

北海道南西沖地震による海底地殻変動と 海底環境変化について

倉本 真一*1

1993年7月12日に発生した北海道南西沖地震による地殻変動を、詳細にかつ定量的にとらえるため、「ドルフィン-3K」、深海曳航ビデオカメラ、「しんかい2000」などを用いた緊急調査を奥尻島西方沖の余震域で行った。特に地震直後に有人による潜航調査を行うのは、世界的にもおそらく初めてのことで、実施に当たっては細心の注意が払われた。その結果、今回の地震によって形成されたと思われる地殻変動の証拠を得、それに伴うと考えられる海底の環境変化をとらえることができた。このような観察事項は時間が過ぎるとすぐに目視観察では確認できなくなってしまうと思われるので、今回のような地震直後に行った調査は大変有意義なものである。このようなデータの蓄積は今後の地震予知、あるいは地震発生ポテンシャルの推定のために貴重な資料となる。

キーワード：北海道南西沖地震、奥尻海嶺、地殻変動、海底環境変化

Active Tectonic Features and Submarine Environmental Changes Induced by Hokkaido Nansei Oki Earthquake

Shin'ichi KURAMOTO*2

Hokkaido Nansei Oki earthquake was occurred on the Okushiri Ridge in July 12, 1993. "Dolphin-3K", "Shinkai 2000", and deep sea video camera surveys were provided right after the main shock at the areas where the after shocks had been continuously occurred. Manned submersible surveys in after shock areas were very rare experience in the world. Then precise topography surveys and earthquake monitoring were highly required for the safety dive. These surveys were almost successfully done and showed the significant tectonic features of crustal deformations and the evidences of submarine environmental changes. The observed evidences are usually obscured by sedimentation process and/or tectonic process in short time. Therefore the observed data were very important and significant for the study of precise tectonics of the Okushiri Ridge. The data should be able to assist the future earthquake prediction and the estimation of earthquake potential in this area.

Key words: Hokkaido Nansei Oki Earthquake, Okushiri Ridge, Tectonic movement,
Submarine environmental change

* 1 地質調査所海洋地質部

* 2 Geological Survey of Japan

1. はじめに

中村 (1983) に代表される日本海東縁新生海溝説は、日本海中部地震 (1983年発生) の発生によって、地質、地球物理学的に様々な方面から盛んに議論がなされてきた (例えば小林 (1983), 瀬野 (1983), Tamaki and Honza (1985) など)。1993年に発生した北海道南西沖地震は沿岸各地に多くの被害をもたらした。防災面からこの地域のテクトニクス解明が急務である認識がされた。本小論では、北海道南西沖地震直後に行った「しんかい2000」による潜航調査結果と、それに前後して行った「ドルフィン-3 K」及び深海ビデオカメラによる深海曳航調査の結果を報告する。今回のような地震発生直後に行った潜航調査は、世界でも類を見ないものであり、地震に伴う様々な変化について観察できた。以下にこれまでの奥尻海嶺に関する研究の概略を述べ、今回行った潜航調査結果、及びディープトウ調査結果の持つ意味について述べる。

