

東北日本沖日本海大陸斜面の珪藻化石と地質構造

渡辺真人*・岡村行信**・佐藤幹夫**

WATANABE Mahito, OKAMURA Yukinobu and SATOH Mikio (1994) Diatom fossil and geologic structure of the southeastern margin (off Tohoku) of the Japan Sea. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 45 (7), p. 405-436, 24figs., 3tables, 2plates.

Abstract: Diatom biostratigraphy is used for geologic age determination of sediment samples collected from the Japan Sea, offshore of Northeastern Japan. Age diagnostic diatoms are found in 77 samples obtained by dredge, rock corer, gravity corer and grab sampler. These samples are assigned to *Denticulopsis praelauta* zone (early Miocene: about 16Ma), zones between *Denticulopsis praedimorpha* zone and *Neodenticula koizumii* zone (middle Miocene to late Pliocene: about 13-2Ma) and *Rhizosolenia curvirostris* zone (Pleistocene: about 0.9-0.3 Ma). Tectonic history of this area becomes clear on the basis of these ages and dense seismic profiles. Two of the most important tectonic events are the formation of many rifts in the Early Miocene age and the formation of ridges by the uplift of the rifts in the Pliocene age. The onset of the ridge uplift presumably ranges in age from early to late Pliocene in places.

要 旨

東北沖日本海の大陸斜面より、ドレッジ、ロックコアラ、大口径コアラおよびグラブ式採泥器により採取された泥質堆積物の年代を、珪藻化石層序により決定した。75点で得られた77試料から年代決定可能な珪藻化石を見出した。本地域のサンプルで確認された珪藻化石帯は、*Denticulopsis praelauta*帯（初期中新世：約16Ma）、*Denticulopsis praedimorpha*帯から*Neodenticula koizumii*帯までの各帯（中期中新世から後期鮮新世：約13-2Ma）および*Rhizosolenia curvirostris*帯（更新世：約0.9-0.3Ma）である。これらの年代と高密度の音波探査プロフィールとによって、この海域の構造発達史を明らかにできた。その中で最も重要な変動は前期中新世の多くのリフトグラベン（谷）の形成と鮮新世のそれらの隆起である。後者の隆起開始時期は、場所によって鮮新世の前期から後期の間で異なっていると考えられる。

1. はじめに

日本海は前期中新世の背弧拡大によって日本列島がユ

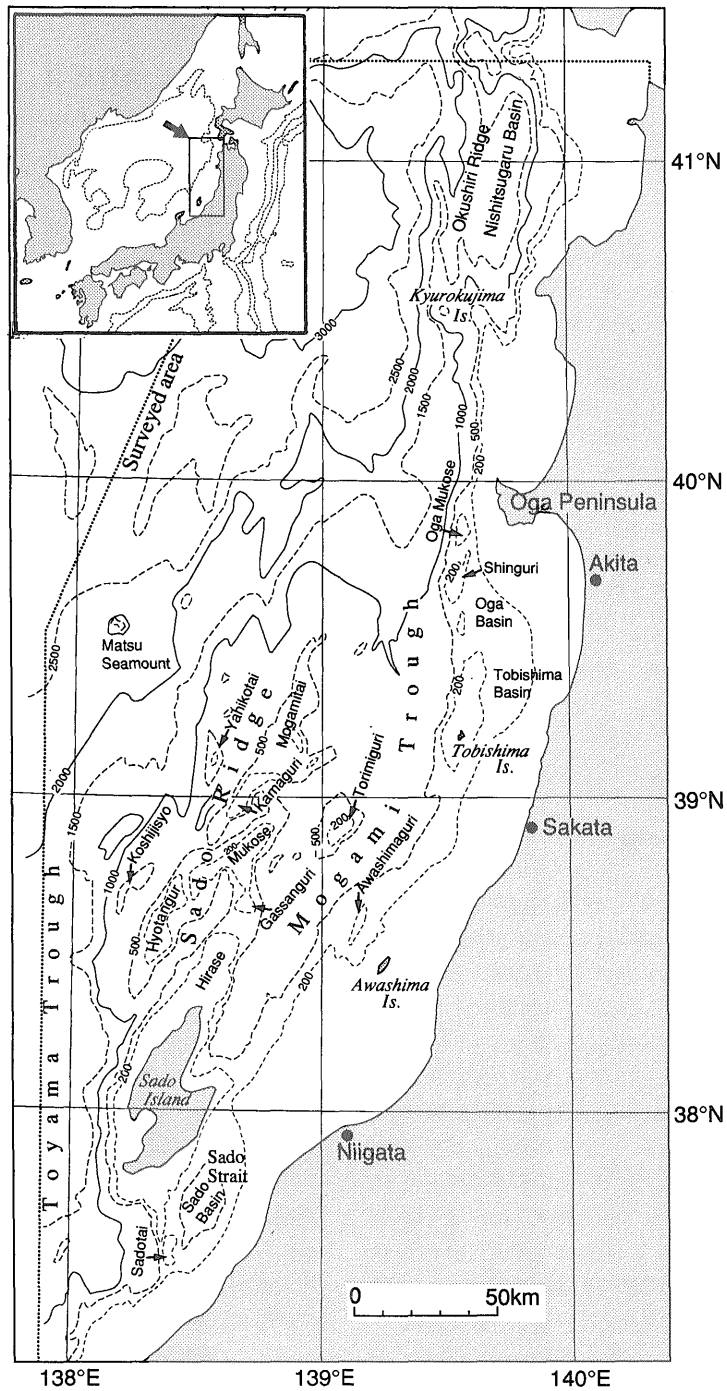
ーラシア大陸から分離することによって形成されたが（たとえば、Jolivet and Tamaki, 1992）、第四紀になってその東縁で沈み込みが始まっていると言われている（中村, 1983；小林, 1983）。このような変動の証拠は陸域および海域で集められているが、海域の調査はその中心付近に分布する大和海盆や日本海盆で多く行われ（例えば Ludwig *et al.*, 1975, Tamaki *et al.*, 1990 など）、その周囲の大陸斜面の調査は十分とはいえない。特に日本海東縁での沈み込みの実態を議論するには、大陸斜面の詳細な構造を明らかにすることは不可欠である。

