

해양지구물리 탐사 소개:

최근 아라온 탐사를 중심으로

극지연구소 김영균



사진 이종서
ARA05C

2015년 9월 14일
충남대학교 야외지질학

“북극에서 본 오로라”



(2013년 9월 22일 KBS 뉴스)

개요

- 쇄빙연구선 아라온
 - 제원
 - 운항
 - 생활
- 지구물리탐사
 - 정의
 - 대상에 따른 탐사 방법
 - 고려할 점들
- 아라온에서 수행중인 지구물리 탐사들
 - 음향 이용
 - 탐침 이용
 - 견인
 - 무어링
- 탐사에서 겪는 어려움
- 요약

개요

- 쇄빙연구선 아라온
 - 제원
 - 운항
 - 생활
- 지구물리탐사
 - 정의
 - 대상에 따른 탐사 방법
 - 고려할 점들
- 아라온에서 수행중인 지구물리 탐사들
 - 음향 이용
 - 탐침 이용
 - 견인
 - 무어링
- 탐사에서 겪는 어려움
- 요약

쇄빙연구선 아라온 - 제원 1

전장	111 m
폭	19 m
총톤수	7507 ton
경제항해속력	12 knot (NM/h) = ~22 km/h
승선인원	85 명 (승무원 25 명, 연구원 60 명)
항속거리	20000 NM = 37000 km
운항지속시간	70 일
추진기	선미 프로펠러, 선수 쓰러스터
헬기	2대용 격납고, 헬기이착륙장
운항기온	-30 에서 50°C
운항수온	-2 에서 35°C
쇄빙능력	1 m 두께의 평탄빙을 3 knot로 쇄빙
운항시작	2009년 12월
총사업비	1080 억원

쇄빙연구선 아라온 - 제원 2

- [쇄빙연구선 체험 영상](#)

쇄빙연구선 아라온 - 운항

- 1년간 남극 1회, 북극 1회 방문
 - 연간 ~300 일 운항
- 일정
 - 전해 10~ 4월 : 남극 장보고과학기지 물자 보급 및 남극 연구
 - 5~ 6월 : 모항 (인천) 대기 (정기상가, 유지보수, 시험항해)
 - 7~ 9월 : 북극 연구
- 연구원 승/하선지
 - 한국, 미국, 뉴질랜드, 장보고

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		뉴질랜드	한국				미국		미국	한국	뉴질랜드	
남극연구			정기상가 유지보수			북극연구			유지보수	남극연구		

쇄빙연구선 아라온 - 생활 1



북극다산과학기지



남극세종과학기지

남극장보고과학기지

형태

유라시아, 북아메리카 대륙, 이들로 둘러싸인 **바다** (1,400만 km², 전세계 바다의 3.3%)

남빙양으로 둘러싸인 거대한 **대륙** (1,360만 km²)
한반도의 60여배, 지구 육지면적의 9.2%

연평균 기온

- 16 ~ 6°C [관측 최저온도: - 71.6°C]

- 40 ~ 0°C [관측 최저온도: - 89.2°C]

대표 생물

북극곰, 여우, 순록, 고래 등
꽃피는 식물 180여종, 지의류

펭귄, 크릴, 물개, 고래 등
꽃피는 식물 2종, 지의류, 이끼류

소유국

공해를 제외한 전 지역에 **거버넌스** 있음
[유엔해양법에 의한 영유권 분할]

남극조약에 의해 관리
[영유권 인정 보류]

쇄빙연구선 아라온 - 생활 2

- 북극 탐사 모습
 - 2013년 ARA04C
 - 2014년 ARA05C
 - 슬라이드 쇼 : 12 분

개요

- 쇄빙연구선 아라온
 - 제원
 - 운항
 - 생활
- 지구물리 탐사
 - 정의
 - 대상에 따른 탐사 방법
 - 고려할 점들
- 아라온에서 수행중인 지구물리 탐사들
 - 음향 이용
 - 탐침 이용
 - 견인
 - 무어링
- 탐사에서 겪는 어려움
- 요약

지구물리 탐사 - 정의

- 지구물리학 정의
 - 브리태니카 백과사전
 - Major branch of the Earth sciences that applies the principles and methods of physics to the study of the Earth
- 열쇠말
 - 지질학의 한 분야
 - (좁은 의미) 대상체로 지구
 - 방법론으로 물리
- 현재 지구물리학의 관심 분야
 - AGU (미국 지구물리학 연합) : [23](#) 개
 - EGU (유럽 지구과학 연합) : [22](#) 개
 - 다양한 범주, 다학제, 방법론
- 지구물리 탐사
 - 물성 (물리학적 이론, 정량화할 장비) 이용
 - 지질학적 해석 필요

지구물리 탐사 - 대상에 따른 탐사 방법 1

탐사법	이용하는 물리적 성질	적용 분야									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
중력 탐사	밀도	●	●	●	●	●	●			●	
자력 탐사	대자율	●	●	●	●		▲		●	●	
탄성파 굴절법	탄성계수, 밀도	●	●	▲	●	●	●				
탄성파 반사법	탄성계수, 밀도	●	●	▲	●	●	▲				
전기비저항 탐사	전기비저항	▲	▲	●	●	●	●	●	●	●	▲
자연전위(SP) 탐사	전위차			●	▲	●	▲	▲	▲		
유도분극(IP) 탐사	전기비저항, 커패시턴스	▲	▲	●	▲	●	▲	▲	▲	▲	▲
전자(EM) 탐사	인덕턴스, 컨덕턴스	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲
VLF-전자 탐사	인덕턴스, 컨덕턴스	▲	▲	●	▲	●	●	●	▲	▲	
지하레이더투과(GPR) 탐사	유전율, 전기전도도			▲	●	●	●	●	●	●	●
MT 탐사	전기비저항	●	●	●	▲	▲					

1. 탄화수소 탐사(석탄, 가스, 석탄)
 2. 광역적 지질 연구
 3. 광물 탐사 및 개발
 4. 토목, 건설 공사부지 조사
 5. 수리지질학적 조사(지하수 탐사)
 6. 지하공동(동굴) 탐사
 7. 침출수 및 오염물질의 오염범위 파악
 8. 매몰된 금속 물질의 위치 및 종류 파악
 9. 고고학적 유물 탐사
 10. 법과학 분야(매몰된 시신 및 은닉된 증거물 등 탐지)

● 1차적으로 우선 적용
 ● 2차적으로 적용
 ▲ 적용은 가능하지만 최적의 방법은 아님

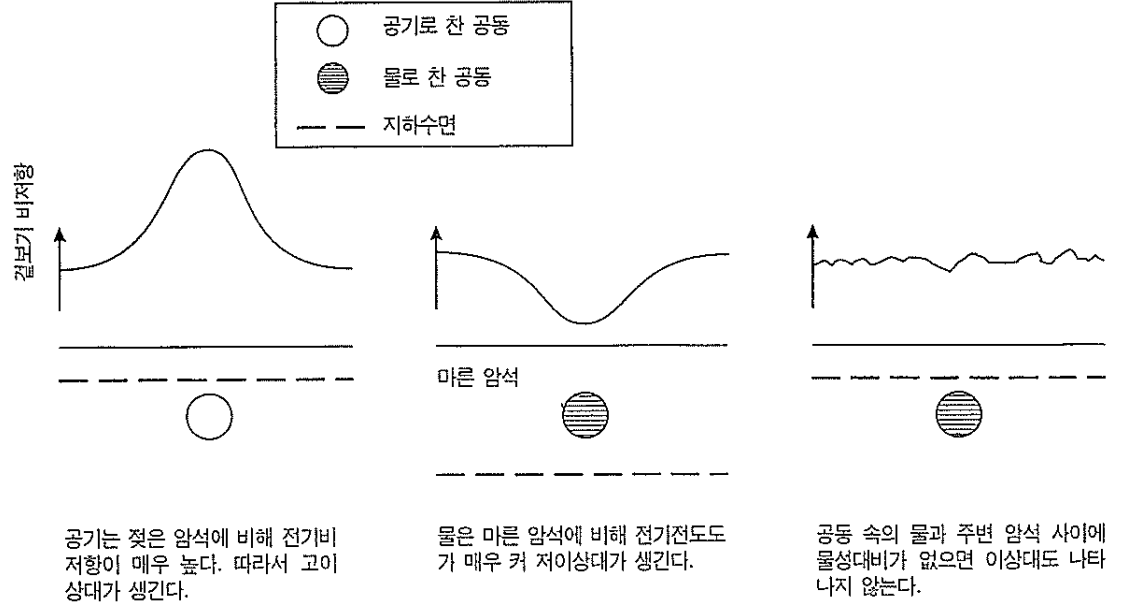
(김지수 외, 2003)

지구물리 탐사 - 대상에 따른 탐사 방법 2

- [실제 지구물리 탐사 장면](#)

지구물리 탐사 - 고려할 점들

- 목적과 대상
- 예산과 기간
- 현장 조건
- 장비, 인력 가용성
- 안전
- 관련 법률
- 적절한 탐사 축선/정점
- 지질학적 해석
- ...



(김지수 외, 2003)

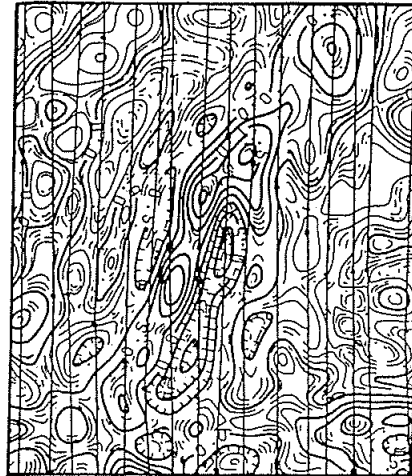
지구물리 탐사 - 고려할 점들

- 목적과 대상
- 예산과 기간
- 현장 조건
- 장비, 인력 가용성
- 안전
- **관련 법률**
- 적절한 탐사 축선/정점
- 지질학적 해석
- ...

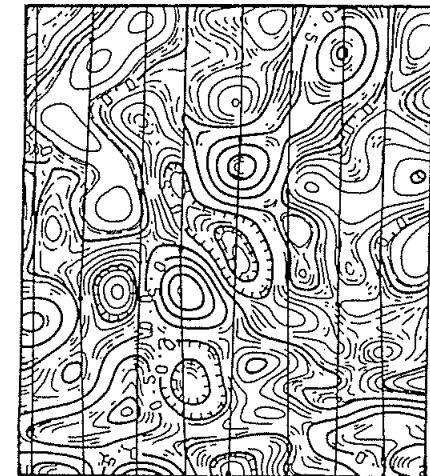
- 2010 MOU between KOPRI and NRCan-ESS
- March 2012 Permitting consultation phase with Arctic communities
- Fall 2012 submission of project description to Inuvialuit
- Environmental Screening Committee to gain environmental permits
- December 2012 Confirmation that RFP had been accepted and enabling of formal collaboration - MOU between Korea and Canada + Specific work Annex
- March 2013 submission of MSR to Canadian Government
- July 2013 Araon Inspection for Canadian Arctic Cruise
- August 2013 MSR permits from Canadian Government
- Sept. 2013 & 2014 1st and 2nd Araon Beaufort Sea cruise
- Feb. 2015 Renewal of the MOU (2015-2019)

지구물리 탐사 - 고려할 점들

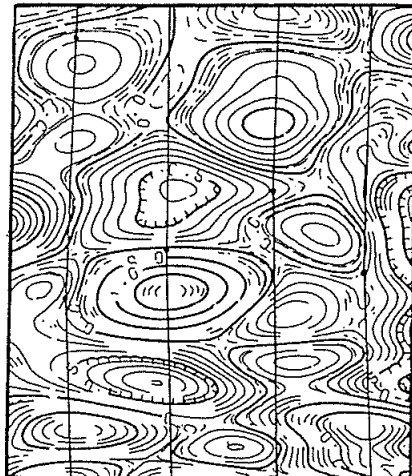
- 목적과 대상
- 예산과 기간
- 현장 조건
- 장비, 인력 가용성
- 안전
- 관련 법률
- 적절한 탐사 축선/정점
- 지질학적 해석
- ...



