

극지와 기후변화

극지연구소

이홍금

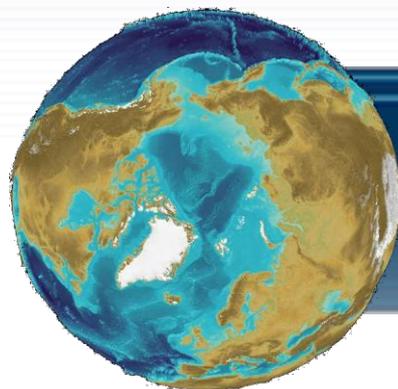


1 극지 개관

2 극지의 변화

3 우리나라 주요 인프라와 연구



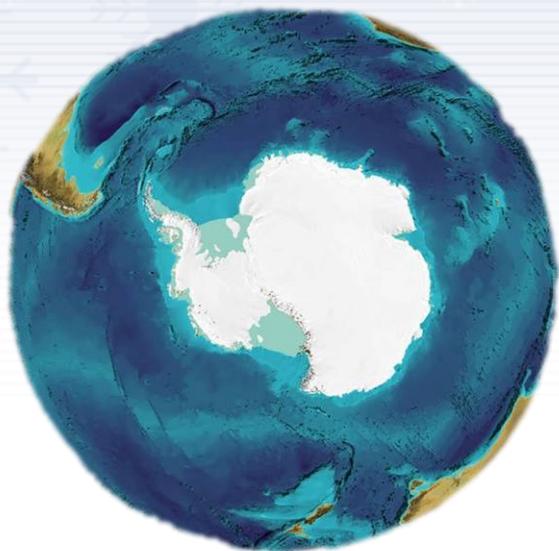


1. 극지 개관





남극대륙과 북극해



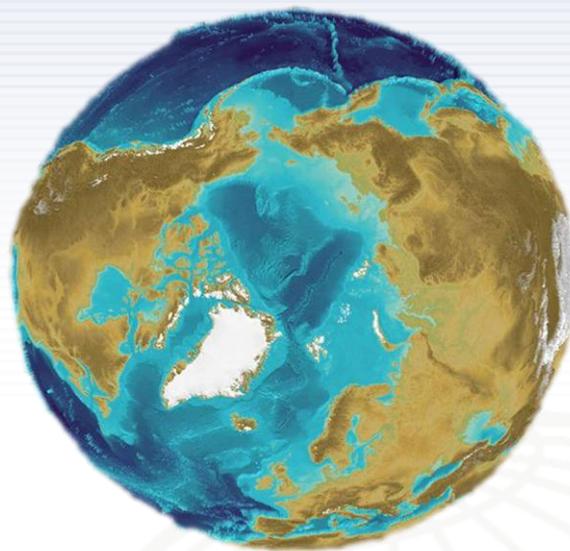
남극대륙

남극해로 둘러싸인

거대한 대륙

[한반도의 약 60배]

평균 2,400m 두께의 빙상



북극해

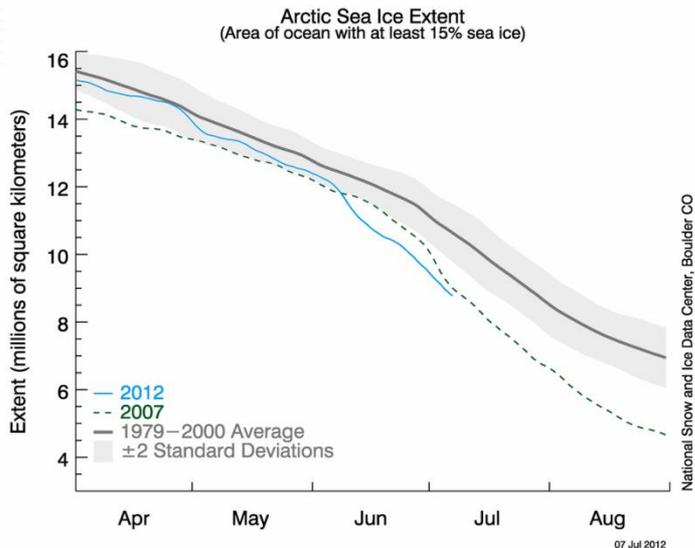
대륙으로 둘러싸인 바다

[한반도의 약 55배]

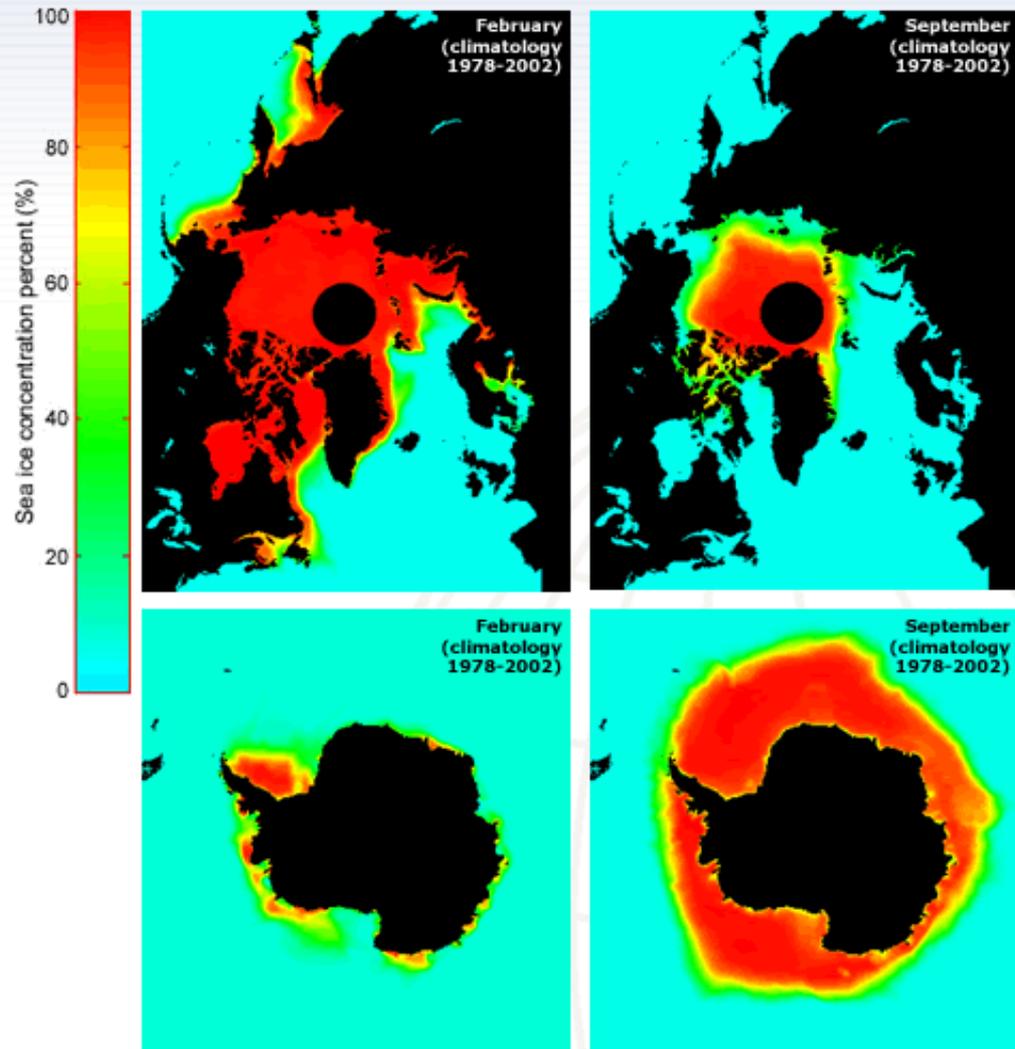
2~3m 두께의 해빙



남북극해 해빙 (sea ice)



2012년 북극해빙 변화 (NSIDC)

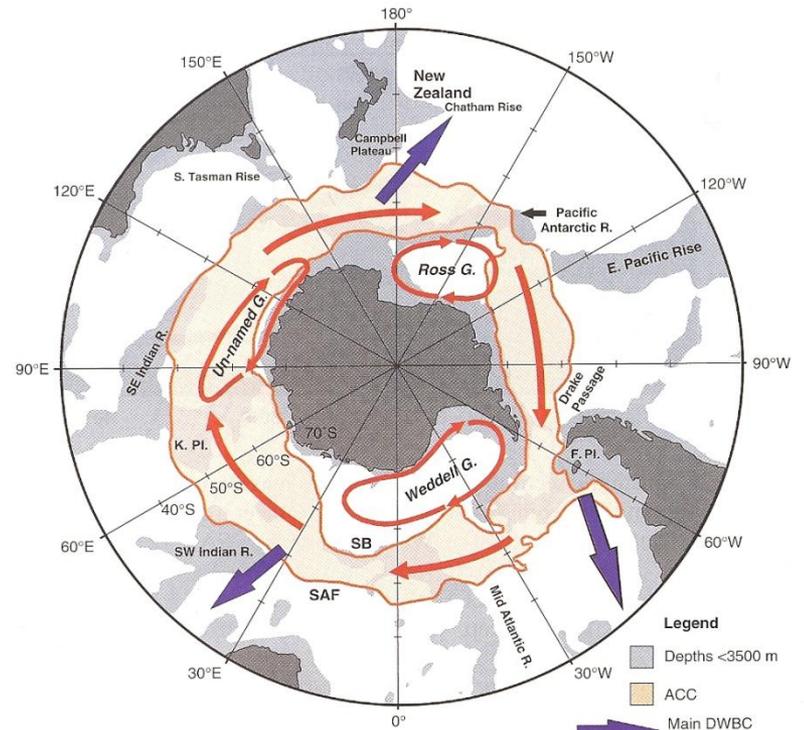




남북극해양 순환



북극해순환

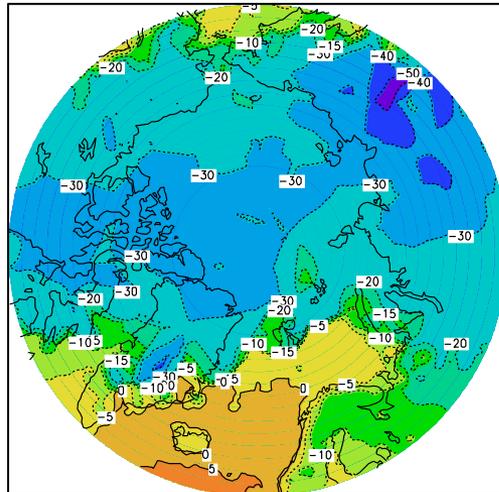


남극해순환

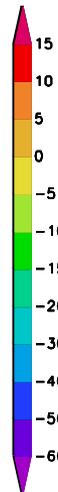
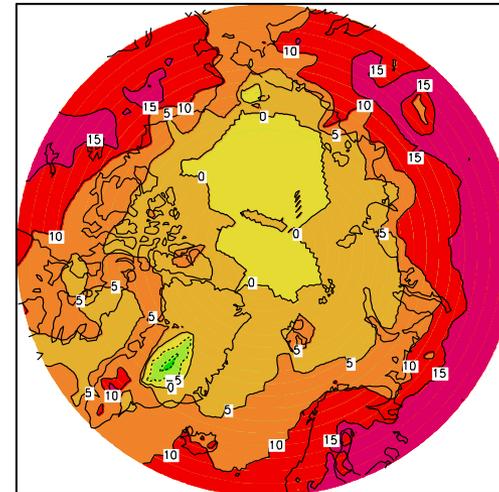


남북극 기온

a) Surface Temperature (Jan)

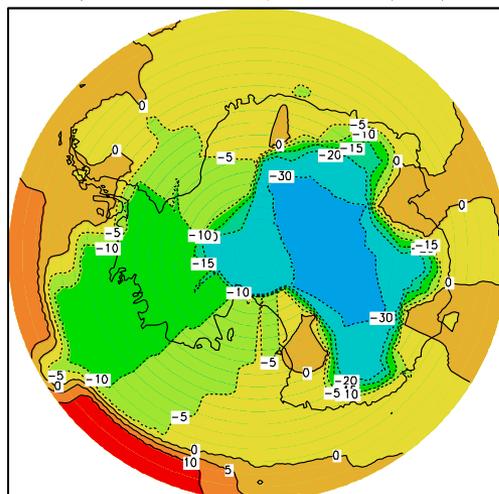


b) Surface Temperature (Jul)

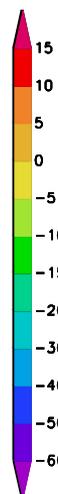
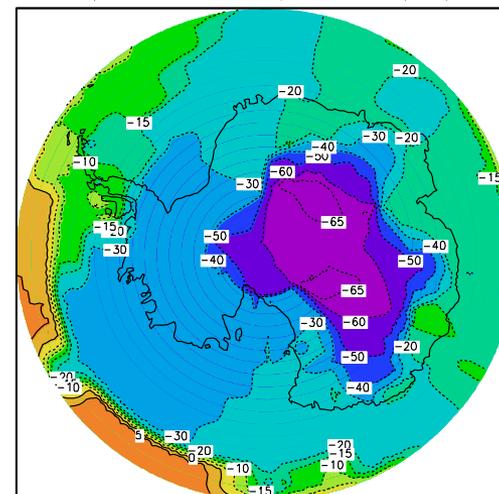


최저기온 -89.6°C
보스톡 기지
1983년 7월 21일 측정

c) Surface Temperature (Jan)

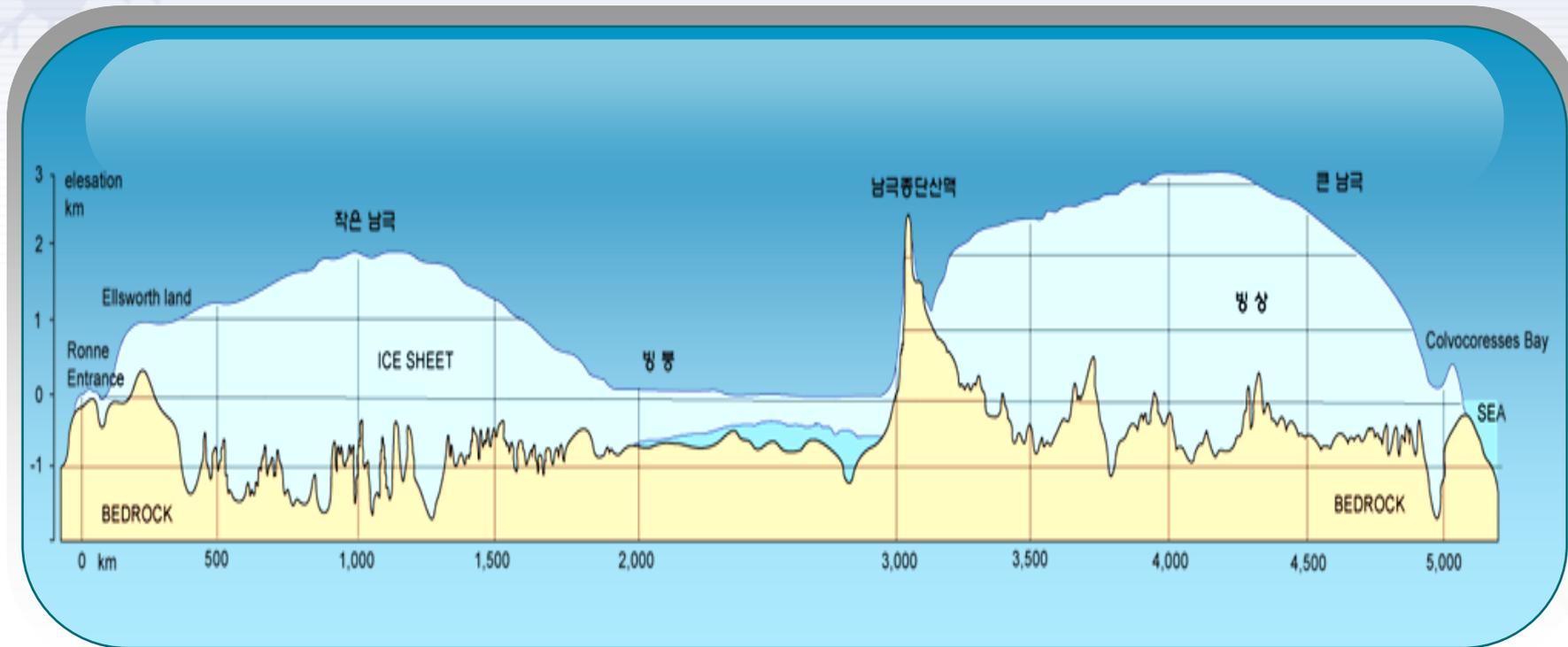


d) Surface Temperature (Jul)





