

北海道南西沖地震の余震及び海底変動観測

海宝 由佳*¹ 門馬 大和*¹ 満澤 巨彦*¹ 宮本 元行*²
 田中 武男*¹ 末広 潔*³ 篠原 雅尚*⁴
 青柳 恭平*⁵ 堀田 宏*¹

1993年7月12日に、北海道南西沖の奥尻島周辺でマグニチュード7.8の地震が発生した。震源域は奥尻島の北西沖の奥尻海嶺から奥尻島南西沖にかけての広い範囲であった。この地震に伴い、余震域南部を波源とする大規模な津波が発生した。

この津波波源域に海底ステーションと海底地震計を設置し、環境計測と余震観測を行ったところ、ビデオ画像、濁度計に激しい濁りの発生が認められた。この濁りに先立ち、振幅のやや大きい余震が観測された。余震分布からも、奥尻島西側斜面などでは断層が浅く、局地的に大きな振動や変動をもたらす可能性のあることが分かり、地震発生直後に海底で観察された斜面崩壊が、今回の一連の地震活動と関連があることが示唆された。

キーワード：1993年北海道南西沖地震、海底地震計、海底観測ステーション

-
- * 1 海洋科学技術センター深海研究部
 - * 2 海洋科学技術センター深海研究部 (現在：アジア航測株式会社)
 - * 3 東京大学海洋研究所
 - * 4 東京大学海洋研究所 (現在：千葉大学理学部)
 - * 5 千葉大学理学部
 - * 6 Deep Sea Research Department, Japan Marine Science and Technology Center
 - * 7 Deep Sea Research Department, Japan Marine Science and Technology Center (Present: Asia Air Survey Co.,Ltd.)
 - * 8 Ocean Research Institute, University of Tokyo
 - * 9 Ocean Research Institute, University of Tokyo (Present: Faculty of Science, Chiba University)
 - * 10 Faculty of Science, Chiba University

The observation of Aftershocks of 1993 Hokkaido Nansei-oki Earthquake and Deep sea Environmental Event

Yuka KAIHO*⁶ Hiroyasu MOMMA*⁶ Kyohiko MITSUZAWA*⁶
Motoyuki MIYAMOTO*⁷ Takeo TANAKA*⁶
Kiyoshi SUYEHRO*⁸ Masanao SHINOHARA*⁹
Yasuhira AOYAGI*¹⁰ Hiroshi HOTTA*⁶

In July 12, 1993, Hokkaido Nansei Oki earthquake was occurred at southwest off Hokkaido. Location of source region of this earthquake covered the area of Okushiri ridge, northwest and southwest of Okushiri Island. Big Tsunami was occurred by this earthquake. Source region of this Tsunami is same area of southern part of earthquake source region. We deployed the deep sea observatory and ocean bottom seismometer. Muddiness were observed in video camera and transmissionmeter. Earthquake was occurred in right before the muddiness event. Aftershock plane, it shows the earthquake fault plane, was shallow at the slope of west off Okushiri Island. These results suggest the occurrence of the collapse of slope by these earthquakes.

Key Words : 1993 Hokkaido Nansei-oki Earthquake, Ocean Bottom Seismometer, Deep Sea Observatory

1. はじめに

1993年7月12日に発生した北海道南西沖地震の余震域において、科学技術調整費による受託研究「海底変動に関する研究」の一環として、海底地震観測と、海底ステーションによる海底環境変動観測を行った。その概要と結果について報告する。

2. 背景

1993年7月12日、北海道南西沖の奥尻島周辺でマグニチュード7.8の地震が発生した。余震分布から推定される震源域は奥尻島の北西沖の奥尻海嶺から奥尻島南西沖にかけての広い範囲であった。この地震に伴い、余震域南部を波源とする大規模な津波が発生した。地震の震源域は、1983年日本海中部地震と1940年積丹岬沖地震との間であり、新しいプレート境界である日本海東縁に発生した逆断層型の地震で、余震分布から、日本海側のユーラシアプレートが北海道側へ乗り上げるようなメカニズムであったことが示唆されている。また、余震分布及び本震のメカニズムから、断層域はいくつかのセグメントに分かれ、これらが1分ほどの間に連動して破壊を起こしたと考えられている。地震断層は奥尻島の南西から西

