일반과제[ ] 과제번호 BSPN15020-130-11

한-프랑스 협력기반조성사업에 관한 연구

Program on Conducting Korea-France Research Collaboration

생물 지표인 저서성 유공충을 이용한 북극해 환경변화 연구

Arctic environmental changes : Bio-indicator of benthic foraminifera perspective

KOPRI 극지연구소

한국과학기술원 부설 극지연구소

미래창조과학부

제 출 문

미래창조과학부 **장관 귀하**

이 보고서를 "한-프랑스 협력기반조성사업에 관한 연구" 과제(세부과제 " 생물 지표인 저서성 유공충을 이용한 북극해 환경변화 연구 에 관한 연구")의 보고서로 제출합니다.

2016년 5월 13일

주관연구기관명: 한국해양과학기술원 부설 극지연구소

주관연구책임자 : 남 승 일

연수연 구 원 : Asahi Hirofumi

연구원 : 손영주

" : 이보롬

" : 이민아

KOPRI 극지연구소

목 차

제1장. 연구개발과제의 개요 ····· **1**
1절. 연구개발의 목적 ····· 1
2절. 연구개발의 필요성 및 범위 ····· 4
1. 연구개발의 필요성 ····· 4
2. 연구개발의 범위 ····· 4

제2장. 국내외 기술개발 현황 ····· **5**
1절 국내외 기술개발 현황 ····· 5
1. 연구 개발대상 기술의 국내·외 현황 ····· 5
가. 세계적 수준.....5
나. 국내수준.....5
다. 국내외 관련연구현황 비교.....6
라. 지금까지의 국내외 기관의 유공충 프록시 관련 연구개발 실적.....6

제3장. 연구 개발 수행 내용 및 결과 ····· **10**
1절 연차별 연구개발의 목표 및 내용.....10
2절 연도별 연구개발의 추진일정.....11
3절 연구개발수행의 이론적·실험적 접근방법의 결과.....12
1. 1차년도 양국연구교류 활동 수행결과.....12
2. 2차년도 양국연구교류 활동 수행결과.....15

제4장. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· **24**
1절 목표달성도.....24
2절 관련분야 기여도.....24

제5장. 연구개발결과의 활용계획 ····· **25**
1절 연구개발 결과의 활용방안 25
2절 연구개발 결과의 기대효과.....25

제6장. 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· 26

제7장. 연구시설·장비 현황 ····· **27**

제8장. 참고문헌 ····· **28**

KOPRI 극지연구소

제1장 연구개발과제의 개요

1절 연구개발의 목적

19 세기 산업혁명 이후 인간의 활동에 의해 대기에 배출되는 온실가스가 급격히 증가하면서 지구 온난화는 21세기 들어 경종의 수준에 이르렀다. 1958년 미국의 해양대기청(NOAA)은 다른 이산화탄소의 배출원이 없는 태평양 한가운데에 있는 하와이의 고산 지대인 마우나 로아(Mauna Loa) 정상에 관측소를 설치하여 대기 중 이산화탄소 농도의 정밀한 기록을 관측하기 시작한 이후, 2013 년 5월 9일 아침 관측소에서 관측된 전지구의 대기 중 이산화탄소 농도는 400.03 ppm을 기록했다. 지난해 3월에도 이산화탄소 농도은 또 다시 400ppm을 넘어섰다. 또한 1979년 위성으로 북극해 해빙관측이 시작된 이후 최근까지 약 50%까지 면적이 감소하였다(그림 1). 또한 일년생 얼음이 녹지 않고 계속해서 결빙되어 형성되는 다년 빙이 빠르게 줄어들고 있고 얼음 두께도 급격히 얇아지고 있다. 두껍게 얼은 다년 빙이 수 십 만년 동안 북극해를 혹한의 환경으로 유지해 주는 중요한 역할을 해왔다. 두꺼운 해빙으로 덮인 북극은 지구의 냉장고 역할을 한다. 얼음으로 덮여 있는 차가운 북극해가 유지되어야 전 지구적으로 연결되어 있는 해류순환을 정상적으로 움직이게 하여 지구의 기후를 균형 있게 유지시킬 수 있다.

현재 발표된 대부분의 기후 모델은 어떻게 이러한 변화가 향후 몇 십년동안 기후에 어떠한 영향을 미칠 것인지에 대한 명확한 답을 내놓지 못하고 있다. 이러한 이유 중의 하나는 기후모델이 과거에 북극에서 어떤 일이 발생하였었는지 대부분이 추측자료를 기초로 했기 때문이다. 이러한 문제점을 극복하는 길은 북극해에서 시추를 통해 퇴적물에 보존된 과거의 기후환경변화의 역사를 복원하는 일이다. 실제로 지구상의 미개척 영역으로 남아있는 북극해는 주변해와 함께 전 지구적인 기후변화 시스템과 지질시대를 통한 기후변화를 이해하는데 중요한 지역으로 알려졌기 때문에 지난 30여 년 동안 고기후/고해양학자들에게 관심의 대상이 되어왔다. 특히 북극해와 북대서양 사이의 심층순환 시스템의 교환은 전 지구적인 열수지 이동과 기후를 조절하는 전 지구적인 열염분 순환시스템(global thermohaline circulation system)의 중요한 동인(driver)이다. 계절적으로 바다얼음의 분포가 심한 주변 바다를 포함한 북극해는 연중 바다얼음으로 덮여 있기 때문에 지구의 albedo, 해양생태계, 해양순환에 강한 영향을 미치는 주요 기작인 전 지구적인 기후변화에 영향을 미친다. 그런데 지난 30년 동안 북극해를 덮고 있는 바다얼음이 약 50 % 정도 감소하였다. 또한 그린란드를 비롯한 북극권에는 대략 $3.1x10^6$ km^3 다량의 물이 빙

KOPRI 극지연구소

상(ice sheets)과 빙하(glaciers)의 형태로 저장되어 있으며, 이는 멕시코 만의 수괴의 양에 해당 된다. 따라서 현재 급속도로 녹고 있는 북극권의 빙하는 해수면 상승을 일으켜 전 지구적인 기후환경변화를 유발 시키게 될 것이다.

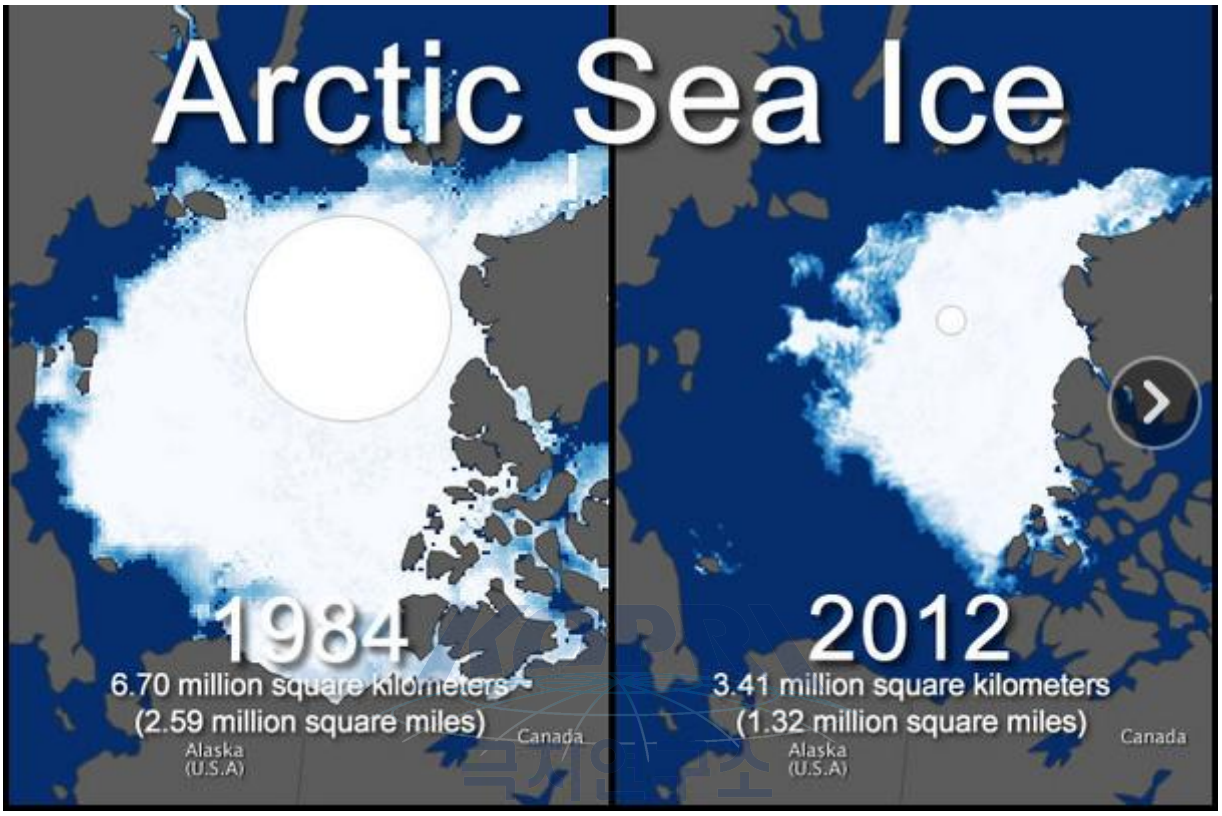


그림 1. 북극해의 해빙은 1979년 위성관측이 시작된 이후 2012년 9월 16일 최소 면적인 약 50%가 감소하였다.

특히 지리적으로 우리나라와 가까운 서북극해는 해빙이 급격히 감소하는 해역으로 지구온난화에 의해 환경변화가 가장 빠르게 일어나고 있는 곳이다. 과거에는 두꺼운 얼음으로 덮여있던 서북극해의 얼음이 사라지면서 쇄빙선을 이용한 탐사가 가능하기 때문에 전 세계의 관심이 집중되어 있는 해역이다. 극지연구소는 2009년 11월 9일 우리나라 최초의 쇄빙선인 '아라온' 호를 건조하여 2010년 7월 약 3주 동안 처음으로 서북극 해역에서 시험항해를 추진하였다. 성공적인 시험항해 이후 2011년부터 서북극해에서 일어나고 있는 환경변화를 관측하기 위해 매년 '아라온' 호를 투입하여 탐사를 수행하고 있다. '아라온'호 탐사를 통하여 해양물리, 화학, 해빙변화에 따른 급격히 진행되고 있는 생태계 변화에 관한 연구를 수행하고 있다. 또한 현재 일어나고 있는 환경변화를 보다 정확하게 이해하고 미래에 진행될 기후변화에 대한 해답을 과거의 기록에서 찾기 위해 해저의 퇴적물을 시

추하여 분석하는 연구를 수행하고 있다.

