

KR06-06 「かいいい」・「かいこう 7000II」
西フィリピン海盆(WP-1)・四国海盆(SWSB2, LS18)
潜航調査クルーズレポート

The Cruise Report of KR06-06
R/V *KAIREI* and ROV *KAIKO 7000II*
West Philippine Basin and Shikoku Basin

平成 18 年 6 月 13 日(横須賀)～6 月 24 日(横須賀)

June 13th, 2006 (Yokosuka) - June 25th, 2006 (Yokosuka)



KR06-06 「かいいい」・「かいこう 7000II」
西フィリピン海盆(WP-1)・四国海盆(SWSB2, LS18)
潜航調査クルーズレポート
平成 18 年 6 月 13 日(横須賀)～6 月 24 日(横須賀)

目次

1. 目的	1
2. 調査航海概要	14
3. 西フィリピン海盆(WP1)	20
4. 四国海盆南部(SWSB2)	61
5. 四国海盆北部(LS18)	72
6. 添付資料	
6.1 実施要領書	1
6.2 潜航記録	19
6.3 ビデオリスト	28
6.4 航海ログ	29
6.5 乗船者一覧	30

乗船者

首席研究員	金沢	敏彦	(東京大学地震研究所)
乗船研究者	篠原	雅尚	(東京大学地震研究所)
	藤	浩明	(富山大学理学部)
	深野	哲生	(東京大学理学系研究科)
	大久保	忠博	(東京大学理学系研究科)
	本林	勉	(富山大学理工学教育部)
観測技術員	清水	賢	(日本海洋事業(株))
	君野	麻衣子	(日本海洋事業(株))
	細谷	慎一	(日本海洋事業(株))

1. 目的

1. 研究の目的および背景

地球の様々な活動は局所的に閉じたものではなく、地球内部と海洋・大気さらに地球外天体もが密接に相互作用を及ぼしていることが明らかになってきた。このような新しい地球認識の潮流に対応して自然現象を真に理解するためには、地球表面の70%を占める海洋底が重要な役割を持つ。海洋底は、大陸地殻の複雑さに邪魔されずに地球内部を覗くための有力な「窓」である一方で地球観測の空白域となっており、その最大の面積を占める太平洋での観測空白域の存在は、新しい地球観の創造への最大の障害である(図1)。

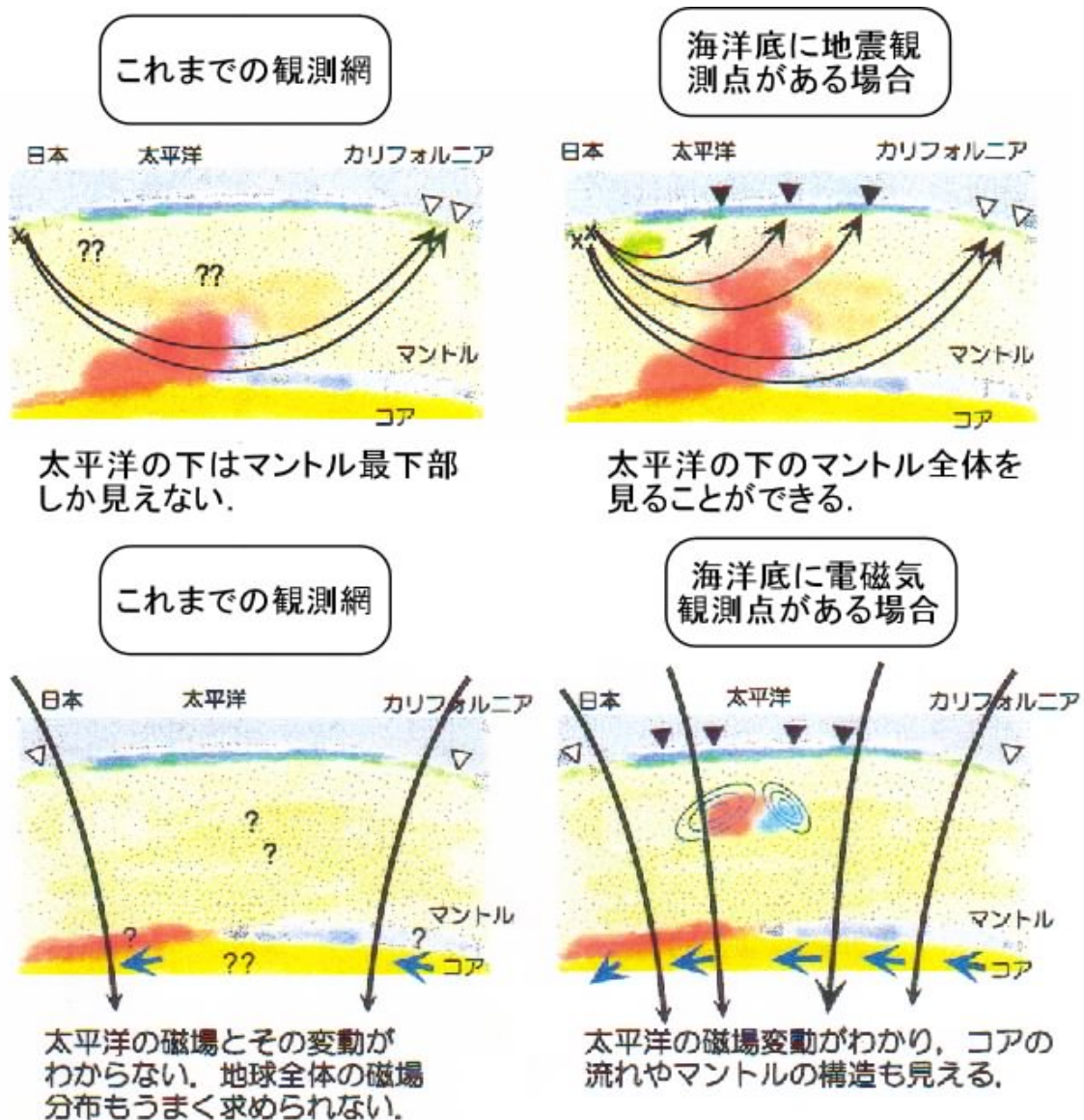
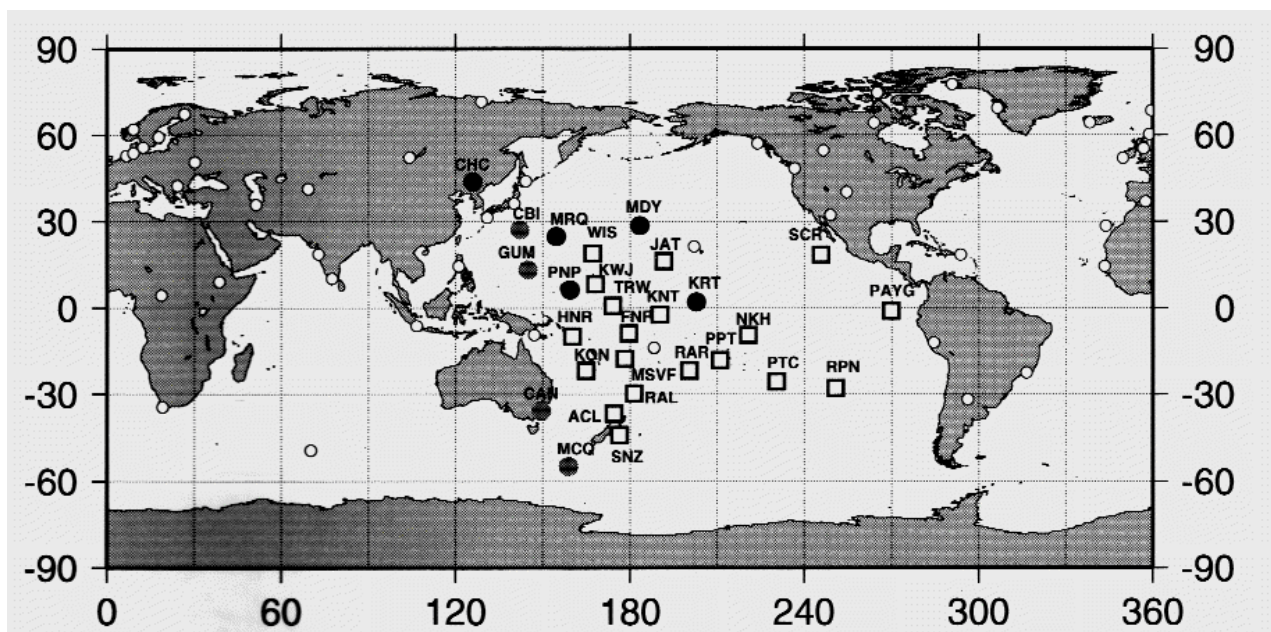


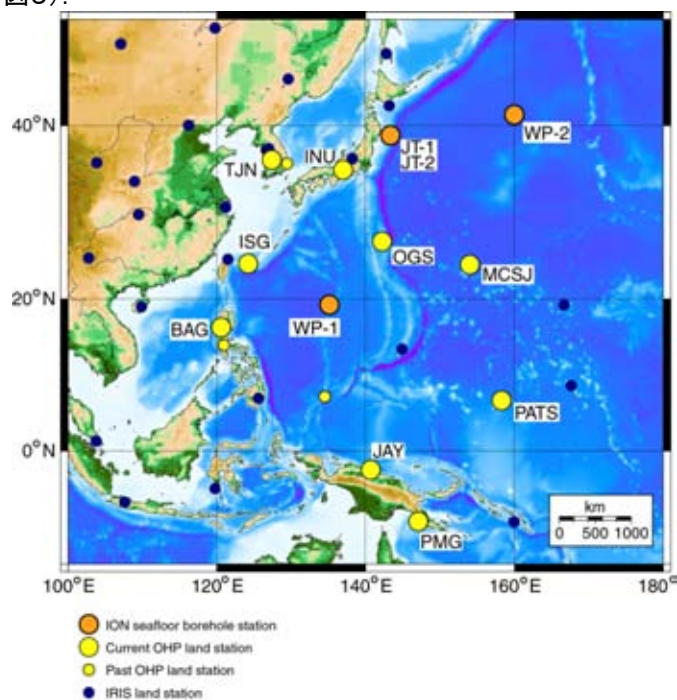
図1. 太平洋の観測空白域

そこで、地球最大のマントル下降流が発生している西太平洋域において新しい地球物理観測網を建設し、その活動を明らかにするのが「海半球ネットワーク」計画である。「海半球ネットワーク」以前の観測網では、観測点間隔は約2000kmが限界であった。しかしながら、トモグラフィなどの構造解析の解像力は、観測点間隔で決定する。西太平洋域下において、海洋プレート沈み込みに伴う局所的な構造やプレート下部のアセノスフェアの微細構造を求めるためには、観測点間隔を約半分にする必要がある。

海半球ネットワーク計画の中でも、地震・電磁気観測網は、鍵となるものであり、西太平洋域に約1000kmスパンの観測網を作るために、島嶼がある海域では島嶼に広帯域地震・電磁気観測点を設置した。電磁気観測点の分布を図2に示す。



しかし、島嶼が全くない海域においては、海洋底において観測を行わなければならない。また、高分解能な構造を求めるには、良質なデータが必要となる。海底掘削孔に地震計を設置し、観測を行うことは、海域で最も良質なデータを与えると考えられる。我々は、この観点から、北西太平洋(WP-2観測点)および西フィリピン海盆(WP-1観測点)のODP掘削孔を利用して、海底孔内広帯域地震観測点を設置し、観測を開始した(図3)。この海底孔内広帯域地震観測点からのデータは、陸上(島嶼)観測網及び自由落下方式で敷設する広帯域海底地震計・海底電位磁力計のデータと結合し、全球的なコアとマンツルの解像度を向上させると共に、広域的な西太平洋のマンツルの高分解能イメージングに必要なデータを得ることができる(図4及び図5)。



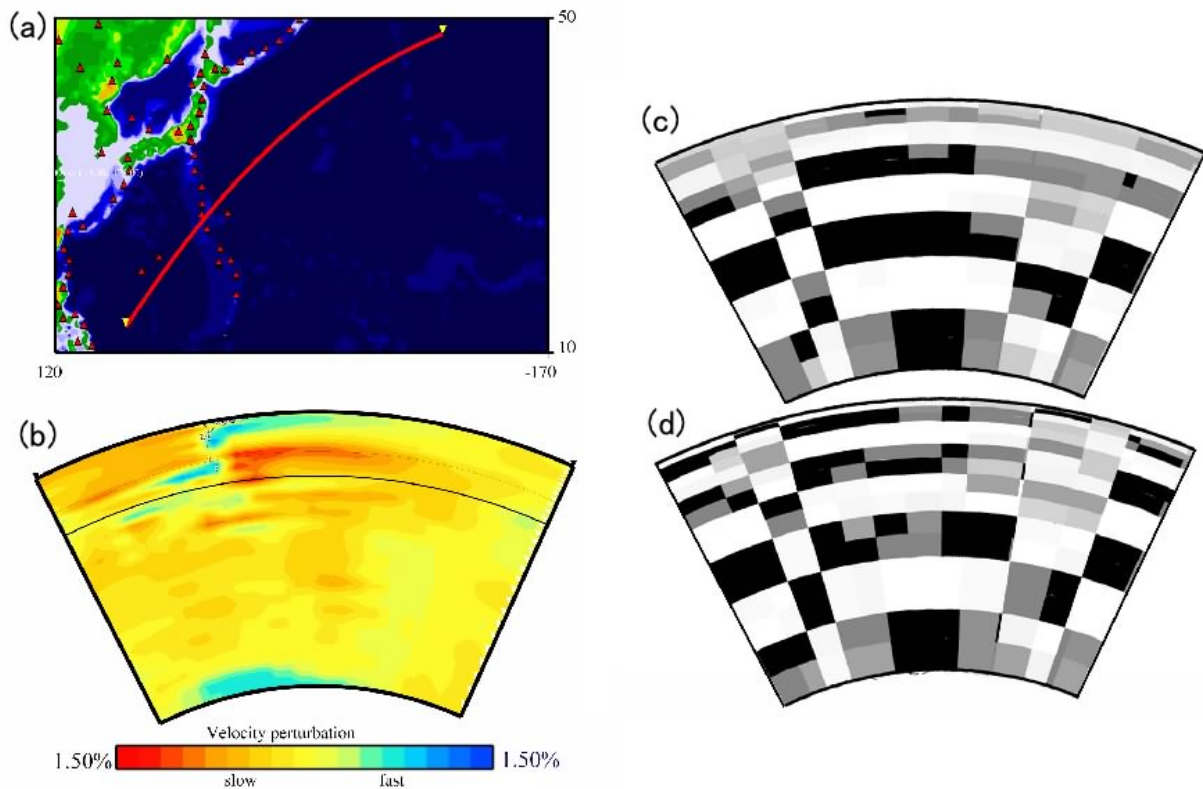


図4. 海洋底観測点が構造決定に与える影響. (a)対象域. 線はWP-1とWP-2を結ぶ大円. (b)WP-1とWP-2の結ぶ大円下で現在得られているマンツルの構造. フィリピン海プレートの沈み込みが暗色として見えている. (c)海域に観測点がない場合の分解能テストの結果. 分解能がある領域は、白黒の升目がはっきりわかる領域として表現されている. (d)WP-1とWP-2観測点がある場合の分解能テスト. こちらの方が黒白の升目がよく再現されていることがわかる.

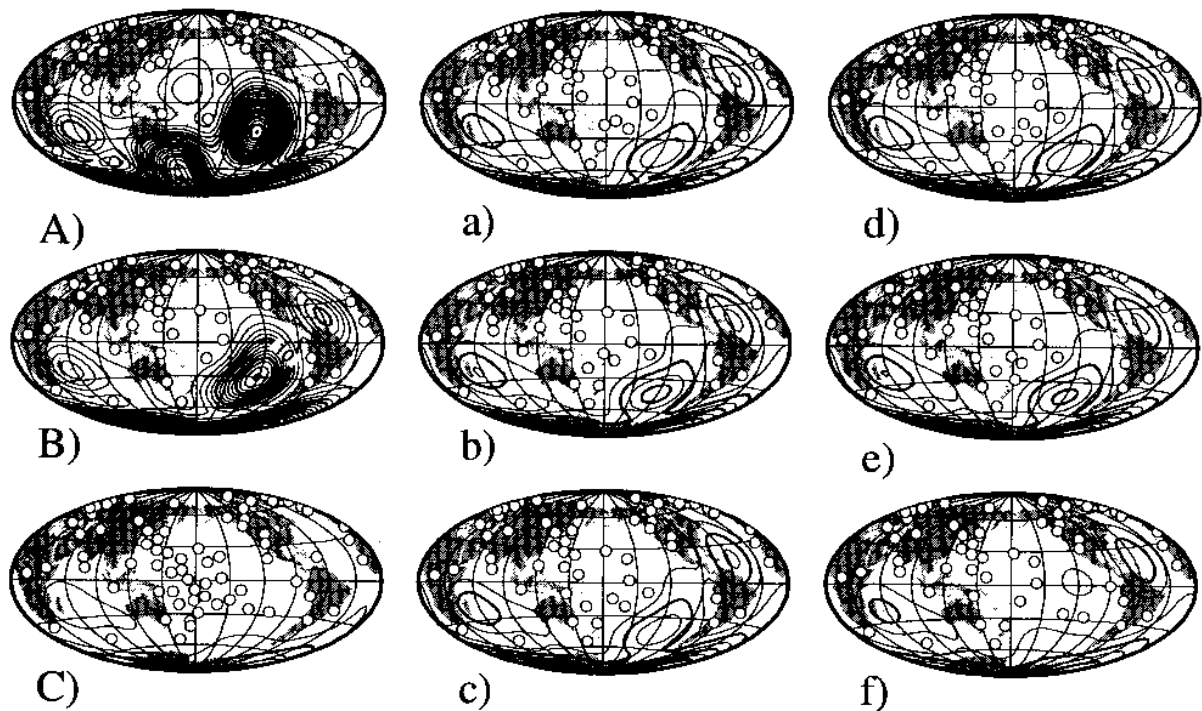


図5. 海底磁場観測点配置による地磁気空間分布の決定精度の違い. 様々な観測点配置について決定誤差のコンターが描かれている. これらの図の例えば、A)とB)との比較から、北西太平洋に観測点を展開すれば、太

平洋における地磁気空間分布の決定精度が、飛躍的に向上する事が分かる。

一方、マンツルのダイナミクスは1億年の時間スケールで海洋リソスフェアを更新させており、プレートテクトニクスと地球深部ダイナミクスの結合度は、海域でより強く直接的であると考えられる。従って、海洋リソスフェアの詳細な構造を求めることは、重要な課題である。しかし、海域では技術的制約のために、高分解能の長期観測がこれまで行われていなかった。海洋リソスフェアの詳細な構造とそれを支えるマンツルダイナミクスを求めるために、北西太平洋海盆と西フィリピン海盆の海底孔内広帯域地震・電磁気観測点は特異な観測点となる。例えば、WP-2観測点に対しては、南北アメリカ大陸西岸で起こる地震からの表面波は、その経路のほとんどが海洋プレート上であり、それを直接海洋プレート上で観測できるという世界的にまれな観測点となる。また、地磁気の時空間分布の決定精度を飛躍的に向上させ得る絶対計搭載型海底電位磁力計は、太平洋の地磁気空間分布とその永年変化に双極子磁場だけが卓越している様に見えるPacific Dipole Windowの問題解決に決定的な役割を果たすであろう。

海底設置型の長期観測広帯域海底地震計は、海底孔内地震観測点のように設置場所が制約されない利点がある。このために、海半球ネットワークでは、海域における地震観測点として重要な位置を占める。

地震学的な構造と電磁気学的な構造は違う物理量を表しており、西太平洋下の詳細な両方の構造を求めることにより、マンツルダイナミクスに関するより深い考察が可能となる。例えば、コアマンツル境界では、地震低速度異常と高電気伝導度異常が、一致していると考えられているが、このメカニズムを明らかにするためにもマンツルの詳細な地震学的構造と電磁気学的構造を求める必要がある。

本研究では、西太平洋地域での高分解能なイメージを得るために鍵となる海洋底での広帯域地震・電磁気観測を、海底設置型広帯域海底地震計と海底孔内地震観測点及び絶対計を付加した海底電位磁力計を用いて行うことを目的としている。

<キーワード> * キーワードを4つ記入してください。

1. 地球深部構造

2. 海底孔内地震観測

3. 長期海底地震・電磁気観測

4. 海底地磁気絶対観測

2. 調査航海の研究実施計画概要（潜航／調査作業の実施内容）

本研究の目的を達成するためには、すでに設置されている2点の海底孔内広帯域地震観測点からのデータ回収・観測点の保守、観測システムの更新が必要となる。これには、無人探査機「かいこう7000」の利用が必須となる。本計画で提案するデータ回収・システムメンテナンスを行うWP-1孔内観測点は、平成15年7月の「かいこう」子機亡失事故以来、データ回収・システムメンテナンスを行っていない。北西太平洋海盆のWP-2観測点は、平成17年7月にKR0508次航海により、データ回収とシステムメンテナンスを行い、現在観測休止中である。そこで、平成18年度は、平成15年5月以来、データ回収・メンテナンスが行えていない西フィリピン海盆のWP-1観測点のデータ回収とメンテナンスのための潜航を提案する。四国海盆には、広帯域海底地震計と長期観測型海底地震計が設置されており、「かいこう7000」での回収を提案する。地震観測については、WP-1観測点の電池が消耗することなどから、今回は長期観測継続にむけたシステム保守を行う。また、既にWP-2観測点では孔内地震計との並行観測に成功した絶対計搭載型海底電位磁力計による観測を、新たにWP-1点で開始することも重要である。今後は、電磁気観測点も固定点とし音響モデムを用いた磁力計の「その場校正」を行う為、電磁気観測においても「かいこう7000」の利用が必須である。これらの観測は、1回の設置・データ回収で終了できる性格の研究ではなく、継続的な長期観測系の研究として本年度以降も続ける予定である。また、海底孔内広帯域観測点付近の地殻構造調査も併せて行う。

I. WP-1観測点のデータ回収及び保守

WP-1 観測点については、平成14年度に、ODP195 次航海により、海底孔を掘削し、海底掘削孔内広帯域地震観測システムの設置に成功した。観測システムのセンサーは2式の孔内型広帯域地震計 Guralp 社 CMG-1TD (360 ~ 0.02 秒) であり、海底下 560m の基盤である玄武岩中にセメントで固定した。地震計からの信号は、孔底において24ビット精度のデジタル信号に変換され、孔底から信号ケーブルにより、海底まで送られる。孔口には、合計 5.2kAh のリチウム電池ユニット、システム制御装置、データ記録装置からなる海底部装置が置かれている。海底部装置は、それぞれを水中脱着コネクタで結合しており、適宜装置を最新のものに置き換えることによってバージョンアップ可能なシステム構成としている点が特長である(図6)。記録部は 60GB のハードディスクを備え、100Hz サンプリングで1年以上の連続記録が可能である。平成14年3月26日の無人探査機「かいこう」ダイブ#228により、システムが起動された。その翌日の「かいこう」ダイブ#229において、システムが正常に動作していることが確認された。WP-1 観測点には、調査を要する海水電池が現在は設置されていないので、孔内部及び海底部が正常動作を行っていたため、すぐに長期観測に入った。平成14年10月6日に、データを回収するために、無人探査機「かいこう」ダイブ#270が

行われ、データレコーダを回収し、新規にデータレコーダを再設置した(図7)。また、翌日に「かいこう」ダイブ#271 を行い、システムが正常に動作していることを確認した。「かいこう」ダイブ#270 により回収されたデータレコーダからは、起動を行った平成 14 年 3 月 26 日からレコーダが回収された平成 14 年 10 月 6 日までの計 194 日間のデータが回収された。2003 年 5 月 7 日に行われた「かいこう」ダイブ#294 によって、西フィリピン海盆海底掘削孔内広帯域地震計システム WP-1 からのデータ回収及びメンテナンスが行われ、平成 14 年 10 月 7 日から平成 15 年 5 月 6 日までの計 212 日間の広帯域地震データが回収された。また、引き続き長期観測を実施するためにデータレコーダを再設置した。現段階で、合計 406 日間のほぼ連続したデータが得られている(図8)。これは、現時点では、北西太平洋海盆の WP-2 観測点と並び海底孔内広帯域観測としては最長のデータである。得られた約 13 ヶ月間のデータからは、海底孔内の地震ノイズレベルがほとんど変化しないこと、夏期にはノイズレベルがやや大きくなることが分かった。また、平成 14 年 3 月 26 日からは、世界で初めて、WP-2 観測点と海底孔内広帯域同時地震観測を行った。

システムは、平成15年5月の「かいこう」潜航時点で正常に動作しており、平成16年度に「かいいい」を用いて、データの回収と観測システムの保守を行う予定であった。しかし、「かいこう」子機亡失事故のため、平成16年に「かいこう7000」の潜航によりデータ回収を試みたが、悪天候のために実施できていない。電源としているリチウム電池は、平成17年中に消耗し、電圧低下により収録を中止するものと思われる。マスタ・クロックのバックアップ電源が最大2 年程度しかもたないの、意味があるデータを取得するためには、平成18年度に「かいこう7000」による電源及びレコーダの回収／交換が不可欠である。その際には複数回ダイブが必要になる。

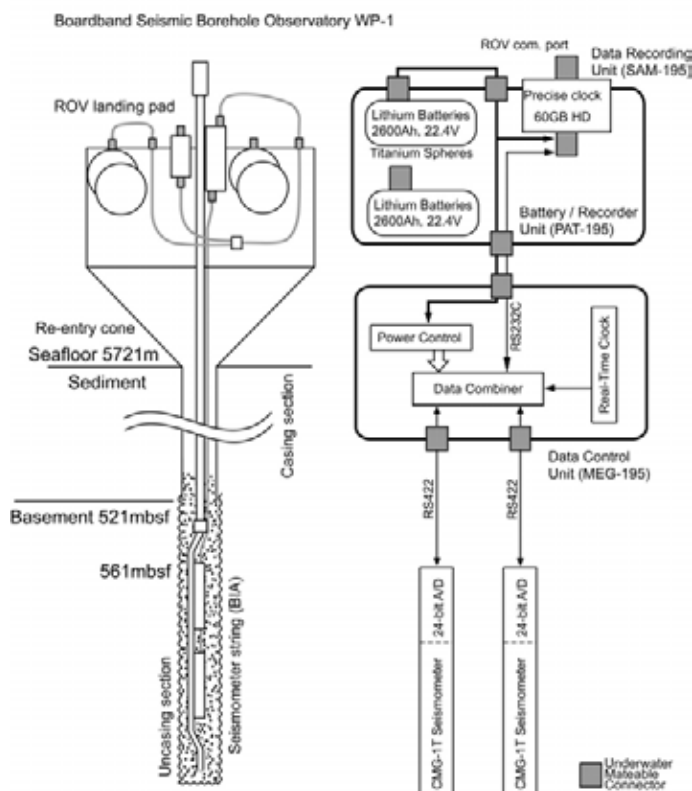


図6. 海底孔内広帯域地震観測点 WP-1 のシステム構成。広帯域地震計からの信号は、孔底でデジタルに変換され、海底部に送られる。データは、データ制御ユニット(MEG-195)を経由し、レコーダのハードディスクに記録される。電源としてリチウム電池を用いている。海底部の各部は水中脱着コネクタで接続され、交換可能になっている。

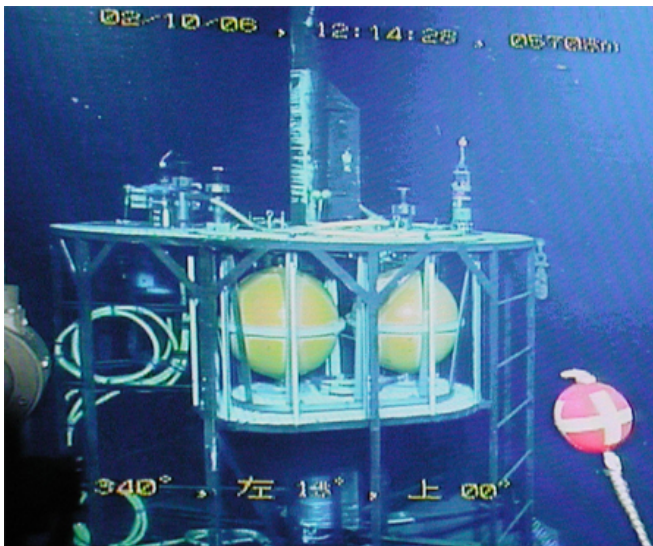


図7. 平成 14 年 10 月 6 日に行った無人探査機「かいこう」ダイブ#270により、長期観測態勢に入った WP-1 観測点。オレンジ色のチタン球は、リチウム電源ユニットで、約1年半の間、システムに電源を供給する。レコーダは、上面のシリンダー型容器に収められている。

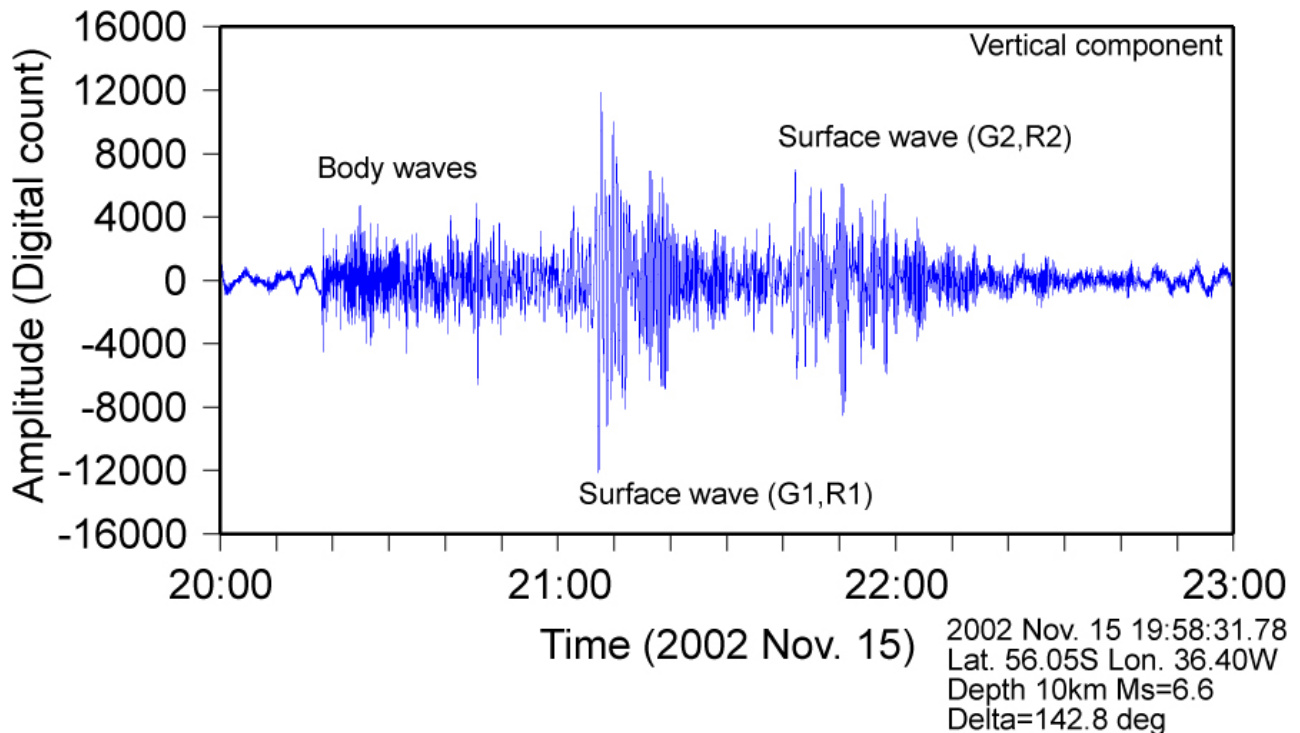


図8. WP-1 観測点で観測された地震波形(垂直動). WP-1 観測点で得られた地震記録例. 地震は、南サンドウィッチ諸島近傍で起こった $M_s=6.6$ の地震.

II. 絶対計搭載海底電位磁力計の設置・回収

平成13年7月に海洋地球研究船「みらい」MR01K04航海で北西太平洋海盆WP-2観測点に敷設した絶対計搭載型海底電位磁力計1台(図9)は、翌平成14年7月に深海調査研究船「かいてい」により無事回収された。その結果、338日間にわたる電磁場時間変化データが得られた。その後、本装置はKR0308航海でも回収に成功し、380日の連続記録を与え(図10)、このデータにより世界で初めて海底における地磁気永年変化の検出に成功した。さらに、KR0508航海では、580日に及ぶ連続記録が得られ、本データは現在の所、方位精度300分の1度、磁場成分値の絶対精度に換算して1.6nT以内を達成した海底地磁気絶対観測のチャンピオン・データとなっている。

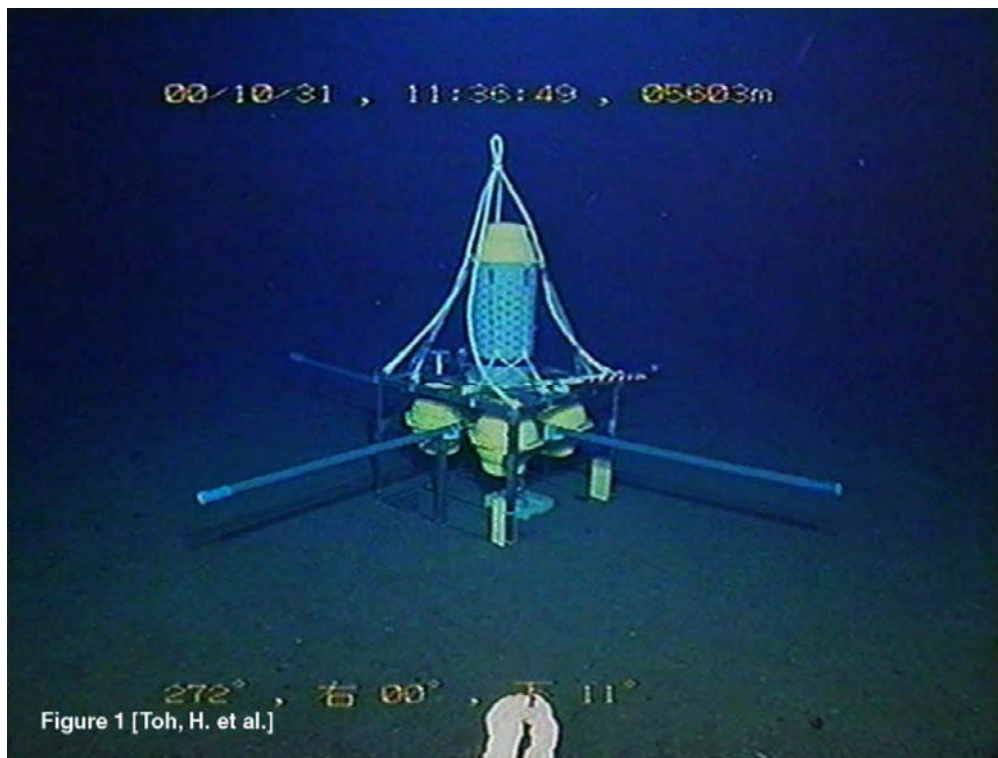


図9. 北西太平洋WP-2観測点付近で観測中の絶対計搭載海底電位磁力計. 海上からの音響呼び出しで浮上させる事ができる. 1年半以上の連続観測が可能である.

