

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27年度業務目的

(2) 平成27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28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
国立研究開発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 同 プレート構造研究グループ	研究開発センター 長	小平 秀一
	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	野 徹雄 鈴村 明功
	代理 事務主任	網廣 恵

(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した。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した。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の構築や津波波源モデル作成のための基礎資料とした。

3) 平成27年度：

福井沖・京都沖～大和海盆の海域において、マルチチャンネル反射法地震（MCS）探査および海底地震計（OBS）による地震探査を実施し、地殻構造を明らかにした。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の構築や津波波源モデル作成のための基礎資料とした。

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、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する。調査により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、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する。調査により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、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する。調査により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、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する。調査により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27年度業務目的

福井沖・京都沖～大和海盆の海域において、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 27 年度の成果

(a) 業務の要約

平成 27 年度は、福井沖・京都沖～大和海盆の海域で、国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）の深海調査研究船「かきれい」を用いて、MCS 探査と OBS を用いた地震探査を実施した（図 1）。調査海域では、震源メカニズムが逆断層型から横ずれ断層型へ推移している領域に位置し^{1) 2)}、過去 100 年間に 1952 年大聖寺沖地震（ M_J [気象庁マグニチュード] 6.5）、1963 年越前岬沖地震（ M_J 6.9）といった M_J 6.5 以上の地震が発生している³⁾。また、先行研究により大陸棚から隠岐トラフにかけて、活断層も推定されており^{4) 5) 6)}、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（図 1・図 2）。また、調査海域の南延長上には、本プロジェクトにおいて東京大学地震研究所が実施した地震探査測線⁷⁾とつながり、さらに「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」による新宮 - 舞鶴測線^{8) 9)}や南海トラフで実施された地震探査測線と接続され^{10) 11)}、南海トラフから近畿地方を縦断し、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、2015 年 7 月 22 日～8 月 22 日までの期間、9 測線（SJ1502、SJ1503、SJ1506、SJ1507、SJ15FK、SJ15MZ、SJ15A、SJ15B、SJ15C）で MCS 探査を実施し、その内の 1 測線（SJ15FK）で OBS54 台を用いた地震探査を行った（図 1）。なお、OBS 回収作業に関しては海洋エンジニアリング株式会社の第五開洋丸を用いて、2015 年 8 月 27 日～9 月 1 日までの期間行った。

データ取得では「かきれい」に搭載されている地震探査システムを用いた¹²⁾。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 3）。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。MCS 探査用の受振ケーブルは、Sentinel Digital Streamer System（Sercel Inc.）を用いた（図 3）。ストリーマ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 OBS¹³⁾ を用いた。OBS は測線上に約 4.4 km 間隔で 55 台設置を予定していたが、1 台不具合により設置できなかったため、54 台での観測となった。設置した 54 台の OBS はすべて回収でき、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。

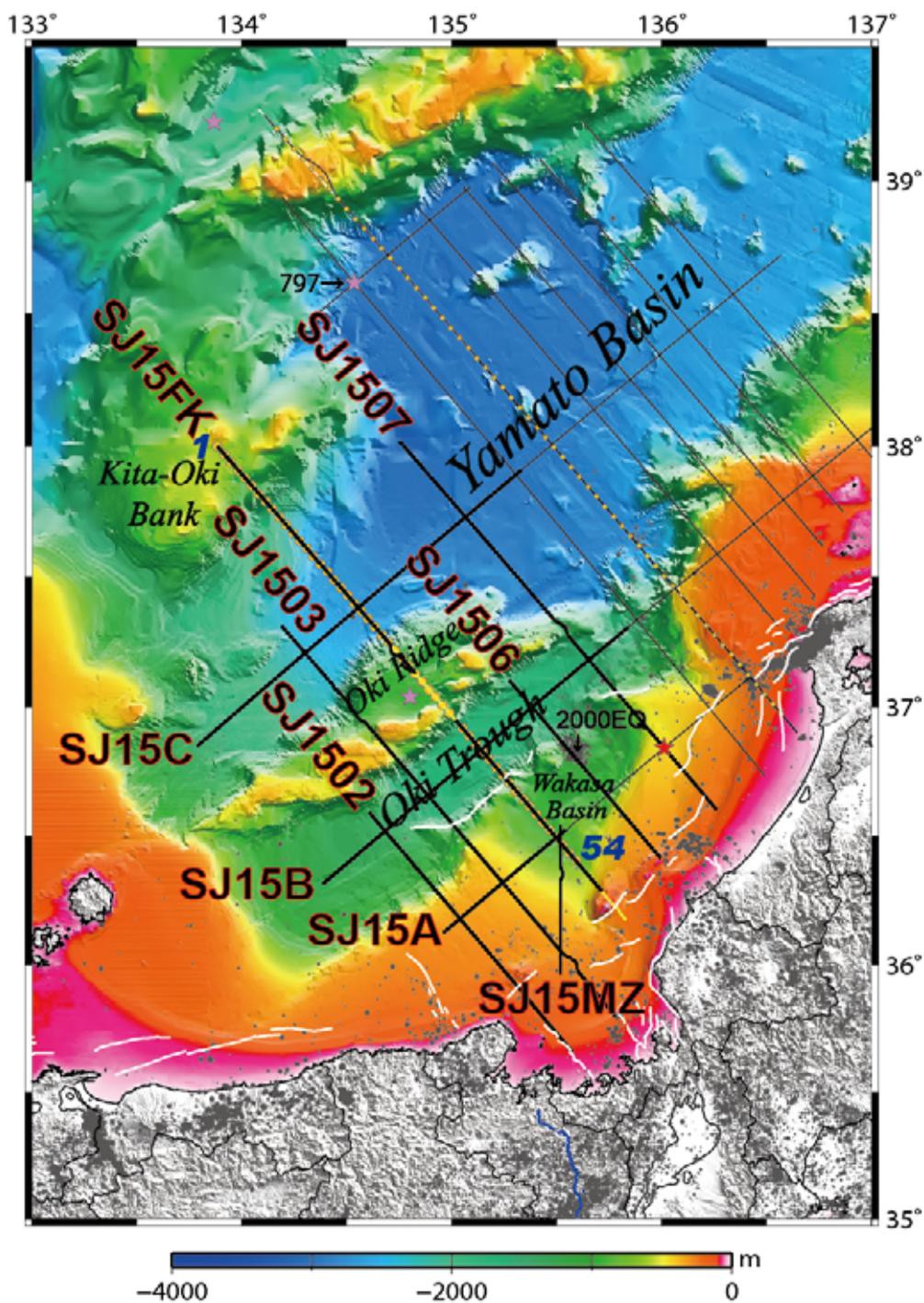


図1 平成27年度に実施した地震探査測線。黒太線がMCS測線(黒細線は昨年度実施分)、SJ15FK上の黄丸印がOBS設置点(青数字がOBS番号)。青線が2004年に実施された「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」による新宮-舞鶴測線^{8) 9)}。が1923~2014年の震源分布($M \leq 1.0$, 深さ 50 km)¹⁵⁾。白線が活断層⁴⁾。星印がODP(Ocean Drilling Program)^{16) 17)}・基礎試錐¹⁸⁾による掘削点、海底地形は野・他(2016)¹⁴⁾のデータ。矢印2000EQが2000年石川県西方沖の地震($M_j 6.1$)の余震域、矢印797がODP Leg128 Site797。

