

### 3. 2. 2 海域構造調査

#### 3. 2. 2. 1 沖合構造調査

## 目 次

### (1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 8か年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）
  - 1) 平成25年度
  - 2) 平成26年度
  - 3) 平成27年度
  - 4) 平成28年度
  - 5) 平成29年度
  - 6) 平成30年度
  - 7) 平成31年度
  - 8) 平成32年度
- (e) 平成26年度業務目的

### (2) 平成26年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
- (c) 業務の成果
  - 1) マルチチャンネル反射法地震探査
  - 2) 海底地震計を用いた地震探査
- (d) 結論ならびに今後の課題
- (e) 引用文献
- (f) 成果の論文発表・口頭発表等
- (g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

### (3) 平成27年度業務計画案

## (1) 業務の内容

### (a) 業務題目

#### 2.2.1 沖合構造調査

### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名
独立行政法人海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター	研究開発センター長	小平 秀一
同 プレート構造研究グループ	グループリーダー 特任技術研究員	三浦 誠一 佐藤 壮
同 企画調整グループ	技術研究員 グループリーダー代理	野 徹雄 大関久美子

### (c) 業務の目的

北海道北西沖～鳥取沖にかけての日本海の沿岸部から大和海盆・日本海盆に至る海域において、ストリーマーカーケーブルを用いたマルチチャンネル反射法地震(MCS)探査と海底地震計(OBS)を用いた地震探査を実施し、日本海の地殻構造・断層の位置と形状を明らかにする。

### (d) 8か年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

#### 1) 平成25年度：

北海道西方沖や北陸～山陰沖における既存地震探査データを収集し、必要に応じて再処理を実施する。その結果を用いて、地殻変形構造の特徴の概略を把握した。

#### 2) 平成26年度：

石川沖から福井沖にかけての海域において、マルチチャンネル反射法地震(MCS)探査及び海底地震計(OBS)による地震探査を実施し、地殻構造を明らかにする。特に、断層に関連した変形構造、及びそれらと地殻構造の関係を明らかにし、日本海の地殻形成過程も考慮した震源断層モデルを構築し、津波波源モデル作成のための基礎資料とする。

#### 3) 平成27年度：

福井沖から京都沖にかけての沿岸部から大和海盆・大和堆に至る海域において、MCS探査とOBSを用いた地震探査を実施する。調査から得られたデータから詳細な地殻構造イメージングを行い、断層・褶曲等の地殻変形構造を抽出する。なお、一部の測線は海陸統合探査を予定しており、陸域部から沖合の海域部にかけての地殻全体の構造を構築する。

4) 平成28年度：

京都沖から鳥取沖にかけての沿岸部から隠岐堆・大和海盆に至る海域において、MCS探査とOBSを用いた地震探査を実施する。調査から得られたデータから詳細な地殻構造イメージングを行い、断層・褶曲等の地殻変形構造を抽出する。なお、一部の測線は海陸統合探査を予定しており、陸域部から沖合の海域部にかけての地殻全体の構造を構築する。

5) 平成29年度：

1940年積丹半島地震(M7.5)震源域を含む北海道北西沖の沿岸部から武蔵堆・石狩海盆・武蔵海盆・日本海盆に至る海域において、MCS探査とOBSを用いた地震探査を実施する。調査から得られたデータから詳細な地殻構造イメージングを行い、断層・褶曲等の地殻変形構造を抽出する。なお、一部の測線は海陸統合探査を予定しており、陸域部から沖合の海域部にかけての地殻全体の構造を構築する。

6) 平成30年度：

1993年北海道南西沖地震(M7.8)震源域を含む北海道南西沖の沿岸部から日本海盆にかけての海域において、MCS探査とOBSを用いた地震探査を実施する。調査から得られたデータから詳細な地殻構造イメージングを行い、断層・褶曲等の地殻変形構造を抽出する。なお、一部の測線は海陸統合探査を予定しており、陸域部から沖合の海域部にかけての地殻全体の構造を構築する。

7) 平成31年度：

西津軽沖から新潟沖にかけて「ひずみ集中帯重点的調査観測・研究」で調査未完了となった海域及び平成26年度～30年度の調査において調査未完了となって海域について、MCS探査とOBSを用いた地震探査を実施する。調査から得られたデータから詳細な地殻構造イメージングを行い、断層・褶曲等の地殻変形構造を抽出する。なお、一部の測線は海陸統合探査を予定しており、陸域部から沖合の海域部にかけての地殻全体の構造を構築する。

8) 平成32年度：

北海道北西沖から鳥取沖にかけての日本海の地殻構造、断層・褶曲等の地殻変形構造の形態、及びその分布をまとめ、その結果を津波波源モデル、震源断層モデル構築のための基礎資料の一部として提供する。

(e) 平成26年度業務目的

石川沖から福井沖にかけての海域において、マルチチャンネル反射法地震(MCS)探査及び海底地震計(OBS)による地震探査を実施し、地殻構造を明らかにする。特に、断層に関連した変形構造、及びそれらと地殻構造の関係を明らかにし、日本海の地殻形成過程も考慮した震源断層モデルを構築し、津波波源モデル作成のための基礎資料とする。

## (2) 平成 26 年度の成果

### (a) 業務の要約

平成 26 年度は、能登半島西方沖～大和海盆・大和堆の海域で、独立行政法人海洋研究開発機構の深海調査研究船「かいれい」を用いて、マルチチャンネル反射法地震 (MCS) 探査と海底地震計 (OBS) を用いた地震探査を実施した。調査海域では、2007 年能登半島地震の震源域に隣接した部分をはじめ、能登半島北方沖から西方沖に分布している活構造<sup>1)2)3)4)</sup>が含まれており、これらの活構造と地殻構造の関係を探る上で重要なデータとなる。また、調査海域の南延長上には、東京大学地震研究所が実施した地震探査測線 (かほく-砺波測線)<sup>5)</sup>とつながり、さらに 2001 年に実施された銭州海嶺～能登半島にかけての海陸統合地震探査測線へと接続され<sup>6)7)8)</sup>、南海トラフから中部日本を縦断し、日本海に至る地殻構造イメージが得られ、南海トラフで生じることが予想される巨大地震と背弧側で生じる地震活動との関係を研究する上での基礎データとして用いることができる。

