



해양 지열 탐사

극지연구소 김 영 균

2014.10.14.

인하대학교 해양과학과

목차

- ▶ 해양지열 및 측정방법 설명
- ▶ 해양지열 탐사 개괄
 - ▶ 동해
 - ▶ 동중국해
 - ▶ 오토츠크해
 - ▶ 보퍼트해
 - ▶ 캔터베리분지
- ▶ 요약
- ▶ 영상
 - ▶ ARA04C와 ARA05C 사진모음
 - ▶ 취재파일K “북극해를 주목하라”

해양지열 1/2

- ▶ 열을 정의하는 인자들
 - ▶ 열 = 온도경사도 * 열전도도
- ▶ 측정방법
 - ▶ 온도경사도
 - ▶ 깊이별 온도로부터 추산
 - ▶ 온도 측정은 써미스터를 이용
 - ▶ 열전도도
 - ▶ 시료에 대해 열전도도 미터를 이용
 - ▶ 현장에서 발열 써미스터를 이용

해양지열 2/2

▶ 해양지열의 경우

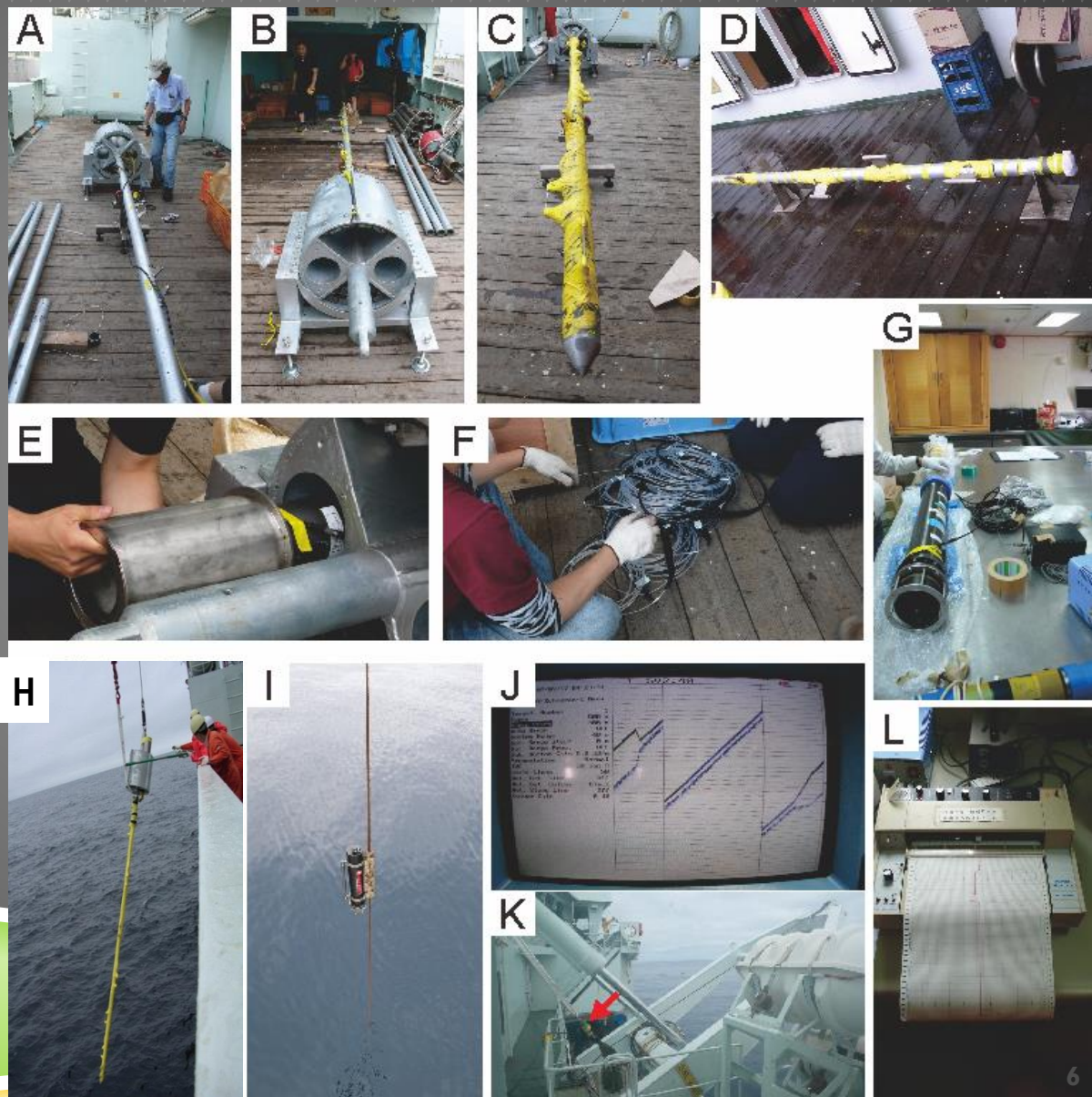
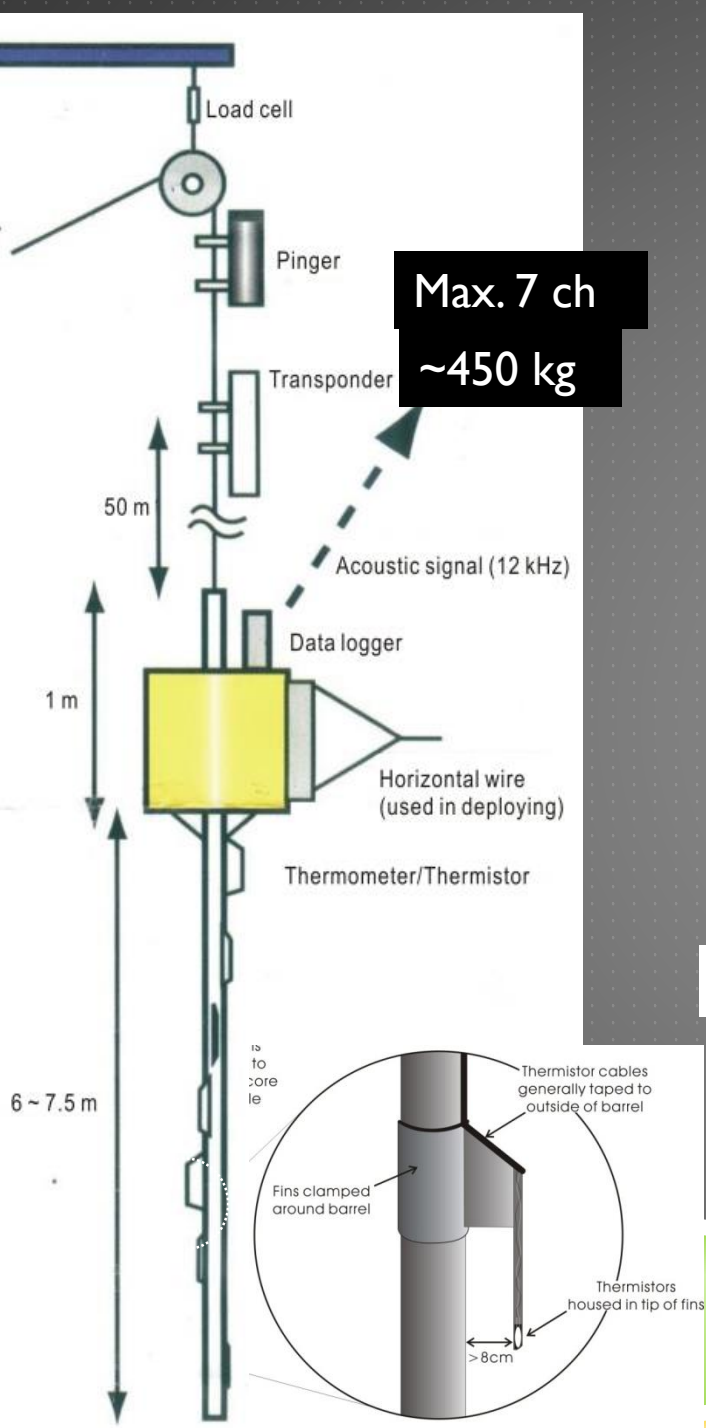
- ▶ 지열탐침을 이용 (특정 시각 혹은 긴 시간 계류)
- ▶ 드릴링 중 톨셋을 이용

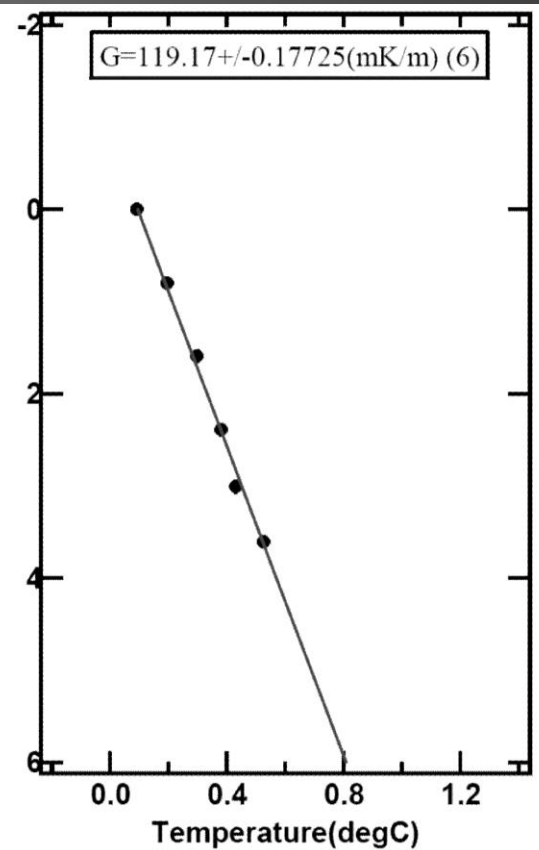
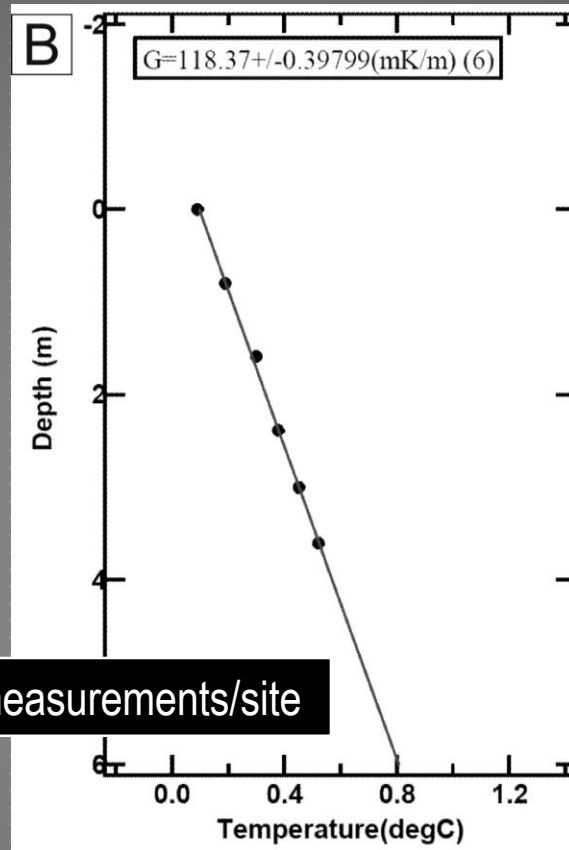
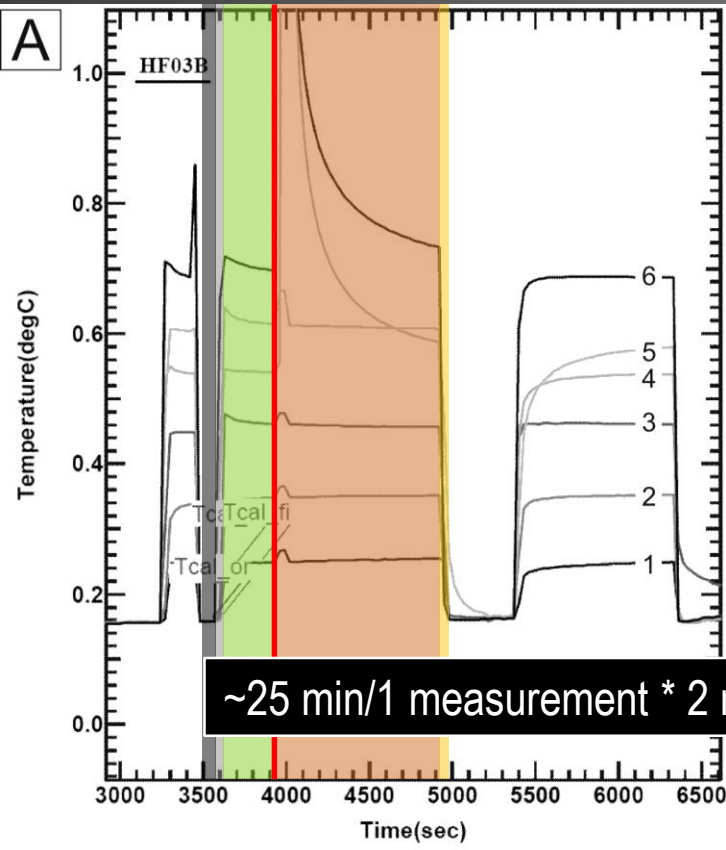
▶ 해양지열 측정을 통해 알 수 있는 것들

- ▶ 지구에서 온도 구배와 관련된 자연 현상들
 - ▶ 시각의 두께: 생성 시기, 이상현상
 - ▶ 퇴적층내의 자원 분포 가능성: 탄화수소, 가스하이드레이트
 - ▶ 퇴적층내의 물질 순환: 유체 존재 여부
 - ▶ 전지구적/지역적 온도 변화: 지구온난화, 지구조현상
 - ▶ 등등

2007 동해 울릉분지

- ▶ 탐사 장비
 - ▶ 해양지열탐침, 열전도도미터
- ▶ 탐사선
 - ▶ R/V Tamhae 2
- ▶ 탐사 목적
 - ▶ 가스하이드레이트 관련
- ▶ 탐사 결과
 - ▶ 가스하이드레이트 안정영역 추정
 - ▶ 울릉분지 해양지열 분포 추정
 - ▶ 현장 열전도도 측정의 중요성
- ▶ 어려운 점
 - ▶ 자료획득 지점이 한정되어 있음





Waiting in the water: to calibrate thermistors

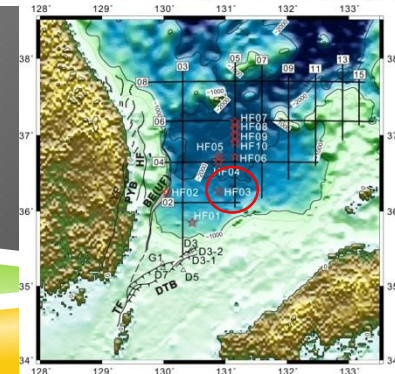
Penetration: heat by friction

Waiting: heat dissipation

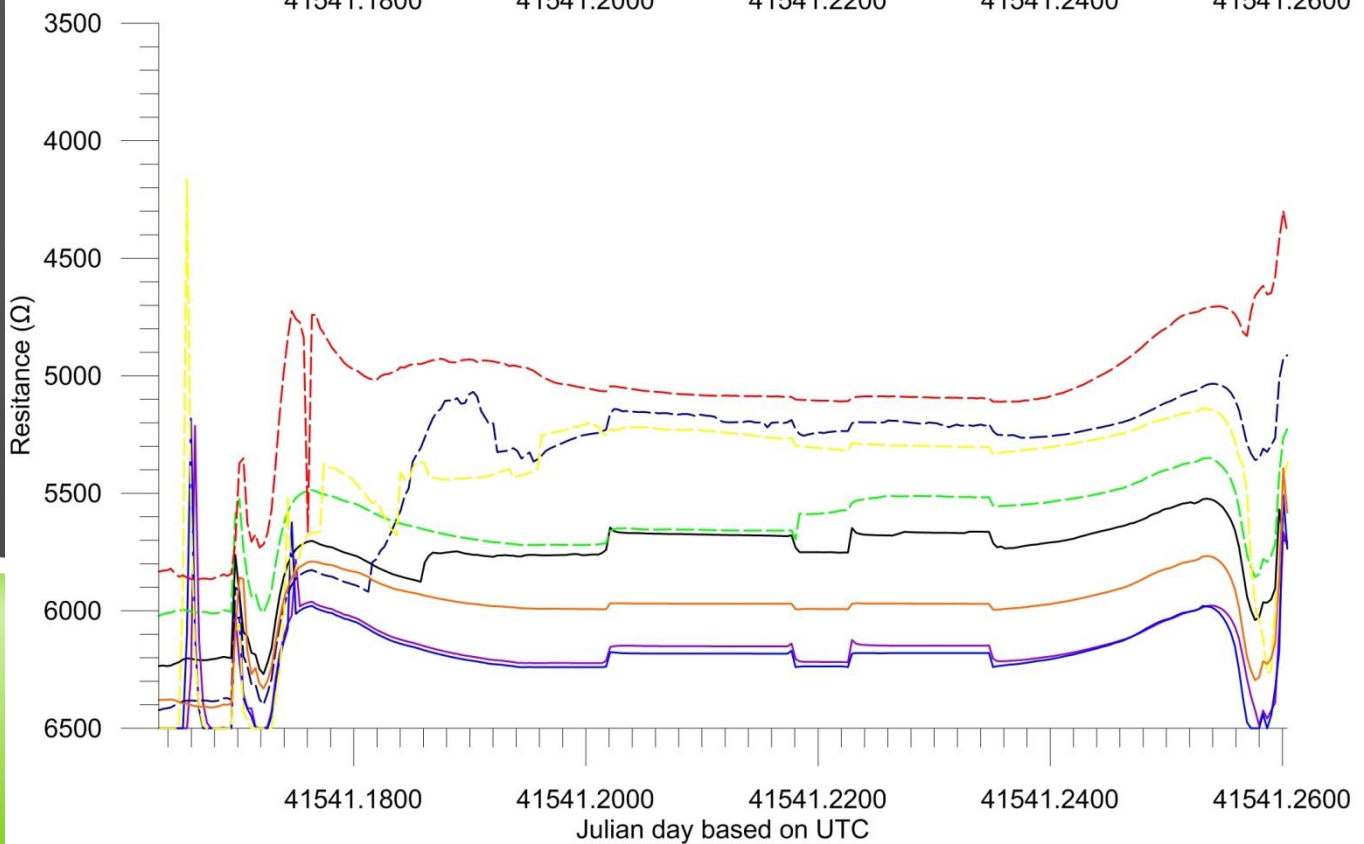
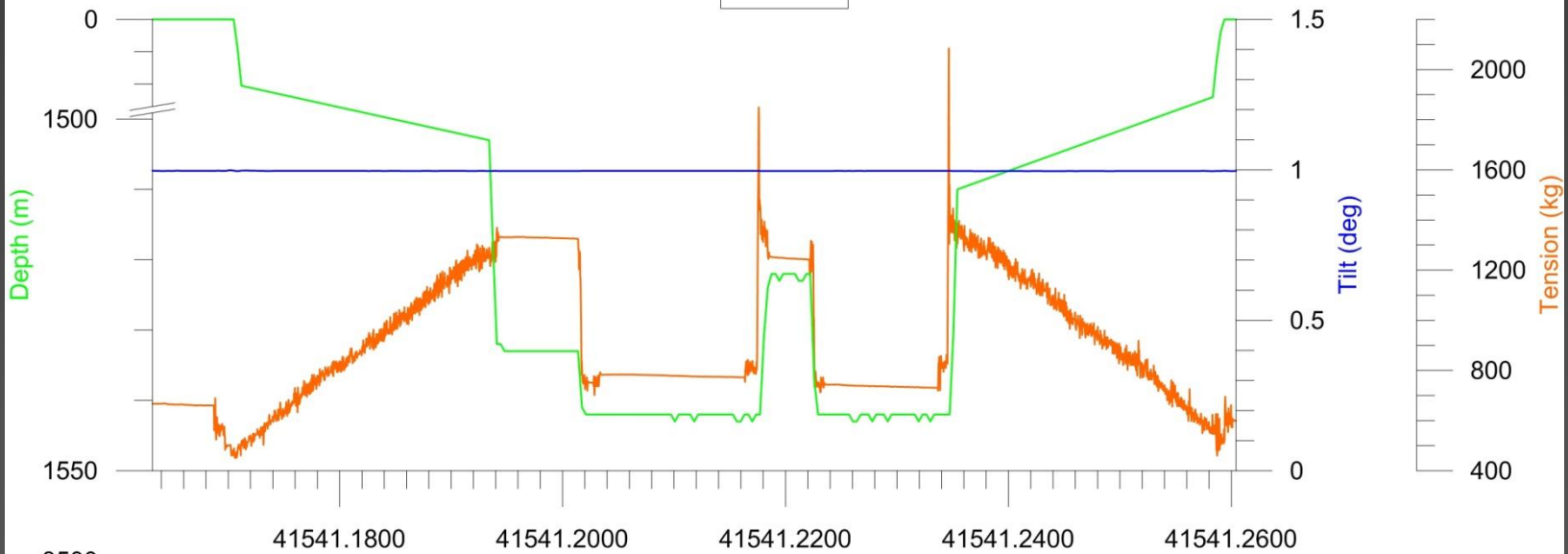
Instant heat generation