해저에 쌓여있는 퇴적물에는 과거에 일어난 기후변화의 증거들이 차곡차곡 기록되어 있다. 따라서 퇴적층에 보존되어 있는 기후변화 증거에 대한 여러 가지 흔적을 정확하게 찾아내서 과거의 기후변화를 정밀하게 복원하는 연구가 전 세계적으로 진행되고 있다. 이렇게 과거의 기후변화를 정확하게 재현할 수 있는 증거인 다중 프록시(multi-proxies)를 이용하여 과거에 북극해의 해빙분포와 표층생산력변화의 관계나 해류 또는 융빙수 유입의 변화 등 다양한 기후변화 증거를 찾아낼 수 있다. 다양한 프록시 중에서 과거에 바다의 표층이나 저층에 서식하였던 플랑크톤이 죽어서 단단한 껍질부분이 퇴적물에 잔해로 남아 있는 미화석이 주로 이용되고 있다. 특히 탄산염 성분의 패각을 가지고 있는 부유성과 저서성 유공충 미화석이 가장 보편적으로 과거의 해양환경변화를 복원하는데 이용되고 있는 프록시 중 하나이다.

우리나라는 위에서 언급한 것처럼 2010년부터 쇄빙선 '아라온'호를 이용하여 북극탐사를 통해 많은 양의 해저퇴적물 코어를 확보하고 있다. 그러나 제한된 전문 인력이 북극해에서 과거에 일어난 기후환경변화 복원연구를 수행하고 있으며 적용하는 프록시도 매우 제한적이다. 그러나 유럽 국가들은 전통적인 연구방법과 함께 최첨단의 분석장비를 갖추고 기후변화복원연구를 활발하게 추진하고 있다. 그 중 프랑스 보르도 대학의 고기후/지질학과에는 약 15명의 미화석 전문가가 함께 모여 전 세계 대양에서 획득한 퇴적물을 이용한 전 지구적 기후변화연구를 수행하고 있다. 최근에 이르러 보르도 대학은 북극탐사연구에 많은 관심을 갖게 되었으나 자국에서 운영하는 쇄빙선이 없기 때문에 연구의 한계가 있었다. 따라서 본 연구 사업을 통해서 극지연구소는 프랑스 보르도 대학과 함께 '아라온' 호 북극탐사에서 획득한 시추코어 퇴적물에 보존된 저서성 유공충의 프록시를 이용하여 북극해에서 일어나고 있는 해저퇴적환경을 보다 정확하게 이해하여 과거에 일어난 환경변화를 복원하기 위한 공동연구를 추진하고자 하였다. 보르도 대학의 미화석 전문가들과 공동연구시스템을 구축하여 상호방문연구를 통해 향후 북극해에서 일어나고 있는 해양환경변화뿐만 아니라 과거에 일어났던 환경변화를 정확하게 복원할 수 있는 기술을 확보하고자 본 사업을 수행하는 목적이 있다. 따라서 본 사업은 상호방문연구를 통하여 국제공동연구시스템 구축하고 '아라온' 호 탐사에서 획득한 북극해 시추코어 퇴적물에 산출되는 저서성 유공충을 북극해에서 과거 빙하기-간빙기 동안 일어난 기후환경변화 복원에 필요한 프록시로 활용하는 공동연구를 추진하고자 한다.

KOPRI 극지연구소

2절 연구개발의 필요성 및 범위

1. 연구개발의 필요성

본 연구의 필요성은 아래와 같이 요약된다.

○ 지구온난화에 의한 북극해의 급격한 해빙감소로 전 지구적 기후환경변화에 대한 국제사회의 정치·경제·사회 및 과학적 관심 증대

○ 북극해 인접 국가와 선도적 조사연구를 추진하는 독일 및 아사아의 중국은 대형 쇄빙선 건조 등 지속적인 투자 확대를 통하여 북극해 글로벌 이슈 환경변화에 대한 연구 활동 강화를 통한 선점방안 추진

○ 최첨단 쇄빙선「아라온」을 활용하여 북극해 조사연구의 후발국인 우리나라는 지리적으로 인접한 서 북극해역의 과학적 조사연구를 수행할 수 있는 기회활용의 극대화 필요

○ 북극해 해빙감소에 의한 급격한 환경변화 모니터링을 통해 해빙감소에 따른 북극해 생태계에 미치는 영향 규명을 통해 과거의 기후환경변화 프록시를 이용한 시추코어 퇴적물에 보존된 과거의 기록 복원연구 및 적용 가능한 프록시 개발연구가 필요함

2. 연구개발의 범위

KOPRI 극지연구소

본 사업에서 추진된 연구범위는 크게 3가지로 분류된다.

○ 공동방문연구를 통하여 상호인력교류를 추진하여 세미나 개최 및 시추코어 퇴적물을 이용한 전문가의 인력양성

- 상호 방문 및 공동 세미나 개최

- 석·박사과정 배출을 통한 극지관련연구 전문가 양성

○ 보르도 대학을 방문하여 저서성 유공충 동정기술 확보 및 분석 자료 획득

- 전문 인력 상호 교류방문 및 단기체류를 통한 기술 습득

○ '아라온'호 북극탐사에 보르도대학교 참여를 통한 시추코어 퇴적물 확보
- 북극해 공동탐사 참여 및 시추코어 퇴적물 획득
- 유공충 자료 획득 및 안정동위원소 분석자료 공유

○ 북극권 해역 국제공동연구추진 시스템구축

- 향후 북극해 관련연구 공동추진

제2장 국내외 기술개발 현황

1절 국내외 기술개발 현황

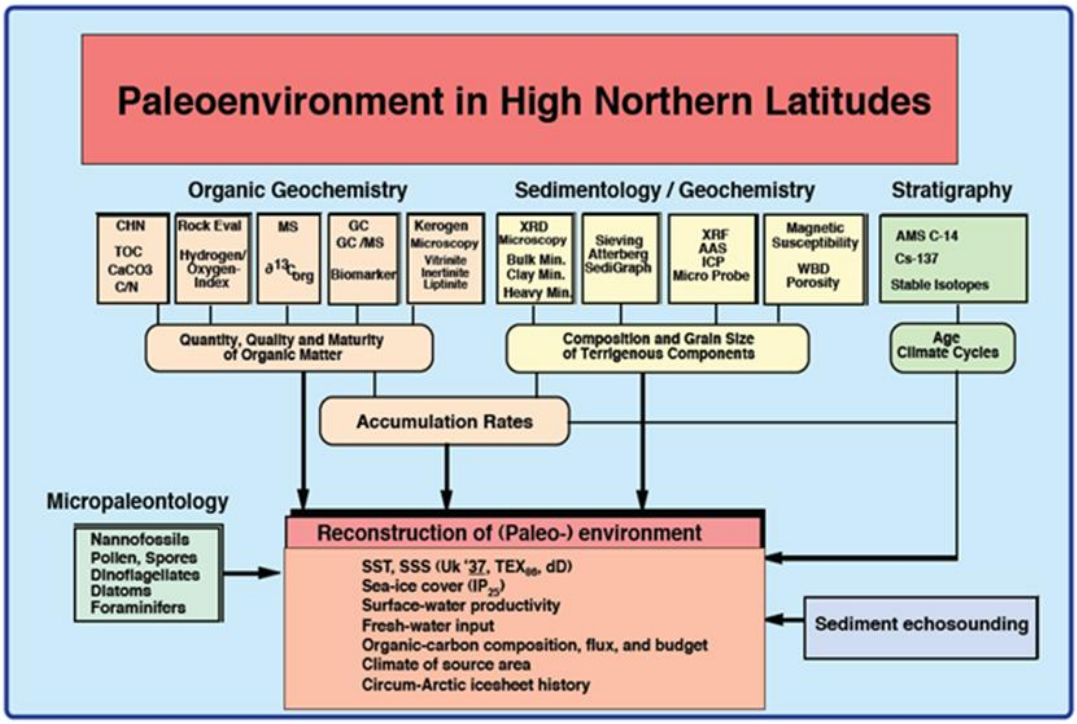
1. 연구 개발대상 기술의 국내·외 현황

가. 세계적 수준

개념정립 단계	√	기업화 단계		기술 안정화 단계	

현재 전 세계적으로 해저퇴적물에 보존된 다양한 프록시를 이용하여 과거 육상과 해양에서 일어난 전 지구적인 기후변화를 정밀하게 복원하는 연구가 활발하게 추진되고 있다. 특히 북극해는 다른 대양과는 전혀 다른 조건인 주변대륙의 빙하, 연중 결빙되는 바다의 얼음과 주변의 대규모 강에서 유입되는 담수 그리고 북대서양과 북태평양과 연결되어 서로 다른 수괴유입에 의한 매우 복잡한 해양환경 시스템을 형성하고 있다. 무엇보다도 북극해의 대부분이 연중 얼음으로 덮여있어 표층생산력이 여름철의 짧은 기간 동안 매우 제한적으로 일어나고 있어 표층생산력이 매우 낮기 때문에 해저퇴적물에 유입되는 해양생물기원의 유기물 공급이 매우 낮다. 또한 육상에서 유입되는 강에 의해 육상기원 퇴적물이 우세하게 퇴적되기 때문에 북극해 퇴적물에는 프록시를 이용한 과거의 기후변화기록을 복원하는데 매우 어려움이 있다. 아래 제시된 그림은 북극해에서 과거의 기후환경변화를 복원하기 위해 이용되는 다양한 프록시를 소개하고 있다.

