TSPM16060-064-6

남극해 침강 및 해저 퇴적물의 유기지화학 특성

KOPRI
극지연구소

한양대학교 에리카캠퍼스

제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “ 남극해 탄소저감 최적기능 환경 특성 연구”과제의 위탁연구 “남극해 침강 및 해저 퇴적물의 유기지화학 특성”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2016. 12.

(본과제) 총괄연구책임자 : 유 규 철

위탁연구기관명 : 한양대학교

위탁연구책임자 : 신 경 훈

위탁참여연구원 : 김 정 현
“ : Sophie Fleury
“ : 갈 종 구
“ : 김 다 해
“ : 김 희 중
“ : 최 보 형
“ : 최 현 태

KOPRI
극지연구소

보고서 초록

위탁연구과제명	남극해 침강 및 해저 퇴적물의 유기지화학 특성				
위탁연구책임자	신 경 훈	해당단계 참여연구원수	11명	해당단계 연구비	40,000,000원
연구기관명 및 소속부서명	한양대학교 해양융합과학과		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		

요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자이내)	보고서 면수	21

남극 해역에서 식물플랑크톤 기원 지질생체지표 확인을 위해 남극 반도 주변 해역에서 채집된 표층 퇴적물에서 지질생체지표의 분포 특성 확인하였음.

○ HBIs 및 sterols 분석 기법 확립
- 영국 플리머스 대학과 국제 공동 연구 수행
- GC/MS를 이용한 유기생지화학적 연구 기법 도입
- HBIs 및 sterols 분석 최적화

○ 연구 해역에서 지질생체 지표 분포 특성 확인
- 대양성 식물플랑크톤 기원의 brassicasterol 검출 확인
- 연구 해역에서 IP25는 검출 한계 이하의 농도를 나타냄
- 해빙 조류 기원 생체지표로서 HBI diene의 활용 가능성 검토
- 대양성 식물플랑크톤 기원 생체지표로서 HBI triene의 활용 가능성 검토
- $P_{III}II$, $P_{B}II$ 의 인덱스 비교 해석

○ 연구 해역에서 식물플랑크톤 기원의 생체지표 확인 및 탄소 순환 추적자로서 활용성 검토

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	남극해, 지질생체지표, 규조류, 침강퇴적물, 침강퇴적물 포집기
	영 어	Shouthern Ocean, Lipid biomarkers, Diatoms, Sinking particles, Sediment trap

요 약 문

Ⅰ. 제 목

남극해 침강 및 해저 퇴적물의 유기지화학 특성

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

- 남극해 이산화탄소 흡수 기작 및 기후 시스템 이해 부족
- 식물플랑크톤 기원 지질생체지표 연구 필요
- 이산화탄소 저감 기술의 평가에 활용 가능한 생체지표 개발 필요

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

- 지질생체지표(HBIs, sterols)의 유기생지화학적 연구 기법 최적화
- 연구 해역 표층 퇴적물 내의 지질생체지표 분포 특성 확인

KOPRI 극지연구소

Ⅳ. 연구개발결과

- 연구 해역에서 활용 가능한 식물프랑크톤 기원 지질생체지표 확인
- 해빙 관련 식물프랑크톤 기원 지표로서 HBI diene활용 가능성 확인
- 대양 식물플랑크톤 지표로서 HBI triene과 brassicasterol 활용 가능성 검토

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

- 이산화탄소 저감 기술 연구의 평가를 위한 지시자 확인
- 철비옥화 실험 전 후의 생체지표 변동 특성 파악

S U M M A R Y

I. Title

Organic geochemical study of sediment trap and sediments in Antarctic.

II. Purpose and Need of R&D

- Lack of understand for carbon storage and climate system surround the Antarctic Ocean
- Need of the investigation for lipid biomarkers derived from phytoplanktons
- Need of the development of the biomarkers to assessment of the carbon capture and storage project

III. Contents and Extent of R&D

- Optimization of the analytical methods for lipid biomarkers (HBIs, sterols)
- Investigation of the lipid biomarkers distribution from the surface sediments in the research area

IV. R&D Results

- Identification of the biomarkers derived from phytoplanktons
- Identification of the HBI diene as the biomarker of the sea ice algae
- Identification of the HBI triene and brassicasterol as the biomarkers of the open ocean algae

V. Application Plans of R&D Results

- Identification of the biomarkers to assessment of the carbon capture and storage technique
- Understanding the differences before and after of the carbon capture and storage program

KOPRI 극지연구소

목 차

제 1 장 서론

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 4장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 7 장 참고문헌

KOPRI
극지연구소

제 1 장 서론

남극해에서 관측되는 높은 이산화탄소 흡수 기작은 “생물권(biosphere)”의 “biological pump”에 의한 작용이 매우 중요한 것으로 알려져 있다(그림 1). 남극해의 이산화탄소 흡수 능력을 평가하기 위해 많은 연구가 진행되고 있으나 전 지구적인 기후 시스템을 이해하는 데는 아직 부족하며 따라서 남극해에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

해양 환경 내의 탄소 순환의 이해는 유기 탄소 생산자인 해양 식물 플랑크톤의 해양에서의 순환을 이해하는 것에서 출발되어야 한다. 해양 환경 내에 존재하는 유기탄소는 식물플랑크톤 기원 유기 탄소를 비롯한 다양한 유기 탄소가 혼재하여 존재한다. 해양 식물플랑크톤으로부터 기인한 지질생체지표 연구는 해양환경(수층, 퇴적물)내에 혼재되어 식물플랑크톤 기원 유기탄소 추적에 적합한 연구 기법으로 활용되고 있다.