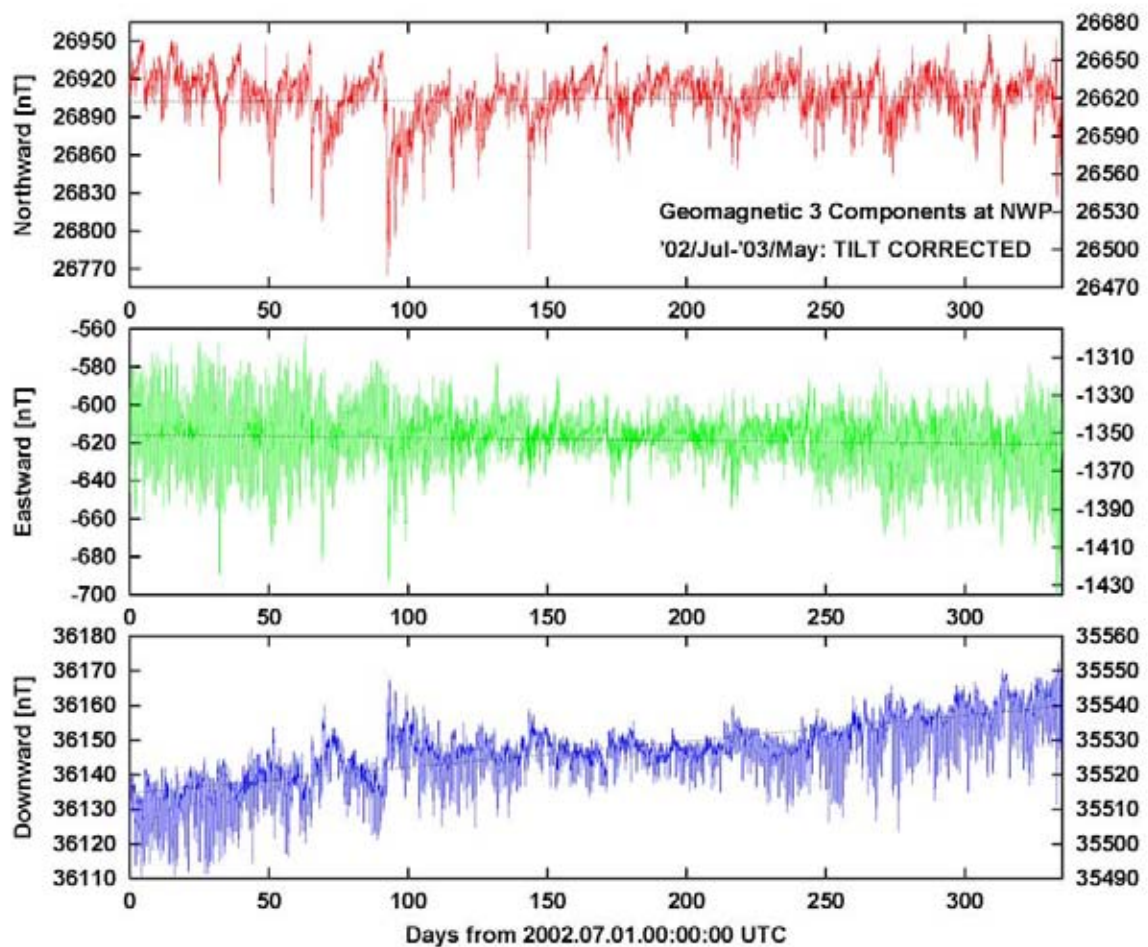


図 10. KR0308 航海で回収された絶対計搭載型海底電位磁力計の地磁気三成分データ(11 ヶ月分). 上から順に, 北向き成分・東向き成分・鉛直成分を各々示す. この装置には方位ジャイロと高精度水平 2 成分傾斜計が装備されている為, 地心座標に準拠したデータを与える事が可能である. 図中の黒点線は, エルステッド磁場観

測衛星が WP-2 点で予測する地磁気永年変化 (Olsen, 2002) であり、予測値と実測値が極めて良く一致している事が分かる。また、鉛直成分の永年変化から、地磁気極の西方移動も検出されている (Toh et al., 2005)。

このように本海底電位磁力計は、地磁気3成分及び地電位差水平2成分を測定する変化計に加え、オーバーハウザー型全磁力絶対計を搭載している事が最大の特長であり、いわば「海底電磁気観測所」である。変化計データにマグネトテルリック法を応用する事により、海洋リソスフェアからマントル遷移層に及び深部マントル電気伝導度構造が得られ、深尾らによって提唱されている深さ300km付近の低速度層 (Ohbayasi et al., 1997) との関係が注目される。絶対計と方位ジャイロの搭載により達成された「磁場成分値の絶対精度1.6nT以内」は、インターマグネット規格の「1nT以内」に大きく近づくものである。もし、絶対精度1nT以内が達成できれば、海底にインターマグネット規格を充たした「海底地磁気観測所」が実現する事になり、その意義は極めて大きい。また、絶対計の全磁力値と変化計の鉛直成分を用いれば、これまでデータ空白域であった北西太平洋における地磁気ポテンシャルをより精密に決められる。これが前述の Pacific Dipole Window の解明につながると期待される。更に、データを年単位で蓄積していく事で、地球主磁場の永年変化を海底で直接捉える事も可能になり、これは外核表面の流れの推定などコア・ダイナミクス研究分野に大きく貢献する。この意味でも、複数年にわたる観測の継続が本課題では不可欠の要素となる。

平成18年度の観測では、これまで電磁気観測が行われていなかった WP-1 点への絶対計搭載型海底電位磁力計の新規敷設を行う。その際、今後予定されている観測との継続性を保つ為、固定点への敷設を行う必要がある。従って、新設機は「かいこう7000」により指定点へ運搬・敷設し、地電位差観測のための電極ケーブルの展開(差し渡し10m)と音響モデムを用いた磁力計の「その場校正」を実施する。音響モデムによる「その場校正」は、オーバーハウザー型絶対全磁力計に最適なチューニング値を海底で直接設定する為に必須である。新設機には、2年程度の連続観測を行わせ再来年度の回収に備える。

Ⅲ. 海底設置型広帯域海底地震計及び長期観測型海底地震計の回収

平成15年5月に深海調査研究船「かいれい」により、四国海盆南西域に海底設置型広帯域地震計が設置され、現在まで回収されていない。また、四国海盆北部、紀伊半島沖では、平成15年12月に長期観測型海底地震計が設置されたが、この地震計も回収されていない。これらの海底設置型海底地震計は、孔内観測点を含めた常設の観測網を補完し、より空間的密度の高いネットワークを構築するという目的を持っている。そこで、これらの海底設置型の海底地震計を、「かいこう7000」の潜航により、回収をする。海底設置型海底地震計は、設置場所を選ばないことが利点であり、本研究計画では、常設の観測網を補完するように設置されており、このデータは特にフィリピン海の深部構造を精度よく求めるために有用である。

Ⅳ. 海底孔内広帯域地震観測点付近における最上部マントル地殻構造探査実験

海底孔内広帯域地震計からの記録を解析するためには、詳細な観測点下の詳細な最上部マントル・地殻構造が必要となる。海底孔内広帯域地震計が記録する遠地地震波は、深部構造の解析を可能とするものであるが、浅部の構造を詳細に求めるには、波長が長く分解能が足りない。しかし、深部を精度よく求めるためには、観測点近傍の地震波構造がわかっているなければならない。また、大洋底や背弧海盆での詳細な地殻及び最上部マントル構造を求めることは、海洋リソスフェアのテクトニクスを考える上で重要である。そのために、通常の短周期の海底地震計とエアガンなどの制御震源を用いて、最上部マントル・地殻構造を求める。これは、孔内地震計記録の解析に役立つばかりでなく、海洋リソスフェアの構造を解釈するときにも重要な情報となる。平成13年度には、WP-1観測点とWP-2観測点において、海底地震計を2台用いた予備実験的観測を行い、平成14年度には、WP-1観測点とWP-2観測点付近において、大容量エアガンと海底地震計4～5台を用いた制御震源構造探査実験を行った。さらに平成15年度には、孔内観測点から九州パラオ海嶺に至る測線で、海底地震計6台を用いる構造探査実験を行った。これらの構造探査実験からは、観測点付近の地殻構造の概要などの有用な情報が得られた。このうち、WP-1観測点において、下部地殻の地震波速度異方性を示唆する結果が得られた。本研究計画では、WP-1観測点付近において、最大7台の海底地震計を用いて、地殻および最上部マントルの地震波速度異方性や地震波減衰構造、地震波散乱構造などに着目した構造探査実験を行う。廃校海盆である西フィリピン海盆の詳細な構造は、ほとんど求められておらず、フィリピン海のテクトニクスを考察する上で有益な情報となる。

研究実施の計画

平成18年度に提案する潜航及び研究実施計画について記述する。本提案は複数年計画であるが、設置機器は、原則2年の連続観測が可能な様に改修する予定であり、平成18年度にはWP-1観測点への調査航海を採択して頂ければそれで構わない。すなわち、今年度WP-2点に設置した海底電位磁力計は既に装置寿命の延長により2年後の平成19年度に回収すればよくなっており、また、来年度WP-1点に敷設予定の機器は平成20年度まで装置寿命が持つ様に設計を変更しつつある。これは、一昨年度に本提案に関わる今後の長期計画について貴委員会から補足説明を求められた際に提出した文書に基づき、機構側の船舶長期運用計画を甚だしく制約しない様に、提案者側で装置寿命の延長などの努力を施した結果である。

I. WP-1観測点のデータ回収及び保守

必要潜航数 3回
現場における調査日数 3日
現場における必要日数 3日
潜航地点 WP-1観測点 (19-17.85N, 135-5.94E, 5710m, WGS84)

・潜航調査(3日間)

- (1)観測済みデータレコーダーの回収(第1回ダイブ)
- (2)消耗済みリチウム電池ユニット#1 の回収(第2回ダイブ)
- (3)新規データレコーダーの設置と観測システムのチェック(第3回ダイブ)

II. 絶対計搭載海底電位磁力計の設置

必要潜航数 1回
現場における調査日数 2日
現場における必要日数 2日
潜航地点 WP-1 観測点付近 (19-17.35N, 135-5.94E, 5710m, WGS84)

・潜航調査(1日間)

- (1)絶対計搭載型海底電位磁力計の敷設(含、電極ケーブル展張)及び音響モデム(ROV ペイロード)による磁力計の「その場校正」(第1回ダイブ)

III. 海底設置型広帯域海底地震計及び長期観測型海底地震計の回収

必要潜航数 3回
現場における調査日数 3日
現場における必要日数 3日
潜航地点 広帯域海底地震計 (25-45.94N, 137-0.77E, 2916m, WGS84)
長期観測型海底地震計 (32-54.48N, 136-13.12, 3706m, WGS84)

・潜航調査(2日間)

- (1)広帯域海底地震計の回収(第1回及び第2回ダイブ)
- (2)長期型海底地震計の回収(第3回ダイブ)

IV. 海底孔内広帯域地震観測点付近における最上部マントル地殻構造探査実験

・構造探査実験(2.5 日)

- (1)構造探査用海底地震計の設置
- (2)エアガンの発震
- (3)構造探査用海底地震計の回収

3. 国内外での関連する研究の状況や他のプロジェクトとの関連性

- ・文部省科学研究費補助金(創成的基礎研究費)「海半球ネットワーク」(平成13年度終了)
- ・国際深海掘削計画(ODP)
- ・国際海洋ネットワーク(ION)
- ・統合国際深海掘削計画(IODP)
- ・深海地球ドリリング計画(OD21)
- ・固体地球統合フロンティア研究システム(IFREE)
- ・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
- ・The Ocean Research Interactive Observatory Networks (ORION)

4. 期待される成果と研究の展開

<期待される成果>

I. 西太平洋下の高分解能マントル構造

本研究の目標の一つである西太平洋下マントル構造の詳細イメージの構築は、数年にわたる長期間継続した複数の海底観測点でのデータ取得によって初めて可能となる。そのため短い期間に行われる観測から得られたデータのみでは高分解能な構造を求めることは困難であるが、長期間にわたって、海底孔内観測点の観測態勢を維持するこ

とによって実現できる。

II. 西フィリピン海盆の海洋リソスフェア構造

西フィリピン海盆 WP-1 観測点は背弧海盆である海洋プレート上に位置する。そのため、孔内観測点で記録された表面波の解析及びレシーバ関数などを用いる実体波の解析により、海洋リソスフェアの深部構造を求めることが可能となる。また、海底電位磁力の電磁場変化計記録から、電磁気的な海洋リソスフェアの構造が見積もれる。地震学的な海洋リソスフェアの構造と電磁気学的な海洋リソスフェアの構造は、互いに相補的な関係にあり、同一地域の両方の構造を知ることにより、プレートに関するより詳細な解釈が可能となる。WP-1 観測点はこれまでに観測点が無かった場所での観測であり、海洋リソスフェアの詳細な構造から、プレートテクトニクスに関する新しい知見が得られるものと期待される。

III. 西太平洋におけるコア・ダイナミクスの解明

北西太平洋 WP-2 観測点及び西フィリピン海盆 WP-1 観測点における地磁気の長期精密観測により、これまでデータ空白域であったこの地域の地磁気ポテンシャル及びその永年変化の決定精度を向上させる事ができる。これは、地球主磁場の原因であるコア・ダイナミクスの解明に直結する。太平洋では双極子磁場が卓越して見えるという Pacific Dipole Window の真偽・原因の究明などはその一例である。地球主磁場及びその永年変化を用いると、外核表面の流れを推定する事が可能であり、既に大西洋では赤道を挟んで両半球に互いに逆向きの大規模渦が同定されている。この共役な二つの渦は、コア・マントル境界と内核境界に接する tangential cylinder の現れであると解釈されているが、不思議な事に太平洋下部ではこのような渦は見つかっていない。これまでデータ空白域であった WP-1 点及び WP-2 点での永年変化データが蓄積されれば、本当に太平洋では tangential cylinder が見えていないのかという問題に決着をつける事ができる。

IV. 西フィリピン海盆の最上部マントル地殻構造

西フィリピン海盆は、背弧海盆拡大により生成された海洋地殻という特徴を持っている。本研究計画で実施する最上部マントル・地殻構造探査は、孔内広帯域観測点から得られるデータの解析のために用いられるものであるが、それ以外にも、西フィリピン海盆のテクトニクスを考察するのに有用なデータとなる。例えば、古い背弧海盆である西フィリピン海盆東部の地殻の精密な構造はこれまであまり求められておらず、背弧海盆の拡大、発達に関する有益な情報が得られるであろう。

V. 孔内および海底長期観測に係わる技術開発

WP-1 観測点は、すでに孔内地震計を設置し、観測データが得られているが、電力供給部、レコーダなどの孔内地震計海底部は、水中脱着コネクタにより、交換可能となっている。例えば、電池は、将来的には消耗し、観測継続のためには、交換が必要となる。このような海底にある測器の消耗・更新のための交換技術が開発される必要がある。これは、今後の海底観測において、有用であろう。

また、海底でも連続観測可能な絶対磁力計は、人類が未だ手にしていない新技術であったが、KRO308 行動で得られた地磁気三成分時間変化データから、海底では世界で初めて地磁気永年変化の成分観測に成功した。この内、鉛直成分の永年変化からは、(1)北西太平洋では非双極子磁場の永年変化が殆ど観測されない事、(2)観測結果は赤道双極子の西方移動、すなわち、地磁気極の西方移動で説明できる事、などが明らかにできた。今後は、WP-1 観測点への電磁気観測の展開により、西太平洋下部のコア・ダイナミクスを議論できる材料が得られるものと期待される。

<研究の展開>

I. 海域における広帯域地震観測点の増加

海底掘削孔内広帯域地震観測、海底設置型広帯域地震計と絶対計搭載型海底電位磁力計による地震・電磁気観測共に、我々が世界をリードしているといえる。特に海底孔内広帯域地震観測は、長期に渡って行われた例はあまりない。すでに我々が取得している WP-1 観測点及び WP-2 観測点からの観測データでは、海底においても掘削孔を利用すれば、大陸の中央部にある良好な観測点にも引けをとらない高品質の観測ができることがわかった。我々の観測は、西太平洋という海域の一部で行ったにすぎない。本研究で計画されている観測に成功すれば、海域における広帯域地震観測が活発になり、地球内部構造の研究が一段と進むことが期待される。

II. 孔内を含む今後の長期海底観測

孔内を含めて、海底における長期観測もあり例がない。WP-1 観測点、WP-2 観測点共に、設置後2年経ても良好な状態であった。これは、今後の孔内長期観測を行うにあたって、有益な情報を提供できると考えている。この観測に係わる知識の蓄積は、今後必ず行う必要がある海域における長期観測にとって、重要である。特にIODPの目標の一つとなっている地震発生帯での掘削孔を用いた長期モニタリングにとって、この孔内観測における知識と経

験は必要不可欠であると考える。

絶対計搭載型海底電位磁力計については、自己浮上方式からROVによる固定点への設置と音響モデムを用いた磁力計の「その場校正」への転換を考えている。これにより、データの継続性が飛躍的に向上すると共に、真の「海底地磁気観測所」への変貌を図る。

Ⅲ. ケーブル接続によるリアルタイム海底観測

海域における観測は、最終的には海底ケーブルを用いて、陸上まで伝送され、リアルタイムで行うことが理想である。これに関しても、今後我々の孔内広帯域観測点が正常動作し続ければ、海底ケーブルに接続し、リアルタイム観測を計画している。この場合には、孔内でのリアルタイム観測という新しい観測形態を切り開くことが期待される。

5. 過去の JAMSTEC の深海調査研究への応募履歴および実施履歴

- 平成 13 年「かいこう」海底長期地震地殻変動観測網による地球深部構造イメージング(研究代表者:深尾良夫)
WP-2 観測点 3 回潜航 * 付き業績参照
- 平成 14 年「かいこう」海底長期広帯域地震・電磁気観測による地球深部構造イメージング(研究代表者:金沢敏彦)
WP-2 観測点 2 回潜航 WP-1 観測点 4 回潜航 * 付き業績参照
- 平成 14 年「ハイパードルフィン」沈み込み境界プレートカップリング仮説の長期現場観測による検証実験(研究代表者:末広潔)
JT-1,2 観測点 9 回潜航 * 付き業績参照
- 平成 15 年「かいこう」長期にわたる海底広帯域地震・電磁気観測による地球深部構造イメージング(研究代表者:金沢敏彦)
WP-1 観測点 1 回潜航 * 付き業績参照
- 平成 15 年「ハイパードルフィン」長期観測による日本海溝からのプレート沈み込み様式の仮説検証実験(研究代表者:末広潔)
JT-1,2 観測点 6 回潜航 * 付き業績参照
- 平成 16 年「かいいい」単独 海陸プレート境界巨大地震発生領域の構造探査 -アスペリティの実体解明をめざして- (研究代表者:篠原雅尚) 不採択
- 平成 16 年「ハイパードルフィン」長期観測による日本海溝からのプレート沈み込み様式の仮説検証実験(研究代表者:荒木英一郎)
JT-1,2 観測点 5 回潜航 * 付き業績参照
- 平成 17 年「かいこう」長期にわたる海底広帯域地震・電磁気観測による地球深部構造イメージング(研究代表者:金沢敏彦)
WP-2 観測点 2 回潜航 * 付き業績参照
- 平成 17 年「ハイパードルフィン」長期観測による日本海溝からのプレート沈み込み様式の仮説検証実験(研究代表者:荒木英一郎)
JT-1,2 観測点 2 回潜航 * 付き業績参照
- 平成 17 年「ハイパードルフィン」東北日本背弧におけるスラブからの脱水過程の解明(研究代表者:藤 浩明) 秋田沖大和海盆 1 回潜航 * 付き業績参照

6. 関連する研究業績(論文リスト、特許等)

* : JAMSTEC 船舶・機器を使用した業績を示す。

課題提案者 :

- * Shinohara, M., E. Araki, T. Kanazawa, K. Suyehiro, M. Mochizuki, T. Yamada, K. Nakahigashi, Y. Kaiho, and Y. Fukao, Deep-sea borehole seismological observatories in the western Pacific: temporal variation of seismic noise level and event detection, *Annals of Geophysics*, in press.
- * Suetsugu, D., M. Shinohara, E. Araki, T. Kanazawa, K. Suyehiro, T. Yamada, K. Nakahigashi, H. Shiobara, H. Sugioka, K. Kawai, and Y. Fukao, Mantle discontinuity depths beneath the West Philippine Basin from receiver function analysis of deep-sea borehole and seafloor broadband waveforms, *Bull. Seism. Soc. Am.*, in press.
- * Araki, E., M. Shinohara, S. Sacks, A. Linde, T. Kanazawa, H. Shiobara, H. Mikada, and K. Suyehiro (2004), Improvement of seismic observation in the ocean by use of seafloor boreholes, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 94: 678-690
- Nakahigashi, K., M. Shinohara, S. Suzuki, R. Hino, H. Shiobara, H. Takenaka, M. Nishino, T. Sato, S. Yoneshima, and T. Kanazawa (2004), Seismic structure of the crust and uppermost mantle in the incipient stage of back arc rifting - northernmost Okinawa Trough, *Geophys. Res. Lett.*, 31: L02614, doi:10.1029/2003GL018928.
- * 荒木英一郎・篠原雅尚・中東和夫・金沢敏彦 (2003), 北西太平洋の海底孔内地震計データによる北西太平洋下の上部マントル構造, 月刊地球, 25, 7: 555-560.
- * 金沢敏彦・早阪康隆・篠原雅尚・荒木英一郎・望月将志・平田賢治 (2003), Leg191:北西太平洋における海底ボアホール地震観測所 WP-2 -観測所のシステムと 1179D 孔の玄武岩類の岩石学的特徴-, 月刊地球号外, 40: 116-121.
- * Suyehiro, K., T. Kanazawa, M. Shinohara and E. Araki (2003), Subseafloor seismology, *Advance in Earth Sciences*,

18: 783–788 (in Chinese with English abstract).

- * Suyehiro, K., E. Araki, M. Shinohara, and T. Kanazawa (2002), Deep sea borehole observatories ready and capturing seismic waves in the western Pacific, *EOS, Transactions, AGU*, 83, 53: 621–625.
- Kanazawa, T., Sager, W. W., Escutia, C., et al., *Proc. ODP, Init. Repts.* (2001), 191 [CD-ROM]. Available from: Ocean Drilling Program, Texas A&M University, College Station TX 777845–9547, USA.
- * 金沢敏彦・篠原雅尚・塩原肇・望月将志・荒木英一郎・末広潔 (2001), 海半球ネットワークによる広帯域地震観測網, *月刊地球*, 23: 18–26
- Suyehiro, K., T. Kanazawa, N. Hirata and M. Shinohara (1995), Ocean downhole seismic project, *J. Phys. Earth*, 43: 599–618.
- Kanazawa, T., K. Suyehiro, N. Hirata and M. Shinohara (1992), Performance of the ocean broadband downhole seismometer at Site 794, *Proceedings of the Ocean Drilling Program Scientific Results*, 127/128 Pt 2: 1157–1171.
- Suyehiro, K., T. Kanazawa, N. Hirata M. Shinohara and H. Kinoshita (1992), Broadband downhole digital seismometer experiment at Site 794: A technical paper, *Proceedings of the Ocean Drilling Program Scientific Results*, 127/128: Part 2, 1061–1073.
- 篠原雅尚・末広潔・平田直・金沢敏彦 (1991), 日本海大和海盆北部における高性能海底孔内地震計の実時間実験, *海洋調査技術*, 3:17–31.

共同研究者：

- * Shinohara, M., Salisbury, M.H., and Richter, C. (Eds.) (2004), *Proc. ODP, Sci. Results*, 195 [Online]. Available from World Wide Web: <http://www-odp.tamu.edu/publications/195_SR/195sr.htm>
- Shinohara, M., E. Araki, M. Kamata, M. Kinoshita, M. Kyo, K. Kuroki, Y. Kosuge, S. Kobayashi, S. Konno, T. Goto, S. Saito, M. Suzuki, T. Takahashi, K. Tadokoro, U. Tsunogai, K. Tezuka, K. Namba, S. Nishi, R. Hino, H. Mikada, N. Morita, C. Yoshida and H. Ito (2003), Long-term monitoring using deep seafloor boreholes penetrating the seismogenic zone, *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo*, 78: 205–218.
- * 末広潔・坂本竜彦・新妻信明・金松敏也・斉藤実篤・荒木英一郎・篠原雅尚・池田昭洋・I. S. Sacks (2003), Leg186: 「西太平洋地球物理観測所」1150,1151 点掘削航海成果報告, *月刊地球号外*, 40: 89–95.
- 篠原雅尚・IODP 国内科学掘削推進委員会孔内計測検討ワーキンググループ (2003), 地震発生帯掘削孔における孔内計測・長期孔内観測, *月刊地球号外*, 40: 256–261.
- * 篠原雅尚・荒木英一郎・山田知朗・中東和夫 (2003), Leg195:西フィリピン海盆における海底孔内広帯域地震観測 –第 195 次航海における設置と海底無人探査機によるデータ回収–, *月刊地球号外*, 40: 140–146.
- Salisbury, M. H., Shinohara, M., Richter, C., et al., *Proc. ODP, Init. Repts.* (2002), 195 [CD-ROM]. Available from: Ocean Drilling Program, Texas A&M University, College Station TX 777845–9547, USA.
- Salisbury, M., M. Shinohara, C. Richter, and the Leg 195 Shipboard Scientific Party, (2001). Leg 195: seafloor observatories and the history of the Kuroshio Current. *JOIDES J.*, 27(2):12–15, 35.
- 荒木英一郎・篠原雅尚・望月公広・末広潔 (1998), 超小型広帯域海底地震計により広帯域海底地震観測, *月刊地球*, 20:6: 336–340.
- Yoshihara, A. and Hamano, Y.(2004) Paleomagnetic constraints on the Archean geomagnetic field intensity obtained from komatiites of the Barberton and Belingwe greenstone belts, South Africa and Zimbabwe, *Precambrian Res.*, 131, 111–142.
- Yoshihara,A., Kondo, A. Ohno, M., and Hamano, Y. (2003) Secular variation of the geomagnetic field intensity during the past 2000 years in Japan, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 210, 219–230.
- Hamano, Y. (2002) A new time-domain approach for the electromagnetic induction problem in athree-dimensional heterogeneous earth, *Geophys. J. Int.*, 150, 753–769.
- Takai, A., Shibuya, H., Yoshihara, A., Hamano, Y. (2002) Paleointensity measurements of pyroclastic flow deposits co-born with widespread tephra in Kyushu Island, Japan, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 133, 159–179.
- Hamano, Y. (2001) Electromagnetic tomography: method in time domain, *Proc. OHP/ION Joint Symp.*, OP–33, 166–170.
- Sumita, I., Hatakeyama, T., Yoshihara, A., and Hamano, Y. (2001) Paleomagnetism of late Archean rocks of Hamersley basin, Western Australia and the paleointensity at early Proterozoic, *Phys. Earth Planet. Int.*, 128, 223– 241.
- Utada, H., Koyama, T., Shimizu, H., and Chave, A. D. (2003) A semi-global reference model for electrical conductivity in the mid-mantle beneath the north Pacific region, *Geophys. Res. Lett.*, 30, doi:10.1029/2002GL016092.
- Ichiki, M., H. Utada, M. Uyeshima, G. Zhao, J. Tang and M. Ma (2001) Upper mantle conductivity structure of the

- backarc region northeastern China, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 3773–3776.
- * 藤 浩明 (2005) 海底電磁気観測の現状と将来, **物理探査**(印刷中).
 - * Toh, H., Hamano, Y., Ichiki, M. and Utada, H. (2004) Geomagnetic Observatory Operates at the Seafloor in the Northwest Pacific Ocean. *Eos*, 85, 467–473.
 - * 藤 浩明・市來雅啓・馬場聖至・濱野洋三 (2004) 北西太平洋 WP-2 点における海底長期電磁気観測, **第20回しんかいシンポジウム講演予稿集**.
 - * Toh, H., Hamano, Y., Ichiki, M., Shimizu, H. and Utada, H. (2003) Seafloor Geomagnetic Observatory Operated in the Northwest Pacific, *Program & Abstracts, IUGG Sapporo*.
 - 藤 浩明 (2003) 海底拡大系下の非対称電気伝導度構造, **地学雑誌**, 112 巻, 684～691 頁.
 - * 藤 浩明・本間 佐和子 (2001) 海半球ネットワークへ海底長期電磁気観測で覗く地球深部, **第2回ブルーアース・シンポジウム講演予稿集**.
 - * 木村俊則, 芦田譲, 後藤忠徳, 笠谷貴史, 三ヶ田均, 真田佳典, 渡辺俊樹, 山根一修 (2005) 南海トラフ沈み込み帯の地殻比抵抗構造, **物理探査** (印刷中).
 - * Kasaya, T., Goto, T., Mikada, H., Baba, K., Suyehiro, K. and Utada, H. (2005) Resistivity image of the Philippine Sea Plate around the 1944 Tonankai earthquake zone deduced by Marine and Land MT surveys. *Earth Planets Space*, 57, 209–213.
 - * 笠谷貴史, 山口覚, 後藤忠徳, 上嶋誠, 歌田久司, 鍵山恒臣, 三ヶ田均, 末広潔 (2003) 紀伊半島における深部比抵抗構造探査, **物理探査**, 56 巻, 427–438 頁.
 - * 後藤忠徳, 笠谷貴史, 三ヶ田均, 木下正高, 末広潔, 木村俊則, 芦田譲, 渡辺俊樹, 山根一修 (2003) 電磁気学的な流体の分布と移動の解明 –南海トラフを例として–, **物理探査**, 56 巻, 439–452 頁.

調査航海概要報告書

1. 航海番号／レグ名／使用船舶：
KR06-06／西フィリピン海盆・四国海盆／「かいれい」・「かいこう 7000II」
2. 研究課題名：
提案者／所属機関／課題受付番号：
「長期にわたる海底広帯域地震・電磁気観測による地球深部構造イメージング」
金沢敏彦／東京大学地震研究所／S06-50
3. 首席研究者／所属機関：金沢敏彦 東京大学地震研究所
4. 乗船研究者 金沢敏彦・篠原雅尚・深野哲生・大久保忠博・藤浩明・本林勉
5. 調査海域：西フィリピン海盆，四国海盆南部及び四国海盆北部
6. 実施期間：平成 18 年 6 月 13 日（火）～平成 18 年 6 月 24 日（土）

調査航海概要（目的、背景、実施項目や手法、わかったことなど焦点を絞り明確に記入してください。研究上の confidential 事項については記載する必要はありません。）

1. DIVE #359, #360 北西太平洋海半球ネットワーク・海底孔内広帯域地震観測システム

海洋底における広帯域地震観測では海底掘削孔にセンサーを設置することが、最も質の高い観測環境を与えることが明らかとなってきた。この観点から、海半球ネットワークの海底リファレンス観測点として、海底掘削孔内観測点を構築することが計画された。東京大学地震研究所と海洋研究開発機構は、共同研究により、海底掘削孔を用いた地震計を初めとして観測装置の整備と観測等を進めてきた。2001 年春に、西フィリピン海盆 1201E 孔に、ODP 掘削船ジョイデスレゾリューション号により、WP-1 観測所を建設した（図 1、写真 1）。これ以前には、三陸沖日本海溝陸側斜面に 2 点の観測点 JT-1 と JT-2 を、北西太平洋海盆に WP-2 観測点を建設している。地震計の設置後、KR02-03 次航海、KR02-12 次航海、KR03-04 次航海において、無人潜水探査機による WP-1 観測所の維持を実施してきた。これまでに 400 日を超える地震の連続記録を WP-1 観測所から回収している。

本 KR06-06 航海においては、KR03-04 次航海で設置したシリンダー型レコーダーの回収を行った（写真 2）。レコーダーの再設置は実施できなかったため、現在、WP-1 観測所は観測休止状態となっている。残念な事であるが、5 年の長期にわたり、システムを稼働させることができ、700 日弱の連続広帯域地震観測データが回収され（図 2）、学術的な重要なデータを取得できたばかりではなく、今後の孔内長期計測に向け、重要な経験を得ることができた。

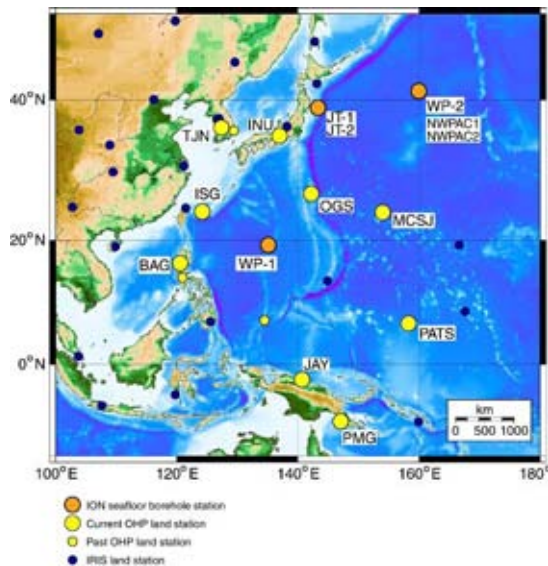


図1. 海半球ネットワーク計画による広帯域地震観測網。青色および黄色は陸上（海洋島を含む）の観測点。オレンジ色は海底掘削孔内広帯域地震観測点。KR06-06 航海では、WP-1 観測点のデータ回収を実施した。

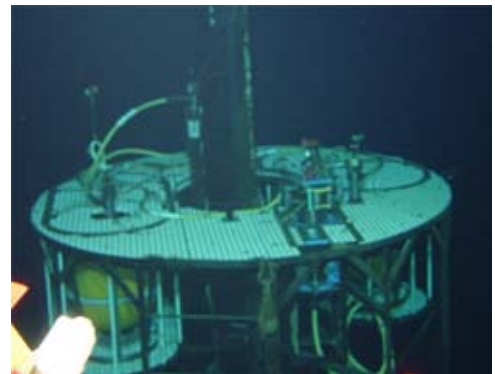


写真1. ダイブ#359で「かいこう 7000II」により撮影されたレコーダー回収作業を行う前の WP-1 観測所プラットフォーム上面

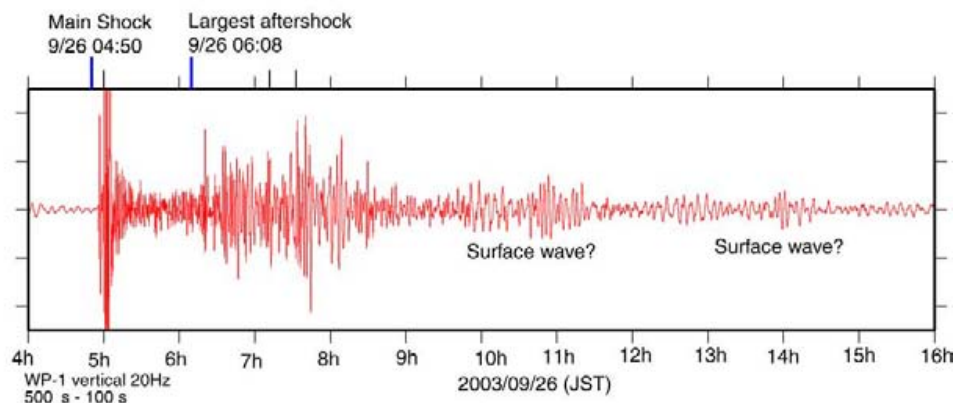


図2. ダイブ#359で回収した WP-1 観測所で記録された2003年9月26日の十勝沖地震の記録（上下動）。優弧と劣弧を通過してきた表面波らしき波群が見える。



