

北海道東岸の陸棚斜面の海底地形 —海底地滑り検出の試み—

岩淵 洋, 寄高三和子: 海洋研究室

Topography of continental slope of off eastern Hokkaido —An attempt to detect submarine landslides—

Yo Iwabuchi, Miwako Yoritaka: Ocean Research Laboratory

1. はじめに

津波は一般に地震に伴う海底変動が引き起こすものとされている。水路部は海域の測量を専門に行っており、海底の変動に関しては以前から重要な関心を持っていた。地震に伴う海底変動を検出する試みは、1923年関東地震の直後に、海軍水路部測量艦大和が調査を行い、以前の測得水深との比較から、関東地震に伴って相模湾では相対的に水深500mにも達する変動があったとの報告がなされている(内田, 1924)。

その後も水路部は、1945年三河地震、1946年南海地震、1952年十勝沖地震など、大きな地震の発生に際し、直ちに海底地形調査を行っている。1945年三河地震では、陸上で観察された地震断層の延長の海底において、地塊の運動と調和的な傾動する海底の様子が計測された(Tayama and Nakayama, 1953)。また、1964年新潟地震では、海底に生じた地震断層の検出と、絶対的な水深の変化を検出することに成功し(茂木ほか, 1965)、その後の震源断層モデルの作成のために重要なデータを提供している。

1994年10月4日に北海道色丹島南東の千島海溝陸側斜面を震源とする北海道東方沖地震(M=8.1)が発生した(小泉, 1994)。この地震による地震動と直後に襲来した津波により、択捉島で10名の犠牲者を出し、津波は北海道の根室でも173cm(潮位計における高さ)を記録した。この地震による津波は、太平洋岸ではほぼ予想到達時刻に観測されたものの、知床半島北西岸の宇登呂では根室よりも早く津波が到

達するなど、オホーツク海沿岸では予想時刻よりも50~60分も早く到達した。この事実について、中村・荒井(1995)は、オホーツク海側にも津波の波源がなければ説明できないことを指摘した。彼らはオホーツク海沿岸に最初に到達した津波の波源として、観測された津波の逆伝搬を求め、網走の北約80kmの北見大和堆斜面において、本震の発生時間と同時刻に逆伝搬図の波面が重なることから、この地点において津波が発生したものと推定した。ただし、彼らは宇登呂において観測された、津波の振幅が他の観測地点(網走、紋別、枝幸、稚内)に比べ大きいことから、知床岬の北方において津波が発生した可能性があることも指摘している。

一方、北海道東方沖地震発生後、知床岬北方沖水深200~1300mの沖合部の海底に設置した刺し網が流出したこと、魚群探知機によって捕らえられた海底の地形が地震前とはかなり違っていることが報道された(北海道新聞, 1994)。これら報告があった位置は、中村・荒井(1995)の指摘する知床岬の海域であり、この他にも、知床岬西方沖に設置した定置網に泥がかぶっていたり、木の枝が絡んだなどの情報が寄せられている(羅臼漁業協同組合の今野氏による)。これら情報は、1994年北海道東方沖地震に伴って、知床半島陸側斜面において斜面崩壊が起きたことを示唆している。

1995年に根室海峡の沿岸測量が実施されることとなったことから、測量船の回航に合わせて、オホーツク海における海底地形調査を実施した。調査は、海底に津波を発生させるような地滑り地形などが存

在するの、また、これが今回の地震に伴う変動であったのかを明らかにすることを目的とし、中村・荒井（1995）の指摘する網走沖の海域と、漁業者からの情報があつた知床半島北西沖の海域に調査海域を設定した（第1図、A、B）。

なお、調査の実施後、中村・荒井（1996）は、網走沖の海域については指摘位置はそのままであるが、知床半島北方沖の海域について、知床岬の北北東約40kmの陸棚斜面とさらに細かく特定した。残念ながらこの海域は、一部が我々の調査範囲に含まれるに過ぎない。第2図に中村・荒井（1996）による津波の想定波源域を示す。