1. 1 これまでの奥尻海嶺での調査

中村 (1983) は1983年の日本海中部地震発生前に、地形及び堆積物の変形から日本海東縁に新生海溝が出来つつあることを指摘した。また時を同じくして小林 (1983) も日本海東縁における新生海溝の可能性について広域応力場の変遷の観点から指摘した。日本海中部地震発生直後から瀬野 (1983) によって奥尻海嶺を挟んでユーラシアプレートと北米プレートのプレート境界としての意義が取り上げられるようになった。また Tamaki and Honza (1985) は地質調査所による日本海の広域調査 (Honza, 1978, 1979) の結果を基に、極性の異なる (走行は同じでフェルゲンツが異なる) 逆断層が奥尻海嶺に発達していることを指摘した。この時点までに奥尻海嶺付近にはプレート境界が存在するらしいことが分かってきた。1986年以降3年間にわたって東海大学による海底地質調査が行われた (岩下ほか, 1987; 岩下・石井, 1988; 石井ほか, 1988)。この調査により奥尻海嶺の海洋海山には MORB 様の玄武岩が露出しているらしいことが分かった (宮下ほか, 1987)。また東京大学海洋研究所は1986年に白鳳丸、1987年には宮下ほか (1987) の報告を受けて淡青丸による調査を奥尻海嶺で行った。その時行われたマルチチャンネル音波探査は奥尻海嶺の地質構造をかなり明らかにした (倉本, 1989; Tokuyama et al., 1992)。また海洋科学技術センターが行ったサイドスキャンソナー調査によって、音波探査によって示された構造が活構造である証拠を与えた。この時点までに奥尻海嶺は海と陸の地殻構造の境界部に発

達した海嶺であり、それは低角の逆断層 (スラスト) によって変位していることが明らかになった。しかもそのスラストは極性が変化し、かつバックスラストを伴うことが明らかになった。これはオフィオライトの搬入過程を考察するうえで非常に重要な、現在進行形の例であるという認識がなされるようになった (倉本, 1989; Tokuyama et al., 1992)。1989年にはODP (国際深海掘削計画) Leg 127による奥尻海嶺上での深海掘削が行われた (Tamaki, Pisciotto, Allan et al., 1990)。音波探査記録に見られる音響基盤 (海洋地殻第2層) までは掘削できなかったが、奥尻海嶺を隆起させた地殻変動が約1.8Maから始まったこと、そして奥尻海嶺は日本海の他の地域に比べて有意に高い地殻熱流量値を示すことが明らかになった。

以上をまとめると、奥尻海嶺には海洋地殻の断面が露出している所があり、それは低角な逆断層によって衝上している。その断層は場所によって極性が変わり、日本海盆側が沈み込むタイプと、オブダクションのタイプが存在し、この地殻変動は約180万年前から始まったということが明らかになっている。

1. 2 奥尻海嶺におけるこれまでの潜航調査

以上述べたような調査の結果、奥尻海嶺の海洋海山では海洋地殻の断面を観察できる可能性があることが分かった。海洋地殻の研究は、これまで深海掘削を行うか、あるいは陸上のオフィオライトを調べるしかなかったが、奥尻海嶺は潜航調査によって直接目視観察できるおそらく唯一の地点である。海洋地殻の観察と奥尻海嶺の地質構造を調査する目的で、潜航調査の計画が進められた。1988年の「しんかい2000」による5潜航を皮切りに、1989年、1990年と5潜航ずつ行った。1991年には「しんかい6500」による潜航を4回行い、さらに1992年には「しんかい2000」で2潜航、「しんかい6500」で3潜航行ってきた。計24潜航にも及んでいる。多くの調査はおおむね北緯44度の緯度線に沿った地域で行われたが、後志海山の頂上部でも調査が行われた。

1. 3 潜航調査によって明らかになったこと

奥尻海嶺、特に海洋海山には日本海盆と同様と考えられる地質層序が確認された。また基盤の玄武岩は背弧海盆に特有の化学組成を持つものであることが分かった。海洋海山付近では東に傾く低角な逆断層が主断層として働き、海嶺を形成している。この断層は浅部で高角であり、海洋海山の西斜面で幾つにも枝別れしている。この断層の北の延長部ではバクテリアマット、巻き貝やエビ類の群集が発見された。これは断層活動に伴って地下か

らの冷水が存在することを物語っていると考えられる。この付近や、活断層の観察された所では温度異常も測定され、ODPの掘削で測定された値と近い地殻熱流量値が得られた。また奥尻海盆と武蔵海盆を境する断層も活断層であり、日本海盆と奥尻海嶺の境界の断層をメインスラストとするとこの活断層はバックスラストと考えられる。ここで採取した堆積物の年代から、この構造は少なくとも3.7Ma以降に開始されたと考えられる。