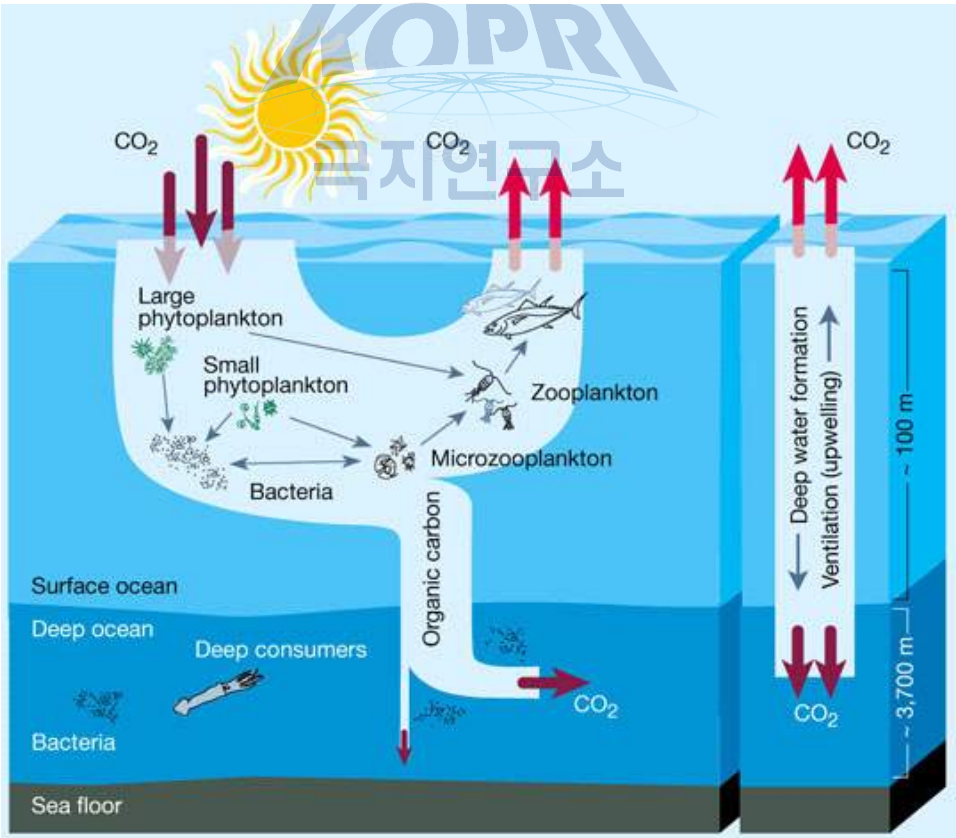


그림 1 Biological Pump 모식도(Chisholm, 2000)

대기중 이산화탄소를 저감 시키는 기술은 이산화탄소 증가로 인한 지구 온난화 문제에 대응하는 핵심 기술로 인식되고 있다. 또한 탄소 포집 기술은 이산화탄소의 저감 대책으로 탄소 배출권 문제와도 밀접한 사회적, 경제적 이슈이다. 해양에서 탄소 저장 기술의 핵심은 해양의 식물플랑크톤의 번식을 이용한 방식이다. 남극해 탄소 저감 후보지 선정에서 고려되어야 하는 조건은 식물 플랑크톤의 번식이 용이하고 번식된 식물플랑크톤이 해양 퇴적물로 침강하는 수층 구조를 가져야 한다. 탄소 저감 후보지 선정을 위해서는 대상 후보지에서의 퇴적 기작을 파악하고 이를 지속 혹은 가속화 시키는 것이다. 따라서 대상 후보지 선정에 유기 퇴적물의 특성을 파악 할 수 있는 기술이 확립되어야 한다. 대상 해역에서 시행되는 철 비옥화 시험의 성공 여부 또한 수층에서 증식된 식물플랑크톤 기원의 유기물이 수층 내에서 순환하고 최종적으로 퇴적물 내로 제거 되는 과정이 모니터링 되어야 한다. 퇴적 기작의 규명은 철 비옥화 실험의 성공을 판단하는 중요한 증거로 활용될 수 있다. 수층 내 유기물의 퇴적 기작의 연구는 수층 및 침강 입자, 그리고 퇴적물에서 모두 활용 가능한 분석 기술이 필요하며 이러한 역할을 수행할 수 있는 유기지화학적 접근법이 이러한 문제를 해결할 수 있는 방법으로 활용될 수 있다.

본 연구의 최종 목표는 남극해에서 규조류의 유기분자생체지표 존재를 파악하고 남극해에서 침강 입자 및 퇴적물의 유기분자생체지표 분포 파악을 통해 시공간적 변화 및 지질생체지표의 거동을 확인 하는데 있다.

KOPRI 극지연구소

제 2 장 국내외 기술개발 현황

국외 연구진들은 해양 퇴적물 및 퇴적 입자의 유기지화학적 분석 기법을 활용하여 해양환경 내의 유기물 순환 및 퇴적 기작을 이해하고 나아가 퇴적기록을 복원하는데 활발히 사용되고 있다. 분석 기술의 발달로 하나의 시료에서 다양한 정보를 획득 할 수 있는 지질생체지표 연구가 꾸준히 이루어지고 있다. 최근 분석 장비의 발달로 인해 고성능 질량 분석기 및 분자단위의 안정-, 방사성 동위원소 분석이 가능해 짐에 따라 해양 내 유기퇴적물의 특성을 파악하는데 있어서 기존 연구 기법에 비해 좀 더 세분화 되고 정확한 과학적 증거가 제시되고 있다.

국내 유기지화학 분야의 연구 환경은 국외 선진 연구진에 비해 열악하며 특히 전문 연구원 및 기술원의 부족으로 인해 분석 기술에서도 많은 차이를 보이고 있다. 최근 일부 연구진에 의해 식물플랑크톤(alkenone, diols), 해빙기원 생체지표(HBIs)와 고세균 기원 지질생체지표(GDGTs)등의 연구가 진행된바 있으나 연구 인력의 부족 및 국내 관련 전문가의 부재로 인해 국외 연구진에 의존하는 상황이다. 일반 해양환경에서 지질생체지표의 연구는 지속적으로 진행이 되고 있는 반면 극지 해역에서의 유기지화학 연구는 매우 미비한 실정이다. 하지만 활발한 국제 공동 연구를 통해 국내 연구 수준은 지속적으로 발전하는 단계이다.

KOPRI 극지연구소

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

1. 표층 퇴적물 시료 정점

남극 해역 표층 퇴적물 내의 식물플랑크톤 기원 유기물 분포 확인을 위해 남극 해역 표층 퇴적물 시료를 획득 하였다. 시료는 남극 반도 해역에서 채집된 표층 퇴적물을 이용하였다 (그림 3, 하).

