

白嶺丸による北海道南西沖地震 震源域の海底地質調査

岡村 行信¹⁾

1. はじめに

地質調査所海洋地質部では1989年から5年計画で新潟県から青森県沖の日本海沿岸大陸斜面域の海底地質調査を行ってきた。調査には地質調査船白嶺丸(金属鉱業事業団所有, 1831トン)を用い, 毎年6月下旬から7月末までの40日間の航海を行っている。このプロジェクトの一つの目的は, この海域の海底地質図および海底堆積図を作成して出版することであるが, もう一つの目的はこの海域の活構造の性質を明らかにすることである。今年はこのプロジェクトの最終年度にあたり, 最後のデータ収集と今までの調査で浮かび上がったいくつかの新たな疑問を解決するため, 6月21日から40日間の航海に出発していた。

2. 地震発生

前半の調査は7月9日で終えて一旦新潟港に入り, 一部の研究員を入れ替えて12日から後半の航海が始まった。その夜は13日から始める予定であった秋田沖の調査地点に向けて, シングルチャンネルの音波探査を行ないながら北に走っていた。夜の11時前, ブリッジにいる当直の航海士から津波警報の発令を知らされ, さっそくテレビのスイッチを入れると, 日本海の北部で強い地震があり広範囲に津波警報が発令されていた。その後震源は奥尻島の近くらしいことがわかる。船内では震源域の調査をするべきだという声が出てくる。特に今年入所した倉本君は奥尻海嶺の研究をしてきたこともあって, 行く気まんまんである。偶然ながら, 岸本氏が海底

地震計の準備をこの日からはじめていた。そういえば, 昨年の航海でも彼が海底地震計を設置してすぐに三陸沖で地震が起こった。この地震計を震源域に今すぐに設置すれば, 貴重な余震のデータが取れるはずである。しかしながら, 20日までの乗船予定で多くの研究員が秋田沖の堆積物の研究のために乗船しており, それら調査予定をすべてキャンセルすることは出来ない。さっそく奥尻島までの距離を調べ往復に要する時間を出してみる。同時に, 20日までの調査計画をどこまで切り詰められるか考えてみると, 2日間ほどなら比較的少ない計画の変更で済みそうである。震源は半日で行ける距離にあり, 海底地震計も準備できつつある。そしてこのプロジェクトの目的の一つは, 地震と活構造の関係を明らかにすることで, この5年間, 東北沖の日本海でいろんなことを考え調査してきた。その成果を生かす絶好の機会でもある。ここまで考えると, もう震源域に行くしかない。

3. 震源域へ

翌13日の朝, 予定を変更し全速で震源域に向かう。同時に震央など地震に関するデータをつくばから送ってもらうよう依頼する。途中, 津軽海峡の西方を通過している間は風が強くなり, 船足が遅くなる。その上, つくばからのファックスで震央の位置が予想よりかなり北であることがわかる。この調子だと今日中に震央付近に到着するのは難しいことがわかり, 少し焦る。しかし, 余震分布を見ると, 震源のかなり南側の奥尻島周辺で余震が活発である。この少し西側なら今日の夕方に着けるので, そこに海底

