

극지생물의 환경적응 기작 규명과
활용기반 구축 기획 연구

A Study on the Planning for the Investigation of
environmental adaptation mechanisms of polar
organisms and Infrastructure construction for their
application



한국해양과학기술원
부설 극지연구소



제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “극지생물의 환경적응 기작 규명과 활용기반 구축 기획 연구” 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2016. 05. 31.



연구책임자

: 박현

참여연구원

: 이성구

“

: 이준혁

“

: 이정은

“

: 신승철

“

: 김진형

“

: 김덕규

“

: 이형석

“

: 김한우

“

: 한세종

“

: 윤의중

“

: 김상희

보고서 초록

과제관리번호	PE16180	해당단계 연구기간	2016. 02. 19. ~ 2016. 05. 31.	단계 구분	1/1
연구사업명	중 사업명	창의연구사업			
	세부사업명	연구정책·지원과제			
연구과제명	중 과제명				
	세부(단위)과제명	극지생물의 환경적응 기작 규명과 활용기반 구축 기획 연구			
연구책임자	박현	해당단계 참여연구원수	총 : 11 명 내부 : 11 명	해당단계 연구비	정부: 5,000 천원 계: 천원
연구기관명 및 소속부서명	극지연구소 극지생명과학연구부		참여기업명		
국제공동연구 위탁연구	상대국명 :	상대국연구기관명 :			
	연구기관명 :	연구책임자 :			
요약					보고서 면수
					94
<ol style="list-style-type: none"> 1. 극지생물의 극한 환경 (극저온, 건조, 강한 UV 등) 에서 살아남기 위한 환경적응 능력과 진화 과정은 이들 생물의 유전체, 단백질 등의 생명정보 분석과 생리적 특성 분석을 통하여 규명할 수 있음 2. 현재의 극지생물의 유전체, 단백질 등의 정보를 이용한 멀티-오믹스 연구기법을 통하여 극지생물의 환경 적응·진화 기작 연구의 시스템적 해석은 세계적으로 초기단계의 연구수준임 3. 극지 생물의 환경적응·진화 기작을 이해한다면 생명의 발생, 진화, 생존 기작을 이해하는데 많은 과학적 정보를 제공할 것임 4. 극지생물은 극한 환경에서 생존을 위해 생체내에서 결빙방지단백질, 건조 저항성 유전자, 강력한 항산화 물질 및 다양한 대사산물을 합성하므로 극지생물로부터 유용 유전자, 단백질 및 신물질을 발굴할 가능성이 매우 높음 5. 극지 생물의 환경적응 기작을 이해한다면 이를 모방한 실용화 가능한 저온성 생촉매제, 건조 및 저온 저항성 형질전환 생물, 항산화물질, 신약후보물질 개발이 가능 6. 극지 생명자원의 효율적인 응용연구를 위해서는 생명공학연구의 최신 기술인 유전체, 전사체, 단백질체 분석을 통해 얻은 통합적인 생명정보를 바탕으로, High-Throughput Screening 방법을 이용하여 활용가능한 유용 유전자, 단백질 및 신물질을 분석 방법과 분석 타겟을 다양화하여 빠른 시간안에 높은 정확도로 탐색할 수 있는 실험 파이프라인을 확립하는 것이 매우 중요함 7. 유용 생명자원을 지속적으로 탐색할 수 있는 실험 파이프라인 확보와 확보된 생명자원의 활용 기반 구축 강화로 세계수준의 생명공학 연구기술 확보 및 신산업 창출 가능 8. 극지생물의 유전체, 단백질 등의 생명정보 연구를 통한 극지생물의 환경적응·진화연구는 미래 생명과학연구의 가장 시급한 연구로서 극지연에서 선도할 수 있는 적합한 연구 주제임 					
색인어 (각 5개 이상)	한글	극지생물, 유전체, 단백질, 전사체, 생물자원			
	영어	Polar organism, Genomics, Proteomics, Transcriptomics, Bioresources			

요 약 문

I. 제 목

극지생물의 환경적응 기작 규명과 활용기반 구축 기획 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

극지환경 (강한 UV, 건조, 극저온 등)에 적응하고 진화한 생물은 독특한 방어 기작 및 환경 적응기작을 가지고 있으며 이를 이해하는 것은 극지생물 연구의 기초 자료 확보뿐만 아니라 생물공학적 응용기술개발과 유용 유전자 및 단백질 개발을 가능하게 한다. 하지만 효율적인 활용 연구를 위해서는 천연에서의 활성물질이 낮은 농도로 존재하기 때문에 실험실에서의 극지 생물의 대량 배양기술 개발, 고감도의 유용물질 스크리닝 기술 개발, 난 배양성 극지 생물의 유전자 정보 확보가 필수적이다.

이를 위해 본 과제에서는 극지의 극한 환경에 적응하여 살아가는 생물의 특이적인 환경적응기작과 진화기작을 규명하고, 극지 고유생물종 중에서 활용가능성이 높은 모델생물종을 선택하여 이들의 지속적인 유지 배양 시스템 구축, 저온성 단백질 종류별 대량 스크리닝 시스템 구축, 기 확보된 유전자 및 단백질체 정보 활용기술 개발을 하고자 한다. 또한 본보고서 에서는 극지 생물의 유전정보 또는 단백질을 이용한 응용 연구현황 및 시장성을 분석하여 향후 연구 모델생물종 선정 및 활용 연구 방향선정의 기초자료로 활용하고자 한다.

III. 국내외 시장 및 기술 동향 분석

극지생물자원은 극한 환경에 적응하기 위한 독특한 적응관련 유전자, 단백질, 및 다양한 이차대사물질을 보유하고 있어 미래자원으로서의 가치가 매우 높다 (세계 생물자원 시장 규모는 2010년 추정 약 2,500 달러, 연평균 10.8%의 고성장세 2011, Global Biotechnology, Industry Profile). 세계 각국은 극지생물을 중요한 미래자원으로 인식하고 활용을 위한 자원평가 및 기초 원천기술 개발에 주력하고 있다. 생물다양성협약에서 생물자원에 대한 국가주권을 인정함에 따라 미국, 일본, EU, 영

국, 러시아, 중국 등은 체계적인 극지 및 해양생물정보은행을 구축하고 있으며, 이에 대한 유전체, 단백질 및 천연 대사물 탐색에 정부차원의 대규모 투자를 하고 있다 (예: EU가 주관하는 “PharmaSea (2012.10.01~2016.09.30)”프로젝트는 남극과 북극을 포함한 해양에서 새로운 유용 물질을 발굴하는 대형 프로젝트로 13개국에서 24개의 기업 및 연구기관이 참여하고 있으며, 4년간 950만유로 투자).

생명자원의 효율적인 응용연구를 위한 생명공학연구의 최근 트렌드는 유전체, 전사체, 단백질 분석을 통해 얻은 통합적인 생명정보를 바탕으로, High-Throughput Screening 방법을 이용하는 것이다. 이를 위해서는 과학적 분석 방법과 분석 타겟을 다양화하여 다양한 극지생명현상을 체계적으로 이해하는 것이 필수적이고, 생산되어진 유전체, 전사체 및 단백질 빅데이터를 통합적으로 해석하기 위한 시스템 생물학적 접근 방법이 필요하다.

IV. 연구 개발의 목표 및 범위

본 연구의 최종 목표는 극지생물의 환경적응 기작 규명과 활용기반을 구축하는 것으로 이러한 최종 목표를 수행하기 위한 세부과제별 목표는 다음과 같다.

- 제1세부과제: 극지 환경적응 기작관련 유전자 정보 확보 및 단백질 기능연구
 - 극지 특이적 환경에 적응한 고유 생물종 선별
 - 환경변화 대응 분자들의 순수 동정을 위한 유전체 정보 확보
 - 모델 생물종의 배양시스템 구축
 - 기능 유전체 연구를 통한 환경적응 관련 유전자 특성 분석

- 제2세부과제: 타겟 유전자 및 단백질의 생리적 특성 및 진화 연구
 - 극지 환경변화에 의해 유도되는 전사체 정보 확보
 - 분석 대상 전사체의 선별적 순수 분리
 - 극지 환경변화에 대응하는 생리학적 조절기작의 단백질적 특성 분석
 - 극지 환경변화에 의해 유도되는 극지 생물의 대응전략에 대해 오믹스 기법을 적용한 거시적 분석 접근법 도입
 - 극지 환경변화에 대한 분자생리학적 주요 조절인자의 생체내 기능 규명
 - 거시적 오믹스 기법에 의해 분석된 주요 조절인자의 생체내 역할 규명
 - 생체내 분자 네트워크 특성 분석 및 관련 분자간의 특성 분석

- 제3세부과제: 극지생명정보를 활용한 산업적 응용 연구
 - 응용성 개발을 위한 유용인자 발굴 및 응용범위 개발
 - 유용 효소 탐색을 위한 High throughput 활성 검증 플랫폼 구축
 - 극지 고유 생물종의 응용가능한 단백질 구조-기능 연구
 - 유용 유전자, 단백질, 물질에 대한 특허권 확보

V. 연구개발결과의 활용계획

- 유용 생명자원을 지속적으로 탐색할 수 있는 실험 파이프라인 확보와 확보된 생명자원의 활용 기반 구축 강화로 세계수준의 생명공학 연구기술 확보 및 신산업 창출
- 극지 생명현상의 이해와 해석 정보를 바탕으로 새로운 유용물질 발굴 및 지식재산권을 확보함으로써 창조산업의 기반아이디어 및 자원 제공
- 실용화 연구를 통한 극지연구의 저변확대와 융합학문을 촉진시킴으로써 극지 생명공학 분야 허브기관으로 국가 경쟁력 제고



목 차

제 1 장 서론

- 제1절 연구기획의 배경 및 목적
- 제2절 연구의 필요성
- 제3절 연구의 범위

제 2 장 국내외 기술개발 현황

- 제1절 국외 기술개발 현황
- 제2절 국내 기술개발 현황
- 제3절 극지생물의 유전체 및 단백질체 최근 연구 동향 및 특허 분석
 - 1. 분석 배경 및 목적
 - 2. 분석 범위
 - 3. 특허 및 연구동향 분석
- 제4절 연구 동향 분석
 - 1. 분석 방법
 - 2. 분류군별 연구 동향
 - 3. 연구방법별 연구동향
 - 4. 평가 및 시사점
 - 5. 극지연구소의 연구 역량



제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

- 제1절 연구 개발의 목표
 - 1. 연구 개발의 최종 목표
 - 2. 세부과제별 목표
- 제2절 연구 내용 및 범위
- 제3절 연구 추진 전략 및 체계

제 4 장 연구개발의 활용계획

제 5 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

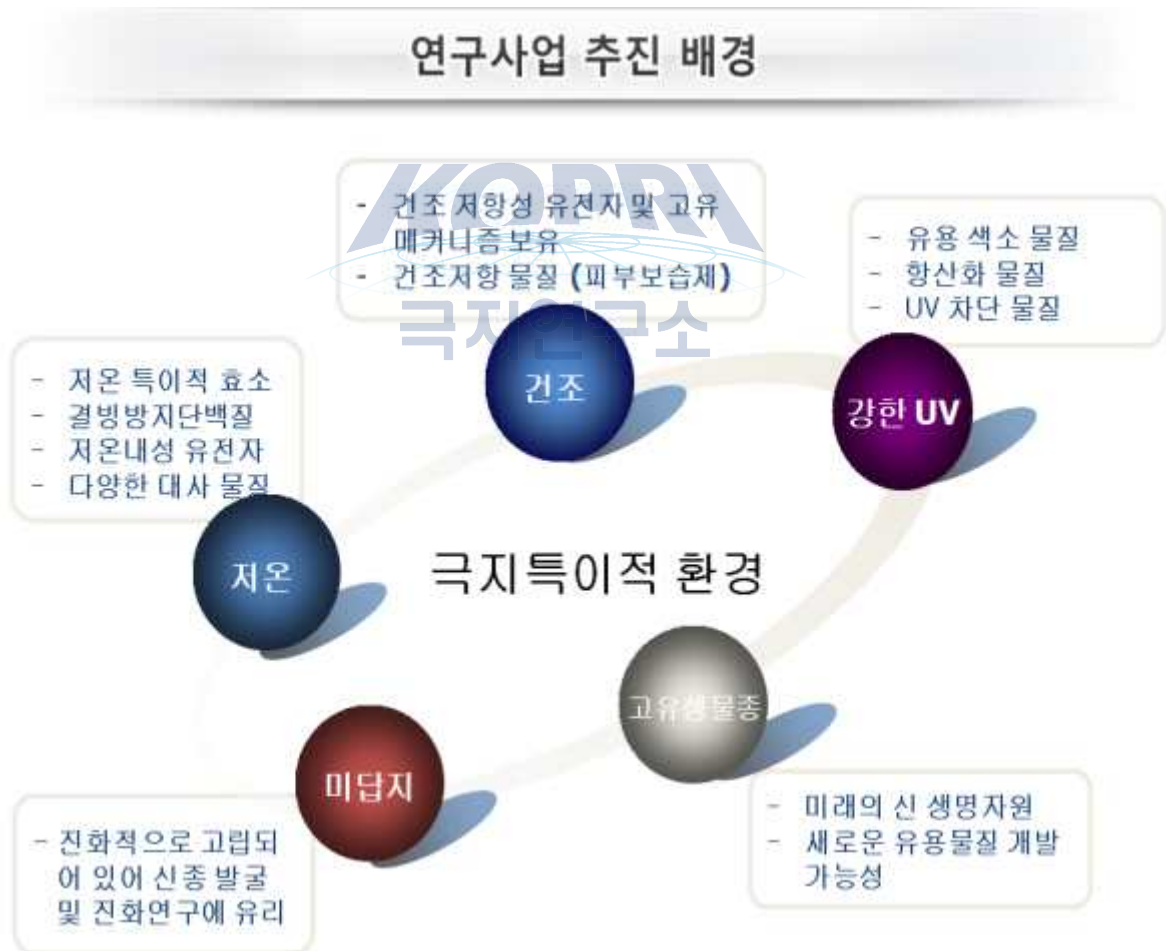
제 6 장 참고문헌



제 1 장 서 론

제1절 연구기획의 배경 및 목적

본 연구기획 과제에서는 극지 환경적응 연구관련 국내외 동향 분석 및 극지생물의 생명정보의 활용 기술 특히 동향 분석을 수행함으로써 응용연구 기반구축 전략 수립의 기초자료 및 객관적인 타당성을 제공하고자 함



제2절 연구의 필요성

- 극지생물은 오랜 진화역사 동안 다양한 극지 환경으로의 성공적인 적응의 결과로 인해 생물학적으로나 생태학적으로 매우 다양하고 과학적 중요성 인식
- 세계적으로 유전체연구등의 첨단생명공학기술을 활용한 생명자원의 확보와 활용 연구를 미래의 성장가능성이 높은 분야로 선정하여 투자 강화하고 있음
- 세계 각국은 극지생물을 미래자원으로 인식하고 활용을 위한 자원평가 및 기초 원천기술 개발에 주력하고 있으므로, 생물다양성협약(CBD) 및 유전자원접근 및 이익공유(ABS, Access to Genetic Resources and Benefit Sharing)에 의한 전 세계 생물자원 이용의 한계를 극복하기 위해 영토지배권이 없는 극지역의 생물자원 확보가 장기적인 미래 국가이익에 중요함을 인식
- 2014년 8월 SCAR에서 수립한 7개의 남극 연구 주제중 “Antarctic Life on the Precipice” (소주제 43, 44, 46, 47에 부합)에 부합되는 주제
- “2030 극지연구소 연구부문 발전전략”중 극지의 지속 가능성 개발 연구에 부합되는 주제



구분	연계 내용
전략 목표	· 극지의 지속 가능성 개발
핵심연구분야	· 극지 유용자원 활용 연구
주요 해결과제	· 극한지 적응에 관한 유전자
기타(부연설명)	· 미답지였던 극지 환경과 극지생물에 대한 관심과 기대감이 최근 증가하는 추세이며 이에 따라 극지 유래 신생명자원의 가치 창출과 실용화를 위한 기반 구축의 필요성 요구

- 박근혜정부의 창조경제 실현을 위한 과학기술정책인 ‘포스트게놈 다부처 유전체 사업’ 시행 등의 생물 유전체 자원 확보를 위한 연구에 국가적 집중
- 최근 생명공학연구의 중심은 유전체, 단백질체 분석과 생물정보 분석을 통해 생명현상을 해석하고, 이러한 자원과 정보를 바탕으로 새로운 신소재를 개발하기 위한 연구개발에 집중
- 따라서 미답지 극지의 고유생물에 대한 생명자원의 우선적 확보는 과학적 성과뿐만 아니라 국가이익에도 큰 기여 기대
- 극지의 환경변화에 따른 생명체의 유전적 적응에 대한 연구는 생명의 기원과

진화 규명에 중요한 과학적 증거 제시 가능

- 기능규명한 극지생명정보로 부터 극지유래 고효성 유전자를 활용한 산업적 응용자원 도출

극지 생물연구의 해결과제 및 해결방안

해결 과제

- 극지생물의 생명정보 부족
- 극한환경적응에 대한 생물학적 적응, 진화 메커니즘의 이해부족
- 극지생물 연구 모델 부재
- 극지생명자원의 효율적인 응용연구방안 요구

해결 방법

- 다양한 극지생물의 생명정보(유전체, 단백질체, 대사체) 확보
- 실험실 내에서의 극지생물의 대량 배양, 유지 기술 개발
- 극지생물의 극한환경적응에 대한 생리적 적응, 진화 메커니즘 규명
- 지속적 연구를 위한 분류군별 대표 실험모델 생물 구축
- 극지 생명자원 활용을 위해 유전체, 전사체, 단백질체 분석을 통해 얻은 생명정보를 바탕으로 high-throughput screening 방법 정립
- 활용 가능한 유용유전자, 단백질 및 신물질을 분석방법과 분석 타겟을 다양화하여 빠른시간안에 높은 정확도로 탐색할수있는 실험 파이프라인 구축

현재 주요 과제 연구와 향후 연구 계획 비교



- 신규 주요과제에서는 극지 생물의 저온적응 기작 뿐만 아니라 모든 환경 (건조 강한 UV 등) 적응기작에 관한 연구 포함
- 남극 생물뿐만 아니라 북극 생물 포함 확대
- 기존 과제는 육상 생물 탐색에 치중한 반면 신규 과제는 육상 및 해양 저서생물까지로 영역 확대
- 효율적인 응용연구를 위한 분석 타겟별 High-Throughput Screening 방법 구축

극지연구소

제3절 연구의 범위

○ 제1세부과제: 극지 환경적응 기작관련 유전자 정보 확보 및 단백질 기능연구

- 극지 특이적 환경에 적응한 고유 생물종 선별
- 환경변화 대응 분자들의 순수 동정을 위한 유전체 정보 확보
- 모델 생물종의 배양시스템 구축
- 기능 유전체 연구를 통한 환경적응 관련 유전자 특성 분석

○ 제2세부과제: 타겟 유전자 및 단백질의 생리적 특성 및 진화연구

- 극지 환경변화에 의해 유도되는 전사체 정보 확보
- 분석 대상 전사체의 선별적 순수 분리
- 극지 환경변화에 대응하는 생리학적 조절기작의 단백질적 특성 분석
- 극지 환경변화에 의해 유도되는 극지 생물의 대응전략에 대해 오믹스 기법을 적용한 거시적 분석 접근법 도입
- 극지 환경변화에 대한 분자생리학적 주요 조절인자의 생체내 기능 규명
- 거시적 오믹스 기법에 의해 분석된 주요 조절인자의 생체내 역할 규명
- 생체내 분자 네트워크 특성 분석 및 관련 분자간의 특성 분석

○ 제3세부과제: 극지생명정보를 활용한 산업적 응용 연구

- 응용성 개발을 위한 유용인자 발굴 및 응용범위 개발
- 유용 효소 탐색을 위한 High throughput 활성 검증 플랫폼 구축
- 극지 고유 생물종의 응용가능한 단백질 구조-기능 연구
- 유용 유전자, 단백질, 물질에 대한 특허권 확보

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 국외 기술개발 현황

- 미국·영국·프랑스 등의 선진국은 극지를 포함한 제3세계의 생명자원을 무차별적으로 수집, 분석하여 지적재산권을 확보하고 있을 뿐만 아니라 몬산토, 신젠타 등의 다국적 기업에서도 유전체를 기반으로 생명 경제시대를 주도하고자 생명정보를 경쟁적으로 확보하고 있음
- 중국의 BGI에서 수행 중인 ‘Animal Genome Project’에 의해 주요 수산생물의 유전체 연구가 진행되고 있음
- 남극에는 약 7,200종의 동물과 300여종의 식물, 수만종 이상의 미생물이 서식하는 등 극한환경에도 불구하고 높은 생물 다양성을 갖고 있음
- 2014년 미국 연구팀에 의해 남극의 곤충(*Belgica antarctica*)의 전장유전체 서열이 밝혀지고 저온에서의 적응의 유전적 특성 제시
- 2014년 중국과 호주의 연구팀에 의해 2종의 펭귄(*Adélie penguin* 과 *Emperor penguin*)의 전장유전체 서열 규명되고 남극환경에서의 유전적 진화 해석
- 미국, 일본, EU, 러시아, 중국 등 특허권 지적재산권 등 유전체 기술력 선점을 위한 각국 경쟁이 더욱 치열해질 전망으로 유전체기반으로 한 생물학 연구를 국가 중점기술로 선정하고 연구 육성 및 투자를 확대할 전망이며, 각국의 국공립연구소를 중심으로 실용화 촉진 투자 본격화하고 있음
- 일례로 미국의 JGI (Joint Genome Institute, Department of Energy, USA)의 경우 Non-human 분야 (해양동물, 식물, 미생물 분야)에 대한 집중적인 유전체 연구로 환경 문제 해결과 바이오에너지 개발, 2009년 4.1억 달러 투자하였으며, “Genome to Life” 프로그램을 통해 바이오에너지 생산과 환경에너지 정화를 위한 미생물 유전체를 중점적으로 지원하고 있음 : Bioenergy, 해양생물유전체, Fungal 유전체, Microbial 유전체, Metagenome, 식물 유전체 연구를 대규모로 진행하고

있으며 최근 극지유전체 등 극한 생물에 대한 생명 정보 수집 확대

- 빅데이터 기술 및 long-read 시퀀싱 기술을 통해 생물 유전체 정보 축적은 더욱 가속화될 전망이며 이로부터 비롯된 생물정보들은 신약 개발 등 응용 기술에 대한 적용 범위를 확대할 예정

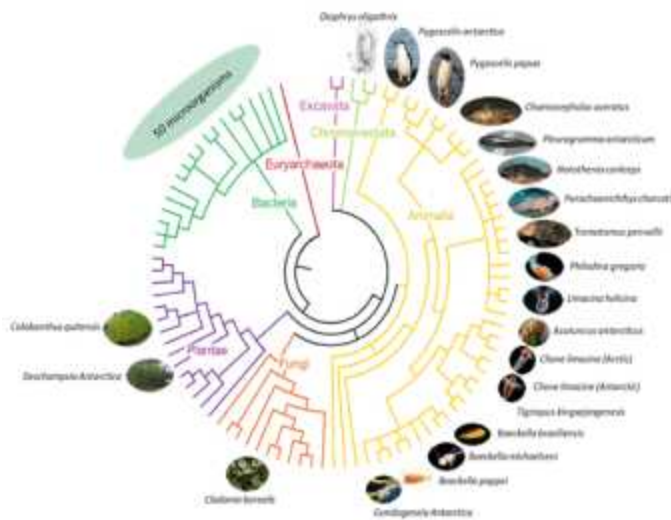


해외 동향	
미국	<ul style="list-style-type: none"> • 전세계 유전체 연구 주도 • 맞춤의학 연구개발 강화 정책 및 법안 입법 추진 Personal Genomics (23andMe) • Broad Institute 중심 다학제 연구(연 3.1K 억원) • 미생물, 식물, 동물 유전체 분야의 연구는 국립과학재단(NSF), 에너지 • 성(DOE), 농림성(USDA)에서 수행
영국	<ul style="list-style-type: none"> • 10K Genome Project, • Genomics England 국유회사 설립 을 통한 집중투자 • Sanger Institute 중심, Wellcome Trust 설립(연 800억원)
중국	<ul style="list-style-type: none"> • BGI, 인간 유전체 다양성 연구 및 • 1000 Plant Genome Project, 1000 Bird Genome Project 등 수행

<국의 유전체 기반 생물학 및 산업 동향>

제2절 국내 기술개발 현황

- 다부처 유전체 사업의 일환으로 2015년부터 해양수산부에서 “해양수산물 유전체 정보 분석 및 활용기반 구축” 사업에서 국내 해양생물(동물, 식물, 미생물) 100종의 유전체 정보와 40종의 메타유전체 분석 및 유용기능 제시 진행
- 국립해양생물자원관의 주도하에 국내 고유종 나지의 전장유전체 분석 수행중
- 극지생물의 생명정보의 분석은 주로 극지연구소의 주도하에 진행되고 있음
- 2014년 남극 고등생물 최초로 남극대구의 유전체 서열을 규명하고 저온적응기작을 해석함
- 2013년 극지식물(남극좁새풀)의 전사체 분석을 통한 저온내성유전자 발굴, 기능규명하고, 이를 활용한 저온내성 작물 개발
- 북극 효모로부터 결빙방지단백질을 발굴 기능규명 후 이를 활용하여 혈액 및 구조류등의 동결보존능 확인
- 극지연구소에서 극지 어류와 요각류등 동,식물 20여종의 전사체 정보 확보와 저온 적응 특이성 유전자 규명
- 극지연구소에서 100여종의 극지미생물의 전장유전체 서열 규명과 특이적 유전자와 대사 경로 제시



Genus	species
Fish	<i>Parachaenichthys charcofi</i>
	<i>Trematomus pennelli</i>
	<i>Notothenia coriiceps</i>
	<i>Pleuragramma antarcticum</i>
Penguin	<i>Chaenocephalus aceratus</i>
	<i>Pygoscelis antarctica</i>
Copepods	<i>Pygoscelis papua</i>
	<i>Tigriopus kingsejongensis</i>
	<i>Boeckella brasiliensis</i>
Ciliates	<i>Boeckella michaelsoni</i>
	<i>Boeckella poppei</i>
	<i>Diaphrys oligothrix (Antarctic)</i>
	<i>Diaphrys antarctica</i>
Lichen	<i>Cladonia borealis</i>
Gondogenia	<i>Gondogenia Antarctica</i>
Rotifera	<i>Philodina gregaria</i>
Tardigrades	<i>Acutuncus antarcticus</i>
	<i>Clione limacina (Arctic)</i>
Clione	<i>Clione antarctica (Antarctic)</i>
	<i>Limacina helicina</i>
Plant	<i>Deschampsia Antarctica</i>
Microorganism	<i>Colobanthus quitensis</i>
	50 species

KOPRI

<극지연구소에서 확보한 극지생물유전체 현황>

극지연구소

제3절 극지생물의 유전체 및 단백질체 최근 연구 동향 및 특허 분석

1. 분석 배경 및 목적

본 연구 동향 및 특허 동향 분석에서는 『극지생물의 유전체 및 단백질체』 관련 기술 대한 논문 및 특허 동향을 분석함으로써 주요국가의 특허출원동향 및 경쟁력 현황과 각 분야별 최근 연구 동향 등을 파악하고자 함

2. 분석 범위

○ 분석 대상 선정

- 본 분석에서는 극지생물의 유전체 및 단백질체 관련 기술 중 연구 성과의 파급효과 및 연구의 필요성 등을 고려하여 극지생물 가운데 이끼류, 조류(algae), 지의류, 식물 및 동물을 대상으로 분석 기술 범위를 선정하고, 이에 따른 주요 특허 및 논문을 추출하여 선정된 문헌들을 대상으로 정량분석을 실시하였으며, 특허의 경우 2016년 4월 18일까지 출원공개된 데이터를 분석대상으로 하였음
- 특허문헌 분석은 한국, 미국, 일본, 유럽, 중국의 특허를 분석대상으로 하며 검색 DB는 Wisdomain을 사용하였고, 논문문헌 분석은 Scopus를 사용하였음.

