

支援母船「なつしま」単独調査航海
NT07-14 クルーズレポート



(遠州灘・豊橋沖)

JAMSTEC IFREE

目 次

1. 調査航海の目的および概要
2. 調査日程
 - 2.1. 調査海域図
 - 2.2. 航海ログ
3. 乗船者リスト
4. OBEM による比抵抗構造探査
 - 4.1. OBEM 調査の目的
 - 4.2. OBEM の概要
5. 調査結果
 - 5.1. OBEM の回収
 - 5.2. 時刻同期およびデータの概要

謝辞

1. 調査航海の目的および概要

NT07-14 航海は、NT07-06 航海とあわせて平成 19 年度深海調査研究の一般公募に基づいて採択された以下の課題に基づく調査航海である。

課題提案者：後藤 忠徳（海洋研究開発機構 地球内部変動研究センター）

課題名：「豊橋沖海底ケーブル先端における地震・地殻変動観測システムの展開」

NT07-14 航海では、NT07-06 航海（2007 年 4 月）で海底に設置された海底電位差磁力計（OBEM）および海底電位差計（OBE）合計 3 台を回収する。これらのデータと、NT07-01 航海で設置されて NT07-03 航海で回収された OBEM・OBE 合計 6 台のデータをあわせることで、東海沖地震発生帯の海底下電気伝導度構造が明らかになることが期待される。

