	-	-	-	1	-	-	-	-

논문제목: Aastric evacuation rates and changes in postprandial appetite-related gene expression in the Antarctic black rockcod, *Notothenia coriiceps*

[3] 기술지식의 이전					
강의	세미나 및 강연	기술지도 및 연구자문	기술이전	기술개발	정보 제공
-	-	-	-	-	-
- 구체적 내용 (내용, 일시, 장소, 학술회의명, 기술개발내용 등) :					
[4] 연구네트워크의 구축					
외국소속 기관과의 MOU교환	공동연구	국제공동 세미나	인력교류	정보 및 연구교류	기술조사단교환
-	-	-	-	-	-
- 구체적 내용(상대협력기관명, 추진내용, 일시 등) : [5] 후속과제와의 연계 - 퇴소 후 현재 Ocean University of Sri Lanka에서 Senior Lecturer로 재직 중이며, 퇴소 이후 KOPRI와의 별도 연구 교류 실적은 현재까지 확인되지 않음. 다만, 향후 자국에서 극지생물 연구 주제의 편당을 신청하여 KOPRI와 공동연구를 추진할 예정임.					

다. Activity Report

1. Name	Hettiarachchige Sachithra Amarin
2. Nationality	Sri Lanka
3. Department and Position	Postdoctoral Researcher at Division of Polar Life Sciences
4. Field of Specialization	Polar Marine Biology and Physiology
5. Host Researcher (Name, Position, Department)	Dr. Jin-Hyoung Kim, Principal investigator, Division of Polar Life Sciences
6. Research Title	
7. Research Period	from 2022.11.01. to 2024.9.30
8. Summarize description of the activities in KOPRI - Conducting comparative research on polar fish physiology. - Assisting to the master's student. - Maintaining and monitoring the cold seawater aquarium facility. - Contributing to the design of experiments for future research on Antarctic fish at the laboratory. - Presenting and disseminate the knowledge based on the findings of the research among laboratory members. - Preparing for the journal publications	
9. Research achievements while in KOPRI - Preparation of a research article on Antarctic fish physiology. - Co-contribution to the manuscript that will be published soon, which focuses on the complete mitochondrial genome of Trematomus species.	

제 4 장 사업 성과



제4장 사업성과

제1절 사업성과 및 실적

1. 인력 활용 실적

- 2023년 1년차 : 3명(Iman Heidarpour Shahrezaei, Catherine Lalande, Hettiarachchige Sachithra Amarin)
- 2024년 2년차 : 3명(상동)
- 2025년 3년차 : 1명(Catherine Lalande)

2. 정량적 성과

가. 논문 및 저서 실적 : 논문 게재 국외(SCI(E)) 11편

< 표5. SCI(E) 논문명 저서 목록 >

No.	논문 실적 목록	IF	mrnIF
1	Heidarpour Shahrezae I. and Kim, H., "Sea-Ice Surface Types Characterization and SAR Volume Backscattering Properties in Response to Sea States Interactions Using Structural Feature Fusion" in IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing, vol. 18, pp. 7967-7981, 2025.	4.7	90.625
2	Heidarpour Shahrezae I. and Kim, H., "Directional Wave Scattering Distribution Modes Analysis and Investigation of Random Ocean Media Roughness for SAR Electromagnetic Interactions Using Surface Model Fusion in Dynamic Sea States: A Survey" in IEEE Access, vol. 12, pp.44351-44382, 2024	3.4	65.625
3	Heidarpour Shahrezae I. and Kim, H., "A Monostatic Forward-Looking Staring Spotlight SAR Raw Data Generation and Hybrid-Domain Image Formation Modifications Based on Extended Azimuth Nonlinear Chirp Scaling Autofocusing," in IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. 59, No. 3, pp. 2329-2358, 2023	3.491	87.879
4	Jung J, Miyazaki Y, Hur J, Lee YK, Jeon MH, Lee Y, Cho KH, Chung HY, Kim K, Choi JO, Lalande C, Kim JH, Choi T, Yoon YJ, Yang EJ, and Kang SH. 2023. Measurement report: Summertime fluorescence characteristics of atmospheric water-soluble organic carbon in the marine boundary layer of the western Arctic Ocean. Atmospheric Chemistry and Physics, 23, 4663-4684. Published April 2023.	7.197	88.172
5	Catherine Lalande, Jong-Kuk Moon, Jinyoung Jung, Eun Jin Yang. 2024. High spatial variability in under-ice export fluxes over the Chukchi Plateau in the Pacific Arctic region. Ocean Science Journal, 59:21, https://doi.org/10.1007/s12601-024-00148-z	1.3	37.037
6	Kim, JH., Lalande, C., Yang, EJ*, Cho, KH., Kim, D., Moon, JK., Yoo, H., 2024. Seasonal variations in the contribution of zooplankton fecal pellets to the particulate organic carbon fluxes over the slopes of the Pacific Arctic region. Progress in Oceanography,	4.1	90.323
7	Lalande, C., Yang, EJ., Ko, E., Park, J., Jung, JY., Kim, JH., Moon, JK., Kim, D., Jeon, SJ. 2025. Sea ice breakup and nutrient supply regulate the timing and magnitude of algal export over the slopes of the Pacific Arctic region. Limnology and Oceanography, 70 (5), 1329-1344. Published March 2025.	3.8	90.625
8	Lalande C, Staben P, Mordy C, Bell S, Wegner Koch C, Yang EJ, Jung JY, Son J, Kim JH, Frey K, Grebmeier JM. 2026. Monitoring export fluxes to detect seasonal and interannual changes in the pelagic ecosystem of the northern Bering Sea. Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 226, 105611. Published April 2026.	3.0	79.688

No.	논문 실적 목록	IF	mrnIF
9	Euna Jo, Seungyeon Lee, Jihun Kim, Sachithra Amarin Hettiarachchia, Sanghee Kim, Il-Chan Kim, Seunghyun Kang, and Jin-Hyoung Kim "The complete mitochondrial genome of <i>Trematomus hansonii</i> Boulenger, 1902 (Perciformes, Nototheniidae)" Mitochondrial DNA, resources Part B	0.5	1.176
10	Jihun Kim, Jihye Jeong, Seungyeon Lee, Phung Thi Nguyen, Dong-Won Han, Sachithra Amarin Hettiarachchi, Euna Jo, Seunghyun Kang, Il-Chan Kim, and Jin-Hyoung Kim. 2024. The complete mitochondrial genome of <i>Gobionotothen gibberifrons</i> (Perciformes, Nototheniidae). Mitochondrial DNA, resources Part B, issue 3, 398-420.	0.5	1.176
11	Seungyeon Lee, Mi-Hyun Park, Sachithra Amarin Hettiarachchi, Jihun Kim, Yong-Woo Lee, and Jin-Hyoung Kim. 2026. Comparative analysis of length-weight relationships and condition factors of two congeneric rockcod species from the shores of King George Island, Antarctica. PeerJ, e20513	2.4	65.926

나. 기술지식 이전 실적 : 세미나 및 학술대회 발표 3회

<표 6. 세미나 및 학술대회 발표 목록>

No.	세미나 및 학술대회 발표 목록
1	Lalande, C. Magnitude, composition, and timing of algal export in the Pacific Arctic region. Distributed Biological Observatory Data Workshop, Baltimore, October 31, 2024
2	Lalande, C., Kim, D., Kim, JH., Ko, E., Park, J., Jung, J., Cho, KH., Yang, EJ. Algal export in the East Siberian Sea. International Symposium on Polar Sciences 2023 (Siberian Distributed Biological Observatory Workshop), Korea Polar Research Institute, May 23 2023
3	Lalande, C., Kim, D., Kim, JH., Ko, E., Park, J., Jung, J., Cho, KH., Yang, EJ. 'Algal export over the East Siberian and Chukchi Sea slopes in the Arctic Ocean' 2023 한국해양과학기술협의회공동학술대회, Busan, May 3 2023