KOPRI 극지연구소



나. 국내수준

○ 북극해 탐사는 2010년부터 아라온을 활용하여 수행하며 시추코어 퇴적물을 획득하고 있음 ○ 지구온난화에 의한 현재 진행되고 있는 전 지구적인 기후환경변화를 이해하고 미래에 대한 예측 연구 수행이 최근 증가하면서 과거의 기후환경 복원에 필요한 적용 프록시 연구개발이 추진되고 있음 ○ 중위도 및 베링해를 포함한 아북극 해역에서 획득한 퇴적물에서 부유성 유공충을 일부 연구하고 있음 ○ 한반도 주변해역에서 저성성 유공충을 이용한 고환경변화 복원연구를 일부 추진하고 있으나 북극해에서 획득한 퇴적물에서 저서성 유공충을 이용해 연구하는 전문가는 전무한 상태임

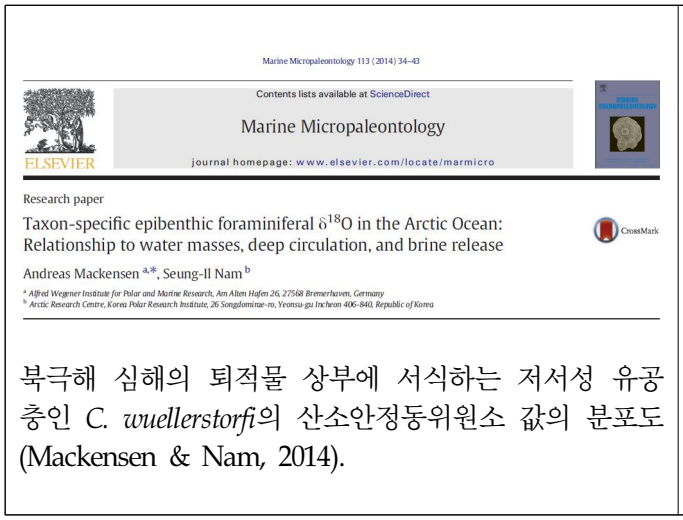
다. 국내외 관련연구현황 비교

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
- 극지연구소 (KOPRI)	북극해 부유성 유공충 산소 및 탄소 안정동위원소 변화를 이용한 해빙변화 등 표층환경변화 복원	해빙 및 주요 해류 변화와 영향 규명
- 독일 AWI 극지해양연구소	북극해 저서성 유공충 탄소 안정동위원소 변화를 이용한 저서퇴적환경변화 복원	결빙에 의해 생성되는 brine(소금물)이 해저 환경에 미치는 영향 규명
- 미국 Byrd 극지연구센터	유공충의 산출빈도와 동위원소 비를 활용한 연구	서북극해 층서정립 및 환경변화 지시자로 이용
- 프랑스 보르도 대학교	바렌츠해, Labrador 해 등 북극해 주변 저서성 유공충 종조성 분포 연구	현재 북극해 주변해역에서 일어나고 있는 환경변화 지시자 활용
- 노르웨이 트롬소 대학교 및 극지연구소(NPI)	스발바르 피오르드 해역 저서성 유공충 종조성 변화를 이용한 홀로세 이후 고환경변화 복원 연구	피오르드에 유입되는 북대서양 해류와 조수빙하 후퇴에 따른 환경변화기록 복원

라. 지금까지의 국내외 기관의 유공충 프록시 관련 연구개발 실적

○ 국내·외 타 연구기관 및 당해 연구기관이 본 연구개발과 직접 관련하여 수행한 연구개발 내용 및 결과를 요약 명기함

- KOPRI는 독일 AWI 연구소와 공동으로 쇄빙선 '아라온'와 독일 쇄빙선 '폴라스턴'을 이용한 북극해 탐사에서 획득한 심해의 표층퇴적물 상부에 서식하는 저서성 유공충인 *C. wuellerstorfi*의 산소안정동위원소를 분석 자료를 활용하여 북극해의 수괴특성, 심층순환 및 염수(brine) 형성 기작 등을 국제공동연구를 수행


Marine Micropaleontology 113 (2014) 34–43

Contents lists available at ScienceDirect

Marine Micropaleontology

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

Research paper

Taxon-specific epibenthic foraminiferal $\delta^{18}O$ in the Arctic Ocean: Relationship to water masses, deep circulation, and brine release

Andreas Mackensen [a,*], Seung-Il Nam [b]

[a] Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Am Alten Hafen 26, 27568 Bremerhaven, Germany
[b] Arctic Research Centre, Korea Polar Research Institute, 26 Songdomirae-ro, Yeonsu-gu Incheon 406-840, Republic of Korea

북극해 심해의 퇴적물 상부에 서식하는 저서성 유공충인 *C. wuellerstorfi*의 산소안정동위원소 값의 분포도 (Mackensen & Nam, 2014).

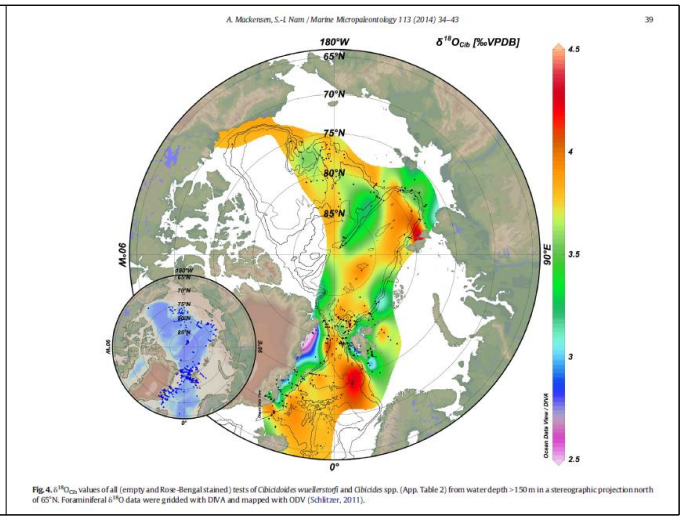
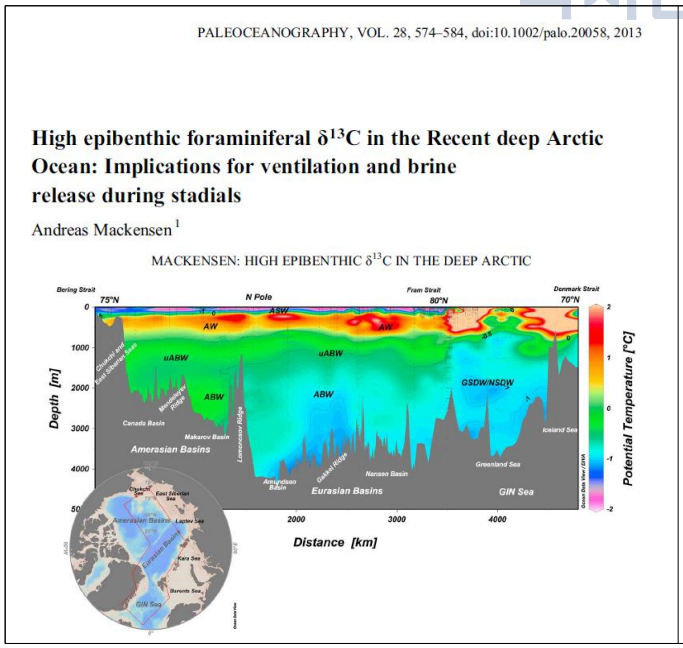


Fig. 4. $\delta^{18}O_{Cib}$ values of all (empty and Rose-Bengal stained) tests of *Cibicidoides wuellerstorfi* and *Cibicides* spp. (App. Table 2) from water depth >150 m in a stereographic projection north of 65°N. Foraminiferal $\delta^{18}O$ data were gridded with DIVA and mapped with ODV (Schlitzer, 2011).

- 독일 AWI 극지해양연구소는 18,000톤급 쇄빙선 "폴라스턴" 호를 이용하여 지난 30여년 동안 북극해 탐사를 수행하여 방대한 양의 시추코어와 표층 퇴적물에서 저서성 유공충 시료를 획득하여 종조성 변화와 탄소안정동위원소($d^{13}C$) 분석을 통해 북극해에서 빙하기-간빙기 동안 수괴 순환에 따른 고해양환경특성 및 변화 복원연구를 추진

KOPRI 극지연구소


PALEOCEANOGRAPHY, VOL. 28, 574–584, doi:10.1002/palo.20058, 2013

High epibenthic foraminiferal $\delta^{13}C$ in the Recent deep Arctic Ocean: Implications for ventilation and brine release during stadials

Andreas Mackensen [1]

MACKENSEN: HIGH EPIBENTHIC $\delta^{13}C$ IN THE DEEP ARCTIC

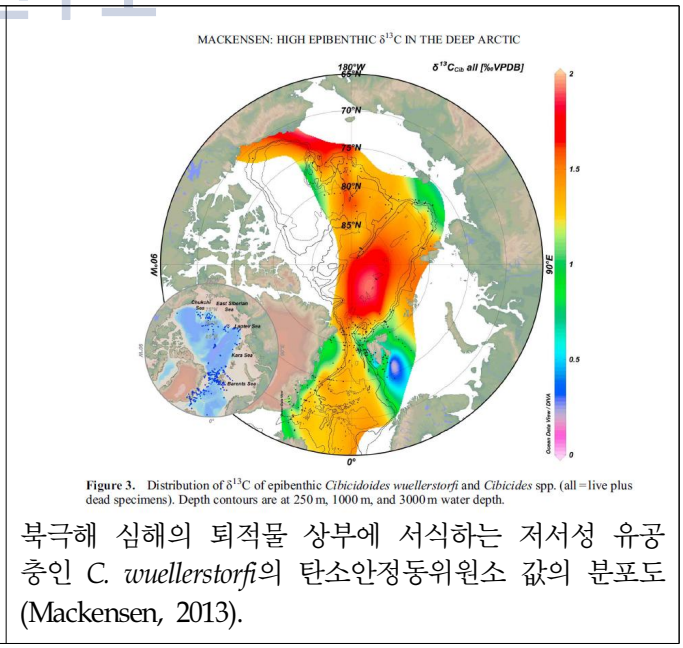

MACKENSEN: HIGH EPIBENTHIC $\delta^{13}C$ IN THE DEEP ARCTIC

Figure 3. Distribution of $\delta^{13}C$ of epibenthic *Cibicidoides wuellerstorfi* and *Cibicides* spp. (all = live plus dead specimens). Depth contours are at 250 m, 1000 m, and 3000 m water depth.

북극해 심해의 퇴적물 상부에 서식하는 저서성 유공충인 *C. wuellerstorfi*의 탄소안정동위원소 값의 분포도 (Mackensen, 2013).

