

극지포럼 제9차 정례세미나

남극·북극은 지금

21세기 극지연구 패러다임의 변화, 그리고 기회

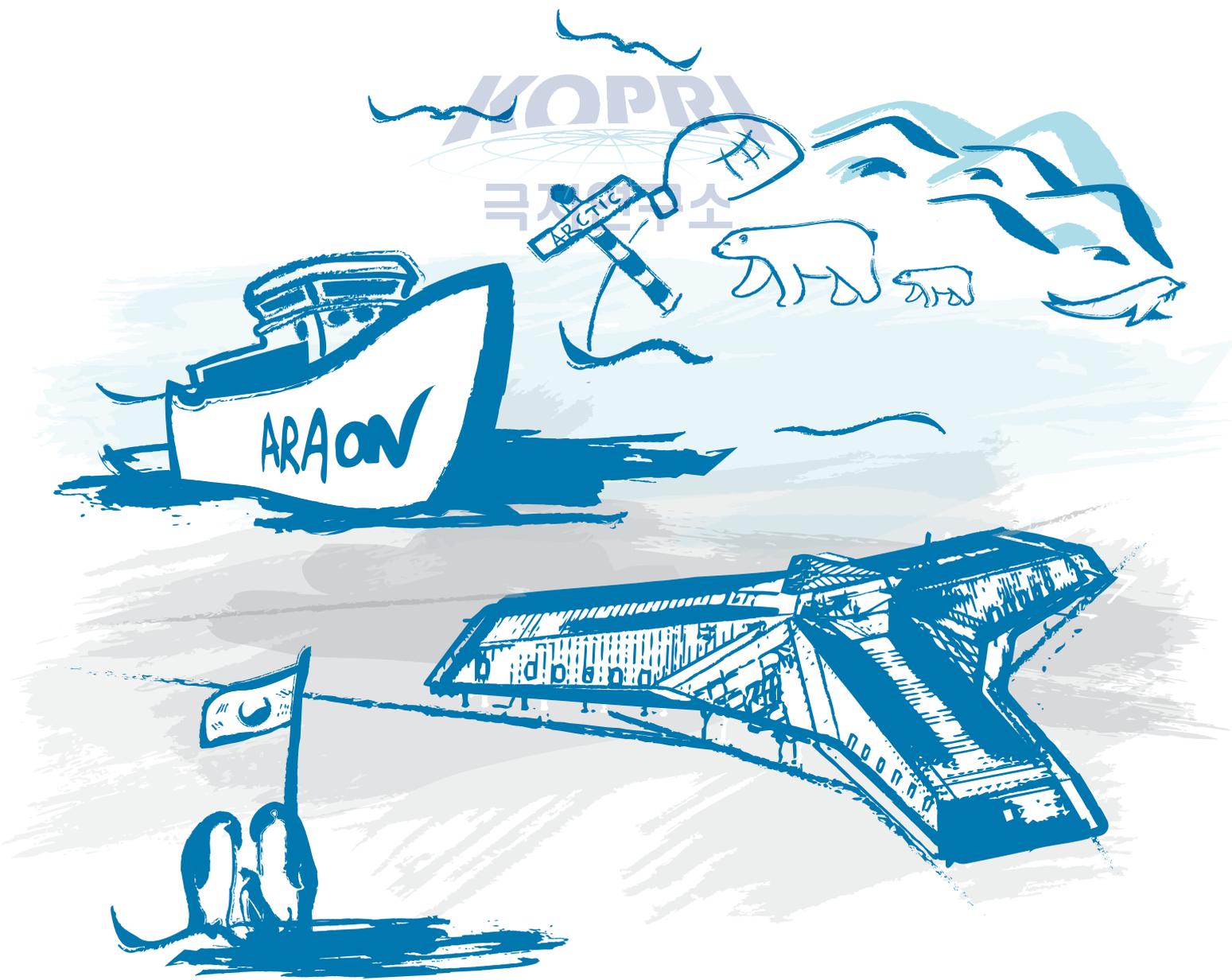
(Paradigm Shift of Polar Research, and Our Opportunities)

일시: 2015.10.8(목) 14:00~17:00

장소: 한국프레스센터 기자회견장 (19층)

주최 | 극지포럼

후원 |



행사일정

사 회 : 광재원 운영위원장 (경기과학기술진흥원 원장)

14:00 ~ 14:20	현 장 등 록
14:20 ~ 14:30	<p style="text-align: center;">인사말 : 김예동 공동대표 (극지연구소 소장) 축 사 : 최장현 공동대표 (위동항운 사장)</p>
14:30 ~ 14:50	<p>「 남·북극 최신 연구동향과 전망 」 신형철 실장 (극지연구소 국제협력실)</p>
14:50 ~ 15:10	<p>「 남극 얼음 밑 호수연구 현황과 미래 」 이종익 박사 (극지연구소 극지지구시스템연구부)</p>
15:10 ~ 15:30	휴 식
15:30 ~ 15:50	<p>「 남극 빅토리아랜드의 지질연구 현황과 미래 」 김윤섭 교수 (충북대학교 지구환경과학과)</p>
15:50 ~ 16:10	<p>「 극지항해 안전과 극지환경 보호를 지원하는 Polar Code 」 하태범 본부장 (한국선급)</p>
16:10 ~ 16:40	<p style="text-align: center;">좌 장 : 광재원 운영위원장 지정토론 : 박수현 부장 (국제신문), 홍성민 교수 (인하대학교 해양과학과), 정대교 교수 (강원대학교 지질학과)</p>
16:40 ~ 17:00	질의·응답 및 폐회

남·북극 최신 연구동향과 전망

신형철 실장 | 극지연구소 국제협력실



극지과학 국제동향

차세대 과학주제와 주요 국가 프로그램
움직임

극지연구소 국제협력실



KOPRI 극지포럼 2015년 10월8일

극지연구소

차례

전기를 맞는 남북극 연구

차세대 과학주제 (남극 Horizon Scan)

차세대 과학주제 (북극 ICARP3)

주요 프로그램 동향 (미국, 영국, 일본)

시사점





미래의 주인은 오늘
미래를 준비하는 사
람 -아프리카속담-



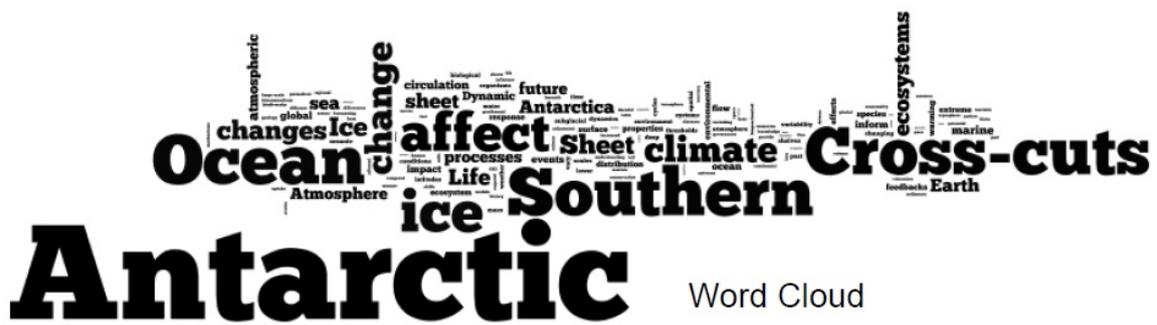
미래를 예측하지 말
고 미래를 만들어라

Dennis Gabor, Ilya Prigogine,
Alan Kay, Steven Lisberger,
Peter Drucker, Forrest C.
Shaklee



극지연구소
1st SCAR

Antarctic and Southern Ocean Science



“A roadmap for Antarctic and Southern Ocean Science for the next two decades and beyond”



Horizon Scan Outcomes

From nearly 1000 ideas, the 80 most important scientific questions were identified through structured debate, discussion, revision and voting.



The 1st SCAR Antarctic and Southern Ocean Science Horizon Scan

Antarctic Atmosphere and Global Connections

1. How is climate change and variability in the high southern latitudes connected to lower latitudes including the Tropical Ocean and monsoon systems?
2. How do Antarctic processes affect mid-latitude weather and extreme events?
3. How do teleconnections, foodwebs, and thresholds in dynamical and long-term climate variability affected ice sheet responses in the Last Glacial Maximum, and how can this inform future climate projections?
4. What drives change in the strength and position of Westerly winds, and what are their effects on ocean circulation, carbon uptake and global teleconnections?
5. How did the climate and atmospheric composition vary prior to the oldest ice records?
6. What controls regional patterns of ozone depletion and ozone warming and cooling in the Antarctic and Southern Ocean? (Cross-cut: Southern Ocean)
7. How can coupling and feedbacks between the atmosphere and the surface (land, ice, sea ice and ocean) be better represented in weather and climate models? (Cross-cut: Southern Ocean and Antarctic Ice Sheet)
8. Does past amplified warming of Antarctica provide insight into the effects of future warming on climate and ice sheets? (Cross-cut: Antarctic Ice Sheet)
9. Are there CO2 equivalent thresholds that forest collapse of all or part of the Antarctic Ice Sheet? (Cross-cut: Antarctic Ice Sheet)
10. Will there be release of greenhouse gases stored in Antarctic and Southern Ocean clathrates, sediments, peats, and permafrost in a warming climate? (Cross-cut: Dynamic Earth)
11. Is the recovery of the ozone hole proceeding as expected and how will its recovery affect regional and global atmospheric circulation, climate and ecosystems? (Cross-cut: Antarctic Life and Antarctic Ice Sheet)

Southern Ocean and Sea Ice in a Warming World

12. Will changes in the Southern Ocean result in feedbacks that accelerate or slow the pace of climate change?
13. Why are the properties and volume of Antarctic Bottom Water changing, and what are the consequences for global ocean circulation and climate?
14. How does Southern Ocean circulation, including its change with lower latitudes, respond to climate forcing?
15. What processes and feedbacks drive changes in the mass, properties and distribution of Antarctic sea ice?
16. How do changes in iceberg numbers and size distribution affect Antarctica and the Southern Ocean?
17. How has Antarctic sea ice extent and volume varied over decadal to millennial time scales?
18. How will changes in ocean surface waves influence Antarctic sea ice and floating glacial ice?
19. How do changes in sea ice extent, seasonality and properties affect Antarctic atmospheric and oceanic circulation? (Cross-cut: Antarctic Atmosphere)
20. How do extreme events affect the Antarctic cryosphere and Southern Ocean? (Cross-cut: Antarctic Ice Sheet)
21. How did the Antarctic cryosphere and the Southern Ocean contribute to glacial-interglacial cycles? (Cross-cut: Antarctic Ice Sheet)
22. How will climate change affect the physical and biological uptake of CO2 by the Southern Ocean? (Cross-cut: Antarctic Life)
23. How will changes in freshwater inputs affect ocean circulation and ecosystem processes? (Cross-cut: Antarctic Life)

Antarctic Ice Sheet and Sea Level

24. How do small-scale morphology in subglacial and continental shelf beds affect Antarctic ice sheet response to changing environmental conditions? (Cross-cut: Dynamic Earth)
25. What are the processes and geophysics that control the form and flow of the Antarctic Ice Sheet?

26. How do ice subglacial by-lag affect ice-sheet dynamics, and how important is it? (Cross-cut: Dynamic Earth)
27. How do the characteristics of the ice sheet bed, such as geophysical heat flux and sediment distribution, affect ice flow and ice sheet stability? (Cross-cut: Dynamic Earth)
28. What are the thresholds that lead to irreversible loss of all or part of the Antarctic ice sheet?
29. How will changes in surface melt on the ice sheet affect ice sheet evolution, and what will be the impact of these changes?
30. How do oceanic processes beneath ice shelves vary in space and time, how are they modified by sea ice, and do they affect icebergs and ice sheet mass balance? (Cross-cut: Southern Ocean)
31. How will long-scale processes in the Southern Ocean and elsewhere affect the Antarctic Ice Sheet, particularly the rapid disintegration of ice shelves and ice sheet margins? (Cross-cut: Antarctic Atmosphere and Southern Ocean)
32. How fast has the Antarctic Ice Sheet changed in the past and what does that tell us about the future?
33. How did marine-based Antarctic ice sheets change during previous interglacial periods?
34. How will the sedimentary record beneath the ice sheet inform our low-velocity of the processes on

Dynamic Earth - Probing beneath Antarctic Ice

35. How do the ice break-up geology under the Antarctic Ice Sheet inform our understanding of supercontinent assembly and tectonics through Earth history?
36. Do variations in geothermal heat flux in Antarctica provide a diagnostic signature of paleo-ice geology?
37. What is the onset and mantle structure of Antarctica and the Southern Ocean, and how do they affect surface marine ice due to glacial isostatic adjustment?
38. How do ice volcanism affect the evolution of the Antarctic lithosphere, ice sheet dynamics, and global climate? (Cross-cut: Antarctic Atmosphere and Antarctic Ice Sheet)
39. What are and how have the effects of geomorphic change in different Antarctic regions, and what are the ages of features of landscapes?
40. How do tectonic, dynamic topography, ice loading and isostatic adjustment affect the spatial pattern of sea level change on all-time scales? (Cross-cut: Antarctic Ice Sheet)
41. Will increased deformation and volcanism characterize Antarctica when ice mass is reduced in a warmer world, and if so, how will global- and ecosystem be affected? (Cross-cut: Antarctic Life)
42. How will permafrost, the snow cover and water availability in Antarctica with and without Antarctic change in a warming climate, and what are the effects on ecosystems and biogeochemical cycles? (Cross-cut: Antarctic Life)

Antarctic Life on the Precipice

43. What is the genetic base of adaptation in Antarctic and Southern Ocean organisms and communities?
44. How fast are mutation rates and how extensive is gene flow in the Antarctic and the Southern Ocean?
45. How have ecosystems in the Antarctic and the Southern Ocean responded to warmer climate conditions in the past? (Cross-cut: Antarctic Atmosphere and Ocean)
46. How has life evolved in the Antarctic in response to dramatic events in the Earth's history? (Cross-cut: Dynamic Earth)
47. How do subglacial systems inform models for the development of life on Earth and elsewhere?
48. Which ecosystems and food webs are most vulnerable in the Antarctic and Southern Ocean, and which organisms are most likely to go extinct?
49. How will threshold transitions (e.g. very different spatial and temporal scales, and how will they impact ecosystems functioning and future environmental conditions?
50. What are the synergistic effects of multiple stresses and environmental change drivers on Antarctic and Southern Ocean life?
51. How will organisms and ecosystems respond to a changing sea level in the Southern Ocean? (Cross-cut: Human)
52. How will non-terminus centripetal stresses affect Antarctic and Southern Ocean biota and ecosystems?

53. What is the exposure and response of Antarctic organisms and ecosystems to atmospheric contaminants (e.g. black carbon, mercury, nitrogen, etc.) and on the source and distribution of these contaminants through? (Cross-cut: Antarctic Atmosphere and Human)
54. How will the sources and mechanisms of dispersal of propagules into and around the Antarctic and Southern Ocean change in the future?
55. How will relative species and megafauna to indigenous species change Antarctic and Southern Ocean ecosystems? (Cross-cut: Human)
56. How will climate change affect the risk of spreading emerging infectious diseases in Antarctica? (Cross-cut: Human)
57. How will increases in the ice-free Antarctic continent affect impact biodiversity and the likelihood of biological invasions?
58. How will climate change affect existing and future Southern Ocean fisheries, especially krill stocks? (Cross-cut: Human)
59. How will linkages between marine and terrestrial systems change in the future?
60. What are the impacts of changing seasonality and transitional events on Antarctic and Southern Ocean marine ecology, biogeochemistry, and energy flow?
61. How will increased marine resources harvesting impact Southern Ocean biogeochemical cycles? (Cross-cut: Human)
62. How will deep sea ecosystems respond to modifications of deep water formation, and how will deep sea species interact with shallow water systems as the ocean warms and changes?
63. How can changes in the form and frequency of extreme events be used to improve biological understanding and forecasting? (Cross-cut: Antarctic Atmosphere)
64. How can temporal and spatial "near-to-far" analyses of Antarctic and Southern Ocean biodiversity inform ecological forecasting?
65. What will key marine species tell us about trophic interactions and their oceanographic drivers such as future shifts in frontal dynamics and stratification?
66. How successful will Southern Ocean Marine Protected Areas be in meeting their protection objectives, and how will they affect ecosystem processes and resource constraints? (Cross-cut: Human)
67. What are the conservation measures, such as genetic rescue, that are required for the Antarctic and Southern Ocean? (Cross-cut: Human)
68. How effective are Antarctic and Southern Ocean conservation measures for preserving evolutionary potential? (Cross-cut: Human)

Near-Earth Space and Beyond - Eyes on the Sky

69. What are the differences in the ionospheric conductivity between the ionosphere and that in the lower, middle and upper atmosphere, and what causes these differences?
 70. How do space weather influences the polar ionosphere and what are the wider implications for the global atmosphere? (Cross-cut: Antarctic Atmosphere)
 71. How do the generation, propagation, variability and climatology of someogenic waves affect atmospheric processes over Antarctica and the Southern Ocean? (Cross-cut: Antarctic Life)
- ### Human Presence in Antarctica
72. How can natural and human-induced environmental changes be distinguished, and how will this knowledge affect Antarctic governance? (Cross-cut: Antarctic Life)
 73. How will the impacts of human activity, driven by mass distribution of the Antarctic environment? (Cross-cut: Antarctic Life)
 74. How will external pressures and changes in the geopolitical negotiations of power affect Antarctic governance and science?
 75. How will the use of Antarctica for peaceful purposes and science be maintained as human access changes?
 76. How will regulatory mechanisms evolve to keep pace with Antarctic science?
 77. What is the current and potential value of Antarctic ecosystems and science?
 78. How will human activities and pushing the change, impact and adapt to the coming Antarctic environment? (Cross-cut: Antarctic Life)



SCIENCE PRIORITIES FOR...