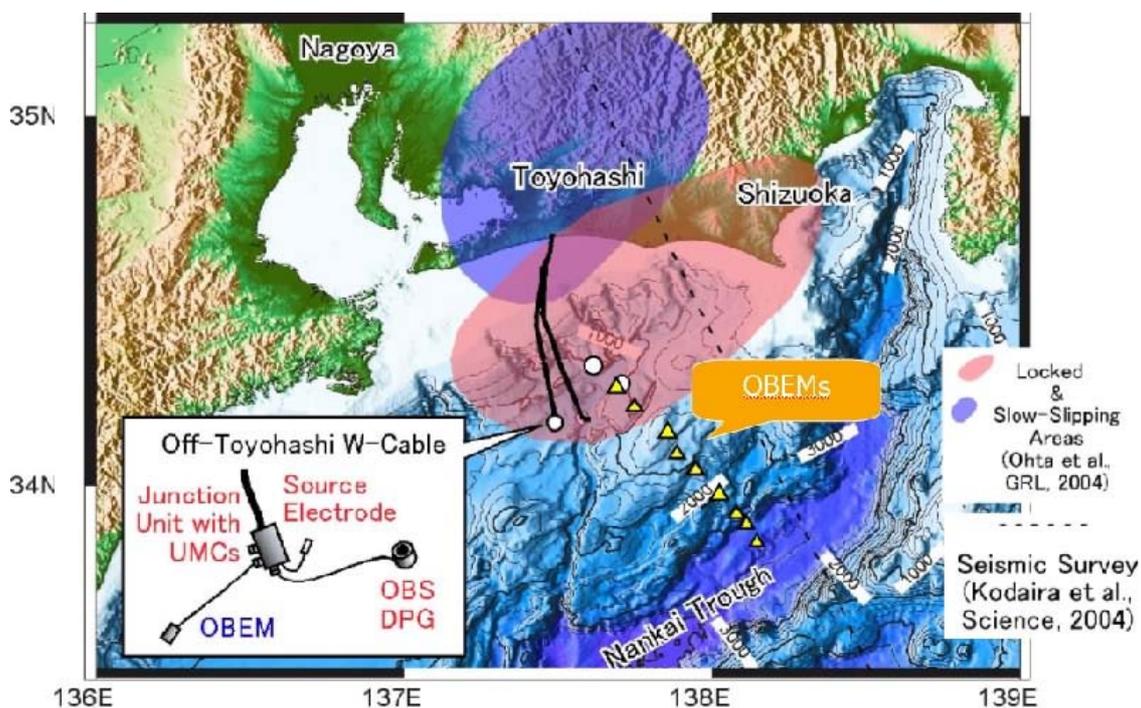
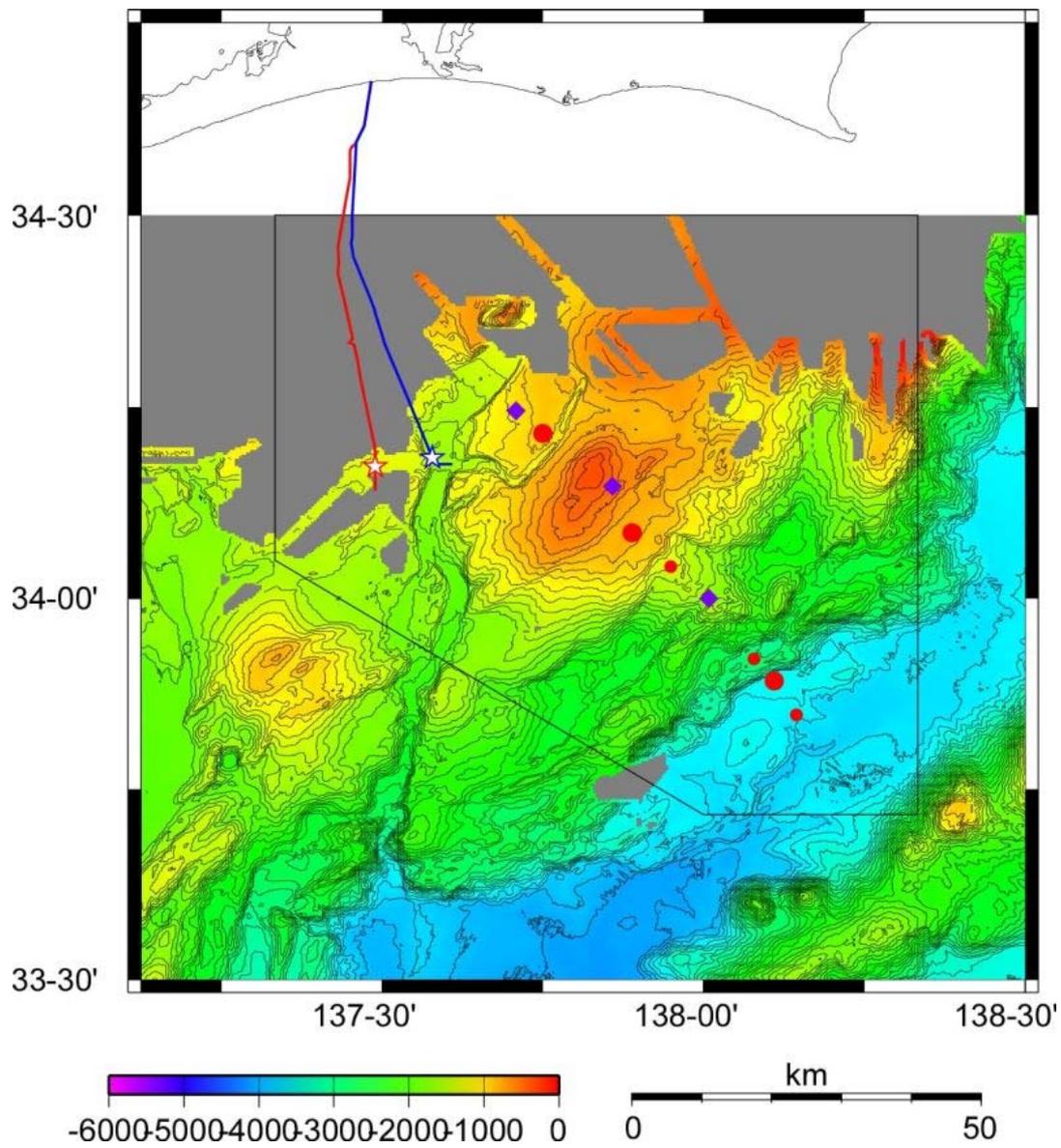


図 1：豊橋沖での海底ケーブルを用いた観測の概念図。赤及び青いエリアは、陸上の GPS 観測から求められたプレート境界の固着域およびすべり域。豊橋沖海底ケーブルはこの両方の領域をまたいでいることが分かる。破線は Kodaira et al.(2004)による地震探査の測線

2.1. 調査海域図

本航海の海域図および OBEM 設置点の情報を以下に示す。



NT07-06 での投入位置◆と NT07-01 での測点位置●

Site201(OBEM JM100)

設置予定	137-42.5E	34-14.7 N	約 1070m	
投入位置	137-42.4895E	34-14.6991N	1070m	4/11 14:05
着底位置(SSBL)	137-45.0E	34-12.922N	953m	4/11 14:29
トラポン	4A-1			

Site202(OBE JF2)