<특허검색 DB 및 검색범위>

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국특허(KIPO)	WISDOMAIN	~ 2016.04.18	공개/등록 특허 및 논문 전체문헌
	미국특허(USPTO)	WISDOMAIN		
	일본특허(JPO)	WISDOMAIN		
	유럽특허(EPO)	WISDOMAIN		
논문	전체	Scopus		

- 일반적으로 공개 특허는 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련 정보를 대중에게 공개하도록 하고 있어, 2014년 10월까지 출원된 공개특허출원을 분석 대상으로 한 본 보고서에는 이와 같은 특허제도의 특성상 미공개 데이터가 존재하는 2014년 11월 이후의 특허출원은 분석대상에 포함하지 않음

○ 분석 기준

- 기술 분류 기준

<기술 분류 트리>

기술 분류	기술 내용
이끼류	남극 및 북극에 존재하는 이끼류에 대한 유전체 및 단백질 관련 기술
조류	남극 및 북극에 존재하는 조류(algae)에 대한 유전체 및 단백질 관련 기술
지의류	남극 및 북극에 존재하는 지의류에 대한 유전체 및 단백질 관련 기술
식물	남극 및 북극에 존재하는 식물(이끼류, 조류 및 지의류 제외)에 대한 유전체 및 단백질 관련 기술
동물	남극 및 북극에 존재하는 육상 및 해양동물(어류 포함)에 대한 유전체 및 단백질 관련 기술

- 분석대상 검색식

<핵심요소기술 키워드>

구성기술 요소	핵심요소기술 키워드	
	검색식	허당건수
이끼류	TAC=((이끼 or 이끼류 or "이끼식물" or 스피이로카르푸스 or 선태류 or "선태식물" or moss or mosses or sphaerocarpus or bryophyte or "Andreaea depressinervis" or "Batramia patens" or "Bryum pseudotriquetrum" or "Ceratodon purpureus" or "Chorisodontium aciphyllum" or "Constomum magellanicum" or "Ditrichum lewis-smithii" or "Cephalloziella varians" or "Polytrichastrum alpinum" or "Sanionia georgico-uncinata") and ((게놈 or 지놈 or 유전자 or 유전체 or 단백질 or 단백질체 or 펩타이드 or 펩티드 or 서열 or 시퀀싱 or genome or genomics or gene or genetic or protein or proteome or proteomic or peptide or sequencing or "DNA" or "RNA") not (단백질타이로신* or "단백질 티로신*" or "단백질 타이로신*" or "protein tyrosin" or "protein tyrosine"))) AND DESC=((극지 or "극지" or 남극* or 북극* or 툰드라 or "polar region" or "pole region" or antarctic or antarctica or "south pole" or arctic or "north pole" or tundra))	특허건수 -한국: 1건 -일본: 0건 -미국: 1건 -유럽: 2건 - 총 : 4건
	TITLE-ABS-KEY((moss or mosses or sphaerocarpus or bryophyte or "Andreaea depressinervis" or "Batramia patens" or "Bryum pseudotriquetrum" or "Ceratodon purpureus" or "Chorisodontium aciphyllum" or "Constomum	논문건수 : 97건

	magellanicum" or "Ditrichum lewis-smithii" or "Cephalloziella varians" or "Polytrichastrum alpinum" or "Sanionia georgico-uncinata") and ("polar region" or "pole region" or antarctic or antarctica or "south pole" or arctic or "north pole" or tundra) and (genome or genomics or gene or genetic or protein or proteome or protemic or peptide or sequencing or "DNA" or "RNA") AND NOT (bacteria or bacterium or fungi or bird or microorganism))	
조류	TAC=((조류 or 설조류 or 담수조류 or 해조류 or 해조 or 해초 or 미세조류 or "식물플랑크톤" or "식물 플랑크톤" or 갈조 or 녹조 or 홍조 or 규조 or algae or seaweed or microalgae or phytoplankton or diatom or 남극주름민물과래 or "Prasiola crispa" or "Phaeocystis antarctica" or "Sea-ice microalgae") and (게놈 or 지놈 or 유전자 or 유전체 or 단백질 or 단백질 or 펩타이드 or 펩티드 or 서열 or 시퀀싱 or genome or genomics or gene or genetic or protein or proteome or protemic or peptide or sequencing or "DNA" or "RNA") and (극지 or "극지" or 남극* or 북극* or 툰드라 or "polar region" or "pole region" or antarctic or antarctica or "south pole" or arctic or "north pole" or tundra))	특허건수 -한국: 10건 -일본: 5건 -미국: 24건 -유럽: 2건 - 총 : 41건
	TITLE-ABS-KEY((algae or seaweed or microalgae or phytoplankton or diatom or "Prasiola crispa" or "Phaeocystis antarctica" or "Sea-ice microalgae") and ("polar region" or "pole region" or antarctic or antarctica or "south pole" or arctic or "north pole" or tundra) and (genome or genomics or gene or genetic or protein or proteome or protemic or peptide or sequencing or "DNA" or "RNA") AND NOT (bacteria or bacterium or fungi or bird or microorganism or zooplankton))	논문건수 : 415건
지의류	TAC=((지의류 or "땅웃식물" or lichens or lichen or "Caloplaca lucens" or "Haematomma erythromma" or "Ochrolechia frigida" or "Placopsis contortuplicata" or "Rhizocarphon geographicum" or "Tephromela atra" or "Himantormia lugubris" or "Physconia muscigena" or "Ramalina terebrata" or "Umbilicaria antarctica" or "Cladonia borealis" or "Cladonia chlorophaea" or "Cladonia gracilis" or "Cladonia sulphurina" or "Sphaerophorus globosus" or "Stereocaulon alpinum" or "Usnea antarctica" or "Usnea aurantiaco-atra" or "Usnea sphacelata" or "Xanthoria candelaria") and ((게놈 or 지놈 or 유전자 or 유전체 or 단백질 or 단백질 or 펩타이드 or 펩티드 or 서열 or 시퀀싱 or genome or genomics or gene or genetic or protein or proteome or protemic or peptide or sequencing or "DNA" or "RNA") not (단백질타이로신* or "단백질 티로신*" or "단백질 타이로신*" or "protein tyrosin" or "protein tyrosine"))) AND DESC((극지 or "극지" or 남극* or 북극* or 툰드라 or "polar region" or "pole region" or antarctic or antarctica or "south pole" or arctic or "north pole" or tundra))	특허건수 -한국: 2건 -일본: 2건 -미국: 4건 -유럽: 4건 - 총 : 12건
	TITLE-ABS-KEY((lichens or lichen or "Caloplaca lucens" or "Haematomma erythromma" or "Ochrolechia frigida" or "Placopsis contortuplicata" or "Rhizocarphon geographicum" or "Tephromela atra" or "Himantormia lugubris" or	논문건수 : 47건

	"Physconia muscigena" or "Ramalina terebrata" or "Umbilicaria antarctica" or "Cladonia borealis" or "Cladonia chlorophaea" or "Cladonia gracilis" or "Cladonia sulphurina" or "Sphaerophorus globosus" or "Stereocaulon alpinum" or "Usnea antarctica" or "Usnea aurantiaco-atra" or "Usnea sphacelata" or "Xanthoria candelaria" or caloplaca or haematomma or ochrolechia or placopsis or rhizocarphon or tephromela or himantormia or physconia or ramalina or umbilicaria or Cladonia or sphaerophorus or stereocaulon or usnea or xanthoria or Lecidea) and ("polar region" or "pole region" or antarctic or antarctica or "south pole" or arctic or "north pole" or tundra) and (genome or genomics or gene or genetic or protein or proteome or protemic or peptide or sequencing or "DNA" or "RNA") AND NOT (bacteria or bacterium or fungi or bird or microorganism or "protein tyrosin" or "protein tyrosine" or compound))	
식물	TAC=(((식물 or 현화식물 or 초본 or 초목 or 나무 or 풀 or 꽃 or plant or flora or "flowering plant" or phanerogams or herb or herbal or herbage or herbaceous or vegetation or tree or grass or flower or flolar or 남극좁새풀 or 남극개미자리 or 데스캄프시아 or 콜로반투스 or "Deschampsia antarctica" or "colobanthus guitensis" or 담자리꽃나무 or dryas) not (이끼 or 이끼류 or "이끼식물" or 스파이로카르푸스 or 선태류 or "선태식물" or moss or mosses or sphaerocarpus or bryophyte or "땅웃식물" or 조류 or 설조류 or 담수조류 or 해조류 or 해조 or 해초 or 미세조류 or "식물플랑크톤" or "식물 플랑크톤" or 갈조 or 녹조 or 홍조 or 규조 or algae or seaweed or microalgae or phytoplankton or diatom or 미생물 or microorganism or "African violet" or educational)) and (게놈 or 지놈 or 유전자 or 유전체 or 단백질 or 단백질체 or 펩타이드 or 펩티드 or 서열 or 시퀀싱 or genome or genomics or "gene" or "genes" or genetic or protein or proteome or protemic or peptide or "sequencing" or "DNA" or "RNA") and (극지 or "극지" or 남극* or 북극* or 툰드라 or "polar region" or "pole region" or antarctic or antarctica or "south pole" or arctic or "north pole" or tundra))	특허건수 -한국: 4건 -일본: 1건 -미국: 21건 -유럽: 2건 - 총 : 28건 논문건수 : 627건
동물	TAC=(((동물 or 포유류 or 펭귄 or 해표 or 물개 or 강치 or	특허건수

<p>월러스 or 바다표범 or 고래 or 돌고래 or 곰 or “북극곰” or 토끼 or “북극토끼” or 사향소 or 순록 or 여우 or “북극여우” or 레밍 or “북극레밍” or 톡토기 or animal or mammal or penguin or seal or seals or “sea lions” or walrus or whales or dolphin or bear or “Polar Bear” or “Ursus maritimus” or rabbit or hare or “arctic hare” or “polar rabbit” or “Lepus arcticus” or muskox or “musk ox” or “Ovibos moschatus” or reindeer or caribou or “Rangifer tarandus” or “arctic fox” or “Alopex lagopus” or “Vulpes lagopus” or lemming or springtail) and ((게놈 or 지놈 or 유전자 or 유전체 or 단백질 or 단백체 or 펩타이드 or 펩티드 or 서열 or 시퀀싱 or genome or genomics or “gene” or “genes” or genetic or protein or proteome or proteomic or peptide or “sequencing” or “DNA” or “RNA”) not (단백질타이로신* or “단백질 티로신*” or “단백질 타이로신*” or “protein tyrosin” or “protein tyrosine” or 백신 or 바이러스 or vaccine or virus or “oil-bearing”)) and (극지 or “극지“ or 남극* or 북극* or 툰드라 or “polar region” or “pole region” or antarctic or antarctica or “south pole” or arctic or “north pole” or tundra))</p>	<p>-한국: 6건 -일본: 8건 -미국: 34건 -유럽: 10건 - 총 : 58건</p>
<p>TITLE-ABS-KEY((animal or mammal or penguin or seal or seals or “sea lions” or walrus or whales or dolphin or bear or “Polar Bear” or “Ursus maritimus” or rabbit or hare or “arctic hare” or “polar rabbit” or “Lepus arcticus” or muskox or “musk ox” or “Ovibos moschatus” or reindeer or caribou or “Rangifer tarandus” or “arctic fox” or “Alopex lagopus” or “Vulpes lagopus” or lemming or springtail) AND (“polar region” or “pole region” or antarctic or antarctica or “south pole” or arctic or “north pole” or tundra) and (genome or genomics or gene or genetic or protein or proteome or proteomic or peptide or sequencing or “DNA” or “RNA”) AND NOT (bacteria or bacterium or fungi or bird or microorganism or compound or chemical or clinic* or virus or vaccine or “soil science” or “protein tyrosin” or “protein tyrosine” or chromatography or plant or soil or plankton))</p>	<p>논문건수 :1955건</p>

○ 특허동향 분석 방법

- 본 분석에서는 양적인 통계를 의미하는 정량분석에 대한 내용만을 분석함
- 정량분석 방법
 - 특허를 출원 연도별, 국가별 및 출원인별로 분류하여 각 부문별 특허건수, 점유율 등으로 구분하여 분석을 수행함
 - 이를 통해 각 기술 분야별 기술개발 현황과 주요 기술혁신 리더의 기술개발 활동을 분석함

○ 논문동향 분석 방법

- 본 분석에서는 양적인 통계를 의미하는 정량분석과 발표된 논문의 기술적인 내용을 의미하는 정성분석으로 나누어 분석함
- 정량분석 방법
 - 논문을 발행 연도별, 학술지별, 저자 및 연구기관별로 분류하여 각 부문별 논문건수, 점유율 등으로 구분하여 분석을 수행함
 - 이를 통해 각 기술 분야별 연구개발 현황과 주요 연구기관의 기술개발 활동을 분석함
- 정성분석 방법
 - 주요 저자 및 연구기관별 주된 연구 분야 및 최근 논문리스트 분석을 수행함



3. 특허 및 연구동향 분석

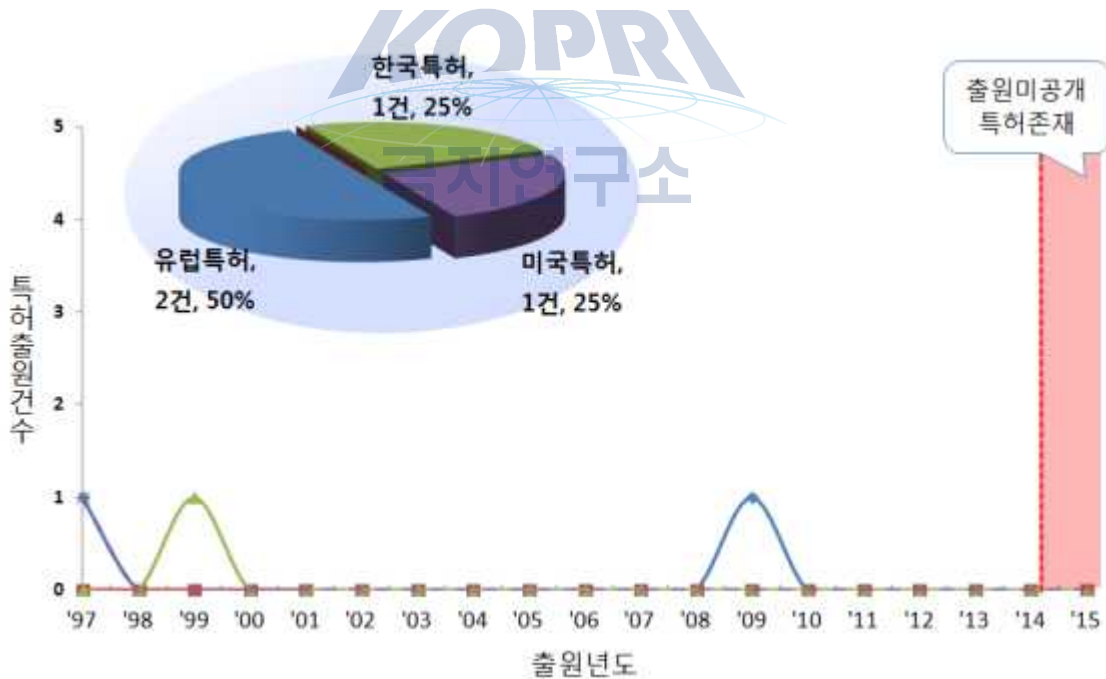
○ 이끼류(Moss)

• 극지 이끼류 유전체 및 단백질체 관련 특허동향 분석

- 국가별 특허동향 분석

> 극지 이끼류 유전체 및 단백질체 관련 기술 분야의 전체적인 특허동향을 살펴보면, 1997년도에 총 2건의 특허 출원이 이루어졌고, 1999년 및 2009년에 각각 1건 씩의 출원이 이루어졌으며, 전반적으로 매우 미미한 출원 활동을 보이고 있음

> 국가별 점유율은 유럽특허가 2건으로 50%의 점유율을 차지하였고, 한국과 미국이 각 1건으로 25%로 나타났으며, 일본에서는 특허출원이 이루어지지 않았고, 본 기술 분야에 대하여 출원된 특허의 총 건수가 5개 이하로, 해당 기술 분야는 아직 본격적인 출원활동이 시작되지 않은 것으로 판단됨



<극지 이끼류 유전체 및 단백질체 관련 분야 연도별 특허출원 현황 추이>

- 주요 출원인 분석

- 극지 이끼류 유전체 및 단백질 관련 기술에 대한 주요출원인으로는 UNILEVER N.V.(네덜란드), Deinove(프랑스), GOOD HUMOR BRYERS ICE CREAM(미국) 등이 있음
- 특이점은 대부분 유럽 국가의 출원인이 다수를 차지하고 있으며 대부분 자국 중심의 출원활동을 보이고 있고, 이 중 UNILEVER N.V.(네덜란드)의 경우 자국뿐만 아니라 한국에도 특허를 출원하였음

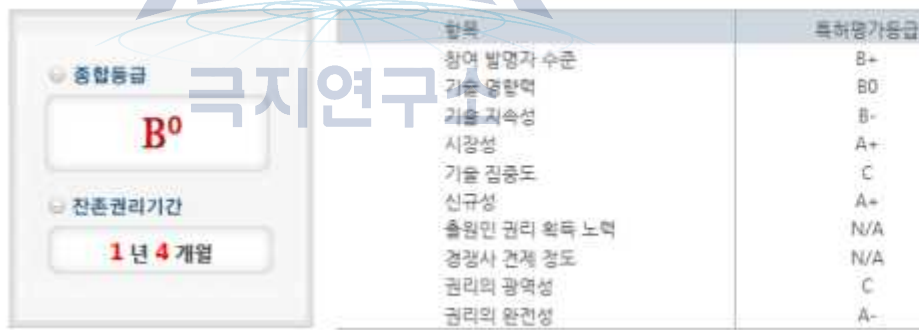
<극지 이끼류 유전체 및 단백질 관련 분야 각국의 주요 기술개발 주체>

연번	한국		일본		미국		유럽	
	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수
1	UNILEVER N.V.	1			GOOD HUMOR BRYERS ICE CREAM	1	UNILEVER N.V.	1
2							UNILEVER PLC	
3							Deinove	1
4							Centre National de la Recherche Scientifique	

- 핵심 특허리스트

- 극지 이끼류 유전체 및 단백질 관련 기술 분야에 대한 특허 출원 건수가 적어 동향을 분석하기 어려운 점이 있어 해당 기술의 특허를 대상으로 극지연구소가 연구하고자 하는 기술과 관련성이 높은 핵심특허를 선정하여 요지리스트를 작성하였음

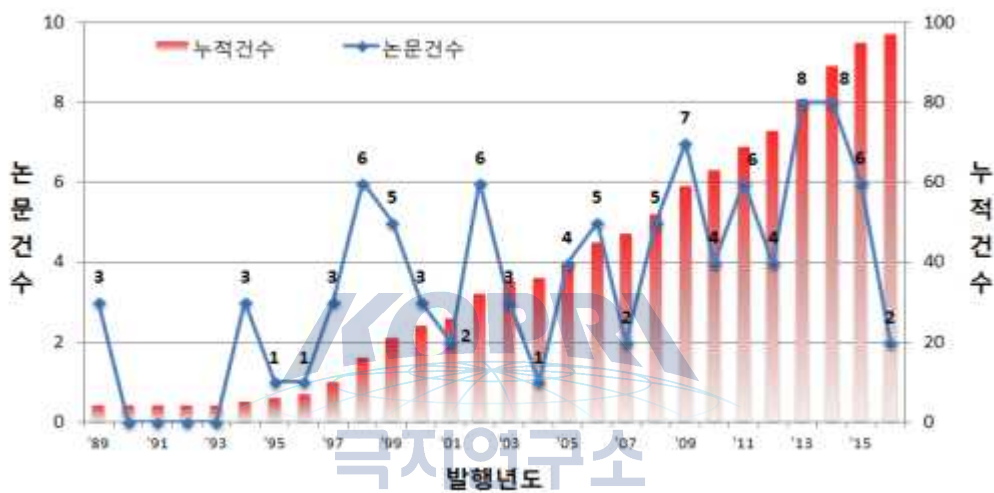
No.	1	기술	극지 이끼류 유전체 및 단백질 관련 기술
공개(등록)번호	KR20000029561A	제 목	냉동제과제품
출원인	유니레버엔브이 (UNILEVER N.V.)	발명자	바이스, 루이지, 제인 다알링, 도날드, 프랭크 더첵, 샬롯, 줄리엣 펜, 리처드, 안토니 릴포드, 피터 존 맥아더, 앤드류, 존 니담, 데이비드 사이드보텀, 크리스토퍼 스몰우드, 케이 쓰스몰우드, 마가릿, 펠리시아
우선권 주장	EP 96305497.8 (1996.07.26), EP 96305499.4 (1996.07.26), EP 96308362.1 (1996.11.19), EP 96301719.7 (1997.03.14), EP 96301733.8 (1997.03.14)	패밀리 특허	CN1231580A, EP00959689B1, US6096867A, WO9804148A3, 외 167건
핵심특허분석			
특허평가등급	-		
기술요지	남극성 식물 또는 비남극성 식물류로부터 추출된 동결방지단백질(AFP)를 이용하여 냉동제과제품의 냉동 내성을 증가시키고 빙정의 성장을 제한할 수 있는 조성물을 제조하고, 이를 혼합하여 냉동제과제품을 제조하는 방법을 개시하고 있음		
청구항 분석 (독립항)	[청구항 1] 수성 조성물내의 식물로부터 추출된 1종 이상의 동결방지 폴리 펩티드(AFP)류의 -40°C이하로 급속 냉동하고, 이어서 -6°C에서 1시간동안 저장한 후의 빙정크기 수평균이 15μm미만인 동결방지 폴리펩티드류를 함유하는 냉동제과제품.		
대표도면	-		

No.	2	기술	극지 이끼류 유전체 및 단백질 관련 기술																						
공개(등록)번호	US6096867	제 목	Frozen food product																						
출원인	GOOD HUMOR BRYERS ICE CREAM	발명자	Byass; Louise Jane Darling; Donald Frank Doucet; Charlotte Juliette Fenn; Richard Anthony Lillford; Peter John McArthur; Andrew John Needham; David Sidebottom; Christopher Smallwood; Keith Smallwood; Margaret Felicia																						
우선권 주장	EP 1996305499 (1996.07.06), EP 1996305497 (1996.07.16), EP 1996308362 (1996.11.19), EP 1997301719 (1997.03.14), EP 1997301733 (1997.03.14)	패밀리 특허	CN1084598C, EP0959689A2, JP2000515754A, WO9804148A2, 외 167건																						
핵심특허분석																									
특허평가등급	 <table border="1" style="display: none;"> <thead> <tr> <th>항목</th> <th>특허평가등급</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>창의 발명자 수준</td> <td>B+</td> </tr> <tr> <td>기술 영향력</td> <td>B0</td> </tr> <tr> <td>기술 지속성</td> <td>B-</td> </tr> <tr> <td>시장성</td> <td>A+</td> </tr> <tr> <td>기술 집중도</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>신규성</td> <td>A+</td> </tr> <tr> <td>출원인 권리 확보 노력</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>경쟁사 견제 정도</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>권리의 광역성</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>권리의 완전성</td> <td>A-</td> </tr> </tbody> </table>			항목	특허평가등급	창의 발명자 수준	B+	기술 영향력	B0	기술 지속성	B-	시장성	A+	기술 집중도	C	신규성	A+	출원인 권리 확보 노력	N/A	경쟁사 견제 정도	N/A	권리의 광역성	C	권리의 완전성	A-
항목	특허평가등급																								
창의 발명자 수준	B+																								
기술 영향력	B0																								
기술 지속성	B-																								
시장성	A+																								
기술 집중도	C																								
신규성	A+																								
출원인 권리 확보 노력	N/A																								
경쟁사 견제 정도	N/A																								
권리의 광역성	C																								
권리의 완전성	A-																								
기술요지	<p>냉동 제과 제품의 얼음 결정의 성장을 제한하기 위하여 식물의 동결 방지 단백질을 상기 냉동 제과 제품에 적용한 내용을 개시함</p> <p>Plant anti freeze proteins can advantageously be incorporated into frozen confectionery products, provided they have the capability of limiting the growth of ice crystals</p>																								
청구항 분석 (독립항)	<p>1. A frozen confectionery products comprising one or more AFPs derived from plants, wherein the AFPs in an aqueous composition have an ice crystal size after quick freezing to -40.degree. C. or less, followed by storage for 1 hour at -6.degree. C. of less than 15 .mu.m.</p>																								
대표도면	-																								

- 극지 이끼류 유전체 및 단백질체 관련 논문동향 분석

- 연도별 논문 발표 추이 분석

> 극지 이끼류 유전체 및 단백질체 관련 기술 분야의 연구동향을 살펴보면, 그래프에는 나타나지 않았으나 1981년도에 1건의 논문이 발표되었고, 이후 발표된 논문이 거의 없다가 1994년부터 현재까지 등락을 반복하며 논문 발표가 지속적으로 진행되고 있으며, 특히 2013년과 2014년 사이에 가장 많이 발표된 것으로 나타남



<극지 이끼류 유전체 및 단백질체 관련 연도별 논문 발표 추이>

- 학술지별 연구동향 분석

> 극지 이끼류 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('81~'16년) 총 97건 중 13건이 Polar Biology에서 발표되었고, 10건이 Antarctic Science에서 발표되었으며, Bryologist, Journal of Biogeography 및 Journal of Ecology에서 각 2건의 논문이 발표된 것으로 나타남

