

### 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) 令和元年度
  - 8) 令和2年度
- (e) 平成30年度業務目的

### (2) 平成30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) 令和元年度業務計画案

## (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	三浦 誠一
	特任技術研究員	佐藤 壮
	技術研究員	野 徹雄
	事務副主任	石井 将人
研究推進部 地震津波海域観測研究 開発推進課		

### (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、MCS探査及び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、MCS探査及び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：

兵庫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した。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した。

5) 平成 29 年度 :

1940 年積丹半島地震 (M<sub>J</sub>7.5) 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、震源断層モデルや津波波源モデル作成のために MCS 探査と OBS を用いた地震探査を実施した。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した。なお、一部の測線では海陸統合探査を行い、陸域部から沖合の海域部にかけての地殻全体の構造のデータを取得した。

6) 平成 30 年度 :

1993 年北海道南西沖地震 (M<sub>J</sub>7.8) 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した。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した。なお、一部の測線は海陸統合探査を実施し、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した。

7) 令和元年度 :

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) 令和 2 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 30 年度業務目的

1993 年北海道南西沖地震 (M<sub>J</sub>7.8) 震源域を含む北海道南西沖の沿岸部から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実施し、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。

(2) 平成 30 年度の成果

(a) 業務の要約

平成 30 年度は、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「かいらい」を用いて、震源断層モデルや津波波源モデル作成のために MCS 探査と OBS を用いた地震探査を北海道南西沖にて実施した（図 1）。

MCS 探査の結果、日本海盆東縁部から奥尻海嶺にかけての 1993 年北海道南西沖地震の震源域に対応する領域では、余震が分布している近傍に短縮した構造の発達を確認できた。また、北海道南西沖地震の震源域以外の領域においても、南後志海丘周辺や奥尻海嶺付近にも顕著な短縮した構造が認められる。さらに、日本海盆ではモホ面・最上部マントル・地殻内に明瞭な反射面が得られるのに対して、日本海盆東縁部はモホ面と見られる反射面のイメージが不明瞭になり、短縮した構造と地殻内に東傾斜の反射面が認められる。OBS を用いた地震探査で得られた速度構造の特徴においては、日本海盆側と松前海台北端部から陸側で異なった結果が得られた。

#### (b) 業務の実施方法

調査は、2018 年 4 月 23 日～5 月 19 日の期間、9 測線（測線 SJ1801・SJ1802・SJ1803・SJ1804・SJ1805・SJ1806・SJ1807・SJ1808・SJ1809）で MCS 探査を実施し、そのうちの 1 測線（SJ1808）では OBS を用いた地震探査を行った（図 2）。本調査はサブテーマ 2.3「沿岸海域および海陸統合構造調査」の一部も兼ねており、SJ1808 はこの測線の東延長上で実施されている東京大学地震研究所の「渡島半島横断地殻構造探査」の陸上測線<sup>1)</sup>と統合させた海陸統合構造調査として解析を実施している。

データ取得は、「かいらい」に搭載されている地震探査システムを用いた。震源は Bolt Annular Port Airgun 32 基から構成されたエアガンシステム（総容量 7,800 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 2,000 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 2）。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、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 SPECTRA 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。

OBS を用いた地震探査では、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 成分を装備した速度型のタイプの OBS<sup>2)</sup>を用いた。SJ1808 上に 57 台の OBS を約 5 km 間隔で設置した。回収したすべての 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。