2. 부유 식물플랑크톤 기원의 생체지표 분석 기법 확립

부유 식물플랑크톤 기원의 생체지표(brassicasterol, IP_{25})의 분석은 영국 플리머스 대학 Simon T. Belt 교수 연구팀과 국제 공동 연구를 통해 수행되었다. 시료의 추출 및 gas chromatography mass spectrometry (GC/MS) 분석은 Belt 등(2007; 2012)에 의해 보고된 brassicasterol 및 IP_{25} 분석 방법을 따랐다(그림 2).

건조된 퇴적물 시료 약 1g을 시료 병에 담고 dichloromethane(DCM) 과 methanol 2:1(v/v) 혼합용액을 넣은 시료 병을 초음파 파쇄기에 넣고 15분간 반응 하였다. 원심분리기를 통해 유기용매를 분리 후 유기용매만 새로운 시료 병에 담았다. 총 3회 이상 반복한 후 질소 가스를 이용하여 농축하였다. 추출된 총 지질은 silica gel glass pipette column 을 이용하여 극성 및 비극성 fraction을 분리 하였다. 분리된 비극성 faction은 HBI 분석에 사용되었으며 극성 fraction은 스테롤 분석에 사용하였다. 극성 fraction은 N,O-Bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamide(BSTFA)로 유도체화 한 후 GC/MS 로 분석 하였다.

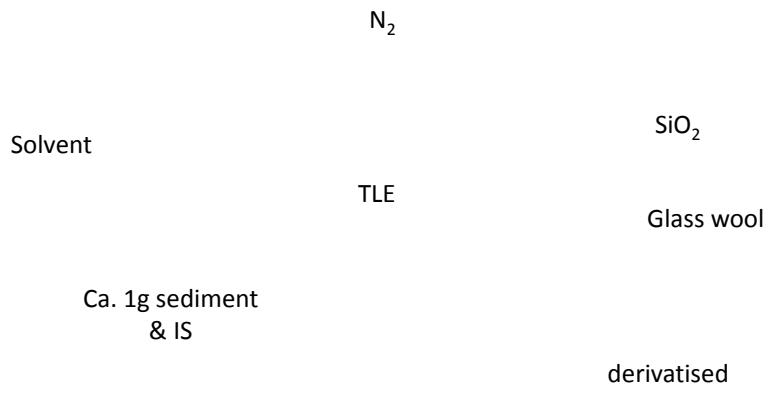
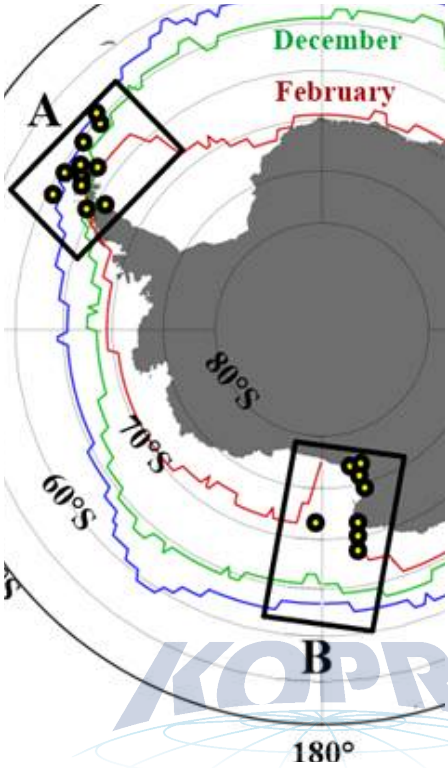


그림 2. 지질생체지표 분석의 개념도



KOPRI
극지연구소

그림 3. 12월(남반구 봄), 2월(여름), 9월(겨울)의 해빙(sea ice)의 15% 농도의 경계(상) 및 표층 퇴적물 시료 채집 정점(하)

