

かいいれい KR06-14 航海クルーズレポート

塩原 肇 (東京大学地震研究所 海半球観測研究センター)
杉岡 裕子 (海洋研究開発機構 地球内部変動研究センター)
馬場 聖至 (東京大学地震研究所 海半球観測研究センター)
笠谷 貴史 (海洋研究開発機構 地球内部変動研究センター)
志藤 あずさ (東京大学大学院 理学系研究科)
伊藤 亜妃 (海洋研究開発機構 地球内部変動研究センター)
一北 岳夫 (有限会社 テラテクニカ)

2006年10月29日 (機構岸壁) ~ 11月20日 (機構岸壁)

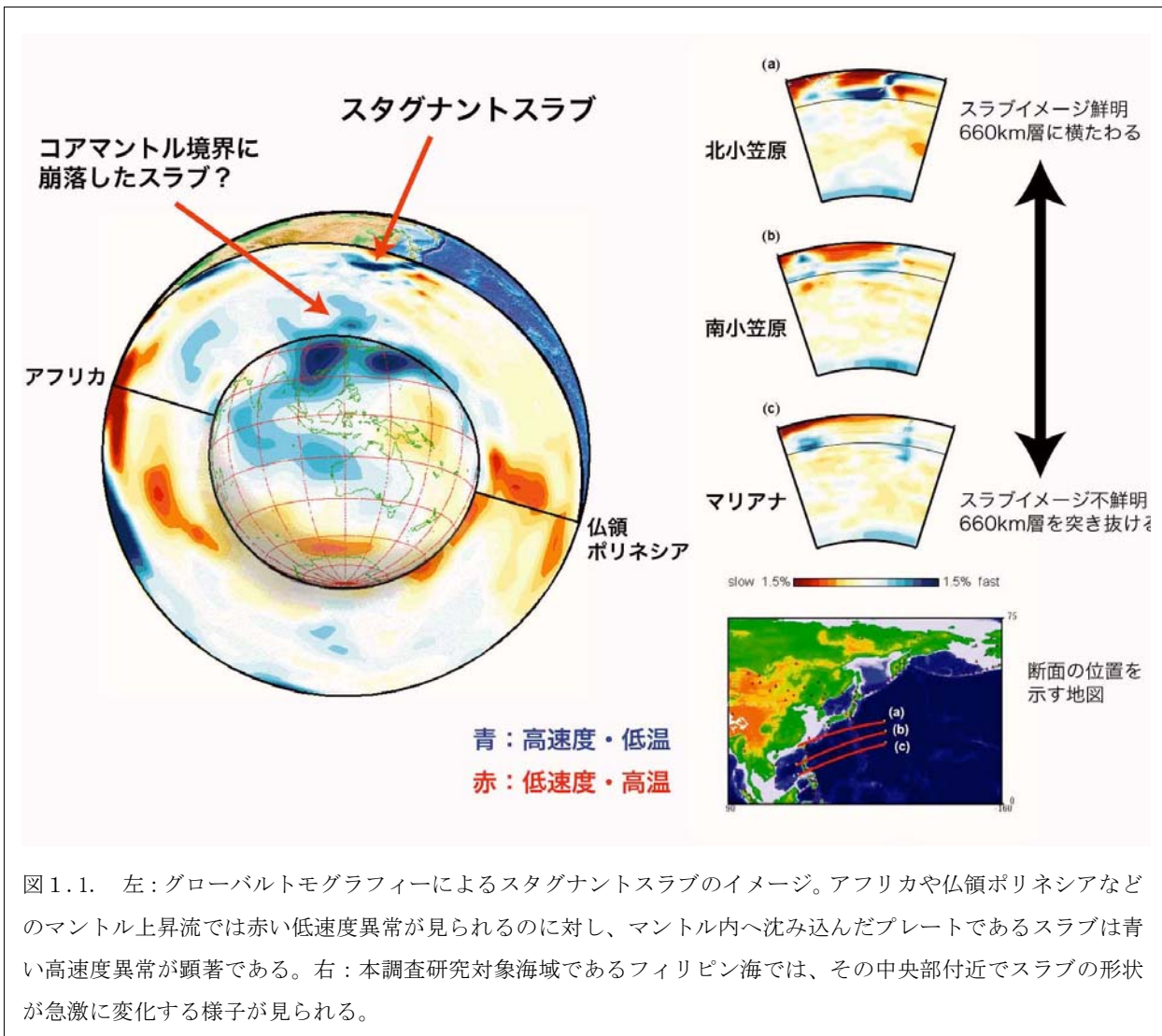


1. 本調査研究の目的

本航海は特定領域研究「スタグナントスラブ：マントルダイナミクスの新展開」（領域代表者：深尾良夫）における 2 つの計画研究グループ、「海底広帯域地震観測でスタグナントスラブを診る」（代表：金沢敏彦）および「海底電磁気機動観測でスタグナントスラブを診る」（代表：歌田久司）が共同で実施している。これは 3 年間に渡る長期海底観測であり、昨年の KR05-14 航海で開始した 1 年目の観測機材回収、及び 2 年目の継続的観測の開始、が本航海での主目的である。

1. 1. 特定領域研究全体の目的

本特定領域全体は、プレート沈み込みに関わる「スタグナントスラブ」の概念をキーワードに、地球物理観測・超高压地球科学・計算機科学の先端的研究グループが結集し、5 年間でマントルダイナミクス研究に新展開をもたらすために設定され、具体的には次の 3 点が目的となっている。(1)カムチャッカから日本を経てマリアナに至る世界最大の沈み込み帯に沿ってスタグナントスラブの全貌を明らかにするため、特に分解能の低い極東ロシア域とフィリピン海域において長期アレイ地震観測・電磁気観測を実施する。(2)沈み込むスラブが上部・下部マントル境界付近で滞留するメカニズムと滞留の後に崩落するメカニズムをマントル物質に関する高温高压実験により明らかにする。(3)現実の地球に近いパラメータ空間・モデル空間で地球シミュレータによる対流モデリングを行い、その結果と観測・実験結果とを合わせて、スタグナントスラブの滞留と崩落のメカニズムを明らかにする。また滞留と崩落の過程がプレート運動史ひいては地球史に及ぼす影響を明らかにする。



「スタグナントスラブ」現象（図 1.1 左）は、その発見から一般的存在の検証までを一貫して本領域参加者がリードしてきたもので、現在では、マントルダイナミクスにおけるその役割が世界的に注目されている。スタグナントスラブが注目されるのは、単にそれがマントル遷移層において最も際立つ現象というだけではなく、マントル対流の非定常性と関わってプレート運動史、ひいては地球史を理解する 1 つの鍵と見られるからである。本特定領域の研究はこの「スタグナントスラブ」の概念を独自の切り込み口とし、そこに日本が世界に誇る海底地球物理観測技術と高温高圧実験技術を特色ある研究手法として持ち込み、世界最速級のコンピュータを駆使して、下降流の側からマントル対流の全容に迫ろうとするものである。

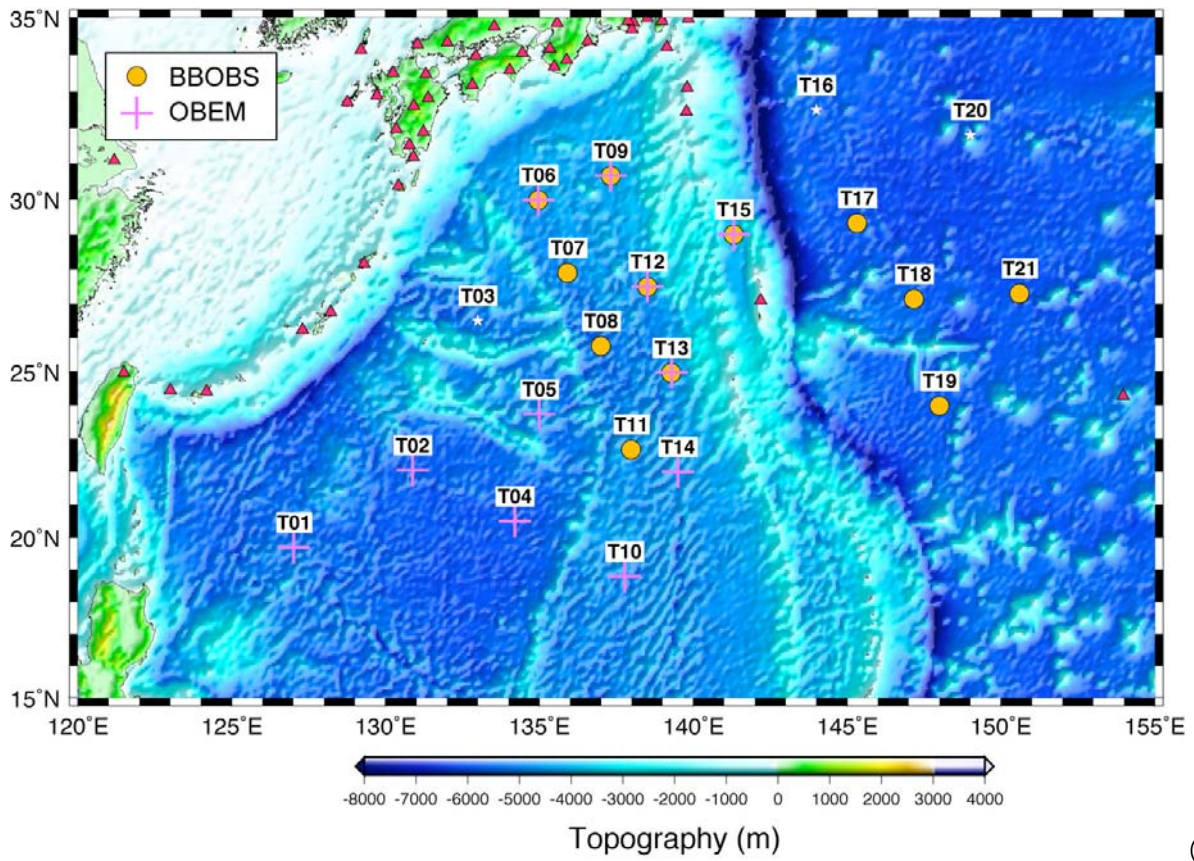
1. 2. 本調査研究の目的

本特定領域の「観測」によるアプローチでは、カムチャッカ・千島から日本を経て伊豆小笠原・マリアナに至る世界最大の沈み込み帯に沿ってスタグナントスラブの全貌を高密度な観測により明らかにすることを目的とする。本調査研究では、従来のトモグラフィーでは十分な分解能が得られていないフィリピン海域において長期アレイ地震・電磁気観測を実施する。この海域における観測が重要なのは、日本列島からフィリピン海中央部までのマントル遷移層付近に見られる高速度異常領域（＝スタグナントスラブ）が、フィリピン海南部に向けて消失するという急激な変化が見られる点である（図 1.1 右）。これに対応する構造の変化は、太平洋プレート側においても見られ、スラブの滞留に伴って周辺のマントルの状態にも変化が生じていることを示唆する。本調査研究で実施する海底広帯域地震・電磁気観測で得られるデータに基づき従来よりも格段に鮮明なスタグナントスラブ像を得て、その顕著な形状変化が何に起因するかを明らかにする。また、地震波パラメータによるトモグラフィーだけでなく、電気伝導度という独立な観測量を加えることにより、温度および水の分布などのダイナミクスを制御するパラメータを、従来よりも格段に高い精度で推定する。