남극의 빙하 단면



대륙빙하 두께 평균: 2160 m
(65m 해수면)



극지의 중요성

모든 기초과학 분야의 거대한 실험장

과학적 중요성

- 천연과학 실험장
- 과거 지구환경의 역사보존
- 환경변화/연구의 메카

지구환경변화 연구

- 미래환경 변화예측
- 오존층 변동/지구 온난화
- 지구환경 변화로 인한 자연재해

국가이익 창출

- 미개발 자원의 보고
- 대기, 우주, 해양, 빙설연구의 전초기지
- 극한환경 과학기술 발전



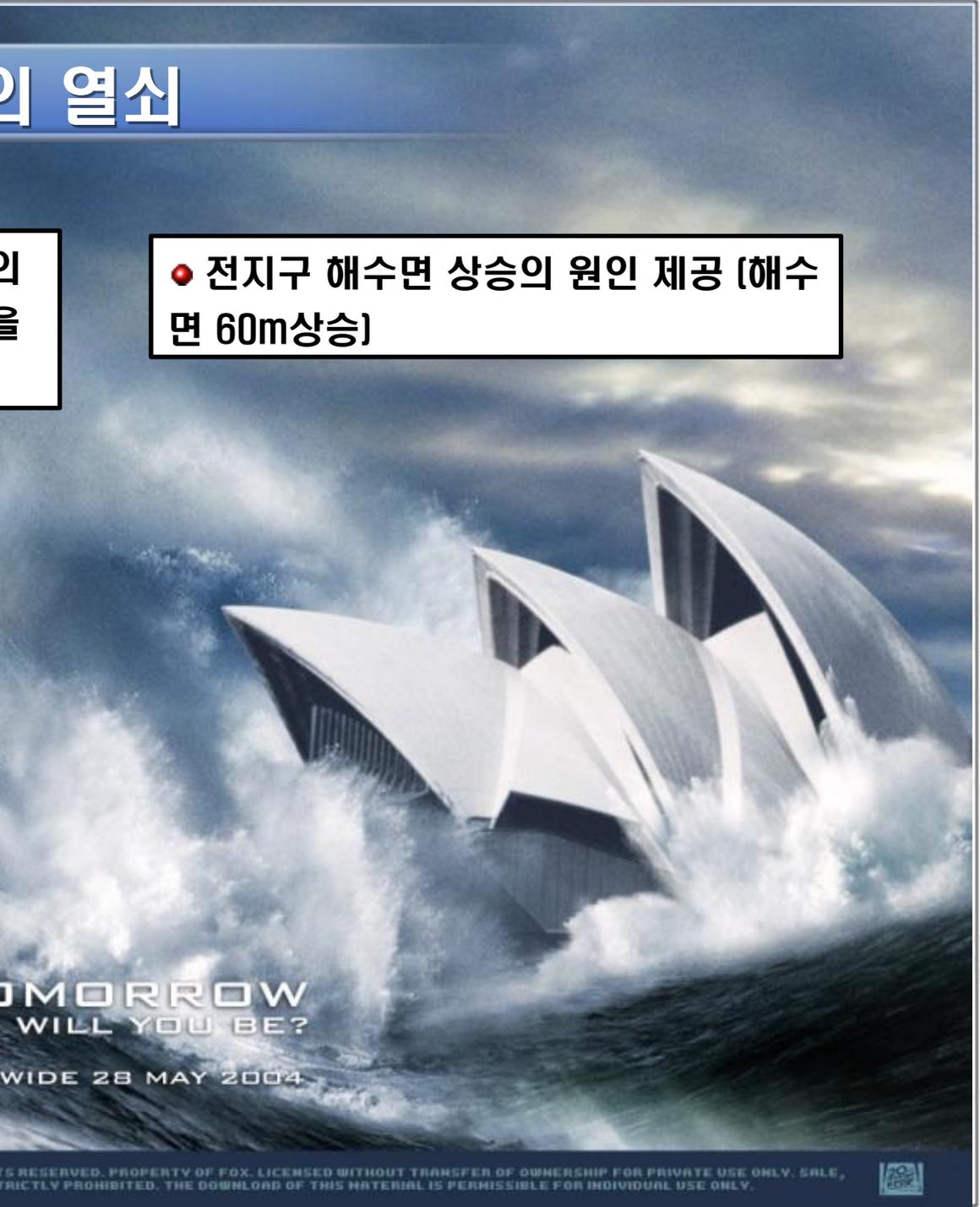
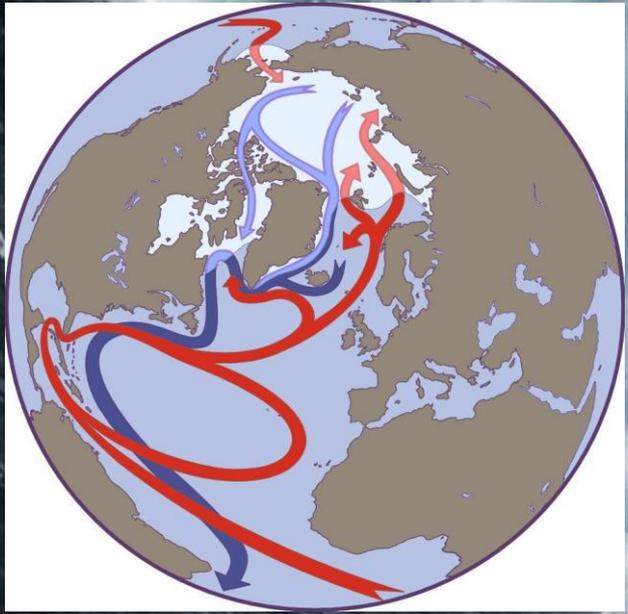
Korea Polar Research Institute



극지는 기후변화의 열쇠

● 북극의 그린란드 해역과 남극의 웨델해는 전세계를 순환하며 열을 전달해주는 심층 해수의 발원지

● 전지구 해수면 상승의 원인 제공 (해수면 60m상승)



THE DAY AFTER TOMORROW
WHERE WILL YOU BE?

IN THEATERS WORLDWIDE 28 MAY 2004

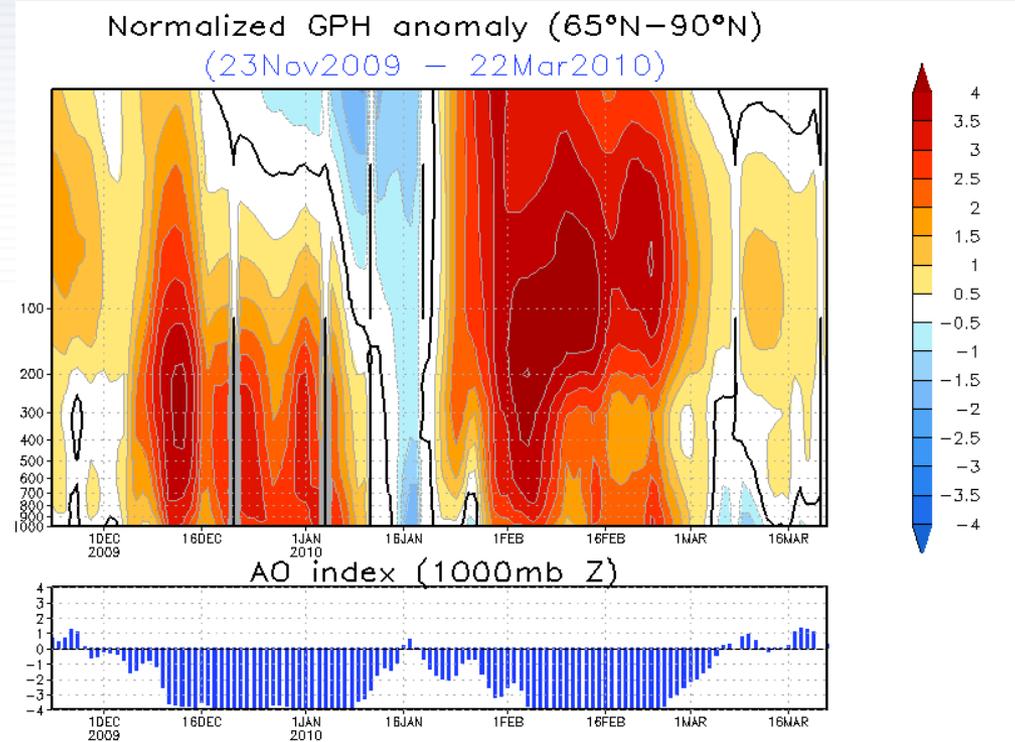




극지는 한반도 한파의 원인



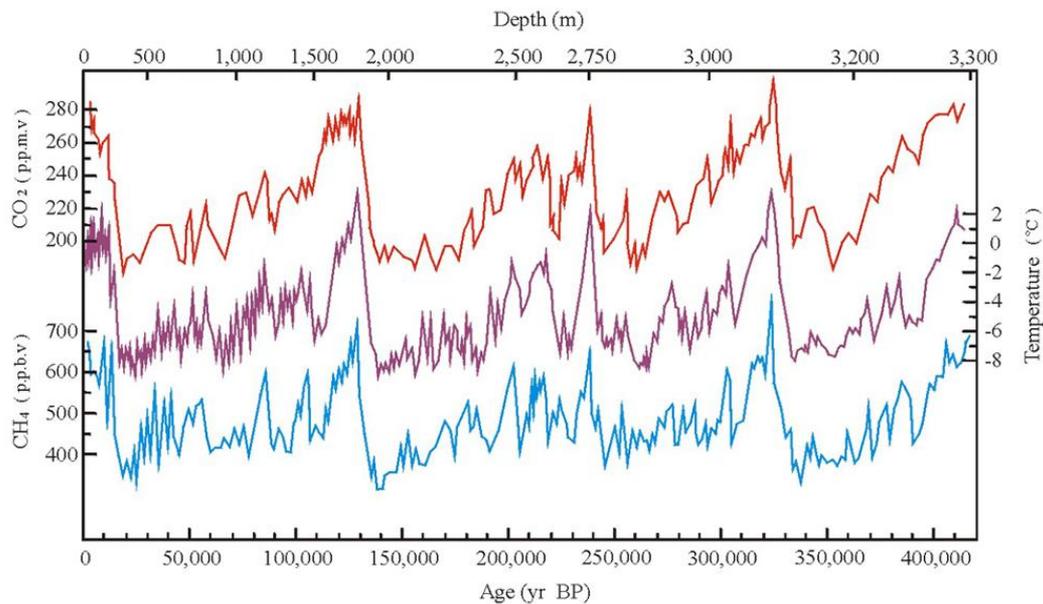
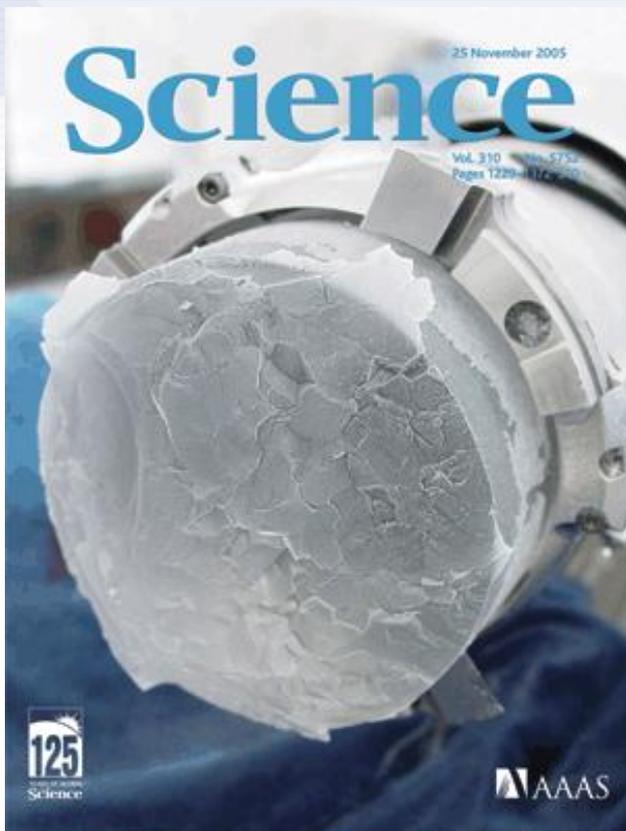
IPCC (2007)



NOAA CPC (2009/2010)



극지는 지구역사 기록 보관소





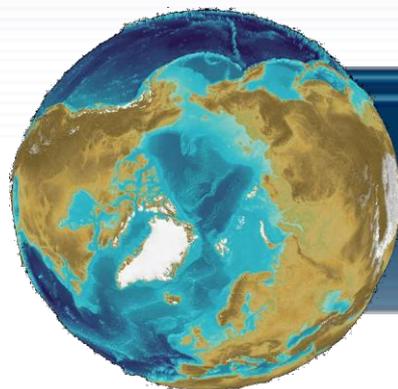
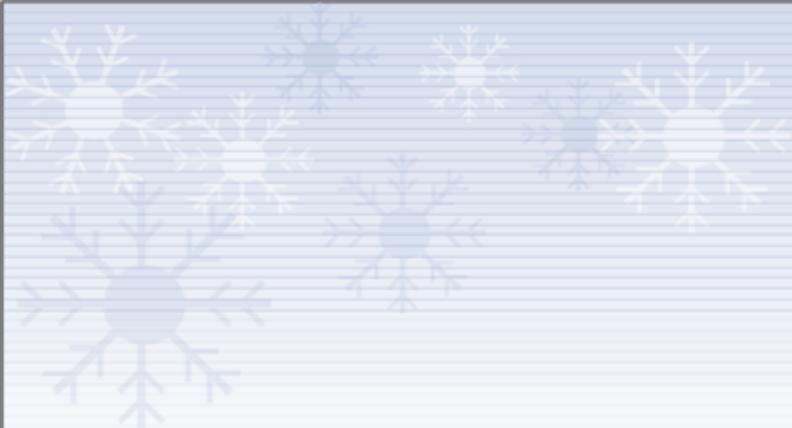
극지는 미래자원의 보고