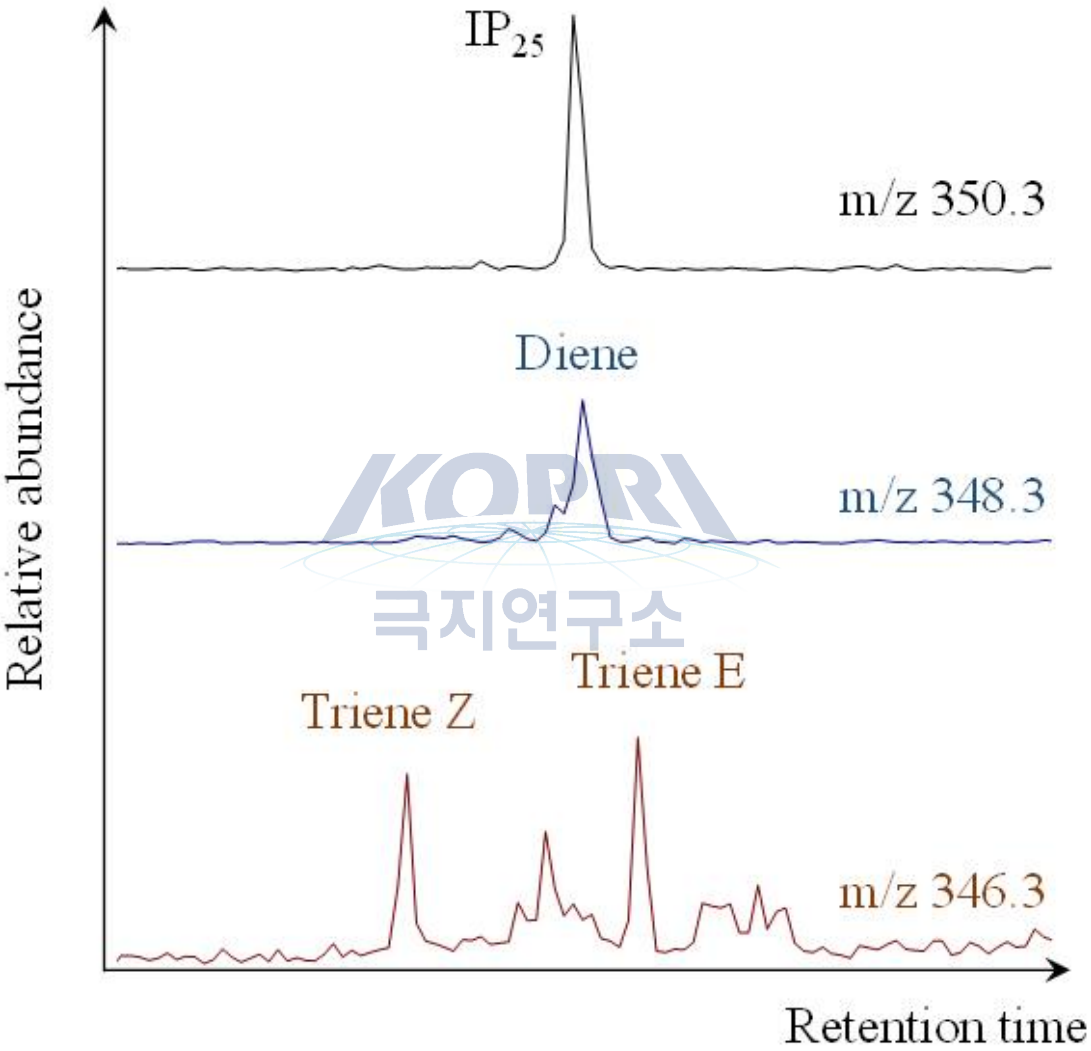


그림 4. HBI의 가스크로마토그램 예 (Arctic Lab standard sediment)

3. GC/MS 분석 조건

GC/MS 분석에는 Agilent 7820A GC와 연결된 5977E mass spectrometer detector (MSD)가 사용되었다. 시료의 분리에는 Agilent HP-5ms column (30 m × 0.25 mm × 0.25 mm)가 사용 되었다. GC 승온은 40 ~ 300℃ 까지 분당 10℃의 비율로 승온 후 10분간 유지하였다. 정성 분석과 정량 분석을 위해 total ion current (TIC;m/z 50 - 500 mass range)와 selective ion monitoring (SIM)를 사용 하였다. SIM 결과는 피크의 정량에 사용되었으며 IP_{25}, HBI diene은 각각 m/z 350.3, 348.3을 사용 하였고 triene 에는 m/z 346.3을 사용하였다(그림 4, 그림 5). 그리고 식물 플랑크톤 기원의 스테롤인 brassicasterol에는 각각 m/z 470을 사용하였다(그림 6). Brassicasterol의 정성분석은 GC/MS scan 분석 결과에서 mass spectrum 확인을 통해 이루어졌다(그림 7).

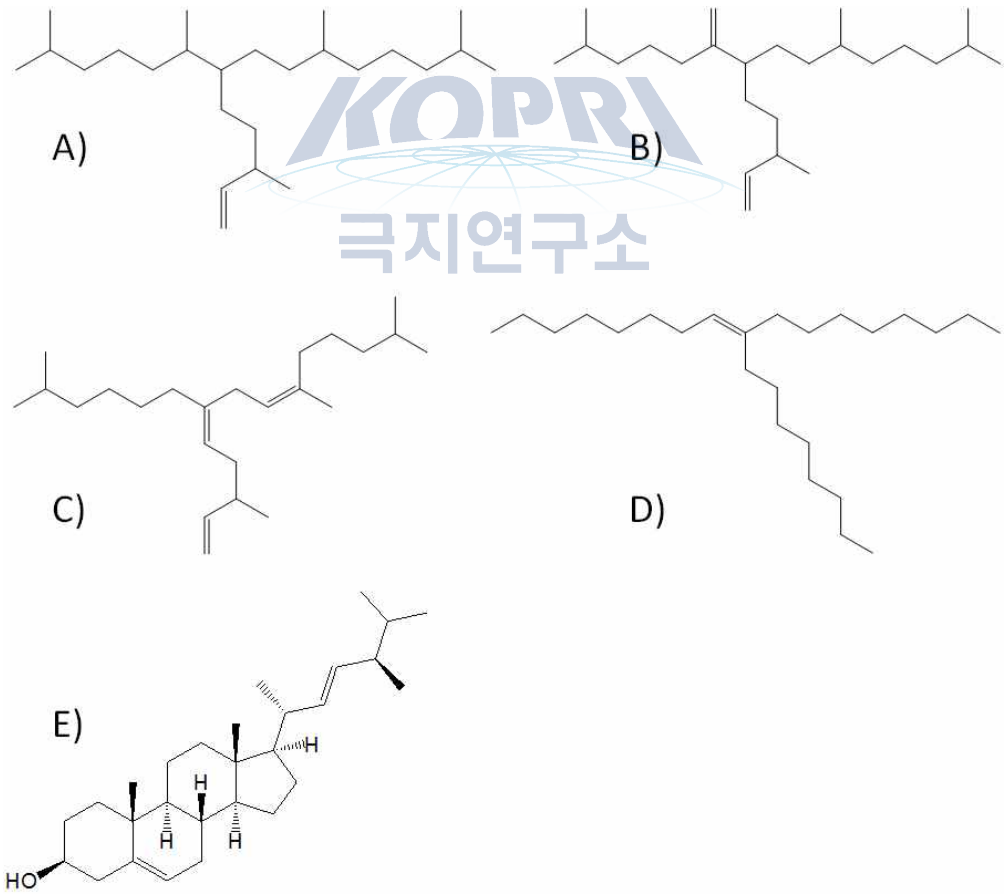


그림 5. HBIs 및 brassicasterol의 분자 구조 (A: C25 Monoen(IP25), B: C25 Diene, C: C25 Triene, D: 9-OHD(internal standard), E: Brassicasterol)

4. 식물플랑크톤 기원 지질생체지표 분석

한양대학교에서 보유하고 있는 HBIs 분석용 lab standard sediment를 시료 추출 및 분석 과정에 추가 하여 시료의 정성(identification) 분석을 위한 reference로 사용 하였다. 또한 정성 분석을 위해 영국 Plymouth 대학교의 lab standard sediment를 사용하여 각 HBIs의 response factor를 얻는데 활용 하였다. Lab standard sediment로 확인된 IP_{25}와 diene은 유사한 시간에 co-elution 되는 특징을 보이며, triene은 IP_{25}와 diene의 앞과 뒤에 triene Z와 triene E의 검출이 확인 되었다(그림 4). 본 연구에서 분석된 남극 표층 시료의 경우 모든 퇴적물 시료에서 IP_{25}가 검출 한계 이하로 확인 되었다. Belt et al.(2007)은 과거 해빙의 기록을 복원 할 수 있는 새로운 프록시로서 IP_{25}를 제시하였다(그림 5). IP_{25}는 탄소 25개로 구성된 단일 불포화 탄화수소로 해빙에서 부착 서식하는 조류 기원의 지시자(marker)로 보고 하였다. 하지만 IP25의 농도만을 이용한 해빙기록에 대한 평가에는 한계를 가진다(Muller et al., 2011).