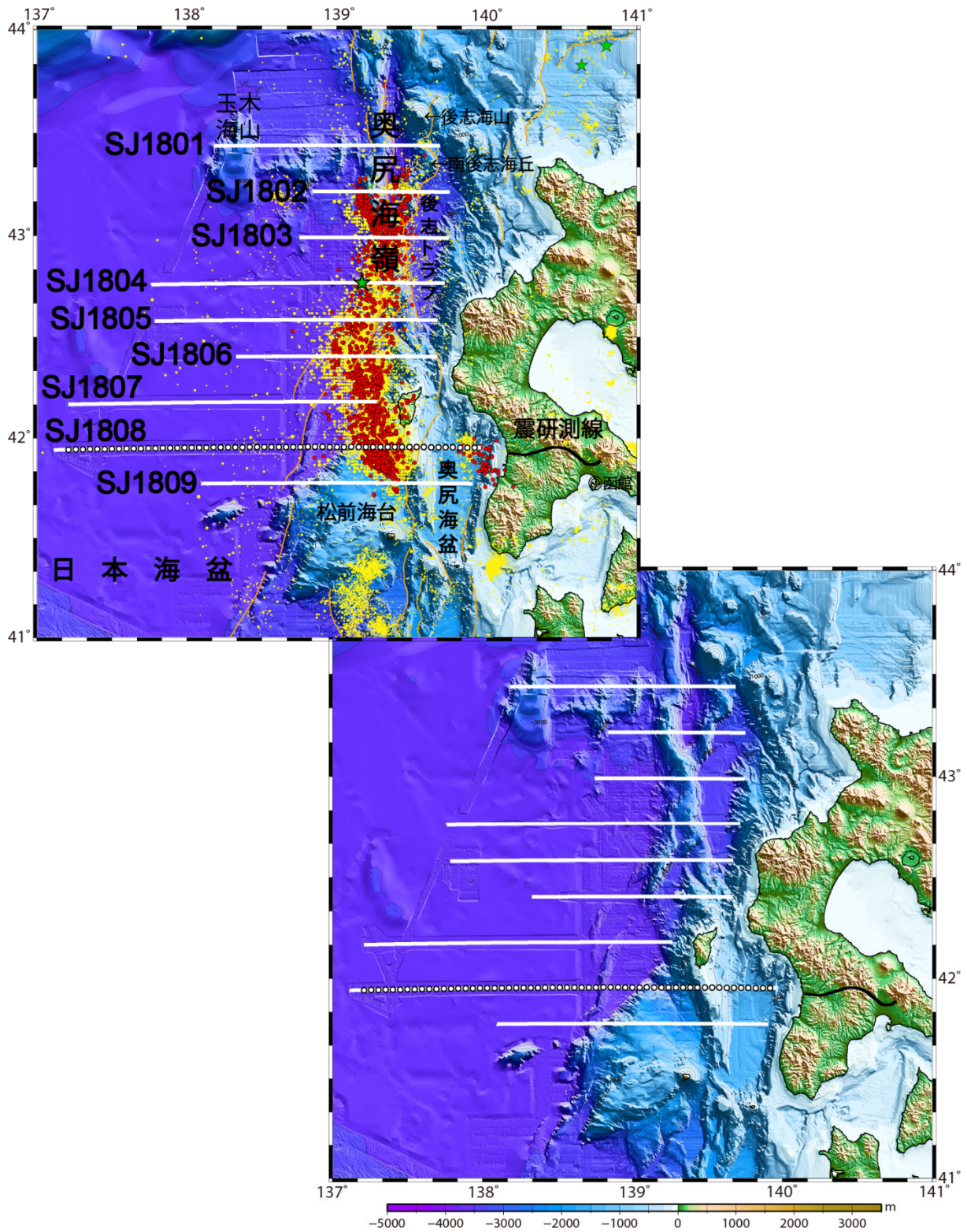


図1 平成30年度に実施した地震探査測線図。上図が震源分布や活断層を含めた測線図、下図が地形図のみの図に重ねた測線図。白線が地震探査測線、丸印がOBS設置点、黒線は東京大学地震研究所が実施した「渡島半島横断地殻構造探査」の測線。星印が1993年北海道南西沖地震(M<sub>J</sub>7.8)の本震の位置<sup>3)</sup>、黄点が1990年～2017年の気象庁による震源分布(M ≥ 1.0、深さ ≤ 50 km)<sup>3)</sup>。赤点が日野・他(1994)による北海道南西沖地震の余震分布<sup>4)</sup>。橙線が岡村(2019)による海底活断層<sup>5)</sup>。



図2 本報告で使用した深海調査研究船「かいれい」の地震探査システムの概要。

(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し、また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、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、データ解析を行った。

まず、OBSを用いた地震探査も実施した SJ1808 の MCS 探査から得られた結果の概略を記す。なお、得られた結果は図3に示し、上図は時間マイグレーション断面、下図はOBSを用いた地震探査で得られたP波速度構造をもとに変換した深度断面である。

まず、測線の西側に位置している日本海盆の結果から記す。この領域は、非常に平坦な海底地形をしており、その下に厚さ2 km程度の堆積層が成層しているが、非常に細かく正断層が入っているイメージが得られている。深さ約6 kmに連続した強振幅の反射面があり、この反射面は基盤にあたる。基盤下のイメージが非常に特徴的であり、まず深さ13 km前後にイメージされている強い連続した反射面は、深度的に地殻-マンツルの境界のモホ面と考えられる。これまで日本海で探査してきた中でここまで明瞭にモホ面がイメージされたことは初めてである。さらに、基盤とモホ面の中の地殻内にも深さ10 km前後に連続した反射面が認められ、その反射面の浅部ではコヒーレントな反射面が多くイメージされている。深さ10 km前後の反射面とモホ面の間では、一部モホ面まで達している反

射面がいくつか得られているが、相対的に反射面が少ないイメージになっている。さらに、モホ面下にも反射面が同定でき、CMP24000 付近で、深さ 20 km くらいのところに反射体がイメージされている。この反射体の上に位置しているモホ面は、他のモホ面と比べるとイメージが相対的に弱くなっている。

日本海盆の東縁部になると、短縮した構造が海底地形・堆積層中に認められる (CMP16000 付近 [図 3])。東傾斜の逆断層によって形成された非対称な背斜となっており、それに接続する東傾斜の反射面がモホ面近傍まで連続的にイメージされている。また、モホ面の深度はこの付近から深くなり始め、CMP14000 付近ではっきりイメージされなくなる。地殻内の反射面に関しても同様で、短縮した構造が確認され始めると、それより東側ではイメージされなくなる。

日本海盆東縁部から奥尻海嶺にかけては松前海台の北端に位置するが、正断層と逆断層のイメージが確認できる。大きな特徴として、奥尻海嶺西斜面においては、基盤面が東に下がっていきながら、不明瞭になっていく。海底面から基盤面の間層厚は奥尻海嶺に向かって厚くなっている (図 3・図 4)。この奥尻海嶺西斜面は北海道南西沖地震震源域に位置し、奥尻島西方沖に設置した OBS の記録のみを用いた震源再決定の研究では、奥尻島へ向かって西傾斜した震源分布となっている<sup>6)</sup>。また、JAMSTEC が実施した有人潜水調査船「しんかい 2000」・「しんかい 6500」や無人探査機「ドルフィン-3K」や深海曳航調査システム「ディープ・トウ」による露頭調査<sup>7),8)</sup>による結果の一例として、SJ1808 付近に亀裂や噴砂、バクテリアマット、新しい斜面崩壊堆積物が確認でき、地形上の変換点に沿って分布していることも認められる<sup>9)</sup>。さらに最近の研究では、以前の音波探査の断面を再解釈した結果から、奥尻島西方沖における西傾斜の余震分布<sup>6)</sup>の上方延長部にこれと調和的な撓曲構造を数十 km にわたって見出したと報告されている<sup>10)</sup>。今回の MCS の結果と青柳・他 (1998)<sup>6)</sup>の結果を重ねた結果 (図 4) をみると、MCS によるイメージにおいて基盤面のイメージが弱くなる部分と余震分布の傾斜方向は対応している。この部分を海底面へ延長すると、岡野・他 (1995)<sup>9)</sup>が地形・露頭上の変換点や森・他 (2019)<sup>10)</sup>で指摘している断層の位置に近接している。今回の結果は海底の露頭観察や浅部の構造と余震が分布している間の構造をイメージングしており、これらの先行研究をつなぐ結果となっている。さらに、北海道南西沖地震の震源断層モデルに関しても、例えば Tanioka et al. (1995)<sup>11)</sup>では 5 つのセグメントに分けており、SJ1808 が位置する南側のセグメントは北西-南東方向の走向で西へ傾斜したモデルが推定され、この結果とも整合的である。一方、奥尻島は地震時に沈降しているが第四紀の間には隆起していた<sup>12)</sup>ので、奥尻島を隆起させる東傾斜の逆断層の形成が奥尻島西方沖には想定されるが、その点については今後の解析・解釈によって検討を進める。また、奥尻海嶺の部分は、堆積層が溜まっておらず、比較的海底面も平坦であるが、奥尻海嶺の東斜面から奥尻海盆にかけては、東傾斜の逆断層に伴う短縮した背斜がいくつか確認できる (図 3)。

SJ1808 以外の 8 測線の MCS 探査の結果は図 5・6 に示した。まず日本海盆に関しては SJ1808 (図 3) で確認されたモホ面 (図 3 の M)、地殻内反射面 (図 3 の B と M の間にイメージされている反射面。例えば図 3 の C)、最上部マントルでの反射体 (図 3 の R) のイメージとほぼ同様の結果が SJ1804~1807 で確認できるが、SJ1802・1803・1809 では明瞭に確認できない。堆積層の層厚は SJ1802 と SJ1803 は SJ1804 より南側の測線と比