2. 第700潜航の成果

2.1 緊急潜航調査の目的

1993年7月12日に発生した北海道南西沖地震は、奥尻島及び北海道から東北日本の日本海側の広い地域に被害をもたらした。特に津波災害は、多くの尊い人命を奪った。震源は当初、奥尻島の北西沖、北緯42°47′、東経139°12′で発生したと報告された(気象庁)。深さは34 km、マグニチュードは7.8であった。その後、地震の破壊プロセスは南北、とくに当初発表された震源より南に破壊が伝播していることが、地震直後の解析により明らかになった(菊池, 1993)。余震の発生地域もそのことを裏付けているように見えた。この余震発生地域は、今回の北海道南西沖地震により、何らかの地殻変動を伴っているところであるという予想から、海底の目視観測によりその変動を定量的に観測できるのではないかと考えた。そこで、海洋科学技術センターの「しんかい2000」を用いて、今回の地震による地殻変動の現象を観測し、今回の地震によってどのような変動が起こったのかを考察した。このことは将来的にはこの地域の地震発生ポテンシャル、あるいは地震予知に対して、非常に重要な資料となると同時に、このような地震直後に行った潜航調査はおそらく世界でも類を見ないものである。

余震の頻発している海域に有人潜航調査するためには、万全の地形調査とROV等による事前調査が不可欠である。今回の一連の潜航調査は「しんかい2000」で潜航できる深度範囲で、かつ急崖などがない地形の所を選択しなければならなかった。従って、これまで「しんかい2000」、「しんかい6500」によって精力的に調べられてきた奥尻海嶺上の海洋海山付近は、今回の調査対象には値しないこととなった。そのため奥尻海嶺上で潜航調査するためには、新たに高精度の地形図を作成することと、深海ビデオカメラなどによる事前調査が必要になってきた。「ドルフィン-3 K」を用いた事前調査では、有人潜航調査に支障を来すような現象は見つからなかったが、今回の地震によると思われる様々な変化が観察さ

れた。これについては次の章で述べることにする。このようにして様々な方面からの支援を受け、「しんかい2000」による潜航調査が開始された。そのうち筆者が第700潜航で観察したことを報告するとともに、その後の深海カメラを用いた調査も併せてここに報告する。