Muller et al.(2011)는 IP_{25}의 proxy 사용을 위한 새로운 인덱스를 제시하였다. 이는 대양 식물플랑크톤 기원의 스테롤인 brassicasterol와 IP25를 이용한 인덱스로 phytoplankton marker(brassicasterol)-IP_{25} index; P_BIP_{25}로 명명 하였다. P_BIP_{25}는 아래의 식으로 계산된다.

KOPRI 극지연구소

$$P_BIP_{25} = IP_{25}/(IP_{25}+(B\times C))$$ (Muller et al., 2011)

여기서 'B'는 'brassicasterol의 농도'를, 'C'는 '(IP25 농도의 평균값)/(brassicasterol 농도의 평균값)'을 말한다.

앞에서 언급 하였듯이 본 연구에서 분석된 남극 표층 퇴적물에서는 IP_{25}가 검출 한계 이하로 확인 되었다. 따라서 PIP_{25}의 적용이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 Belt et al.(2016)에 의해 제시된 $IPSO_{25}$를 적용 하였다. $IPSO_{25}$에서 해빙 조류의 생체지표로서 diene을 사용 한다. Diene은 북극 해역에서 IP_{25}와 함께 발생하는 것으로 보고되고 있다(Belt et al., 2007). Belt et al.(2016)은 남극 해역에서 diene이 IP_{25}를 대신한 해빙 조류의 프록시로서의 사용 가능성을 보고하였다. 본 연구 결과에서 diene의 해빙 관련 식물플랑크톤의 프록시로서 diene의 활용 가능성을 확인 하였다.

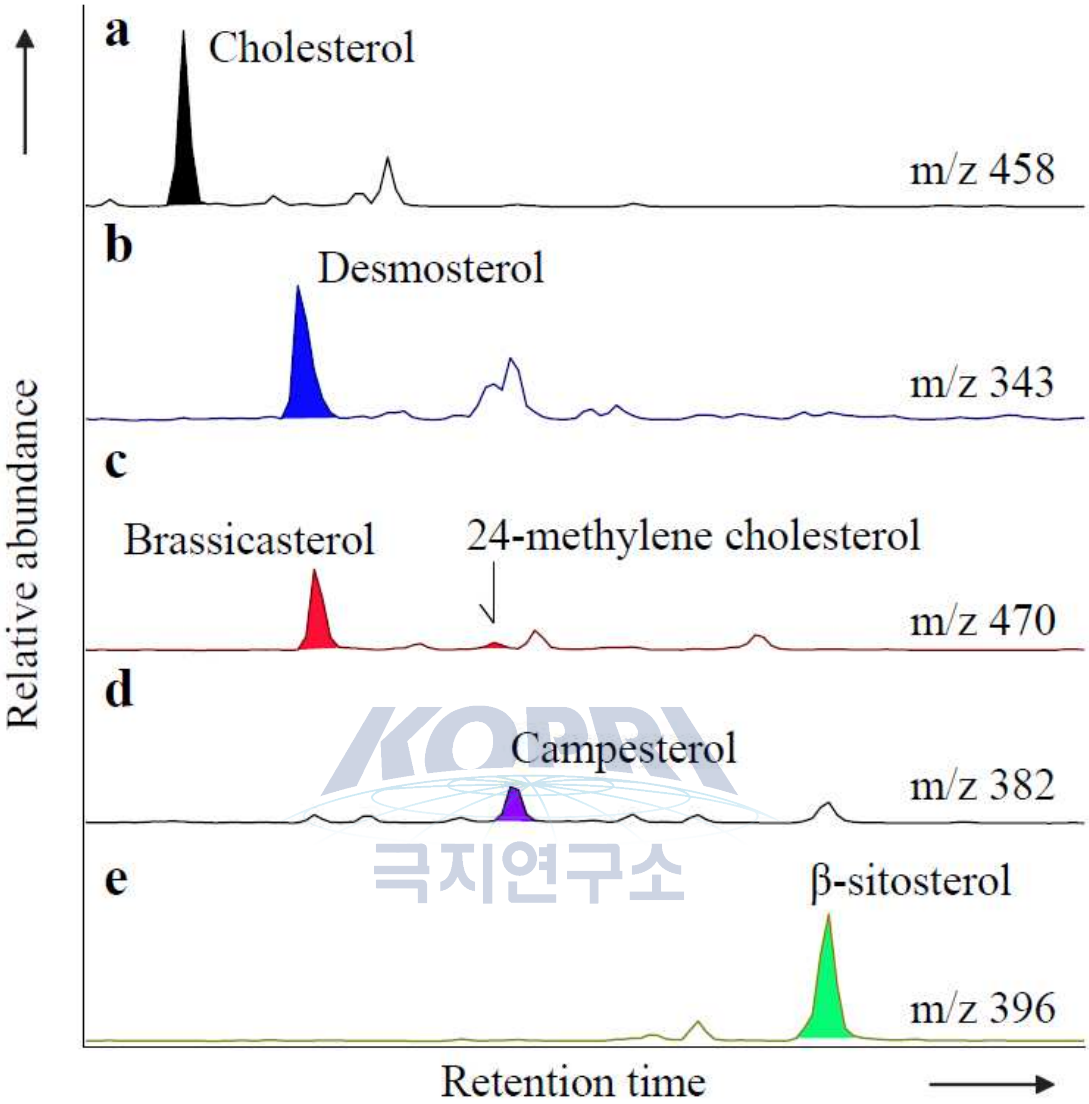


그림 6 스테롤의 가스크로마토그램 예 (WAP13-BC22A)