Waiting: cooling curve for estimation of in-situ TC

Pull-out



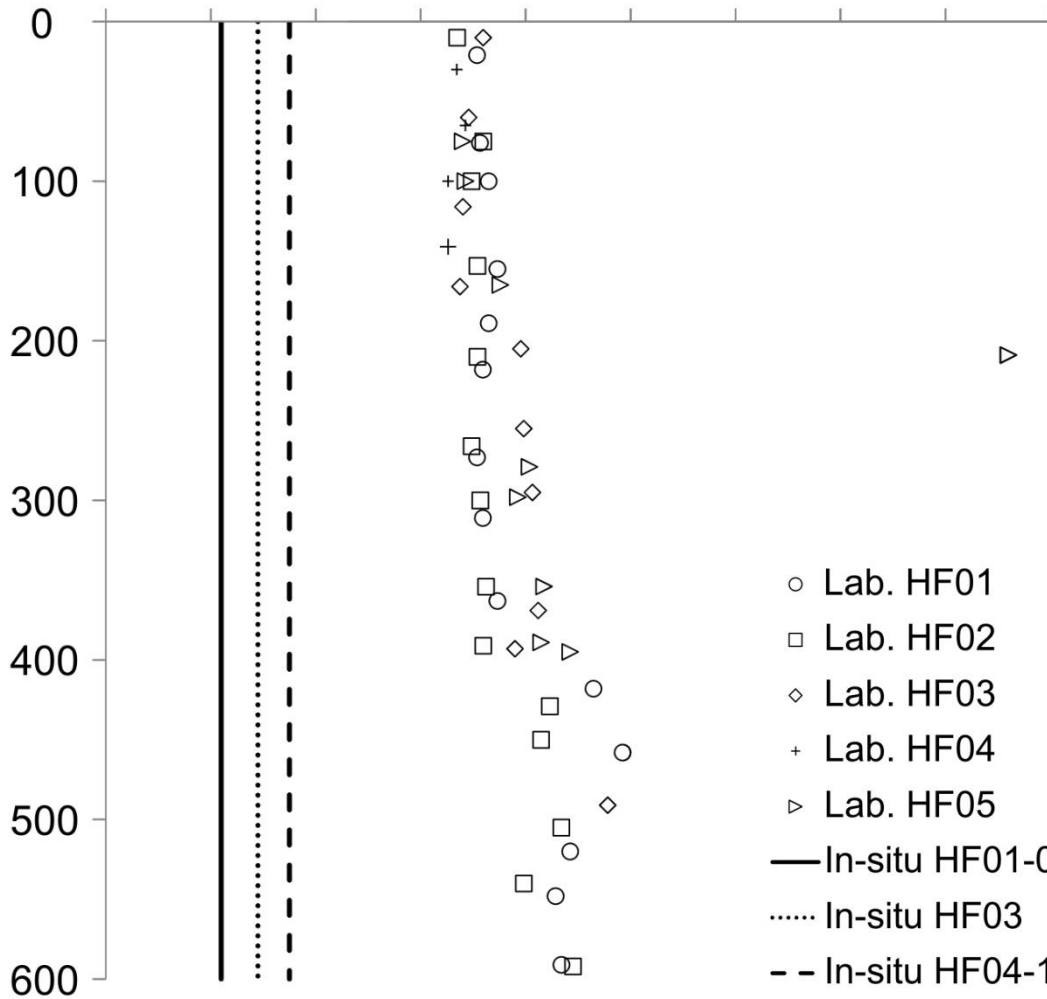
Station 39



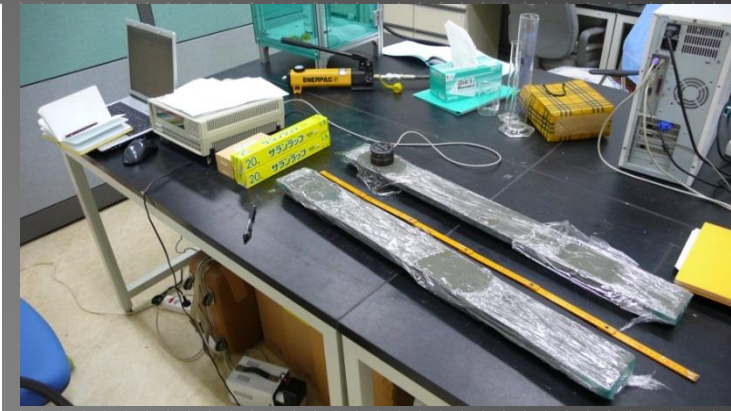
Thermal conductivity (W/m·K)

0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40

Depth (cm below the seafloor)



- Lab. HF01
- Lab. HF02
- ◇ Lab. HF03
- + Lab. HF04
- ▽ Lab. HF05
- In-situ HF01-02
- In-situ HF03
- - In-situ HF04-10



• Up to 40% difference between in-situ and lab-measured TC





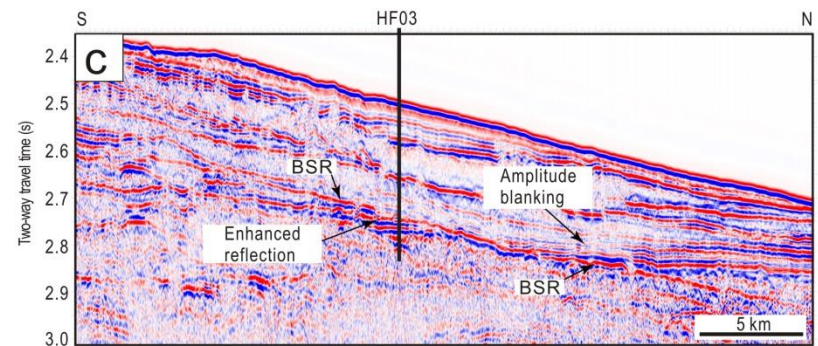
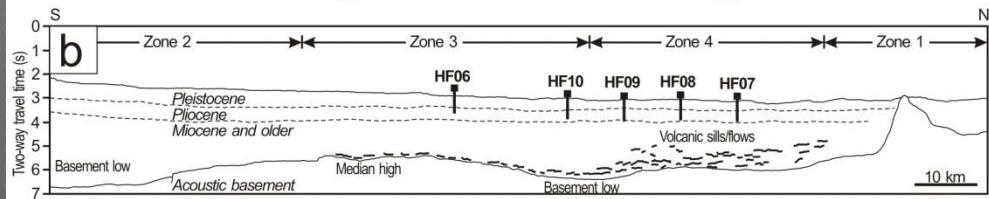
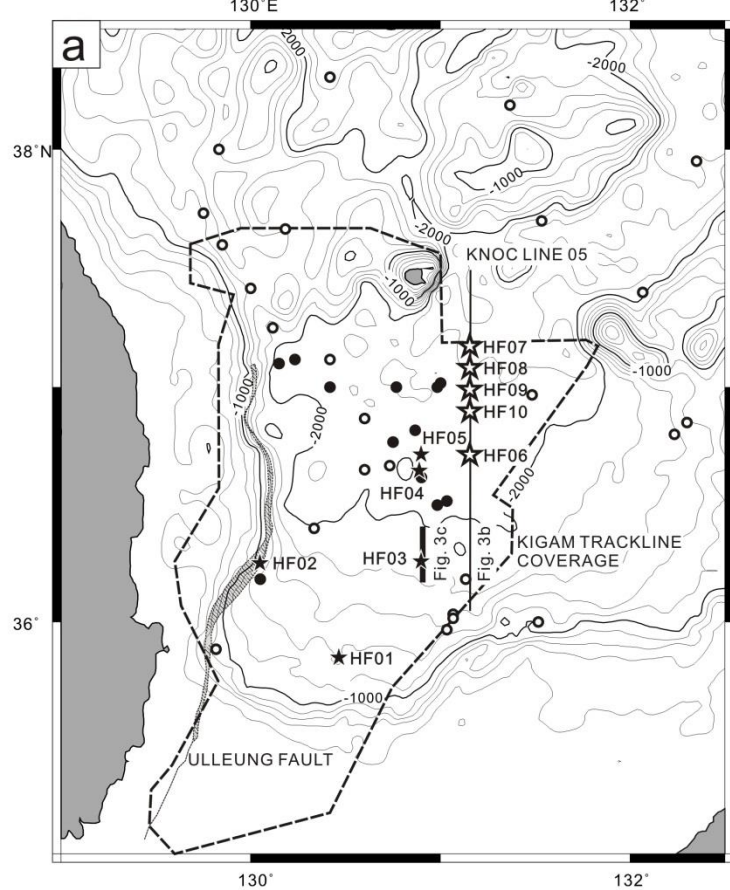


IM09131175

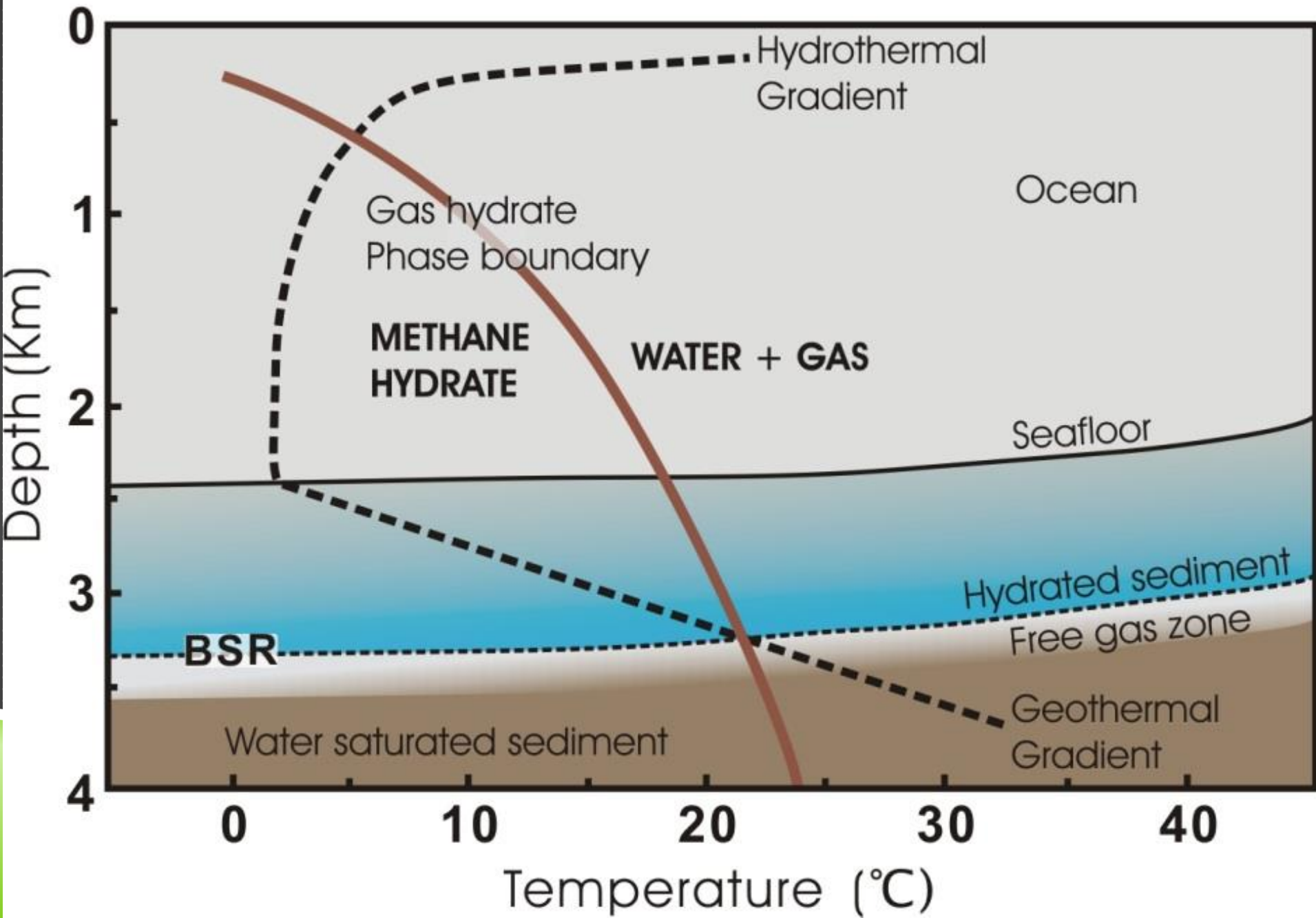
경 동해 가스하이드레이트 최초 발견 **축**
2007년 6월 19일
한국지질자원연구원

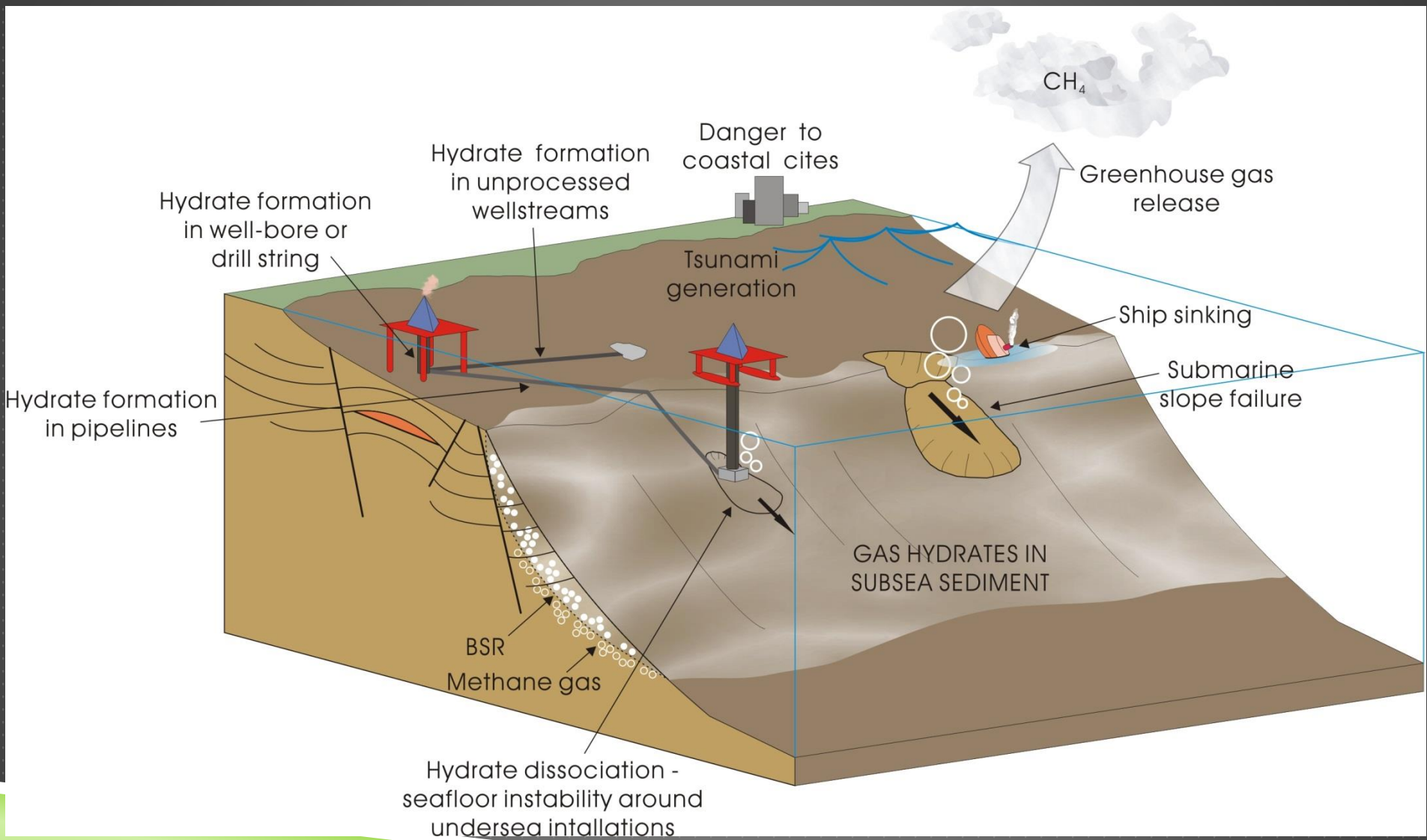






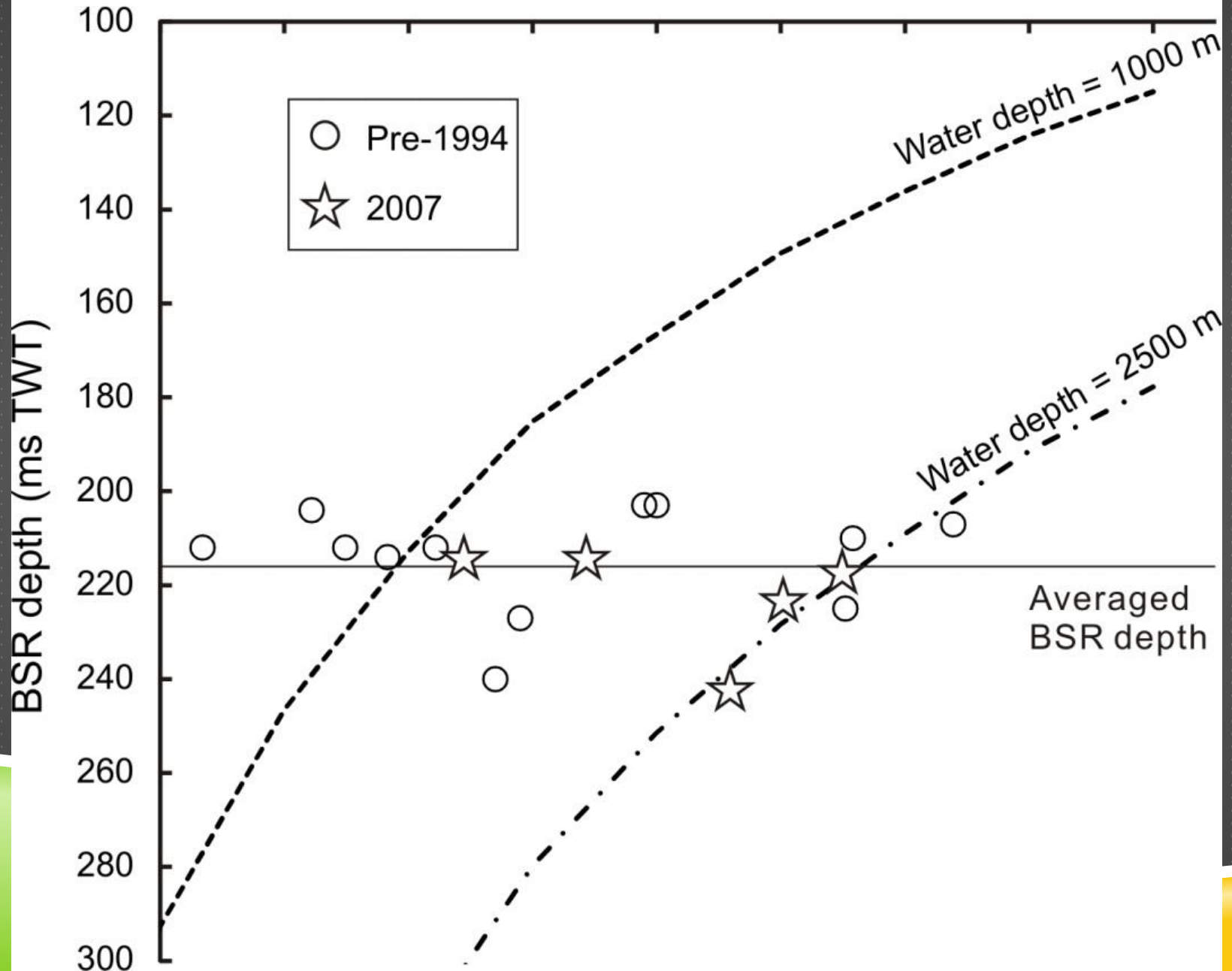
Deep sea gas hydrate stability





Heat flow (mW/m^2)

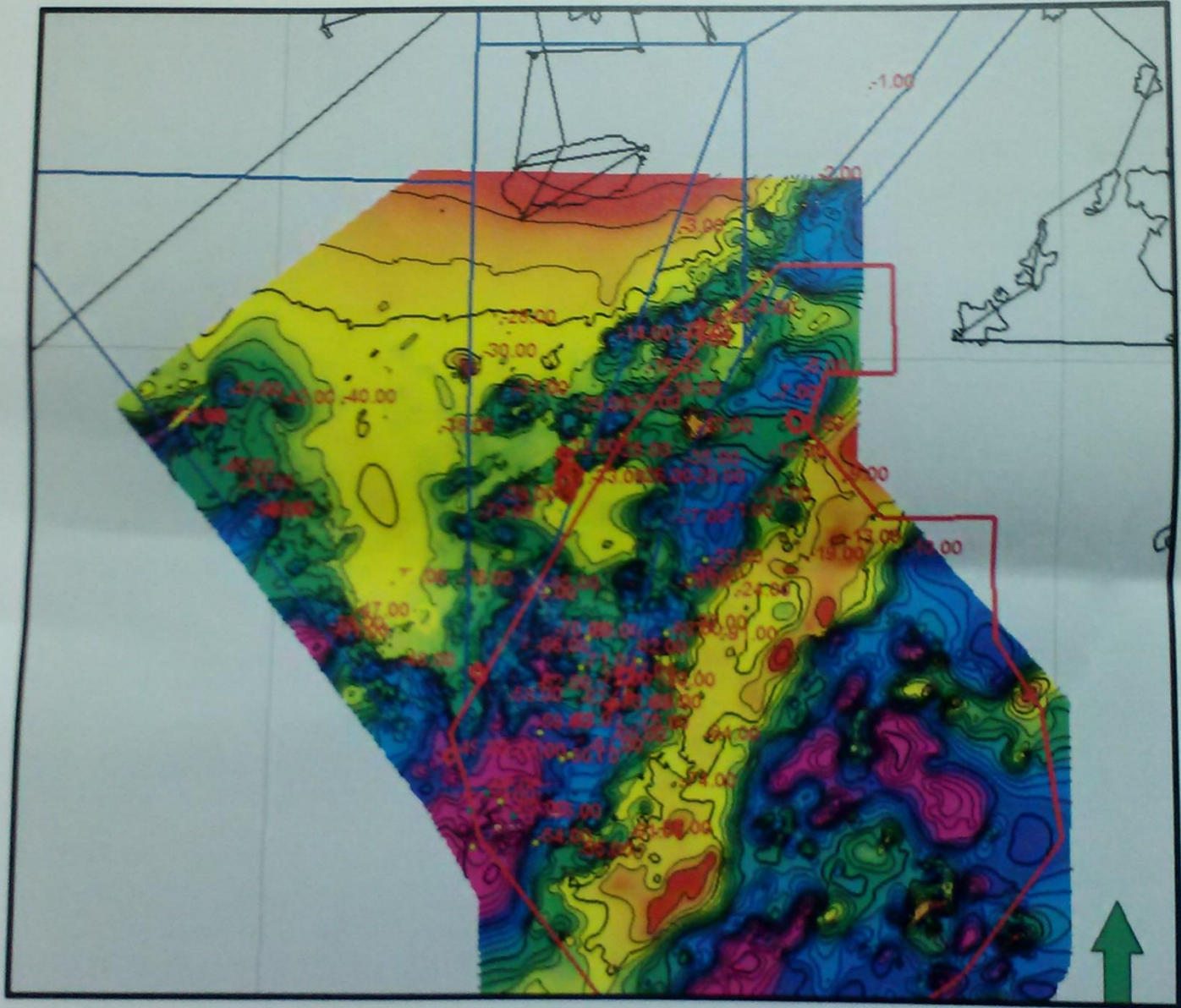
60 70 80 90 100 110 120 130 140



2012 동중국해

- ▶ 탐사 장비
 - ▶ 해양지열탐침
- ▶ 탐사선
 - ▶ R/V Tamhae 2
- ▶ 탐사 목적
 - ▶ 가스 부존 가능성
- ▶ 탐사 결과
 - ▶ 가스 부존 가능성에 대해서는 해석 진행중
- ▶ 어려운 점
 - ▶ 해저면 해수온도 변화가 극심