べると相対的に小さくなっていく。SJ1801 は他の測線とは異なり、奥尻海嶺から西側の領域は玉木海山までの南北走向と東西走向の地形がクロスしている特異な地形を横切っているため、日本海盆を横切っている他の測線とは異なり、起伏のある地形と基盤面がイメージされ、基盤下には明瞭な反射面が確認できない。日本海盆東縁部の東傾斜の逆断層を伴った短縮した構造は SJ1807 (CMP5000~7000 付近) と SJ1809 (CMP16500 付近) で確認でき、SJ1807 では基盤下に東傾斜の反射面も確認できる。さらに、SJ1805 (CMP6500 付近) と SJ1806 (CMP7500 付近) では北海道南西沖地震の北東-南西方向の余震とも対応し、背斜構造がイメージされている。これらの短縮構造は、北東-南東方向の走向で分布している活断層に対応しているとみられ<sup>5),10)</sup>、今回の調査海域の南方に位置する 2012 年度実施の「ひずみ集中帯重点的調査・観測研究」における MCS 探査測線の結果でも地殻内に東傾斜の反射面が確認できる<sup>13)</sup>。日本海盆東縁部から奥尻海嶺にかけての北海道南西沖地震の震源域に対応する領域に関しては、SJ1802~1807 では余震が分布している近傍に短縮した構造の発達を確認できる(SJ1802 の CMP7000 付近、SJ1803 の CMP5000 付近、SJ1804 の CMP6000 付近、SJ1805 の CMP6500、SJ1806 の CMP7500 付近、SJ1807 の CMP2000 付近)。北海道南西沖地震の震源断層モデル<sup>11)</sup>では、セグメントによって走向や傾斜方向・角度が異なっていることが推定されているので、震源分布や露頭調査等の先行研究との対応を考慮しながら、今後これらの短縮した構造と北海道南西沖地震の震源断層の関係についての研究を実施する。北海道南西沖地震の震源域以外の領域に関しては、南後志海丘周辺(SJ1801 の CMP1500 付近、SJ1802 の CMP3500 付近)や奥尻海嶺(SJ1801 の CMP5000 付近、SJ1805 の CMP3000 付近、SJ1806 の CMP2000 付近、SJ1809 の CMP3500 付近)にも顕著な短縮した構造が認められる。



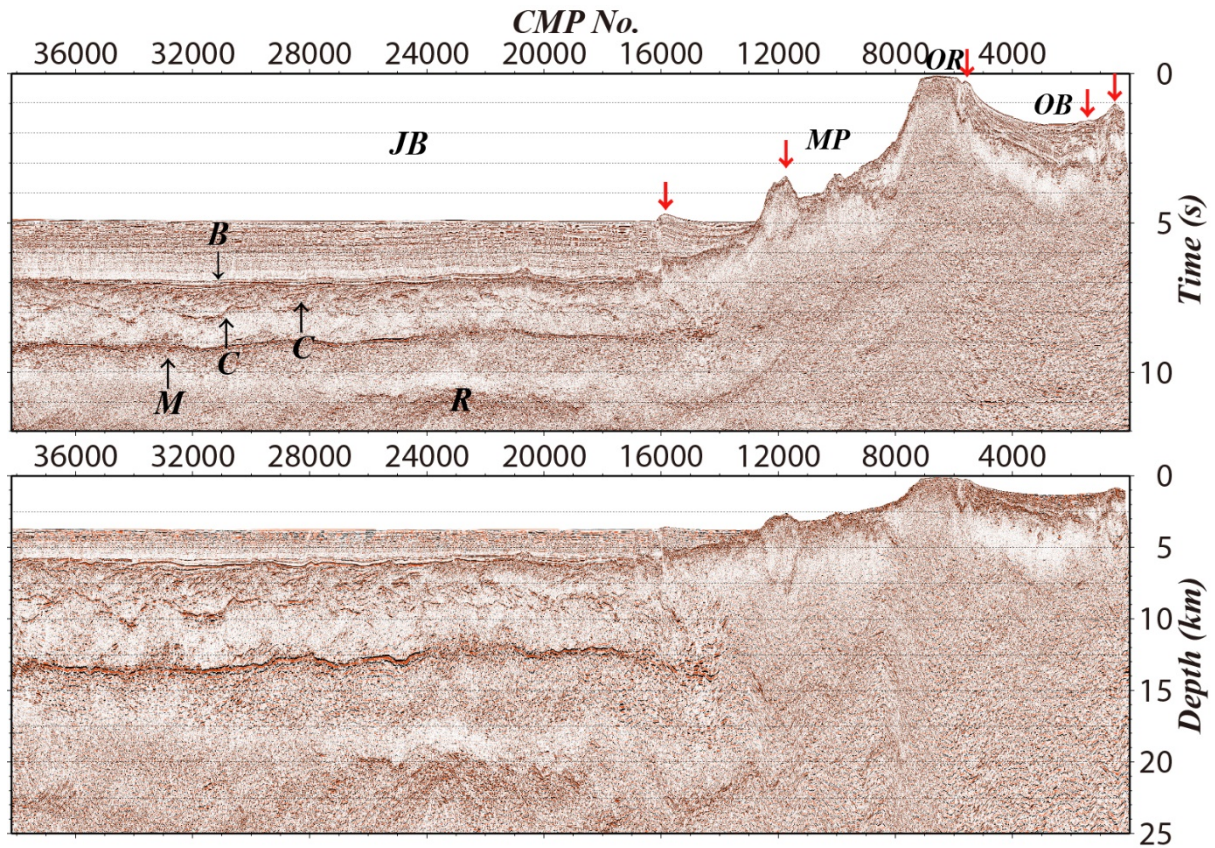


図 3 測線 SJ1808 における MCS 探査の暫定的な解析結果。上図が時間マイグレーション断面、下図が深度断面である。4000 CMP (Common Mid Point) = 25 km。OR : 奥尻海嶺、JB : 日本海盆、OB : 奥尻海盆、MP : 松前海台。B : 基盤面 (堆積層の底)、M : モホ面、R : 最上部マンツルの反射体、C : 地殻内反射面 (B と M の間にイメージされている反射面)。赤矢印が背斜の位置を示す。