写真2. 「かいこう 7000II」ダイブ#359にて、「かいけい」船上に回収されたレコーダー。

2. シングルチャンネル反射法地震探査による WP-1 海底孔内地震観測点付近の地殻構造調査

西フィリピン海盆に設置した WP-1 観測所の地震記録を解析していく上で、観測点付近の地殻構造を知ることが重要である。そこで本航海では、制御震源として GI ガン2 台、シングルチャンネルストリーマー（海洋研究開発機構の所有）を用いた反射法地震探査調査を、WP-1 周辺で実施した（図3、写真3）。図4は、船上で処理した反射記録断面の例である。音響基盤の不整が良く分かる。今回は複数の測線を設定したことにより、WP-1 観測点周辺の構造、特に堆積層の厚さを3次元的にマッピングすることができる。

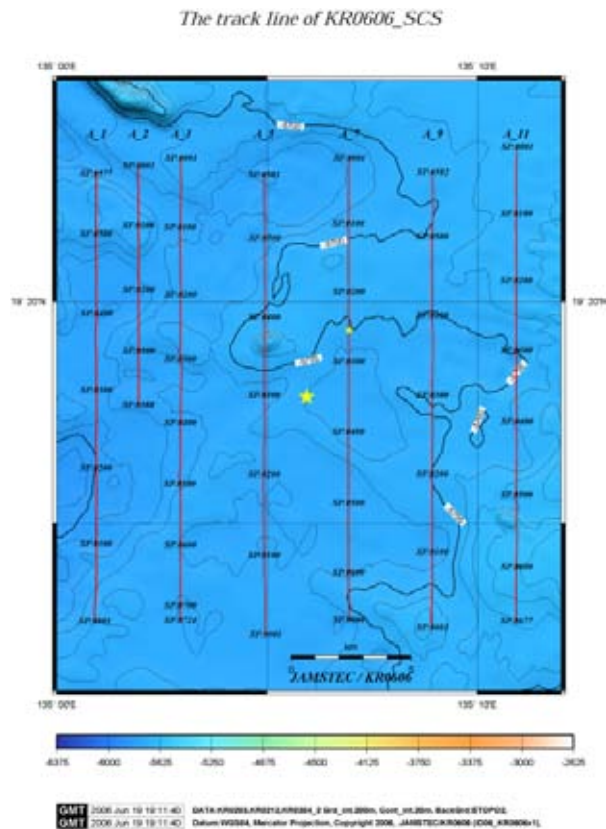


図3. KR06-06 次航海における SCS 探査測線の位置。中央の大きい黄色の星が WP-1 観測点の位置

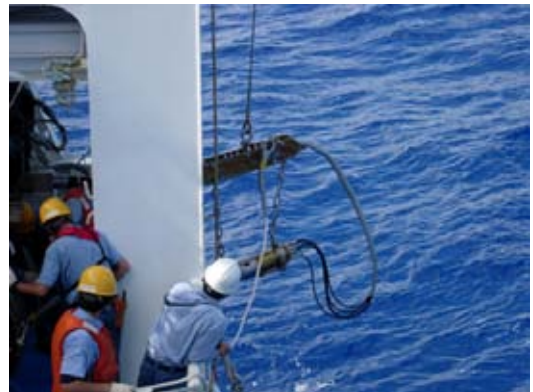


写真3. 投入される GI ガン

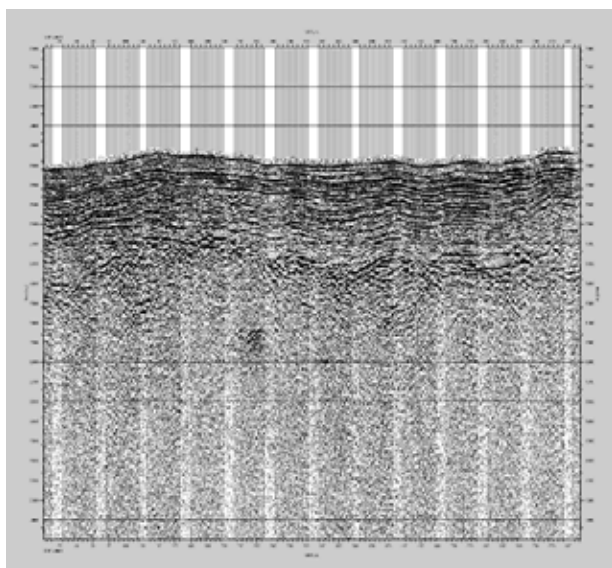


図4. 測線 A-5 の記録断面。左側が南、右側が北である。深さ方向には、0.2 秒間隔で野線を入れてある。

3. WP-1 観測点への自由落下方式海底長期電磁気観測装置の設置

本調査航海で設置を行った海底電位磁力計は、地磁気 3 成分及び地電位差水平 2 成分を測定する変化計に加え、オーバーハウザー型全磁力絶対計を搭載している事が最大の特長であり、いわば「海底電磁気観測所」である。絶対計の全磁力値と変化計の鉛直成分を用いれば、これまでデータ空白域であった北西太平洋における地磁気ポテンシャルをより精密に決められる。更に、データを年単位で蓄積していく事で、地球主磁場の永年変化を海底で直接捉える事も可能になり、これは外核表面の流れの推定などコア・ダイナミクス研究分野に大きく貢献する。この海底電位磁力計は、西太平洋海盆の WP-2 観測点に、平成 13 年以降設置され、繰り返し観測を行っている。

本調査航海では、これまで電磁気観測が行われていなかった WP-1 点への絶対計搭載型海底電位磁力計の新規敷設を行った（写真 4）。また、海底着底位置の推定を、音響測距を用いて行った。設置した海底電位磁力計は、2 年程度の連続観測を行うことができる。



写真 4. 投入される海底長期電磁気観測装置（絶対計搭載型海底電位磁力計）

4. DIVE #361, #362 広帯域海底地震計（四国海盆南部）及び長期観測型海底地震計（四国海盆北部）の回収

平成 15 年 5 月に深海調査研究船「かいれい」により、四国海盆南西域に海底設置型広帯域地震計が設置され（図 5）、KR06-06 次航海まで回収されていなかった。また、四国海盆北部、紀伊半島沖では、平成 15 年 12 月に長期観測型海底地震計が設置された（図 6）が、この地震計も回収されていなかった。これらの海底設置型海底地震計は、孔内観測点を含めた常設の観測網を補完し、より空間的密度の高いネットワークを構築するという目的を持っている。海底設置型海底地震計は、設置場所を選ばないことが利点であり、これらの海底地震計は、常設の観測網を補完するように設置されており、このデータは特にフィリピン海の深部構造を精度よく求めるために有用である。

そこで、これらの海底設置型の海底地震計を、「かいこう 7000II」ダイブ#361 及び#362 により、回収した。「かいこう 7000II」のダイブに先立ち、音響測距により、海底での位置を確認し、ほぼ推定された位置において、海底で地震計を発見することができた（写真 5、6）。

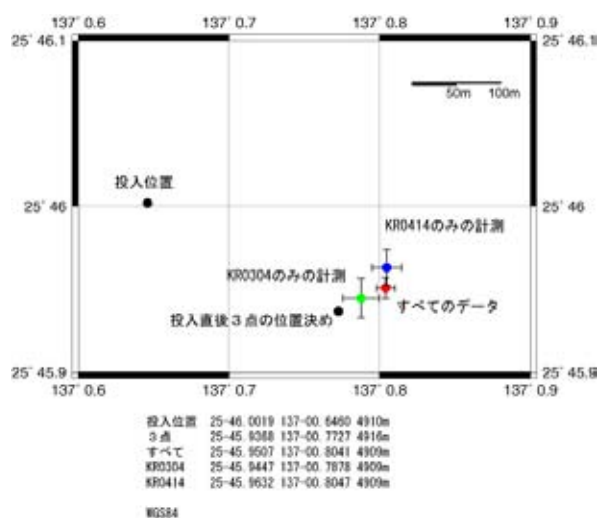


図5. 音響測距により、推定された四国海盆南部の広帯域海底地震計の着底位置。

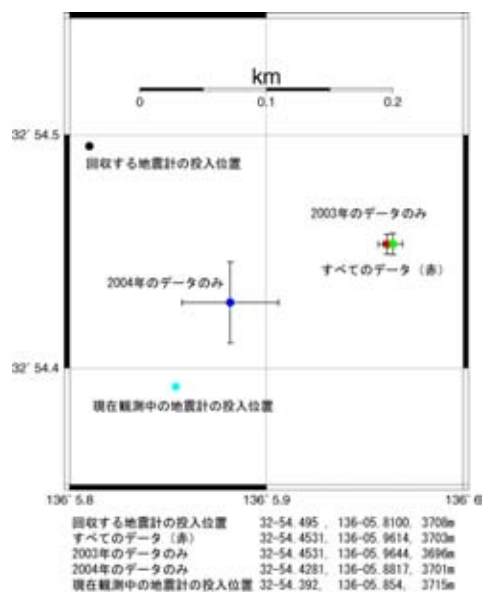


図6. 音響測距により、推定された四国海盆北部の長期観測型海底地震計の着底位置。

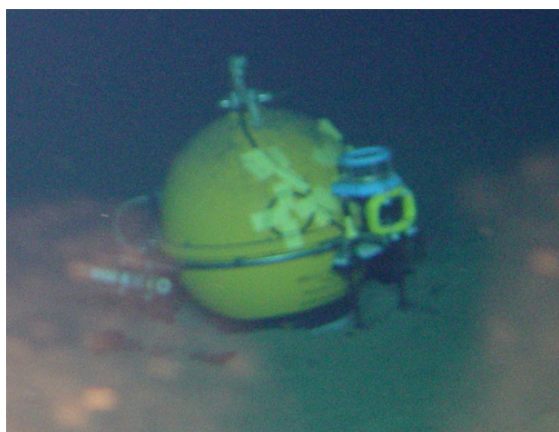


写真5. 回収された広帯域海底地震計の海底での様子。

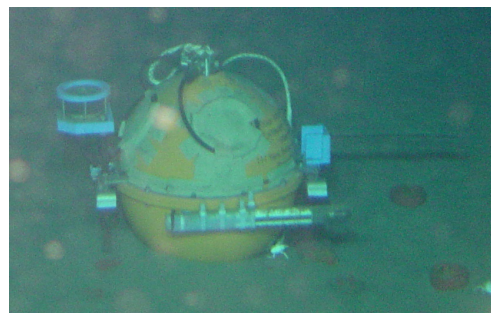


写真5. 回収された長期観測型海底地震計の海底での様子。

5. シングルチャンネル反射法地震探査による四国海盆北部長期観測型地震計設置点付近の地殻構造調査

四国海盆北部に設置し、本調査潜航により回収した長期観測型海底地震計の地震記録を解析していく上で、観測点付近の地殻構造を知ることが重要である。そこで本調査航海では、制御震源としてGI ガン2台、シングルチャンネルストリーマー（海洋研究開発機構の所有）を用いた反射法地震探査調査を実施した（図7）。図8は、船上で処理した反射記録断面である。地震波速度の遅い堆積層の分布の様子を見ることができる。

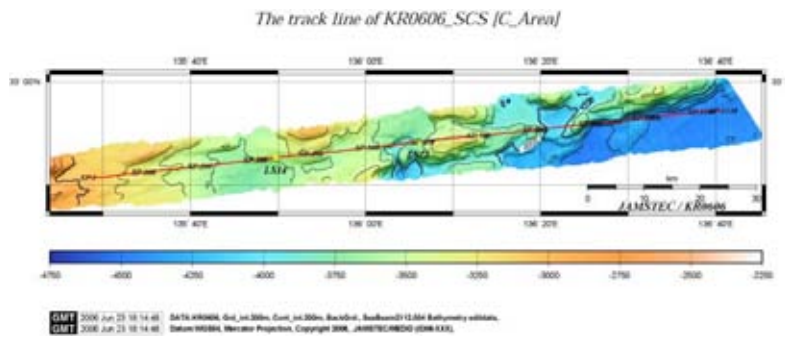


図7. 長期観測型海底地震計設置点周辺におけるSCS 探査測線の位置。ほぼ東西方向である。

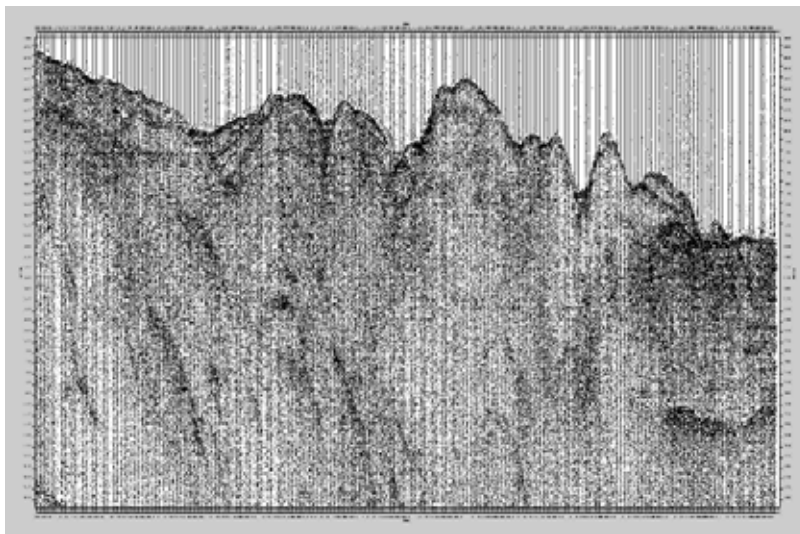


図8. 記録断面。左側が西、右側が東である。深さ方向には、4.5秒間を表示してある。

DIVE# 359, #360 西フィリピン海盆海半球ネットワーク海底孔内広帯域地震観測システム

1. はじめに

海半球ネットワーク計画は、西太平洋を中心とする太平洋半球(海半球)に地震・地球電磁気・測地からなる地球物理観測網を展開し、従来最大の観測空白域であった海洋底から直接地球の中をのぞきこもうとするものである。そのためには、海洋底に長期観測可能な観測点を設置する必要がある。海洋底における広帯域地震観測では、海底掘削孔にセンサーを設置することが、もっともよい観測環境を与えることがわかってきた。この観点から、海半球ネットワークの海底リファレンス観測点として、海底掘削孔内観測点を設置することが計画され、1999 年度には、三陸沖日本海溝陸側斜面に2点の観測点(1150 孔、1151 孔)が、2000 年7 月～9 月にかけては、北西太平洋海盆 1179E 孔に、ODP 掘削船ジョイデスレゾリューション号により、観測点が建設された。2001 年4 月には、最後の孔内広帯域地震観測所として、西フィリピン海盆 1201E 孔(表 3-1)に観測点が設置された(図1)。観測システムを稼働させるには、掘削船での設置手順の都合上、無人探査機(ROV)での作業が必要不可欠である。そこで、2002 年3 月 26 日 27 日両日、KR02-03 次航海において海洋科学技術センター無人潜水艇「かいこう」により、西フィリピン海盆孔内広帯域地震観測システム WP-1 の起動を行い、長期観測を開始した。その後、2003 年10 月 6 日、7 日 KR02-12 航海において、同じく「かいこう」により、データレコーダの回収と再設置に成功し、195 日間の連続観測データを取得した。KR03-04 航海において、2003 年5 月7 日に行われた「かいこう」ダイブ#294 によって、西フィリピン海盆海底掘削孔内広帯域地震計システム WP-1 からのデータ回収及びメンテナンスが行われ、212 日間の連続データが回収された。本航海では、KR03-04 次航海において、設置したデータレコーダの回収と観測システムのメンテナンス作業を行った。

表1 1201E 孔(WGS-84)

緯度(WGS-84)	経度(WGS-84)	水深	掘削孔深度
北緯 19° 17.8542'	東経 135° 5.9491'	5710m	580.0m

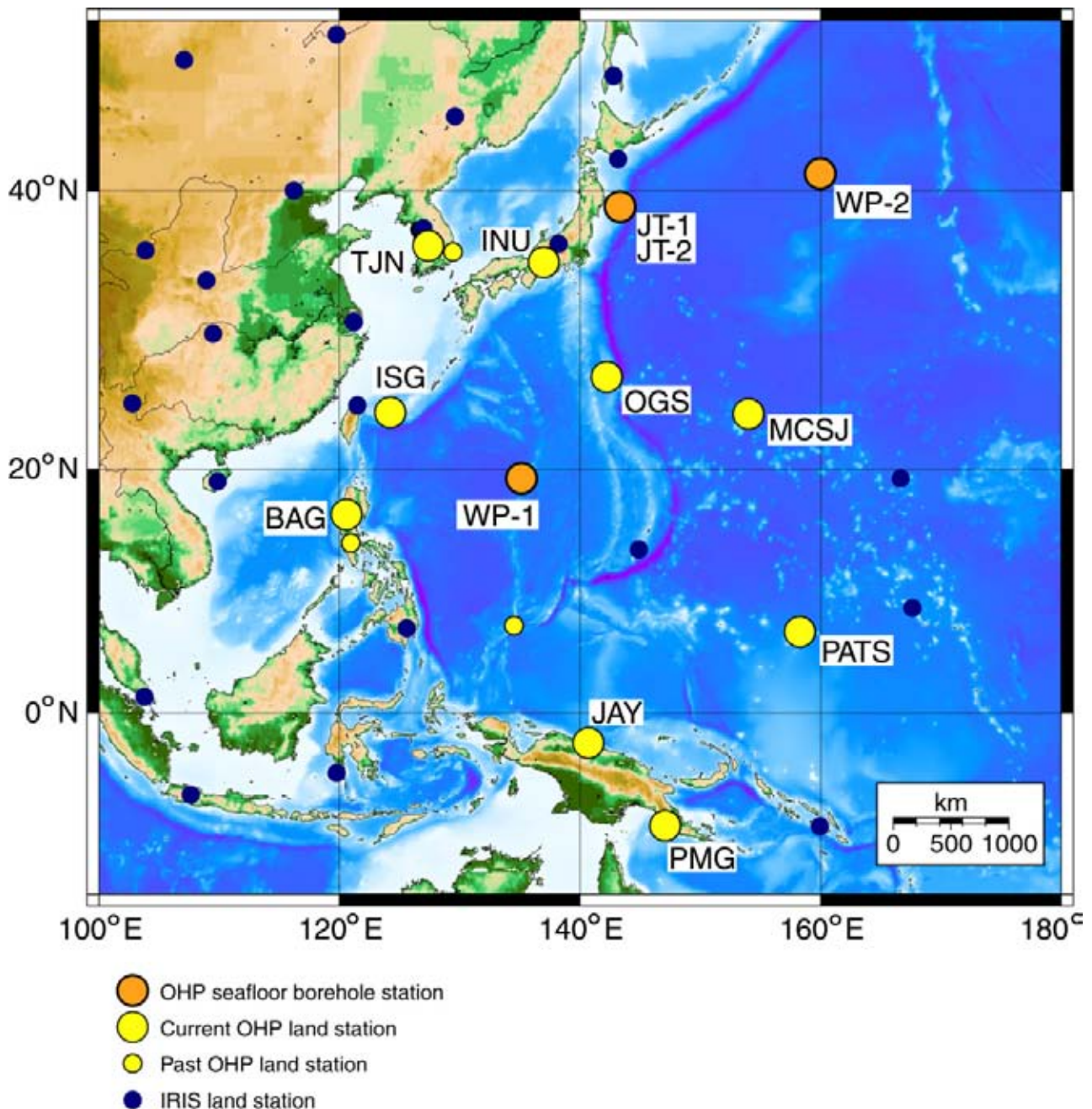


図1. 海半球ネットワーク計画による広帯域地震観測網. 青丸および黄色は陸上(海洋島を含む)の観測点. 橙色は海底掘削孔内広帯域地震観測点.

2. WP-1 海底掘削孔内広帯域地震観測システム

センサーとしては、2台のグラルプ社 CMG-1Tを用いている。この地震計は、直交3成分で帯域 360 秒～50Hz である。センサーは海底からの深度約 560m にセメントで固定された(図2)。地震計からの信号は、掘削孔内において 24bit A/D 変換される。A/D 変換された信号は、孔内のそれぞれの地震計に独立したケーブルによって海底に導かれる。海底には、データ統合ユニット(G-BOX)、電池レコーダユニット(ROV プラットホーム)が置かれている。孔内からの2つのデジタル信号は、データ統合ユニットで1つのシリアルラインに統合され、レコーダユニット(SAM, 写真1)に送られる。システムの電源は、リチウム電源ユニット(LBU)から供給される。リチウム電源ユニットは、直径 65cm のチタン球2個からなっており、それぞれのチタン球には、8個のリチウム電池が納められている。リチウム電池には、0°Cで1個あたり電圧 2.8V、容量 1300AH の大容量リチ

ウム電池(ユアサ社 CL-1300)を用いている。1つのチタン球の中で、この電池の8個直列に接続し、2個のチタン球からの出力を並列接続した。システムには電圧 22.4V、総容量 2600AH として供給する。ROV プラットホームには、2組のリチウム電源ユニットが搭載され、片方が消費し終わったら、次のユニットを使用するシステムになっている。1つのリチウム電池ユニットで、地震計を1台稼働させた状態(消費電力約5W)で、1年半以上電力を供給できる。G-BOX, SAM, LBU ともに水中脱着コネクタを用いて、ケーブルの接続及び取り外しが可能なようになっている(図3)。

観測中は、データ統合ユニットの高精度時計が、観測システム全体の刻時を行っている。一方、データレコーダユニット(SAM)には、同じ精度の時計が内蔵されており、データ統合ユニットの高精度時計との時刻差を、1分ごとに記録する。データレコーダユニット設置直前および回収直後に、データレコーダユニットの高精度時計と GPS 時計の時刻差を船上で測定することにより、観測システムの刻時を、世界標準時に直すことができる。なお、観測システムの刻時の精度は、0.1秒以内である。今回、回収予定の SAM のシリアル番号は PLUS00 であり、SAM の設置前に、GPS 時計と SAM のシステムクロックの時刻差を、2003 年 5 月 4 日から 5 日にかけて計測してある(表2)。

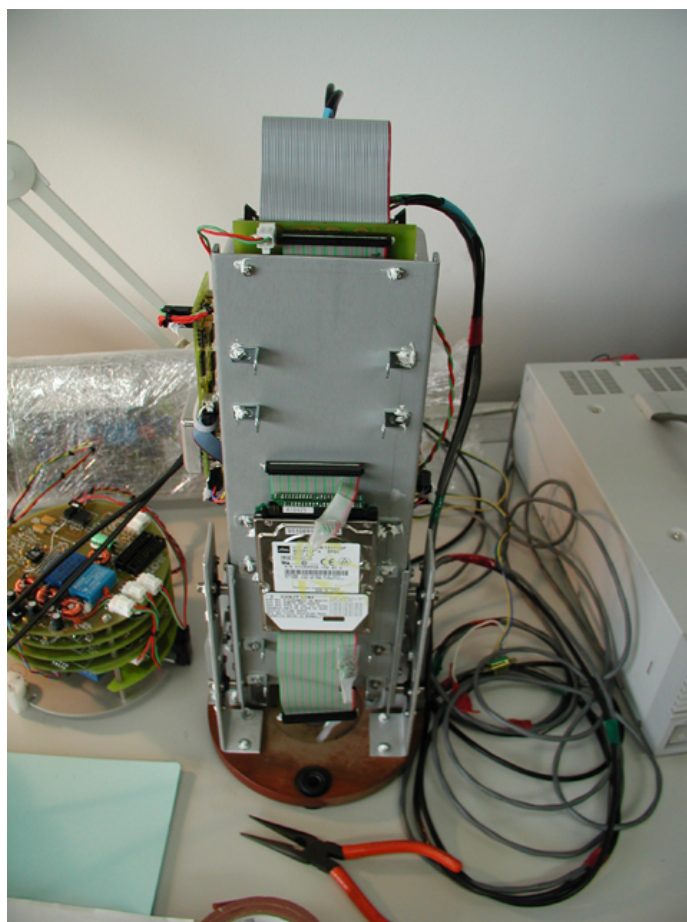


写真1. 組み立て中の SAM エレクトロニクス(PLUS00). 2.5inch のハードディスクにデータを記録する。耐圧容器に封入直前の作業中(2003 年 3 月 27 日)

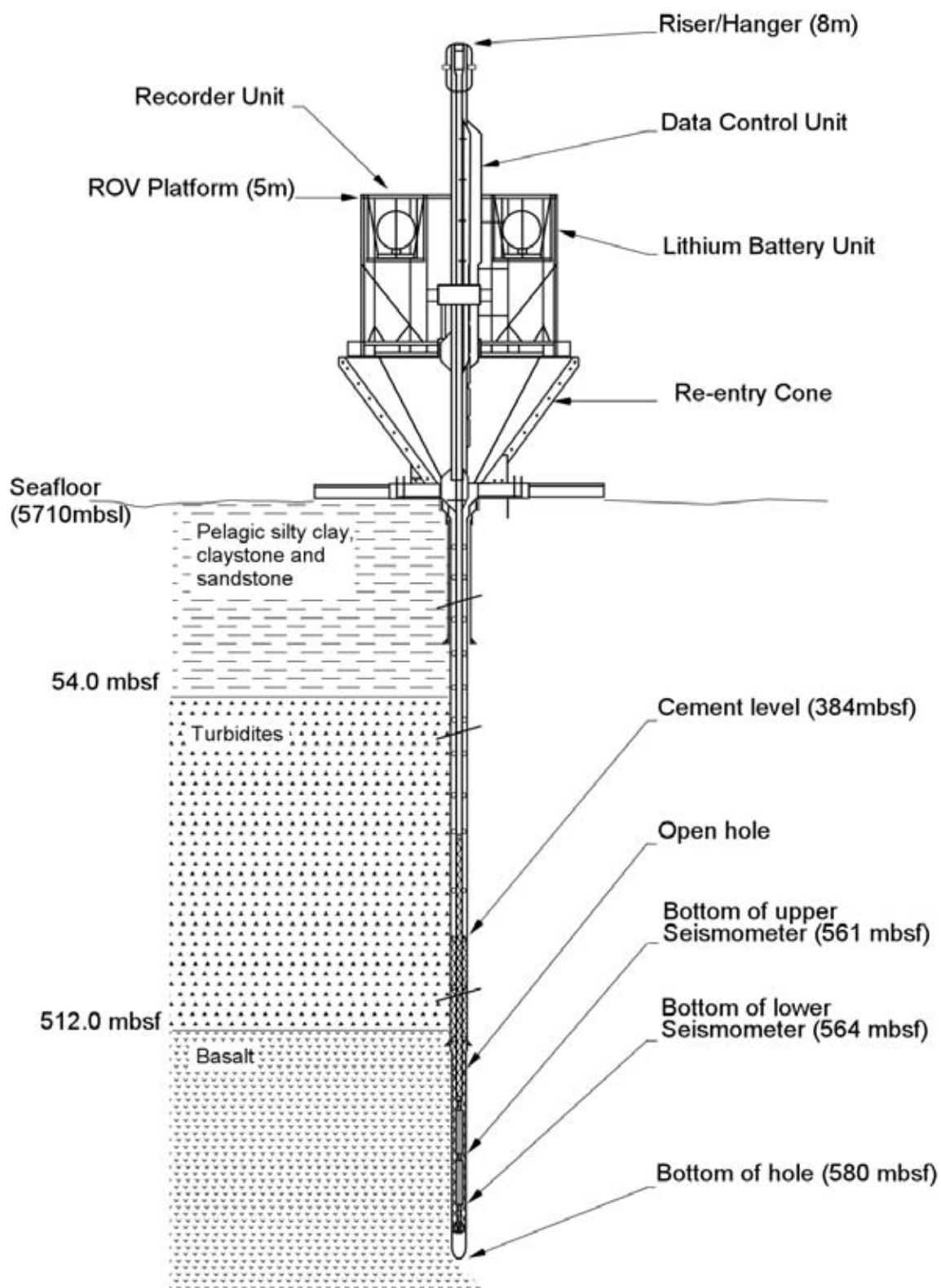


図2. 西フィリピン海盆海底掘削孔内広帯域地震観測システム WP-1 の断面図。スケールは正しくない。2基の広帯域センサー（グラルプ社 CMG-1TD）は、海底からの深度約560m にセメントで固定されている。セメントは孔底から200m を埋めている。海底下512m から存在している玄武岩中に固定されている。

Boardband Seismic Borehole Observatory WP-1

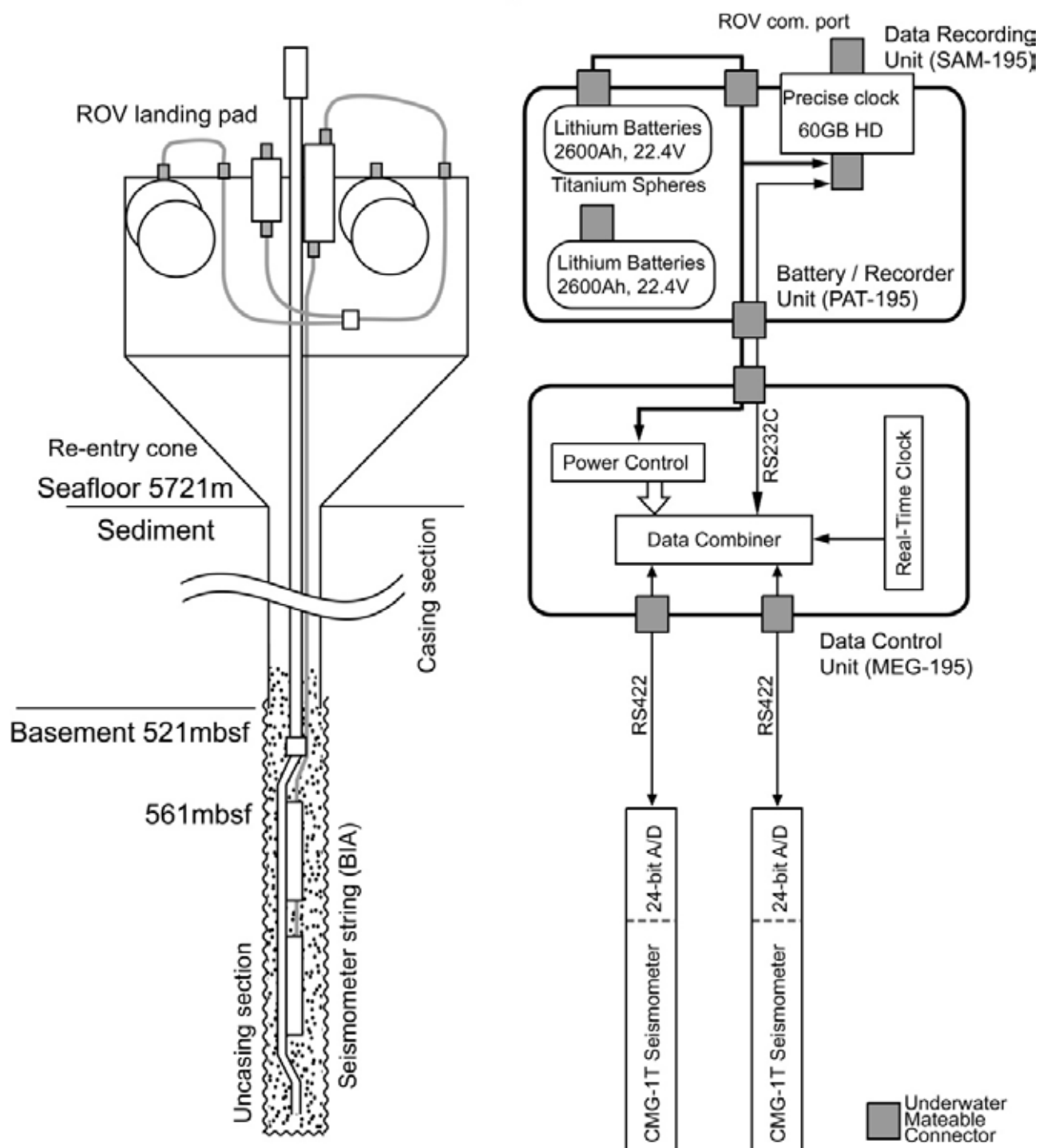


図3. 西フィリピン海盆海底掘削孔内広帯域地震観測システム WP-1 ブロックダイアグラム. 各ユニットは水中脱着コネクタで接続されており、海底での接続および切断が可能になっている。

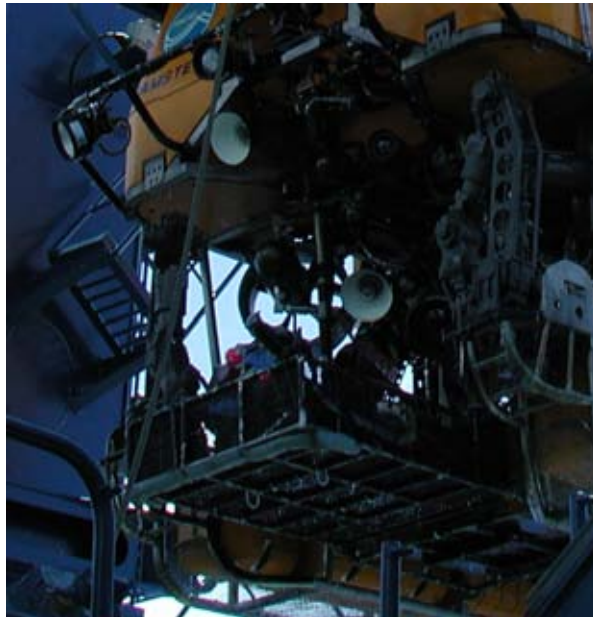


写真2. かいこうのバスケットに設置される SAM(PLUS00, 2003 年 5 月 7 日)

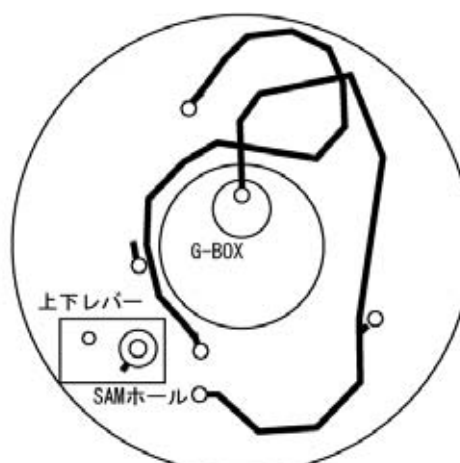
3. 「かいこうⅡ」ダイブ#359

「かいこうⅡ」ダイブ番号 359 では, WP-1 西フィリピン海盆孔内広帯域地震観測点に, KR03-04 次航海により設置されたデータレコーダの回収(写真3, 4)を行った(図4). ダイブは 2006 年 6 月 16 日に行われた. 行った作業は以下の通りである.