다. 연구네트워크 구축 실적 : 공동연구 3건

<표 7. 공동연구 및 국제 공동세미나>

No.	공동연구 및 국제 공동세미나
1	(베링해협 시료 분석 및 국제공동연구) 미국 프로젝트를 통해 확보한 베링해협 인근 퇴적물 트랩 시료를 제공 받아 KOPRI와 동일한 방법으로 비교 분석 하였음 / 해당 시료는 University of Maryland 와의 협력을 통해 확보되었으며, 북극해 유입 관문인 베링해협의 탄소플럭스 특성 파악에 활용되고 있음
2	(태평양 북극해 공동연구 확대) 베링해협과 KOPRI 관측망 자료를 연계하여 태평양 북극해 전 구간의 carbon flux 비교 연구를 University of Maryland 와 공동으로 수행하고 있음 / 2025년 일본 Jamstec으로부터 북극해 퇴적물트랩에서 algal flux 에 대한 공동연구 제안을 받아서 현재 진행중에 있음.
3	(PAG 국제협력 활동) 한국이 Pacific Arctic Group 의장국을 수행함에 따라, 임기 기간 동안 총무간사 (Catherine Lalande)로 활동하고 있음

3. 정성적 성과

사업을 통해 지원받은 외국인 연수연구원들은 연구소 내부를 넘어 국내외 다양한 무대에서 눈부신 활약을 펼치고 있다. 이들은 한국 사회에 안정적으로 정착했을 뿐만 아니라, 학계의 주목을 받는 우수한 연구 성과를 거두며 사업의 가치를 증명하였음

가. Iman Heidarpour Shahrezaei 박사 (2023.4.1. ~ 2024.7.31.)

- Iman Heidarpour Shahrezaei 박사는 원격탐사 분야의 핵심인 SAR 영상 해석 기술을 고도화하여 극지 원격탐사 역량 강화에 기여하였음
- 다수의 SCIE 논문을 게재하며 영상 형성 알고리즘 개발 및 해빙 표면 분석에서 우수한 성과를 거두었습니다. 또한, 국제 학술회의 참석 등 국제공동연구 수행을 통해 글로벌 협력 네트워크 강화에 기여했음

나. Catherine Lalande 박사 (2023.4.1. ~ 2026.3.31.)

- 북극해에서 퇴적물 트랩을 연구해온 몇안되는 전문가로서 유일하게 대서양 북극해와 태평양 북극해에서 동시에 연구를 진행한 경험을 가지고 있기 때문에 향후에 pan-Arctic ocean 에서 탄소 플럭스에 대한 장기 변동 연구를 수행하였음
- 재직기간동안 ‘북극해 온난화-해양생태계 변화 감시 및 미래전망연구’ 과제에 참여하여 척치해와 동시베리아해에서 획득된 기존 퇴적물 트랩 자료와 ice algae에 대한 자료를 추가적으로 분석하여, 북극해 carbon flux에서 algal export 에 대한 연구를 수행하였으며, 현재 미국메릴랜드 대학교와 공동 연구를 통하여 베링해협에서 채집된 퇴적물 트랩 시료도 분석하고 있기 때문에 향후 태평양 북극해에서 탄소 플럭스를 이해하는데 크게 기여할 것으로 판단됨. 특히 미국과의 국제공동협력에도 크게 기여하고 있음. 장기 퇴적물 트랩 자료와 해빙기원 조류(algal export) 분석을 결합하여 북극해 탄소플럭스의 계절성 및 기여도를 정밀하게 규명하고, 온난화에 따른 생태계 변화 이해에 기여하였음
- 국내외 주요 학술회 및 국제회의(PAG, DBO 등)에서 연구성과를 발표하여 한국 북극 연구의 국제적 가시성과 학술적 영향력 확대에 기여하였음
- 현재 한국이 의장직을 수행하는 PAG에서 총무간사로 활동하며 국제협력 조정과 네트워크 운영을 수행함으로써 다자간 공동연구 기반을 강화하고 북극 연구 거버넌스에서 한국의 역할 확대에 기여하였음

다. Hettiarachchige Sachithra Amarín 박사 (2023.4.1. ~ 2024.9.30.)

- 남극 생물 자원의 유전적 가치 규명과 남극해 환경 변화에 따른 해양생물의 영향 분석에서 우수한 연구 성과를 거두었음
- 2023년 이후 Mitochondrial DNA 등 SCIE 학술지에 2종의 남극 어종의 미토콘드리아 게놈 지도를 완성하여 보고함으로써 극지 생물의 진화와 적응 기전 연구를 위한 핵심 기초자산을 확보하였음
- 또한, 남극 킹조지섬 세종과학기지 인근의 두 서식지(부두 및 촛대바위)에서 채집된 근연종을 대상으로 체장-체중 관계와 비만도를 비교 분석함으로써, 서식지 특성과 종별 생태적 차이가 남극 어류의 생리적 조건과 성장 역학에 미치는 독립적인 영향을 규명하여, 기후 변화에 따른 남극 해양 생태계의 인구 구조 변화를 예측하는 데 중요한 기초 자료를 제공하였음

제2절 향후 계획

본 '해외 우수연구원 지원사업'은 2014년 도입 이래 지난 10여 년간 극지연구소의 글로벌 연구 역량을 혁신적으로 끌어올리는 마중물 역할을 충실히 수행하였습니다. 사업 초기, 내국인 중심이었던 연구소 인적 구성의 한계를 극복하고 외국인 과학자의 안정적인 유입 경로를 확보하고자 했던 본래의 목적은 다음과 같은 성과를 통해 충분히 달성된 것으로 판단됨

본 사업을 통해 구축된 외국인 연구자 유치 노하우와 행정 지원 체계는 이제 연구소의 표준 운영 절차로 자리 잡았습니다. 현재는 별도의 한시적 지원 사업 없이도 연구소 기본 사업 및 주요 프로젝트 예산을 통해 우수한 해외 과학자들이 자발적으로 유입되고 있으며, 이는 본 사업이 목표로 했던 '지속 가능한 자립형 유치 기반'이 완성되었음을 의미함

본 사업은 종료되지만, 그간 축적된 유무형의 자산은 연구소의 상시 시스템으로 통합되어 다음과 같이 고도화될 예정임

1. 연구소 기본 사업으로의 체제 통합

기존에 본 사업을 통해 지원되던 해외 인력 유치 및 관리 기능은 연구소의 '글로벌 인재 경영 시스템'으로 전면 통합됨. 우수 외국인 연구자 유치를 위한 필수 지원 사항을 일반 예산(기본사업 및 정부수탁사업) 구조 내에 편입시켜, 특정 사업 기간에 구애받지 않고 연중 상시 우수 인재를 영입할 수 있는 유연한 체계를 유지할 것임

2. 고도화된 글로벌 파트너십으로의 전이

단순 연수연구원 유치를 넘어, 미국·유럽 등 극지 선진 기관과의 '기관 대 기관 (Lab-to-Lab)' 협력 체계를 강화할 예정임. 본 사업이 남긴 네트워크를 활용하여 공동 연구 개발(R&D) 과제를 대형화하고, 이를 통해 해외 고급 인력이 자연스럽게 연구소 프로젝트에 참여하는 선순환 구조를 공고히 할 예정임

3. 성과 관리 및 지식 자산의 공유

본 사업을 통해 배출된 연구원들과의 네트워크를 유치 종료 후에도 지속 관리하여, '극지 연구소 글로벌 알umni(Alumni)'를 구성하겠음. 이들이 본국으로 귀국하거나 제3국 기관으로 이동한 후에도 우리 연구소와 공동 세미나, 기술 교류를 이어감으로써 무형의 연구 자산이 끊임없이 확장되도록 관리할 예정임

4. 퇴소 연수연구원 후속 연구협력 관리

본 사업을 통해 유치·활용한 외국인 연수연구원과의 연구 네트워크가 사업 종료 이후에도 단절되지 않도록 퇴소자 및 사업 참여자의 현 소속, 후속 교류 가능성, 공동연구 추진 여부 등을 확인·정리하고자 함.

Iman 박사의 경우 퇴소 후 현재 한국해양대학교 전파모빌리티융합공학전공 응용 마이크로파 실험실에서 연구교수로 재직 중이며, KOPRI 재직 시절 수행한 원격탐사 및 전자기

과 관련 연구를 확장하여 응용 전자기학 및 첨단 안테나 설계 연구를 수행하고 있음. 또한 퇴소 이후에도 KOPRI 연구진과 공동논문을 발간하는 등 후속 연구성과가 확인되어, 향후 관련 분야의 연구협력 검토 시 참고하고자 함.