設置予定	137-51.5E	34-08.8N	約 540m	
投入位置	137-51.4776E	34-08.8111N	536m	4/11 12:45
着底位置(SSBL)	137-51.555E	34-08.770N	536m	4/11 12:57
トラポン	4C-1			

Site203(OBEM JM101)

設置予定	138-00.5E	34-00N	約 1770m	
投入位置	138-00.4918E	34-00.0159N	1793m	4/10 5:59
着底位置(SSBL)	138-00.605E	33-59.948N	1773m	4/10 6:38
トラポン	4B-1			

2.2 航海ログ

「なつしま」動静 (NT07-14 07/07/11-13)				船位/天候/風向風力/海況	
日付	時刻	動静	備考		
2007年7月11日	8:00	乗船研究者乗船		7/11 12:00	
	9:00	「なつしま」和歌山港出港		33_43.8' N, 135_09.0' E	
				rainy	
				SE-5	
				Sea smooth	
2007年7月12日	4:00	海域着		7/12 12:00	
	4:55	Site201 Call開始	S/R=1176m	34_14.7' N, 138_26.6' E	
	4:59	切り離しコマンド送信		overcast	
	5:14	離底確認	離底まで15分	SSW-3	
	5:38	OBEM浮上		Sea smooth	
	5:44	OBEM回収			
	6:43	Site202着 Call開始	S/R=991m		
	6:45	切り離しコマンド送信			
	6:59	離底確認	離底まで14分		
	7:08	OBEM浮上			
	7:14	OBEM回収			
	8:19	Site203着 Call開始	S/R=2432m		
	8:21	切り離しコマンド送信			
	8:42	離底確認	離底まで21分		
	9:22	OBEM浮上			
	9:26	OBEM回収 海域発			
2007年7月13日	9:00	「なつしま」機構入港			

3. 乗船者リスト

「なつしま」乗組員

船長	Captain	石渡 正善	Masayoshi ISHIWATA
一等航海士	Chief Officer	鯨島 耕児	Koji SAMESHIMA
二等航海士	2nd Officer	小林 十九郎	Tokuro KOBAYASHI
三等航海士	3rd Officer	古川 優喜	Yuki FURUKAWA
機関長	Chief Engineer	塚田 実	Minoru TSUKADA
一等機関士	1st Engineer	船江 幸司	Kouji FUNAE
二等機関士	2nd Engineer	平塚 義信	Yoshinobu HIRATSUKA
三等機関士	3rd Engineer	夏井 文彦	Fumihiko NATSUI
電子長	Chief Radio Officer	須田 福男	Fukuo SUDA
二等電子士	2nd Radio Officer	山本 洋平	Yohei YAMAMOTO
甲板長	Boat Swain	石森 幹男	Mikio ISHIMORI
甲板手	Able Seamen	八藤後 浩三	Kozo YATOGO
甲板手	Able Seamen	角口 国治	Kuniharu KADOGUCHI
甲板手	Able Seamen	大迫 和四郎	Kazushiro OHSAKO
甲板員	Sailor	岩寄 生典	Naoki IWASAKI
甲板員	Sailor	松尾 仁智	Yoshiaki MATSUO
甲板員	Sailor	木村 朋弘	Tomohiro KIMURA
操機長	No.1 Oiler	八幡 喜好	Kiyoshi YAHATA
操機手	Oiler	福原 猛	Takeshi FUKUHARA
操機手	Oiler	阿部 一夫	Kazuo ABE
操機手	Oiler	佐藤 正法	Masanori SATO
操機手	Oiler	谷口 馨也	Keiya TANIGUCHI
司厨長	Chief Steward	宮内 武志	Takeshi MIYAUCHI
司厨手	Steward	木下 敏治	Toshiharu KISHITA
司厨手	Steward	有山 重人	Shigeto ARIYAMA
司厨手	Steward	畠山 太志	Futoshi HATAKEYAMA
司厨員	Steward	大湯 忍	Shinobu OYU

乗船研究者

海洋研究開発機構	地球内部変動研究センター	後藤 忠徳	Tadanori GOTO
海洋研究開発機構	地球内部変動研究センター	笠谷 貴史	Takafumi KASAYA
京都大学	大学院生	坂田 玄輝	Genki SAKATA
日本海洋事業（株）	海洋科学部	菅野 真人	Masato SUGANO