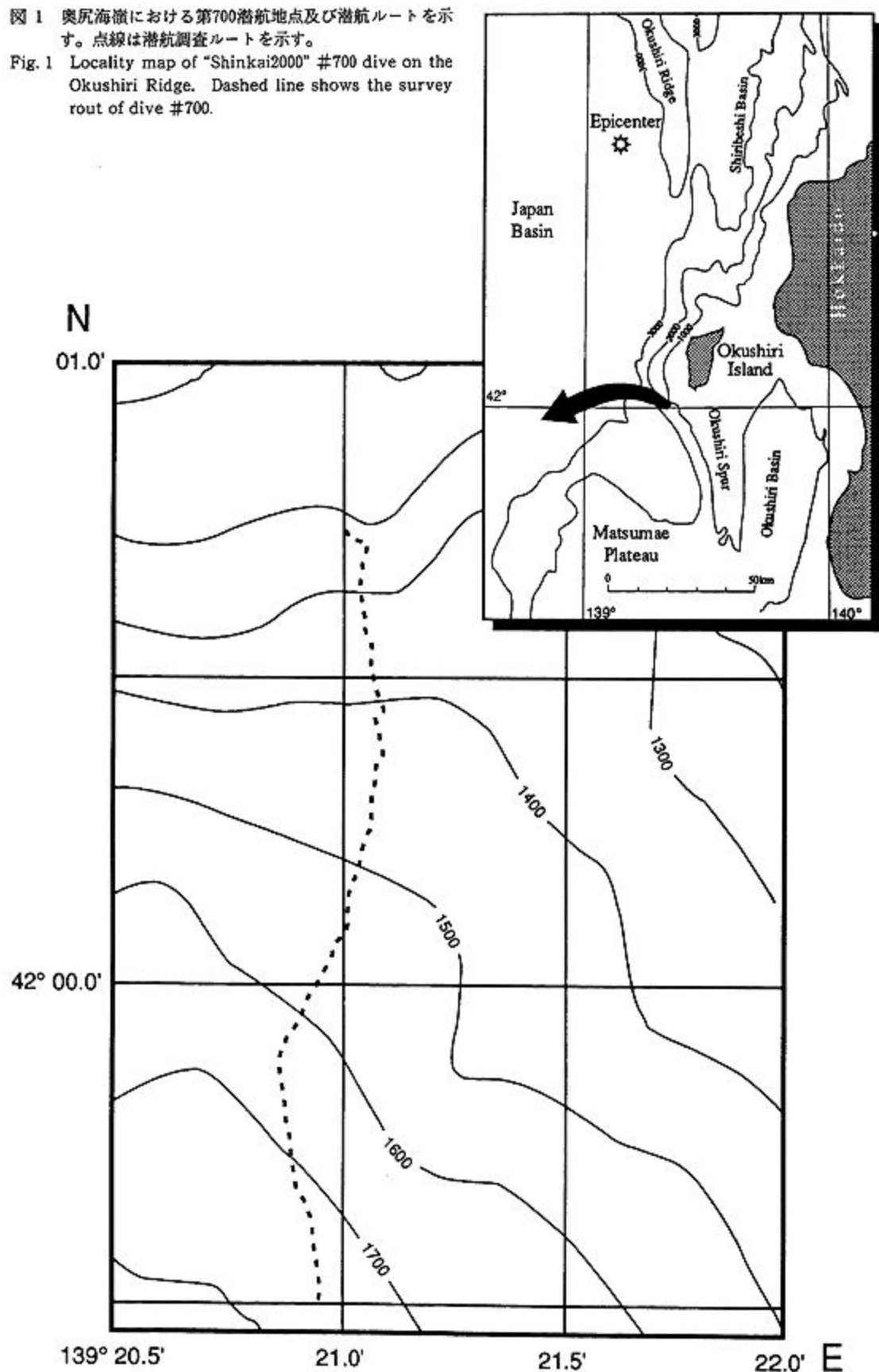
2.2 潜航調査域の地形及び地質

第700潜航(1993年8月18日潜航)は奥尻島の南端、青苗から西南西に約12kmの沖合の斜面下部から観察を開始した(図1)。この地点はおそらく斜面崩壊物でできていると思われる奥尻島西部沖の斜面の一部で、その斜面は大局的には北西-南東方向に延びており、その延びの方向と平行なリニアメントが地形に表れている。本潜航地点より北側の斜面は「盛り上がった」地形をしており、おそらく奥尻島からの地滑り堆積物が厚く堆積していると考えられる。潜航地点はその崖堆積物の南端に位置し、地形的に東西方向にリニアメントが屈曲するところであった。着底点から離底地点までほぼ南北の測線を観察したが、おおざっぱにこの地域の地形は崖堆積物で形成されているガリ地形を呈していることが観察された。測線上にいくつもの尾根と谷が形成されており、それらはすべて崖堆積性の堆積物、特に多くは礫を主体とした堆積物からなっているのが観察された。尾根部には所々この崖堆積物の断面が露出しており、現在観察される地形の成因が地滑りや、崖崩れといったことによってもたらされた堆積物で出来ていることが観察された。このことはこの斜面が現在も活動的に崩壊を続けていることを物語ると同時に、この斜面が常に不安定な急斜面を維持してきた、つまり奥尻海嶺が過去から活動的に隆起してきた証拠であると考えられる。奥尻海嶺の形成開始時期については国際深海掘削計画(ODP Leg 127)の結果を参照すると、約180万年前にまで遡れると考えられる(Tamaki, Pisciotto, Allan, et al., 1990)。

