

北海道北西沖の活構造

-白嶺丸による構造調査-

荒井 晃 作¹⁾

1. はじめに

断層の集中する地域の変形構造を地質学的に理解し、断層の活動履歴を明らかにすることは、地震発生の危険性を検討するうえで重要である。新しい地質時代に繰り返し活動し、近い将来にも活動する可能性のある断層、すなわち活断層は日本列島に多く分布しており(活断層研究会, 1980; 1991), その履歴を解明するために、陸上ではトレンチ調査などのデータが蓄積されてきた。

一方、日本列島周辺海域においても、同様に活断層が分布しており、履歴調査を必要としているが、海洋調査の持つ特性と制約がある。1980年代後半に別府湾において、反射法音波探査(以下、音波探査)で活断層の明瞭なイメージが得られ、その断層を挟むコア試料の年代を決めることによって、断層の活動間隔や活動履歴を求めることに成功している(島崎ほか, 1986; 岡村ほか, 1992)。堆積場である海域は、陸上に比べると浸食の影響が小さく、地層や断層が保存されやすいと考えられるため、音波探査による調査によって明瞭な断層が認められ、その基準面の年代が精度良く決定できれば、連続的な断層活動の履歴を明らかにできる。しかし、実際の調査は陸上に比べて、困難な点も多く、また、断層のある海域の地質条件によっては、活動履歴まで解明するのは容易ではない場合も多い(荒井, 2000)。

音波探査はエアガンなどから音波を発振し、音響インピーダンスの異なる層の境界面で反射する一部の音波を受信し、地質構造プロファイルを作成する手法である。反射面は、地層の物性境界面を示すが、多くの石油探鉱で得られた音波探査データと掘削試料の年代解析によって、同時期面を示すことが知られている(Mitchum *et al.*, 1977な

ど)。また、高周波数帯の音源を用いた音波探査で、テフラ層が一連の反射面として追跡できている例が多くある(岡村ほか, 1992など)。つまり、音波探査プロファイルは、垂直分解能は異なるが、陸上露頭で見ることができる一連の地層に相当すると考えて良く、海洋地質構造や断層調査においては、極めて有効な手段である。

地質調査所では白嶺丸により、20万分の1の海洋地質図を作成するため海洋地質調査を行ってきた。これまで、日本列島主要四島の周辺海域で未調査の北海道東南方などを除き、密な測線を設定し、音波探査を実施している。この蓄積された音波探査プロファイルは活断層やその周辺の構造を知るうえで有効である。本稿では、最近1, 2年間の白嶺丸航海(GH航海)における調査方法と、活構造調査の成果の一部を簡単に紹介する。

2. 調査方法

白嶺丸による調査では音波探査は通常夜間に実施され、3.5kHz サブボトムプロファイラー(SBP)による表層構造探査、12kHz 精密音響測深システムによる測深、地磁気、重力探査とともに行っている。音波探査に用いる音源は、SEISMIC SYSTEMS社製のGI-355型(355cu. in; G250/I105)のGIガンを一機あるいは2機同時に曳航している。1997年までは、シングルチャンネルの音波探査を主体として調査してきた。1998年の航海から高速曳航の可能な6チャンネル音波探査を中心にして、構造が複雑で重要であると思われる海域や、大水深の海域では48チャンネルの音波探査を行っている。