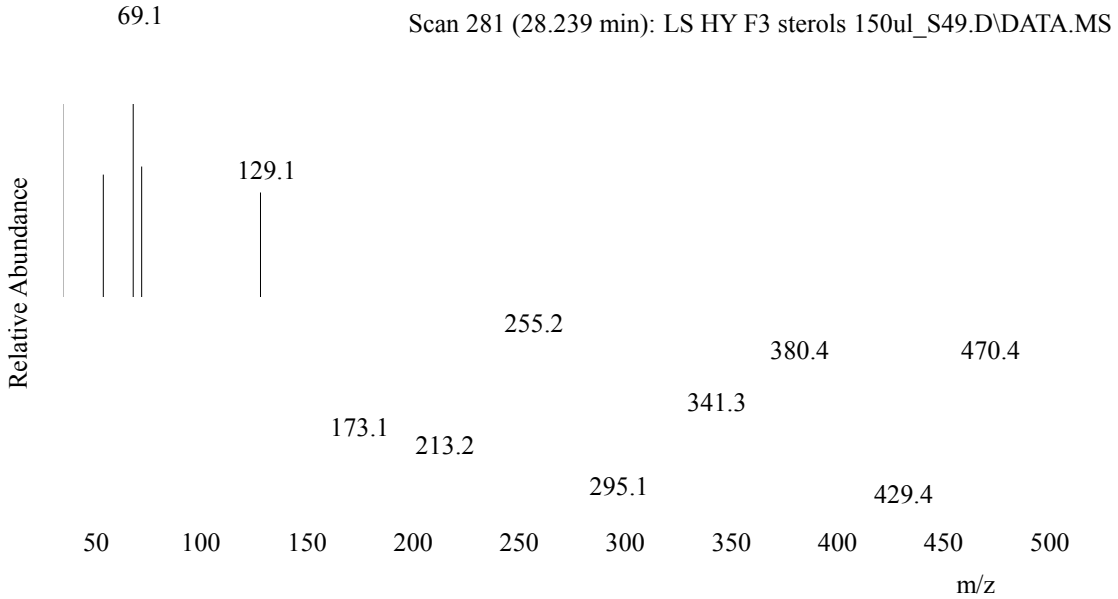


그림 7 Brassicasterol의 mass spectrum (WAP13-BC22A)

KOPRI
극지연구소

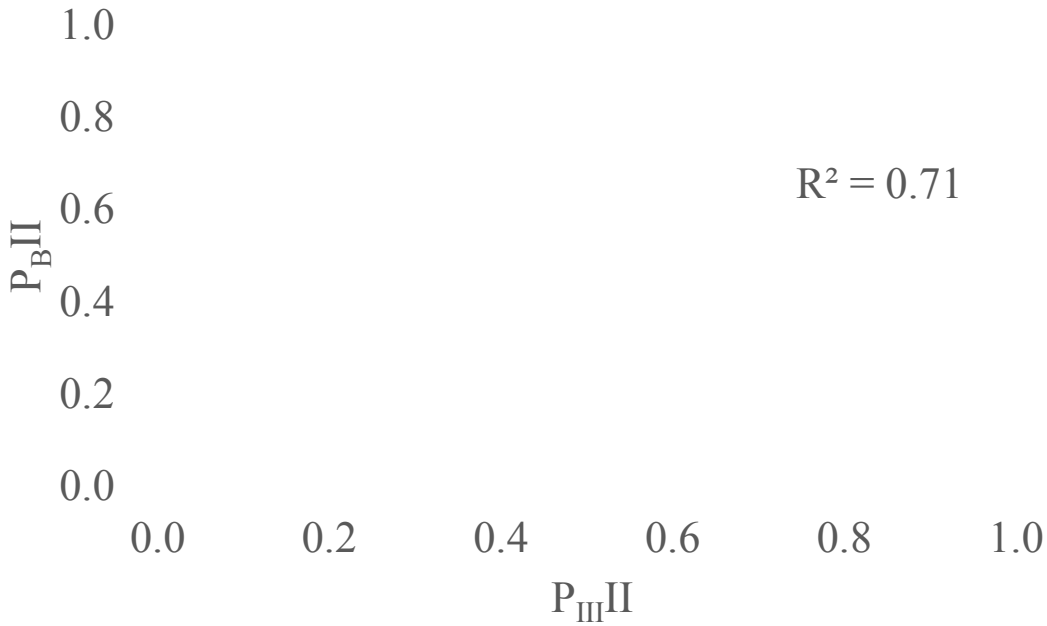


그림 8 연구 해역에서 P_{III}II와 P_BII의 상관관계

그림 9, A는 연구 해역 표층 퇴적물에서 diene의 농도를 보여준다. 해빙의 경계선의 바깥에 위치한 정점에서 diene의 농도는 검출한계에 가까운 값을 나타냈다. 반면 겨울(9월)과 봄(12월)에 해빙이 분포하는 해역의 표층 퇴적물에서는 상대적으로 높은 농도를 나타냈다. Triene의 농도 또한 유사한 경향을 나타냈다(그림 9, B). 하지만 diene과 triene의 상관관계는 높지 않았다(R^2=0.35). Diene과 Triene의 비(D/T; 그림 9, D)는 0에서 68까지 분포 하였다. Triene과 Diene으로 계산된 $P_{III}II$는 0.08에서 1.00까지 분포 하였다(그림 9, E). Diene의 농도 분포와 마찬가지로 해빙이 분포하지 않은 해역에서 가장 낮은 값을 나타냈다. Diene과 brassicasterol로 계산된 $P_{B}II$는 0에서 0.87까지의 범위를 보였다(그림 9, F). $P_{III}II$와 $P_{B}II$는 높은 상관관계를 보였다(R^2=0.71; 그림 8). 이는 연구 해역에서 해빙 조류의 생체지표로서 diene의 활용 가능성을 시사한다. 즉 연구 해역 퇴적물에서 검출된 triene과 brassicasterol은 대양성 플랑크톤의 지시자로서 활용 가능하다.