本調査測線上では数箇所泥岩の露頭が観察された。水深1,679m付近で観察された露頭には塊状の泥岩が露出している。色は茶色で、比較的柔らかい極細粒砂岩から頁岩である。このサンプルからは珪藻化石が産出し、*Thalassiosira oestrupii* 帯(5.10-3.70Ma)と同定された(嵯峨山, 私信)。陸上での同時代の層準は、西南北海道では黒松内層として、奥尻島では米岡層から産出されている(泰ほか, 1982)。水深1,663m付近の崖には暗灰色の塊状泥岩が露出している。層理構造が目視でき、その走向、傾斜はN40°W60°Nである。層理面に平行に白い析出物が認められ、石英あるいはオパールではないかと考えられる。このサンプルからは珪藻化石は産出せ

図 1 奥尻海嶺における第700潜航地点及び潜航ルートを示す。点線は潜航調査ルートを示す。

Fig. 1 Locality map of "Shinkai2000" #700 dive on the Okushiri Ridge. Dashed line shows the survey route of dive #700.



ず(嵯峨山, 私信), かなり固化していることから, おそらく続成作用によって溶解してしまったと考えられる。従ってこの層は北海道南部の八雲相当層と考えられる。また水深1,430m付近には比高20m程度の崖があり, そこには硬質頁岩が露出している。その走向はNE-SWで, 北に傾斜している。この露頭には逆断層が認められるが, これが最近動いた証拠はない。このサンプルからも珪藻化石は産出しなかったが, 岩相からこの層はおそらく奥尻島に露出している千畳層(中新統)相当層と考えられる。試料を得た3地点は, いずれも目視観察では露頭に見えたが, 層序としては整合性がなく, おそらく地滑りなどによって崩れたブロックが再堆積したものと考えられる。

崖の延びの方向, 節理の方向はNE-SWのものが多く観察された。所々に馬蹄形をした地滑り跡が観察された。水深1,278mには斜面の等深線と直交する方向に開口割れ目が幾筋も発達しているのが観察された(写真1)。幅は数cmから数mもあるものがあり, 深さは確認できないほどのものもある。この割れ目の断面の観察からこの辺りは2層からなることが分かる。上部20-30cmの厚さを持つ泥と, 泥岩と思われる礫を含む角礫層から成っている。また一部崖錐堆積物を垂直に挟む部分があり, おそらくこれは過去の地滑りでできた割れ目に堆積した崖錐堆積物であると考えられる。この南北に延びる割れ目は現在海底面に露出している崖錐堆積物(黒くコーティングされた礫を多く含む)をも切っており, 泥なども被っていないことからごく最近, おそらく今回の北海道南西沖地震によって形成されたものであると考えられる。この割れ目群のうち一部は雁行配列(「ミ」型)を呈している。また地形的に地滑りによる割れ目とは考えにくく, おそらくこの割れ目は広域応力場を反映して形成されたもので, この地域のテクトニクスを解明するうえで非常に重要なものである。

2. 3 潜航調査域の生物学的特徴

調査測線上で確認された生物はベニズワイガニ, ナマコ, シンカイバイガイ, ヤギ, ソコダラ等である。エイの死骸を発見したが, それはベニズワイガニによって食べられている最中であつた(写真2)。このエイの死骸は, まだ分解が進んでおらず, 死後間もないものであると推察される。この死骸をよくみると, 表面には薄く泥がかぶっている。生物による分解の時間が地質学的時間に比べて非常に短いことを考えると, このエイが死んでから, あるいは死ぬと同時に堆積物がその死骸を覆ったと考えられ, それはごく最近の出来事であつたと考えら

れる。1つの可能性として, 北海道南西沖地震が発生したときに, 乱泥流が発生し, それに巻き込まれたエイが死に, その死骸の上に堆積物を堆積させたと考えられる。また固着性生物のヤギはすべて倒れており, これも乱泥流の発生や, 地滑り, 崖崩れの発生, 津波などが関係していると考えられる。したがって, 直接的な証拠はないが, ごく最近に地質学的なイベントが起こったことは確かで, おそらく今回の地震に関係したものであるといえる。