DEFINE 바다와 하늘은 남극과 지구와 어떻게 연결시키는가
the global reach of the Antarctic atmosphere and Southern Ocean

RECOGNIZE AND MITIGATE
human influences

인간의 발자국을 줄이며 공존의 지혜를



OBSERVE
space and the Universe

우주관측의 창



UNDERSTAND
how, where and why ice sheets lose mass

Stieg et al 2009



녹아내리는 남극의 얼음; 어디서 어떻게, 도대체 왜



REVEAL
Antarctica's

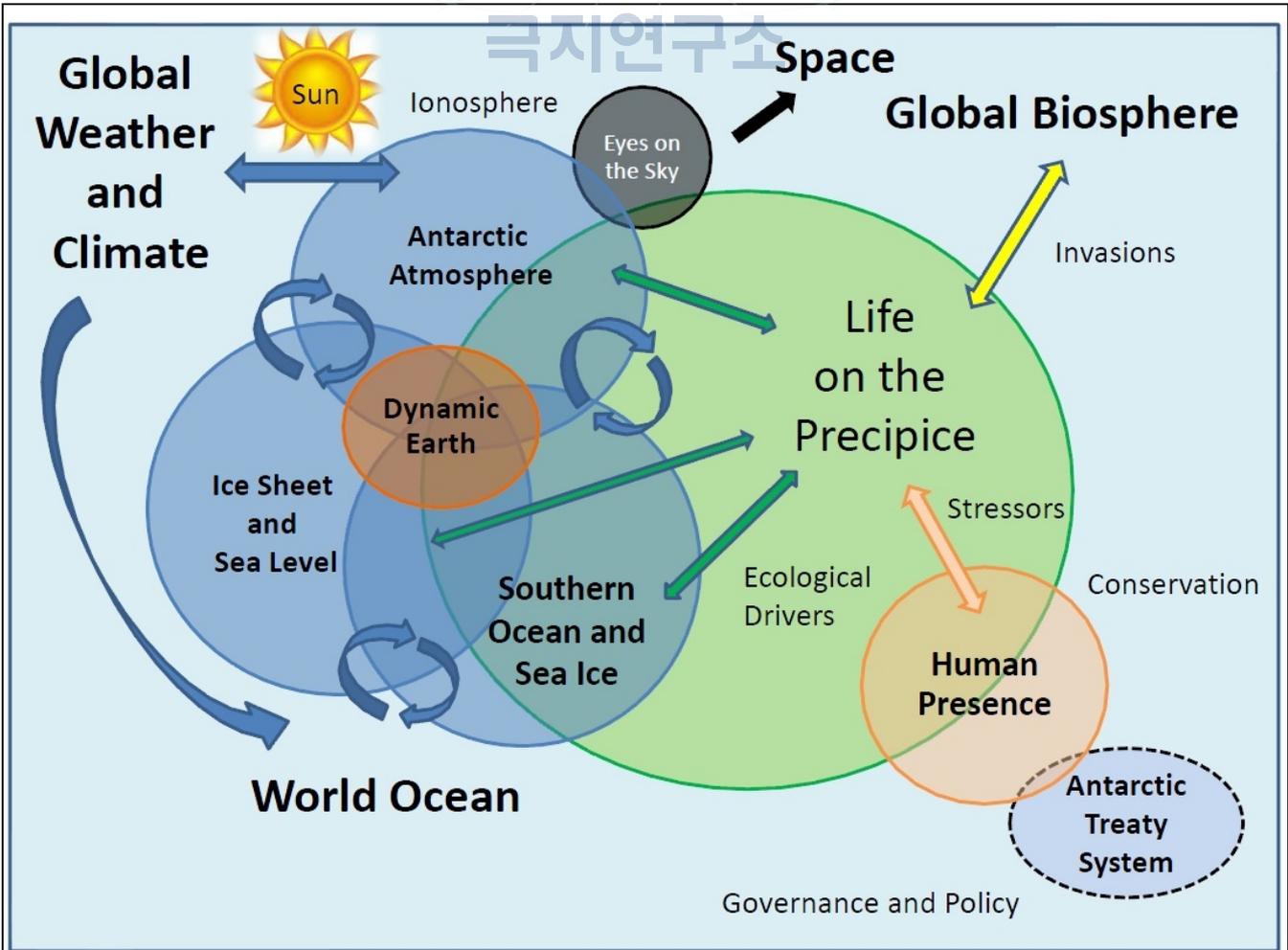
남극 지각 형성의 비밀



LEARN
how Antarctic life evolved and survived

생물 적응의 신비와 비결

Antarctic and Southern Ocean science
 남극 과학의 차세대 속제



THE CHALLENGE...

SUSTAIN STABLE FUNDING

예산 예산 예산

COMMUNICATE
with all stakeholders

대중과 정부와
모든 이해당사자
와 소통



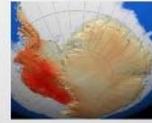
ENHANCE INTERNATIONAL COOPERATION

국제협력 선택이
아니라 필수



Realizing the Promise of Antarctic Science

꿈은 이루어진다
어떻게?



Stieg et al 2009

PROVIDE ACCESS

Region-wide

접근역량이 곧 힘



APPLY EMERGING TECHNOLOGIES

남극과학에 적
용하는 신기술



STRENGTHEN ENVIRONMENTAL PROTECTION

환경 지킴 청지기



극지연구소



**Integrating Arctic research
A roadmap for the future**

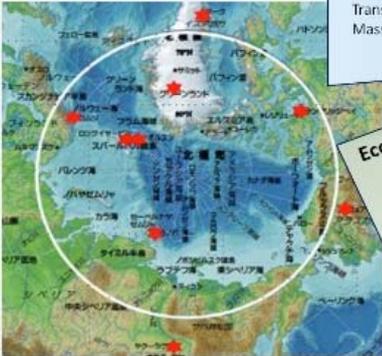
3rd international conference on
Arctic research planning
(ICARP III)

Implementation of ArCS (Arctic Challenge for Sustainability), 2015-2019

International research collaborations



Expansion of research base/stations



**북극 기후 기상 해양환경
기후변화 오염물질
생태계와 생물다양성**

시사점

핵심 검색어

전지구 연계고리 - 극지는 특별한 세상? 연결된 일부

기후변화 (얼음) - 거스를 수 없는 대세와 우리의 미래

생태계 - 생물다양성과 자원의 원천, 지구 건강 보험

인간 활동과 영향 - 보전과 지속가능사회

하늘 아래 새로운 것은 없다, 하지만 패러다임은 바뀌고 있다, 조용히

기반시설과 지원 투자/활용, 국제협력 새삼스런 강조

강대국 흥내? (한국극지연구의 브랜드는 무엇인가? 3-4개의 주력분야 <- 최근의 KOPRI 국제자문에서)

한국형 극지연구 모델; 탁월함, 협력의 중심, 사회 연계

ICARP III objectives

identify Arctic research priorities for the next decade;

improve coordination of various Arctic research agendas;

inform policy makers

near the Arctic and

build constructive

producers and users

어떤 북극과학이 시급하고 긴요한지
선별한다

북극과학 주제 간 관계를 정립한다

정책 입안가와 거주민에게 필요한 정
보를 제공한다

지식을 만들어내는 이와 지식을 사용
하는 이를 연결한다

ICARP III science themes

Theme 1: Climate System and Transformations

Theme 2: Observing, Technology, Logistics, Services

Theme 3: Societies and Ecosystems

Theme 4: Outreach

1 기후체계가 변하고 있다

2 어떻게 관찰하고 파악할까 (관측, 기술, 보급지원, 혜택과 역할)

3 그래서 우리에게 (사회와 생태계)

4 대중소통과 (미래를 위한) 역량강화

Conference statement

overarching messages emerged 1

- Changes in the Arctic are occurring at an unprecedented rate, and the speed of these changes is increasing. This knowledge provides a basis for decision-making.
- There is a need to coordinate research efforts among Arctic states to address the global importance of changes taking place in the Arctic.
- It is critical to anticipate changes in the Arctic rather than respond to them, but to do this requires sustained observations and improved understanding of local, regional and global processes. These research challenges must be addressed in a coordinated and timely manner to ensure sustainable development and resilient Arctic communities and ecosystems.

북극 변화의 속도를 이해와 지식과 정책결정이 따라가지 못하고 있다
지속가능발전과 건강사회를 위해 장기관측과 이해증진이 필수적이다



Conference statement

overarching messages emerged 2

- The rapid changes in the Arctic are cascading through regional systems, impacting weather, climate, and ecosystems. Linkages between these systems must be addressed in future research activities.
- Understanding the vulnerability and resilience of Arctic environments and societies requires increased international scientific cooperation, including contributions from non-Arctic states.
- More effective use must be made of local and traditional knowledge by engaging northern and Indigenous communities in setting priorities, the co-design and co-production of research, and the dissemination of this knowledge by ensuring appropriate access to research data and results.

북극의 변화는 북극에서 끝나지 않는다
지역사회와 함께 구상하고 생성하고 공유하는 연구, 전통지식의 활용 중요하다

Conference statement

overarching messages emerged 3

- It is essential to support relevant decision-making for Arctic residents, including Indigenous Peoples, through education and effective public engagement, and by adopting shared principles to guide research activities.
- New markets for Arctic resources and associated activities, including trade, tourism and transportation, will likely emerge faster than the necessary infrastructures on land and sea. Sustainable infrastructure development and innovation to strengthen the resilience of Arctic communities requires a collaborative approach involving scientists, communities, governments, and industry.

KOPRI

극지연구소

미국 NSF 남극연구의 예 (세계 1등 추구, 유행 선도자)

국립학술원 보고서 (2011) 남극과학 뭘 어떻게 연구해야 하나 ->

블루리본패널 보고서 (2012) NSF 제대로 하고 있나 ->

NSF 블루리본패널 보고서에 응답 (2012) ->

NSF 학술원에 위원회 구성과 전략문서 생산 의뢰 ->

Strategic vision for NSF investments in Antarctic and Southern Ocean (2015) 작성

Future Science Opportunities in Antarctica and the Southern Ocean (국립학술원 2011 보고서)

Global change

남극과 지구 해수면 변화

지구기후체계에서 남극과 남극해의 역할

남극생물과 생태계가 이 변화에 보이는 반응

남극이 과거 지구변화에서 한 역할

Discovery driven research

남극과 남극해에 보존된 기록이 과거와 미래 기후에 시사하는 바

생명의 진화 과정

지구와 우주환경 간 상호작용 연구 기반으로 남극 활용

우주의 기원과 진화 과정

Blue Ribbon Panel Report (2012)

MORE AND BETTER SCIENCE IN
ANTARCTICA
THROUGH INCREASED
LOGISTICAL EFFECTIVENESS

Report of the
U.S. Antarctic Program
Blue Ribbon Panel
Washington, D.C.
July 2012

구조조정, 지리적 범위
확대, 국제협력, 관측활
동 강화

지속적 투자, 효율 제고

권고안

남극기지활용, 연구선단 복
원, 보급지원과 수송, 맥머
도와 파머 시설 개선, 예산
투자, 비용에 대한 자각, 통
신, 에너지 효율, 국제협력,
남극정책

INTERNATIONAL COOPERATION

The BRP recommended that NSF pursue additional opportunities for international cooperation in shared logistics support as well as scientific endeavors.

As previously noted, NSF is actively pursuing additional opportunities to leverage resources with our international partners. For example, pursuant to more general agreements to cooperate, annual implementation plans that benefit the USAP are developed with international partners. Such arrangements are discussed year-round through recurring face-to-face meetings, frequent e-mail and telephone contact, and through the annual meetings of COMNAP and SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research, an advisory body to the Antarctic Treaty). NSF engages with other national programs through international organizations such as COMNAP to look for opportunities to standardize equipment and take advantage of volume pricing. NSF is also looking to expand arrangements in the Ross Sea region as well as in the Antarctic Peninsula. Countries including Australia, Italy, France, South Korea, and New Zealand have active logistics programs and bases in the Ross Sea region and represent cost-sharing opportunities for the USAP, while several countries offer opportunities in the Peninsula area. NSF will continue to work with our international partners to ensure active and open data sharing that is a hallmark of the Antarctic Treaty and facilitates more efficient science.

NSF response to BRP

극지연구소

A Strategic Vision for NSF Investments in Antarctic and Southern Ocean Research

NSF 요청으로 학술원이 구성한 특별위원회

연구자 제안형 상향식 (중규모) 과제의 지속적인 후원

개인연구자 범위를 벗어나지만, 추구하지 않을 수 없는 중요한 (compelling) 과학적 의문에 답하는 대형 주제

연구활동에 추진력과 가치를 더하는 기본요소 (지원과 기반시설 수요, 목적지향 관측, 데이터관리 등)

대형 주제 전략적 선택의 기준

- 1 고품질 명품 과학 (compelling science)
- 2 파급효과, 적시성, 현실적 기술적 준비상태
- 3 협력관계 진작 효과, 분야간 균형, 분야간 협업

전략우선순위

- 1 급속한 해수면 변화 (빙상, 해양, 대기 합작품)
- 2 생물의 적응과 진화, 그리고 이를 가능하게 하는 기반
- 3 우주의 기원과 운명

영국 British Antarctic Survey의 예 (비슷한 규모, 비슷한 남극;북극 비율)

우리의 미래상

극지과학과 극지지원활동에 세계 최고의 중심이 된다

- 지구 전체적으로 중요한 이슈를 해결한다
- 빠르게 변하는 세계에 사회가 적응하도록 지원한다

우리의 할 일

탁월한 연구에 대한 사명감

전문가적 장인정신과 일상적인 혁신

선택할 수 밖에 없는 파트너

극한환경에서 복잡한 지원활동 안전 수행

극지환경 보전에 대한 책임감

영국 British Antarctic Survey

Polar Science for Planet Earth

Challenge 1. Polar Change - understanding the causes and implications of change in polar systems
극지에서 일어나는 변화의 원인과 영향
전지구적인 연계고리

Challenge 2. Earth and the Poles - understanding how polar processes impact the global system
환경위협에 대한 복원력 유지와 천연자원의 건강한 관리

Challenge 3. People and the Poles - developing resilience to environmental hazards and managing natural resources
공극과 첨단기술의 새 지식

Challenge 4. Polar Frontiers - exploring the frontiers of knowledge



GRENE Arctic Climate Research Project 2011-2016

Strategic Research Targets **일본 사례는 왜?**

1. Understanding the mechanism of warming amplification in the Arctic, **북극온난화 증폭은 왜 어떻게**
2. Understanding the Arctic climate system for global climate and future change, **북극 기후와 지구, 미래 변화**
3. Evaluation of the impacts of Arctic change on weather and climate in Japan, marine ecosystems and fisheries, **북극변화의 영향 평가**
4. Projection of sea ice distribution and Arctic sea routes. **해빙 분포와 북극항로**

With terms;

- Conduct cooperative research projects (themes) with applications,
- Improve infrastructures, and
- Support research community → JCAR (Japan Consortium for Arctic Environmental Research) (Cooperation among different research fields and/or cooperation between observation and modeling is desired)

GRENE-Arctic



Application and contribution

National Institute of Polar Research as core institute with JAMSTEC as associate Institute

남극 얼음 밑 호수연구 현황과 미래

이종익 박사 | 극지연구소 극지지구시스템연구부



남극 얼음 밑 호수 연구 현황과 미래

극지연구소
극지지구시스템연구부
책임연구원 이종익



극지연구소

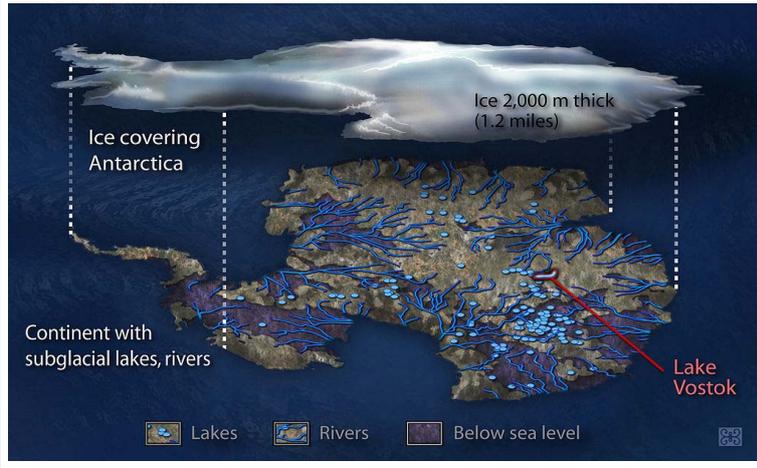


목 차

- 1 빙저호 과학
- 2 빙저호 탐지 기술
- 3 빙저호 시추 및 탐사장비
- 4 미래 비전



빙저호(subglacial lake)



• **빙저호(Subglacial lake)**

: 수백에서 수천미터 두께의 남극 대륙 빙하 하단부가 녹거나 얼지 않아 형성된 호수

- 1) 위에서 누르는 빙하의 거대한 하중이 만들어내는 열과 압력
- 2) 빙하 아래 얼음의 유동에 의한 마찰열
- 3) 지구 내부로부터 기인된 열

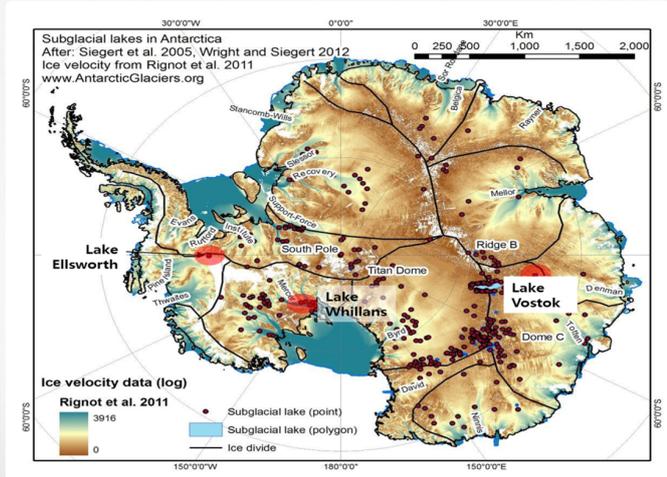
• **빙저호의 환경 특성**

- 암흑, 낮은 영양분, 높은 수압의 환경으로 호수 물과 퇴적물은 기후변화에 중요한 정보
- 대기, 햇빛의 영향이 미치지 못한 채 수천만 년간 격리된 상태로 존재해 왔기 때문에, 지금까지 알려지지 않은 생명체가 존재할 것으로 예측

빙저호 과학

• **탐사대상**

- 현재까지 남극 대륙에 379개의 빙저호 존재 확인
- 러시아 보스토크호, 영국 엘스워스호, 미국이 윌란스호



• **우주과학**

- 암흑, 저영양, 고압의 환경으로 지구환경과 수천에서 수백만년 동안 격리
- 지금까지 알려지지 않았던 생명체가 존재의 가능성 시사(목성의 위성인 유로파와 유사)

• **생물의 새로운 에너지원 규명**

- 윌란스 호수에서 발견된 미생물은 광합성이 아닌 호수 바닥의 광물에서 에너지를 얻는 것으로 확인

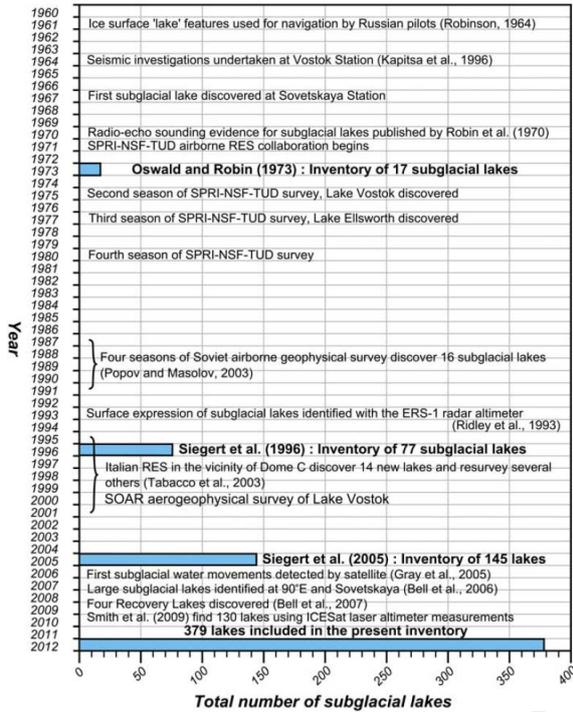
• **과거 기후복원**

- 빙저호 바닥의 퇴적물은 이전에 발견되지 않은 남극의 과거 기후 변화를 알아내는데 매우 중요한 단서

• **수문학적 의미**

- 빙저호 환경 이해, 호수 진화와 기능

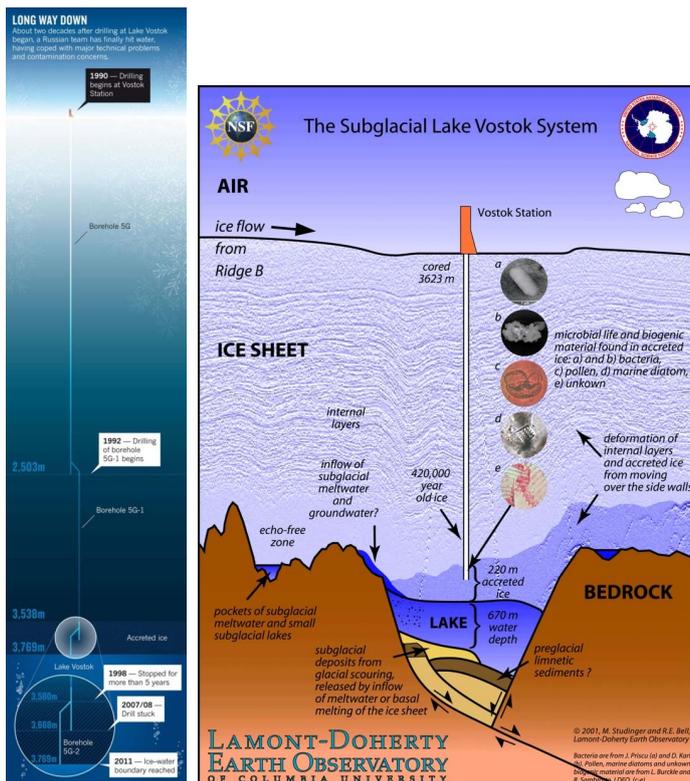
연구 현황



빙저호 탐사 역사연표 (Wright & Siegert et al., 2012)