- 미국 오하이오 대학교 Byrd 극지연구센터는 유공충 산출빈도와 안정동위원소 비를 이용한 후기 제 4기 빙하기-간빙기의 해빙 변화 등 고해양환경변화복원 연구 수행

Quaternary Science Reviews 79 (2013) 145–156

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

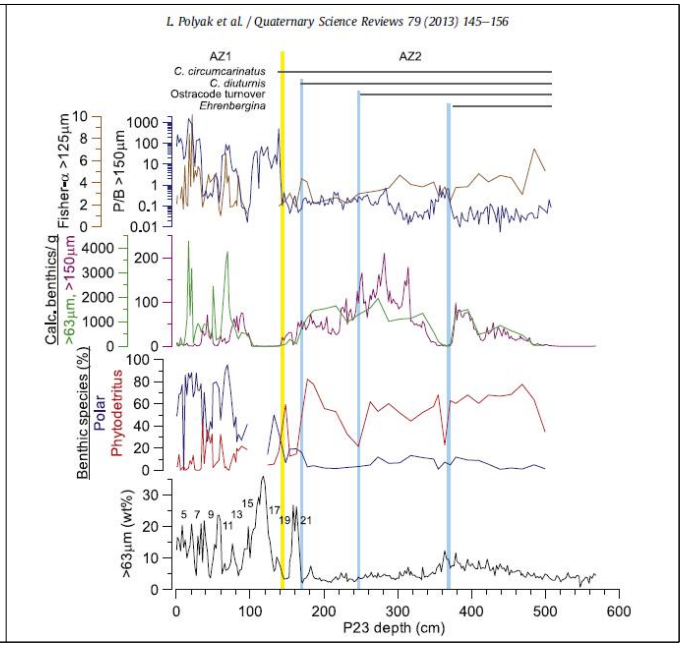
Quaternary Science Reviews

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

Quaternary history of sea ice in the western Arctic Ocean based on foraminifera

Leonid Polyak [a,*], Kelly M. Best [a,b], Kevin A. Crawford [a,b], Edward A. Council [c], Guillaume St-Onge [d,e]

[a] Byrd Polar Research Center, The Ohio State University, 1090 Carmack Road, Columbus, OH 43210, USA
[b] School of Earth Sciences, The Ohio State University, Columbus, OH 43210, USA
[c] Department of Geological Sciences, Wright State University, Dayton, OH 45435, USA
[d] Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER), Rimouski, Quebec G5L 3A1, Canada
[e] GEOTOP Research Center, Quebec, Canada



- 서북극해에서는 중국이 지난 10여년 동안 자국 쇄빙선 "설룡" 호를 이용하여 획득한 표층 퇴적물에 산출되는 부유성 유공충의 산소 및 탄소 안정동위원소 자료를 이용한 고환경변화 연구 추진

Marine Geology 352 (2014) 397–408

Contents lists available at ScienceDirect

Marine Geology

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

Stable oxygen and carbon isotopes in planktonic foraminifera *Neogloboquadrina pachyderma* in the Arctic Ocean: An overview of published and new surface-sediment data

Wenshen Xiao [a,*], Rujian Wang [a], Leonid Polyak [b], Anatolii Astakhov [c], Xinrong Cheng [a]

[a] State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China
[b] Byrd Polar Research Center, Ohio State University, Columbus, OH 43210, United States
[c] V. I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Russian Academy of Sciences, Vladivostok 600041, Russia

베링해에서 북극해의 표층 퇴적물에서 획득한 부유성 유공충인 N. pachyderma sin.종의 산소 및 탄소안정동위원소 비 분포도 (Xiao et al., 2014)

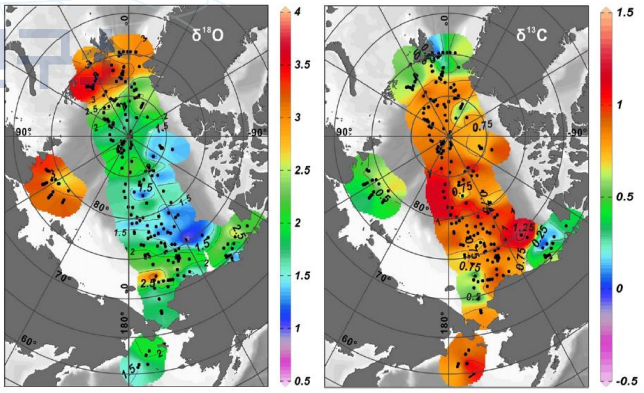


Fig. 4. The $\delta^{18}O$ and $\delta^{13}C$(‰) values measured in *N. pachyderma* from the Arctic Ocean surface sediments.

- 노르웨이 트롬소 대학은 스발바르 피오르드에서 저서성 유공충의 종조성, 안정동위원소 및 쇄설성 빙하퇴적물의 함량변화를 이용하여 홀로세 이후 피오르드에 유입되는 따뜻한 북대서양해류의 변화에 따른 환경변화복원연구를 수행

Marine Micropaleontology 94–95 (2012) 80–90

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Marine Micropaleontology

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

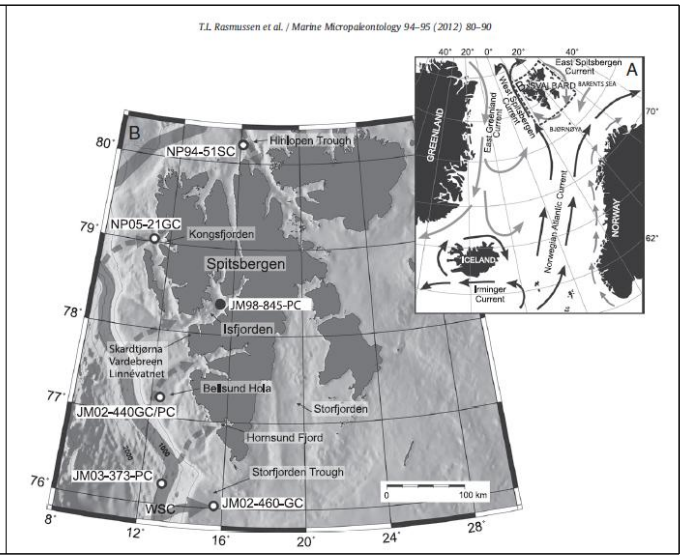
Research paper

Reconstruction of inflow of Atlantic Water to Isfjorden, Svalbard during the Holocene: Correlation to climate and seasonality

T.L. Rasmussen [a,*], M. Forwick [a], A. Mackensen [b]

[a] Department of Geology, University of Tromsø, N-9037 Tromsø, Norway
[b] Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, D-27568 Bremerhaven, Germany

스발바르군도에서 제일 큰 섬인 스피츠베르겐 섬의 서쪽에 위치한 Isfjorden에서 획득한 시추코어퇴적물에 분포하는 저서성 유공충의 종조성과 산소 및 탄소안정동위원소 분석 자료를 이용한 홀로세 이후의 피오르드 환경변화 복원



- 보르도 대학은 이베리아반도 서쪽에 위치한 Douro River의 영향을 받는 대륙붕해역에서 살아있는 저성성 유공충의 수평적 및 수직적 분포 변화에 따른 정량적인 유기물 공급의 영향관계를 연구를 수행하였으며 최근 동 북극해 주변해역에서 유공충을 이용한 연구를 시작함

Marine Micropaleontology 120 (2015) 31–45

Contents lists available at ScienceDirect

Marine Micropaleontology

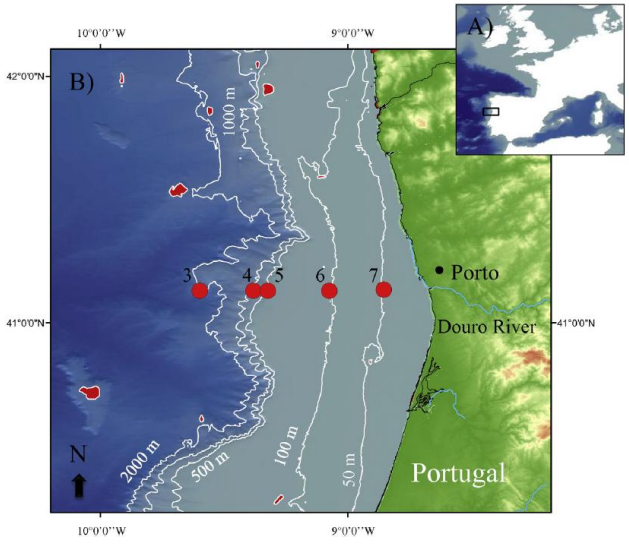
journal homepage: www.elsevier.com/locate/marmicro

Lateral and vertical distributions of living benthic foraminifera off the Douro River (western Iberian margin): Impact of the organic matter quality

Pierre-Antoine Dessandier [a,*], Jérôme Bonnin [a], Jung-Hyun Kim [b,c], Sabrina Bichon [a], Antoine Grémare [a], Bruno Deflandre [a], Henko de Stigter [b], Bruno Malaizé [a]

[a] UMR-EPOC 5805 CNRS, Université de Bordeaux, Allée Geoffroy St Hilaire, 33615 Pessac, France
[b] NIOZ Royal Netherlands Institute for Sea Research, NL-1790 AB Den Burg, the Netherlands
[c] Department of Marine Science and Convergence Technology, Hanyang University ERICA campus, 55 Hanyangdaehak-ro, Sangnok-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do 426-791, South Korea

KOPRI 극지연구소



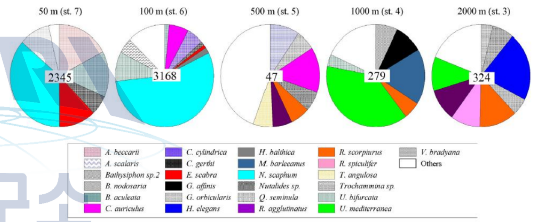


Fig. 5. Major species of living benthic foraminifera in the upper 10 cm of the sediment cores with total standing stock (given by the number in the center of the pie charts) expressed as the number of specimens per 100 cm².