가스수화물



▶ 남빙양에서 포획된 파타고니아어빨고기(메로)



2. 극지의 변화

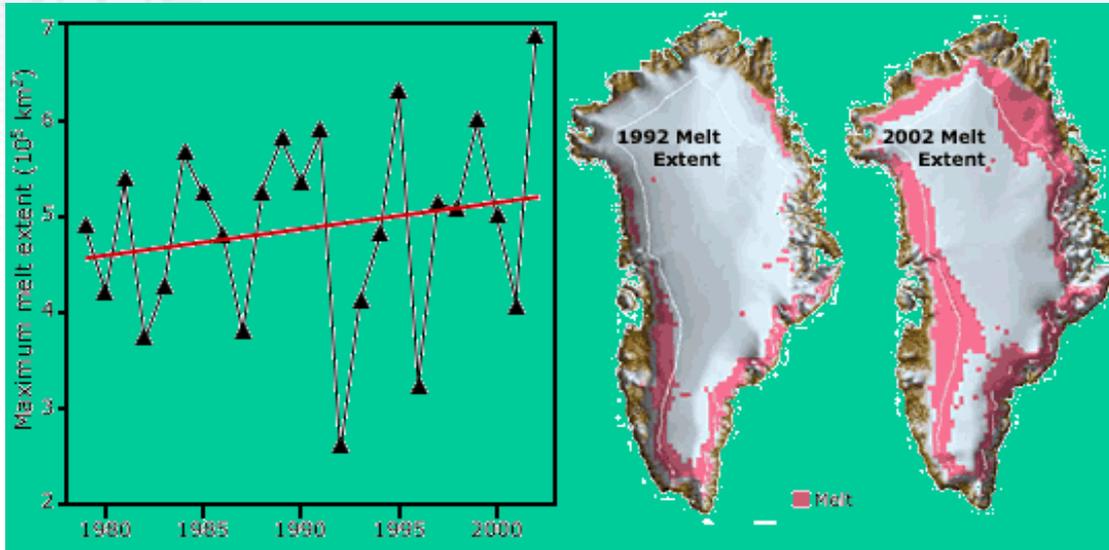




Glacial melting near Svalbard



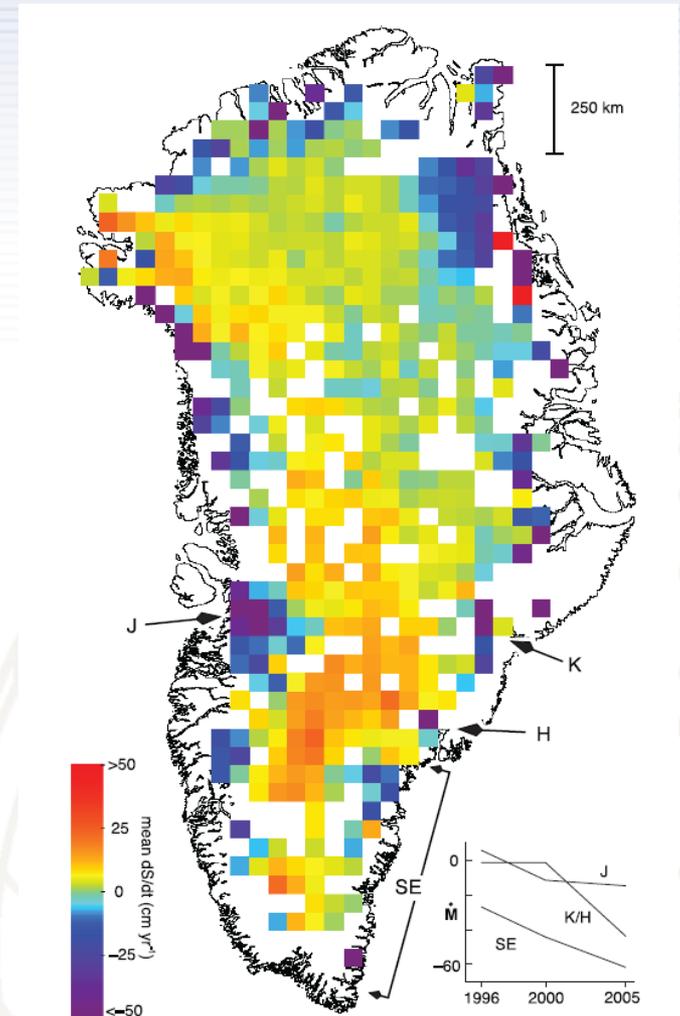
Greenland Ice Sheet Change



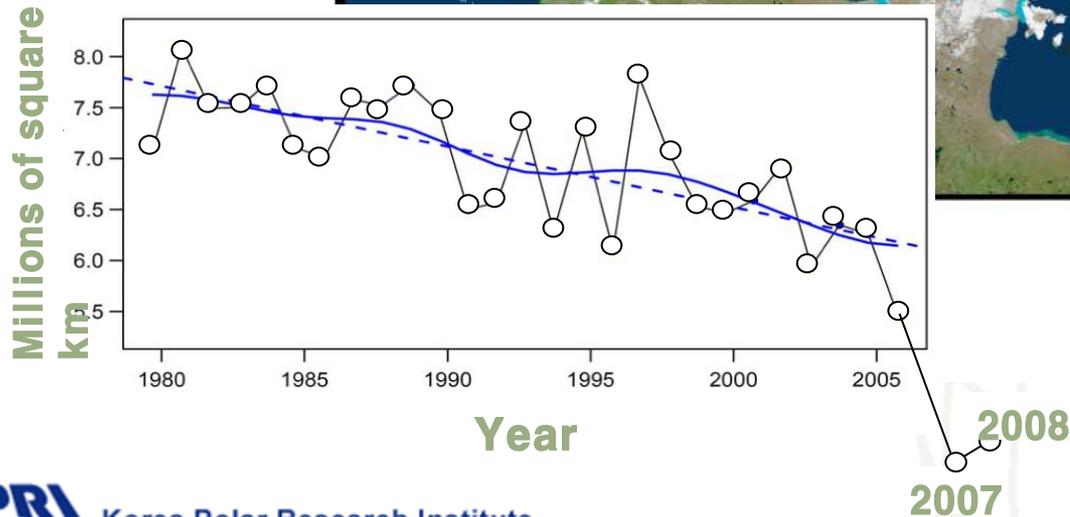
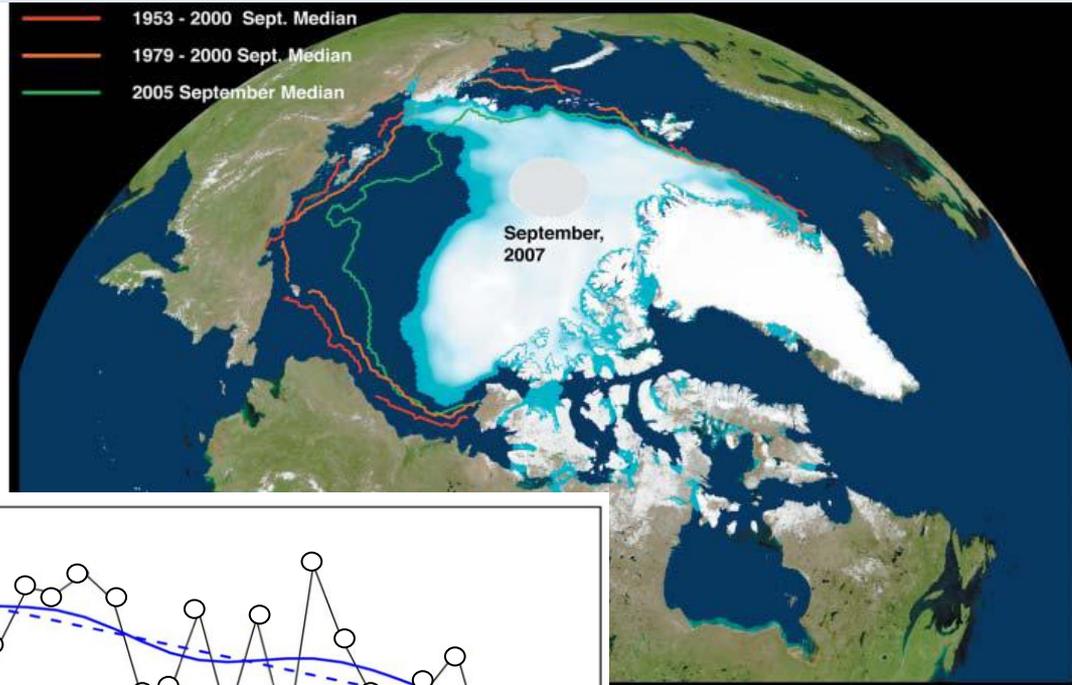
ACIA (2004)

50~100 Gt/yr loss 1966-2003

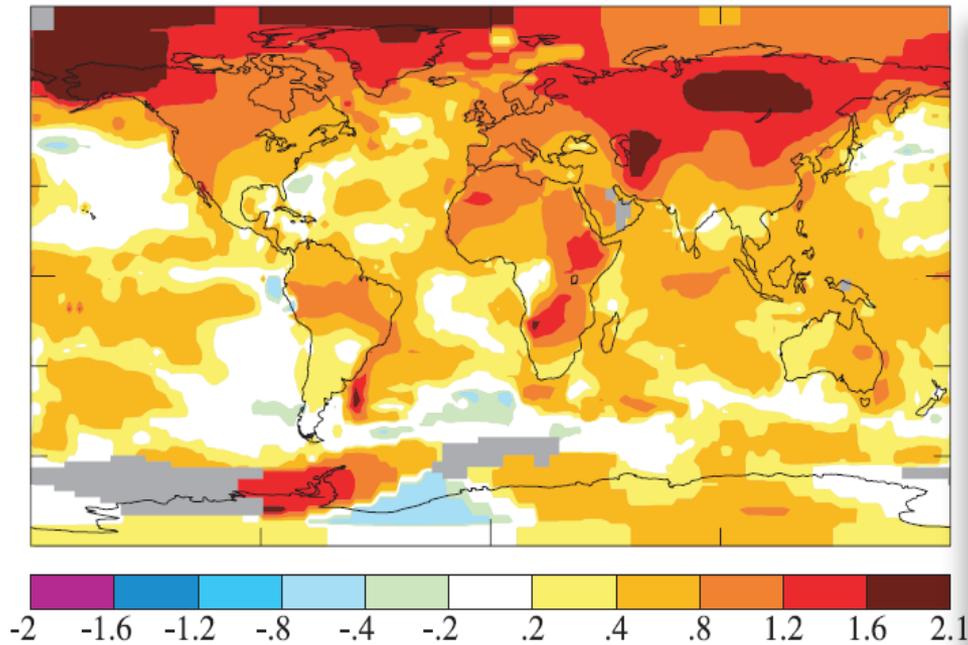
> 100 Gt/yr loss 2003-2005



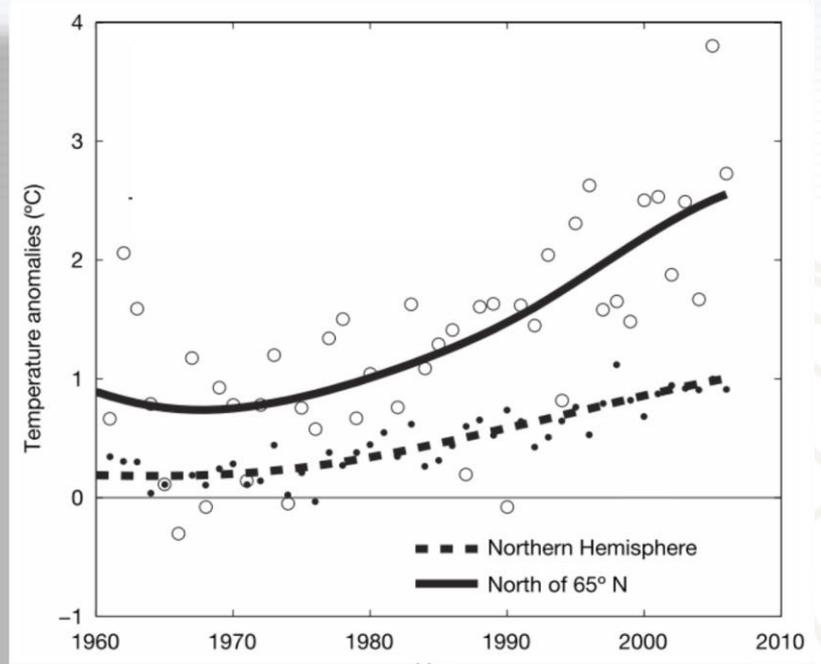
북극 해빙 (sea ice) 감소



Faster Arctic Warming



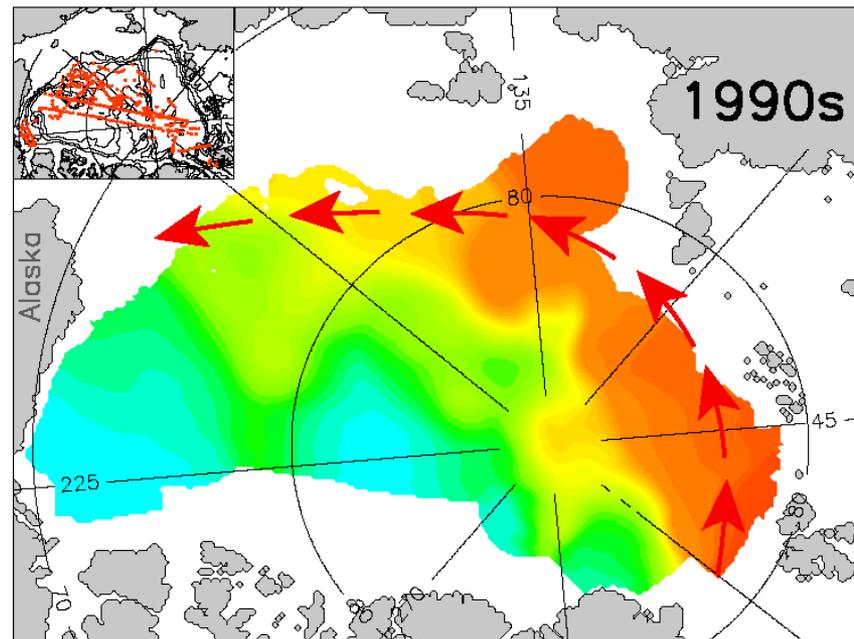
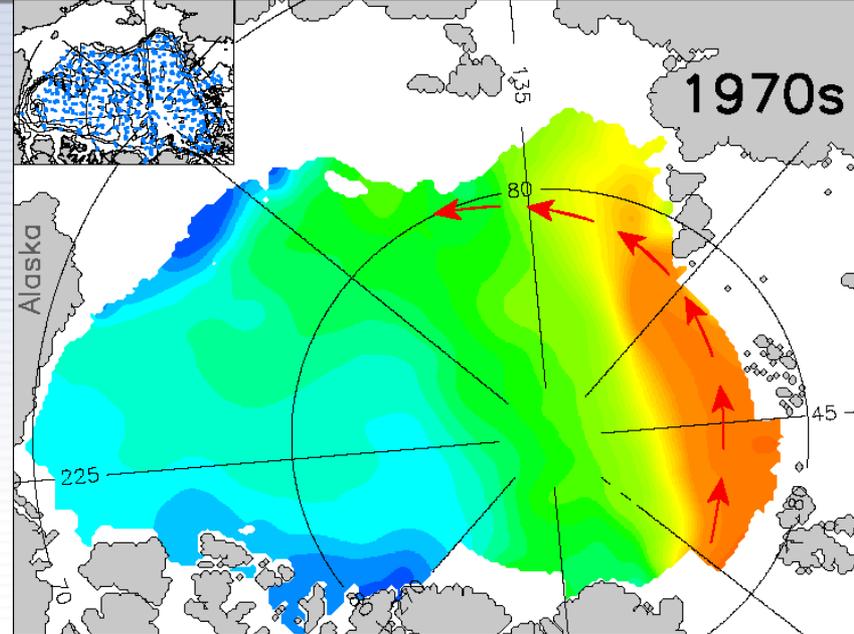
2001-2005 relative to 1951-1980 (Hansen et al., 2006)



Temperature anomalies relative to 1850-1900 (Graversen et al., 2008)

Arctic Ocean Variability

Inflow of Atlantic Water into the Arctic Ocean: different rates during different phases of multi-decadal variability?