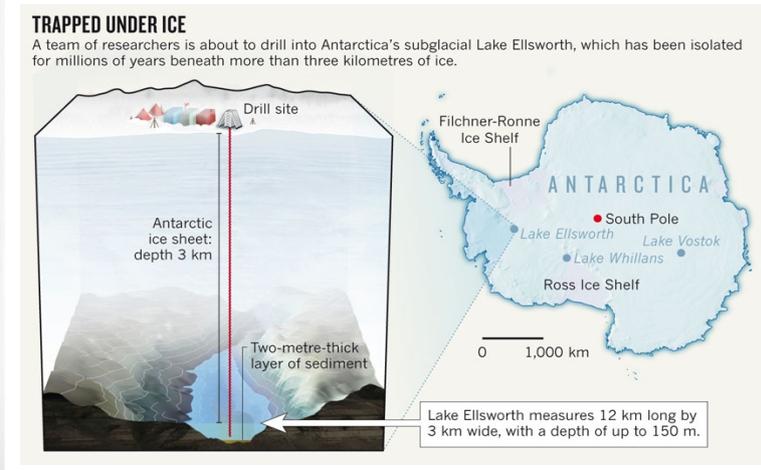
- 1970년 처음으로 빙저호의 존재 확인, 1973년 17개의 빙저호가 기록
- 이후 1975년에는 보스토크호와 1977년에는 엘스워스 호로 명명
- 1996년에는 77개, 2005년에는 145개, 2012년에 379개의 남극 빙저호 기록(Wright & Siegert et al., 2012)
- 1990년에는 러시아가 보스토크호를 대상으로 시추 시작
- 2007년 러시아는 보스토크호, 영국은 엘스워스호, 미국은 윌란스호를 대상으로 하여 국제 빙저호 탐사 연구 공동 계획 및 기술 교류 시작
- 영국과 미국이 2012/13년 남극 하계 시즌에 시추 계획
- 2012년 영국은 시추기의 기술적인 문제로 시추 포기 선언
- 2013년 1월 미국팀은 시추에 성공하여 2014년 Nature에 최초로 빙저호 연구결과 발표 (Christner et al., 2014)

러시아 보스토크호



- 빙하 약 3,769m 깊이 아래에 존재, 호수 길이 약 250km, 표면적 12,500km², 최대수심 900m, 평균 수심이 432m으로 남극 빙저호 중 최대 규모
- 1975년 처음으로 존재 확인하였고, 1990년 시추 시작
- 1998년 3580m에서 도달한 뒤 시추가 중단되었다가 2007/08년에 3,668m 척빙(accreted ice)에서 기술적인 문제로 멈춤. 당시의 시추 기술로는 호수 오염의 가능성이 제기되어 130m를 남겨 놓은 지점에서 작업이 중단되었음
- 2011년/12년 얼음과 물의 경계면까지 도달하였다고 발표하였으나, 얼음을 뚫자마자 압력에 의해 호수물이 시추공으로의 분출 및 부동액에 의한 오염 의혹이 제기
- 2007년에 시추된 척빙(accreted ice)을 대상으로 한 미생물 연구에서 얼음물 1ml당 약 100개의 세균이 존재.
- 배양된 미생물은 10°C의 저온에서 매우 느리게 자람
- 호열성 미생물과의 유전자 염기서열이 100% 유사함으로써 높은 지구 내부로부터 지열가능성을 제시

영국 엘스워스호



- 서남극 빙하 약 3400km 아래 위치
- 호수 길이 12km, 표면적 30km², 최대 수심 150m으로 약 50만년동안 격리되어 진화
- 상대적으로 작은 규모의 호수로 이해하기 쉬움. 장소의 접근성이 용이함(Siegert et al., 2007)
- 호수의 얼음 온도가 약 -30°C로, 보스토크 호수의 온도보다 두 배 정도 따뜻하고, 얼음의 두께도 1킬로미터 정도 얇음
- 1996년 정밀 조사를 통하여 존재 확인 후, 영국 연구팀은 2012년 12월부터 탐사 계획
- 5단계의 정수 시스템을 통해 적외선으로 소독한 순수한 형태의 물 6만 리터를 준비하고 5미터 길이의 실린더 티타늄 탐사기를 시추공으로 내려 보내는 계획
- 탐사 중 발생한 기술적인 문제(300m 부근에서의 두 개의 시추공 연결 실패)로 인해 연구진은 2012년 12월 말에 철수한 상태이며, 호수의 시추는 중지되었음

미국 윌란스호

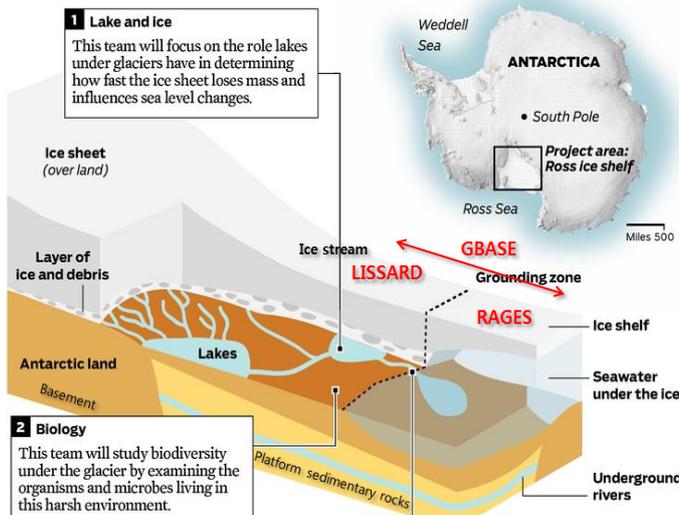
Drilling into an ecosystem

Underneath the thick ice in Antarctica, a layer of interaction between land and water occurs that scientists rarely see. A team of collaborating institutions, including Northern Illinois University, will help study this interplay, seeking to find out more about geology and the effects of climate change.

THE PROJECT'S THREE STUDY AREAS

1 Lake and ice

This team will focus on the role lakes under glaciers have in determining how fast the ice sheet loses mass and influences sea level changes.



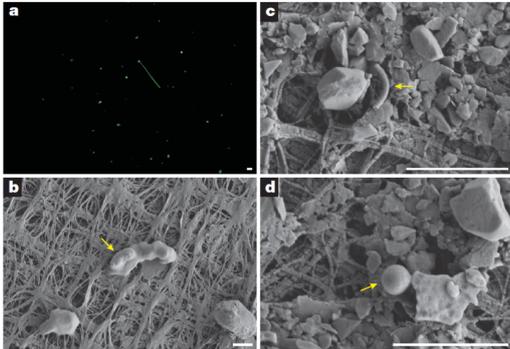
Collaborating institutions include: Montana State University, University California at Santa Cruz, Northern Illinois University, Louisiana State University, University of Tennessee at Knoxville, University of California at San Diego, Penn State University, St. Olaf College

SOURCE: Whillans Ice Stream Subglacial Access Research Drilling

KATIE NIELAND/TRIBUNE

- 남극 서부의 로스빙붕 가장자리에 존재
 - 800m 두께의 얼음 밑에 위치, 호수 표면적이 60km², 평균 수심은 2m, 수온은 -4.9°C
 - 윌란스호의 경우에는 로스해로 유출수가 흘러들어감
 - 2007년 ICESat data에서 빙저수(subglacial water)의 활동으로 얼음 표면에 변형이 생긴 것이 밝혀짐
 - 이 후, 레이저, 진동장치와 GPS 등으로 지형조사가 자세히 이루어지면서 시추 작업에 대한 연구가 꾸준히 이루어 짐
 - 미국 전역에 걸쳐 3개의 연결된 프로젝트가 있으며, 13개의 대학과 8개의 연구소가 참여하고 있음
- GBASE** (Geomicrobiology of Antarctic subglacial environments)
LISSARD (Lake and Ice stream subglacial access research drilling)
RAGES (Robotics access to grounding-zones for exploration and science)

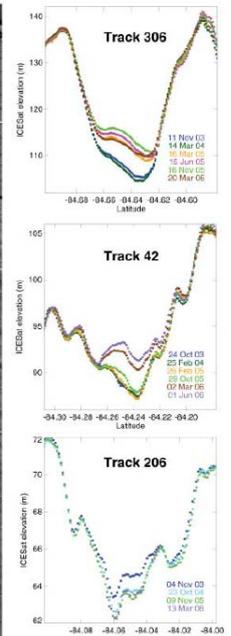
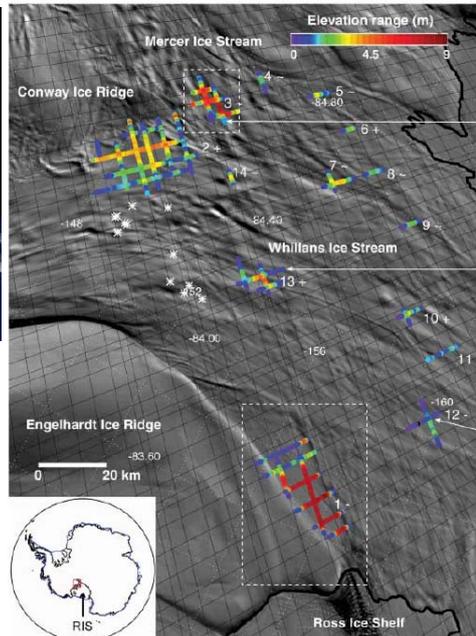
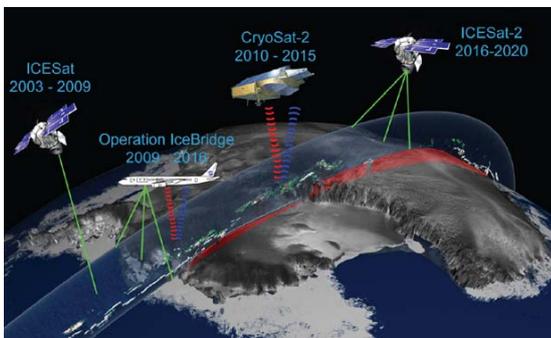
미국 윌란스호



- 2013년 1월 미국 연구팀(Whillans Ice Stream Subglacial Access Research Drilling, WISSARD)은 세계 최초로 빙저호의 물과 퇴적으로 수집하여 생명체 존재를 확인하여 2014년 8월 '네이처'에 발표(Christner et al., 2014)
- 담수 1밀리미터당 약 1천 마리의 미생물이 존재하는 것을 확인. 배양접시에서 매우 높은 성장률을 보임
- 광합성이 아닌 퇴적층으로부터 기원한 광물에서 에너지원과 탄소원을 얻는 화학자가영양세균(chemolithoautotrophs)
- 샘플에서 발견된 포름산염(formate) 성분은 온실가스인 '메탄'이 빙저호에서 생산된다는 증거. 황순환과 관련있는 미생물 연구 결과도 발표됨(Purcell et al, 2014).
- 윌란스 호수에 존재하는 다양한 미생물 종의 기원을 알아내기 위한 연구를 진행 중.
 - 1) 애초부터 얼음 밑 퇴적층에서 생활하던 미생물의 후손
 - 2) 외부에서 유입 가능성
 - 3) 해수면 상승으로 인하여 빙하 하단부가 급격히 녹아내리면서 로스해에서 침투 가능성
- 2015년 1월에는 grounding zone 가까이에서 비디오 녹화를 통하여, 세계 최초로 빙저호에 서식하는 표피가 투명한 물고기의 영상을 획득함

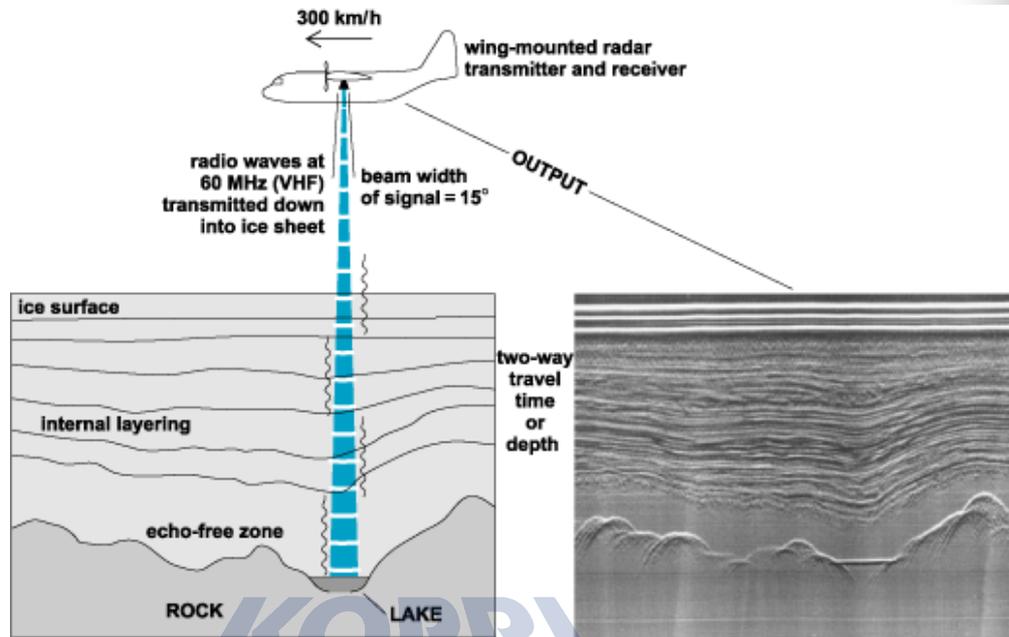
인공위성 고도계

- 인공위성 고도계 (Satellite altimetry)
 - 빙저호 수위변화에 따른 빙하 표면 고도 변화 감지
 - 독립된 수괴로서의 빙저호 개념 => 빙저 수계 시스템에 연결된 빙저호 개념



항공 레이더 탐사

- 항공 레이더 탐사 (Radio Echo Sounding, RES)
 - 빙저호 수면에서의 강한 반사파 탐지
 - 분류: Definite lake, Dim lake, Fussy lake, Indistinct lake, Failing lake



탄성파 탐사

- 탄성파 탐사 (Seismic sounding)
 - 고해상도 => 최종 확인 단계
 - 빙저호 두께 산출

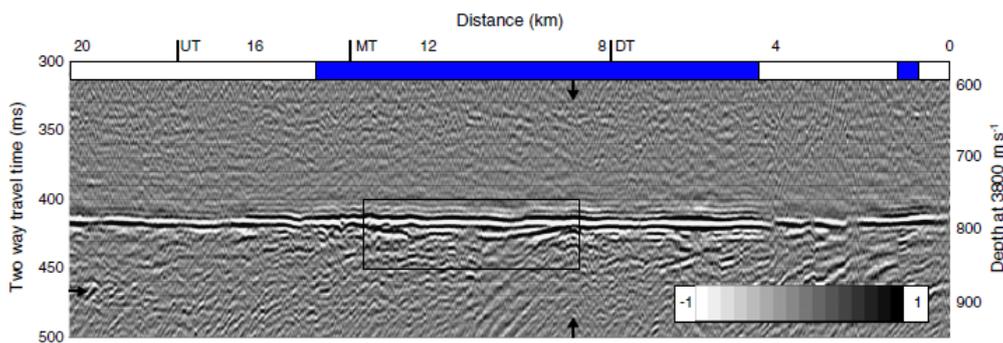
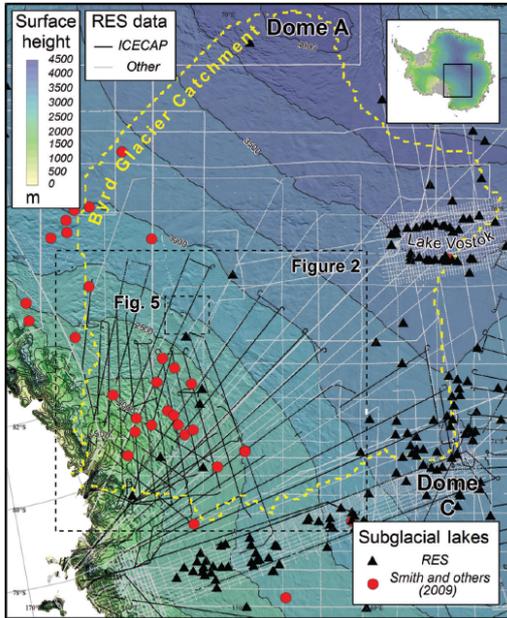


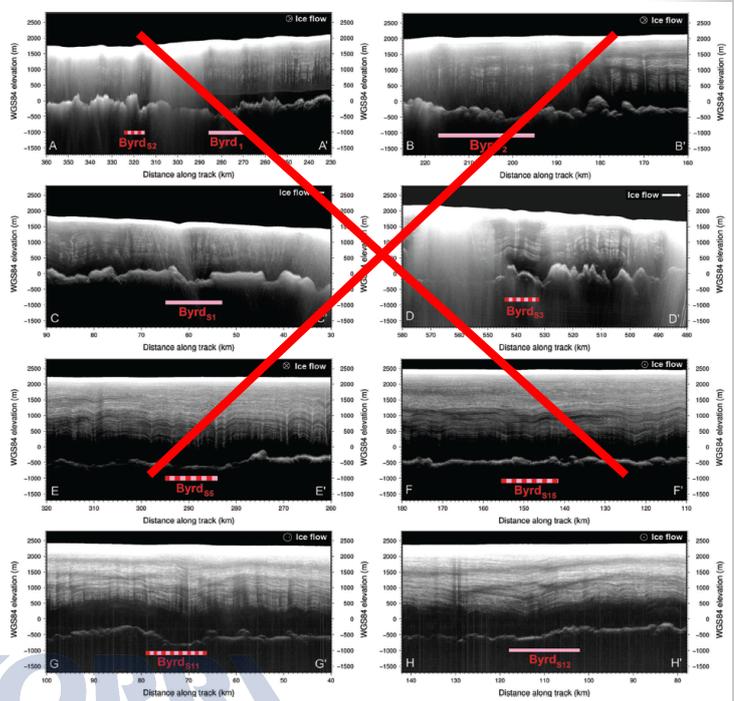
Fig. 4. Longitudinal seismic profile. Ice stream flow is from left to right. See Fig. 2 for location. Inset box shows location of Fig. 7. Seismic polarity convention of this and subsequent profiles follows (Thigpen et al., 1975). Vertical arrows mark the acoustic basement feature mentioned in the text. Similarly, the horizontal arrow marks the acoustic basement. Tick-marks labeled UT, MT, and DT, denote the intersections with the upstream, middle, and downstream transverse profiles respectively (Figs. 8–10). Blue and white bar shows the zones of interpreted water (blue).