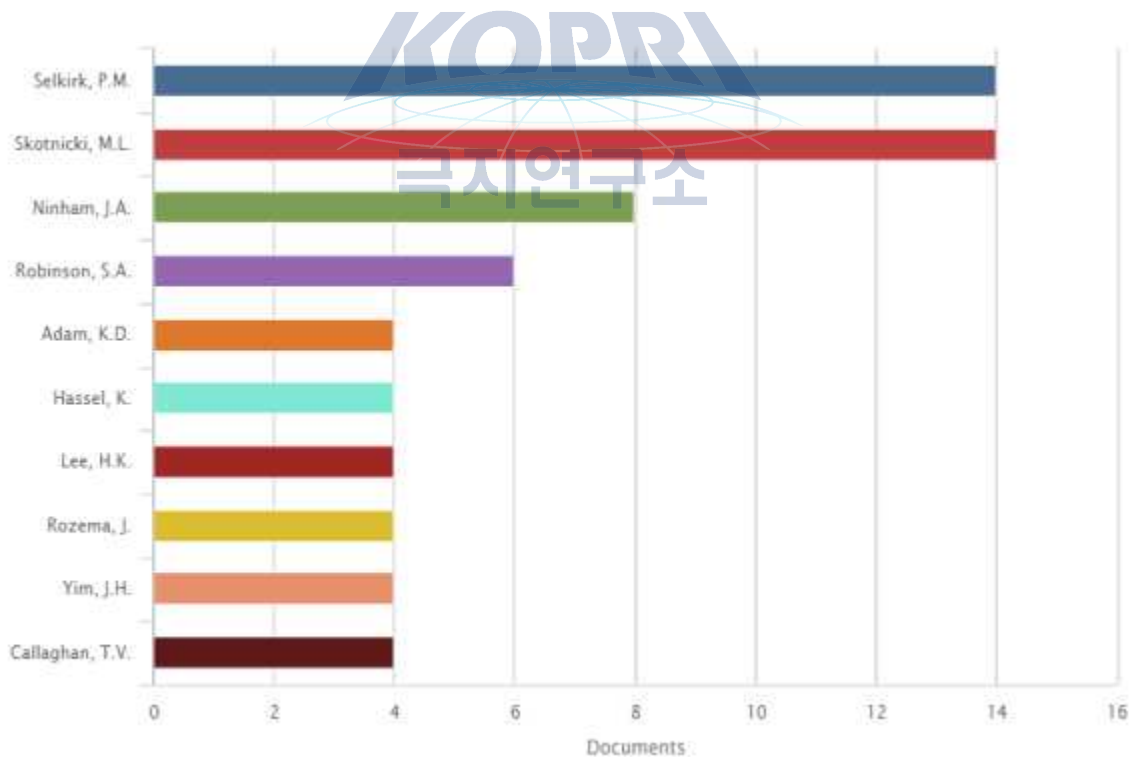
<극지 이끼류 유전체 및 단백질체 관련 분야 학술지별 연구동향>

학술지명	발표 논문수
Polar Biology	13
Antarctic Science	10
Bryologist	2
Journal of Biogeography	2
Journal of Ecology	2

- 해당 분야 주요 저자 분석

> 극지 이끼류 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('81~'16년) 총 97건 중 Selkirk, P.M.(Macquarie University, 호주) 및 Skotnicki, M.L.(Australian National University, 호주)이 각 14건으로 가장 많은 논문을 발표하였고, 그 뒤를 이어 Ninham, J.A.(Australian National University, 호주)가 8건의 논문을 발표하였으며, Robinson, S.A.(University of Wollongong, 호주)가 6건을 발표한 것으로 조사됨

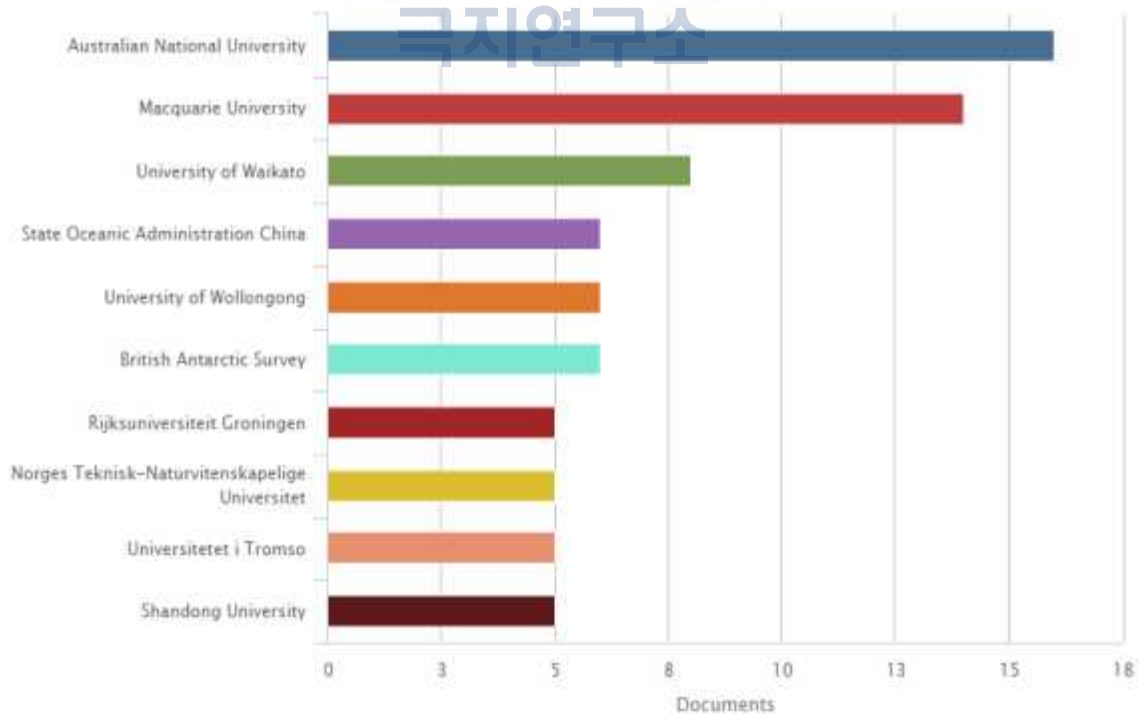
> 특이점으로는 극지 이끼류 유전체 및 단백질체 관련 기술 분야의 주요 저자 10인 중 상위권이 모두 호주 국적의 저자들이었으며, 주로 남극에 서식하는 이끼 식물의 유전적 다양성 및 유전자 시퀀싱에 관한 논문을 발표하였고, Robinson, S.A.의 경우 남극 이끼 식물들의 자외선에 의한 유전자 손상을 보호할 수 있는 내성 유전자에 관련된 연구를 진행한 바 있음



<극지 이끼류 유전체 및 단백질체 관련 주요 저자 분석>

- 해당 분야 주요 연구기관 분석

- > 극지 이끼류 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('81~'16년) 총 97건 중 Australian National University(호주)에서 16건으로 가장 많은 수의 논문을 발표하였고, 그 뒤를 이어 Macquarie University(호주)에서 14건, University of Waikato(뉴질랜드)에서 8건의 논문을 발표하였으며, State Oceanic Administration China(중국), University of Wollongong(호주) 및 British Antarctic Surveys(영국)에서 각각 6건의 논문을 발표한 것으로 조사됨
- > 특이점으로 해당 기술 분야에서 가장 많은 연구를 진행한 Australian National University 및 Macquarie University는 앞서 분석한 주요 저자 중 1위 내지 3위의 저자가 속한 기관이며, 세 번째로 많은 논문을 발표한 기관인 University of Waikato와 함께 서로 협연하여 논문을 발표한 경우가 다수 있었고, State Oceanic Administration China의 경우 남극 및 북극에 서식하는 이끼류의 염분, 산화적스트레스 등 여러 스트레스 요인에 대한 내성과 관련된 유전자 및 상보적 DNA 라이브러리 등에 관하여 연구를 하고 있는 것으로 판단됨



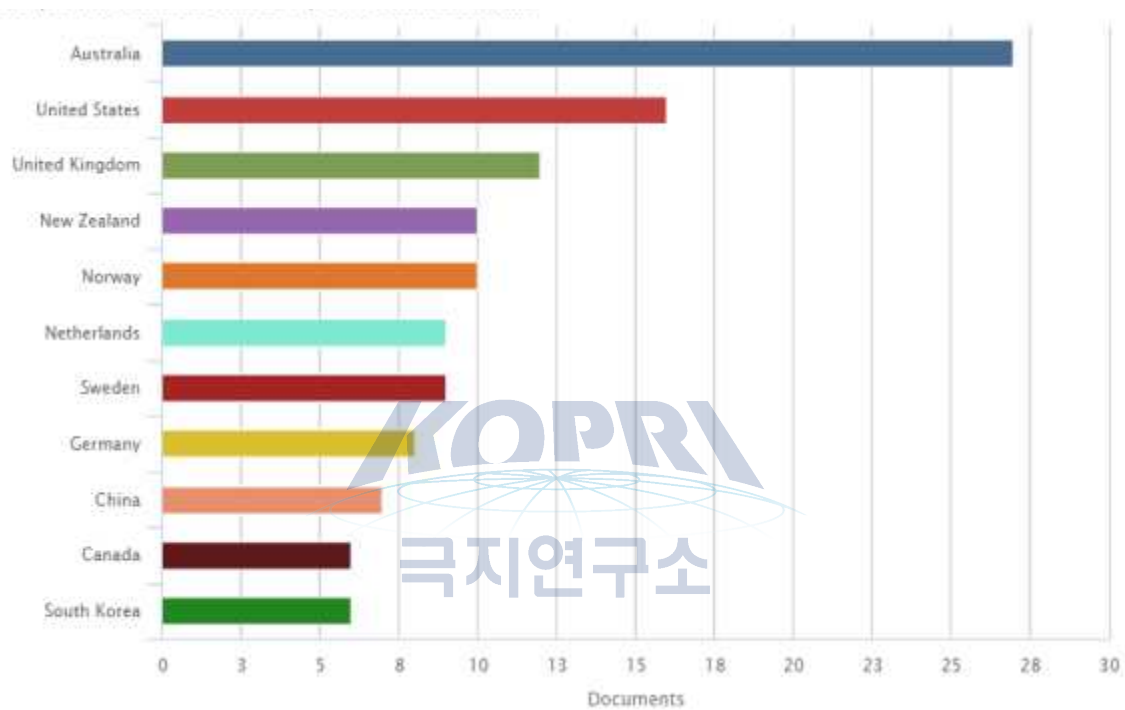
<극지 이끼류 유전체 및 단백질체 관련 주요 연구기관 분석>

<극지 이끼류 유전체 및 단백질체 관련 주요 연구기관(Top3) 최신 논문 리스트>

연 번	1	2	3
	Australian National University (호주)	Macquarie University (호주)	University of Waikato (뉴질랜드)
1	New records of three moss species (<i>Ptychostomum pseudotriquetrum</i> , <i>Schistidium antarctici</i> , and <i>Coscinodon lawianus</i>) from the southern Prince Charles Mountains, Mac.Robertson Land, Antarctica (2012) Polar Record	New records of three moss species (<i>Ptychostomum pseudotriquetrum</i> , <i>Schistidium antarctici</i> , and <i>Coscinodon lawianus</i>) from the southern Prince Charles Mountains, Mac.Robertson Land, Antarctica (2012) Polar Record	Molecular support for Pleistocene persistence of the continental Antarctic moss <i>Bryum argenteum</i> (2010) Antarctic Science
2	Plant biodiversity in an extreme environment genetic studies of origins, diversity and evolution in the antarctic (2006) Trends in Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystems: Antarctica as a Global Indicator	Plant biodiversity in an extreme environment genetic studies of origins, diversity and evolution in the antarctic (2006) Trends in Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystems: Antarctica as a Global Indicator	The molecular ecology of antarctic terrestrial and limnetic invertebrates and microbes (2006) Trends in Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystems: Antarctica as a Global Indicator
3	DNA sequencing and genetic diversity of the 18S-26S nuclear ribosomal internal transcribed spacers (ITS) in nine Antarctic moss species (2005) Antarctic Science	DNA sequencing and genetic diversity of the 18S-26S nuclear ribosomal internal transcribed spacers (ITS) in nine Antarctic moss species (2005) Antarctic Science	Dispersal of the moss <i>Campylopus pyriformis</i> on geothermal ground near the summits of Mount Erebus and Mount Melbourne, Victoria Land, Antarctica (2001) Antarctic Science
4	High levels of genetic variability in the moss <i>Ceratodon purpureus</i> from continental Antarctica, subantarctic Heard and Macquarie Islands, and Australasia (2004) Polar Biology	High levels of genetic variability in the moss <i>Ceratodon purpureus</i> from continental Antarctica, subantarctic Heard and Macquarie Islands, and Australasia (2004) Polar Biology	Genetic diversity in the moss <i>Hennediella heimii</i> in Miers Valley, southern Victoria Land, Antarctica (1999) Polar Biology
5	Genetic diversity in the moss <i>Pohlia nutans</i> on geothermal ground of Mount Rittmann, Victoria Land, Antarctica (2002) Polar Biology	Dispersal of the moss <i>Campylopus pyriformis</i> on geothermal ground near the summits of Mount Erebus and Mount Melbourne, Victoria Land, Antarctica (2001) Antarctic Science	Genetic variation and dispersal of <i>Bryum argenteum</i> and <i>Hennediella heimii</i> populations in the Garwood Valley, southern Victoria Land, Antarctica (1998) Antarctic Science
6	Dispersal of the moss <i>Campylopus pyriformis</i> on geothermal ground near the summits of Mount Erebus and Mount Melbourne, Victoria Land, Antarctica (2001) Antarctic Science	Genetic diversity, mutagenesis and dispersal of Antarctic mosses - A review of progress with molecular studies (2000) Antarctic Science	High levels of RAPD diversity in the moss <i>Bryum argenteum</i> in Australia, New Zealand, and Antarctica (1998) Bryologist
7	Genetic diversity, mutagenesis and dispersal of Antarctic mosses - A review of progress with molecular studies (2000) Antarctic Science	Genetic diversity and dispersal of the moss <i>Sarconeureum glaciale</i> on Ross Island, East Antarctica (1999) Molecular Ecology	RAPD profiling of genetic diversity in two populations of the moss <i>Ceratodon purpureus</i> in Victoria Land, Antarctica (1998) Polar Biology
8	Genetic diversity and dispersal of the moss <i>Sarconeureum glaciale</i> on Ross Island, East Antarctica (1999) Molecular Ecology	RAPD analysis of genetic variation and dispersal of the moss <i>Bryum argenteum</i> in Ross Island and Victoria Land, Antarctica (1999) Polar Biology	Genetic variation in antarctic populations of the moss <i>Sarconeureum glaciale</i> (1997) Polar Biology

- 해당 분야 주요 연구국가 분석

> 극지 이끼류 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('81~'16년) 총 97건 중 호주에서 27건으로 가장 많은 수의 논문을 발표하였고, 그 뒤를 이어 미국에서 16건, 영국에서 12건, 뉴질랜드 및 노르웨이에서 각 10건의 논문을 발표하였으며, 한국에서는 6건의 논문을 발표한 것으로 조사됨



<극지 이끼류 유전체 및 단백질체 관련 주요 연구국가 분석>

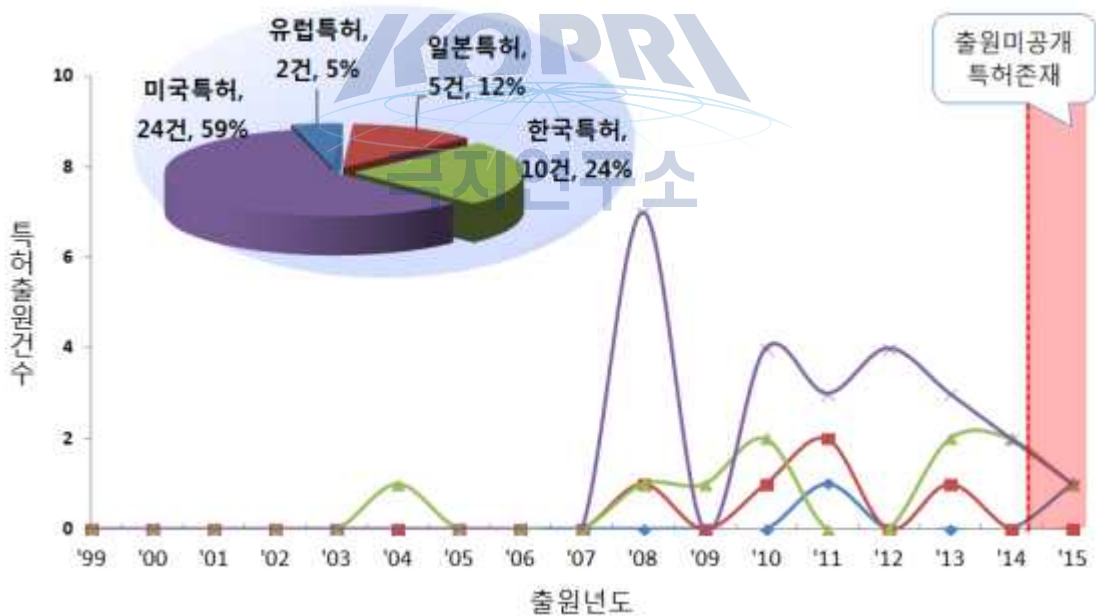
○ 조류(Algae)

• 극지 조류 유전체 및 단백질 관련 특허동향 분석

- 국가별 특허동향 분석

> 극지 조류 유전체 및 단백질 관련 기술 분야의 전체적인 특허동향을 살펴보면, 2004년도에 한국에서 처음으로 1건의 특허 출원이 이루어졌고, 2008년부터 현재까지 등락을 반복하며 소수의 특허 출원이 이루어지고 있으며, 미국의 경우 2008년에 급격히 많은 수의 출원이 이루어졌고, 2010년부터 꾸준한 출원 활동을 보이고 있음

> 국가별 점유율은 미국특허가 가장 많은 특허출원 건수(24건)를 보였고, 59%의 점유율을 차지하고 있어 해당 기술 분야에서 미국이 기술 흐름을 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 이 외에 한국(24%), 일본(12%), 유럽(5%) 순으로 나타남



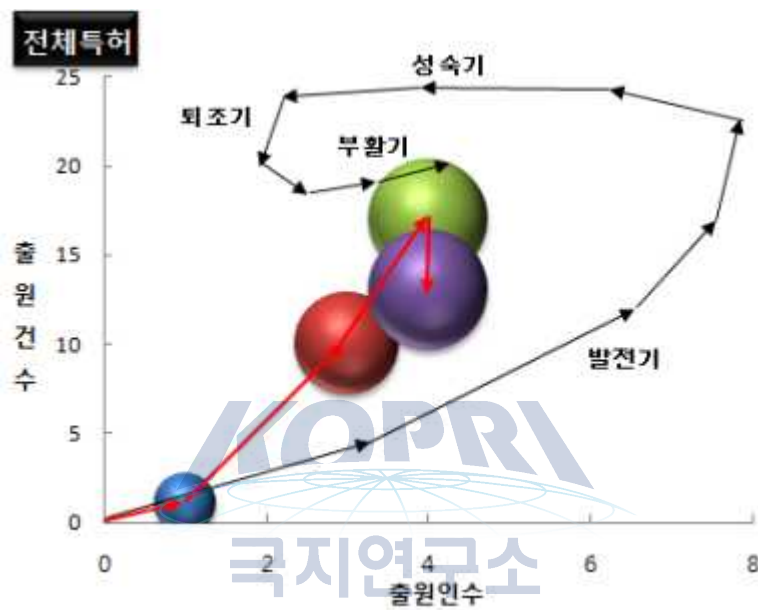
<극지 조류 유전체 및 단백질 관련 분야 연도별 특허출원>

- 포트폴리오로 본 기술 분야의 위치

> 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보기 위하여, 전체 특허를 대상으로 포트폴리오 분석을 실시하였음

> 극지 조류 유전체 및 단백질 관련 기술 분야에 대한 기술주기 변화를 살펴보

면, '04~'06년에서 '07~'09년 구간을 거쳐 '10~'12년 구간까지 전체특허동향은 기술혁신의 주체인 출원인수와 기술혁신의 결과인 출원건수가 동시에 급격히 증가하다가 '13~'15년에 이르면서 출원건수가 다소 감소하였으나, 특허 출원 이후 1년 6개월이 지나야 공개되는 점을 감안하는 경우, 미공개 된 출원건수가 더 존재할 것으로 예상되는 바, 해당 기술은 포트폴리오 기본 모델에서 발전기 유지 또는 성숙기에 해당하는 것으로 분석됨



<포트폴리오로 본 극지 조류 유전체 및 단백질 기술 분야의 위치>

분석구간 : '04~'06, '07~'09, '10~'12, '13~'15(출원년도)

- 주요 출원인별 분석

- > 극지 조류 유전체 및 단백질 관련 기술에 대한 주요출원인으로는 SOLAZYME INC(미국), 삼성전자 주식회사(한국), 한양대학교 산학협력단(한국), UNIVERSITY OF STIRLING(영국), UNIVERSITY OF TEXAS(미국) 등이 있음
- > 특이점은 주요 출원인 가운데 SOLAZYME INC의 경우 자국뿐만 아니라 한국과 일본에서도 출원활동을 진행하였고, 삼성전자 주식회사 및 한양대학교 역시 미국과 유럽에도 특허를 출원하였음

<극지 조류 유전체 및 단백질체 관련 분야 각국의 주요 기술개발 주체>

순위	한국		일본		미국		유럽	
	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수
1	한국해양과학기술원	2	SOLAZYME INC	2	SOLAZYME INC	9	삼성전자 주식회사	1
2	삼성전자 주식회사	2	QUANTIBA CT A/S	1	삼성전자 주식회사	3	한양대학교 산학협력단	1
3	한양대학교 산학협력단	2	SRS ENERGY	1	UNIVERSITY OF STIRLING	2	TSINGHUA UNIVERSITY	1
4	SOLAZYM E INC	1	SUCHI KOICHI	1	UNIVERSITY OF TEXAS	2		
5	강재신	1			한양대학교 산학협력단	1		
6	디아그논우 베	1			TSINGHUA UNIVERSITY	1		
7	코벤하른스 유니버시티 트	1			MATIS OHF	1		
8	한국해양연 구원	1			NOVOZYMES AS	1		
9					SMARTFLOW TECHNOLOGIE S INC	1		
10					United States of America as Represented by the Administrat or of the National Aeronautics & Space	1		

- 극지 조류 유전체 및 단백질 관련 논문동향 분석

- 연도별 논문 발표 추이 분석

> 극지 조류 유전체 및 단백질 관련 기술 분야의 연구동향을 살펴보면, 그래프에는 나타나지 않았으나 1981년도에 1건의 논문이 발표되었고, 1995년 이후 다소 등락의 반복이 있으나 전체적으로 증가하는 추세를 보이며 논문 발표가 지속적으로 진행되었고, 특히 2010년에서 2015년 사이에 가장 많이 발표된 것으로 나타남



<극지 조류 유전체 및 단백질 관련 연도별 논문 발표 추이>

- 학술지별 연구동향 분석

> 극지 조류 유전체 및 단백질 관련 발표 논문('81~'16년) 총 415건 중 44건이 Polar Biology에서 발표되었고, 29건이 Journal of phycology에서 발표되었으며, Marine Ecology Progress Series에서 14건, European Journal of Phycology 및 Phycologia에서 각 10건이 발표된 것으로 나타남

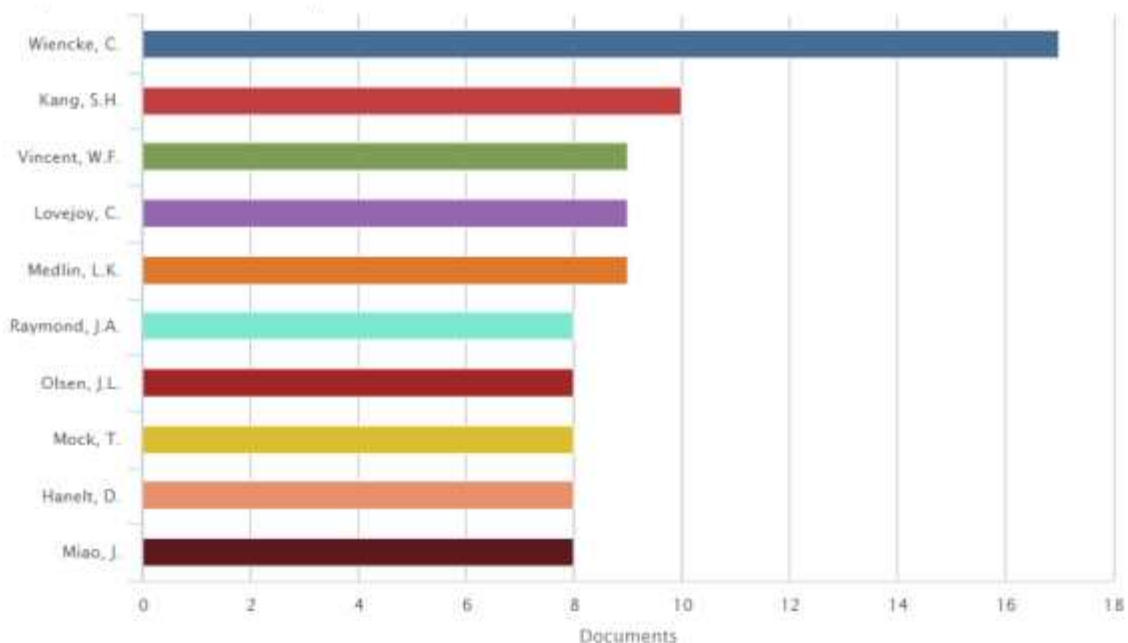
<극지 조류 유전체 및 단백질체 관련 분야 학술지별 연구동향>

학술지명	발표 논문수
Polar Biology	44
Journal of Phycology	29
Marine Ecology Progress Series	14
European Journal of Phycology	10
Phycologia	10

- 해당 분야 주요 저자 분석

> 극지 조류 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('81~'16년) 총 415건 중 Wiencke, C.(Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, 독일)가 17건으로 가장 많은 논문을 발표하였고, 그 뒤를 이어 Kang, S.H.(극지연구소, 한국)가 10건의 논문을 발표하였으며, Vincent, W.F.(Universite Laval, 캐나다) 및 Lovejoy, SC.(Universite Laval, 캐나다)가 각각 9건을 발표한 것으로 조사됨

> 특이점으로는 극지 조류 유전체 및 단백질체 관련 기술 분야의 주요 저자 10인 중 상위권이 2위 및 9위에 각각 우리나라가 포함되어 있으며, 극지연구소에서는 남극 또는 북극에 존재하는 조류의 결빙방지단백질 및 DNA 분석 등에 대한 논문을 다수 발표하였고, 한양대 역시 남극 조류의 결빙방지단백질과 관련된 연구를 주로 진행하고 있음