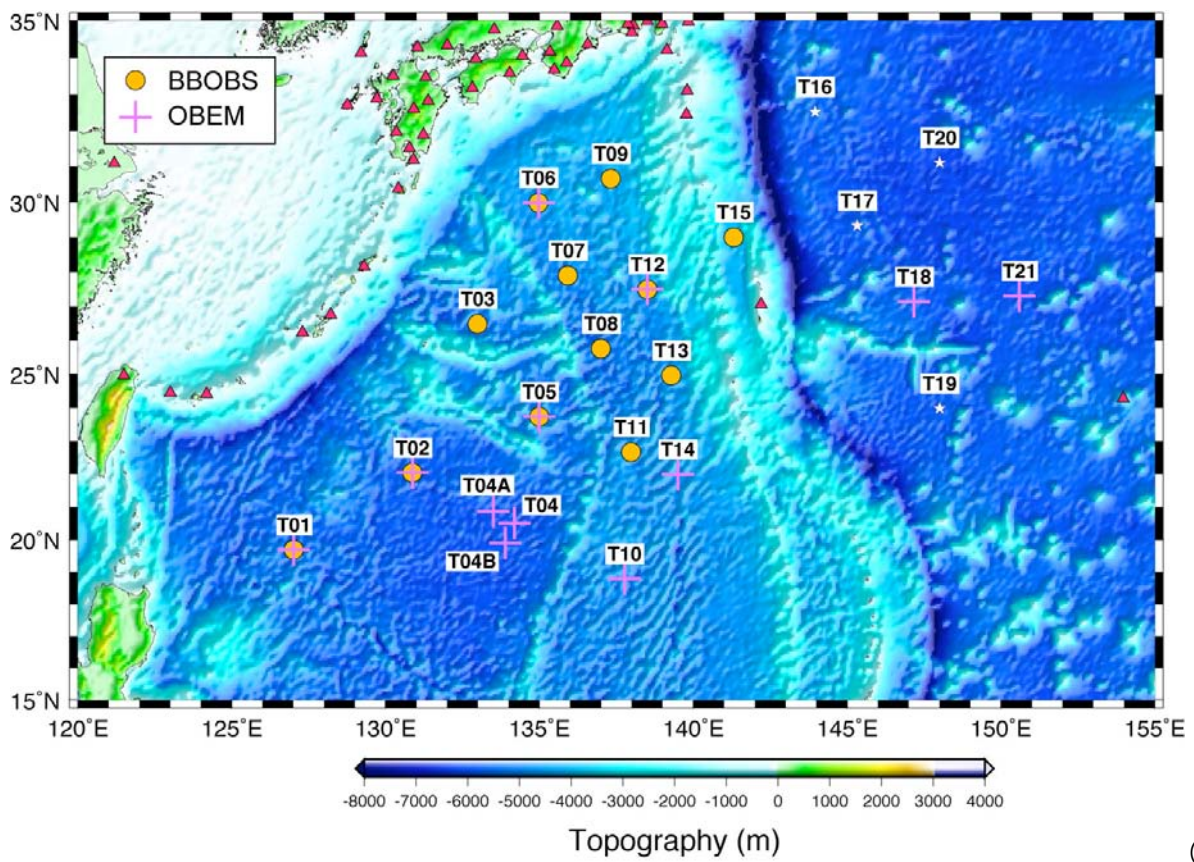
1. 3. 本航海で設置・回収した観測点配置

図 1.2 に示すのが本航海で回収・設置した観測点配置で、上の(A)は回収、下の(B)は設置したものを示している。観測点配置の年次計画は次のようなものである。2005 年の設置航海では全 21 観測点へ行き、BBOBS は 12 台を T01、T02、T03、T05 を除く九州パラオ海嶺より東側の観測点に、OBEM は 11 台を T15 以西に設置する。2006 年には、これらを回収しつつ新規の BBOBS と OBEM を用意して BBOBS は 12 台を T17、T18、T19、T21 を除く点に、OBEM は T06、T09、T16、T20 を除く 10 点で設置する。2007 年には 2006 年設置の機材を回収しつつ、BBOBS は全 16 観測点、OBEM は T06、T09、T12、T15 を除く 11 点での設置を行い、2008 年にはそれらを回収し一連の観測を終了する。

本航海では、昨年度に観測機器を設置した点以外に、T03 では精密地形調査の後、BBOBS を新規に設置した。また、T16・T20 では来年度に OBEM を設置する候補地点を選定するための精密地形調査を実施した。これは 2007 年の観測航海で SeaBeam 装置を持たない民間備船を予定しているためである。



(A)



(B)

図 1.2. 本航海で回収(A)・設置(B)した海底地震・電磁気観測点の配置図(●:地震, +:電磁気, ☆:休止中の観測点, ▲:陸上広帯域地震観測点)。

2. 調査日程

2. 1. 航海ログ

Shipboard Log & Ship Track(KR0614 06/10/29 - 06/11/20)				
Date	Time	Description	Remark	Position/Weather/Wind/ Sea condition (Noon)
29,Oct,06	8:00	embarkation science group		10/29 12:00
	9:00	departure from JAMSTEC		34-51N, 139-17E
	9:45~10:00	on board seminar	for safety KAIREI life	cloudy
	16:40	pray safety cruise to KONPIRASAN		NNE-3(Gentle breeze)
				Sea smooth
30,Oct,06	6:00	arrived at site T09		10/30 12:00
	7:04	Launched Air Gun		30-41N, 137-19E
	7:27~8:26	carried out Air Gun shooting		cloudy
	8:32	recovered Air Gun		NNE-1(Light air)
	9:25	recovered BBOBS		Sea smooth
	10:25	deployed BBOBS		
	11:27	recovered OBEM		
	12:30	commenced proceeding to site T06		
31,Oct,06	6:20	arrived at site T06		10/31 12:00
	7:00	Launched Air Gun		29-59N, 134-59E
	7:10~7:41	carried out Air Gun shooting		cloudy
	7:45	recovered Air Gun		NE-4(Moderate breeze)
	8:10	deployed OBEM		Sea smooth
	9:10	recovered OBEM		
	9:28	deployed BBOBS		
	10:16	recovered BBOBS		
	10:30~12:00	carried out calibration for BBOBS		
	12:05	commenced proceeding to site T07		
01,Nov,06	6:00	arrived at site T07		11/1 12:00
	6:26	deployed BBOBS		27-31N, 135-07E
	8:53	recovered BBOBS		cloudy
	9:00	commenced proceeding to site T03		NE-6(Strong breeze)
	19:30	arrived at site T03		Sea moderate
	19:34~19:55	carried out MBES survey		
	20:16	deployed BBOBS		
	21:15~22:26	carried out calibration for BBOBS		
	22:30	commenced proceeding to site T05		
02,Nov,06	10:21	arrived at site T05		11/2 12:00
	10:49	deployed BBOBS		23-44N, 134-59E

	11:08	deployed OBEM		fine
	13:13	recovered OBEM		NNW-4(Moderate breeze)
	13:21~14:46	carried out calibration for BBOBS, OBEM		Sea slight
	15:00	commenced proceeding to site T02		
03,Nov,06	6:50	arrived at site T02		11/3 12:00
	7:18	deployed OBEM		22-01N, 130-50E
	7:26	deployed BBOBS		fine
	10:12	recovered OBEM		NE-3(Gentle breeze)
	10:23~11:44	carried out calibration for BBOBS, OBEM		Sea slight
	11:45	commenced proceeding to site T01		
04,Nov,06	5:50	arrived at site T01		11/4 12:00
	6:16	deployed OBEM		19-46N, 127-28E
	6:23	deployed BBOBS		fine
	8:31	recovered OBEM		ESE-3(Gentle breeze)
	8:37~10:11	carried out calibration for BBOBS, OBEM		Sea slight
	15:52	commenced proceeding to site T04A		
05,Nov,06	9:25	arrived at site T04A		11/5 12:00
	9:44	released XBT		20-45N, 133-45E
	10:10~10:30	carried out MBES survey		fine
	10:47	deployed OBEM		W-2(Light breeze)
	10:55	commenced proceeding to site T04		Sea smooth
	13:50	arrived at site T04		
	14:01	deployed OBEM		
	14:10~14:30	carried out calibration for OBEM(site T04)		
	16:50	recovered OBEM		
	17:00	commenced proceeding to site T04B		
	19:22	arrived at site T04B		
	19:30~19:40	carried out MBES survey		
	20:02	deployed OBEM		
	22:10~22:15	carried out calibration for OBEM(site T04B)		
	22:17	commenced proceeding to site T04A		
06,Nov,06	22:10~22:15	carried out calibration for OBEM(site T04A)		11/6 12:00
	7:10	commenced proceeding to site T10		20-23N, 134-30E

				fine
				SSE-2(Light breeze)
				Sea rippled calm
07,Nov,06	6:45	arrived at site T10		11/7 12:00
	7:09	deployed OBEM		19-06N, 137-56E
	9:28	recovered OBEM		fine
	9:42~10:33	carried out calibration for OBEM		ENE-4(Moderate breeze)
	10:35	commenced proceeding to site T14		Sea slight
08,Nov,06	3:45	arrived at site T14		11/8 12:00
	4:04	deployed OBEM		22-35N, 138-10E
	6:05~6:10	carried out calibration for OBEM		cloudy
	6:28	recovered OBEM		NE-5(Fresh breeze)
	6:40	commenced proceeding to site T11		Sea slight
	12:40	arrived at site T11		
	13:05	deployed BBOBS		
	13:15	Launched Air Gun		
	13:21~14:05	carried out Air Gun shooting		
	14:17	recovered Air Gun		
	16:18	recovered BBOBS		
	16:33~17:17	carried out calibration for BBOBS		
	17:20	commenced proceeding to site T13		
09,Nov,06	7:00	arrived at site T13		11/9 12:00
	8:27	deployed BBOBS		25-00N, 139-13E
	9:36	recovered BBOBS		cloudy
	10:00	recovered OBEM		ENE-5(Fresh breeze)
	10:06~11:14	carried out calibration for BBOBS		Sea slight
	11:15	commenced proceeding to site T08		
10,Nov,06	6:00	arrived at site T08		11/10 12:00
	8:14	deployed BBOBS		25-00N, 139-13E
	9:32	recovered BBOBS		cloudy
	9:46~10:44	carried out calibration for BBOBS		E-4(Moderate breeze)
	10:45	commenced proceeding to site T12		Sea slight
11,Nov,06	7:00	arrived at site T12		11/11 12:00
	7:42	deployed OBEM		27-30N, 138-31E
	7:50	deployed BBOBS		cloudy
	8:20	Launched Air Gun		S-7(Near gale)

	8:31~9:03	carried out Air Gun shooting		Sea rough
	9:14	recovered Air Gun		
	9:23~9:29	carried out calibration for OBEM		
	9:58	recovered OBEM		
	10:20~11:20	carried out calibration for BBOBS		
	12:05	recovered BBOBS		
	12:10	commenced proceeding to site T19		
12,Nov,06				11/12 12:00
				25-26N, 144-07E
				cloudy
				W-5(Fresh breeze)
				Sea moderate
13,Nov,06	7:00	arrived at site T19		11/13 12:00
	7:53	Launched Air Gun		24-04N, 148-04E
	8:06~8:32	carried out Air Gun shooting		cloudy
	8:43	recovered Air Gun		NNE-6(Strong breeze)
	11:17	recovered BBOBS		Sea moderate
	11:30	commenced proceeding to site T21		
14,Nov,06	6:30	arrived at site T21		11/14 12:00
	7:37	deployed OBEM		27-18N, 150-19E
	9:58	recovered BBOBS		fine
	10:00~10:05	carried out calibration for OBEM		ENE-4(Moderate breeze)
	10:18	commenced proceeding to site T18		Sea slight
15,Nov,06	6:30	arrived at site T18		11/15 12:00
	7:39	deployed OBEM		27-10N, 147-07E
	8:13	Launched Air Gun		fine
	8:30~8:56	carried out Air Gun shooting		SSE-4(Moderate breeze)
	9:03	recovered Air Gun		Sea slight
	10:24~11:37	carried out calibration for OBEM		
	11:23	recovered BBOBS		
	11:30	commenced proceeding to site T15		
16,Nov,06	8:50	arrived at site T15		11/16 12:00
	9:00	deployed BBOBS		29-00N, 141-20E
	11:07	recovered BBOBS		fine
	11:29	recovered OBEM		NNW-4(Moderate breeze)

	11:55	commenced proceeding to site T17		Sea slight
17,Nov,06	6:50	arrived at site T17		11/17 12:00
	7:50	Launched Air Gun		29-25N, 145-27E
	8:07~8:39	carried out Air Gun shooting		fine
	8:48	recovered Air Gun		W-4(Moderate breeze)
	11:09	recovered BBOBS		Sea slight
	11:30	commenced proceeding to site T20		
18,Nov,06	0:10	arrived at site T20		11/18 12:00
	0:10~0:34	carried out MBES survey		32-19N, 145-49E
	17:40	arrived at site T16		cloudy
	17:48~18:18	carried out MBES survey		NNE-5(Strong breeze)
	18:20	commenced proceeding to Yokosuka		Sea moderate
19,Nov,06	11:35	anchored at Yokosuka Ko section 4		11/19 12:00
				35-20N, 139-40E
				rain
				N-4(Moderate breeze)
				Sea modrate
05,Sep,06	8:00	recovered anchor		
	9:00	arrived in JAMSTEC		
	12:00	left a ship and concluded KR0614	KR0614 scientists	

Sea Condition ; 1 (Rippled Calm 漣僅少) , 2 (Smooth 細波立つ) , 3 (Slight 白波僅少) ,
4 (Moderate 白波全部) , 5 (Rough 白波高し)