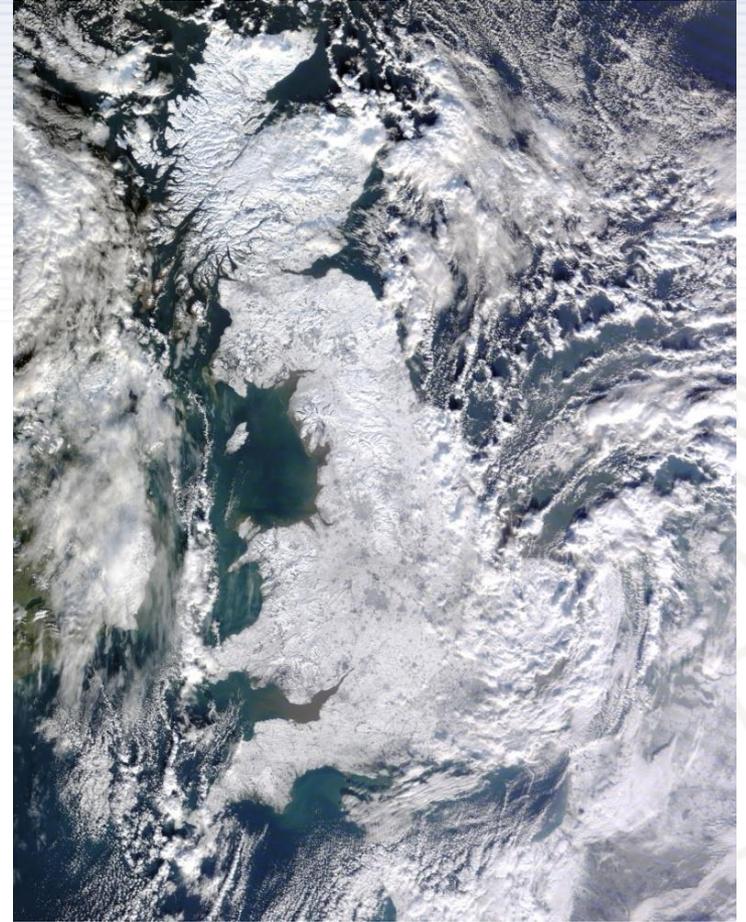
Temperature of Arctic Ocean intermediate water



However, recent cold surge?



Virginia, USA

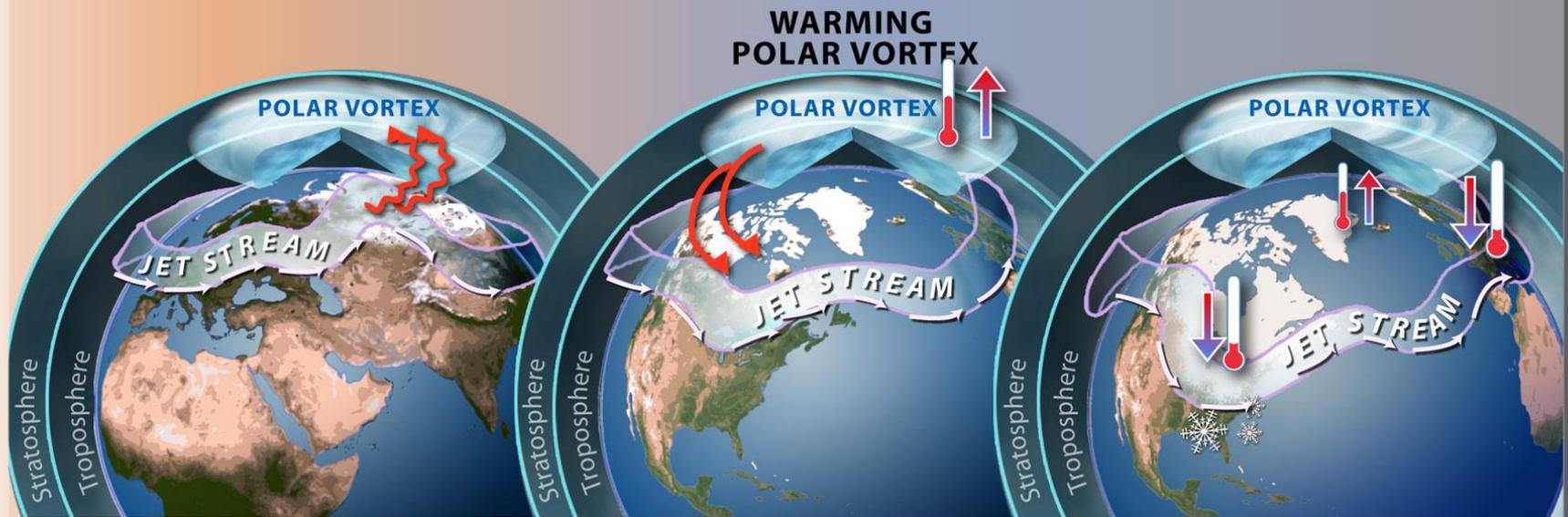


United Kingdom



Seoul, Korea

Arctic Warming and Mid-latitude Cold Surge



 INCREASED AUTUMN SNOW IN SIBERIA

JET STREAM STRENGTHENS SOUTH

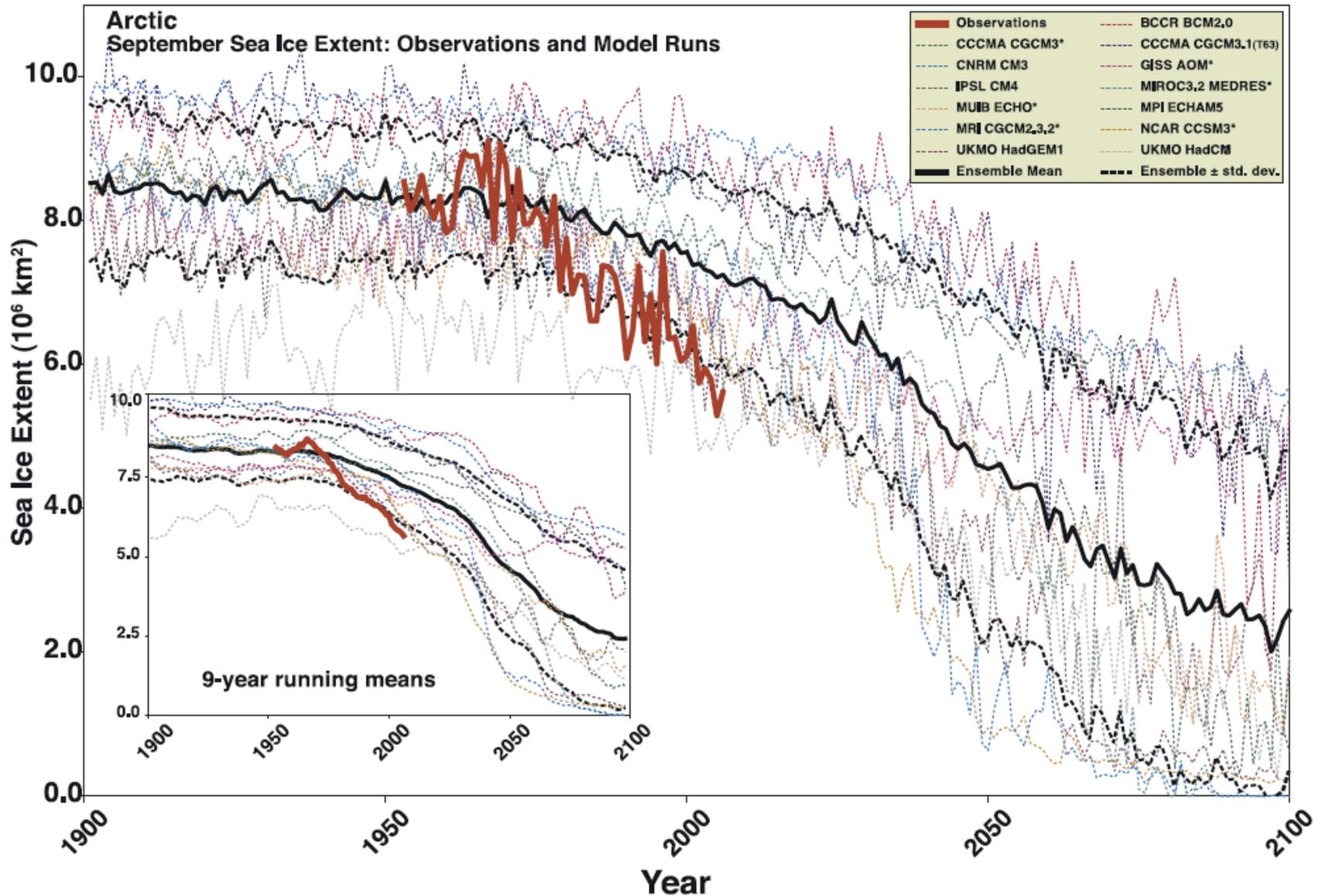
 COLDER WINTER IN EASTERN US & EUROPE

FALL

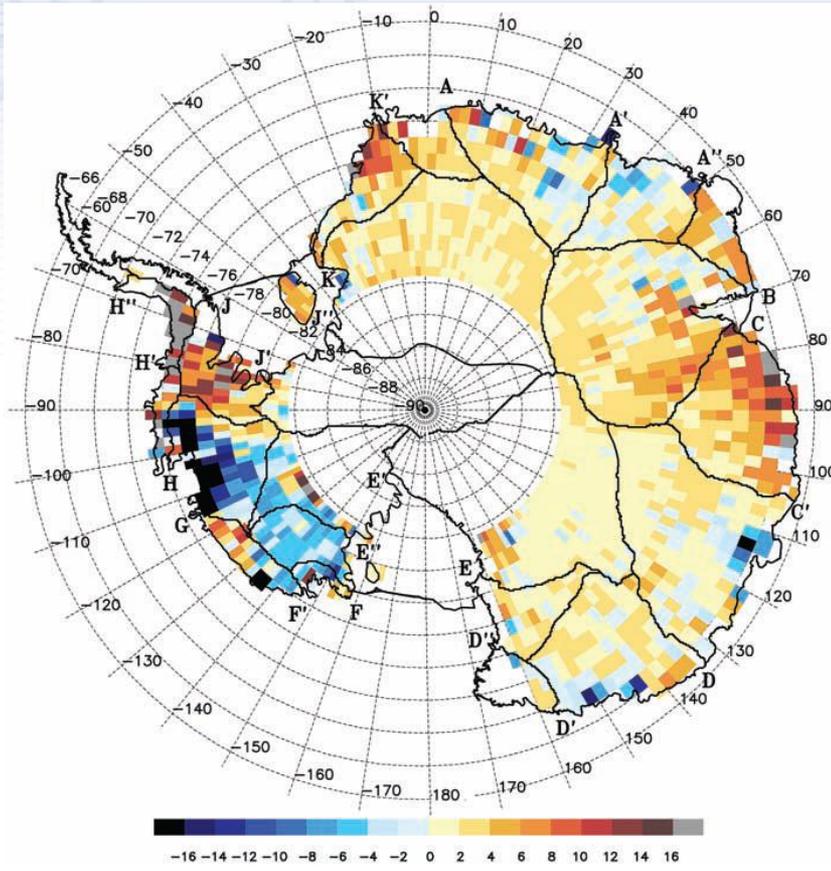
WINTER

NSF (2011)