퇴적물 코어 상부 10cm에 서식하는 저서성 유공충의 주요 종 분포도

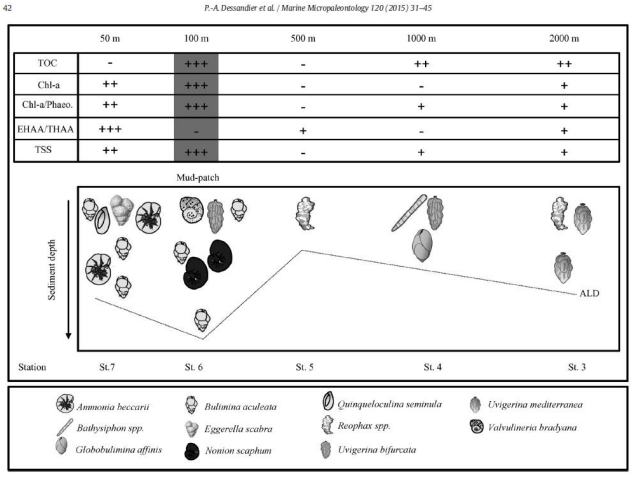


Fig. 9. Synthetic representation of cross-shelf and vertical faunal distribution, total standing stock (TSS) and organic matter parameters TOC, Chl.a, Chl.a/Phaeo, EHAA/THAA. The dotted line represents the average living depth of major species for each station.

대륙붕 수심변화에 따른 종들의 수직적 분포도

제3장 연구개발수행 내용 및 결과

1절 연차별 연구개발의 목표 및 내용

(단위 : 천원)

구분	년도	연구개발목표	연구개발내용	연구범위	연구비
1차년도	2014	- 방문교류 및 공동세미나 개최	- 한-프랑스 공동연구원 상호 방문을 통한 공동연구협력 추진	-공동세미나	
		- 아라온 서북극해 탐사에서 획득한 표층퇴적물에 산출되는 저서성 유공충 추출 및 동정기법 습득	- 표층퇴적물에서 living vs dead 저서성 유공충 추출·동정 및 분석자료 획득 - 저서성 유공충 동정방법 습득	-유공충동정 및 자료 획득	
2차년도	2015	- 방문교류 및 시료채취 - 공동 세미나 개최 - 종 분류 동정 기법 습득	- 한-프랑스 공동연구원 상호 방문을 통한 공동연구협력 추진 - 저서성 유공충 종 분류 기법 습득	-공동세미나 -동정기법 획득	
		- 아라온 서북극해 공동탐사에 보르도대학 참여 및 시추코어 퇴적물 획득 - 코어 퇴적물의 저서성 유공충 추출 및 종조성비 연구 - 시추코어 유기지화학자료 획득	- 보르도대학 연구책임자 서북극해 탐사 참여 및 퇴적물 획득 - 시추코어 퇴적물에서 living vs dead 저서성 유공충 추출·동정 분석자료 획득 - TOC, $CaCO_3$, $\delta^{13}C_{org}$, $\delta^{15}N$분석	-북극해 공동탐사 -유공충 자료 획득 -유기지화학 자료 획득	
		- 지속적 공동 연구시스템구축	- 향후 한-프랑스 공동연구원 상호방문을 통한 공동연구협력 지속적 추진	- 교류방문 시스템구축	

KOPRI 극지연구소

2절 연도별 연구개발의 추진일정

연도	연구개발의 내 용	추 진 일 정												연구비 (천원)	비고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
2014	프랑스 파트너 초청 및 퇴적물 시료채취													2,000	
	저서성 유공충 동정추출 및 안정동위원소분석													3,000	
	유기지화학분석													2,000	
2015	프랑스 방문 및 공동세미나개최													8,000	
	아라온북극탐사													3,000	
	저서성 유공충 추출 및 안정동위원소분석													2,000	
	유기지화학분석													2,000	
	연차보고서작성														
2016	프랑스 방문 및 공동세미나개최													8,000	
	공동논문 발표 및 투고														예정
	최종보고서작성														

KOPRI 극지연구소

3절 연구개발수행의 이론적·실험적 접근방법의 결과

1. 1차년도 양국 연구교류 활동 수행결과 (2014. 5 - 2015. 4)

- 프랑스 보르도대학교 연구책임자 방문 및 세미나 개최(2014. 10. 28, 극지연구소) 및 공동연구협의

「극지의 한국, 미래의 도전」

KOPRI 극지연구소 극 지 연 구 소

수신자 내부결재
(경유)

제목 외부전문가 초청 세미나

1. 북극환경·자원연구센터에서는 한-프랑스 협력기반조성사업인 "북극 환경변화 : 생물지표인 유공충 관점 (PN14060, 연구책임자 남승일)" 에 관한 연구를 통해 프랑스 보르도 대학과 공동으로 아라온호에서 획득한 시추퇴적물에 산출되는 저서성 유공충 종조성 변화와 안정동위원소 분석자료를 이용한 서북극해 고기후환경변화 복원 연구를 수행하고 있습니다.

2. 이와 관련하여, 상대국 연구기관 책임자인 J. Bonnin 박사를 초청하여 성공적인 공동연구 추진을 위해 아래와 같이 공동세미나를 개최하고자 하오니 결재하여 주시기 바랍니다.

- 아 래 -

가. 성명 : Prof. Dr. Jerome Bonnin
나. 소속 및 직위 : 프랑스 보르도 대학, 조교수
다. 세미나 제목 :
- Regional distribution of Planktic foraminifers in the Pacific Side of the Arctic Ocean (Dr. H. Asahi, KOPRI)
- Benthic foraminifera : From ecological studies to paleoclimate reconstruction (Prof. Dr. Jerome Bonnin)
라. 일시 및 장소 : 2014. 10. 28 14:00~16:00, 본관동 3층 세미나실
마. 소요경비 : 약 60만원
- 세미나 식음료 및 식대 등 : 약 600,000원
바. 처리계정 : PN14060201 (세미나 개최비)

붙임 CV-JB_Eng. 끝.



국내·외전문가 세미나 결과보고서

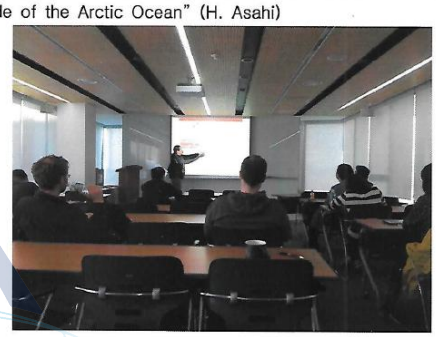
작성일 : 2014. 10. 30

부 서 명	북극환경·자원연구센터	일 시	2014. 10. 28
참가 인원	14명	장 소	극지연구소 3층 세미나실
세미나 주제	아라온호에서 획득한 시추퇴적물에서 산출되는 부유성/저서성 유공충 종조성 변화와 서북극해 유공충 연구에 대한 논의		

세미나를 통한 도출 결과

- 극지연구소의 H.Asahi 박사와 프랑스 보르도 대학의 J. Bonnin 교수의 합동 세미나
- 아라온호에서 획득한 시추퇴적물에서 산출되는 부유성/저서성 유공충 종조성 변화와 서북극해 유공충 연구에 대한 논의

14:00~15:00
"Regional distribution of Plankic foraminifers in the Pacific Side of the Arctic Ocean" (H. Asahi)



15:00~16:00
"Benthic foraminifera : From ecological studies to paleoclimate reconstruction" (J. Bonnin)

프랑스 보르도대학교 연구책임자 방문 및 세미나 개최 (2014. 10. 28, 극지연구소)

세미나를 통한 도출 결과



- 프랑스 보르도대학교 방문을 통한 아라온 탐사에서 획득한 퇴적물 시료 연구방안 협의

- 서북극해 아라온 탐사에서 획득한 퇴적물 코어에 산출되는 유공충 종 분류를 위한 동

및 세미나 실시 (2015. 3. 25-4.2, 보르도 대학교)





- 보르도 대학교 고생물 및 고기후학과 스텝



안정동위원소 분석실 방문 및 분석방법 논의



유공충의 산소 및 탄소 안정동위원소 분석 시스템

- 유공충의 안정동위원소 분석에 필요한 질량분석기 시스템점검

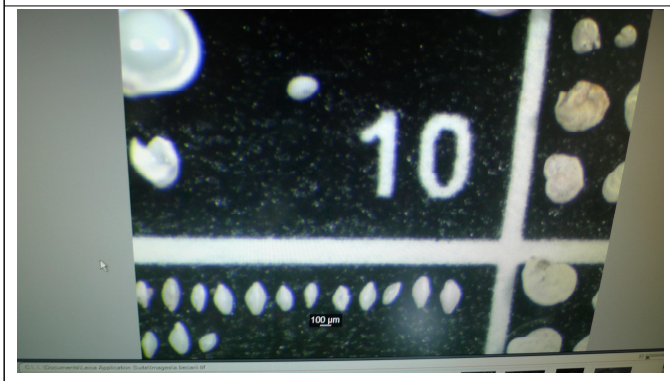
- 서성 유공충 동정 기술습득 및 안정동위원소 분석방법 논의(손영주)
- 학생 및 연구원 상호방문 등 정보 교류 추진 논의



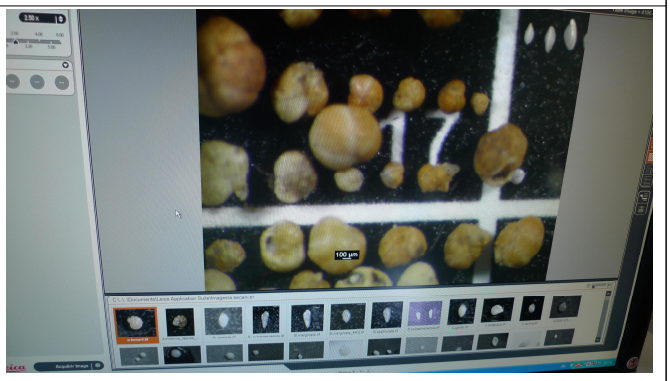
정기법 습득



KOPRI
극지연구소



- 북극해 시추코어에 산출되는 탄산염 성분의 저서성 유공충



- 북극해 시추코어에 산출되는 교질/사질 성분의 저서성 유공충

- 아라온을 활용한 극지연구소의 서북극해 탐사결과에 대한 세미나 실시 (2015. 4. 1, 보르도대학교)