また、1993年1月15日に発生した釧路沖地震はM=7.8と規模が大きかったため、震源が深さ100kmと深いところで発生したにもかかわらず、釧路市で震度5、水平方向加速度922galを観測した。この地震によって、沖積地において液状化による被害が発生したほか、釧路市の洪積台地縁が崩壊して家屋が倒壊したり、沖積地の盛り土が随所で崩落した。この地震に伴う津波は観測されなかったが、陸上では洪積台地において斜面崩壊がいくつかの地点で発生したことから、水に飽和した海底の沖積層では、陸上に比べ崩壊がたくさん生じているのではないかと

推測された。このため、震央に近い釧路沖の海底のうち、最も海底の傾斜が大きい釧路海底谷の谷壁付近についても海底地形調査を行った（第1図、C）。

本報告は、これら調査によって明らかになった北海道東岸の陸棚斜面の海底地形と、この中で推定される海底地滑り地形について報告する。

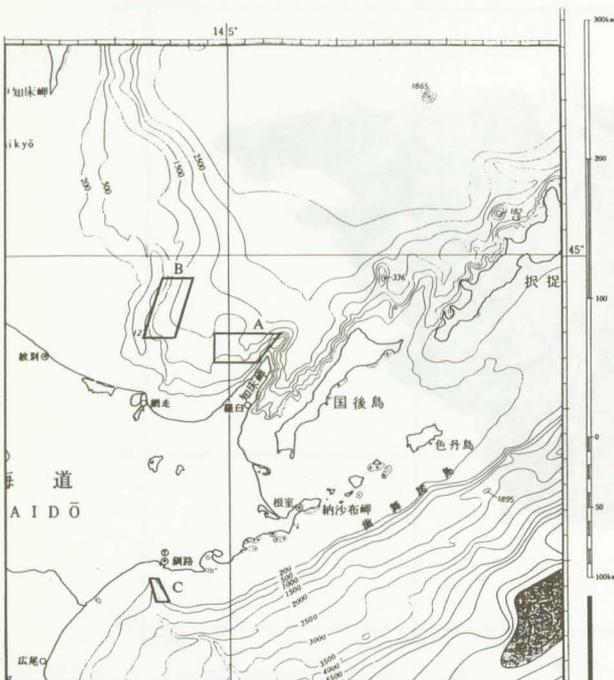
2. 海底地形調査

海底地形調査は、測量船「海洋」により行った。測位は複合測位装置（主にGPS（2周波：L1, L2）の単独測位）を用い、測深にはマルチビーム測深機（SeaBeam2000, 周波数12kHz, 2°×2°×121 beams）を用いた。音速度の改正には、1000mまでのXBT観測による水温及び水温・塩分の統計値をもとに算出した値を適用した。

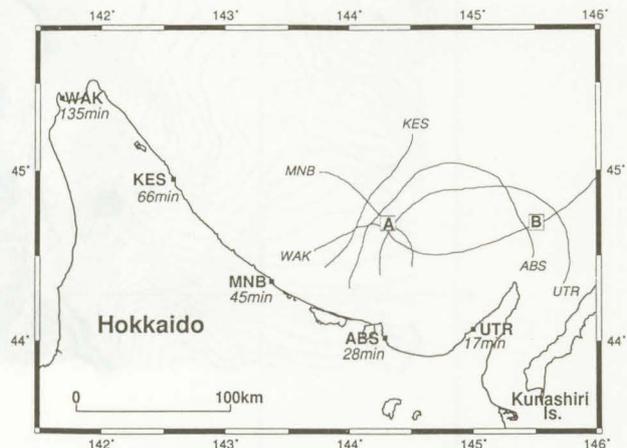
測線は、知床半島北西方海域では東西方向に1.5～2海里間隔、北見大和堆西部海域では北北東—南南西方向に0.5～2.1海里間隔、また、釧路海底谷右岸海域では北北西—南南東方向で0.3～0.8海里で設定した。何れの海域でも交差測線は特段には設けていない。

3. 測量結果

今回の調査の結果作成された海底地形図を第3～5図に示す。海底地形図の等深線間隔は20mである。水深に応じて測線間隔は若干変わっているが、



第1図 調査海域



第2図 1994年北海道東方沖地震に伴ってオホーツク海で発生した津波の想定波源域（中村・荒井, 1996, による）

北見大和堆西部海域では水深300m以深, 知床半島北西方海域では水深1400m以深, また, 北見大和堆西部海域では概ね全域が, それぞれシーブーム2000によりカバーされている。