문제점

- 항공 레이더 탐사(RES)의 문제점 :
고비용 => 많은 미답지역

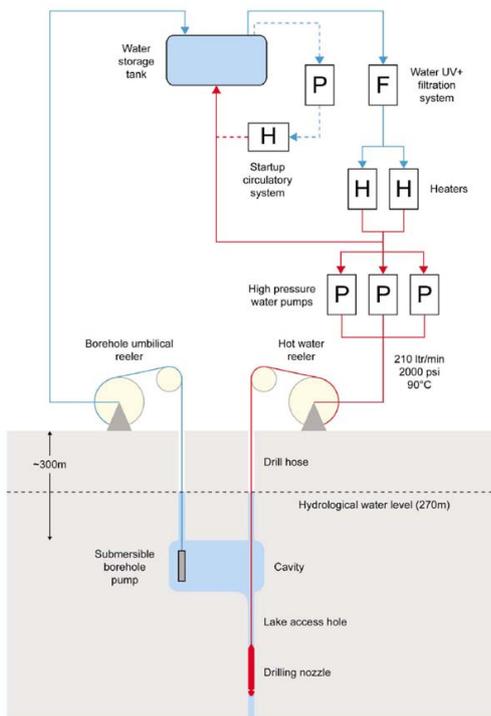


- 인공위성을 이용한 빙저호 탐색의 문제점 : 남극대륙 연변부에서는 궤도 간격이 넓어짐에 따라 빙저호 발견 확률이 떨어짐

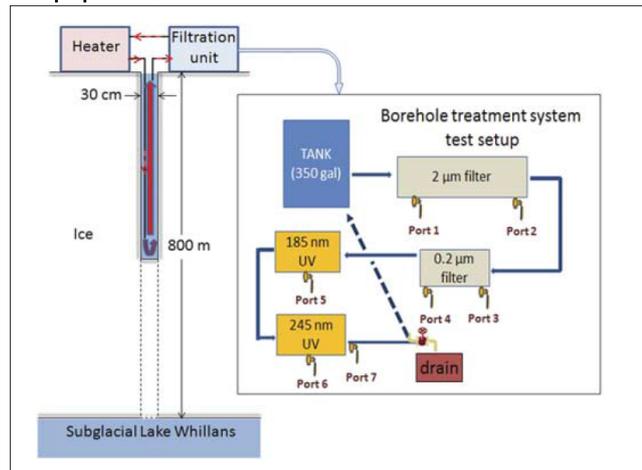


열수 시추(hot water drilling)

- 영국 엘스워스



- 미국 Wissard



- 열수시추(Hot water drill) 방식
 - 고온의 물을 이용하여 빙하에 구멍을 만들어 목표지점의 빙저호 시료 채집
 - 호수를 오염시키지 않고 물을 끌어올리는 것은 물론 사용하는 모든 장비의 소독 및 연구자들의 살균복 착용
- 열수의 멸균처리
 - 시추에 사용되는 물은 3단계 과정을 거쳐 미생물학적 멸균처리
 - 1단계 여과: 2um로 큰 입자 제거 후, 0.2um로 미생물 제거
 - 2단계 UV처리: 185nm와 254nm로 살균처리
 - 3단계 열처리: 90°C의 열로 살균처리

시추 장비(미국 Wissard)

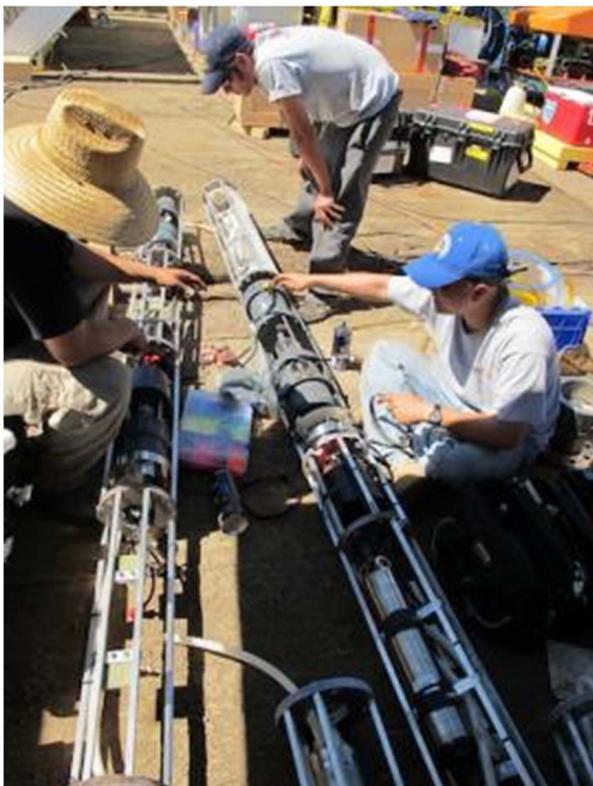
시추홀 크기	30cm	분사량	270litre/min
수온	90°C	분사압력	175kgf/cm ²
호스 내경	3.175 cm	호스 재질	Kevlar Hose
Decontamination	Meshes of 2.0 and 0.2 microns, 자외선 소독, 호스 과산화수소 소독		



} 홀 전체 물(57m³)이 한 번 전체 순환하는데
 } 6.2시간 소요(염색약 테스트)
 } 시추 후에 호수물의 유입으로 호수 물이 홀 안으로 유입되어 30미터 상승



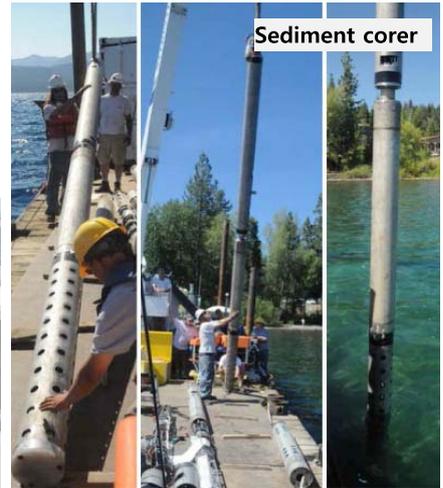
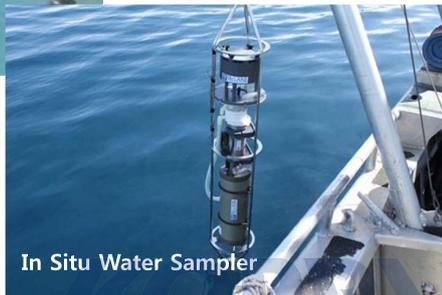
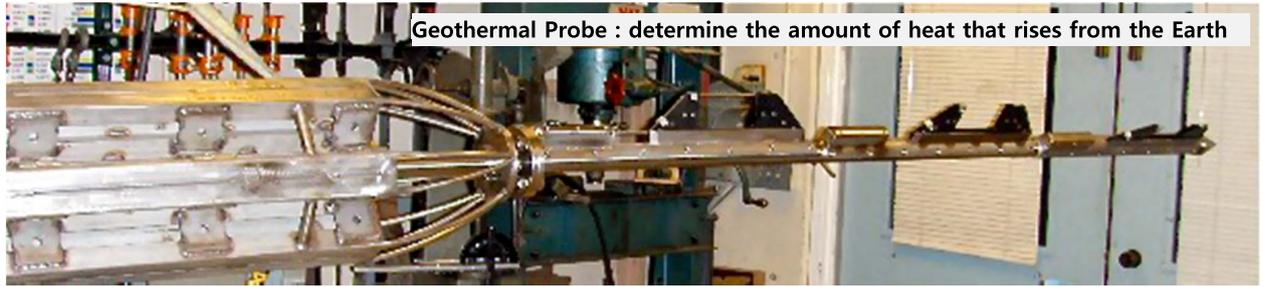
탐사 장비 : Instrumentation package for sub-ice exploration (IPSIE)



IPSIE에 장착된 계측기와 측정 항목

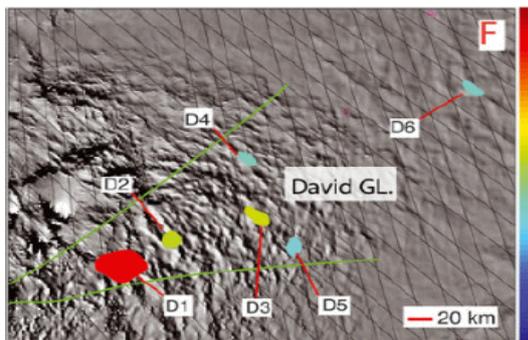
Deep-Sea multi-cam 50	Color cameras (down-, side-looking)
Tritech	Altimeter
WET Labs ECO-FLNTUR (RT)D	Optical backscatter & Chlorophyll
Contros	Electromagnetic current meter
Seabird 19plus-V2	CTD with dissolved oxygen
WET Labs C-Star	Transmissometer
Sequoia LISST-DEET	Particle-size analyzer
Nortek Aquadopp	Doppler current meter
Envirotech nutrient analyzer	NH ₄ , NO ₃ , Si, PO ₄
Contros HydroC	CO ₂ , CH ₄
Envirotech	Automated water sampler

탐사 장비

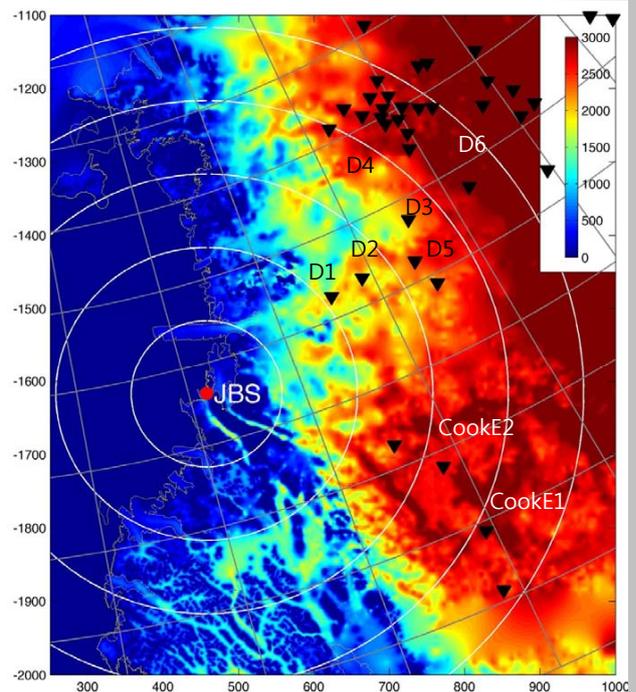


장보고기지 주변 빙저호 현황

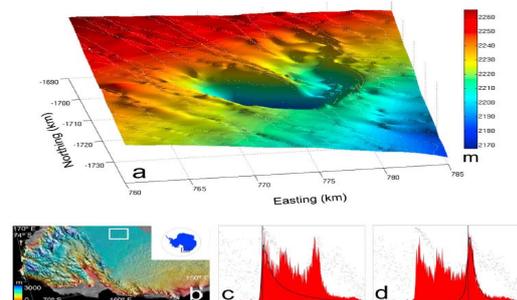
David Glacier: D1-D6



Subglacial lake around JBS on Ice Thickness map



CookE2, CookE1

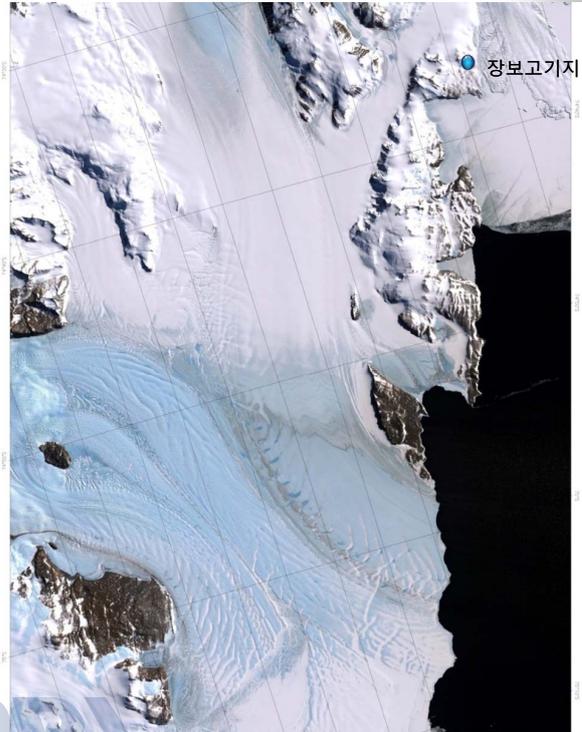


Korean Route

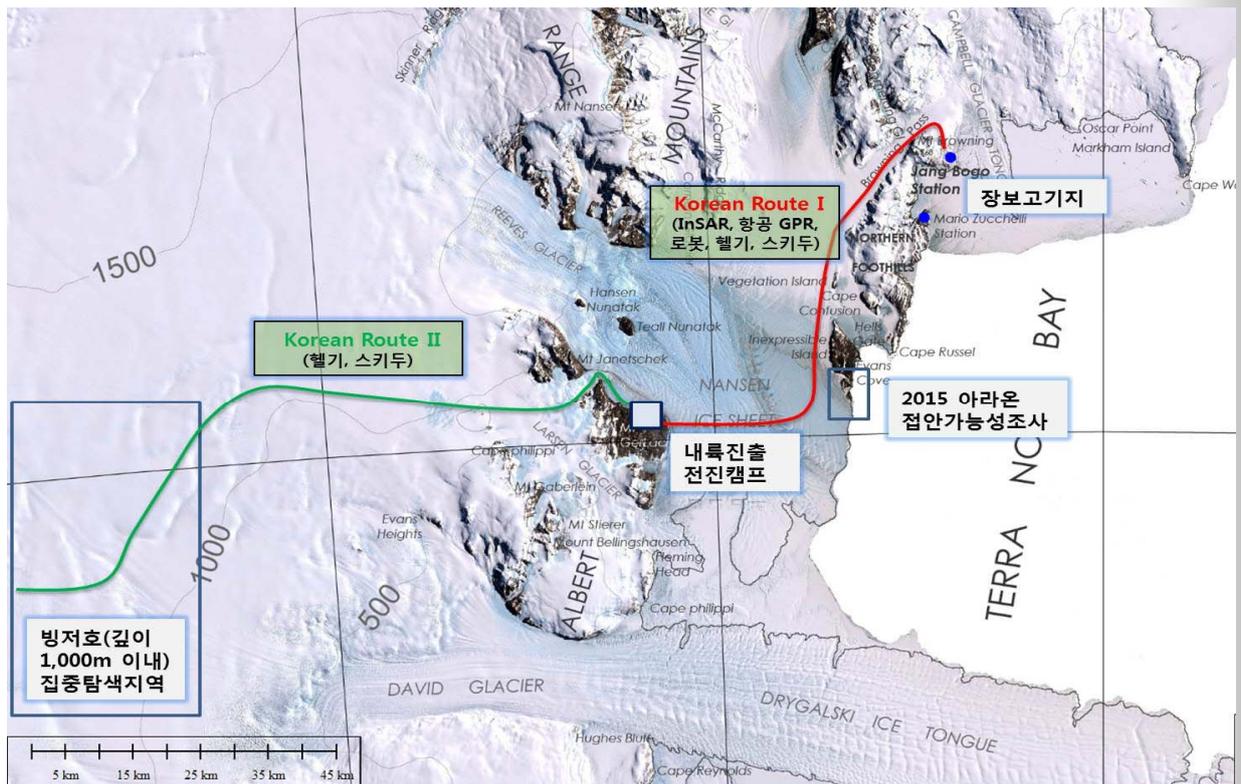
● 트레바스 장비 확보



● 장보고기지 주변 빙하



Korean Route (2015)



극지연구소의 새로운 도전

- 미국 성공 요인
 - 충분한 준비 기간(10년)
 - 시추 경험 및 기술
 - 장비개발 및 테스트
 - 엔지니어 확보
- 영국 실패 요인
 - 장비 잦은 고장
 - Blind drilling
 - 연료소비량 계산 실패