Catherine 박사의 경우 연수 종료 이후에도 Amundsen Science, University of Maryland, JAMSTEC 등과 연계한 북극해 퇴적물 트랩 연구를 지속하고, KOPRI와의 협력을 통해 환북극 규모의 탄소 플럭스 비교 연구 및 국제 공동연구를 추진할 계획임. 또한 PAG, DBO, SAS 등 국제 연구네트워크를 활용하여 공동논문 작성, 자료 공유, 국제 워크숍 등 후속 협력 활동을 이어갈 예정임.

Amarin 박사의 경우 퇴소 후 현재 Ocean University of Sri Lanka에서 Senior Lecturer로 재직 중이며, 퇴소 이후 KOPRI와의 별도 연구 교류 실적은 현재까지 확인되지 않았으나, 향후 자국에서 극지생물 연구 주제의 펀딩을 신청하여 KOPRI와 공동연구를 추진할 예정임.

향후 연구네트워크 구축 실적은 단순한 연락 유지나 일회성 교류보다는 공동논문, 공동연구, 국제 세미나·워크숍, 자료 공유, 공동 펀딩 과제 신청 등 후속 연구성과와 연계될 수 있는 활동을 중심으로 정리하고자 함. 퇴소 연수연구원의 경우 연구부서와의 협조를 통해 확인 가능한 범위 내에서 현 소속, 후속 공동연구 및 연구 교류 실적을 정리하고, 향후 유사 사업 검토 및 국제협력 성과 관리 시 참고자료로 활용하고자 함.

5. 해외 우수 인재 유치·관리 경험의 지속 활용

본 사업은 한시적 지원사업 형태로 종료되나, 사업 수행 과정에서 축적된 외국인 연수연구원 유치·관리 경험은 향후 해외 우수 인재 유치 및 관리 시 참고자료로 활용하고자 함.

향후 외국인 연구인력 유치가 필요한 경우에는 별도의 신규 제도를 마련하기보다는 연구부서의 기본사업 및 정부수탁사업 등 기존 연구과제 운영 체계 내에서 인력 활용을 검토하고, 기존 채용 및 인력활용 절차에 따라 지원자격, 제출서류, 심의절차 등을 확인하여 운영할 예정임.

결론적으로 본 사업은 외국인 과학자 유치의 '양적 팽창'과 '시스템 정착'이라는 시대적 사명을 성공적으로 완수하였음. 이제는 별도의 지원 사업이라는 형식을 탈피하여, 연구소 운영 전반에 녹아든 내재화된 시스템을 통해 '글로벌 선도 극지 연구 기관'으로서의 질적 성장을 도모해야 할 시점이라고 판단됨. 이에 본 사업의 종료를 보고하며, 향후 보다 효율적이고 통합적인 인재 경영 체제로 전환하고자 함

부 록

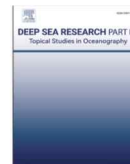




Contents lists available at ScienceDirect

Deep-Sea Research Part II

journal homepage: www.elsevier.com/locate/dsr2



Monitoring export fluxes to detect seasonal and interannual changes in the pelagic ecosystem of the northern Bering Sea

Catherine Lalande^{a,b,*}, Phyllis J. Stabeno^c, Calvin W. Mordy^{c,d}, Shaun W. Bell^c, Chelsea W. Koch^e, Eun Jin Yang^a, Jinyoung Jung^a, Juyoung Son^{a,f}, Jee-Hoon Kim^a, Karen E. Frey^g, Jacqueline M. Grebmeier^h

^a Korea Polar Research Institute, Incheon, Republic of Korea

^b Amundsen Science, Québec City, Canada

^c Pacific Marine Environmental Laboratory-NOAA, Seattle, WA, USA

^d Cooperative Institute for Climate, Ocean, and Ecosystem Studies, University of Washington, Seattle, WA, USA

^e American University, Washington, DC, USA

^f Division of Earth and Environmental System Sciences, Pukyong National University, Busan, Republic of Korea

^g Clark University, Worcester, MA, USA

^h University of Maryland Center for Environmental Science, Solomons, MD, USA

ARTICLE INFO

Keywords:

Sediment trap

Algae

Zooplankton

Particulate Organic Carbon

Bering Sea

ABSTRACT

The considerable loss of sea ice and warmer waters recently observed in the northern Bering Sea significantly affected the seasonal development and composition of algal blooms and zooplankton, with cascading effects on the quantity and quality of material exported to the seafloor. In this context of rapid environmental change, a moored sediment trap was deployed from October 2020 to August 2022 to quantify the magnitude, timing and composition of particles exported and to monitor the influence of sea ice cover duration on the seasonal development of the pelagic ecosystem in the region. Export fluxes showed that an early sea ice breakup followed by a few weeks of sea ice drifting in the region in 2022 led to higher fluxes of chlorophyll *a*, diatoms, biomarkers, and particulate organic carbon compared to 2021. The composition of the diatom fluxes also changed, with a majority of diatoms exported without chloroplasts in 2022. In addition to large fluxes of ice-associated diatoms, larger fluxes of pelagic diatoms were observed in 2022. Low numbers of zooplankton and meroplankton collected in 2022 possibly reflected reduced food supply associated with the dominance of diatoms without chloroplasts. Whereas low numbers of large copepods have previously been observed under reduced sea ice in the northern Bering Sea, the coincident low abundance of small copepods was unexpected. Further monitoring is necessary to determine if rapid nitrate depletion and the apparent collapse of the zooplankton population are recurrent events. As early sea ice breakup has recently become more frequent and may significantly alter the composition and phenology of the marine ecosystem in the northern Bering Sea, the deployment of moored sediment traps has proven valuable for monitoring these continuing changes.

1. Introduction

The shallow northern Bering Sea shelf supports highly productive ecosystems characterized by extensive algal blooms, large organic carbon fluxes, and rich benthic communities (Grebmeier et al., 2015; O'Daly et al., 2020). In this seasonally ice-covered region, algal blooms are typically triggered when strong stratification develops following sea ice melt (Sigler et al., 2014; Stabeno and Bell, 2019). In years of early sea

ice melt, stratification develops more gradually under increasing solar radiation, delaying the onset of the algal bloom (Nielsen et al., 2024; Sigler et al., 2014). Thus, the timing of sea ice melt determines whether blooms form as ice-associated blooms or as open-water blooms driven by thermal stratification (Nielsen et al., 2024; Waga et al., 2021). Historically, open-water blooms occurred over less than 22% of the northern Bering Sea shelf (>60°N), but earlier sea ice retreat in recent years led to larger portions of the shelf occupied by open-water blooms (Nielsen

This article is part of a special issue entitled: Integrated Research published in Deep-Sea Research Part II.

* Corresponding author. Korea Polar Research Institute, Incheon, Republic of Korea.

E-mail address: catherine.lalande@kopri.re.kr (C. Lalande).

<https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2026.105611>

Received 4 July 2025; Received in revised form 3 February 2026; Accepted 11 February 2026

Available online 13 February 2026

0967-0645/© 2026 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

RESEARCH ARTICLE

Sea ice breakup and nutrient supply regulate the timing and magnitude of algal export over the slopes of the Pacific Arctic region

Catherine Lalande¹, Eun Jin Yang^{1*}, Eunho Ko¹, Jisoo Park¹, Jinyoung Jung¹, Jeong-Hyun Kim¹, Jong-Kuk Moon¹, Dongseon Kim², Seok-jin Jeon³

¹Division of Ocean and Atmosphere Sciences, Korea Polar Research Institute, Incheon, Republic of Korea; ²Marine Environmental Research Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan, Republic of Korea;

³Environmental Engineering and Consulting Co. Ltd., Uiwang-si, Gyeonggi, Republic of Korea

Abstract

Few in situ measurements are conducted early in the productive season in the Arctic Ocean, making it difficult to accurately assess the impact of the recent decline in sea ice cover on algal fluxes. Since 2017, time-series sediment traps have been deployed to collect sinking particles at two sites in the Pacific Arctic region. Here, we present algal fluxes obtained in the East Siberian Sea (ESS) and in the northern Chukchi Sea (NCS) between August 2017 and November 2022. Despite interruptions in sampling, algal fluxes reflected large spatial and temporal variations in the magnitude and timing of algal blooms and export in the region. In the ESS, peak diatom fluxes > 600 million cells $\text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$ in early August 2018 reflected the occurrence of an unusually large and long-lasting diatom bloom sustained by an episodic inflow of nutrient-rich waters. Diatom fluxes were usually lower in the NCS than in the ESS, reaching a peak flux of > 170 million cells $\text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$ in late August 2017. As diatoms consistently contributed to the majority of algal fluxes, their rapid decrease and near absence frequently observed during July or August at both sites reflected low nutrient concentrations in the upper water column leading to a dominance of small algal cells typically retained in upper waters. Overall, whereas nutrient supply influenced the magnitude and duration of the diatom fluxes, sea ice breakup determined the timing of peak diatom export in the Pacific Arctic slope region.