(A)



(B)

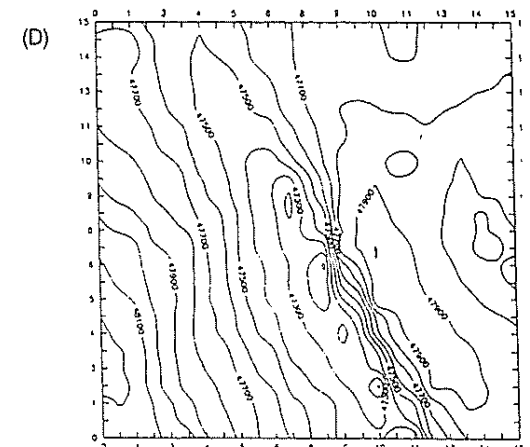
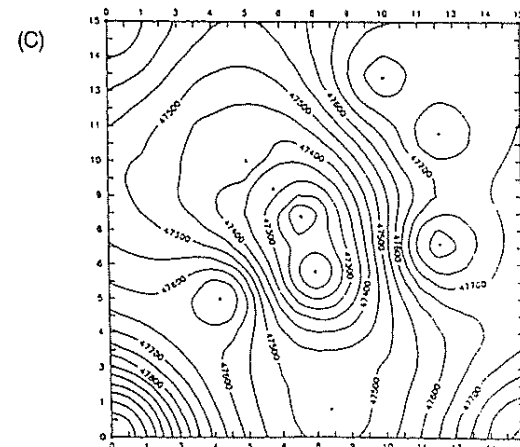
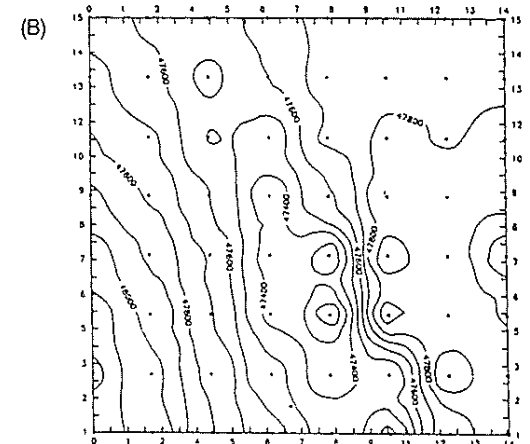
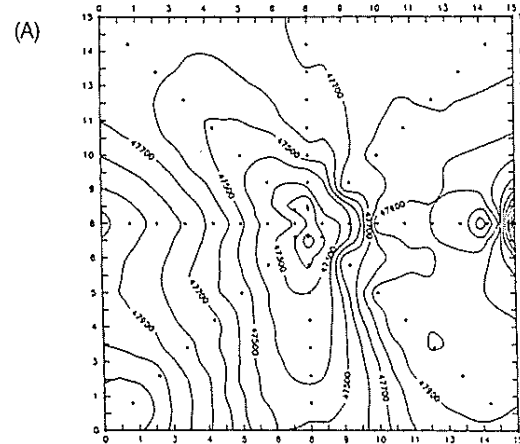


(C)

(김지수 외, 2003)

지구물리 탐사 - 고려할 점들

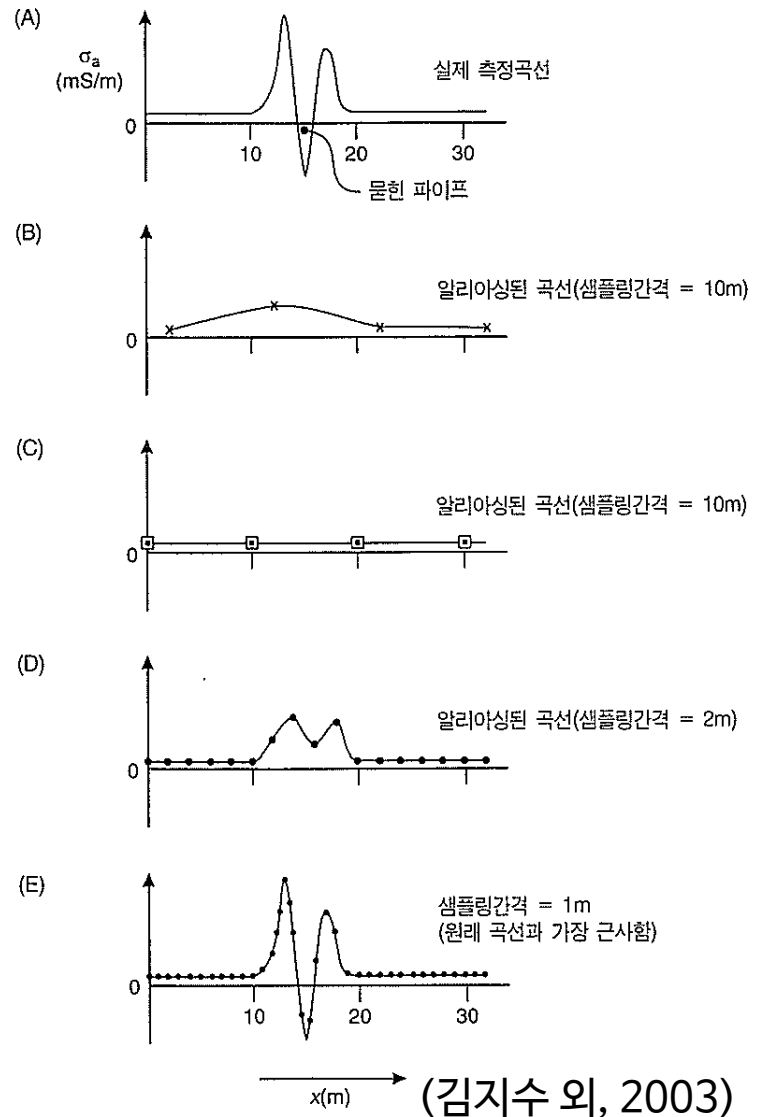
- 목적과 대상
- 예산과 기간
- 현장 조건
- 장비, 인력 가용성
- 안전
- 관련 법률
- 적절한 탐사 축선/정점
- 지질학적 해석
- ...



(김지수 외, 2003)

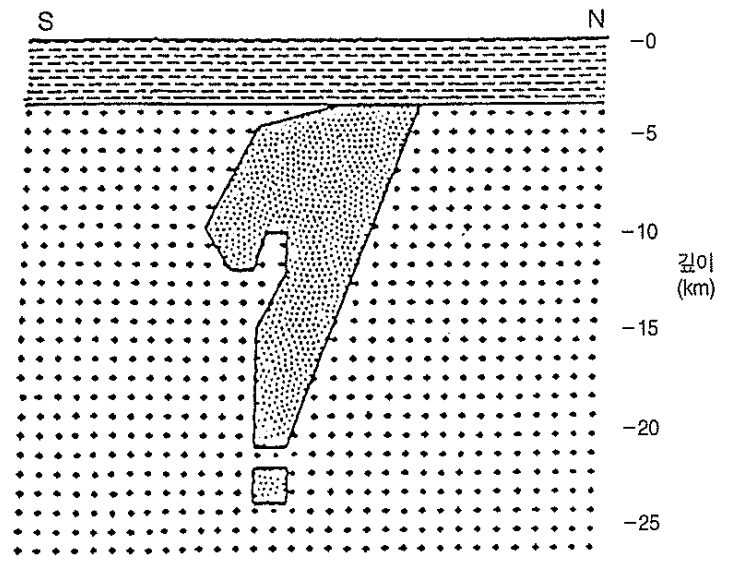
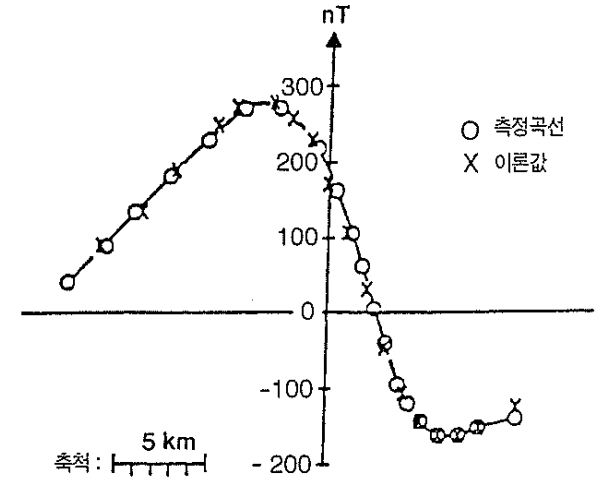
지구물리 탐사 - 고려할 점들

- 목적과 대상
- 예산과 기간
- 현장 조건
- 장비, 인력 가용성
- 안전
- 관련 법률
- **적절한 탐사 측선/정점**
- 지질학적 해석
- ...



지구물리 탐사 - 고려할 점들

- 목적과 대상
- 예산과 기간
- 현장 조건
- 장비, 인력 가용성
- 안전
- 관련 법률
- 적절한 탐사 축선/정점
- **지질학적 해석**
- ...



(김지수 외, 2003)

개요

- 쇄빙연구선 아라온
 - 제원
 - 운항
 - 생활
- 지구물리 탐사
 - 정의
 - 대상에 따른 탐사 방법
 - 고려할 점들
- 아라온에서 수행중인 지구물리 탐사들
 - 음향 이용
 - 탐침 이용
 - 견인
 - 무어링
- 탐사에서 겪는 어려움
- 요약

아래온에서 수행중인 지구물리 탐사들

탐사법	이용하는 물리적 성질	적용 분야									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
중력 탐사	밀도	●	●	●	●	●	●			●	
자력 탐사	대자율	●	●	●	●		▲		●	●	
탄성파 굴절법	탄성계수, 밀도	●	●	▲	●	●	●				
탄성파 반사법	탄성계수, 밀도	●	●	▲	●	●	▲				
전기비저항 탐사	전기비저항	▲	▲	●	●	●	●	●	●	●	▲
자연전위(SP) 탐사	전위차			●	▲	●	▲	▲	▲		
유도분극(IP) 탐사	전기비저항, 커패시턴스	▲	▲	●	▲	●	▲	▲	▲	▲	▲
전자(EM) 탐사	인덕턴스, 컨덕턴스	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲
VLF-전자 탐사	인덕턴스, 컨덕턴스	▲	▲	●	▲	●	●	●	▲	▲	
지하레이더투과(GPR) 탐사	유전율, 전기전도도			▲	●	●	●	●	●	●	●
MT 탐사	전기비저항	●	●	●	▲	▲					

1. 탄화수소 탐사(석탄, 가스, 석탄)
 2. 광역적 지질 연구
 3. 광물 탐사 및 개발
 4. 토목, 건설 공사부지 조사
 5. 수리지질학적 조사(지하수 탐사)
 6. 지하공동(동굴) 탐사
 7. 침출수 및 오염물질의 오염범위 파악
 8. 매몰된 금속 물질의 위치 및 종류 파악
 9. 고고학적 유물 탐사
 10. 법과학 분야(매몰된 시신 및 은닉된 증거물 등 탐지)

● 1차적으로 우선 적용
 ● 2차적으로 적용
 ▲ 적용은 가능하지만 최적의 방법은 아님

아래온에서 수행중인 지구물리 탐사들

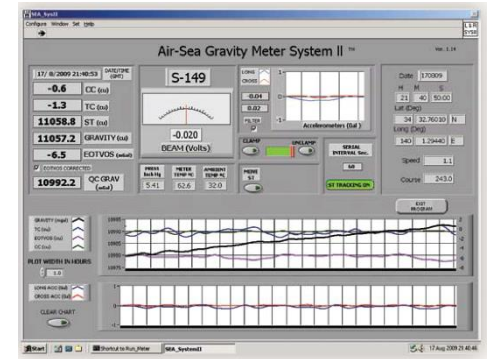
탐사법	이용하는 물리적 성질	적용 분야									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
중력 탐사	밀도	●	●	●	●	●	●			●	
자력 탐사	대자율	●	●	●	●		▲		●	●	
탄성파 굴절법	탄성계수, 밀도	●	●	▲	●	●	●				
탄성파 반사법	탄성계수, 밀도	●	●	▲	●	●	▲				
전기비저항 탐사	전기비저항	▲	▲	●	●	●	●	●	●	●	▲
자연전위(SP) 탐사	전위차			●	▲	●	▲	▲	▲		
유도분극(IP) 탐사	전기비저항, 커패시턴스	▲	▲	●	▲	●	▲	▲	▲	▲	▲
전자(EM) 탐사	인덕턴스, 컨덕턴스	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲
VLF-전자 탐사	인덕턴스, 컨덕턴스	▲	▲	●	▲	●	●	●	▲	▲	
지하레이더투과(GPR) 탐사	유전율, 전기전도도			▲	●	●	●	●	●	●	●
MT 탐사	전기비저항	●	●	●	▲	▲					
지열 탐사	온도, 열전도도										