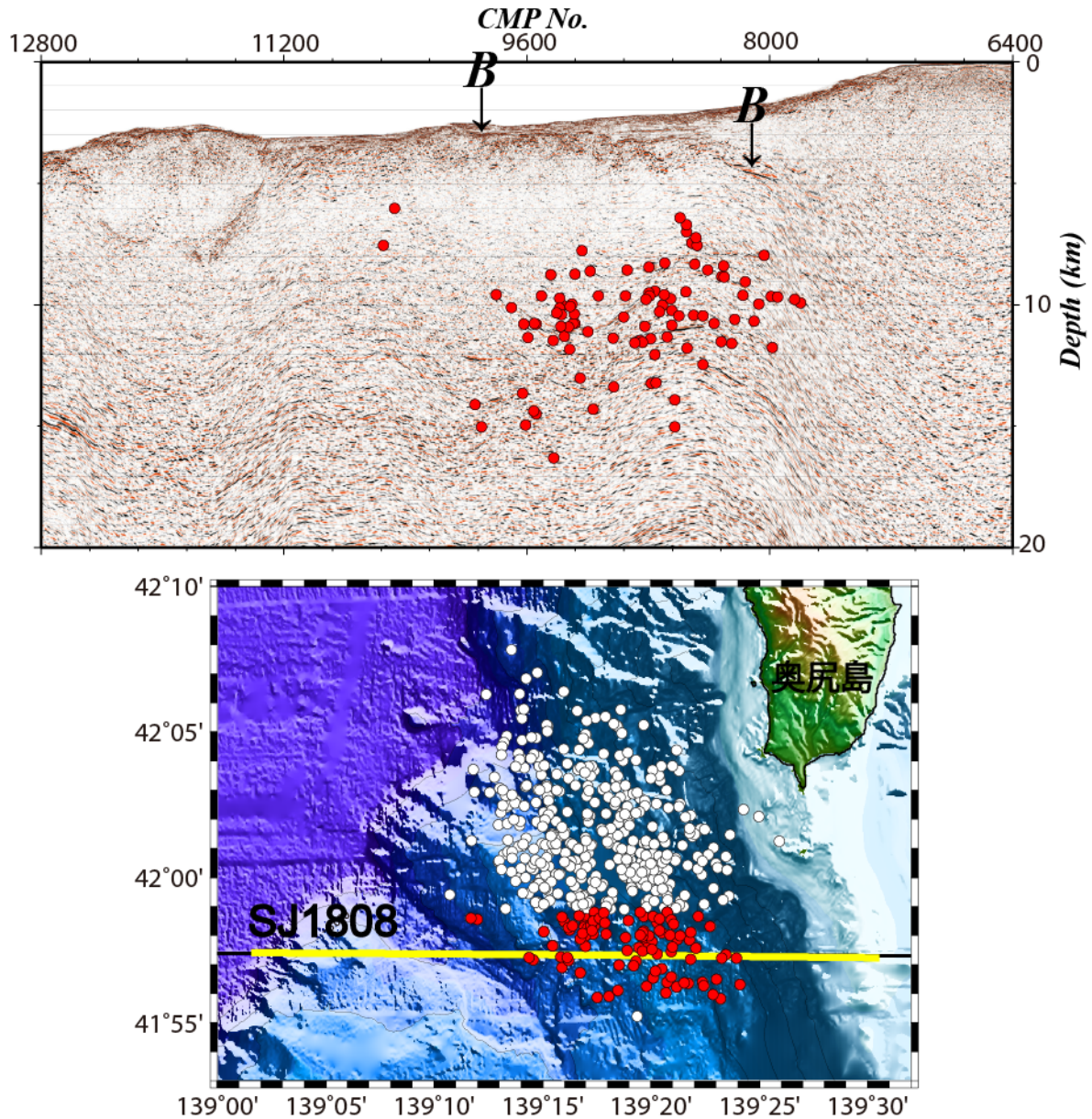


図4 [上図] 測線 SJ1808 における MCS 探査の深度断面と青柳・他 (1998)<sup>5)</sup> による北海道南西沖地震の余震分布の比較。下図の赤点を断面図上にプロットしている。1600 CMP=10 km。[下図] 青柳・他 (1998)<sup>5)</sup> による北海道南西沖地震の余震分布。赤点が測線 SJ1808 から 3 km 以内の距離に決まっている震源。白点が赤点以外の青柳・他 (1998)<sup>5)</sup> の震源。B: 基盤面 (堆積層の底)。