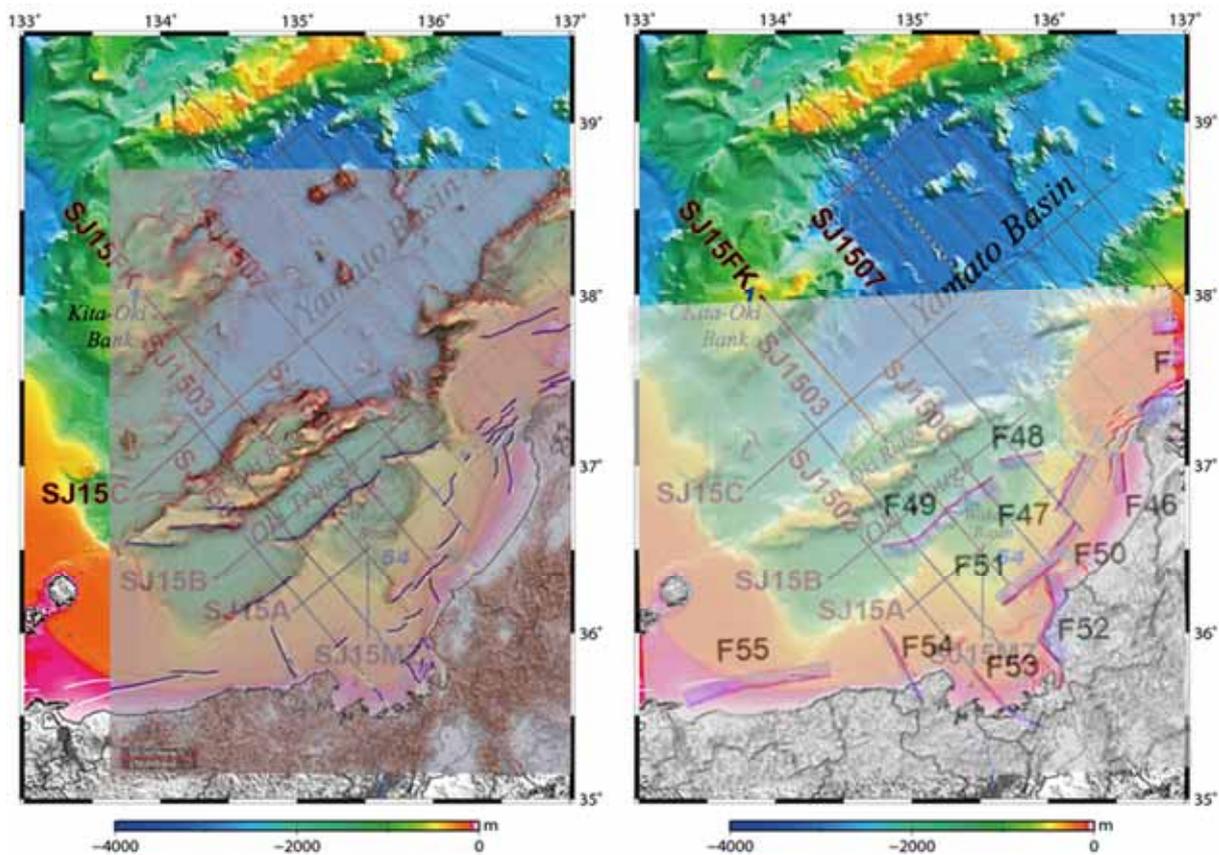


図 2 平成 27 年度に実施した地震探査測線と調査海域周辺の断層マッピングの結果との比較。左図が「海域における断層情報総合評価プロジェクト」の結果（青線）⁶⁾ との比較。右図が「日本海における大規模地震に関する調査検討会」の結果（赤線）⁵⁾ との比較。



図 3 本報告における深海調査研究船「かいらい」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、各年度の結果を可能な限り同等に比較できるようにするために、昨年度と同様のデータ取得仕様で実施した。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^{19) 20)}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4~6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、「若狭湾~縁辺台地・若狭海盆」「隠岐トラフ~隠岐海嶺」「大和海盆」に分けてまとめる。

まず、「若狭湾~縁辺台地・若狭海盆」(SJ1507・SJ1506・SJ15FK [図4]、SJ15MZ・SJ1503・SJ1502 [図5]、SJ15A [図6])については、海底地形は比較的平坦であるが、基盤は不連続かつ複雑な形状をしている。福井沖の縁辺台地から若狭海盆においては往復走時3秒以上に達する厚い堆積層に覆われ、基盤も深くなっている。ただし、若狭湾内の陸域に近い領域(SJ1502・SJ1503・SJ15MZ)のイメージングの結果を見ると、基盤が急激に浅くなり、堆積層の層厚も相対的に薄くなっている。一方、この海域は先行研究^{4) 5) 6)}により調査海域の中で活断層が集中している海域である(図2)と考えられている。これらの推定されている活断層付近では、2000年に発生した石川県西方沖の地震(M_j6.1)²¹⁾が発生しており、余震域をSJ1506が横切っている(図1)。また、SJ1503の南端は1963年越前岬沖地震の本震近傍に位置している。1963年越前岬沖地震の本震近傍に位置するSJ1503の南端付近は、堆積層の層厚が往復走時1秒以下となっており、相対的に層厚が小さい領域に位置している。基盤の反射面は不連続になっており、北西へ向かってハーフグラベンを形成している。さらに北西へ進みCMP 6000~10000付近には往復走時最大2秒以上の層厚のあるハーフグラベンが形成され、その堆積層内には背斜の形成も認められる。2000年の石川県西方沖の地震の余震域を横切っているSJ1506の結果では、余震域に対応する領域に南東傾斜の逆断層によると推定される背斜が形成されている。2000年の石川県西方沖の地震のメカニズムは逆断層型²¹⁾であることから、この背斜の形成に関連した断層が作用した可能性が示唆される。さらに、この逆断層が形成されているところは、日本海における大規模地震に関する調査検討会(2014)⁵⁾によって、隠岐トラフ南縁に沿ってF49としている震源断層を推定している領域の西端付近に位置する(図2)。この断層モデルでも南東傾斜の逆断層を想定しており、SJ1506の結果と一致する。一方、F49はSJ15FKとSJ1503も横切っている。SJ1503に関しては、SJ1506と比較すると規模が小さいが、日本海における大規模地震に関する調査検討会(2014)⁵⁾によって想定されている位置に南東傾斜の逆断層によると推定される背斜の形成が認められる。しかし、SJ15FKについては、隠岐トラフ南縁の部分に形成されている小海丘の裾野から続く反射面が隠岐トラフの堆積層の中央に連続してイメージされていることが認められ、この反射面は不連続になっておらず、その上位の堆積物も短縮している構造が形成されていない。このことから、F49は少なくともSJ15FK付近で途切れている可能性が示唆される。