아라온에서 수행중인 지구물리 탐사들

이름	탐사 능동성	장비 운용시 필요 작업
중력 탐사	수동, 중력장	소프트웨어 조작
자력 탐사	수동, 자력장	선미 후방 견인 혹은 소프트웨어 조작
다채널 탄성파 탐사	능동, 음파	선미 후방 견인
멀티빔 음향측심 탐사	능동, 음파	소프트웨어 조작
싱글빔 음향측심 탐사	능동, 음파	소프트웨어 조작
천부지층 탐사	능동, 음파	소프트웨어 조작
수중청음기 탐사	수동, 음파	무어링
해저지진계 탐사	능/수동, 음파/지진파	무어링
지열 탐사	능/수동, 온도	탐침 해저면 침투

아래온 지구물리 탐사들 - 중력 1

- 위치 및 운용 방법

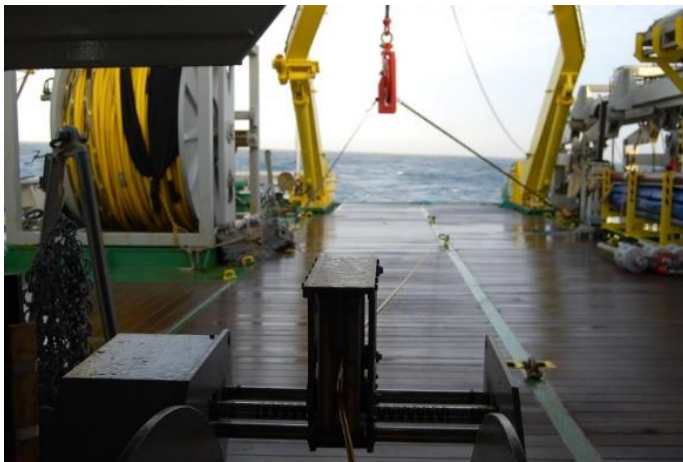


아래온 지구물리 탐사들 - 중력 2

- 탐사 설명

아래온 지구물리 탐사들 - 자력 1

- 위치 및 운용 방법
 - 총자력계



- 삼성분자력계



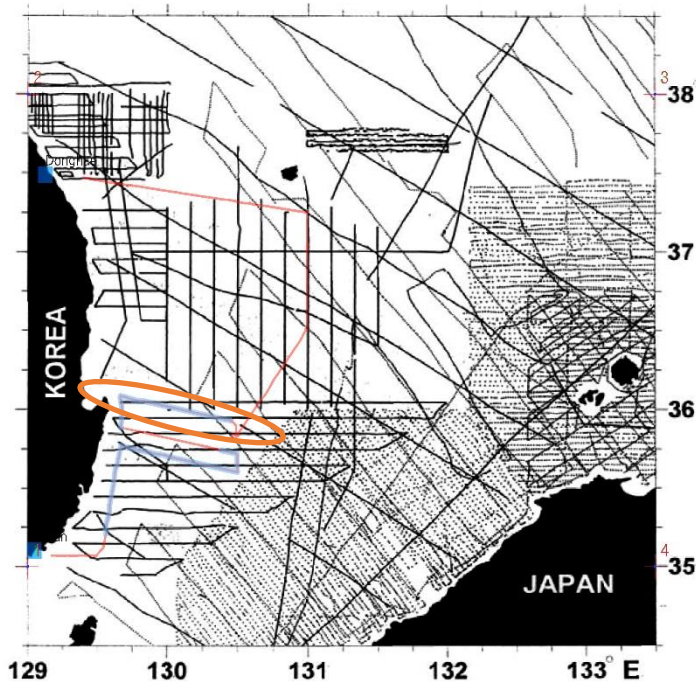
아래온 지구물리 탐사들 - 자력 2

- 탐사 설명

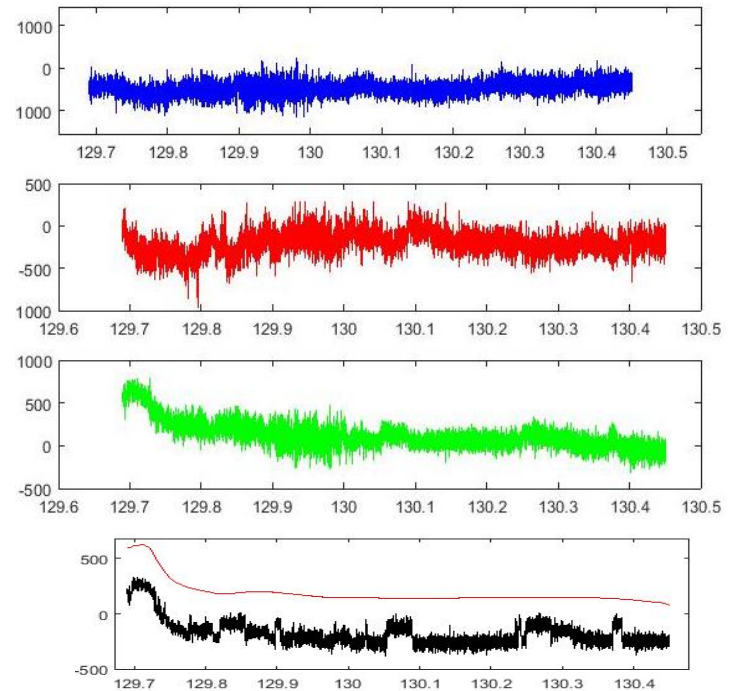
아래온 지구물리 탐사들 - 자력 3

• 결과 예시

- 총자력계 : 정밀함. 단, 자기장 기울기가 큰 곳은 정밀도 저하
- 삼성분자력계 : 자력의 직교 3축 성분 측정 가능. 해황 등에 무관.
- 2015년 6월 동해 시험항해 결과

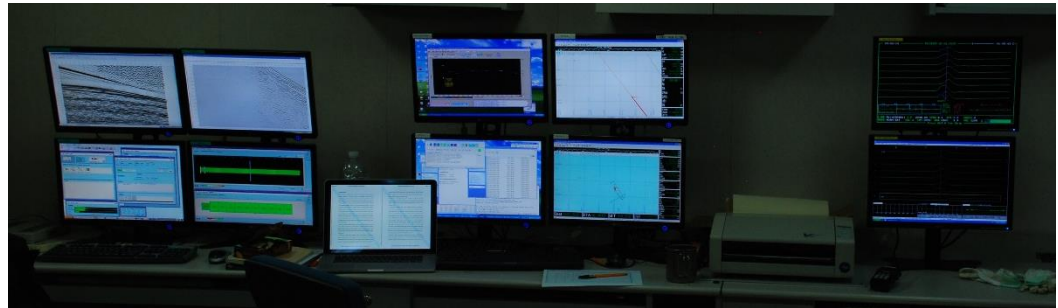
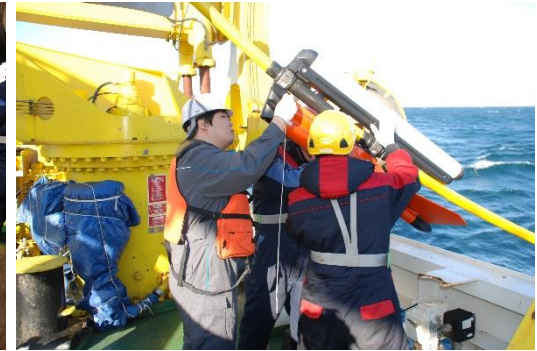


(한상준 외, 1999)



아래온 지구물리 탐사들 - 다채널 탄성파 1

- 위치 및 운용 방법



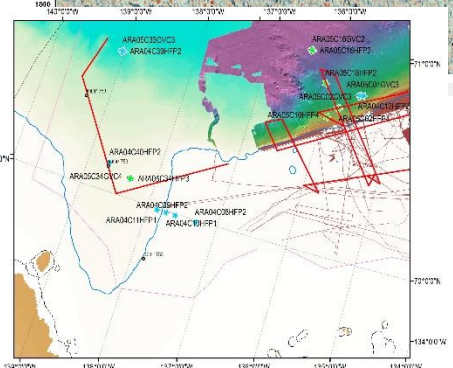
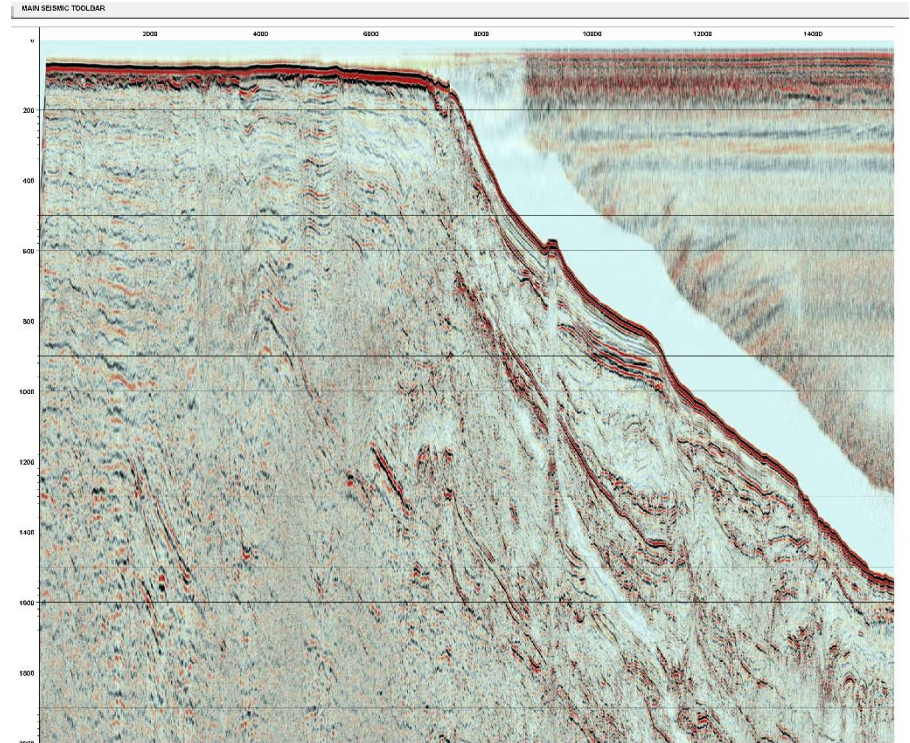
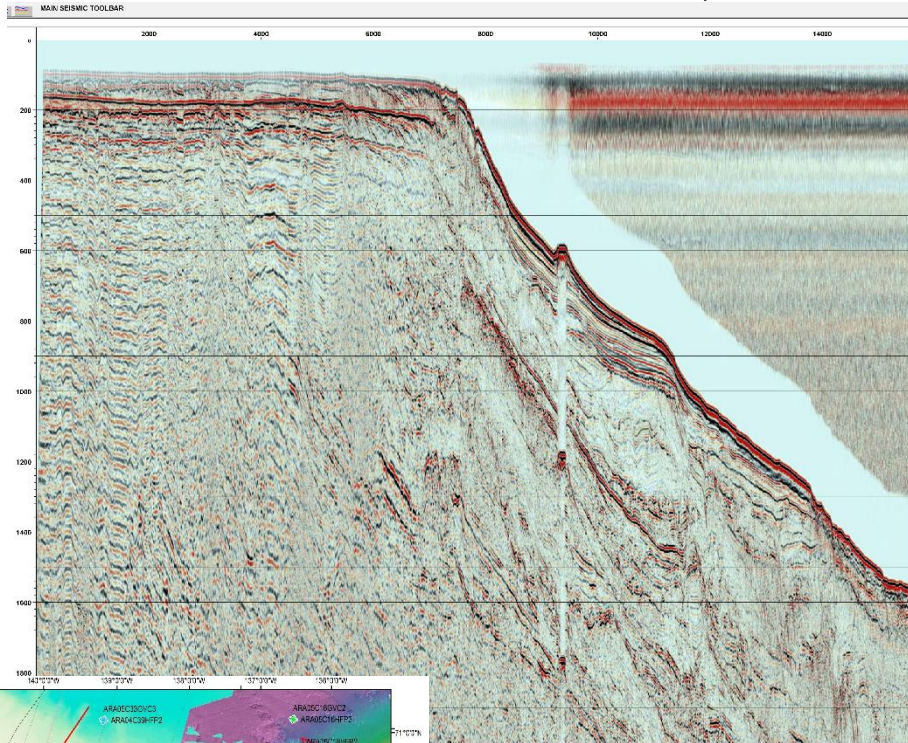
아래온 지구물리 탐사들 - 다채널 탄성파 2