1. 海底視認(03:24 UTC)
2. プラットホームを目視(03:25 UTC)
3. SAM(PLUS00)本体をプラットフォームから抜き取る(04:19 UTC)
4. SAM をプラットフォーム上に仮置きする(04:20 UTC)
5. SAM を「かいこうⅡ」のバスケットに収納する(04:49 UTC)
6. 海底に着底(04:54 UTC)
7. SAM にフックをかけ, 「かいこうⅡ」本体とロープで繋ぐ(05:04 UTC)
8. 回収した SAM を携行し, 離底(05:09 UTC)

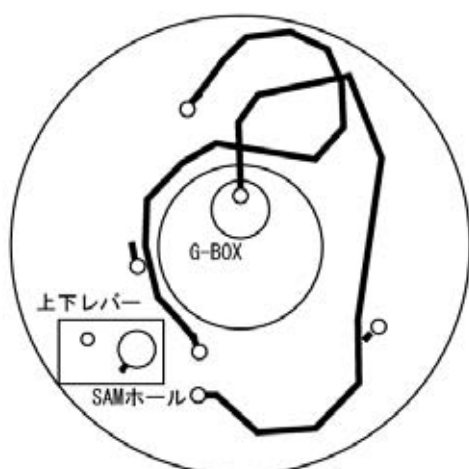


プラットフォーム上コネクタ配置



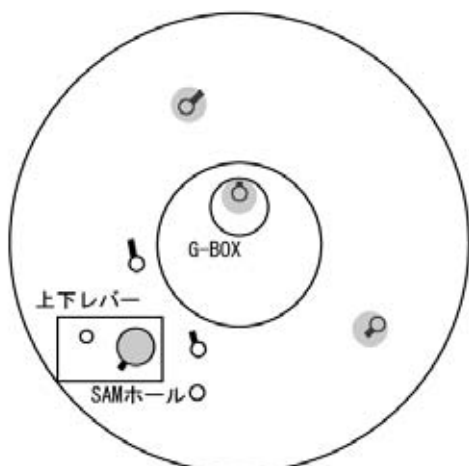
ダイブ#294 (2003年5月7日)
終了時の状況

ダイブ#359 (2006年6月16日)

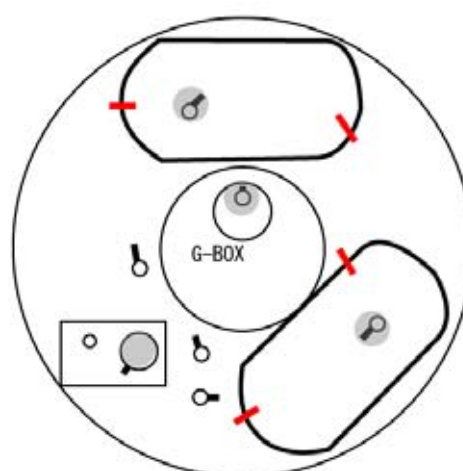


1. シリンダー型SAMを回収

ダイブ#360 (2006年6月17日)



1. UMCジャンパーケーブル2本を回収
2. G-BOX上部コネクタに埃よけを設置
3. SAMホール及びUMC (2ヶ所) に、埃よけを設置



1. 電池ユニットを押さえるロープ
4ヶ所を切断

図4. ダイブ#359 及び#360 において、WP-1 海底孔内広帯域観測点で行った作業

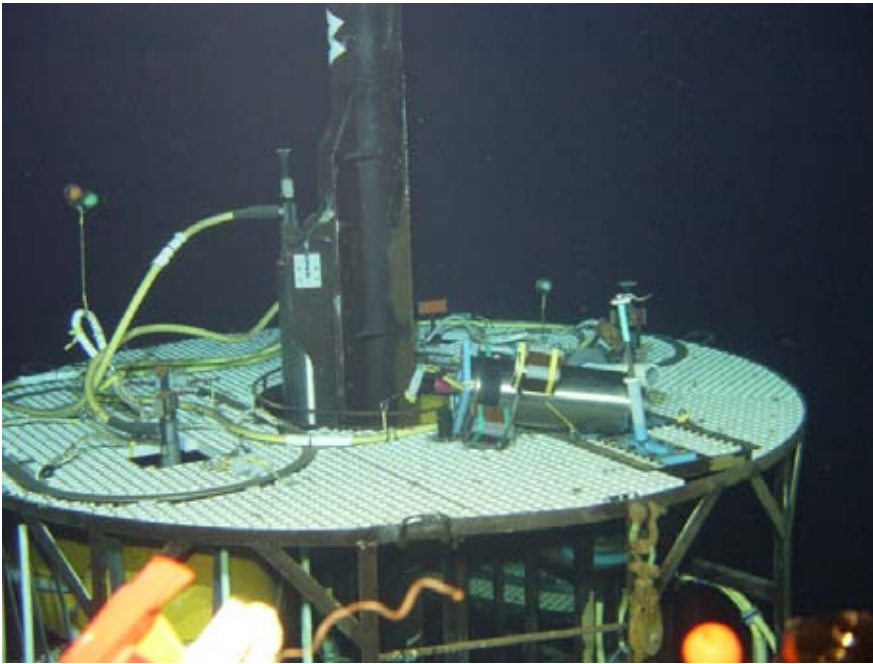


写真3.「かいこうⅡ」ダイブ#359 で回収される SAM(PLUS00).

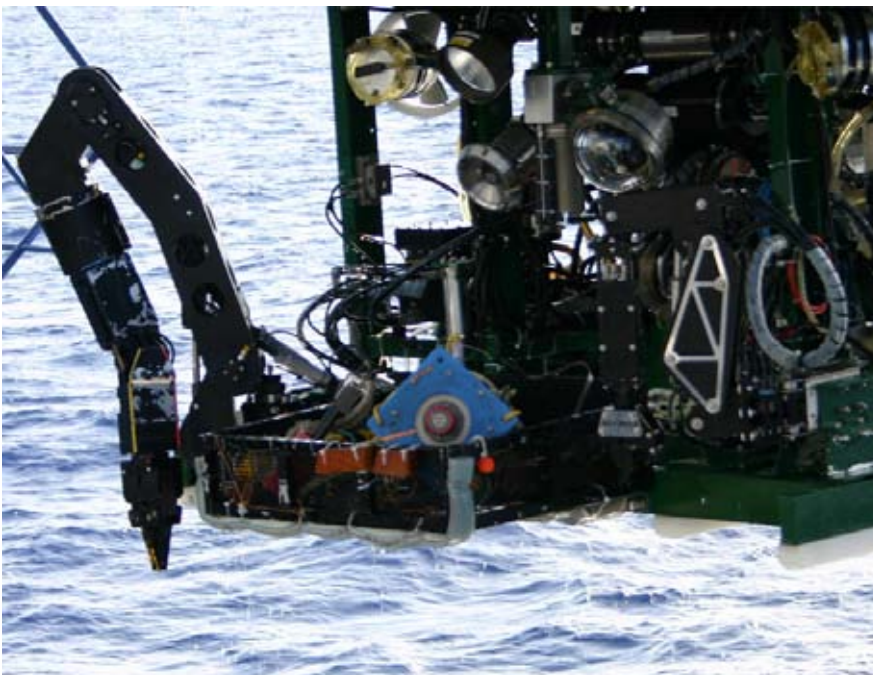


写真4.「かいこうⅡ」により回収されたシリンダー型 SAM

4. 「かいこうⅡ」ダイブ#360

「かいこうⅡ」ダイブ番号 360 では, WP-1 西フィリピン海盆孔内広帯域地震観測点において, 観測システムのメンテナンス作業を(写真5)を行った(図4). ダイブは 2006 年 6 月 17 日に行われた. 行った作業は以下の通りである.

1. 海底視認(02:22 UTC)
2. プラットホームを目視(02:26 UTC)
3. シリンダーSAM 設置孔へ防塵用ダミーキャップを設置(02:52 UTC)
4. プラットホーム上の UMC(2ヶ所)からケーブルを抜く(03:05 UTC)
5. G-BOX の UMC からケーブルを抜く(03:55 UTC)

6. G-BOX の UMC に防塵用ダミーキャップを設置 (04:17 UTC)
7. プラットホーム上から2本の UMC ジャンパーケーブルを回収 (04:43 UTC)
8. プラットホーム上の UMC (2ヶ所) に防塵用ダミーキャップを設置 (04:50 UTC)
9. 将来の電池回収に備え、電池ユニットを押さえるロープ4ヶ所を切断 (05:16 UTC)
10. UMC ジャンパーケーブル2本を回収し、離底 (05:22 UTC)

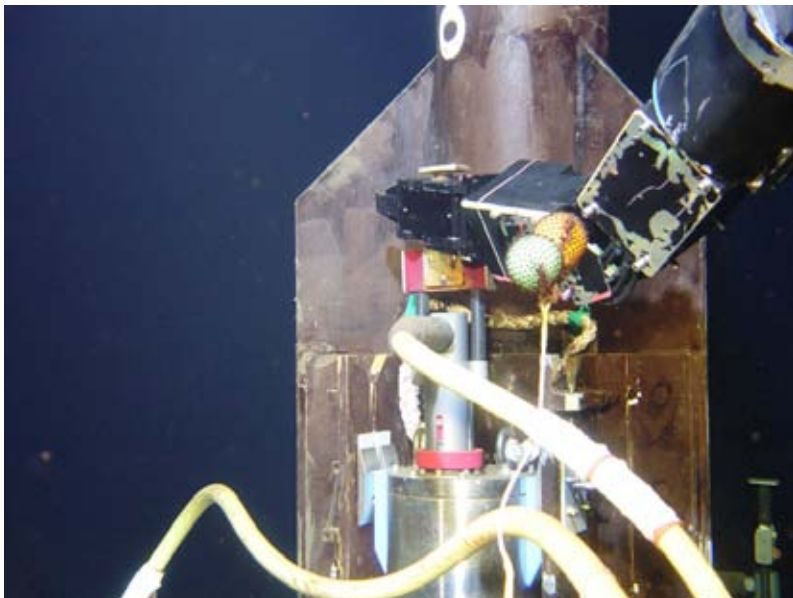


写真5.「かいこうII」ダイブ#360において、UMC ジャンパーケーブルを取り外しているところ (2006年6月17日).

本ダイブを持って、WP-1 西フィリピン海孔内広帯域地震観測所は、観測休止状態となった。

5. ダイブ#359 された SAM (PLUS00)

ダイブ#359で回収されたSAM (PLUS00) は、回収直後の2006年6月16日に、耐圧容器のまま、外側電源を供給し、ディスクの内容を確認した。ディスクの内容をチェックした結果、孔内地震計からの信号を2003年5月7日01:56 UTCから2004年2月15日23:00 UTCごろまで、ディスクに保存していることを確認した。また、SAM (PLUS00) の内部時計は、UTCに対して、3秒ほど進んでいるようであった。

その後、一旦電源を落とし、結露を防ぐために1日放置し、耐圧容器内の温度を外気温と同一にした後、2006年6月17日 11:00 UTC 頃から開封した。耐圧容器内部は、破損もなく正常な状態であった。その後、GPSと電源を接続し、動作状況を確認すると共に、SAMの内部時計とUTCの時刻差を計測した（表4）。その結果、今回もSAMの消費電力、応答ともに正常であった。1時間半ほど通電し、SAMの内部時計とUTCの時刻差を計測した後に、一旦電

源断とした.

2006 年 6 月 19 日 04:30 頃から、データ転送システム（写真 6）を構築し、SAM に内蔵されている SCSI disk のデータを Guralp 社供給の読み出しプログラム ReadSCSI を用いて、外付けの 80GB SCSI ハードディスクに転送を行った（図 5）。その後、観測期間の最後のフラッシュメモリーに保持されたままのデータについては、G-BOX (GBOX00) と SAM (PLUS00) のステータスデータのみであることが予想されたので、今回はデータフラッシュと、転送をお粉分かった。なお、データ転送は、SAM 内蔵のすべてのディスク（SCSI ID = 0,1,2,4）について、行った。

データ転送は、2006 年 6 月 19 日 04:30UTC 頃開始し、12:15UTC 頃完了した。ID=0 のディスクのデータ転送に4時間ほど、ID=1 のディスクのデータ転送に1時間半ほどかかった。12:16 に disc-off とし、12:17 に電源断として、データ転送を完了した。

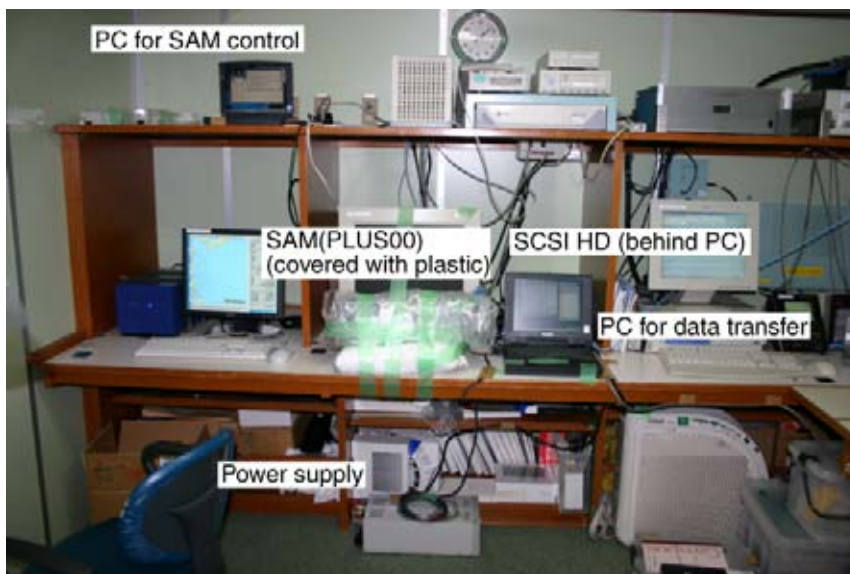


写真6. 「かわいい」ドライラボに構築されたデータ転送システム

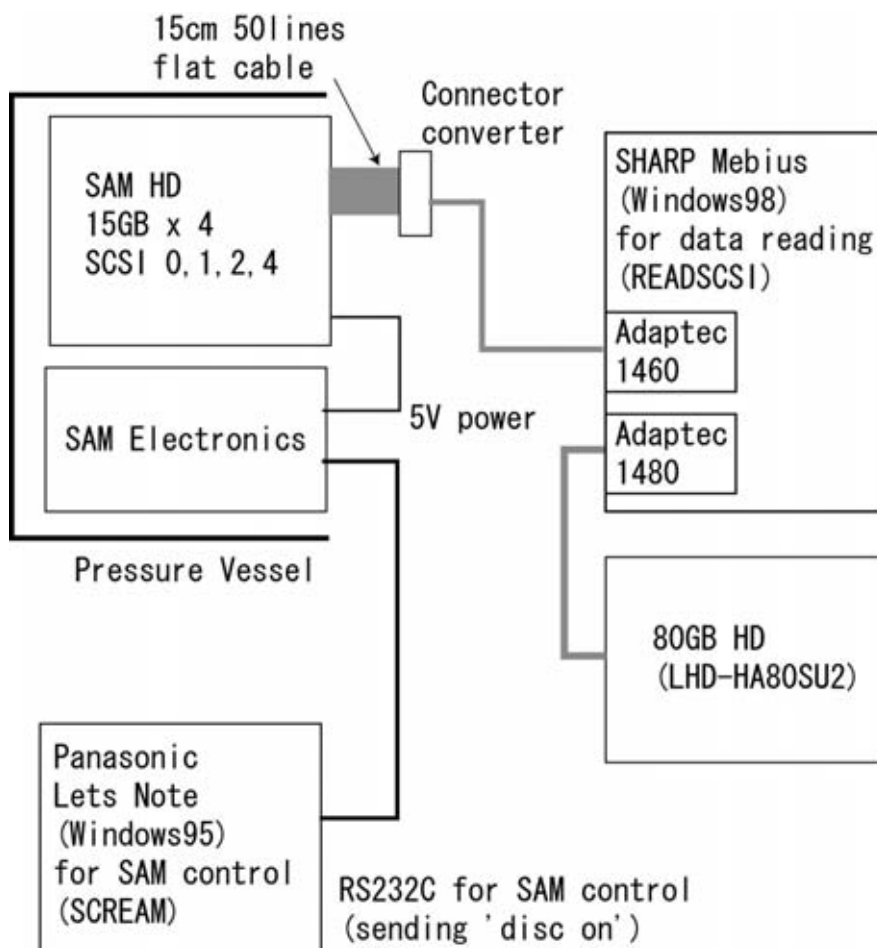


図5. データ転送システム構成

その後データのチェックを行った結果、データが記録されていた期間について、地震計からのデータが正常に書き込まれており、地震波形を確認することもできた。図6に2003年9月26日04:50 JSTに発生した十勝沖地震(M=8.0)の波形を示す。また、図7に2003年5月から2004年2月にわたる上下動の地震学的なノイズスペクトルを示す。WP-1観測点は陸上の地震観測点と比べても、地震学的ノイズの少ない良好な観測点であることが分かる。これまでに記録された地震による距離時間軸断面を図8に示す。

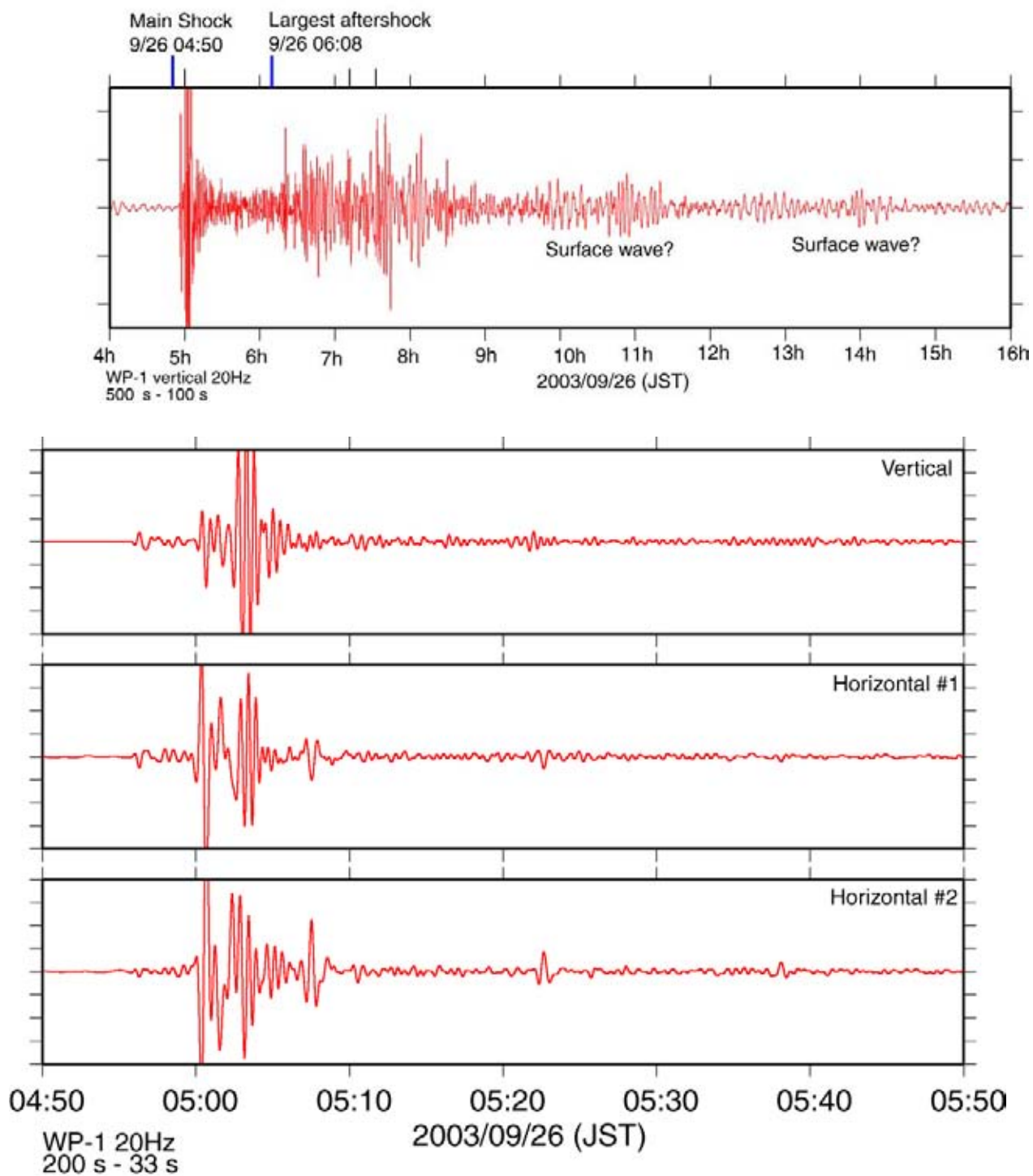


図6. WP-1 観測点で得られた 2003 年十勝沖地震の記録.
上は上下動の 12 時間分の記録. 下は, 初動付近を拡大した
三成分の記録. 長時間記録では, 優弧と劣弧を通ってきた
表面波らしき波群が見える.

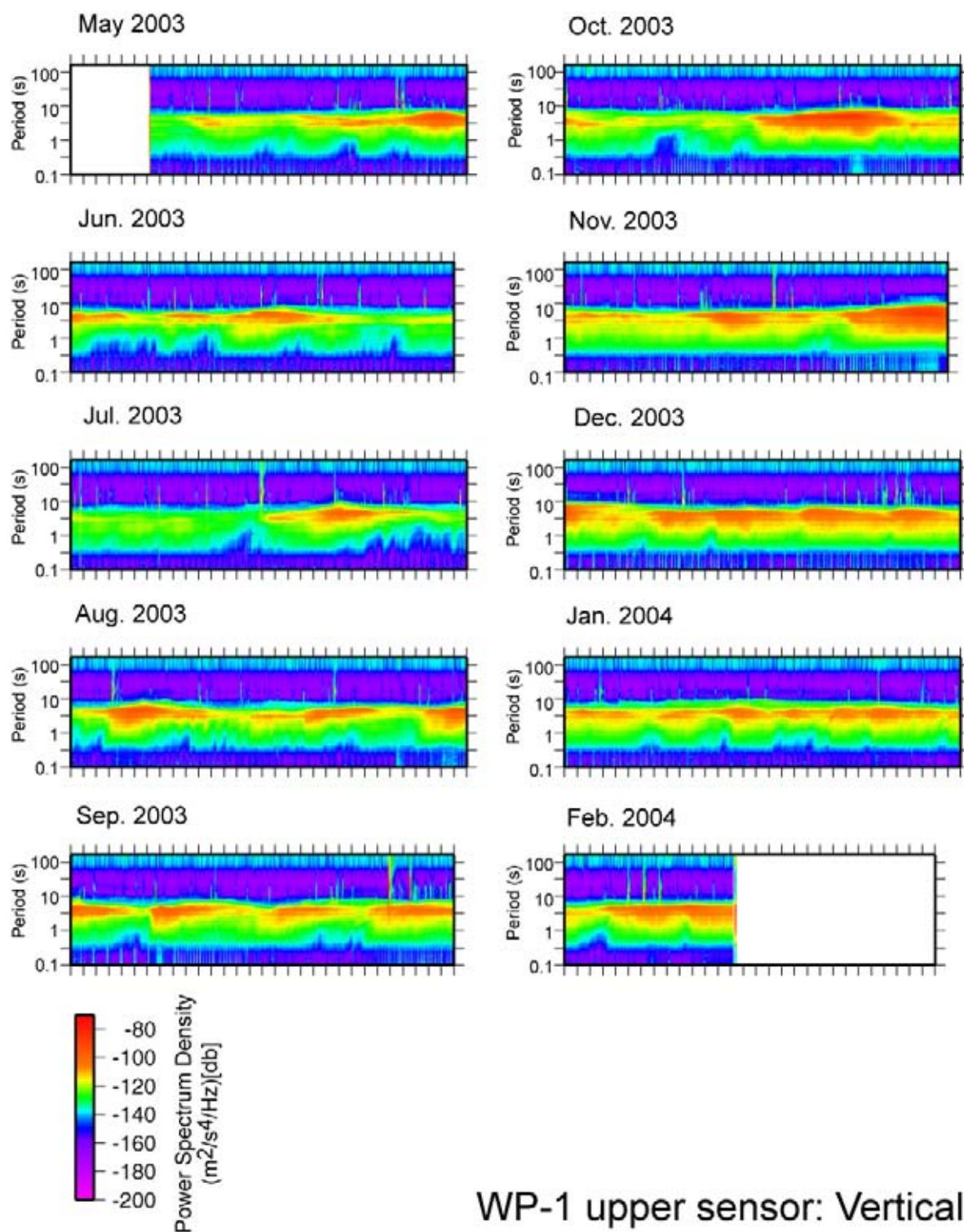


図7. WP-1 地震観測点の地震学的ノイズスペクトルの時間変化(上下動 20Hz サンプルングデータ). 期間は 2003 年 5 月から 2004 年 2 月まで. 脈動に対応する周波数帯にやや時間変化が見られるものの, 10 秒より長い周期では, ほとんど時間変動がない.

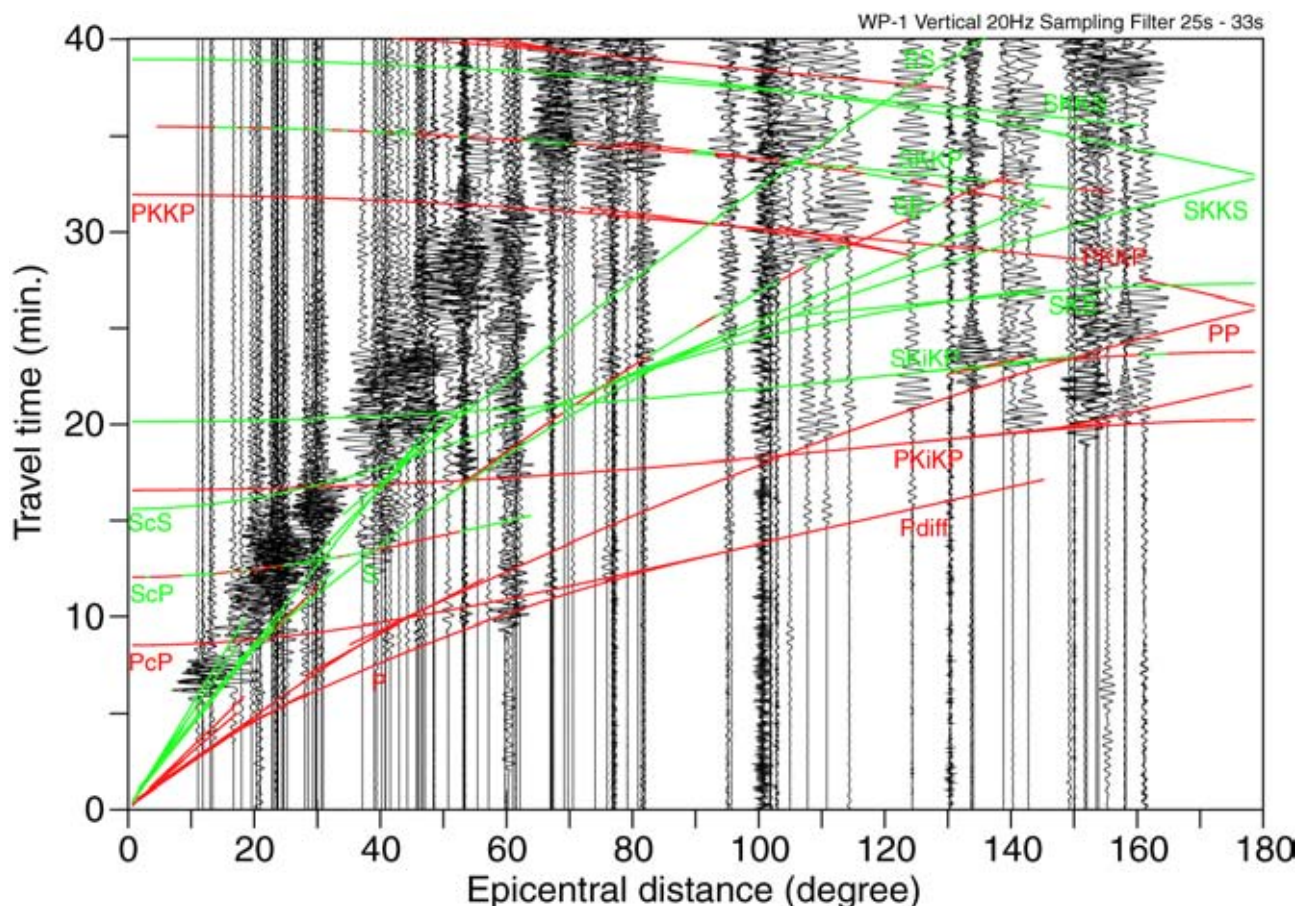


図8. WP-1 海底孔内広帯域地震観測点で得られた記録中から、マグニチュード6以上の地震の記録により作成した距離時間軸断面(上下動)

5. おわりに

2006年6月13日から24日にかけて行われたKR06-06研究航海の「かいこう」ダイブ#359及び#360によって、西フィリピン海盆海底掘削孔内広帯域地震計システムWP-1からのデータ回収が行われ、6ヶ月間以上の広帯域地震データが回収された。残念ながら、ダイブ#360をもってWP-1 海底掘削孔内広帯域地震観測所は観測を休止することとなったが、5年の長期にわたり、システムを稼働させることができ、学術的な重要なデータを取得できたばかりではなく、今後の孔内長期計測に向け、重要な経験を得ることができた。

最後に本研究を行うにあたっては、「かいこう」運行長と運行チーム及び母船「かいいい」の船長、乗組員のみなさまには多大な協力をいただいた。ここに記して、謝意を表します。

シングルチャンネル反射法音波探査による WP-1 海底孔内地震観測点付近の地殻構造調査

海半球ネットワーク計画による地震観測網の一部として、海底孔内長期観測点 WP-1 が ODP Leg195 航海により西フィリピン海盆に設置された。海底孔内観測点は古い海洋プレート上にあり、現在までに多くの地震記録を得ることができた。今後のデータ解析のためには、観測点付近の地殻構造を知ることが重要である。また、典型的な背弧海盆である西フィリピン海盆の詳細な地殻構造を知ることが、テクトニクスを考える上においても重要な情報を与える。そこで本航海では、制御震源とストリーマーを用いた地殻構造調査を行った。

測線は、南北方向に約 18km の長さを持つ 6 測線と、長さ約 10km の 1 測線の計 7 測線からなる。制御震源として、GI ガン 2 台を用いた。探査の諸元を表 1 に示す。また、測線の位置を表 2 と図 1 に示す。

表 1. 探査システム諸元

Streamer

Manufacturer	S.I.G
Active section length	47m
Hydrophone Interval	1m
Type of Hydrophone	S.I.G.16
Hydrophone output	-90 dB, re 1V/ μ bar, ± 1 dB
Frequency	Flat from 10Hz to 1000Hz
Depth sensor	Yes
Preamplifier	Gain 39
Lead in cable	135m
Receiver depth	10m

Source

Manufacturer	Sercel
Type of airgun	GI-GUN
Volume	355cu.in [250(G)cu.in+105(I)cu.in] x 2
Air pressure	2000 psi (140kg/cm ²)
Source depth	8m
Depth sensor	No
Gun Controller	GCS90

Air Compressor

Manufacturer	Leobersdorfer Maschinenfabrik AG Wien
Type of machine	LMF 24/150-E60(VC 2214 w15)
Air supply Capacity	24m ³ /min.

Recording System

Manufacturer	TRITON ELICS
Type of system	Delph Seismic +
Monitor	EPC The model GSP-1086 Printer
Recording format	SEG-Y float IEEE
Recording length	10.0sec
Water Delay	2.0sec (Area A)/ None (Area C)
Sample rate	1msec

High cut filter	None
Low cut filter	None
Recording media	HD

GPS System

Manufacturer	Fugro
Type of system	SkyFix
DGPS Reference Station	Naha

GPS System

Manufacturer	MARIMEX JAPAN
Type of system	NAVLOG

Shot Point Geometry

Time mode shooting	13sec interval (Area A)
Distance mode shooting	100m (Area C)

Geodetic Parameter

Spheroid	WGS84
Semi-major Axis	6,378,137m
Inverse Flattening	298.26
Projection	U.T.M Zone 53

表2. 測線位置

Line No.	Date (UTC)	Time (UTC)	Passing Point	Shot No.	Vessel Position			Length [m]	Direction [deg]
					Lat.		Lon.		
KR0606_A_11	2006/06/18	1:58:05	F.G.S.P	1	19-23.4095	N	135-10.9588	E	19864.6
	2006/06/18	4:25:07	L.G.S.P	677	19-12.6907	N	135-10.9423	E	
KR0606_A_9	2006/06/18	5:01:58	F.G.S.P	11	19-12.8717	N	135-08.9172	E	18828.4
	2006/06/18	7:06:10	L.G.S.P	582	19-23.0313	N	135-08.9529	E	
KR0606_A_7	2006/06/18	7:45:03	F.G.S.P	13	19-23.0297	N	135-06.9561	E	19106.6
	2006/06/18	10:07:30	L.G.S.P	666	19-12.7199	N	135-06.9534	E	
KR0606_A_5	2006/06/18	10:39:49	F.G.S.P	10	19-12.7211	N	135-04.9594	E	19005.8
	2006/06/18	12:44:01	L.G.S.P	581	19-22.9765	N	135-04.9429	E	
KR0606_A_3	2006/06/18	13:28:39	F.G.S.P	22	19-22.8421	N	135-02.9653	E	18790.8
	2006/06/18	16:01:21	L.G.S.P	724	19-12.7027	N	135-02.9480	E	
KR0606_A_1	2006/06/18	16:45:55	F.G.S.P	16	19-13.1211	N	135-00.9237	E	18313.3
	2006/06/18	18:47:56	L.G.S.P	577	19-23.0028	N	135-00.9530	E	
KR0606_A_2	2006/06/18	19:36:57	F.G.S.P	7	19-22.8975	N	135-01.9390	E	9834.6
	2006/06/18	20:59:36	L.G.S.P	387	19-17.5908	N	135-01.9482	E	

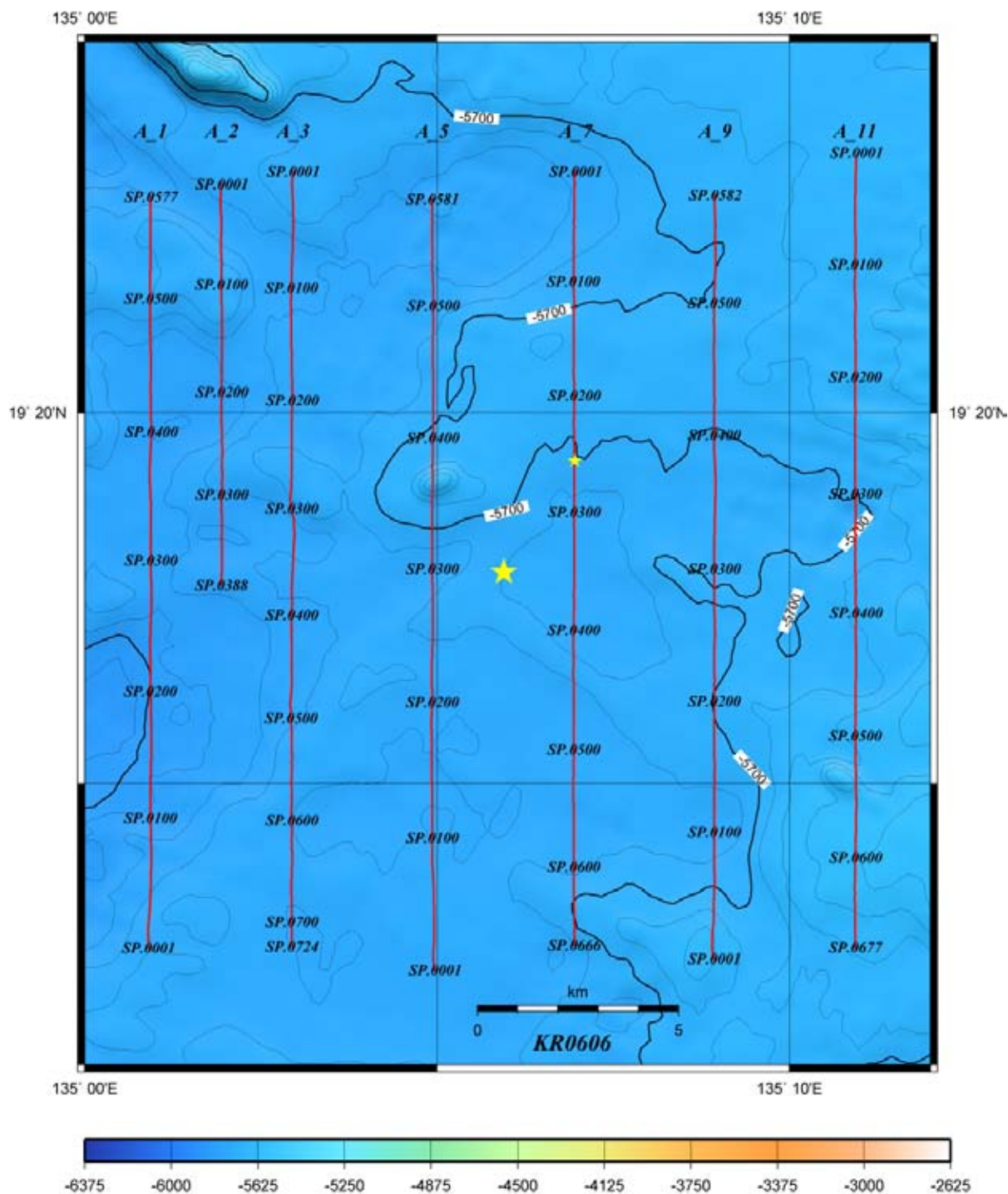


図1. 測線位置. 黄色の大きな星は, WP-1 の位置.