2. 2. 航跡図

KR0614_Nav Track

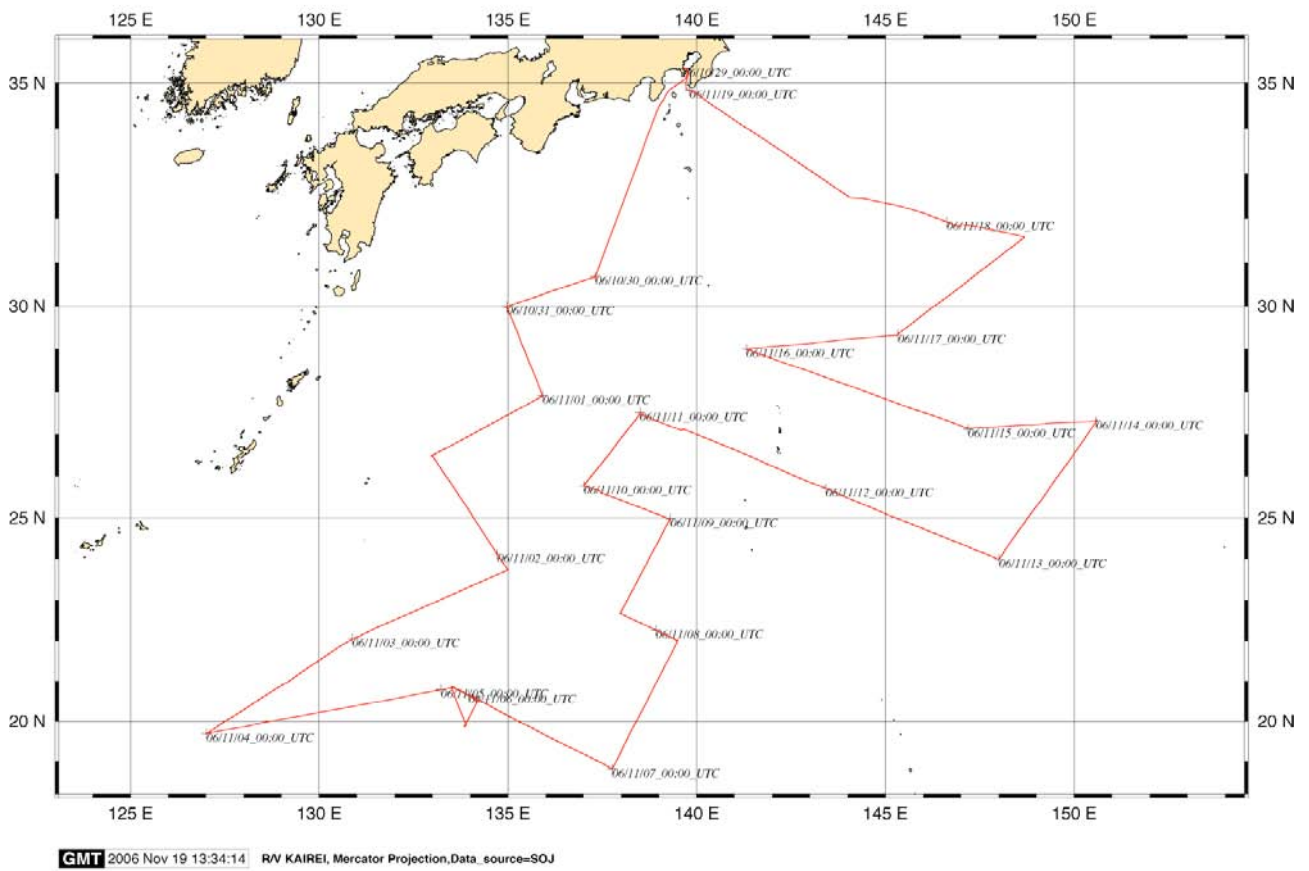


図 2.1. 十字は航跡データの日付(UTC)が切り替わる場所である。悪天候を避けつつも、順調に全観測点を回り作業を完了したことが分かる。

3. 乗船者リスト

3. 1. 研究者名簿

塩原 肇

首席研究者 東京大学地震研究所 海半球観測研究センター 助教授

杉岡 裕子

海洋研究開発機構 地球内部変動研究センター 地球内部構造研究プログラム

馬場 聖至

東京大学地震研究所 海半球観測研究センター 助手

笠谷 貴史

次席研究者 海洋研究開発機構 地球内部変動研究センター 海洋底ダイナミクス研究プログラム

志藤 あずさ

東京大学大学院理学系研究科 COE 特任助手

伊藤 亜妃

海洋研究開発機構 地球内部変動研究センター 地球内部構造研究プログラム

一北 岳夫

有限会社 テラテクニカ

小島 信夫

日本海洋事業株式会社 海洋科学部

岡田 聡

日本海洋事業株式会社 海洋科学部

3. 2. 乗組員名簿

職名	氏名	Position	NAME
船長	田中 等	Captain	TANAKA HITOSHI
一航士	須佐美智嗣	Chief Officer	SUSAMI SATOSHI
二航士	木村 直人	2nd Officer	KIMURA NAOTO
三航士	千葉 匡人	3rd Officer	CHIBA MASATO
機関長	柴田 裕之	Chief Engineer	SHIBATA HIROYUKI
一機士	金田 和彦	1st Engineer	KANEDA KAZUHIKO
二機士	黒瀬 航	2nd Engineer	KUROSE WATARU
三機士	高原 直行	3rd Engineer	TAKAHARA NAOYUKI
電子長	斎竹 弘恭	Chief Electronics Operator	SAITAKE HIROYASU
二電士	高楠 憲二	2nd Electronics Operator	TAKAKUSU KENJI
甲板長	安部 正市	Boat Swain	ABE SHOICHI
甲板手	佐々木 栄	Able Seaman	SASAKI SAKAE
甲板手	佐藤 勝彦	Able Seaman	SATO KATSUHIKO
甲板手	小田 初男	Able Seaman	ODA HATSUO
甲板手	鹿摩 敬二	Able Seaman	SHIKAMA KEIJI
甲板手	藤井 商藏	Able Seaman	FUJII SHOZO
甲板員	山崎未侑太	Sailor	YAMAZAKI MYUTA
操機長	北野 勝	No.1 Oiler	KITANO MASARU

操機手	椎野 正紀	Oiler	SIINO MASANORI
操機手	宮崎 勝行	Oiler	MIYAZAKI KATSUYUKI
機関員	渡辺 昇太	Oiler	WATANABE SHOTA
機関員	山岡 義典	Oiler	YAMAOKA YOSHINORI
司厨長	森田 富久	Chief Steward	MORITA TOMIHISA
司厨手	中塚 治平	Steward	NAKATSUKA JIHEI
司厨手	有山 重人	Steward	ARIYAMA SHIGETO
司厨手	竹馬 幸秀	Steward	CHIKUBA YUKIHIDE
司厨手	永野 和則	Steward	NAGANO KAZUNORI

4. 観測機材

4. 1. 広帯域海底地震計

本観測で12台使用している広帯域海底地震計(以降 BBOBS、図 4. 1)は、広帯域センサー(英国 Guralp 社製 CMG-3T, 360s-50Hz)を搭載し1年間連続の高精度の記録を取得可能である。この BBOBS は1999 年以降、日本周辺・仏領ポリネシア海域での多くの観測実績がある。センサー・記録部でのパラメータ設定としては、センサーからの約 1500V/m/s の速度出力を、増幅せずに 50Hz の LPF(4 次バターワース特性)を通して 24bit(4.096V/FS)・200Hz でサンプリングしている。記録媒体には 40GB(1.8 又は 2.5 インチサイズ)の HDD



図 4. 1. BBOBS (T09)の外観、本航海での設置前(上)、及び回収時浮上中(下)。

を2台、IEEE1394 で接続しており、実際に必要な容量は 40GB 程度である。記録期間は各観測点での設置直後に起動・記録開始し、丁度 12 ヶ月後に停止するものとした。但し、設置時に余裕がある場合には、着底確認時に音響通信により起動させ、センサーの制御を行っている。全観測点では設置・着底確認後に音響通信による内部情報の取得、周囲 3 箇所以上の精密距離測定を実施し、海底での詳細な位置(水平誤差±20m 程度)を得た。回収時の錘切り離しに要する時間は最大でも 20 分以下、10 分前後で安定し、改良した錘切り離しシステムの効果が確認された。

本航海で回収した、観測領域中央部の4点(T07, T08, T12, T15)では差圧センサー(以降 DPG、海洋研究開発機構の地球内部変動研究センターで開発・製造)の信号も試験的に記録した(図 4. 2)。海底圧力変動データを用いることで、地震計の上下動記録の改質・地殻構造情報の取得などが可能となり、より詳細なスタグナントスラブの実態把握へ近づくことが期待される。



図 4. 2. DPG を追加装備した BBOBS (T07)。左：設置前の全体像、右：回収した状態。

4. 2. 海底電磁力計

本実験で海底電磁場観測用に設置する機械は、東京大学地震研究所および海洋研究開発機構・地球内部変動研究センター(IFREE)が所有するテラテクニカ社製海底電位磁力計 (Ocean bottom electromagnetometer; OBEM) 12 台である。OBEM はアルミフレームに固定された 2 個ないし 3 個の耐圧ガラス球と四方に伸びたパイプ、先取りブイ、ラジオビーコン、フラッシャーで構成される (図 4.3-4.5)。耐圧ガラス球の中にフラックスゲート磁力センサー、傾斜センサー、制御・記録装置、電池、音響トランスポンダを搭載し、パイプの先端にはクローバテック社製銀塩化銀平衡電極をとりつけてある。これらにより OBEM は海底における天然自然の電磁場変動を計測し、記録する。本観測では、60 秒サンプリングで約一年間の観測に十分な容量の記録媒体 (コンパクトフラッシュメモリカード) および電池を搭載している。12 台の OBEM は製造年により外装、内部仕様に若干の相違がある (表 4.1)。回収時に必要なラジオビーコンおよび音響装置に関する仕様の詳細は 5. 3 章にまとめた。

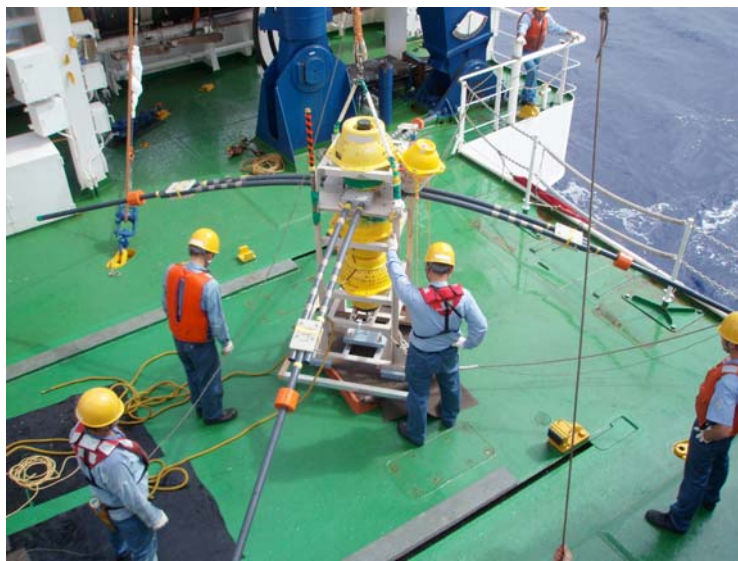


図 4.4. 3 段型 OBEM (TT1)。TT4 も同型で共に地震研所有。3 段に重ねられた耐圧ガラス球のうち、上段に Benthos 社製トランスポンダおよびトランスデューサ、中段に磁力計と制御・記録装置、下段にリチウム電池を搭載している。上段右についている小さいガラス球は先取り用のブイで、回収時に錘を切り離すとフレームから解放される。



図 4.5. 2 段型 OBEM (JM1)。JM2, JM4, JM6 (以上 IFREE 所有), TT6, TT7, TT8 (以上地震研所有) も外装はほぼ同じ。上段の小ガラス球のうち左側のものは先取りブイ。他の二つは固定ブイ。



図 4. 6. 1 段型 OBEM (ERI12)。ERI13 も同型で共に地震研所有。先取りブイには直径 90mm のセラミックブイ 2 個を使用。

表 4. 1. OBEM の仕様の違い

観測点	OBEM ID	外装	所有者	OBEM type	傾斜計	音響装置
T01	TT4	3段型	ERI	OBEM2005	Spectron	Benthos
T02	TT8	2段型	ERI	OBEM2001	AGI	日油技研
T04	ERI13	1段型	ERI	OBEM2005	Spectron	海洋電子
T04a	JM4	2段型	IFREE	OBEM2001	テラテクニカ	海洋電子
T04b	JM6	2段型	IFREE	OBEM2001	Spectron	海洋電子
T05	TT1	3段型	ERI	OBEM2005	Spectron	Benthos
T09	TT5	2段型	ERI	OBEM99	Accustar	日油技研
T10	TT7	2段型	ERI	OBEM2001	AGI	日油技研
T12	ERI12	1段型	ERI	OBEM2005	Spectron	海洋電子
T14	JM2	2段型	IFREE	OBEM2001	AGI	海洋電子
T18	JM1	2段型	IFREE	OBEM2001	AGI	日油技研
T21	ERI11	2段型	ERI	OBEM2005	Spectron	海洋電子