つぎに、「隠岐トラフ~隠岐海嶺」(SJ1507・SJ1506・SJ15FK [図4]、SJ1503・SJ1502 [図5]、SJ15B [図6])については、隠岐トラフの海底面は水深が1000~1500 m

程度となり、「若狭湾～縁辺台地・若狭海盆」より数百 m 深くなる。また、SJ1503 付近を境に相対的に北東側の方が南西側と比べると水深が若干深くなる。基盤形状は、「若狭湾～縁辺台地・若狭海盆」の領域と同様に、起伏が大きく、海底にも現れている海丘の形成も認められる(図 5、SJ1503 CMP20000 付近)。隠岐トラフの基盤と見られる反射面は、隠岐海嶺の基盤とみられる反射面に接続している。一方、若狭海盆と隠岐トラフの間にある海丘の基盤からの反射面は、隠岐トラフの基盤と見られる反射面とはつながらず、不連続となっている。また、若狭湾から縁辺台地に至る SJ1502 では、縁辺台地からの基盤面が凹凸な形状を伴いながら接続している。活断層は、前述の通り隠岐トラフの南縁部には認められているが、トラフ内では推定されておらず(図 2)、今回の結果からも海底まで達しているような短縮した構造のイメージは得られていない。また、隠岐海嶺に関して、カニ漁による漁具の展開が測線近傍で所々認められたため、完全に縦断できた測線は SJ1503 と SJ1507 のみで、SJ15FK では一部で探査が実施できた。堆積層は最も厚いところで往復走時 1 秒以上形成されているところがあるが、短縮している構造は認められない。

最後に、「大和海盆」(SJ1507・SJ15FK [図 4]、SJ1503 [図 5]、SJ15C [図 6]) の領域である。調査海域の東側では、水深約 3000 m に達する平坦な海底地形となっているが、隠岐海嶺に沿って西へ進むと徐々に水深が浅くなっていき、調査海域の西端では水深が 1500 m 程度となる。堆積層は最も厚いところで往復走時 1.5 秒程度である。堆積層の中には短縮変形した構造は認められないが、基盤の高まりに沿って、地形が凸状に変化している部分もある。また、基盤下において、地殻内やモホ面に相当する明瞭で連続した反射面は現時点での解析結果からはイメージされていない。さらに、SJ15FK においては、北隠岐堆の一部まで測線が達しているが、堆積層は往復走時 0.5 秒以下と薄く、基盤下には明瞭な反射面が現時点での解析結果からは認められない。

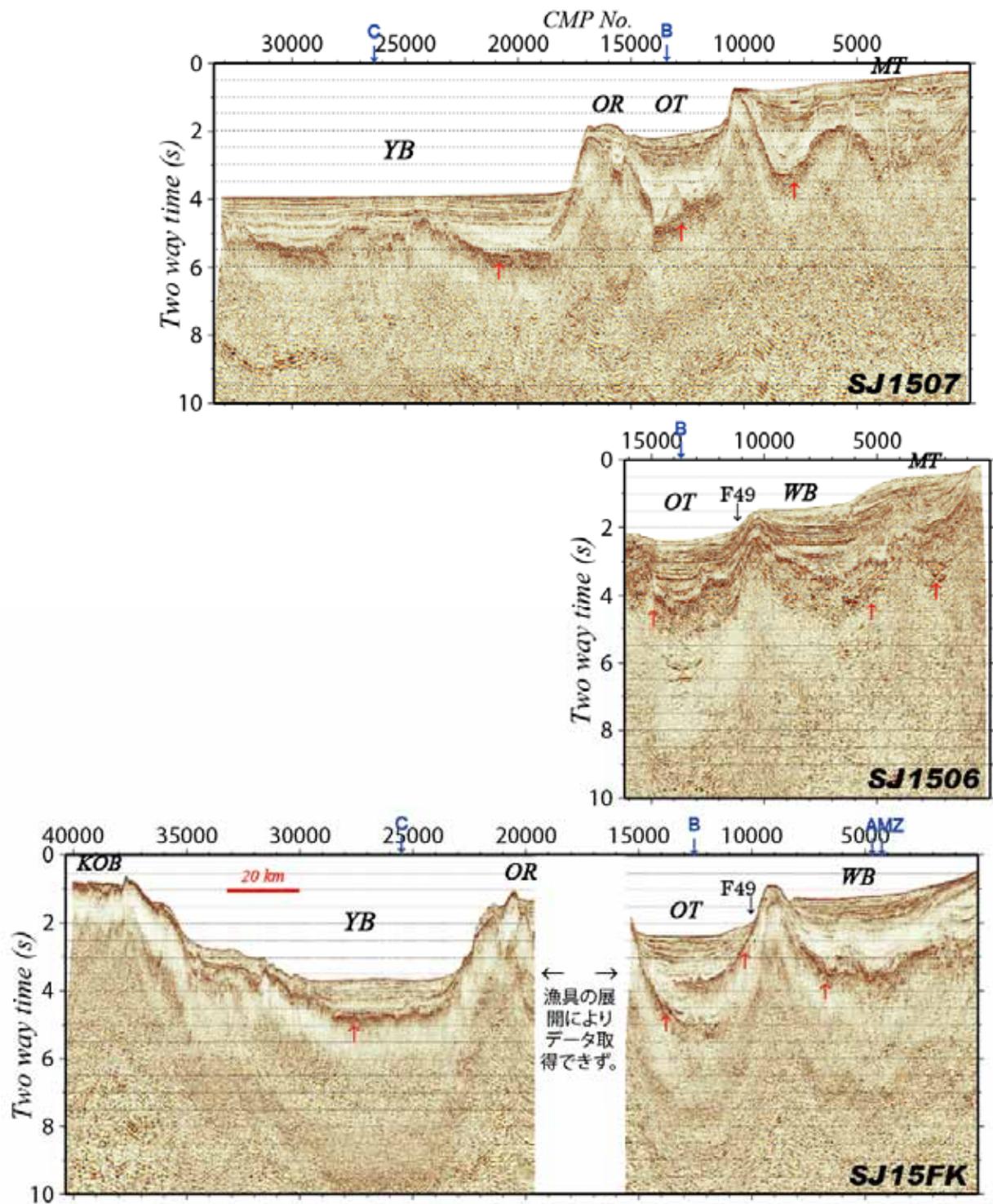


図4 MCS 探査の暫定的な解析結果による測線 SJ1507、SJ1506、SJ15FK の時間マイグレーション断面。YB：大和海盆、OR：隠岐海嶺、OT：隠岐トラフ、WB：若狭海盆、MT：縁辺台地、KOB：北隠岐堆、F49：隠岐トラフ南縁に沿って推定されている震源断層⁵⁾。青矢印が他の測線との交点、赤矢印が基盤の位置を示す。