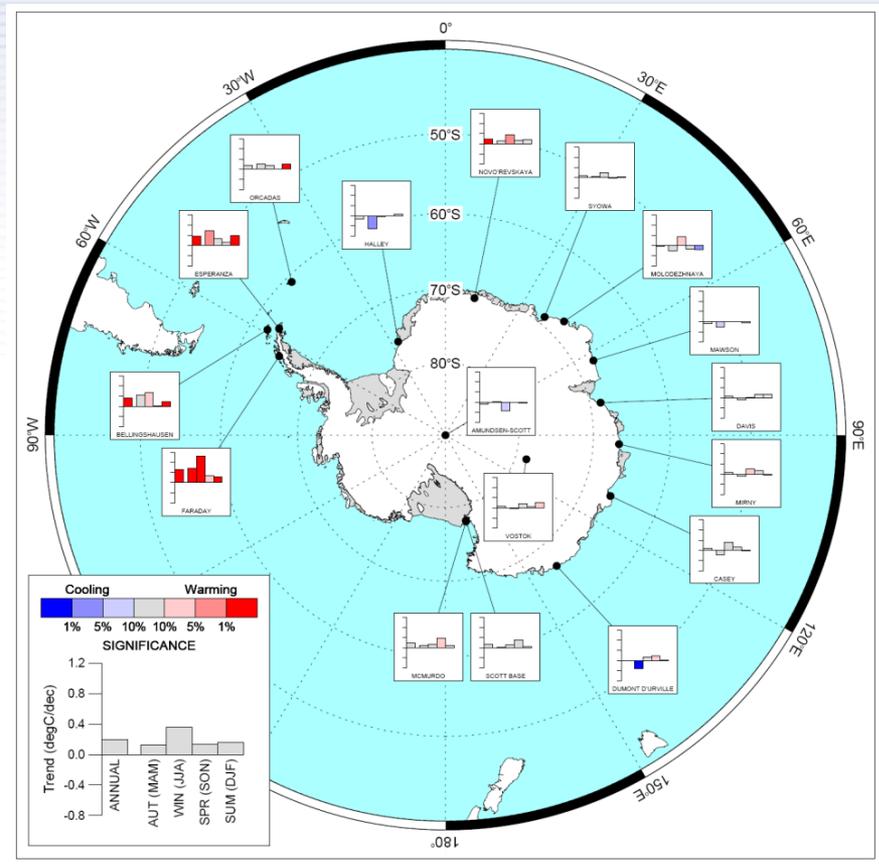
Future Arctic Sea Ice Change



Antarctic Climate Change

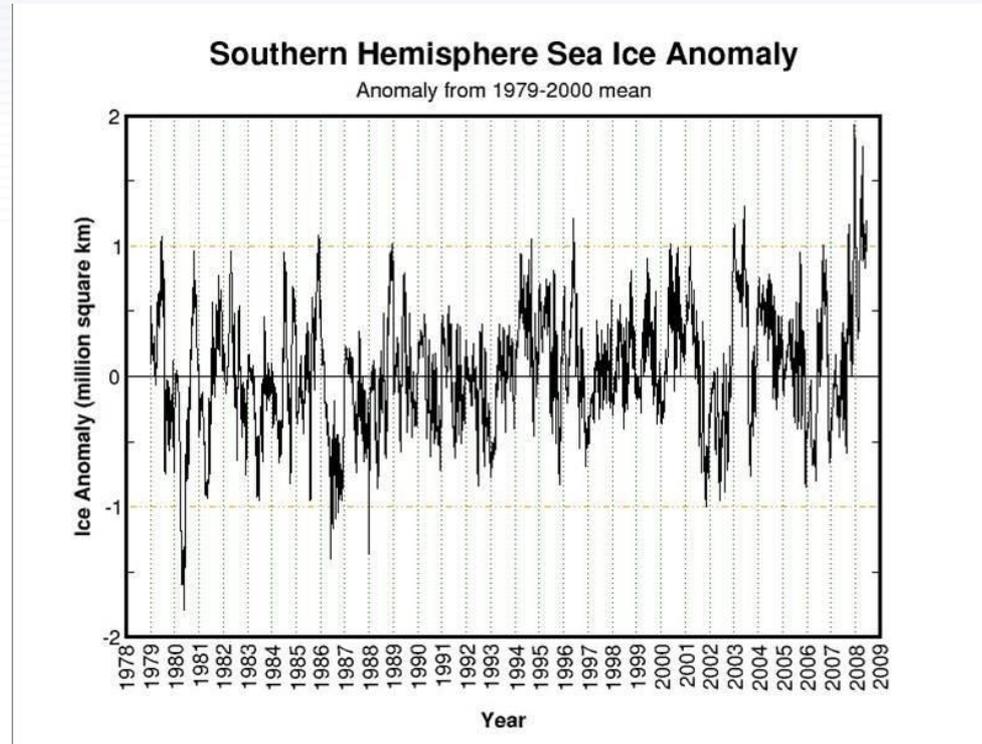
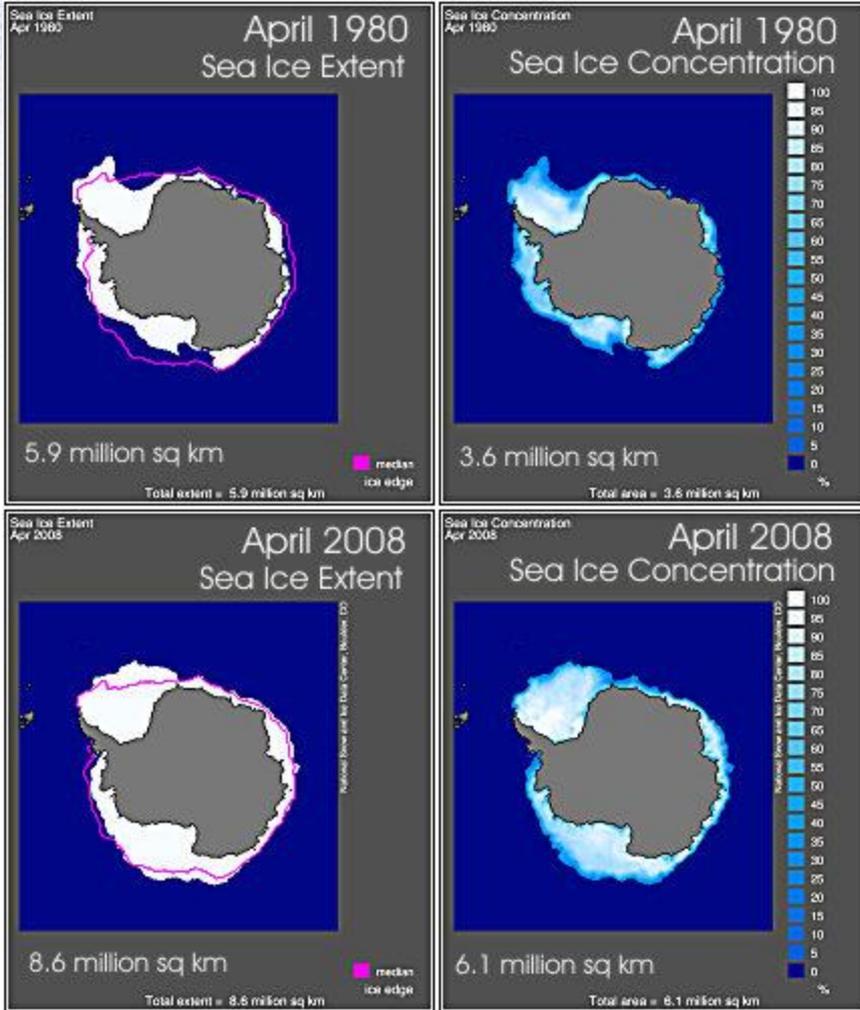


Davis et al. (2005)

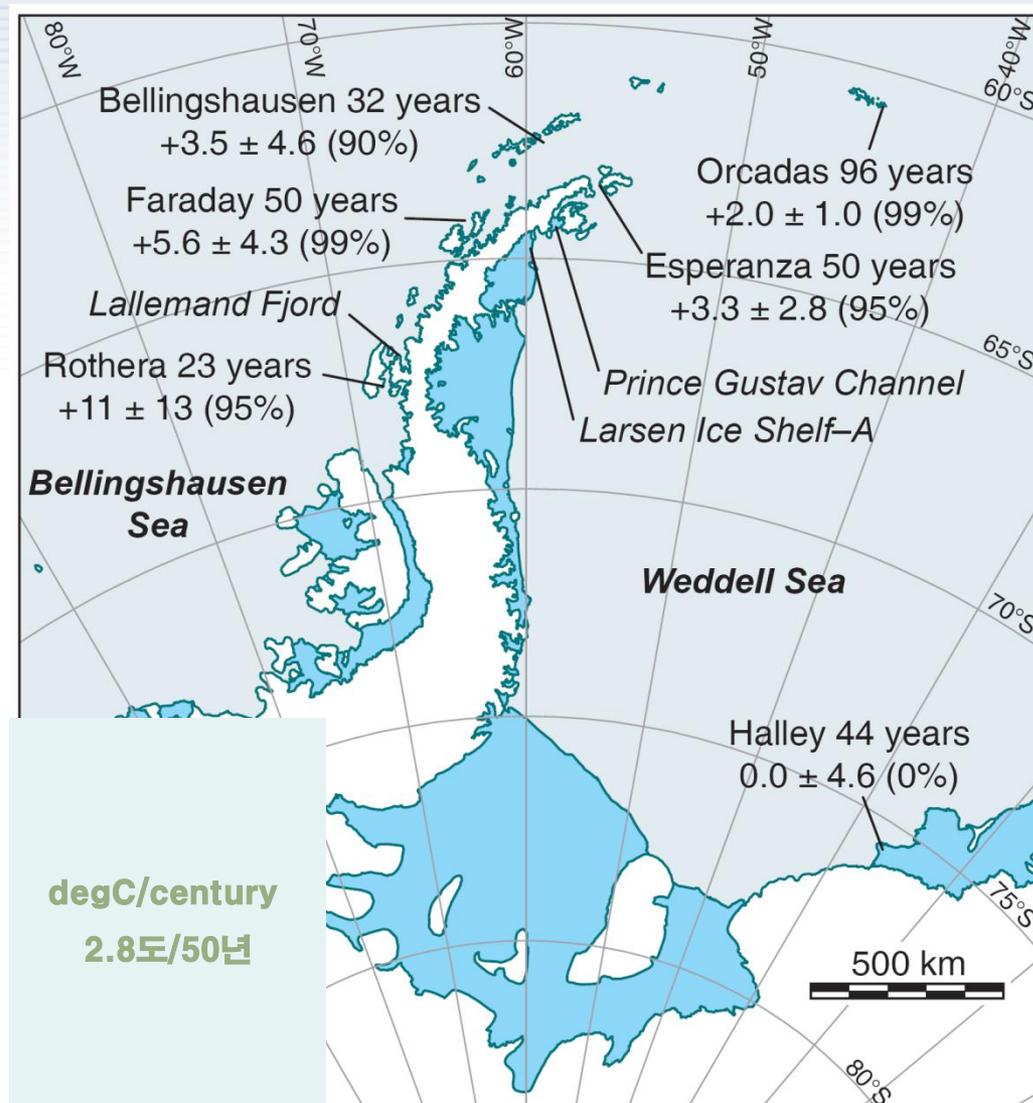
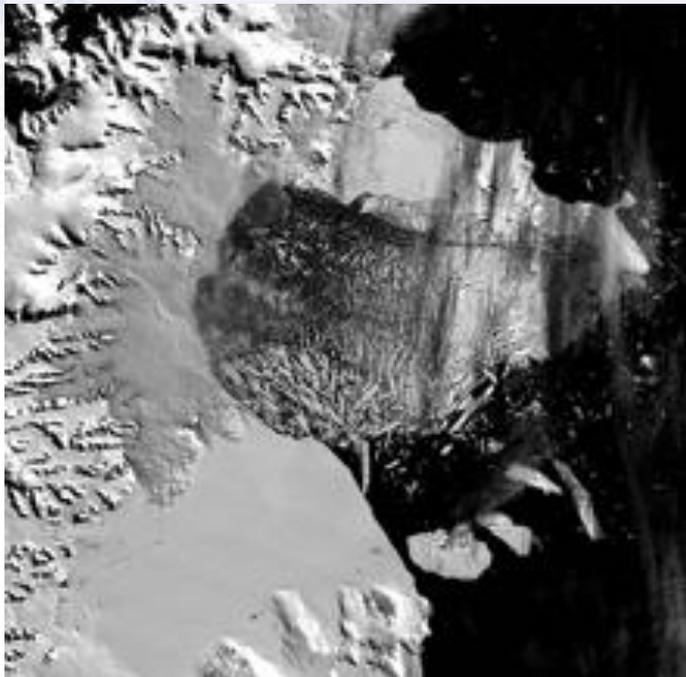


From website managed by G. Marshall.

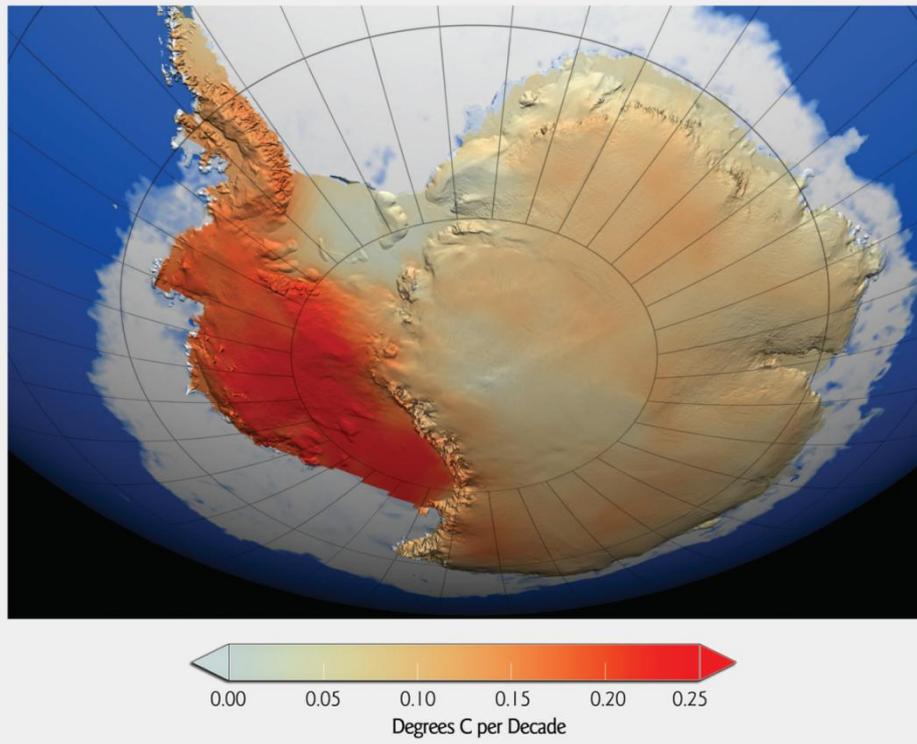
Antarctic Sea Ice Change



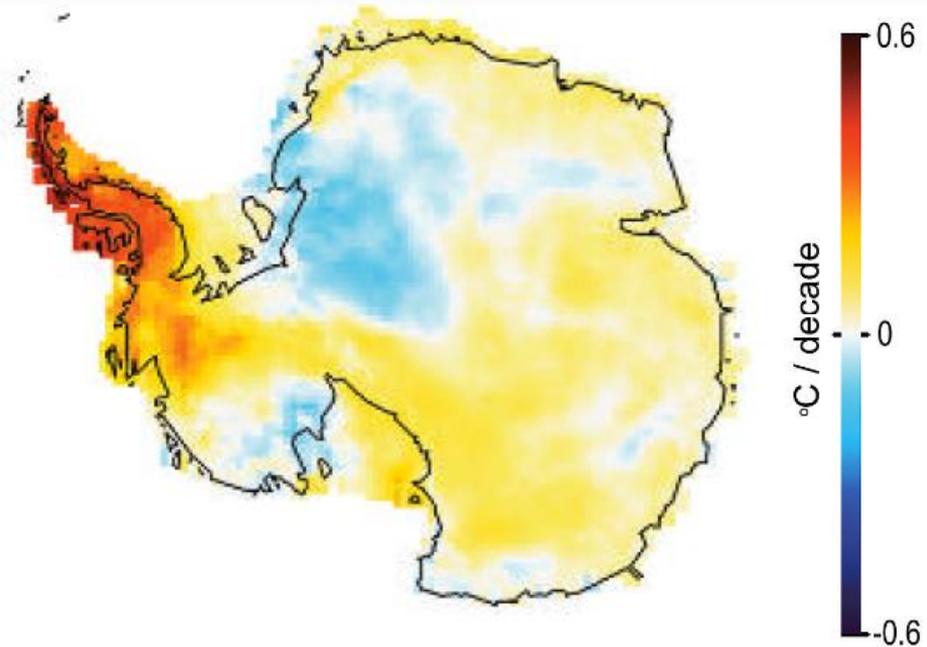
Temperature Change at the Antarctic Peninsula