方を通り、はるか北の奥尻海嶺付近に達し、震源(破壊開始点)も北緯42度47分、東経139度12分と奥尻海嶺付近に位置するが、津波の波源は奥尻島の西側から南西側付近と考えられる。

地震断層が浅いため、奥尻島南西沖においては、海底面に、津波を発生させられるような恒久的または一時的な大きな変動が起こったと考えられる。変動の原因としては、

- (1) 地震断層が海底に現われた
- (2) 地震断層は海底で止まったが、断層の末端付近で大きな歪が発生し海底面を大きくゆさぶった
- (3) 海底地滑り、斜面崩壊が生じて津波を発生させたなどが考えられるが、今回の津波の原因を探るためには、このような変動の痕跡がどの程度海底に残されているかを調査することが重要である。これらについて、地震発生直後から海上保安庁、地質調査所、大学等の機関で、海底地形の精査、マルチチャンネル反射法探査等が行われ、海洋科学技術センターでも、「しんかい2000」やディープトウカメラやチャープソーナーにより海底面と海底表層について多くの情報を得た。地震断層は海底面では認められなかったが、断層の影響によると考えられるクラッ

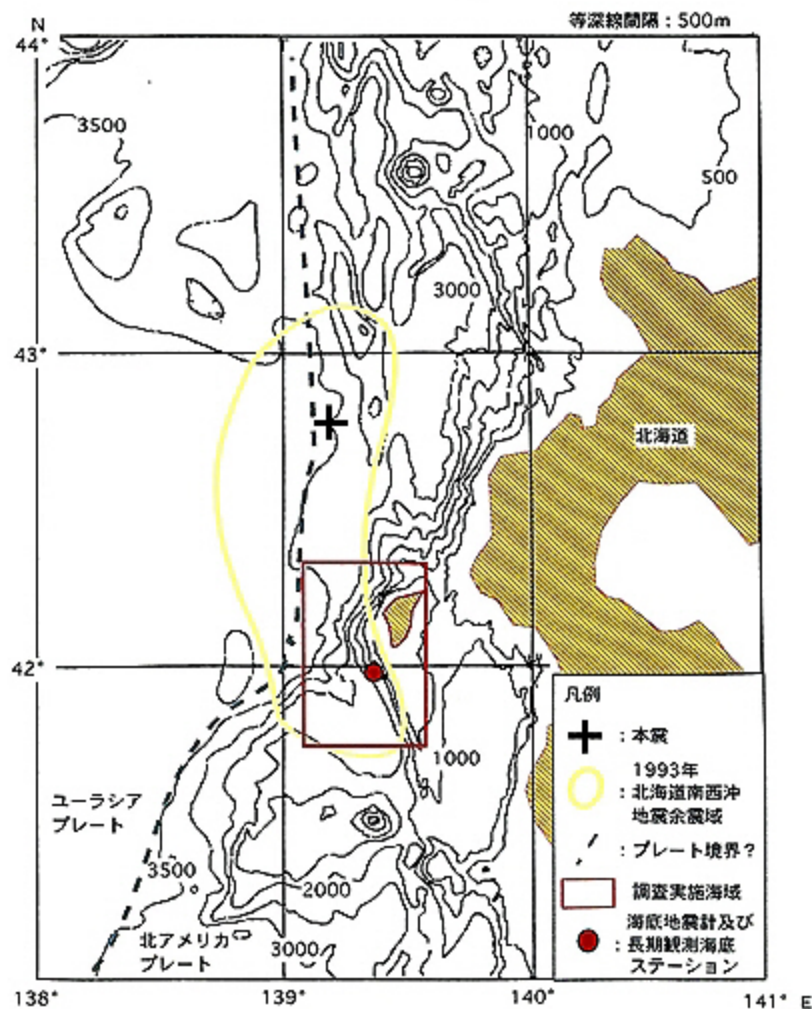


図1 海域図
Fig. 1 Location map of study area.