### (b) 業務の実施方法

調査は、2014 年 7 月 22 日～8 月 30 日までの期間、11 測線 (SJ1404、SJ1405、SJ1406、SJ1407、SJ1408、SJ1409、SJ1410、SJ14A、SJ14B、SJ14C、SJ14D) で MCS 探査を実施し、その内の 1 測線 (SJ1405) で OBS60 台を用いた地震探査を行った (図 1)。

データ取得において、震源は Bolt Annular Port Airgun 32 基から構成された tuned airgun array (総容量 7800 cu.in.) を用いた (図 2)。震源に関する主な仕様は、Gun controller に ION DigiSHOT Ver.3.1 を用い、エアガンアレイの曳航深度が 10 m、エアガン動作圧力が 2000 psi (約 13.8 MPa) である。発震間隔は MCS 探査では 50 m、OBS を用いた地震探査では 200 m であるが、この探査の測線の一部では、往復発震を行っており、実質 100 m の発震間隔となっている (図 1[左])。MCS 探査用の受振ケーブルは、Sentinel Digital Streamer System (Sercel Inc.) を用いた (図 2)。ストリーマーカーケーブルに関する主な仕様は、チャンネル間隔が 12.5 m、チャンネル数が 444 である。本調査におけるストリーマーカーケーブルの曳航深度は、深度調整装置 (ION DigiCOURSE streamer depth controllers) を用いて海面下 12 m で制御した。探鉱機は Sercel Seal System Ver.5.2 (Sercel Inc.) を用い、本調査のデータはサンプリング間隔 2 ms、記録長 16 秒で収録した。測位制御システムは Concept 社の SEPECTRA を用いて、探査時の位置情報は UKOOA P1/90・UKOOA P2/91 フォーマットでアスキーデータとして出力し、探査終了後 FGPS 社の SeisPos を用いてデータ処理を実施した。

一方、OBS による地震探査は、固有周波数 4.5 Hz、鉛直動 1 成分、水平動 2 成分、ハイドロフォン 1 成分を装備したジンバル機構付き速度型のタイプの OBS<sup>9)</sup>を用いた。OBS は測線上に約 5.5 km 間隔で設置し、エアガン発震後全台回収した。回収した OBS データは、SEG-Y フォーマットに変換し、測位データの追加等の編集を行った。

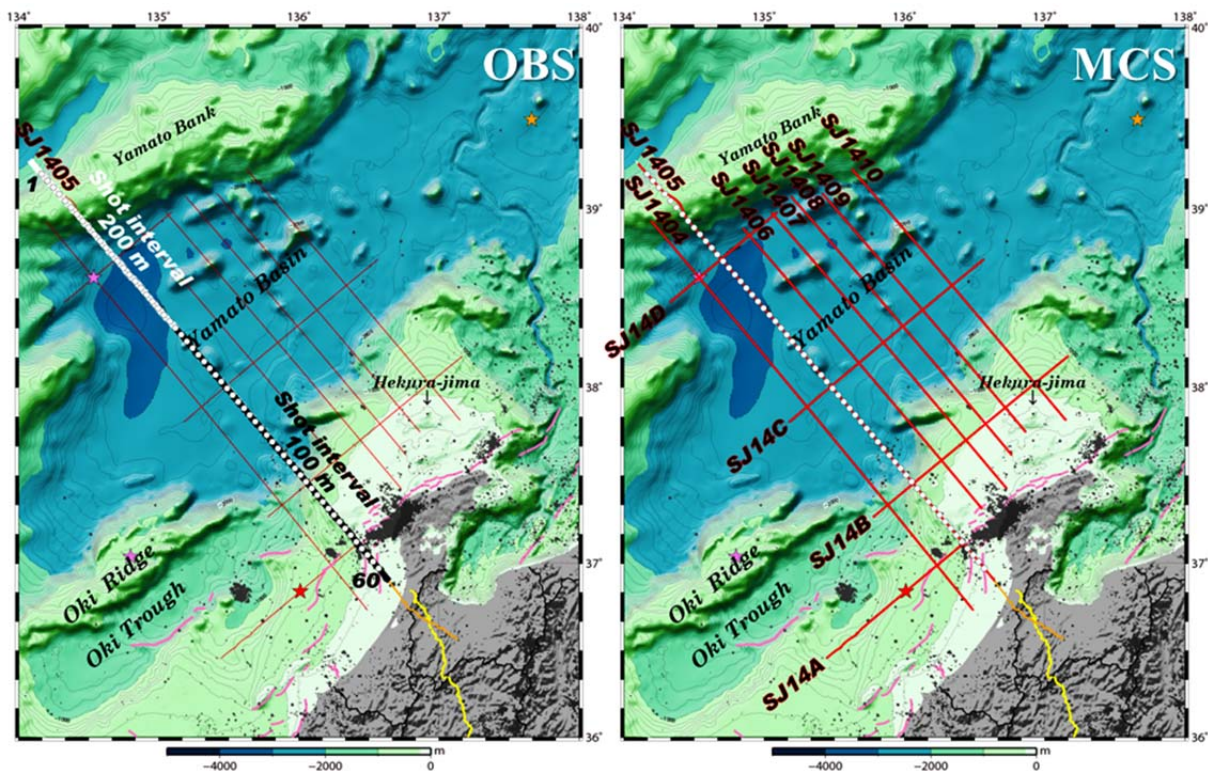


図1 [左] OBSを用いた地震探査測線図。[右] MCS探査測線図。赤線がMCS測線、○がOBS設置点。橙線がかほく一砺波測線<sup>5)</sup>、黄線が2001年に実施された銭州海嶺～能登半島の海陸統合地震探査測線である<sup>6)7)8)</sup>。●が2000～2012年の震源分布(M ≥ 2.0, 深さ ≤ 50 km)<sup>10)</sup>。桃色線が活断層<sup>2)</sup>。★がDSDP(Deep Sea Drilling Project)<sup>11)</sup>・ODP(Ocean Drilling Program)<sup>12)13)</sup>・基礎試錐<sup>14)</sup>による掘削点。