4-1 OBEM 調査の目的

本航海の調査海域は、フィリピン海プレートが日本列島下に沈み込んでいる南海トラフの東端に位置しており、プレート間巨大地震の発生が推測されている「東海地震」の想定震源域となっている。MCSやOBSによる精力的な調査がこれまでも行われているが、地震発生の鍵とされている「流体」の存在に敏感である比抵抗を調べる電磁気探査は行われていなかった。

熊野灘では海域と陸域の同時観測が行われ、フィリピン海プレートの比抵抗が沈み込むに従って変化する様子が明らかとなり、分岐断層付近や紀伊半島下の低周波微動域において低比抵抗体が検出されている。これによれば、東南海地震のプレート固着域は高比抵抗で、その浅部延長と深部延長が低比抵抗と、ということが分かる。

本航海の調査海域でMCSとOBSによる調査からは、図2に示したように海山の沈み込みが確認されている(Kodaira et al., 2004)。この海山の沈み込みは、熊野灘とは大きく異なる点であり、海山がどのようにプレートの固着と関係しているのかが興味深い。Ohta et al.(2004)では、陸域のGPSデータからバックスリップを求め(図3)、低周波地震との関係を議論している。スリップ量の大きな領域は海域にまで及んでいることから、本航海の調査によって東海地震の震源域を比抵抗構造からとらえる

ことが可能であり、熊野灘での地震波探査と電磁気探査の結果を相互に比較することで、プレートの固着と流体との関係がより明らかになることが期待される。

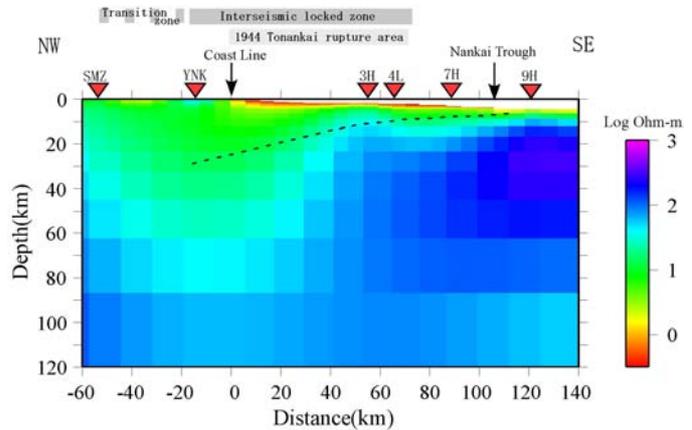


図1 紀伊半島～熊野灘で得られた比抵抗構造

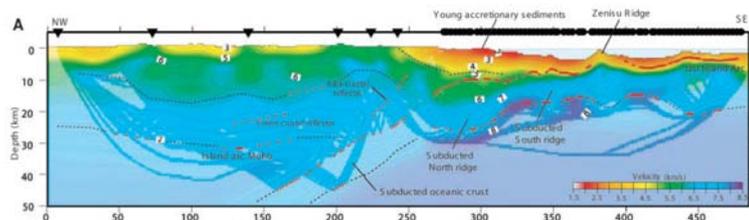


図2 東海沖から中部地方にかけての地震波測道構造(Kodaira et al., 2004).

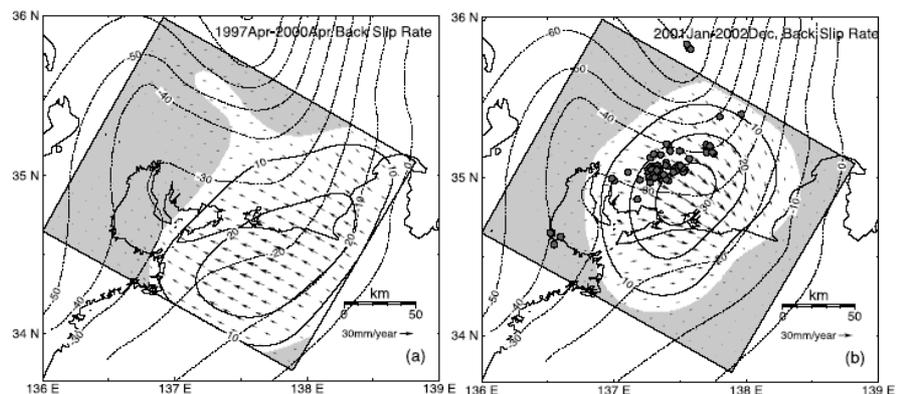


図3 調査地域周辺でのバックスリップ量(Ohta et al., 2004).