3. 地震による海底環境の変化

今回の「しんかい2000」による潜航調査前後に, 「ドルフィン-3 K」と深海曳航式ビデオカメラによって, 北海道南西沖地震の余震域での調査を行った。この一連の調査の中で, もっとも特徴的なものに海底の変色現象と, 生物の密集現象があげられる。

8月14日に行った「ドルフィン-3 K」による潜航調査(第142潜航)で, 「異常な雰囲気」と船上で称した場所があった(北緯41°03', 東経139°18.5', 水深1,600m)。ここは比高約30mの小崖の麓にあたる小さな地形変換点で, 海底の色が周囲に比べて黒く変色しており, その範囲はおおよそ5-10m四方に広がっていると思われる。またここにはベニズワイガニをはじめ, ナマコ, バイガイ, ヒトデなどが, 深海では考えられないぐらいの密度で密集していた。その中でベニズワイガニはおそらく1-2割ぐらいのものが奇形(足がなくなっているものが多く存在した)であつた。また泥に体の半分が埋まって死んでいるものもあつた。元々ここに生息している生物群であるのかは不明であるが, 少なくともこれだけの密度で生息していくための環境がこの深海にあったとは考えられない。従って, この「異常な雰囲気」がもたらす問題は, 偶然この場に生物群がはき寄せられたのか, あるいは変色域と関係した海底の環境の変化に伴って, 生物群をおびき寄せたかに集約されると思われる。現時点では画像資料だけで, どちらであるかは不明であるが, 「しんかい2000」の観察から推察すると, おそらく地震の発生に伴って起こったであろう乱泥流あるいは海底地滑りや崖崩れに伴って, より浅海に生息していた生物群が, 深海に運ばれたと考えられる。この場所にはまた, 固着性生物のヤギ類が, なぎ倒された状態, あるいは半分泥の中に倒れて埋まっている状態で観察された。このこともなにか堆積物を伴った強い流れが存在したことを物語っていると考えられる。従って, 現時点では流れによって堆積物と共に生物群集も運ばれ, 崖の麓のやや平

坦なところに堆積したと考えられる。しかしヤギ類に付着している、おそらくイカあるいは魚の卵と思われるが、それを食べているカニもいるので、元々この場所にいたカニが、突然降ってきた餌に集まってきているとも解釈でき、詳細については不明ではあるが、変色をもたらした物質が餌になっている可能性は低いように見える。

海底の変色現象は、1983年に発生した日本海中部地震の時に観察されており（堀田ほか、1985）、海底下で、異常間隙水圧が地震によってもたらされたと考えられる。今回の潜航調査でも、第698潜航（竹内章）によって、海底での噴出現象の痕跡を発見した。第701潜航（プレス）では過去に起こったであろう堆積物の流動化現象の“化石”の露頭を発見している（写真3）。これは過去にもこの地域で流動化現象が起こり、そして間隙水圧の上昇といったプロセスに引き続いて、海底から噴出する現象が起こったであろうと想像させる。また深海ビデオカメラでも数多くの変色域を発見した。その多くはパッチ状に広がっており、割れ目や窪みに沿って配列するものもあり、伏在する断層などが考えられる。またそれは斜面方向に低くなった所にこのような変色域が観察されることが多いことから、西に傾斜した小規模な逆断層が想像される。今回観察された変色域は多くは黒ずんだ色をしており、第698潜航で観察された黄色い変色域はほかには見られなかった。この海底に変色をもたらした物質が何であるかは、現在のところ試料が採取されていないので不明であるが、変色域と生物群集の関係を解明するためには、その物質の分析が不可欠であろう。