図2 本報告における深海調査研究船「かいいい」の地震探査システムと主なデータ

取得仕様。

(c) 業務の成果

1) マルチチャンネル反射法地震探査

本探査では、堆積層や基盤形状だけではなく、モホ面までの地殻構造全体を可能な限りイメージングできるデータ取得仕様とするために、例えば「かいいい」で行われる統合国際深海掘削計画 (IODP) の事前調査に関わる MCS 探査<sup>15)</sup>の時よりも、震源やストリーマーケーブルの曳航深度を深めに設定した。曳航深度を深めに設定することにより、低周波数帯域に対しては優位なデータが得られることが期待される<sup>16)17)</sup>。調査測線の探査終了後、標準的な二次元反射法データ解析<sup>18)19)</sup>を行ったが、特に多重反射抑制処理等のノイズ抑制処理を重点的に検討して実施した。

現段階の暫定的な解析結果 (時間マイグレーション断面) の一例を図 3 と図 4 に示す。これらの結果をもとに、本調査海域における特徴について、「能登半島沖大陸棚～大陸棚斜面」と「大和海盆～大和堆」にわけてまとめる。

まず、「能登半島沖大陸棚～大陸棚斜面」は、先行研究により調査海域の中で活断層が集中している海域<sup>1)2)3)4)</sup>で、2007 年能登半島地震の余震をはじめとして地震活動も認められる<sup>10)</sup>。能登半島の西側に位置する測線 (図 3 の SJ1404・SJ1405) では、大陸棚の堆積層の層厚は、最も厚いところで往復走時 1 秒を超えており、堆積層中に短縮変形した背斜と逆断層がイメージされている (図 3 の SJ1404・SJ1405 の赤矢印・橙矢印)。さらに、調査海域は 2007 年能登半島地震震源域の南西延長上に位置するが、その震源断層の延長上の短縮構造も認められる (図 3 の SJ1405 の赤矢印)。しかし、地殻中には、それらに関連する反射面は現時点での解析結果では認められない。また、大陸棚斜面から大和海盆に接続する領域においては、SJ1404 は隠岐トラフの北東縁部を横切っていることもあり、最大 2 秒以上に至る堆積層があるが (図 3 の SJ1404 の黒矢印)、隠岐堆の北東縁部にあたる基盤の高まりを横切っている部分では堆積層が薄くなり (図 3 の SJ1404 の緑矢印)、大和海盆へ接続している。SJ1405 では、活構造が形成されている部分では堆積層が相対的に厚くなっているが、この領域から測線の北西側では非常に薄くなっている。この堆積層の薄い部分から大陸棚斜面を経た領域では、短縮変形を示す構造は認められない。一方、能登半島の北側に位置する測線 (図 3 の SJ1406、図 4 の SJ1407～1410) では、大陸棚の領域の堆積層は非常に薄いですが、水深が深くなる大陸棚斜面の領域では堆積層が相対的に厚くなっている。ただし、短縮変形した構造は大陸棚の部分でのみ認められる (図 4 の橙矢印)。これらの領域でも基盤下の地殻中に反射面は確認できない。

次に、「大和海盆～大和堆」では、大和海盆において、海丘が形成されている領域を除くと地形は平坦な領域が多く、短縮変形した構造も認められない。地形上平坦な領域では堆積層も成層しているところが多く、最も層厚が大きいところで往復走時約 2 秒である。堆積層のイメージの特徴は全測線でほぼ共通しており、堆積層の中央付近に連続性の良い強い反射面が確認できる (図 3・図 4 の青矢印)。この反射面は、先行研究<sup>20)</sup>によると、Opal A/CT 続成境界 BSR に対応するとみられる。また、海丘として地形上現れない基盤の高まりに沿って、地形が変化している領域もあり、これらは堆積層が形成された後に生じた可能性がある。基盤下の地殻内は SJ1404 や SJ1405 の西側の測線において反射面がイメージされ、特にモホ面と推定される反射面は明瞭に確認できる (図 3 の紫矢印)。一

方、SJ1407 以東の測線では、モホ面と推定される反射面が不明瞭となる（図 4）。この要因として、多重反射等のノイズが十分に抑制されていないことや実際に音響インピーダンスが小さくなるような要因によりイメージングできないなどが考えられる。この点は、大和海盆の地殻構造の発達史や大和海盆の陸側縁辺部に発達する活断層との関連の考察において重要となる可能性もあるので、今後解析を進めて、検討していく。一方、大和堆の領域は、SJ1405 のみ探査できたが、全体的な傾向として、堆積層は非常に薄く、多重反射の影響も強く残り、地殻内の反射面は認められない。大和堆の北に位置する北大和トラフの領域では堆積層が 1 秒程度あるが、これらの領域でも短縮変形した構造は認められない。