GIガンは, フロートで吊り下げられており, 深度調整索によって深度約 8m を保っている(写真1). また, シングルチャンネルストリーマは, 船尾から約 160m 後方に位置し, 深度は 10m になるように調整した(図2). 発震間隔は 13 秒である. GI ガンの発震ディレイの値は 35ms である.

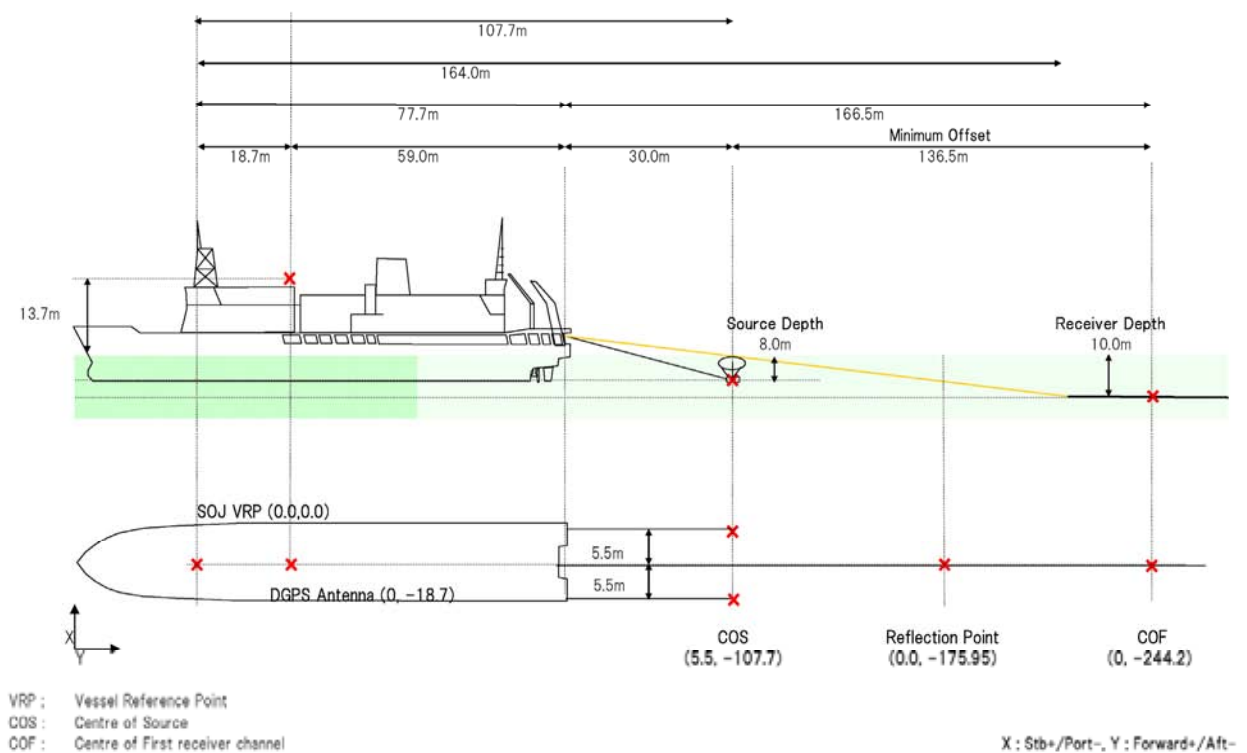


図2. 「かいりい」とGIガン及びシングルチャンネルストリーマの位置関係



写真1. 「かいりい」船尾より投入されるGIガン(2006年6月18日)

得られた記録は船上で処理を行い、記録の確認を行った。船上で行った処理の流れを図3に示す。7本の測線共に良好な反射記録を得ることができた(図3～図10)。これらの記録から、WP-1 観測点付近の海洋地殻 layer2 上面の起伏を知ることができると考えられる。

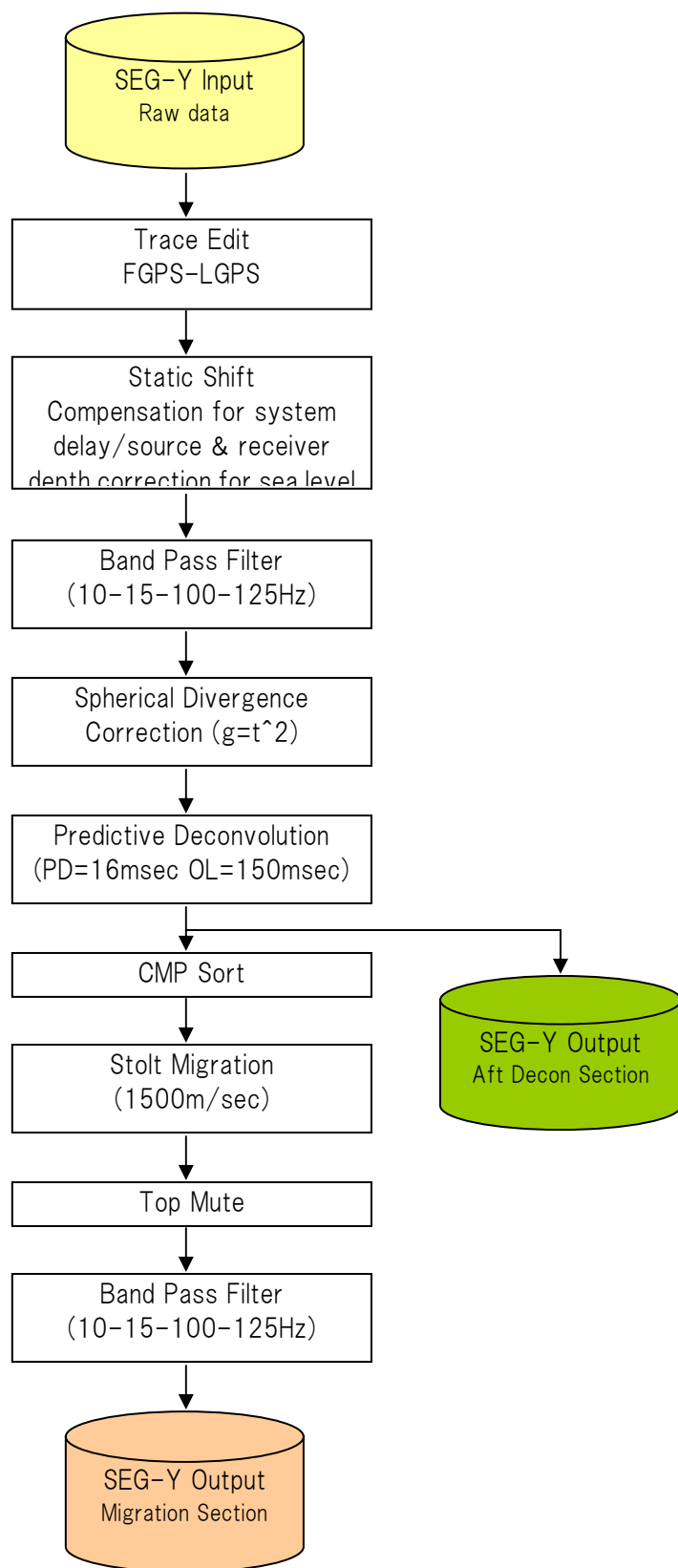


図3. 船上で行った反射記録処理の流れ.

KR06-06行動：船上航海報告「海底電磁気観測」

富山大・院理工・地球科学 藤 浩明・本林 勉

1. 調査研究の概要

本研究は、西太平洋域における電磁気観測データを用い、日本を含む西太平洋下地球深部の高分解能イメージングを行う事を目的としている。その為、約1000kmスパンの観測網を目指し、西太平洋の島嶼に電磁気観測点を設置した。しかし、島嶼のない海域においては、海洋底での観測が不可欠である。従って、設置場所が自由に選べる自由落方式の絶対計搭載型海底電位磁力計を設置し、海域での密なネットワーク構築を行う。これらの電磁気観測は、数年の長期にわたって観測を行い、十分な質と量のデータを蓄積する。これまでに回収した地磁気データから得られた新たな知見として、海底での絶対全磁力と地磁気三成分の経年変化が、衛星データが予測する地磁気永年変化と非常に良く一致する事が挙げられる(Toh et al., 2004; Toh et al., 2006)。この事は、海底設置機器の姿勢変化を精密に記録する事により、地球磁場のベクトル絶対観測が海底でも今や可能になった事を意味している。また、地磁気と同時に観測している地電位差変化を用いて、形成年代が古い成熟した海洋リソスフェアの構造も明らかになりつつある(本林・藤, 2006)。この地磁気地電流法による構造決定に加えて、地磁気誘導場の長周期応答(GDS応答)を併用すれば、この西太平洋域の上部マントルから遷移層に至る深部構造を解明できる可能性が出てきている。これらの成果を踏まえ、本航海では新たにWP1点における観測を開始し、更に複数年にわたるデータを取得する事を目指す。

2. 調査海域

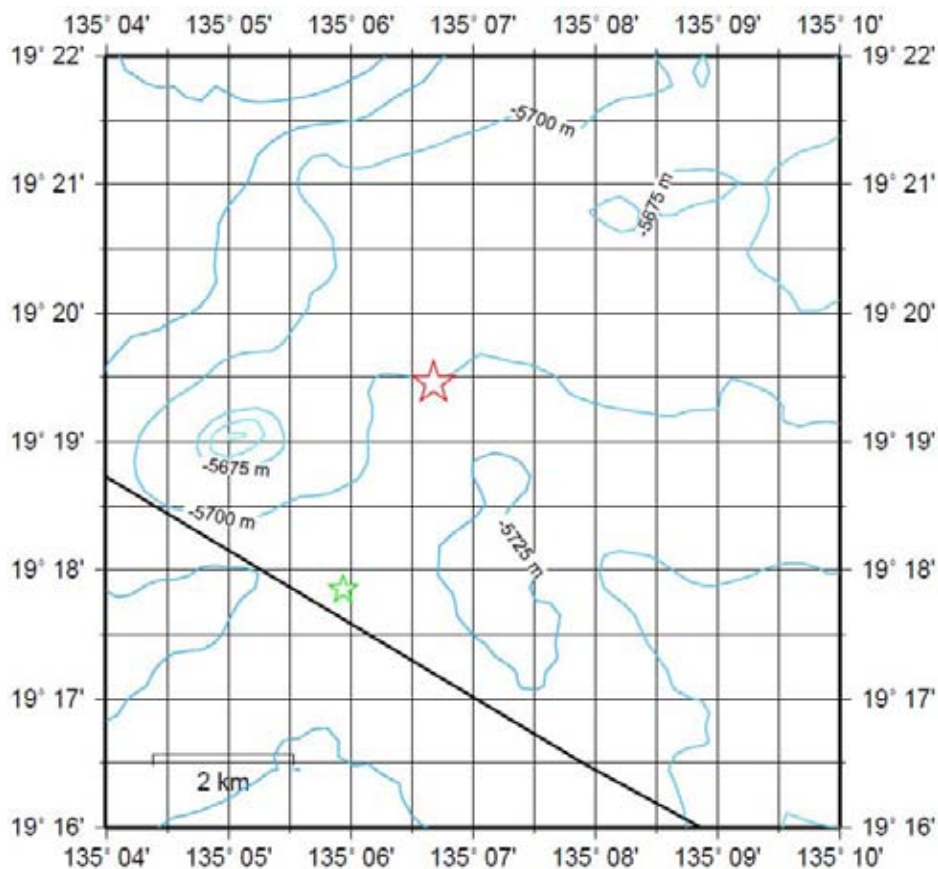


図1．海底長期電磁気観測点付近の海底地形図。赤☆が設置点位置，緑☆は孔内地震計位置。
西太平洋孔内地震観測点(WP1；北緯19度17.85分，東経135度5.94分，水深約5710m，測地系WGS84，図1)を中心とする半径十海里四方。水深の範囲は，5600～5800m。

3．観測内容

WP1点近傍に，海底長期電磁気観測装置(SeaFloor ElectroMagnetic Station: SFEMS)1台の新規敷設を船上からの自由落下方式で行った。装置の外観と詳細については，「4．観測装置」を参照されたい。海底装置の敷設後，設置点の音響位置決定とプロトン磁力計の曳航による磁気異常の測定を半日程度かけて行った。以下，各観測項目について詳述する。

3．1 SFEMSの敷設

WP1点の南西ごく近傍をTPC2ケーブルが走っている為，WP1点の北北東約1.8海里の地点を投入点に定め，2006年6月16日07:45JSTに北緯19度19.3630分，東経135度06.9336分(以上WGS84)，水深5702m(「かいいい」搭載SeaBeam2100の音速補正済み直下水深)の地点に船上から投下し

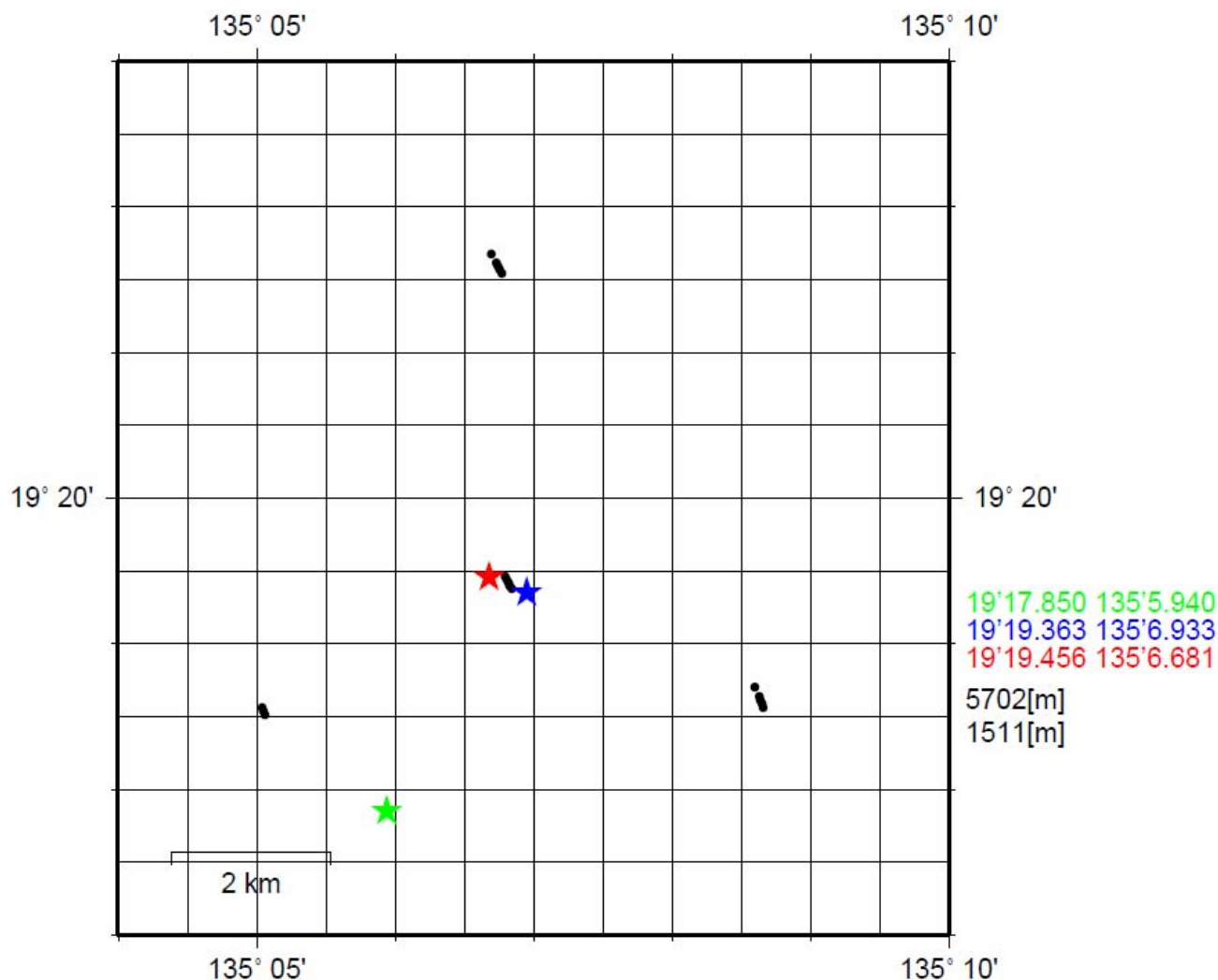


図2．KR06-06行動で敷設されたSFEMS3号機の音響位置決定結果。黒点は，音響測距実施位置，緑☆はWP1点，青☆は投入点の位置を示し，赤☆が採取したスラント・レンジ，GPS船位，

水深から推定されたSFEMSの海底位置である。

た。投下後、右舷より音響トランスジューサを投入して音響呼び出し／距離測定を行った結果、沈降を確認できたので着底確認は行わずにKAIKO7000IIの第359潜航に移った。尚、今回敷設したSFEMS3号機の切り離しコードは、日油技研3Gである。

3. 2 SFEMSの音響位置決定

第359潜航終了後、投入点の南南西2海里・真北2海里・南南東2海里・投入点直上の4地点で音響距離測定を行い、SFEMSの海底位置を推定した。その結果、(北緯19度19.456分、東経135度06.681分、水深5702m [誤差0.5%], WGS84)に設置されている事が分かった(図2)。WP1点における掘削結果(Salisbury et al., 2006)によれば、この地点の海底が形成された年代は約49Ma (Magnetic lineation 21), 堆積層厚は約510mである。

3. 3 SFEMS敷設点付近の全磁力異常

翌17日の夜間には、投入予定点である北緯19度19.35分、東経135度06.95分を中心とした10海里四方を、1海里間隔の南北測線11本によりプロトン磁力計を曳航しながらグリッド・サーベイを行い、SFEMS敷設点周辺の全磁力異常20秒値を採取した(図3)。その結果、WP1点付近の全磁力異常は負で、SFEMS敷設点近傍では-200nTを超えている事が分かった。

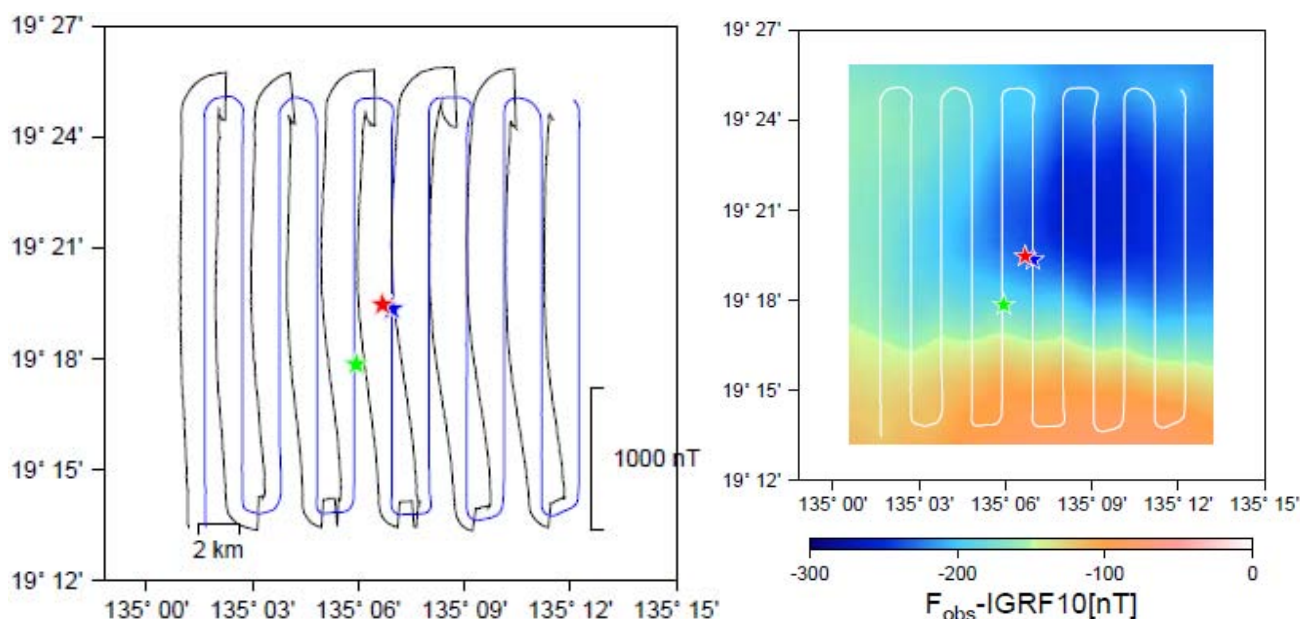


図3. SFEMS3の海底位置(赤☆)周辺の全磁力異常。左：測線沿いの全磁力異常観測値。右：観測値をカラーコンターマップに変換したもの。WP1点付近は、負の全磁力異常域である事が分かる。

4. 観測装置

SFEMS(Toh et al., 1998; Toh et al., 2004; Toh et al., 2006; 図4)は、長期観測用の絶対計搭載型海底電位磁力計である。本体寸法は、縦×横×高さ=1.3m×1.3m×2.0mであるが、これに加え地電位差測定用に差し渡し約5m(電極間隔4.78m)の直交水平ダイポール(ポリプロピレン・パイプ)が取り付けられている。電位電極には、富山大学で製作した焼結型銀・塩化銀電極(浜野他, 1985)

を使用している。空中重量は385kg、水中重量60kg、回収時空中重量は285kgである。回収用に43.528MHzのラジオ・ビーコンとフラッシャーも装備されている。切り離し用音響トランスポンダーの受信電池は三年仕様であるが、SFEMS本体の動作寿命は2分測定で約二年に設定されている。切り離し用音響トランスポンダー用電池の出力電圧は、表1の通りであった。

表 1． 3Gトランスポンダーの電池電圧

	実測電圧 [V]	定格出力 [V]	線の色
受信	11.029	10.5	緑－黒
送信	23.705	21	赤－黒
切り離し	3.3746	3	黄－黒

本行動で敷設したのはSFEMSの3号機であり、Fibre optical gyro (FOG)がstand aloneではなくSFEMSのclient sensor群を束ねるI/Fから制御できる様にはなっているが、姿勢測定系と地磁気測定系間の座標校正用コイルを装備していない型である。FOG用のLi電池は、電池球ではなくFOG球内に封入してある。また、船上から全磁力計のチューニング等の測定制御を行う為の音響モデムも、本行動では準備が間に合わず装備されていない。但し、全磁力計であるOverhauser型スカラー絶対磁力計には製造元であるカナダMarine Magnetics社によるセンサーのfactory maintenanceを始め幾つかの改修が施されており、これまでと違って例えば、設定された初期値を三日に一度再設定してオートチューニングできる様になっている。本行動では、IGRF-10によるWP1点付近の地磁気全磁力予測値を基に40,000nTを初期値として設定した。

最後に、SFEMS本体とFOGの起動スケジュールを表2に掲げる。本行動で敷設したSFEMS3号機は、表2の起動時刻以降、海底で観測を開始しているはずである。

表 2． SFEMS3とFOGの起動スケジュール

	起動時刻 [UTC]	測定間隔 [s]	継続時間 [min]
SFEMS	2006.06.17.00:00	120	2×365×1440
FOG	2006.09.16.00:00	60	1440
	2007.03.16.00:00	60	1440
	2007.09.16.00:00	60	1440
	2008.03.16.00:00	60	1440

謝辞

(有)テラテクニカの一北岳夫氏並びに高村直也氏、海洋研究開発機構の後藤忠徳氏、笠谷貴史氏及び市来雅啓氏、東大地震研の馬場聖至氏、以上の諸氏には本行動の事前準備にご尽力頂いた。この場を借りて、深く感謝申し上げる次第である。

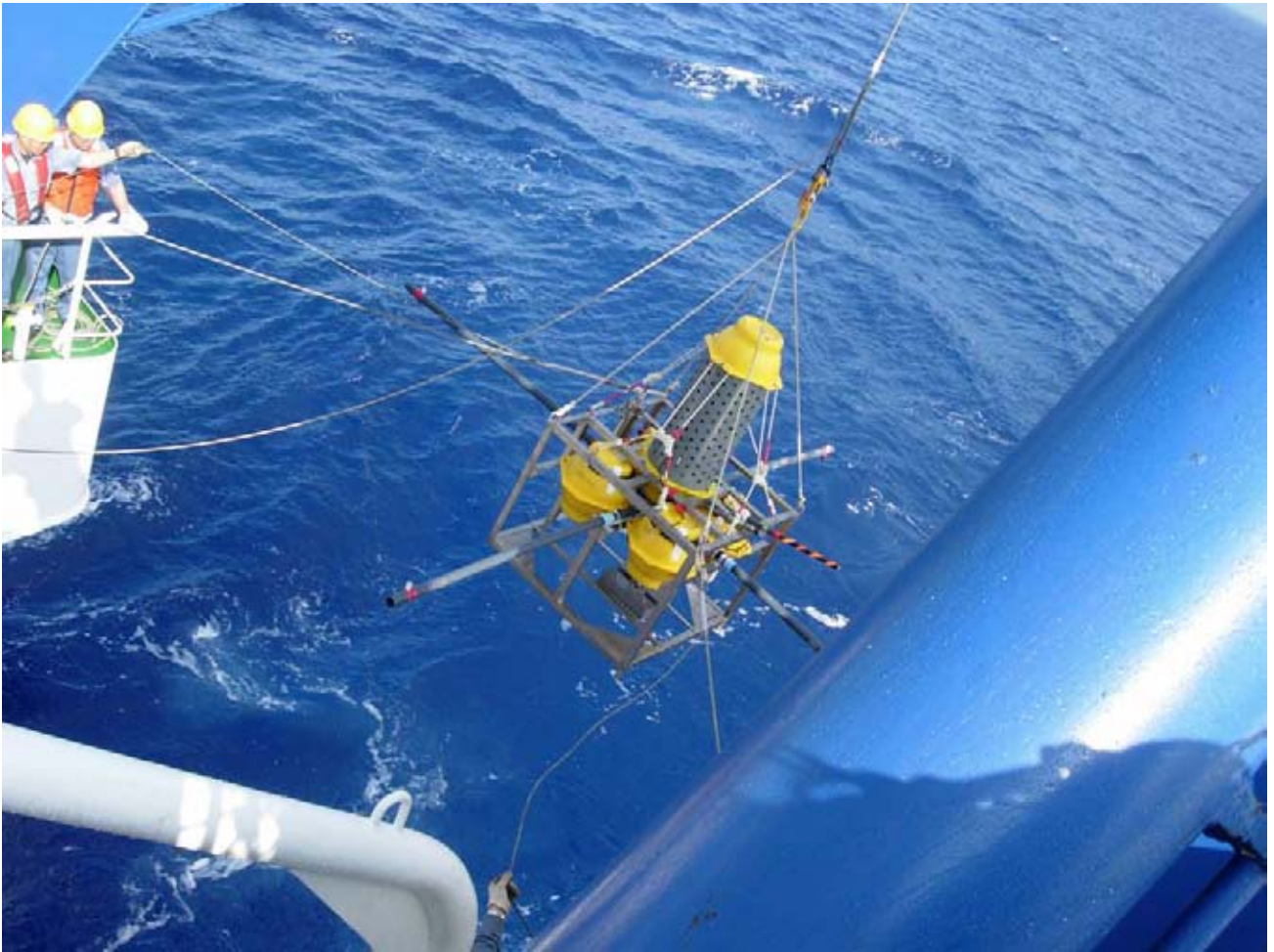


図 4．本行動で投入される海底長期電磁気観測装置(SFEMS3)。

マルチナロービーム測深器による WP-1 孔内地震観測所周辺の海底地形調査

WP-1 孔内観測所周辺では、すでに KR02-03, KR02-08, KR03-04 にて、詳細な海底調査が行われている。本調査では、これまでにえられていなかった WP-1 観測所の北東部の地形調査を 2006 年 6 月 16 日に行ったほか、本調査で行われたプロトン磁力計調査(6 月 17 日)、SCS 探査(6 月 18 日)にて、測線上で同時に海底地形調査を行った。調査範囲を表 1 に、得られた海底地形図を図 1 に示す。

表 1. マルチナロービーム地形調査

測線名	開始日	時刻(UTC)	緯 度	経 度	終了日	時刻(UTC)	緯 度	経 度
測線 1	6/16	12:26	19-05.1327N	134-50.0995E	6/16	16:14	18-29.9790N	134-19.9860E
測線 2	6/16	17:05	18-39.9889N	134-19.9648E	6/16	20:54	19-14.8394N	134-49.8615E
プロトン測線	6/17	10:44	19-14.4147N	135-01.6708E	6/17	23:17	19-24.3443N	135-12.2539E
SCS 測線 1	6/18	01:58	19-23.4019N	135-10.9604E	6/18	21:00	19-17.5852N	135-01.9503E
Dive362 測線	6/21	20:55	32-54.4362N	136-03.8366E	6/21	21:16	32-54.4588N	136-07.6366E
SCS 測線 2	6/22	11:11	32-50.7663N	135-28.4281E	6/22	22:10	3-56.7659	136-34.3130E

0616 MBES

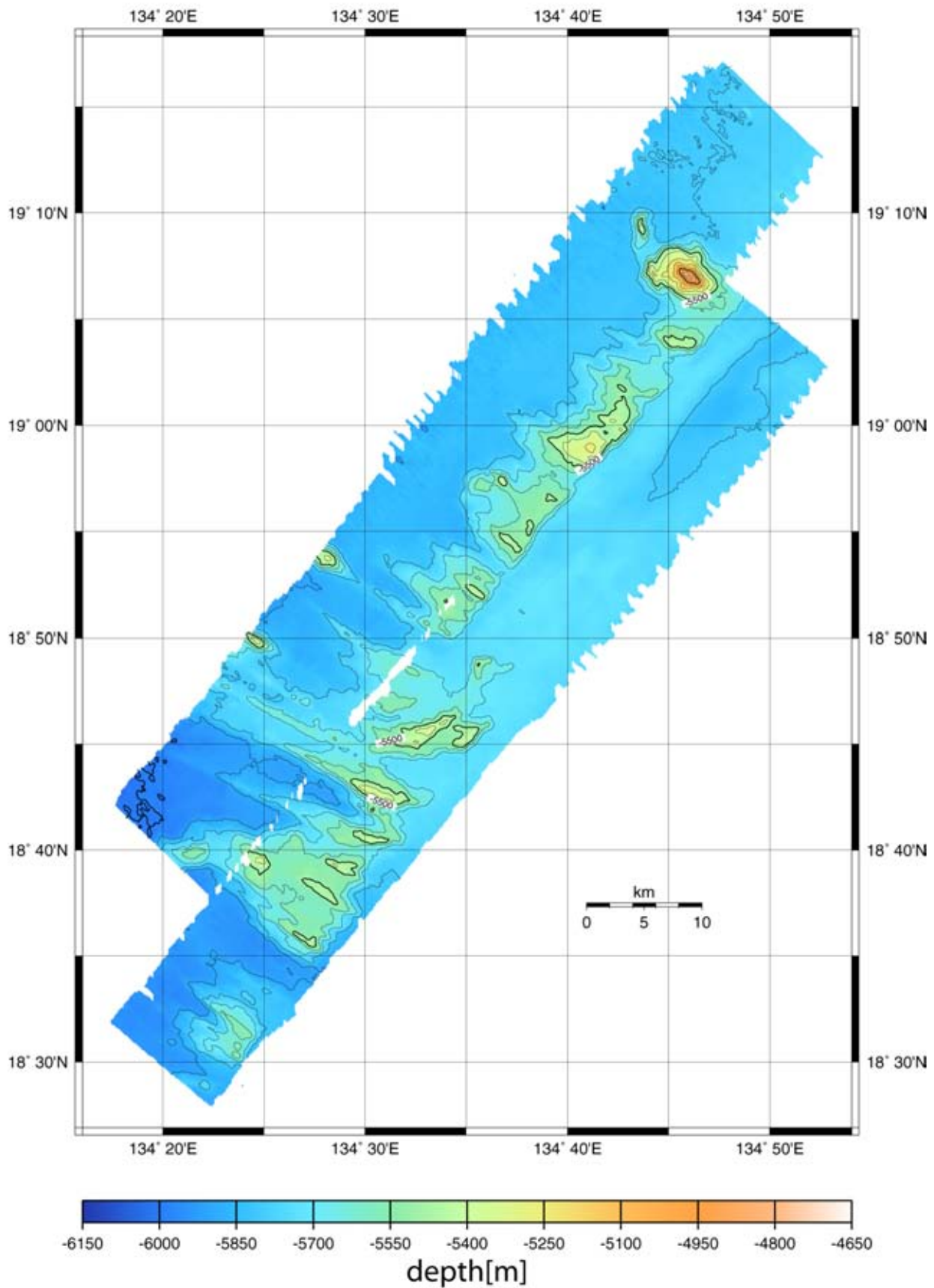


図1. WP-1 観測所周辺において本航海で新たに得られた海底地形

DIVE# 361 四国海盆南部における長期観測型広帯域海底地震計の回収

地震ネットワーク構築として、四国海盆南部に海底設置型広帯域海底地震計を 2003 年 5 月 KR03-04 研究航海において設置し、長期地震観測を行っている。目的は、陸上及び孔内広帯域地震観測所からなる地震観測ネットワークの空間的密度を増し、より鮮明な西太平洋域下のマントル構造をイメージングするためである。本研究航海では、この海底広帯域海底地震計 (SWSB2) を、「かいこう 7000II」ダイブにより回収した。

長期観測型広帯域海底地震計 (BB-OBS) は、東京大学地震研究所で開発されたもので、1 年以上の期間にわたり、連続記録を収録することができる。電源には、Electrochem 社の大容量リチウム電池 (電圧 3.9V 容量 30AH) を用いており、センサーには、WP-1 孔内広帯域地震観測所と同じ Guralp 社の CMG-1T (帯域 360 秒～50Hz) を用いている。CMG-1T は、能動型ジンバルにマウントされており、海底に着底後、ジンバルが自動で Leveling を行う。CMG-1T からの信号は、20bits A/D 変換され、2.5 インチハードディスクに収録される。自己浮上型で、アンカーの切り離し指令には、超音波を利用する。さらに BB-OBS では、音響トランスポンダーを通じて、レコーダ、ジンバルと船上から通信することができる。