- 탐사설명

아래온 지구물리 탐사들 - 다채널 탄성파 3

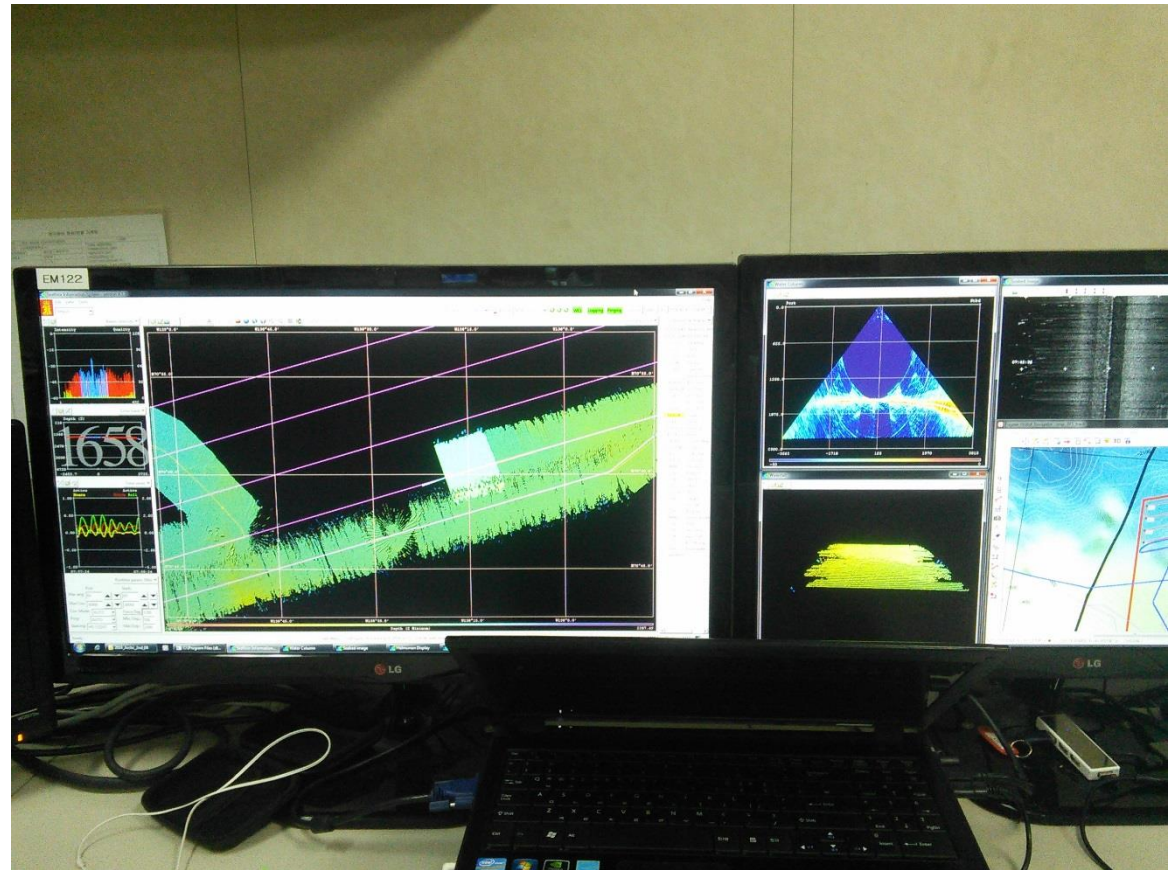
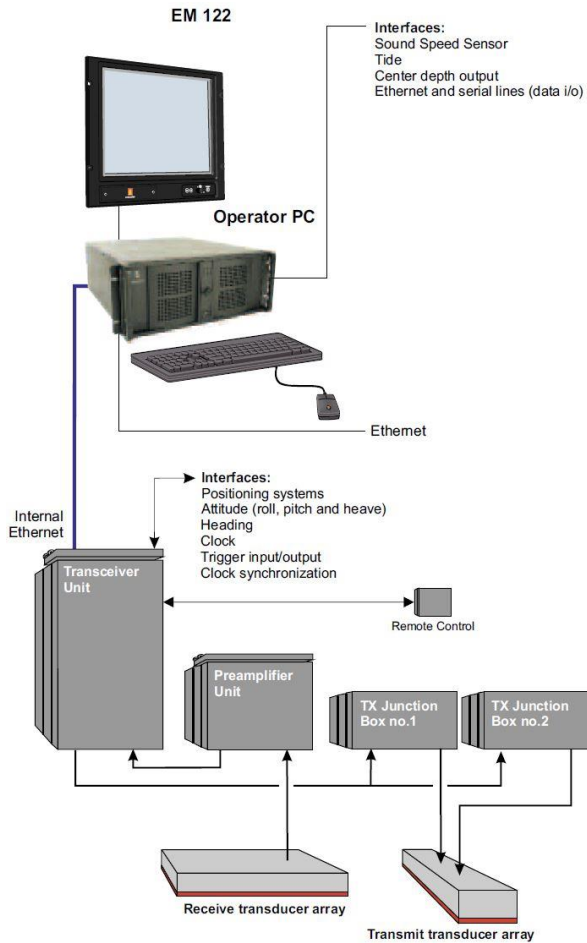
- 결과 예시

- 캐나다 보퍼트해 ARA05C, Line 05



아래온 지구물리 탐사들 - 멀티빔 1

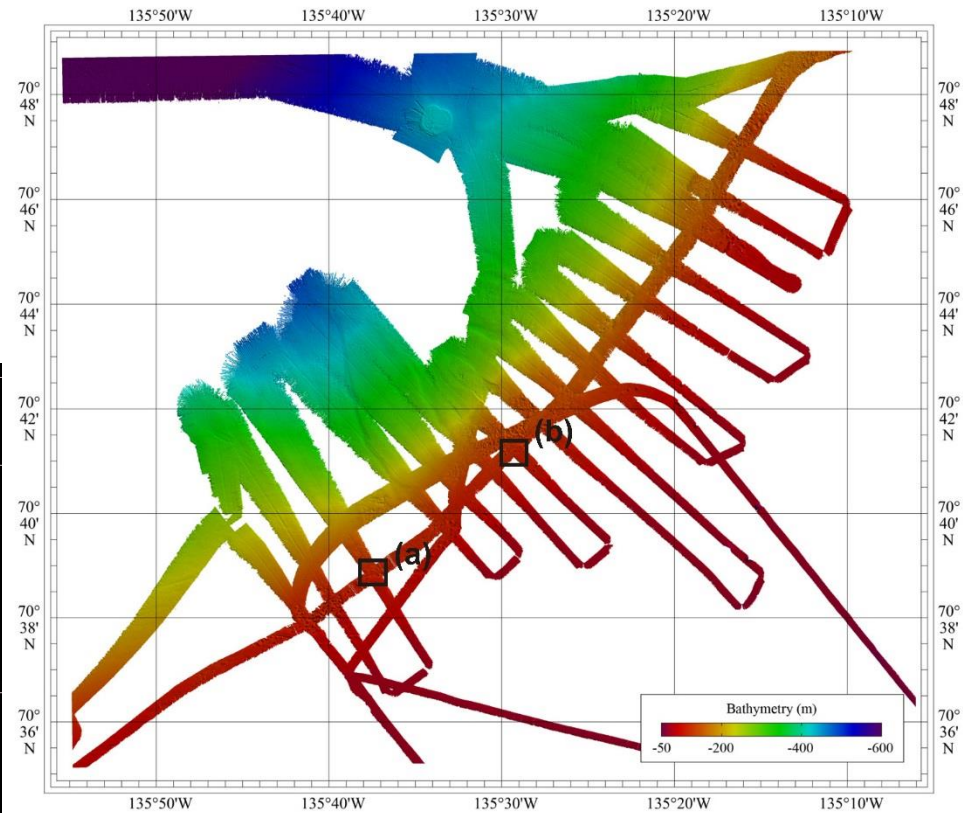
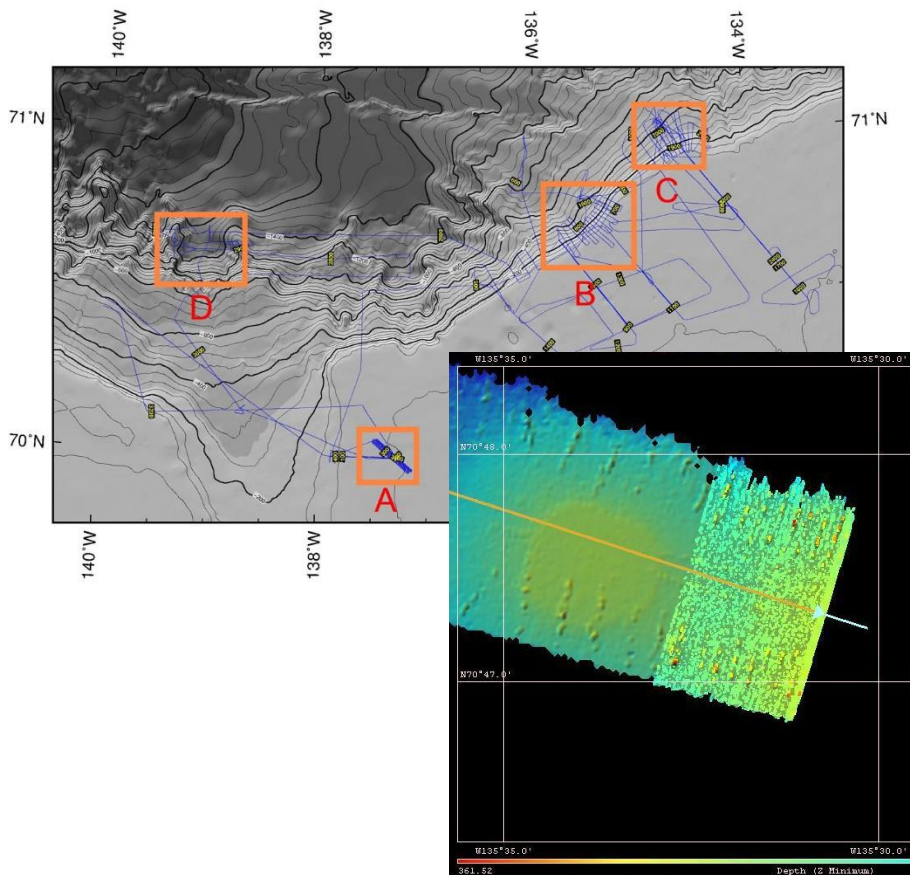
- 위치 및 운용방법