4-2 OBEM と OBE の概要 (担当:笠谷)

本航海で投入された OBEM および OBE は、1つの耐圧ガラス球に必要な測器が封入された小型の観測測器(図 1)で、作業性やメンテナンス性なども考慮した設計がなされている。電場を測定するための長い電極アームは作業効率の悪化をさせるが、本装置は取り付けしやすい構造としてその欠点を解決している。また、音響切り離し装置は、東京大学地震研究所や海洋研究開発機構で実績のある海底地震計の音響切り離し機構を採用しており、船底デューサーを用いた SSBL(Super Short Base Line)により、測器の深度をリアルタイムで知ることが出来る。

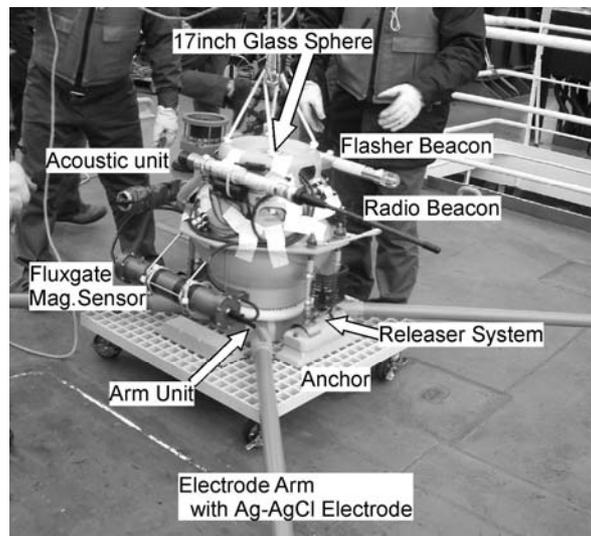


図 1 本航海で投入した OBEM の外観。

電極アーム部は、音響信号による錘の切り離しが成功して浮上するに伴い、自動的に電極アームが折りたたまれる機構をしている(特許申請番号 2005-350021)。図 2 はその機構の概念図である。取り付け台座はポリプロピレン製で浮力的にほぼ中性、電極アーム部の素材は MC ナイロンと塩ビであるため浮力がない。そのため、海面到達時にも海面に出るのは OBEM 本体のガラス球部のみである。また、電極アームが海面下に垂れ下がった状態にあるため、海上に浮かんだ OBEM 本体を船のすぐ側まで寄せることが可能になり、作業性と安全性を高める効果がある。アンプや記録装置などの主なエレクトロニクスはガラス球内部に電池と共に封入されており、ガラス球の周囲に金属耐圧容器に入ったフラックスゲート磁力計、音響装置、ラジオビーコン、フラッシャービーコンが取り付けられている。

我々の開発した自己浮上型の観測装置は、測器の回路部を目的に応じて選択することができる。これはトランスポンダをガラス球外部に独立して装備しているため可能となっている。通常は、自然シグナルを利用した Magneto-telluric 法の実施を念頭に置いているため電磁場の双方を測定

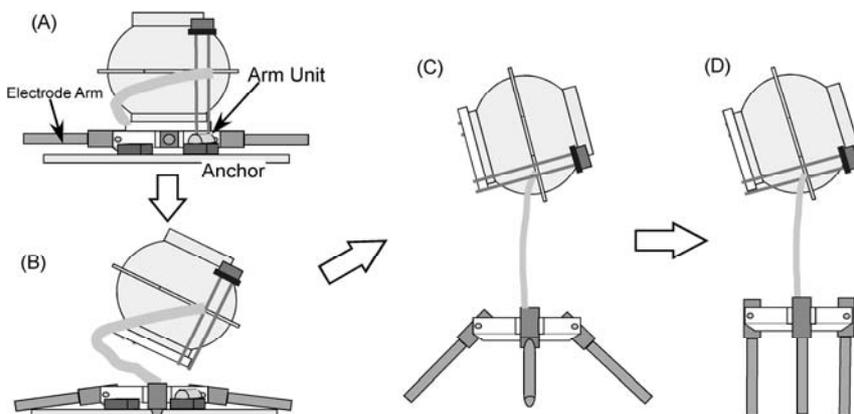


図 2 電極アームの折り畳み機構の概念図。海面到達時も浮力のない電極アーム部は(D)の状態では海面下にあるため、揚収作業が容易である。

する OBEM での運用が主である。この OBEM はテラテカ社製の電子回路とフラックスゲート磁力計を搭載しており 8Hz サンプリングが可能となっている。この測器の仕様を図 3 に示した。フラックスゲート磁力計はガラス球