各海域の海底地形の特徴については, 以下の通り。

(1) 知床半島北西方海域 (第3図)

本海域は知床半島から千島海盆に至る陸棚斜面及び陸棚のライズとなっている。調査海域の西部は陸棚斜面, 東部はライズである。陸棚斜面における平均傾斜は上部で10°, 下部で5°程度, ライズにおける平均傾斜は1.2~1.5°程度である。

調査海域東部にはたくさんの海底谷があり, 陸棚斜面を刻んでいる。この後背地である知床半島は標高が1500mほどあるものの, 海岸から分水嶺まで7~8kmしかなく, 大きな河川は存在しない。陸部を刻む谷と陸棚斜面を刻む海底谷とは, 連続性は特に認められない。本海域において最も顕著な海底谷は, 調査海域中央を北ないし北東に千島海盆に向かって流下する宇登呂海底谷 (仮称) である。ただし, 宇登呂海底谷も知床半島の陸棚斜面を下刻する他の海底谷と同様に, 特に大きな河川の延長に位置しているのではない。宇登呂海底谷以外の海底谷は, 陸棚斜面に対して最大傾斜方向に流下しているが, 宇登

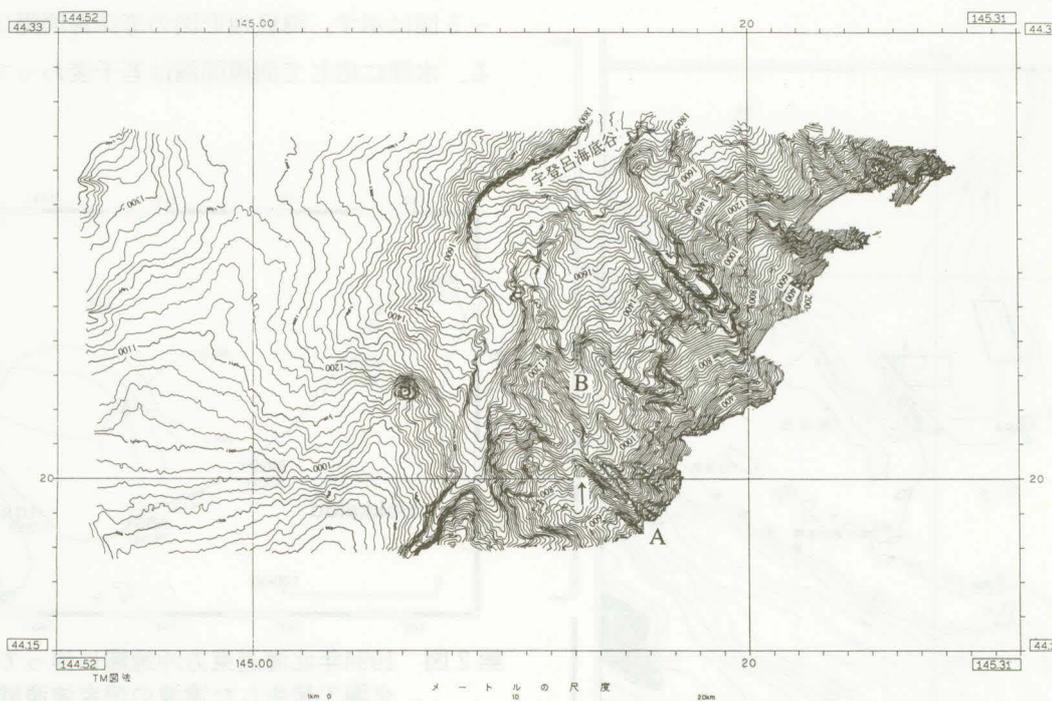
呂海底谷は, 陸棚斜面では斜面に対し斜めに, また, 陸棚斜面脚部では脚部に沿うように, 北東-南西の走向となっている。