5. 調査結果

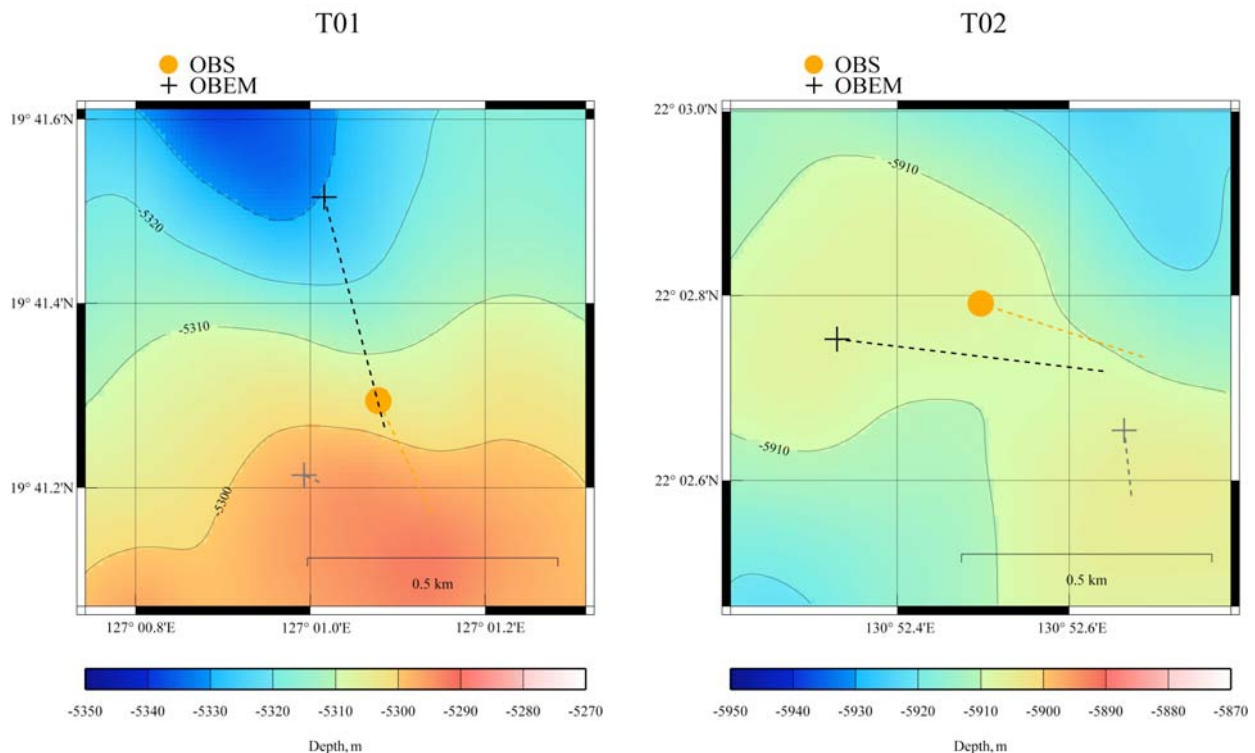
5. 1. 観測機器設置点一覧

表 5.1. 本航海で設置した機器の推定着底位置とラジオビーコン周波数、音響装置

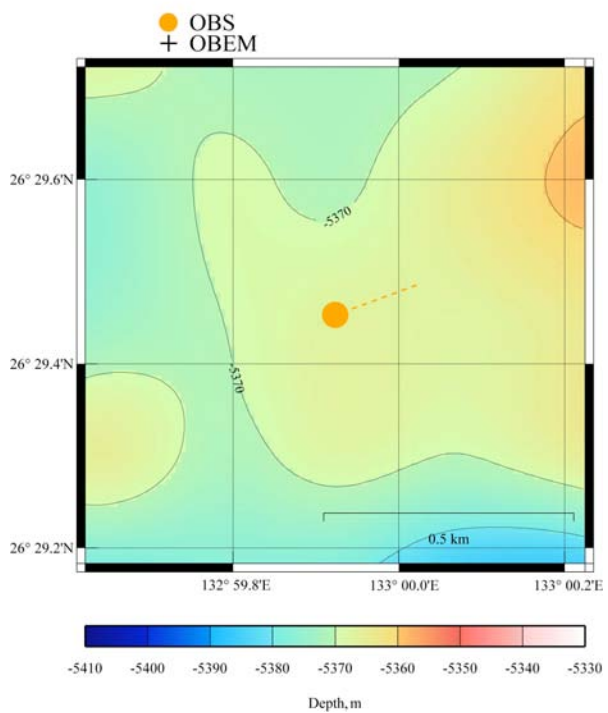
観測点	設置機器	推定着底位置 (WGS-84)			水深	決定方法	ラジオビーコン		音響トランスポンダ	
		緯度	経度	水深			周波数	符号	メーカー/モード	コード
T01	BBOBS (D)	19° 41.2945' N	127° 01.0786' E	5276 m	3点測距	159.250 MHz	N/A	海洋電子/SI2	534	
	OBEM (TT4)	19° 41.5154' N	127° 01.0160' E	5296 m	3点測距	43.528 MHz	JS1086	Benthos	3-C	
T02	BBOBS (H)	22° 02.7910' N	130° 52.4970' E	5849 m	3点測距	159.300 MHz	N/A	海洋電子/SI2	535	
	OBEM (TT8)	22° 02.7507' N	130° 52.3296' E	5841 m	3点測距	159.200 MHz	N/A	日油技研	3-F	
T03	BBOBS (G)	23° 29.4528' N	132° 59.9230' E	5328 m	3点測距	159.300 MHz	N/A	海洋電子/SI2	533	
T04	OBEM (ERI13)	20° 30.2870' N	134° 11.6076' E	5938 m	SSBL	159.200 MHz	N/A	海洋電子/JX	3F-1	
T04a	OBEM (JM4)	20° 51.8738' N	133° 30.6044' E	5909 m	SSBL	43.528 MHz	JS1363	海洋電子/JX	1A-1	
T04b	OBEM (JM6)	19° 53.6537' N	133° 53.2455' E	5938 m	SSBL	43.528 MHz	JS1364	海洋電子/JX	2C-1	
T05	BBOBS (C)	23° 44.0142' N	134° 59.7184' E	4866 m	3点測距	159.250 MHz	N/A	海洋電子/SI2	532	
	OBEM (TT1)	23° 43.9271' N	134° 59.8491' E	4863 m	3点測距	43.528 MHz	JS1084	Benthos	3-A	
T06	BBOBS (B)	29° 59.3467' N	134° 58.4960' E	4626 m	3点測距	159.200 MHz	N/A	海洋電子/SI2	531	
	OBEM (TT5)	29° 59.5018' N	134° 58.6332' E	4618 m	3点測距	43.528 MHz	JS1085	日油技研	3-C	
T07	BBOBS (K)	27° 54.0591' N	135° 55.4122' E	5265 m	3点測距	159.300 MHz	N/A	海洋電子/SI2	606	
T08	BBOBS (I)	25° 46.0428' N	137° 00.3263' E	4896 m	3点測距	159.250 MHz	N/A	海洋電子/SI2	502	
T09	BBOBS (E)	30° 40.1545' N	137° 19.2971' E	4266 m	3点測距	159.150 MHz	N/A	海洋電子/SI2	503	
T10	OBEM (TT7)	18° 47.8157' N	137° 46.0487' E	5349 m	SSBL	43.528 MHz	JS1106	日油技研	3-E	
T11	BBOBS (L)	22° 40.1961' N	137° 59.0653' E	4786 m	3点測距	159.250 MHz	N/A	海洋電子/SI2	600	
T12	BBOBS (A)	27° 29.8898' N	138° 30.7856' E	4688 m	3点測距	159.300 MHz	N/A	海洋電子/SI2	530	
	OBEM (ERI12)	27° 29.8313' N	138° 30.7592' E	4686 m	SSBL	159.250 MHz	N/A	海洋電子/JX	3E-1	
T13	BBOBS (J)	24° 58.4018' N	139° 17.8027' E	4793 m	3点測距	159.250 MHz	N/A	海洋電子/SI2	505	
T14	OBEM (JM2)	22° 00.0564' N	139° 29.8703' E	4941 m	SSBL	43.528 MHz	JS1368	海洋電子/JX	1C-1	
T15	BBOBS (F)	28° 59.9923' N	141° 19.2913' E	4033 m	3点測距	159.200 MHz	N/A	海洋電子/SI2	504	
T18	OBEM (JM1)	27° 08.4306' N	147° 10.2941' E	5594 m	3点測距	43.528 MHz	JS1367	日油技研	3-B	
T21	OBEM (ERI11)	27° 18.4050' N	150° 36.2601' E	5911 m	SSBL	159.300 MHz	N/A	海洋電子/JX	3D-1	

5. 2. 設置点精密海底地形図

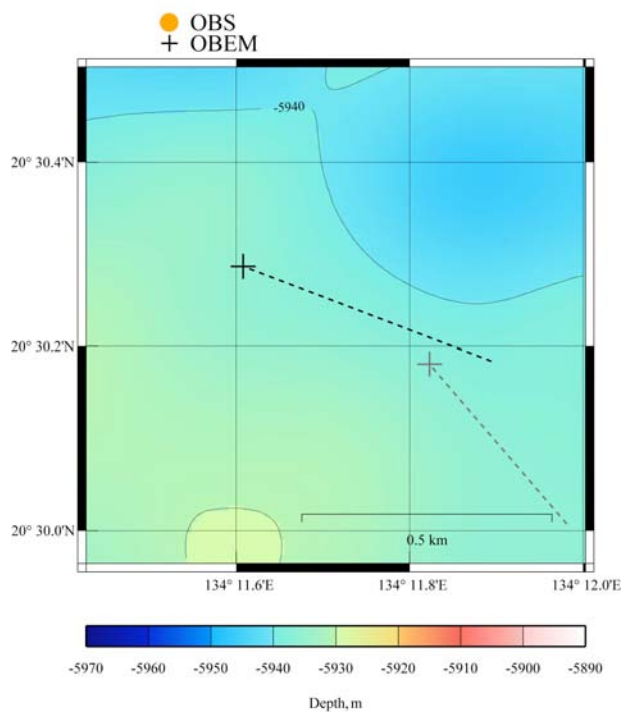
最終的に決定された海底での BBOBS・OBEM の位置を、本航海中に取得した SeaBeam データによる海底地形図上に示した。シンボルから伸びる破線の一端は海面での投入点。昨年度に機器を設置した観測点では、淡い色で同様な表示をしている。