設置は、2003 年 5 月 9 日 (UTC) に行った。着底後、音響トランスポンダーによる測距を行い、海底での位置推定を行った。観測は、2003 年 5 月 10 日 12:00:00 (UTC) から、1 年間 (2004 年 5 月 10 日 12:00:00 UTC) 行うように設定した。

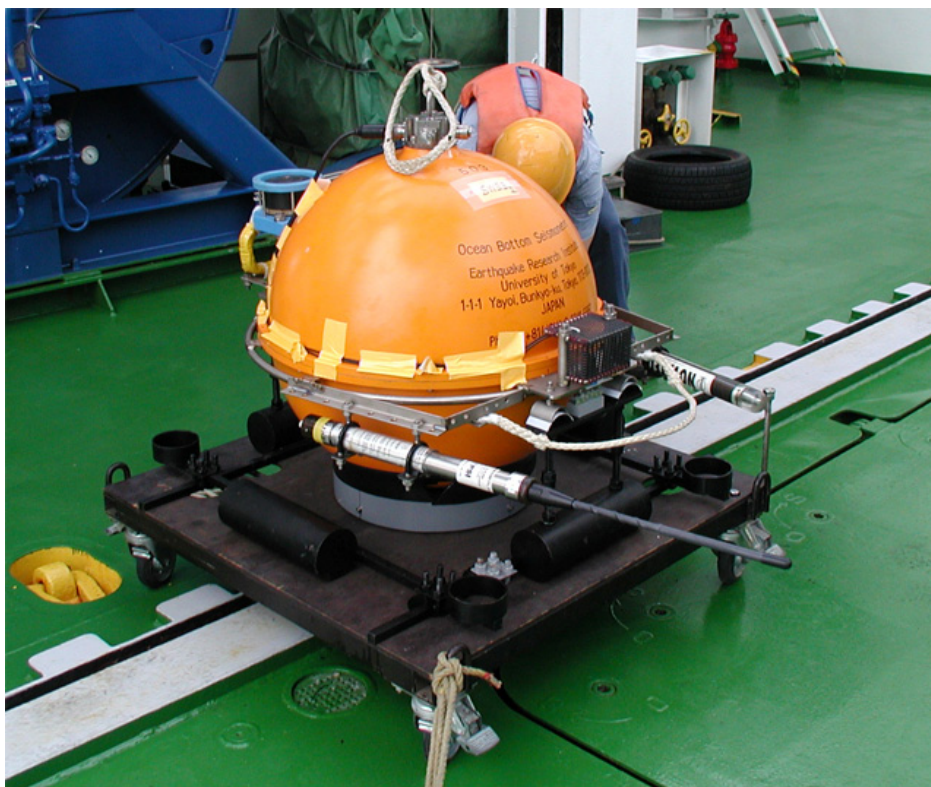


写真1.「かいれい」KR03-04 により設置される SWSB2 (2003 年 5 月 10 日 JST)

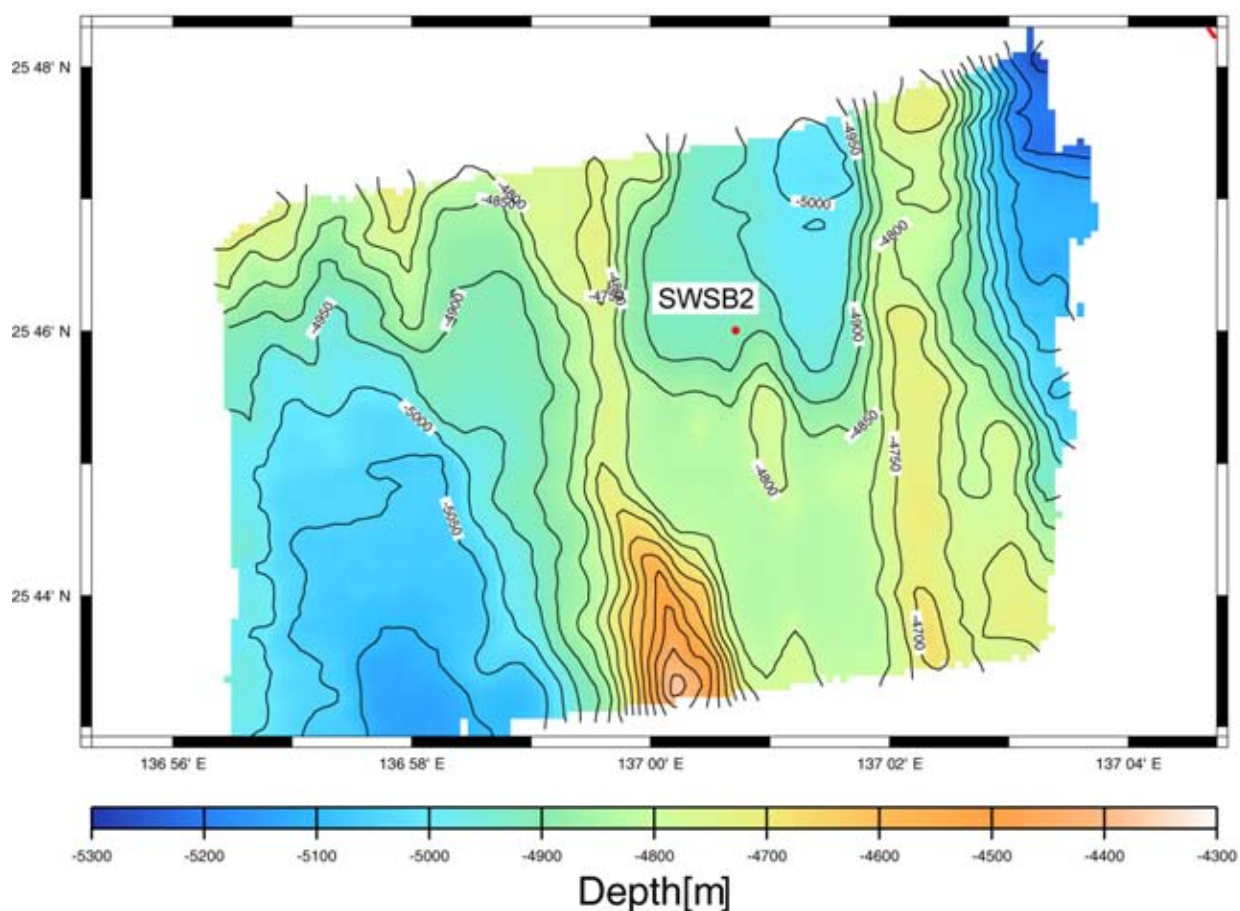


図1. SWSB2 設置点付近の海底地形図. KR03-04 にて「かいいい」での測定結果.

SWSB2 は, KR04-14 航海にて, ダイブによる回収を試みたが, その際には, 海底で発見することができずに未回収となった. しかしながら, KR04-14 航海で, 複数の地点で, 音響測距が行われており(2004 年 11 月 30 日), 設置の際の KR03-04 航海での音響測距と合わせると, 総計 45 点での測定結果がある. これらのデータを使って, 海底での SWSB2 の位置の推定を行った. 計算は, 先駆的情報付ベイズアンプローチ最小二乗法を用いて, 行った. 結果を図2に示す.

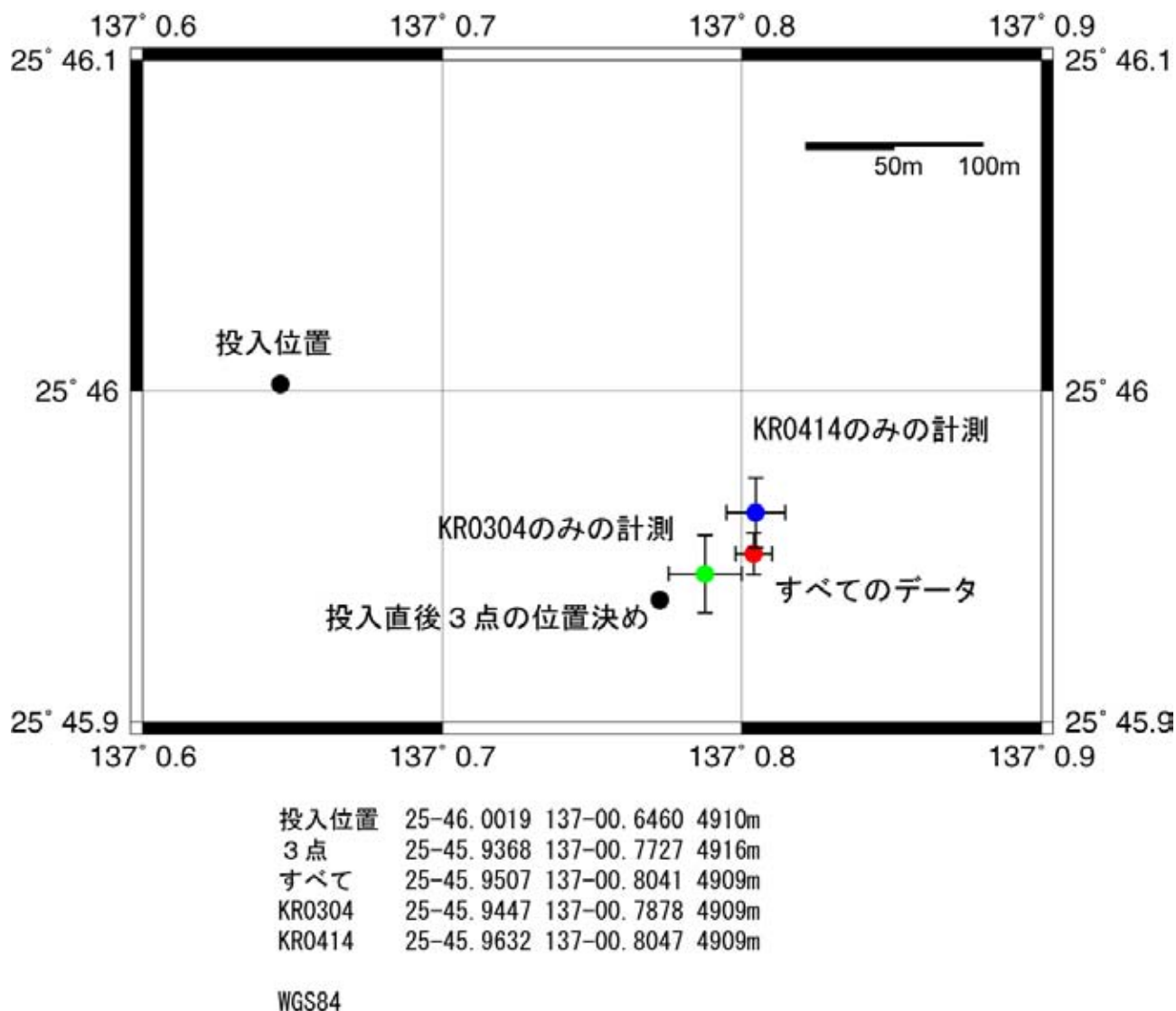


図2. これまでに計測されたデータを用いて、推定した SWSB2 の海底位置.

これらの結果を基に、2006 年 6 月 20 日ダイブ#361 を行うこととなった。ダイブ#361 に先立ち、音響通信により、SWSB2 が海底にあることを確認した。(08:22-08:32 JST)

ダイブ#361 は、2006 年 6 月 20 日 09:47JST に着水し、12:02JST に海底を視認し、搜索を開始した。搜索開始 10 分後に、SWSB2 を視認した(写真2)。視認したのは、ほぼ「すべてのデータ」の推定位置であったと考えられる。「かいこう 7000II」からのロープ先端にあるフック2つを OBS 本体とアンカーにかけ、13:18JST に離底した。その後、「かいこう 7000II」をまず揚収し(写真3)、その後 SWSB2 を 15:12JST に揚収完了した。揚収時には、アンカーと本体が分離してしまっていた(写真4)。

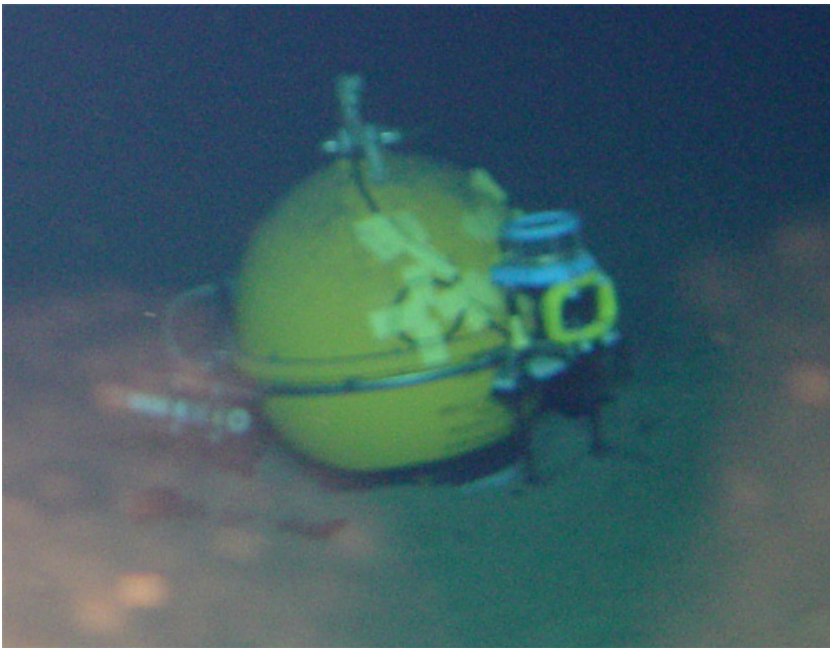


写真2. 海底における SWSB2 (2006 年 6 月 20 日)



写真3 「かいこう 7000II」を船上に回収している間、「かいいい」にゆっくりと曳航される SWSB2.
回収用のロープが水中にあることがわかる.

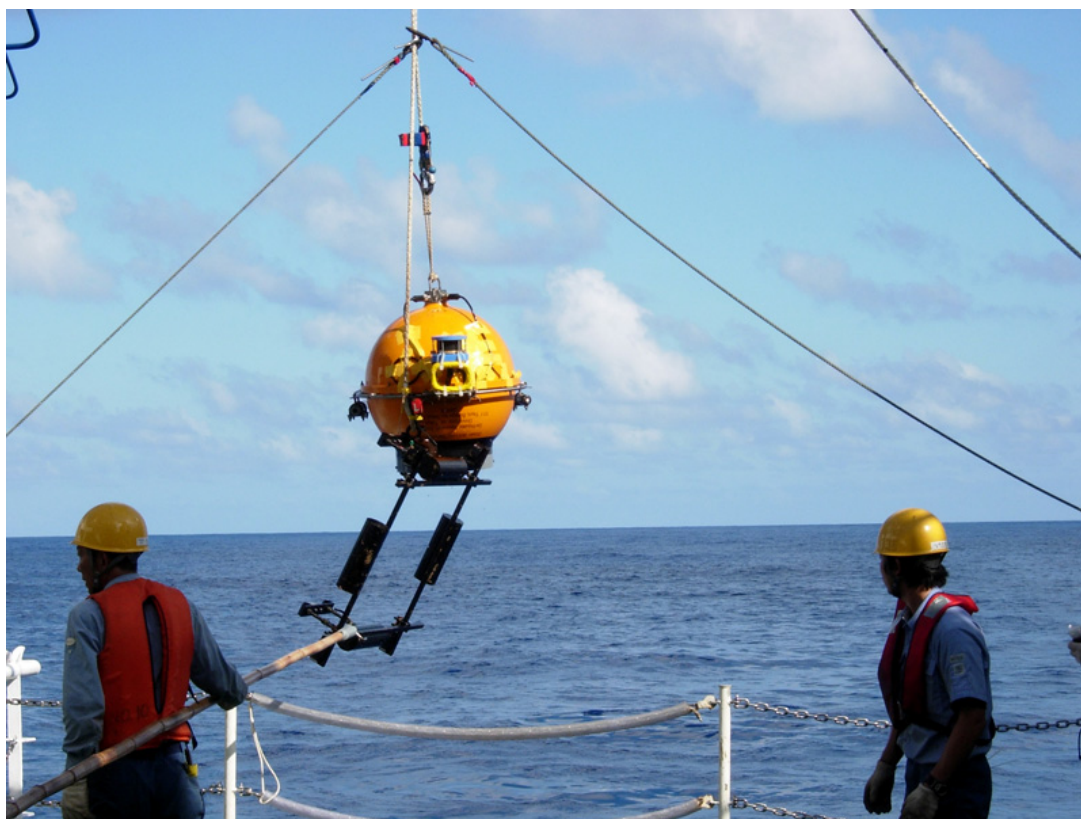


写真4. 「かいこう 7000II」の揚収作業完了後に、回収される SWSB2.

船上に回収された SWSB2 は、水洗い後、格納庫内に捕縛し、時計計測等を行い(写真4), 記録が正常であることを確認した.



写真4. 格納庫内での回収後調整風景(2006 年 6 月 20 日)

2006 年 06 月 20 日 SWSB2 回収ログ

DIVE# 362 四国海盆北部における長期観測型海底地震計の回収

地震ネットワーク構築として、地震研究所では、四国海盆北部に長期観測型海底地震計を新日本海事株式会社の「新辰丸」により2003年12月に設置し、長期地震観測を行った。なお、この観測は現在も実施中のものである。目的は、陸上地震観測ネットワークを海域に拡張し、大地震の発生が予想される東南海・南海地震の震源域及びその周辺の地震活動を明らかにすることである。また、広帯域海底地震計及び孔内広帯域地震観測所からなる地震観測ネットワークの空間的密度を増し、より鮮明な西太平洋域下のマントル構造をイメージングする目的もある。本研究航海では、この長期観測型海底地震計(LS18)を、「かいこう7000II」ダイブにより回収した。

長期観測型海底地震計は、チタン合金製の耐圧容器、マイクロコンピュータ制御のジンバルシステムを持つ固有周期1秒の速度型地震計、24ビットのダイナミックレンジを持つデジタル収録式レコーダ、音響通信制御装置などから構成されている。また、電源には1年間の観測のために大容量のリチウム電池を組み合わせ使用。

設置は、2003年12月5日(JST)に行った。着底後、音響トランスポンダーによる測距を行い、海底での位置推定を行った。観測は、2003年12月5日03:00:00(JST)から、1年間行うように設定した。



写真1. LS18 に設置されている海底地震計と同型の長期観測型海底地震計

LS18 設置時時刻差計測(JST)

2003 年 12 月 5 日

LS18 Transponder code 635

339:00:31:10.132274529

339:00:31:20.132278409

339:00:31:30.132276179

339:00:31:40.132274163

LS18 四国海盆北部(紀伊半島沖) 投入 (JST)

Tranponder code 635

12/5/2003 01:04:08 (JST)

32_54.495N 136_05.810E 3708m

設置後, 3点音響測距による推定海底位置

32_54.4815N 136_05.8649E 3705.9m

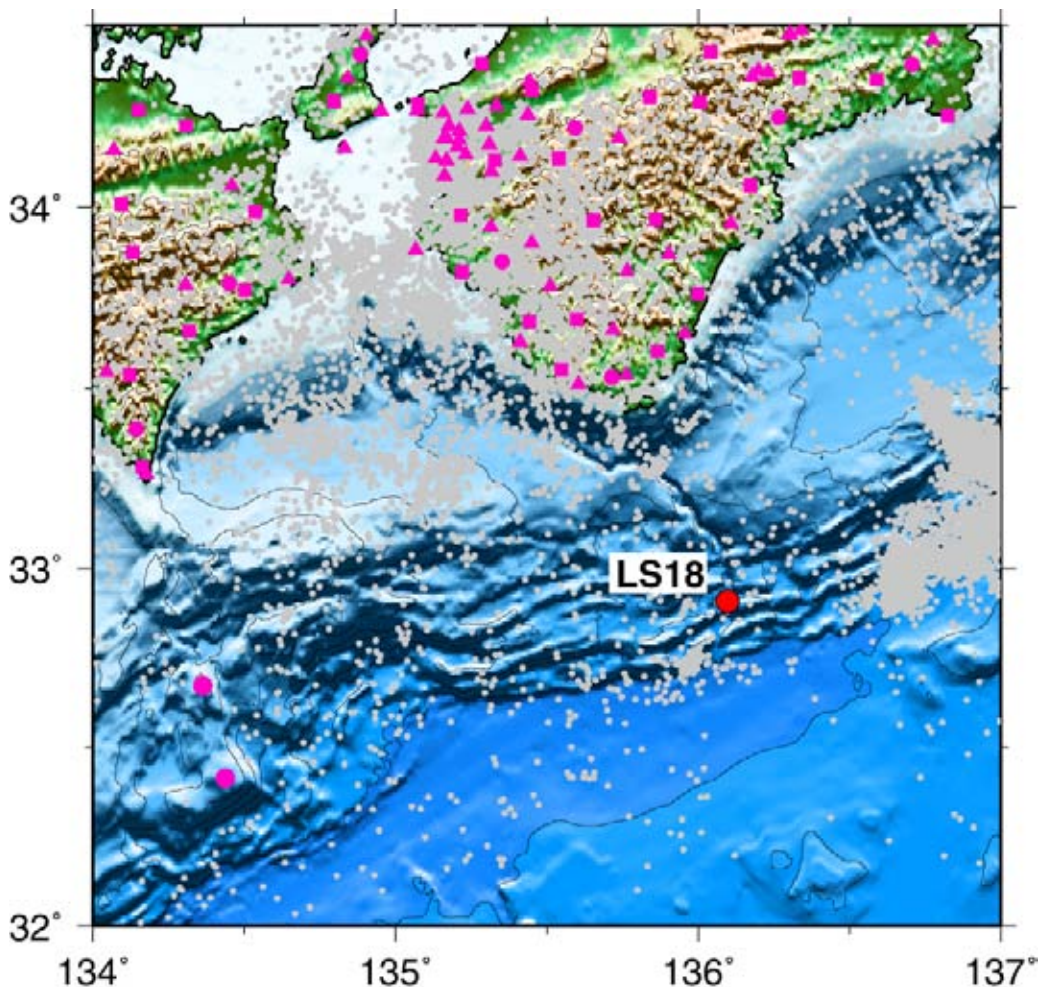


図1. LS18 の設置位置. 陸上地震観測点と, 気象庁が決めた地震の震央も同時に示す.

LS18 に関しては, 設置の際の音響測距に加えて, 2005 年にも音響測距が行われており, 総計 16 点での測定結果がある. これらのデータを使って, 海底での LS18 の位置の推定を行った. 計

算は、先駆的情報付ベイズアンプローチ最小二乗法を用いて、行った。結果を図2に示す。

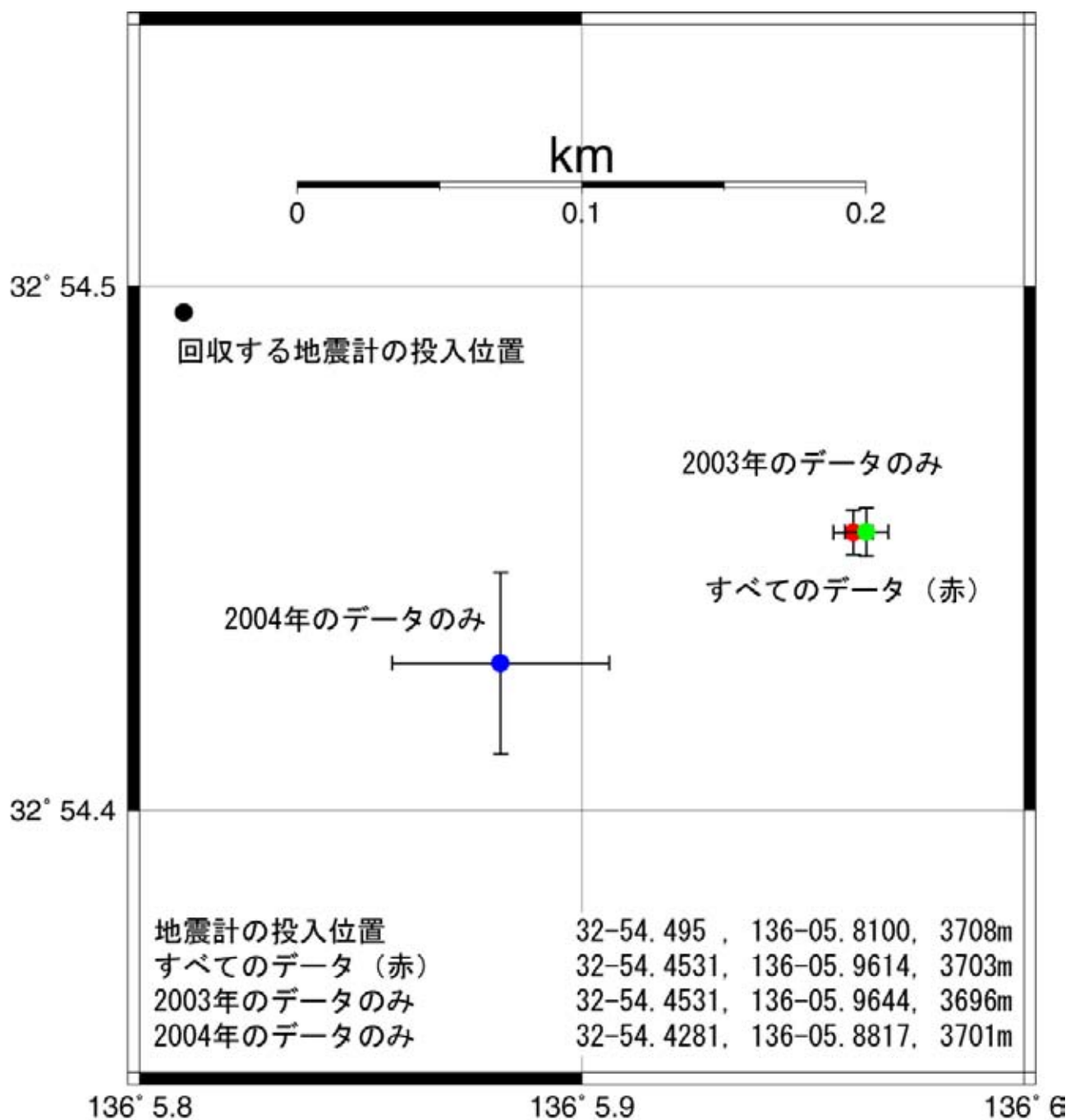


図2. これまでに計測されたデータを用いて, 推定した SWSB2 の海底位置.

これらの結果を基に, 2006 年 6 月 22 日ダイブ#362 を行うこととなった. ダイブ#362 に先立ち, 音響通信により, LS18 が海底にあることを確認した(06:40-08:09 JST).

ダイブ#362 は、2006 年 6 月 22 日 09:35JST に着水し、12:59JST に海底を視認し、搜索を開始した。搜索開始約 10 分後に、LS18 を視認した(写真2)。視認したのは、ほぼ「すべてのデータ」の推定位置であったと考えられる。「かいこう 7000Ⅱ」からのロープ先端にあるフック2つを OBS 本体とアンカーにかけ、13:22JST に離底した。その後、「かいこう 7000Ⅱ」をまず揚収し(写真3)、その後 LS18 を 14:55JST に揚収完了した。揚収時には、アンカーと本体が結合したままであった(写真4)。

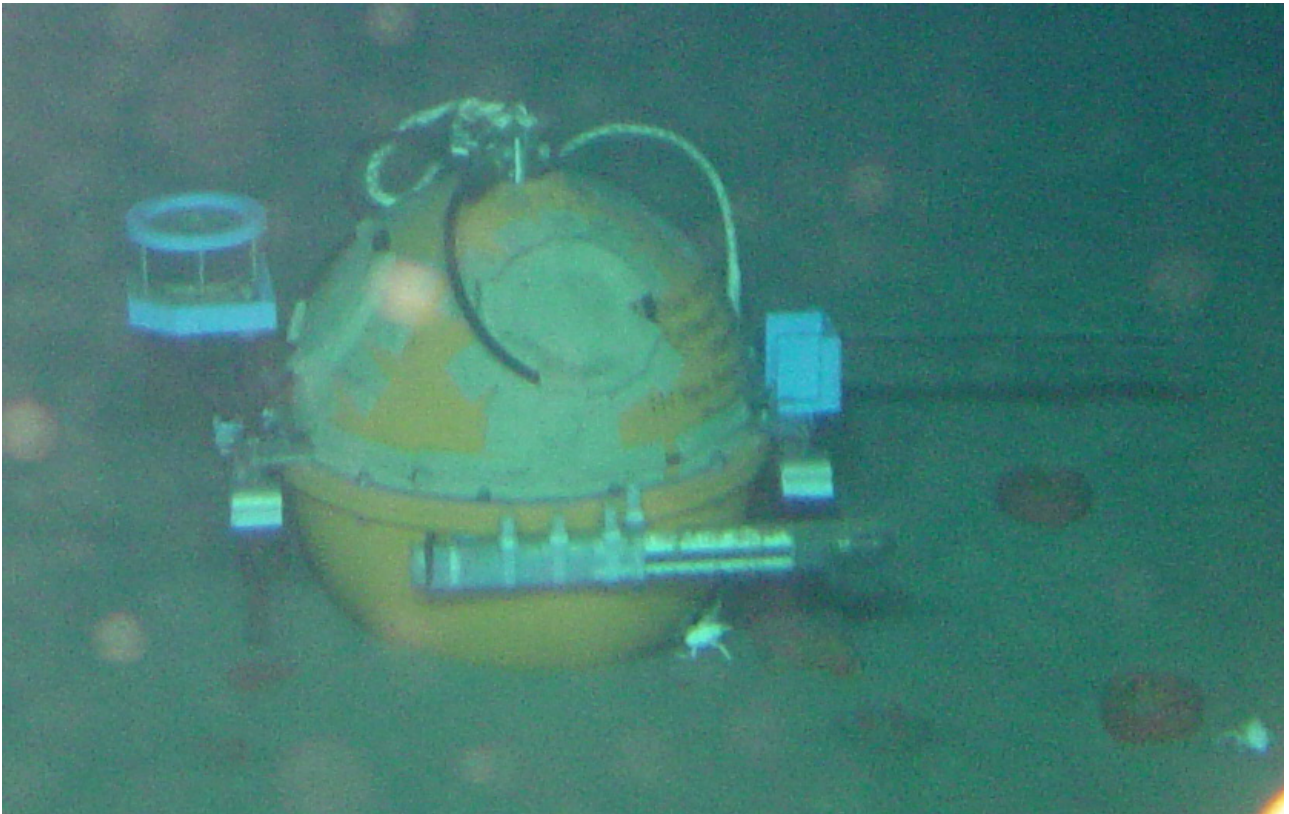


写真2. 海底における LS18-635(2006 年 6 月 22 日)

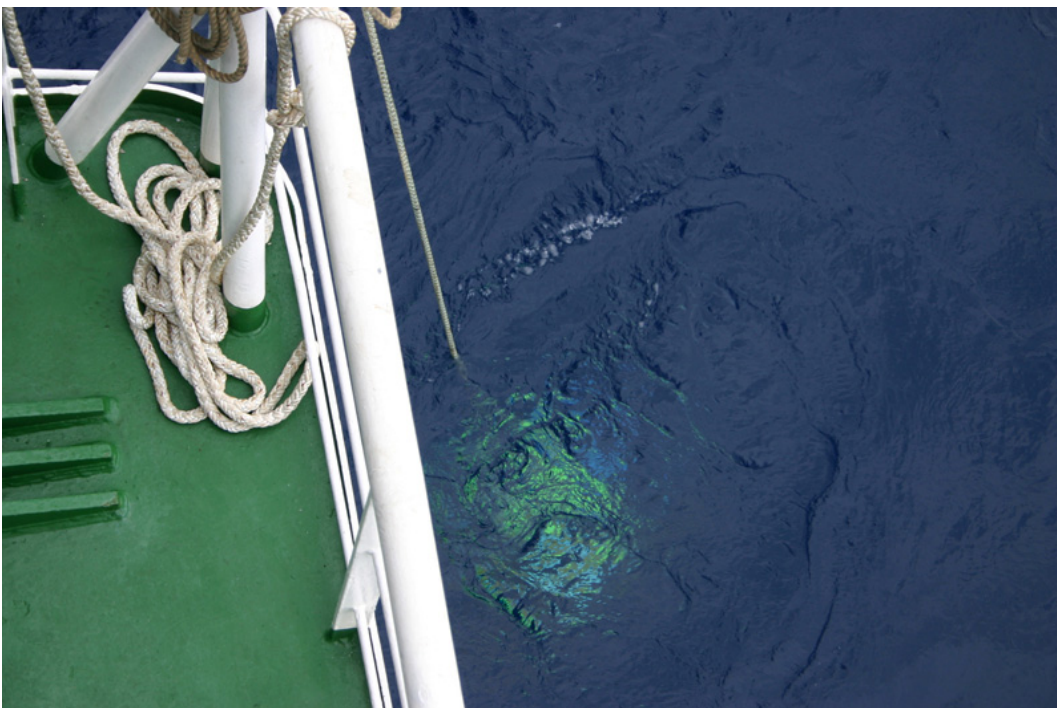


写真3 「かいこう 7000II」を船上に回収している間,「かいいい」から吊り下げられ, 水中にある LS18-635.

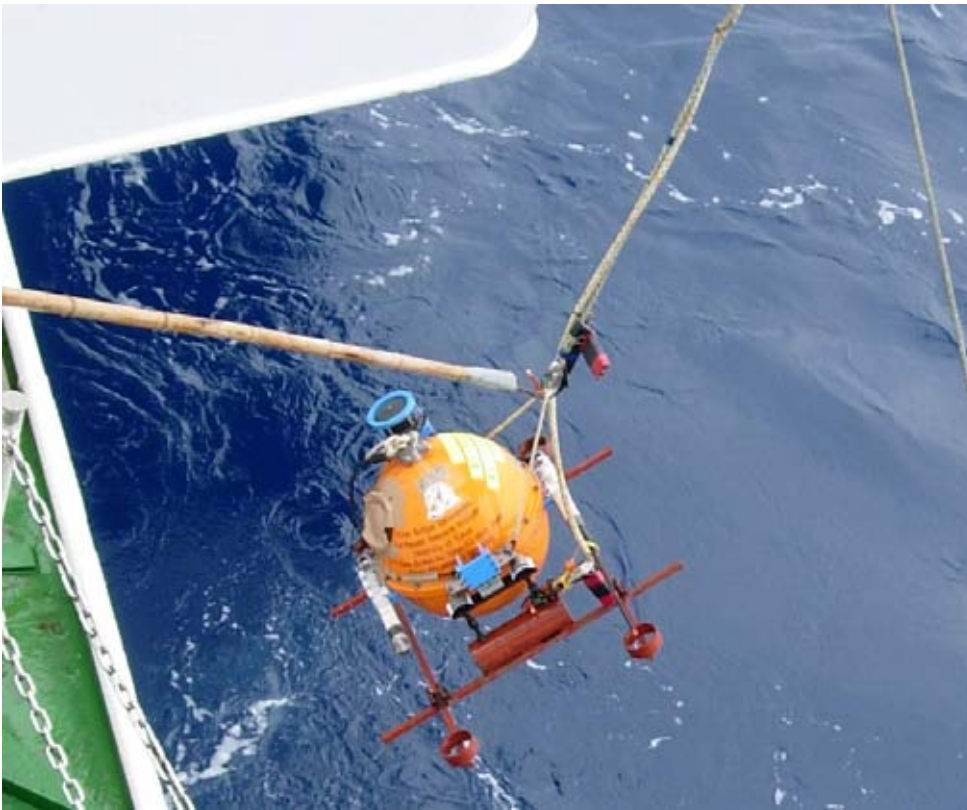


写真4. 「かいこう 7000II」の揚収作業完了後に、回収される LS18-635.