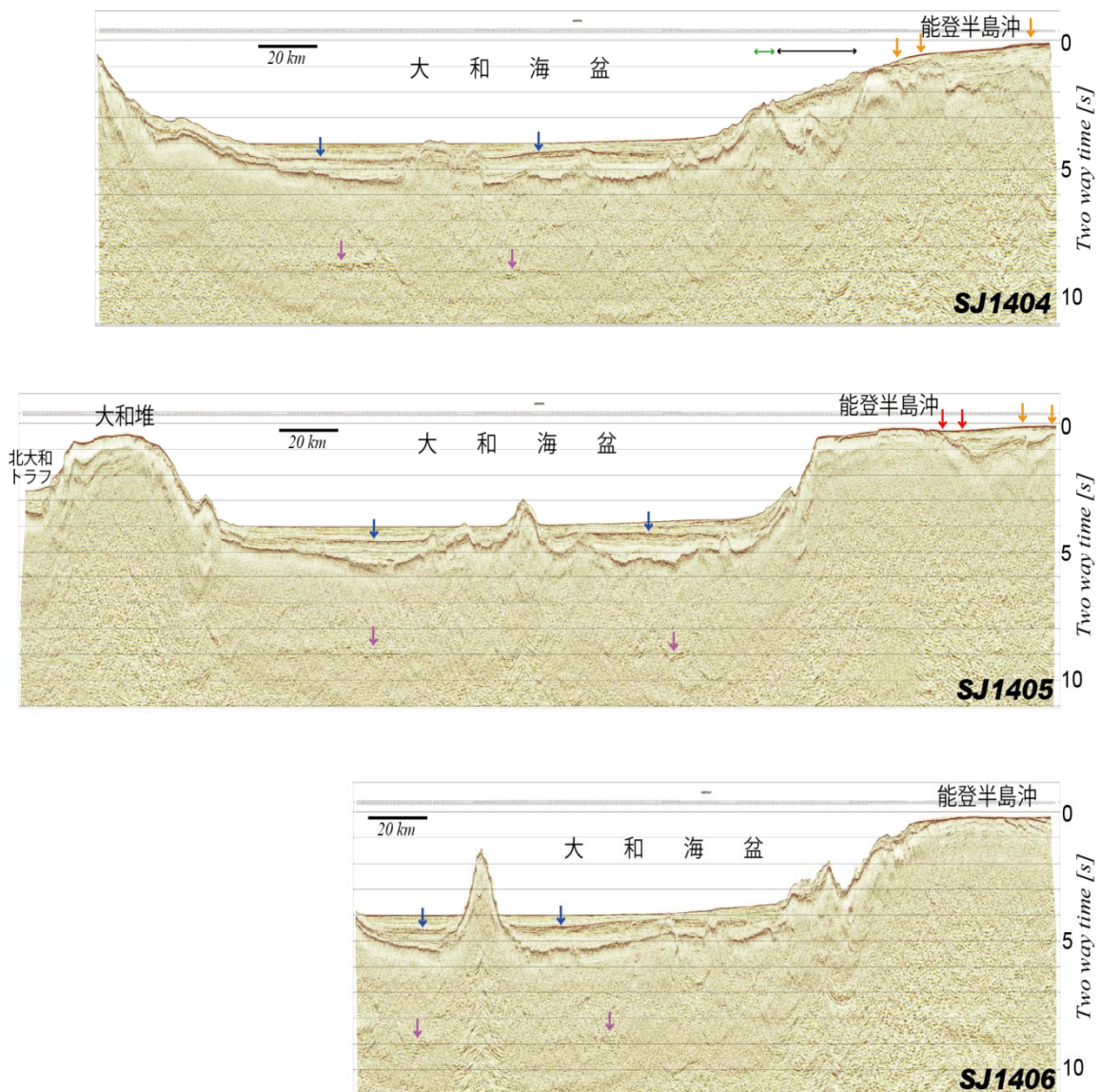


図 3 MCS 探査の暫定的な解析結果による測線 SJ1404、SJ1405、SJ1406 の時間マイグレーション断面。

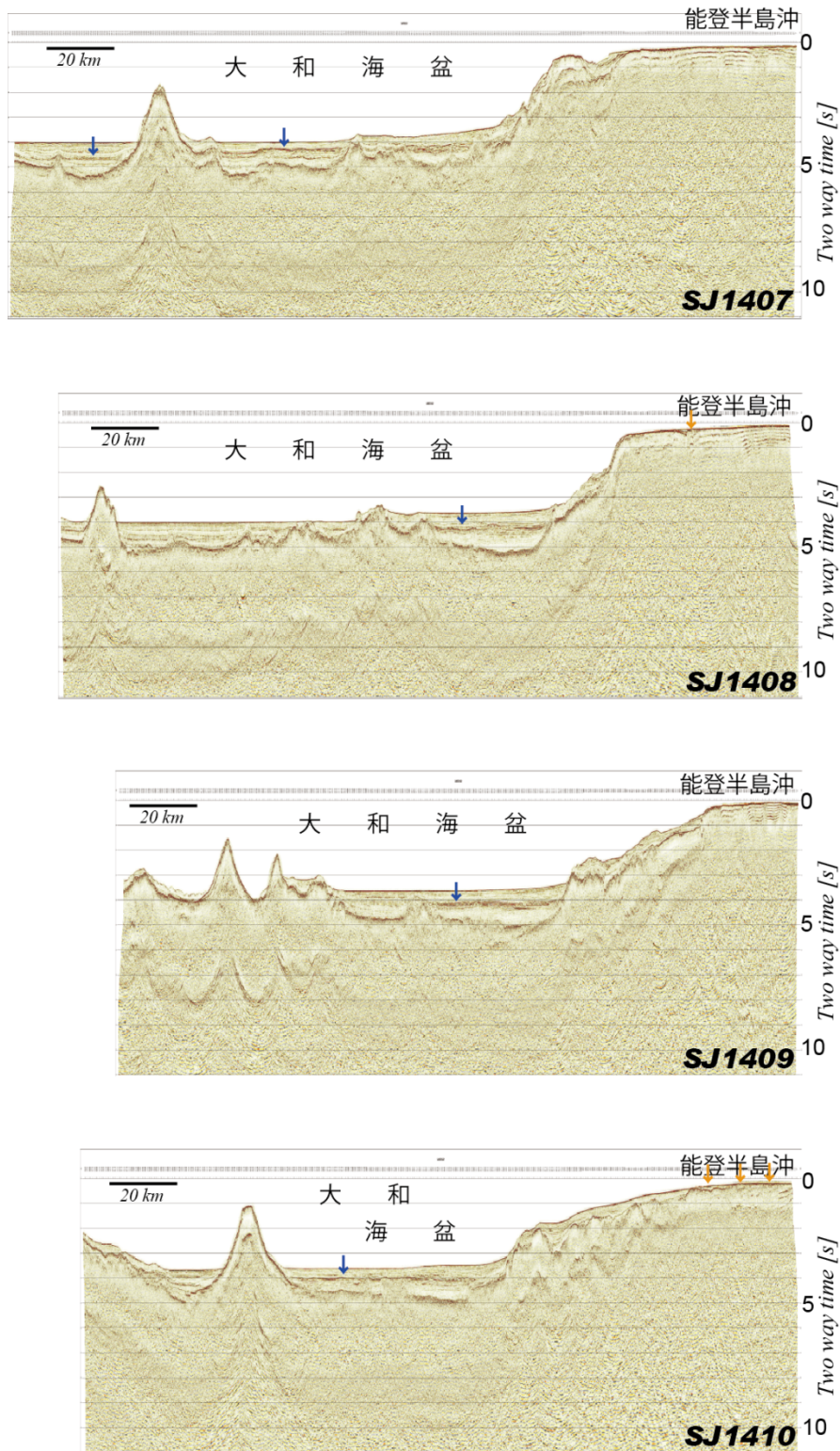


図4 MCS探査の暫定的な解析結果による測線 SJ1407、SJ1408、SJ1409、SJ1410 の時間マイグレーション断面。

## 2) 海底地震計を用いた地震探査

本探査で得られた OBS データでは、堆積層、上・中部地殻、下部地殻や最上部マントルを通過した屈折波だけでなく、地殻とマントルの境界面であるモホ面からの反射波 (PmP) も確認できる (図 5)。大和海盆に設置した OBS35 の記録では、北西及び南東側



共に、初動が傾きを徐々に変えながら、約 100 km 付近まで確認できる (図 5(a))。OBS の北西側では震央距離約 65 km から約 8.5 km/s 以上の見かけ速度をもつ最上部マントルを通過した屈折波 (Pn) や震央距離約 40 km からモホ面からの PmP が確認できる (図 5(a))。一方、南東側では、震央距離約 70 km から最上部マントルを通過した Pn と考えられる相が小さい振幅で見られる (図 5(a))。一方、能登半島沖大陸棚に設置した OBS55 の記録では、北西及び南東側ともに震央距離約 40 km までの初動は変化に富んでいる (図 5(b))。OBS55 の北西側では、震央距離約 85 km から見かけ速度約 8.3 km/s の最上部マントルを通過した Pn や震央距離約 60 km からモホ面からの PmP が確認できる (図 5(b))。