クの分布や、噴砂、新鮮な地滑り性堆積物、生物遺骸などが多数認められ、海底での大きな地震動やクラックの発生などがあり、地震による斜面崩壊も起こっていることが明らかになった。

余震の観測については、大学、国立研究所など多くの機関が参加して余震域全体の海底地震計による観測を行っている。また、陸上の観測網では、余震の分布や反射波を使用した深さ分布、広帯域地震計を使ったメカニズムの研究など、各方面から地震学的研究が行われている。本研究では、このような地震の性質の研究でなく、地震によりひきおこされた海底面での変動現象の解明をねらいとするが、ステーション近傍の海底での振動の強さや付近の地震断層の深さなどを調べるため、震源分布

も求めた。地震計の台数が少なく、広域的な活動は精度が落ちるが、ネットが小さいので地震計付近の震源の深さについては逆に精度がよい。

3. 調査概要

1993年9月(第1次調査)及び1994年3月(第2次調査)に観測を実施した。図1に余震域と観測点の関連を示す。第1次調査では、海洋調査船「かいよう」を使用した。事前に行われたディーブトウ、潜水船の調査で、奥尻島西～南西斜面において海底面に変動が現われた場所がいくつか報告されており、これらの設置候補点に、海底ステーションと地震計を2か所に分散して設置した。分散したのは、同一海域での設置を漁具に妨げられたため

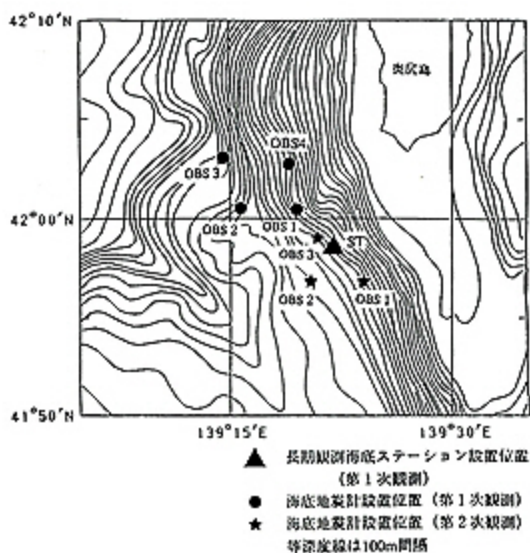


図2 第1次調査及び第2次調査の観測点
Fig. 2 Location map of observatories.

である。地震計は奥尻島西側斜面水深1,600~1,700mのカニなど多数の生物が見つかった海域に設置し、海底ステーションは奥尻島南西斜面の、噴砂や海底面の亀裂が観測された海域に設置した。

海底ステーションは、奥尻島南西沖(北緯41°58.562', 東経139°21.730', 水深1,697m)に設置し(図2), 9月2日から9月7日までの6日間にわたり、流向・流速、水温・塩分、濁度、カメラ、ハイドロフォンによる観測を行った。この間、9月3日と9月7日にビデオ画像と濁度計で濁りが観察され、海底地震計で観測された地震との関連性が極めて高いことが分かった(図3)。

海底地震計は、奥尻島西側斜面(北緯42°00'~42°03', 東経139°14'~139°20')に設置した(図2)。この結果、余震が局所的に海底に変動を生じ得るような浅い震源分布を持つことが示された。また、海底地震計で観測された地震の震源分布は、海底ステーションの設置点付近に多く求められた(青柳, 1994)。