In the Arctic Ocean, spatial and temporal variations in sunlight, sea ice, snow cover, and nutrient concentrations regulate the magnitude, distribution, and seasonal development of algal blooms. Due to their high growth rates, low light requirements, and high nutrient requirements, diatoms generally dominate algal abundance, biomass, and diversity both within the ice and in the water column at the onset of the productive season (Poulin et al. 2011; Hop et al. 2020). Recently, drastic declines in sea ice extent, thickness and duration (Arrigo et al. 2008; Maslanik et al. 2011; Stroeve et al. 2012; Onarheim et al. 2018) have been reported to alter incident light, stratification, and nutrient distribution across the Arctic Ocean

(Nicolaus et al. 2012; Tremblay et al. 2015; Ko et al. 2020). These rapid changes may subsequently affect the magnitude, timing, and duration of algal blooms depending on the region, with potentially considerable impact on the Arctic marine ecosystem and biological pump. Indeed, early sea ice melt resulted in earlier and stronger blooms due to longer open water periods and/or additional influx of nutrients over the Arctic shelves and slopes (Arrigo et al. 2008; Lewis et al. 2020), whereas early sea ice melt led to weaker blooms due to enhanced stratification suppressing nutrient supply to the surface over the deep basins (Coupel et al. 2012; Song et al. 2021). Early sea ice retreat and freshening of the upper water column may also modify the composition of the algal community toward a dominance of smaller flagellate cells, particularly over the nutrient-limited basins (Li et al. 2009).

In the Pacific Arctic region, the slope areas north of Bering Strait typically display large variability in sea ice cover and recently experienced significant sea ice loss (Onarheim et al. 2018). Intensified sampling in the East Siberian Sea (ESS)

*Correspondence: ejyang@kopri.re.kr

Associate editor: Michael Stukel

Data Availability Statement: The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.



High Spatial Variability in Under-Ice Export Fluxes over the Chukchi Plateau in the Pacific Arctic Region

Catherine Lalande¹ · Jong-Kuk Moon¹ · Jinyoung Jung¹ · Eun Jin Yang¹

Received: 4 January 2024 / Revised: 28 February 2024 / Accepted: 7 March 2024

© The Author(s), under exclusive licence to Korea Institute of Ocean Science & Technology (KIOST) and the Korean Society of Oceanography (KSO) and Springer Nature B.V. 2024

Abstract

A large proportion of algal production and carbon export occurs after snowmelt and before ice melt in the Arctic Ocean. To determine the magnitude of under-ice export fluxes over the Chukchi Plateau (CP), a total of 25 sediment trap deployments were completed at two ice camps during the annual field survey of the Korean IBRV *Araon* in 2018: a first ice camp (CP1) conducted from August 17 to 19 and a second ice camp (CP2) conducted from August 20 to 22. Chlorophyll *a* (chl *a*) and particulate organic carbon (POC) fluxes were measured at 2, 5, 10 and 30 m under ice, and zooplankton collected in the sediment traps were enumerated and identified. Both chl *a* and POC fluxes were the highest at 5 m under ice at CP2, likely due to enhanced fluxes of the sea ice algae *Melosira arctica* and to a potential higher release of particulate matter from a thinner sea ice cover. Whereas *Calanus glacialis/marshallae* were dominant at all depths and both sites, the large numbers of individuals observed at 10 m at CP1 likely enhanced zooplankton grazing pressure at that site, further contributing to the high spatial variability in under-ice export fluxes. Overall, under-ice fluxes obtained in August 2018 highlighted the importance of *M. arctica* aggregates as a source of carbon for pelagic consumers and for carbon export during summer over the Chukchi Plateau.

Keywords Arctic Ocean · Carbon export · Chukchi Plateau · Sea ice algae · Sediment trap

1 Introduction

In the Arctic Ocean, high seasonal variation in sunlight and ice conditions regulates primary production both within and under the sea ice in the upper water column (Fortier et al. 2002; Leu et al. 2015). Sea ice algae growth starts at the bottom of the ice when incident solar radiation is sufficient, and ends with their release into the water column during snow and ice melt (Cota 1991; Juul-Pedersen et al. 2008; Campbell et al. 2015). Concurrently, the increased irradiance and the haline stratification resulting from snow and sea ice melt rapidly trigger the onset of a pelagic algal bloom, which may also take place under sea ice cover (Legendre et al. 1981; Strass and Nöthig 1996; Mundy et al. 2009; Arrigo et al. 2012). Sea ice and pelagic algae subsequently either transfer carbon to pelagic grazers or are rapidly exported toward the

seafloor (Tremblay et al. 1989; Michel et al. 1996; Nadaï et al. 2021).

Sea ice algae generally dominate algal export and contribute to a large proportion of particulate organic carbon (POC) fluxes over the deep basins (Gosselin et al. 1997; Zernova et al. 2000; Boetius et al. 2013; Lalande et al. 2019). By contrast, sea ice algae do not contribute significantly to algal and POC fluxes on Arctic shelves (Juul-Pedersen et al. 2010). In addition to algal cells, POC fluxes are usually composed of zooplankton fecal pellets, organic aggregates, and ice-rafted particulate matter (Michel et al. 1996; Fortier et al. 2002). Importantly, zooplankton are important for the regulation of POC export through grazing on algal cells and production of fast-sinking fecal pellets, simultaneously attenuating and enhancing POC fluxes (Fortier et al. 1994). Therefore, spatial and temporal variations in algal and zooplankton production lead to large variations in the composition and magnitude of POC fluxes (Michel et al. 1996; Fortier et al. 2002). In addition to natural variability, the recent anthropogenically induced decline in sea ice and the resulting increase in incident

✉ Eun Jin Yang
ejyang@kopri.re.kr

¹ Division of Ocean and Atmosphere Sciences, Korea Polar Research Institute, Incheon 21990, Republic of Korea



Seasonal variations in the contribution of zooplankton fecal pellets to the particulate organic carbon fluxes over the slopes of the Pacific Arctic region

Jeong-Hyun Kim^{a,b}, Catherine Lalande^{a,*}, Eun Jin Yang^{a,b,*}, Kyoung-Ho Cho^a, Dongseon Kim^c, Jong-Kuk Moon^a, Hyeju Yoo^{a,b}

^a Division of Ocean and Atmosphere Sciences, Korea Polar Research Institute, 26 Songdomirae-ro, Yeosu-gu, Incheon 21990, Republic of Korea

^b Department of Polar Science, University of Science and Technology, 217 Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34113, Republic of Korea

^c Marine Environmental Research Center, Korea Institute of Ocean Science & Technology, 385 Haeyang-ro, Yeongdo-gu, Busan 49111, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Keywords:

Fecal pellet
Zooplankton
Sediment trap
Arctic Ocean
Carbon flux

ABSTRACT

As part of the Korea Arctic Mooring System (KAMS), sequential sediment traps were deployed at KAMS1 over the East Siberian Sea slope (~115 and ~335 m) and at KAMS2 over the Chukchi Sea slope (325 m) to collect sinking particles from August 2017 to August 2019. Fecal pellet carbon (FPC) fluxes and their contribution to the particulate organic carbon (POC) fluxes were measured to assess the role of zooplankton fecal pellets in the biological carbon pump at both sites. FPC fluxes increased at the onset of an under-ice bloom and peaked during the melt period at both sites in 2018. At KAMS1, a remarkable increase in FPC fluxes reflected the enhanced grazing of large copepods during the anomalously productive spring and summer of 2018, however their contributions to the POC fluxes mostly remained <10%. At KAMS2, relatively low FPC fluxes during the under-ice bloom suggested the export of a larger proportion of pellets produced by small copepods. Sustained FPC fluxes from January to May 2018 at KAMS2 contributed up to 24% of the POC fluxes, possibly resulting from pellet production by overwintering copepods grazing on particles laterally transported into the region in the presence of ice. These results indicate that despite their limited contribution to the POC fluxes, FPC fluxes varied with food availability, zooplankton community structure, and hydrographic conditions over the East Siberian and Chukchi Sea slopes.