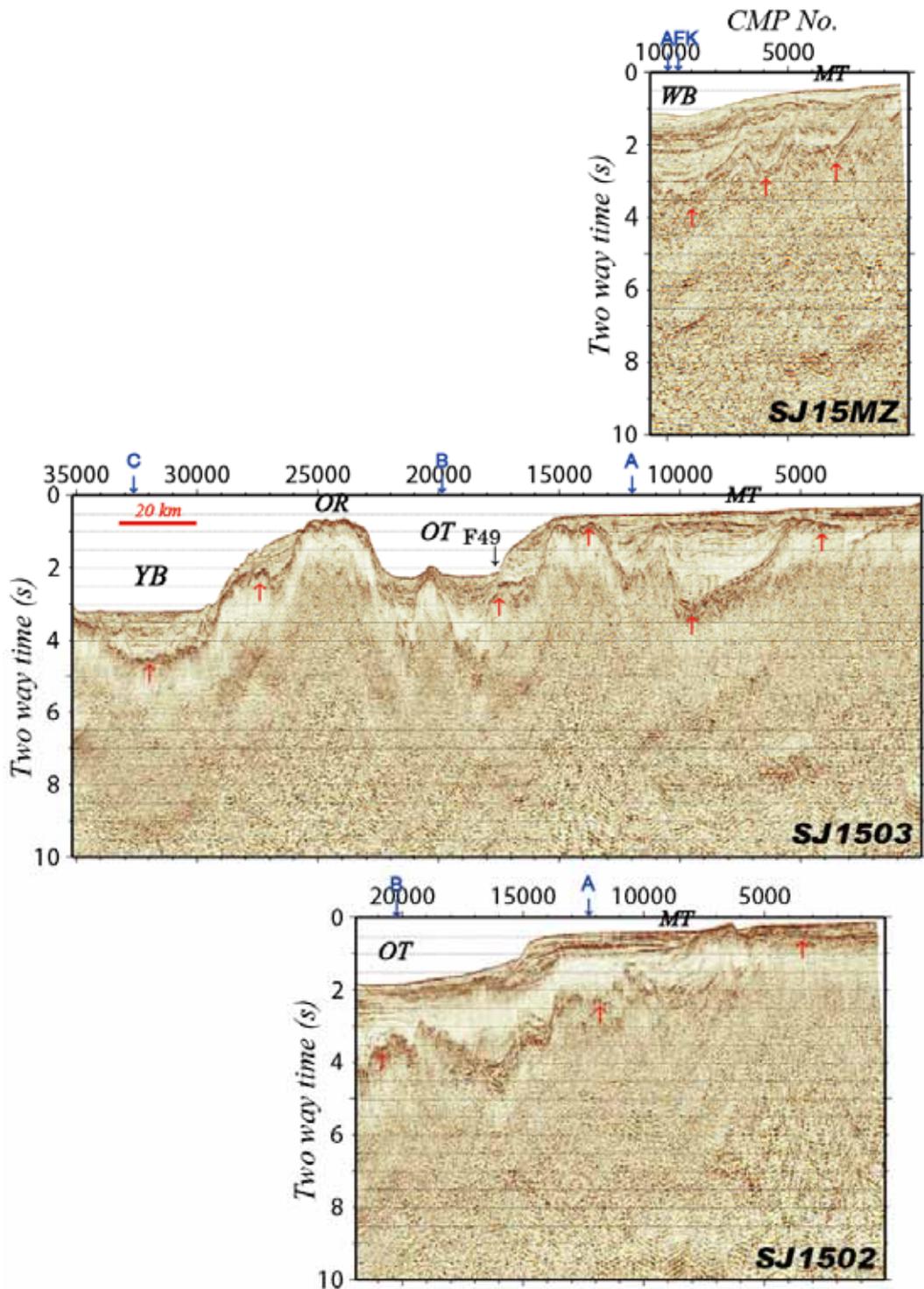


図5 MCS 探査の暫定的な解析結果による測線 SJ15MZ、SJ1503、SJ1502 の時間マイグレーション断面。YB：大和海盆、OR：隠岐海嶺、OT：隠岐トラフ、WB：若狭海盆、MT：縁辺台地、F49：隠岐トラフ南縁に沿って推定されている震源断層⁵⁾。青矢印が他の測線との交点、赤矢印が基盤の位置を示す。