従って、深海において生物が異常に密集するような環境の変化は、水の流れによって物理的に運ばれ、変化を一時的に与えられたのか、あるいは化学的な物質の噴出に伴って、生態系に与える環境が変化したのか、ということに集約される。両方の原因が混ざっている可能性もあるが、地震の発生に伴って、海底では何が起こるのかを明確にすることは、過去の地震を解析するうえで非常に有益な情報を与えることになるであろう。

4. ま と め

地震が発生することにより、海底の現象としてはどんなことが起こりうるのか。逆にどんな現象を観察できれば過去の地震を復元できるのか。これまでこういった疑問に対応するだけの観察事例を我々は持ち合わせていなかったが、今回の北海道南西沖地震の直後の調査により、重要ないくつかの資料を得た。

- 1) 海底の変色
- 2) 生物の異常密集と死滅
- 3) テクトニックな地割れの発達
- 4) 斜面崩壊（地滑り、土石流など）
- 5) 海底下からの噴出現象
- 6) 乱泥流の発生

などである。このような観察から今後、過去の地震の歴史をひもとければ、将来の地震発生予想あるいは発生規模や空間的広がりなどについて、大変重要な手助けとなるであろう。

これまでの奥尻海嶺に関する研究から明らかになっているように、少なくとも第四紀以降この地域は東西に近い方向に主応力軸を持つ圧縮応力場に置かれてきた。その応力セッティングで奥尻島は第四紀以降ずっと隆起を続けてきた（宮浦、1975）。しかし今回の地震で奥尻島は沈降した。おそらく長い時間スケールで見れば奥尻島は隆起していくのであろうが、今回は沈降したのである。従って、時間スケールはどうであれ、この沈降の事実を、地殻構造から明らかにする必要がある。潜航調査、あるいは深海曳航調査では、明瞭な活断層露頭は発見されなかった。今回の一連の調査では伏在する断層の兆候を掴んだにすぎなかったが、変色を与えた物質の起源と絡んで、断層の形態あるいは変動と、その起源や規模について、小規模な断層系でも明らかにし、奥尻海嶺としてトータルなテクトニクスを解析を進めなければ、詳細なテクトニクスは解明できないであろう。今後さらに潜航調査を中心とした、詳細な観察が望まれる。

謝 辞

北海道南西沖地震発生後、海洋科学技術センターを中心とした潜航、及び深海曳航調査に参加させていただき、関係各方面の方々には大変お世話になりました。特に海洋科学技術センター深海研究部の堀田宏部長、藤岡換太郎主幹、門馬大和主幹、田中武男博士に感謝いたします。また地質調査所海洋地質部の中尾征三部長、奥田義久課長には不在中に乗船の手配をしていただきました。ここに改めて感謝いたします。珪藻化石の鑑定をしていただいた北海道立地下資源調査所の嵯峨山積博士に深く感謝いたします。最後に、北海道南西沖地震で犠牲になられた方々のご冥福をお祈りいたします。