1. Introduction

The biological carbon pump is a concept in which atmospheric CO₂ is synthesized into organic carbon by phytoplankton in the surface layer and transported to the deep ocean, where it can potentially contribute to carbon sequestration (Ducklow et al., 2001). The organic carbon exported is composed of a range of sinking particles, including fecal pellets, phytoplankton, and marine snow (Turner, 2015). Among those particles, fecal pellets released by zooplankton play an important role in the biological carbon pump due to their high sinking rate (5–220 m d⁻¹), potentially contributing to the carbon sequestration in the sediments (Steinberg and Landry, 2017; Turner, 2002). The production of fecal pellets is mainly determined by food availability and community structure of zooplankton (e.g., Wilson et al., 2008). While zooplankton in the euphotic zone generally repackage phytoplankton into fecal pellets, zooplankton below the euphotic zone feed on various organic particles such as other deep-dwelling zooplankton, their fecal pellets,

and particles transferred from the surface layer (Turner, 2015; Wilson et al., 2008). The flux of sinking fecal pellets may subsequently attenuated due to biological activity such as microbial degradation (Steinberg et al., 2008; Turner and Ferrante, 1979), coprophagy (ingestion of pellets; Frankenberg and Smith, 1967; Gonzalez et al., 1994; Gonzalez and Smetacek, 1994; Noji et al., 1991), and coprorhexy (fragmentation of pellets; Lampitt et al., 1990; Noji et al., 1991). These multiple fates of fecal pellets potentially lead to variable contributions of fecal pellet carbon (FPC) to the particulate organic carbon (POC) flux.

The Pacific region of the Arctic Ocean includes some of the most productive areas in the world ocean due to the northward inflow of nutrient-rich waters through Bering Strait (Grebmeier et al., 2006; Sakshaug, 2004; Fig. 1). The zooplankton community in the Pacific Arctic region is primarily composed of small-sized copepods and meroplankton with the presence of Pacific copepods over the Chukchi Sea shelf, and of large-sized Arctic copepods over the Chukchi Sea slope and basin (Abe et al., 2020, Kim et al., 2020, Kim et al., 2022, Ershova et al.,

* Corresponding authors.

E-mail addresses: catherine.lalande@kopri.re.kr (C. Lalande), ejyang@kopri.re.kr (E.J. Yang).

<https://doi.org/10.1016/j.pocean.2024.103335>

Received 7 January 2024; Received in revised form 25 July 2024; Accepted 15 August 2024

Available online 18 August 2024

0079-6611/© 2024 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



Measurement report: Summertime fluorescence characteristics of atmospheric water-soluble organic carbon in the marine boundary layer of the western Arctic Ocean

Jinyoung Jung¹, Yuzo Miyazaki², Jin Hur³, Yun Kyung Lee³, Mi Hae Jeon¹, Youngju Lee¹,
Kyoung-Ho Cho¹, Hyun Young Chung^{1,4}, Kitae Kim^{1,4}, Jung-Ok Choi¹, Catherine Lalande¹,
Joo-Hong Kim¹, Taejin Choi¹, Young Jun Yoon¹, Eun Jin Yang¹, and Sung-Ho Kang¹

¹Korea Polar Research Institute, 26 Songdomirae-ro, Yeonsu-gu, Incheon 21990, Republic of Korea

²Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Sapporo 060-0819, Japan

³Department of Environment & Energy, Sejong University, 209 Neungdong-ro,
Gwangjin-gu, Seoul 05006, Republic of Korea

⁴Department of Polar Sciences, University of Science and Technology, Incheon 21990, Republic of Korea

Correspondence: Jinyoung Jung (jinyoungjung@kopri.re.kr)

Received: 19 September 2022 – Discussion started: 19 October 2022

Revised: 21 March 2023 – Accepted: 22 March 2023 – Published: 20 April 2023

Abstract. Accelerated warming and a decline in sea ice coverage in the summertime Arctic Ocean can significantly affect the emissions of marine organic aerosols and biogenic volatile organic compounds. However, how these changes affect the characteristics of atmospheric water-soluble organic carbon (WSOC), which plays an important role in the climate system, remains unclear. Thus, to improve our understanding of WSOC characteristics in the rapidly changing Arctic Ocean, including its summertime fluorescence characteristics, we simultaneously measured atmospheric concentrations of ionic species and WSOC, a fluorescence excitation–emission matrix coupled with parallel factor (EEM-PARAFAC) analysis of WSOC, and marine biological parameters in surface seawaters of the western Arctic Ocean during the summer of 2016. WSOC was predominantly present as fine-mode aerosols (diameter < 2.5 μm , median = 92 %), with the mean concentration being higher in the coastal water areas ($462 \pm 130 \text{ ngC m}^{-3}$) than in the sea-ice-covered areas ($242 \pm 88.4 \text{ ngC m}^{-3}$). Moreover, the WSOC in the fine-mode aerosols was positively correlated with the methanesulfonic acid in the fine-mode aerosol samples collected over the sea-ice-covered areas ($r = 0.88$, $p < 0.01$, $n = 10$), suggesting high rates of sea–air gas exchange and emissions of aerosol precursor gases due to sea ice retreat and increasingly available solar radiation during the Arctic summer. Two fluorescent components, humic-like C1 and protein-like C2, were identified by the PARAFAC modeling of fine-mode atmospheric WSOC. The two components varied regionally between coastal and sea-ice-covered areas, with low and high fluorescence intensities observed over the coastal areas and the sea-ice-covered areas, respectively. Further, the humification index of WSOC was correlated with the fluorescence intensity ratio of the humic-like C1 / protein-like C2 ($r = 0.89$, $p < 0.01$) and the WSOC concentration in the fine-mode aerosols ($r = 0.66$, $p < 0.05$), with the highest values observed in the coastal areas. Additionally, the WSOC concentration in the fine-mode aerosols was positively correlated with the fluorescence intensity ratio of the humic-like C1 / protein-like C2 ($r = 0.77$, $p < 0.01$) but was negatively correlated with the biological index ($r = -0.69$, $p < 0.01$). Overall, these results suggested that the WSOC in the fine-mode aerosols in the coastal areas showed a higher degree of polycondensation and higher aromaticity compared to that in the sea-ice-covered areas, where WSOC in the fine-mode aerosols was associated with relatively new, less oxygenated, and biologically derived secondary organic components. These findings can improve our understanding of the chemical and biological linkages of WSOC at the ocean–sea-ice–atmosphere interface.

Sea-Ice Surface Types Characterization and SAR Volume Backscattering Properties in Response to Sea States Interactions Using Structural Feature Fusion

Iman Heidarpour Shahrezaei , Member, IEEE, and Hyun-Cheol Kim , Member, IEEE

Abstract—Despite extensive research in polar remote sensing, there is still no consensus on how sea-ice evolves in response to interactions with ocean waves, nor is there agreement on the most effective way to characterize it based on fluctuations in height profile, both of which compromise interpretations of its texture properties when observed by synthetic aperture radar (SAR). This study aims to address these knowledge gaps by investigating the sea-ice modeling, marginal ice zone (MIZ) categorization and identifying an optimal approach to extract its freeboard profile and relevant backscattering properties under varying sea state conditions. To accomplish this, a numerical approach for modeling random polar media (RPM) is proposed, benefiting from transform-domain fusion method decompositions in conjunction with a convolutional neural network to jointly reconstruct a reference MIZ model in response to wind waves. To ensure consistency in surface structure, the fusion scheme incorporates a point-wise processing principle technique. The reconstructed reference sea-ice model is then subjected to an inverse problem solution analysis to generate the SAR volume backscattering dataset. The simulation results show that the entire routine, encompassing RPM modeling, MIZ characterization, structural fusion, and SAR raw data generation, yields promising results in the realm of sea-ice remote sensing. It reduces dependence on empirical methods, which typically necessitate polar field experiments that are limited by access constraints, or incorporate nonuniform and time-varying media characteristics into large-scale theoretical observation.