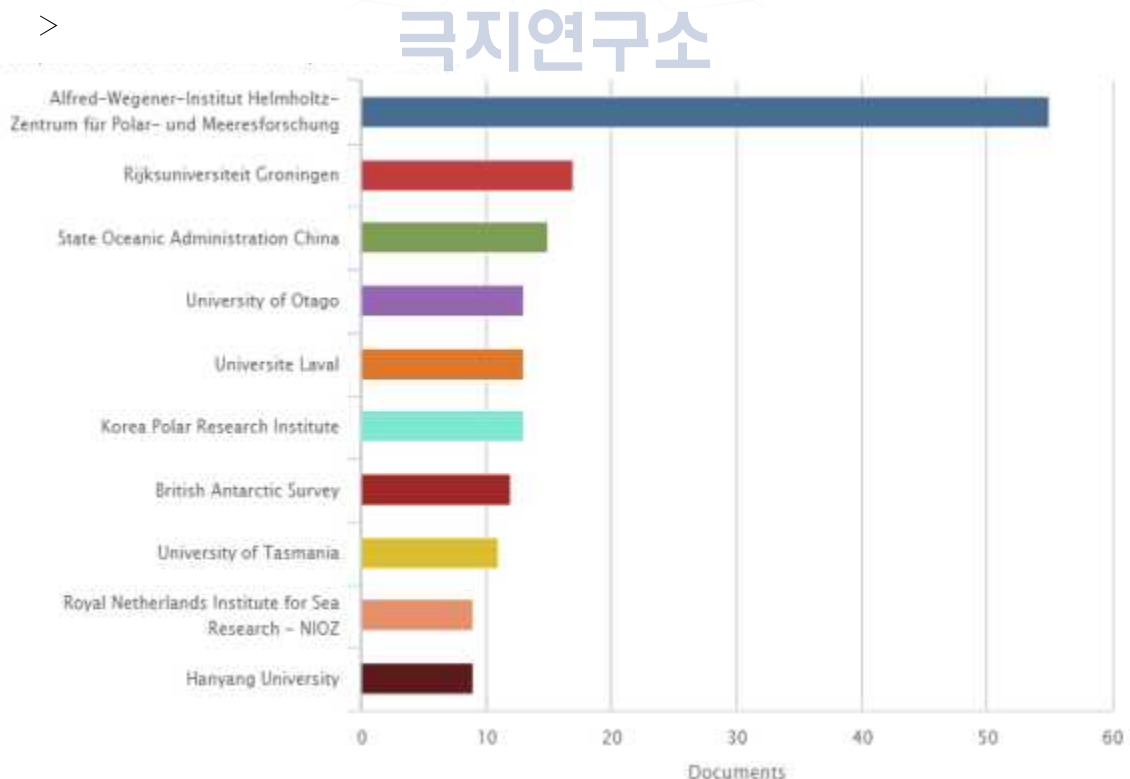
<극지 조류 유전체 및 단백질체 관련 주요 저자 분석>

- 해당 분야 주요 연구기관 분석

> 극지 조류 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('81~'16년) 총 415건 중 Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung(독일)에서 55건으로 가장 많은 수의 논문을 발표하였고, 그 뒤를 이어 Rijksuniversiteit Groningen(네덜란드)에서 17건, State Oceanic Administration China(중국)에서 15건의 논문을 발표하였으며, University of Otago(뉴질랜드), University of Laval(캐나다) 및 극지연구소(한국)에서 각각 13건의 논문을 발표한 것으로 조사됨

> 특이점으로 해당 기술 분야에서 가장 많은 연구를 진행한 Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung는 앞서 분석한 주요 저자 중 1위인 Wiencke, C.가 속한 기관이며, 남극 및 북극에 서식하는 조류의 자외선, 온도, 이산화탄소 등의 환경적 스트레스에 따른 DNA 및 방어 기작에 관한 논문을 다수 발표하였고, 또한 식물플랑크톤, 조류 등의 퇴적층에 대한 DNA를 분석하여 환경 변화에 따른 조류의 유전적 변화 등에 대한 연구도 진행하고 있는 것으로 나타남

>



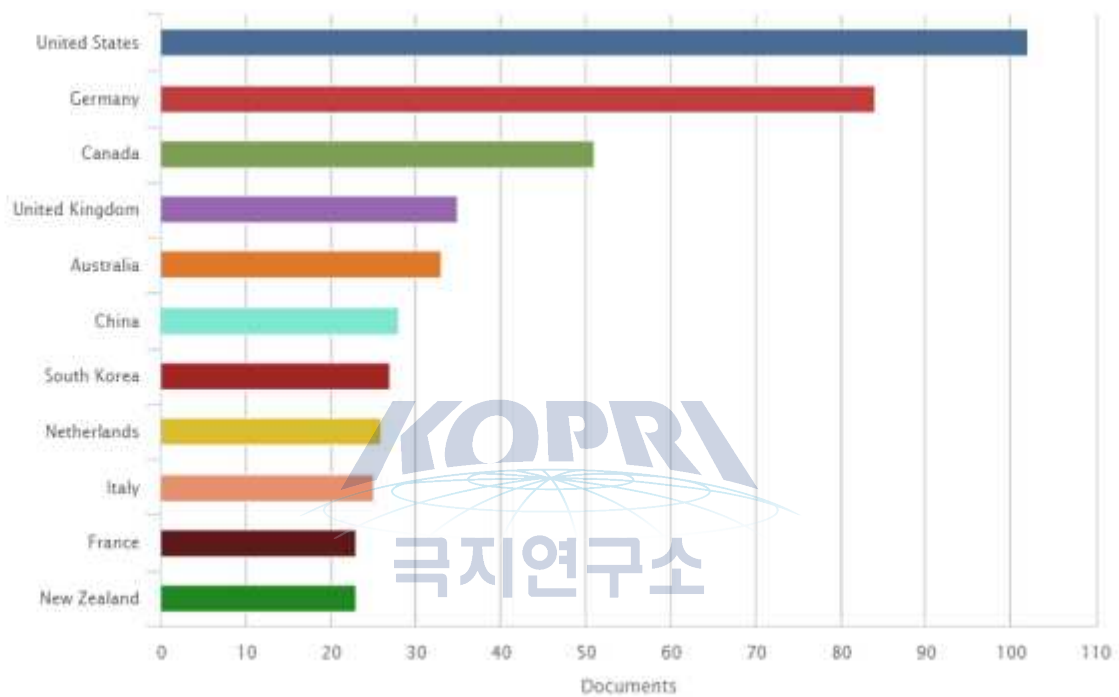
<극지 조류 유전체 및 단백질체 관련 주요 연구기관 분석>

<극지 조류 유전체 및 단백질체 관련 주요 연구기관(Top3) 최신 논문 리스트>

	1	2	3
연 번	Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (독일)	Rijksuniversiteit Groningen (네덜란드)	State Oceanic Administration China (중국)
1	Genetic data from algae sedimentary DNA reflect the influence of environment over geography (2015) Scientific Reports	Springtime phytoplankton dynamics in Arctic Krossfjorden and Kongsfjorden (Spitsbergen) as a function of glacier proximity (2014) Biogeosciences	Molecular diversity of microbial eukaryotes in sea water from Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica (2015) Polar Biology
2	Lake sediment multi-taxon DNA from North Greenland records early post-glacial appearance of vascular plants and accurately tracks environmental changes (2015) Quaternary Science Reviews	Climate change impact on seaweed meadow distribution in the North Atlantic rocky intertidal (2013) Ecology and Evolution	Reference genes for gene expression normalization in Chlamydomonas sp. ICE-L by quantitative real-time RT-PCR (2015) Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology
3	Protists in the polar regions: Comparing occurrence in the Arctic and Southern oceans using pyrosequencing (2015) Polar Research	Trans-Pacific and trans-Arctic pathways of the intertidal macroalga Fucus distichus L. reveal multiple glacial refugia and colonizations from the North Pacific to the North Atlantic (2011) Journal of Biogeography	Dominance of picophytoplankton in the newly open surface water of the central Arctic Ocean (2015) Polar Biology
4	The other krill: Overwintering physiology of adult Thysanoessa inermis (Euphausiacea) from the high-Arctic Kongsfjord (2015) Aquatic Biology	Can photoinhibition control phytoplankton abundance in deeply mixed water columns of the Southern Ocean? (2010) Limnology and Oceanography	Expression of fatty acid desaturase genes and fatty acid accumulation in Chlamydomonas sp. ICE-L under salt stress (2013) Bioresource Technology
5	Genetic diversity in the moss Pohlia nutans on geothermal ground of Mount Rittmann, Victoria Land, Antarctica (2002) Polar Biology	A comparison of quantitative and qualitative superoxide dismutase assays for application to low temperature microalgae (2007) Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology	Temperature regulates fatty acid desaturases at a transcriptional level and modulates the fatty acid profile in the Antarctic microalga Chlamydomonas sp. ICE-L (2013) Bioresource Technology
6	Picoeukaryote plankton composition off West Spitsbergen at the entrance to the Arctic Ocean (2014) The Journal of eukaryotic microbiology	Convergent adaptation to a marginal habitat by homoploid hybrids and polyploid ecads in the seaweed genus Fucus (2006) Biology Letters	Analysis of ΔpH and the xanthophyll cycle in NPQ of the Antarctic sea ice alga Chlamydomonas sp. ICE-L (2013) Extremophiles
7	Picoeukaryote Plankton Composition off West Spitsbergen at the Entrance to the Arctic Ocean (2014) Journal of Eukaryotic Microbiology	PAR acclimation and UVBR-induced DNA damage in Antarctic marine microalgae (2006) Marine Ecology Progress Series	Validation of housekeeping genes for gene expression studies in an ice alga Chlamydomonas during freezing acclimation (2012) Extremophiles
8	Springtime phytoplankton dynamics in Arctic Krossfjorden and Kongsfjorden (Spitsbergen) as a function of glacier proximity (2014) Biogeosciences	Origin of Fucus serratus (Heterokontophyta; Fucaceae) populations in Iceland and the Faroes: A microsatellite-based assessment (2006) European Journal of Phycology	Molecular cloning and expression analysis of glutathione reductase gene in Chlamydomonas sp. ICE-L from Antarctica (2012) Marine Genomics

- 해당 분야 주요 연구 국가 분석

> 극지 조류 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('81~'16년) 총 415건 중 미국에서 102건으로 가장 많은 수의 논문을 발표하였고, 그 뒤를 이어 독일에서 84건, 캐나다에서 51건, 영국에서 35건, 호주에서 33건의 논문을 발표하였으며, 한국에서는 27건의 논문을 발표한 것으로 조사됨



<극지 조류 유전체 및 단백질체 관련 주요 연구국가 분석>

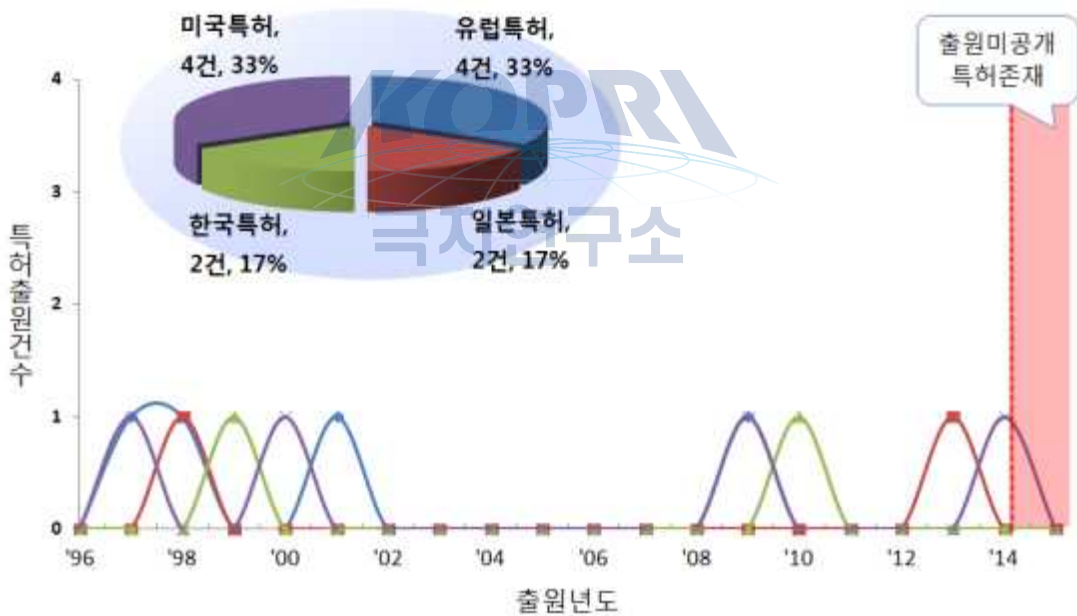
○ 지의류(Lichen)

• 극지 지의류 유전체 및 단백질 관련 특허동향 분석

- 국가별 특허동향 분석

> 극지 지의류 유전체 및 단백질 관련 기술 분야의 전체적인 특허동향을 살펴보면, 1997년도에 미국과 유럽에서 첫 특허 출원이 나타났고, 2001년까지 소수의 특허출원이 이루어졌으며, 이후 출원활동이 이루어지지 않다가 2009년부터 다시 특허 출원이 미미하게 이루어지고 있음

> 국가별 점유율은 미국특허와 유럽특허가 각각 4건, 33%로 가장 많은 특허출원 건수 및 점유율을 보였고, 이 외에 한국과 일본이 각각 2건(17%)의 특허를 출원한 것으로 나타남



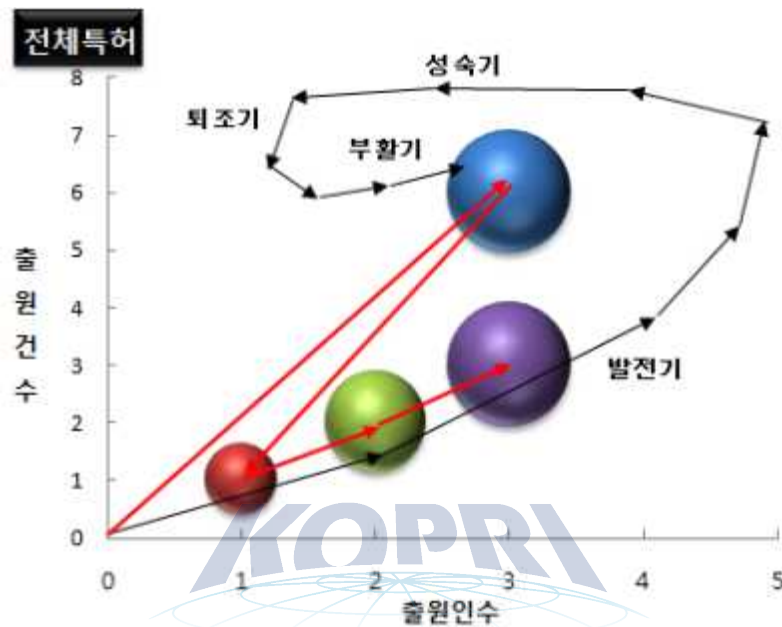
<극지 지의류 유전체 및 단백질 관련 분야 연도별 특허>

- 포트폴리오로 본 기술 분야의 위치

> 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보기 위하여, 전체 특허를 대상으로 포트폴리오 분석을 실시하였음

> 극지 지의류 유전체 및 단백질 관련 기술 분야에 대한 기술주기 변화를 살펴

보면, '97~'00년에서 '01~'04년 구간에 이를 때 출원인수와 출원건수가 동시에 감소하였다가 '05~'09년 구간을 거쳐 '10~'14년에 이르면서 출원인수와 출원건수가 동시에 점차 증가하는 경향을 보이고 있어, 해당 기술은 포트폴리오 기본 모델에서 발전기에 해당하는 것으로 분석됨



<포트폴리오로 본 극지 지의류 유전체 및 단백질 기술 분야의 위치>

분석구간 : '97~'00, '01~'04, '05~'09, '10~'14(출원년도)

- 주요 출원인별 분석

- > 극지 지의류 유전체 및 단백질 관련 기술에 대한 주요출원인으로는 UNILEVER N.V.(네덜란드), GOOD HUMOR BRYERS ICE CREAM(미국), UNILEVER PLC(영국), 한국해양기술과학원(한국) 등이 있음
- > 특이점은 주요 출원인 가운데 유럽 국적의 출원인이 과반수를 차지하고 있었고, 다수의 출원인이 자국 중심의 출원활동을 보이고 있으나, UNILEVER N.V.의 경우 자국뿐만 아니라 한국과 일본에서도 출원을 하였음

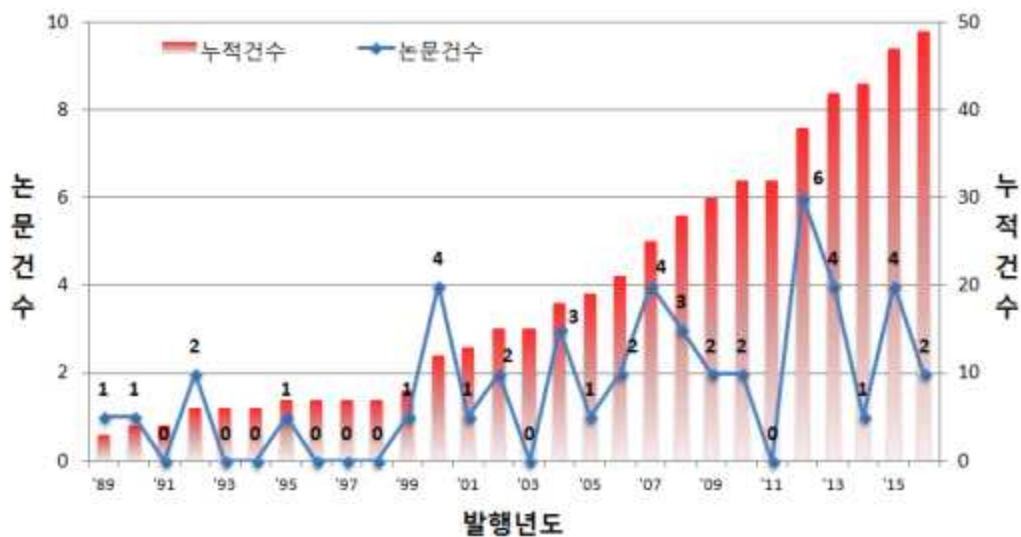
<극지 지의류 유전체 및 단백질체 관련 분야 각국의 주요 기술개발 주체>

순위	한국		일본		미국		유럽	
	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수
1	한국해양과학기술원	1	SUCHI KOICHI	1	GOOD HUMOR BRYERS ICE CREAM	2	UNILEVER N.V.	3
2	UNILEVER N.V.	1	UNILEVER N.V.	1	CROWTHER; Damian C.	1	UNILEVER PLC	3
3					DAKOCYTOM ATION DENMARK AS	1	Deinove	1
4							Centre National de la Recherche Scientifique	1

• 극지 지의류 유전체 및 단백질체 관련 논문동향 분석

- 연도별 논문 발표 추이 분석

> 극지 지의류 유전체 및 단백질체 관련 기술 분야의 연구동향을 살펴보면, 1989년도에 1건의 논문이 발표되었고, 1990년대에는 논문 발표가 거의 이루어지지 않다가 1999년 이후 등락을 반복하며 논문 발표가 비교적 지속적으로 진행되고 있으며, 2012년에 가장 많은 논문이 발표된 것으로 나타남



<극지 지의류 유전체 및 단백질체 관련 연도별 논문 발표 추이>

- 학술지별 연구동향 분석

> 극지 지의류 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('89~'16년) 총 47건 중 6건이 Lichenologist에서 발표되었고, Antarctic Science에서 3건, Cryobiology, Mycological Research 및 Polar Biology에서 각 2건의 논문이 발표된 것으로 나타남

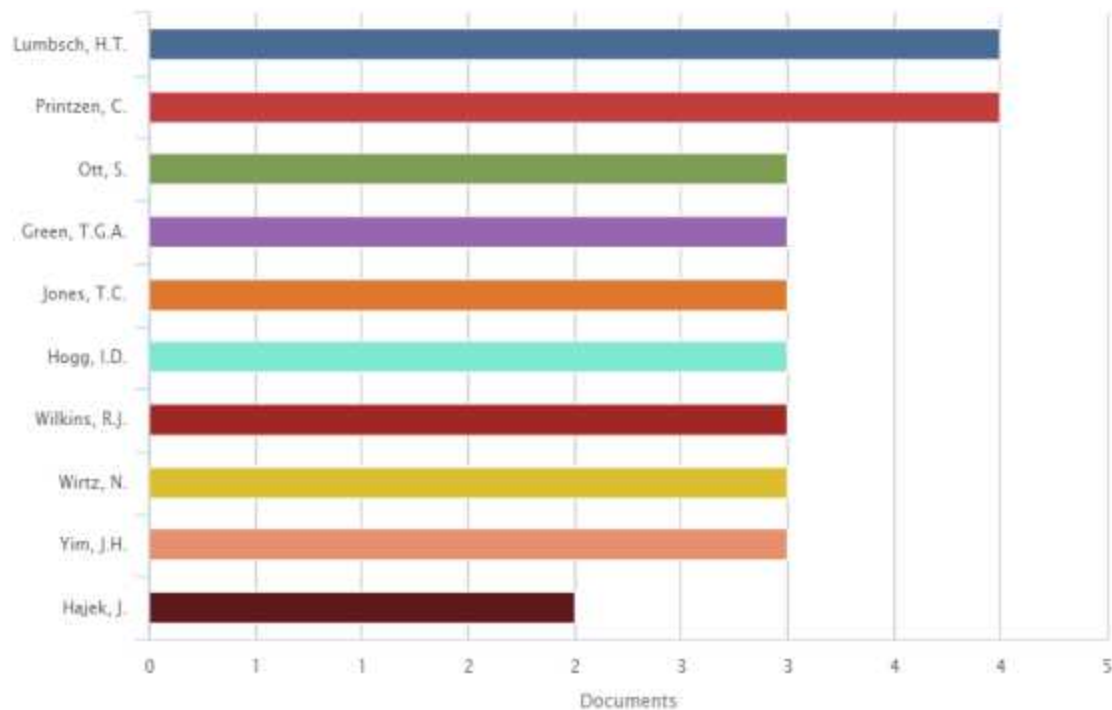
<극지 조류 유전체 및 단백질체 관련 분야 학술지별 연구동향>

학술지명	발표 논문수
Lichenologist	6
Antarctic Science	3
Cryobiology	2
Mycological Research	2
Polar Biology	2

- 해당 분야 주요 저자 분석

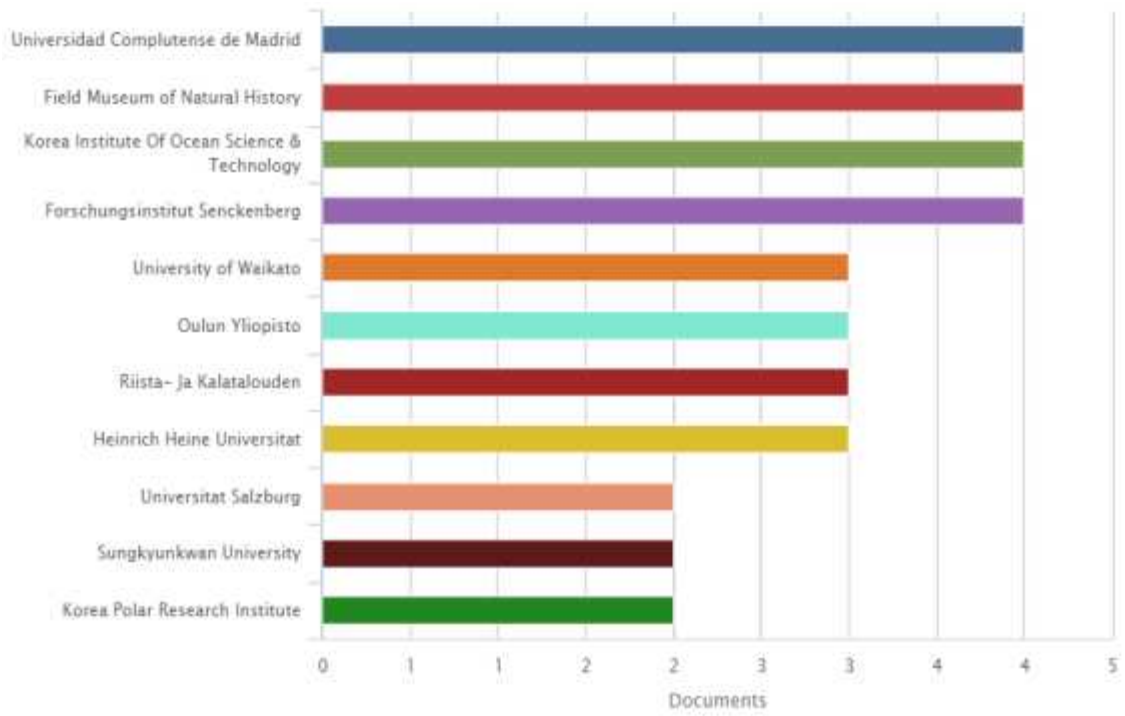
> 극지 지의류 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('89~'16년) 총 47건 중 Lumbsch, H.T.(Field Museum of Natural History, 미국) 및 Printzen, C.(Forschungsinstitut Senckenberg, 독일)가 각각 4건으로 가장 많은 논문을 발표하였고, 그 뒤를 이어 Ott, S.(Heinrich Heine Universität, 독일), Green, T.G.A.(University of Waikato, 뉴질랜드), Yim, J.H.(한국해양과학기술원, 한국) 등이 각각 3건의 논문을 발표한 것으로 조사됨

> 특이점으로는 극지 지의류 유전체 및 단백질체 관련 기술 분야의 주요 저자 10인 중 공동 1위인 Lumbsch, H.T.와 Printzen, C.는 서로 협연하여 논문을 발표하기도 하였고, 남극 또는 북극에 서식하는 지의류 종간의 DNA 분석을 통하여 계통발생, 분자시계 등에 대한 연구와 극지 지의류의 유전적 다양성에 관련된 연구를 진행하여 이에 대한 논문을 발표하였음