Recent Analyses

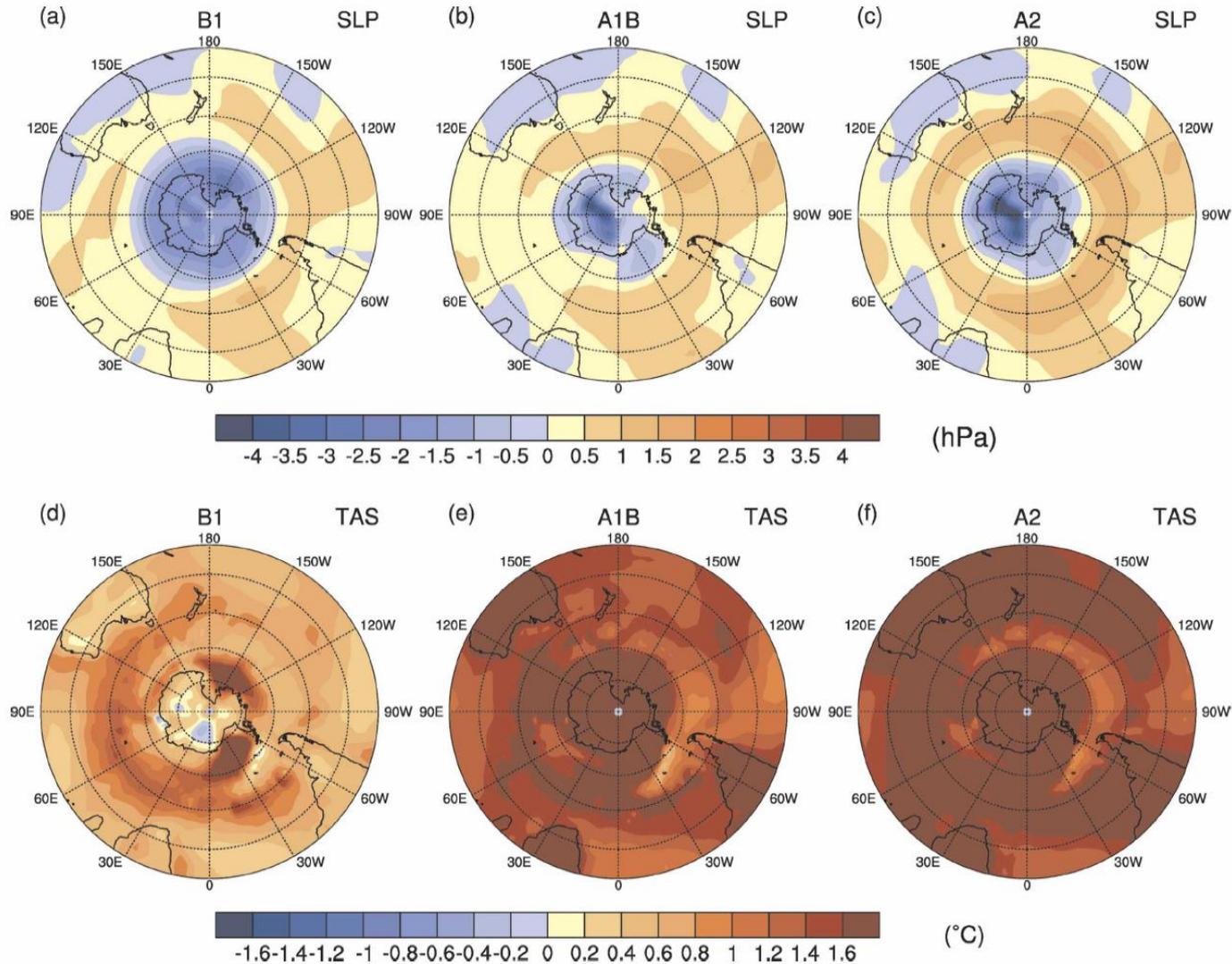


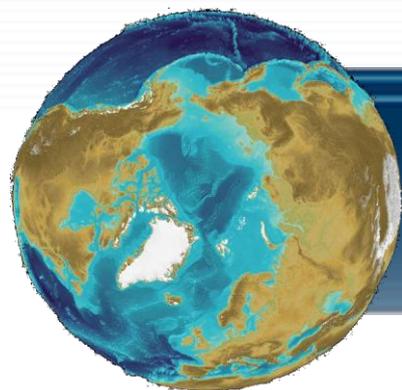
Steig et al. (2009)



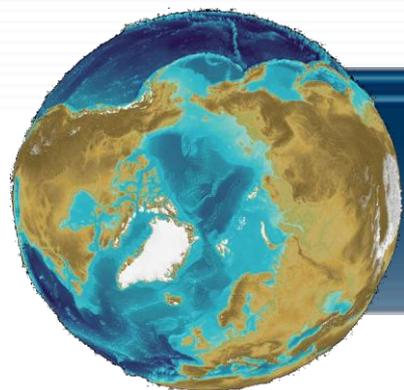
O' Donnell et al. (2010)

Future Antarctic Climate Projection





3. 우리나라 주요 인프라와 연구



남북극 과학기지와 아라온

남극세종과학기지



- ◆ 준공일 : 1988년 2월 17일
- ◆ 위치 : 남극반도 남쉐틀랜드군도 킹조지섬 62° 13' S, 58° 47' W (서울에서 17,240km)
- ◆ 건물현황 : 총 4,318m² (연구동, 생활동, 발전동, 창고동 등)
- ◆ 운영방식 : 월동연구대 상주 근무(17명 내외/년), 하계연구대 (약 100명/년)
- ◆ 주변상황 : 킹조지섬 내 한국, 칠레, 아르헨티나, 우루과이, 브라질, 중국, 러시아, 폴란드 등 8개국 기지

남극세종과학기지



Orcadas
(아르헨티나)



세종과학기지 이동경로

Physical Map of the World, June 2003

AUSTRALIA Independent state
 Bermuda Dependency or area of special sovereignty
 Italy / ADDRESS Island / island group
 ★ Capital
 Scale: 1:35,000,000
 Address: Physical
 Standard projection: WGS 1984 / WGS



June 2003

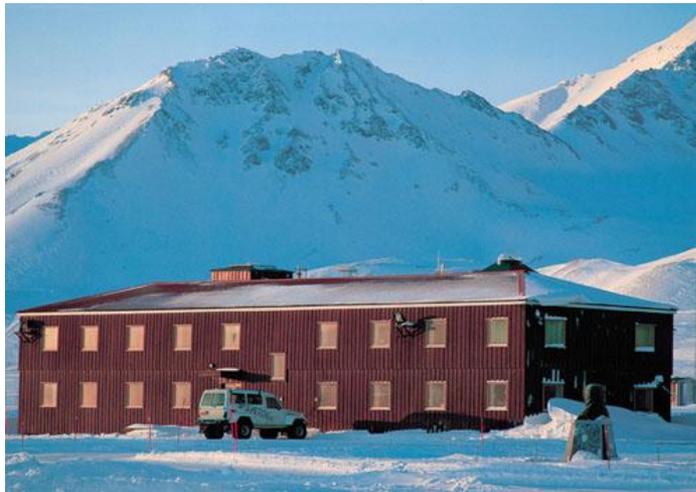
Thanks to all donors and sponsors who have supported the Sejong Scientific Station project. The map is for informational purposes only and does not represent the official position of the Korea Polar Research Institute.

북극다산과학기지



- ◆ 개소일 : 2002년 4월 29일
- ◆ 위치 : 스페르바르군도 스피츠베르겐섬 니알스 78° 55' N, 11° 56' E (서울로부터 약 6,400km)
- ◆ 건물현황 : 총 216m² (임대)
- ◆ 운영방식 : 비상주 (위탁관리, 하계연구대원 약 60명/년)
- ◆ 주변상황 : 한국, 노르웨이, 독일, 프랑스, 네덜란드, 스웨덴, 영국, 일본, 중국, 이탈리아 등 10개국 기지

북극다산과학기지



남극장보고과학기지



- 준공예정일 : 2014년 3월
- 위치 : 남극 테라노바베이 케이프 뫼비우스 곳 164° 12' E, 74° 37' S
- 총 사업기간 : 2006년 6월 ~ 2014년 6월 (8년)
- 건물현황 : 총4,232m² / 운영방식 : 월동연구대 상주 (15명 내외), 하계연구대 (약 60명)

쇄빙연구선 「아라온」

● 주요임무

- 남북극 결빙해역에서의 독자적인 극지연구수행
- 남북극 기지에 대한 보급 및 남극 장보고과학기지 건설 지원



● 중량 : 7,487,톤

● 완공일자 : 2009년 11월 2일

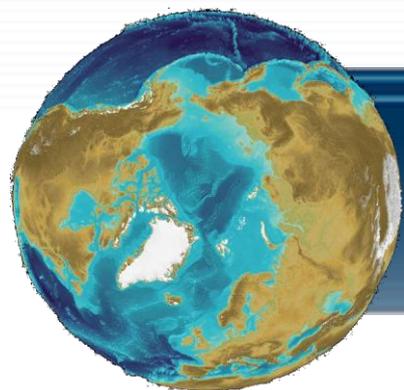
● 크기(m) : 111x19x9.9 (길이x폭x깊이)

● 속도 : 12노트 (경제항해속력)

● 최대운항거리 : 20,000마일(70일)무보급항해

● 승선인원 : 총 85명 (승조원 25명 + 연구원 60명)

● 쇄빙성능 : 1미터 두께의 다년빙을 시속 3노트로 연속쇄빙

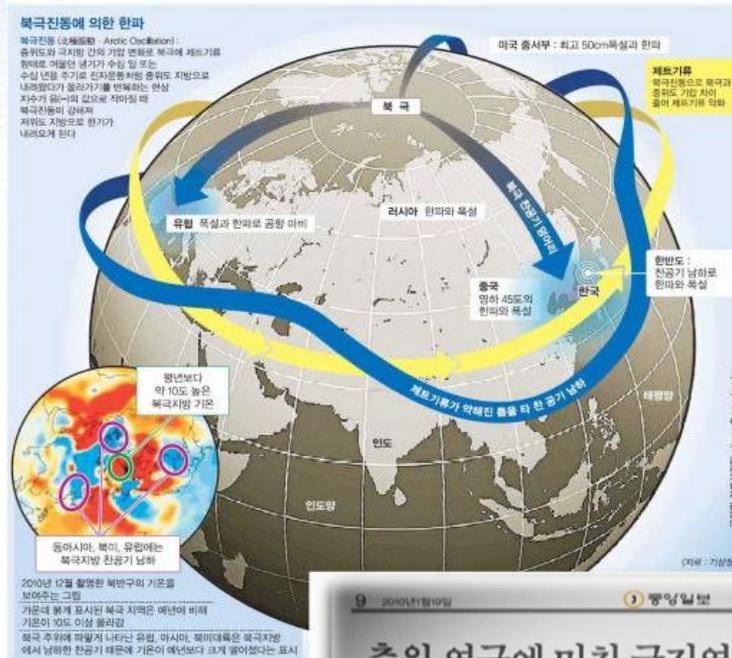


주요 연구 분야



기후변화 예측

북극진동(Arctic Oscillation) 약화가 2009/2010년 한반도 겨울철 한파 야기



9 2010년 1월 19일 **중앙일보** 사회프런트

추위 연구에 미친 극지연구소 김성중 박사

“빙하가 녹아내려도 한반도엔 추위가 올 수 있다.”

울거울 우리나라를 강타한 한파에 대해 극지연구소 김성중(40) 박사는 이렇게 경고했다. 김 박사는 18년 동안 극 지방을 연구했다. 남극과 북극을 다섯 차례 다녀왔을 정도로 추위 연구에 빠진 사람이다.

그는 “북극진동이라는 이유로 한반도의 강추위를 예상해 주목을 받았다. 김 박사는 2008년 7월 북극점에 서 600여 km 떨어진 노르웨이 날스든 섬 타라키지에 있었다. 그때 북극은 이상하리만큼 따뜻했다고 한다. 북극은 여름에도 평하의 기온이 유지되는데, 당시 영상 4~5도의 기온이 계속됐다. 그는 “빙하 물이 녹아내리는 피오르르빙하가 썩는 형태를 바라보면 서 실상같은 얼어 떨어질 것 같은 생각이 들었다”고 말했다. 북극의 한파도 전력이 동등 떨어졌을 지난 5일, 김 박사는 2008년의 북극을 떠올렸다. 얼어 15도까지 떨어진 한반도처럼 이상 한파와 북극의 이상 고온이 관련이 있을 것이라는 생각이 들었다는 내용의 지난 12월 12일 12월 12일

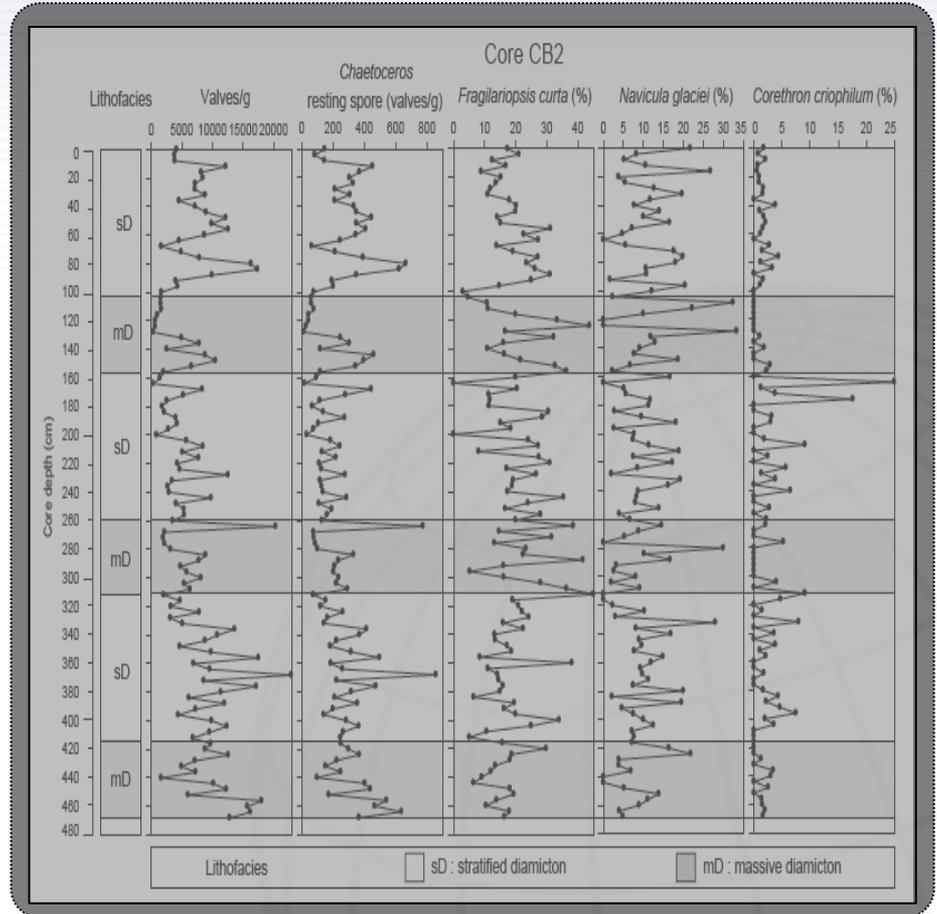
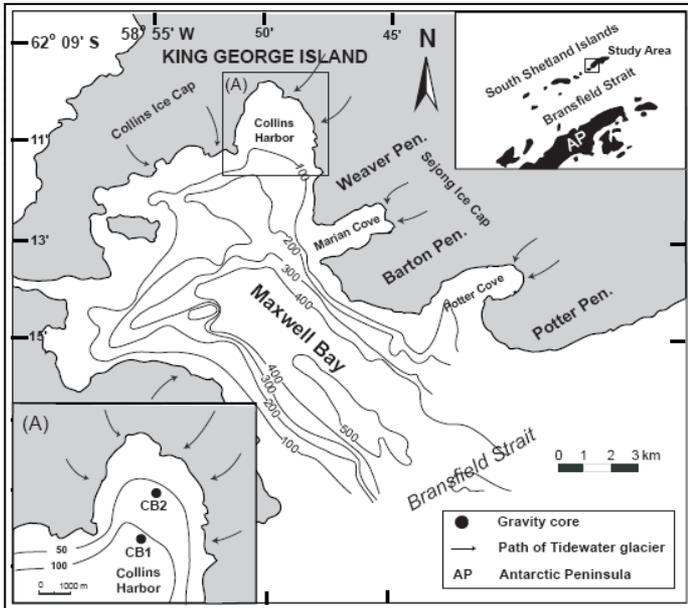
을 수 있을 정도로 이해적인 상황이었다. 김 박사는 “북극의 냉기가 과도하게 남쪽으로 내려와 한반도의 강추위를 불러왔다”는 결론에 도달했다. 일반인에게 평소와 다른 북극진동이 어떤 한반도 강추위를 설명하는 하나의 기설로 자리를 잡게 된 과정이다. 한파가 올린 18일 북극 진동지수는 다시 정상으로 회복되고 있다. 김 박사가 극지의 기후를 연구한 것은 1992년 중남미 해양학과를 졸업하고 미국 텍사스A&M대에서 석사 과정을 시작하면서부터다. 그는 남극 지역의 빙산들의 흐름을 주제로 연구해 98년 텍사스A&M대학의 박사 학위를 받았다. 당시로 인화시키면, 적도에서 극지로 전당되는 열 에너지가 끊기면서 중위도 지역에 갑작스러운 추위가 올 수 있다는 식이다. 이 가설은 뉴욕시가 남극적인 얼어버린다는 내용의 지난 12월 12일 12월 12일