Index Terms—Random polar media (RPM), raw data, sea state, synthetic aperture radar (SAR), transform-domain fusion, volume backscattering.

I. INTRODUCTION

REMOTE sensing provides a reliable and thorough records of Earth surface changes, which are crucial for global climate change studies, especially in harsh and data-scarce polar

regions [1], [2]. Changes in the distribution and shapes of ice floes have implications for the interaction levels of sea-ice that determine the exchanges of heat momentum between the atmosphere, ice, and ocean, referred to as random polar media (RPM) [3], [4], [5]. The vast majority of polar studies have focused on the empirical properties of solitary thin ice layer in the form of dissipative elements [6], [7], [8], [9], and the distribution mechanism of ice floes by ocean wave interactions while their energy is being scattered within the media has been overlooked [10], [11], [12], [13]. To overcome theoretical limitations and provide validation for experimental methods [14], [15], [16], RPM numerical modeling have been proposed [17], [18], [19], [20], [21], [22]. In this context, the RPM surface is modeled using sea-ice energy balance formulation that relies on statistical contributions from the physical state, extent, and dynamics of media in relation to the stochastic distribution and concentration of ice floes [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29]. Nonetheless, in RPM modeling, a distinction exists between a surface realization [19], [21], [30], [31], [32], [33], describing the physical scattering properties of sea-ice, including floes of all sizes induced by wind or breaking interactions through a height profile [29], [34], [35], [36], [37], and a surface characterization [35], [38], [39], [40], [41], [42], which investigates textural characteristics to describe the structure in terms of fractal features [42], [43], [44], [45], [46]. Notably, the characterization of RPM surface structure has implications for the design of radar instrumentation for polar observation [47], particularly synthetic aperture radar (SAR), regarding sea-ice backscattering properties for the development of their image formation algorithms (IFAs) [48], [49]; however, considering the stochastic characteristics of the media, it necessitates RPM models obtained under dynamic wind-wave generation scenarios, such as changes in wind speed and direction, known as sea state conditions [25], [31], [33], [40], [42], [50], [51], [52], [53], [54], [55], [56].

Sea states, on the other hand, are categorized differently, ranging from smooth states with a maximum speed of 7 kt and a maximum wave height of 1 ft to very-high states with a maximum speed of 45 kt and a maximum height of 40 ft [35], [56], which complicates the RPM modeling as wind speed and direction change [17], [56], [57]. Given that, the problem becomes even more complex when characterizing RPM in the presence of ice floes with different structural properties and geometries, involving phenomena related to media momentum

Received 17 July 2024; revised 15 November 2024; 24 December 2024, and 5 February 2025; accepted 27 February 2025. Date of publication 5 March 2025; date of current version 25 March 2025. This work was supported in part by Korea Polar Research Institute (KOPRI) under Grant PE25040 and in part by the title of study on remote sensing for quantitative analysis of changes in the arctic cryosphere. (Corresponding author: Hyun-Cheol Kim.)

Iman Heidarpour Shahrezaei is with the Center of Remote Sensing and GIS, KOPRI, Incheon 21990, South Korea, and also with Applied Microwave Technology Laboratory, National Korea Maritime and Ocean University (KMOU), Busan 49112, South Korea (e-mail: heidarpour.iman@kmo.ac.kr).

Hyun-Cheol Kim is with the Center of remote sensing and GIS, KOPRI, Incheon 21990, South Korea, and also with the Serves as the unit director of Center of Remote Sensing and GIS, KOPRI, Incheon 21990, South Korea (e-mail: kimhc@kopri.re.kr).

Digital Object Identifier 10.1109/JSTARS.2025.3548597

A Monostatic Forward-Looking Staring Spotlight SAR Raw Data Generation and Hybrid-Domain Image Formation Modifications Based on Extended Azimuth Nonlinear Chirp Scaling Autofocusing

IMAN HEIDARPOUR SHAHREZAEI , Member, IEEE
HYUN-CHEOL KIM , Member, IEEE
Korea Polar Research Institute, Incheon, South Korea

Forward-looking staring spotlight synthetic aperture radar (FSS-SAR) offers operational advantages over conventional squinted SAR counterparts. However, due to its complex observation configuration, pixel anomalies occur when processing raw data. For instance, in the forward-looking geometry, symmetrically distributed point scatterers along the flight path have the same Doppler history, resulting in azimuth ambiguities, whereas staring observation narrows and skews the two-dimensional received spectrum, reducing signal orthogonality and causing spectral folding. As a result, not only is the Doppler frequency gradient too small to be precisely measured in the FSS-SAR mode, limiting the ability to achieve high azimuth angular resolution, but it also suffers from azimuth ambiguities when forming an image. To overcome such azimuth-variant characteristics known as inherent resolutional anomalies, a hybrid-domain image formation algorithm

(IFA) based on azimuth scaling is modified here. As an approach, radiometric bias correction techniques in conjunction with an extended azimuth nonlinear chirp scaling (ANCS) algorithm capable of equalizing range space variance in the azimuth direction, which benefits from an embedded autofocus step, have been designed for raw data processing. Given the fact that the platform experiences trajectory deviations under a real-flight condition compared to an ideal trajectory, a preprocessing motion compensation step based on Kalman filtering is included within the IFA. The entire proposed IFA solution tackled the inherent resolutional anomalies of FSS-SAR and succeeded in reconstructing the focused image without azimuthal anomalies. To further assess the IFA, a modified Cartesian back-projection algorithm was developed along with other objective evaluation scenarios, all of which confirm that the proposed hybrid-domain extended ANCS algorithm is valid for the FSS-SAR application.

I. INTRODUCTION

Synthetic aperture radar (SAR) has been widely used in microwave imaging for 2-D image reconstruction of the illuminated terrain in all-time and all-weather conditions [1], [2]. Conventional SARs work in the side-looking or squinted mode, nevertheless in some specific cases, it may be helpful for the platform to have a radar mounted onboard and look in the forward or backward direction like runway imaging, automated driving, platform localization, and radar sounding, known as forward-looking SAR (FSAR) [3], [4], [5], [6], [7]. FSAR suffers from azimuth ambiguities and poor Doppler resolution due to its observation geometry [8]. The reason for these azimuth-variant anomalies is that point scatterers located symmetrically about the flight direction have the same Doppler history, and the gradient of Doppler frequencies of adjacent scatterers are smaller in the line-of-sight that make it a challenge to be retrieved [8], [9].

Several techniques have been proposed to overcome the issues, beginning with a rotating reflector antenna under specific illumination function known as Doppler beam sharpening (DBS) [10], [11]. Despite the angular resolution improvement, DBS was not only dependent on the illumination function, but it was also vulnerable to noise, which limited its application [12], [13]. To this end, several studies on bistatic forward-looking SAR (BFSAR) have been done [14], [15], [16], [17]. However, due to noncollocated platforms, they not only limit the operation modes, but also require complex image formation algorithm (IFA) regarding their bistatic geometry, which necessitates compelling justification for application [18], [19], [20], [21], [22]. By adopting the monostatic solution, a method using one transmission and multiple channels of reception was proposed to overcome the issues [23], [24]. In doing so, symmetrical targets to one receiving channel are not symmetrical to the other, and the two sets of data are jointly exploited to obtain unambiguous imagery [24], [25]. This article is further extended by the use of multiple receiving antennas, followed by planar and conformal array implementations [26], [27], [28], [29], [30], [31]. Nonetheless, due to aerodynamic constraints, the array architecture has its own design complexities, resulting in low spatial resolution that differs in both range and azimuth directions [31], [32],

Manuscript received 29 March 2022; revised 28 July 2022 and 23 September 2022; accepted 3 October 2022. Date of publication 10 October 2022; date of current version 9 June 2023.

DOI: No. 10.1109/TAES.2022.3212993

Refereeing of this contribution was handled by M. Gashinova.

This work was supported by the Korea Polar Research Institute, South Korea, under Grant PE22040 with the title of study on remote sensing for quantitative analysis of changes in the Arctic cryosphere.