6チャンネル音波探査に用いたSyntron社のストリーマーケーブルは1998年から導入したもので、対
キーワード: 海域活断層, 音波探査, 白嶺丸, 地震

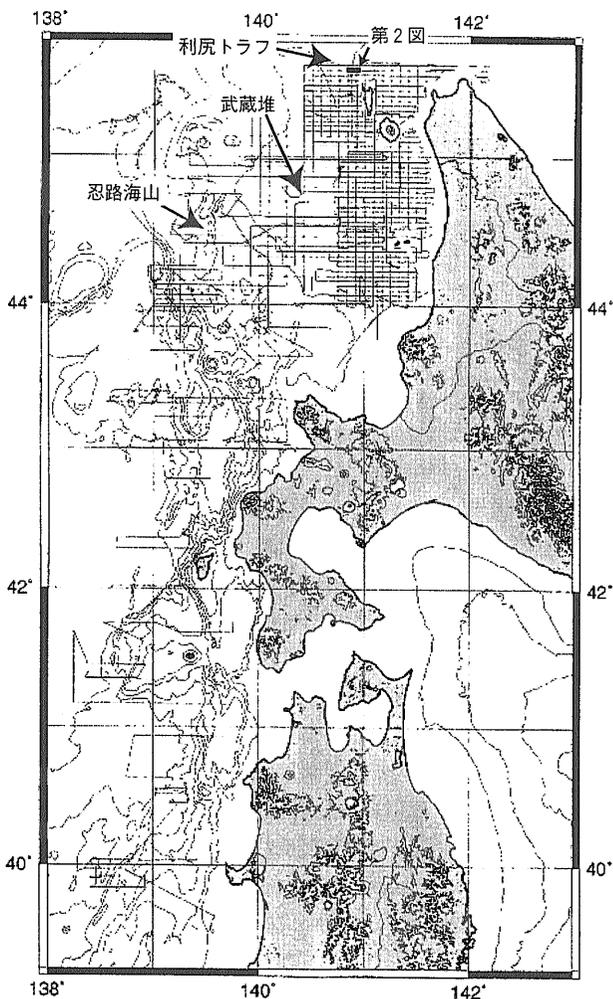
1) 地質調査所 海洋地質部

地速力約10ノットでも曳航可能である(荒井ほか, 1999)。発振間隔は後の信号処理のために、なるべく25mになるようにし、音波探査記録はデジタル探鉱器(Elcics社DELPH24X)に収録している。このデジタル探鉱器はデジタルデータをSEG-Y形式を含むいくつかの形式で保存することができ、後のデジタル信号処理に欠かせない装置である。48チャンネル音波探査に用いたストリーマケーブル及び探鉱器は1996年の航海(倉本・岸本, 1997)から使用しており、対地速力約4ノットの調査が可能である。音源はGIガンを2台に曳航し、6チャンネルと同様に約25m間隔で発振している。観測データは探鉱器(OYO社DAS-1)を通してSEG-D形式のデジタルデータとして記録している。

3. 武蔵堆周辺海域の活構造

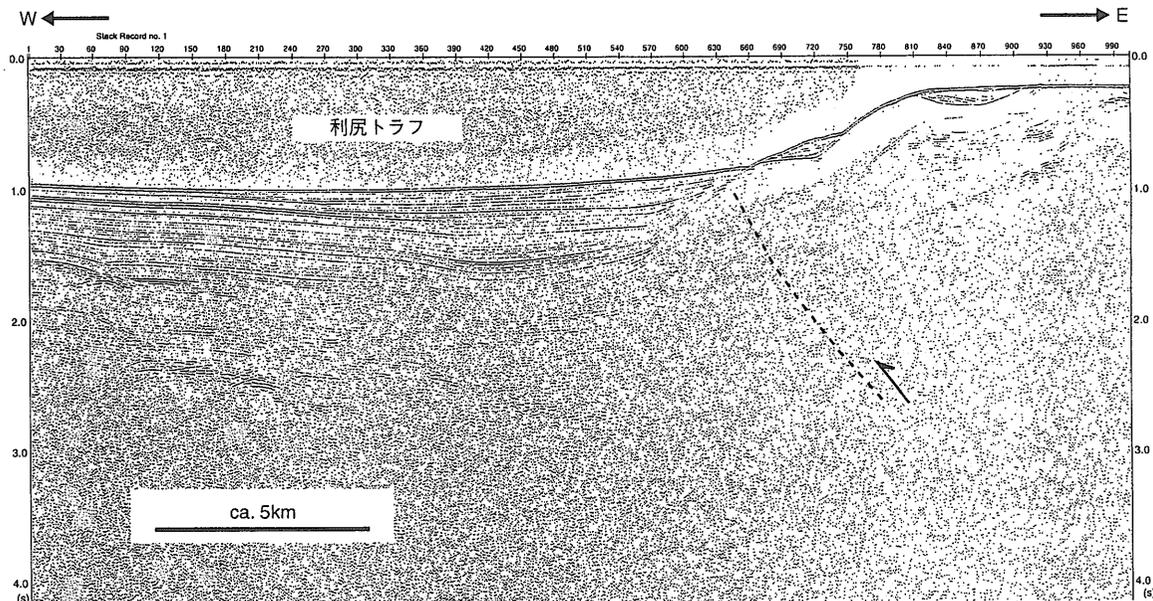
GH98とGH99調査航海では、北海道北西海域の海洋地質調査を実施した。同海域は、岡村ほか(1998)の区分によると、日本海東縁の活構造の発達域を三分したなかの北東部に位置している。日本海東縁は、過去の大地震が陸棚斜面沿いに発生しており、圧縮テクトニクスによって形成された活構造が南北方向のトレンドで発達している(岡村・倉本, 1999)。日本海東縁の北東部は忍路海山周辺とその北の海域に大別できる。1940年の積丹半島沖地震の震源は忍路海山にほぼ一致しているとされている(岡村・倉本, 1999)。一方で、その北の海域は地震の空白域とされ、石川(1996)は今後の地震発生の可能性の高い地域と指摘している。このような観点からも、この地域の活断層や周辺の構造を十分に検討する必要がある。