동중국해 지열류량 탐사 (기반해 연구)



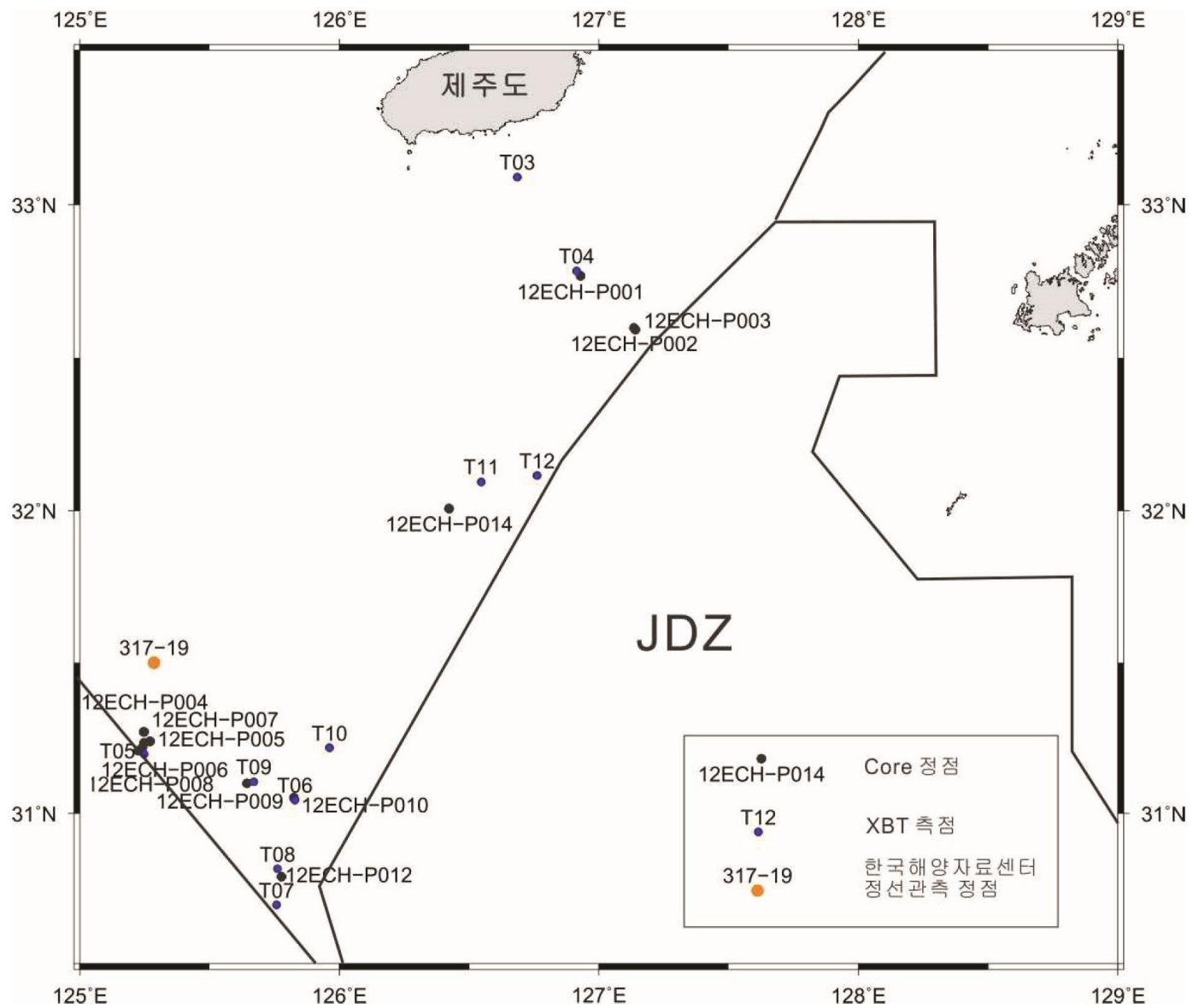


그림 3.1 코어링 정점, XBT 측정 및 한국해양자료센터 정선관측 정점

KODC 21세기 빠르게 움직이는 신 해양시대의 국내외 해양정보
국립수산과학원 한국해양자료센터 에서 제공해 드리겠습니다.



해양관측자료
OCEANOGRAPHIC DATA

연안정지관측자료

- 개요
- 관측소검색
- 관측정보검색
- 관측정보통계
- QC결과검색

정선해양관측자료

- 개요
- 관측소검색
- 관측정보검색
- 해양조사자료 통계
- 동물플랑크톤 통계
- QC결과검색

위성해양정보

실시간어장정보

국가해양환경측정망자료

해어황예보

적조정보

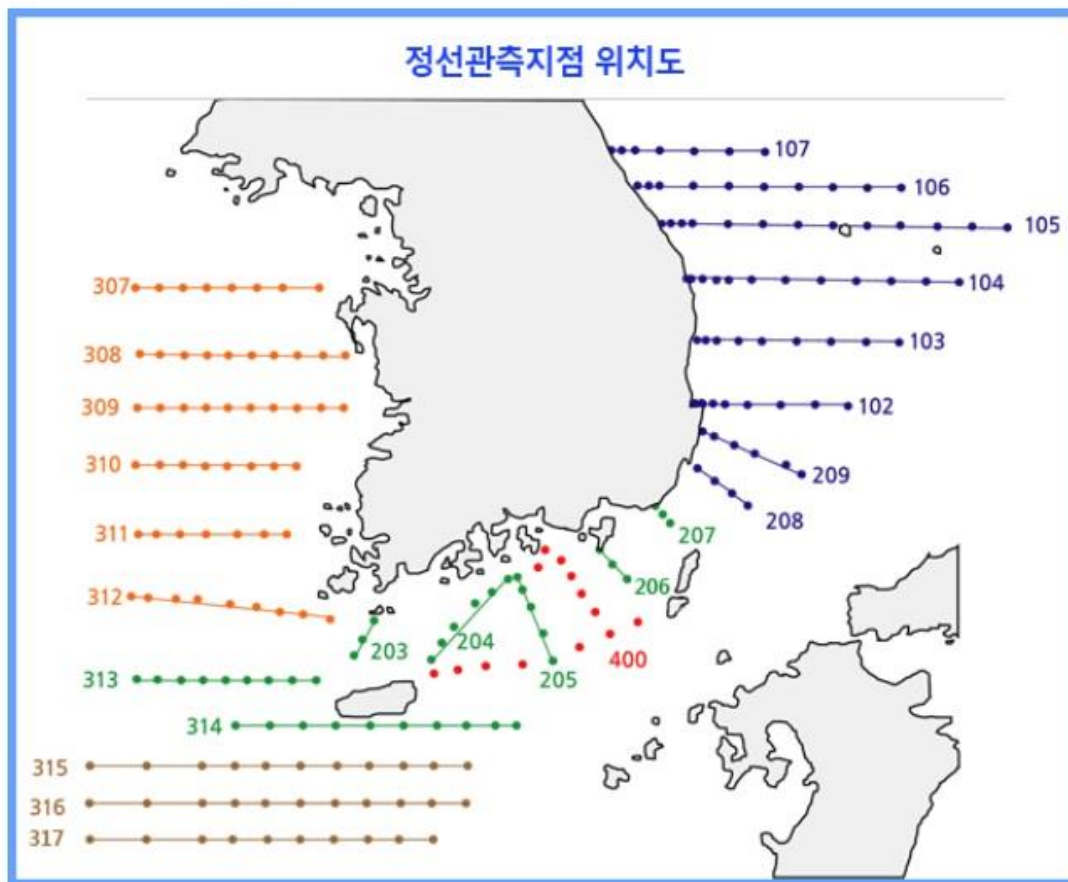
패류독소정보

생물기초정보

정선해양관측자료 | 개요

II > 해양관측자료 > 정선해양관측자료 > 개요

정선해양관측 | 해양환경



QUICK MENU

- 접수간행물
- 관측자료
- 메타정보검색

KODC 21세기 빠르게 움직이는 신 해양시대의 **국내외 해양정보**
국립수산과학원 **한국해양자료센터** 에서 제공해 드리겠습니다.



해양관측자료
OCEANOGRAPHIC DATA

- 연안정지관측자료
 - 개요
 - 관측소검색
 - 관측정보검색
 - 관측정보통계
 - QC결과검색

- 정선해양관측자료
 - 개요
 - 관측소검색
 - 관측정보검색
 - 해양조사자료 통계
 - 동물플랑크톤 통계
 - QC결과검색

- 위성해양정보
- 실시간어장정보
- 국가해양환경측정망자료
- 해어황예보
- 적조정보
- 패류독소정보
- 해파리속보
- 해양생물다양성정보

정선해양관측자료 | 관측정보검색

» 해양관측자료 > 정선해양관측자료 > 관측정보검색

QUICK MENU
접수간행물
관측자료
메타정보검색

해역	1 항목 선택됨 남해 서해 동중국해	정선-정점	315-18 315-19 315-20 315-21 315-22	수심 (m)	--모두선택-- 0 10 20 30 --
관측일시	1993-10-1 ~ 2013-10-1 (6개월 1년 10년 20년)				
검색	코드 번호설명 다운로드 Release Notes 검색 엑셀 텍스트 쿼리텍스트				

관측정보 조회

	해역	정선-정점	위도	경도	관측일시	관측수심(m)	수온(℃)	염
1	동중국해	317-19	31.5	125.285	2012-11-28 08:47	0	18.1906	
2	동중국해	317-19	31.5	125.285	2012-11-28 08:47	10	18.1982	
3	동중국해	317-19	31.5	125.285	2012-11-28 08:47	20	18.1987	
4	동중국해	317-19	31.5	125.285	2012-11-28 08:47	30	18.1997	
5	동중국해	317-19	31.5	125.285	2012-11-28 08:47	50	18.2314	
6	동중국해	317-19	31.5	125.285	2012-08-13 02:43	0	28.0571	
7	동중국해	317-19	31.5	125.285	2012-08-13 02:43	10	27.7409	
8	동중국해	317-19	31.5	125.285	2012-08-13 02:43	20	19.6001	
9	동중국해	317-19	31.5	125.285	2012-08-13 02:43	30	16.4323	
10	동중국해	317-19	31.5	125.285	2012-08-13 02:43	50	14.9902	
11	동중국해	317-19	31.5	125.285	2012-05-10 16:29	0	16.1664	
12	동중국해	317-19	31.5	125.285	2012-05-10 16:29	10	15.6489	
13	동중국해	317-19	31.5	125.285	2012-05-10 16:29	20	12.0704	
14	동중국해	317-19	31.5	125.285	2012-05-10 16:29	30	11.8677	
15	동중국해	317-19	31.5	125.285	2012-05-10 16:29	50	11.7523	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	해역	경선-경도	위도	경도	관측일시	관측수심(m)	수온(℃)	염분	중탄산소(mg/L)	인산염인	아질산질소	질산질소	규산규소	수소이온농도	관측선	수선	국명
2	해역	317-19	31.5	125.285	2012-11-20	0	18.1908	32.4138	5.1384	0.428	0.0724	8.8111	13.6959		51		
3	해역	317-19	31.5	125.285	2012-11-20	10	18.1982	32.4131	5.1406	0.431	0.0707	10.004	13.6435		51		
4	해역	317-19	31.5	125.285	2012-11-20	20	18.1987	32.4132	5.1686	0.434	0.068	8.7229	13.6798		51		
5	해역	317-19	31.5	125.285	2012-11-20	30	18.1997	32.4135	5.1967	0.428	0.0707	8.7243	13.6681		51		
6	해역	317-19	31.5	125.285	2012-11-20	50	18.2314	32.4186	5.1107	0.388	0.0574	8.7214	10.9507		51		
7	해역	317-19	31.5	125.285	2012-08-10	0	28.0571	31.7984	4.8317	0.002	0.028	0.135	2.185		51		
8	해역	317-19	31.5	125.285	2012-08-10	10	27.7409	31.8411	4.86	0.002	0.04	0.442	3.613		51		
9	해역	317-19	31.5	125.285	2012-08-10	20	19.6001	31.7048	4.9145	0.002	0.052	0.093	8.585		51		
10	해역	317-19	31.5	125.285	2012-08-10	30	16.4323	32.0312	4.4335	0.002	0.28	2.617	9.388		51		
11	해역	317-19	31.5	125.285	2012-08-10	50	14.9902	32.0751	8.1028	0.157	0.267	9.788	12.069		51		

R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
파고	파향	내향	내향	방향(nsew)	파고(파고)	파속(m/s)	기압(hPa)	건구기온	습구기온	풍향	풍량	파세	파고(파고)	
				E		7	1025	15.8					53	
				E		7	1025	15.8					53	
				E		7	1025	15.8					53	
				E		7	1025	15.8					53	
				E		7	1025	15.8					53	
				E		9	1010	28.5					52	
				E		9	1010	28.5					52	
				E		9	1010	28.5					52	
				E		9	1010	28.5					52	
				E		9	1010	28.5					52	

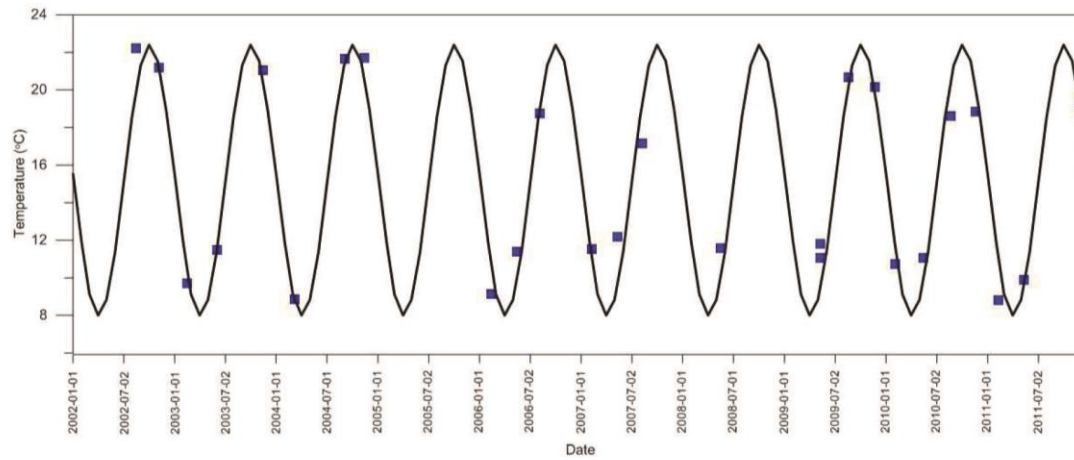


그림 5.30 한국해양자료센터(KODC) 제공 수온 측정 자료 및 해저면 수온 년 변화 함수
(파란색 사각형 : 측정 수온 자료, 검은색선: 수온 함수)

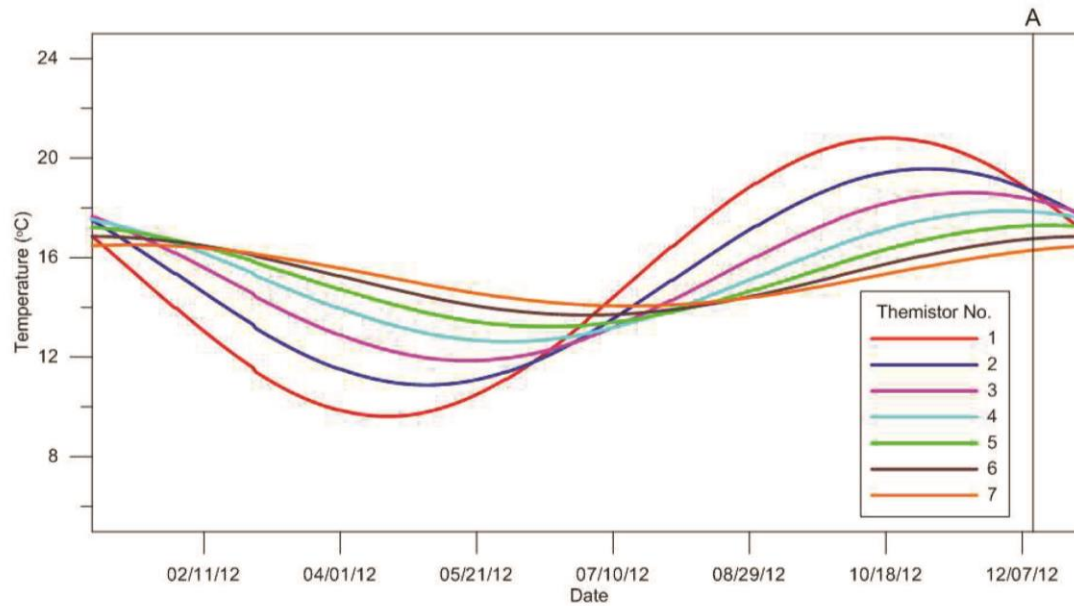
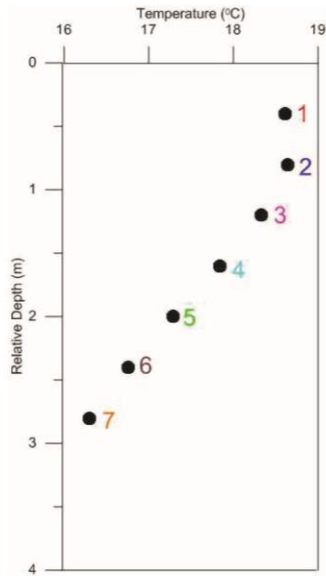
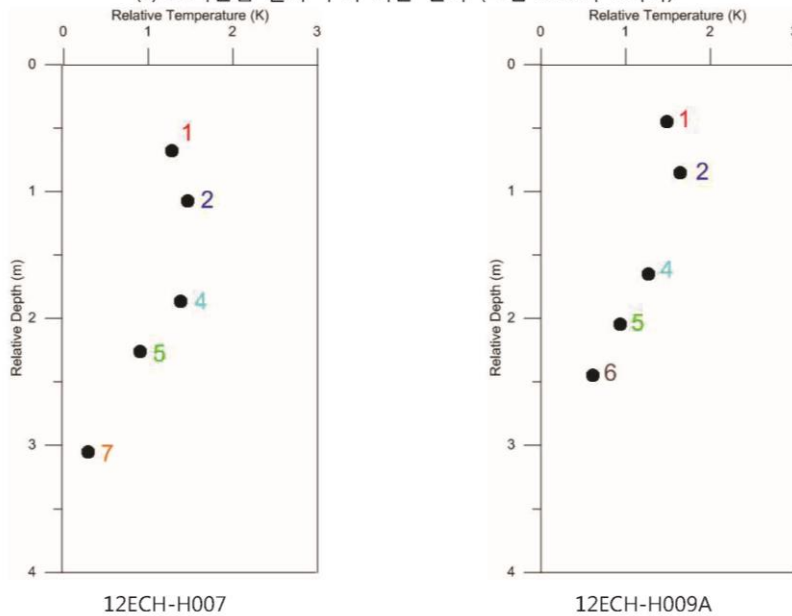


그림 5.31 해저 수온 년 변화 함수로부터 계산된 퇴적물 내 깊이별 온도 변화
(써미스터 번호가 작은 순서로부터 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0, 2.4, 2.8m, A는 본 조사 시기)



(a) 모의실험 결과 수직 지온 변화 (그림 5.31의 A시기)



(b) 현장 측정 수직 지온 변화 (2012.12.11)

그림 5.32 모의실험 결과 수직 지온 변화와 현장 측정 수직 지온 변화 비교.