정보조사 및 설계 : 1.5년

제작 및 테스트(200~300미터급) 1.5년

현장 사용(빙봉 또는 tongue 지역) : 3년

1000미터 이상급 설계 : 2년

제작 및 테스트 : 2년

현장 투입

VS

외국
기술 활용

극지연구소
감사합니다

남극 빅토리아랜드의 지질연구 현황과 미래

김운섭 교수 | 충북대학교 지구환경과학과



KOPRI

남극 빅토리아랜드의 지질연구 현황과 미래

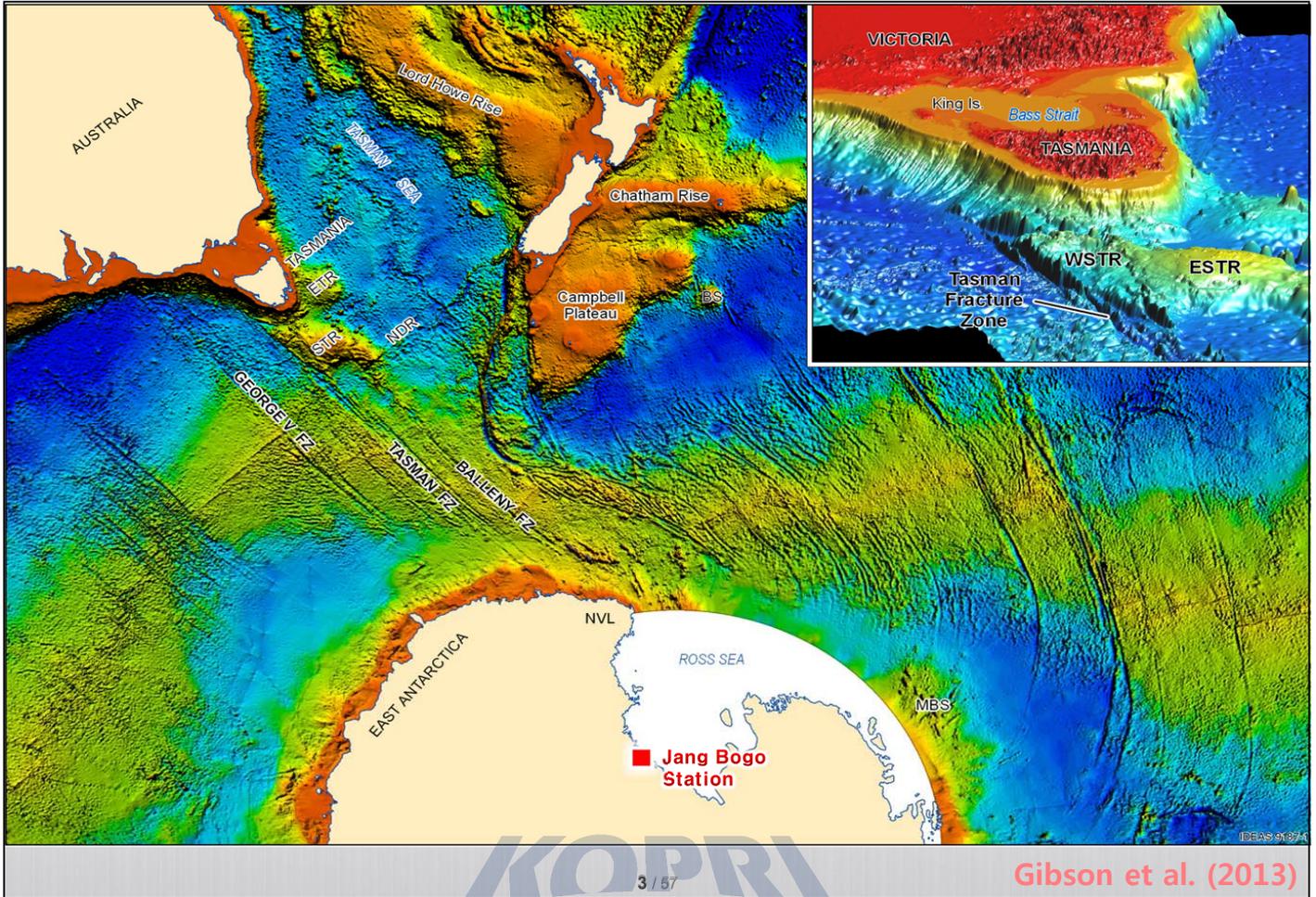
충북대학교 지구환경과학과
김운섭

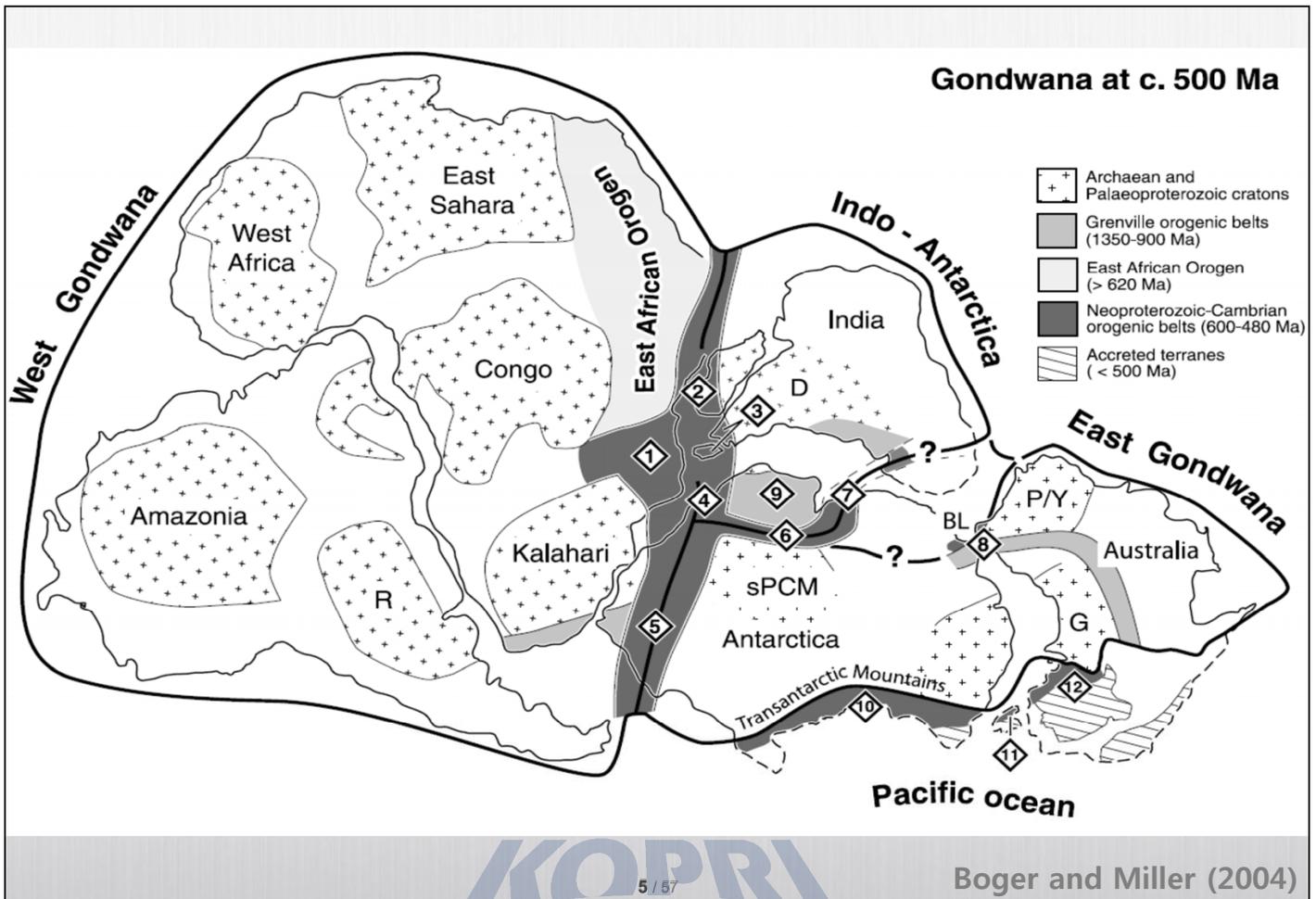


빅토리아랜드 Deep Freeze Range

남극대륙은 대한민국의 미래를 위한 과학기술 도전의 장

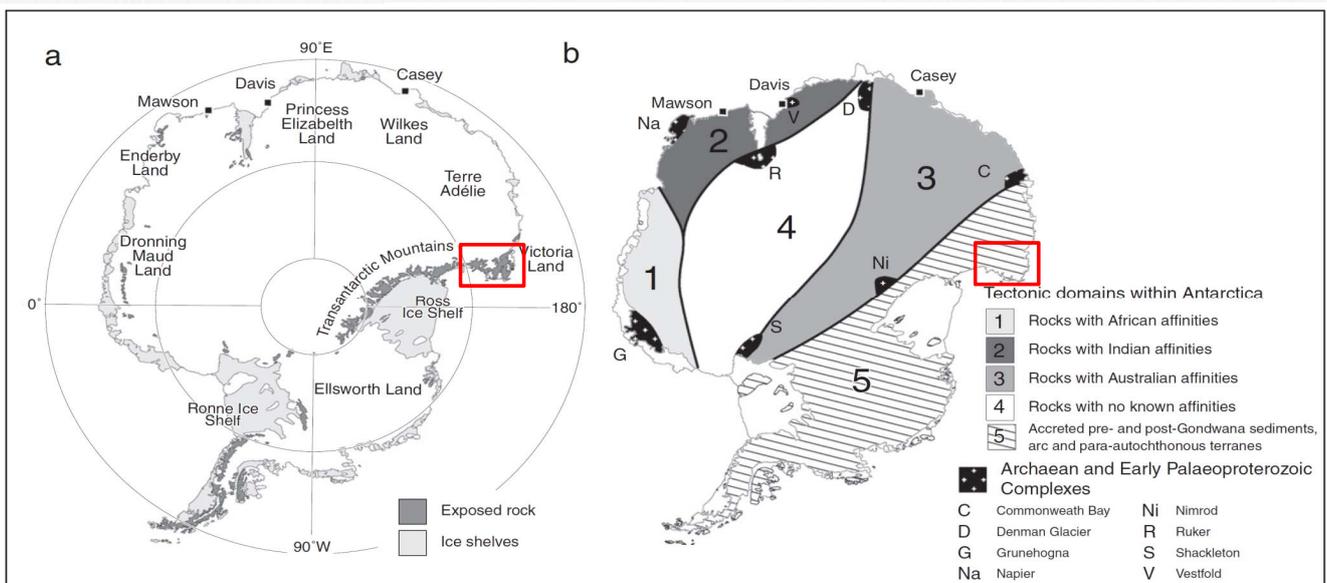




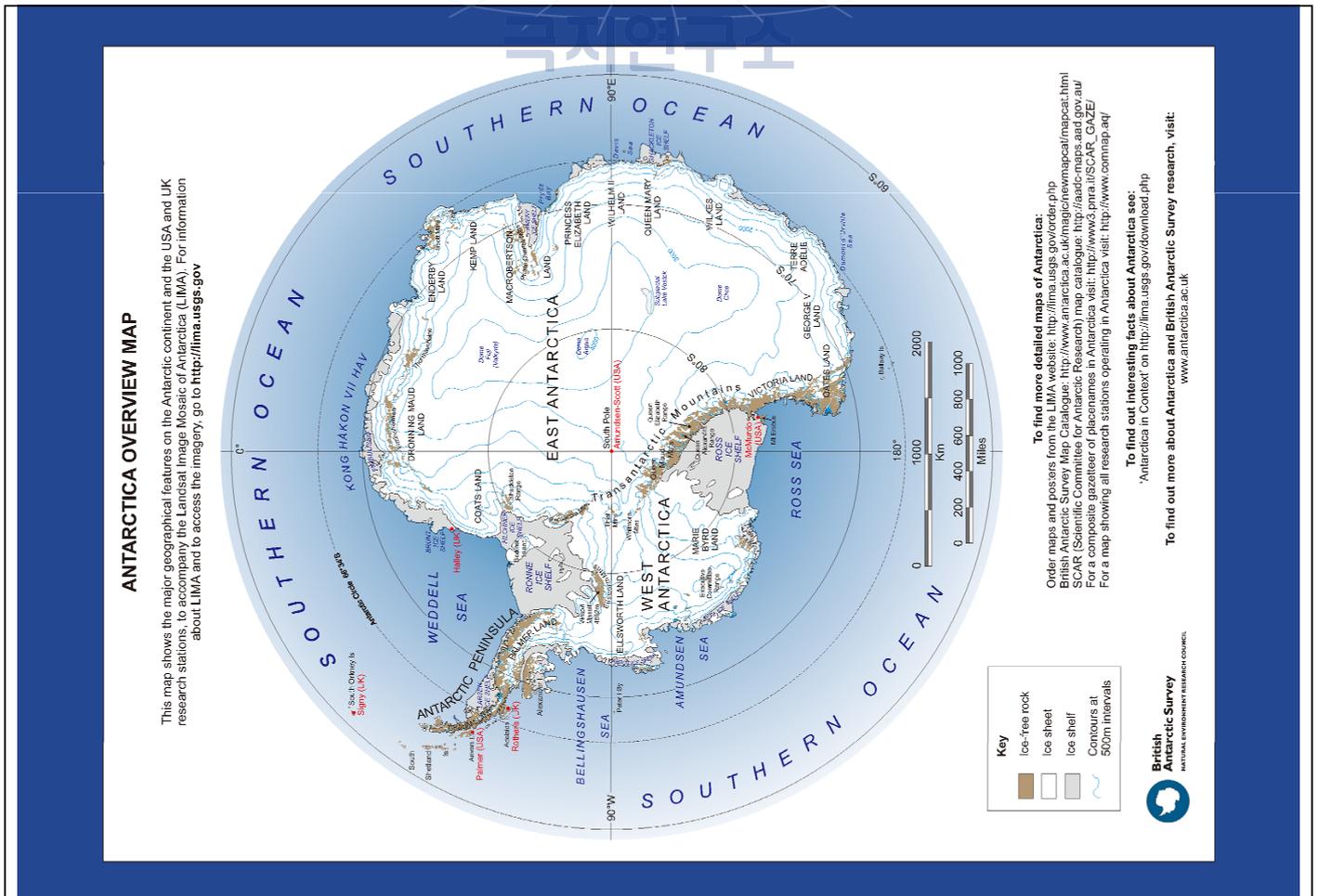
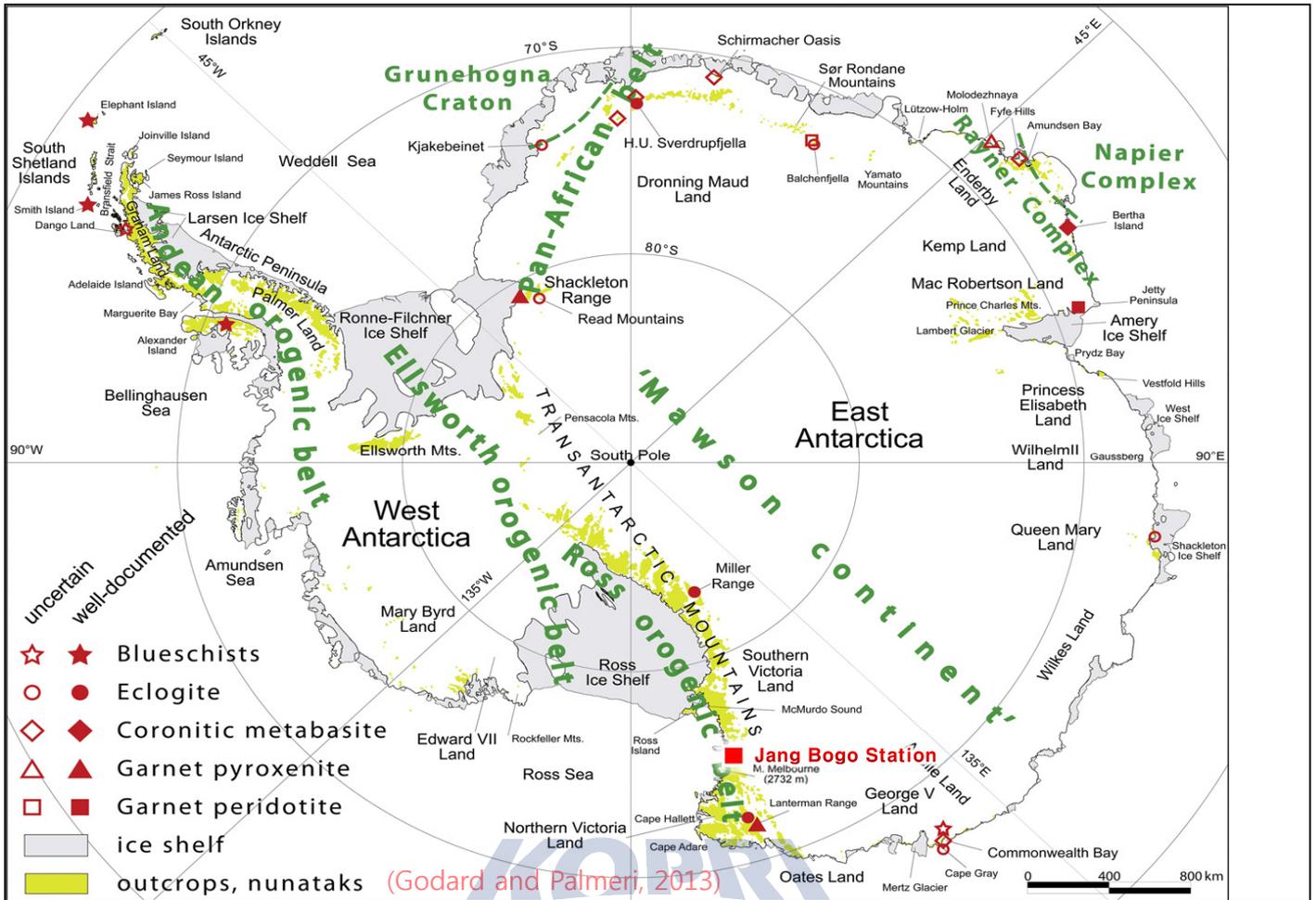


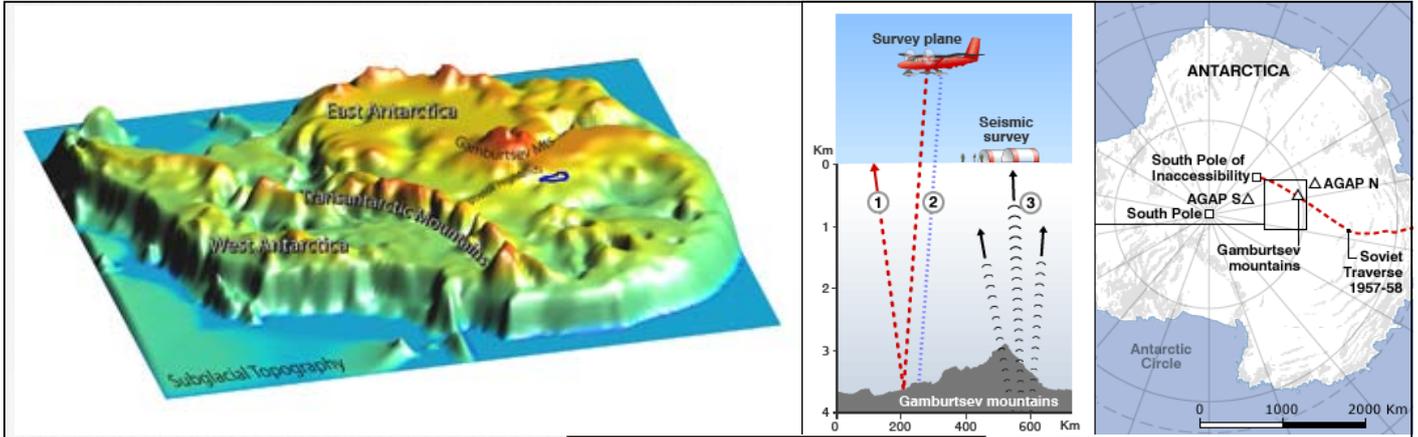
극지연구소

Antarctica



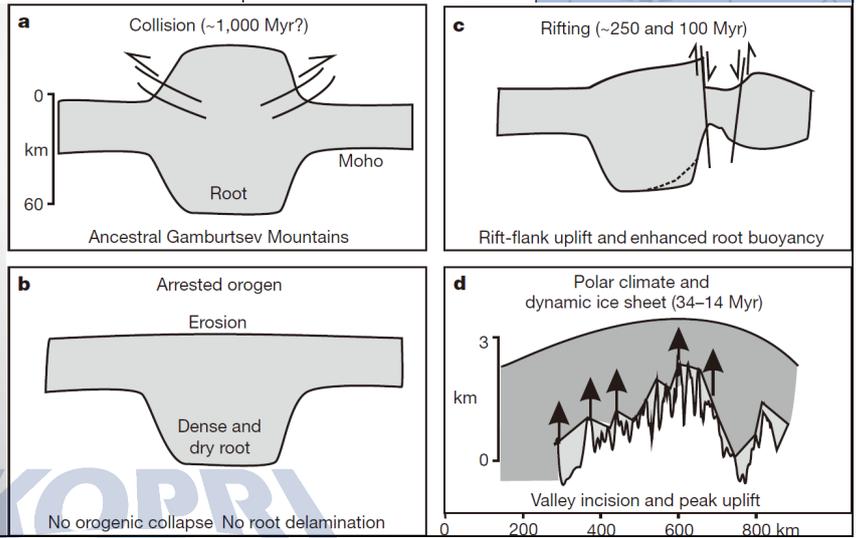
• Distribution of rock exposure and tectonic domains (Boger, 2011)