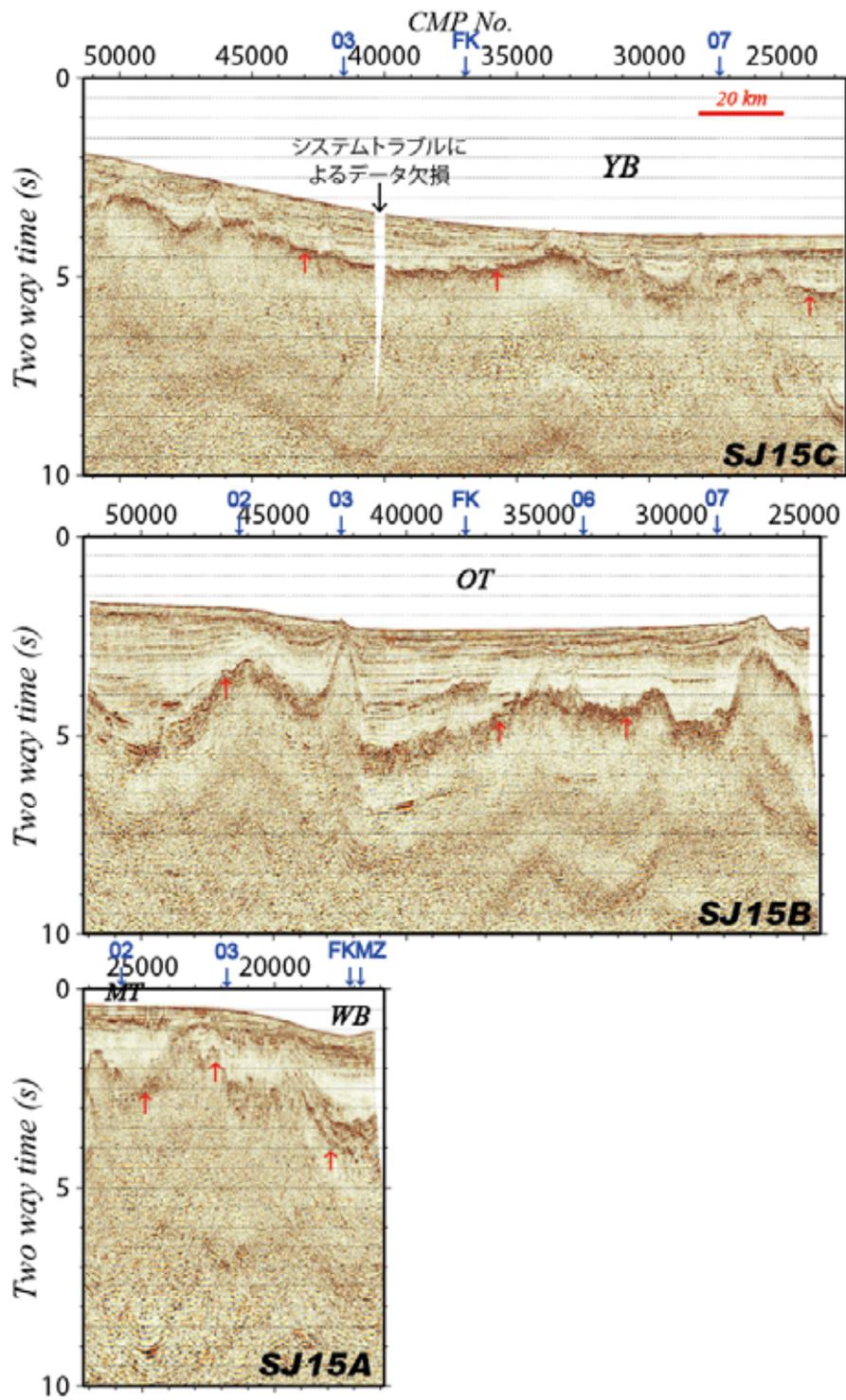


図6 MCS探査の暫定的な解析結果による測線SJ15A、SJ15B、SJ15Cの時間マイグレーション断面。YB：大和海盆、OT：隠岐トラフ、WB：若狭海盆、MT：縁辺台地。青矢印が他の測線との交点、赤矢印が基盤の位置を示す。

2) 海底地震計を用いた地震探査

SJ15FK 探査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。本探査で得られたデータは、OBS を船上から自由落下にて海底に設置しているため、OBS の着底位置が不明である。そこで、初めに、OBS 近傍（震央距離 3 km 以内）の水中直達波の走時データと「かいいい」搭載の Super Short Baseline (SSBL) 音響測位システムのデータから最小二乗法を用いて、OBS の着底設置を求めた。着底位置を求めた後の OBS データの例として、南部大和海盆に設置した OBS18、および越前岬沖若狭海盆に設置した OBS52 のデータを図 7 に示す。

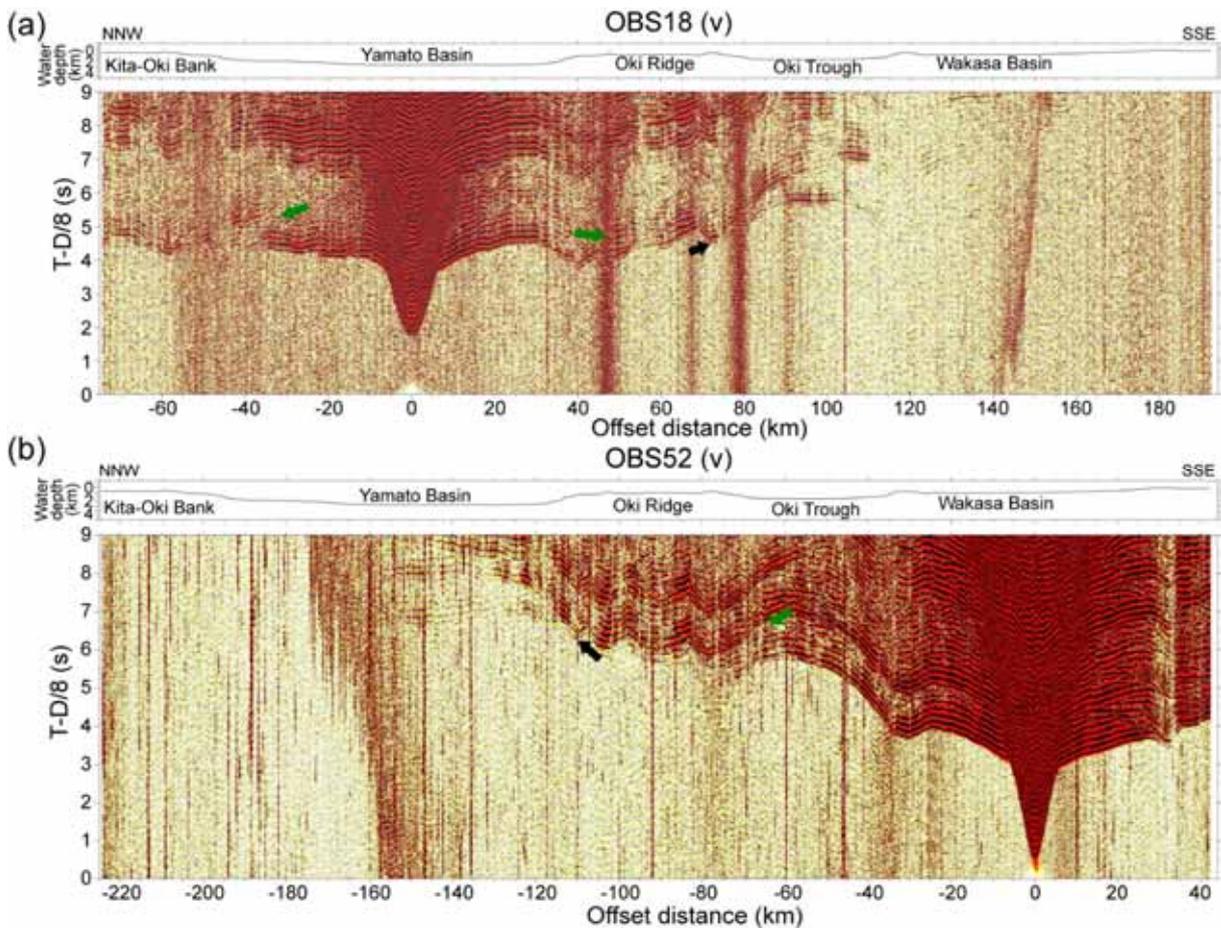


図 7 (a)南部大和海盆に設置した OBS18 の OBS データ。(b)越前岬沖沿岸部に設置した OBS52 の OBS データ。横軸は OBS からの震央距離、縦軸は 8 km/s で補正した走時を示す。黒、緑矢印は、最上部マントルを通過した屈折波 (Pn)、モホ面からの反射波 (PmP) をそれぞれ示している。