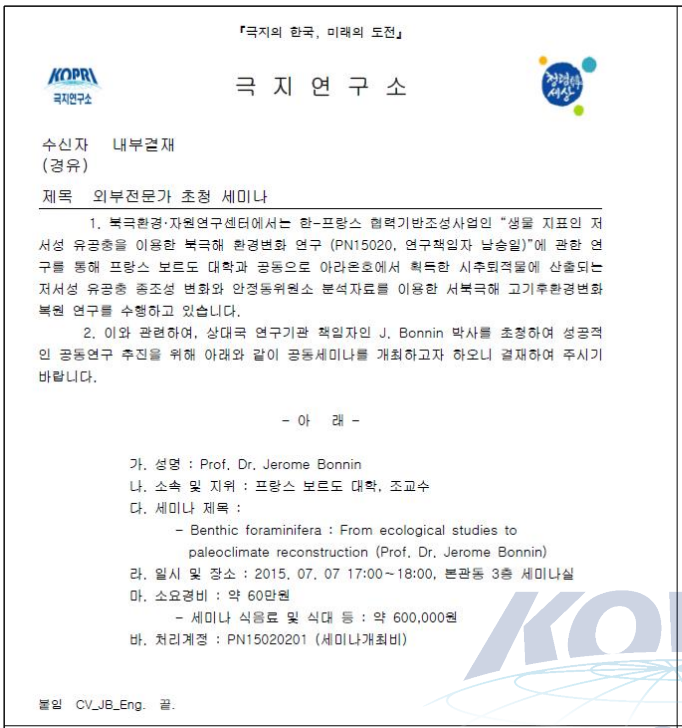
- 북극해에서 빙하기-간빙기에 일어난 고기후/고해양환경변화 복원연구를 위한 프록시로서 유공충의 중요성에 관한 설명

KOPRI 극지연구소

2. 2차년도 양국 연구교류 활동 수행결과 (2015. 5 - 2016. 4)

가. 양국 상호방문 세미나 개최 및 시추코어 퇴적물 채취

- 2회에 걸쳐 보르도대학교의 Jerome 교수 방문을 통한 공동연구 예비결과 세미나 개최 및 '아라온'호 북극해 탐사에서 획득한 시추코어퇴적물 채취



「극지의 한국, 미래의 도전」

극 지 연 구 소

수신자 내부결재
(경유)

제목 외부전문가 초청 세미나

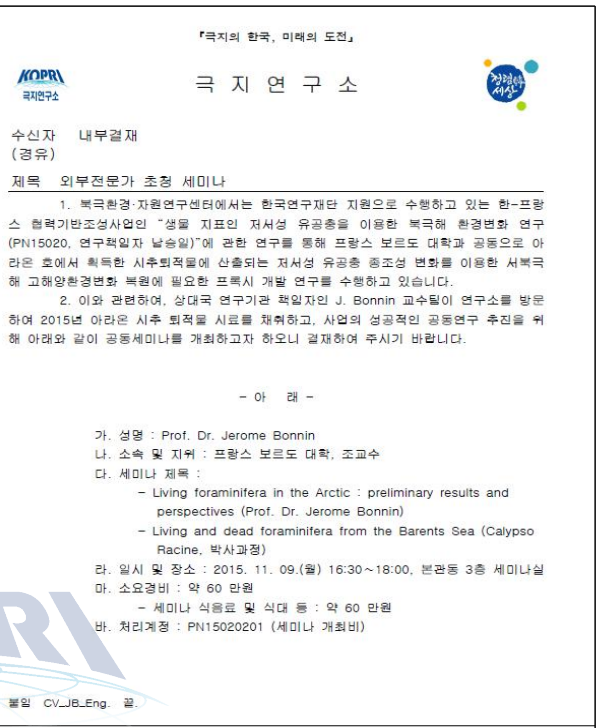
1. 북극환경·자원연구센터에서는 한-프랑스 협력기반조성사업인 "생물 지표인 저서성 유공충을 이용한 북극해 환경변화 연구 (PN15020, 연구책임자 남승일)"에 관한 연구를 통해 프랑스 보르도 대학과 공동으로 아라온호에서 획득한 시추퇴적물에 산출되는 저서성 유공충 종조성 변화와 안정동위원소 분석자료를 이용한 서북극해 고기후환경변화 복원 연구를 수행하고 있습니다.

2. 이와 관련하여, 상대국 연구기관 책임자인 J. Bonnin 박사를 초청하여 성공적인 공동연구 추진을 위해 아래와 같이 공동세미나를 개최하고자 하오니 결재하여 주시기 바랍니다.

- 아 래 -

가. 성명 : Prof. Dr. Jerome Bonnin
나. 소속 및 지위 : 프랑스 보르도 대학, 조교수
다. 세미나 제목 :
- Benthic foraminifera : From ecological studies to paleoclimate reconstruction (Prof. Dr. Jerome Bonnin)
라. 일시 및 장소 : 2015. 07. 07 17:00~18:00, 본관동 3층 세미나실
마. 소요경비 : 약 60만원
- 세미나 식음료 및 식대 등 : 약 600,000원
바. 처리계정 : PN15020201 (세미나개최비)

붙임 CV_JB_Eng. 끝.



「극지의 한국, 미래의 도전」

극 지 연 구 소

수신자 내부결재
(경유)

제목 외부전문가 초청 세미나

1. 북극환경·자원연구센터에서는 한국연구재단 지원으로 수행하고 있는 한-프랑스 협력기반조성사업인 "생물 지표인 저서성 유공충을 이용한 북극해 환경변화 연구 (PN15020, 연구책임자 남승일)"에 관한 연구를 통해 프랑스 보르도 대학과 공동으로 아라온 호에서 획득한 시추퇴적물에 산출되는 저서성 유공충 종조성 변화를 이용한 서북극해 고해양환경변화 복원에 필요한 프록시 개발 연구를 수행하고 있습니다.

2. 이와 관련하여, 상대국 연구기관 책임자인 J. Bonnin 교수팀이 연구소를 방문하여 2015년 아라온 시추 퇴적물 시료를 채취하고, 사업의 성공적인 공동연구 추진을 위해 아래와 같이 공동세미나를 개최하고자 하오니 결재하여 주시기 바랍니다.

- 아 래 -

가. 성명 : Prof. Dr. Jerome Bonnin
나. 소속 및 지위 : 프랑스 보르도 대학, 조교수
다. 세미나 제목 :
- Living foraminifera in the Arctic : preliminary results and perspectives (Prof. Dr. Jerome Bonnin)
- Living and dead foraminifera from the Barents Sea (Calypso Racine, 박사과정)
라. 일시 및 장소 : 2015. 11. 09.(월) 16:30~18:00, 본관동 3층 세미나실
마. 소요경비 : 약 60 만원
- 세미나 식음료 및 식대 등 : 약 60 만원
바. 처리계정 : PN15020201 (세미나 개최비)

붙임 CV_JB_Eng. 끝.

KOPRI 극지연구소

국내·외전문가 세미나 결과보고서

작성일 : 2015. 07. 09

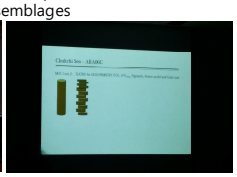
부 서 명	북극환경·자원연구센터	일 시	2015. 07. 07.
참가 인원	총 10명	장 소	본관동 3층 세미나실
세미나 주제	저서성 유공충을 이용한 북극 고기후 복원 연구		

세미나를 통한 도출 결과	-프랑스 보르도 대학교의 Jerome Bonnin 교수를 초청하여 세미나 개최 **《Benthic foraminifera : From ecological studies to paleoclimate reconstruction》** **〈Live benthic foraminifera from the Arctic : preliminary results from the Beaufort sea〉**  - 북극 보퍼트 해에서 다양한 수심의 코어에서 획득한 살아있는 저서성 유공충 분석 결과 발표 및 극지연구소의 데이터 공유 협의 - 향후 수행할 연구 계획 토의 - 2015년 아라온 북극탐사 시 수행할 부시료 채취 방법에 대한 논의

국내·외전문가 세미나 결과보고서

작성일 : 2015. 07. 09

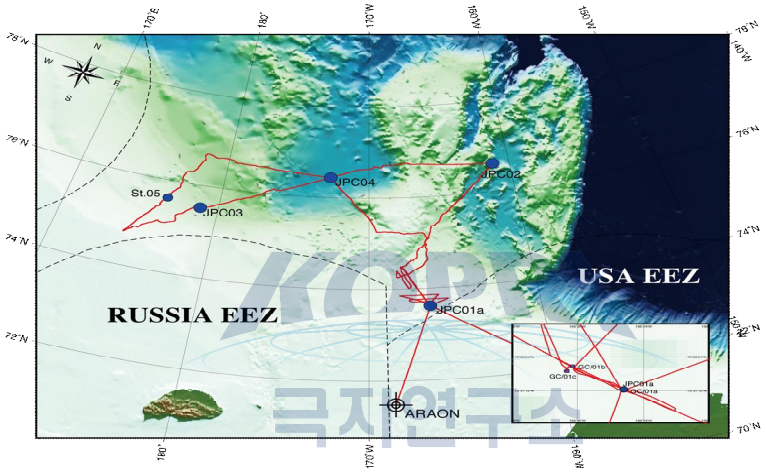
부 서 명	북극환경·자원연구센터	일 시	2015.11.09. 16:30~17:30
참가 인원	총 9명	장 소	극지연구소 3층 세미나실
세미나 주제	- Living foraminifera in the Arctic : preliminary results and perspectives (Prof. Dr. Jerome Bonnin) - Living and dead foraminifera from the Barents Sea (Calypso Racine, 박사과정)		

세미나를 통한 도출 결과	◆ **발표자 : Dr. Jerome Bonnin** 발표 내용: - Live benthic forams - picking 63-125㎛ - Organic geo-chemistry - pigments - TOC and $\delta^{13}C_{TOC}$ - Amino acids - Dead forams - Dead forams picking - Live-Dead comparison - Fossil assemblages   ◆ **발표자 : Calypso Racine** 발표 내용: - Climate change in the Arctic - Benthic Foraminifera를 이용한 실험 진행 설명  

나. 2015 아라온 서북극 척치해 주변해역 탐사(ARA06C)에 J. Bonnin 교수 승선을 통한 시추코어 퇴적물 채취(2015. 8. 24 - 9. 10)

- 2015년 8월 23일 미국 북부알라스카 배로우(Barrow)에서 쇄빙선 '아라온'호에 승선하여 제 6회 3항차(ARA06C) 북극해탐사를 수행하기 위하여 선상에서 준비를 마친 후 8월 25일 오후 1시 출항하여 9월 9일 오전 10시 놈(Nome) 도착하기까지 총 15일간 탐사를 수행함
- 2015년 아라온 호 북극해 탐사에는 총 6개국의 24명 연구원이 승선하였으며 프랑스 보르도 대학교의 Jerome Bonnin 교수도 탐사에 참여함