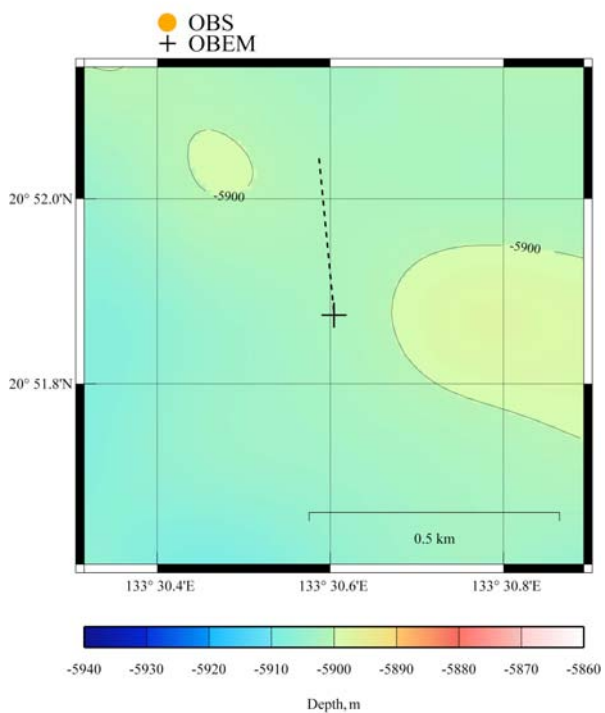
T03



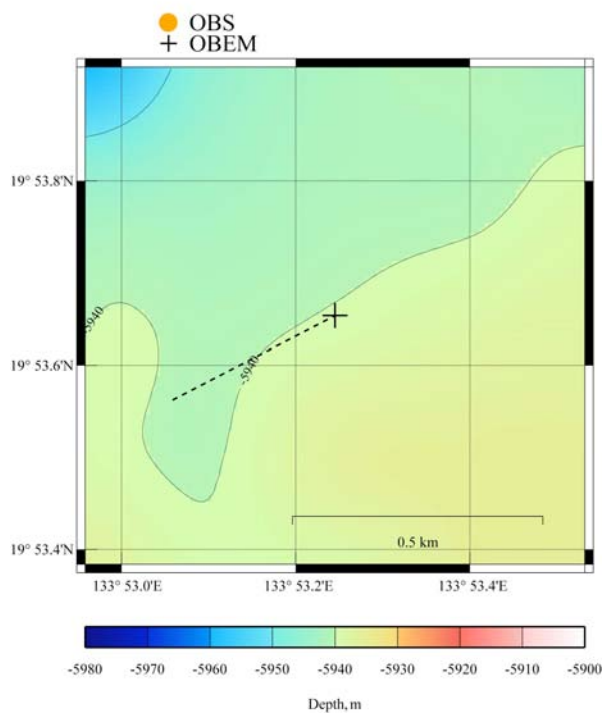
T04



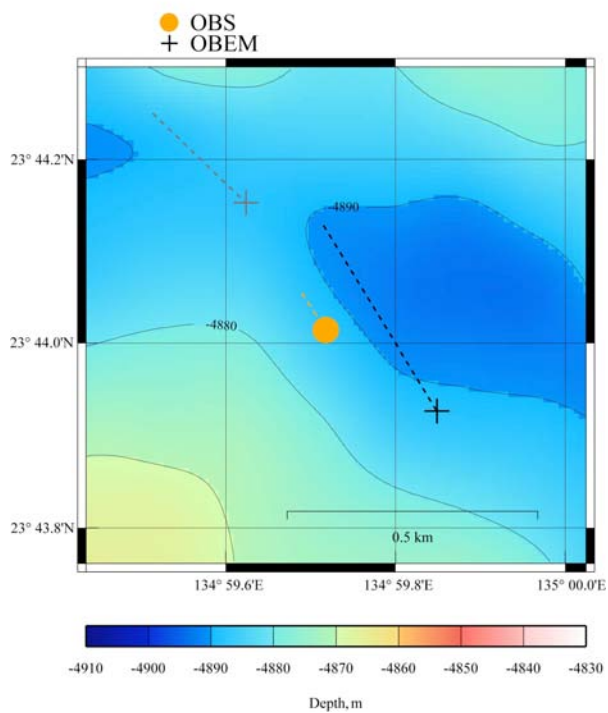
T04a



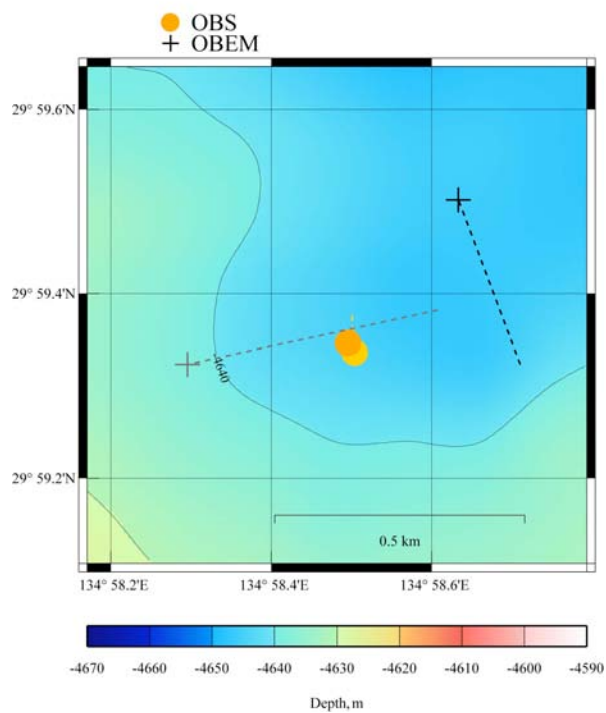
T04b



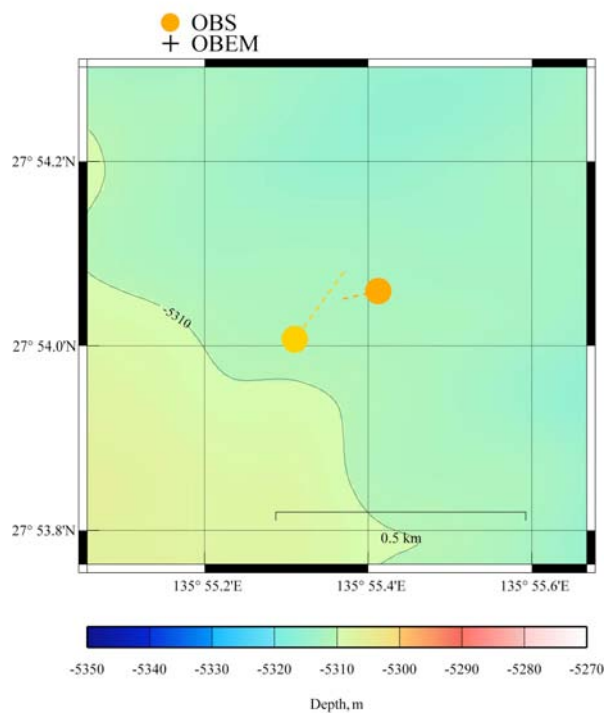
T05



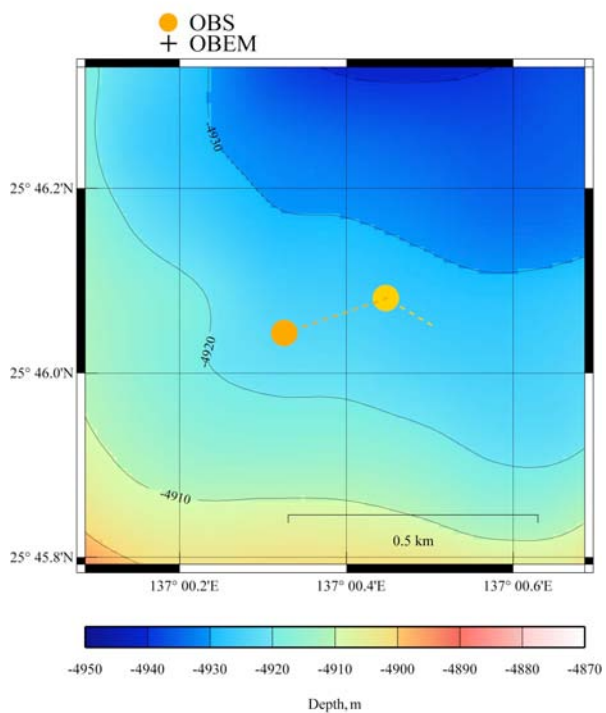
T06



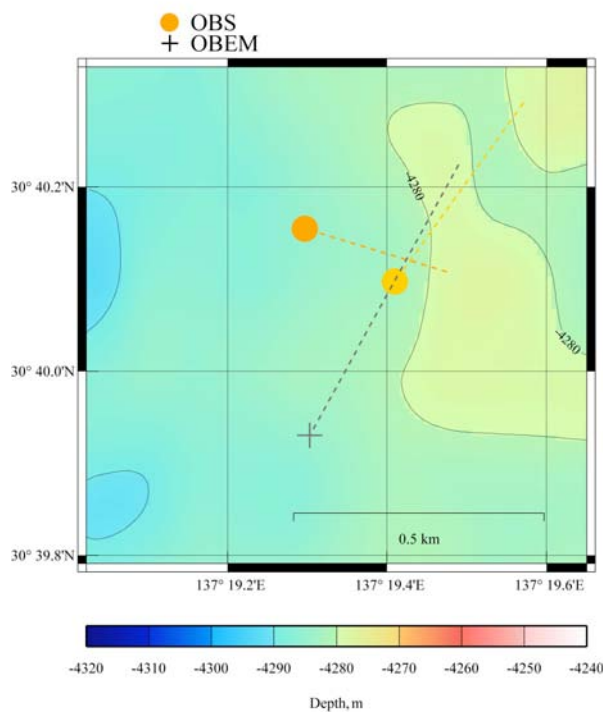
T07



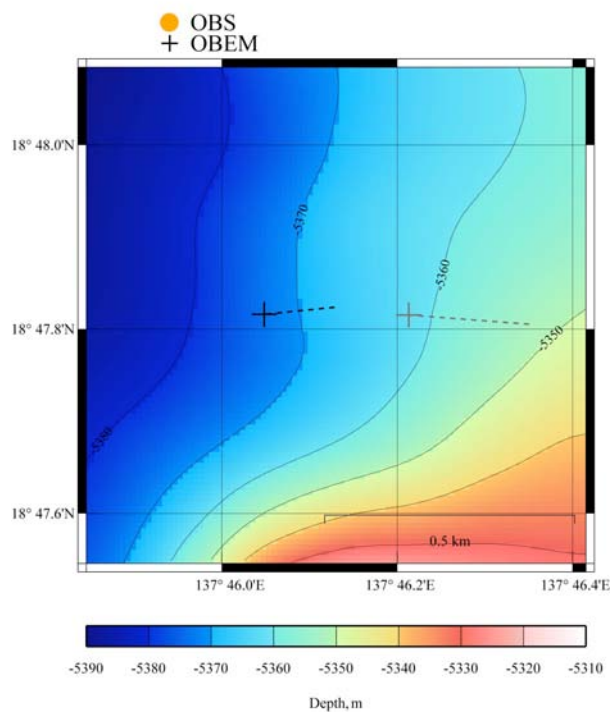
T08



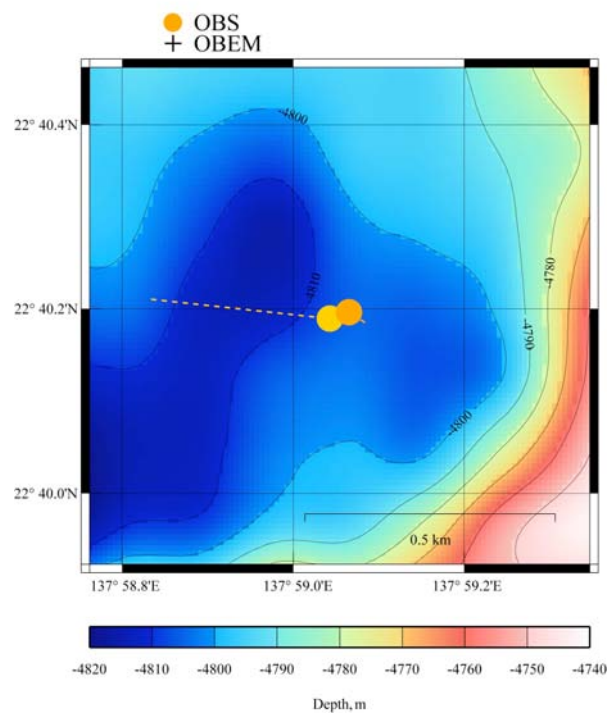
T09



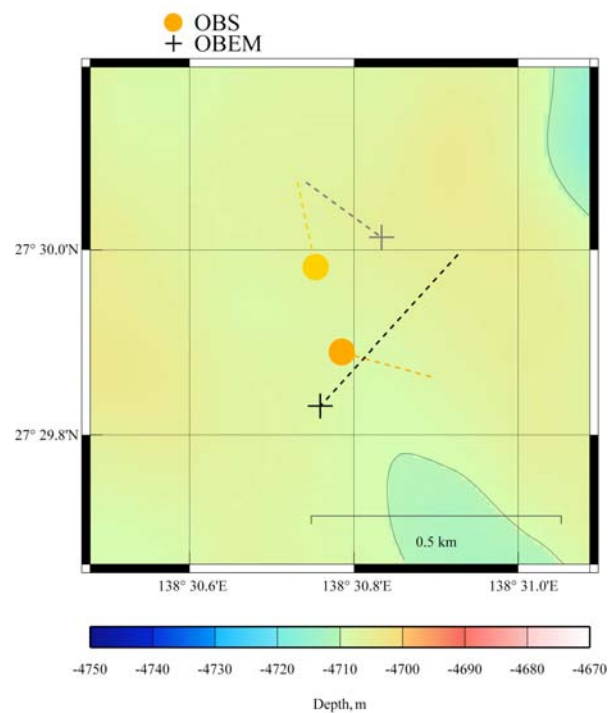
T10



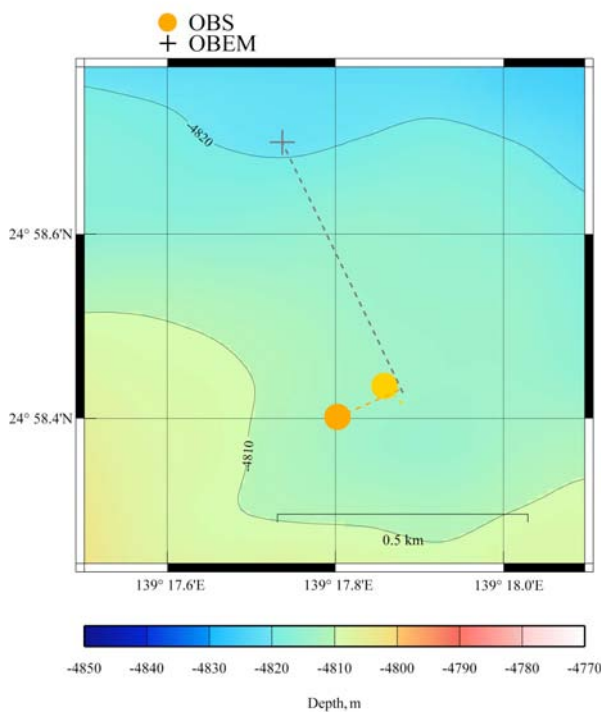
T11



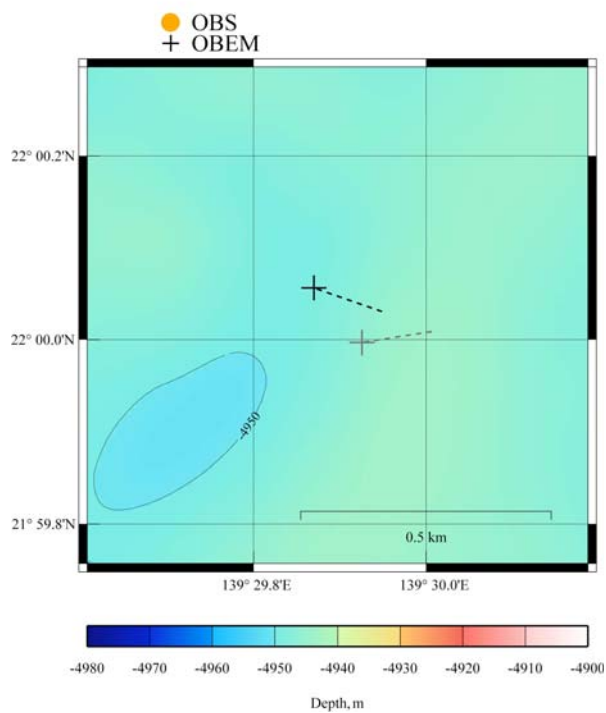
T12



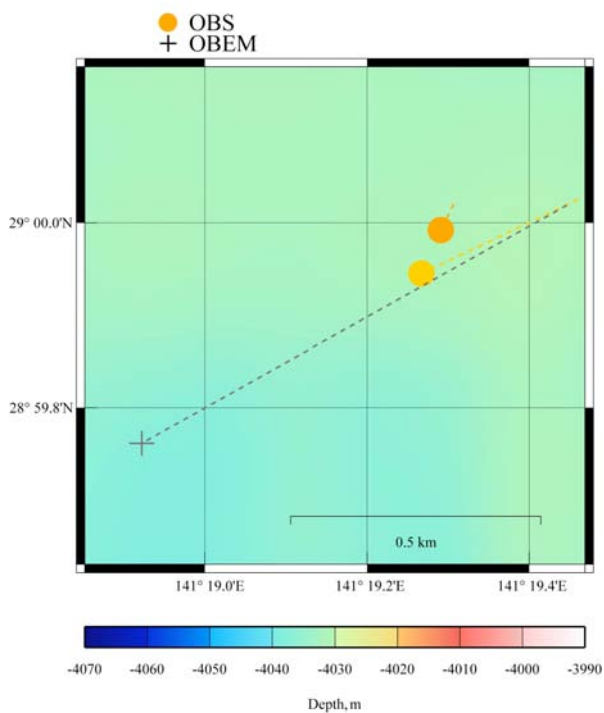
T13



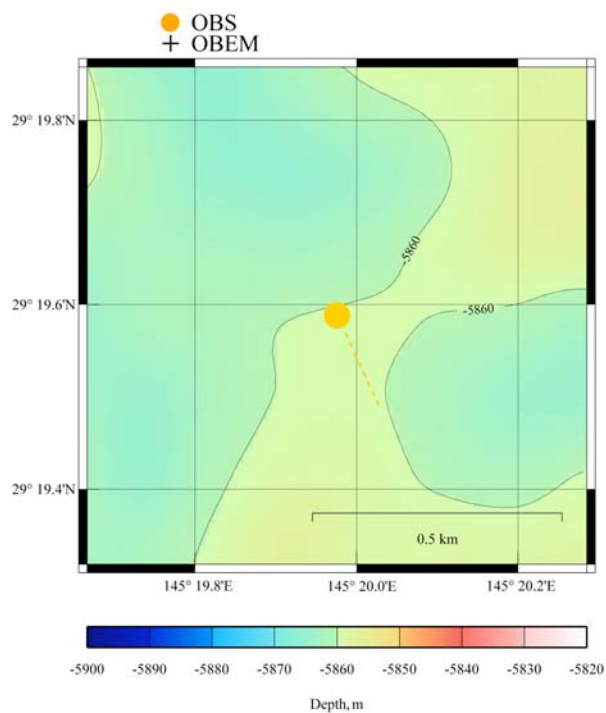
T14



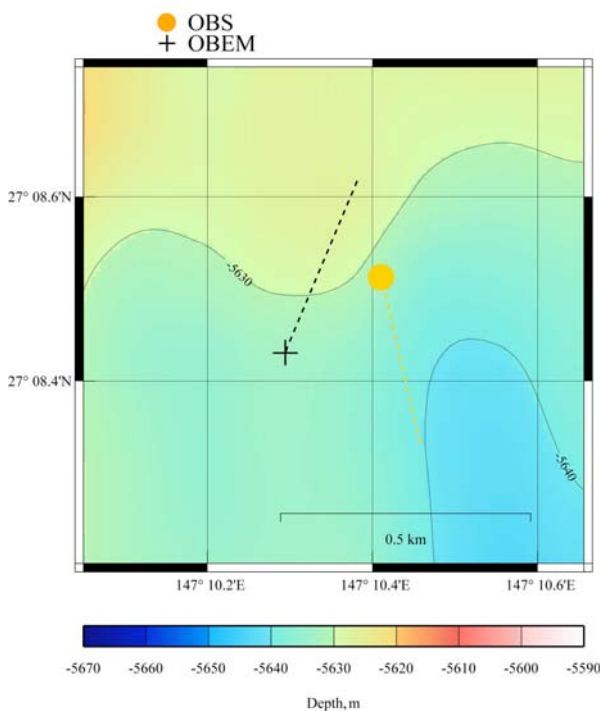