船上に回収された LS18 は、水洗い後、格納庫内に捕縛し、時計計測等を行い(写真4), 記録が正常であることを確認した.



写真4. 格納庫内での回収後の LS18-635(2006 年 6 月 22 日)

2006 年 06 月 22 日 LS18-635 回収ログ

- 16:04(JST) コネクタを接続
- 16:05(JST) 外部給電コネクタの電圧を計測するが、安定せず。耐圧容器内で、外部給電端子を接続していないためと見られる。
テスターで、時計出力を見る限り、出力されているようである。刻時装置だけは、時計バックアップ電源から、電源が供給されている。
オシロスコープで、時計出力を見ると、電圧 3V 程度の矩形波が出力されていることが判明。そこで、増幅器を使い、3V を 5V 矩形波に変換し、パルス伝送装置を使って、時計計測を行うこととした。
- 16:15(JST) 時計計測終了。レコーダの電源がなくなっているため、データや 10 秒以上の時計のずれは、耐圧容器を開けないと確認できないので、研究所に持って帰ってから行うこととする。

研究所に持ち帰った後に、耐圧容器を開封して、確認したところ、観測予定のデータが記録されていることがわかった。

シングルチャンネル反射法音波探査による四国海盆北部長期観測型海底地震計設置点付近の地殻構造調査

常設の観測網を補完し、より密度の高いネットワークを構築するために、四国海盆北部(紀伊半島沖)には、長期観測型海底地震計が設置されている。また、この観測網は、東南海・南海地震の震源域周辺にもあたっており、地震発生の研究のためにも利用されており、これまでに十分な量と質の記録が得られている。この長期観測型海底地震計の記録評価、及び今後のデータ解析のためには、観測点付近の地殻構造を知ることが重要である。そこで本航海では、制御震源とストリーマーを用いた地殻構造調査を行った。

調査は、ほぼ東西方向に約 135km の長さを持つ測線で行った。制御震源として、GI ガン2台を用いた。探査の諸元を表 1 に示す。また、測線の位置を表2と図1に示す。また、本調査で発震を行ったエアガンは、海底に設置されている海底地震計にも記録される。そのために、発震の位置と発震時の記録も行った。また、発震は、2006 年 6 月 22 日 18:59:31(JST)から、15 秒間隔で開始し、同日 20:11:40(JST)から探鉱機の位置モード、測線投影 100m 間隔の発震に切り替えた。翌 23 日 07:00:01(JST)に終了した。

表 1. 探査システム諸元

Streamer

Manufacturer	S.I.G
Active section length	47m
Hydrophone Interval	1m
Type of Hydrophone	S.I.G.16
Hydrophone output	-90 dB, re 1V/ μ bar, ± 1 dB
Frequency	Flat from 10Hz to 1000Hz
Depth sensor	Yes
Preamplifier	Gain 39
Lead in cable	135m
Receiver depth	10m

Source

Manufacturer	Sercel
Type of airgun	GI-GUN
Volume	355cu.in [250(G)cu.in+105(I)cu.in] x 2
Air pressure	2000 psi (140kg/cm ²)
Source depth	8m
Depth sensor	No
Gun Controller	GCS90

Air Compressor

Manufacturer	Leobersdorfer Maschinenfabrik AG Wien
Type of machine	LMF 24/150-E60(VC 2214 w15)
Air supply Capacity	24m ³ /min.

Recording System

Manufacturer	TRITON ELICS
Type of system	Delph Seismic +
Monitor	EPC The model GSP-1086 Printer
Recording format	SEG-Y float IEEE
Recording length	10.0sec

Water Delay	2.0sec (Area A)/ None (Area C)
Sample rate	1msec
High cut filter	None
Low cut filter	None
Recording media	HD

GPS System

Manufacturer	Fugro
Type of system	SkyFix
DGPS Reference Station	Naha

GPS System

Manufacturer	MARIMEX JAPAN
Type of system	NAVLOG

Shot Point Geometry

Time mode shooting	13sec interval (Area A)
Distance mode shooting	100m (Area C)

Geodetic Parameter

Spheroid	WGS84
Semi-major Axis	6,378,137m
Inverse Flattening	298.26
Projection	U.T.M Zone 53

表2. 測線位置

Line No.	Date (UTC)	Time (UTC)	Passing Point	Shot No.	Vessel Position			Length [m]	Direction [deg]
					Lat.		Lon.		
KR0606_C	2006/06/22	11:11:31	F.G.S.P	1	32-50.7671	N	135-28.4481	E	134959.7
	2006/06/22	22:20:00	L.G.S.P	1138	32-57.2307	N	136-40.9808	E	

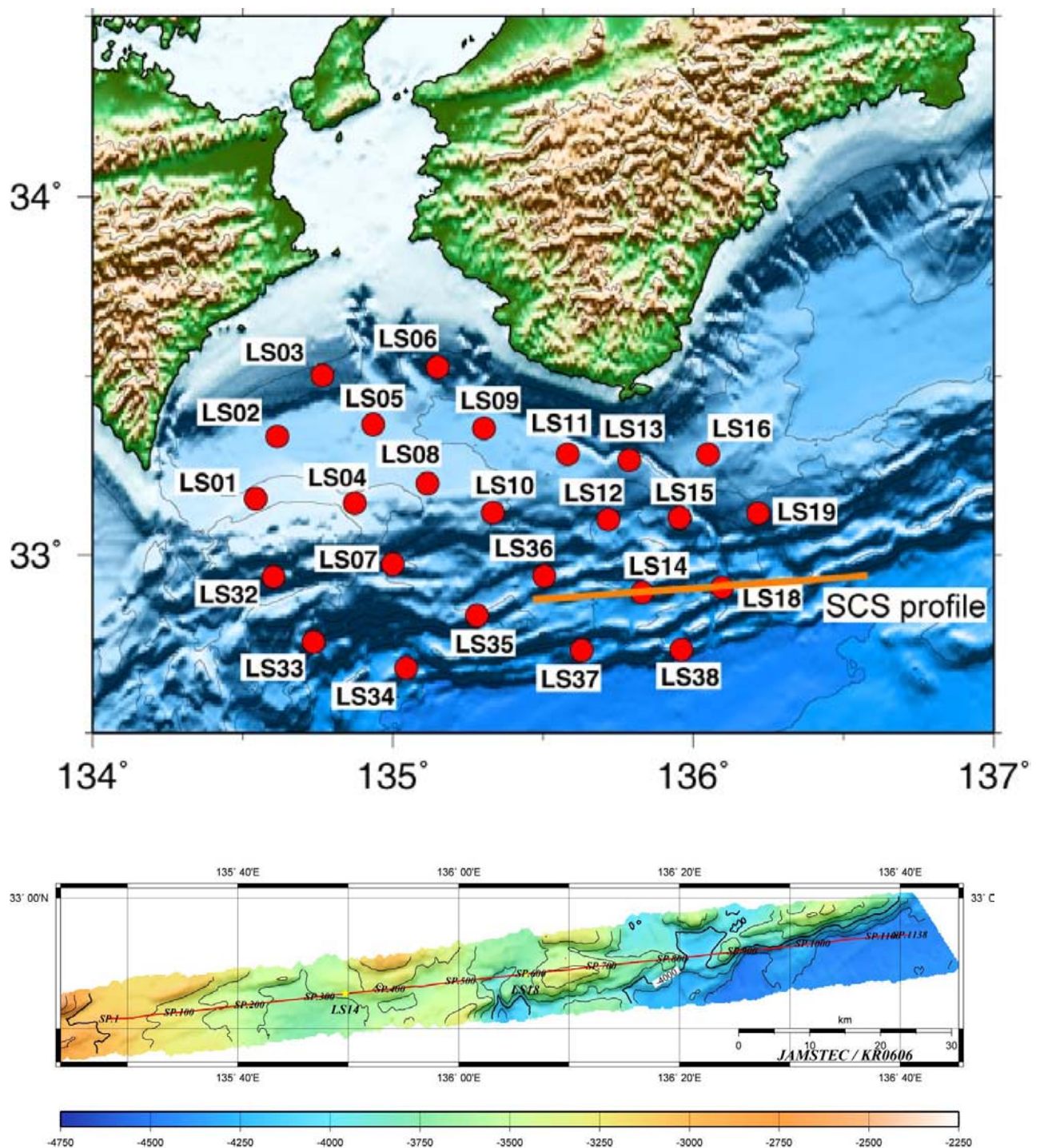


図1. 測線位置. 上図中のオレンジの線が調査測線. 下は GI ガン発震中に得られた海底地形記録に測線を重ねたもの.

GIガンは、フロートで吊り下げられており、深度調整索によって深度約 8m を保っている. また、シングルチャンネルストリーマは、船尾から約 160m 後方に位置し、深度は 10m になるように調整した(図2). GIガンの発震ディレイの値は 35ms である.

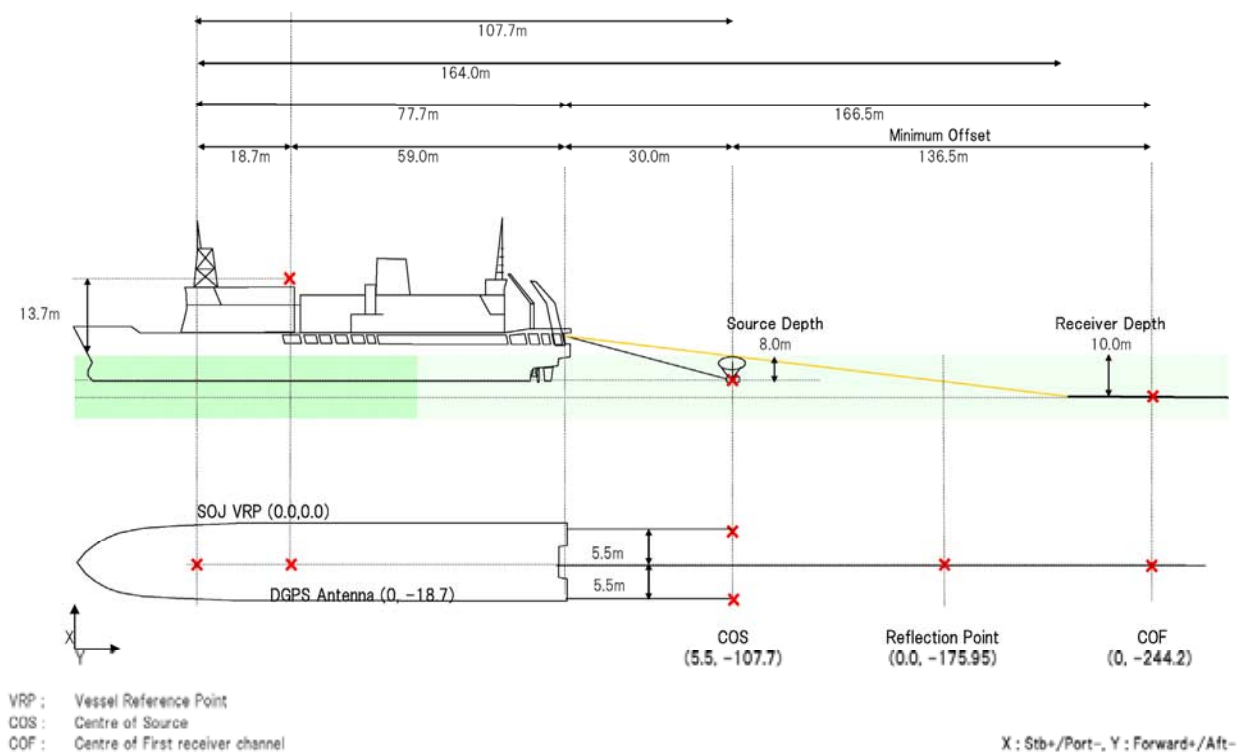


図2. 「かいれい」とGIガン及びシングルチャンネルストリーマの位置関係

得られた記録は船上で処理を行い、記録の確認を行った。船上で行った処理の流れを図3に示す。良好な反射記録を得ることができた(図4)。これらの記録から、観測点付近の浅部構造を知ることができ、地震記録の解析に有用であると考えられる。

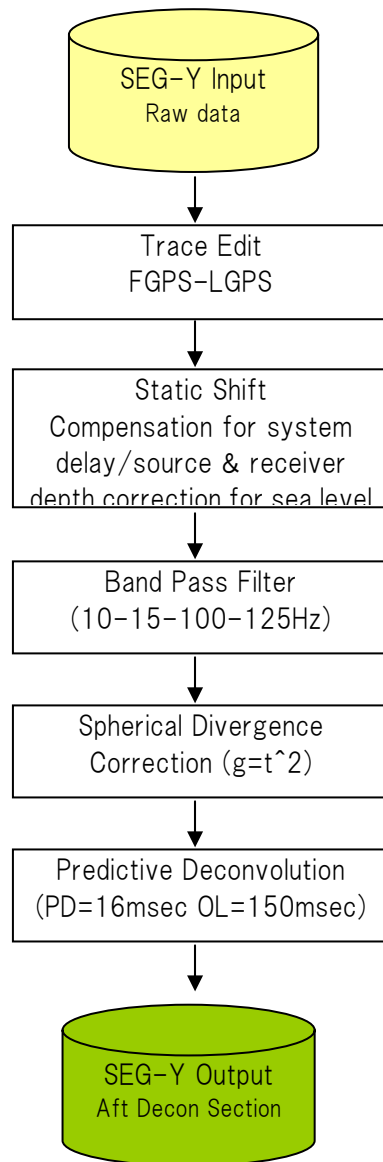


図3. 船上で行った反射記録処理の流れ.

マルチナロービーム測深器による四国海盆北部長期観測型海底地震計設置点付近の海底地形調査

四国海盆北部の長期観測型海底地震計設置点付近において、かいこう7000IIダイブ362に先立ち、マルチナロービーム測深器による詳細な海底調査を行った。また、6月22日に行われたシングルチャンネル反射法地震探査の際に、同時にマルチナロービーム測深器による測線下の海底地形調査を実施した。調査範囲を表1に、得られた海底地形図を図1に示す。

表1. マルチナロービーム地形調査

測線名	開始日	時刻(UTC)	緯 度	経 度	終了日	時刻(UTC)	緯 度	経 度
Dive362 測線	6/21	20:55	32-54.4362N	136-03.8366E	6/21	21:16	32-54.4588N	136-07.6366E
SCS 測線 2	6/22	11:11	32-50.7663N	135-28.4281E	6/22	22:10	3-56.7659	136-34.3130E

SCS

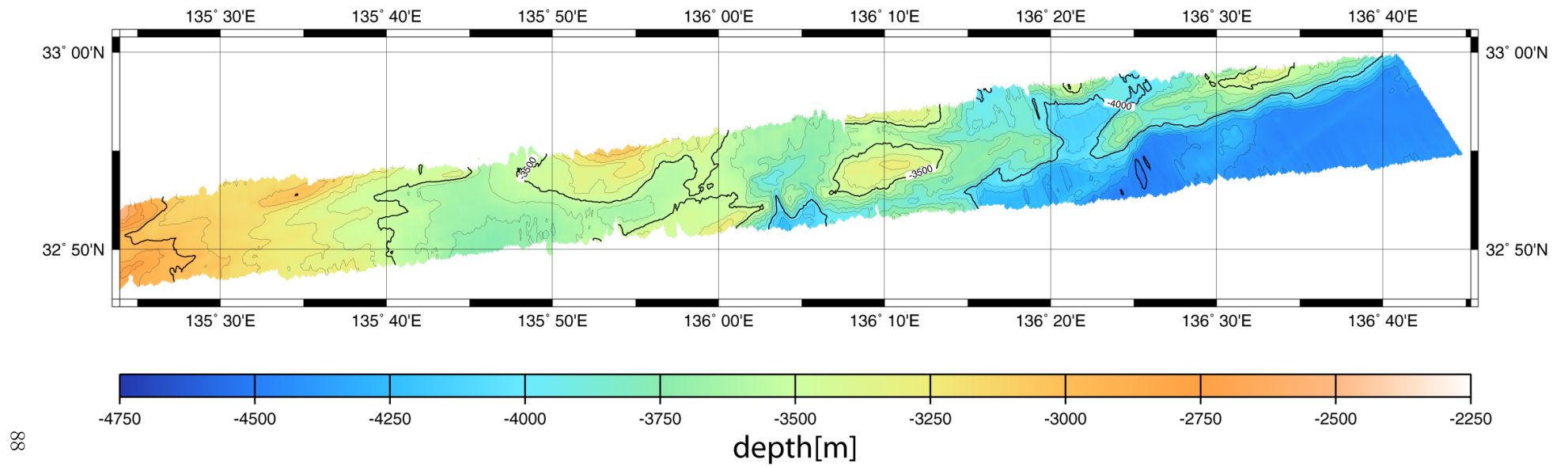


図1. 長期観測型海底地震計設置点付近において本航海で得られた海底地形

【実施要領概要】

題 目 (航海名、観測名)	平成18年度 深海調査研究 (KR06-06「かいこう7000Ⅱ」調査潜航)
目 的	平成18年度 深海調査研究 公募採択課題 「長期にわたる海底広帯域地震・電磁気観測による地球深部構造イメージング」にかかわる調査の実施
期 間	平成18年6月13日(火)～平成18年6月29日(木) (17日間) 寄港地 なし
使用船舶	「かきれい」
実施場所 (調査・観測海域)	西フィリピン海盆(WP-1)・四国海盆(SWSB2,LS-18)
チーム編成	総括責任者：研究船運航部長 中埜 岩男 首席研究者：金沢 敏彦(東京大学地震研究所 教授) 他 5名 船 長：漁野 伸哉 他 乗組員 28名 「かいこう7000Ⅱ」運航長：平田 和好 他 運航チーム 8名 主任観測技術員：清水 賢 (日海事) 他 2名 安全衛生担当者：清水 賢
実施内容	①「かいこう7000Ⅱ」を用いて、シリンダー型レコーダー(SAM)の1台回収、リチウム電池ユニットの2台回収、広帯域海底地震計の1台回収及び長期観測型海底地震計の1台回収を行う。 ② 海底長期電磁気観測装置の1台設置(自由落下方式)。 ③ シングルチャンネル反射法音波探査(SCS)。 ④ マルチビーム音響測深機による海底地形調査。 ⑤ プロトン磁力計、船上重力計、三成分磁力計による地球物理調査。
【特記事項】 安全対策 許可・届出等 その他	①平成18年度第4回海洋工学センター会議にて審議済み。 ②平成18年度第2回研究安全委員会にて報告済み。 ③平成18年度第4回部室長会議にて報告済み。
担当部署	海洋工学センター 研究船運航部

平成 18 年度 深海調査研究

「かいこう 7000Ⅱ」調査潜航

実施要領書

(西フィリピン海盆・四国海盆)

(KR06-06 「かいいい」)

平成 18 年 5 月

海洋工学センター
研究船運航部

1. 目 的

平成 18 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ついて、「かいいい」及び「かいこう 7000 II」による調査を実施する。

「長期にわたる海底広帯域地震・電磁気観測による地球深部構造イメージング」

首席研究者：金沢 敏彦（東京大学地震研究所）

2. 期 間（別表-1 調査日程表 参照）

平成 18 年 6 月 13 日（火）～平成 18 年 6 月 29 日（木）までの 17 日間

3. 使用船舶等

- (1) 名 称 「かいいい」 4,628 G/T
「かいこう 7000 II」 無人探査機

4. 調査海域（別図-1 参照）

(1) 西フィリピン海盆 WP-1 孔内観測点（水深 5710m）

①「かいこう」潜航調査海域

19° -17.85' N 135° -05.95' E を中心とする半径 2 マイルの円内

②マルチナロービーム地形調査海域および S C S 探査域

次の 4 点で囲まれる範囲.

20° 10.00' N 134° 10.00' E

20° 10.00' N 134° 10.00' E

18° 20.00' N 136° 00.00' E

18° 20.00' N 136° 00.00' E

(2) 四国海盆南部広帯域海底地震計設置点（SWSB2）付近（水深 4916m）（別図-2）

①「かいこう」潜航調査海域

25-45.94N, 137-0.77E を中心とする半径 10 マイルの円内

(3) 四国海盆北部広帯域海底地震計設置点 (LS18) 付近 (水深 3706m) (別図-3)

①「かいこう」潜航調査海域

32-54.48N, 136-13.12E を中心とする半径 10 マイルの円内

② S C S 探査測線

次の 4 点を結ぶ折れ線.

33° - 00.000' N 136° - 12.240' E

32° - 54.792' N 136° - 12.240' E

32° - 52.806' N 135° - 33.720' E

33° - 00.000' N 135° - 26.945' E

5. 寄港地

なし

6. チームの編成 (別表-2 組織図 参照)

(1) 総括責任者 : 調査研究全般に関すること。

(2) 首席研究者 : 調査の具体計画・調整・まとめ等に関すること。

(3) アドバイザー : 総括責任者への助言に関すること。

(4) 乗船研究者 : 調査によって得られたサンプル・データ等を用いた調査研究の実施に関すること。

(5) 観測技術員 : 首席研究者の指示に従い調査研究の支援に関すること。

(6) 「かいこう 7000 II」運航長および運航チーム

: 「かいこう 7000 II」システムの運航および調査作業に関すること

(6) 「かいいい」船長および乗組員

: 「かいいい」の運航及び調査作業に関すること。

7. 調査研究の概要

「長期にわたる海底広帯域地震・電磁気観測による地球深部構造イメージング」

東京大学地震研究所と海洋研究開発機構は、共同研究として北西太平洋の深海盆において、海底掘削孔を用いた地震計観測装置の整備や観測等を進めてきた。平成 13 年 4 月

には、国際深海掘削計画（ODP）第 195 次航海により、地球内部構造解明を目指して、西フィリピン海沖の鳥島近海に深海底掘削孔内地震観測装置を設置し、平成 14 年 3 月には、「かいいい」KR02-03 次航海において、10,000m 級無人探査機「かいこう」による深海底掘削孔観測装置の起動、データレコーダの設置、および観測装置の状況調査を行い、長期観測を開始した。さらに KR02-12 次航海では、「かいこう」による深海底掘削孔観測装置の整備、データレコーダの回収及び再設置、および観測装置の状況調査を行い、約 194 日間の連続地震データを掘削孔観測装置から回収した。また、深海底掘削孔観測装置の整備により、長期観測を継続した。2003 年の KR03-04 次航海では、同じく「かいこう」を用いて、212 日間の連続地震データを回収した。また、リチウム電池を 2 基目に切り替え、長期観測を継続した。本研究航海では、平成 14 年 7 月からの観測データを得るために、無人探査機「かいこう 7000 II」により、データレコーダーの回収及び深海底掘削孔観測装置の整備を行う。さらに、可能であれば、リチウム電池ユニットの回収を試みる。また、深海底掘削孔内地震観測装置周辺の環境を調査するために、マルチビーム測深機による観測点周辺の海底地形調査およびシングルチャンネル反射法による地殻構造探査を行う。

さらに、常設の観測網を補完し、より密度の高いネットワークを構築するために四国海盆南部に設置した長期観測型広帯域海底地震計（BB OBS）および四国海盆北部（紀伊半島沖）に設置されている長期観測型海底地震計（LOBS）について、海底での状況確認の後に回収する。

8. 実施内容

（1）西フィリピン海盆 WP-1 深海底掘削孔観測装置付近（「かいこう 7000 II」ダイブ）

- ① シリンダー型レコーダー（SAM）の回収
- ② リチウム電池ユニット#1 の回収
- ③ リチウム電池ユニット#2 の回収
- ④ 深海底掘削孔観測装置の状況調査
- ⑤ 海底長期電磁気観測装置の設置（自由落下方式）および設置後の状況調査
- ⑥ シングルチャンネル反射法地震探査

G I ガンとシングルチャンネルストリーマケーブルを用いて、深海底掘削孔観測装置周辺の反射記録を取得する。

- ⑦ マルチビーム測深機による海底地形調査
- ⑧ プロトン磁力計、船上重力計、三成分磁力計による地球物理調査

(2) 四国海盆南部広帯域海底地震計設置点付近

- ① 広帯域海底地震計（SWSB2）の設置点の確認
- ② 広帯域海底地震計の回収

「かいこう 7000 II」の潜航により、SWSB2 を検索、発見後、回収を試みる。

(3) 四国海盆北部長期観測型海底地震計設置点付近

- ① 長期観測型海底地震計（LS-18）の設置点の確認

OBS の音響トランスポンダーが応答可能であれば、音響測距により、海底での位置を測定する。

- ② 長期観測型海底地震計の回収

「かいこう 7000 II」の潜航により、LS-18 を検索、発見後、回収を試みる。

- ③ シングルチャンネル反射法地震探査

G I ガンとシングルチャンネルストリーマを用いて、紀伊半島沖の反射記録を、長期海底地震計記録の評価のために、取得する。

- ④ マルチビーム測深機による海底地形調査

9. その他

(1) 安全対策

- ① 海洋研究開発機構が定めた「安全衛生心得」および「かいこう 7000 II」オペレーションマニュアルに従って作業を実施する。
- ② 海洋研究開発機構が定めた「海底ケーブル近傍における調査・作業にかかわる安全基準」に従って作業を行う。
- ③ 海上衝突予防法を遵守し、水中作業中は第 27 条第 4 項に基づく灯火または形象物を掲げるとともに、海上の警戒を行う。
- ④ 荒天時には作業を中止する。また、海況・潮流などの状況により適宜、海域・作業内容を変更して実施する。
- ⑤ 事故・トラブル発生時には、海洋研究開発機構が定めた「事故・トラブル緊急対処要領」に従い対処する。（連絡体制は別表-3 参照）
- ⑥ 水路測量を実施する際は、水路業務法第 17 条に定める標識を掲げる。

(2) 許可・届け出等

- ① 海上交通安全法第 31 条の規定に準じて、作業届を各海域を管轄する管区海上保

安本部及び最寄りの各海上保安部に提出する。

- ② 質管法等その他の法令上の許可・届け出等の必要はない。
- ③ 関係各部署を通じて漁業組合並びに漁業関係者と漁業調整を行う。
- ④ 水路業務法第6条に基づき、水路測量許可申請書を海上保安庁海洋情報部に申請する。

10. 別添

別表-1 調査日程表

別図-1 調査海域図

別図-2 四国海盆南部 BBOBS 設置点付近

別図-3 四国海盆北部 BBOBS 設置点付近

別表-2 調査チーム組織図

別表-3 事故・トラブルに対する連絡体制及び役職員連絡先一覧表

別表-4 乗船者名簿及び連絡先一覧表

別図-4 シリンダー型 SAM 及びプラットホーム

別図-5 リチウム電池ユニット

別図-6 長期観測型海底地震計

別図-7 「かいこう 7000 II」

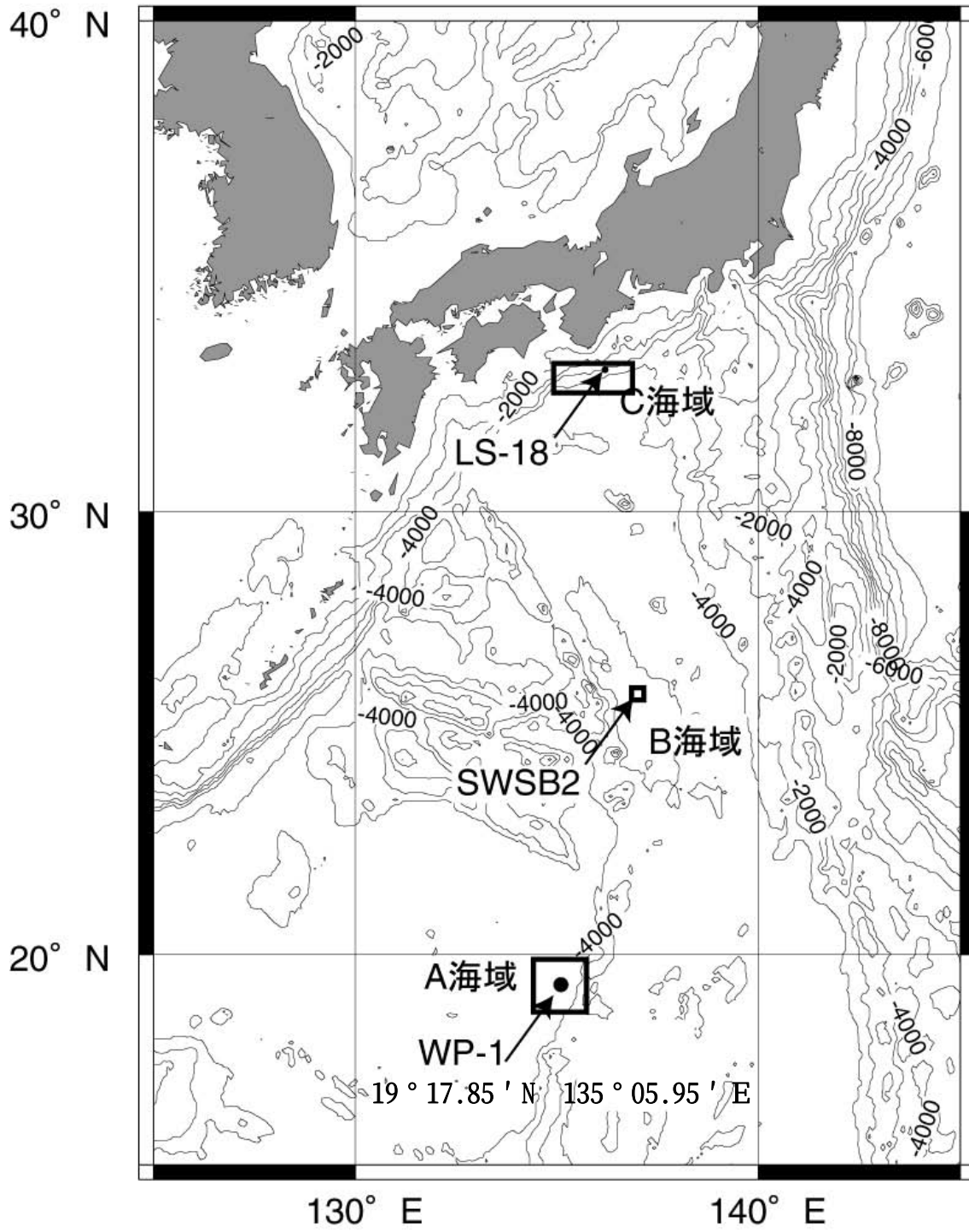
調 査 日 程 表

(KR06-06)

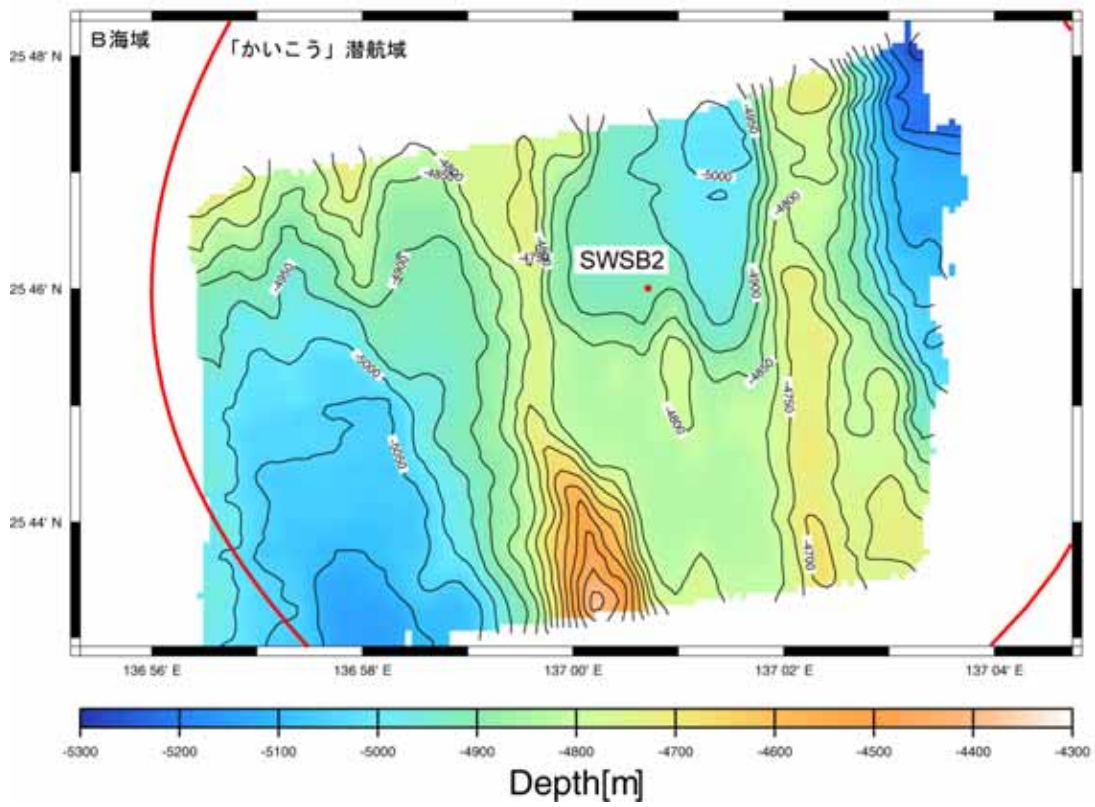
期日 平成18年	「かいれい」	海域 (水深)	実施内容
6月 13日 (火)	JAMSTEC出港		研究者乗船
14日 (水)	↑ 回航		
15日 (木)		↑	
16日 (金)		西フィリピン海盆WP-1付近 (5710m)	「かいこう7000Ⅱ」を用いて WP-1深海底掘削孔観測装置の整備
17日 (土)			データコーダーの回収
18日 (日)		四国海盆南部 (4916m)	広帯域海底地震計 1 台の回収
19日 (月)		四国海盆北部 (3706m)	長期観測型海底地震計1台の回収
20日 (火)			シングルチャンネル反射法地震探査
21日 (水)			海底地形調査
22日 (木)			
23日 (金)			
24日 (土)			
25日 (日)			
26日 (月)			
27日 (火)			
28日 (水)	↓	↓	
29日 (木)	JAMSTEC入港		研究者下船