<극지 지의류 유전체 및 단백질체 관련 주요 저자 분석>

- 해당 분야 주요 연구기관 분석
- > 극지 지의류 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('89~'16년) 총 47건 중 Universidad Complutense de Madrid(스페인), Field Museum of Natural History(미국), 한국해양과학기술원(한국) 및 Forschungsinstitut Senckenberg(독일)에서 각각 4건으로 가장 많은 수의 논문을 발표하였고, 그 뒤를 이어 University of Waikato(뉴질랜드), Oulun Yliopisto(핀란드) 등이 각각 3건의 논문을 발표한 것으로 조사됨
- > 특이점으로 해당 기술 분야에서 가장 많은 연구를 진행한 Field Museum of Natural History와 Forschungsinstitut Senckenberg는 앞서 분석한 주요 저자 중 공동 1위인 Lumbsch, H.T.와 Printzen, C.가 각각 속한 기관이며, Universidad Complutense de Madrid는 남극의 특정 지의류의 초위성체 마커와 지의류의 종류에 따라 DNA 분석을 통한 공생균체 또는 공생조류의 특성에 관하여 논문을 발표한 것으로 나타났고, 한국해양과학기술원은 극지 지의류 유래 펩타이드와 남극에 서식하는 약 300여종의 지의류 유전자 분석에 대한 연구를 진행하였음



<극지 지의류 유전체 및 단백질체 관련 주요 연구기관 분석>



<극지 지의류 유전체 및 단백질체 관련 주요 연구기관(Top4) 최신 논문 리스트>

연 번	1	2	3	4
	Universidad Complutense de Madrid (스페인)	Field Museum of Natural History (미국)	한국해양과학기술원 (한국)	Forschungsinstitut Senckenberg (독일)
1	Microsatellite analyses of the Antarctic endemic lichen <i>Buellia frigida</i> Darb. (Physciaceae) suggest limited dispersal and the presence of glacial refugia in the Ross Sea region (2015) Polar Biology	The delimitation of Antarctic and bipolar species of neuropogonoid <i>Usnea</i> (Ascomycota, Lecanorales): a cohesion approach of species recognition for the <i>Usnea perpusilla</i> complex (2008) Mycological Research	Inhibition of VCAM-1 expression on mouse vascular smooth muscle cells by lobastin via downregulation of p38, ERK 1/2 and NF- κ B signaling pathways (2016) Archives of Pharmacal Research	Ecophysiology and genetic structure of polar versus temperate populations of the lichen <i>Cetraria aculeata</i> (2013) Oecologia
2	Ecophysiology and genetic structure of polar versus temperate populations of the lichen <i>Cetraria aculeata</i> (2013) Oecologia	Migration between continents: Geographical structure and long-distance gene flow in <i>Porpidia flavicunda</i> (lichen-forming Ascomycota) (2007) Molecular Ecology	Immunomodulatory effects of polar lichens on the function of macrophages in vitro (2009) Marine Biotechnology	Genetic diversity of photobionts in Antarctic lecideoid lichens from an ecological view point (2012) Lichenologist
3	Photobiont selectivity for lichens and evidence for a possible glacial refugium in the Ross Sea Region, Antarctica (2013) Polar Biology	Phylogenetic and morphological analysis of Antarctic lichen-forming <i>Usnea</i> species in the group <i>Neuropogon</i> (2007) Antarctic Science	Stereocalpin A, a bioactive cyclic depsipeptide from the Antarctic lichen <i>Stereocaulon alpinum</i> (2008) Tetrahedron Letters	The delimitation of Antarctic and bipolar species of neuropogonoid <i>Usnea</i> (Ascomycota, Lecanorales): a cohesion approach of species recognition for the <i>Usnea perpusilla</i> complex (2008) Mycological Research
4	Isolation and characterization of microsatellites in the lichen <i>Buellia frigida</i> (physciaceae), an antarctic endemic (2012) American Journal of Botany	Mitochondrial and nuclear ribosomal DNA data do not support the separation of the Antarctic lichens <i>Umbilicaria kappenii</i> and <i>Umbilicaria antarctica</i> as distinct species (2004) Lichenologist	Lichen flora around the Korean Antarctic Scientific Station, King George Island, Antarctic (2006) Journal of Microbiology	Mitochondrial and nuclear ribosomal DNA data do not support the separation of the Antarctic lichens <i>Umbilicaria kappenii</i> and <i>Umbilicaria antarctica</i> as distinct species (2004) Lichenologist

- 해당 분야 주요 연구국가 분석

> 극지 지의류 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('89~'16년) 총 47건 중 독일에
서 11건으로 가장 많은 수의 논문을 발표하였고, 그 뒤를 이어 미국에서 7건,
노르웨이 및 스페인에서 6건의 논문을 발표하였으며, 한국에서도 6건의 논문을
발표한 것으로 조사됨

>



<극지 지의류 유전체 및 단백질체 관련 주요 연구국가 분석>

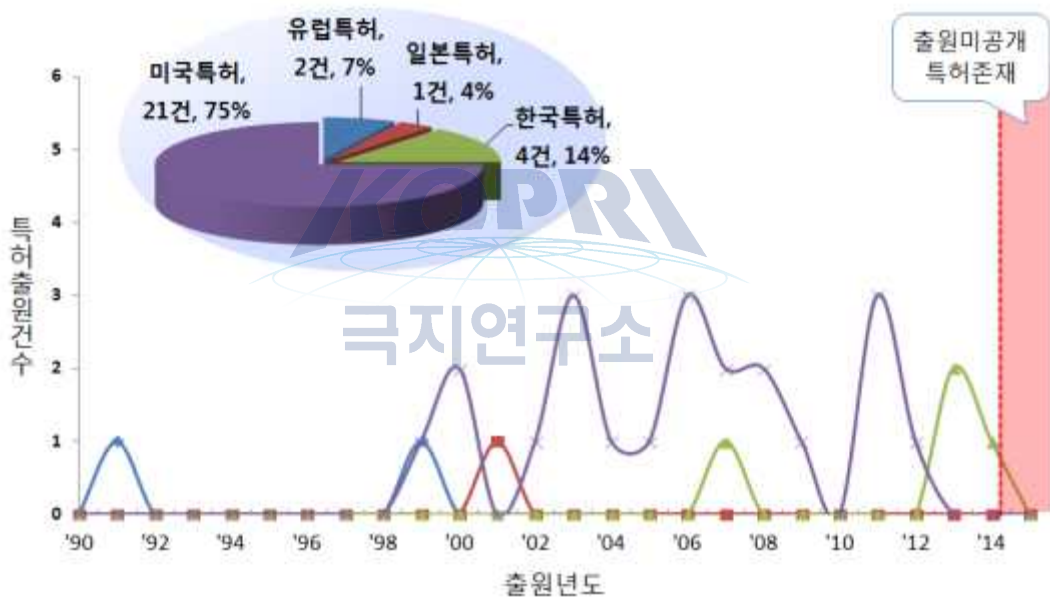
○ 식물(Plant)

• 극지 식물 유전체 및 단백질 관련 특허동향 분석

- 국가별 특허동향 분석

> 극지 식물 유전체 및 단백질 관련 기술 분야의 전체적인 특허동향을 살펴보면, 1991년도에 유럽에서 처음으로 1건의 특허 출원이 이루어졌고, 1999년부터 현재까지 등락을 반복하며 소수의 특허 출원이 이루어지고 있으며, 미국의 경우 2000년대에 타 국가 대비 비교적 활발한 출원 활동이 나타남

> 국가별 점유율은 미국특허가 가장 많은 특허출원 건수(21건)를 보였고, 75%의 점유율을 차지하고 있어 해당 기술 분야에서 미국이 기술 흐름을 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 이 외에 한국(14%), 유럽(7%), 일본(4%) 순으로 나타남

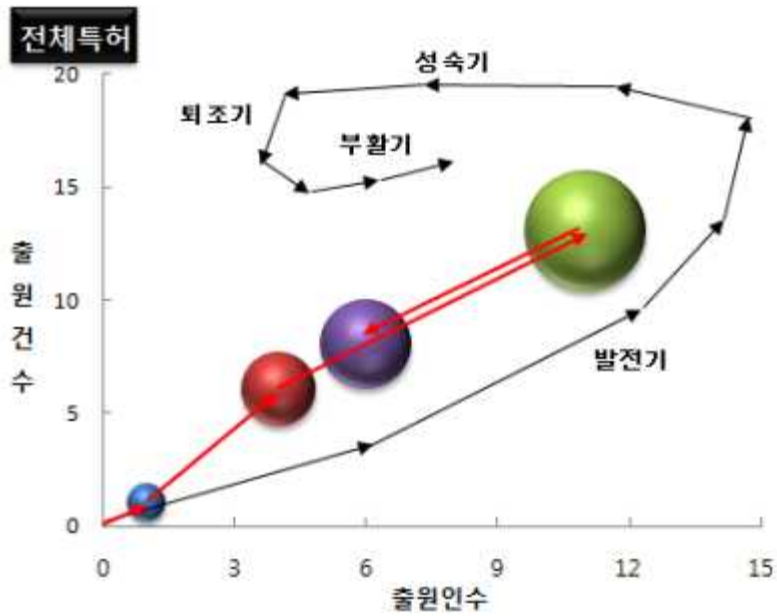


<극지 식물 유전체 및 단백질 관련 분야 연도별 특허출원>

- 포트폴리오로 본 기술 분야의 위치

> 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보기 위하여, 전체 특허를 대상으로 포트폴리오 분석을 실시하였음

> 극지 식물 유전체 및 단백질 관련 기술 분야에 대한 기술주기 변화를 살펴보면, '91~'96년에서 '97~'02년 구간을 거쳐 '03~'08년 구간까지 전체특허동향은 기술혁신의 주체인 출원인수와 기술혁신의 결과인 출원건수가 동시에 급격히 증가하다가 '09~'15년에 이르면서 출원인수 및 출원건수가 모두 감소하는 경향을 보이고 있어 퇴조기에 접어들고 있는 것으로 분석됨



<포트폴리오로 본 극지 식물 유전체 및 단백질 기술 분야의 위치>

분석구간 : '91~'96, '97~'02, '03~'08, '09~'15(출원년도)

- 주요 출원인별 분석

> 극지 식물 유전체 및 단백질 관련 기술에 대한 주요출원인으로는 VITROGEN SA(칠레), DANISCO AS(덴마크), 한국해양과학기술원(한국), AGRICULTURE VICTORIA SERVICES PTY LTD(호주) 등이 있음

> 특이점은 한국은 자국기업에 의해 특허출원이 이루어진 반면, 미국, 유럽, 일본은 다국적 기업 중심의 출원활동을 보이고 있고, 주요 출원인 가운데 DANISCO AS의 경우 자국뿐만 아니라 미국에서도 특허를 출원하였음

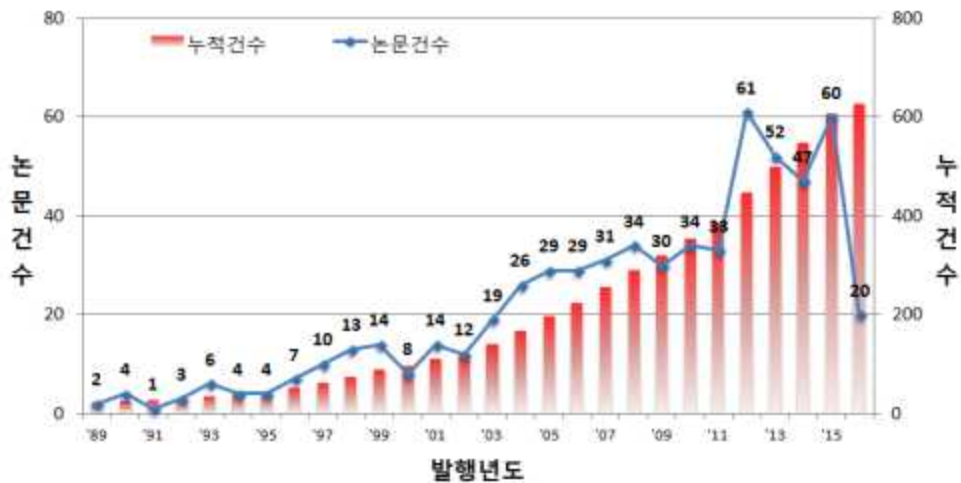
<극지 식물 유전체 및 단백질 관련 분야 각국의 주요 기술개발 주체>

순위	한국		일본		미국		유럽	
	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수
1	한국해양과학기술원	3	HERCULES INC	1	VITROGEN SA	5	DANISCO AS	1
2	주식회사 에스티씨나라	1			DANISCO AS	2	THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA	1
3					AGRICULTURE VICTORIA SERVICES PTY LTD	2		
4					HERCULES INC	1		

• 극지 식물 유전체 및 단백질 관련 논문동향 분석

- 연도별 논문 발표 추이 분석

> 극지 식물 유전체 및 단백질 관련 기술 분야의 연구동향을 살펴보면, 그래프에는 나타나지 않았으나 1981년도에 처음으로 논문이 발표되었고, 1991년 이후 전반적으로 증가하는 추세를 보이며 논문 발표가 지속적으로 진행되었으며, 특히 2012년에 논문건수가 급증하여 2012년에서 2015년 사이에 가장 많이 발표된 것으로 나타남



<극지 식물 유전체 및 단백질 관련 연도별 논문 발표 추이>

- 학술지별 연구동향 분석

> 극지 식물 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('81~'16년) 총 627건 중 35건이 Molecular Ecology에서 발표되었고, 29건이 American Journal of Botany에서 발표되었으며, Journal of Biogeography에서 22건, Polar Biology에서 19건, Plos One에서 15건이 발표된 것으로 나타남

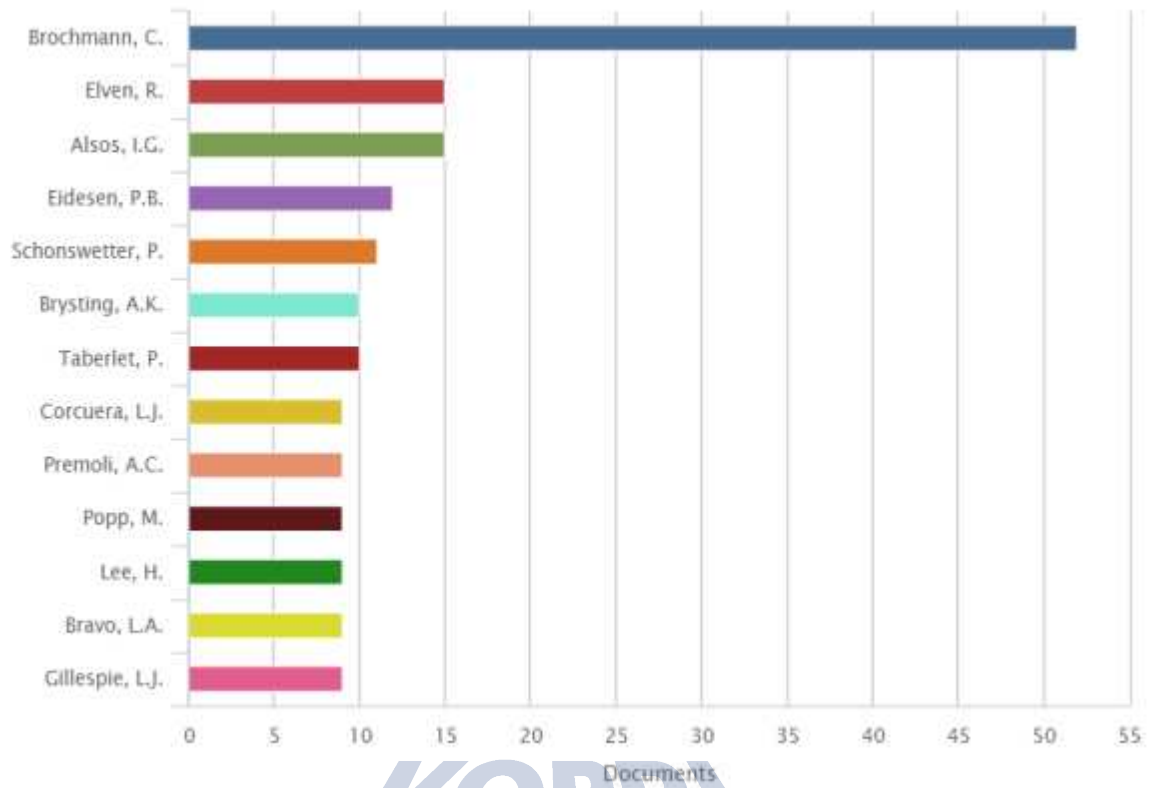
<극지 식물 유전체 및 단백질체 관련 분야 학술지별 연구동향>

학술지명	발표 논문수
Molecular Ecology	35
American Journal of Botany	29
Journal of Biogeography	22
Polar Biology	19
Plos One	15

◆ 해당 분야 주요 저자 분석

> 극지 식물 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('81~'16년) 총 627건 중 Brochmann, C.(Universitetet i Oslo, 노르웨이)가 52건으로 가장 많은 논문을 발표하였고, 그 뒤를 이어 Elven, R.(Universitetet i Oslo, 노르웨이) 및 Alsos, I.G.(Universitetet i Tromso, 노르웨이)가 각각 15건, Eidesen, P.B.(The University Centre in Svalbard, 노르웨이)가 12건의 논문을 발표한 것으로 조사됨

> 특이점으로는 극지 식물 유전체 및 단백질체 관련 기술 분야의 주요 저자 13인 중 상위권은 모두 노르웨이 국적 대학기관 소속의 저자들로, 서로 협연하여 논문을 발표한 경우가 다수 존재하였고, 특히 1위 저자인 Brochmann, C.는 다른 저자들과 비교하여 압도적으로 많은 수의 논문을 발표하였으며, 북극 고산지역 및 퇴적물내 식물의 DNA를 분석을 통한 분자지도, 유전적 다양성, 기후변화에 따른 유전적 특성 등에 관한 연구를 주로 진행한 것으로 나타남

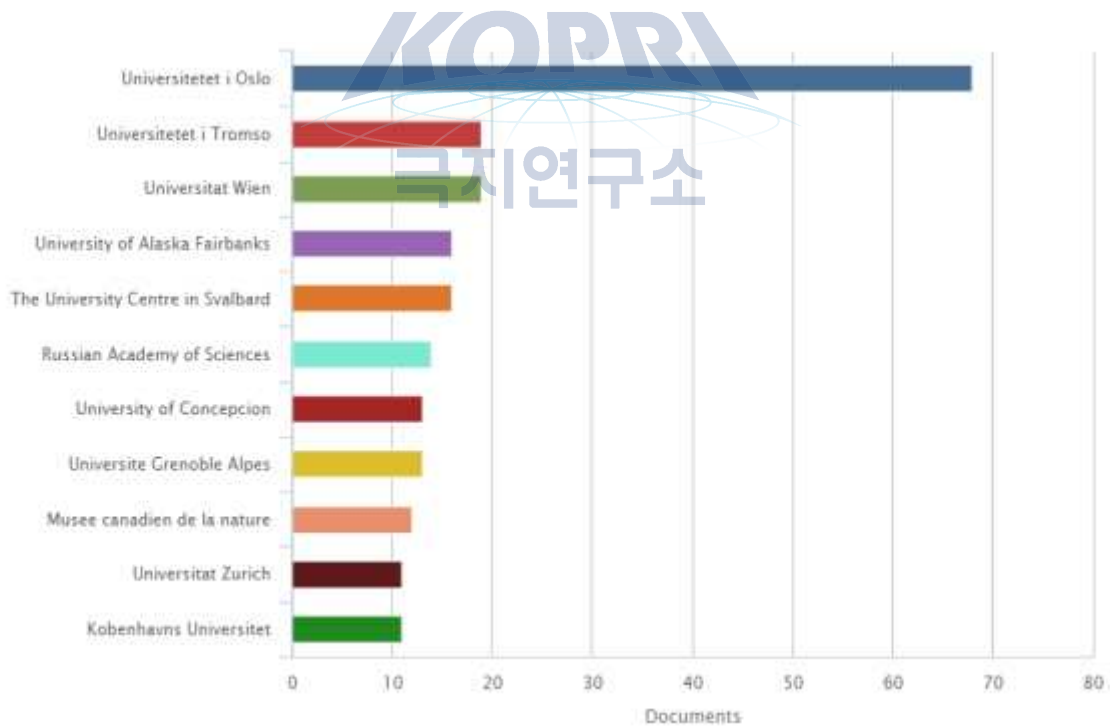


<극지 식물 유전체 및 단백질체 관련 주요 저자 분석>

KOPRI
극지연구소

- 해당 분야 주요 연구기관 분석

- > 극지 식물 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('81~'16년) 총 627건 중 Universitetet i Oslo(노르웨이)에서 68건으로 가장 많은 수의 논문을 발표하였고, 그 뒤를 이어 Universitetet i Tromso(노르웨이) 및 Universitat Wien(오스트리아)에서 각각 19건, University of Alaska Fairbanks(미국) 및 The University Centre in Svalbard(노르웨이)에서 각각 16건의 논문을 발표한 것으로 조사됨
- > 특이점으로 해당 기술 분야에서 가장 많은 연구를 진행한 Universitetet i Oslo는 앞서 분석한 주요 저자 중 1위, 2위 및 8위의 저자들이 속한 기관이며, 다른 상위권에 속하는 연구기관들 역시 Universitetet i Oslo와 마찬가지로 유전체 분석에 의한 극지 식물의 유전적 다양성, 진화적 특성 및 기원에 관한 논문을 다수 발표하였고, Russian Academy of Sciences의 경우에는 극지 식물의 초성체 마커 등에 관한 연구도 진행한 것으로 나타남



<극지 식물 유전체 및 단백질체 관련 주요 연구기관 분석>

<극지 식물 유전체 및 단백질체 관련 주요 연구기관(Top3) 최신 논문 리스트>

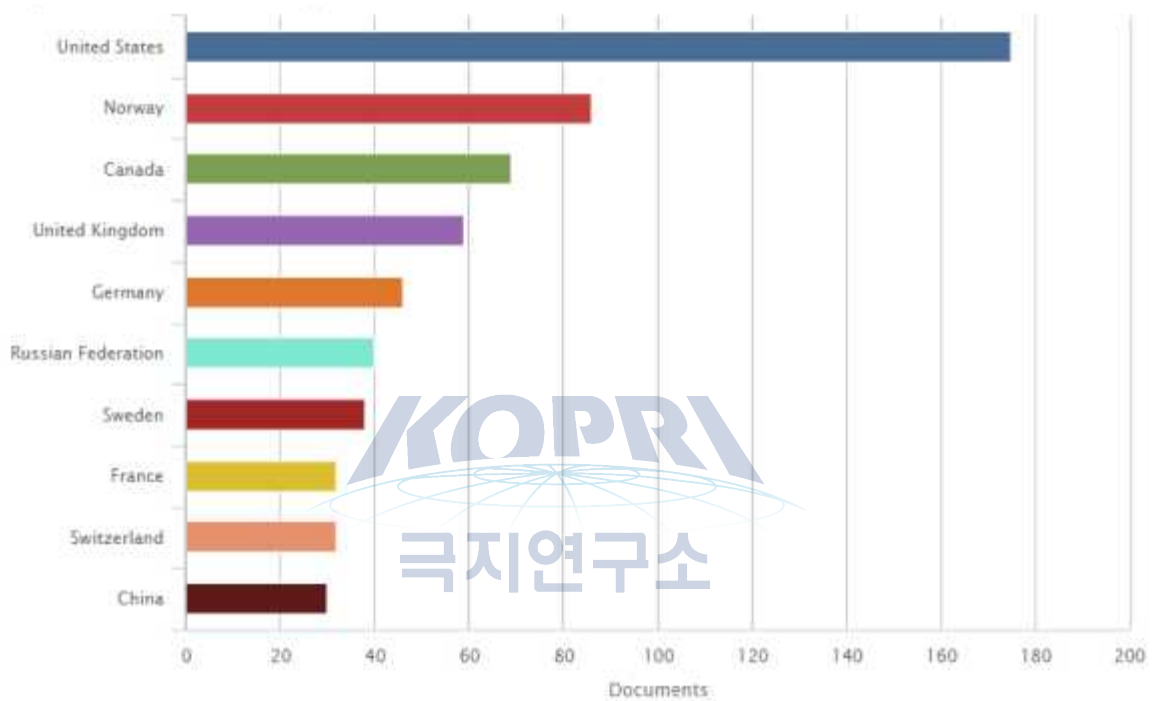
연 번	1	2	3
	Universitetet i Oslo (노르웨이)	Universitetet i Tromso (노르웨이)	Universitat Wien (오스트리아)
1	Past climate-driven range shifts and population genetic diversity in arctic plants (2016) Journal of Biogeography	Past climate-driven range shifts and population genetic diversity in arctic plants (2016) Journal of Biogeography	The origin of unique diversity in deglaciated areas: Traces of Pleistocene processes in north-European endemics from the Galium pusillum polyploid complex (Rubiaceae) (2015) Molecular Ecology
2	Water browning mediates predatory decimation of the Arctic fairy shrimp <i>Branchinecta paludosa</i> (2016) Freshwater Biology	Characterization of 14 microsatellite markers for <i>silene acaulis</i> (Caryophyllaceae) (2015) Applications in Plant Sciences	Phylogenetic relationships and evolution of high mountain buttercups (<i>Ranunculus</i>) in North America and Central Asia (2015) Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics
3	RAD-seq data point to a northern origin of the arctic-alpine genus <i>Cassiope</i> (Ericaceae) (2016) Molecular Phylogenetics and Evolution	Determinants of parasitoid communities of willow-galling sawflies: Habitat overrides physiology, host plant and space (2015) Molecular Ecology	Strong nuclear differentiation contrasts with widespread sharing of plastid DNA haplotypes across taxa in European purple saxifrages (<i>Saxifraga</i> section <i>Porphyron</i> subsection <i>Oppositifoliae</i>) (2013) Botanical Journal of the Linnean Society
4	Thousands of RAD-seq loci fully resolve the phylogeny of the highly disjunct arctic-alpine genus <i>Diapensia</i> (Diapensiaceae) (2015) PLoS ONE	Fifty thousand years of Arctic vegetation and megafaunal diet (2014) Nature	Diversity and endemism in deglaciated areas: Ploidy, relative genome size and niche differentiation in the <i>Galium pusillum</i> complex (Rubiaceae) in Northern and Central Europe (2013) Annals of Botany
5	Characterization of 14 microsatellite markers for <i>silene acaulis</i> (Caryophyllaceae) (2015) Applications in Plant Sciences	Genetic roadmap of the Arctic: Plant dispersal highways, traffic barriers and capitals of diversity (2013) New Phytologist	Tetraploids do not form cushions: Association of ploidy level, growth form and ecology in the High Arctic <i>Saxifraga oppositifolia</i> L. S. Lat. (Saxifragaceae) in Svalbard (2013) Polar Research
6	Vicariance, long-distance dispersal, and regional extinction-recolonization dynamics explain the disjunct circumpolar distribution of the arctic-alpine plant <i>Silene acaulis</i> (2015) American Journal of Botany	Arctic Small Rodents Have Diverse Diets and Flexible Food Selection (2013) PLoS ONE	The extreme disjunction between Beringia and Europe in <i>Ranunculus glacialis</i> s. l. (Ranunculaceae) does not coincide with the deepest genetic split - A story of the importance of temperate mountain ranges in arctic-alpine phylogeography (2012) Molecular Ecology