1) 地質調査所 海洋地質部

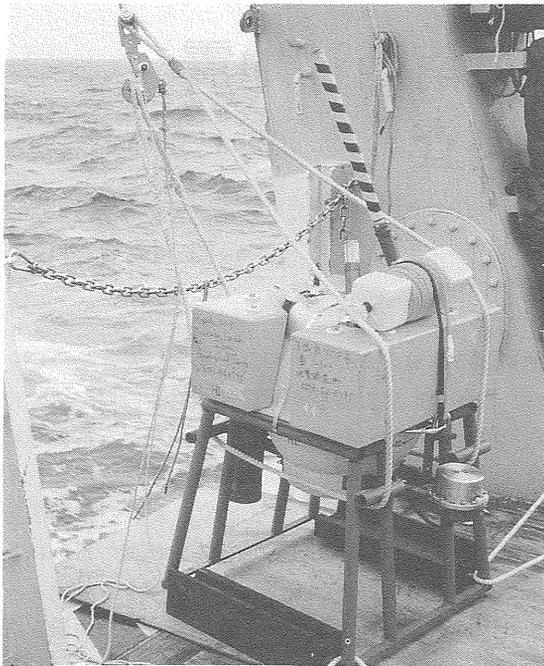
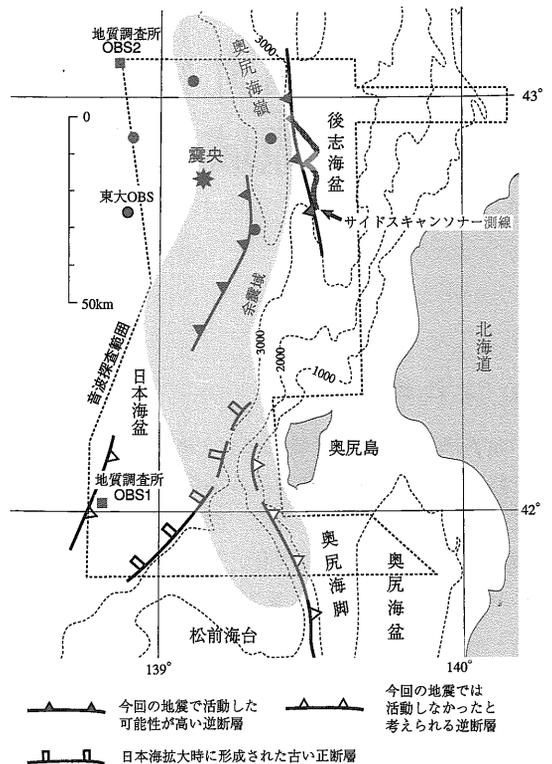


写真1 投入前の海底地震計

地震計を入れることにする。17時半頃、海底地震計1台を投入。無事浮上することを祈る。

その夜は、マルチチャンネルの音波探査用のハイドロフォン(水中マイク)だけを曳航し、余震観測を行なう。通常の音波探査時よりかなりゲインを落としているにもかかわらず、非常に強い信号が次々受信され、その中でも特に強いものは船体に振動を感じる。このように余震が活発であると、通常の音波探査ではいい記録が取れないのではないかと心配になる。

14日の朝には震央の北西側で2台目の海底地震計を投入する。その後、濁度計と採水器を用いて海底で大規模な地滑りが発生したかどうか調べた。まだまだ調べたいことはあるが、他の予定の調査を消化するためにはこれ以上この海域にとどまれない。その夜はシングルチャンネルの音波探査を行ないながら、秋田沖に向かった。その途中、奥尻島の西方10 km 付近を通過したが、陸から流されてきた角材やゴミが大量に浮いている海域に遭遇した。さっきまで家の中にあったようなコタツや座布団が浮遊している。近くに家や船が流れているという航行警報も発令されている。奥尻島を襲った津波のすごさを想像させるに十分な光景である。その間、音波探

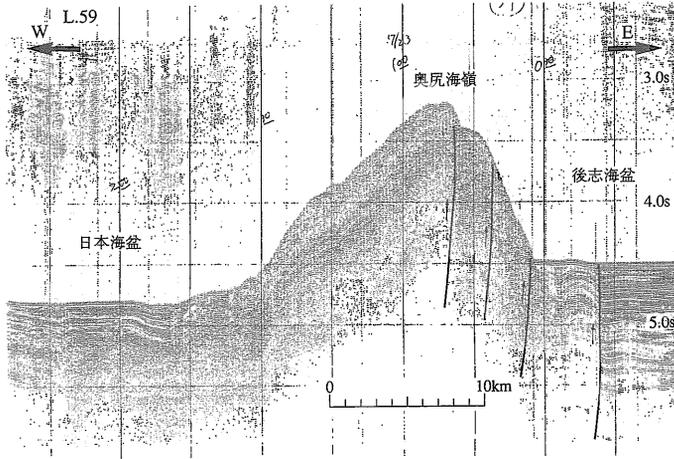


第1図 調査範囲とその結果明らかになった主要な断層

査の記録がノイズが大きく、どこかシステムのトラブルかと思っいろいろ調べるが、原因はわからない。このノイズは震源域から離れるに従って減少し、翌朝、秋田沖に着いたときには通常のきれいな記録になっていた。