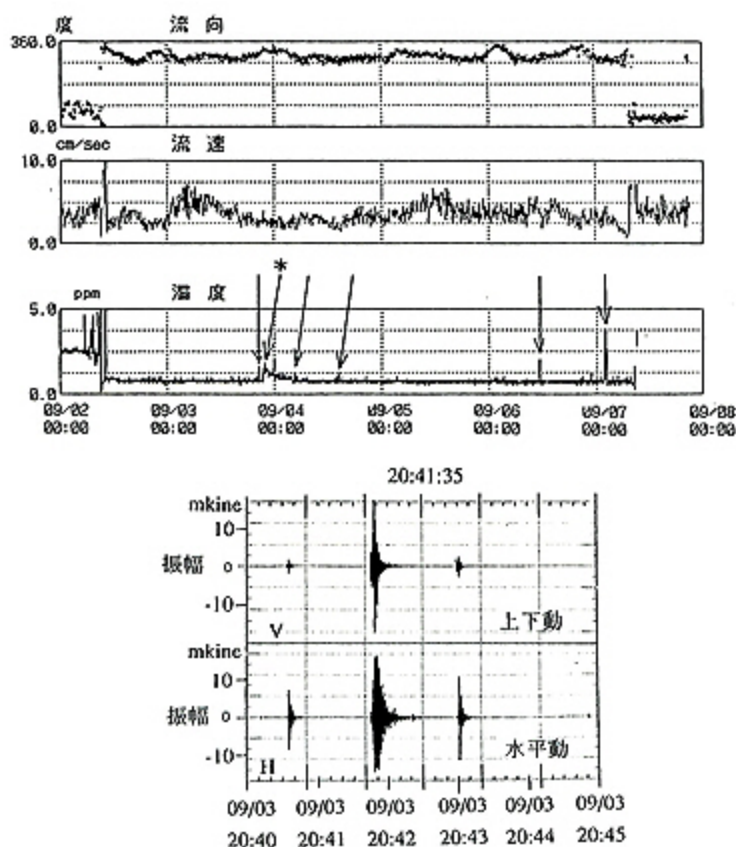


図3 流速・濁度・地震振幅の比較
Fig. 3 Comparison of current velocity, attenuation and amplitude of seismic wave.

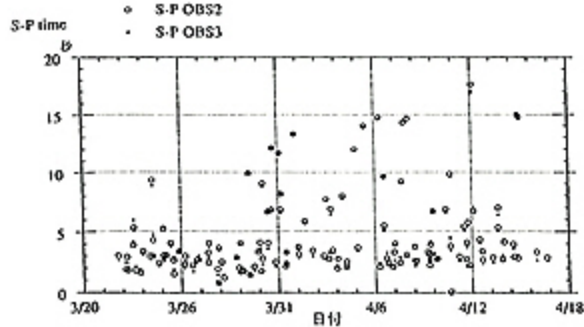
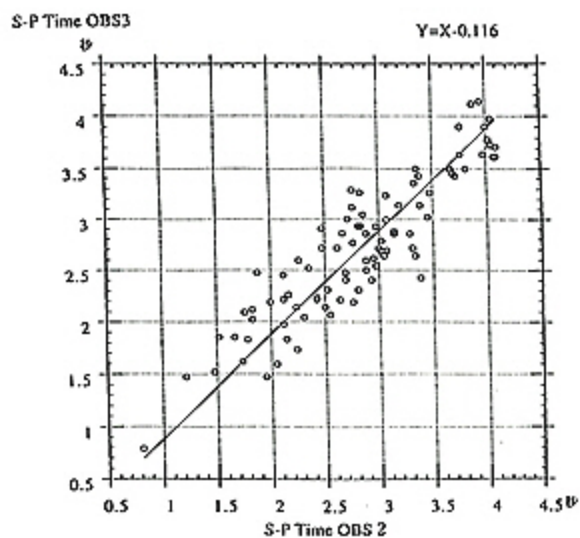


図4 第2次調査でのS-P時間の分布
Fig. 4 Distribution of S-P time.