第1図にGH98, GH99航海の音波探査測線を示す。忍路海山に沿って、南北方向に延びる活断層が存在するが(荒井ほか, 1999)、その陸側の武蔵堆、陸棚縁辺、陸棚上でも南北方向に続く背斜構造が顕著に認められる。武蔵堆は沖武蔵堆、北武蔵堆、天狗の鼻、南武蔵堆、36共同堆、天狗ノあとと細分され、百数十mの浅瀬が続いている。この頂部付近は背斜構造に伴って音響基盤が広く露出している(荒井・岡村, 2000)。利尻トラフの南縁



第1図 北海道北西沖海域におけるGH98とGH99の調査測線。

を挟み、天塩沖の大陸棚の縁辺にも小さい褶曲構造を伴う背斜構造が数km~数十kmの長さで延びる。さらに大陸棚上にも利尻島から天売、焼尻島に続く背斜構造が数十kmにわたり南北に連続する。陸棚縁辺の背斜構造の上で、半固結した泥岩試料を複数採取しているが、それらの中から新第三紀の珪藻化石を得ている(渡辺, 1999)。つまり、陸棚縁辺の背斜構造を構成する堆積物は新第三系であり、堆積後、褶曲および隆起して現在、海底面に露出している。その後の新しい堆積物は、この隆起帯の間を埋めるように堆積している。これら背斜軸の西縁には、西落ちの逆断層が南北に延びるが、数kmしか連続しないのが特徴である。これらの断層は、新しい地層にも変形を及ぼしているこ



第2図 礼文島西方海域の音波探査プロフィール。

とから、活断層と考えられる。

地震の空白域とされる礼文島の西方の斜面の音波探査プロフィールを第2図に示す。斜面と礼文島のスコトン岬の北延長上に背斜構造が認められる。この斜面から採取した泥岩試料は新第三系(渡辺ほか, 1998)であることから、それ以降の構造運動によって背斜構造が形成されたと考えられる。利尻トラフの音響基盤は斜面付近でははっきりとは見えないが、少なくとも層厚1秒(往復走時)の堆積物が認められる。この堆積物は斜面のある東に向かって、全体的にはわずかに傾いているが、はっきりとした変形は認められない。しかし、利尻トラフの堆積物と、斜面を形成する堆積物は不連続であり、この急斜面を形成する地形は、断層と推定できる。

4. 今後の課題

白嶺丸による日本列島周辺海域の音波探査データを十分に解析すれば、活断層の分布やその周辺の詳しい構造が明らかにできる。活断層研究会(1980; 1991)は、海上保安庁水路部の音波探査データや、地質調査所の20万分の1の海洋地質図を基にして日本周辺海域の活断層の分布を示している。しかし、明らかに活断層が存在しない領域と、プロフィールの解像度が十分でないために、活

断層が示されていない領域とが区別されていないことに注意が必要である。実際に、白嶺丸航海の結果を基に、活断層研究会(1991)で示されていない活断層を、報告している例もある(岡村ほか, 1994など)。日本列島周辺海域全域において、同じような測線間隔、解像度の音波探査調査をする必要がある。

そして、今後もっとも重要な課題は、識別された活断層のイベントの履歴を解明することである。一般に活断層の1回のイベントの変位量が数m以下であることから、音波探査プロフィールで1回のイベントを識別するためには、数十cmの垂直分解能が必要である。エアガンでは周波数が低すぎるため、数十cmの分解能が得られない。つまり、1回毎のイベントの履歴を解明するためには、ユニブームやソノプローブ、サブボトムプロファイラーなどの、数100Hz-10kHz以上の高い周波数帯域を用いる音波探査を行う必要がある(荒井, 2000)。ただし、高い周波数帯域の音源はエネルギーが小さいために音波が減衰しやすく、底質によっては音波探査プロフィールのイメージが十分に得られない欠点がある。先に述べた別府湾では、内湾環境にあって堆積物が泥質であるため、音波探査に適しており、また試料採取も比較的容易であった。さらに、堆積速度が大きいために、時間分解能も高く、イベント