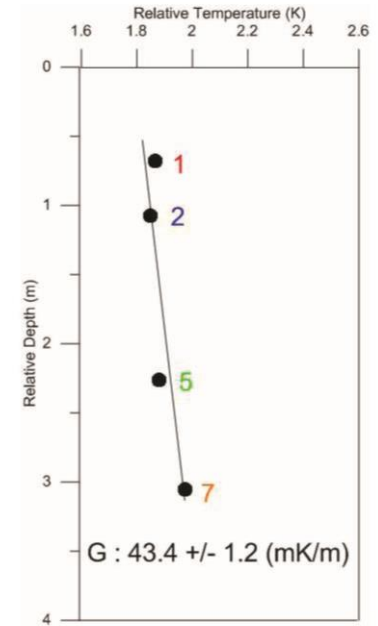


그림 5.33 12ECH-H007 측정점의 지온 경사도

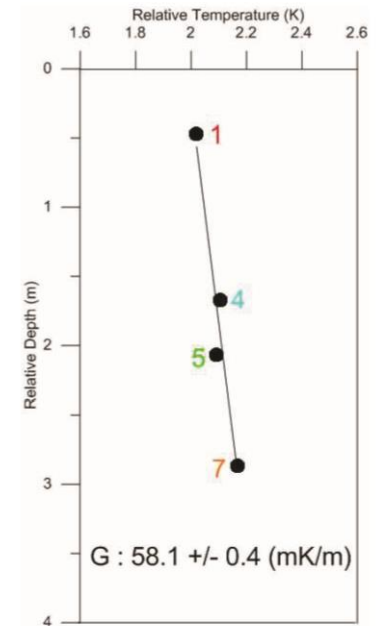
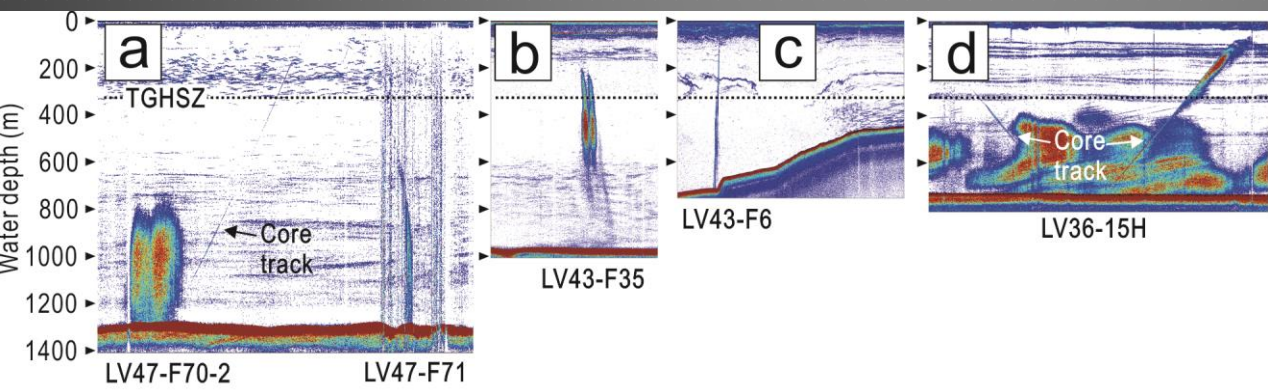
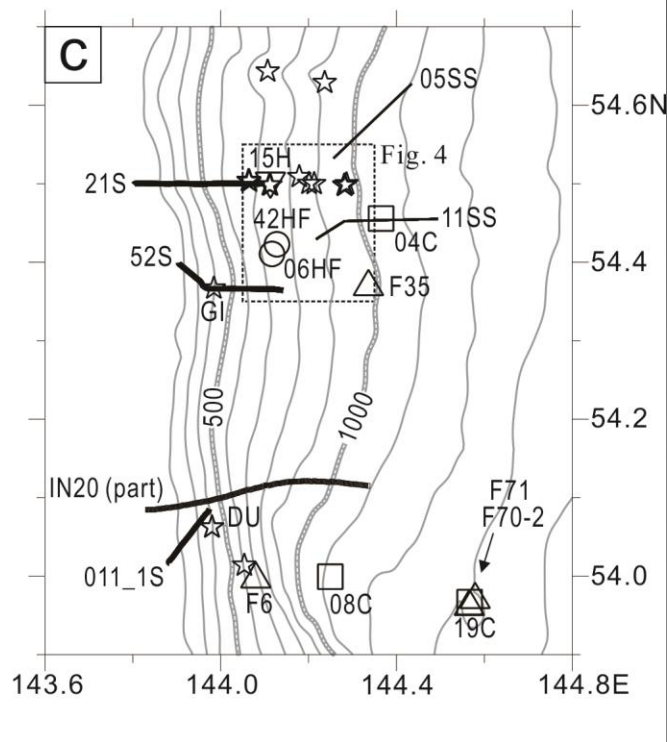
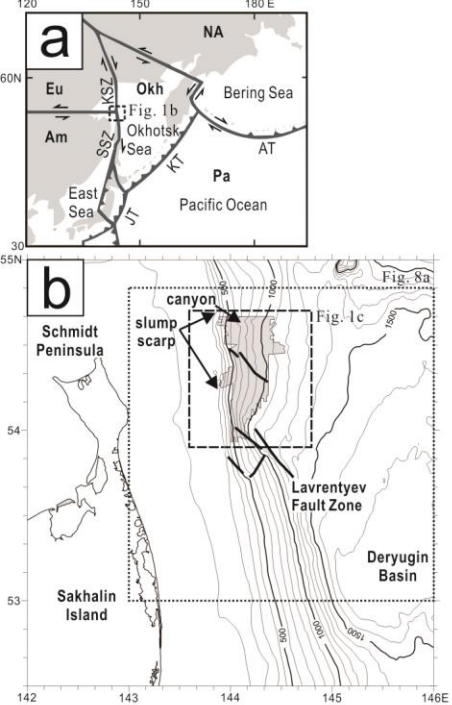


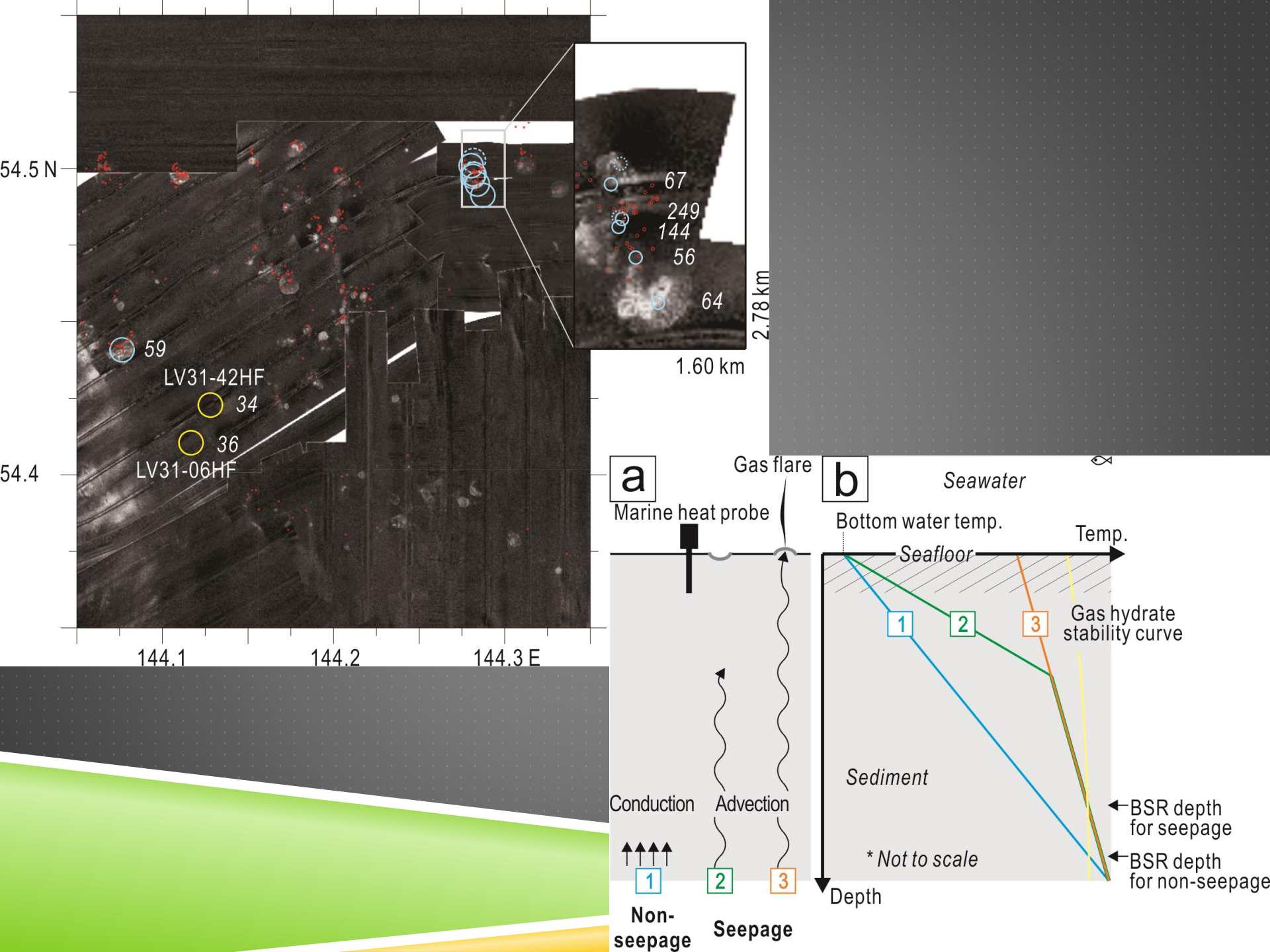
그림 5.34 12ECH-H007A 측정점의 지온 경사도

2003 오토츠크해 사할린섬 주변

- ▶ 탐사 장비
 - ▶ 해양지열탐침
- ▶ 탐사선
 - ▶ R/V Akademik Lavrentyev
- ▶ 탐사 목적
 - ▶ 해저 가스 분출지 내부의 열구조 파악
- ▶ 탐사 결과
 - ▶ 가스 분출 현상 확인
 - ▶ 최후 최대 빙하기 이후 해저면 사태 가능성
- ▶ 어려운 점
 - ▶ 해저면 사태의 연대측정 결과 없음
 - ▶ 계류자료 없음

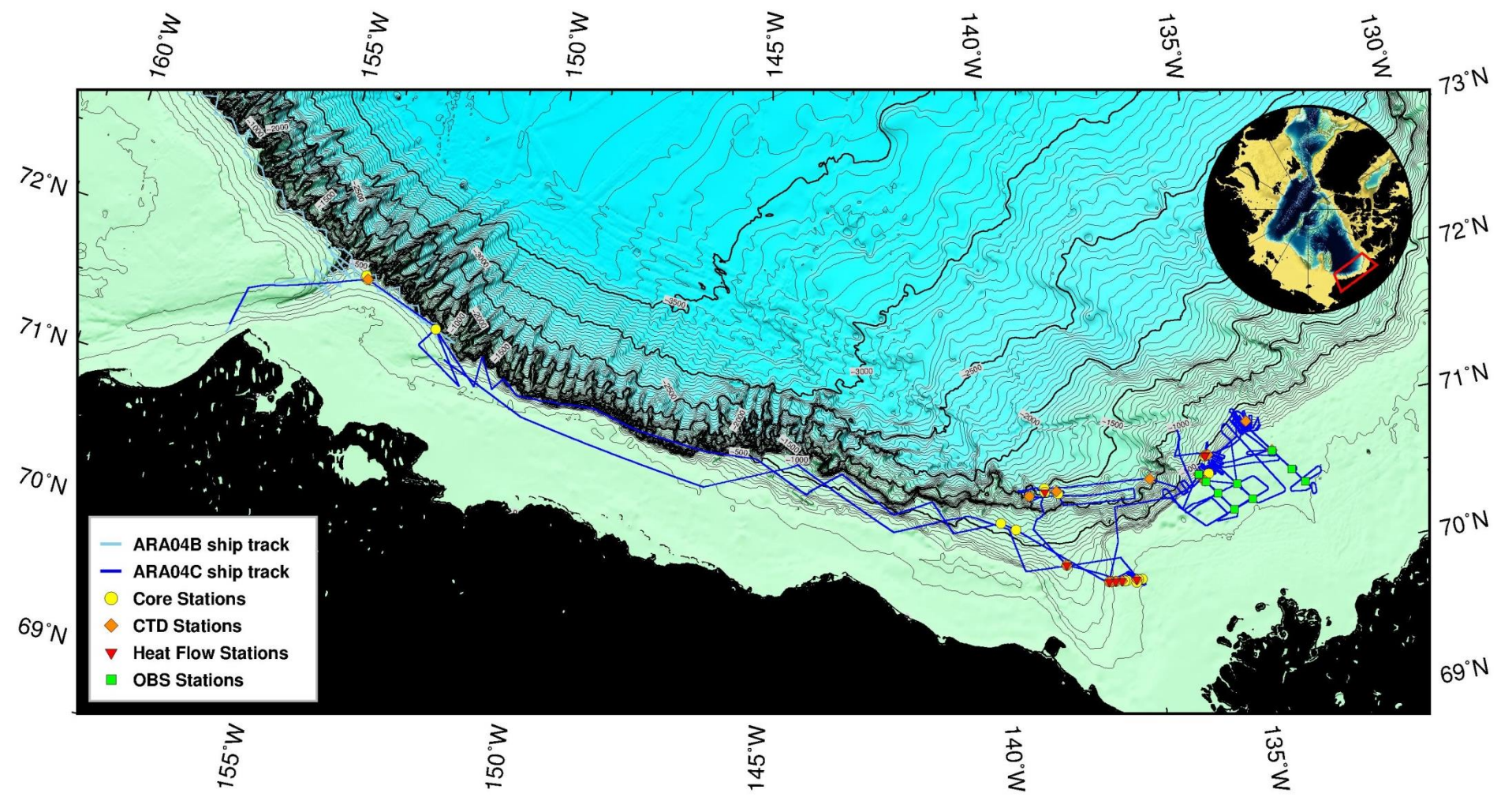


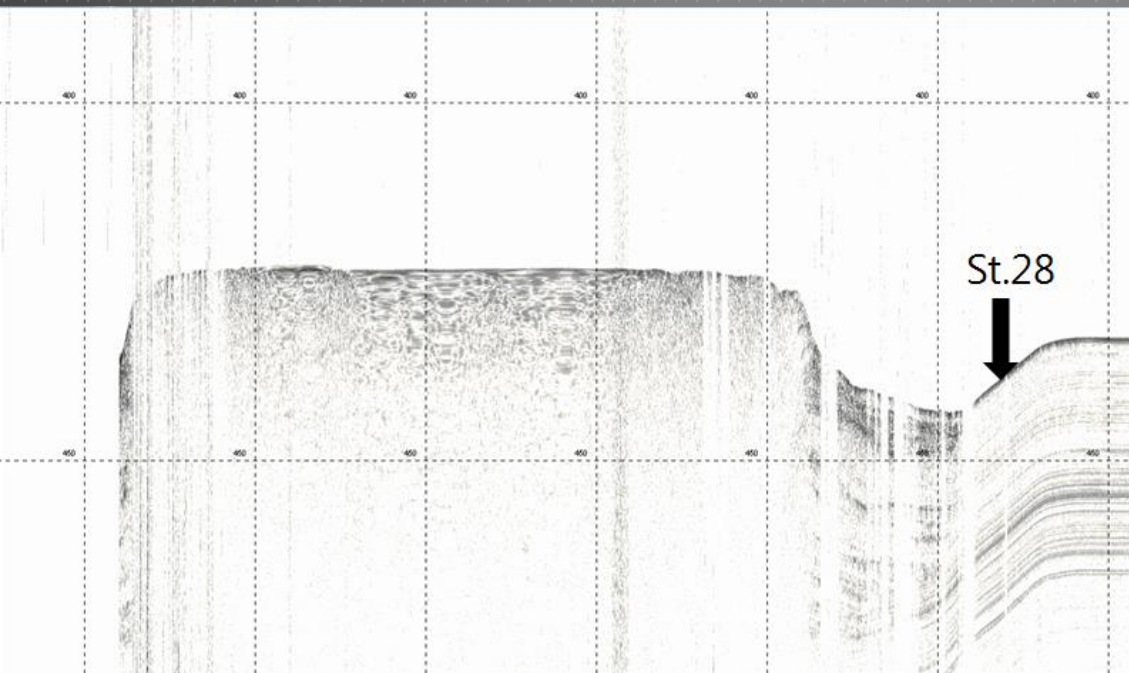
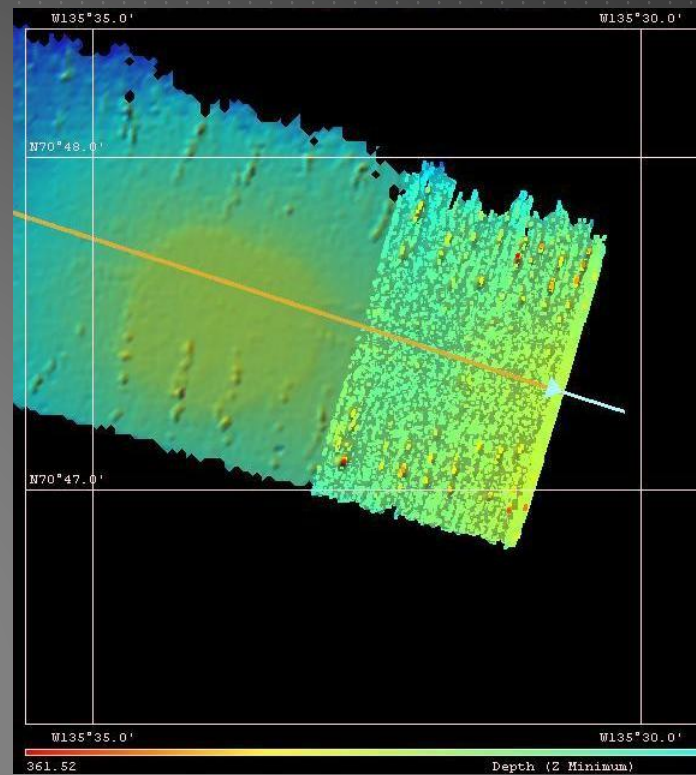
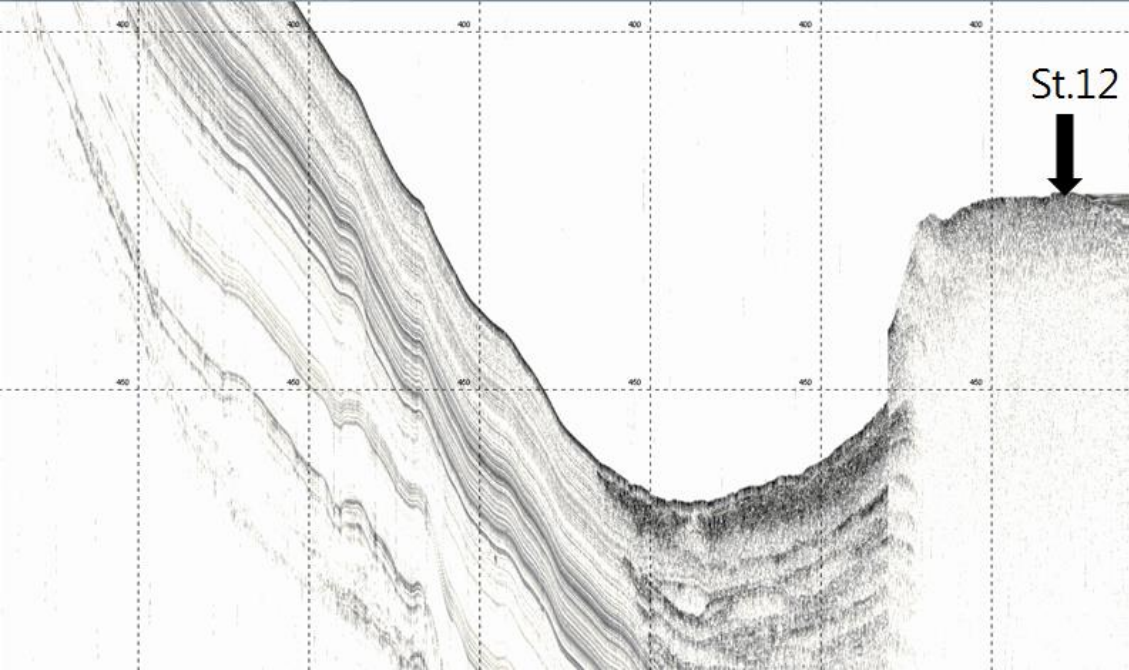


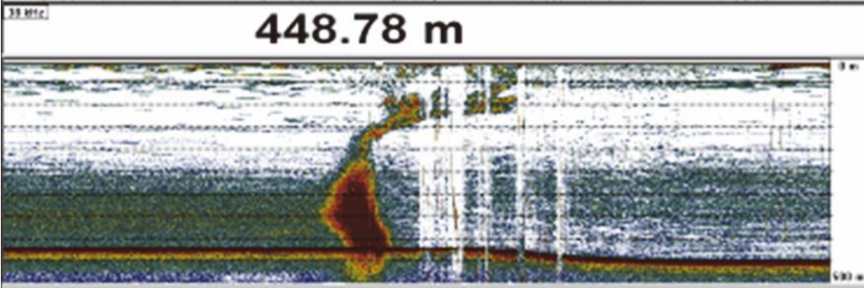
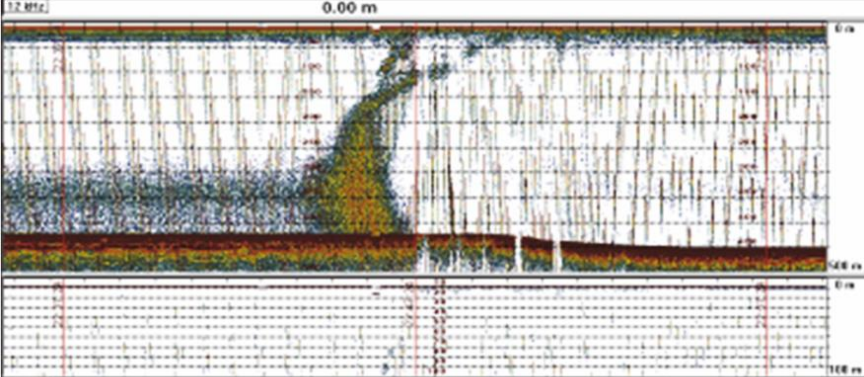
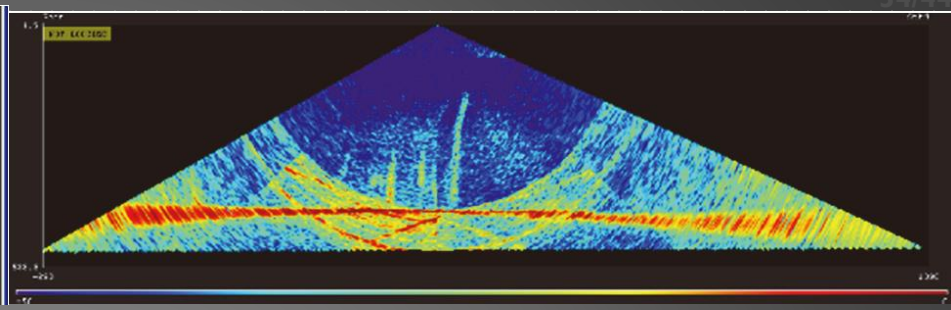
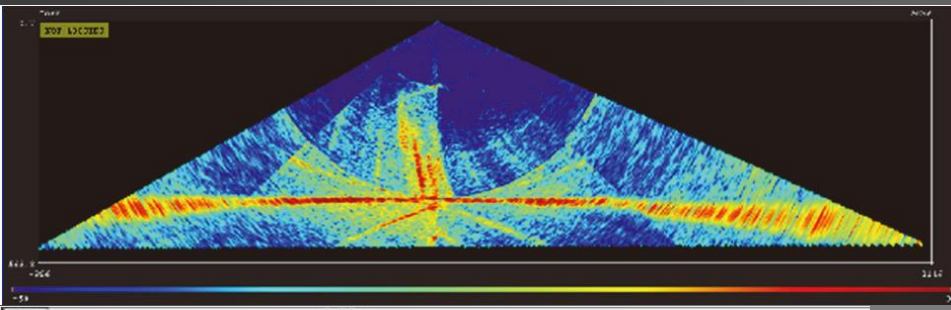