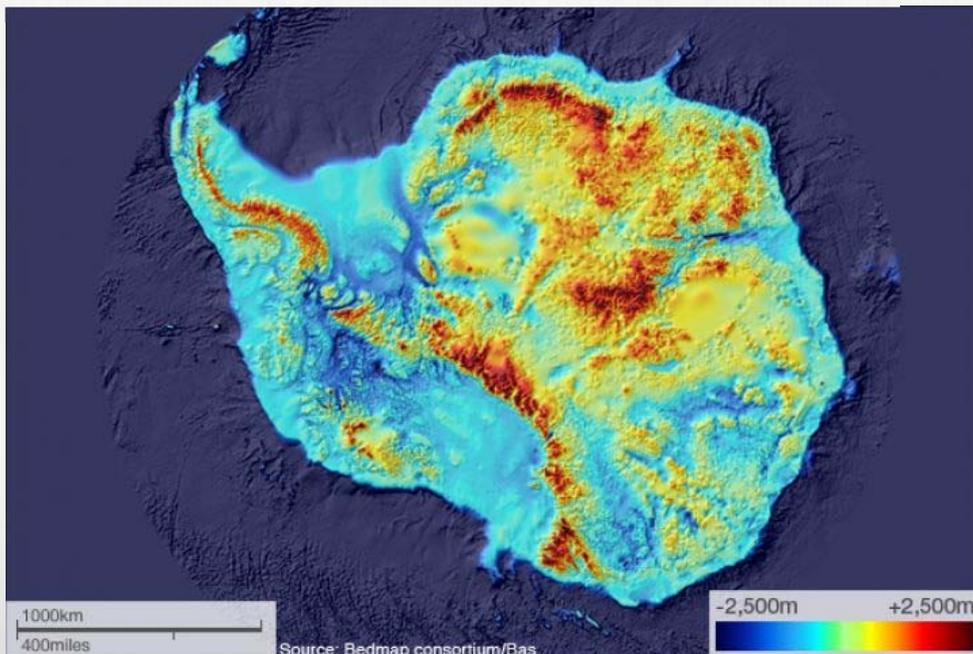
Enigmatic Gamburtsev Subglacial mountains

(Ferraccioli et al., 2011, Nature)



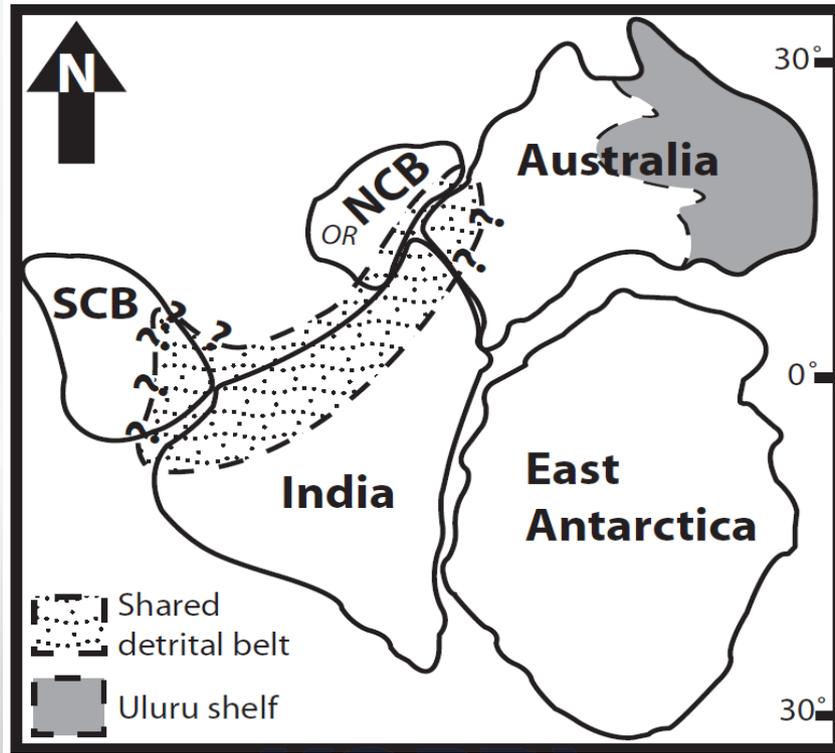
극지연구소

Bedrock topography of Antarctica



• East Antarctica : Assembly of micro continents

고지리연구: 5억년전 한반도의 위치는?



11 / 57

(McKenzie et al., 2011, Geology)

개요

1차년도 연구내용

2차년도 계획

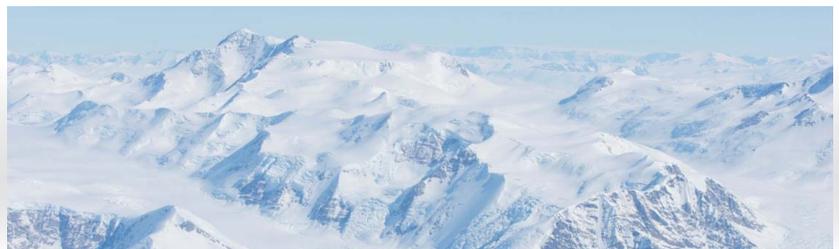
기대성과 및 활용계획

예산

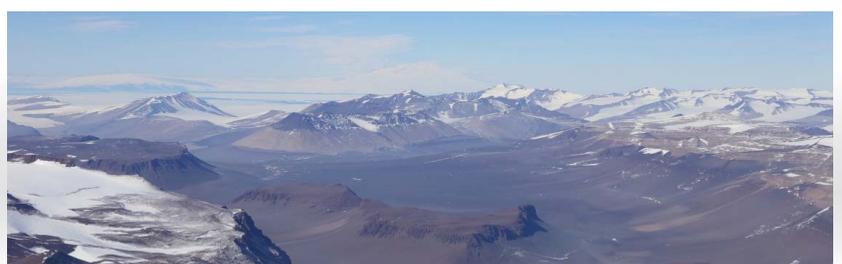
부록

남극대륙 빅토리아랜드 자연 환경 핵심기술조직

빅토리아랜드 : 남위 69-79도, 1,100km

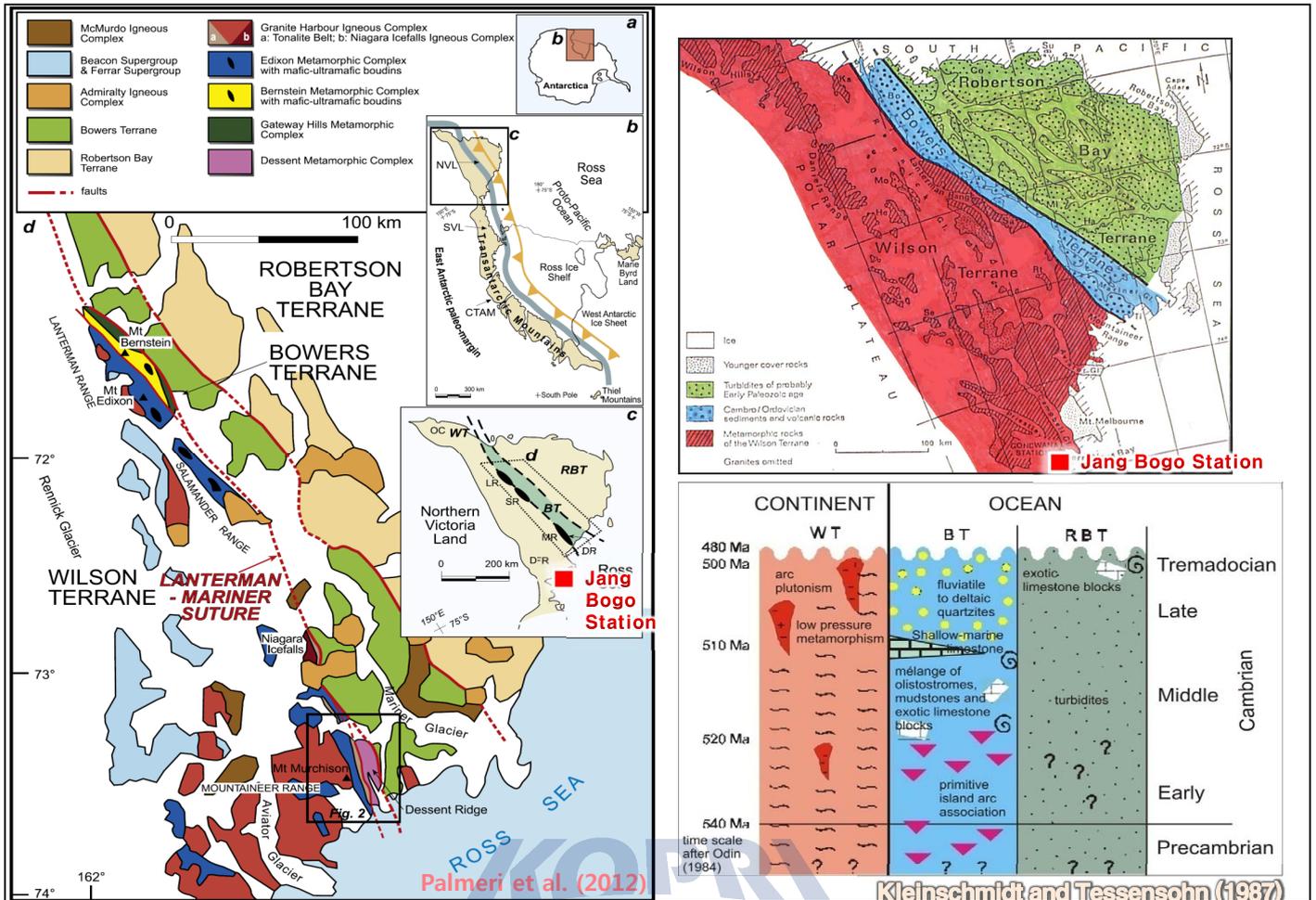


북빅토리아랜드 : 광활한 산악지형, 최고 3,800 m



남빅토리아랜드 : 최고 2,500 m, Dry Valley, Blue Ice

12 / 57



Goodge et al. (2012, JP)

연구개발의 필요성 국내외 연구동향 연구추진체계

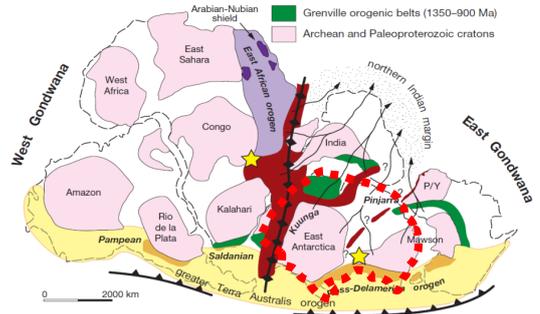
과학기술적 측면

장보고기지 준공을 계기로 남극내륙 진출을 위한
미래도전형 탐사 프로그램 발굴 필요

지속가능한 탐사시스템구축

남극대륙(빅토리아랜드)은 지구진화 역사상
초대륙 형성, 분리 과정을 연구할 수 있는 최적지
신생대 화산활동 기록과
현재 화산활동이 진행되고 있는 땅
암석, 층서, 고생물, 구조지질, 자원지질, 화산활동
등 지질학 전반을 융합하여 해석할 필요

지각(지체구조) 진화규명



약 5억년전의 곤드와나 초대륙의 재구성:
남극대륙은 곤드와나의 중심부



멜버른 화산:
장보고기지 북쪽 30 km에 위치한 활화산

연구개발의 필요성 국내외 연구동향 연구추진체계

과학기술적 측면

남극대륙은 “우주 타임캡슐” 운석 회수 최적지
우리나라는 세계 5대 남극운석 보유국
융복합 우주물질과학 연구기반 구축 필요

운석, 우주물질 탐사/연구

새로운 기초과학과 융복합연구의 기반 마련에
필요한 핵심기술 확보 필요
탐사를 통해 획득한 지각 및 우주물질 첨단분석기술
보유 필요

첨단분석기술 개발



세계 5대 남극운석 보유국의 탐사 지역



2006년부터 가동 중인 레이저 불화탄소 산소동위원소 분석시스템.
2012년 흡수 탄소질 콘드라이트 분석 라인 세계 최초 장착

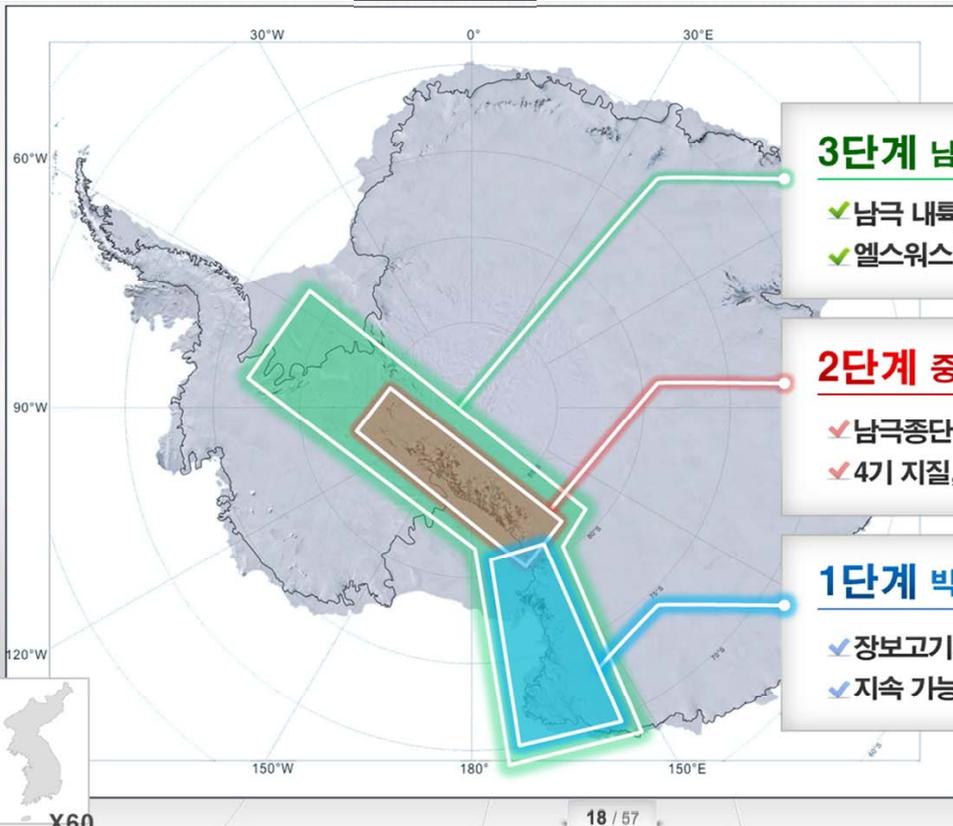
연구개발의 필요성 국내외 연구동향 연구추진체계

경제산업적 측면

- 미래 기득권 확보를 위한 종합 지질정보망(자원분포, 잠재 자원량) 확보 필요
 - * 1998년 '환경보호에 관한 남극조약 의정서(Madrid Protocol)' 발효
 - * 학술적 목적의 연구 가능, 2048년 광물자원 개발 금지 종료
 - * 석유자원(로스해), 광물자원(빅토리아랜드, 남극종단산맥)
- 우주물질 회수 대형 프로그램(JAXA HAYABUSA 프로젝트, 약 1조원) 대비 저비용, 고효율로 남극에서 우주물질 연구 시료 확보
- 2020년대 달탐사 지원을 위한 첨단 지각/우주물질 분석기술 개발
- 극한환경 탐사에 필요한 첨단장비 국산화 유도, 신성장 동력 창출



연구개발의 필요성 국내외 연구동향 연구추진체계



3단계 남극종단산맥 종합 탐사

- ✓ 남극 내륙 시즌캠프 구축 및 운영
- ✓ 엘스워스산맥 탐사

2단계 중부남극종단산맥

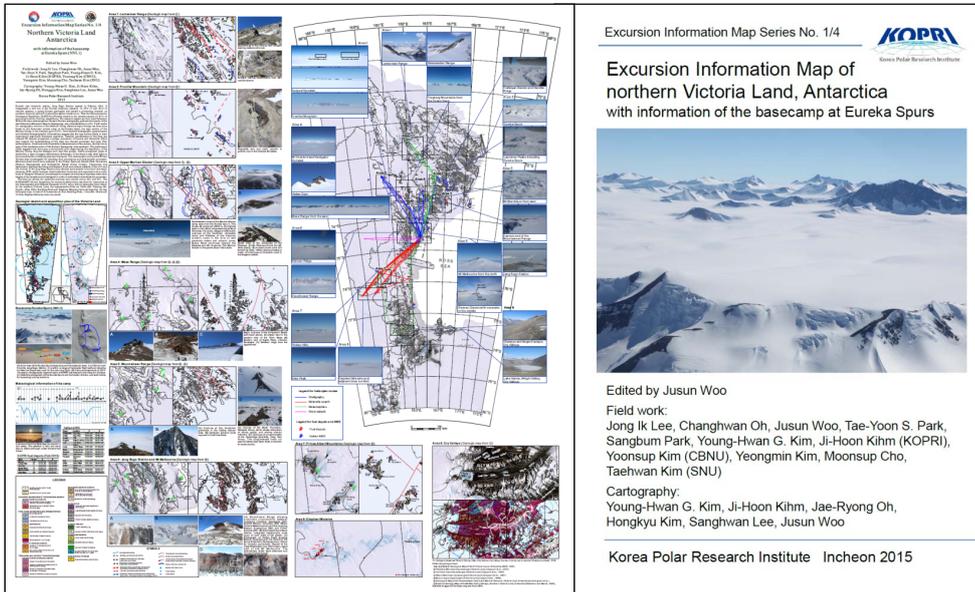
- ✓ 남극종단산맥 다학제 탐사
- ✓ 4기 지질, 지형학 등 포함 종합 탐사

1단계 빅토리아랜드

- ✓ 장보고기지 기반 탐사
- ✓ 지속 가능한 탐사시스템 구축

2014-15년도 남극대륙 탐사 결과

탐사정보지도

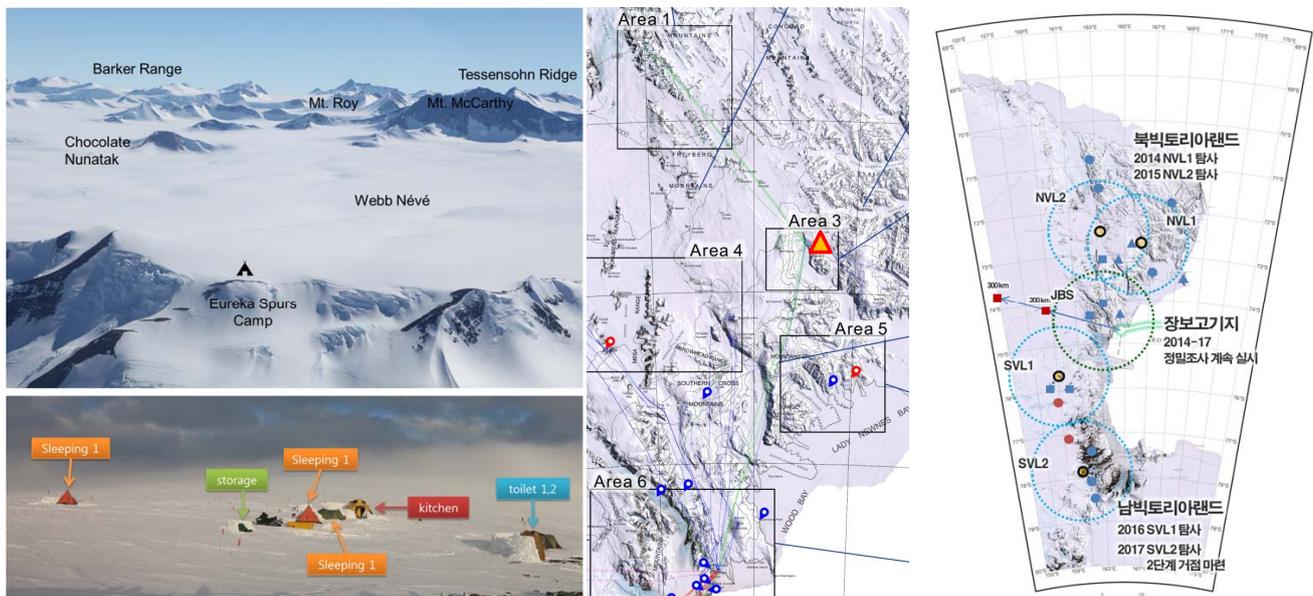


- 탐사지역의 지질정보가 시각적으로 총 정리
- 중장기 연구영역 설정에도 큰 도움이 될 수 있음
- 남극대륙에서 우리나라 활동범위를 넓혀나가는 강력한 도구로 활용