第2次調査は、地震発生から約半年間経過し、他調査機関が観測を行っていない平成6年3月下旬から約1か月にわたって行った。悪天候等のため海底ステーションの設置ができず、海底地震計のみを設置し、奥尻島南西沖(北緯41°58′, 東経139°21′)付近で(図2)観測を行った。3台の海底地震計を設置したが、1台は回取されなかったため、震源決定には海底地震計2台に加えて北海道大学の陸上観測点の地震データを使わせていただいた。海底地震計のS-P時間の分布から、設置点近傍で活発な地震活動があることが分かった(図4)。1日あたり観測される地震の個数は、第1次調査に対し半減し、約4.8個となった(図5)。第2次調査で観測された波形の例を図6~8に、震央分布を図9に示す。また、震源決定された地震のうち、2台の海底地震計の両方に記録された地震について、震央分布及びその震源を東西断面、南北断面に投影したものを図10に示す。東西断面については、

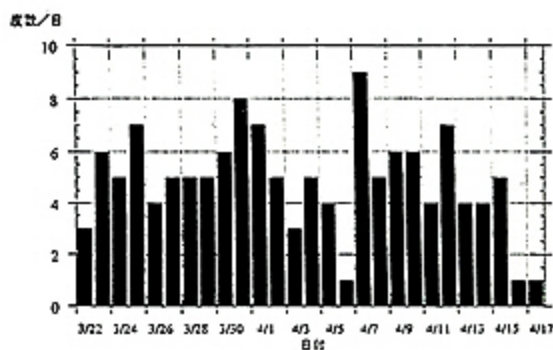


図5 第2次調査での余震頻度分布
Fig. 5 Frequency distribution of aftershocks in 2nd observation.

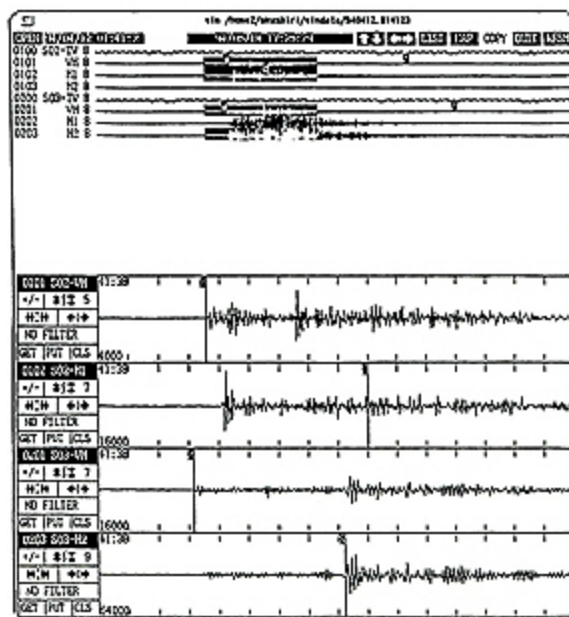


図6 波形の例。S-P時間5秒程度
Fig. 6 Example of seismogram with S-P time of 5 sec.

震央分布図上に示された区域内の地震を南北に分割し、それぞれの断面に投影している。

4. 結 果

第1次調査では、海底ステーションの流向流速計、ビデオカメラと濁度計で、強い底層流を伴わない濁りの発生を観測した。これに先立って、やや強い余震の発生が観測され、地震活動と濁度の変化に関係があることが示唆された。これは、海底地滑りなどの海底変動に伴って生じたと考えられる。また、奥尻島西~南西沖で、西下