아래온 지구물리 탐사들 - 멀티빔 2

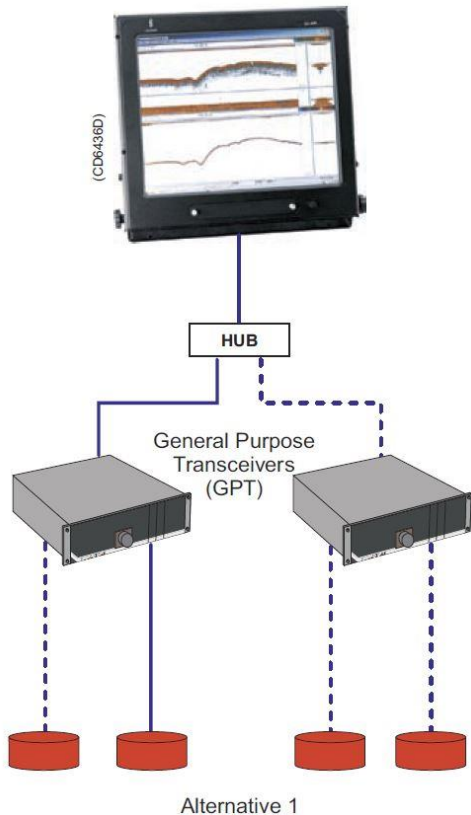
- 결과 예시

- 캐나다 보퍼트해 ARA04C, B지역, 수심 420 m 진흙 화산



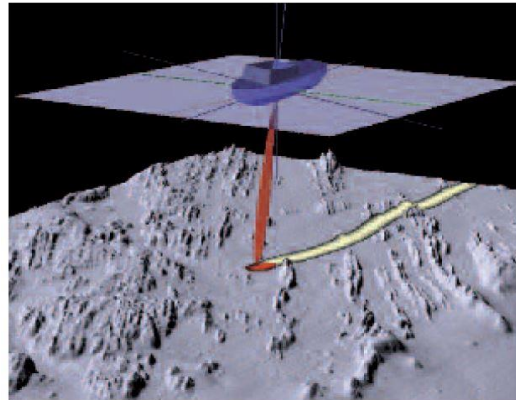
아래온 지구물리 탐사들 - 싱글빔 1

- 위치 및 운용방법

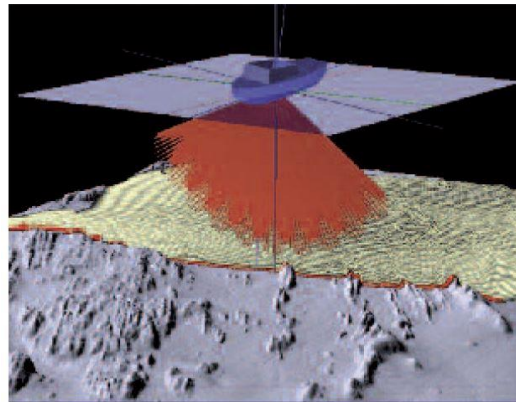


Colour LCD display with built-in CPU,
One or two transceivers units
for dry area environment (IP40), each
with one or two transducers.

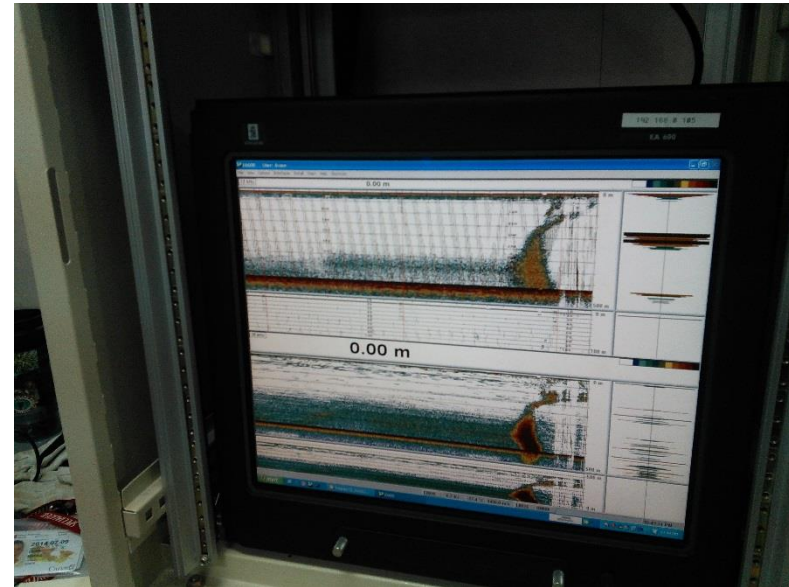
(Kongsberg)



Singlebeam echo sounder



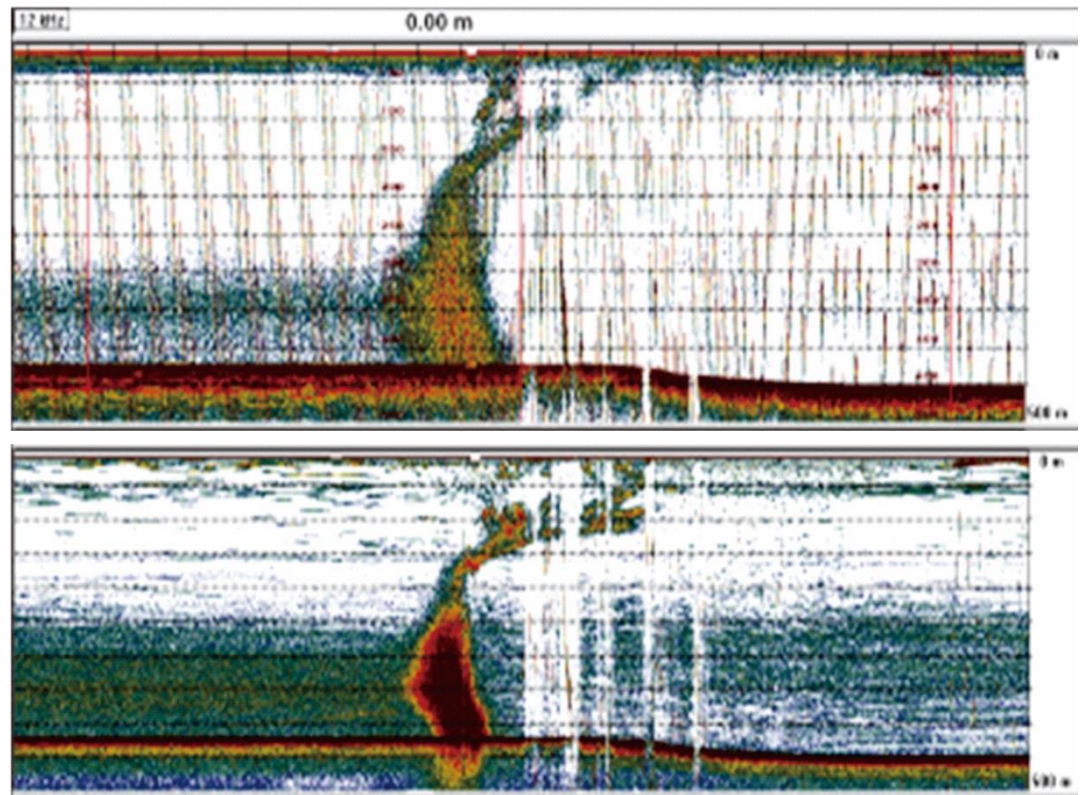
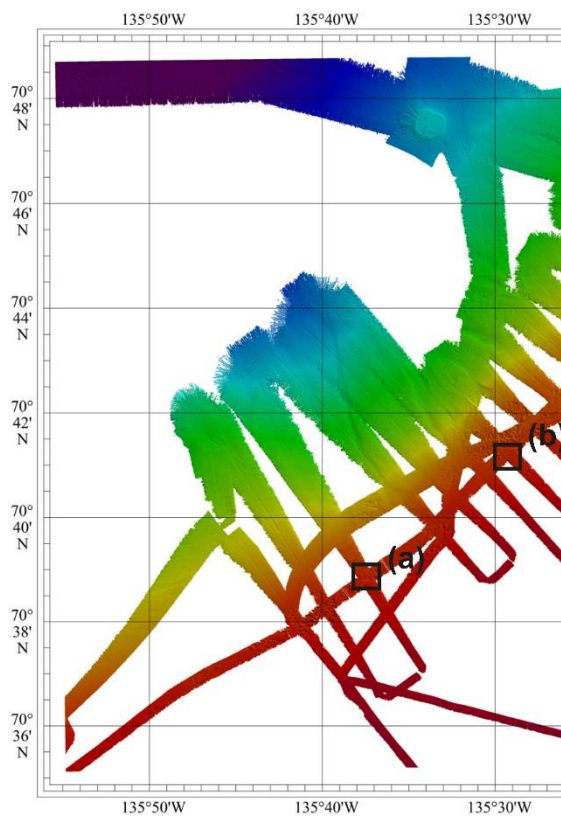
Multibeam echo sounder