4. 再び奥尻へ

15日から19日まで主に秋田県の沖合の調査を行っていた。その間、大学の海底地震計を白嶺丸で設置したいという要望が出て調整が続けられていたが、結局、東京大学海洋研究所と地震研究所の海底地震計を震源域に設置することになる。20日に新潟港に入港し、地震計5台と研究者3名を受け入れる。20日以降の調査予定は大幅に変更し、21日夜から28日の朝まで震源域の調査を行なう。調査の目的は音波探査によってこの海域の地質構造、特に活構造を明らかにすることと、サイドスキャンソナーなどによって地震断層を見つけることである。実質的な調査期間は1週間もない。その間に南北100 km 以上にわたる震源域(第1図)の地質構造を

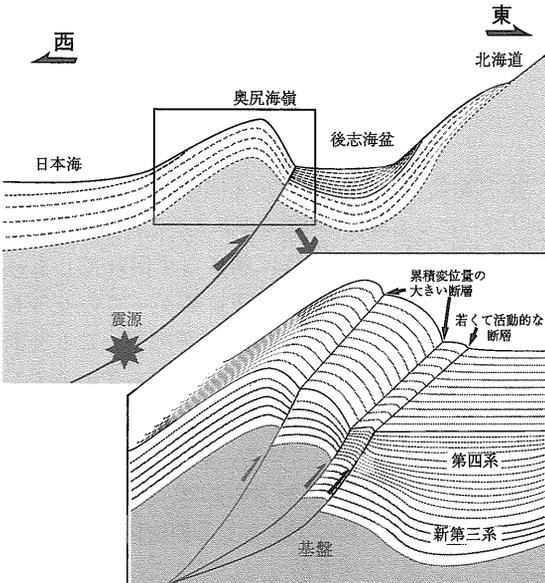


第2図 震源付近の奥尻海嶺を横断する音波探査記録。海嶺の東縁が数本の逆断層に切られ、その中の最も東側にあるものが後志海盆の表層堆積物まで切っている。

明らかにし、地震断層の確実な証拠をつかみたい。まずはシングルチャンネルの音波探査で奥尻海嶺の構造調査を行なう。シングルチャンネルの音波探査は10ノット(時速約19 km)の船速で効率よく調査できる。幸い余震も本震直後に比べてかなりおさまっていてノイズの少ない記録が取れる。

調査域には巡視船が数多く出て、行方不明者の捜索に当たっていた。まだ多くの人が行方不明のままであるという。地震直後ほどではないものの、津波によって陸から流されてきたと考えられるようなゴミ

が多く浮遊している。また、気象庁や水路部の調査船も震源域の調査のためにやってきた。各機関ともそれぞれの威信をかけて懸命の調査を行なっている。水路部の調査船「明洋」は、最新式の海底地形調査装置であるシービーム2000を搭載していて、我々にとっても気になる船である。「明洋」は我々より一足先に帰り、すぐに調査成果をプレス発表していた。この宣伝のうまさは地質調査所も見習うべきかもしれない。しかしながら、そこに出ていた地震断層の解釈は我々とは違って東傾斜の逆断層を考えている。



第3図 震源域北部での奥尻海嶺東縁の地質構造と地震との関係。

震央付近の奥尻海嶺を横断するマルチチャンネルのプロファイルがすでに東京大学海洋研究所でとられ、論文として公表されている(倉本, 1989)。著者は今年地質調査所に入所し、この航海に同乗している倉本君である。彼はこの付近の地質構造を今まで研究してきており、1989年のODPで行なわれた奥尻海嶺での海底掘削(Tamaki, Pisciotto, Allan, et al., 1990)にも参加していて、奥尻海嶺の地質については第一人者である。白嶺丸に乗っていなければテレビに出演していたかもしれない。彼の持っていたプロファイルを見ながら議論するが、震源付近では西傾斜の逆断層が顕著である。それが今回の地震で動いていたとすると、海嶺の東縁に地震断層が露出しているはずである。音波探査は震源域全体をカバーするが、地震断層調査は奥尻海嶺の東縁に重点をおくことにする。