2013 캐나다 보퍼트해

- ▶ 장비
 - ▶ 해양지열탐침
- ▶ 탐사선
 - ▶ IBRV Araon
- ▶ 탐사 목적
 - ▶ 최후 최대 빙하기 이후 지구 온난화에 따른 영구동토층 내의 가스하이드레이트 분포 추정
- ▶ 탐사 결과
 - ▶ 해석 진행중
 - ▶ 메탄 함유한 따뜻한 유체가 간헐적으로 뿜어져 나오는 진흙화산 확인
- ▶ 어려운 점
 - ▶ 한정된 측정 지점

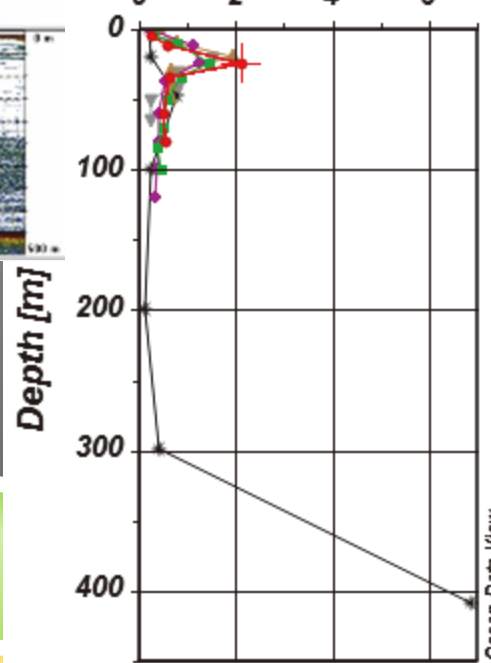




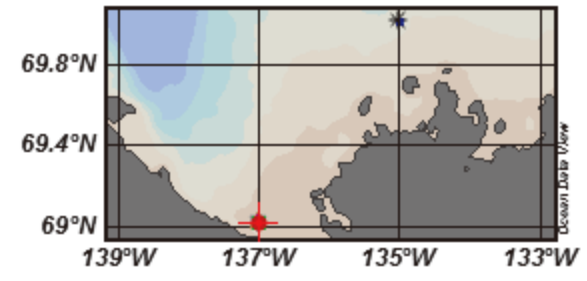


448.78 m

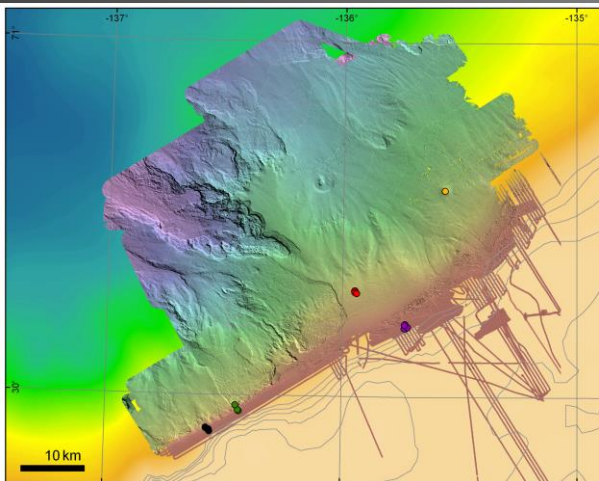
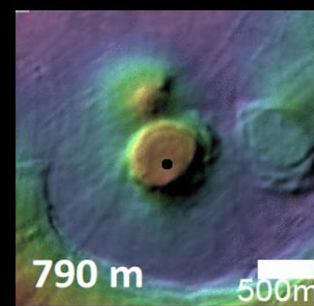
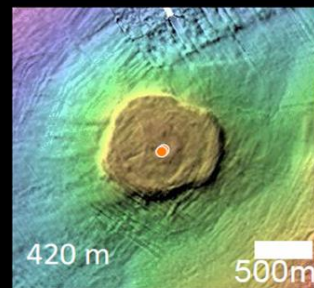
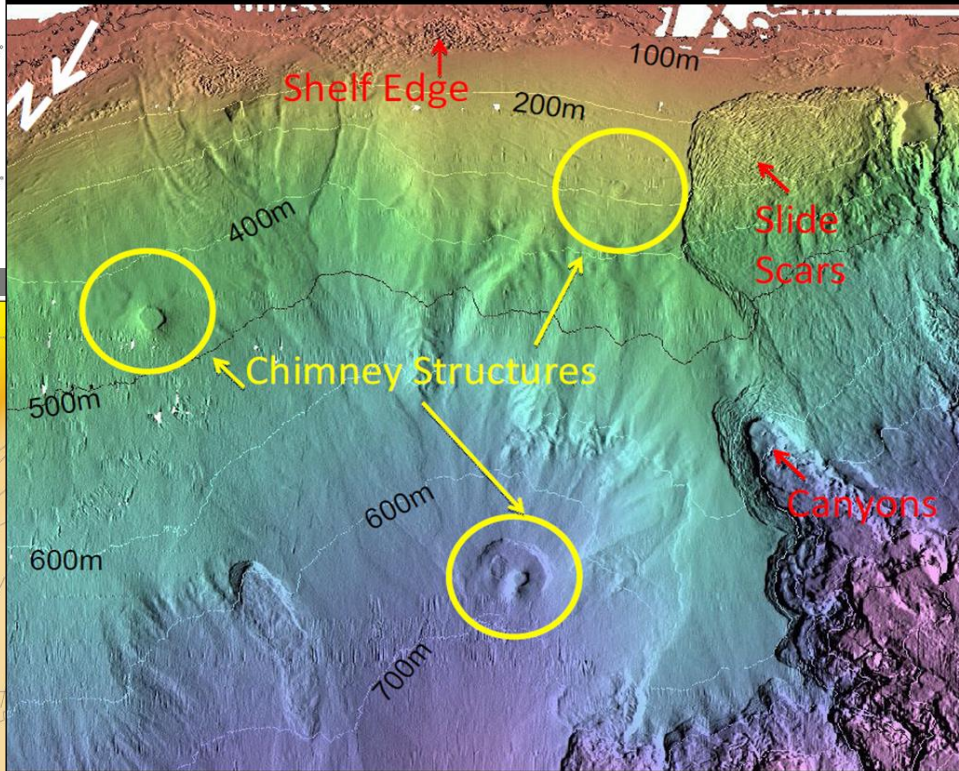
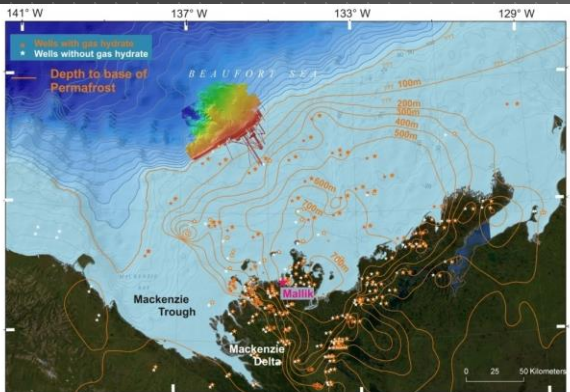
Dissolved Methane [ppm]

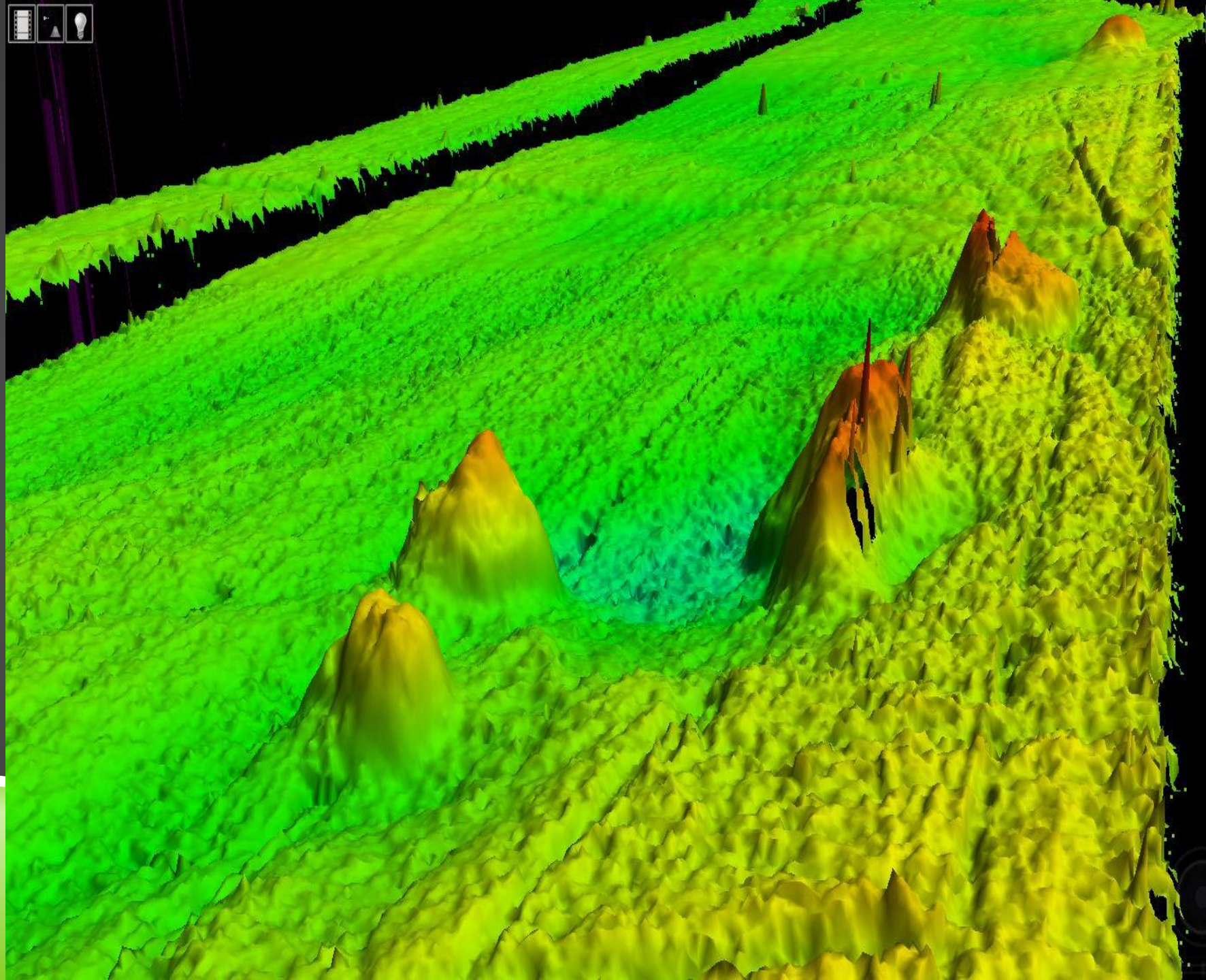


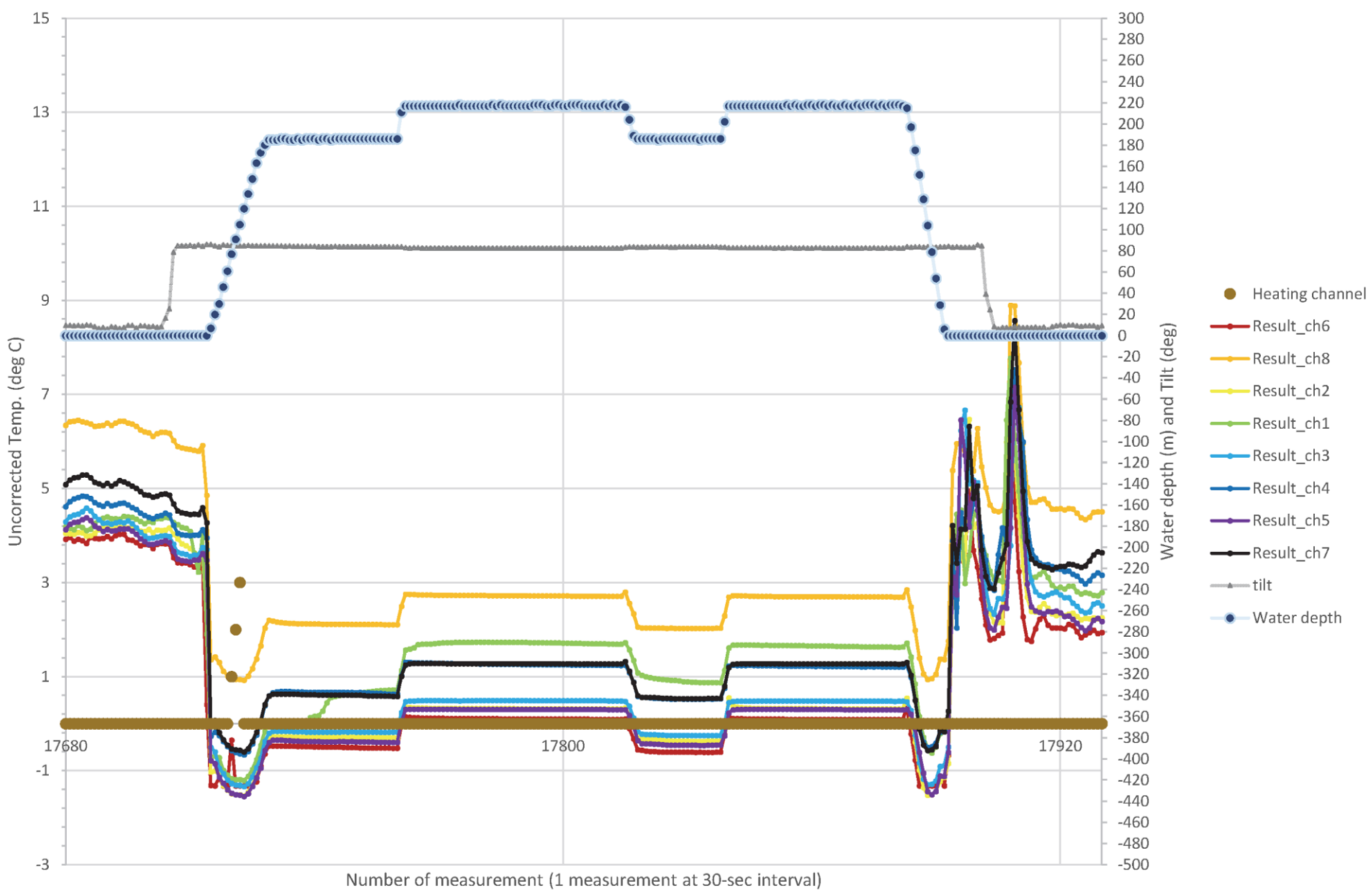
- ARA04C st_05 (B)
- ARA04C st_06 (B)
- ◆ ARA04C st_07 (B)
- ▲ ARA04C st_08 (B)
- ▼ ARA04C st_09 (B)
- * ARA04C st_12 (B)



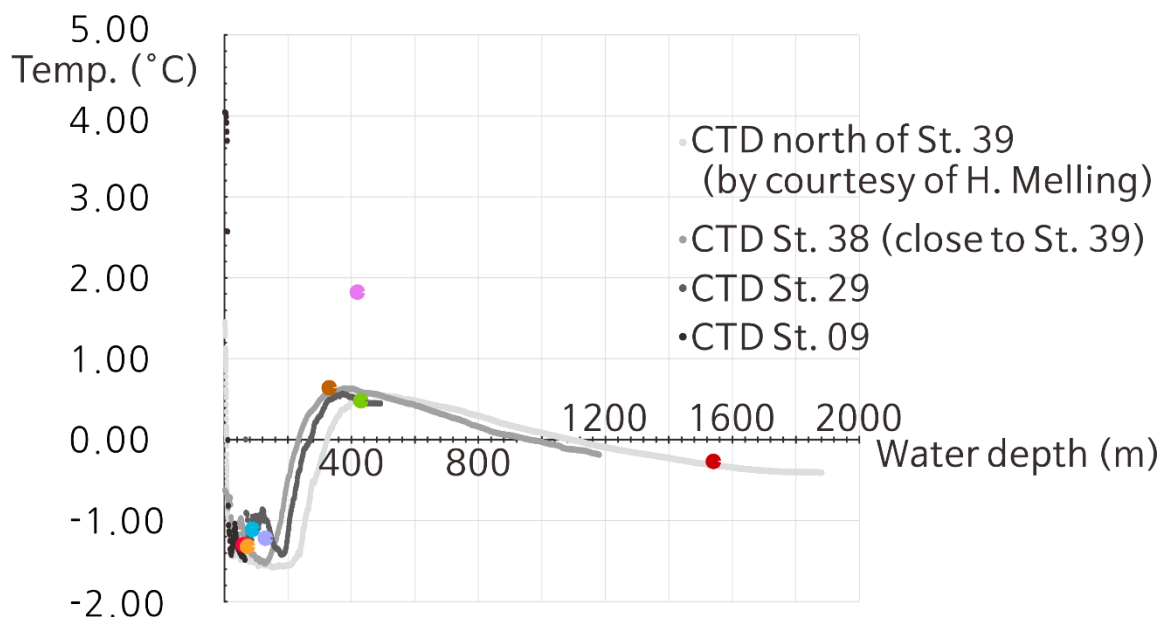
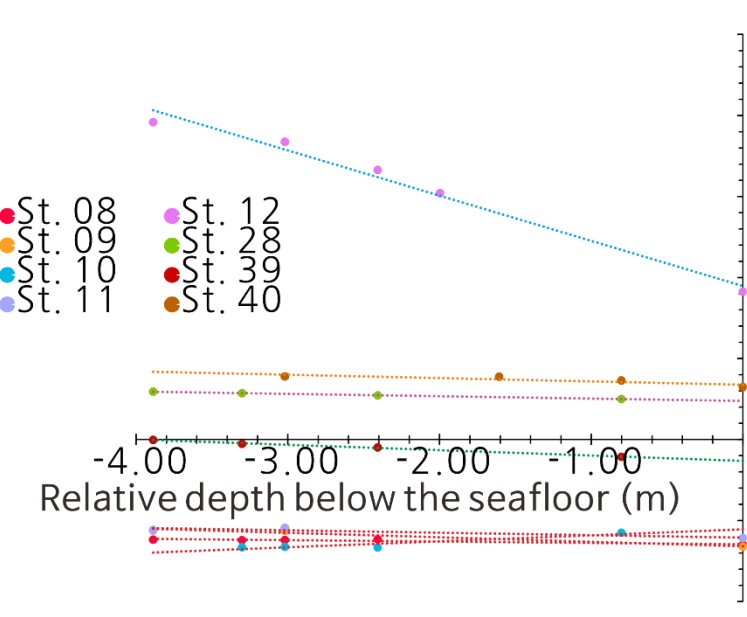
Target Rich Environment