T15



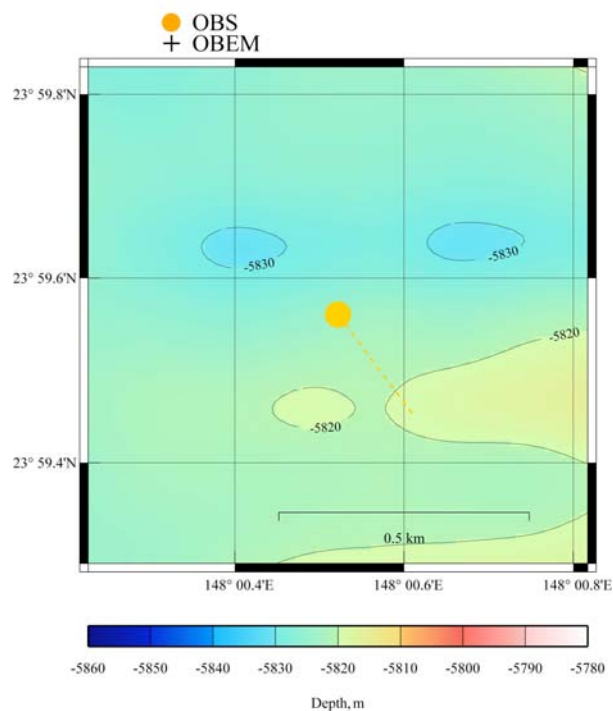
T17



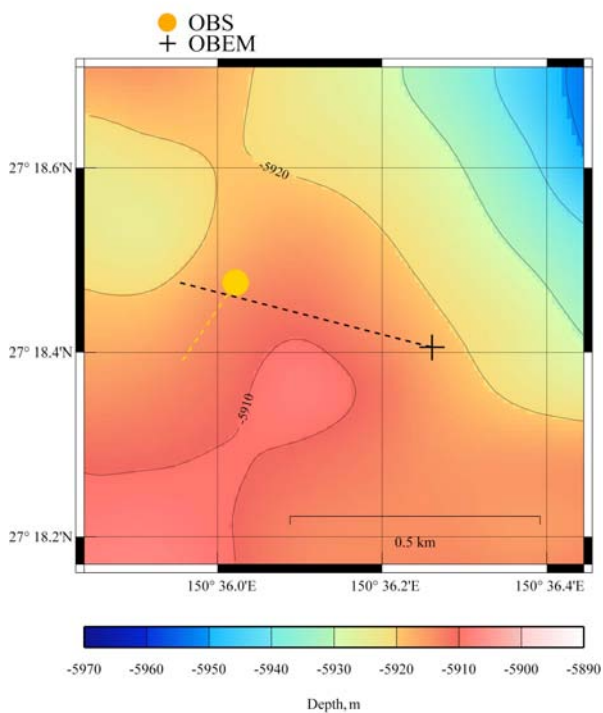
T18



T19



T21

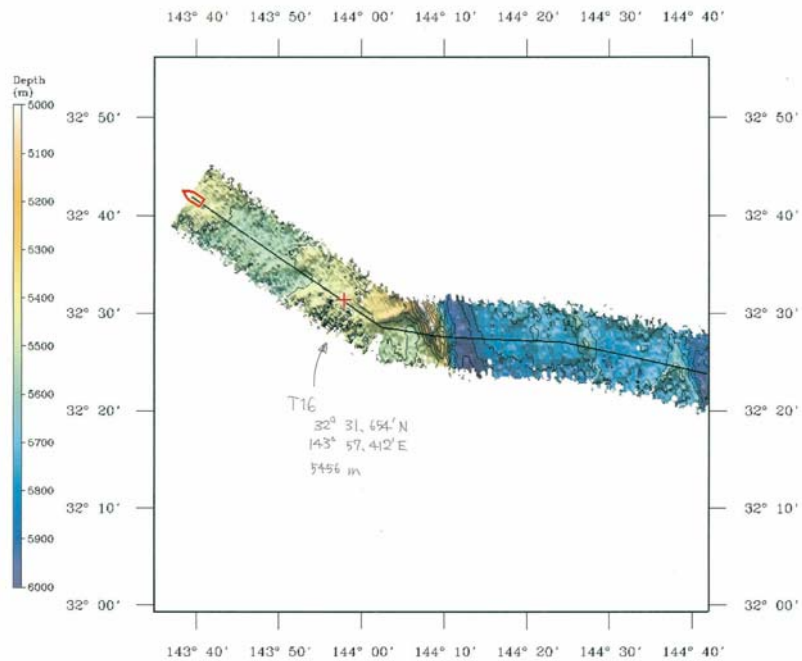


5. 3. SeaBeam による海底地形調査

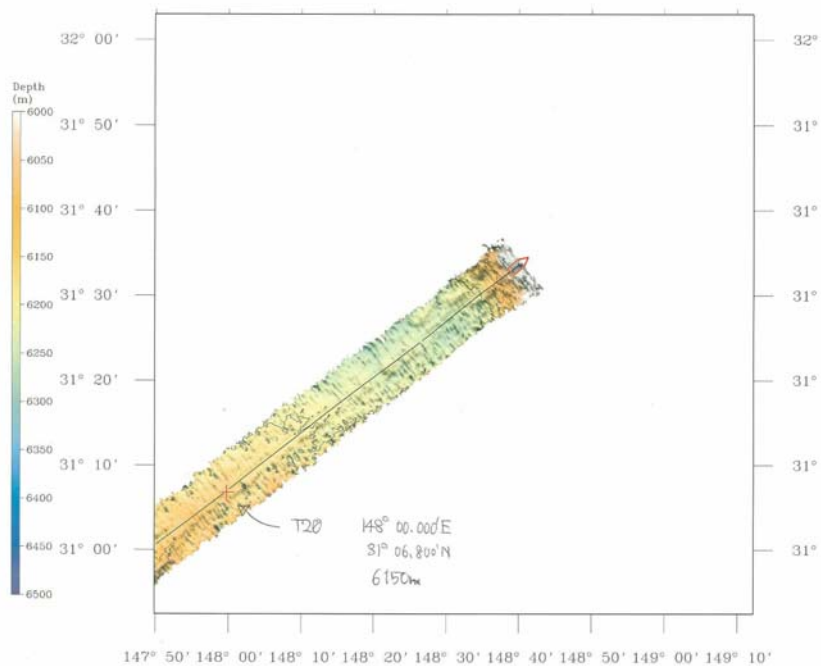
来年度に初めて機器を設置する予定の T16, T20 観測点の地形調査を行い、下記の緯度経度を投入候補地点とした。

T16 : 32° 31.654' N, 143° 57.412' E, 5456 m
T20 : 31° 06.800' N, 148° 00.000' E, 6150 m

T16



T20



6. 調査結果

6. 1. 広帯域海底地震計の記録

回収した BBOBS では、7 台は予定通りの長期観測データを得たが、残り 5 台については機器内部のトラブルにより十分な記録が得られなかった。今回設置した機器では問題解決している可能性が高いが、今後原因究明と対策を行い、2007 年度の最終観測に備える。なお、4 台に搭載した DPG(精密差圧センサー)による記録はほぼ全期間にわたり得られている。ここでは、T06 観測点で得られている M6.5 以上の全地震記録(図 6.1)とノイズモデル(図 6.2)を示す。地震記録の質はほぼ予想通りであるが、平均的ノイズレベルを示すノイズモデルは以前に同海域で得られたものに比べて高い。