KOPRI
극지연구소

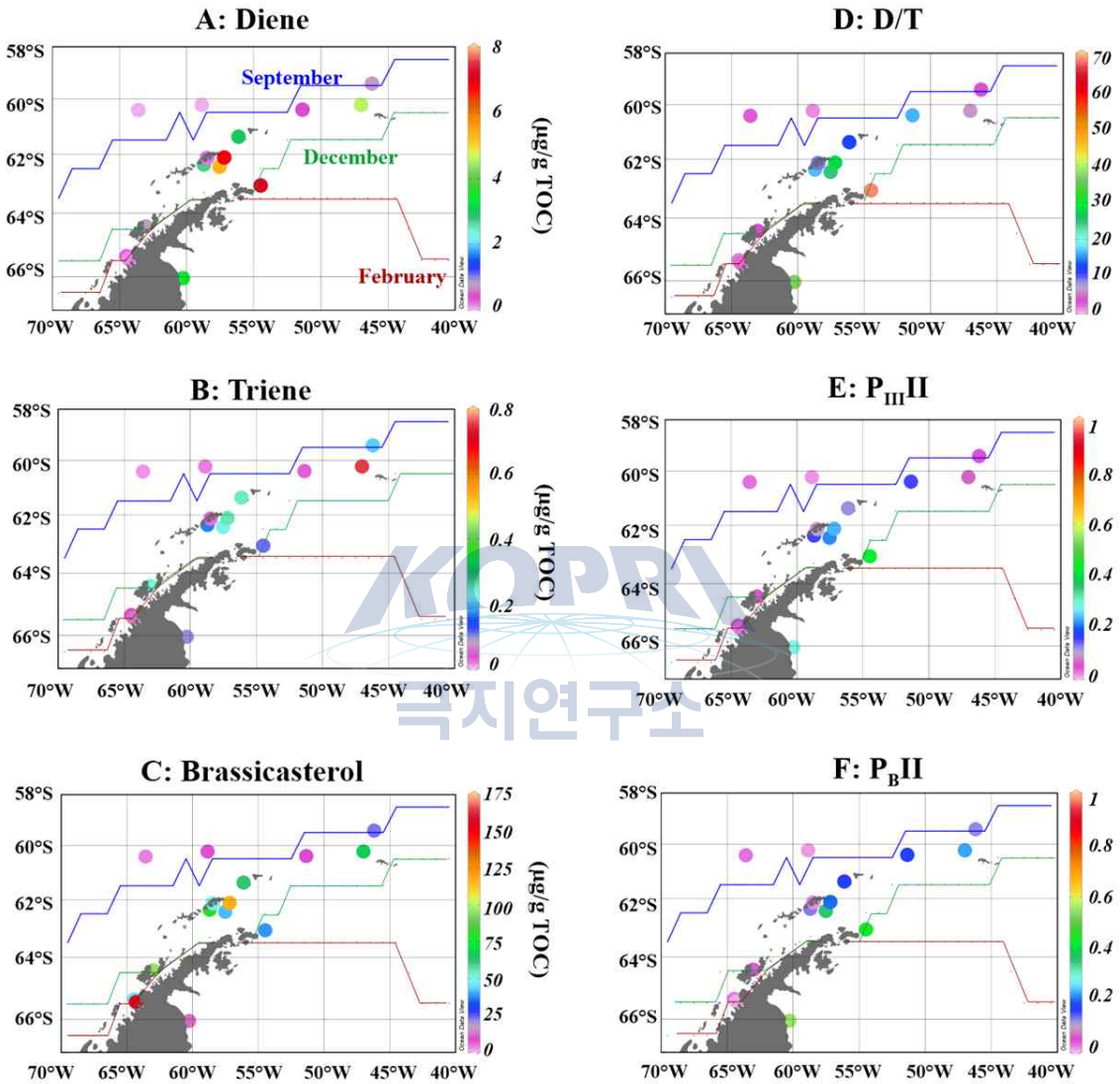


그림 9 연구 해역에서 정점별 A) diene, B) triene, and C) brassicasterol 의 농도 (mg/g TOC) 및 , D) D/T ratio, E) $P_{III}II$ index, and F) P_BII index

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

본 연구에서 제시한 달성 목표인 연구 해역에서 지질생체지표 분석 및 국내 학술대회 발표 1건(한국환경분석학회, 구두발표_갈종구) 수행을 완료 하였다. 또한 국내에 부족한 연구인력 배출을 위한 기반을 마련하였고 국내 연구 수준의 향상에도 기여 하였다. 연구개발목표 달성 과정은 다음과 같다.

국내에서는 최초로 HBIs 및 sterols의 분석 기법을 확립하고 이를 통해 남극 해역에서 수층 식물플랑크톤의 지질 생체지표 활용 가능성을 검토하였다. 이러한 연구 기법 확립은 국제공동연구를 통해 이루어졌다. 본 연구를 통해 최신 유기지화학 연구 기법을 도입하였다. 이를 통해 확립된 유기지화학적 연구 기법을 통해 연구 해역에서 식물플랑크톤 기원의 생체지표의 분포 특성을 확인하였다. 연구 해역에서 검출된 생체지표들 중 대양 및 해빙 관련 식물플랑크톤의 생체지표가 확인 되었으며 이는 본 과제에서 수행 중인 철비옥화 연구에서 탄소 순환 과정을 추적하는 추적자로서 활용 가능한 생체지표를 확인 한 점에서 의미가 있다.

KOPRI
극지연구소

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

연구 해역에서 해빙 조류의 생체지표로서 diene의 활용 가능성을 확인 하였다. 또한 대양성 조류의 생체지표로서 triene과 brassicasterol의 활용 가능성 또한 확인 하였다. 식물플랑크톤 기원 지질생체지표는 남극해에서의 탄소 순환을 이해하고 환경 변화를 연구하는데 중요한 정보를 제공 할 수 있다. 당해연도 연구 결과는 연구 해역에서 활용 가능한 식물플랑크톤 기원 지질생체지표를 확인하는데 의미가 있다. 본 과제에서는 철 비옥화 연구의 수행 전과 후의 비교 연구 및 비옥화 실험을 통해 생산된 탄소의 거동에 대한 이해가 필요하다. 즉 수층 및 침강 입자 내의 지질생체지표의 거동 및 유기물 순환과정을 파악해야 한다. 따라서 철 비옥화 실험 대상 해역에서 수층 입자 및 침강 입자 그리고 퇴적물을 대상으로 실험이 시행되기 전과 후의 생체지표 비교 연구를 통해 철 비옥화 실험의 성공 여부 판단의 증거 자료 및 실험으로 인해 변화된 해양 환경 이해를 위한 중요한 자료 제공이 가능할 것으로 판단된다.