図 7 に示した南部大和海盆、越前岬沖沿岸部に設置した OBS のデータでは、堆積層や地殻内、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。大和海盆に設置した OBS18 の南南東側の初動は、起伏に富みながら震央距離約 100 km、北北西側の初動は測線の端まで確認できる(図 7(a))。この OBS の南南東側の震央距離約 70 km からは、最上部マントルを通過した屈折

波 (Pn)、震央距離約 50 km からはモホ面からの PmP が確認できる (図 7(a))。一方、北北西側では、震央距離約 40 km から PmP が確認できる (図 7(a))。沿岸部に設置した OBS52 では、北北西側の初動は、海底地形に対応するよう見かけ速度の変化に富み、震央距離約 140 km まで追跡することができる (図 7(b))。さらに、震央距離約 110 km からは最上部マントルを通過した Pn、震央距離約 70 km からモホ面からの反射波の PmP が確認できる (図 7(b))。北隠岐堆、隠岐海嶺、隠岐トラフ、および若狭海盆に設置した OBS においても、南部大和海盆、越前岬沖沿岸部と同様に堆積層、地殻内、および最上部マントルを通過した屈折波、モホ面からの反射波 (PmP) が確認できる。

次に、すべての OBS のデータより初動走時とモホ面からの反射波走時を読み取った。その後、読みと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²²⁾を行った。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地震探査で得られている地震波速度構造^{23) 24)}を参考にし、堆積層構造のみ前述した本調査による MCS 探査の結果を組み込んで作成した。

暫定的に得られた P 波速度構造イメージを図 8 に示す。得られた速度構造は測線に沿って大きく変化している。

沿岸部から若狭海盆、隠岐トラフにかけての P 波速度分布は、東北日本弧²⁵⁾や朝鮮半島²⁶⁾の速度分布と類似しており、大陸地殻の特徴を持っていることが示唆される (図 8)。さらに海面下深さ約 12 km 程度までの速度分布は不均質に富み、MCS 探査で確認される活断層や活褶曲に対応していることが推測される。この領域の地殻の厚さは能登半島沖の大陸棚部²⁷⁾に比べ、薄くなっていることが推測される (図 9)。

隠岐海嶺、北隠岐堆についても、P 波速度分布は東北日本弧²⁵⁾や朝鮮半島²⁶⁾の分布と類似しており、大陸的な地殻が存在していることが示唆される (図 8)。しかし、地殻全体の厚さは東北日本弧、朝鮮半島より薄くなっている。またこれらの地域では、MCS 探査結果と同様に、活構造を示していると考えられる速度分布の不均質は確認できない。

一方、南部大和海盆の P 波速度分布は、東北日本弧²⁵⁾や朝鮮半島²⁶⁾の分布とは異なり、日本海盆北東部²⁹⁾と同様の典型的²⁸⁾な海洋性地殻の速度分布に近くなっている (図 8)。大和海盆地の地殻は、隣接する隠岐海嶺や北隠岐堆に比べて薄い、日本海盆^{29) 30)}における典型的²⁸⁾な海洋性地殻よりは厚い (図 8)。さらに、大和海盆西部に位置する ODP Leg128 Site797 (図 1) では基盤から玄武岩が掘削されている²⁹⁾。これらのことから、南部大和海盆では日本海盆のような典型的海洋性地殻より厚い海洋性地殻が存在していることが示唆される。この地殻構造の特徴は、能登半島沖や粟島沖の大和海盆の特徴^{24) 27)}と類似している (図 9)。大和海盆内においても、活構造を示していると考えられる速度分布の不均質は確認できない。

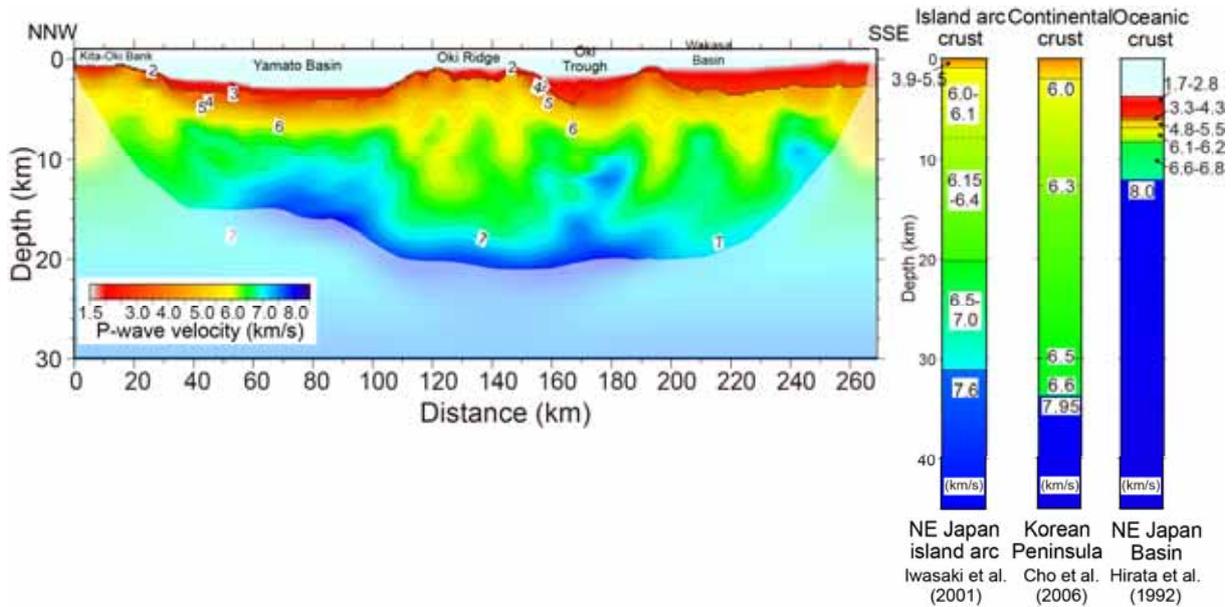


図 8 OBS データで得られた北隠岐堆から南部大和海盆、隠岐海嶺、隠岐トラフ、若狭海盆を経て福井県越前岬沿岸に至る SJ15FK 測線の暫定的な P 波速度構造イメージと、東北日本弧（島弧地殻）²⁵⁾、朝鮮半島（大陸地殻）²⁶⁾、および日本海盆北東部（海洋地殻）³¹⁾ の 1 次元速度構造。