아래온 지구물리 탐사들 - 싱글빔 2

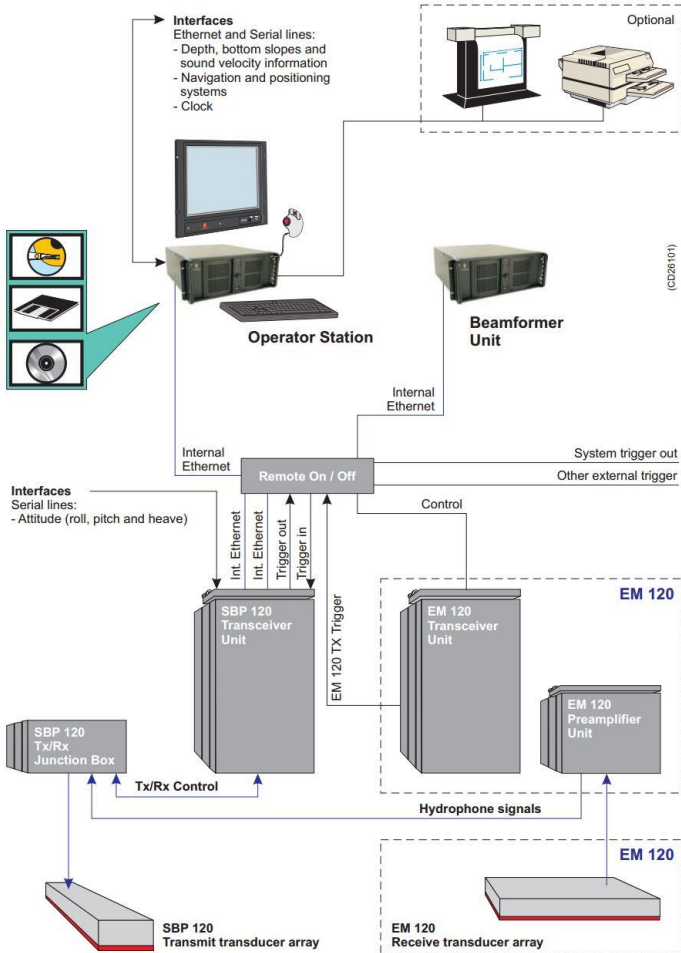
- 결과 예시

- 캐나다 보퍼트해 ARA04C, 수심 420 m 진흙 화산

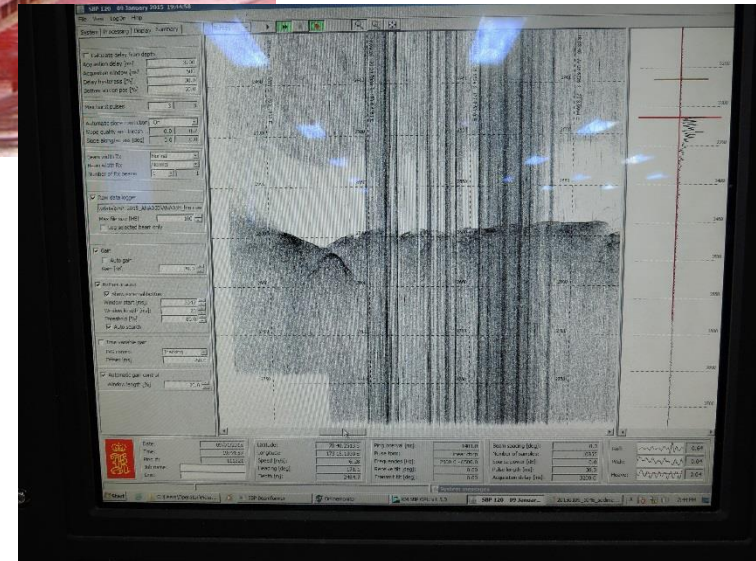


아래온 지구물리 탐사들 - 천부지층 1

• 위치 및 운용방법



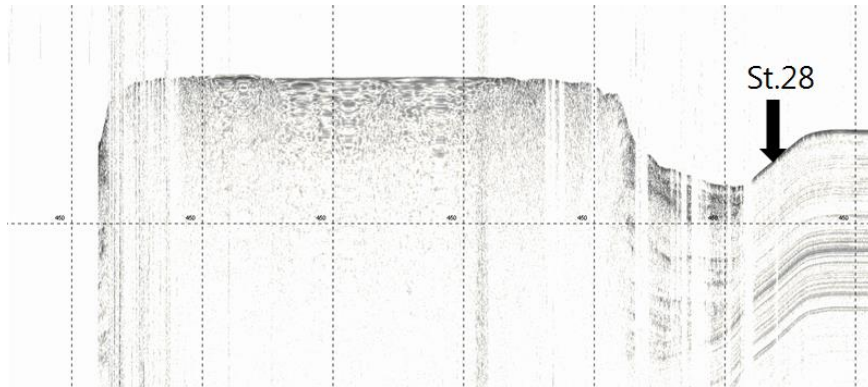
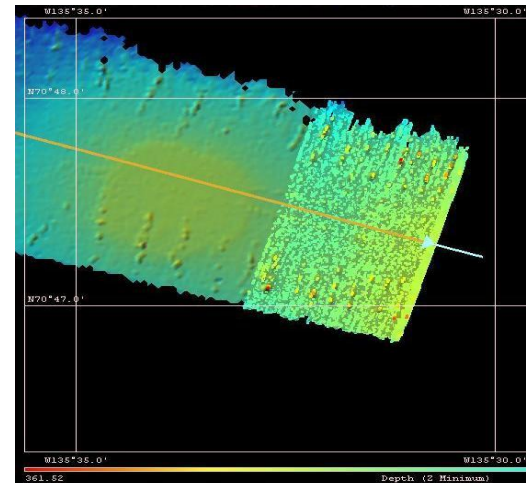
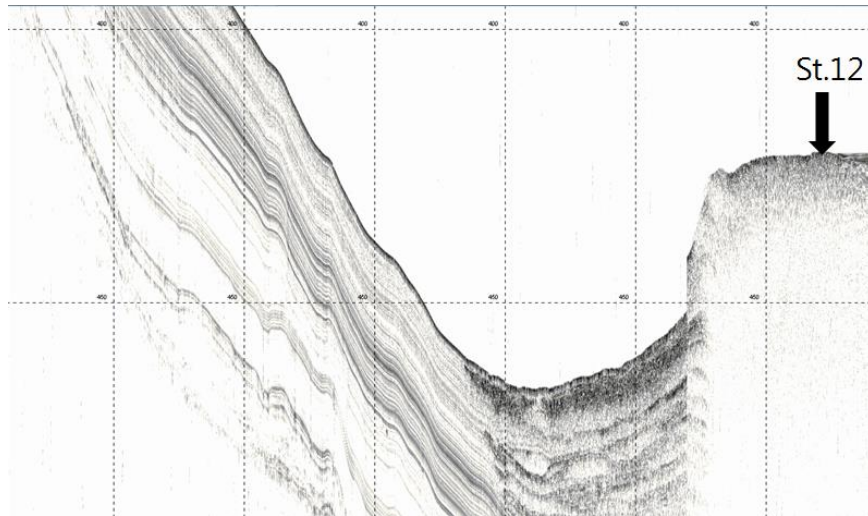
(Kongsberg)



아래온 지구물리 탐사들 - 천부지층 2

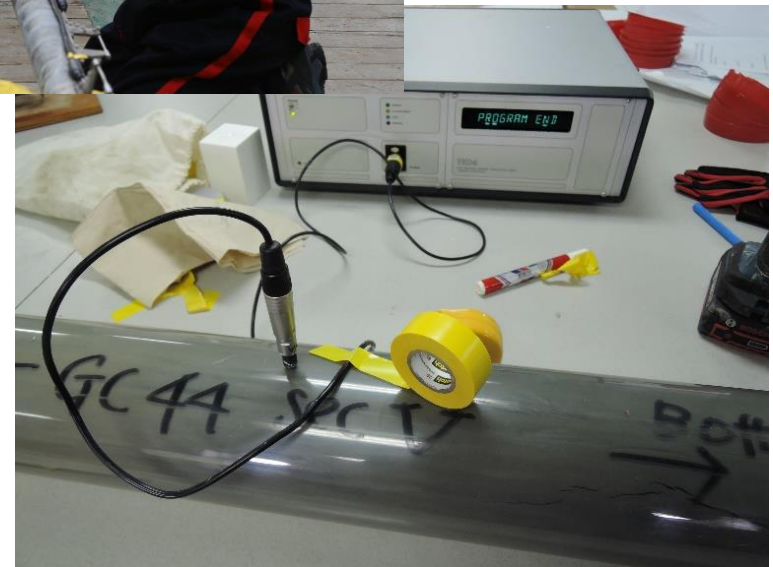
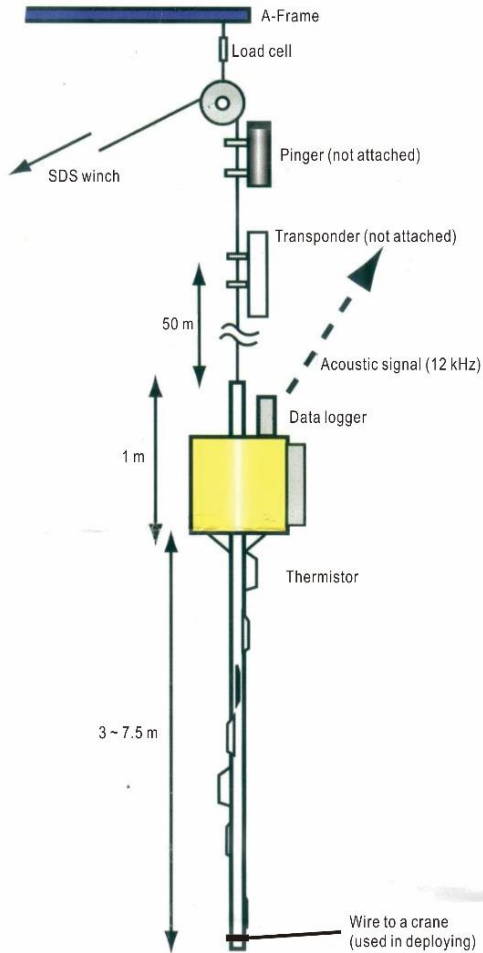
- 결과 예시

- 캐나다 보퍼트해 ARA04C, 수심 420 m 진흙 화산



아래온 지구물리 탐사들 - 지열 1

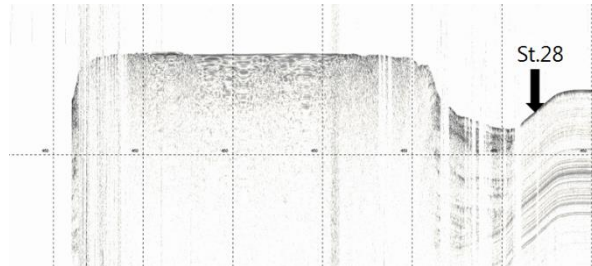
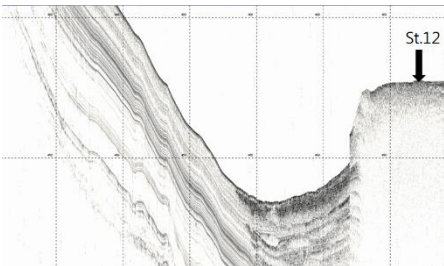
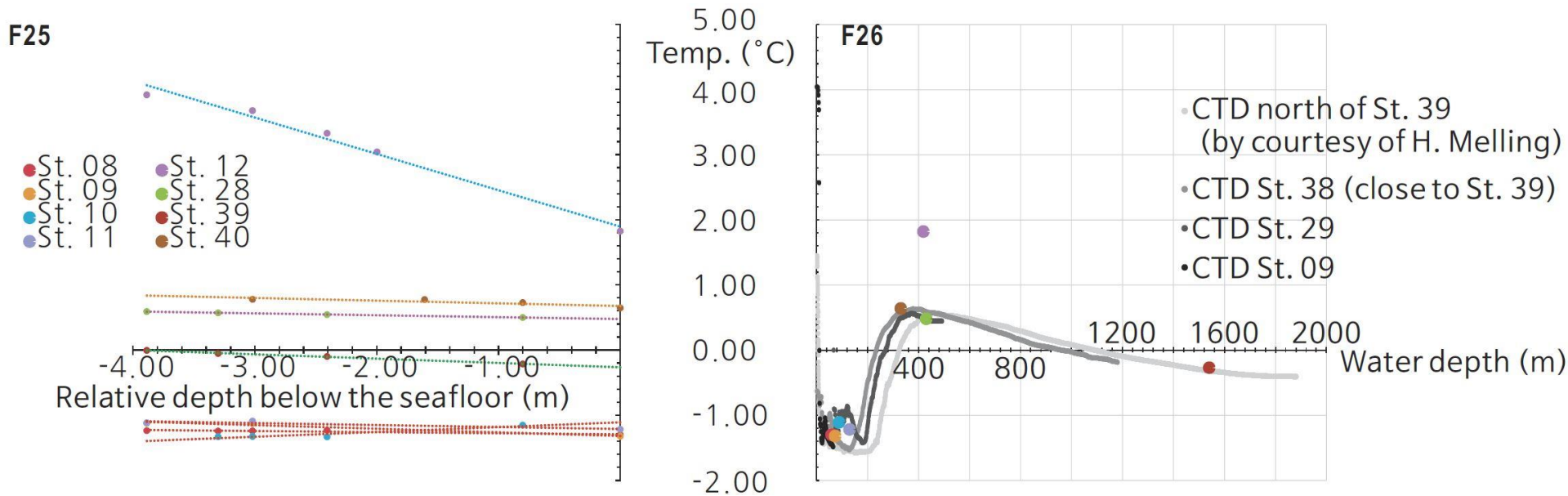
- 위치 및 운용 방법