外部の金属耐圧容器内に収納されている(図 2)。このほかに電場のみを測定する電位差計(以下 OBE)の製作を行っている。外観上は図 1 の OBEM とほとんど変わりなく、磁力計耐圧容器が無い点のみが異なる。この OBE は神戸大型 OBEM の電位差回路部を基本として、A/D コンバーターを 24bit 化、主電源をリチウム 2 次電池とし、GPS 同期の外部時計との同期および時刻比較を可能にしている。リチウム充電電池を用いているので運用のたびに電池を購入する必要が無く、多くの繰り返し観測の実施に適している。また、時刻同期・比較が正確な時計と行えることは、人工電流源探査を実施する上で必要な条件である。

	OBEM	OBE
Sampling rate	8Hz	1Hz
AD converter	16bit	24bit
Resolution	0.000305176mV/LSB 0.01nT/LSB	0.0000019mV/LSB
Power supply	Lithium battery	Li-ion rechargeable battery
Memory	Compact flash memory (Max 2GB)	Compact flash memory (Max 256MB)
Communication port	USB1.1/RS-232C	RS-232C

図 3 OBEM および OBE の測定装置の仕様。

OBEM ではパソコンに RS-232C を介して取り付けられた GPS アンテナによりパソコン時計の同期を取り、そのパソコンと OBEM の時計を高精度時刻同期機能(0.01 秒)を用いて同期および時刻比較を行う仕様となっている。時刻比較は観測の章(5-3)で詳しく述べる。

5-1 OBEM の回収

本航海では OBEM2 台、OBEM1 台の回収を行った。これらは NT07-06 公開で設置されたものである。回収作業は 7/12 に Site201,202,203 の順に行われ、すべての OBEM/OBE が回収された。以下に回収された OBEM/OBE の位置情報を記す。回収の際の時刻などは 2 章の航海ログを参照頂きたい。

Site201(OBEM JM100)

設置予定	137-42.5E	34-14.7 N	約 1070m	
投入位置	137-42.4895E	34-14.6991N	1070m	4/11 14:05
着底位置(SSBL)	137-45.0E	34-12.922N	953m	4/11 14:29
トラポン	4A-1			

Site202(OBE JF2)

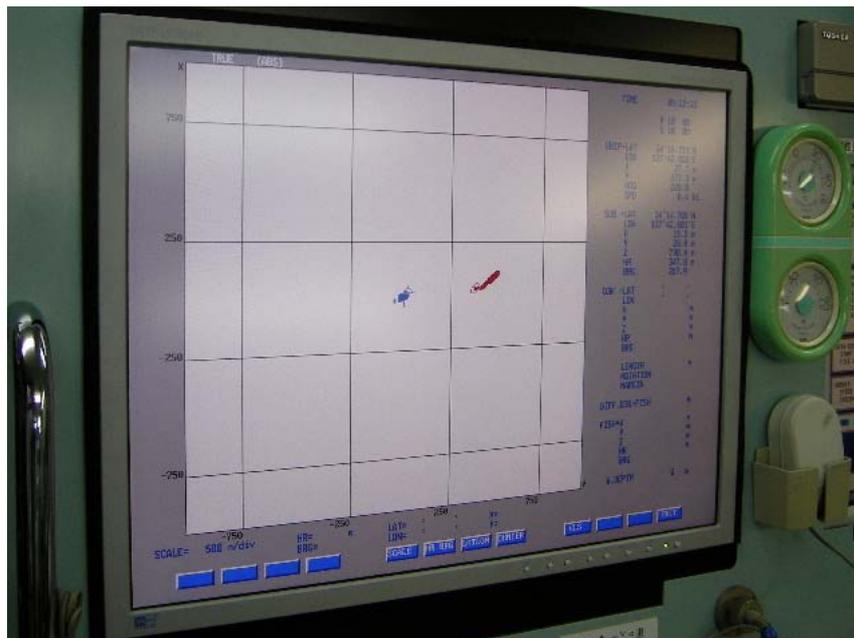
設置予定	137-51.5E	34-08.8N	約 540m	
投入位置	137-51.4776E	34-08.8111N	536m	4/11 12:45
着底位置(SSBL)	137-51.555E	34-08.770N	536m	4/11 12:57
トラポン	4C-1			