□ 조사해역: Chukchi continental margin/Basin, Northwind Basin 및 East-Siberian 대륙붕 해역



2015년 수행한 아라온 북극해 탐사라인 및 시추코어 정점

□ 조사내용 및 추진실적

- 총 4,500km 멀티빔을 이용한 해저지형 및 SBP 천부지층자료 획득
- 총 4 정점에서 CTD 작업 및 수심별 해수 채취
- 한국지질자원과 공동으로 동시베리아 대륙붕과 척치해 대륙붕 해역에서 약 400km Sparker 탐사 : 그 동안 알려지지 않은 빙하존재 증거 확보
- 서북극해에서 80만년 이후 빙하역사 및 고기후환경변화 복원 연구를 위해 총 4정점을 선정하여 수심 약 100 ~ 2200m에서 해양 퇴적물 확보
- 박스, 멀티, 중력 코어러 장비를 이용한 해양 표층 및 천부층 퇴적물 채취 작업

Date	Station	Corer type	Location	Water depth (m)
Aug. 27	02	JPC-gravity mode	76°36.1612′N 161°10.0811′W	2077
		BOX		
		MUC		
Aug. 29~30	03	MUC	75°31.3958′N 178°52.2445′E	715
		BOX		
	03′	JPC-piston mode	75°32.0053′N 178°44.0631′E	673.4
Aug. 31	05	BOX	75°37.2422′N 176°32.4255′E	346
Sept. 1~2	04	JPC-piston mode	76°25.8640′N 172°40.6021′W	2200
		BOX		
		MUC		
Sept. 4	01A	MUC	73°37.2217′N 166°25.7329′W	99.5
		BOX		
	01B	MUC	73°38.0558′N 166°30.3642′W	104
		BOX		
Sept. 5	01A	JPC-piston mode	73°37.2217′N 166°25.7329′W	100
Sept. 6	01C	BOX	73°37.9023′N 166°31.1868′W	104
		GC		
	01Bb	GC	73°38.0819′N 166°30.5848′W	104
	01Aa	MUC	73°37.2561′N 166°25.9219′W	100
		GC		

표 1. 지질탐사 연구 정점 및 코어링 작업

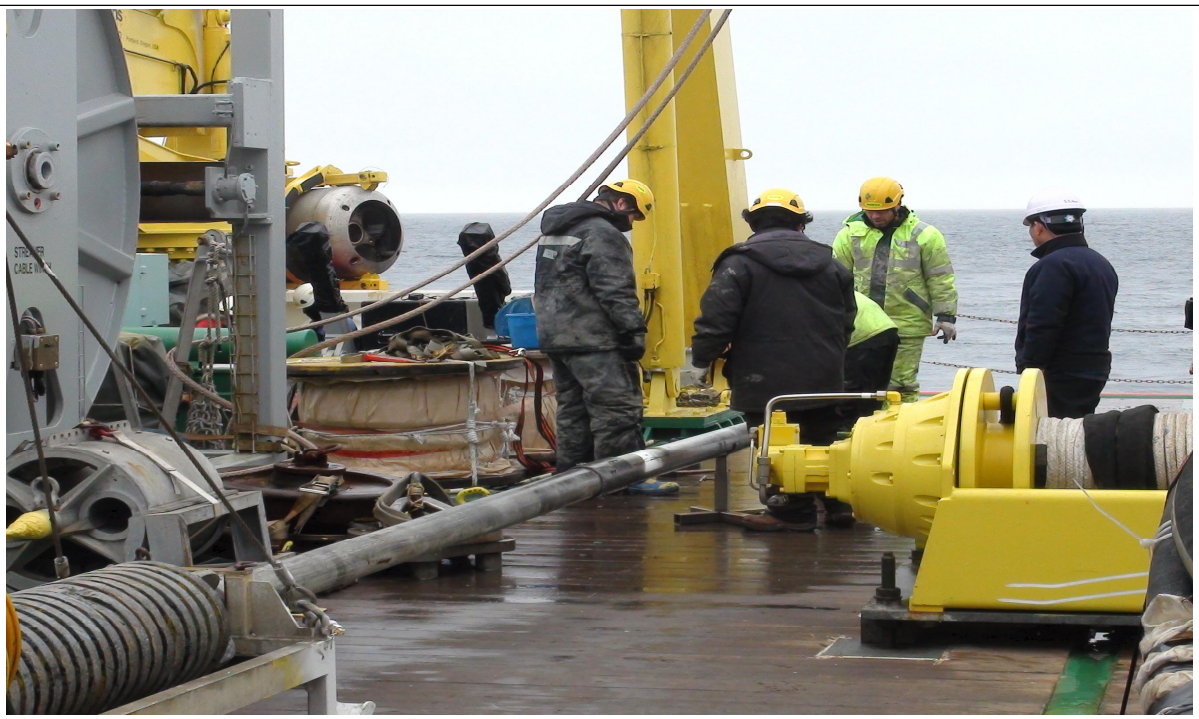
KOPRI 극지연구소



박스코어를 이용한 표층퇴적물 채취 작업



멀티코어를 이용한 표층퇴적물과 해수 채취 작업



중력코어를 이용한 해저퇴적물 채취 작업









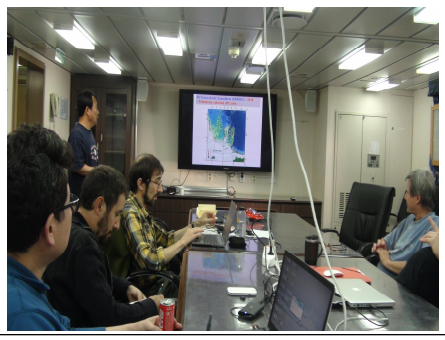
롱코어 시스템(JPC)을 이용한 해저퇴적물 코어 채취 작업



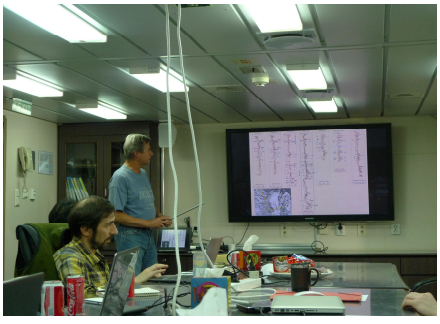
멀티코어 및 박스코어 부시료 채취 작업을 하고 있는 보르도대학의 Jerome Bonnin 교수(우측)



JPC 코어 절개작업 이후 코어퇴적물의 색상, 퇴적구조 및 성분 등을 자세하게 기재





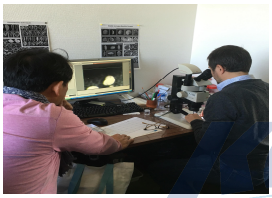
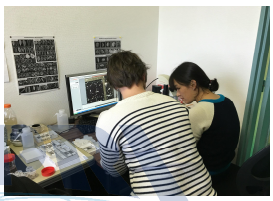
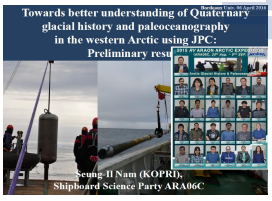
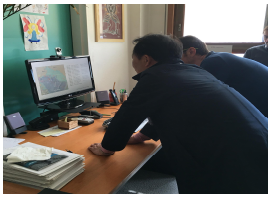
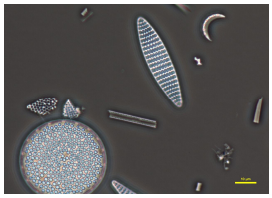
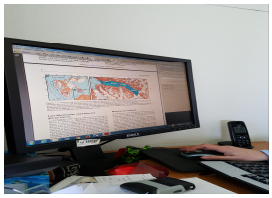




2015 아라온 북극탐사(ARA06C)에 참여한 국내·외 연구원으로 6개국 23명과 아시아경제신문 기자 1명과 여의사 1명 등 총 25명의 사진

다. 프랑스 방문연구 및 세미나 개최 및 유공충 동정방법 습득

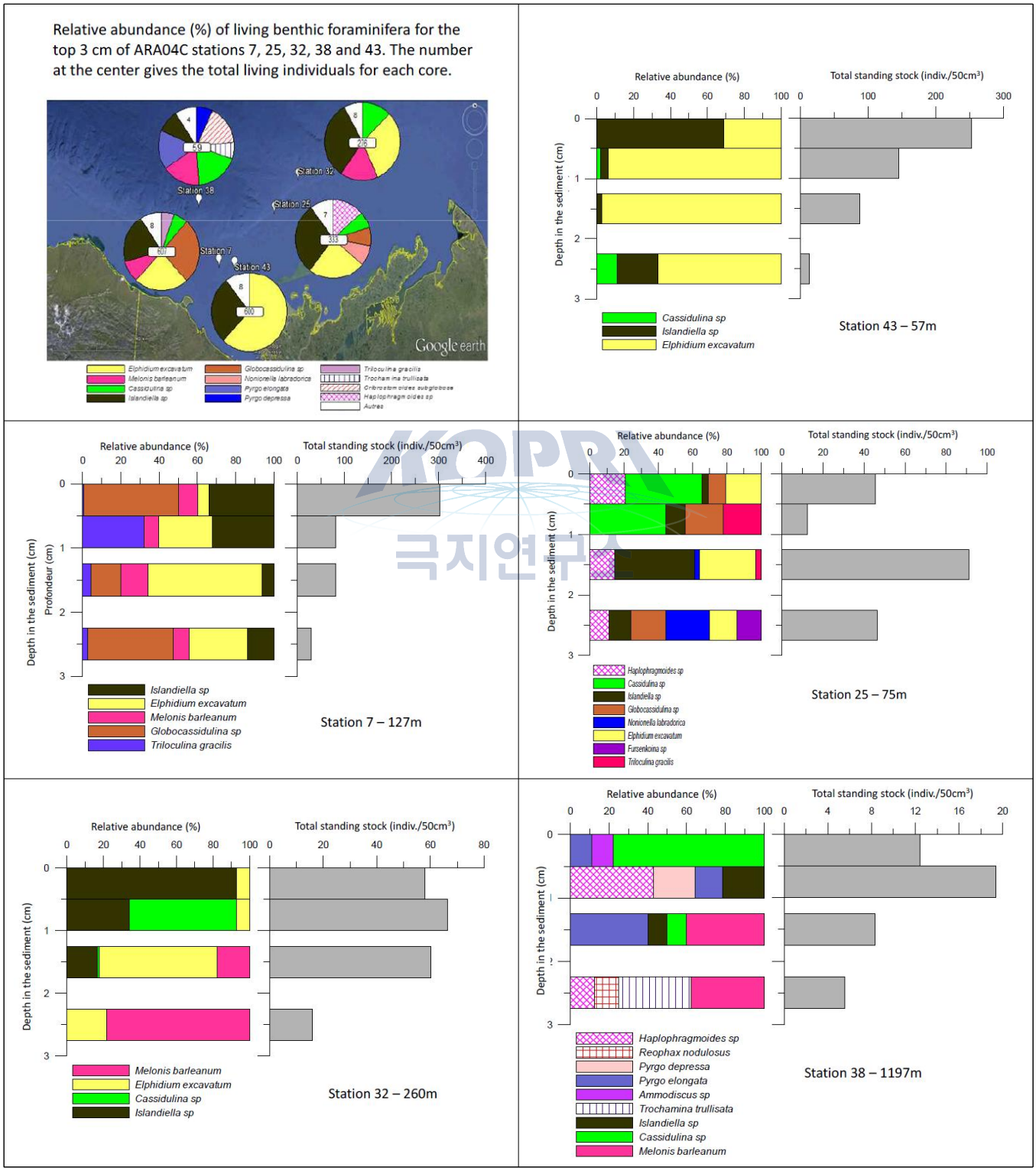
- 프랑스 보르도대학교 방문을 통한 아라온 탐사에서 획득한 퇴적물 시료 연구방안 협의 및 세미나 실시 (2016. 3. 29-4.8, 보르도 대학교)
- 저서성 유공충 이외에 다양한 프록시를 이용한 북극해 공동탐사연구 논의