지구환경 미래예측 기술 개발



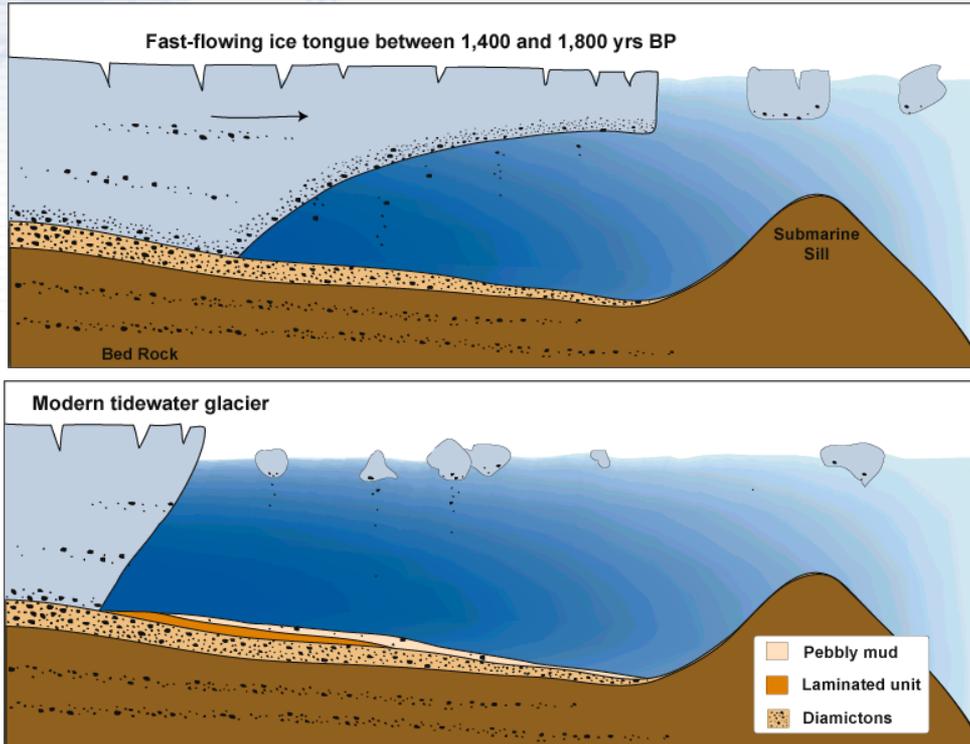
고기후 기록 복원

- 세종기지 연안 퇴적물 분석 결과 500년 주기로 추운 기후 반복됨을 밝힘

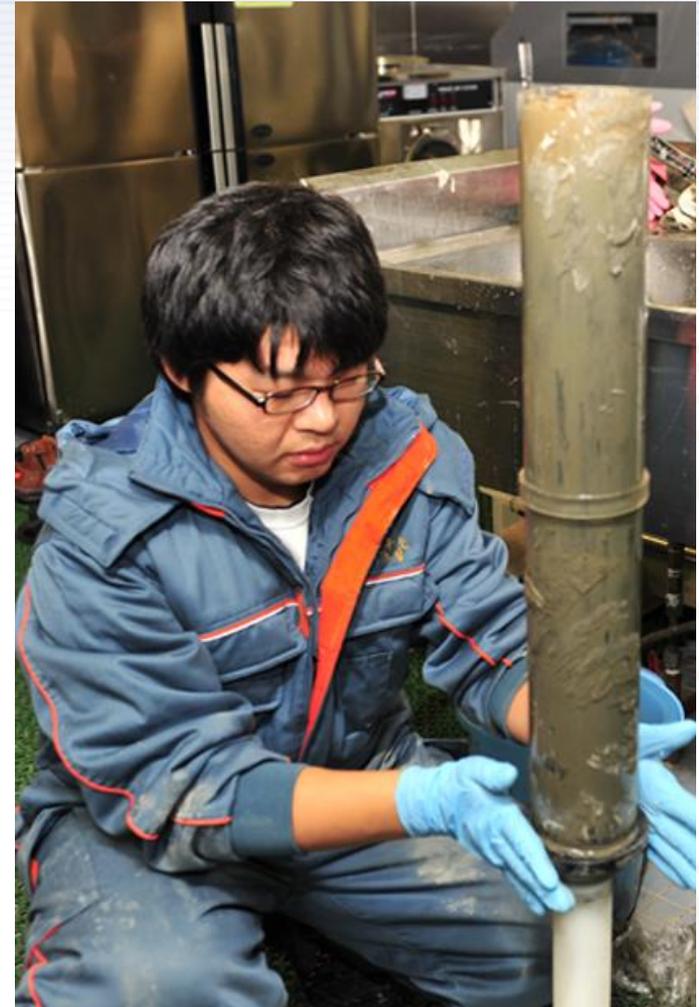


극지 육상&해양 퇴적물의 환경연구

● 과거 기후에 따른 극지 기후의 변화는 지구를 이해하는 중요한 열쇠 (지구환경변화의 예측)



연구결과를 바탕으로 작성된 빙하 퇴적물 퇴적유형 모델





빙하 탐사

- 200미터급 빙하 코어 시추기술 확보 및 환경 변화 복원기술 구비



몽골리아 빙하에서의 빙하 드릴링 시험



빙하 분석 장비



그린란드 NEEM 심부 빙하시추에 참여 (2008-2011)

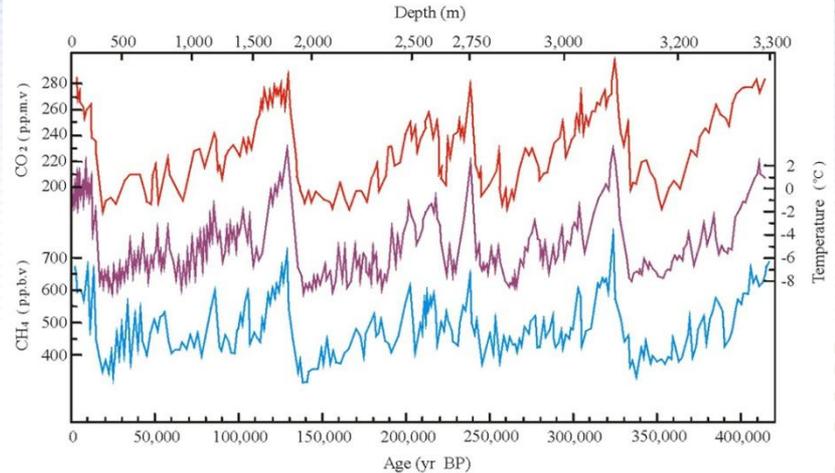


빙하를 이용한 지구환경변화 연구

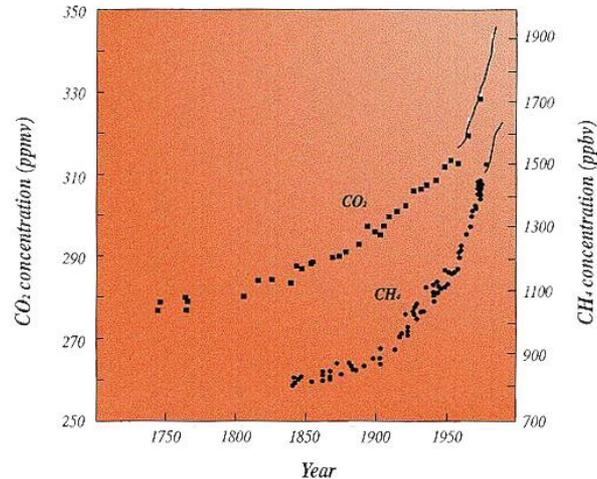
● 빙하에 갇혀있는 기포 속의 공기로부터 과거 지구 대기와 온실가스의 농도분석



〈빙하속의 기포〉



〈보스록빙하 시료의 과거 40만년 동안의 이산화탄소와 메탄의 농도변화〉



〈산업혁명 이후의 이산화탄소와 메탄의 농도변화〉

그린란드 NEEM빙하코어 시추 프로그램

- 세계 14개국이 참여하는 국제 빙하시추 프로그램
- 2008~2011 그린란드에서 3,000m급 빙하코어 시추
- 12만년 전 간빙기의 기후 기록 복원





기후변화 관측

- 세종기지가 지역급 WMO/GAW 관측소로 2010년 11월 등재

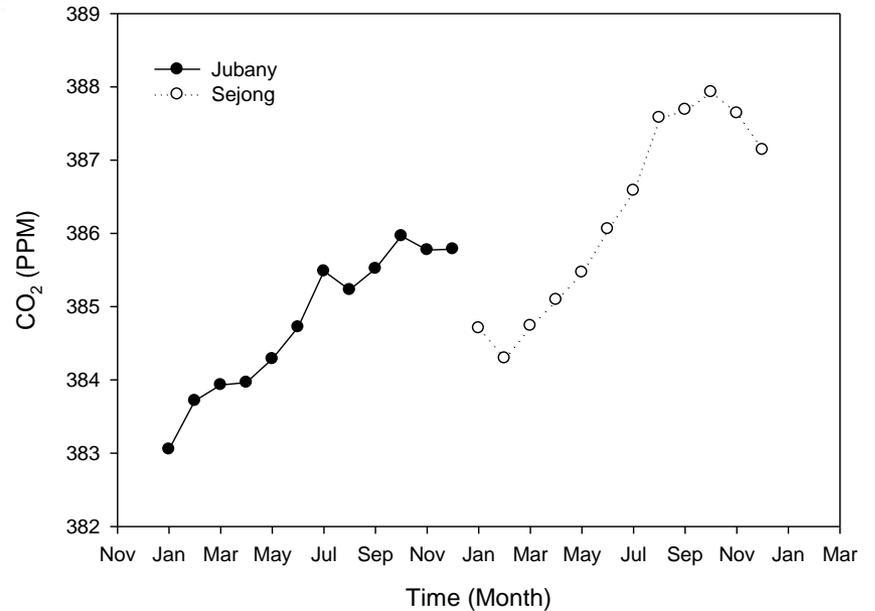


세종기지 대기 관측



북극 다산기지 대기관측

The Variations of Monthly averaged CO₂ Concentration in 2009-2010



극지 육상과 대기의 에너지 교환연구

- 극지의 기후를 구성하는 육상, 바다, 대기, 빙하의 상호 작용을 분석



이산화탄소,수증기 플럭스 관측



토양 이산화탄소플럭스 관측



에어로졸 관측

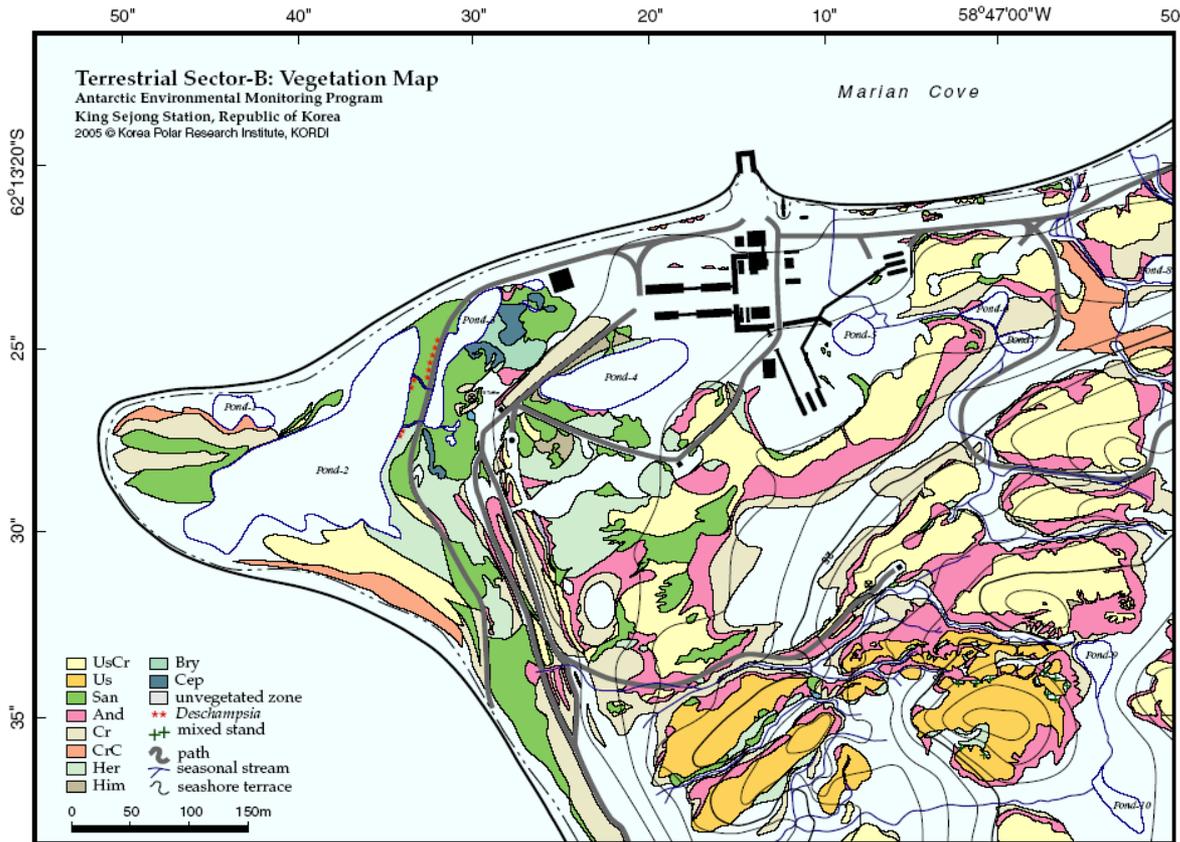


극지기지주변 환경모니터링

● 환경에 대한 반응이 민감하고 뚜렷한 극지생물의 분포와 변동 연구



바톤반도 식생분포도



Cluster analysis
(groups at Euclidian
distance = 15.5)