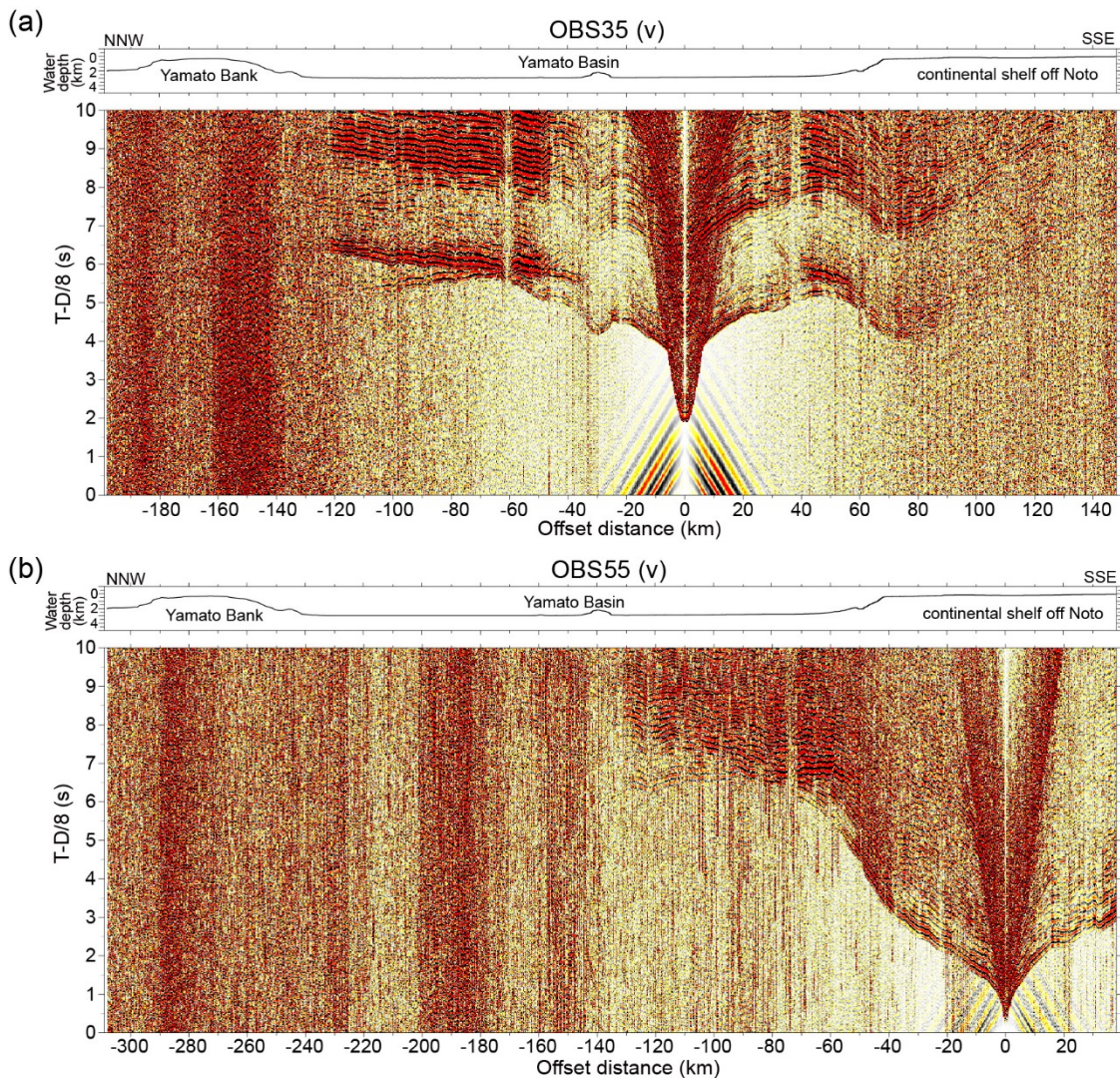


図 5 (a)大和海盆に設置した OBS35 の観測記録。(b)能登半島沖大陸棚に設置した OBS55 の観測記録。横軸は OBS からの震央距離、縦軸は 8 km/s で補正した走時を示す。

測線上の地震波速度構造イメージを求めるために、以下の解析を行った。初めに OBS で記録された初動走時とモホ面からの反射波の走時を読み取り、その後、読み取った初動走時のみを用いて、トモグラフィックインバージョン<sup>21)22)</sup>を実施した。トモグラフィックインバージョン実施時の初期モデルは、以前に大和海盆で行われた OBS を用いた地震探査で得られた地震波速度構造<sup>23)24)</sup>を参考にし、堆積層に関しては前述の MCS 探査の結果

を組み込んで作成した。

暫定的な解析結果であるが、得られた P 波速度構造イメージを図 6 に示す。能登半島沖の大陸棚では、地殻全体の厚さは約 20 km 以上存在し、P 波速度分布は東北日本弧<sup>25)</sup>や朝鮮半島<sup>26)</sup>の分布と類似している。これらのことから、能登半島沖の大陸棚部は島弧や大陸性地殻の特徴をもつ地殻構造であることが推測される。さらに、深さ約 10 km までの堆積層を含む上・中部地殻に速度構造の不均質が確認でき、この不均質は MCS 探査で確認される堆積層や基盤構造と良い対応を示している。一方、大和海盆の地殻は約 12~14 km の厚さを持ち、P 波速度分布は東北日本弧<sup>25)</sup>や朝鮮半島<sup>26)</sup>の分布とは異なり、典型的な海洋性地殻の速度分布<sup>23)24)</sup>に近くなっている。さらに、測線近傍の ODP の Site797 では基盤から玄武岩が掘削されていること<sup>12)13)</sup>から、大和海盆の地殻は海洋性地殻の特徴を有しているが、典型的なものよりも厚い地殻（厚い海洋性地殻）であることが考えられる。海盆部には活構造を示すような速度分布の不均質は見られていない。大和堆では地殻の厚さは約 20 km 以上と推測でき、この厚さと速度分布から、島弧や大陸性地殻の特徴をもっていることが推測される。

一方、「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」にて得られた結果を比較すると、本測線における地殻構造の遷移部の特徴は、秋田沖から西津軽沖の日本海東縁北部<sup>29)</sup>の結果とは異なり、能登半島沖から山形沖の日本海東縁南部<sup>23)24)</sup>の結果と類似している。

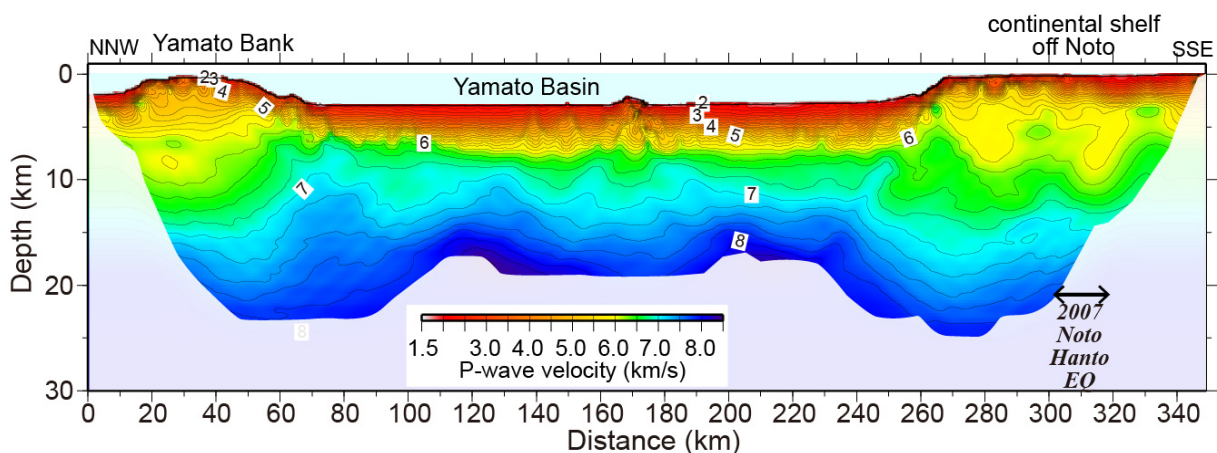


図 6 OBS による地震探査による能登半島沖大陸棚～大和海盆～大和堆 (SJ1405) の暫定的な P 波速度構造イメージ。

(d) 結論ならびに今後の課題

1) マルチチャンネル反射法地震探査

・「能登半島沖大陸棚～大陸棚斜面」は、能登半島の西側に位置する測線を中心に、堆積層中に短縮変形した背斜と逆断層がイメージされ、2007 年能登半島地震の震源断層の延長上に位置する短縮変形した構造も認められる。一方、能登半島の北側に位置する測線では、大陸棚の領域の堆積層は非常に薄い、短縮変形した構造が確認できる。