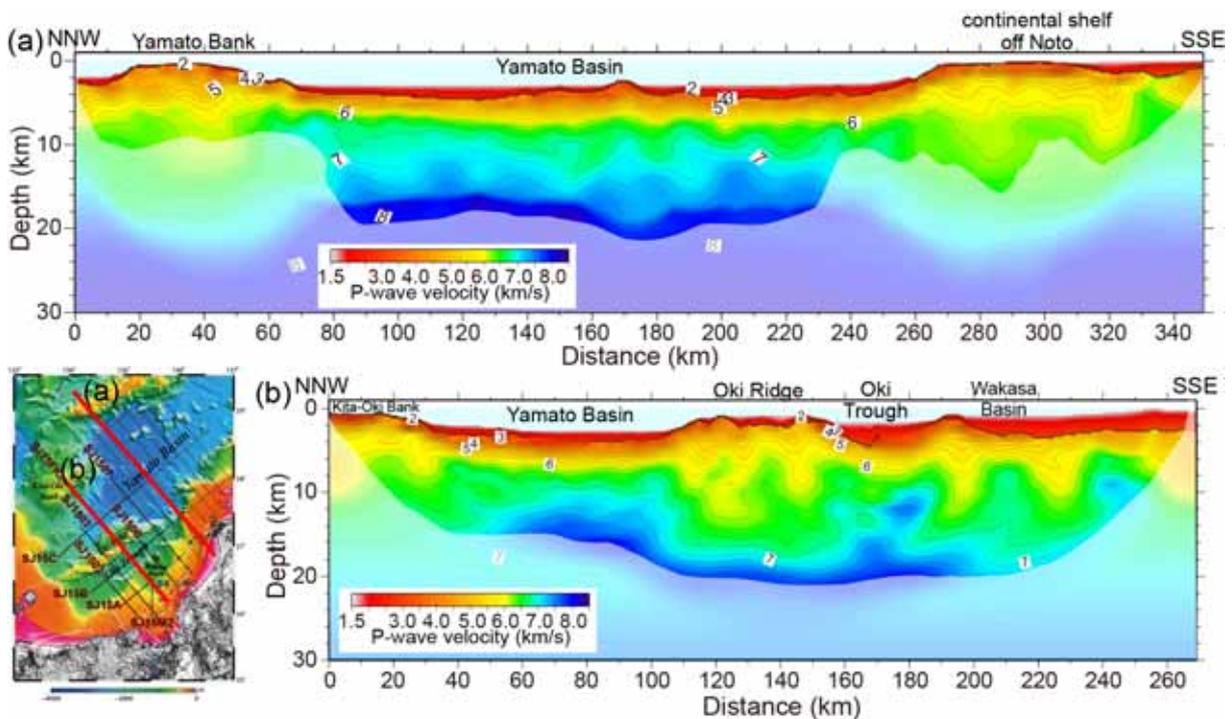


図 9 能登半島沖の P 波速度構造イメージ ²⁷⁾ (a) と福井県越前岬沖の暫定的な P 波速度構造イメージ (b) の比較。

(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

・「若狭湾～縁辺台地・若狭海盆」については、推定されている活断層付近では短縮した構造や基盤の不連続が確認され、特に測線 SJ1506 において、2000 年に発生した石川県西方沖の地震 (M_J 6.1) の余震域付近では逆断層を伴った顕著な背斜の形成が認められる。この逆断層は隠岐トラフ南縁に沿って推定されている震源断層に対応しているとみられるが、測線 SJ15FK では確認できないことから、SJ15FK 付近で途切れている可能性が示唆される。

・「隠岐トラフ～隠岐海嶺」は、基盤形状の起伏が大きく、海底にも現れている海丘も認められるが、前述の通り南縁部を除くと、トラフ内に海底まで達しているような短縮した構造のイメージは得られていない。

・「大和海盆」は、堆積層の中には短縮変形した構造は認められないが、基盤の高まりに沿って、地形が凸状に変化している部分もある。また、基盤下において、地殻内やモホ面に相当する明瞭で連続した反射面は現時点での解析結果からはイメージされていない。

・今後、さらに解析をすすめて、調査海域におけるイメージングの特徴と活構造の関係や他の日本海の地殻構造との比較検討の研究を進める。

2) 海底地震計を用いた地震探査

・福井県越前岬沖沿岸部から若狭海盆、隠岐トラフにかけての領域は大陸地殻的な特徴をもっているが、この領域の地殻は能登半島沖大陸棚よりも薄くなっていることが推測される。さらに海面下深さ約 12 km までの部分においては、速度分布の不均質が大きい。

・隠岐海嶺、北隠岐堆は大陸的な地殻の特徴を持っている。一方、大和海盆では日本海盆のような典型的な海洋地殻より厚い海洋性地殻が存在している。これらの地域では、活構造に対応していると考えられる速度分布の不均質は確認できない。

・今後、初動走時に加えて、モホ面からの反射波 (PmP) 走時も用いたトモグラフィックインバージョン等を行い、より詳細な速度構造分布を求める。

(e) 引用文献

- 1) 三雲健・石川有三：日本海沿岸の地震と広域テクトニクス及び長期的地震予知，地震予知研究シンポジウム，259-269，1987.
- 2) Terakawa, T. and M. Matsu'ura: The 3-D tectonic stress fields in and around Japan inverted from centroid moment tensor data of seismic events, *Tectonics*, Vol.29 (TC6008), doi:10.1029/2009TC002626, 2010.
- 3) 宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子：日本被害地震総覧 599-2012，東京大学出版会，724pp.，2013.
- 4) 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.
- 5) 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，国土交通省，470pp.，2014
- 6) 海洋研究開発機構：海域における既往探査データ等の解析及び統一的断層解釈，海域に

- おける断層情報総合評価プロジェクト平成 26 年度成果報告書, 文部科学省研究開発局・海洋研究開発機構, 29-108, 2015.
- 7) 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 27 年度成果報告書, 2016.
 - 8) Ito K., Y. Umeda, H. Sato, I. Hirose, N. Hirata, T.Kawanaka and T. Ikawa: Deep Seismic Surveys in the Kinki District: Shingu-Maizuru Line, Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, Vol.81, 239-245, 2006.
 - 9) 伊藤潔・廣瀬一聖・澁谷拓郎・片尾浩・梅田康弘・佐藤比呂志・平田直・伊藤谷生・阿部進・川中卓・井川猛: 近畿地方における地殻および上部マントルの構造と地震活動, 京都大学防災研究所年報, 50B, 275-288, 2007.
 - 10) 海洋研究開発機構: 東南海・南海地震の想定震源域におけるプレート形状等を把握するための構造調査研究, 新世紀重点研究創世プラン~リサーチ・レポリビューション 2002~東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究(東南海・南海地震)(日本海溝・千島海溝周辺の海溝型地震)平成 19 年度成果報告書, 文部科学書, 17-32, 2008.
 - 11) Nakanishi, A., S. Kodaira, S. Miura, A. Ito, T. Sato, J.-O. Park, Y. Kido, and Y. Kaneda: Detailed structural image around splay-fault branching in the Nankai subduction seismogenic zone: Results from a high-density ocean bottom seismic survey, J. Geophys. Res., 113, B03105, doi:10.1029/2007JB004974, 2008.
 - 12) 三浦誠一: JAMSTEC における地殻構造探査システムの変遷, JAMSTEC Rep. Res. Dev., Special issue, 81-87, 2009.
 - 13) 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.
 - 14) 野徹雄・平松孝晋・佐藤壮・三浦誠一・千葉達朗・上山沙恵子・吉岐信二・小平秀一: 日本海及びその周辺の地形データの統合と赤色立体地図, JAMSTEC Rep. Res. Dev., 22, 13-29, 2016.
 - 15) 気象庁: 地震月報 (カタログ編) ,
< <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/>> (参照 2016-4-8) , 2016.
 - 16) Tamaki, K., K. Pisciotto, J. Allan, et al.: Proc. ODP, Init. Repts., 127: College Station, TX (Ocean Drilling Program). doi:10.2973/odp.proc.ir.127.1990, 1990.
 - 17) Ingle, J.C., Jr., K. Suyehiro, M.T. von Breyman, et al. : Proc. ODP, Init. Repts., 128: College Station, TX (Ocean Drilling Program). doi:10.2973/odp.proc.ir.128.1990, 1990.
 - 18) 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.
 - 19) 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.
 - 20) Yilmaz, O.: Seismic data analysis: Processing, inversion, and interpretation of seismic data, SEG, 2027pp, 2001.
 - 21) 気象庁地震予知情報課: 石川県西方沖の地震 (2000 年 6 月 7 日 M6.1) , 地震予知連