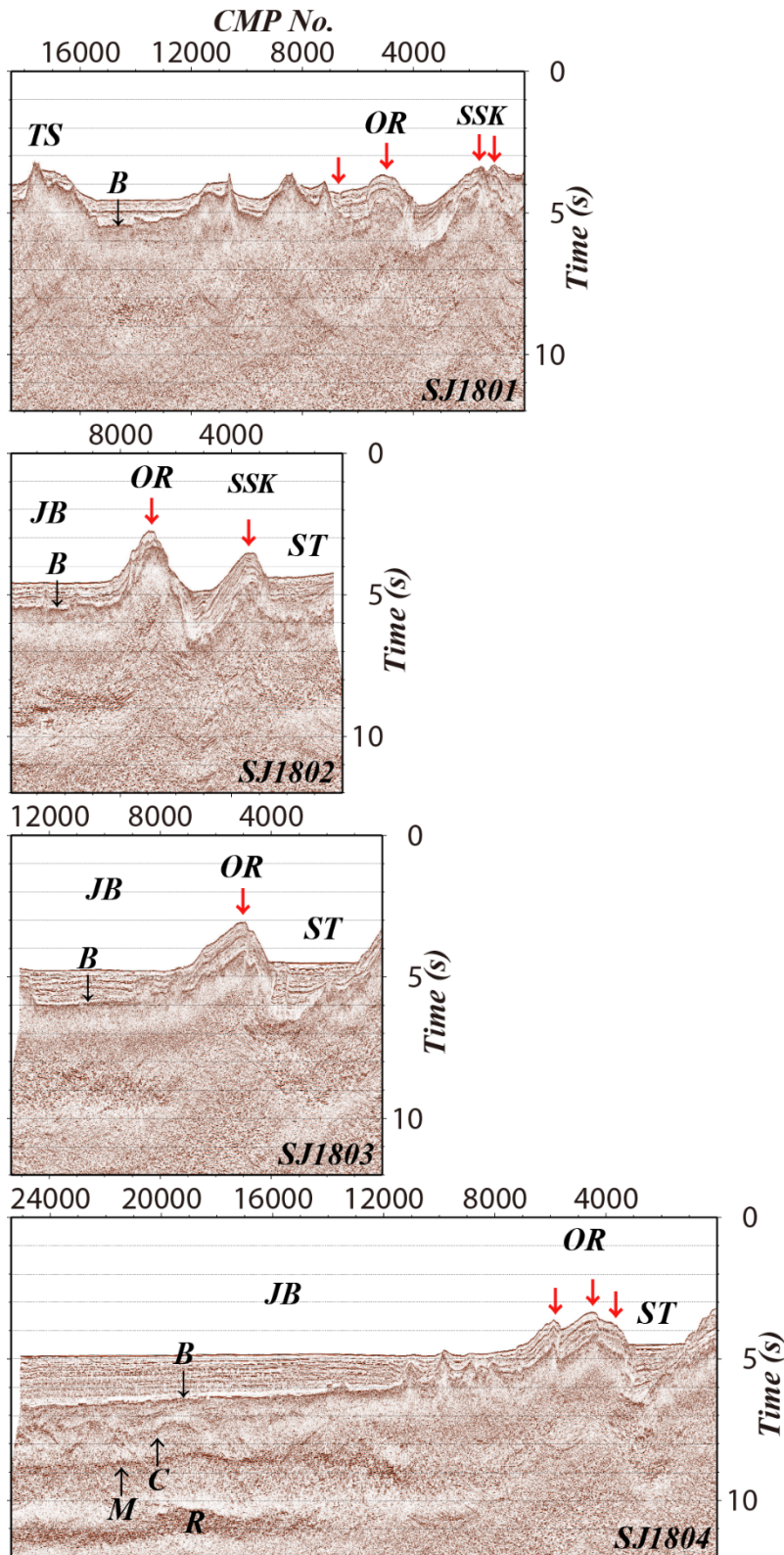


図5 測線 SJ1801~SJ1804 の MCS 探査の暫定的な解析結果による時間マイグレーション断面。4000 CMP=25 km。OR：奥尻海嶺、JB：日本海盆、ST：後志トラフ、TS：玉木海山、SSK：南後志海丘。B：基盤面（堆積層の底）、M：モホ面、R：最上部マンツルの反射体、C：地殻内反射面（BとMの間にイメージされている反射面）。赤矢印が背斜の位置を示す。

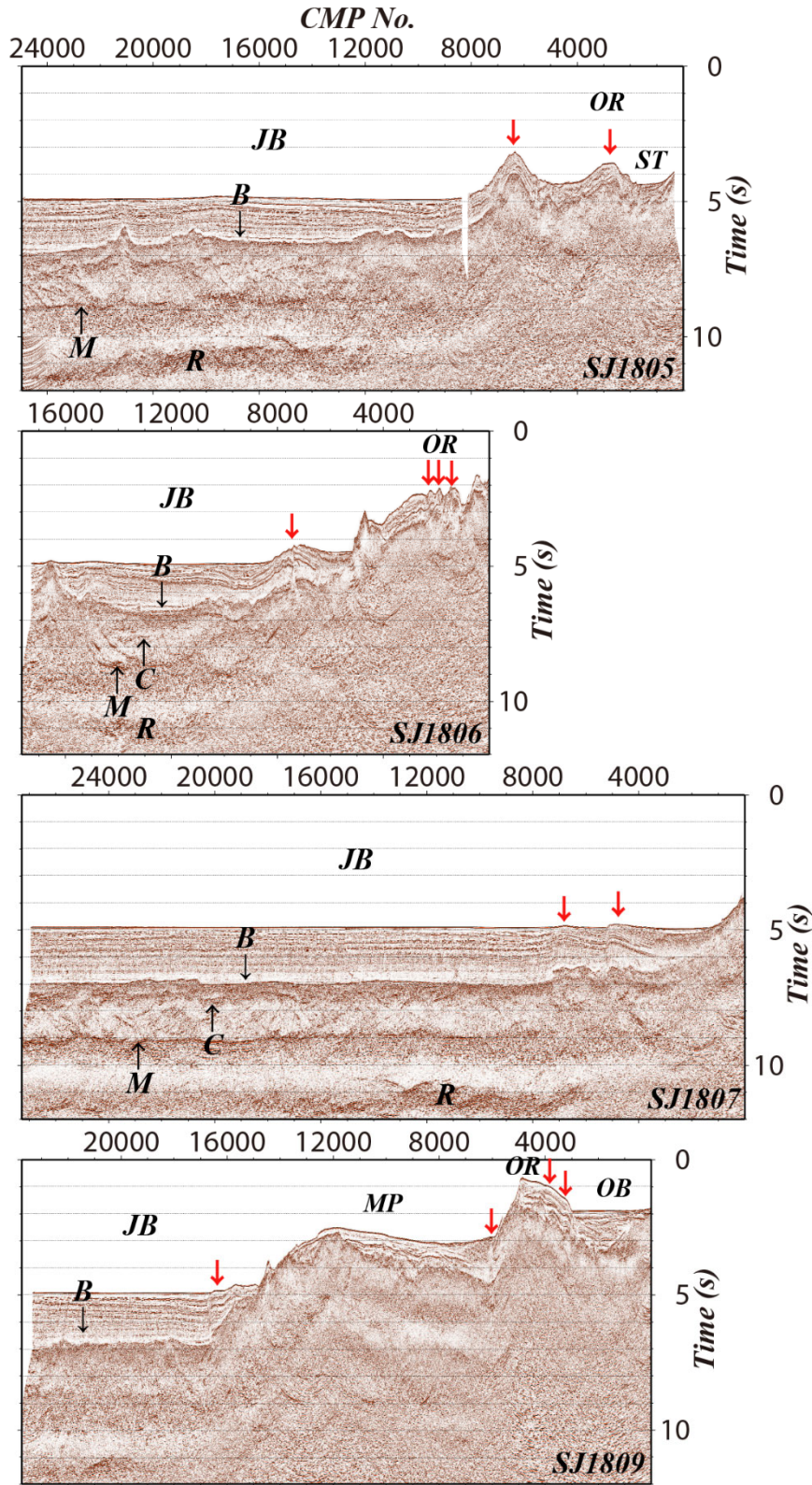


図6 測線 SJ1805～SJ1809 の MCS 探査の暫定的な解析結果による時間マイグレーション断面。4000 CMP=25 km。OR：奥尻海嶺、JB：日本海盆、ST：後志トラフ、OB：奥尻海盆、MP：松前海台。B：基盤面（堆積層の底）、M：モホ面、R：最上部マンツルの反射体、C：地殻内反射面（B と M の間にイメージされている反射面）。赤矢印が背斜の位置を示す。