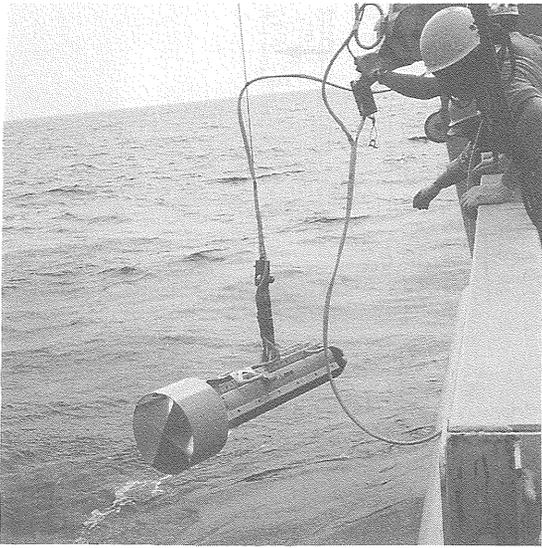
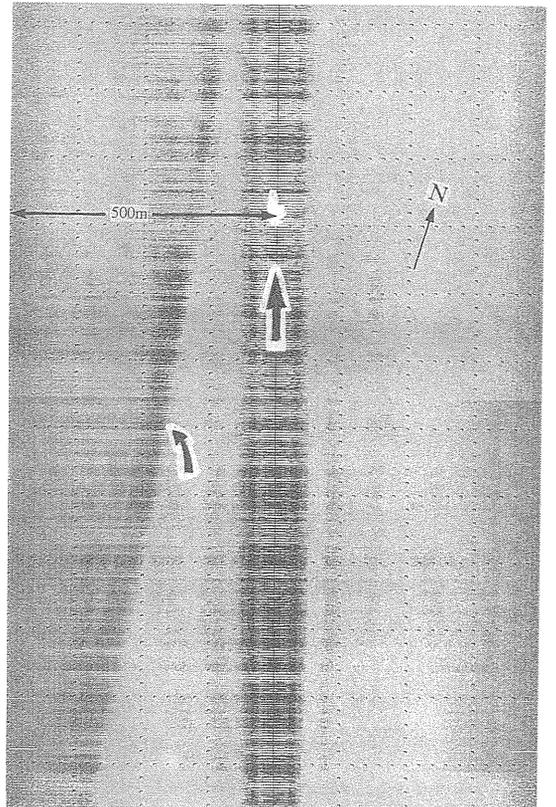


写真2 深海曳航式サイドスキャンソナーの投入風景

5. 震源域調査

サイドスキャンソナーは左右それぞれ500 mの幅の海底を面的に調査し、海底の起伏を航空写真のような陰影で表現できる。音波探査の結果、奥尻海嶺の東縁の断層崖のすぐ東側の後志海盆のなかに、非常に若い断層がありそうなことがわかった(第2, 3図)。実は、1989年に海洋科学技術センターがこの付近でサイドスキャンソナーの調査を行なっているので、同じ地点を再び調査し地震前後の変化を見ようということになった。その水深は3300 mを越えるが、うまくいけば地震断層の決定的な証拠を得られるはずである。1回目のサイドスキャンソナーは7月24日に行なって、2ヶ所で平坦な後志海盆底に直線的に走る断層らしい影を見つけた(第4図)。しかしながら、船の速度を2ノット以上に上げるとソナーが浮き上がって海底から離れ過ぎてしまうので1.5ノット程度に落とした結果、海洋科学技術センターのサイドスキャンソナー調査点まで到着できなくなってしまった。そのため7月26日にもう一度サイドスキャンソナーの調査を行なったが、今度は1.5ノットの海流に流されたため、またしても目的の地点に達することが出来なかった。それでも2回のサイドスキャンソナーの調査によって、後志海盆の西縁には海底表層の堆積物まで変形を与える活断層が断続的に追跡できることが明らかになった。