아래온 지구물리 탐사들 - 지열 2

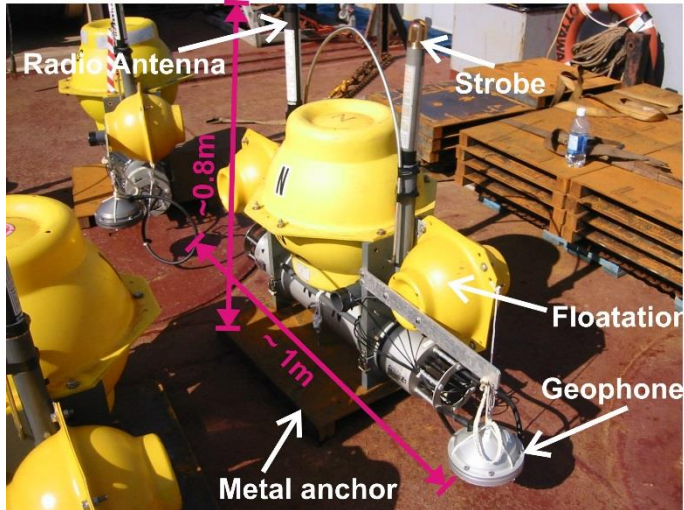
• 결과 예시

- 캐나다 보퍼트해 ARA04C, 수심 420 m 진흙 화산



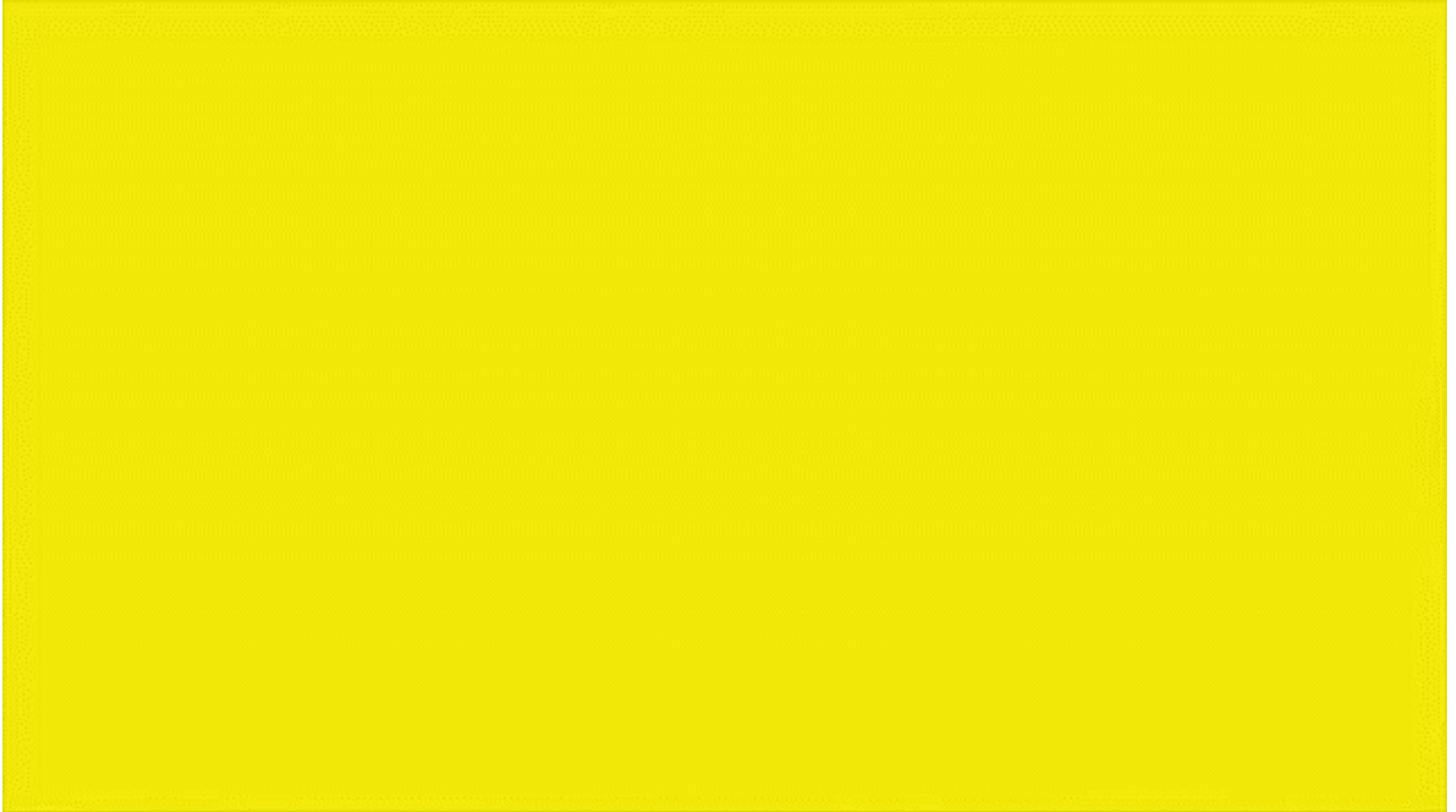
아래온 지구물리 탐사들 - 해저지진계 1

- 위치 및 운용 방법



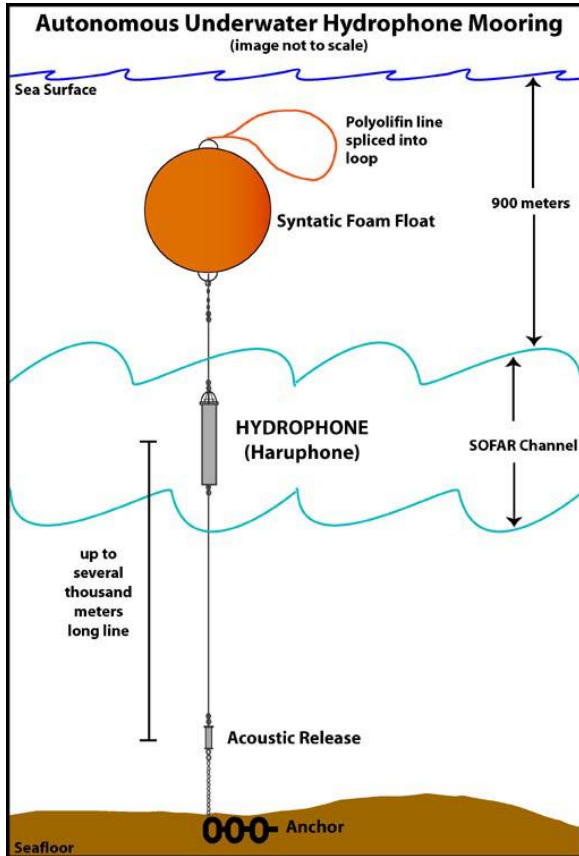
아래온 지구물리 탐사들 - 해저지진계 2

- 탐사 방법



아래온 지구물리 탐사들 - 수중청음기 1

- 위치 및 운용 방법

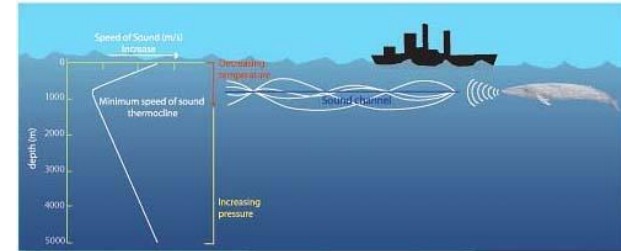
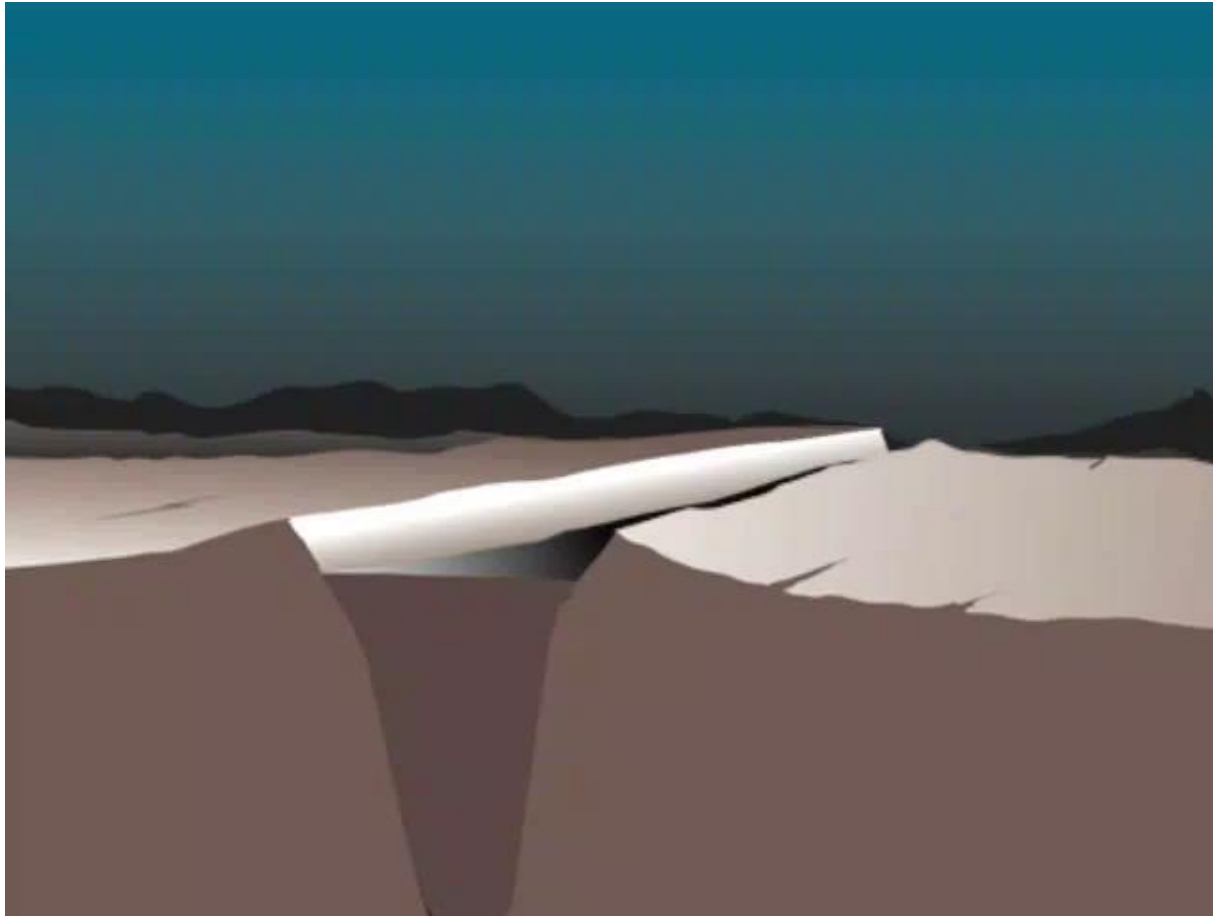


(NOAA)



아래온 지구물리 탐사들 - 수중청음기 2

- 탐사 방법
 - SOFAR : SOund Fixing And Ranging (음파 저속도층)



(NOAA)

(WHOI)

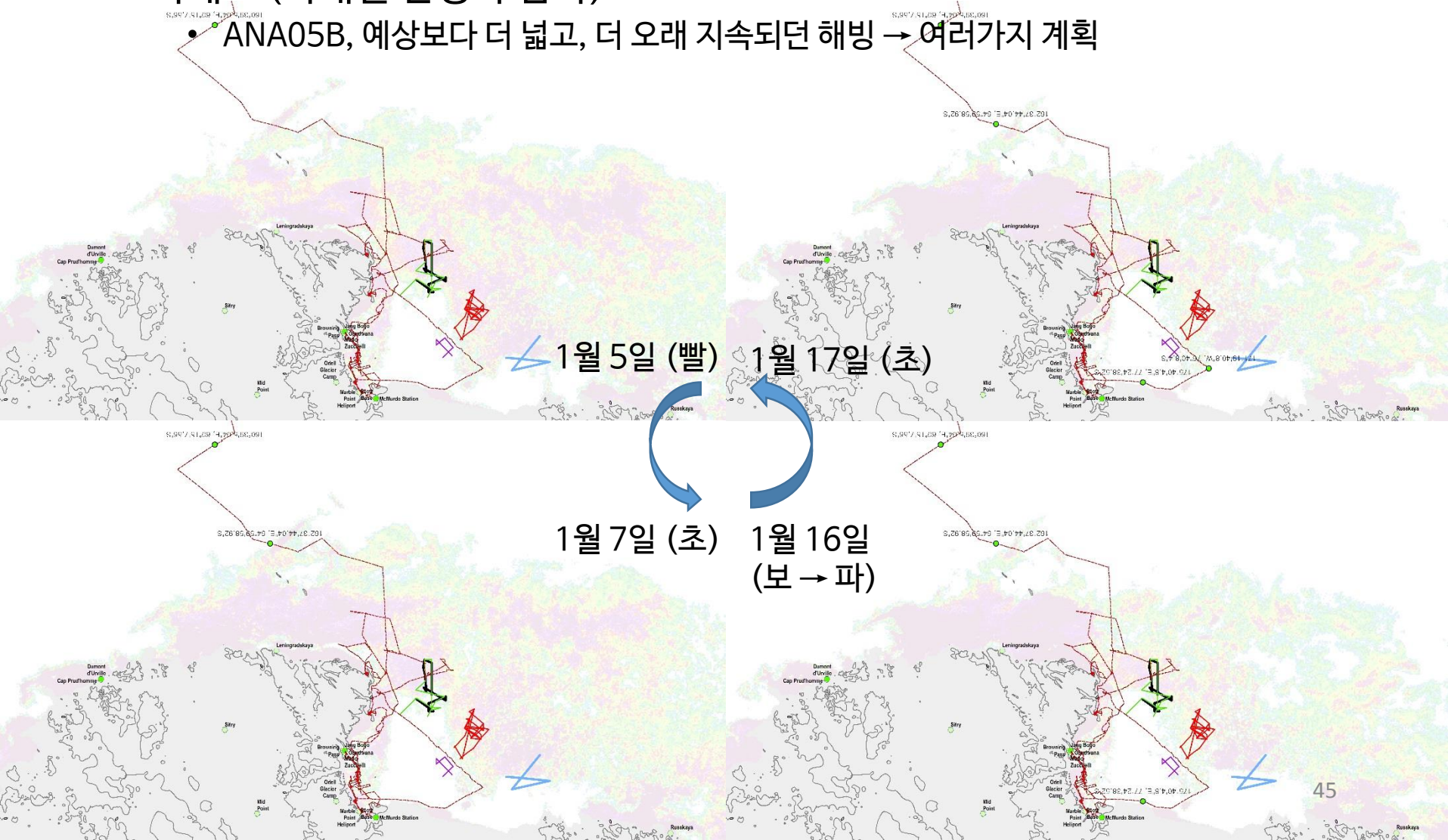
개요

- 쇄빙연구선 아라온
 - 제원
 - 운항
 - 생활
- 지구물리 탐사
 - 정의
 - 대상에 따른 탐사 방법
 - 고려할 점들
- 아라온에서 수행중인 지구물리 탐사들
 - 음향 이용
 - 탐침 이용
 - 견인
 - 무어링
- 탐사에서 겪는 어려움
- 요약