※気象・海象等により日程変更がある。

KR06-06 調査海域図

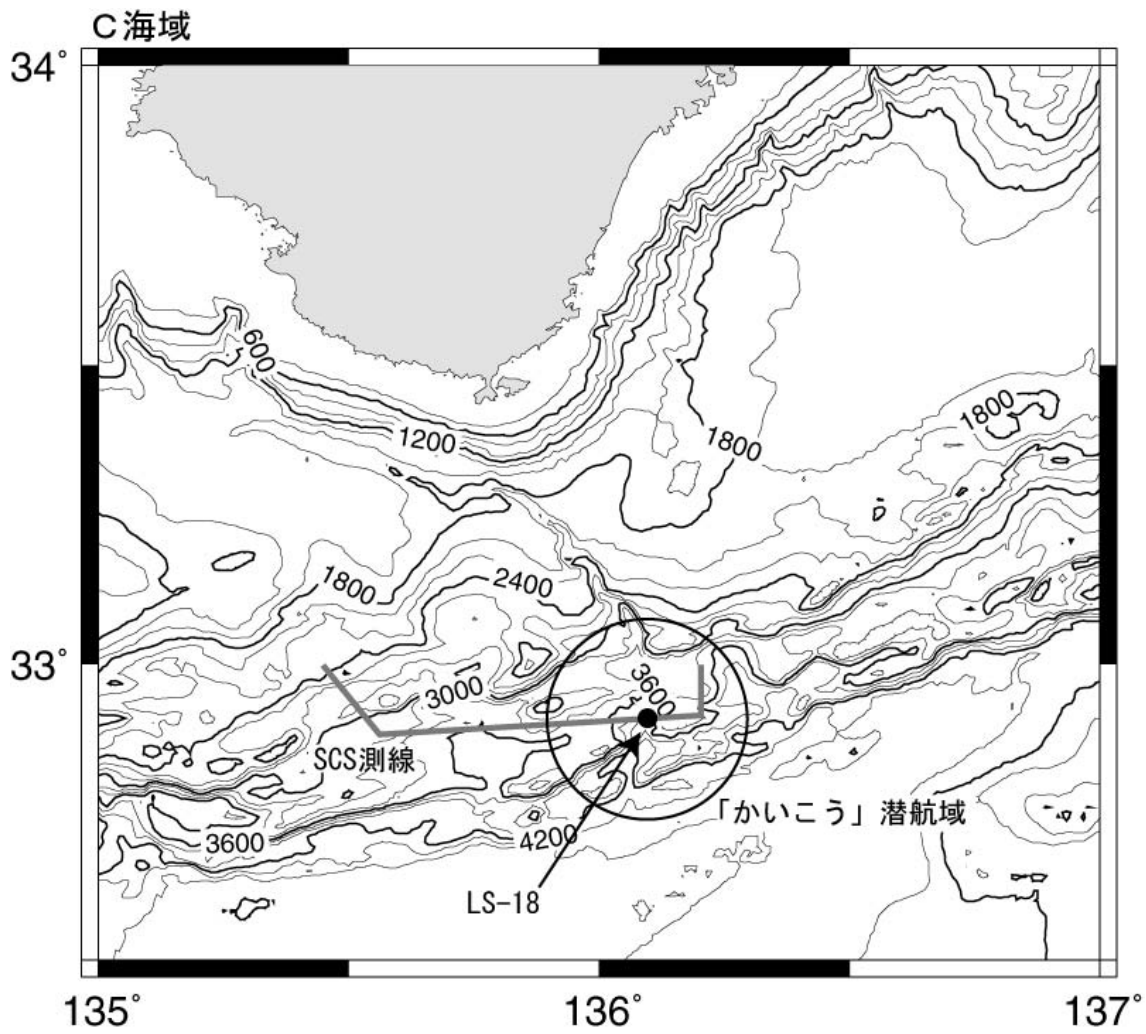


別図-2



四国海盆南部広帯域海底地震計設置点付近調査域

別図-3



四国海盆北部長期観測型海底地震計設置点付近調査域

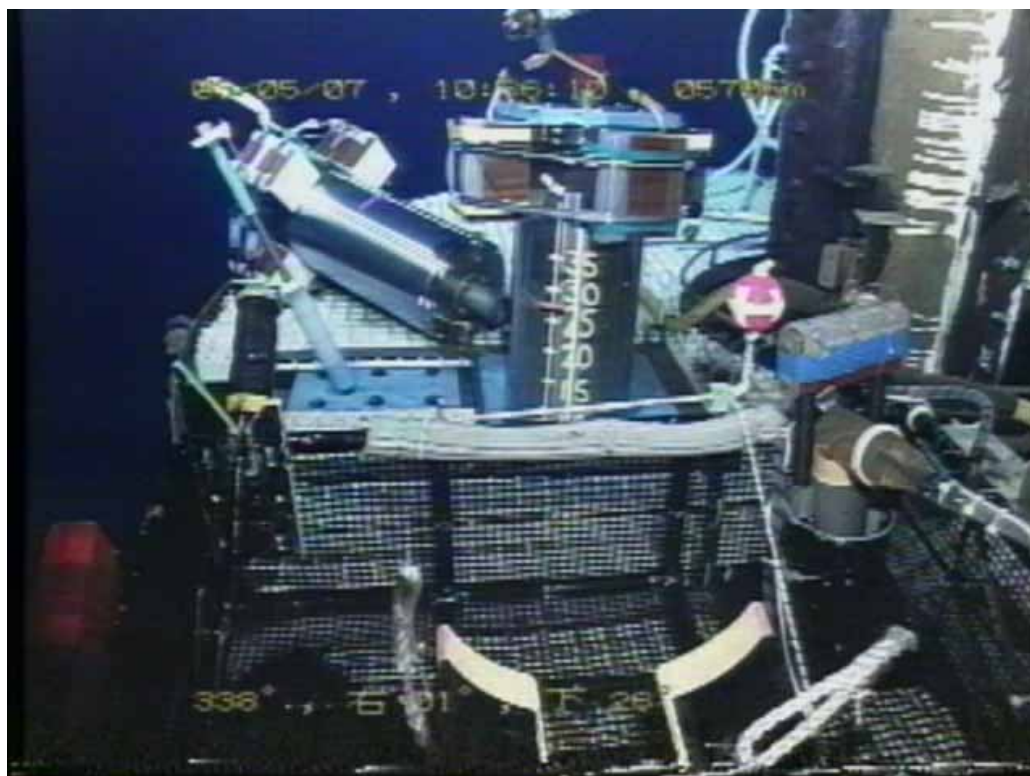


写真1 KR03-04 WP-1 深海底掘削孔観測装置で交換されるシリンダー型 SAM



写真2 KR03-04 で確認されたプラットフォームのリチウム電池ユニット



写真3 リチウム電池ユニット (設置前)

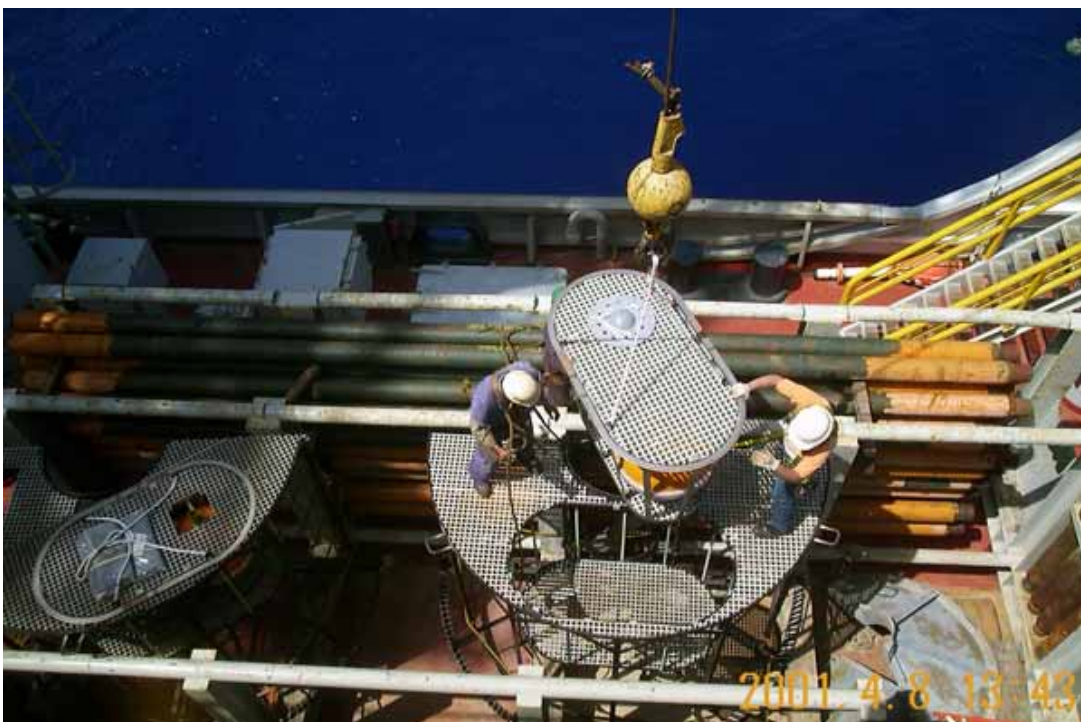


写真4 孔内観測点を設置した掘削船上で、プラットフォームに設置されるリチウム電池ユニット

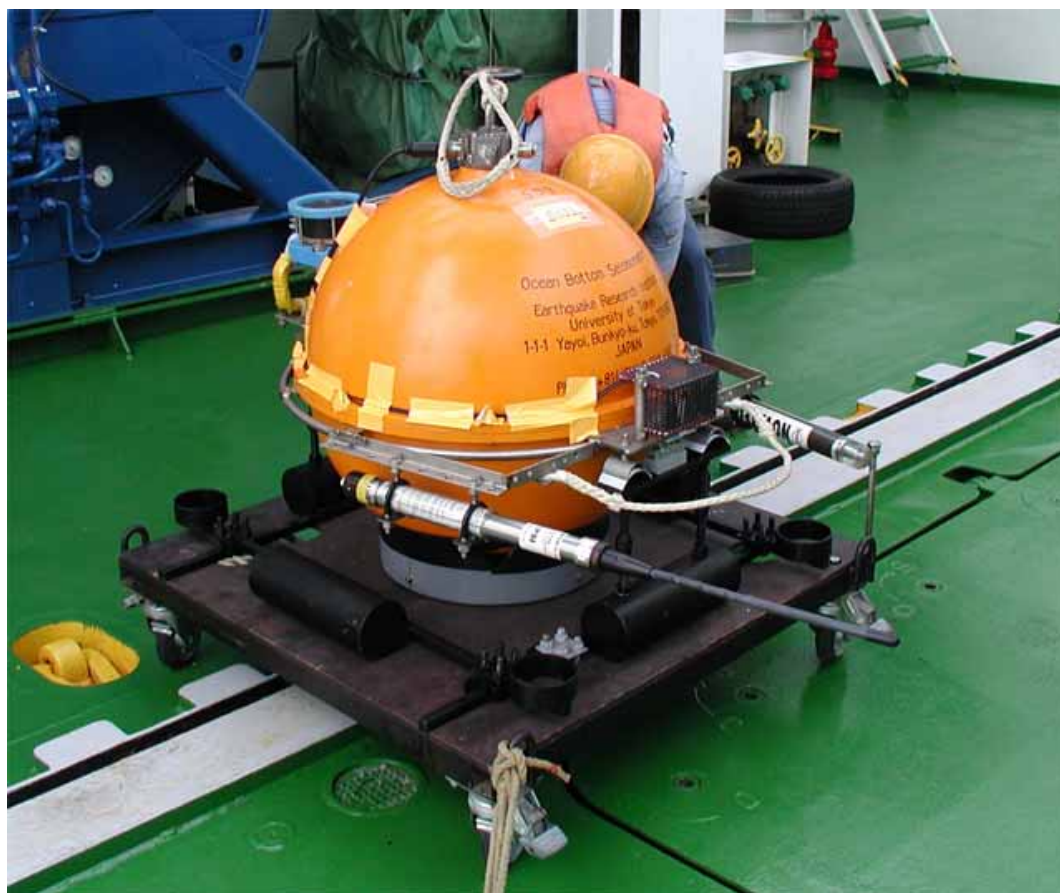


写真5 KR03-04 で設置された SWSB2 (投入前). 耐圧容器の直径は, 65cm.



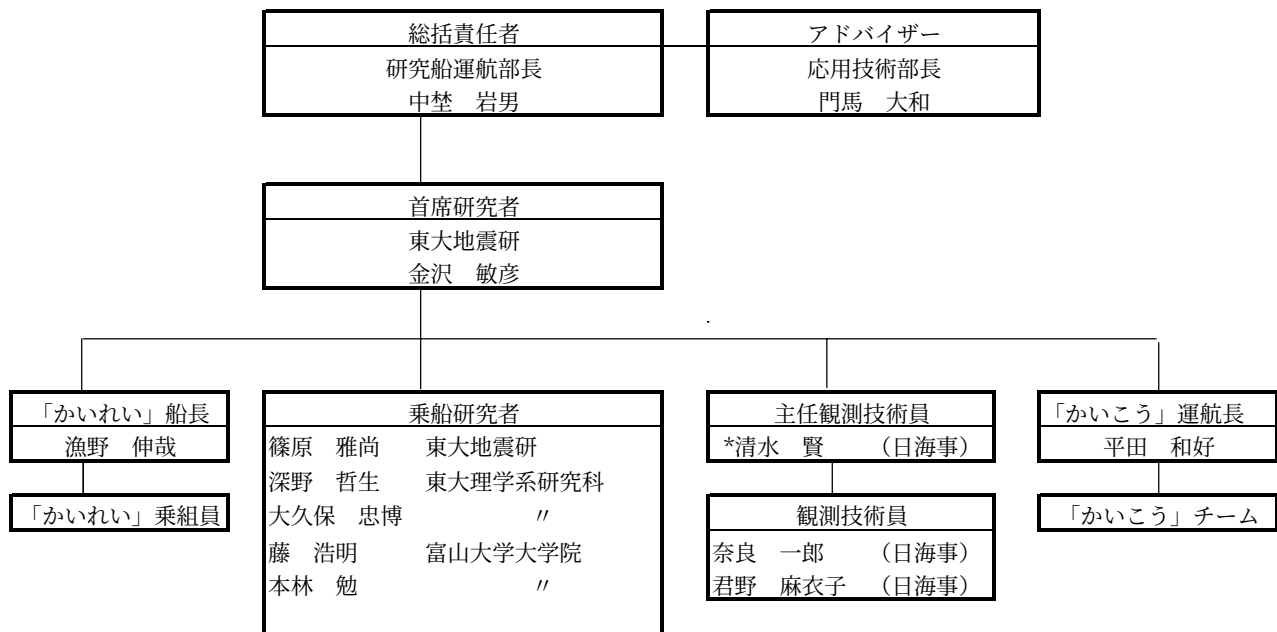
写真6 LS-18 に設置されている海底地震計と同型の長期観測型海底地震計. 耐圧容器の直径は, 50cm.



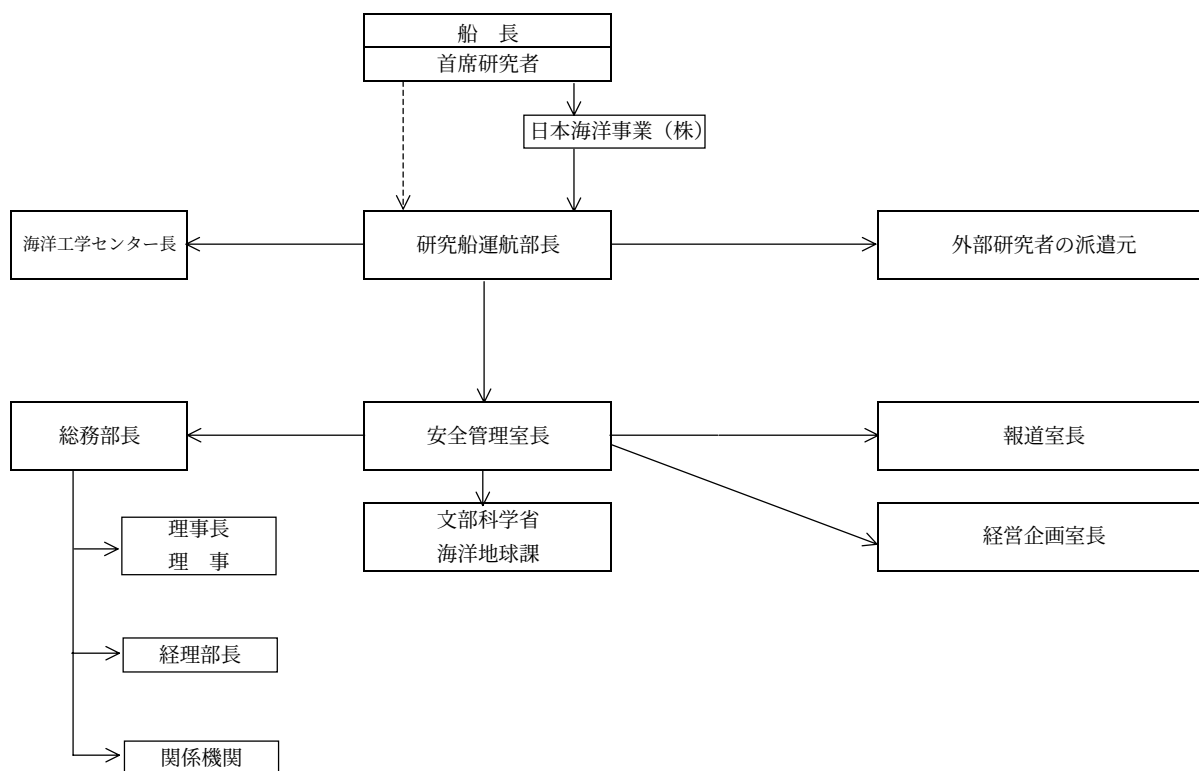
「かいこう 7000Ⅱ」

別表- 2

KR06-06組織図



* 安全衛生担当者



注) ・連絡先電話は、役職員緊急連絡先一覧表による。
 ・連絡先部署が不在の場合は、次の部署に連絡すること。
 また、後で必ず連絡部署に連絡しておくこと。
 ・休日、夜間などの連絡の場合は、自宅又は携帯にすること。

役職員緊急連絡先一覧表

役 職 名	名 前	緊急連絡先（勤務時間内）
理 事 長	加藤 康宏	
理 事	今村 努	
理 事	平 朝彦	
理 事	末廣 潔	
総 務 部 長	土屋 利雄	
経 理 部 長	須田 登	
経 営 企 画 室 長	田中 敏	
海洋工学センター長	宮崎 武晃	
研 究 船 運 航 部 長	中埜 岩男	
安 全 管 理 室 長	西村 一	
報 道 室 長	大嶋 真司	

乗船者名簿及び連絡先一覧

氏名	所属機関名	部署名	役職名	所属機関連絡先
金沢 敏彦	東京大学	地震研究所	教授	
篠原 雅尚	//	//	助教授	
深野 哲生	//	理学系研究科	学生	
太久保 忠博	//	//	//	
藤 浩明	富山大学大学院	理工学研究部	助教授	
本林 勉	//	理工学研究科	学生	
清水 賢	日本海洋事業	海洋科学部	主任	
奈良 一郎	//	//	部員	
君野 麻衣子	//	//	//	

かいこう 7000Ⅱ 潜航記録

平成 18 年

KR06-06 行動

記載者 若松 誉

潜航年月日 2006 年 06/16

着底予定位置

潜航回数 2 回

緯度 19°17.85' N

通算潜航回数 359 回

経度 135°05.95' E

測地系 WGS-84

潜航海域 西フィリピン海盆 WP-1孔内観測点

潜航目的 調査潜航 長期にわたる海底広帯域地震・電磁気観測による地球深部構造イメージング

調査主任 金沢 敏彦

ランチャー PILOT 若松 誉

所 属 東京大学地震研究所

PILOT 三浦 豊司

COPILLOT 瀬底 秀樹

作業経過時刻	
吊 揚	09:27
着 水	09:32
離 脱	12:07
着 底	12:34
離 底	14:09
結 合	14:22
水 切	16:03
揚 収 完了	16:12

累 計 時 間	
潜航時間	6:31
前回潜航	2186: 2
通算潜航	2192:33

ケーブル使用時間		ケーブル番号別使用時間	
1 次使用時間	6:45	1 次 番 号	2
1 次前回時間	2273:39	1 次番号別前回時間	1360:24
1 次通算時間	2280:24	1 次番号別通算時間	1367: 9
2 次使用時間	2:15	2 次 番 号	5
2 次前回時間	998:26	2 次番号別前回時間	35:52
2 次通算時間	1000:41	2 次番号別通算時間	38: 7

海 象 ・ 気 象

天候	風向	風力	波浪	うねり	視程
bc	ESE	4	3	1	10

最大潜航深度 5711 m

着底深度 5709 m

離底深度 5711 m

着底底質 WP-1プラットフォーム上

離底底質 砂泥

記事 WP-1プラットフォーム上に着底し、シリンダー型ローター (SAM) の回収を行った。

浦

かいこう 7000 II 潜航記録

平成 18 年

KR06-06 行動

記載者 三浦 豊司

潜航年月日 2006 年 06/17

着底予定位置

潜航回数 3 回

緯度 19° 17. 85' N

通算潜航回数 360 回

経度 135° 05. 95' E

測地系 WGS-84

潜航海域 西ノ礼ノ海盆 WP-1孔内観測点

潜航目的 調査潜航 長期にわたる海底広帯域地震・電磁気観測による地球深部構造イメージング

調査主任 金沢 敏彦

ランチャー PILOT 若松 誉

所属 東京大学地震研究所

PILOT 三浦 豊司

COPILLOT 瀬底 秀樹

作業経過時刻	
吊 揚	08:58
着 水	09:03
離 脱	11:10
着 底	11:36
離 底	14:36
結 合	14:56
水 切	16:33
揚 収 完了	16:56

累 計 時 間	
潜航時間	7:30
前回潜航	2192:33
通算潜航	2200: 3

ケーブル使用時間		ケーブル番号別使用時間	
1 次使用時間	7:58	1 次 番 号	2
1 次前回時間	2280:24	1 次番号別前回時間	1367: 9
1 次通算時間	2288:22	1 次番号別通算時間	1375: 7
2 次使用時間	3:46	2 次 番 号	5
2 次前回時間	1000:41	2 次番号別前回時間	38: 7
2 次通算時間	1004:27	2 次番号別通算時間	41:53

海 象 ・ 気 象

天候	風向	風力	波浪	うねり	視程
bc	E	5	4	1	10

最大潜航深度 5713 m

着底深度 5710 m

離底深度 5713 m

着底底質 WP-1プラットフォーム上

離底底質 泥

記事 プラットフォーム上の水中ケーブルの回収を行った。また、リチウム電池ユニットの固縛ロープ切断作業を行った。離底後ケーブル光伝送異常が発生、反転結合により揚収した。

WP1

Time(LCL) hh mm ss			Dep. (m)	Alt. (m)	Head (Deg)	Pos. Xm	Pos. Ym	Observation	Samp le	Remark
9	3	25			77.59			着水		
9	25	10						下降開始(水深5400mまで)		
11	6	4	5590	119	116.41			水深5400m停止		
11	9	32	5590	119	120.8			ビークル下降開始		
	17	2	5633	76	1.89			ビークル下降停止。周辺を音響ソーナー探査		
	22	16	5702	11	102.27			Head50方向、反応有り、移動開始		
	22	39	5706	7	95.52			海底視認		
	26	36	5709	7	50.34			WP1視認		
	37	3	5709	5	99.18			WP1のプラットフォーム上に着底		
	40	56			93.55			シリンダーに浮力材をとめていたバンドを取り除く		
	43	36			111.45			ビークル着座し直し		
	47	8			100.95			プラットフォーム穴のダミーキャップ拾う		
	52	22			108.73			シリンダー型レコーダーのあった穴をキャップする。		
	57							ケーブルを固定しているピン(トリガー)をサンプルボックスへ収納		
12	4				140			ビークル着座し直し		
	5							プラットフォームからケーブルコネクタ外す		
	18				140			Gボックスからコネクタを外そうとするが外れない		
	19				152.8			ビークル着座し直し		
	27							Gボックスからコネクタを外そうとするがマニピュレータ挙動に疑問、一度離れる。		
	40				157.67			ビークル着座し直し		
	55				158.07			Gボックスからコネクタ外す		
13	2	10			130.7			サンプルボックスからダミーキャップ取り出す		
								Gボックスのコネクタへダミーキャップ被せようとする		
								も合わず、数種のキャップを試す		
	17	19			159			Gボックスへダミーキャップを被せる		
	19	10			159			ケーブルを固定しているピン(トリガー)を外す		
	25	30			272			トリガーを外す		
	28	13			341			トリガーを外す		
	33	40			341			トリガーを外す		
	43	20			344			電池ユニットからケーブル抜く		
	44							ケーブルを掴んで少し浮上、ケーブルを展張		
	48				349			コーン上へ再び着座		
	49	15			349			プラットフォーム上のコネクタへダミーキャップを被せる		
	50	51						プラットフォーム上のコネクタへダミーキャップを被せる		
								ケーブルの絡みとり作業		
14	3							カッターをサンプルボックスから取り出す		
	9				253			電池ユニットをおさえるロープを切る		
	13							電池ユニットをおさえるロープを切る		
	16							電池ユニットをおさえるロープを切る		
	17	35						カッターをサンプルボックスに収納		
	21				251			着座しなおし、ケーブルを掴む		
								ケーブルを掴んだままプラットフォームから離れる		

Observer: 金沢敏彦 (東京大学地震研究所)
Chief-pilot: ランチャー: 若松、ピークル: 三浦

page: 2/2

浦

23

かいこう7000Ⅱ 潜航記録

平成 18 年

KR06-06 行動

記載者 三浦 豊司

潜航年月日 2006 年 06/20

着底予定位置

潜航回数 4 回

緯度 25°45.94'N

通算潜航回数 361 回

経度 137°00.77'E

測地系 WGS-84

潜航海域 四国海盆 南部

潜航目的 調査潜航 長期にわたる海底広帯域地震・電磁気観測による地球深部構造イメージング

調査主任 金沢 敏彦

ランチャー PILOT 若松 誉

所 属 東京大学地震研究所

PILOT 三浦 豊司

COPILOT 瀬底 秀樹

作業経過時刻	
吊 揚	09:29
着 水	09:47
離 脱	11:49
着 底	12:15
離 底	13:18
結 合	13:27
水 切	14:56
揚 収 完 了	15:12

累 計 時 間	
潜航時間	5: 9
前回潜航	2200: 3
通算潜航	2205:12

ケーブル使用時間		ケーブル番号別使用時間	
1 次使用時間	5:43	1 次 番 号	2
1 次前回時間	2288:22	1 次番号別前回時間	1375: 7
1 次通算時間	2294: 5	1 次番号別通算時間	1380:50
2 次使用時間	1:38	2 次 番 号	5
2 次前回時間	1004:27	2 次番号別前回時間	41:53
2 次通算時間	1006: 5	2 次番号別通算時間	43:31

海 象 ・ 気 象

天候	風向	風力	波浪	うねり	視程
bc	E	2	2	1	10

最大潜航深度 4899 m

着底深度 4899 m

離底深度 4899 m

着底底質 泥

離底底質 泥

記事 海底において広帯域地震計(SWSB2)の搜索を実施。地震計を確認後、状況観察実施のうえ回収を行った。

かいこう 7000Ⅱ 潜航記録

平成 18 年

KR06-06 行動

記載者 三浦 豊司

潜航年月日 2006 年 06/22

着底予定位置

潜航回数 5 回

緯度 32°54.45'N

通算潜航回数 362 回

経度 136°05.96'E

測地系 WGS-84

潜航海域 四国海盆 北部

潜航目的 調査潜航 長期にわたる海底広帯域地震・電磁気観測による地球深部構造イメージング

調査主任 金沢 敏彦

ランチャー PILOT 若松 誉

所 属 東京大学地震研究所

PILOT 三浦 豊司

COPILLOT 瀬底 秀樹

作業経過時刻	
吊 揚	09:29
着 水	09:35
離 脱	12:45
着 底	13:14
離 底	13:23
結 合	13:30
水 切	14:45
揚 収 完 了	14:55

累 計 時 間	
潜航時間	5:10
前回潜航	2205:12
通算潜航	2210:22

ケーブル使用時間		ケーブル番号別使用時間	
1 次使用時間	5:26	1 次 番 号	2
1 次前回時間	2294: 5	1 次番号別前回時間	1380:50
1 次通算時間	2299:31	1 次番号別通算時間	1386:16
2 次使用時間	0:45	2 次 番 号	5
2 次前回時間	1006: 5	2 次番号別前回時間	43:31
2 次通算時間	1006:50	2 次番号別通算時間	44:16

海 象 ・ 気 象

天候	風向	風力	波浪	うねり	視程
c	SW	5	3	1	7

最大潜航深度 3696 m

着底深度 3696 m

離底深度 3696 m

着底底質 泥

離底底質 泥

記事 海底において広帯域地震計 (LS18) の搜索を実施。地震計確認後、回収を行った。

四国海盆北部(OBS:LS18)

Chief-pilot: ランチャー: 若松、ビークル: 三浦

page: 1/1

[illegible]

List of Dive Video 「かいこう7000Ⅱ」

rev.KR0606

VideoList		Master					Copy	NME使用欄		
Date	Dive #	Cam.		Str.	Ed.	Volume	東京大学地震研	iMovie	Tera	備考
06/06/16	#359	No.1	1/2	12:07	14:07	2:00	S-VHS			
			2/2	14:08	14:22	0:14	S-VHS			
		No.2	1/2	12:07	14:07	2:00	S-VHS			
			2/2	14:08	14:22	0:14	S-VHS			
		No.3	1/2	12:07	14:07	2:00	S-VHS			
			2/2	14:08	14:22	0:14	S-VHS			
		デジカメ	1/2	12:07	14:07	2:00	S-VHS			
			2/2	14:08	14:22	0:14	S-VHS			
06/06/17	#360	No.1	1/2	11:09	13:07	1:58	S-VHS			
			2/2	13:08	14:45	1:37	S-VHS			
		No.2	1/2	11:09	13:07	1:58	S-VHS			
			2/2	13:08	14:45	1:37	S-VHS			
		No.3	1/2	11:09	13:07	1:58	S-VHS			
			2/2	13:08	14:45	1:37	S-VHS			
		デジカメ	1/2	11:09	13:07	1:58	S-VHS			
			2/2	13:08	14:45	1:37	S-VHS			
06/06/20	#361	No.1	1/1	11:45	13:27	1:42	S-VHS			
		No.2	1/1	11:45	13:27	1:42	S-VHS			
		No.3	1/1	11:45	13:27	1:42	S-VHS			
		デジカメ	1/1	11:45	13:27	1:42	S-VHS			
06/06/22	#362	No.1	1/1	12:43	13:31	0:48	S-VHS			
		No.2	1/1	12:43	13:31	0:48	S-VHS			
		No.3	1/1	12:43	13:31	0:48	S-VHS			
		デジカメ	1/1	12:43	13:31	0:48	S-VHS			

補足

DVCAM: Masterと同等品質

mini DV: LP mode

HDR (Hard Disk Recorder): LP mode (sony PSX)

mp4: 320 x 240 pixel、47.0kbyte/sec

Shipboard Log & Ship		Track (KR06-06 06/06/13 - 06/06/24)	Rodriguez Triple Junction	Position/Weather/Wind/ Sea condition (Noon)
Date	Time	Description	Remark	
13, Jun, 06	9:00	乗船	横須賀新港 出港	34-54N, 139-39E 曇り/North/SeaSmooth
14, Jun, 06		SFEMS3組み立て	回航	28-50N, 137-42E 晴れ/ENE/SeaSlight
15, Jun, 06		SFEMS3組み立て	回航	23-11N, 136-08E 曇り/SSE/SeaSlight
16, Jun, 06	6:30	XBT	A海域	19-18N, 135-06E
	7:45	SFEMS3投入		晴れ/ESE/SeaSlight
	12:34	7K II #359DIVE着底	7K II #359	
	14:09	7K II #360DIVE離底	SAM回収	
	17:11-19:28	SFEMS3位置決め (4点)		
	21:26	MBES開始		
17, Jun, 06	5:54	MBES終了		19-18N, 135-06E
	11:36	7K II #360DIVE着底	7K II #360	晴れ/E/SeaSmooth
	14:36	7K II #360DIVE離底		
	17:39	プロトン磁力計投入		
	19:44	MBES開始		
18, Jun, 06	8:37	プロトン磁力計揚収		19-19N, 135-11E
	10:58	SCS開始		晴れ/E/SeaSlight
19, Jun, 06	6:00	SCS終了	回航	20-42N, 135-29E
20, Jun, 06	8:10	四国海盆南部海域着	B海域	晴れ/E/SeaSlight
	8:25	SWSB2応答確認		晴れ/E/seaSmooth
	8:26	XBT		
	12:15	7K II #361DIVE着底	7K II #361	
	13:18	7K II #361DIVE離底	SWSB2回収	
21, Jun, 06		回航中	回航	30-11N, 136-06E
				晴れ/WSW/seaSmooth
22, Jun, 06	4:00	四国海盆北部海域着	C海域	32-54N, 136-06E
	5:30	XBT		晴れ/SW/SeaSlight
	6:40-8:09	LS18応答確認		
	13:14	7K II #362DIVE着底	7K II #362	
	13:23	7K II #362DIVE離底		
	20:11	SCS開始		
23, Jun, 06	7:10	SCS終了	回航	32-15N, 137-04E
				雨/SW/SeaModerate
24, Jun, 06	13:00	下船	JAMSTEC 帰港	

名前	Name	役職	連絡先(e-mail)	乗船期間
	所属	部署	住所	
	電話番号 Fax番号			
金沢 敏彦	Toshihiko KANAZAWA	教授		6/13～
	東京大学	地震研究所		～6/24
篠原 雅尚	Masanao SHINOHARA	助教授		6/13～
	東京大学	地震研究所		～6/24
深野 哲生	Tetsuo FUKANO	修士課程大学院生		6/13～
	東京大学	理学系研究科地球惑星科学専攻		～6/24
大久保 忠博	Tadahiro OKUBO	修士課程大学院生		6/13～
	東京大学	理学系研究科地球惑星科学専攻		～6/24
藤 浩明	Hiroaki Toh	助教授		6/13～
	富山大学	理学部地球科学		～6/24
本林 勉	Tutomu MOTOBAYASHI	修士課程大学院生		6/13～
	富山大学	理工学教育部理学領域		～6/24
清水 賢	Satoshi SHIMIZU	観測技術員		6/13～
	日本海洋事業(株)	海洋科学部		～6/24
君野 麻衣子	Maiko KIMINO	観測技術員		6/13～
	日本海洋事業(株)	海洋科学部		～6/24
細谷 慎一	Shinichi HOSOYA	観測技術員		6/13～
	日本海洋事業(株)	海洋科学部		～6/24

船長	漁野伸哉	機関長	坂口 栄次
一等航海士	鯨島 耕児	一等機関士	阿部 正
二等航海士	辻 昌久	二等機関士	平塚 義信
三等航海士	千葉 匡人	三等機関士	黒瀬 航
操機長	益永 政幸	甲板長	安部 正一
機関部員	阿部 一夫	甲板部員	佐々木 栄
機関部員	宮崎 勝行	甲板部員	徳永 蔵
機関部員	千葉 竜臣	甲板部員	佐藤 勝彦
機関部員	達木 翔太	甲板部員	小田 初男
電子長	須田 福男	甲板部員	小田 康夫
二等電子士	山本 洋平	甲板部員	今野 仁智
三等電子士	石渡 広樹		
研修員	小牧 洋介	司厨長	田宮 嘉太郎
	山崎 未侑太	司厨部員	中塚 治平
	三砂 聡太	司厨部員	桐田 浩二
	平塚 義朋	司厨部員	福村 秀夫
	富字加 誠之	司厨部員	八百板 宏明
	下大迫 裕紀		
KAIKO Operation Team			
運航長	平田 和好		
操縦員	光藤 数也		
操縦員	三浦 豊司		
操縦員	滝下 清		
操縦員	若松 誉		
操縦員	瀬底 秀樹		
操縦員	竹重 誠二		
操縦員	三宅 賢介		
操縦員	田山 雄太		