基準面が形成されており、1回の断層運動の時期と変位量を求めることができた。しかし、大陸棚から陸棚斜面さらに沖合いの海域では、内湾環境とは異なり、細かい粒子が拡散しやすく、一般に粒度が粗い。また、堆積速度も小さく、イベント基準面が形成されないこともある。

5. おわりに

白嶺丸による、音波探査を用いた構造調査の例を紹介し、今後の研究課題を議論した。先ず、日本周辺海域全域において、同じような分解能の音波探査プロファイルを取得し、それを十分に検討し、活断層の分布を明らかにする必要がある。そして、次のステップは、その活断層の活動度や活動履歴を解明するための、集中的な断層調査である。陸棚域から陸棚斜面における活断層の調査は、従来の調査方法では、十分な課題の解釈は困難で、今後、この課題を解決するために、音波探査の発振周波数や受波部、採泥方法を地質条件に合わせて検討し、新たに工夫する必要がある。

引用文献

- 荒井晃作 (2000) : 浅海域と湖沼域の活断層調査 - これまでの研究と今後の課題 -, 地調月報, 51, p.49-58.
- 荒井晃作・岡村行信 (2000) : 北海道西方海域の海底地質構造, 「北海道西方海域の環境変動に関する総合的研究及び海域活断層の評価手法に関する研究」平成11年度研究概要報告書, 地質調査所, MG/00/1, p.14-30.
- 荒井晃作・岡村行信・倉本真一 (1999) : 留萌沖-天塩沖海域の海底地質構造, 「北海道西方海域の環境変動に関する総合的研究及び海域活断層の評価手法に関する研究」平成10年度研究概要報告書, 地質調査所, MG/99/1, p.13-24.
- 石川有三 (1996) : 日本の地震空白域, ノリティン, 7月号, p.47-52.
- 活断層研究会 (1980) : 日本の活断層, 東京大学出版会, 東京, 363p.
- 活断層研究会 (1991) : 新編日本の活断層, 東京大学出版会, 東京, 448p.
- 倉本真一・岸本清行 (1997) : 新マルチチャンネル音波探査システムのテスト, 「北海道西方海域の環境変動に関する総合研究」, 平成8年度研究概要報告-北海道南西沖海域-, 地質調査所, p.22-25.
- Mitchum, R.M., Vail, P.R. and Thompson, S. (1977) : Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 2: the depositional sequences as a basic unit for stratigraphic analysis. In Payton, C.E., ed.: Seismic stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration. Bull., Am. Assoc. Petrol. Geol., Mem., no. 26, p.53-62.
- 岡村 真・島崎邦彦・中田 高・千田 昇・宮武 隆・前杵英明・堤 浩之・中村俊夫・山口智香・小川光明 (1992) : 別府湾北西部の海底活断層 - 浅海底活断層調査の手法とその成果 -, 地質学論集, 40, p.65-74.
- 岡村行信・佐藤幹夫・宮崎純一 (1994) : 新潟沖大陸棚の活断層 - とくに新潟地震との関係について -, 地震, 46, p.413-423.
- 岡村行信・倉本真一・佐藤幹夫 (1998) : 日本海東縁海域の活構造およびその地震との関係, 地質調査所月報, 49, p.1-18.
- 岡村行信・倉本真一 (1999) : 日本海東縁-北海道西方海域のネオテクトニクス, 地質ニュース, no.541, p.32-39.
- 島崎邦彦・中田 高・千田 昇・宮武 隆・岡村 真・白神 宏・前杵英明・松本宏彰・辻井 学・清川昌一・平田和彦 (1986) : 海底活断層のボーリング調査による地震発生時期予測の研究 - 別府湾海底活断層を事例として -, (予報), 活断層研究, no. 2, p.83-88.
- 渡辺真人 (1999) : GH98航海で採取されたロックコアラー・グラブ採泥試料の珪藻化石に基づく年代, 「北海道西方海域の環境変動に関する総合的研究及び海域活断層の評価手法に関する研究」平成10年度研究概要報告書, 地質調査所, p.195-198.
- 渡辺真人・岡村行信・荒井晃作・佐竹健治・池原 研 (1998) : 日本海北部北海道沖で採取した試料の珪藻化石年代 - 潜水調査船しんかい2000と無人探査機ドルフィン3Kで採取した試料の年代決定 -, 地質調査所研究資料集.

ARAI Kohsaku (2000) : Studies of submarine active structure carried out by the R/V Hakurei-maru.

< 受付 : 2000年4月7日 >