- 会報, 65, 432-433, 2001.
- 22) Fujie, G., S. Kodaira, M. Yamashita, T. Sato, T. Takahashi, and N. Takahashi: Systematic changes in the incoming plate structure at the Kuril trench, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 88-93, 10.1029/2012GL054340, 2013.
- 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., W. Kato, T. Moriya, A. Hasemi, N. Umino, T. Okada, K. Miyashita, T., Mizogami, T. Takeda, S. Sekine, T. Matsushima, K. Tashiro, H. Miyamachi: 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) Sato, T., T. No, S. Kodaira, S. Miura, T. Ishiyama, H. Sato: Relation between the crustal structure type and the distribution of the crustal deformation in the Japan Sea back-arc basins and its margins, *AGU Fall Meeting Suppl.*, Abstract T31B-2876, 2015.
- 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) Hirata, N., B. Karp, T. Yamaguchi, T. Kanazawa, K. Suyehiro, J. Kasahara, H. Shiobara, M. Shinohara, and H. Kinoshita: Oceanic crust in the Japan Basin of the Japan Sea by the 1990 Japan-USSR expedition, *Geophys. Res. Lett.*, 19, 2027-2030, 1992.
- 30) 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.
- 31) Hirahara, Y., J.I. Kimura, R. Senda, T. Miyazaki, H. Kawabata, T. Takahashi, Q. Chang, B.S. Vaglarov, T. Sato, S. Kodaira: Geochemical variations in Japan Sea back-arc basin basalts formed by high-temperature adiabatic melting of mantle metasomatized by sediment subduction components, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 16, 1324-1347, doi:10.1002/2015GC005720, 2015.

(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
Takeshi Sato, Tetsuo No, Seiichi Miura, Shuichi Kodaira, Hiroshi Sato	Relationship of the crustal structure and its deformation from arc to back-arc basin in the eastern Japan Sea deduced from the seismic survey(ポスター発表)	EGU General Assembly 2015	平成 27 年 4 月 17 日
野徹雄, 佐藤壮, 小平秀一, 三浦誠一, 石山達也, 佐藤比呂志	反射法地震探査から見る能登半島西方沖～大和海盆の地殻構造(口頭発表)	日本地球惑星科学連合 2015 年大会	平成 27 年 5 月 24 日
佐藤壮, 野徹雄, 三浦誠一, 小平秀一, 石山達也, 佐藤比呂志	海底地震計を用いた地震探査による能登半島西方沖・日本海南東部の島弧 背弧海盆域の地殻構造(口頭発表)	日本地球惑星科学連合 2015 年大会	平成 27 年 5 月 27 日
Takeshi Sato, Tetsuo No, Shuichi Kodaira, Seiichi Miura, Tatsuya Ishiyama, Hiroshi Sato	Distribution of crustal structure types and its tectonic implications in the southern part of the Japan Sea back-arc basins deduced from the seismic survey(口頭発表)	The 2015 Workshop of the ILP Task Force on Sedimentary Basins	平成 27 年 10 月 5 日
佐藤壮, 野徹雄, 小平秀一, 三浦誠一, 藤江剛, 石山達也, 佐藤比呂志	地震探査による能登半島西方沖・日本海大和海盆域の地殻構造(口頭発表)	日本地震学会 2015 年秋季大会	平成 27 年 10 月 28 日
野徹雄, 佐藤壮, 小平秀一, 石山達也, 佐藤比呂志	地震探査から見た大和海盆における地殻内反射とモホ面の特徴(ポスター発表)	日本地震学会 2015 年秋季大会	平成 27 年 10 月 28 日
佐藤壮, 野徹雄, 三浦誠一, 高橋成実, 小平秀一	日本海東縁部～南西縁部の地殻構造調査と構造モデル(口頭発表)	日本船舶海洋工学会平成 27 年秋季講演会	平成 27 年 11 月 17 日
Takeshi Sato, Tetsuo No, Shuichi Kodaira, Seiichi Miura, Tatsuya Ishiyama, Hiroshi Sato	Relation between the crustal structure type and the distribution of the crustal deformation in the Japan Sea back-arc basins and its margins(ポスター発表)	2015 AGU Fall Meeting	平成 27 年 12 月 16 日

Tetsuo No, Takeshi Sato, Shuichi Kodaira, Seiichi Miura, Tatsuya Ishiyama, Hiroshi Sato	Crustal structure of the western Yamato Basin, Japan Sea, revealed from seismic survey (ポスター発表)	2015 AGU Fall Meeting	平成 27 年 12 月 16 日
野徹雄, 平松孝晋, 佐藤壮, 三浦誠一, 千葉達朗, 上山 沙恵子, 壺岐信二, 小平秀 一	日本海及びその周辺の地形 データの統合と赤色立体地 図 (論文発表)	Jamstec Report of Research and Development	平成 28 年 3 月 1 日
野徹雄, 佐藤壮, 小平秀一, 新井隆太, 三浦誠一	「日本海地震・津波調査プロ ジェクト」による能登半島西 方沖・若狭湾周辺～大和海盆 西部の地殻構造 (口頭発表)	ブルーアース 2016	平成 28 年 3 月 9 日
佐藤壮, 野徹雄, 小平秀一, 新井隆太, 三浦誠一	日本海・福井県沖隠岐トラフ ～隠岐海嶺～大和海盆の屈 折法・反射法地震探査 (ポス ター発表)	ブルーアース 2016	平成 28 年 3 月 9 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 28 年度業務計画案

京都沖から鳥取沖を中心とした海域において、マルチチャンネル反射法地震 (MCS) 探査および海底地震計 (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、およ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。