7	<p>The origin of unique diversity in deglaciated areas: Traces of Pleistocene processes in north-European endemics from the <i>Galium pusillum</i> polyploid complex (Rubiaceae) (2015) <i>Molecular Ecology</i></p>	<p>Germinating seeds or bulbils in 87 of 113 tested Arctic species indicate potential for ex situ seed bank storage (2013) <i>Polar Biology</i></p>	<p>Tales of the unexpected: Phylogeography of the arctic-alpine model plant <i>Saxifraga oppositifolia</i> (Saxifragaceae) revisited (2012) <i>Molecular Ecology</i></p>
8	<p>Diversity and disparity through time in the adaptive radiation of Antarctic notothenioid fishes (2015) <i>Journal of Evolutionary Biology</i></p>	<p>Tetraploids do not form cushions: Association of ploidy level, growth form and ecology in the High Arctic <i>Saxifraga oppositifolia</i> L. S. Lat. (Saxifragaceae) in Svalbard (2013) <i>Polar Research</i></p>	<p>Evolutionary classification: A case study on the diverse plant genus <i>Ranunculus</i> L. (Ranunculaceae) (2012) <i>Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics</i></p>



- 해당 분야 주요 연구국가 분석

> 극지 식물 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('81~'16년) 총 627건 중 미국에서 175건으로 가장 많은 수의 논문을 발표하였고, 그 뒤를 이어 노르웨이에서 86건, 캐나다에서 69건, 영국에서 59건, 독일에서 46건의 논문을 발표하였으며, 그래프에는 나타나지 않았으나 한국에서는 15건의 논문을 발표한 것으로 조사됨



<극지 식물 유전체 및 단백질체 관련 주요 연구국가 분석>

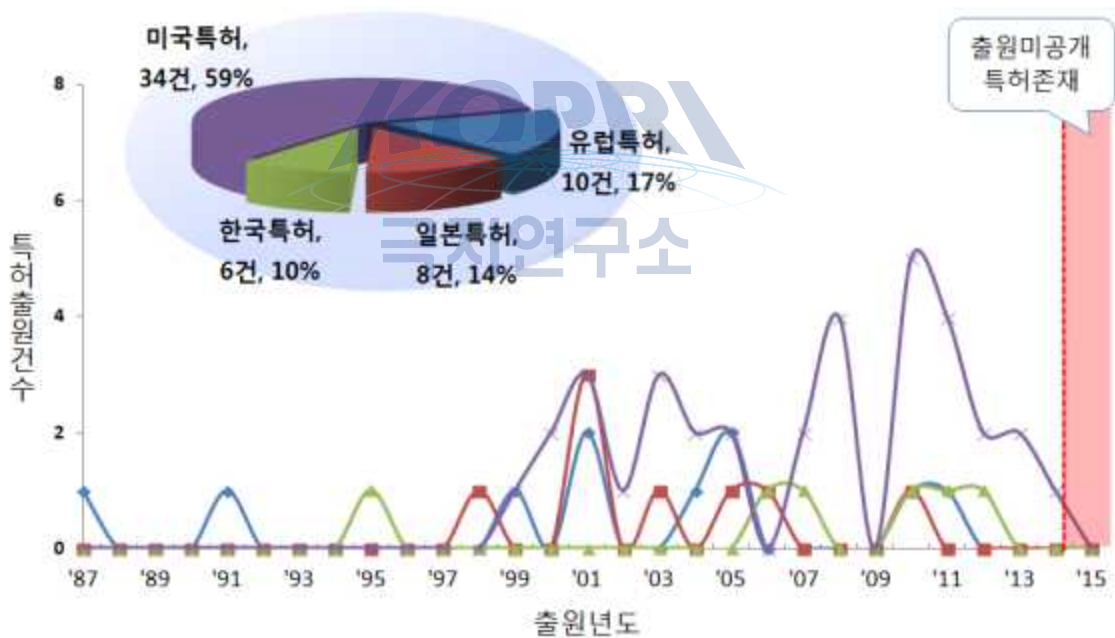
○ 동물(Animal)

• 극지 동물 유전체 및 단백질 관련 특허동향 분석

- 국가별 특허동향 분석

> 극지 동물 유전체 및 단백질 관련 기술 분야의 전체적인 특허동향을 살펴보면, 1987년도에 유럽에서 처음으로 1건의 특허 출원이 이루어졌고, 1999년 이후부터 현재까지 등락을 반복하며 지속적인 특허 출원이 이루어지고 있으며, 미국의 경우 2010년, 유럽과 일본의 경우 2001년에 가장 많은 수의 특허를 출원 한 것으로 나타남

> 국가별 점유율은 미국특허가 34건으로 과반수가 넘는 점유율(59%)을 차지하고 있어 해당 기술 분야에서 미국이 기술 흐름을 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 이 외에 유럽(17%), 일본(14%), 한국(10%) 순으로 나타남



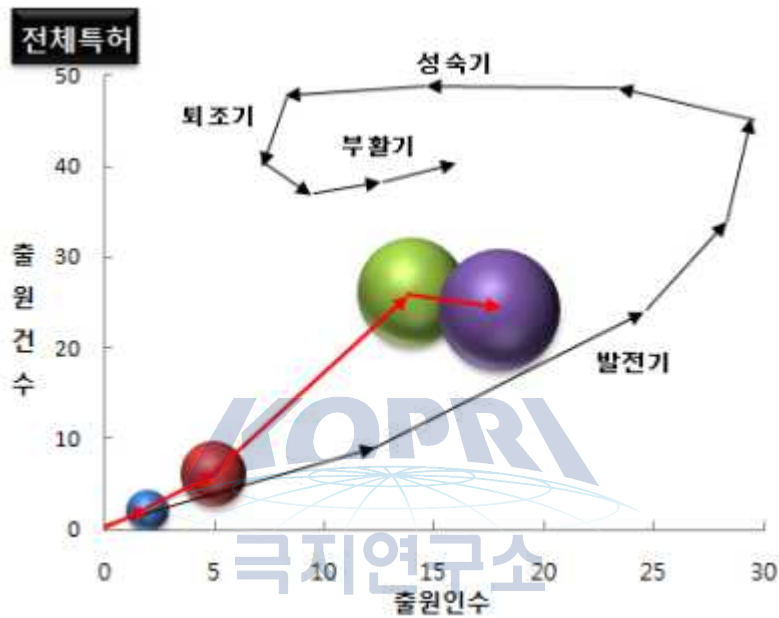
<극지 동물 유전체 및 단백질 관련 분야 연도별 특허출원>

- 포트폴리오로 본 기술 분야의 위치

> 특허건수와 출원인수 변화의 상관관계를 통해 기술의 위치를 살펴보기 위하여, 전체 특허를 대상으로 포트폴리오 분석을 실시하였음

> 극지 식물 유전체 및 단백질 관련 기술 분야에 대한 기술주기 변화를 살펴보면, '87~'83년에서 '94~'00년 구간을 거쳐 '01~'07년 구간까지 전체특허동향은

기술혁신의 주체인 출원인수와 기술혁신의 결과인 출원건수가 동시에 급격히 증가하였고, '08~'15년에 이르면서 출원건수는 다소 감소하였으나, 출원인수는 증가하고 있으며, 특히 출원 이후 1년 6개월이 지나야 공개되는 점을 감안하는 경우, 미공개 된 출원건수가 더 존재할 것으로 예상되는 바, 해당 기술은 포트폴리오 기본 모델에서 발전기에 해당하는 것으로 분석됨



<포트폴리오로 본 극지 동물 유전체 및 단백질 기술 분야의 위치>

분석구간 : '87~'93, '94~'00, '01~'07, '08~'15(출원년도)

- 주요 출원인별 분석

> 극지 동물 유전체 및 단백질 관련 기술에 대한 주요출원인으로는 Bioarctic Neuroscience AB(스웨덴), DANISCO AS(덴마크), 한국해양과학기술원(한국), UNIVERSITY OF SYDNEY(호주) 등이 있음

> 특이점은 전체적으로 자국 기업뿐만 아니라 다국적 기업에 의한 특허 출원활동이 많이 나타났으며, 특히 Bioarctic Neuroscience AB 및 UNIVERSITY OF SYDNEY의 경우 미국, 유럽, 및 일본에 특허를 출원하였음

<극지 동물 유전체 및 단백질체 관련 분야 각국의 주요 기술개발 주체>

순위	한국		일본		미국		유럽	
	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수
1	한국해양과학기술원	3	Bioarctic Neuroscience AB	2	Bioarctic Neuroscience AB	4	Bioarctic Neuroscience AB	3
2	군산대학교 산학협력단	1	NIPPON SUISAN KAISHA LTD	2	AGE OF LEARNING INC	2	DANISCO AS	1
3	PRAIRIE AQUA TECH	1	ABBOTT LABORATORIES ABBOTT GMBH & CO. KG	1	DANISCO AS	2	UNIVERSITY OF SYDNEY	1
4	노보노르디스크	1	BIOZYME SYSTEMS INC	1	Nitsch; Roger	2	Helmholtz-Zentrum fur Infektionsforschung GmbH	1
			DIVERSA CORPORATION	1	REDEMPTIVE TECHNOLOGIES LTD	2	TSINGHUA UNIVERSITY	1
			UNIVERSITY OF SYDNEY	1	UNIVERSITY OF SYDNEY	1	UNIVERSITY OF CHILE	1
					PRAIRIE AQUA TECH	1	Kabi Pharmacia AB	1
					Helmholtz-Zentrum fur Infektionsforschung GmbH	1	THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA	1
					TSINGHUA UNIVERSITY	1		
					UNIVERSITY OF CHILE	1		

• 극지 동물 유전체 및 단백질체 관련 논문동향 분석

- 연도별 논문 발표 추이 분석

> 극지 동물 유전체 및 단백질체 관련 기술 분야의 연구동향을 살펴보면, 그래프에는 나타나지 않았으나 1969년도에 처음으로 논문이 발표된 후 10건 이하의 논문건수를 보이다가, 1987년부터 2012년까지 전반적으로 증가하는 추세를 보였

고, 특히 2010년에서 2012년 사이에 가장 많은 논문이 발표되었으며, 2013년 이후 감소하는 추세임



<극지 동물 유전체 및 단백질체 관련 연도별 논문 발표 추이>

- 학술지별 연구동향 분석

> 극지 동물 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('69~'16년) 총 1,955건 중 103건이 Molecular Ecology에서 발표되었고, 77건이 Plos One에서 발표되었으며, Molecular Phylogenetics and Evolution에서 59건, Polar Biology에서 54건, Journal of Experimental Biology에서 44건의 논문이 발표된 것으로 나타남

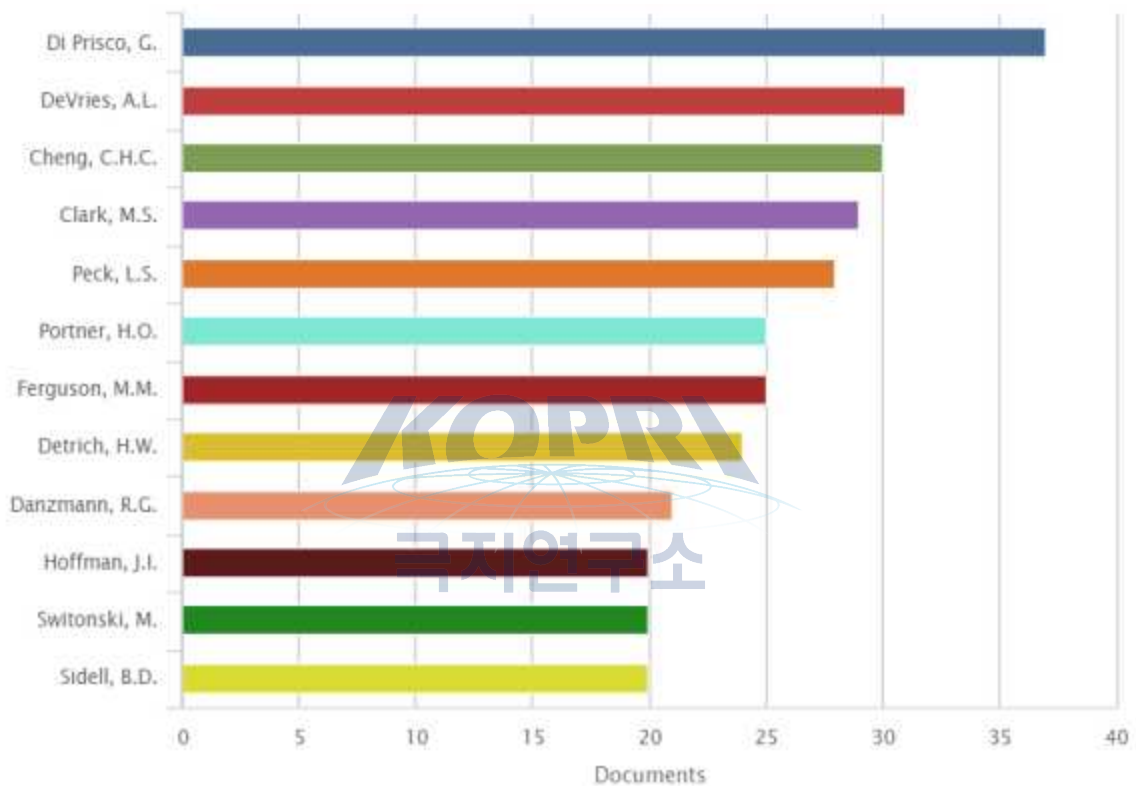
<극지 동물 유전체 및 단백질체 관련 분야 학술지별 연구동향>

학술지명	발표 논문수
Molecular Ecology	103
Plos One	77
Molecular Phylogenetics and Evolution	59
Polar Biology	54
Journal of Experimental Biology	44

- 해당 분야 주요 저자 분석

> 극지 동물 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('69~'16년) 총 1,955건 중 Di Prisco, G.(Consiglio Nazionale delle Ricerche, 이탈리아)가 37건으로 가장 많은 논문을 발표하였고, 그 뒤를 이어 DeVries, A.L.(University of Illinois at Urbana-Champaign, 미국)이 31건의 논문을 발표하였으며, Cheng, C.H.C.(University of Illinois at Urbana-Champaign, 미국)가 30건, Clark, M.S.(British Antarctic Survey, 영국)가 29건을 발표한 것으로 조사됨

> 특이점으로는 극지 동물 유전체 및 단백질체 관련 기술 분야의 주요 저자 10인 중 1위인 Di Prisco, G.는 북극 및 남극 어류의 유전자, 단백질체 및 아미노산 서열에 관한 분석 연구를 진행하였으며, 이러한 연구를 토대로 극지 어류의 기후 및 한랭 적응 특성과 진화 특성, 유전적 다양성 등에 대한 논문을 발표하였고, DeVries, A.L.은 남극 어류의 결빙방지 단백질체와 관련된 연구를 주로 진행하고 있음

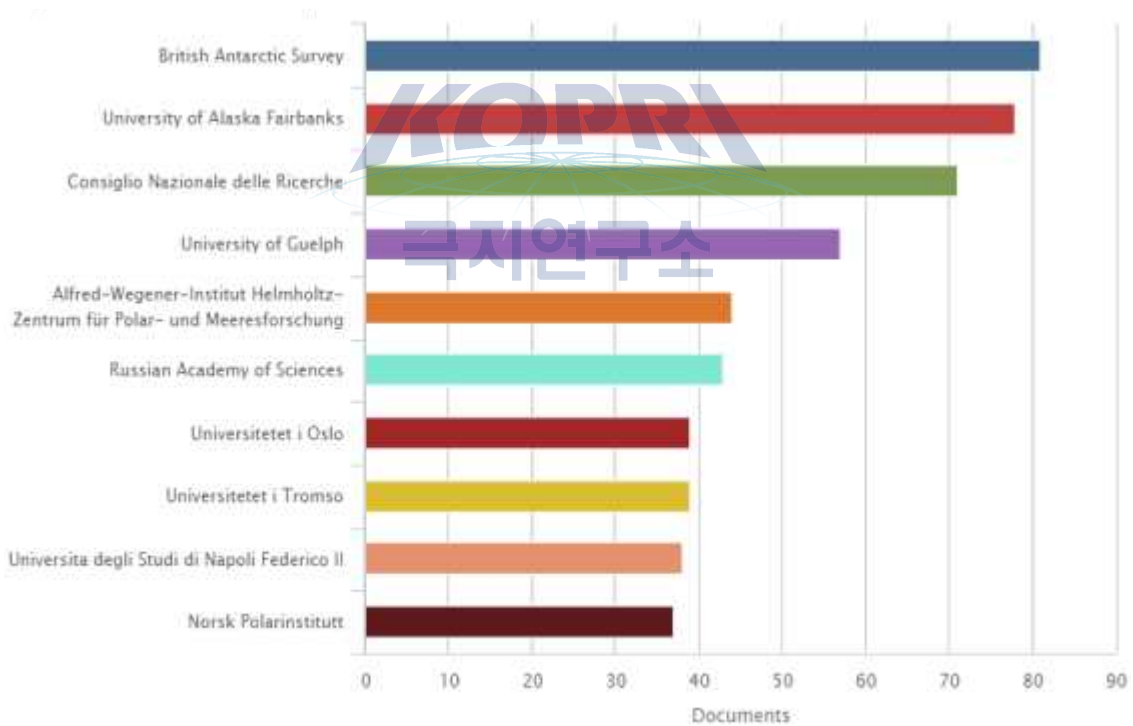


<극지 동물 유전체 및 단백질체 관련 주요 저자 분석>

- 해당 분야 주요 연구기관 분석

극지 동물 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('69~'16년) 총 1,955건 중 British Antarctic Survey(영국)에서 81건으로 가장 많은 수의 논문을 발표하였고, 그 뒤를 이어 University of Alaska Fairbanks(미국)에서 78건의 논문을 발표하였으며, Consiglio Nazionale delle Ricerche(이탈리아)에서 71건, University of Guelph(캐나다)에서 57건, Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung(독일)에서 44건의 논문을 발표한 것으로 조사됨

특이점으로 Consiglio Nazionale delle Ricerche는 앞서 분석한 주요 저자 중 1위인 Di Prisco, G.가 속한 기관이며, 해당 기술 분야에서 가장 많은 연구를 진행한 British Antarctic Survey는 펭귄, 물개, 조개, 불가사리 등 남극 해양 동물에 관하여 연구를 진행하였고, 특히 남극 동물의 환경적응에 따른 유전자 발현 특성, 유전변이, SNP 분석 등에 관한 논문을 다수 발표하였음



<극지 동물 유전체 및 단백질체 관련 주요 연구기관 분석>

<극지 동물 유전체 및 단백질체 관련 주요 연구기관(Top3) 최신 논문 리스트>

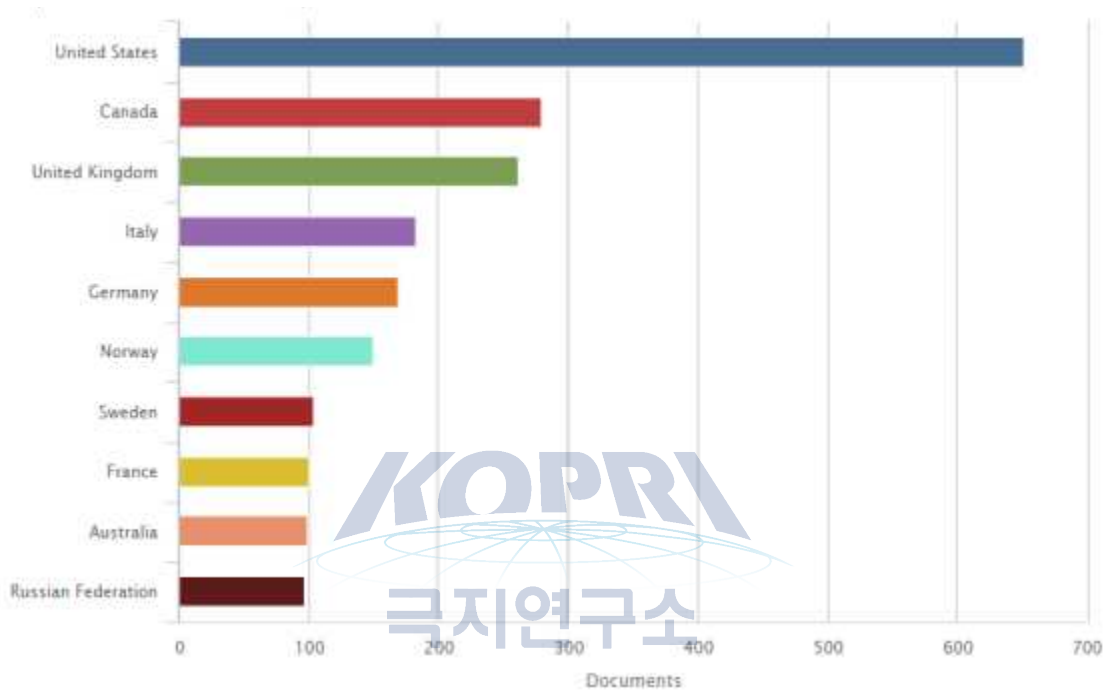
연 번	1	2	3
	British Antarctic Survey (영국)	University of Alaska Fairbanks (미국)	Consiglio Nazionale delle Ricerche (이탈리아)
1	Population structure and phylogeography of the Gentoo Penguin (<i>Pygoscelis papua</i>) across the Scotia Arc (2016) <i>Ecology and Evolution</i>	Molecular systematics and Holarctic phylogeography of cestodes of the genus <i>Anoplocephaloides</i> Baer, 1923 s. s. (Cyclophyllidea, Anoplocephalidae) in lemmings (<i>Lemmus</i> , <i>Synaptomys</i>) (2016) <i>Zoologica Scripta</i>	Evolution of the complement system C3 gene in Antarctic teleosts (2015) <i>Molecular Immunology</i>
2	A draft fur seal genome provides insights into factors affecting SNP validation and how to mitigate them (2016) <i>Molecular Ecology Resources</i>	Scaling matters: incorporating body composition into Weddell seal seasonal oxygen store comparisons reveals maintenance of aerobic capacities (2015) <i>Journal of Comparative Physiology B</i>	A new APEH cluster with antioxidant functions in the antarctic hemoglobinless icefish <i>Chionodraco hamatus</i> (2015) <i>PLoS ONE</i>
3	Age-related thermal response: the cellular resilience of juveniles (2016) <i>Cell Stress and Chaperones</i>	Energetic costs of protein synthesis do not differ between red- and white-blooded Antarctic notothenioid fishes (2015) <i>Comparative Biochemistry and Physiology -Part A</i>	Helinoto, a Helitron2 transposon from the icefish <i>Chionodraco hamatus</i> , contains a region with three deubiquitinase-like domains that exhibit transcriptional activity (2014) <i>Comparative Biochemistry and Physiology - Part D</i>
4	A Cold Limit to Adaptation in the Sea (2016) <i>Trends in Ecology and Evolution</i>	Two New Species of Marine Saprotrophic Sphaeroformids in the Mesomycetozoa Isolated From the Sub-Arctic Bering Sea (2015) <i>Protist</i>	A novel class of bifunctional acylpeptide hydrolases - Potential role in the antioxidant defense systems of the Antarctic fish <i>Trematomus bernacchii</i> (2014) <i>FEBS Journal</i>
5	Limited genetic differentiation among chinstrap penguin (<i>Pygoscelis antarctica</i>) colonies in the Scotia Arc and Western Antarctic Peninsula (2015) <i>Polar Biology</i>	The effect of acute exercise on GLUT4 levels in peripheral blood mononuclear cells of sled dogs (2015) <i>Biochemistry and Biophysics Reports</i>	Investigation of immunoglobulins in skin of the Antarctic teleost <i>Trematomus bernacchii</i> (2014) <i>Fish and Shellfish Immunology</i>
6	The evolutionary origins of the southern ocean philobryid bivalves: Hidden biodiversity, ancient persistence (2015) <i>PLoS ONE</i>	Two New Species of Marine Saprotrophic Sphaeroformids in the Mesomycetozoa Isolated From the Sub-Arctic Bering Sea (2015) <i>Protist</i>	Mycalol: A natural lipid with promising cytotoxic properties against human anaplastic thyroid carcinoma cells (2013) <i>Angewandte Chemie - International Edition</i>
7	Diversification, evolution and sub-functionalization of 70kDa heat-shock proteins in two sister species of antarctic krill: Differences in thermal habitats, responses and implications	Comparative phylogeography highlights the double-edged sword of climate change faced by arctic- and alpine-adapted mammals (2015) <i>PLoS ONE</i>	Tubulin folding: The special case of a beta-tubulin isotype from the Antarctic psychrophilic ciliate <i>Euplotes focardii</i> (2013) <i>Polar Biology</i>

	under climate change (2015) PLoS ONE		
8	Variability among individuals is generated at the gene expression level (2015) Ecology	Comparative functional genomics of adaptation to muscular disuse in hibernating mammals (2014) Molecular Ecology	Biophysical Characterisation of Neuroglobin of the Icefish, a Natural Knockout for Hemoglobin and Myoglobin. Comparison with Human Neuroglobin (2012) PLoS ONE



- 해당 분야 주요 연구국가 분석

극지 동물 유전체 및 단백질체 관련 발표 논문('69~'16년) 총 1,955건 중 미국에서 652건으로 가장 많은 수의 논문을 발표하였고, 그 뒤를 이어 캐나다에서 279건, 영국에서 262건, 이탈리아에서 183건, 독일에서 169건의 논문을 발표하였으며, 그래프에는 나타나지 않았으나 한국에서는 21건의 논문을 발표한 것으로 조사됨



<극지 조류 유전체 및 단백질체 관련 주요 연구국가 분석>

제4절 연구 동향 분석

1. 분석 방법

- 극지생물의 유전체 및 단백질 관련 연구 동향을 분석 대상으로 선정하였으며 미국, 유럽, 일본, 우리나라의 주요 국가 뿐 아니라 과거로부터 현재까지 공개발표된 전세계의 연구 논문을 종합적으로 분석함
- 분석 대상 극지생물을 이끼류, 조류, 지의류, 식물, 동물로 선정하였고 관련 연구 결과 및 문헌을 대상으로 함
- 분석 방법은 양적인 통계를 의미하는 정량분석과 발표된 논문의 기술적인 내용을 나타내는 정성분석법을 사용함. 정량분석법은 논문의 발행 연도별, 학술지별, 저자 및 연구기관별로 분류하여 각 부문별 논문건수, 점유율 등으로 구분하여 분석하였고, 정성분석법은 주요 저자 및 연구기관별 주된 연구 분야 및 최근 논문리스트를 대상으로 하여 실시함