第5図矢印の地点では, 陸棚斜面に従った北西-南東の海底谷 (第3図, A) と北北西-南南東の海底谷 (第3図, B) が接している。Aの海底谷は上流部がはっきりしない割には規模が比較的大きい。一方, Bの海底谷は矢印の地点付近で陸棚斜面に従った北西-南東の走向から, 北北西-南南東へと走向を変える。この地形は, Aの海底谷の上部が流路を変えて現在はBの海底谷につながったことを示唆する (流路の争奪)。

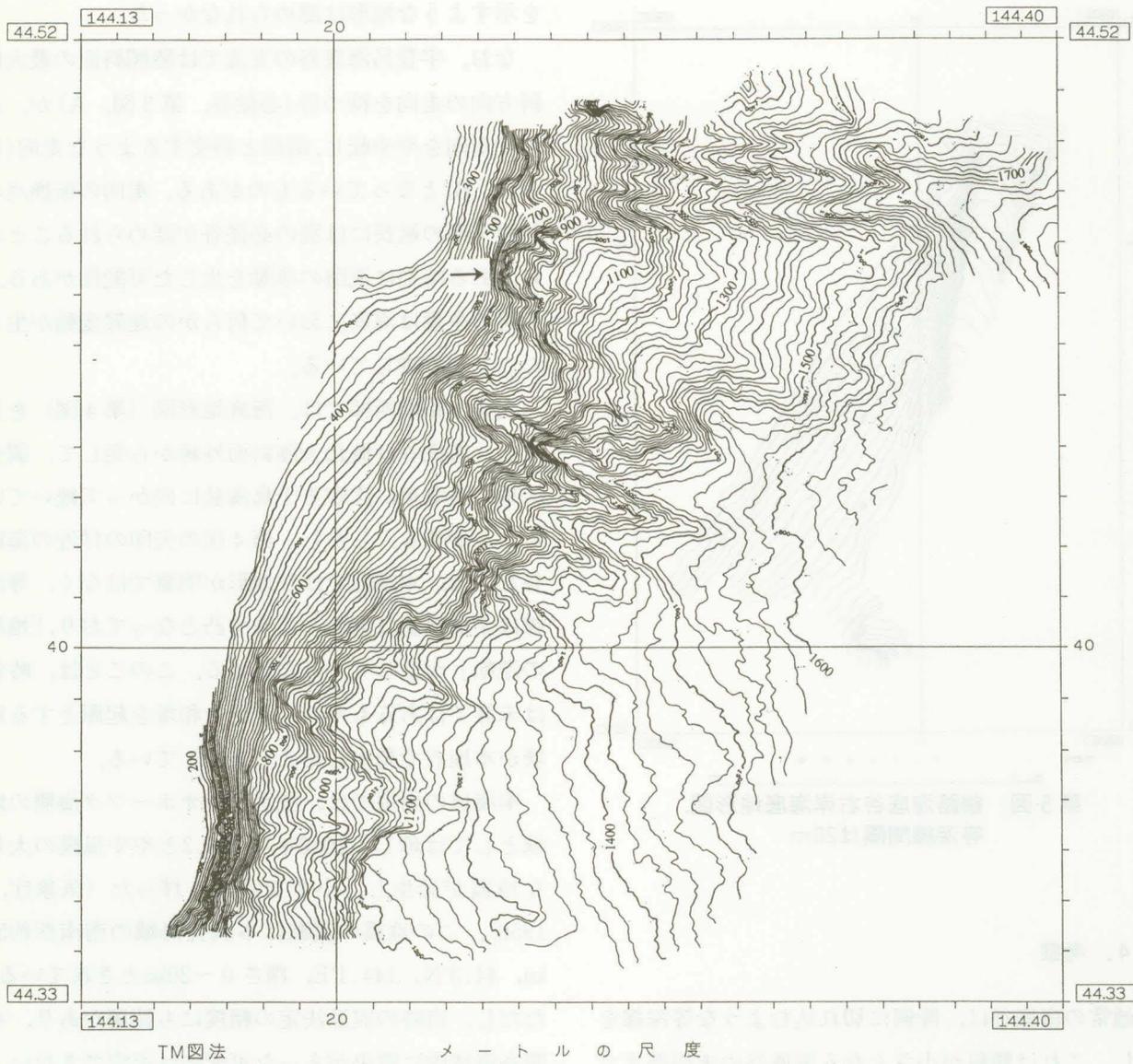
本海域における崩壊性の地形としては, 知床沖の陸棚斜面に発達する北北西-南南東走向の海底谷の谷頭がこれに相当する。何れの海底谷も陸上の河川の延長にはなく, また, 一部のものを除き谷頭も水深500~600mにある。