Authors' address: Iman Heidarpour Shahrezai is with the Center of Remote Sensing and GIS, KOPRI, Incheon 21990, South Korea, E-mail: (i.heidarppour@kopri.re.kr; heidarpour.iman@gmail.com). Hyun-Cheol Kim is with the Center of remote sensing and GIS, KOPRI, Incheon 21990, South Korea, E-mail: (kimhc@kopri.re.kr) and also with the University of Science and Technology (UST), KOPRI, Incheon 21990, South Korea. E-mail: (kimhc@kopri.re.kr). (Corresponding author: Hyun-Cheol Kim.)

0018-9251 © 2022 IEEE

IEEE TRANSACTIONS ON AEROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEMS VOL. 59, NO. 3 JUNE 2023

2329

Authorized licensed use limited to: Iman Heidarpour. Downloaded on June 12, 2023 at 05:36:47 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.

The complete mitochondrial genome of *Trematomus hansonii* Boulenger, 1902 (Perciformes, Nototheniidae)

Euna Jo^a, Seungyeon Lee^{a,b}, Jihun Kim^{a,b}, Sachithra Amarín Hettiarachchi^a, Sanghee Kim^a, Il-Chan Kim^a, Seunghyun Kang^a and Jin-Hyoung Kim^{a,b}

^aDivision of Life Sciences, Korea Polar Research Institute, Incheon, Korea; ^bPolar Science, University of Science and Technology, Incheon, Korea

ABSTRACT

The striped notothen *Trematomus hansonii* is an Antarctic fish species belonging to the family Nototheniidae (cod icefishes) that is distributed throughout the Southern Ocean. In this study, the complete mitochondrial genome of *T. hansonii* was sequenced using an Illumina MiSeq platform. The circular mitochondrial genome is 19,218 bp long and contains 13 protein-coding genes, 23 tRNA genes, two rRNA genes, and one control region. Notably, there are two *trnG-UCC* genes and the second gene, located between *trnE-UUC* and *trnI-GAU*, has no D-arm structure. The base composition is 56.18% of A + T and 43.82% of G + C. The phylogenetic analysis supports that *T. hansonii* is grouped into a single clade with *T. bernacchii*. This study will be a valuable resource for further research on the phylogeny and evolution of the genus *Trematomus*.

ARTICLE HISTORY

Received 12 February 2024
Accepted 17 May 2024

KEYWORDS

Antarctica; Antarctic fish;
mitogenome; phylogenetic
analysis; striped rockcod

Introduction

Trematomus hansonii Boulenger, 1902 (Perciformes: Nototheniidae), commonly referred as the striped notothen, is a species of Antarctic notothenioids. This species is characterized by a brownish body with large dark blotches or stripes, fins covered with series of dark spots, and sometimes spots on the head (Miller 1993) (Figure 1), and is widely distributed in the Southern Ocean and discovered in a depth range of 5–550-m (De Witt et al. 1990). There are 15 recognized species in the genus *Trematomus*, occupying dominant and important position in the Antarctic ecosystem (Kock 1992; Lautrédou et al. 2012; Eastman 2013; Eastman and Eakin 2021). Species of *Trematomus* have undergone relatively recent and rapid adaptive radiation (Ritchie et al. 1996; Near et al. 2012; Colombo et al. 2015; Auvinet et al. 2018; Bista et al. 2023), which likely contributed to unresolved or incongruent interrelationships in phylogenetic trees, depending on which datasets or analytical methods were used (Sanchez et al. 2007; Kuhn and Near 2009; Lautrédou et al. 2010; Janko et al. 2011; Lautrédou et al. 2012; Near et al. 2018). To date, complete mitochondrial genomes have been reported from eight *Trematomus* species (Song et al. 2016; Alam et al. 2019; Choi et al. 2021; Papetti et al. 2021; Patel et al. 2022; Nguyen et al. 2023). Here, we report the first complete mitochondrial genome of *T. hansonii* and infer the phylogeny of the genus *Trematomus* using their whole

mitochondrial protein-coding genes (PCGs). This study will provide useful data for studying the phylogeny and evolution of the *Trematomus* fish.

Materials and methods

The fish sample was collected off the coast of Jang Bogo Station, a permanent Korean research station, in Terra Nova Bay, Antarctica (74°37'41"S 164°14'11"E) on 2 September 2021 (Supplementary Figure S1). Following the death of the fish, the sample was promptly stored at –20 °C and transported to the Korea Polar Research Institute (KOPRI, Incheon, Korea) in a frozen state. The entire specimen was deposited in –20 °C cold room at the KOPRI (<https://www.kopri.re.kr/eng/>, Jin-Hyoung Kim, kimjh@kopri.re.kr) under the voucher number Antarctic fish_C4.



Figure 1. Reference image of striped notothen *Trematomus hansonii*. The photo has been taken by JK and SAH.

CONTACT Seunghyun Kang s.kang@kopri.re.kr; Jin-Hyoung Kim kimjh@kopri.re.kr  Division of Life Sciences, Korea Polar Research Institute, Incheon, Korea

 Supplemental data for this article can be accessed online at <https://doi.org/10.1080/23802359.2024.2358959>.

© 2024 Korea Polar Research Institute. Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. The terms on which this article has been published allow the posting of the Accepted Manuscript in a repository by the author(s) or with their consent.

The complete mitochondrial genome of *Gobionotothen gibberifrons* (Perciformes, Nototheniidae)

Jihun Kim^{a,b,*} , Jihye Jeong^{a,*} , Seungyeon Lee^{a,b} , Phuong Thi Nguyen^{a,b} , Dong-Won Han^a , Sachithra Amarín Hettiarachchi^a , Euna Jo^a , Seunghyun Kang^a , Il-Chan Kim^a  and Jin-Hyoung Kim^{a,b} 

^aDivision of Life Sciences, Korea Polar Research Institute, Incheon, Korea; ^bPolar Science, University of Science and Technology, Incheon, Korea

ABSTRACT

The humped rockcod, *Gobionotothen gibberifrons*, is an Antarctic fish of the genus *Gobionotothen* in the family Nototheniidae and order Perciformes. To date, little biological information has been recorded about the genus *Gobionotothen*. Here, we report the first complete mitogenome of the genus *Gobionotothen*. The mitochondrial genome of *G. gibberifrons* is 18,631 bp in length, comprising 13 protein-coding genes, 24 tRNA genes (*trnP-UGG* and *trnT-UGU* were duplicated), 2 rRNA genes, and non-coding control regions. The base composition was 53.74% for A + T and 46.26% for G + C. This new mitochondrial genome of *G. gibberifrons* provides basic information for further phylogenetic analysis, suggesting the necessity to exploit a variety of newly discovered mitogenome sequences to infer inconclusive evolutionary relationships in Antarctic fishes.

ARTICLE HISTORY

Received 16 January 2023
Accepted 15 March 2024

KEYWORDS

Antarctic fish; humped rockcod; mitogenome; phylogenetic analysis

Introduction

The humped rockcod *Gobionotothen gibberifrons*, also known as the humped notothen, belongs to the family Nototheniidae. They have been found along the northwestern Antarctic Peninsula, the South Sandwich Islands, and South Georgia (Matschner et al. 2009). According to FishBase (Froese and Pauly 2021), there are five species in the genus *Gobionotothen*. Currently, there is no complete mitochondrial genome from the *Gobionotothen* genus and only basic biological information is available. In this study, we report the first complete mitochondrial genome from *G. gibberifrons* (GenBank accession No. OP804623) along with a phylogenetic tree, which will provide information for a better understanding of evolutionary relationships among Antarctic fish.

Materials and methods

The *G. gibberifrons* sample was obtained from the Jeong Il Corporation. The sample was caught as a by-catch species from subareas 48.1 and 48.2 of the convention area (Supplementary Figure S1) between December 2020 and February 2021. The sample was frozen at -20°C and transported to the Korea Polar Research Institute (KOPRI), Incheon, Korea. The specimen was deposited at the KOPRI (<https://www.kopri.re.kr/eng/>, Jin-Hyoung Kim, kimjh@kopri.re.kr) under the voucher number (Antarctic fish_013).