2. 분류군별 연구 동향

○ 동물

- 연구논문의 발표는 1969년 이후 2012년까지 전체적으로 증가하다가 2013년 이후 감소하는 추세를 보임. 게재 학술지는 Molecular Ecology가 가장 많으며 Plos One, Molecular Phylogenetics and Evolution, Polar Biology, Journal of Experimental Biology가 그 뒤를 따르고 있음
- 주요 연구기관 소재국은 영국 (BAS)이며 그 다음이 미국, 이탈리아, 캐나다, 독일 순으로 나타남
- 연구대상은 주로 펭귄, 물개, 조개, 불가사리 등 남극 해양 동물에 집중되어 있고 남극 동물의 환경적응에 대한 유전자 발현특성, 유전자 변이, SNP 분석 등에 관한 연구가 다수 진행되고 있으며 특히 극지 어류의 유전자, 단백질, 아미노산 서열에 관한 분석 연구와 함께 극지 어류의 기후 및 저온 적응 특성과 진화 특성, 유전적 다양성 등에 관한 연구가 활발한 것으로 나타남

○ 식물

- 극지 식물 유전체 및 단백질 관련 연구 논문은 2012년 이후 급증하고 있으며 게재 학술지는 Molecular Ecology, American Journal of Botany, Journal of Biogeography, Polar Biology와 Plos One이 대부분 차지함
- 주요 연구기관 소재국가는 노르웨이가 가장 활발하며 오스트리아, 미국, 등이 그 뒤를 차지함. 논문수는 미국이 가장 많으며 노르웨이, 캐나다, 영국, 독일이 그 다음임
- 주요 연구분야는 유전체 분석에 의한 극지 식물의 유전적 다양성, 진화적 특성 및 기원에 관한 연구가 활발하며 기후변화에 따른 유전적 특성과 극지 식물의 초성체 마커 등에 관한 연구가 진행됨

○ 이끼류

- 극지연구 전문 학술지인 Polar Biology와 Antarctic Science지에 대다수의 연구결과물이 출판되고 있으며 호주, 뉴질랜드 연구자들이 다수를 차지하며 중국, 영국이 그 다음을 차지함. 우리나라는 중국, 캐나다에 이어 11위의 연구논문 생산력을 나타냄
- 주로 남극 생물의 유전적 다양성과 유전자 서열분석에 관한 내용이 대부분이고 자외선 내성 유전자 관련 연구결과도 일부 진행됨
- 단독연구 뿐 아니라 협동연구에 의한 논문발표도 다수 있으며 이는 동일한 극지 생물을 연구 대상으로 하되 기술적으로 상호 보완적이거나 경쟁관계에 있는 연구자간의 공동연구도 증가하고 있음을 시사함
- 남극 및 북극 유래 생물의 환경 스트레스 요인에 대응하는 내성관련 유전자와 유전자 라이브러리 구축 및 분석에 대한 연구가 활발함

○ 조류

- 분석그래프에 나타난 바와같이 조류의 유전체 및 단백질에 관련한 연구논문의 수는 1981년 1건의 논문이 발표된 이후 전반적으로 증가하는 추세를 보이고 있음. 역시 Polar Biology 게재가 가장 많음
- 가장 많은 수의 논문을 발표한 독일과, 네덜란드, 중국, 뉴질랜드, 캐나다에 이어 우리나라 극지연구소 역시 극지 조류 유전체 및 단백질 관련 연구결과에 기여하고 있음. 1981년에서 2016년 동안, 미국, 독일, 캐나다, 영국, 호주에 이어 우리나라는 극지 조류 유전체 및 단백질 분야에서 7위의 연구 역량을 나타냄.
- 극지의 환경 스트레스 (자외선, 온도, 이산화탄소 등)에 의해 영향받는 유전자와

방어 기작에 관한 연구 결과물과, 환경 변화에 따른 유전적 변화 등에 대한 연구도 진행중인 것으로 나타남

○ 지의류


- 극지 지의류의 유전체 및 단백질체 관련 연구는 타 연구대상에 비해 비교적 활발하지 않았으나 최근들어 2012년 이후 증가하고 있는 것으로 보임. 가장 많은 게재수를 나타낸 학술지인 Lichenologist 이외에 Antarctic Science, Cryobiology, Polar Biology의 극지연구 전문 학술지에 발표되고 있음
- 주요 연구기관 소재국은 스페인이며 그 다음 미국, 우리나라, 독일, 뉴질랜드, 핀란드가 차지하고 있음. 논문수는 독일이 가장 많으며 미국, 노르웨이, 스페인이 그 뒤를 차지함.
- 스페인의 연구는 남극 특정 지의류의 초위성체 마커와 지의류 종류에 따른 유전자 분석으로 공생균체 또는 공생조류의 특성을 분석하였고, 우리나라 극지연구소에서는 극지 지의류 유래 펩타이드와 300여종의 남극 지의류의 유전자 분석에 대해 연구함



3. 연구방법별 연구 동향

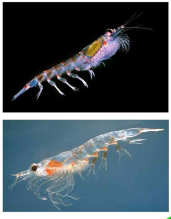
극지 생물 대상의 유전체 연구 동향

논문분석 (1)

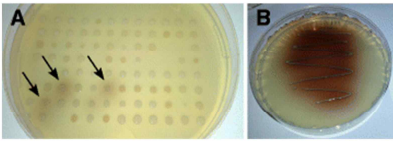


남극 곤충 갈따구의 genome 분석을 통해 genome size와 환경적응과의 상관관계 분석 (*Nature Communications*, 2014, IF=11.47)

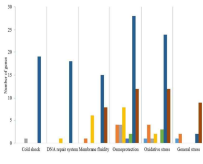
남극 연안해안 Antarctic krill들의 mitochondrial DNA와 Restriction site-associated DNA의 sequencig을 이용한 종 구분 (*Molecular Ecology*, 2015, IF=6.330)



논문분석 (2)



multicopper oxidase activity를 보이는 북극의 해양 psychobacter의 genome 비교 분석 (*BMC genomics*, 2016, IF=3.986)



남극 *Nesterenkonia* sp. AN1 genome을 이용한 다양한 스트레스에 대한 생존 적응 방식 연구. (*FEMS microbiology ecology*, 2016, IF=4.087)

- 극지 생물의 genome sequencig을 기반으로 한 다양한 종들간의 genome 비교 및 환경스트레스 적응 방식 연구 진행 중.

극지연구소

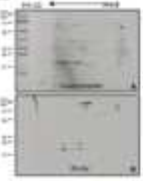
극지 생물 대상의 단백질체 연구 동향

논문분석 (1)

Current status of proteome analysis of Polar organism

	북극 생물종	남극 생물종	합계
2010년 이후	3	13	16
2010년 이전	4	10	14

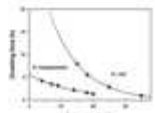

(Source: Kim W. Caporaso). Proteome analysis, 2015





2015, Plant Physiology 논문
(Title: The Antarctic psychrophile, *Chlamydomonas* sp. UWO 241, preferentially phosphorylates a PSI-cytochrome b6/f supercomplex)

논문분석 (2)

Antarctic bacterium인 *Pseudoalteromonas haloplanktis*의 Proteomics 분석. 주된 저온적응 요소는 샤페론 (2010, *Molecular Microbiology*, 76(1):120-32, IF 4.42)

남극해 표면에 서식하는 Bacterioplankton의 Metaproteomic 접근. 여름과 겨울에 따른 비교 연구 (2012, *The ISME journal*, 6(10), IF 9.30)

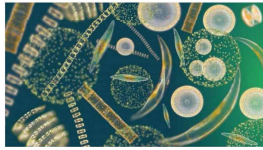
- 단백질체 연구의 필요성 증가: 최근 극지 생물의 환경적응 메커니즘이 유전자 발현에 의해 조절될 뿐만 아니라 단백질 수준의 인산화에 의해서도 이루어진다는 연구결과 발표

극지 생물의 생리 및 유전자 기능 연구 동향

논문분석 (1)

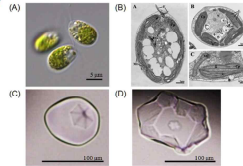


기후 변화에 따른 남극 Adélie and Gentoo penguins의 생리적 차이 연구. (*Polar Biology*, 2016, IF=1.815)

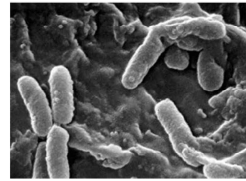


anthropogenic CO₂ emissions과 warming으로 인한 남극해(Southern Ocean) 플랑크톤의 생리적 변화 연구. (*Journal of Plant Physiology*, 2016, IF=3.037)

논문분석 (2)



남극 미세조류 *Chloromonas* sp. 에서 새로운 secretion 단백질인, Cysteine-Rich Ice-binding Protein의 발견. (*PLoS one*, 2016, IF=3.702)



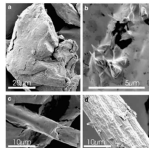
남극 Chilean 유래 *Pseudomonas* spp. 의 toxic compound인 tellurite에 대한 Mercury-mediated cross-resistance 연구. (*Metalionics*, 2016, IF=3.980)

- 기후변화에 따른 극지생물들의 생리적 변화 영향 및 극한 환경스트레스에서 기원한 유전자 연구.

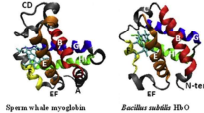
저온효소 개발관련 연구동향

논문

남극토양 metagenome 에서 추출한 RBcel1의 기능, 카르복시메틸셀룰로오스 가수분해효소 (2009, *The ISME journal*, 2(9):1070-81, IF 9.30)



남극 해양 박테리아에서 추출한 저온 적응 헤모글로빈의 Heme cavity 구조 유연성 연구(2015, *FEBS Journal*, 282(15), IF 4.00)



특허

키워드 "cold adapted enzyme" 으로 검색한 결과:
국내특허: 72건
미국특허: 5건

□ [1] 발효체의 염색에 활성을 가진 신규 효소: *AggW* Novel Exocell *AggW* Heating *Rigid-Lyxase* Activity

발명자: 신영희, 김민, 김민, 김민, 김민
출원번호: 1020170000000
공개번호: 1020170000000
발명일: 2017.11.21
특허일: 2018.06.17

□ [2] 염색체 스펙트럼분석을 위한 염색체 염색을 위한 신규 효소: 신규 효소: *Shigalipase* chain for catalyzing lipid production and process for preparing the same

발명자: 신영희, 김민, 김민, 김민, 김민
출원번호: 1020170000000
공개번호: 1020170000000
발명일: 2017.11.21
특허일: 2018.06.17

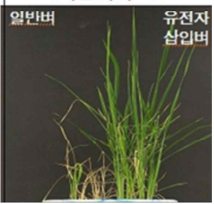



상품

- Puratos사에 의해 판매되고 있는 Xylanase, 기존의 Xylanase 보다 높은 효율로 빵의 품질을 높임
- Novozymes에서 생산하고 있는 *Candida antarctica* 유래 저온성 Lipase (Novozym 435)
- Antarctic bacterium 유래 사페린 단백질을 함께 발현하여, 저온활성을 지닌 ArcticExpress *E. coli* cell
- 극지방 미세조류인 *Durvillea antarctica*의 추출물이 첨가된 기능성 화장품 클라린스(Extra Firming Day Cream)



- 극지 생물 유래의 저온효소 구조-기능 연구 논문이 발표되고 있고 유럽의 대형 효소 관련 기업들 중심으로 실용화 연구 진행중

형질전환 동·식물 개발관련 연구동향

논문	특허	상품
<p>기후변화 (물부족, 온난화, 병충해, 기상재해) 대응 고기능성 작물 개발 연구 진행중</p> <p>- 남극종새풀 유전자를 과발현 하여 건조에 저항성을 가지는 형질전환 벼 개발 (2015 Plant Science)</p> 	<p>키워드 "cold-adapted transgenic" 으로 검색한 결과: 국내특허: 188건 미국특허: 214건</p>  <p>United States Patent Application Publication Yu et al. Pub. No.: US 2012/0036597 A1 Pub. Date: Feb. 9, 2012</p>	 <p>형질전환 연어 미국 FDA 승인</p> 
<p>- 극지 생물의 환경적응 관련 유전자를 이용하여 저온 및 건조에 강한 작물 개발 또는 해양식량 자원 개발 가능</p>		

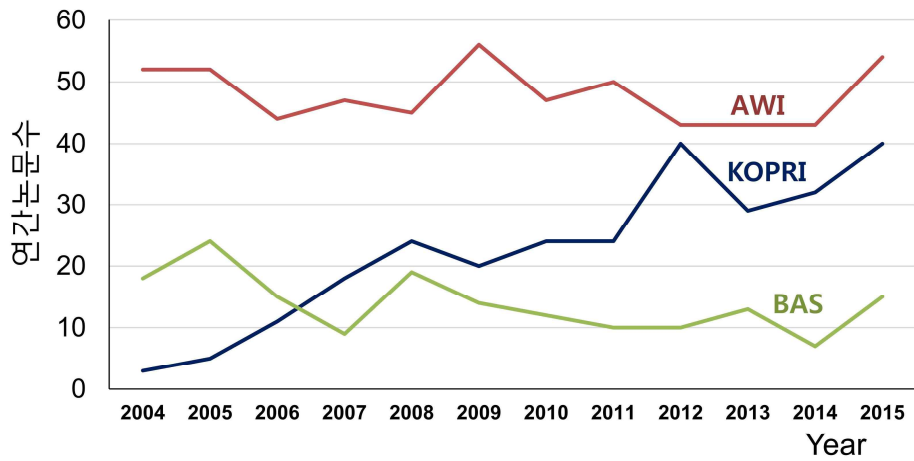


4. 평가 및 시사점

- 분석결과 나타난 논문건수는 97건의 이끼류, 425건의 조류, 47건의 지의류, 627건의 식물, 1,955건의 동물관련 결과물로 나타남. 이 중에서 거의 2,000 여건에 달하는 극지동물 관련 연구논문이 출판된 것은 극지연구 관련 결과물 중에서는 상대적으로 주목할 만하나 일반 온대동물 대상의 연구결과물의 숫자에 비하면 여전히 제한된 수의 결과물을 보여주고 있음
- 극지동물 뿐만 아니라 전반적인 극지생물을 대상으로 한 유전체 및 단백질 연구가 아직까지는 활발하지 못한 것으로 보이며 이는 극지생물을 대상으로 한 관련 연구기술이 아직은 일반적이지 못하며 일부 연구 선도국가 및 기관에 의해 개발되고 있는 과정으로 보임
- 생물의 생리적 특성을 결정하는 특성 분석에 있어 각광받고 있는 오믹스 연구기법 (유전체, 단백질, 대사체 등)은 생리적 특성에 대해 다각적이고 거시적인 분석

이 가능하나 관련 장비와 전문 연구 인력이 뒷받침 되어야 한다는 점도 간과할 수 없음. 특히 극지 연구분야에 있어 해당 전문 연구 인력과 기초 지식이 축적되어야 생산적인 시너지 효과를 기대할 수 있음

- 극지 이끼류, 조류, 지의류, 식물, 동물 외에도 극지 미생물을 대상으로 한 거시적 오믹스 연구 분야는 전반적으로 극지의 환경변화와 이에 따른 생물상의 유전체적, 단백질적 반응특성에 초점이 맞추어져 있고 관련 연구결과물들이 증가하고 있는 추세를 보임
- 하지만 여전히 관련 연구자의 수가 충분하지 않고 해당 연구기술이 아직 개발중임을 볼 때 이 분야에 대한 연구인력 및 자원의 집중이 요구되고 있음. 특히 단독연구 뿐 아니라 공동연구에 의한 연구결과물 역시 증가하고 있으며 이는 협력관계하에 있는 기관뿐 아니라 국제 경쟁기관과의 공동연구에 의한 연구결과물의 질적 향상을 피하여 win-win 하는 전략을 구상할 것을 시사함
- 극지생물연구에 대하여 BAS (British Antarctic Survey) 및 AWI (Alfred-Wegener-Institute) 와 같은 주요 극지 연구기관에서 나온 최근 논문수와 극지연구소의 최근 논문수를 비교해보면 극지연구소는 이미 세계적 역량을 갖추고 있음이 확인됨
- 명실상부한 국제적 연구 인프라를 보유하고 있고 또 추가 확장하고 있는 우리 연구소의 위상을 비추어 볼 때 오믹스 연구기술을 기반으로 하여 극지 환경변화에 대응하는 극지생물의 분자적 진화, 생리적 반응에 대한 유전체 및 단백질 기반의 연구에 집중하고 이 유전자 및 단백질을 기반으로 한 응용성 개발에 초점을 둔다면 극지연구에 있어 국제적 선도의 역할을 담당할 것으로 평가됨



주요 극지연구기관의 연간 논문수

조사 방법: Web of Science

연구기관명 및 주소: (Alfred-Wegener-Institute) (Korea Polar Research Institute) (British Antarctic Survey)

범위 재설정 기준: 연구 분야: (BIOPHYSICS OR PLANT SCIENCES OR MICROBIOLOGY OR BIOCHEMISTRY MOLECULAR BIOLOGY OR BIOTECHNOLOGY APPLIED MICROBIOLOGY OR CRYSTALLOGRAPHY)

기간=2000-2016

검색 언어=자동

<해당 분야의 주요 극지연구기관의 연간 논문 수 증감 추이 비교>



SWOT 분석

(극지생물의 환경적응 기작 규명과 활용기반 구축 기획 연구)



제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제1절 연구 개발의 목표

1. 연구 개발의 최종목표

융합 오믹스 연구 방법을 이용한 극지생물의 환경적응 기작 규명과 효율적인 유용 물질 탐색 및 활용 연구 기반구축

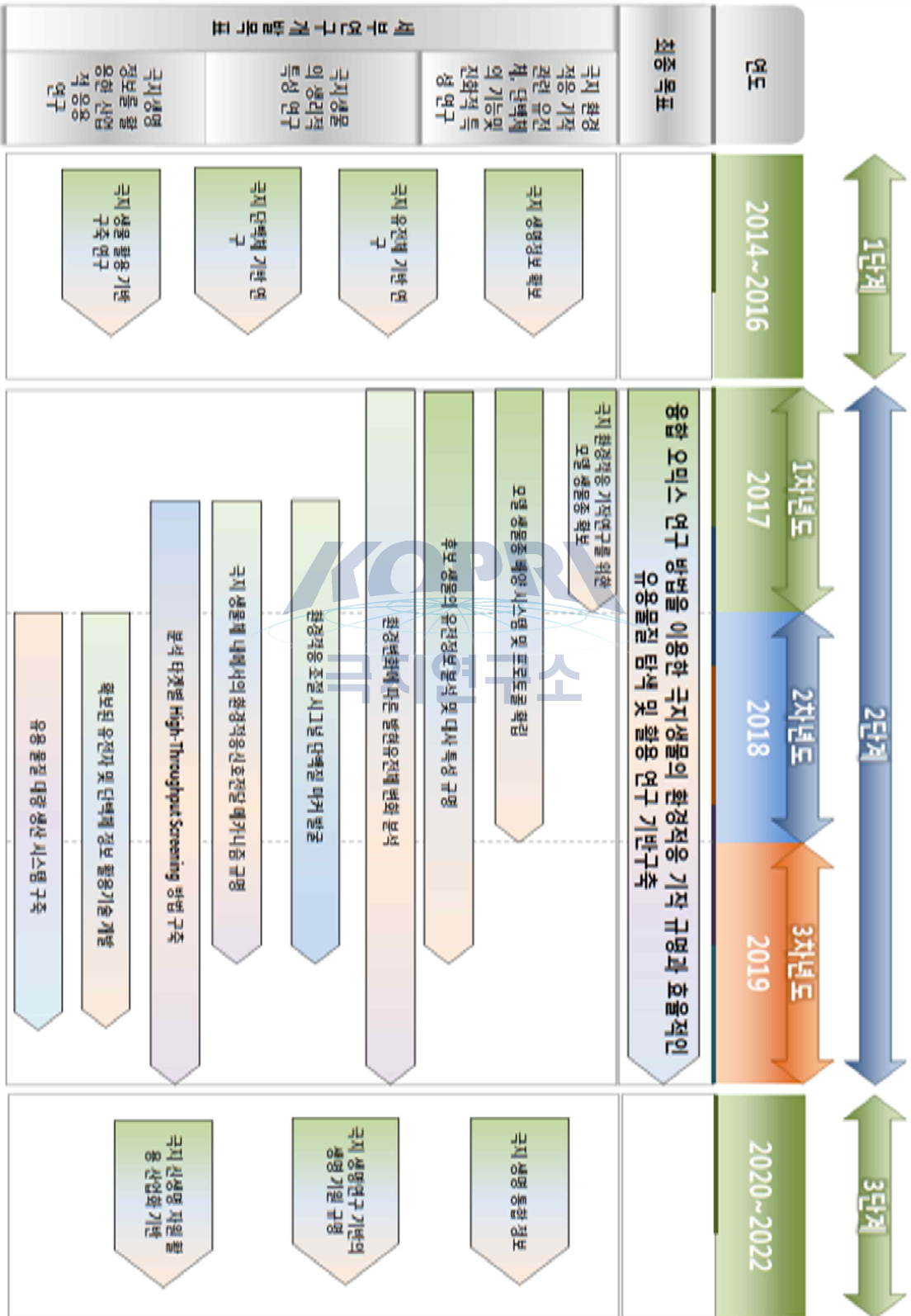
2. 세부과제별 목표

- 제1세부과제: 극지 환경적응 기작관련 유전자, 단백질 정보 확보 및 기능 연구
 - 극지 환경적응 기작연구를 위한 모델 생물종 5종 이상 확보
 - 모델 생물종 배양 시스템 및 프로토콜 확립
 - 후보 생물의 유전정보 분석 및 대사 특성 규명
 - 특허등록 3건 이상
 - 관련 SCI(E) 논문 10편 이상 발표/이 가운데 상위 10% IF 이내 논문 1편 이상

- 제2세부과제: 타겟 유전자 및 단백질의 생리적 특성 및 진화 연구
 - 극지 환경변화에 대한 분자생리학적 주요 조절인자의 생체내 기능 규명
 - 극지 환경변화에 대응하는 생리학적 조절기작의 단백질적 특성 분석
 - 생체내 분자 네트워크 특성 분석 및 관련 분자간의 특성 분석
 - 관련 SCI(E) 논문 10편 이상 발표/이 가운데 상위 10% IF 이내 논문 1편 이상

- 제3세부과제: 극지생명정보를 활용한 산업적 응용 연구
 - 유용 효소 탐색을 위한 High throughput 활성 검증 플랫폼 구축
 - 타겟 단백질 구조정보를 이용한 기능개선형 단백질 제작
 - 응용가능한 단백질 DB 구축
 - 특허등록 3건 이상
 - 관련 SCI(E) 논문 10편 이상 발표/이 가운데 상위 10% IF 이내 논문 1편 이상

3. 중장기 연구개발 로드맵

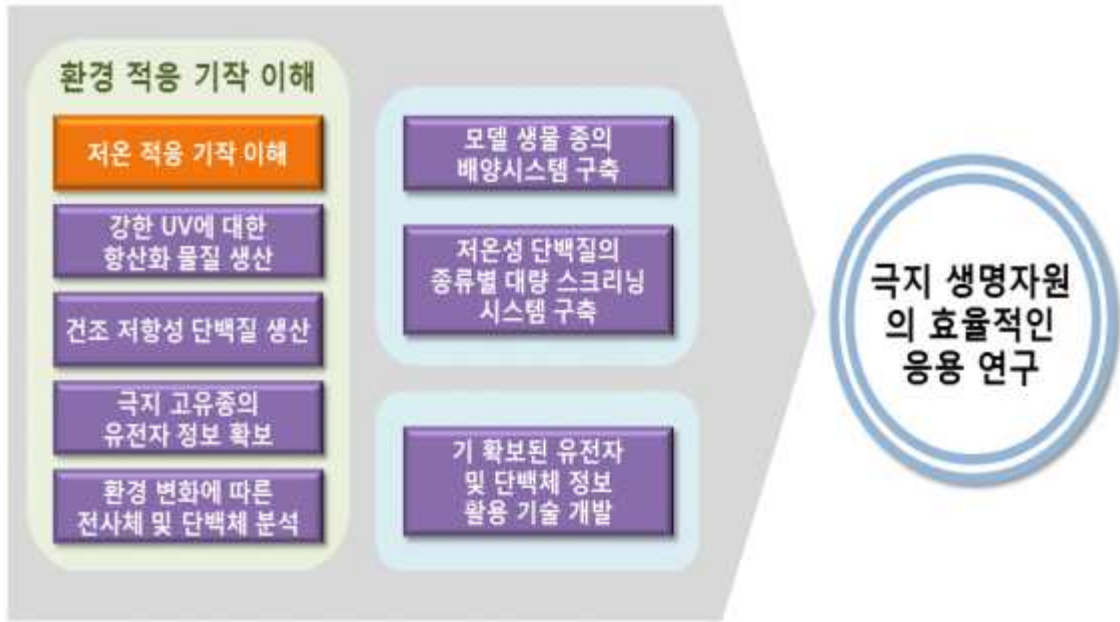


제2절 연구내용 및 범위

- 극지 환경적응 기작관련 유전자 정보 확보 및 단백질 기능연구
 - 극지 특이적 환경에 적응한 고유 생물종 선별
 - 환경변화 대응 분자들의 순수 동정을 위한 유전체 정보 확보
 - 모델 생물종의 배양시스템 구축
 - 기능 유전체 연구를 통한 환경적응 관련 유전자 특성 분석

- 타겟 유전자 및 단백질의 생리적 특성 및 진화 연구
 - 극지 환경변화에 의해 유도되는 전사체 정보 확보
 - 분석 대상 전사체의 선별적 순수 분리
 - 극지 환경변화에 대응하는 생리학적 조절기작의 단백질적 특성 분석
 - 극지 환경변화에 의해 유도되는 극지 생물의 대응전략에 대해 오믹스 기법을 적용한 거시적 분석 접근법 도입
 - 극지 환경변화에 대한 분자생리학적 주요 조절인자의 생체내 기능 규명
 - 거시적 오믹스 기법에 의해 분석된 주요 조절인자의 생체내 역할 규명
 - 생체내 분자 네트워크 특성 분석 및 관련 분자간의 특성 분석

- 극지생명정보를 활용한 산업적 응용 연구
 - 응용성 개발을 위한 유용인자 발굴 및 응용범위 개발
 - 유용 효소 탐색을 위한 High throughput 활성 검증 플랫폼 구축
 - 극지 고유 생물종의 응용가능한 단백질 구조-기능 연구
 - 유용 유전자, 단백질, 물질에 대한 특허권 확보