(2) 北見大和堆西部海域 (第4図)

本海域は最浅部の水深が123mで頂部の平坦な北見大和堆の西側斜面で, 陸棚斜面とライズよりなる。陸棚斜面の傾斜は, 調査海域中部では水深1200m付近にある脚部までほぼ一定で6°程度であるが, 調査海域南端付近では陸棚斜面上部 (水深200~700m)



第3図 知床半島北西方海底地形図。等深線間隔は20m



第4図 北見大和堆西部海底地形図。等深線間隔は20m

で20°，下部（水深700～1200m）で5°程度である。

陸棚斜面からライズへは，調査海域中・南部では水深1200～1500m付近を境に明瞭に移り変わる。陸棚斜面脚部は北に向かうほど深いところにある。調査海域北部では海底谷が発達するために地形は複雑であるが，斜面脚部は中・南部に比べ深く水深1500～1700mにある。

ライズにおける傾斜は，1.2°程度で，知床半島北西方海域と同程度の傾斜である。

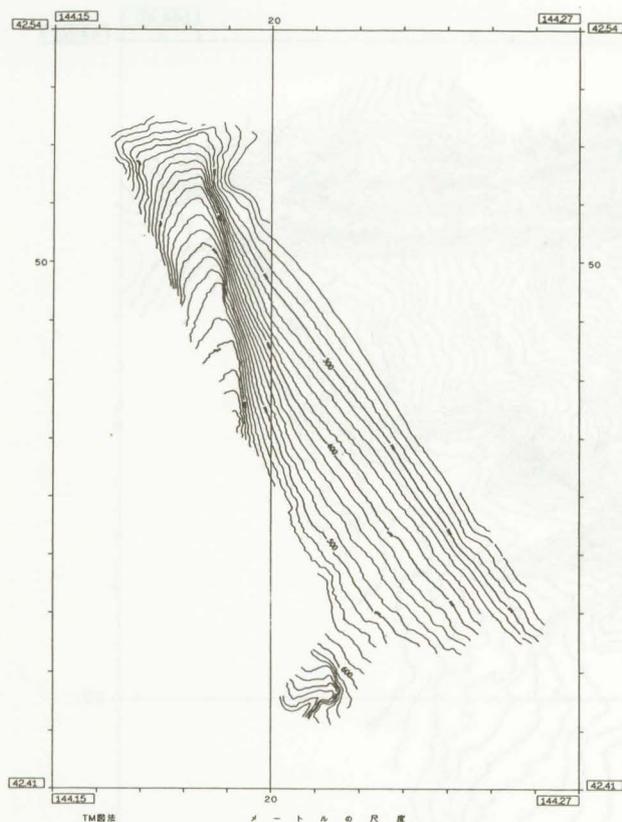
陸棚斜面を刻む海底谷は，北部でよく発達する。海底谷は何れも斜面の最大傾斜方向に流下している。谷頭は何れも水深700～900m付近にある。ほとんどの谷頭は馬蹄形をなしている。この地形は斜面

崩壊によって形成されたことを示唆している。

このうち，第4図の矢印の部分にある海底谷は，下流部が明瞭ではなく逆に凸の地形となっているように見える（地形の逆転）。このことは，地形形成史の中で新しい時期に崩壊が生じたことを示している。

(3) 釧路海底谷右岸海域（第5図）

地形は極めて単調で，釧路海底谷の谷壁には，釧路海底谷の支流に相当するようなガリーは全く認められない。釧路海底谷（上流部）の平均傾斜は3°弱程度，右岸斜面の傾斜は3°強，最も傾斜の大きい右岸斜面脚部で17°程度である。