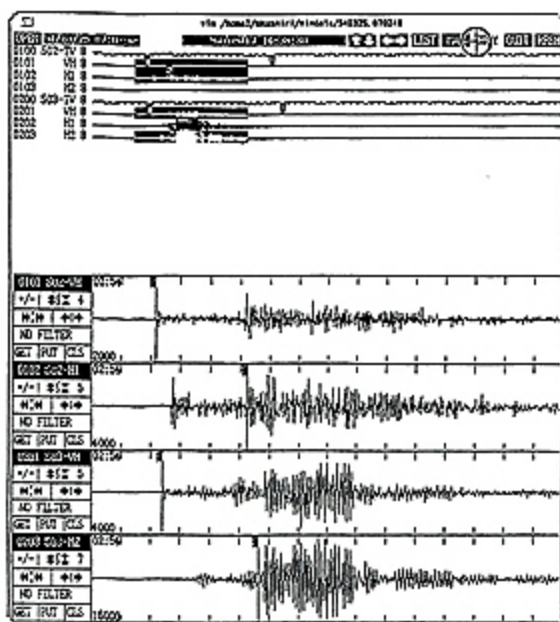


図7 波形の例。S-P時間3秒程度。地震計の南側よりの波

Fig. 7 Example of seismogram with S-P time of 3 sec. Waves came from southward of OBS.

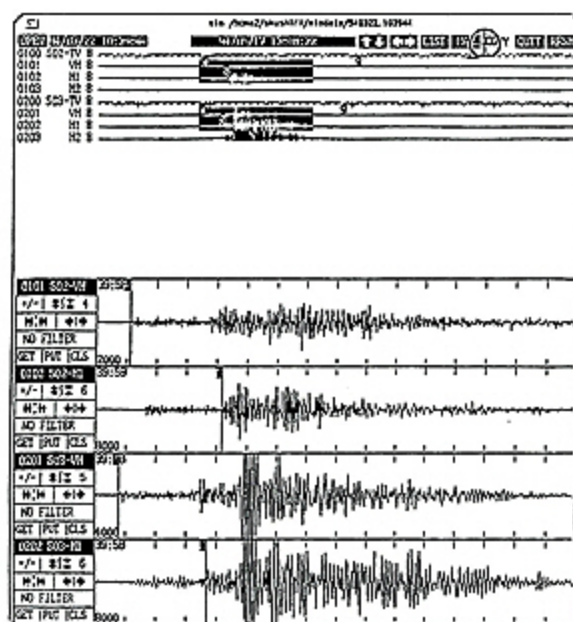


図8 波形の例。S-P時間3秒程度。地震計の北側よりの波

Fig. 8 Example of seismogram with S-P time of 3 sec. Waves came from northward of OBS.

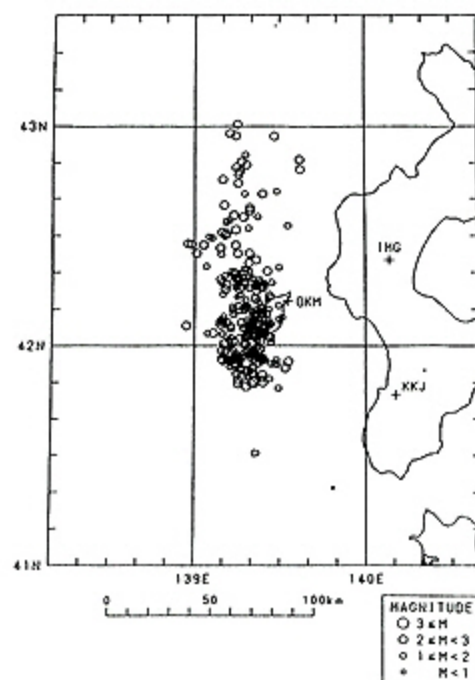
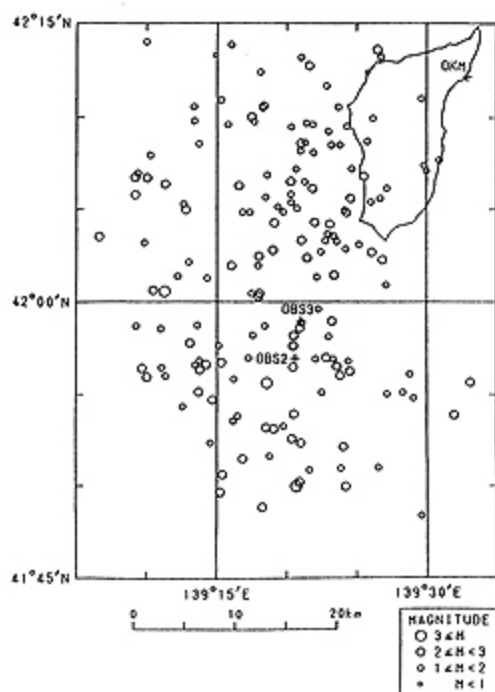