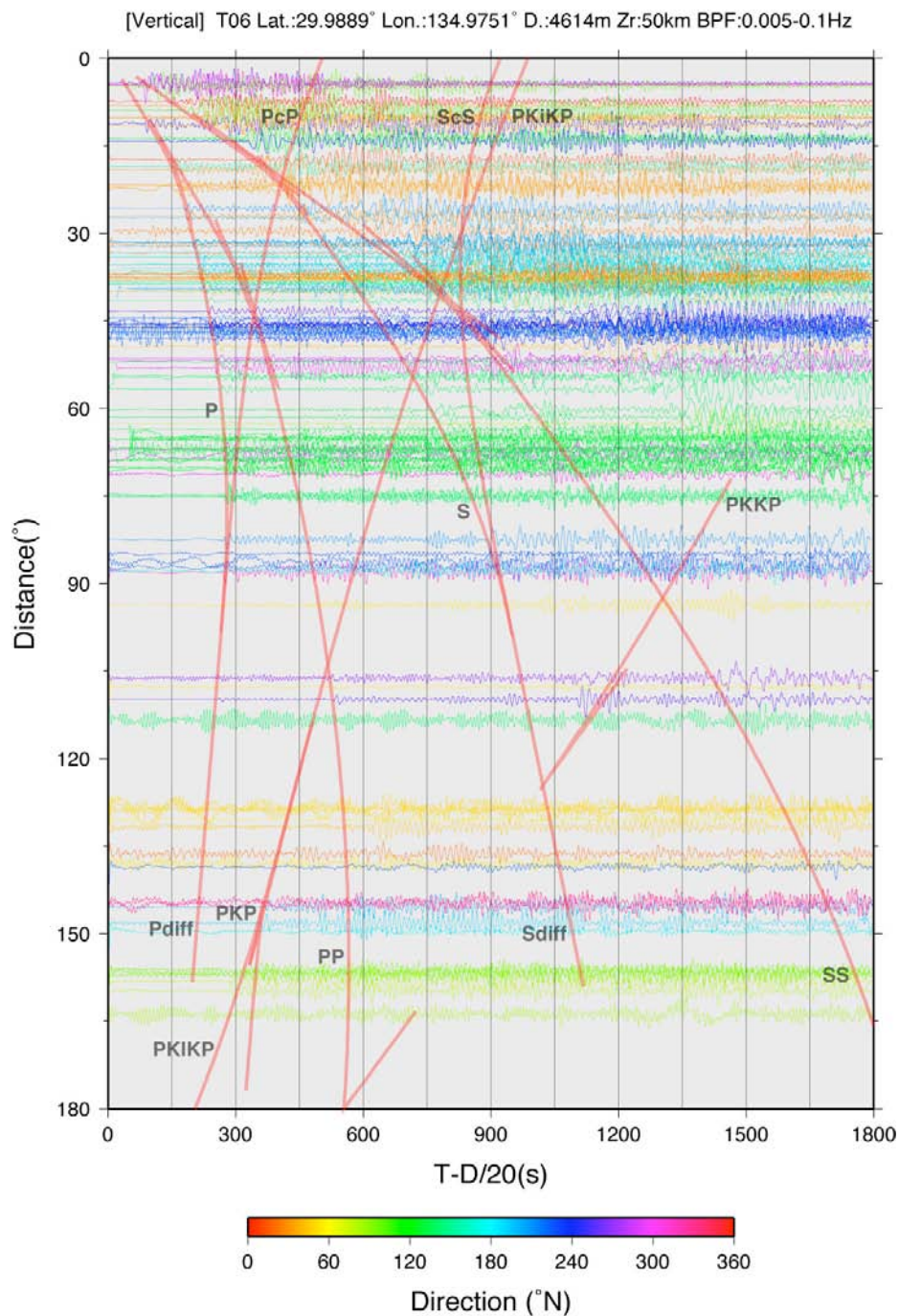


図 6.1. T06 観測点のデータによる記録セクション。前者には 10~200 秒のバンドパスフィルターをかけ、震源深さを 50km に補正、IASP91 モデルによる理論的走時曲線を重ねてある。波形の色は観測点から見た地震波の到来方向。

T06 All data (Oct.,2005–Oct.,2006)
CMG-3T BBOBS

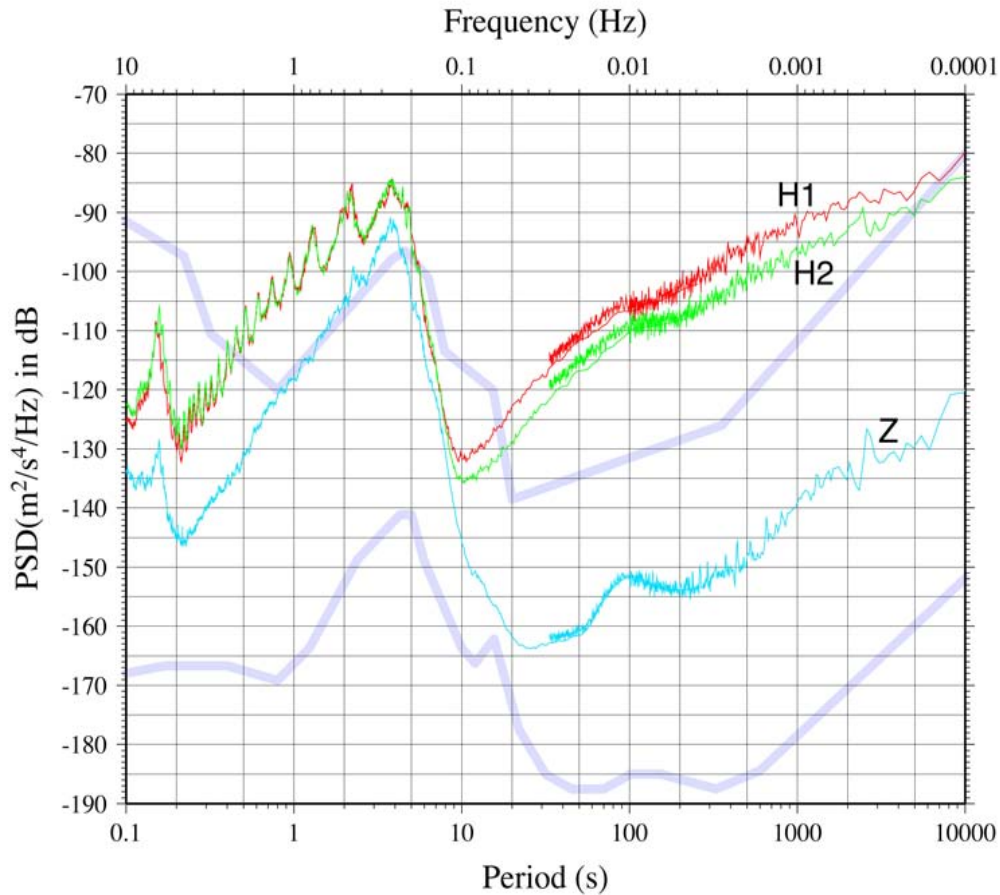


図 6.2. T06 観測点でのノイズモデル。背景には統計的に得られた陸上観測点でのノイズの上下限を示してある。

6. 2. 海底電磁力計の記録

本航海で回収した OBEM は 11 台全てが同型 (OBEM2005 JM Ver. 1.5) で、磁場 3 成分、水平電位差 2 成分、傾斜 2 成分、回路部温度、フラックスゲートセンサ部温度をそれぞれ 60 秒間隔で計測した。各成分の測定能力および電極間距離を表 6.2.1, 6.2.2 に示す。

表 6-2-1. OBEM の測定能力

	ダイナミックレンジ	分解能	記録最小単位
磁力計	±327.68 nT	0.01 nT	0.01nT
電位差計	±10 mV	0.305 _V	0.1 _V
傾斜計	±8.6度	0.00026度	0.00001度
温度計	—	0.01°C	0.01°C

表 6-2-2. 各 OBEM の電極間距離

観測点	OBEM	電極間距離	
		1 ch	2 ch
T01	ERI9	5.20 m	5.20 m
T02	ERI6	5.20 m	5.20 m
T04	ERI7	5.21 m	5.21 m
T05	ERI4	5.20 m	5.20 m
T06	ERI5	5.20 m	5.20 m
T09	ERI11	5.22 m	5.22 m
T10	ERI1	5.21 m	5.21 m
T12	ERI2	5.20 m	5.20 m
T13	ERI10	5.20 m	5.20 m
T14	ERI3	5.20 m	5.20 m
T15	ERI8	5.20 m	5.20 m

OBEM の時計は、設置直前に参照時計（GPS 時計）と同期させて世界標準時にセットし、回収後に参照時計と比較した（表 6.2.3）。

表 6.2.3. 各 OBEM の時計情報

観測点	OBEM	セット時刻	比較時刻	ずれ
T01	ERI9	2005/10/09 05:27:00	2006/11/03 23:59:41	8.0 秒
T02	ERI6	2005/10/08 05:28:00	2006/11/03 02:33:04	21.0 秒
T04	ERI7	2005/10/15 23:44:00	2006/11/05 08:17:45	19.0 秒
T05	ERI4	2005/10/07 07:35:00	2006/11/02 05:02:31	43.0 秒
T06	ERI5	2005/10/06 01:00:01	2006/10/31 00:47:23	15.8 秒
T09	ERI11	2005/10/05 07:02:01	2006/10/30 01:09:59	-23.0 秒
T10	ERI1	2005/10/13 00:18:00	2006/11/07 00:57:41	38.2 秒
T12	ERI2	2005/10/21 09:27:00	2006/11/11 01:29:23	41.0 秒
T13	ERI10	2005/10/22 02:19:00	2006/11/09 01:22:31	46.0 秒
T14	ERI3	2005/10/13 08:54:00	2006/11/07 22:00:23	30.0 秒
T15	ERI8	2005/10/20 02:17:00	2006/11/16 02:57:13	17.0 秒

回収した 11 台の OBEM には全て 1 年間分のデータが記録されていた。T01 観測点で電場 2 成分に短周期のノイズがみられること、T04, T14 観測点では、磁場 3 成分にそれぞれ数回異常値が記録されていたが、総じて良質のデータが得られた。例として T12 観測点のデータを図 6.3-6.5 に示す。プロットに先立ち、電位差 2 成分については対応する電極間距離で割って電場 2 成分に変換した。

Site T12 raw data

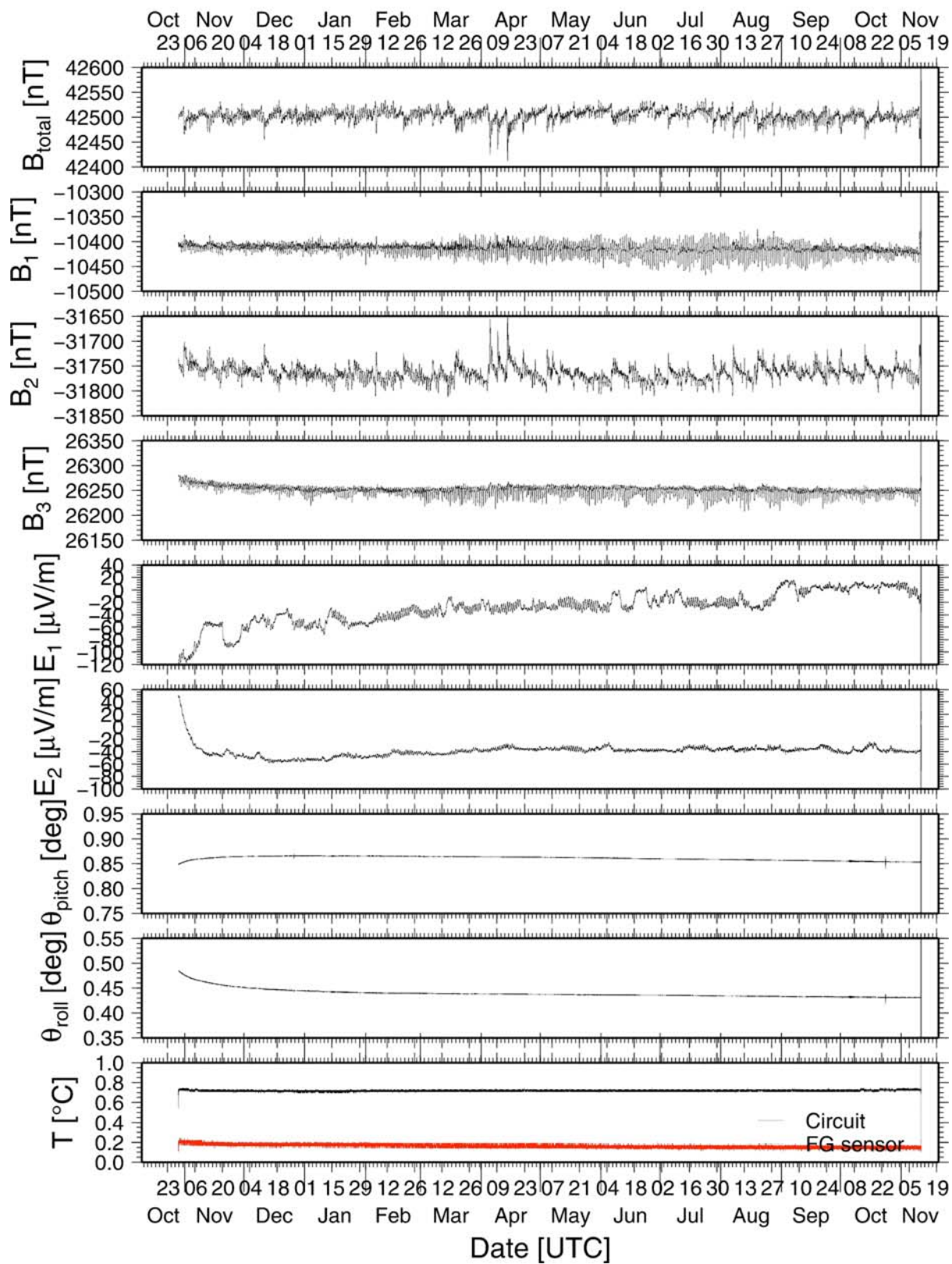


図 6.3. T12 観測点で得られた全記録の時系列プロット。上から順に 3 成分磁場から計算した全磁力、磁場 3 成分、電場 2 成分、OBE の傾斜 2 成分、回路内温度、フラックスゲートセンサ内温度。