第4図 サンドスキャンソナーの記録に現われたリエアメント。中央がソナーフィッシュの真下に当たり、黒い帯はデータの質が悪いため現われたもので、実際の海底地形ではない。中央の矢印がソナーの進行方向。白っぽい部分は海底が平坦で反射の弱いところ。左側の黒い帯が活断層によって生じた段差で反射が強くなっている。縦方向のスケールは船速の変化に比例して変化するがおおよそ横方向と同じである。

後志海盆では、中嶋君が2回にわたって重力式コアラーによる堆積物採取を試みた。しかしながら、2回ともコアラーが十分に刺さらず倒れてしまった。かなり厚い砂が海底直下に広がっているらしく、この海盆内での堆積速度は非常に早いことを示唆している。このことは、間接的ながら先のサイドスキャンソナーで見つけた海底に露出する断層が非常に新しいことを示している。1回目のコアラーには2枚のタービダイトを含む約20 cmの堆積物が入っていた。中嶋君によると上部の約10 cmのタービダイトは海底表層を覆っていて、この地震で堆積したように見えるという。彼は、日本海中部地震の震源付近で地震によって生じたタービダイトを追跡

し、過去のタービダイトの発生頻度から地震の発生間隔を推定しようとしている。後志海盆でもその仕事が応用できそうであるが、今は十分なコアを取っている時間がない。

2回のサイドスキャンソナー調査の間の25日に2台の海底地震計を回収した。最初は26日に回収の予定であったが、小型の台風が西日本を横断し日本海に入ってきたため、急遽予定を早めた。海底地震計さえ回収しておけば台風から避難することも、帰ることもできるが、地震計を残しては帰れない。地震計の投入点に着くと船から海底の地震計に対して重りを切り離す信号を送る。その後、地震計との距離を計り実際に切り離されたことを確認できるまでの約5分間、最も緊張する時間である。地震計と船との距離が縮まって切り離しが確認できれば後は待つだけで、船上への回収は白嶺丸の熟練した乗組員に任せておけばよい。海上に浮上した地震計の第一発見者には、発見賞が送られるのでみんな賞品をねらって甲板に出てくる。普通は高いところから探するのが有利で、ブリッジにいる航海士が最初に発見することが多いが、2台目の地震計は普段は機関室にこもっている門馬操機長が甲板上から最初に発見し、周囲の人達を悔しがらせた。このほか深海曳航式音波探査とチャープソナーによる高分解能音波探査などを行っているうちに、予定時間はあっというまに過ぎてしまった。27日には再び台風が日本海に進入してきて、早めに帰路に着くべきかどうか迷ったが、まだデータが十分でない奥尻島の南側でマルチチャンネル音波探査を28日の朝まで続けて、すべての調査を終了した。

6. 海底地質構造と地震断層

地震後の余震は奥尻島の西側に南北約150 kmにわたって広がっており、その余震域に平行して奥尻海嶺が南北に伸びていることから(第1図)、海嶺と今回の地震とは関係がありそうなことはすぐに想像できる。しかしながら、一見連続的に見える奥尻海嶺も震源域の北部と南部ではその地殻構造および地質構造が大きく異なっているらしい。

北部の奥尻海嶺は主に海洋性地殻か、それに近い地殻からなると考えられる。海嶺の東側は大きな断層崖になっていて全体として西に傾動しつつ隆起し

ていることから、西傾斜の逆断層が成長することによって形成されたと考えられる(第2,3図)。海嶺の隆起は1989年に行われた深海掘削によって第四紀の初めから活発になったことがわかっている。サイドスキャンソナーで見つかった活断層はこの逆断層につながり、今回の地震でも活動した可能性が高い(第3図)。