第5図 釧路海底谷右岸海底地形図。
等深線間隔は20m

4. 考察

通常海底谷は、陸側に切れ込むような等深線を呈し、これは傾斜が小さくなる海底谷の末端部まで同じ傾向を示す。しかし、地滑りなどが発生した場合、地滑りの上部では斜面が削られて谷地形を造り、下部末端においては谷が埋め立てられ陸側から見て凸となるような等深線で表現される地形が形成される(地形の逆転)。地滑りの発生後しばらく時間が経過すると、地形の逆転を生じた谷の末端部分においても、海底谷を通じて流下する混濁流や密度流によって浸食を受け、再び谷地形が形成されていく。したがって、地形の逆転が生じている地域は、新しい時期に斜面崩壊の発生した可能性が高い。

知床半島北西方海域では、海底谷の谷頭は陸棚外縁よりもはるかに深く、また、後背陸地には特段に大きな河川も存在しないことから、陸棚に発達する海底谷群は、何れも斜面崩壊に伴う混濁流によって浸食形成されたと考えられる。しかし、地形の逆転

を示すような地形は認められなかった。

なお、宇登呂海底谷の支流では陸棚斜面の最大傾斜方向の走向を持つ谷(必従谷、第3図、A)が、途中で走向をやや転じ、斜面と斜交するような走向(第3図、B)となっているものがある。走向の転換点の斜面下部の延長には別の必従谷が認められることから、ある時期に流路の争奪を生じた可能性がある。流路の争奪は海底において何らかの地殻変動が生じたことを示唆している。

北見大和堆西部では、海底地形図(第4図)を見ると、海底谷は概ね大陸斜面外縁から発して、調査区域の東北東に広がる千島海盆に向かって続いていることが判る。しかし、第4図の矢印の付近の海底谷だけは、末端部では谷地形が明瞭ではなく、等深線は千島海盆に向かってやや凸となっており、「地形の逆転」が生じていると言える。このことは、時代は未詳ではあるものの、北見大和堆を起源とする崩壊が本地点で発生したことを示している。

本海域の周辺では、我が国のオホーツク海側の地域としては珍しく1956年にM6.3とやや規模の大きな地震が発生し、小さな津波も伴った(気象庁、1956)。この地震の震源は本調査海域の南南西約50km、44.3°N、144.1°E、深さ0~20kmとされている。ただし、当時の震源決定の精度にも問題があり、本調査海域内に震央があった可能性は否定できない。同じ時代に発生した弟子屈の地震(1959年、M=6.2)では、内陸部の浅い地震であるにも係わらず、震源位置は50kmも気象庁発表位置からずれているらしい。従って、海域において認められる地形の逆転を生じるような海底での斜面崩壊が、1994年に発生した可能性もあるが、1956年の地震も海底の斜面崩壊の引き金の候補として考えることが出来る。もちろん、崩壊は地質時代に発生した可能性もあり、時代を特定する材料は今のところない。

なお、活断層研究会(1991)は、北見大和堆の脚部に活断層を記載している。しかし、今回作成された海底地形図からは活断層の存在を示唆するような地形は認定できなかった。

釧路海底谷は、我が国としては規模の大きい河川である釧路川(流域面積:2510km²、我が国25位)の

延長にあり、千島海溝に至る総延長約200kmと規模の大きな海底谷である。陸上河川の延長にあることから、海底谷の形成には、陸上河川が運搬する堆積物が大きく関与しているものと考えられる。従って、釧路海底谷の中軸では地形を形成する運動が現在もなお継続しているものと考えられる。

陸上では震度5（気象庁旧震度階）の揺れを観測した1993年の地震では、陸上では洪積台地縁（火砕流台地縁）や沖積低地上の盛土が崩壊したり、液状化が発生するなどの被害を生じた。しかし、震央付近の海底で、最大17°にも達する斜面において、海底地形図から把握できるほどの規模の崩壊地形は認められなかった。さらに、谷壁にはガリーなどが全く認められないことも明らかとなった。今回調査を行ったのは水深200mよりも深い海域なので、最終氷期にも海底下にあったはずであり、現在の海底地形はそれよりもさらに古い時代からの累積ということになる。少なくとも、過去数万年間の変動を記録しているであろう釧路海底谷右岸の海底地形に、斜面崩壊の痕跡が認められないことは、この地域では斜面崩壊はほとんど発生しないことを示している。これは、地形図から認識できるほどの規模の海底の斜面崩壊の発生頻度を見積もる上で、極めて重大な意味を持つ情報である。