図9 第2次調査での震央分布図。左図は奥尻島南西沖の拡大図、右図は観測域全体を示す

Fig. 9 Distribution of hypocenter. Left seismicity map show SW Off Okushiri area and right seismicity map cover the all observation area.

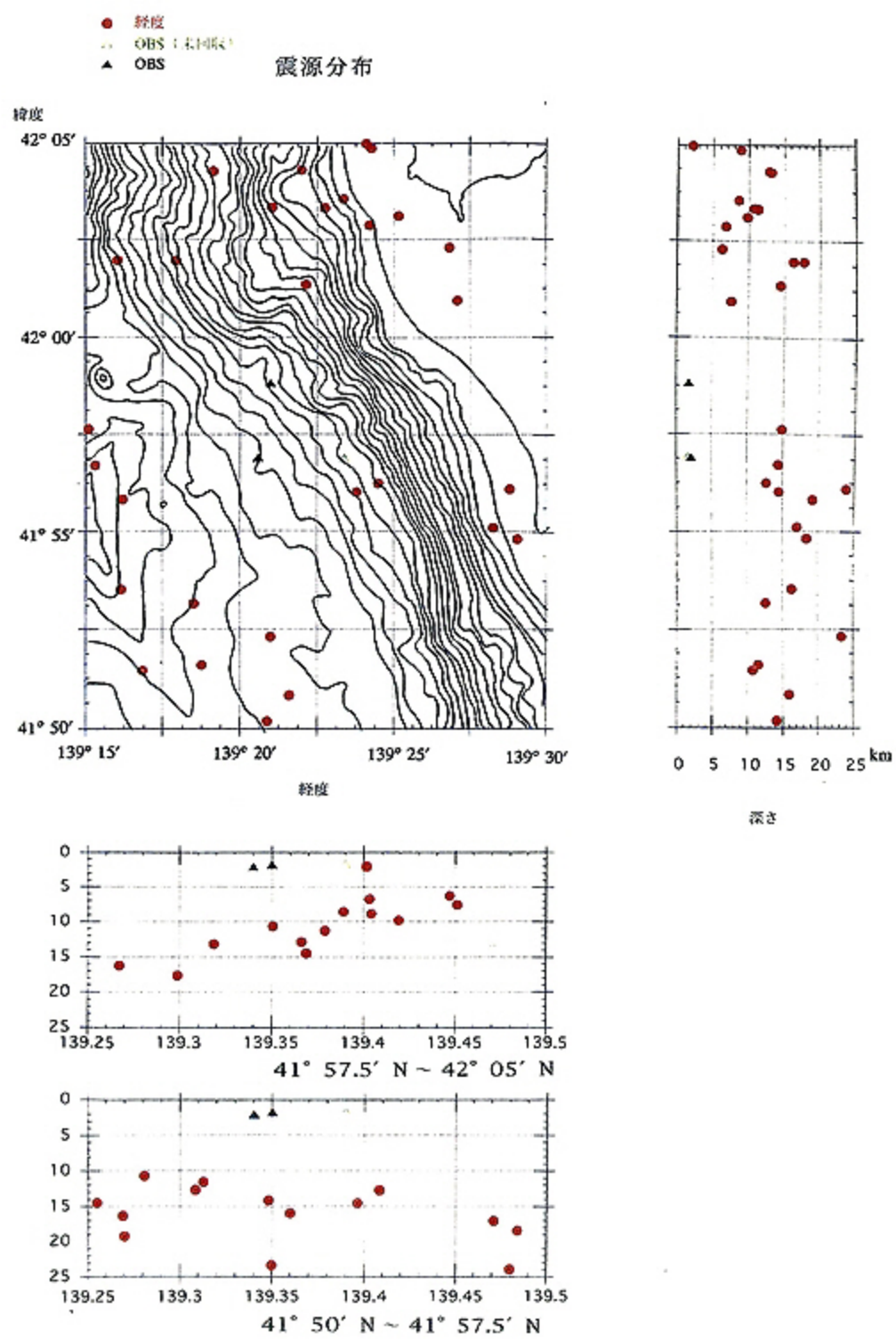


図10 第2次調査での震央分布図と震源の深さ分布。2つの海底地震計に記録されたものを表示
 Fig. 10 Distribution of hypocenter determined from data of both OBS and land data.

がりの浅い地震活動が見られ、震源分布から余震が局所的に海底に変動を生じ得る浅い震源分布を持つことが示された。地震の頻度を半年後の第2次調査と比較すると、1日当たりの個数が9個から4.8個と半減した。

第2次調査で観測された地震のうち、図10に示した観測点付近の深度分布を見ると、奥尻島西方沖では西下がりの震源分布が見られ、奥尻島西側斜面で浅い余震活動があった。海底地震計で波形が飽和した記録が多かったこと、断層面を表す余震分布が浅いことを合わせると、奥尻島西側斜面は強い振動にさらされたことが推測され、斜面崩壊や断層面近傍の歪の影響を受けた可能性も大きいと考えられる。

また、観測点の南側では、観測点配置の影響で震源決定精度が悪いこともあるが、特に西下がりの傾向は見られない。観測点付近を境にして断層の性質が変わったかどうかは、この記録からは断定できないが、大学、国立研究所などにより地震発生直後に観測された、余震域南端部での北東側へ傾斜する震源分布(日野ほか, 1994)の北端を見ている可能性もある。