<극지생물의 환경적응 이해를 통한 응용연구 기반구축 연구추진 내용>



제3절 연구추진 전략 및 체계



<극지생물의 융합 오믹스 연구 전략>

- (제1 세부과제) 극지 환경적응 기작관련 유전자 정보 확보 및 단백질 기능연구
- 극지 환경적응 기작연구를 위한 모델 생물종 5종 이상 확보 (극지 특이적 환경에 진화적으로 적응한 고유 생물종 선택)
 - 모델 생물종 배양 시스템 및 프로토콜 확립 (극지 환경모사 배양기 구축)
 - 후보 생물의 유전정보 분석 및 대사 특성 규명 (Next Generation Sequencing 기술을 이용한 극지 생물 유전자 정보분석)
 - 유전체 및 오믹스 기능 정보 DB 구축 (데이터 저장, 보관, 공유가 가능한 네트워크 서버 구축)



○ (제2 세부과제) 타겟 유전자 및 단백질의 생리적 진화연구

- 극지 환경변화에 대한 분자생리학적 주요 조절인자의 생체내 기능 규명 (특정유전자를 knock out 또는 knock down 방법으로 발현을 제거했을 때 나타나는 변화 관찰)
- 극지 환경변화에 대응하는 생리학적 조절기작의 단백질적 특성 분석 (프로테오믹스 분석을 이용한 단백질 발현 변화 분석)
- 생체내 분자 네트워크 특성 분석 및 관련 분자간의 특성 분석 (유전체, 단백질, 전사체 데이터를 통합적으로 분석하여 단백질간의 상호작용이나 대상 경로, 신호전달 네트워크, 전사-조절 네트워크 규명)

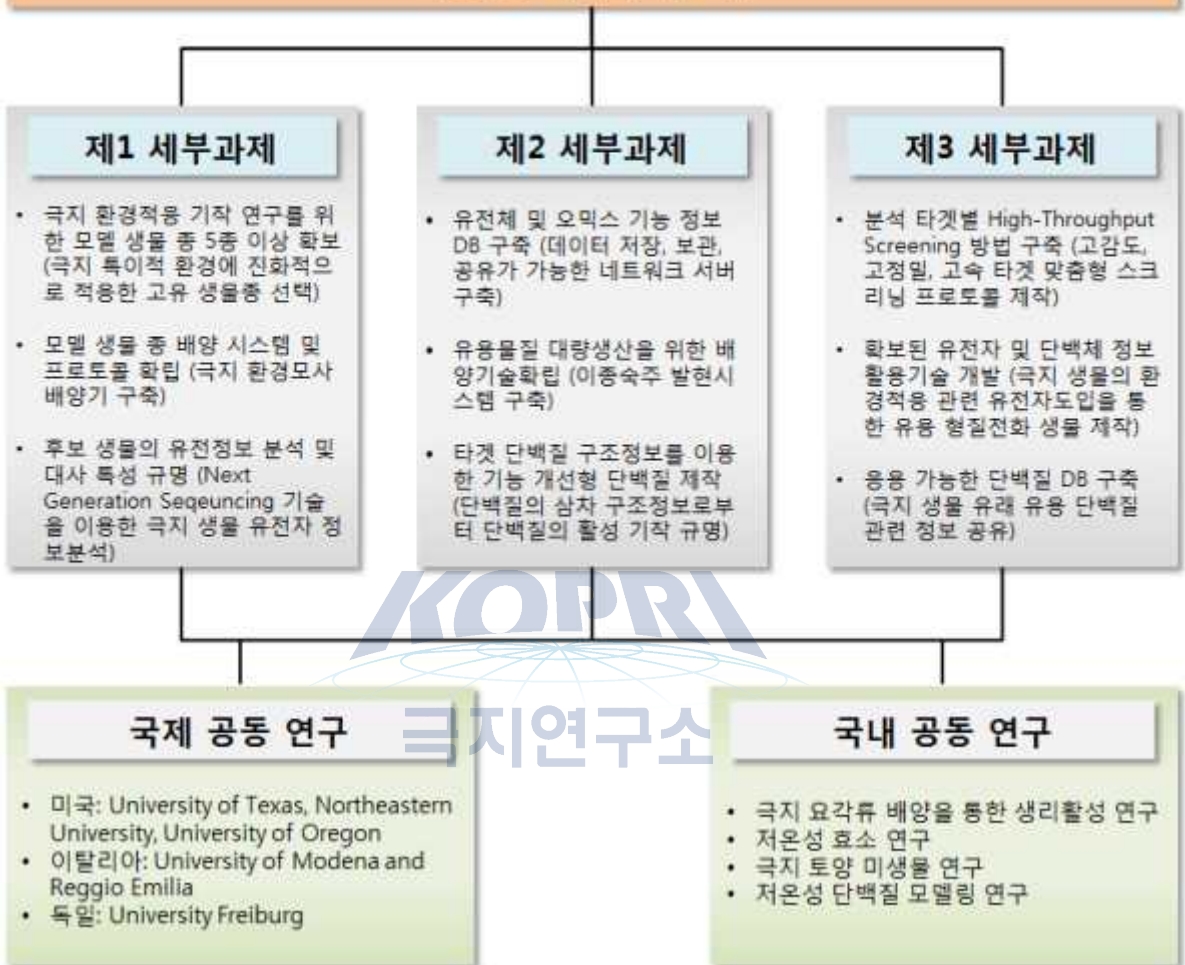


○ (제3 세부과제) 극지생명정보를 활용한 산업적 응용 연구

- 분석 타겟별 High-Throughput Screening 방법 구축 (고감도, 고정밀, 고속 타겟 맞춤형 스크리닝 프로토콜 제작)
- 타겟 단백질 구조정보를 이용한 기능개선형 단백질 제작 (단백질의 삼차 구조정보로부터 단백질의 활성 기작 규명)
- 확보된 유전자 및 단백질체 정보 활용기술 개발 (극지 생물의 환경적응 관련 유전자 도입을 통한 유용 형질전환 생물제작)
- 응용가능한 단백질 DB 구축 (극지 생물 유래 유용 단백질관련 정보 공유)
- 유용물질 대량생산을 위한 배양기술 확립 (이종숙주 발현시스템 구축)



극지 생물의 환경적응 기작 규명과 활용기반 구축



<총괄 연구추진 체계>

제 4 장 연구개발의 활용계획

4-1. 향후 연구방향

1. 정성적 목표

구분	년도	세부연구목표	연구내용
1차년도	2017	모델 생물종 배양 시스템 구축	- 극지 환경모사 배양기 구축 - 모델 생물종 배양 시스템 및 프로토콜 확립
		후보 생물의 유전 정보 분석 및 대사 특성 규명	- 남극 환경적응 대표 생물의 유전체 해독 5종이상 - 극지환경 내 분해대사 관련 효소 유전자 확보 5건 이상 - 환경적응 조절 시그널 단백질 마커 발굴 2건 이상
		극지생명정보를 활용한 산업적 응용 연구 실험 방법 구축	- 분석 타겟별 High-Throughput Screening 방법 구축 - 유용 유전자의 이중숙주 발현 시스템 구축
2차년도	2018	유용물질 대량생산을 위한 배양기술 확립	- 고농도 재조합 미생물 배양기술 개발 - 유용 물질 생산 최적조건 확립
		타겟 유전자 및 단백질의 생리적 진화연구	- 환경변화에 따른 발현유전체 변화 분석 - 극지 생물체 내에서의 환경적응신호전달 메카니즘 규명 2건
		극지생명정보를 활용한 산업적 응용 연구 기반구축	- 재조합 유용 단백질 발현 5종 이상 - 단백질 구조 기반의 유용 저온성 효소 활성 기작의 이해 3건 이상
3차년도	2019	시스템적 해석을 통한 극지생물의 환경적응 기작 규명	- 비극지 생물과의 비교 연구를 통한 극지 모델생물의 극지특이적 분자기작 규명 3종 - 극지 생물체 내에서의 환경적응신호전달 메카니즘 규명 2건
		확보된 유전자 및 단백질 정보 활용 기술 개발	- 유용 저온성 단백질의 기능성 개선을 위한 돌연변이체 설계 및 특성 분석 - 환경적응 유전자 도입 형질전환체 개발 1종
		응용가능한 단백질 대량 생산	- 타겟 단백질 구조정보를 이용한 기능개선형 단백질 제작 - 유용 단백질 대량 생산 조건 확립

2. 정량적 목표

구분	국외논문		국내논문		특허출원		기술이전
	SCI* (1저자/공동)	기타	SCI (1저자/공동)	기타	국외	국내	
1차년도 (2017)	14 (10/4)	-				2	
2차년도 (2018)	18 (12/6)	-				4	
3차년도 (2019)	18 (12/6)	-				4	
합 계	50 (34/16)	-				10	

* 제1저자 및 공동저자(제2저자까지) 기재



4-2. 국·내외 공동연구 추진 계획

○ 국제공동연구 목표

- 남극 생물의 유전체 분야 연구를 위하여 미국의 University of Texas at Austin의 Harold Zakon 교수, 영국의 BAS의 Dr. Melody Clark과 함께 국제 공동 working group 으로 활동하면서 연구자 교류 및 공동연구 수행
- SCAR의 연구프로그램 중 하나인 AnT-ERA (Antarctic Thresholds - Ecosystem Resilience and Adaptation)의 세부주제 1, 생리적 한계, 생체분자의 과정과 역치 (Physiological limits, biomolecular processes and thresholds) 부분에 working group으로 주도적 참여
- 남극생물의 유전체 기능연구를 위하여 미국의 Northeastern University의 Detrich, H William 교수, University of Oregon의 John Postlethwait 교수와 지속적인 데이터 공동활용과 인력교류를 통하여 극지생물의 genetic mapping과 기능규명을 위한 공동 연구 수행
- 미국 Advanced Photon Source 방사광, 스크립스 연구소, 일본산업기술총합연구소 및 일본 SPring-8 방사광의 X-선 회절장비를 공동으로 활용하여 저온적응 관련 단백질의 구조 해석과 구조기반 기능 규명연구를 수행
- 이태리의 University of Genoa의 Laura Ghigliotti 교수와 University of Modena and Reggio Emilia의 Roberto Guidetti 교수와 함께 극지 생물의 변이체와 단백질체 연구를 공동 수행하여 지질대사와 비만증 공동 연구
- 남북극 생물의 고유성을 규명하기 위하여 스웨덴 자연사박물관의 Lars Hedenas, 독일 헬름홀츠 연구소의 Daniel Lang 박사팀과 독일 프라이부르크 대학교의 Ralf Reski 교수팀 등과 공동 연구를 통하여 남북극 이끼 및 비극지생태종 확보, 유전체 시퀀싱을 통해 비교 유전체 연구 및 저온특이적 유전자 AP2 family의 기능 연구 예정

○ 상대국(기관) 연구책임자간 연구범위 및 역할분담, 인프라활용

구분	미국 (University of Texas)	미국 (Northeastern University)	미국 (University of Oregon)	이탈리아 (University of Modena and Reggio Emilia)	독일 (University Freiburg)
연구범위	○ 확보된 극지생물 유전정보 제공	○ 확보된 극지생물 유전정보 제공	○ 확보된 극지생물 유전정보 제공 ○ 비교연구용 타종 유전체 정보 제공	○ 시료 확보	○ 시료 확보 및 공동연구
역할	○ 생명정보 분석 ○ 기능규명 공동연구	○ 생명정보 분석 ○ 기능규명 공동 연구	○ 극지 생물 genetic map작성 ○ 유전학적 진화 과정 규명	○ 시료 운용법 제공 ○ 유전정보 분석	○ 연구자 교류 및 시료제공
인프라제공 및 공동활용	○ 공동논문 작성	○ 공동논문 작성	○ 공동논문 작성	○ 남극기지 ○ 배양시설 ○ 공동논문 작성	○ 공동논문 작성
본 과제와의 연관성	○ 극지 환경적응 관련 유전자 정보 확보	○ 극지 환경적응 관련 유전자 기능 연구	○ 극지 환경적응 관련 유전자 기능 연구	○ 극지 환경적응 관련 단백질 연구	○ 극지 식물의 환경적응 연구

4-3. 연구개발 사업 규모

연구기간(년)	연구개발비(백만원)		
	2017	2018	2019
2017~2019 (3년간)	2,500	2,500	2,500



4-4. 총 연구기간 로드맵



4-5. 인프라 활용 로드맵

인프라명	연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
남극 세종과학기지	2017	10	10										
	2018	10	5										
	2019	10	5										
남극 장보고과학기지	2017												
	2018	5	5										
	2019												
북극 다산과학기지	2017							5	5				
	2018						5	10					
	2019						5	10					
쇄빙연구선 아라온	2017												
	2018												
	2019												

* 활용 시기에 음영표시 및 활용일수 작성



제 5 장 연구개발과정에서 수집한 과학기술정보

- 극지생물자원으로부터 개발된 cold-adapted 효소들은 음식, 섬유, 생물공정, 의학 등 여러 산업분야에 활용되고 있음 (표, Sarmiento et al. 2015)

Market	Enzyme	Commercially available	Uses
Molecular Biology	Alkaline phosphatases	Antarctic phosphatase (New England Biolabs Inc.)	Dephosphorylation of 5' end of a linearized fragment of DNA
	Uracil-DNA N-glycosylases (UNGs)	Uracil-DNA N-glycosylase (UNG) (ArcticZymes), Antarctic Thermolabile UDG (New England Biolabs Inc.)	Release of free uracil from uracil-containing DNA
	Nucleases	Oryonase (Takara-DorTech)	Digestion of all types of DNA and RNA
Detergent	Lipases	Lipoclean [®] , Lipex [®] , Lipotex [®] Ultra, Kannase, Liquease [®] , Polazyme [®] , (Novozymes)	Breaking down of lipid stains
	Proteases	Purafect [®] Prima, Properase [®] , Excellase (Genencor)	Breaking down of protein stains
	Amylases	Starzyme [®] Plus (Novozymes), Phelera [™] S100 (DuPont), Purafect [®] OxAm (Genencor)	Breakdown starch-based stains
	Cellulases	Rocksolt [™] Antarctic, Antarctic LTC (Dyadic), LTA-88 and LTA-90 (Hunan Youlei Biochemical), Retrocell Recop and Retrocell ZiroN (EpyGen Biotech), Celluzyme [®] , Celluclean [®] (Novozymes)	Wash of cotton fabrics
	Mannanases Pectate lyases	Mannaway [®] (Novozymes), Effecterz [™] (DuPont) XPect [®] (Novozymes)	Degradation of mannan or gum Pectin-stain removal activity
Textile	Amylases	Optisize [®] COOL and Optisize NEXT (Genencor/DuPont)	Desizing of woven fabrics
	Cellulases	PrimaBle [®] GOLD-FGL, IndAge [®] NeutralFlex, PrimaGreen [®] EcoLight 1 and PrimaGreen [®] EcoFade LT100 (Genencor/DuPont)	Bio-finishing combined with dyeing of cellulosic fabrics
Food and beverages	Pectinases	Novoshape [®] (Novozymes), Pectinase 62L (Bocatalysts), Litzems [®] (Lallemand)	Fermentation of beer and wine, breadmaking, and fruit juice processing
Other	Catalase	Catalase (CAT), (Swissairmat)	Textile, research, and cosmetic applications

<극지생물유래 개발된 저온효소 및 상표권>

- 독일 Institute of Marine Biotechnology 연구팀은 남극해 얼음에서 채취한 *Pseudoalteromonas haloplanktis*를 활용하기 위하여 casamino acid를 공급하는 공급하는 방식으로 세포농도를 20g/L까지 증대 시켰음 (Wilmes et al., 2010)
- 저온성 효소관련 연구로 벨기에 Ghent 대학교 연구팀은 남극 미생물로부터 저온 활성 xylanase의 결정구조를 밝힌 바 있으며 (De Vos et al., 2006) lipase의 경우 남북극 유래 미생물은 *Moraxella* sp., *Pseudoalteromonas* sp., *Psychrobacter* sp., 등에서 다양하게 발견되었음 (Joseph et al., 2008)
- 일본 교토대학교와 다카라 바이오는 공동으로 남극 세균 *Shewanella* sp.로부터

저온활성 β -lactamase를 개발하였음 (Miyake et al., 2007)

- New England Biolab에서는 “Antarctic phosphatase”라는 상표로 남극 미생물에서 유래한 저온활성 alkaline phosphatase를 판매하고 있음.
- 일본 국립극지연구소는 30여 년 전 (1983년 11월) 남극 쇼와 기지 근처에서 채취된 후 영하 20도(°C)로 냉동됐던 0.3mm의 미세한 벌레 (Water Bear, 물곰)를 해동시킨 후 살려내고 알까지 낳았다고 밝힌 바 있음. 냉동상태에서 수 십 년간 동면하다 살아난 과정을 연구하면 냉동보존기술에 적용 가능할 것으로 기대됨.
- 남극 유래 자낭균으로부터 항생물질 Geomycin A, B, C을 발견하였고 (Li et al., 2008), 자주색 Violacein, 황적색 flexirubin등은 동남극 유래의 항생물질로 발표된 바 있음 (Mojib et al., 2010)
- 미국의 Karsten 등은 극지방(Spitsbergen)과 한대지방 (독일 북해의 Helgoland), 온대지방(스페인 남부)에서 각각 채집한 홍조 29종, 갈조 22종, 녹조 11종으로부터 UV 흡수 물질 미코스포린-유사 아미노산 (MAAs)의 함량 및 분포를 조사하여 극지방에서 채집한 해조에는 Porphyra-334와 Palythine, 한대지방 해조류에는 Shinorine, 온대지방 해조류에는 Shinorine, Palythine, Asteria-330, Porphyra-334가 함유되어 있다고 발표
- FT-IR, GC-mass, H⁺-NMR, Element analyzer 등의 분석기기 등이 도입되어 해조류 추출물의 분석 결과를 Mycosporine의 구조와 비교하는 작업을 통하여 홍조류에 함유된 자외선차단물질의 구조가 차례로 밝혀짐
- 극지생물 고유의 항생효능의 식품보존제 GRAS (Generally Recognized as Safe) 후보 물질 개발로 개발가능, GRAS의 경우 자진 신고제로 상품에 적용하기가 용이하여 연간 수십 개의 물질이 GRAS로 신고됨, 이와 관련 LISTEX라는 회사가 박테리오 파지를 이용한 식품 보존제를 개발하고 FDA의 승인을 얻고 육류, 치즈의 발효, 어류 및 해산물의 보존에 사용됨. 식품 보존을 목적으로 박테리아 유래의 nisin이라는 bacteriosin이 FDA 승인, 미국 이외의 50개국에서 승인되어 사

용되고 있음. nisin의 경우 2020년까지 시장 규모가 약 5억 달러까지 향상될 것으로 예측하고 있음 (Markets and Markets), nisin이외에도 NovoGard, MicroGard, Natamax, Nisaplin, AvGard 등이 천연 음식보존제로 사용되고 있음.

- The Freedonia Inc. & BCC Research에 따르면 세계 효소시장 규모는 약 100억 달러이며 연평균 4.9% 성장할 것으로 예측됨. 산업용/특수 효소 시장 규모는 35억 달러 정도이고 Novozymes, Genencor, DSM 이 각각 48%, 20%, 6% 점유하고 있음. 국내 산업용효소 시장 규모는 1,200억 원으로 추정됨. 남북극 유래의 저온활성 효소개발로 이 분야 시장성 확대를 기대할 수 있음.
- 항생제 시장은 이미 성장한 시장이고 빅파마의 투자가 거의 이루어지지 않고 있다가 슈퍼박테리아의 등장으로 새로운 항생제 개발의 동력이 생긴 상태임. 세계 항생제 시장은 2010년 기준 약 42억 달러에 이르고 연간 성장률은 4%로 추산되나 항생제 시장규모보다 더 중요한 것은 저항성을 갖는 박테리아가 늘고 있다는 것으로 새로운 항생물질의 개발이 필요한 실정임.
- 결빙방지단백질이 사용될 수 있는 출기세포 및 재대혈 등 관련 세계 시장 규모는 2천억 달러에 달할 것으로 추산되나 동결방지단백질은 그램 당 만 달러에 달하고 있어 생산가를 수십 ~ 수백 배 낮추는 것을 목표로 하고 있음.
- 화합물 라이브러리 전체 수요는 2011년 10억 달러 정도이고 이중 신약탐색 화합물이 60%이상을 차지하는 것으로 추정됨. 화합물의 기원별로 보면 천연물 유래가 23% 정도이고 세포내 생명현상 규명을 위한 화합물과 질병을 유발하거나 생체물질과 상호작용하는 신규 화합물의 수요가 증대되어 극지 미생물로부터 신규 골격을 갖는 화합물이 이에 충족될 수 있음.

제 6 장 참고문헌

1. Hoag H. The cold rush. *Nat Biotechnol.* 2009 Aug;27(8):690-2. doi:10.1038/nbt0809-690. PubMed PMID: 19668168.
2. Koehn FE, Carter GT. The evolving role of natural products in drug discovery. *Nat Rev Drug Discov.* 2005 Mar;4(3):206-20. Review. PubMed PMID: 15729362.
3. Mishra BB, Tiwari VK. Natural products: an evolving role in future drug discovery. *Eur J Med Chem.* 2011 Oct;46(10):4769-807. doi:10.1016/j.ejmech.2011.07.057. Epub 2011 Aug 16. Review. PubMed PMID: 21889825.
4. Horwath, K.L., & Duman, J.G., 1983. Induction of antifreeze protein production by juvenile hormone in larvae of the beetle, *Dendroides canadensis*. *Journal of comparative physiology.* 151(2), 233-240.
5. Fletcher, G.L., Hew, C.L., Davies, P.L., 2001. Antifreeze proteins of teleost fishes. *Annual review of physiology.* 63(1), 359-390.
6. Kao, M.H., Fletcher, G.L., Wang, N.C., Hew, C.L., 1986. The relationship between molecular weight and antifreeze polypeptide activity in marine fish. *Canadian journal of zoology.* 64(3), 578-582.
7. Scott, G.K., Fletcher, G.L., Davies, P.L., 1986. Fish antifreeze proteins: recent gene evolution. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* 43(5), 1028-1034.
8. Aparicio, S., Chapman, J., Stupka, E., Putnam, N., Chia, J. M., Dehal, P., Brenner, S., 2002. Whole-genome shotgun assembly and analysis of the genome of *Fugu rubripes*. *Science.* 297(5585), 1301-1310.

9. Kasahara, M., Naruse, K., Sasaki, S., Nakatani, Y., Qu, W., Ahsan, B., Kohara, Y., 2007. The medaka draft genome and insights into vertebrate genome evolution. *Nature*. 447(7145), 714-719.
10. Postlethwait, J. H., Yan, Y. L., Gates, M. A., Horne, S., Amores, A., Brownlie, A., Talbot, W. S., 1998. Vertebrate genome evolution and the zebrafish gene map. *Nature genetics*. 18(4), 345-349.
11. David, C., Lange, B., Krumpfen, T., Schaafsma, F., Andries van Franeker, J., Flores, H., 2015. Under-ice distribution of polar cod *Boreogadus saida* in the central Arctic Ocean and their association with sea-ice habitat properties. *Polar Biology*.
12. Shin, S.C., Kim, S.J., Lee, J.K., Ahn do, H., Kim, M.G., Lee, H., Lee, J., Kim, B.K., Park, H., 2012. Transcriptomics and comparative analysis of three antarctic notothenioid fishes, *PLoS One*. 7, e43762.
13. Shin, S.C., Ahn do, H., Kim, S.J., Pyo, C.W., Lee, H., Kim, M.K., Lee, J., Lee, J.E., Detrich, H.W., Postlethwait, J.H., Edwards, D., Lee, S.G., Lee, J.H., Park, H., 2014. The genome sequence of the Antarctic bullhead notothen reveals evolutionary adaptations to a cold environment, *Genome Biol*. 15, 468.
14. Duman, J.G. and A.L. de Vries, 1976. Isolation, characterization, and physical properties of protein antifreezes from the winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus*. *Comp Biochem Physiol B*. 54(3), 375-80.
15. John, U.P., et al., 2009. Ice recrystallization inhibition proteins (IRIPs) and freeze tolerance in the cryophilic Antarctic hair grass *Deschampsia antarctica* E. *Desv. Plant Cell Environ*. 32(4), 336-348.
16. Harding, M.M., Anderberg, P.I., Haymet, A.D., 2003. 'Antifreeze' glycoproteins from polar fish, *Eur J Biochem*. 270, 1381-92.

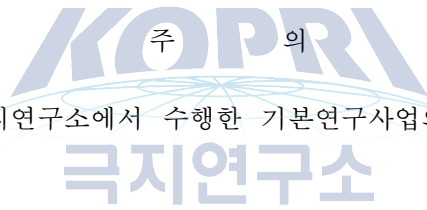
17. Graham, M.S., Fletcher, G.L., Haedrich, R.L., 1985. Blood viscosity in arctic fishes, *J Exp Zool.* 234, 157-60.
18. Nilsson, S., Forster, M.E., Davison, W., Axelsson, M., 1996. Nervous control of the spleen in the red-blooded Antarctic fish, *Pagothenia borchgrevinki*, *Am J Physiol.* 270, R599-604.
19. Sazykina, T.G., Kryshev, II., 1997. Current and potential doses from Arctic seafood consumption, *Sci Total Environ.* 202, 57-65.
20. Montgomery, J.C., Foster, B.A., Cargill, J.M., 1989. Stomach evacuation rate in the planktivorous Antarctic fish *Pagothenia borchgrevinki*. *Polar Biology.* 9(6), 405-408.
21. van Oort B.E., Tyler N.J., Gerkema M.P., Folkow L., Blix A.S., Stokkan K.A., 2005 "Circadian organization in reindeer". *Nature*, 438: 1095-6.
22. Folk, G.E., Thrift, D.L., Zimmerman, M.B., Reimann, P.C., 2006. "Mammalian activity ? rest rhythms in Arctic continuous daylight". *Biological Rhythm Research.* 37(6): 455-469.
23. Richards, J.G., 2009. Metabolic and molecular responses of fish to hypoxia. In *Hypoxia*, Vol. 27 (ed. Richards, J.G., Farrell, A.P., Brauner, C.J.), pp. 443-485. San Diego: Elsevier.
24. Lefevre, S., Damsgaard, C., Pascale, D.R., Nilsson, G.E., Stecyk, J.A., 2014. Air breathing in the Arctic: influence of temperature, hypoxia, activity and restricted air access on respiratory physiology of the Alaska blackfish *Dallia pectoralis*, *J Exp Biol.* 217, 4387-98.
25. Jeffrey, W. H., Aas, P., Maille Lyons, M., Coffin, R. B., Pledger, R.J., Mitchell, D.L., 1996. *Photochem. Photobiol.* 64, 419-427.

26. Worrest, R.C., Brooker, D.L., Van Dyke, H., 1980. *Limnol. Oceanogr.* 25, 360-364.

27. Damkaer, D.M., Dey, D.B., Heron, G.A., 1981. *Oecologia.* 48, 178-182.

28. Malloy, K.D., Holman, M.A., Mitchell, D., etrich, H.W., 3rd, 1997. Solar UVB-induced DNA damage and photoenzymatic DNA repair in antarctic zooplankton, *Proc Natl Acad Sci USA.* 94, 1258-63.





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.