Corresponding
subformation

And, Him, UsCr, Us

Friticose lichen and moss
cushion subformation

Cr, CrC

Crustose lichen subformation

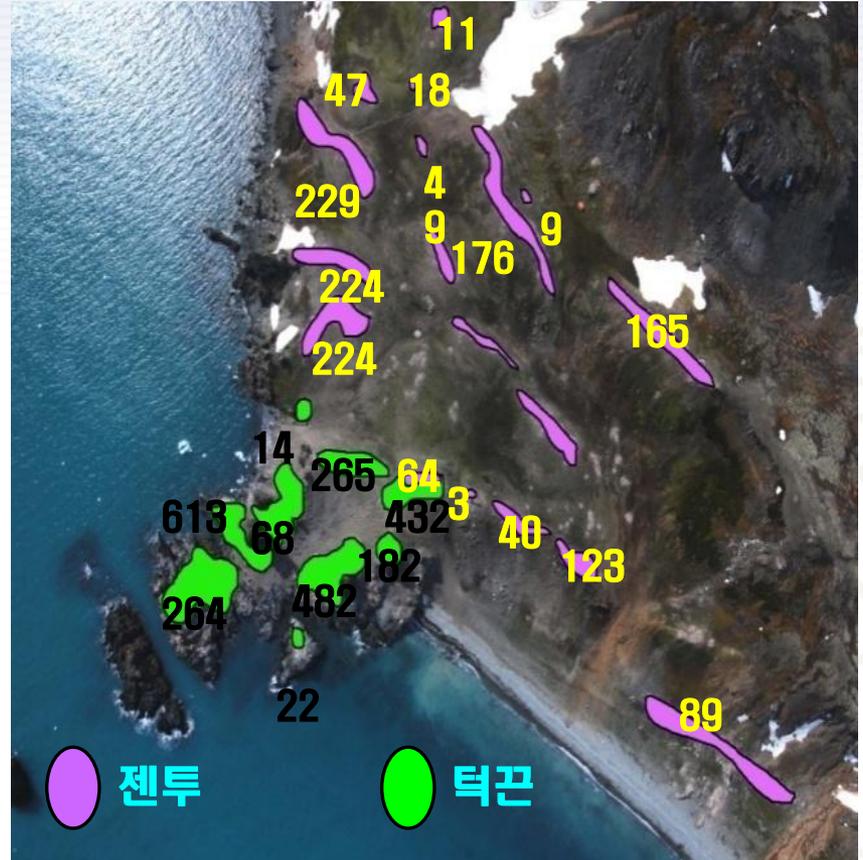
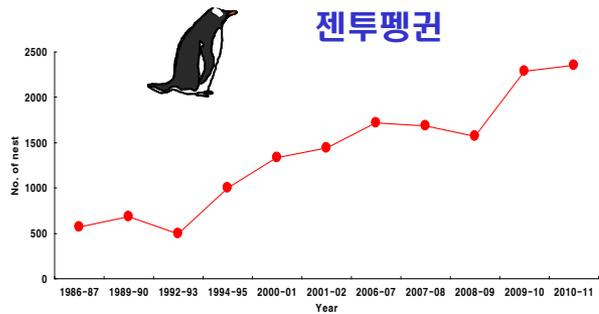
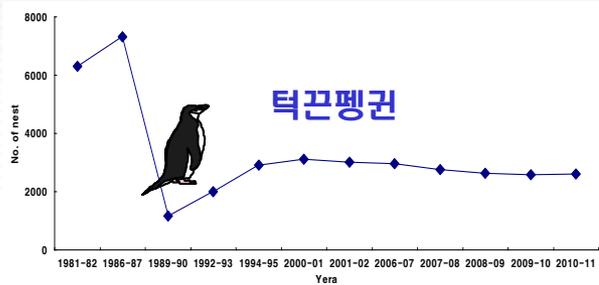
Her, San

Moss carpet subformation

Bry, Cep

Moss hummock subformation

펭귄마을 펭귄분포

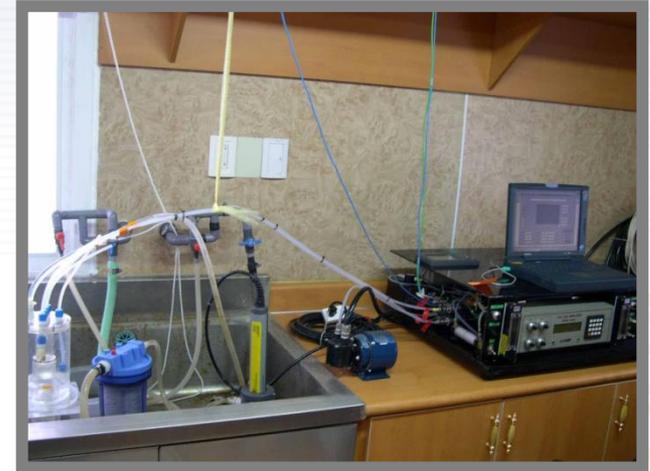
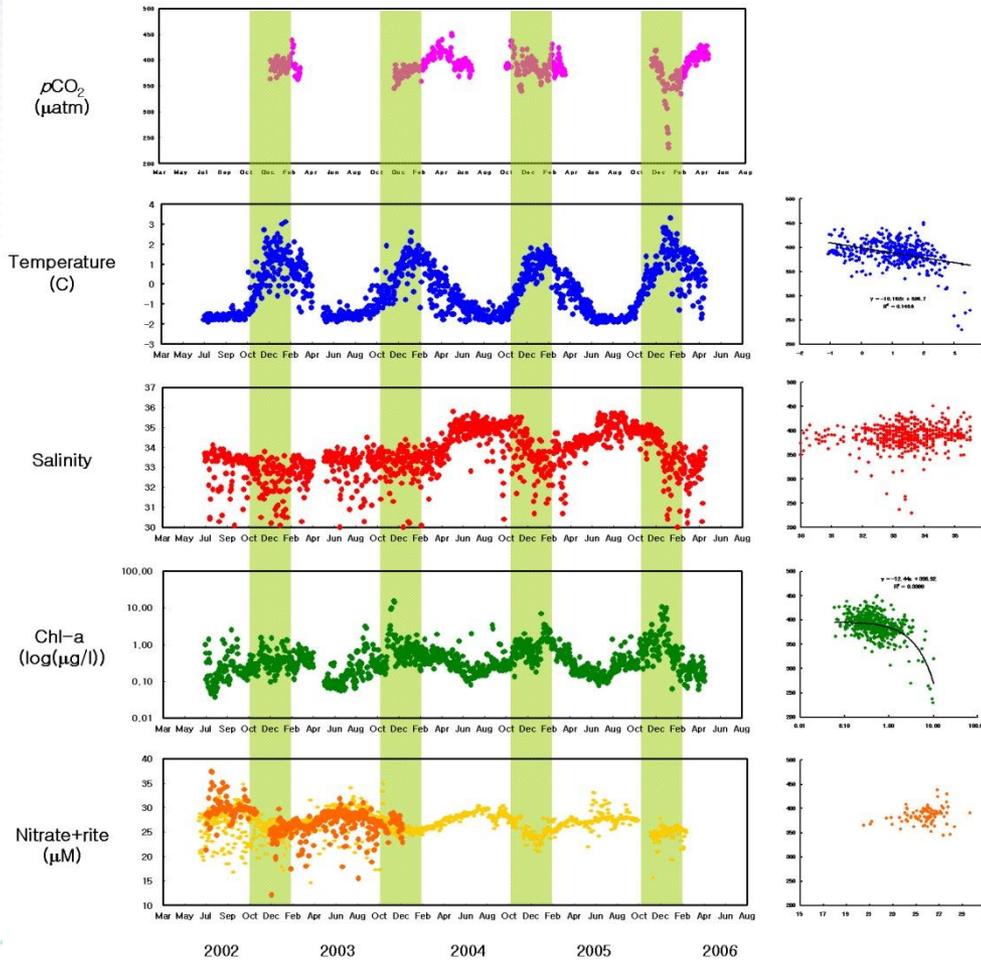


세종기지주변 펭귄마을 젠투펭귄과 턱끈 펭귄 분포



해양환경 모니터링

- 해수의 물리화학적 특성 (수온, 염분, 엽록소, 이산화탄소 분압 등)의 지속적인 모니터링 수행 중



flowing pCO_2 system at King Sejong



극지 해양의 물질 순환과 조절기능 연구

- 극지 해양의 영양염 순환과정과 생물작용 사이의 관계 연구
- ※ 영양염? : 식물플랑크톤이나 해조류의 골격물질을 구성하고 그것들의 유기물질 합성에 요인이 되는 규산염, 인산염, 질산염, 아질산염 등을 총칭



해양 표층에서 심해로 가라앉은 입자를 1년 동안 수집하는 퇴적물 트랩과 시료

남극해양생물을 이용한 생태계변화연구

◆ 생태계 변화 감지 미래생태계변화 예측모델 개발



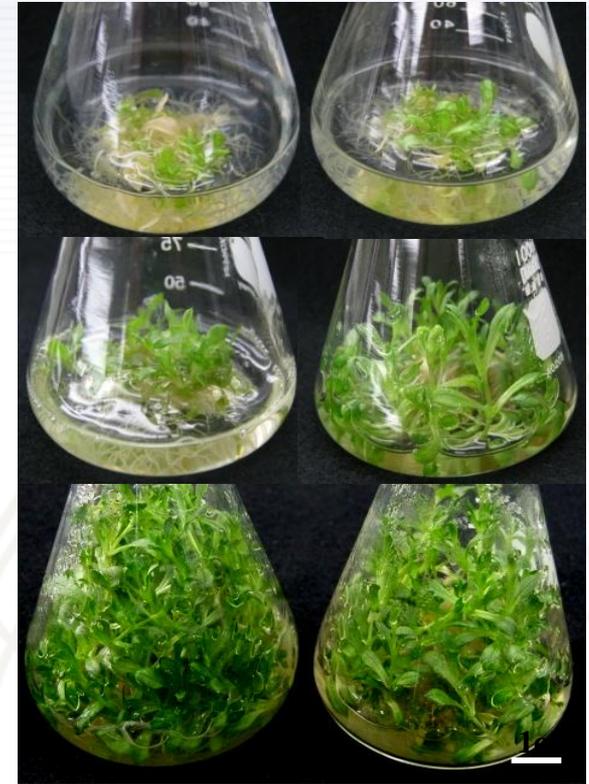


극지 생물자원은행 구축

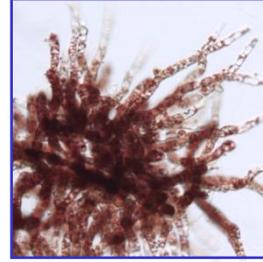
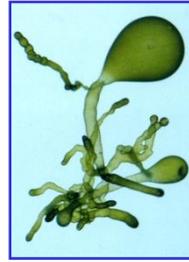
- 극지생물 및 유전자원을 확보, 보존 → 데이터베이스 구축
- 국내외 학계와 산업계에 극지고유 유전자원 공급



극지식물 배양을 위한 시설



극지식물을 배양 중인 Growth chamber



담수 녹조류의 배양

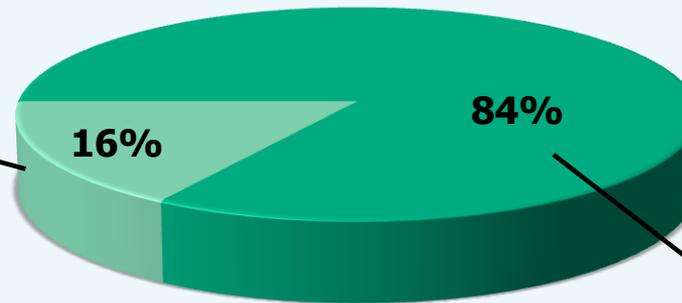
해산 녹조류의 배양

해산 홍조류의 배양

Summary of PAMC Strains

Habitats of strains

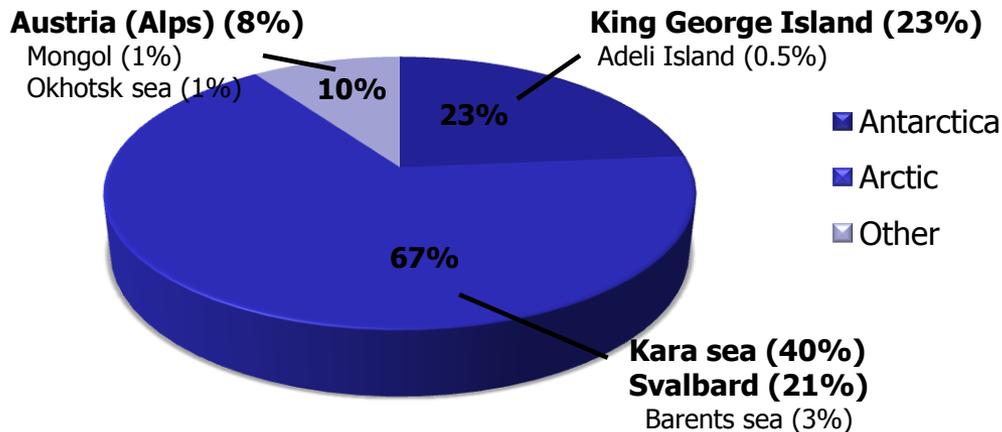
Biofilm	8.50%
Algae	3.60%
Lichen	1.30%
Debris (animal/plant)	1.20%
Animal	0.80%
Moss	0.80%



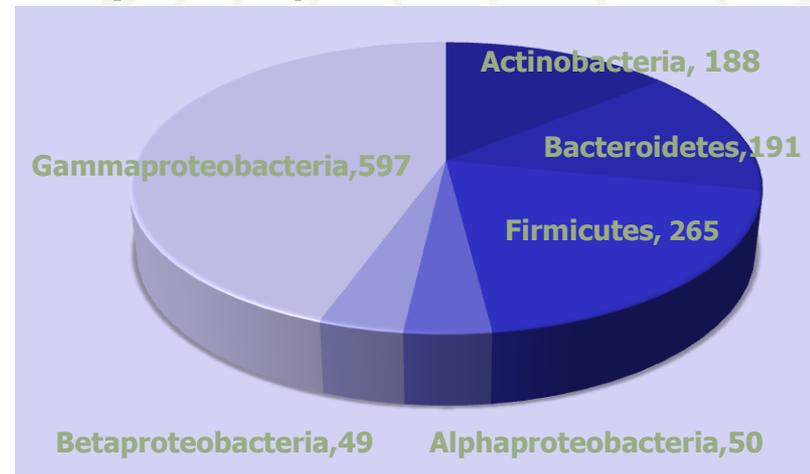
■ Abiotic sample
■ Biotic sample

Sediment	43.70%
Soil	20.50%
Water	9.70%
Cryoconite	8.50%
Rock	1.10%
Glacier/Snow	0.30%

Locality distribution of strains



Phylum composition of identified strains



결론

- 기후 변화는 지구 생성 이래로 끊임없이 있어 왔고 앞으로도 있을 것임
- 다만 산업혁명 이후 인간의 간섭으로 기후변화의 속도가 너무 빨리 진행되어 기후계의 불균형이 각종 악기상 및 재난을 초래하는 것으로 여겨짐 (아직 불확실성은 높음)
- 기후변화의 속도를 줄이기 위한 다각적인 노력이 필요할 때 임

감사합니다