KOPRI
극지연구소

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

최근의 분석 기법의 향상 및 분석 장비의 성능 향상은 지질생체 지표 연구의 분석 결과의 정확도 및 분석 결과가 가지는 정보의 증가를 가져오고 있다. 분석 기술의 향상으로 기존의 연구에서 분리가 어려웠던 이성질체의 분리가 가능하기도 하며(eg. Becker et al., 2015; Hopmans et al., 2016), 여러 가지 연구 기법을 활용하는 방법, 예를 들어 지질생체지표 연구에 동위원소 분석 기법을 활용하여 기존의 연구 결과에서는 확인이 어려웠던 지질생체지표들의 기원에 대한 파악이 가능하게 되기도 한다(eg. de Bar et al., 2016). 최근 분석 장비의 감도 및 성능의 향상이 두드러진다. 특히 GC×GC 시스템을 이용하여 분리능을 극대화한 방식은 기존의 단일 GC로는 분리가 불가는 하던 물질, 예를 들어 unresolved complex mixture (UCM; 그림 9, 상)와 같은 물질에 대한 정보를 획득하는데 유용하게 활용되고 있다.

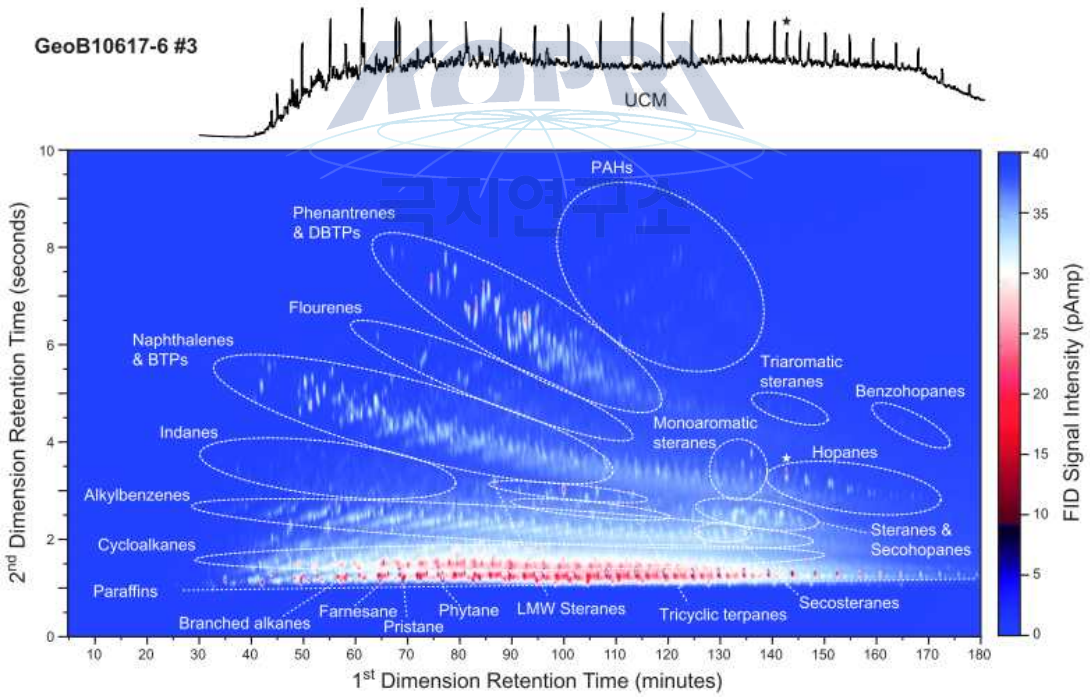


그림 10 GC×GC를 활용한 분석 결과의 예 (Schoubotz, 2009)

제 7 장 참고문헌

Becker, K. W., J. S. Lipp, G. J. M. Versteegh, L. Wörmer, and K.-U. Hinrichs. 2015. Rapid and simultaneous analysis of three molecular sea surface temperature proxies and application to sediments from the Sea of Marmara. Org. Geochem. 85: 42 - 53. doi:10.1016/j.orggeochem.2015.04.008

Belt, S.T. Smik, L., T. A. Brown, J. Kim, and others. 2016. Source identification and distribution reveals the potential of the geochemical Antarctic sea ice proxy IPSO25. Nat. Commun. 7: 1 - 10. doi:10.1038/ncomms12655

Belt, S. T., T. A. Brown, A. N. Rodriguez, P. C. Sanz, A. Tonkin, and R. Ingle. 2012. A reproducible method for the extraction, identification and quantification of the Arctic sea ice proxy IP25 from marine sediments. Anal. Methods 4: 705. doi:10.1039/c2ay05728j

Belt, S. T., G. Massé, S. J. Rowland, M. Poulin, C. Michel, and B. LeBlanc. 2007. A novel chemical fossil of palaeo sea ice: IP25. Org. Geochem. 38: 16 - 27. doi:10.1016/j.orggeochem.2006.09.013

de Bar, M. W., D. J. C. Dorhout, E. C. Hopmans, S. W. Rampen, J. S. Sinninghe Damsté, and S. Schouten. 2016. Constraints on the application of long chain diol proxies in the Iberian Atlantic margin. Org. Geochem. 101: 184 - 195. doi:10.1016/j.orggeochem.2016.09.005

Hopmans, E. C., S. Schouten, and J. S. Sinninghe Damst?? 2016. The effect of improved chromatography on GDGT-based palaeoproxies. Org. Geochem. 93: 1 - 6. doi:10.1016/j.orggeochem.2015.12.006

Müller, J., G. Massé, R. Stein, and S. T. Belt. 2009. Variability of sea-ice conditions in the Fram Strait over the past 30,000 years. Nat. Geosci. 2: 772 - 776. doi:10.1038/ngeo665

Müller, J., A. Wagner, K. Fahl, R. Stein, M. Prange, and G. Lohmann. 2011. Towards quantitative sea ice reconstructions in the northern North Atlantic: A combined biomarker and numerical modelling approach. Earth Planet. Sci. Lett. 306: 137 - 148. doi:10.1016/j.epsl.2011.04.011

Schubotz, F. 2009. Microbial community characterization and carbon turnover in methane-rich marine environments - case studies in the Gulf of Mexico and the Black Sea.

Chisholm, S. W. 2000. Stirring times in the Southern Ocean. Nature 407: 685 - 687. doi:10.1038/35037696

KOPRI 극지연구소

KOPRI
극지연구소

주 의

1. 이 보고서는 극지연구소 위탁과제 연구결과보고서 입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 극지연구소에서 위탁연구과제로 수행한 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.