## 2) 海底地震計を用いた地震探査

OBS を用いた地震探査では、以下の解析を行い、SJ1808 の地震波速度構造イメージを求めた。

OBS は船上から自由落下にて海底に設置するため、OBS の着底位置が不明である。そこで、「かいらい」搭載の Super Short Baseline (SSBL) 音響測位システムのデータを初期値として、OBS 近傍（震央距離 3 km 以内）のエアガン発震に関する水中直達波の走時データを用いた最小二乗法により 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、SJ1808 上の日本海盆に設置した OBS02、奥尻海嶺に設置した OBS48 を図 7 に示す。

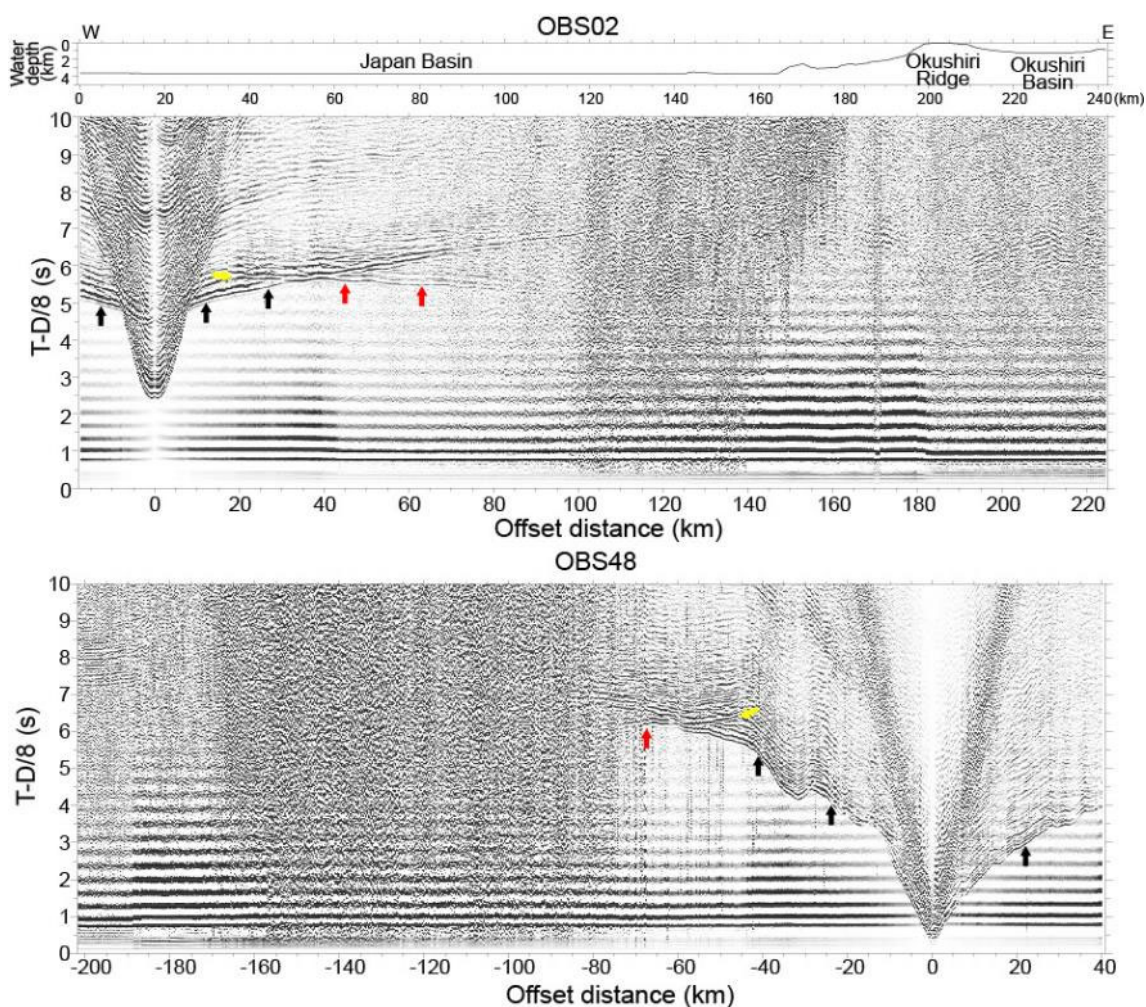


図 7 日本海盆に設置した OBS02（上）、奥尻海嶺に設置した OBS48（下）の OBS データ。横軸は OBS からの震央距離、縦軸は 8 km/s で補正した走時を示す。黒、赤、黄矢印は、地殻内を通過した屈折波（Pg）、最上部マントルを通過した屈折波（Pn）、モホ面からの反射波（PmP）をそれぞれ示している。

図 7 に示した OBS のデータでは、堆積層や地殻内を通過した屈折波（Pg）（図 7：黒矢印）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）（図 7：黄矢印）

印) や最上部マントルを通過した屈折波 ( $P_n$ ) (図 7: 赤矢印) も確認できる。日本海盆に設置した OBS02 の東側の初動は震央距離約 80 km まで確認でき、震央距離約 35 km までは  $P_g$ 、震央距離約 35 km からは  $P_n$  として確認できる (図 7 上図)。震央距離約 20 km から  $P_mP$  と推定されるやや振幅の強い相も確認できる。奥尻海嶺に設置した OBS48 の西側では、初動は海底地形に対応するように変化し、震央距離約 80 km まで追跡が可能である (図 7 下図)。震央距離約 50 km からは  $P_mP$  と推定されるやや振幅の強い相が確認でき、震央距離約 65 km から振幅が弱い  $P_n$  と考えられる相が確認できる。(図 7 下図)。

次に、OBS で記録されたエアガン発震の初動走時と  $P_mP$  の走時、東京大学地震研究所が陸上に設置した地震計で記録された屈折法地震探査での陸上パイプロサイズ発震<sup>1)</sup>と海上探査のエアガン発震の初動走時を読み取り、これらの走時と SJ1808 にて実施した MCS 探査の記録断面から読み取った基盤の往復走時を用いて、トモグラフィックインバージョン<sup>14)</sup>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日本海盆南縁部～沿岸部で行われた地震探査で得られている地震波速度構造<sup>15)</sup>を参考にして作成した。