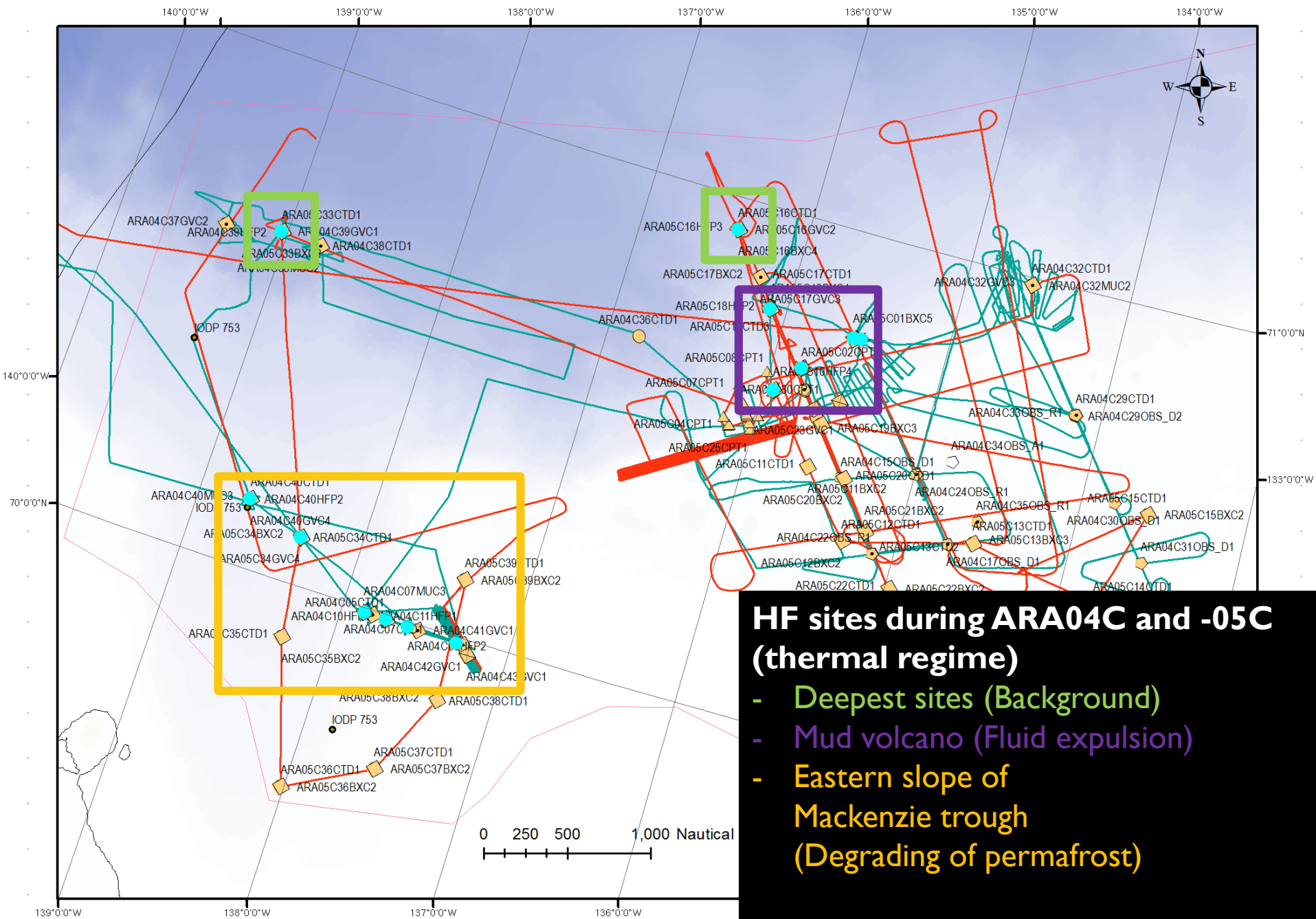






	St. 08	St. 09	St. 10	St. 11	St. 40	St. 39	St. 12	St. 28
Seafloor temp.	-1.30	-1.32	(-1.11)	-1.22	0.64	(-0.27)	1.82	(0.48)
GG (mK/m)	16.8	55.3	-73.9	30.1	41.5	66.1	557.9	28.9
Water depth (m)	59	73	88	129	330	1540	419	430
Description	the Eastern Mackenzie slope; permafrost below				EMT; No permafrost	Chevron; # 753	top of MV	outside of MV





HF sites during ARA04C and -05C (thermal regime)

- Deepest sites (Background)
- Mud volcano (Fluid expulsion)
- Eastern slope of Mackenzie trough (Degrading of permafrost)

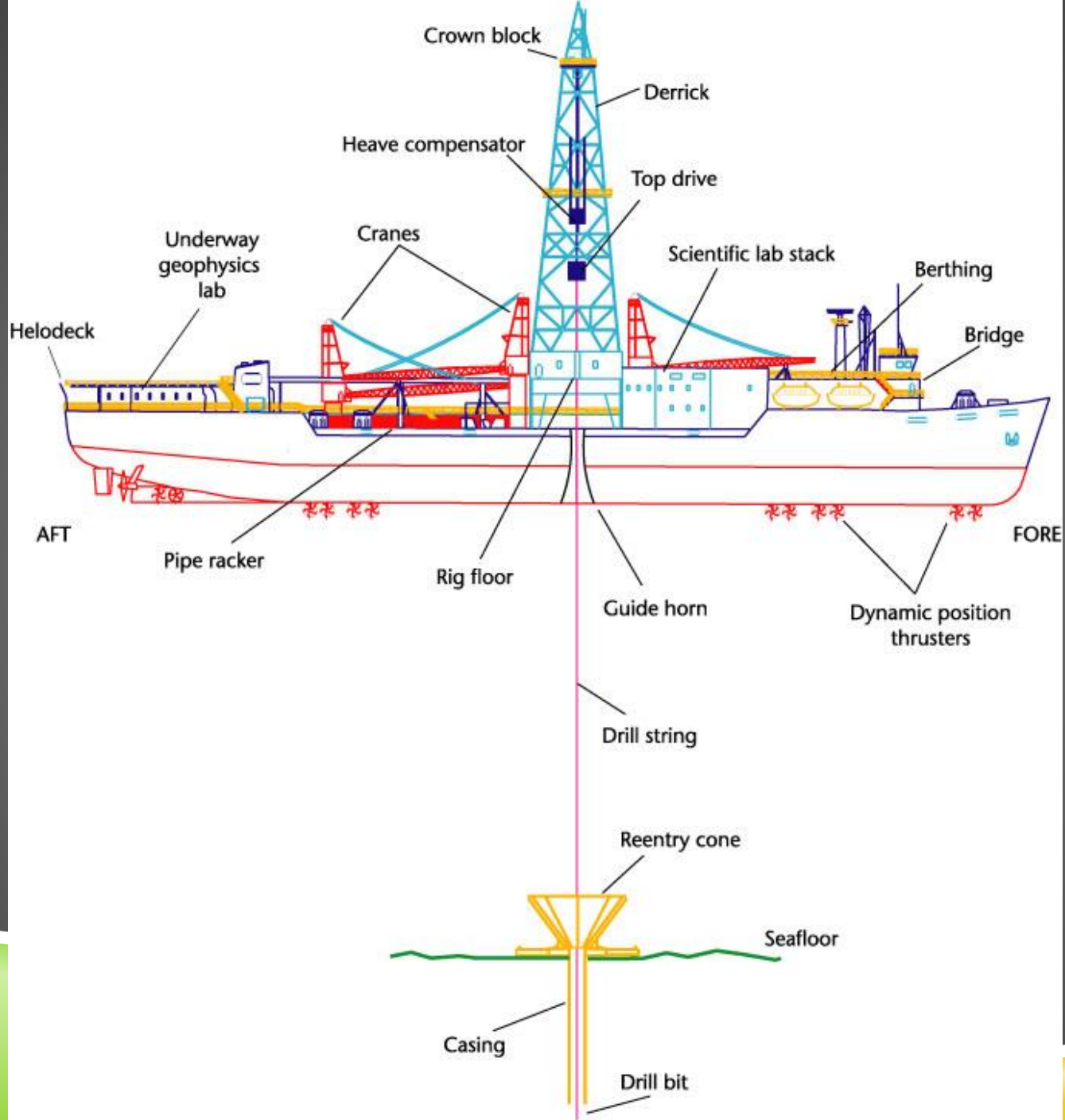
2009 뉴질랜드 캔터베리분지

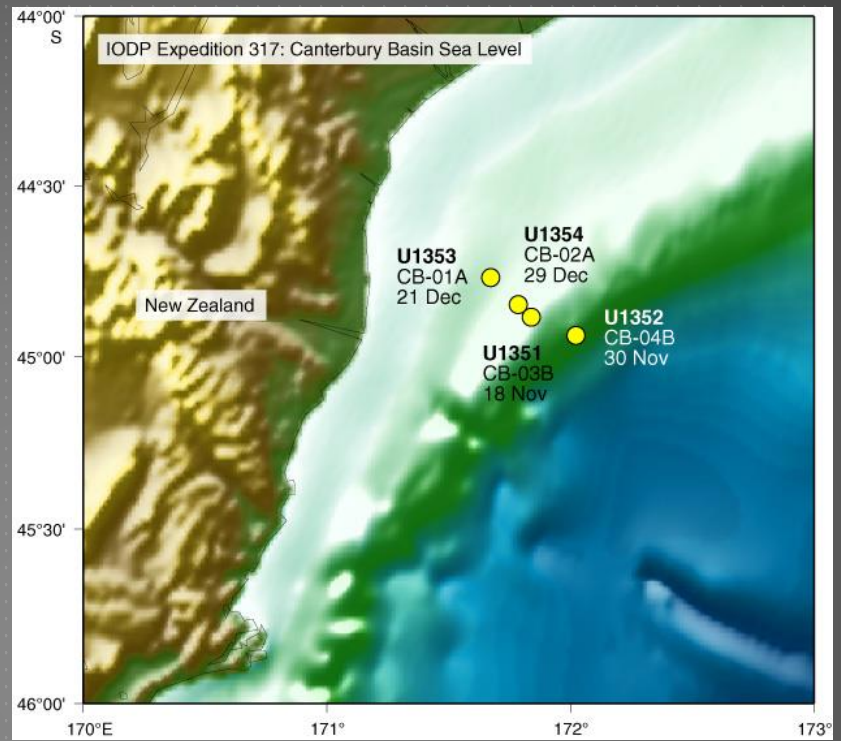
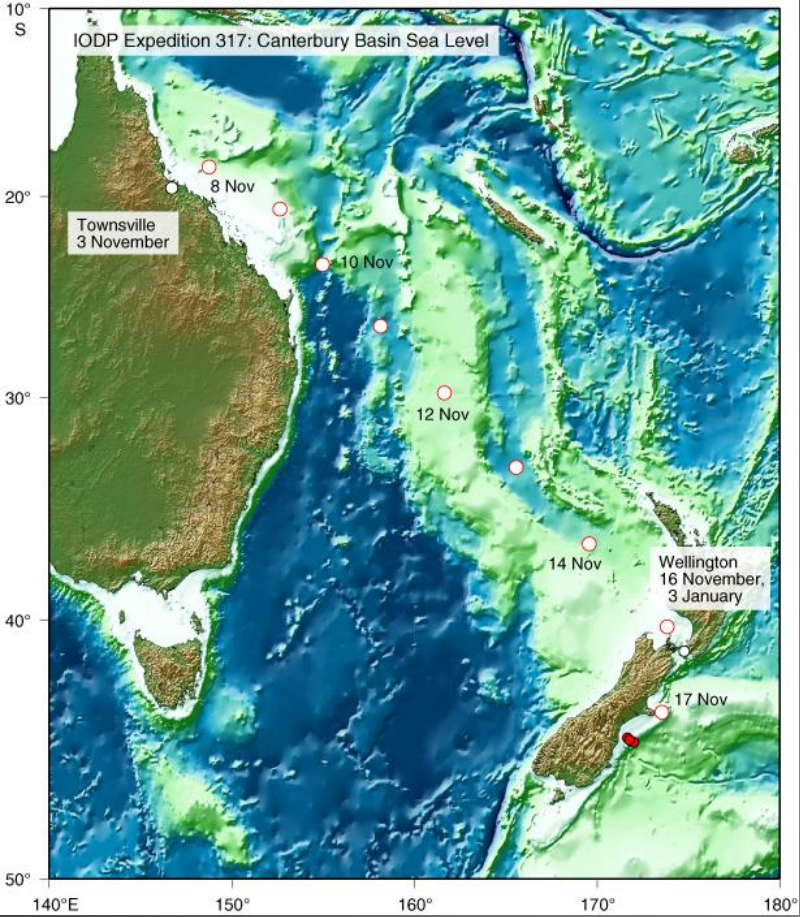
- ▶ 장비
 - ▶ 드릴링 툴셋
- ▶ 탐사선
 - ▶ D/V Joides Resolution
- ▶ 탐사 목적
 - ▶ 분지의 열구조 파악
- ▶ 탐사 결과
 - ▶ 예상보다 낮은 지온경사도
 - ▶ 온도 추정에 있어 고화현상의 중요성
 - ▶ 공극률과 열전도도의 경험적인 관계식
- ▶ 어려운 점
 - ▶ 방대한 연관 자료들

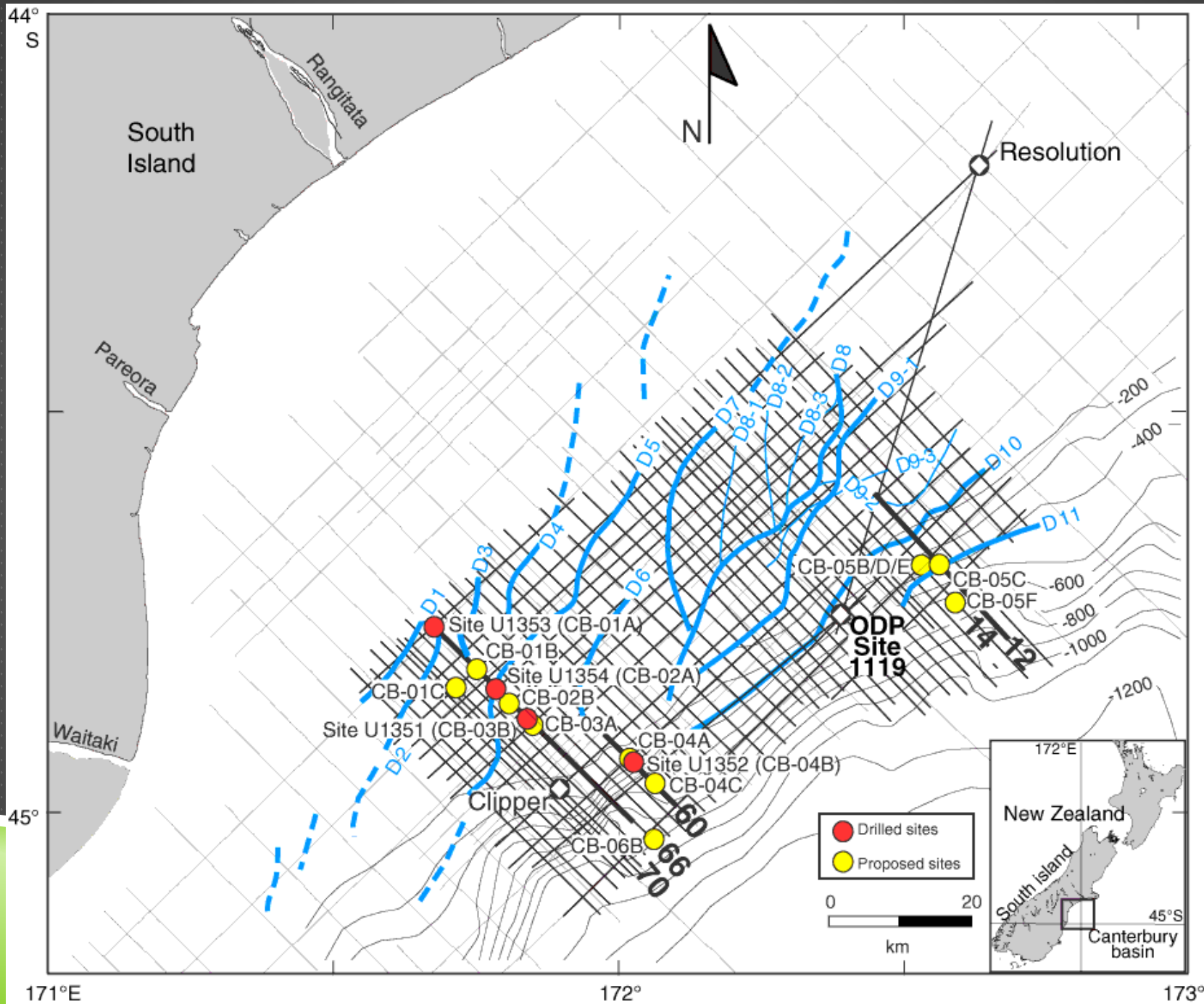












44°
S

South
Island

Rangitata

N

Resolution

Pareora

-200

-400

-600

-800

-1000

-1200

Site U1353 (CB-01A)

CB-01B

Site U1354 (CB-02A)

CB-02B

Site U1351 (CB-03B)

CB-03A

CB-04A

Site U1352 (CB-04B)