Site203(OBEM JM101)

設置予定	138-00.5E	34-00N	約 1770m	
投入位置	138-00.4918E	34-00.0159N	1793m	4/10 5:59
着底位置(SSBL)	138-00.605E	33-59.948N	1773m	4/10 6:38
トラポン	4B-1			



調査船なつしま常設の音響通信装置デッキユニット（海洋電子製）



浮上中の OBEM の水平位置（青）と、調査船なつしまの位置（赤）。
本船の場合、常設の SSBL システムにより OBEM の位置を
トラッキング可能。Site 201 にて。



Site 201 の OBEM 回収の様子。海面に浮上してきたばかりのところ。



Site 202 での OBE 回収の様子。左舷側でクレーンにより OBE を釣り上げて、甲板へ張り出し部より引き込んだ。



Site 202 から回収された OBE。OBEM とは違って、17 インチガラス球の上の浮力体（5 インチガラス球）は投入時から付いていない。



Site203 から回収される OBEM。水面の OBEM を左舷側で捕まえたところ。



Site 203 から回収される OBEM。設置時とは異なり、
電位差測定用アーム（4本）は折りたたまれた状態で浮上する。



洋上に揚収された OBEM（Site 203）。ガラス球側方
（写真では右側）に見えるのが 3 成分磁力計



無事に回収された2台のOBEMと1台のOBE。
小型が進んだので、この程度のスペースに3台が収まるようになった。



OBEM内部のデータ取り出しのために、
洋上でガラス球を開封。

5-2 時刻同期およびデータの概要

回収された OBEM2 台の内部時計に対して、GPS 同期を行った時計ユニットとの時刻ずれを測定した。OBEM については、ノート PC の時計をまず GPS 時計に合わせ、このノート PC と OBEM の間の時刻の差を比較することとした。比較結果を下記に記す。なお OBE については、専用の GPS 時計からの時刻測定が可能であるが、本航海で回収された OBE に関しては時刻同期をおこなうことができなかつたため、下船後に行うこととした。

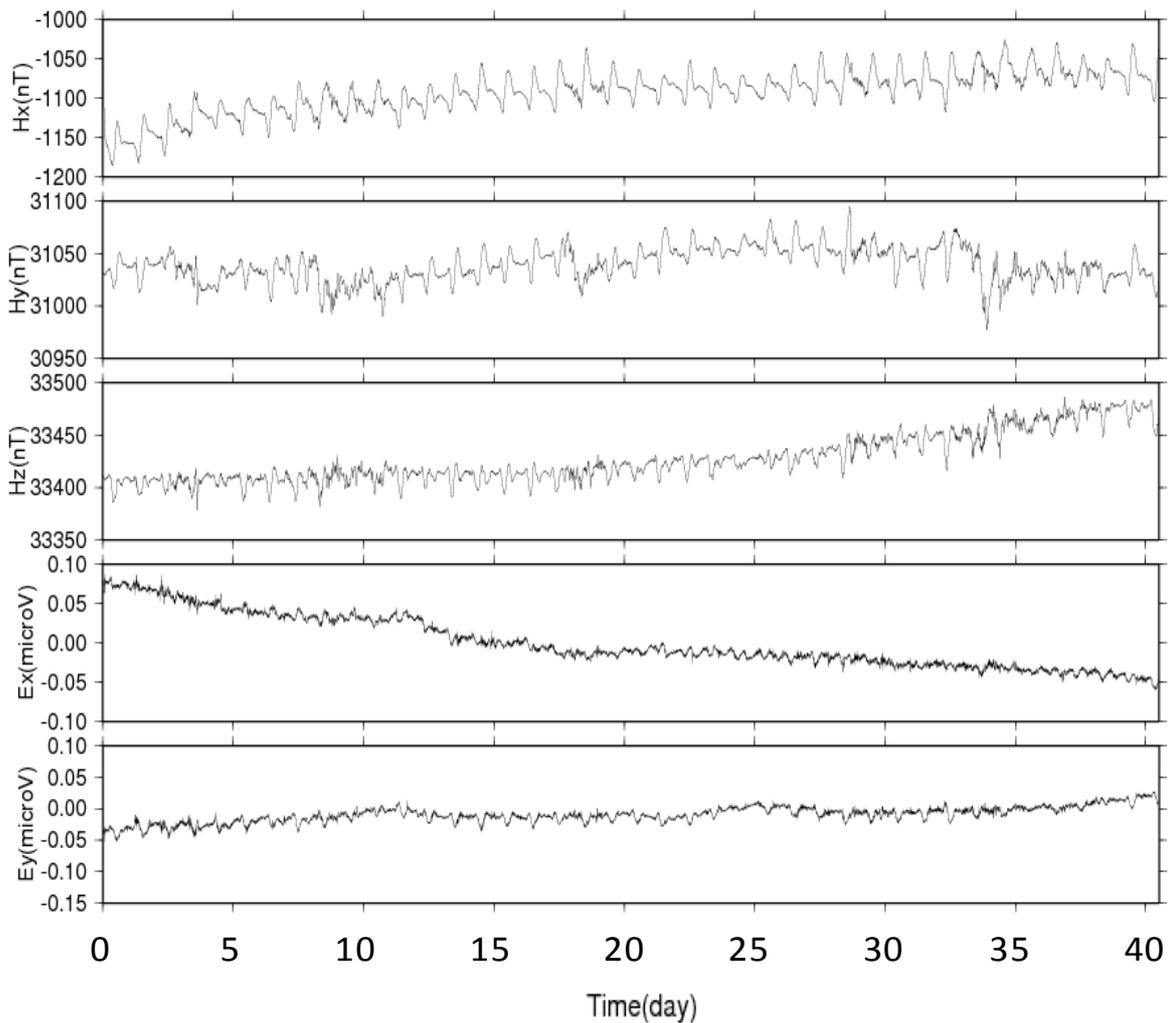
Site 201 (OBEM-JM100)