暫定的に得られた SJ1808 の P 波速度構造イメージとチェッカーボードテストの結果を図 8 に示す。

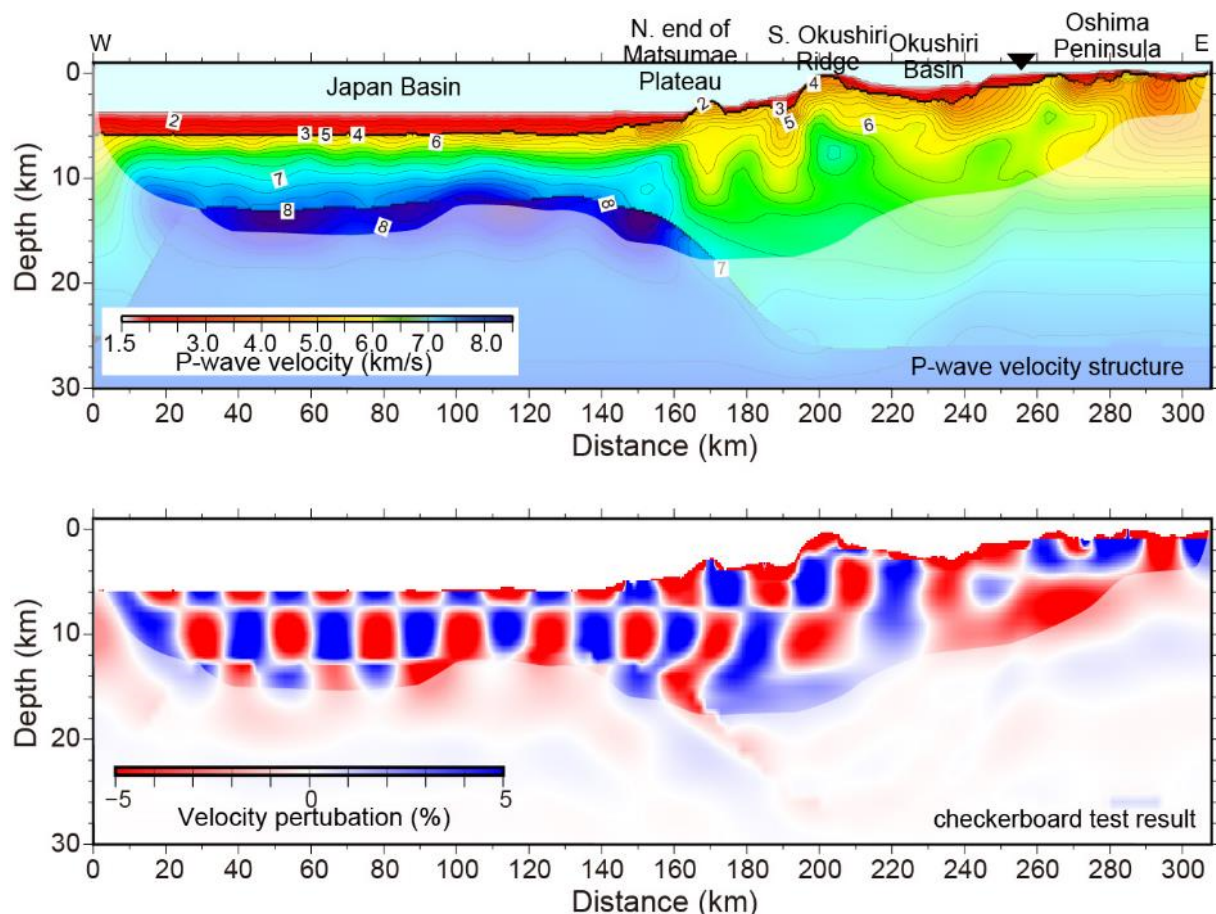


図 8 OBS データで得られた日本海盆から松前海台北端、奥尻海嶺、奥尻海盆、渡島半島に至る測線 SJ1808 と陸上探査測線<sup>1)</sup>を併せた海陸統合探査の暫定的な P 波速度構造イメージ (上) とチェッカーボードテスト結果 (下)。逆三角は海岸線の位置を示す。

得られた速度構造イメージより、日本海盆地と松前海台北端から陸側の領域（松前海台北端～奥尻海嶺～奥尻海盆～渡島半島）において、地殻の厚さや速度構造の特徴が大きく異なっている。日本海盆地は、堆積層を除いた地殻が約 7 km の厚さで、この厚さや P 波速度分布は標準的な海洋性地殻<sup>16)</sup>と同じ特徴を持ち、日本海盆地北東部や南縁部の地殻構造<sup>15),17)</sup>に類似している。松前海台北端より陸側の奥尻海嶺～奥尻海盆の速度構造は海面下深さ約 15 km までしか詳細に求まっていないが、朝鮮半島の大陸性上部地殻に対応する P 波速度 5.4～6.2 km/s の部分<sup>18)</sup>が厚く分布し、朝鮮半島や東北日本弧の速度分布<sup>18),19)</sup>に類似している。これらのことは、松前海台北端から陸側の領域では大陸性地殻の特徴を持っていることを示唆している。奥尻海嶺の地殻構造の特徴は、平成 29 年度に実施した北海道北西沖で得られた厚い海洋性地殻をもつ北部奥尻海嶺<sup>20)</sup>の結果と異なっている。さらに、この領域の速度分布は、日本海盆地に比べて不均質に富み、MCS 探査の結果で確認された短縮変形を示す部分に対応して、速度分布が周りに比べて変化しているように見える。

#### (d) 結論ならびに今後の課題

- ・北海道南西沖において、JAMSTEC 深海調査研究船「かいれい」を用いて、MCS 探査と OBS を用いた地震探査を実施した。
- ・MCS 探査の結果、日本海盆地ではモホ面・最上部マントル・地殻内に明瞭な反射面が得られた。また、日本海盆地東縁部はモホ面と見られる反射面のイメージが不明瞭になり、その領域では短縮した構造と地殻内に東傾斜の反射面が認められる。
- ・日本海盆地東縁部から奥尻海嶺にかけての北海道南西沖地震の震源域に対応する領域では、余震が分布している近傍に短縮した構造の発達が確認できる。また、SJ1808 では MCS による基盤面のイメージが弱くなる区間の傾斜方向と北海道南西沖地震の余震分布<sup>5)</sup>の傾斜方向は対応している。
- ・北海道南西沖地震の震源域以外の領域では、南後志海丘周辺や奥尻海嶺付近にも顕著な短縮した構造が認められる。
- ・今後、調査海域の地殻構造に関する詳細な理解と震源断層モデルの構築へ向けて、MCS データの解析をさらに進展させて、イメージングの最適化を進める。
- ・OBS を用いた地震探査の結果、日本海盆地と松前海台北端の境界部を境にして、地殻構造は大きく異なり、日本海盆地では海洋性地殻、松前海台北端部から陸側の領域（奥尻海嶺、奥尻海盆、渡島半島）では大陸性地殻の特徴を持っている。松前海台北端部から陸側の速度分布は不均質に富み、MCS 探査の結果で確認できている短縮変形を示す部分に対応して、速度分布が周りに比べて変化しているように見える。

#### (e) 引用文献

- 1) 東京大学地震研究所：沿岸海域および海陸統合構造調査，平成 30 年度「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書，文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所，本報告書。
- 2) 林田政和，浜本文隆，田中喜年，松本正純：大東海嶺群における精密地殻構造調査，海洋情報部技報，23, 33-45, 2005.