CB-04C

CB-05B/D/E

CB-05C

CB-05F

ODP
Site
1119

Clipper

CB-06B

● Drilled sites
● Proposed sites

0 20
km



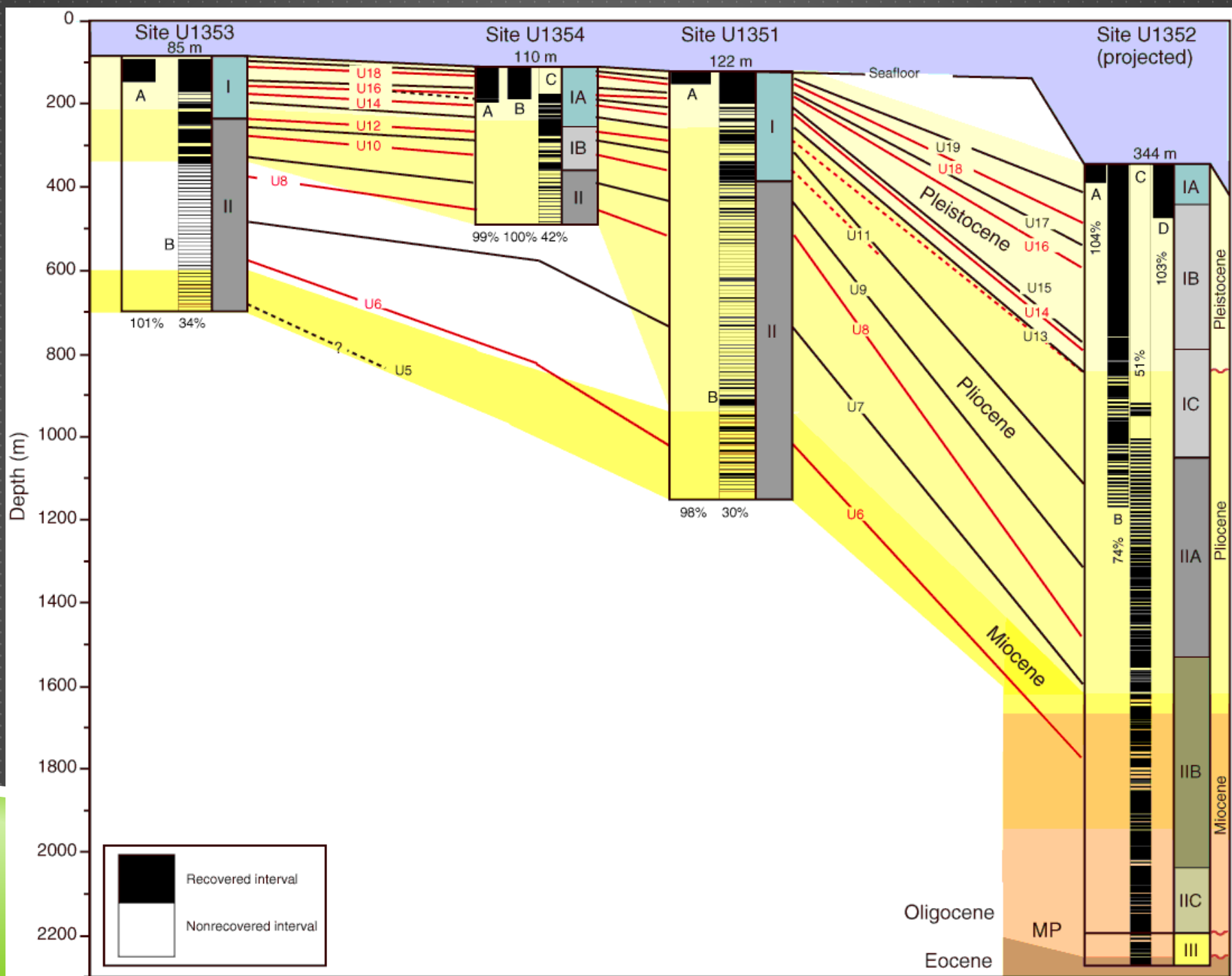
172°E

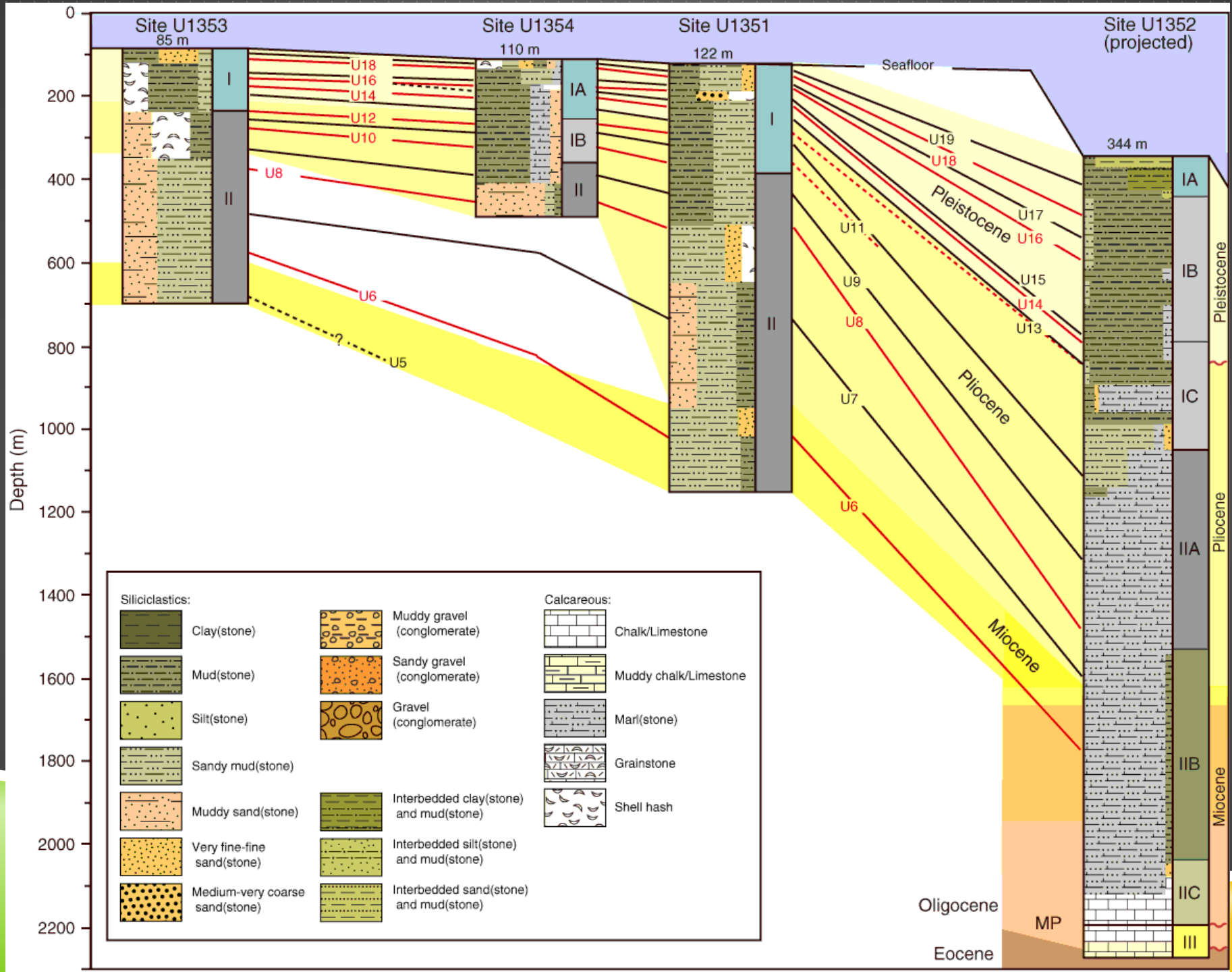
45°S

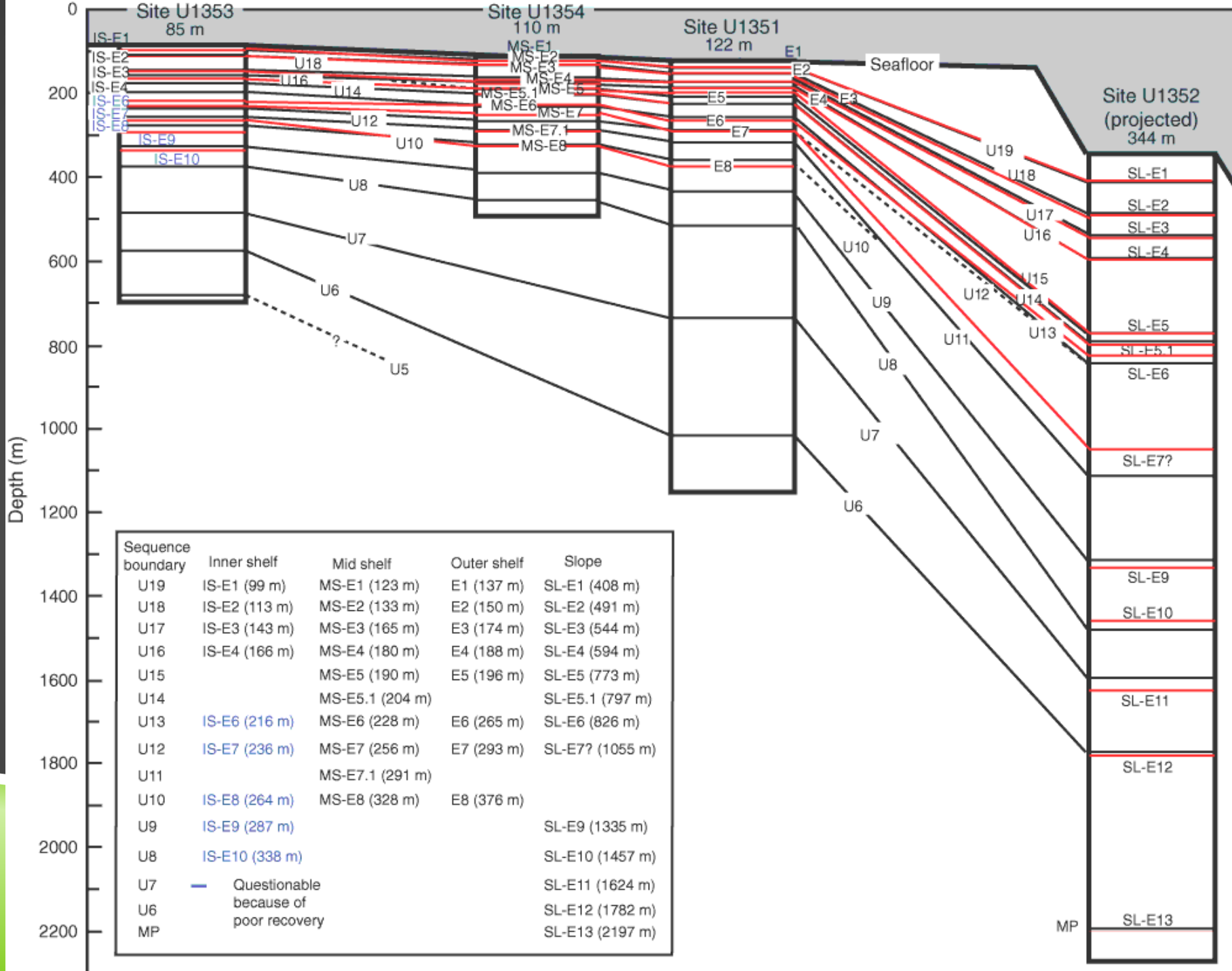
171°E

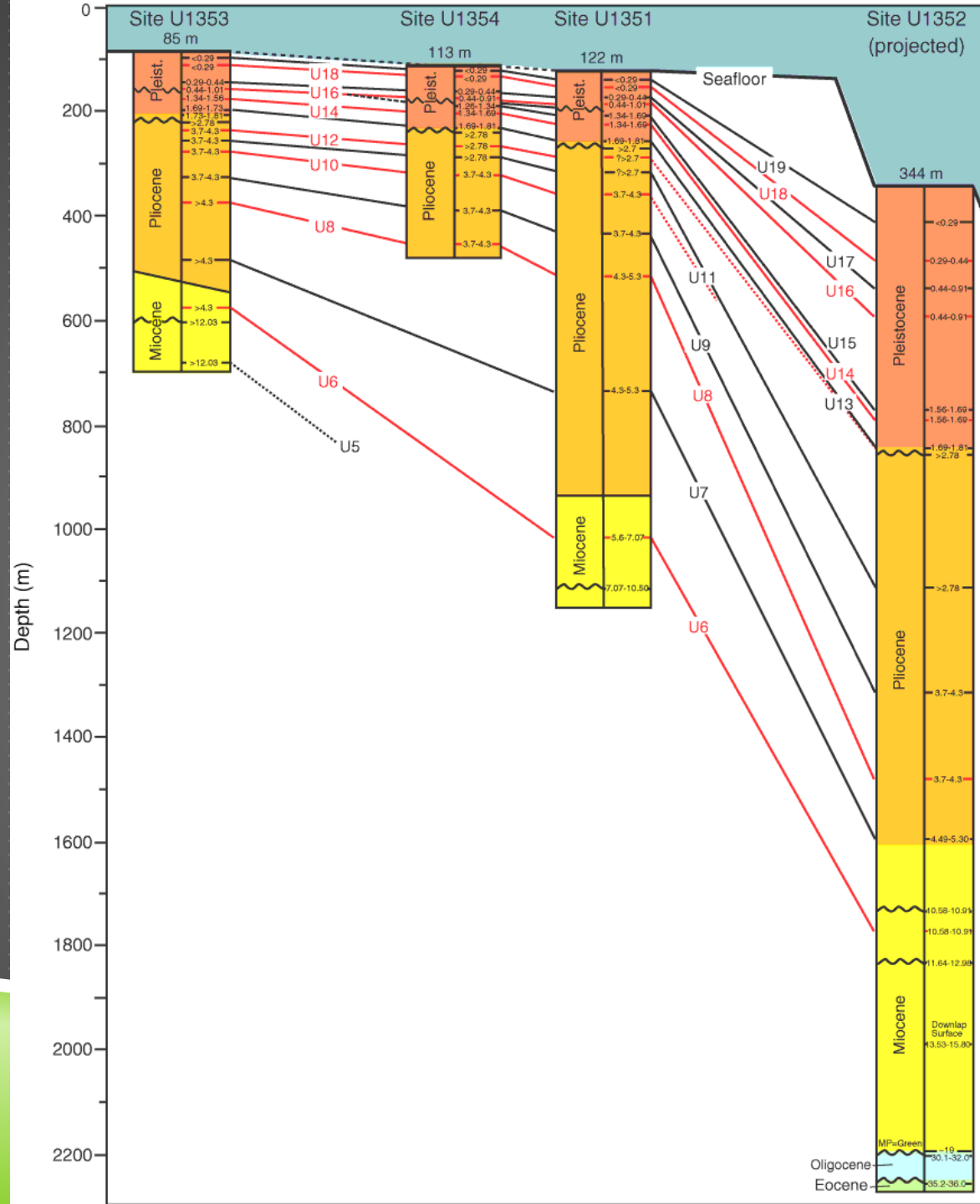
172°

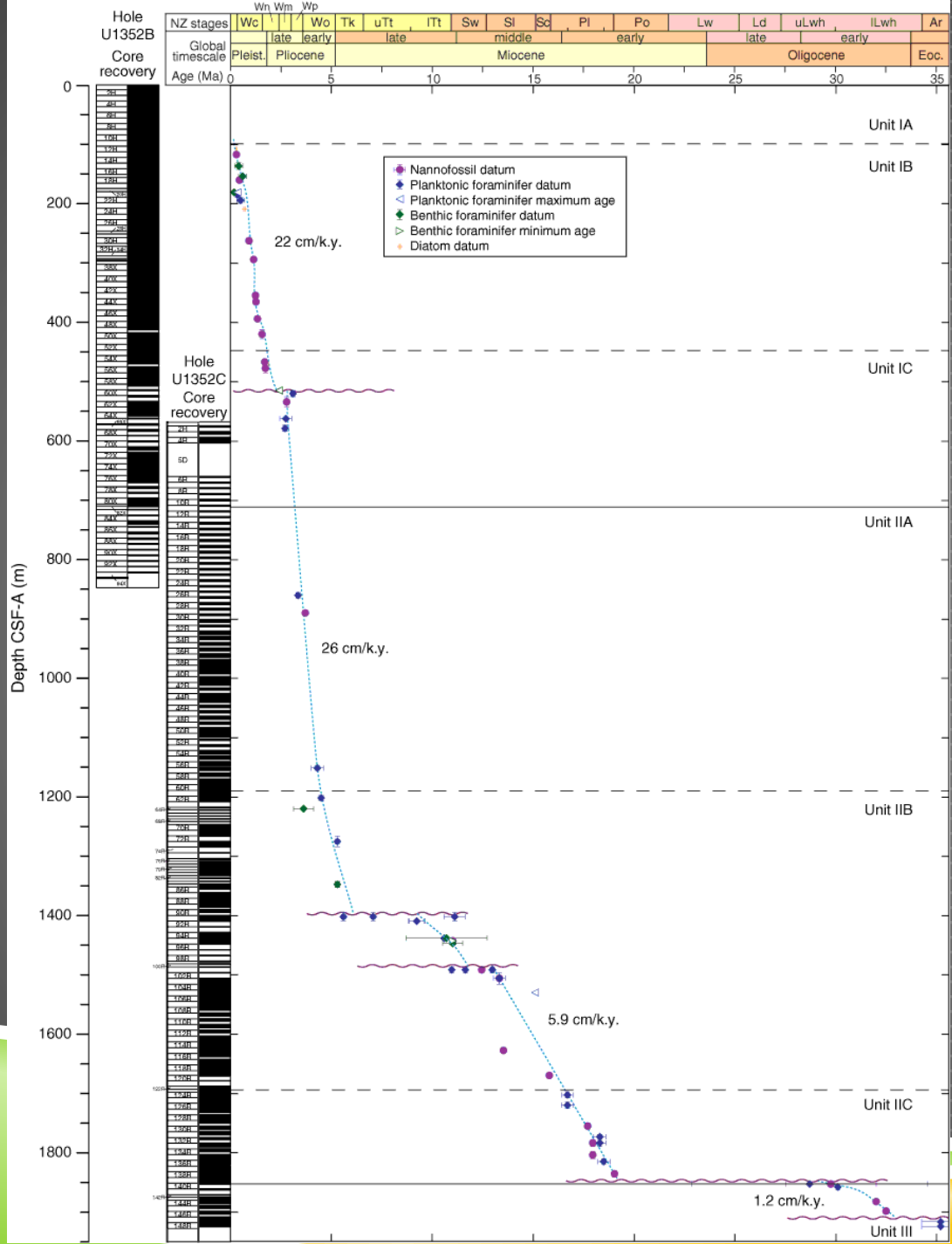
173°

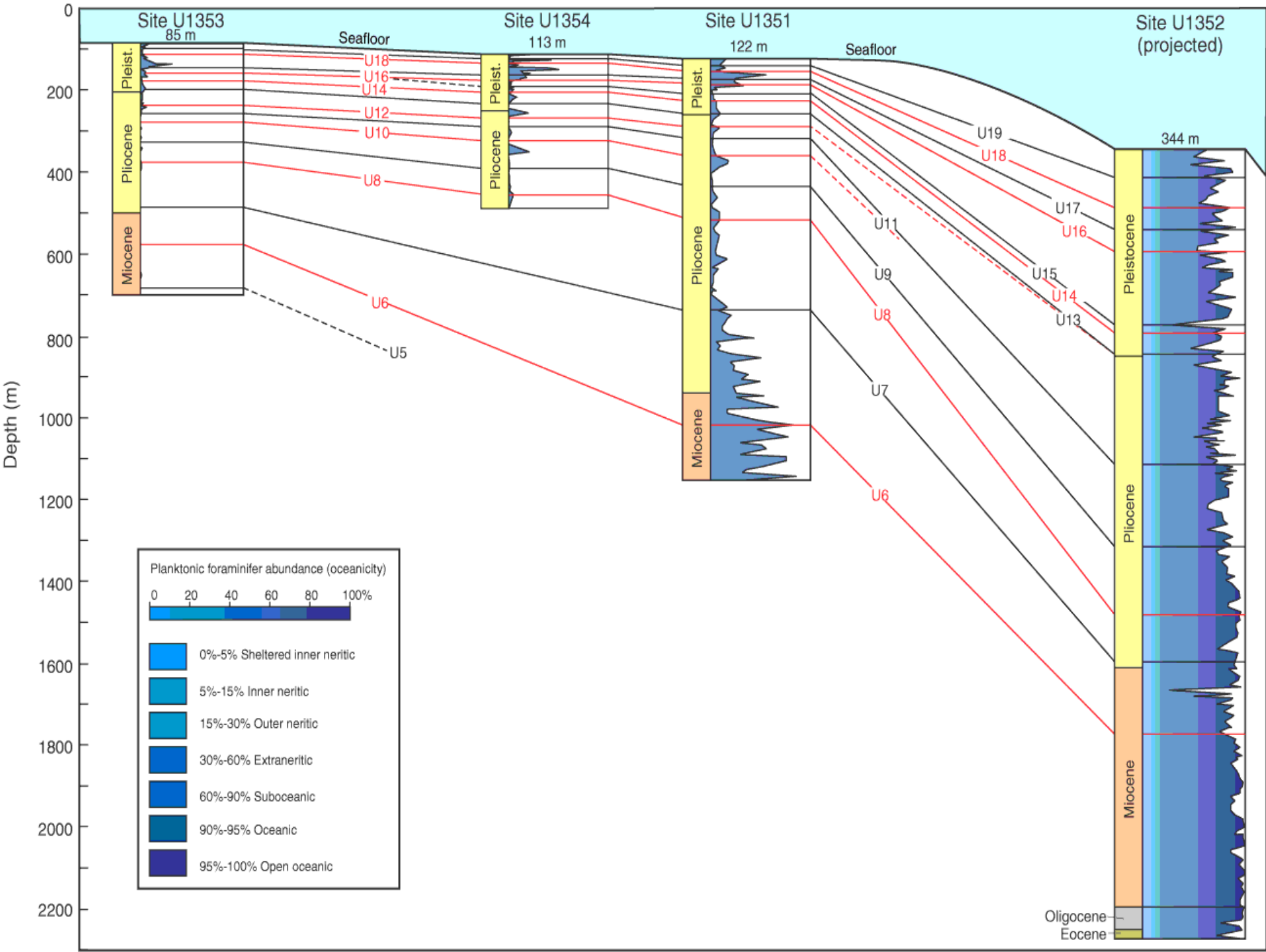


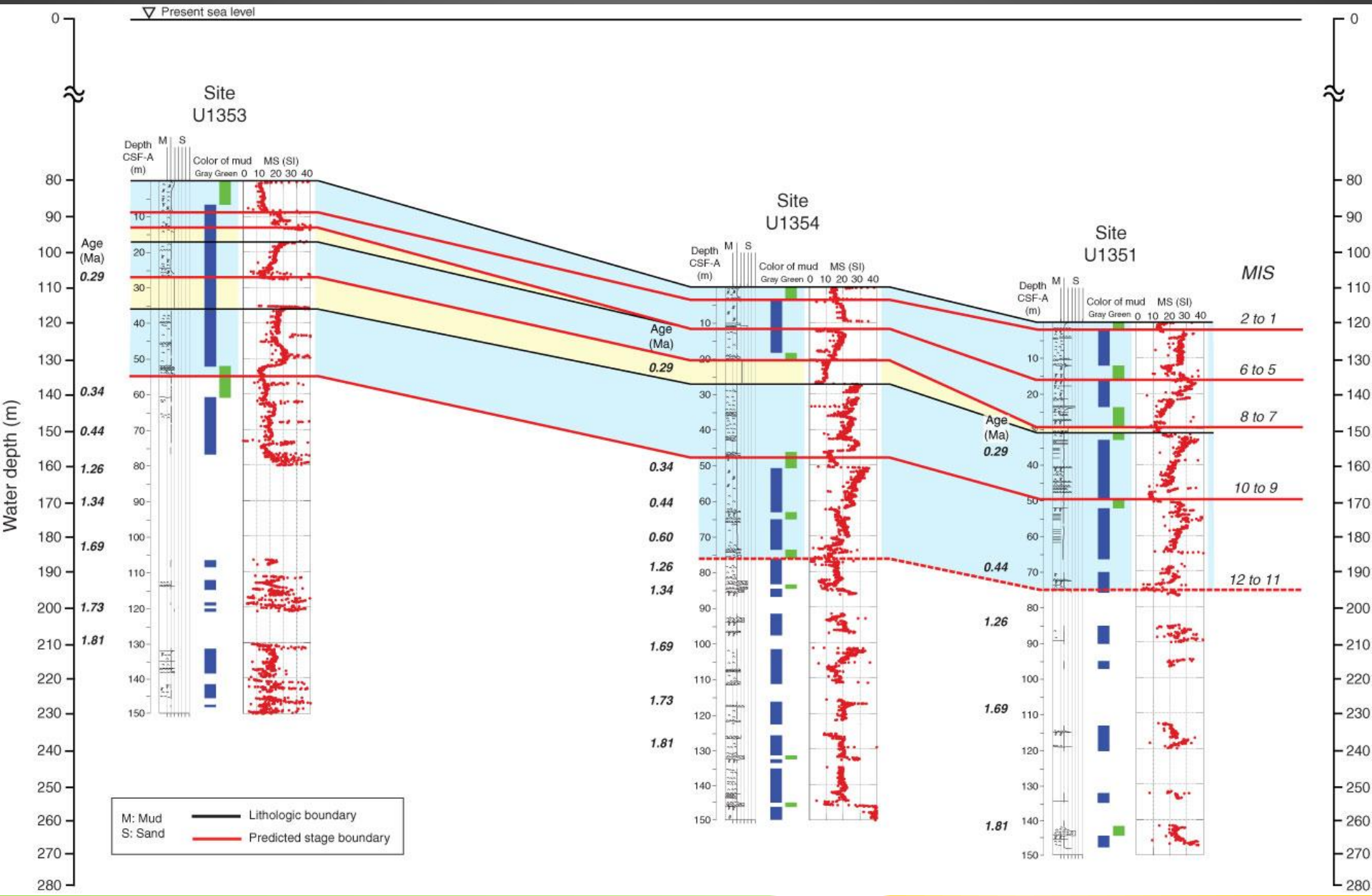