なお、過去の調査と新しい時代の調査との間で水深値や地形を直接比較できれば、この間に生じた変動を検出する。この試みは、1923年関東地震以降、水路部では何度も試みている。関東地震の際には、海軍水路部は相模湾において比高差500m以上にも達する変動を検出したと主張した（内田、1924）。

今回の調査では、知床半島北西方海域は一部1/5万沿岸の海の基本図測量がなされている（海上保安庁水路部、1988）が、北見大和堆西部や釧路海底谷右岸では1/20万大陸棚海の基本図測量がなされているのみである。これら過去の測量によって作成された海底地形図と、今回の測量によって作成された海底地形図とを比較したが、有為な差異は検出できなかった。

5. まとめ

1994年北海道東方沖地震に伴い、オホーツク海でも何らかの海底変動が起きた。この変動は津波を発生させる規模のものであった。

想定される波源域のうち、北見大和堆では地滑りを示唆する「地形の逆転」が認められたが、その形成時期はよく判らない。この付近では1956年にも小さな津波を伴う浅い地震が発生している。

知床半島陸棚斜面には、地滑りを示唆する「地形の逆転」は認められなかった。ただし、この付近には後背陸地の河川の規模に比べ、はるかに大きな海底谷が存在することが明らかとなった。このことは、斜面崩壊に伴う混濁流がしばしば発生していることを示唆している。なお、今回の測深と1987年に行われた沿岸の海の基本図測量成果との間では、海底地形のパターンから有為な差は検出できなかった。

釧路海底谷右岸は、大きな地震動に見舞われることが多いと考えられる海域であるにも係わらず、谷壁をなす斜面にガリーなどは全く認められない。斜面崩壊の頻度は、地震動の頻度が支配するのではなく、地質が大きく関与していると考えざるを得ない。

本研究を実施するにあたり、作業に従事された測量船海洋の船長ほか乗組員の皆様、特に観測長と機関長には大変お世話になった。また、本研究を企画された水路部企画課長ほかの方々には始終ご支援を頂いた。資料の整理にあたっては、海洋調査課中川正則氏、登崎隆志氏、川尻智敏氏には特に助言・協力を頂いた。これらの方々に感謝の意を表します。

引用文献

- 北海道新聞（1994）1994年10月15日朝刊
- 海上保安庁水路部（1988）沿岸の海の基本図「知床」海図6378-5。海上保安庁。
- 活断層研究会（1991）新編日本の活断層。47。東大出版会。
- 気象庁（1956）地震月報，63，14-16。
- 小泉岳司（1994）平成6年（1994年）北海道東方沖地震（速報）。気象，12，4-7。
- 茂木昭夫，川村文三郎，岩淵義郎，金田一夫（1965），

新潟地震による淡島付近海底の変動について、新潟地震調査報告、1-20、海上保安庁水路部。

中村浩二，荒井賢一（1995）北海道東方沖地震時にオホーツク海沿岸で観測された津波。1995年地球惑星科学関連学会合同大会予稿集，140。
中村浩二，荒井賢一（1996）北海道東方沖地震時にオホーツク海沿岸で観測された津波。地震，48，451-461。

大村齊（1924）関東大地震ニ伴ヘル陸地水準変化調査。震災予防調査会報告，100乙，55-60。

Tayama, R. and Nakayama, R.(1953) ; Changes of depth in ATSUMI Bay accompanying MIKAWA earthquakes in 1945. Proceed.7th.Pac. Congress, vol. 2 , 682-684.

内田虎三郎（1924）関東大地震ニ因ル相模湾底及附近地形ノ変化調査報告。震災予防調査会報告，100乙，61-62。

論文目録

新設日航汽船(株) (100頁) 船政研究所
新設日航汽船(株) (100頁) 船政研究所