・「大和海盆～大和堆」では、大和海盆において、海丘が形成されている領域を除くと地形は平坦な領域が多く、短縮変形した構造は認められない。堆積層のイメージの特徴は全測線ではほぼ共通しているが、海丘として地形上現れない基盤の高まりに沿って、地形が変化

している領域もあり、これらは堆積層が形成された後に生じた可能性がある。基盤下の地殻内は、西側の測線において反射面がイメージされ、特にモホ面と推定される反射面が明瞭に確認できる。大和堆の領域は、堆積層は非常に薄く、多重反射の影響が強いこともあり、地殻内の反射面は認められない。

## 2) 海底地震計による地震探査

・暫定的な P 波速度構造イメージの結果より、能登半島沖大陸棚及び大和堆では、地殻の厚さが約 20 km 以上で、島弧や大陸性地殻の特徴をもつ地殻構造であると推測される。一方、大和海盆は、地殻の厚さが約 12~14 km で、厚い海洋性地殻の特徴をもつ地殻構造であると推測される。

・能登半島沖大陸棚では、堆積層を含む上・中部地殻に速度構造の不均質が確認でき、この不均質は MCS 探査で確認される堆積層や基盤構造と良い対応を示している。

・「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」にて得られた結果を比較すると、本測線における地殻構造の遷移部の特徴は、能登半島沖から山形沖の日本海東縁南部の結果と類似している。

・今後、MCS 及び OBS のデータ解析をさらに進め、得られた解析結果から調査海域周辺の研究やデータと合わせて、断層に関連した変形構造と地殻構造の関係について検討を進める。

## (e) 引用文献

- 1) 岡村行信：能登半島西方海底地質図．海洋地質図，no. 61 (CD)，産業技術総合研究所地質調査総合センター，2007.
- 2) 岡村行信：日本海の地形・地質調査から分かる活断層，地震予知連会報，90，530-536，2013.
- 3) 日本海における大規模地震に関する調査検討会：日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書，470pp.，2014
- 4) 高橋成実・及川信孝・新井麗・勝山美奈子・安藤五郎・清水祥四郎・田中恵介・荒井晃作・井上卓彦・金田義行：反射法探査データから見た日本海の断層分布，日本地震学会 2014 年度秋季大会，C21-04，2014.
- 5) 東京大学地震研究所：沿岸海域および海陸統合構造調査，日本海地震・津波調査プロジェクト平成 26 年度第 2 回運営委員会，2015.
- 6) Iidaka, T. et al., Configuration of subducting Philippine Sea plate and crustal structure in the central Japan region, *Geophys. Res. Lett.*, 30, doi:10.1029/2002GL016517, 2003.
- 7) Kodaira, S., T. Iidaka, A. Kato, J.-O. Park, T. Iwasaki, and Y. Kaneda, High pore fluid pressure may cause silent slip in the Nankai Trough, *Science*, 304, 1295-1298, 2004.
- 8) Kodaira, S., T. Iidaka, A. Nakanishi, J.-O. Park, T. Iwasaki, and Y. Kaneda, Onshore-offshore seismic transect from the eastern Nankai Trough to central Japan crossing a zone of the Tokai slow slip event, *Earth Planets Space*, 57, 943-959, 2005.
- 9) 金田謙太郎・下村広樹・志岐俊郎・小山あずさ・伊藤清寿・林田政和・池田耕作・瀬田

- 英憲・佐伯充敏・谷口克伸：南鳥島周辺海域屈折法地震探査 ～2004 年度第 5-7, 10-11 次大陸棚調査～, 海洋情報部技報, 23, 8-22, 2005.
- 10) 気象庁:地震年報 (The Annual Seismological Bulletin of Japan for 2011), 24, 2014.
  - 11) Ingle, Jr., J. C., D. E. Karig, and S. M. White: Introduction and Explanatory Notes: In: D. E. Karig, J. C. Ingle Jr. et al., Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 31. U.S. Gov. Printing Office, Washington, D.C., 5-21, 1975.
  - 12) Leg 127 Shipboard Scientific Party, Background, objectives, and principal results, ODP Leg 127, Japan Sea, in Proc. ODP, Initial Reports, edited by K. Tamaki et al., pp. 5-33, Ocean Drilling Program, College Station, Tex., 1990.
  - 13) Leg 128 Shipboard Scientific Party, Introduction, background, and principal results of Leg 128 of the ocean drilling program, Japan Sea, in Proc. ODP, Initial Reports, edited by J. C. Ingle Jr. et al., pp. 5-38, Ocean Drilling Program, College Station, Tex., 1990.
  - 14) 石油公団: 昭和 60 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎試錐「金沢沖」調査報告書, 1986
  - 15) No, T., N. Takahashi, S. Miura, M. Yamashita, Y. Kido, and S. Kodaira: Deformation of the Manazuru Knoll in Sagami Bay, central Japan, associated with subduction of the Philippine Sea plate, Earth Planets Space, doi:10.1186/1880-5981-66-109, 2014.
  - 16) White, R. S., L. K. Smith, A. W. Roberts, F. Christie, N. J. Kusznir, and iSIMM Team: Lower-crustal intrusion on the North Atlantic continental margin, Nature, 452, 460-464, doi:10.1038/nature06687, 2008.
  - 17) Singh, S. C., N. D. Hananto, and A. P. S. Chauhan: Enhanced reflectivity of backthrusts in the recent great Sumatran earthquake rupture zones, Geophys. Res. Lett., 38, L04302, doi:10.1029/2010GL046227, 2011.
  - 18) 物理探査学会: 反射法地震探査, 物理探査学会 (編), 物理探査ハンドブック, 1-114, 1998.
  - 19) Yilmaz, O.: Seismic data analysis: Processing, inversion, and interpretation of seismic data, SEG, 2027pp, 2001.
  - 20) Kuramoto, S., K. Tamaki, M. G. Langseth, D. C. Nobes, H. Tokuyama, K. A. Pisciotto, and A. Taira: Can Opal A/Opal-C/T BSR be an indicator of the thermal structure of the Yamato Basin, Japan Sea?, Proc. Ocean Drill. Program, Sci. Results, 127 - 128, 1145-1151, 1992.
  - 21) Zhang, J., and M. N. Toksöz, Nonlinear refraction travelttime tomography, Geophysics, 63, 1726-1737, 1998.
  - 22) Zhang, J., U. S. t. Brink, and M. N. Toksöz, Nonlinear refraction and reflection travel time tomography, J. Geophys. Res., 103, 29743-29757, 1998.
  - 23) 海洋研究開発機構: マルチチャネル等による海域地殻構造調査, ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究 (平成 21 年度) 成果報告書, 文部科学省研究開発局・独立行政法人防災科学技術研究所, 236-250, 2010.