Site T12 raw data

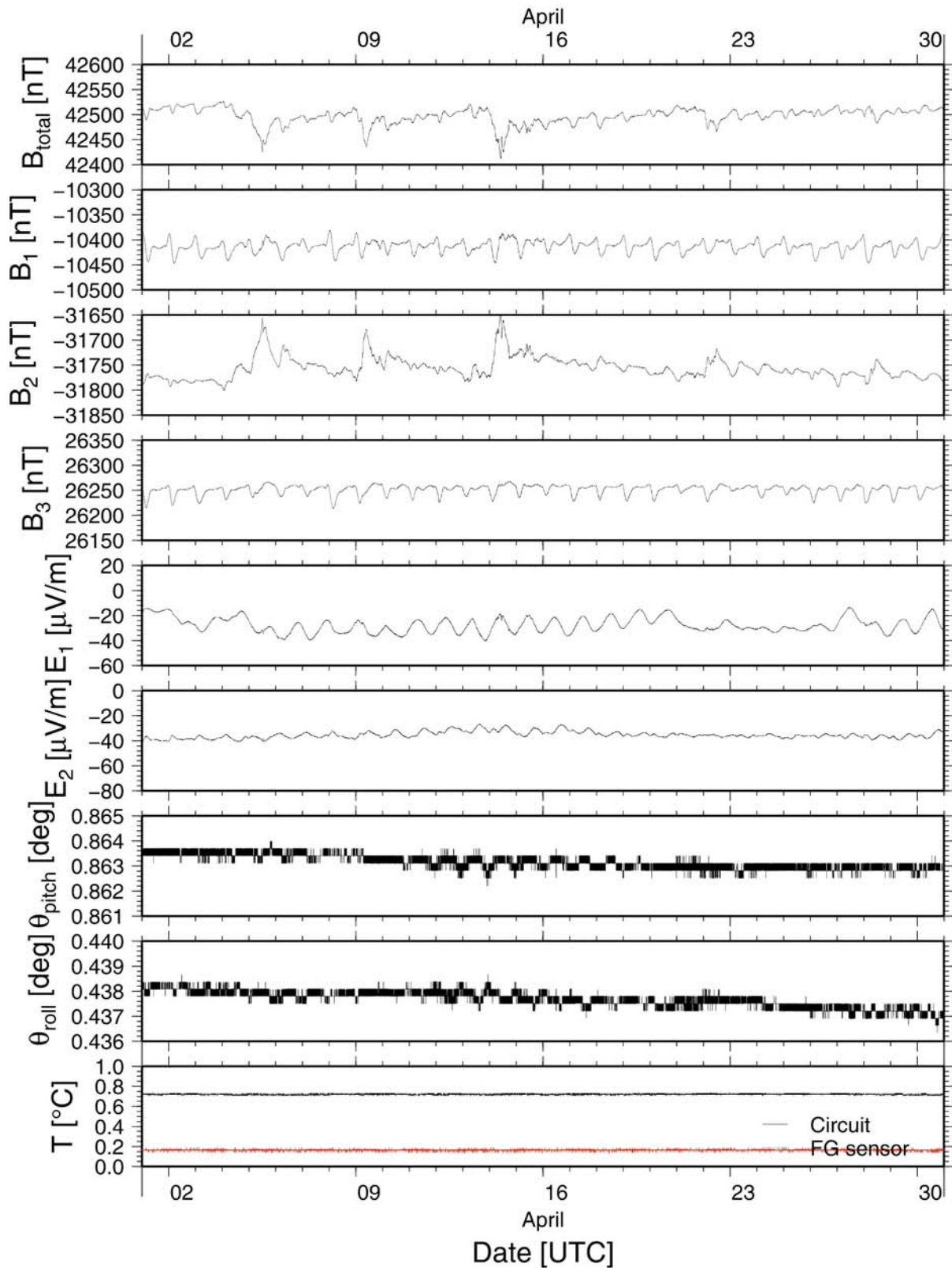


図 6. 4. T12 観測点のデータのうち、2006 年 4 月の記録を拡大した。表示されている成分は図 6. 3 と同じ。

T12 power spectrum densities

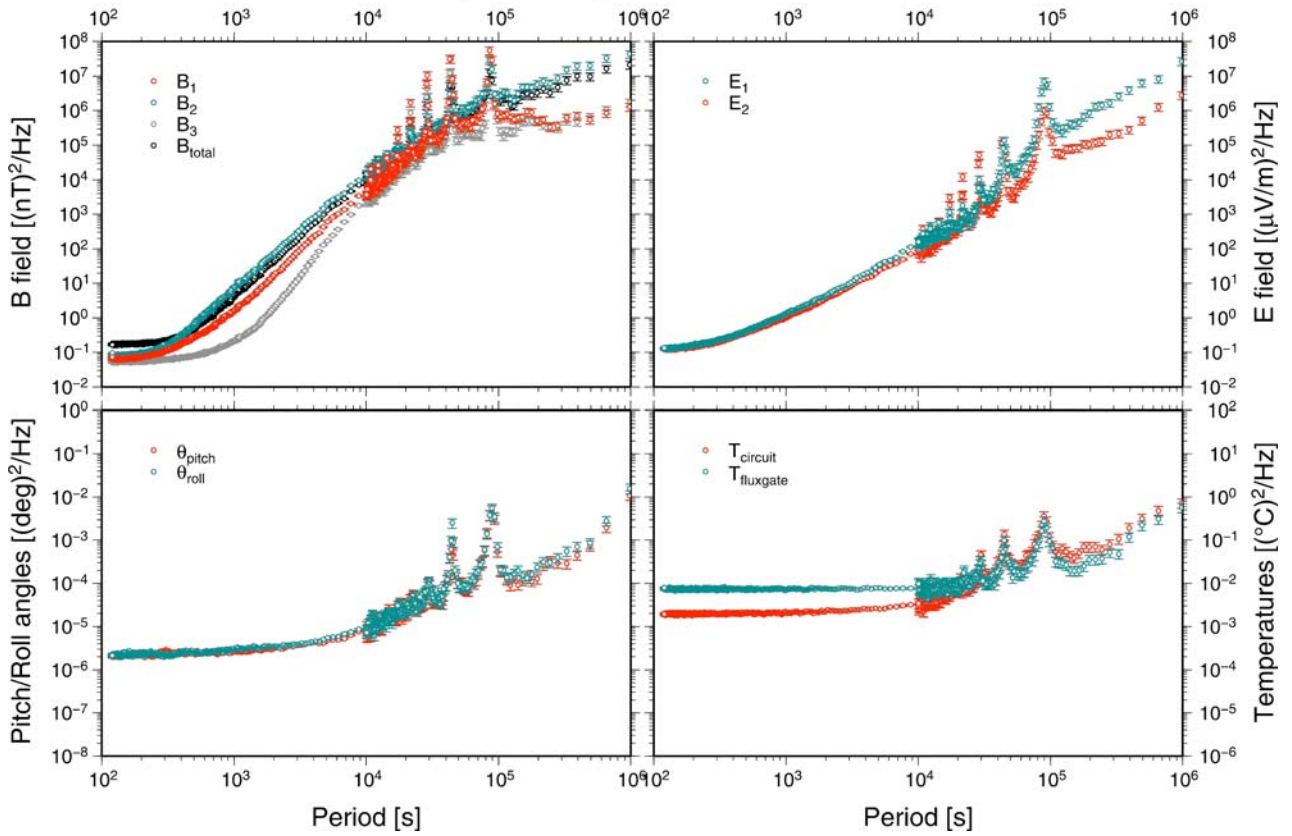


図 6.5. T12 観測点の各記録成分のパワースペクトル密度。10000 秒より長周期では周波数分解能をあげるために FFT のデータ区間長を長くしている。

7. エアガン調査

7. 1. 探査に使用したシステム

BBOBS の設置方向を調べるため、エアガン 1 基の発振を行なった。使用したのは東大地震研所有の BOLT 社製 1500LL ガンで、チャンバー容量は 550cu. inch である。本エアガンは、チャンバー容量こそ異なるが、KR05-01、同 05-08 と、KH06-3 次行動にて「かいいい」・「白鳳丸」にて観測技術員により運用された実績がある。

投揚収には、左舷端艇甲板のダビットを用い、係船機に投揚収ワイヤー(両側アイ加工、長さ 50m)を巻き付け、一端をエアガンのメインハウジングのアイプレートにてシャックルで連結した(図 7.1)。エアガンを船尾から 30m 繰り出して曳航するため、曳航ワイヤー(約 2m 間隔でアイ加工、長さ 50m)にショートワイヤー(本船準備)を編み込み、暴露甲板の固縛用アイプレートの位置(船尾より 10.5m、左舷)に固縛した。エアホースは、マニホールドに接続するためにそれぞれジョイント(左舷 3/8PF-M ネジ→1/2 インチ NPT ネジ→1/2 インチミリネジ)を用意し、これらを使用した。

船上局は岩石処理室に配置し、発振の制御を行なった(図 7.2)。マスタークロック、ガンコントローラシステムともに東大地震研の持ち込み機器である。マスタークロックは、エアガン発振予定の約 1 時間前に GPS にて時刻校正を行なった。発振位置に関しては、マスタークロックの時刻と「かいいい」で取得した SOJ の時刻を照合し値を求めた。SOJ のアンテナからエアガンまでの曳航時の距離は、106.3m である。



図 7.1. エアガン



図 7.2. 船上局

7. 2. 発振データ

2005 年度に設置した 12 台の BBOBS のうち、船上から音響通信により正常な記録状態であることが確認された 7 観測点（表 7.1）でエアガン発振を行なった（観測点 T11 は、回収後に水平動が無記録と判明）。発振は設置点直上から約 300m はずれた付近を通過する直線状の測線で行なわれた。

表 7.1. 発振データ

	開始時刻 (UTC) (年月日 時分秒)	終了時刻 (UTC) (年月日 時分秒)	開始位置 (緯度経度) (度 分)	終了位置 (緯度経度) (度 分)
T09	061029 222700	061029 232600	30 38.35300 137 19.39540	30 42.16240 137 19.41180
T06	061030 221000	061030 224100	29 58.36900 134 58.71120	30 00.39140 134 58.69480
T11	061108 043800	061108 050500	22 40.91230 137 59.5968	22 39.35290 137 58.43160
T12	061110 233100	061111 000300	27 29.35450 138 31.61560	27 29.77340 138 30.81840
T19	061112 230600	061112 233200	24 00.47930 148 00.73090	23 58.42560 148 00.70980
T18	061114 233000	061114 235600	27 09.42200 147 10.05310	27 07.47860 147 10.84600
T17	061116 225900	061116 233900	29 19.65270 145 18.49160	29 19.42660 145 21.15590

	ショット間隔 (second)	向き	測線長 (n.m.)	GPS とマスタークロックの ずれ (ms)	ショット delay (ms)
T09	60	S->N	2	-0.22	10.0
T06	60	S->N	1	-0.20	10.4
T11	60	NE->SW	1	-0.21	10.3
T12	60	S->N	1	-0.20	10.4
T19	60	N->S	1	-0.20	10.4
T18	60	N->S	1	-0.10	10.2~10.4
T17	60	W->E	1	-0.18	10.2

謝 辞

乗船研究者一同、かいいい船長と乗組員の方々による適切・速やか、そして親切な航海と海上作業に深く感謝する次第である。本航海においては航海日程が厳しくなりそうであったが、予定した観測点全数での回収・設置・地形調査が無事に完了できたこと、重ねて敬意を表す。また、陸上より本航海に各種の面で支援して下さった、東京大学・海洋研究開発機構・日本海洋事業・他の多くの皆様にも感謝する。