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>보르도대 방문</td><td>고기후/지질학과 교수실 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>실험실 흄후드 시설 견학</td><td>사질퇴적물 (유공충) 시료 보관장</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>저서성 유공충 동정 기술습득</td><td>저서성 유공충 동정 기술습득</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">보르도 대학에서 발표한 세미나 제목 및 교수 및 대학원생 대상 2015 아라온 북극탐사 예비결과에 대한 세미나</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>규조류 예비분석 자료 공동연구 논의</td><td>척치해에 산출되는 규조류</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">Prof. Dr. J. Giraudeau와 향후 스발바르 군도 피오르드 공동시추연구 방안 논의 및 쇄빙선 건조 아라온 2에 추진 할 Calypso long-core system 논의</td></tr>
</table>

KOPRI 극지연구소

라. 아라온 시추코어퇴적물을 이용한 저서성 유공충 종조성 분포변화 연구예비결과

- 2013년 아라온 서북극 보퍼트해 탐사에서 획득한 5점의 시추코어에 산출되는 저서성 유공충 종조성과 함량변화를 통해 표층의 해빙분포나 생산성변화 및 저층으로 유입되는 유기탄소 함량에 따는 저층 환경변화를 유추함



KOPRI 극지연구소

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1절 목표달성도

구분	년도	세부연구목표	목표달성도(%)	내 용
1차년도	2014.05.01 - 2015.04.30	상호방문 공동연구 및 세미나 개최	100	각 1회 상호방문 및 세미나 개최
		표층 퇴적물 유공충 추출 방법 습득	100	저서성 유공충 분류방법 교육 및 습득
		공동연구시스템 구축	100	공동연구시스템 구축
2차년도	2015.05.01 - 2016.04.30	상호방문 공동연구 및 세미나 개최 등 인력양성 추진/학위논문수행	100	방문 3회 및 각 세미나 개최 석·박사논문 수행
		시추코어 퇴적물에 산출되는 저서성 유공충 분류 및 동정기법 습득	100	저서성 유공충 분류방법 제고
		시추코어 유기지화학 분석자료 공유	100	기타 분석 자료 공유
		아라온 북극해 탐사 참여 및 시료획득	100	탐사참여 및 시료획득
최종 평가	2016.05.12	본 과제 이후 획득되는 자료를 이용한 공동논문 발표 및 게재 추진	100	향후 공동논문 게재 및 지속적인 공동연구 추진

KOPRI 극지연구소

2절 관련분야 기여도

- 2년 동안 수행된 한-프랑스 협력연구를 통하여 북극해 고기후/고해양환경변화 복원에 필요한 저서성 유공충의 종 분류기술을 습득하여 북극권 연구에 필요한 적용 프록시 개발에 기여함
- 본 사업을 통하여 프랑스는 우리나라 쇄빙선 '아라온'에 승선하여 북극탐사를 수행함으로써 향후 북극탐사 연구를 위한 발판을 마련 함

제5장 연구개발결과의 활용계획

1절 연구개발 결과의 활용방안

○ 향후「아라온」호를 이용한 서 북극해역 및 스발바르 피오르드 등 국제공동탐사 추진을 통해 획득 되는 시추코어퇴적물에 산출되는 저서성 유공충을 이용한 환경변화연구 성과 확대

○ 북극해에서 국제공동으로 추진 중인 거대지구과학 프로그램에 참여기회 획득을 위한 연구 성과 및 주요 자료제공

○ 특히 2016년부터 프랑스 보르도 대학, 노르웨이 트롬소대학교(UiT), 노르웨이 극지연구소(NPI), 노르웨이 지질조사소(NGU)와 공동으로 스발바르와 노르웨이 피오르드 국제공동해저시추를 위한 시추제안서를 작성하고 제출 하는 목적으로 활용

○ 본 사업을 통해 프랑스 보르도대학에 제공된 북극해 시추코어퇴적물은 현재 석·박사 학위 논문을 위해 이용되고 있으며 향후 학위논문 결과는 국제 학술대회에 공동으로 발표하거나 공동논문게재를 추진에 활용될 것임

KOPRI 극지연구소

2절 연구개발 결과의 기대효과

구 분	기대 효과
기술적 측면	○ 지구온난화에 따른 급격한 해빙감소에 의한 북극권 해양생태계 환경변화 모니터링 기술에 활용
경제적·산업적 측면	○ 북극권의 급격한 해빙감소에 의한 예측 불가능한 돌발기후변화에 따른 재해 예측 및 글로벌 기후환경변화 대응에 효과적인 대응책 마련에 활용 ○ 북극해 서부 해역 및 스발바르 피오르드에서 심부해저시추를 위한 중요한 자료제공

제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 기술정보수집:

○ 저서성 유공충 동정 및 안정동위원소 분석자료 해석에 필요한 논문 등 수집 분석

- 기존 발표된 북극해 퇴적물에 산출되는 저서성 유공충 논문수집

2. 전문가 확보:

○ 북극 및 저서성 유공충연구 관련 국외전문가 (독일, 미국 및 노르웨이 등) 확보

- 프랑스 보르도대학교에서 규조류, 화분포자, 인편모충류 등 다중 프록시를 이용하여 연구를 수행하는 전문가 확보

- 본 사업을 통해 확보된 프랑스와 노르웨이 등 저서성 유공충 국외전문가는 향후 국제공동연구를 위해 네트워크를 공고히 할 것임

3. 연구개발방법론:

○ 북극해에서 연구되어 발표된 저서성 및 부유성 유공충 관련논문 자료 분석 및 활용

○ 질량분석기를 이용하여 추출된 유공충의 안정동위원소 분석 및 해석(프랑스 보르도대학, 독일 AWI 및 노르웨이 극지연구소 등)을 통한 고기후환경변화 복원기술 확보

KOPRI 극지연구소

제7장 연구시설・장비 현황

(도입・개발한 연구시설・장비 현황 및 국가과학기술종합정보시스템 장비고유번호를 기술합니다)

해당사항 없음

KOPRI
극지연구소

제8장 참고문헌

Dessandiera, P.-A. **Bonnina, J.**, Kim, J.H., Bichona, S., Grémarea, A., Deflandrea, B., de Stigterb, H., Malaizéa, B., 2015. Lateral and vertical distributions of living benthic foraminifera off the Douro River (western Iberian margin): Impact of the organic matter quality. Marine Micropaleontology, 120, 31-45.

Mackensen, A., 2013. High epibenthic foraminiferal d13C in the recent deep Arctic Ocean: Implications for ventilation and brine release during stadials. Paleoceanography, 28, 574-584.

Mackensen, A. & **Nam**, **S.-I.,** 2014. Taxon-specific epibenthic foraminiferal **d**^{18}O in the Arctic Ocean: relationship to water masses, deep circulation, and brine release. Marine Micropaleontology, 113, 34-43.

Polyak et al., 2013. Quaternary history of sea ice in the western Arctic Ocean based on foraminifera. Quaternary Science Reviews, 79, 145-156.

KOPRI
극지연구소

8. 본문

본 문 작 성 방 법
1. 본문의 순서는 장, 절, 1, 가, (1), (가), ①, ㉮ 등으로 하고, 장은 17 포인트 고딕계열, 절은 15포인트 명조계열, 본문은 11 포인트 명조계열로 합니다. 다만, 본문의 내용 중 중요부문은 고딕계열을 사용할 수 있습니다. 2. 장은 원칙적으로 페이지를 바꾸어 시작합니다. 3. 본문은 11 포인트 횡으로 작성합니다. 4. 쪽 번호는 하단 중앙에 표기하되, 11 포인트로 합니다. 5. 각주는 해당 쪽 하단에 8포인트로 표기하며, 본문과 구분하도록 합니다. 6. 쪽 수는 편집순서 2의 제출문부터 시작합니다. 이 경우 삽입물이 있을 때에는 그 삽입물의 크기에 관계없이 1면을 한 쪽으로 하여 일련번호룰 붙입니다. 7. 한글·한문·영문을 혼용합니다. 8. 뒷면지에 주의문을 넣습니다. 9. 참고문헌(reference) 인용의 경우 본문 중에 사용처를 반드시 표시하여야 합니다.

9. 뒷면지

주 의

1. 이 보고서는 미래창조과학부에서 시행한 '한-프랑스 협력기반조성사업사업'의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 미래창조과학부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표하거나 공개하여서는 아니됩니다.

※ 필요시 중앙행정기관의 사정에 따라 변경 가능합니다.

210㎜×297㎜[백상지 80g/㎡(재활용품)]