2014-15년도 탐사결과와 NVL1거점 지역 현장 정보를 수록한 탐사정보지도

2014-15년도 남극대륙 탐사 결과

Eureka Spurs Camp

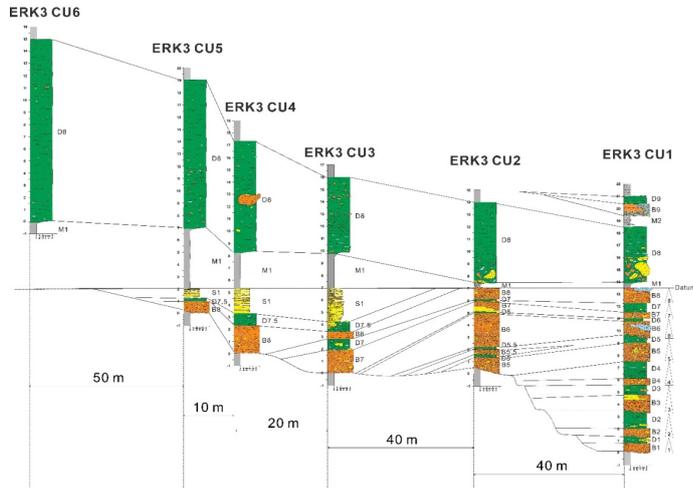


Eureka Spurs Camp 위치 및 2014-15 시즌 지원 범위. 캠프를 기반으로 장보고기지 북쪽 350 km 지점(Lanternman Range)까지의 현장조사 지원

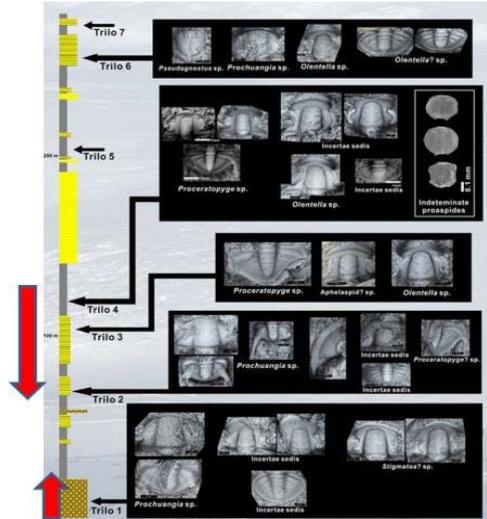
2014-15년도 남극대륙 탐사 결과

고생대 층서 연구

Columnar description of the Eureka Spur 3 section



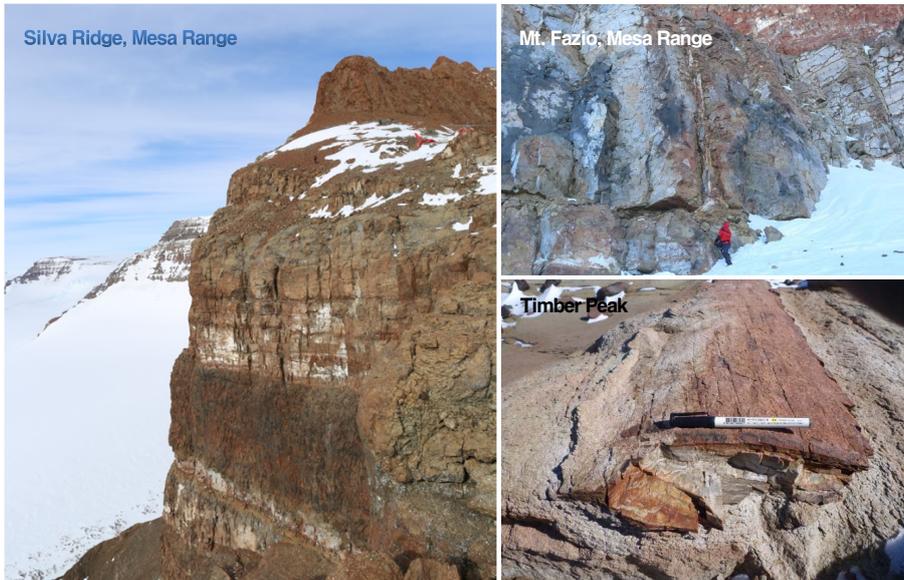
5억년전 심해저 퇴적물의 상세 주상도 작성 및 심해저 하도 퇴적작용 연구



Eureka Spurs 지역 캠브리아기 지층의 역전 구간 규명. 남극캠브리아기 지층의 기준 재정립 필요

2014-15년도 남극대륙 탐사 결과

중생대 고환경 연구

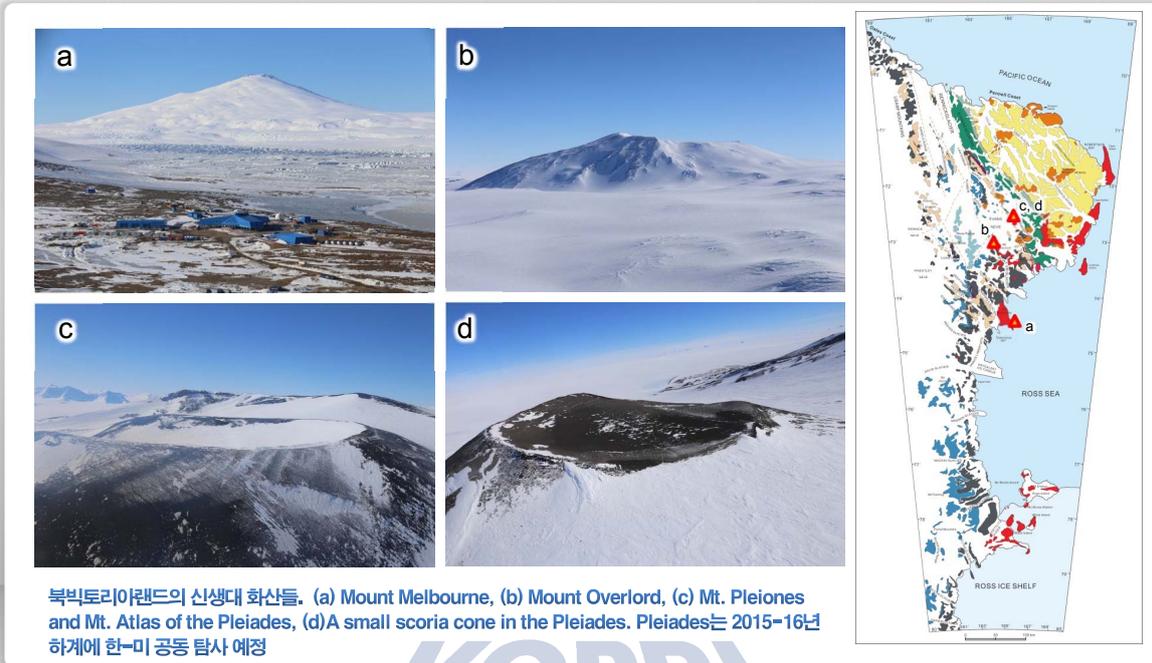


중생대 목재화석 시료 다량 확보. 이를 통한 남극대륙 중생대 고환경 및 화석화 작용 연구

- 장보고기지 주변의 중생대 목재화석 다량 확보를 통한 남극대륙 중생대 식물상 복원
- 목재화석이 산출되는 퇴적암과 화산암을 이용한 중생대 고환경 및 화석화 과정 연구

2014-15년도 남극대륙 탐사 결과

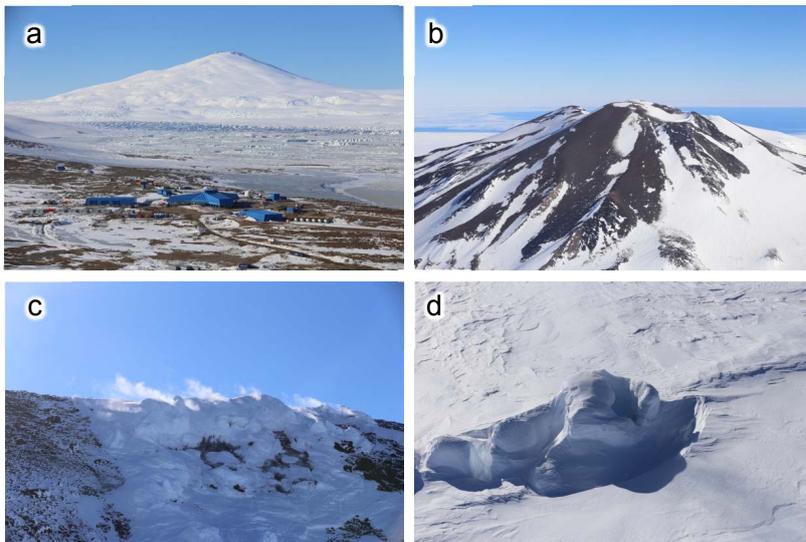
신생대 화산활동



북빅토리아랜드의 신생대 화산들. (a) Mount Melbourne, (b) Mount Overlord, (c) Mt. Pleiones and Mt. Atlas of the Pleiades, (d) A small scoria cone in the Pleiades. Pleiades는 2015-16년 하계에 한-미 공동 탐사 예정

2014-15년도 남극대륙 탐사 결과

Mt. Melbourne 화산가스 관측

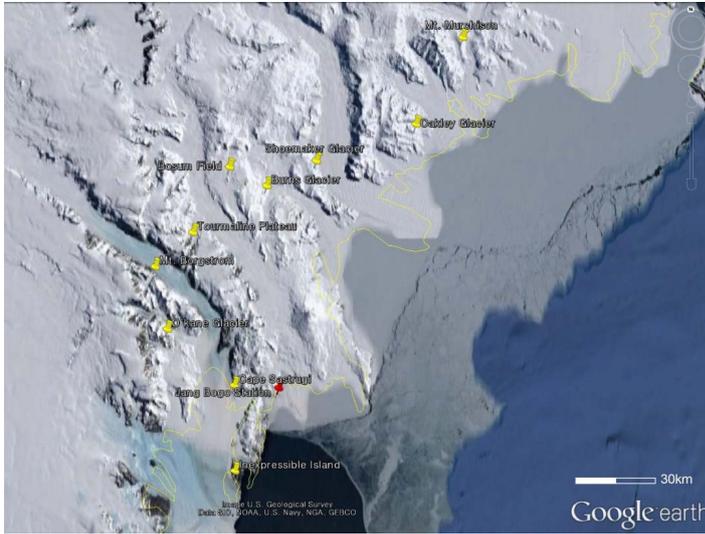


(a) 남쪽에서 바라본 멜버른산, (b) 현무암이 많이 노출되어있는 북서쪽 사면, (c, d) 멜버른산 정상부의 가스분출 침니

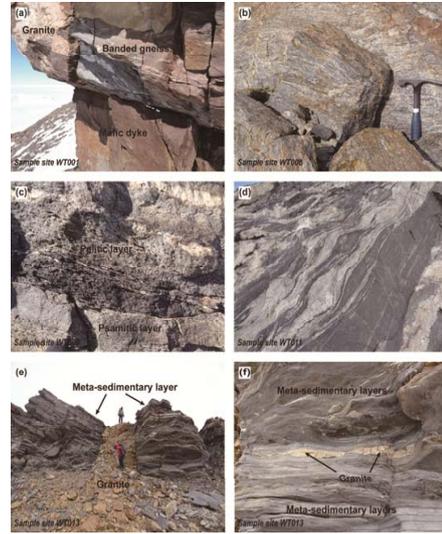
- 멜버른화산은 장보고기지에서 북쪽으로 30km 떨어진 지점에 위치하고 있는 성층화산으로, 남극에 존재하는 3대 활화산* 중 하나임
*멜버른화산, 에레부스화산, 다셉션화산
- 2015-16년 정밀 탐사 계획
- 2014년 설립된 남극과학위원회(SCAR) 산하 활화산연구그룹(AntVolc: 미국, 영국, 이태리, 대한민국 참여)을 통한 공동연구

2014-15년도 남극대륙 탐사 결과

빅토리아랜드 변성기반암 연구 (위탁: 충북대학교 김운섭)



장보고 지 기반 변성암 (Wilson Terrane) 주요조사지역

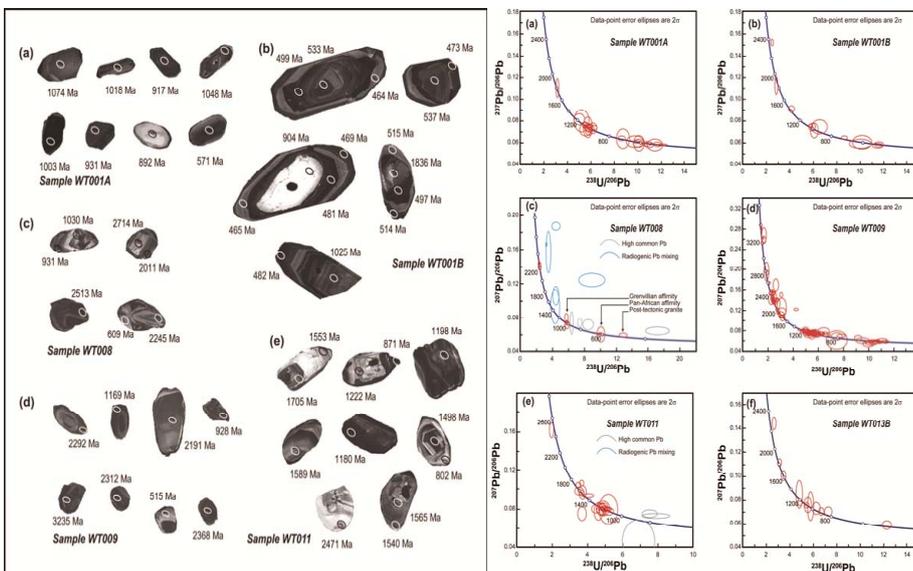


주요조사지역의 변성암 노두 사진

2014-15년도 남극대륙 탐사 결과

빅토리아랜드 변성기반암 연구 (위탁: 충북대학교 김운섭)

○ 기반암 연대측정 결과

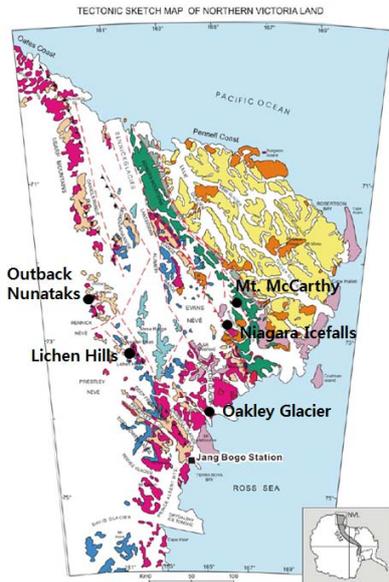


윌슨 테레인 변성암에서 분리한 주요 저어콘 입자의 음극선발광영상(좌)과 저어콘 연대분포를 도시한 그림 (우)

- 윌슨테레인 변성암 및 변성퇴적암 쇄설성 저어콘 연대 최초 측정
- 남극종단산맥 퇴적암의 쇄설성 저어콘 연령분포와 유사
- 남극대륙 타지역 기반암 비교 연구 기초 자료 확보

2014-15년도 남극대륙 탐사 결과

자원지질탐사 및 기초연구 (위탁: 서울대학교 이인성)



남극 빅토리아랜드 지역 자원분포 기초조사 지역들



남극 빅토리아랜드 지역 자원분포 기초조사를 통해 채집된 주요 암석들. (a) 거정질 화강 암 맥과 화강암류, (b) 초염기성암, (c) 변성퇴적암, (d-e) 화강암류 암석, (f) 철 탄산염 맥



감사합니다.

| 극지포럼 제9차 정례세미나 |

극지항해 안전과 극지환경 보호를 지원하는 Polar Code

하태범 본부장 | 한국선급



극지방 항해 안전과 극지환경 보호를 지원하는 Polar Code

TaeBum HA



극지방 환경

2



북극 특징

- 육지 : 바다 = 1 : 3 (북위 70기준)
- 최저기온 -70°C
- 겨울(-35~-40 °C)/ 여름(0 °C)
- 지구온난화 영향
- 막대한 광물자원, 석유, 천연가스 매장

남극 특징

- 육지 : 바다 : 4:1 (남위 70기준)
- 지구상에서 가장 낮은 기온 (최저 -89.6°C/1983))
- 평균 2,150m이상의 두꺼운 얼음
- 지구 담수의 90%이상 보유
- 막대한 광물자원, 석유, 천연가스 매장

- 선박간 충돌, 화재/폭발, 구조 손상
- 좌초
- 해상구조물과의 충돌
- 복원력 상실
- 기름유출
- 기상 및 해상에 오염물질 배출
- 빙산과의 충돌
- 낮은 대기 온도
- Freezing, Severe Icing
- 얼음 해역에서의 조종성능



2007/ MS Explorer tourist cruiser/ Antarctic Peninsula



2004/ MV Solberg/ Bay Roberts

Collision database

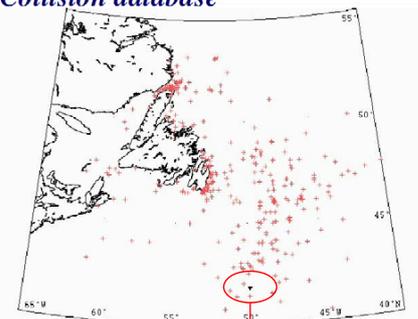


Chart of the approximately 300 known locations of iceberg collisions off Newfoundland over the last 200 years with the Titanic location marked as a triangle.