参 考 文 献

石井次郎・高見雅三・宮下純夫・坂本 泉・申 起徹・飯倉茂弘・飯塚 進（1988）：東海大学“望星丸Ⅱ

- 世”による第3次奥尻海嶺調査航海概報. 北海道東海大学紀要理工学系, 1, 39-68.
- 岩下光男・石井次郎・宮下純夫・山崎哲良・伊津信之介・木戸和男・嵯峨山積・土谷信高・渡辺 寧 (1987): 北海道積丹半島沖積丹海山・海丘群調査概報. 東海大学札幌教養部彙報, 6, 1-10.
- 岩下光男・石井次郎 (1988): 東海大学丸Ⅱ世による第2次北海道積丹半島沖奥尻海嶺調査概報. 東海大学札幌教養部彙報, 8, 105-112.
- 小林洋二 (1983): プレート“沈み込み”の始まり. 月刊地球, 5, 510-514.
- 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.
- 秦 光男・瀬川秀良・矢島惇吉 (1982): 奥尻島北部及び南部地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1図幅), 83pp.
- Honza, E. (editor) (1978): Geological Investigation of the Okhotsk and Japan Seas off Hokkaido. Geological Survey of Japan Cruise Rept., 11, 72pp.
- Honza, E. (editor) (1979): Geological Investigation of the Japan Sea. Geological Survey of Japan Cruise Rept., 13, 99pp.
- 堀田 宏・門馬大和・大塚 清・橋本 惇・田中武男 (1985): 昭和58年日本海中部地震震源域の目視観察. 海洋科学技術センター試験研究報告, 14, 37-53.
- 菊池正幸 (1983): 遠地実体波による北海道南西沖地震の破壊過程—他の大津波地震・非津波大地震との比較—. 日本地震学会講演予稿集, (2), 28.
- 宮浦 正 (1975): 奥尻島の高成段丘と第四紀地殻変動. 第四紀研究, 14, 23-32.
- 宮下純夫・土谷信高・渡辺 寧・石井次郎・山崎哲良・嵯峨山積・伊津信之介・岩下光男 (1987): 日本海北東縁海洋海山から採取された玄武岩質枕状溶岩. 東海大学札幌教養部彙報, 6, 11-21.
- 中村一明 (1983): 日本海東縁新生海溝の可能性. 地震研究所彙報, 58, 711-722.
- 瀬野徹三 (1983): 日本海沈み込み説に関する一考察—日本海溝における地震のスリップベクトル—. 地震, 36, 270-273.
- Tamaki, K. and E. Honza (1985): Incipient Subduction and Obduction along the Eastern Margin of the Japan Sea. Tectonophysics, 119, 381-406.
- Tamaki, K., K. Pisciotto, J. Allan et al. (1990): Proc. ODP, Init. Repts., 127. College Station, TX (Ocean Drilling Program), 844pp.
- Tokuyama, H., S. Kuramoto, W. Soh, S. Miyashita, T. Byrne and T. Tanaka (1992): Initiation of Ophiolite Emplacement: A Modern Example from Okushiri Ridge, Northeast Japan Arc. Mar. Geol., 103, 323-334.

(原稿受理: 1994年6月30日)

(注) 写真は次ページ以降に掲載

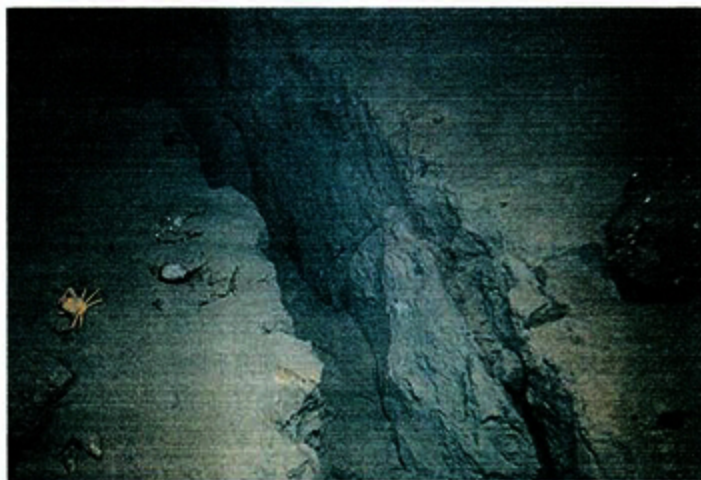


写真 1 南北に延びる海底地割れ。テクトニックな成因によって形成されたと考えられる。水深1,278m
Photo 1 N-S trend tectonic fracture at 1,278m wd.



写真 2 死んだエイに薄く堆積物が堆積している。カニはエイを食べている。
Photo 2 Very thin sediments lay over the dead ray. A club is eating the big dish.



写真 3 過去に流動化した地層の露頭。墨流し状に黒い堆積物が変形している。
Photo 3 An outcrop of flow structure of sediments. Black materials show very clear flow structure.