- 24) Sato, T., T. No, S. Kodaira, N. Takahashi, and Y. Kaneda: Seismic constraints of the formation process on the back-arc basin in the southeastern Japan Sea, Japan Sea. *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 119, 1563-1579, 2014.
- 25) Iwasaki, T. et al., Extensional structure in northern Hoshu Arc as inferred from seismic refraction/wide-angle reflection profiling, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 2329-2332, 2001.
- 26) Cho, H.-M., C.-E. Baag, J.M. Lee, W.M. Moon, H. Jung, K.Y. Kim, and I. Asudeh, Crustal velocity structure across the southern Korean Peninsula from seismic refraction survey, *Geophys. Res. Lett.*, 33, doi:10.1029/2005GL025145, 2006.
- 27) Spudich, P., and J. Orcutt, A new look at the seismic velocity structure of the oceanic crust, *Rev. of Geophys. and Space Phys.*, 18, 627-645, 1980.
- 28) White, R.S., D. McKenzie, and R.K. O'Nions, Oceanic crustal thickness from seismic measurements and rare earth element inversions, *J. Geophys. Res.*, 97, 19683-19715, 1992.
- 29) No, T., T. Sato, S. Kodaira, T. Ishiyama, H. Sato, N. Takahashi, and Y. Kaneda, The source fault of the 1983 Nihonkai-Chubu earthquake revealed by seismic imaging, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 400, 14-25, 2014.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
野徹雄, 佐藤壮, 小平秀一, 石山達也, 佐藤比呂志, 高橋成実, 及川信孝, 金田義行	地震探査による日本海の地殻構造研究の最近の成果と今後の展開 (口頭発表)	日本地球惑星科学連合 2014 年大会	平成 26 年 4 月 30 日
佐藤壮, 野徹雄, 小平秀一, 高橋成実, 金田義行	地震探査による日本海・日本海盆南縁部および海陸遷移域の $V_p/V_s$ 構造 (口頭発表)	日本地球惑星科学連合 2014 年大会	平成 26 年 4 月 30 日
野徹雄	深海調査研究船「かいれい」で探る日本海の地震の謎 (口頭発表)	海フェスタ京都	平成 26 年 7 月 22 日
Tetsuo No, Takeshi Sato, Shuichi Kodaira, Tatsuya Ishiyayma, Hiroshi Sato, Narumi Takahashi, Yoshiyuki Kaneda	The source fault of the 1983 Nihonkai-Chubu earthquake revealed by seismic imaging (論文発表)	Earth and Planetary Science Letters	平成 26 年 8 月 15 日
野徹雄, 佐藤壮, 小平秀一, 高橋成実, 石山達也, 佐藤比呂志, 金田義行	日本海東部におけるマルチチャンネル反射法地震探査 (論文発表)	Jamstec Report of Research and	平成 26 年 9 月 1 日

		Development	
野徹雄, 佐藤壮, 小平秀一, 高橋成実	地震探査から見る日本海東部における地殻構造 (論文発表)	日本地震工学会誌	平成 26 年 10 月
佐藤壮, 野徹雄, 小平秀一, 高橋成実, 金田義行	屈折法地震探査による日本海・日本海盆南縁部の Vp/Vs 分布 (口頭発表)	日本地震学会 2014 年秋季大会	平成 26 年 11 月 25 日
野徹雄, 佐藤壮, 小平秀一, 石山達也, 佐藤比呂志	能登半島西方沖～大和堆における地殻構造探査 (ポスター発表)	日本地震学会 2014 年秋季大会	平成 26 年 11 月 25 日
Shuichi Kodaira, Tetsuo No, Takeshi Sato, Hiroshi Sato	Crustal construction along arc-backarc transition zone in the Japan Sea and implications for seismogenic processes (口頭発表)	2014 AGU Fall Meeting	平成 26 年 12 月 19 日
野徹雄, 佐藤壮, 小平秀一, 三浦誠一	「日本海地震・津波調査プロジェクト」の地震探査による能登半島西方沖～大和堆の地殻構造 (口頭発表)	Blue Earth '15	平成 27 年 3 月 20 日
佐藤壮, 野徹雄, 三浦誠一, 小平秀一	日本海・能登半島西方沖大陸棚～南部大和海盆～大和堆の屈折法・反射法地震探査 (ポスター発表)	Blue Earth '15	平成 27 年 3 月 20 日

g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 27 年度業務計画案

福井沖から京都沖にかけての沿岸部から大和海盆・大和堆に至る海域において、MCS 探査と OBS を用いた地震探査を実施する。調査から得られたデータから詳細な地殻構造イメージングを行い、断層・褶曲等の地殻変形構造を抽出する。なお、一部の測線は海陸統合探査を予定しており、陸域部から沖合の海域部にかけての地殻全体の構造を構築する。