謝 辞

曳航調査と共に行われた海底地震観測(第1次)航海参加者は門馬、田中、松本(海洋科学技術センター)、満澤、海宝、倉本(地質調査所)、篠原、青柳で、海底地震観測(第1次)は末広、篠原との共同研究である。海底地震観測(第2次)は宮本、海宝による。以上の諸氏の

協力により観測を行った。

研究上の参考資料及び潜水船行動の安全確認のために、北海道大学より、震源分布、震源パラメータに関する未発表データを送っていただき、また、震源決定のために波形記録を使わせていただいた。また、海上保安庁水路部からは、調査直後のシービーム2000による精密海底地形図を提供していただいた。

以上の方々に感謝します。

引用文献

- 倉本真一(1994):北海道南西沖地震による海底地殻変動と海底環境変動について, JAMSTEC深海研究, 10, 437-444.
- 青柳恭平(1994):海底地震計観測による北海道南西沖地震の余震分布の研究, 千葉大学理学部卒業論文.
- 田中武男(1993):日本海東縁の地震変動について—北海道南西沖地震潜航調査によって明らかにされたこと—, 第10回しんかいシンポジウム予稿集, 15-16.
- 菊地正幸(1993):遠地実体波による北海道南西沖地震の破壊過程, 日本地震学会講演予稿集, 2, p.28.
- 日野亮太・金沢敏彦・末広 潔・佐藤利典・島村英紀(1994):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.

(原稿受理:1995年7月3日)