一方、奥尻島から松前海台は大陸性地殻からなっていると考えられる。奥尻島から南に伸びる奥尻海脚は西側を断層に切られ東に傾動する隆起帯で、傾動の方向が震源域北部の奥尻海嶺と全く逆になっている。この断層は第四紀に活動した東傾斜の逆断層だろう。松前海台の西方にも同じような構造を持った東傾斜の逆断層が認められるが、震源域北部のような西へ傾動する隆起帯は見当たらない。一方、余震の分布域は奥尻海脚の西縁の断層のさらに西側に沿って伸びている。奥尻海脚の西縁の断層は東傾斜の逆断層と考えられるから、この断層が活動したのであるなら余震域は断層の東側に広がり、同時に奥尻島も隆起するはずである。奥尻島の沈降と余震の分布域を考えると、音波探査プロフィールで明瞭に認められる奥尻海脚の西縁の断層は活動していないと考えられる。今回の調査で得た音波探査プロフィールを見るかぎり、余震域の分布と奥尻島の沈降を説明できるような断層を海底付近には認められない。この付近の地震断層と地質構造の関係を議論するには、もう少し詳しい調査が必要である。

7. あとがき

1983年には日本海東縁で日本海が日本列島下に沈み込みを開始していて、新しいプレート境界が形成されつつあるという仮説が提出された(小林, 1983; 中村, 1983)。ほぼ同時に日本海中部地震が発生し、それが日本海の沈み込みによって生じたという説明された。今回の地震でも日本海の沈み込みという構図のなかでこの地震を説明しようと多くの人が考えたようである。

しかしながら、日本海の東縁には日本海溝のような単純な沈み込みの構造が完成されていないことは、今までの地質構造の研究で明かで、実際には東傾斜と西傾斜の断層が入り乱れていると言っている状態である(玉木ほか, 1981; Tamaki and Honza,

1985). 特に東北日本の沿岸では西傾斜の逆断層が圧倒的に多い(岡村ほか, 1992). このような地質学的な研究成果が, 地震の研究者にはあまり浸透していないようである. 今回の地震では震源域の地質調査がすぐに行われ, 地震と地質構造の関係が日本海中部地震より詳しく議論できるであろうし, そうしなければならぬと考える. それによって両者の関係がはっきりすれば, 地質構造から日本海東縁全域での地震および津波の危険性の評価が可能になるだろう.

謝辞: 白嶺丸の海老原船長以下乗組員の皆さんには, ハードスケジュールのなか連日夜遅くまで作業が続いたにもかかわらず, 終始献身的な協力を受けた. スケジュールの変更によって, 地質調査所海洋地質部の西村清和氏および川崎地質の須藤浩一氏には当初予定していた調査の一部を中止していただきご迷惑をおかけした. また調査団の上嶋正人, 岸本清行, 倉本真一, 中嶋 健および宮崎純一の名氏からは, 調査計画の立案から実行まで多くの助言と助力を受けた. 短期間に重要な成果が上げられたのは, 以上の方々のおかげである.

文 献

小林洋二(1983): プレート“沈み込み”の始まり. 月刊地球, 3, 510-518.
 倉本真一(1989): 背弧オフィオライトの形成モデル —奥尻海嶺(日本海)の例—. 地学雑誌, 98, 81-91.
 中村一明(1983): 日本海東縁新生海溝の可能性. 震研彙報, 58, 711-722.
 岡村行信・ 98, 81-91.
 中村一明(1989): 日本海東縁新生海溝の構造(1992): 日本海南東部のインバージョンテクトニクス. 構造地質, 38, 47-58.
 Tamaki, K. and Honza, E. (1985): Incipient subduction and obduction along the eastern margin of the Japan Sea. Tectonophysics, 119, 381-406.
 玉木賢策・本座栄一・湯浅真人・西村清和・村上文敏(1981): 日本海中部海域広域海底地質図(100万分の1). 海洋地質図シリーズ, no. 15, 地質調査所.
 Tamaki, K., Pisciotto, K., Allan, J., et al. (1990): Proceedings of ODP, Initial Repots, 127. College Station, TX (Ocean Drilling Program), 844p.

OKAMURA Yukinobu (1993): Marine geological survey of the source area of the 1993 Hokkaido-Nansei-Oki Earthquake by R/V Hakurei-maru.

<受付: 1993年 8月27日>