- 3) 気象庁：地震月報（カタログ編），  
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/>（参照 2019-3-31），2019.
- 4) 日野亮太，金沢敏彦，末広潔，佐藤利典，島村英紀：海底地震計群列による 1993 年北海道南西沖地震の余震分布，月刊海洋号外，7，35-42，1994.
- 5) 岡村行信：日本海における活断層の分布と今後の課題，地震 2，71，185-199，2019.
- 6) 青柳恭平，篠原雅尚，海宝由佳，堀田宏，末広潔：デジタル海底地震計による 1993 年北海道南西沖地震余震域南部における精密な震源分布，地震 2，50，451-459，1998.
- 7) 海洋科学技術センター：北海道南西沖地震震源域の海底変動調査と余震観測，地震予知連会報，53，91-106，1995.
- 8) Takeuchi, A. and Shipboard Scientific Party of R/V Yokosuka, Japan Sea Cruise: Bottom response to a tsunami earthquake: Submersible observations in the epicenter area of the 1993 earthquake off southwestern Hokkaido, Sea of Japan, *Jour. Geophys. Res.*, 103, 24109-24125, 1998.
- 9) 岡野肇，藤岡換太郎，田中武男，竹内章，倉本真一，徳山英一，徐垣，加藤茂：北海道南西沖地震直後の海底，JAMSTEC 深海研究，11，379-394，1995.
- 10) 森宏，阿部信太郎，青柳恭平，大上隆史：1993 年北海道南西沖地震震源域南部の地質構造と震源断層の関係，地震 2，71，233-241，2019.
- 11) Tanioka, Y., K. Satake, and L. Ruff: Total analysis of the 1993 Hokkaido Nansei-Oki Earthquake using seismic wave, tsunami, and geodetic data, *Geophysical Research Letters*, 22, 9-12, 1995.
- 12) 太田陽子：海成段丘からみた奥尻島の第四紀地殻変動の傾向と 1993 年地震の例外性，月刊海洋号外，7，70-73，1994.
- 13) 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，JAMSTEC Rept. Res. and Dev., 19, 29-47, 2014.
- 14) 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.
- 15) 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.
- 16) 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.
- 17) 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.
- 18) 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.

- 19) 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.
- 20) 海洋研究開発機構: 沖合構造調査, 平成 29 年度「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書, 文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所, 2018.

(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
佐藤壮, 野徹雄, 小平秀一, 三浦誠一, 石山達也, 佐藤比呂志	地震探査による日本海北部・北海道北西沖～石狩湾の島弧-背弧海盆域の地殻構造 (口頭発表)	日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (千葉市)	平成 30 年 5 月 22 日
野徹雄, 佐藤壮, 小平秀一, 三浦誠一, 石山達也, 佐藤比呂志	「かいめい」による北海道西方沖での反射法地震探査 (ポスター発表)	日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (千葉市)	平成 30 年 5 月 23 日
佐藤壮, 野徹雄, 三浦誠一, 小平秀一	マルチビーム音響測深機で得られた海底地形と DEM の統合データを用いた海底地形イメージング—日本海を例にして— (論文発表)	日本リモートセンシング学会誌	平成 30 年 7 月 20 日
Tetsuo No, Takeshi Sato, Shuichi Kodaira, Ryuta Arai, and Seiichi Miura	Multichannel seismic reflection data from the southern part of the Japan Sea (論文発表)	JAMSTEC Report of Research and Development	平成 30 年 9 月 1 日
佐藤壮, 野徹雄, 小平秀一, 三浦誠一, 石山達也, 佐藤比呂志	地震探査による日本海・北海道西方沖～石狩平野海陸境界域の地殻構造 (口頭発表)	日本地震学会 2018 年度秋季大会 (郡山市)	平成 30 年 10 月 10 日
野徹雄, 佐藤壮, 小平秀一, 三浦誠一, 石山達也, 佐藤比呂志	1993 年北海道南西沖地震震源域～日本海盆での地殻構造探査 (ポスター発表)	日本地震学会 2018 年度秋季大会 (郡山市)	平成 30 年 10 月 10 日
野徹雄, 佐藤壮, 小平秀一, 清水賢, 横田哲也, 下村典生, 瀧澤薫, 鶴哲郎, 三浦誠一	石狩沖における OBN を用いた地震探査 (口頭発表)	物理探査学会第 139 回学術講演会 (富山市)	平成 30 年 10 月 22 日
佐藤壮, 野徹雄, 小平秀一	地震探査による北海道沖日本海の地殻構造 (口頭発表)	日本地質学会つくば特別大会	平成 30 年 12 月 1 日

	表)	(つくば市)	
Takeshi Sato, Tetsuo No, Ryuta Arai, Seiichi Miura, Shuichi Kodaira	Seismic structure in the transition from continental rifting to back-arc basin opening in the southeastern Japan Sea back-arc basin (ポスター発表)	2018 American Geophysical Union Fall meeting (ワシントン D.C.)	平成 30 年 12 月 12 日
野徹雄, 佐藤壮, 佃薫, 寺田育正, 前川拓也, 森誠一, 芹澤皇子, 西條暁里, 坂本衣里, 三浦誠一, 小平秀一	自己浮上型海底地震計の浮上姿勢の改善による調査の効率化 (論文発表)	海洋理工学会誌	平成 30 年 12 月 28 日
佐藤壮, 野徹雄, 三浦誠一, 小平秀一	「日本海地震・津波調査プロジェクト」による北海道南西沖の地殻構造調査 (ポスター発表)	ブルーアースサイエンス・テク 2019 (横浜市)	平成 31 年 2 月 20 日
野徹雄, 佐藤壮, 小平秀一, 佃薫, 寺田育正, 前川拓也, 清水賢, 横田哲也, 畠山清, 三浦誠一	沿岸域での海底地震計の展開に関する取り組みと課題 (ポスター発表)	ブルーアースサイエンス・テク 2019 (横浜市)	平成 31 年 2 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) 令和元年度業務計画案

山形沖から北海道西方沖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や津波波源モデル作成のための基礎資料とする。