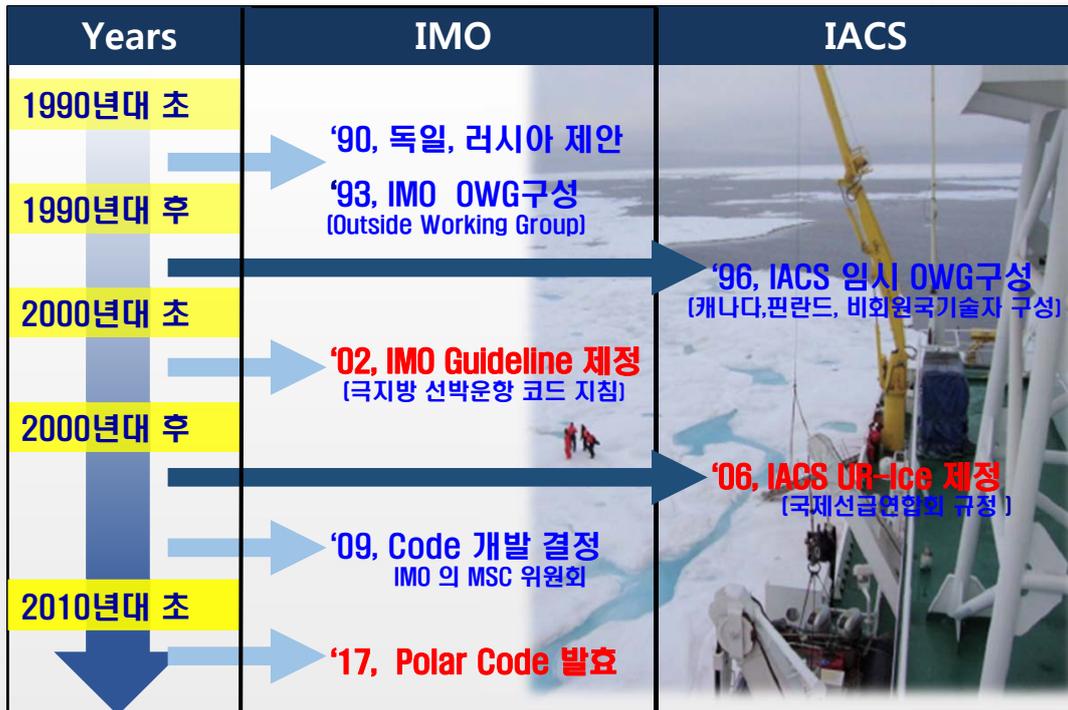
Source : Transport Canada

해상안전 및 해양오염 사고



- 극지 해역 해빙 속도의 변화에 따른 선박운항 증가 예상
- 극지해역 물동량 증가로 운항선박의 해상안전 및 해양오염 사고 발생할 잠재적인 가능성이 증대
- 2000년도 초반에 IMO에서 개발한 비강제규정인 “GUIDELINES FOR SHIPS OPERATING IN ARCTIC ICE-COVERED WATERS” 개정 필요성 식별
- 남극조약 자문회의(ATCM 27차, '04. 5) 요청
 - IMO에서 “GUIDELINES FOR SHIPS OPERATING IN ARCTIC ICE-COVERED WATERS” 개정 후 남극에서도 적용 요청

⇒ IMO에서 극지 해역 운항 선박에 대한 강제화 코드 개발 결정 (2009)



● IMO MSC 94 ('14. 01) - 채택 and MEPC 68 ('15. 05) - 채택

- 강제화를 위한 SOLAS XIV장 및 코드 채택
- 강제화를 위한 MARPOL ANNEX 채택
- 적용대상- SOLAS 1장에 따라 증서가 발급된 선박으로서
 극지해를 운행하는 선박
 (당분간 동 규정들은 정부가 비상업적인 목적 운영 선박에는 미적용,
 이 장의 요건 운항을 권고함)
- 적용일 - (2017.1.1 발효) 신조선 계약일 기준
 현존선- 1년 후 처음 도래하는 중간 또는 정기 검사 시까지

FSICR (Finnish-Swedish Ice Class Rule)

- (적용) 발틱해의 북쪽해역을 항해하고자 하는 선박에 적용
- (특징) 핀란드 및 스웨덴 정부가 동절기에 양국내 항구로 항해하는 선박에 대한 쇄빙선 지원과 이 경우 해빙의 상태에 따라 쇄빙선의 지원을 받을 수 있는 선박의 치수 및 대빙 등급에 관하여 정의
- 얼음에 부딪히는 저항에 따른 대빙구조에 대한 설계 및 장치 요건을 규정
- 일반해역을 항해하는 선박의 요구 규정에 대빙구조 규정을 추가 적용함으로써 빙하중을 받는 선체의 대빙구역(ice belt)의 특별 보강에 대한 요구조건을 규정하여 빙해역에서 항해하는 선박의 안전성을 확보한다는 목적의 규칙임
- 발틱해의 북쪽지역을 항해하는 선박에 대한 관리 및 안전성 측면에서 개발된 규칙으로 대부분의 선급에서 동 규칙을 선급의 규칙으로 인용
- 가장 적용 실적이 많으며, 이에 따라 가장 신뢰성 있는 규칙으로 알려져 있음
- 그러나, 쇄빙선등 다년생 빙을 운항하는 선박에 대해서는 고려치 않음



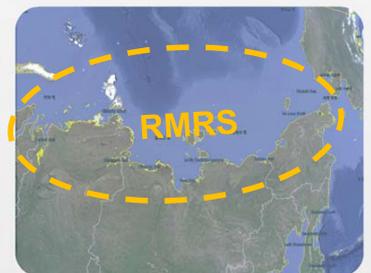
CASPPR (Canadian Arctic Shipping Pollution Prevention Regulation)

- (적용) 캐나다 북극해를 항해하고자 하는 선박
- (특징) 안전 및 해상오염방지에 대한 요구 사항을 제시(캐나다정부 규정)
- FSICR 과 유사한 대빙 등급 제시(기술 축적 많음)
- IMO Guideline 및 Polar code개발에 가장 적극적인



RMRS (Russia Maritime Register of Shipping)

- (적용) 러시아 북극해를 항해하고자 하는 선박
- (특징) 안전 및 해상오염 방지에 대한 요구사항을 제시(러시아 정부 규정)
- 쇄빙선(Arc4~Arc9등급)과 일반 빙해선박(Ice1~Ice3) 모두 포함한 규칙제정
- 대빙 등급 제시(기술 축적 많음)
- 정치적 특성상 선급규칙이 실제 국가 규정의 의미를 가짐



- [적용] 극지방 운항이 예정된 강선에 적용(쇄빙선 제외)
- Polar Class 선박에 대한 국제선급연합회 통일 규칙 발표('06년)
- [특징] 극지등급은 빙 종류 및 선박의 운항 계절(7개 등급 구분:PC1~PC7)에 따라 구분
- 극지등급과 연계하여 선체의 대빙지역을 구분(구조강도 요건을 정의)

IACS 규칙

I-1 : 극지 등급

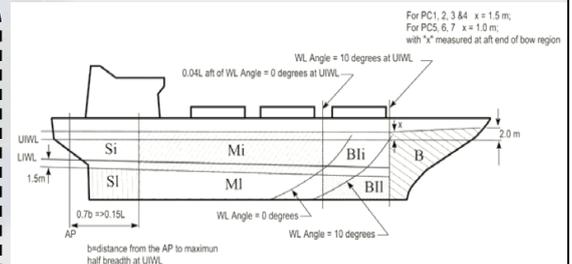
- 극지 등급의 종류와 적용 요건; 보강구역 설정; 복원성 및 수밀성 규정 추가하여, 극지 항해 손상 비손상 복원성의 요구조건 정의

I-2 : 선박의 구조강도

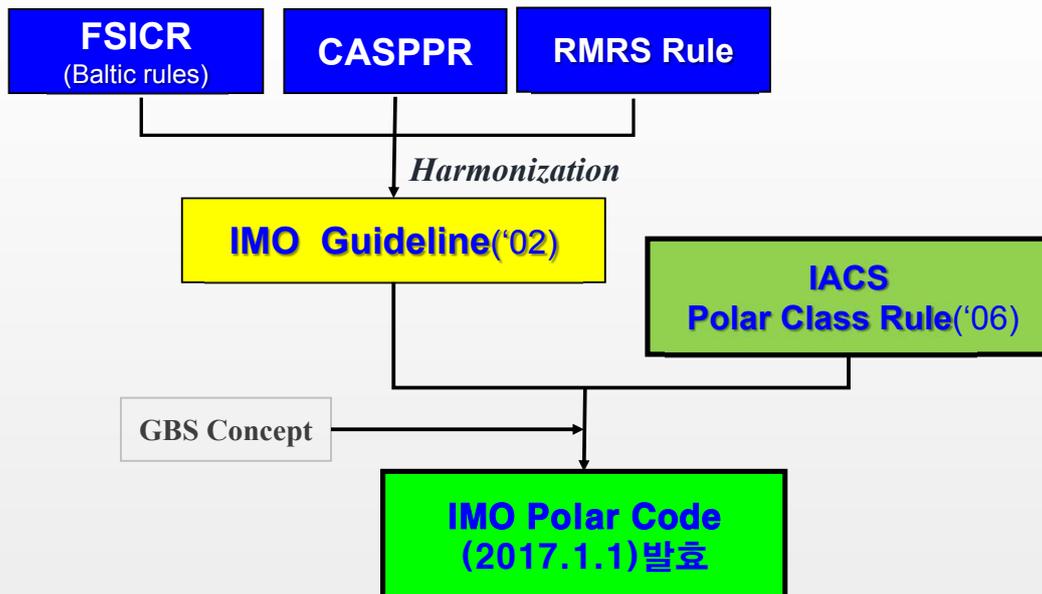
- 구조 설계를 위한 선체 지역구분, 빙하중, 구조치수 제시

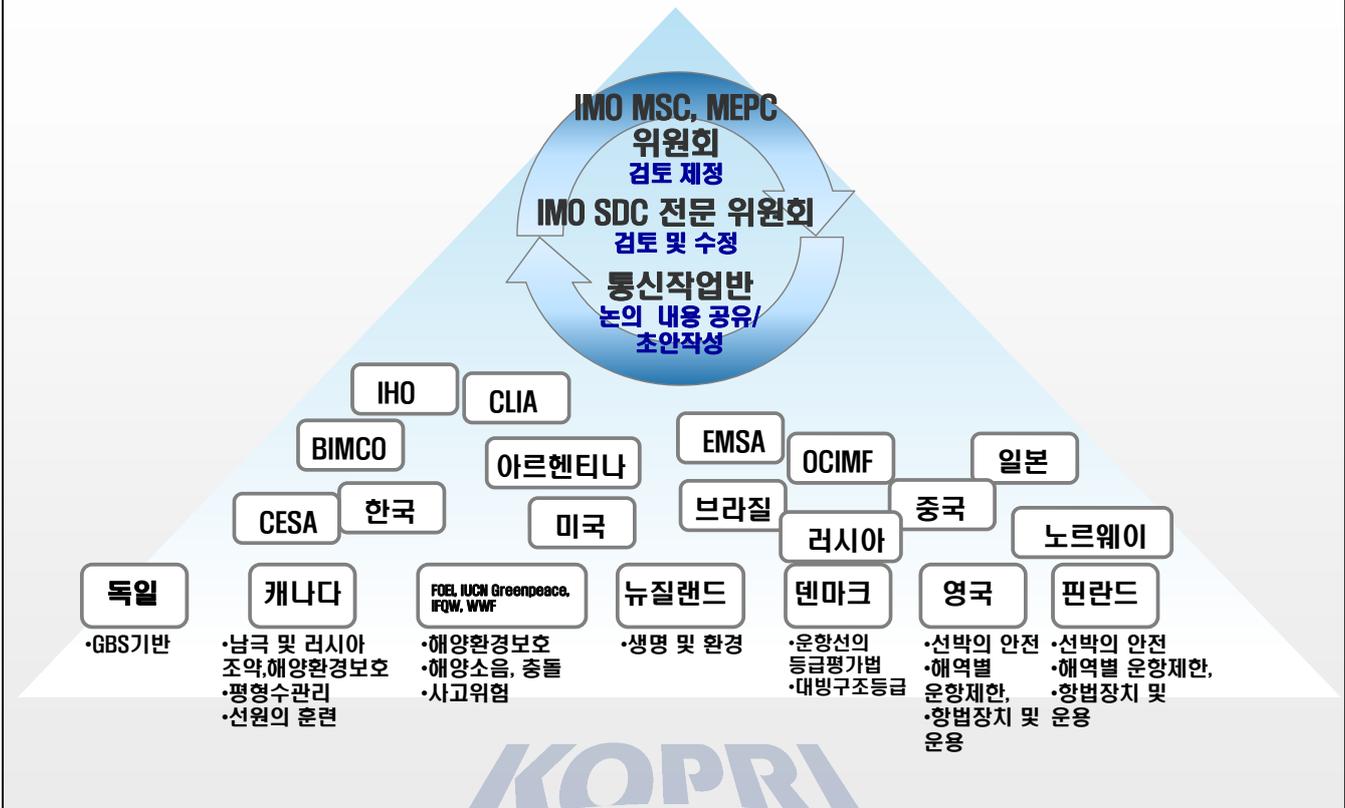
I-3 : 기관요건

- 주 추진장치, 비상 및 중요장치의 적용 요건 제시: Winterization 제시



IACS 보강구역별 등급 구분 예





● IMO Polar Code의 구성

Polar Code (2017.1.1발효)	코드	지침	MSC SOLAS 14장 MEPC MARPOL 부속서
	안전조치 Part I-A	안전의 추가지침 Part I-B	
	오염방지조치 Part II-A	오염방지 추가지침 Part II-B	

● 안전조치 (Part I-A)

- 안전한 항해를 위한 강제사항을 다룬 파트
- 총 1장~12장으로 구성되며, 안전한 설계, 운용, 건조, 위험, 인명, 인증, 운항등에 관한 전반적인 내용 수록(각 장의 구성 : 목적/기능적 요구조건/규정 및 요구조건)

● 오염방지조치 (Part II-A)

- 극지선박의 운항에 따른 발생 가능한 오염 및 오염을 완화 시키기 위한 파트
- 총 1장~5장으로 구성되며, 기름, 유해액체, 오수, 쓰레기 오염에 대한 완화조치 및 규정 내용을 수록

파트	목차	주요 내용
PART II(안전) Part I-A(코드) Part I-B(지침)	제1장 - 일반조항	- 적용 선박 분류
	제2장 - 극지운항매뉴얼	Cat A : 쇄빙선박(다년생 해빙 해역 운항가능)
	제3장 - 선박 구조	Cat B : 대빙선박(일년생 해빙지역 운항가능)
	제4장 - 선박 복원력과 구획	Cat C : A,B이외의 가혹하지 않은 해역운항
	제5장 - 수밀성 및 풍우밀	- 위험도 요소
	제6장 - 기계설비	저온, 빙, 고위도, 원거리, 기상악화 등과 같은 위험요소 고려
	제7장 - 화재안전/보호	- 구조설비
	제8장 - 구명용품 및 구명준비	IACS UR ICE, 또는 정부 기준의 승인이 요구됨(Cat A,B,C)
	제9장 - 항행 안전	- Winterization
	제10장 - 통신	기계설비, 구명정, 항해안전, 통신 장치 및 시설등의 Winterization사항을 규정
	제11장 - 항로 계획	- 극지운항매뉴얼
	제12장 - 인력배치 및 훈련속지	선박운항 능력과 제한정보, 의사결정시 사용될만한 정보의 문서화 및 구비



안전코드: Part I-A	
제1장 - 일반	용어 정의(Cat A,B,C/ low temperature, Polar Service Temp.), 위험도
제2장 - 극지운항매뉴얼	선주, 운항자의 의사결정시 사용하도록 선박의 운항 능력과 제한 에 관한 정보제공
제3장 - 선박 구조	선박 재료, 치수가 국제적 구조적 통합성을 유지 하게 하는 것이 필요하며, 이를 이행
제4장 - 선박 복원력과 구획	손상 및 피해를 입을 시에 필요한 복원력 및 구획을 갖추도록 함
제5장 - 수밀성 및 풍우밀	수밀성 및 풍우밀성을 유지 하기 위한 조치를 제공
제6장 - 기계설비	기계설비가 선박 안전 운항 에 필요한 기능을 할 수 있게 하는 것
제7장 - 화재안전/보호	화재안전 시스템 및 장비 가 작동가능, 선원의 안전 및 탈출수단 갖출것
제8장 - 구명용품 및 구명준비	안전한 탈출, 대피 및 생존 관련 규정을 제공하는 것
제9장 - 항행 안전	안전한 항해를 위해 적절한 항해 정보 및 항해 장비의 기능성 을 보장하는 것
제10장 - 통신	고위도의 통상적 항행 및 비상상황 시에 선박 및 구명정의 통신이 효율적 위함
제11장 - 항로 계획	안전을 고려하여 항행할 수 있도록 선사, 선장, 승무원이 충분한 정보를 제공 위함
제12장 - 인력배치 및 훈련속지	충분한 자격을 갖도록 훈련과정 을 수료한 유경험자에 의해 적절히 선박이 운영보장

Part III(오염방지) Part II-A(코드) Part II-B(지침)	제1장 - 기름 오염 방지	- MARPOL부속서(I-V) 개정
	제2장 - 산적유해 물질에 의한 오염 방지	- 유해 액체 물질 및 이를 포함하는 혼합물 배출을 전면 금지
	제3장 - 포장된 해로운 물질에 의한 오염 방지	- 육상의 오염물 회수처리장치
	제4장 - 선박 배출 하수에 의한 오염방지	- 선박 평형수 관리 추가 지침
	제5장 - 폐기물에 의한 오염	



오염방지코드 : Part II-A

제1장 -기름 오염 방지	- 기름오염에 따른 환경영향을 줄이기 위한 방지수단 제공 ** 화물창은 외판으로부터 760mm 이상 분리되어야 함
제2장 - 산적유해 물질에 의한 오염 방지	- 유해액체물에 따른 환경영향을 줄이기 위한 방지수단제공 ** 혼합물 배출 금지
제3장- 포장된 형태의 해로운 물질에 의한 오염 방지	- 배출된 하수에 따른 유해한 환경영향을 줄이기 위한 방지수단제공 **육지 또는 빙봉으로부터 3마일(약 5km) 이상에서 처리
제4장 - 선박으로 부터 배출된 하수에 의한 오염방지	- 배출된 폐기물에 따른 유해 환경영향을 줄이기 위한 방지수단제공 ** 음식을 쓰레기는 육지로부터 12해리(약 22km) 이상에서 처리
제5장 - 폐기물에 의한 오염	**25mm 구멍을 통과할수있게 작게 분쇄되어야 함

IACS UR-ICE 개정

- 안전운항 속도제한 가이드라인 개발, 극지선박 구조요건 개정,
- 극지운항온도(PST)개념 적용, 극지운항증서 개발

극지운항제한 평가위험지수 시스템 개발

- 빙해선박의 운항 한계 식별이 용이
- 빙등급, 운항속도, 선박 대빙 등급, 쇄빙선 유도 등을 모두 고려
- 세계기상기구(WMO)의 EGG code를 통한 항해안전 가이드

Equivalent ice class 방법 개발

- 등가 내빙등급 결정법 개발
- 상응등급에 따른 극지운항증서(PSC) 발행



❶ 극지 운항선박 안전 규정 (임시)

- 2015년 12월 말 → 국내법 초안 작성
- 2016년 1월-6월 → 법제화 작업
- 2016년 7월 1일 → 발효 및 6개월간 유예기간
- 2017년 1월 1일 → 강제 발효

- ❖ 한국선급 ⇒ 빙해운항선박지침 개발 사용 중
(IMO Polar Code 내용 반영 작업 중)



- 선형 및 저항 추진성능**
 - 빙해수조시험기술
 - 빙저항 감소기술
 - 쇄빙선형 개발
 - 빙-프로펠러 상호 작용 연구
- 빙해역 운항성능**
 - 빙해역 운동 조종 성능 향상기술
 - 빙해수조 조종성능시험
 - 실선항해시험
 - 항행중의 복원성
 - 빙해역 운항 시뮬레이션
- 선체구조 및 안전기술**
 - 정상 빙하중 추정
 - 빙하중 계측시험
 - 빙하중 계측 실시간 모니터링
 - 충격빙하중 추정
 - 소음진동 저감
 - 내충격 구조해석
- 선박의장 기자재 항해시스템**
 - 저온 의장품의 Winterization 기술
 - 저온용 소재 및 용접기술
 - 특수도료 및 코팅 기술
 - Icing 방지 기술
 - Ice Managing 기술



| 극지포럼 사무국 |

주소 : 인천광역시 연수구 송도미래로 26 극지연구소 미래전략실

전화 : 032-770-8422 shkshk@kopri.re.kr / 032-770-8424 jykim@kopri.re.kr 팩스 : 032-770-8429