PCの内蔵時計	OBEMの内蔵時計
07/07/13 01:56:43	07/07/13 01:56:43.601
07/07/13 01:56:45	07/07/13 01:56:45.604
07/07/13 01:56:47	07/07/13 01:56:47.597
07/07/13 01:56:49	07/07/13 01:56:49.600
07/07/13 01:56:51	07/07/13 01:56:51.603

Site 203 (OBEM-JM101)

PCの内蔵時計	OBEMの内蔵時計
07/07/12 05:19:07	07/07/12 05:19:16.437
07/07/12 05:19:09	07/07/12 05:19:18.430
07/07/12 05:19:11	07/07/12 05:19:20.433
07/07/12 05:19:13	07/07/12 05:19:22.435
07/07/12 05:19:15	07/07/12 05:19:24.438

Site 203 で得られた時系列の例を下記に記す。Hx 成分に顕著であるが、1 日ごとに地磁気の変動が確認できる。これは地磁気の日変化と言い、電離層電流に起因する地磁気変化である。それ以外に、地磁気の日変化を乱すような短周期の地磁気変化も確認できる。これは地磁気嵐（地磁気擾乱）と言われるものであり、この際に海中および海底下に誘導電流が発生する。電場（下記の Ex 成分、Ey 成分）には電極センサーに起因すると思われるドリフト成分が卓越しているため、誘導電流はにわかには認められないが、部分的に拡大してみると地磁気擾乱によく対応する電場の擾乱が認められる。これらの電磁場データを下船後に解析することによって、本地域の海底下の電気伝導度構造の解明が可能になるとと思われる。



謝辞

本航海では、調査船「なつしま」の船長および乗組員に多岐にわたりお世話になった。また日本海洋事業観測支援員には乗船中だけでなく、観測装置整備などでもご援助いただいた。海洋研究開発機構の研究船運航関係者ならびに海底ケーブルデータセンター関係者など、陸上からの支援なくして、本航海は遂行不可能であった。これらの方々に対して乗船研究者一度、深く感謝する次第である。

本航海は NT07-01、NT07-03、NT07-06、NT07-14 の4つの調査航海+KDDI パシフィックリンク(KPL)によるケーブル敷設工事を合わせた一連の調査航海の締めくくりであった。これらの航海に関しては、静岡大学の笠原順三先生、藤井直之先生、熊沢峰夫先生、東海大学の長尾年恭先生、マリン・エコ・テックの白崎勇一先生には本計画立ち上げ時にご尽力頂き、また多くの助言を頂いた。また KDDI および国際ケーブルシップの皆様、OCC の皆様には本計画に関して数多くの面でご援助、ご助力、またご配慮を頂いた。

なお本航海の一部は JAMSTEC 横断研究開発促進アワードおよび科学研究費補助金により支援された。