Total genomic DNA was extracted from muscle tissue using a standard phenol-chloroform-isoamyl alcohol extraction method (Sambrook et al. 1989). The specimen underwent morphological identification based on distinctive characteristics, such as a humped forehead, a yellowish coloring on the upper part of the head and body embellished with irregular dark spots and blotches, along with fins marked by brown spots, consistent with descriptions in previous studies (Gon and Heemstra 1990; DeWitt et al. 1990; Miller 1993) (Figure 1). Subsequently, molecular identification of the species was conducted through the amplification of the mitochondrial cytochrome c oxidase subunit 1 (COX1) gene using universal Fish F1 and R1 primers (Ward et al. 2005), followed by sequencing and comparison through a NCBI BLASTn search (Camacho et al. 2009). Sequencing libraries of 550 bp insert size were prepared using the Illumina TruSeq Nano DNA Library Prep Kit (Illumina Inc., San Diego, CA) by manufacturer's instructions. Sequencing was performed on an Illumina MiSeq platform (Illumina Inc., San Diego, CA) at the PHYZEN Co. Total 2,432,019,800 bp were generated from 8,079,800 reads. Before assembly, raw reads were quality-filtered and trimmed using a base quality threshold of Q20 using the QIAGEN CLC Assembly Cell package (Version 4.21, CLC Inc., Aarhus, Denmark). The trimmed data was assembled into a complete mitochondrial genome using the QIAGEN CLC Assembly Cell package. The coverage

CONTACT Jin-Hyoung Kim  kimjh@kopri.re.kr  Division of Life Sciences, Korea Polar Research Institute, Incheon, Korea

 Supplemental data for this article can be accessed online at <https://doi.org/10.1080/23802359.2024.2333575>.

*These authors equally contributed to this manuscript.

© 2024 Korea Polar Research Institute. Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. The terms on which this article has been published allow the posting of the Accepted Manuscript in a repository by the author(s) or with their consent.

Comparative analysis of length-weight relationships and condition factors of two congeneric rockcod species from the shores of King George Island, Antarctica

Seungyeon Lee^{1,2,3,*}, Mi-Hyun Park^{1,*}, Sachithra Amarin Hettiarachchi¹, Jihun Kim^{1,2}, Yong-Woo Lee⁴ and Jin-Hyoung Kim^{1,2}

¹ Division of Life Sciences, Korea Polar Research Institute, Incheon, Republic of South Korea

² Polar Science, University of Science and Technology, Incheon, Republic of South Korea

³ Department of Zoology, University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Canada

⁴ Office of Science and Technology, National Marine Fisheries Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, MD, United States of America

* These authors contributed equally to this work.

ABSTRACT

Length-weight relationships (LWR) and Fulton's condition factors (K) of two notothenioid species, *Notothenia rossii* and *Notothenia coriiceps*, were assessed using 295 and 148 specimens, respectively. Fish samples were collected from two different locations: the wharf of the King Sejong Station and Chotdaebawi in Maxwell Bay, King George Island, from January to February 2023. The coefficient of determination (R^2) of linear regressions on LWR ranged from 0.935 to 0.970, and the b values ranged from 3.05 to 3.27. Only *N. coriiceps* caught in the wharf exhibited positive allometric growth, while *N. coriiceps* from Chotdaebawi and *N. rossii* from both locations demonstrated isometric growth. The estimated condition factors (K) indicated that all groups of *N. rossii* and *N. coriiceps* exhibited favorable growth conditions in their respective biotopes. These findings enhance our understanding of the similarities and differences in fundamental biological characteristics, ecological aspects, and growth conditions of two important congeneric Antarctic fish species.

Subjects Aquaculture, Fisheries and Fish Science, Biodiversity, Marine Biology, Zoology

Keywords Length-weight relationships, Condition factor, Antarctic fish, *Notothenia coriiceps*, *Notothenia rossii*, Notothenioids, Antarctica

INTRODUCTION

At the highest latitudes, the endemic perciform suborder Notothenioidei constitutes 77% of species diversity, 92% of the abundance, and 91% of biomass in the Antarctic region (Eastman, 2005; La Mesa, Eastman & Vacchi, 2004). Notothenioidei plays a crucial role in the Antarctic food web, particularly at the mid-trophic levels (Barrera-Oro, 2002; Eastman, 1985; Stefanov, 2022). Among the notothenioids, the marbled rockcod, *Notothenia rossii* Richardson 1844, and the black rockcod, *Notothenia coriiceps* Richardson 1844, inhabit demersal zones in coastal areas (Eastman, Barrera-Oro & Moreira, 2011; Tiedtke & Kock, 1989). *Notothenia rossii* undergoes a pronounced ontogenetic habitat shift. Juveniles inhabit

Submitted 30 July 2024
Accepted 11 November 2025
Published 8 January 2026

Corresponding author
Jin-Hyoung Kim, kimjh@kopri.re.kr

Academic editor
Lesley Anson

Additional Information and
Declarations can be found on
page 13

DOI 10.7717/peerj.20513

© Copyright
2026 Lee et al.

Distributed under
Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

How to cite this article Lee S, Park M-H, Hettiarachchi SA, Kim J, Lee Y-W, Kim J-H. 2026. Comparative analysis of length-weight relationships and condition factors of two congeneric rockcod species from the shores of King George Island, Antarctica. *PeerJ* 14:e20513 <https://doi.org/10.7717/peerj.20513>

Received 23 February 2024, accepted 18 March 2024, date of publication 21 March 2024, date of current version 28 March 2024.

Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2024.3380270



Directional Wave Scattering Distribution Modes Analysis and Synthesis of Random Ocean Media Roughness for SAR Electromagnetic Interactions Using Feature Fusion in Dynamic Sea States: A Survey

IMAN HEIDARPOUR SHAHREZAEI[✉], (Member, IEEE), AND HYUN-CHEOL KIM[✉], (Member, IEEE)

Center of Remote Sensing and GIS, Korea Polar Research Institute (KOPRI), Incheon 21990, South Korea

Corresponding author: Hyun-Cheol Kim (kimhc@kopri.re.kr)

This work was supported by Korea Polar Research Institute (KOPRI) (Study on Remote Sensing for Quantitative Analysis of Changes in the Arctic Cryosphere) under Grant PE24040.

ABSTRACT Ocean waves have long been a research topic, and numerous formulas of the ocean wave spectrum have been widely developed to provide new prospects for ocean experiments and the advancement of radar probing. Nonetheless, the wave spectra developed by researchers fall short of the standards set by remote sensing specialists, mainly due to the limitation of capturing the surface roughness influenced by both short and long waves, prompting ongoing efforts to develop a model covering a diverse scale of wavenumbers in the absence of a generally recognized reference formula. In response, a standard two-scale formulation of wave frequency spectra (WFS) was introduced, where wave height and spectral peak period are determined by sea state. The proposed composite WFS holds the potential to incorporate directional spreading, contributing to the angular distribution of ocean wave energy in the form of directional WFS, making it applicable for ocean modeling. In an effort to investigate directionality effects, an array of well-established spreading functions, including cosine-squared, half-cosine 2s, parameterized half-cosine 2s, hyperbolic secant-squared, and composite structured functions, has been developed here for numerical modeling of random ocean media (ROM) surface roughness and synthesized for their spectral scattering distribution mode, encompassing scattering pattern, scattering orientation, and fractal roughness properties. Nonetheless, the generated ROM models, each varying due to inherent limitations in directional WFS formulation and numerical approximations, demonstrate indeterminacy and unpredictability in surface features, posing challenges for accurately synthesizing ROM roughness patterns. These challenges intensify under varying sea states and different directional WFS formulas, leading to a situation where no single synthesized composite ROM model consistently outperforms the others, rendering them imprecise frameworks for analyzing roughness patterns and investigating texture electromagnetic interactions within the realm of remote sensing. As an approach, a pattern-sensitive fusion method is proposed, employing a multi-scale transform domain (MTD) fusion scheme that leverages the learning potential of a deep super resolution network. The objective is to fuse the reconstructed ROM roughness models, generating an optimal roughness while maintaining their scattering pattern, scattering orientation, and dominant directionality, pivotal for texture consistency and, consequently, the backscattering properties from the synthetic aperture radar (SAR) viewpoint. To validate the reliability of ROM modeling and its roughness synthesis, including the texture fusion and raw data generation, a comprehensive objective quality assessment technique is utilized. These

The associate editor coordinating the review of this manuscript and approving it for publication was Xuebo Zhang[✉].



1. 이 보고서는 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 연구결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.