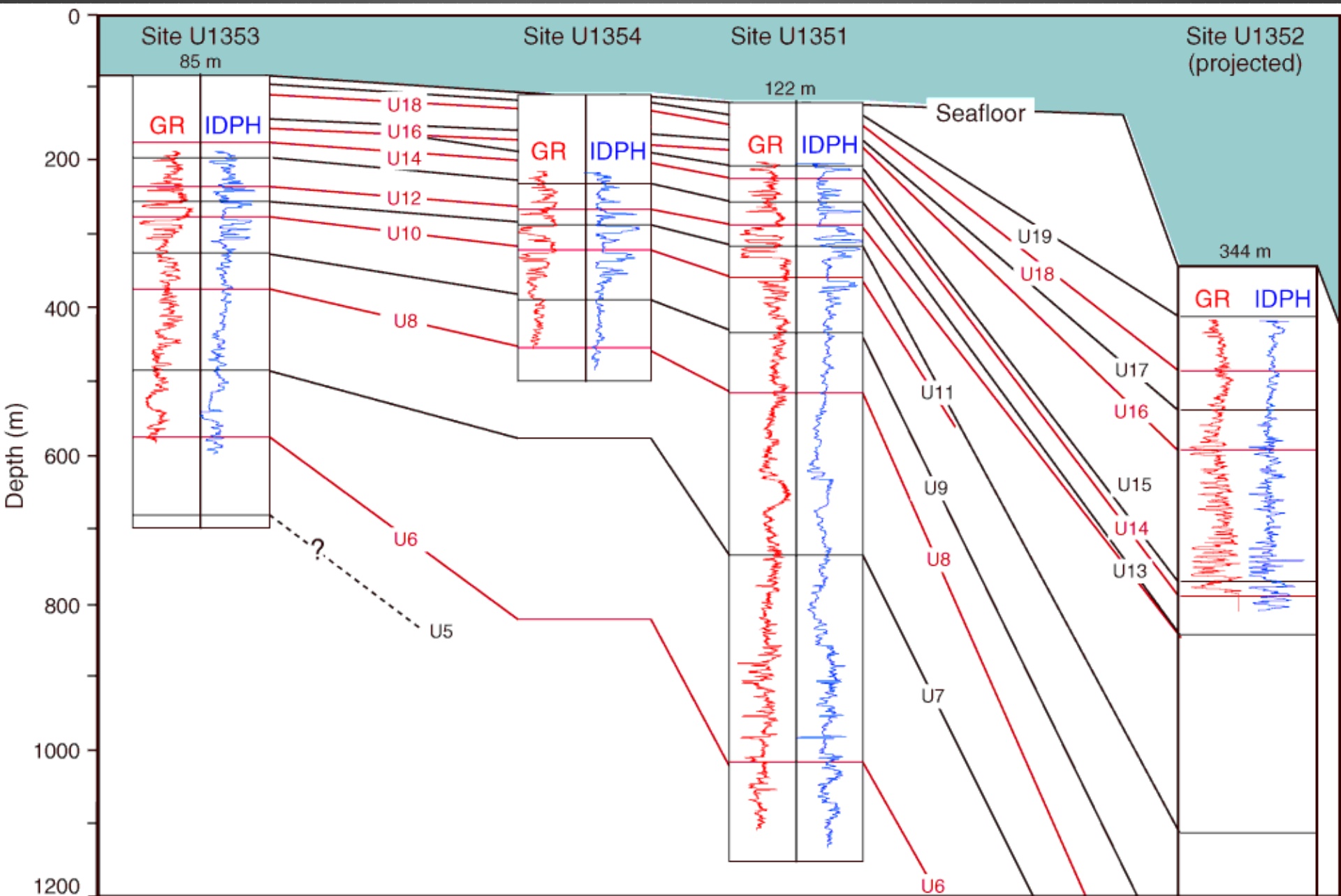


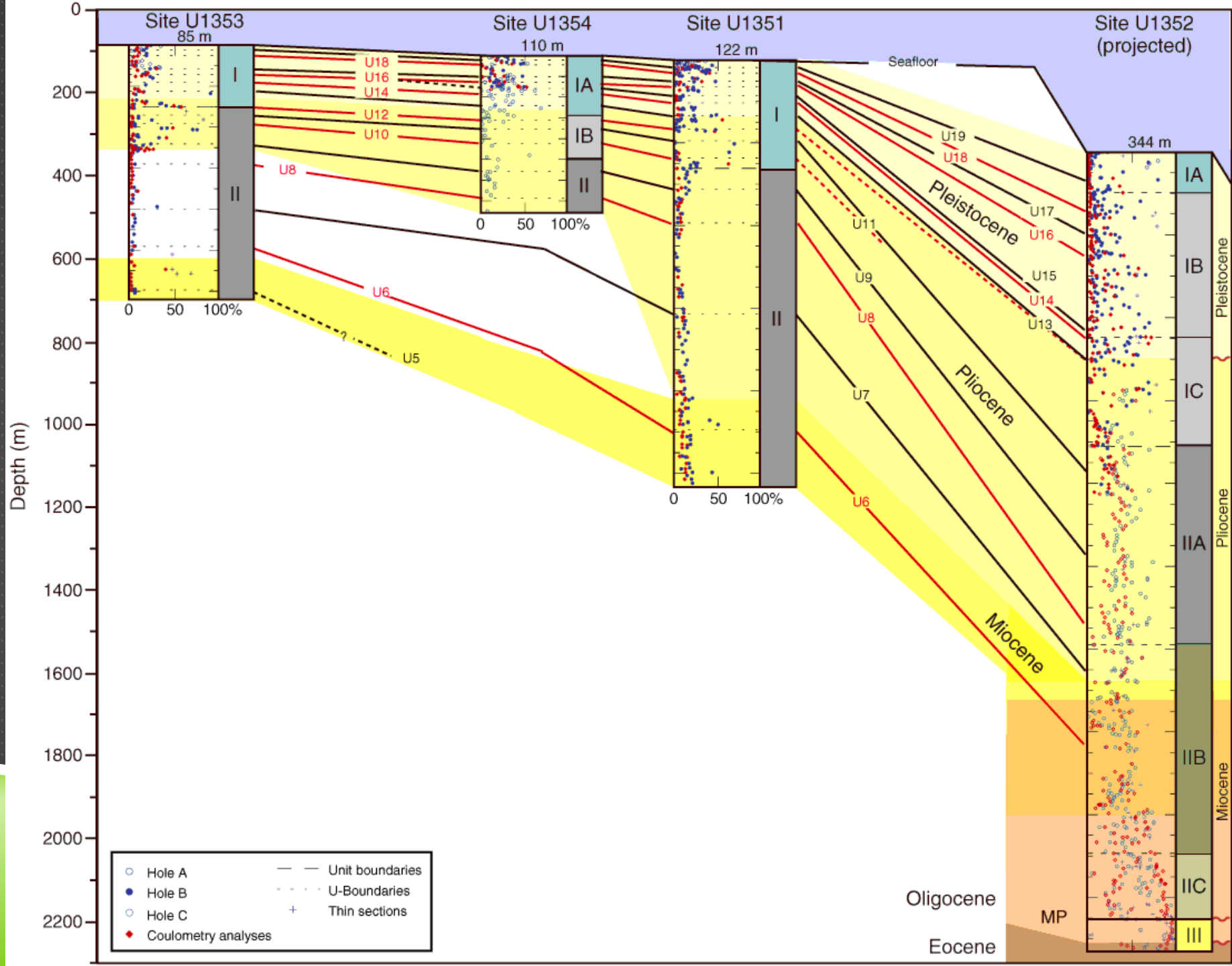


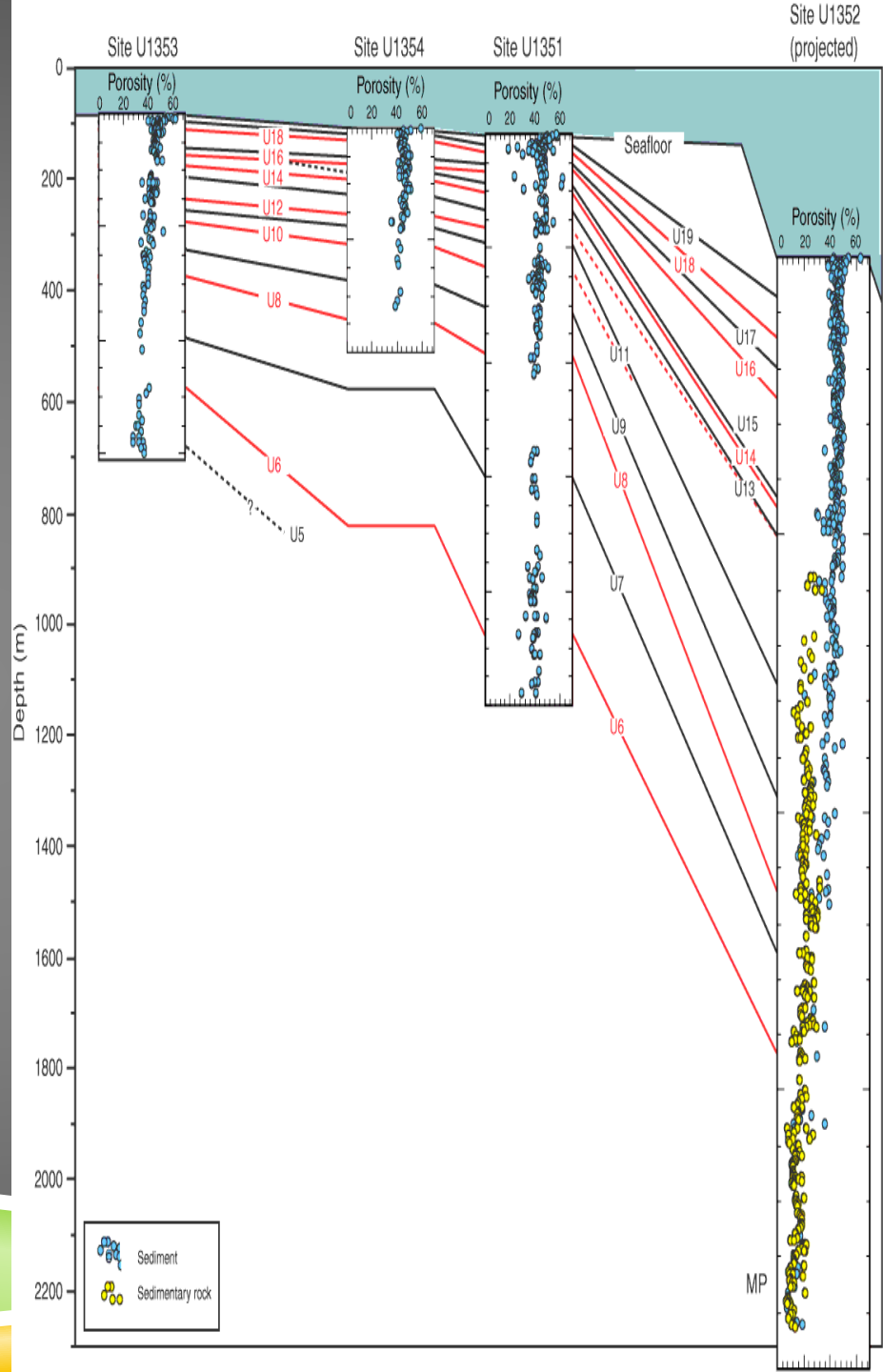
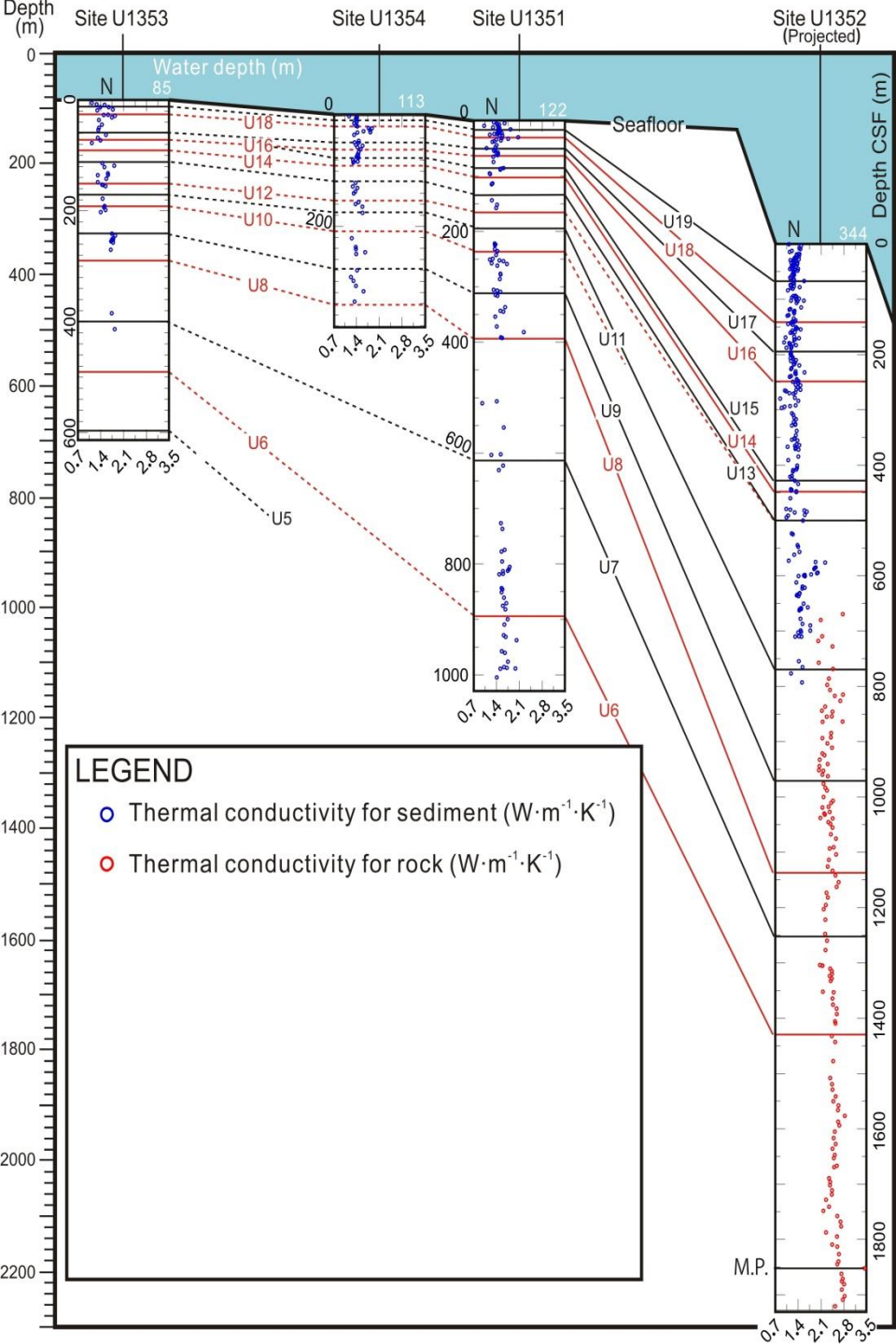






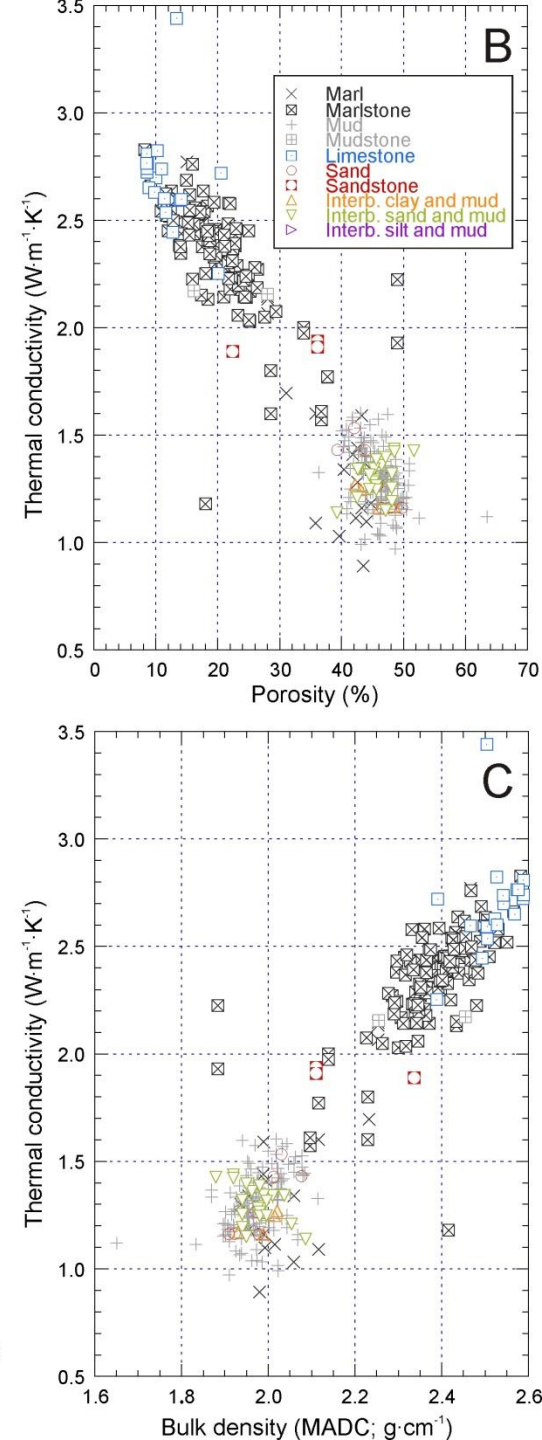
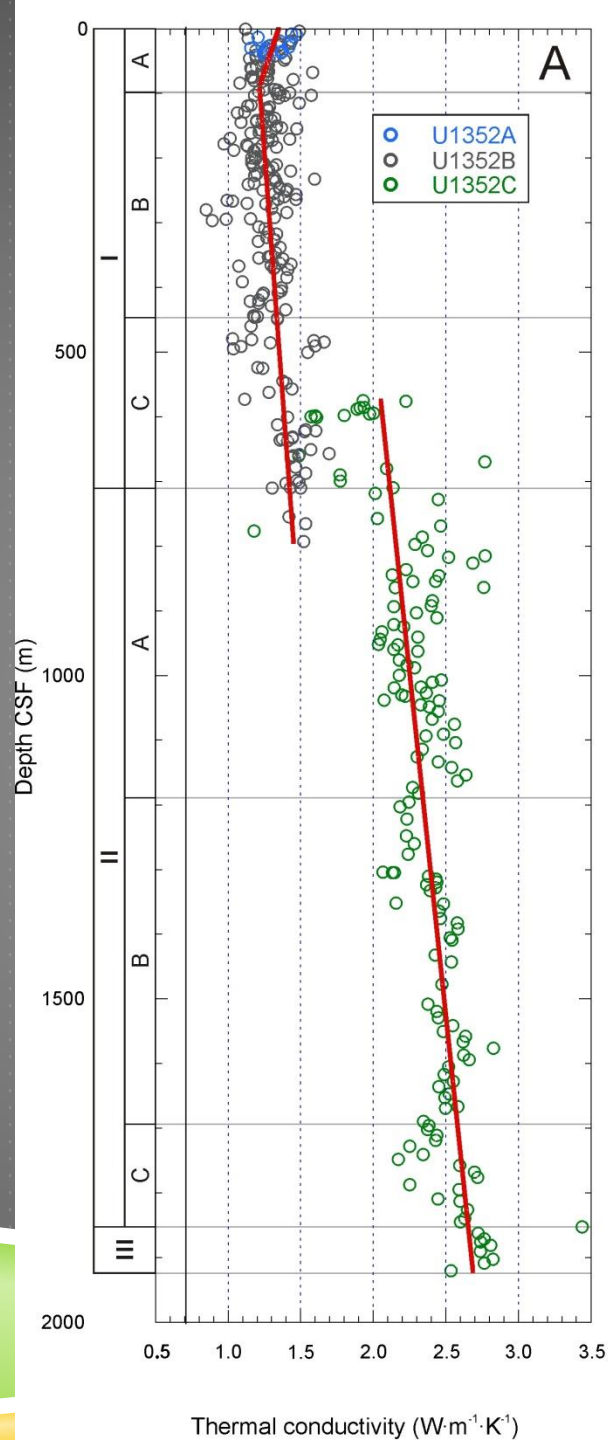
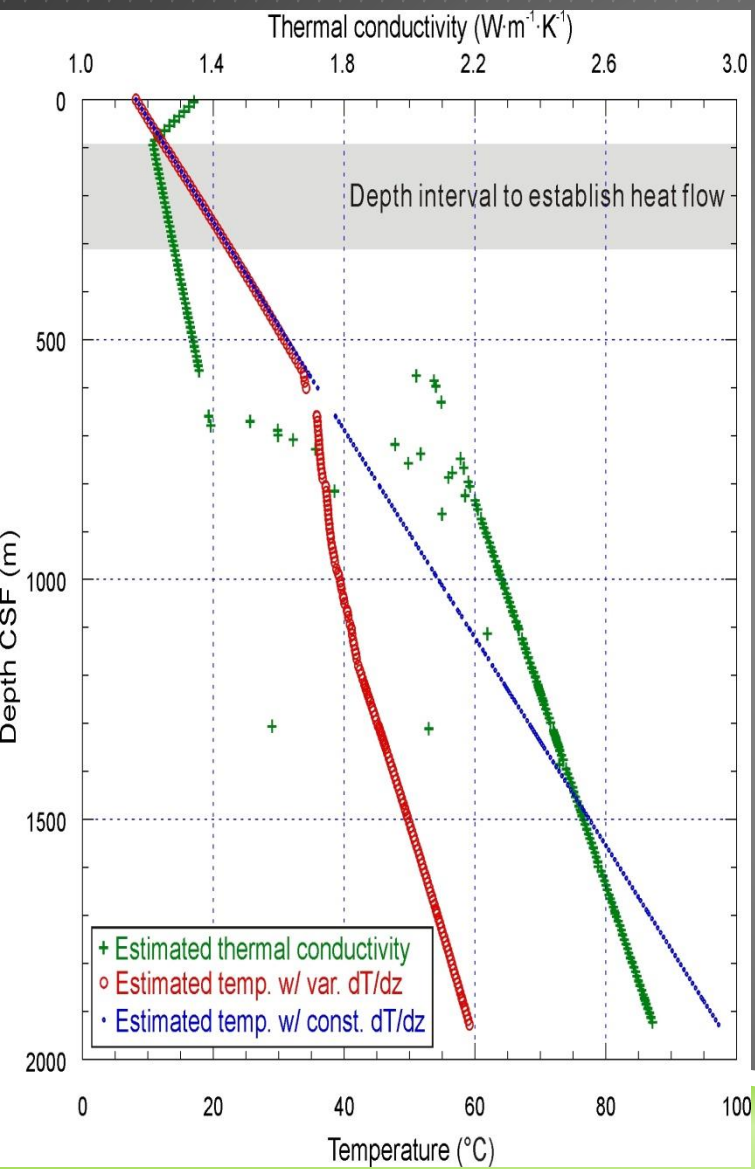








SITE UI352



요약

- ▶ 해양지열류량은 자연현상을 밝히는 데 꽤나 유용하게 사용된다
- ▶ 해양탐사는 예상 외로 흥미롭다
- ▶ 궁금한 점이 있다면 ygkim@kopri.re.kr
- ▶ 수업시간은 짧을 수록 좋다