탐사에서 겪는 어려움 1

- 사례 1 (다채널 탄성파 탐사)

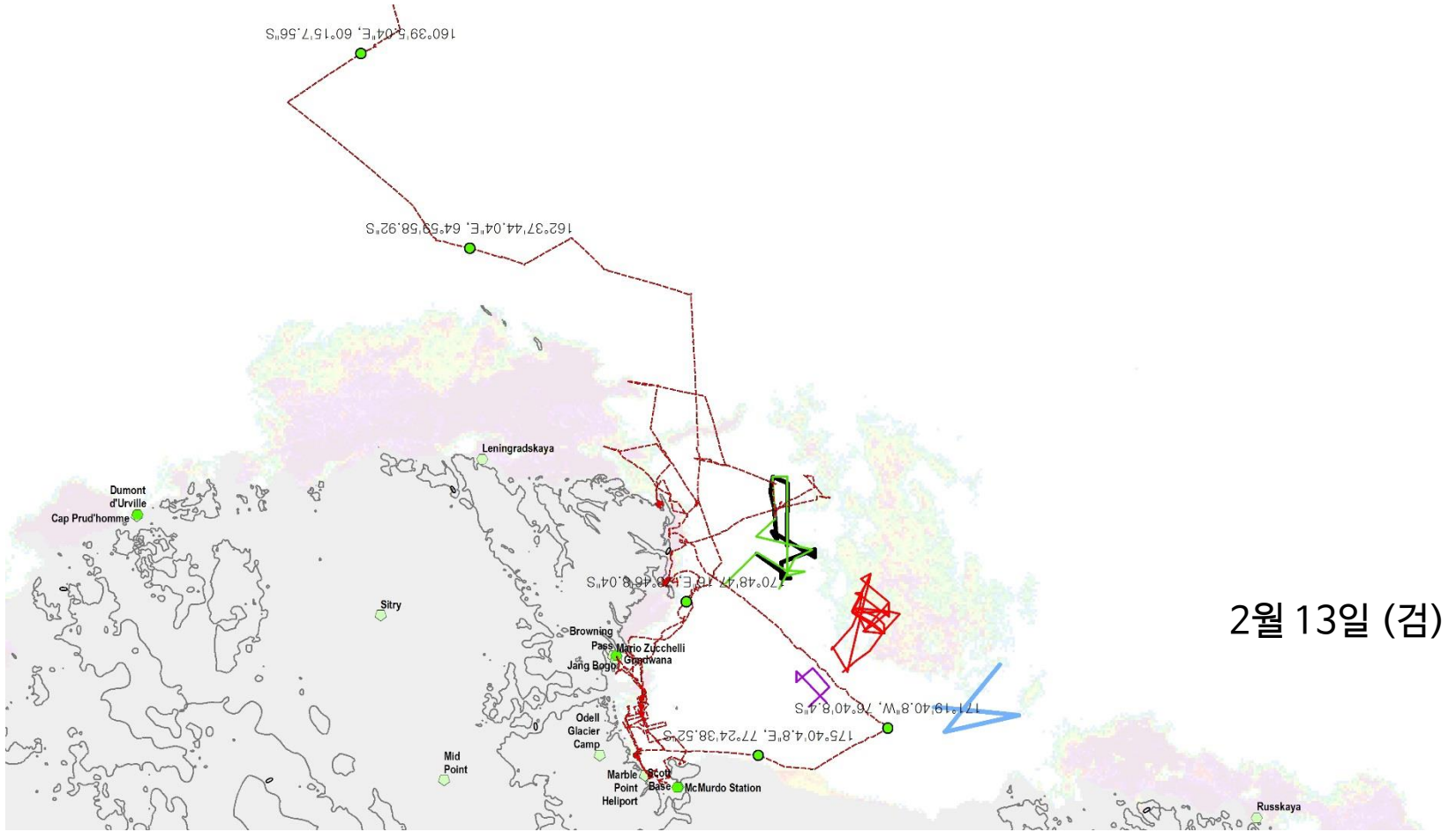
- ANA05B, 예상보다 더 넓고, 더 오래 지속되던 해빙 → 여러가지 계획



탐사에서 겪는 어려움 1

- 사례 1 (다채널 탄성파 탐사)

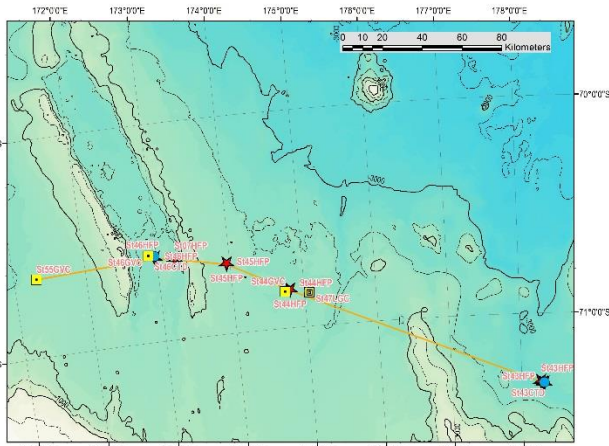
- ANA05B, 예상보다 더 넓고, 더 오래 지속되던 해빙 → 여러가지 계획



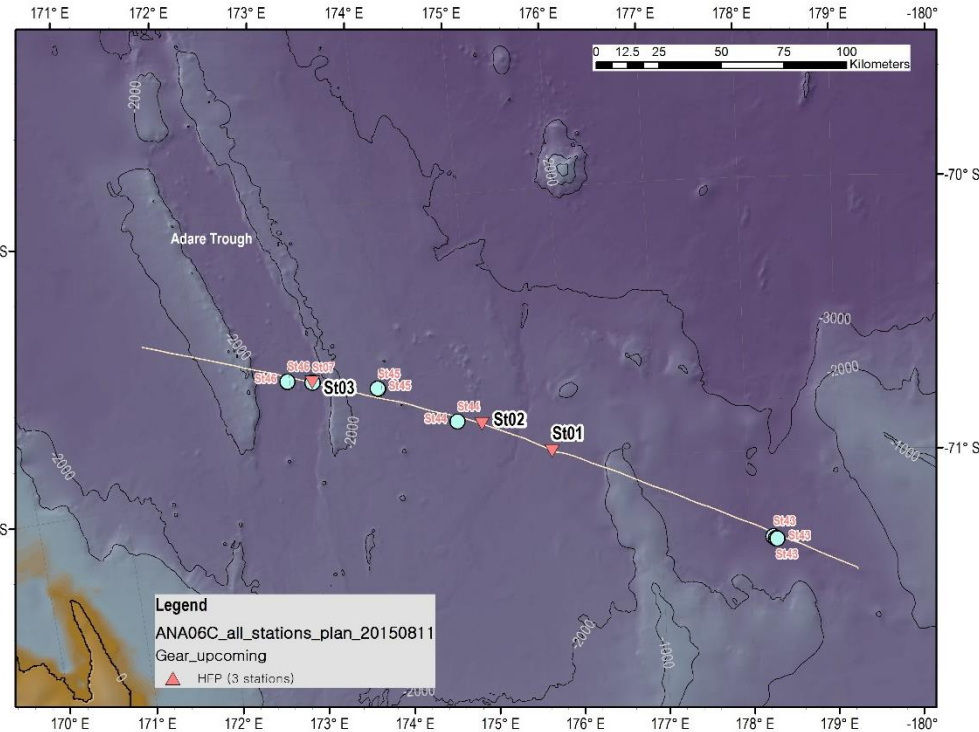
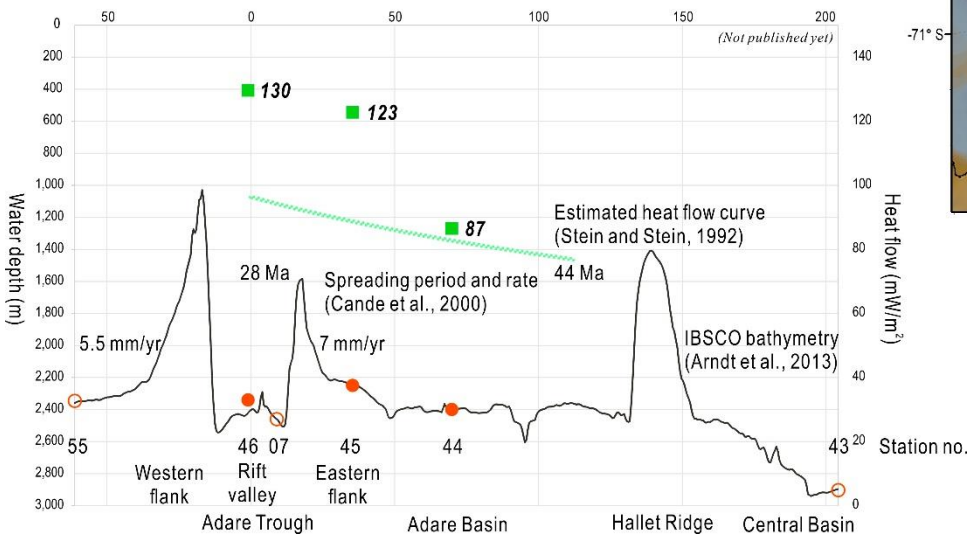
탐사에서 겪는 어려움 2

• 사례 2 (지열)

- ANA05B, 부족한 자료수 → ANA06C, 예산과 시간에 맞추어 후속 관측



Distance from the spreading axis (km)



ANA05B : 원
ANA06C : 삼각형

개요

- 쇄빙연구선 아라온
 - 제원
 - 운항
 - 생활
- 지구물리 탐사
 - 정의
 - 대상에 따른 탐사 방법
 - 고려할 점들
- 아라온에서 수행중인 지구물리 탐사들
 - 음향 이용
 - 탐침 이용
 - 견인
 - 무어링
- 탐사에서 겪는 어려움
- 요약

요약

- 지구물리 탐사는 지구내부의 구조를 알기 위한 중요한 관측 방법이다
- 충분한 준비와 계획을 갖추어 현장에 나서고, 탐사 중에는 유연함이 요구되며, 획득한 관측결과는 비판적으로 해석해야 한다
- 쇄빙연구선 아라온에는 여러가지 해양지구물리 탐사 (중력, 자력, 멀티빔/싱글빔, 다채널 탄성파, 천부지층, 해양지열, 해저지진계, 수중청음기)를 극지역에서 수행중이다
- 극지역 탐사(를 비롯하여 현재 지질학의 연구)는 여러 국가의 여러 기관과 공동연구로 진행되는 일이 빈번하기 때문에, 이에 대한 다양한 준비가 필요하다
- 승선 연구활동을 경험하고 싶다면, 과 교수님들께 도움을 청해보자

감사합니다.

- 세미나 시간 이후에 의견과 질문이 생기시면 ygkim@kopri.re.kr 로 연락주세요~



사진 : 룬다 레이디
ARA04C
70°47.4'N 135°33.9'W