地質調査所では、1989年から5年計画で地質調査船「白嶺丸」を用いて日本海南東部大陸斜面の詳細な地質調査を実施し（第1図）海底地質図の作成を進めている。それらのデータの解析の結果、この海域には多くの逆断層が発達しており、その多くは日本海形成時に形成された正断層が逆断層として再活動したインバージョンテクトニクスで説明できることが明らかになってきた（岡村ほか, 1992）。このような正断層の形成と断層運動の逆転の正確な年代を明らかにすることは、日本海のテクト

* 燃料資源部

** 海洋地質部

Keywords: diatom biostratigraphy, Japan Sea, back-arc spreading, Neogene, Quaternary, inversion tectonics



第 1 図 日本海南東縁の海底地形図。

Fig. 1 Bathymetric contour map offshore of the southeastern margin of the Japan Sea.

ニクスあるいは日本列島を含む日本海周辺と日本海で生じた現象を結びつけるうえで重要である。白嶺丸の調査では地質構造の研究のための音波探査と同時に、多くの地点から堆積岩を採取した。その分析によって数多くの地点から珪藻化石を得ることができ、その時代を精度よく決定することができた。それによって地層の年代と断層の活動時期を推定したが、珪藻化石分析の結果は岡村ほか(1992)では一部しか公表していない。本報告では、岡村ほか(1992)で報告した断層の活動時期の根拠となった珪藻化石の分析結果のすべてと、その採取地点の代表的な音波探査プロファイルとを報告するとともに、特にインバージョンテクトニクスの開始時期についても議論する。

2. 海底地形および地質構造概略

日本海南東部の大陸斜面の海底地形および地質は1960年代に海上保安庁水路部によって詳しく調査された。その結果、この大陸斜面上には斜面に沿って最上トラフと佐渡海嶺が伸び、その中にNE-NNE方向に伸び、南東側を断層に切れ北西に傾動している小規模な隆起地塊が数多く発達することが明かにされた(第1図)(岩淵, 1968)。その後、地質調査所は1978年に日本海全体の広域的な調査を行なって地質図を公表している(玉木ほか, 1981)。これらの研究によって、これらの隆起地塊の多くは中新世および鮮新世の堆積岩からなることが明らかになった(長谷川, 1967; 小泉・岩淵, 1969; Koizumi, 1979; 小泉, 1979)。さらに、1989年から始まった地質調査所の調査では、以下のような隆起地塊の地質構造を明らかにし、その形成史を提案した(岡村ほか, 1992)。

それぞれの隆起地塊の下には周囲の海盆地より厚い堆積物が分布しており、その形態から上、中、下部層の3つに区分できる(第2図)。下部層は南東に厚くなる楔状の断面を持ち、隆起地塊の下にしか分布しない。中部層は隆起地塊とその周囲の海盆地全体を広く覆う。上部層は隆起地塊上には分布せず海盆地にのみ分布する。南東に厚くなる下部層は隆起地塊南東縁の断層で分布が途切れ、その南東側の海盆地には分布しない。このことから、下部層が堆積した時期には隆起地塊が凹地であって、その形態は南東縁を断層によって限られ北西に向かって浅くなるハーフグラベンであったと考えられる(第3図)。中部層は隆起地塊と海盆地全体をほぼ一定の厚さで覆うことから、その堆積時には大きな変動はなく、ハーフグラベンは完全に埋積され全体が沈降したと考えられる。上部層が隆起地塊には分布しないことは、地塊

の隆起が始まってから堆積したことを示している。上部層の中でもその下位ほど西方への傾斜が大きくなることは、上部層堆積中に傾動隆起が続いていることを示す。隆起地塊の山頂には広く侵食平坦面が形成されていることが多く、そこには中部層が広く露出するほか下部層も一部露出している。それらを採取し、珪藻化石分析によって年代決定を行うことによって、上記の変動時期を知ることができる。

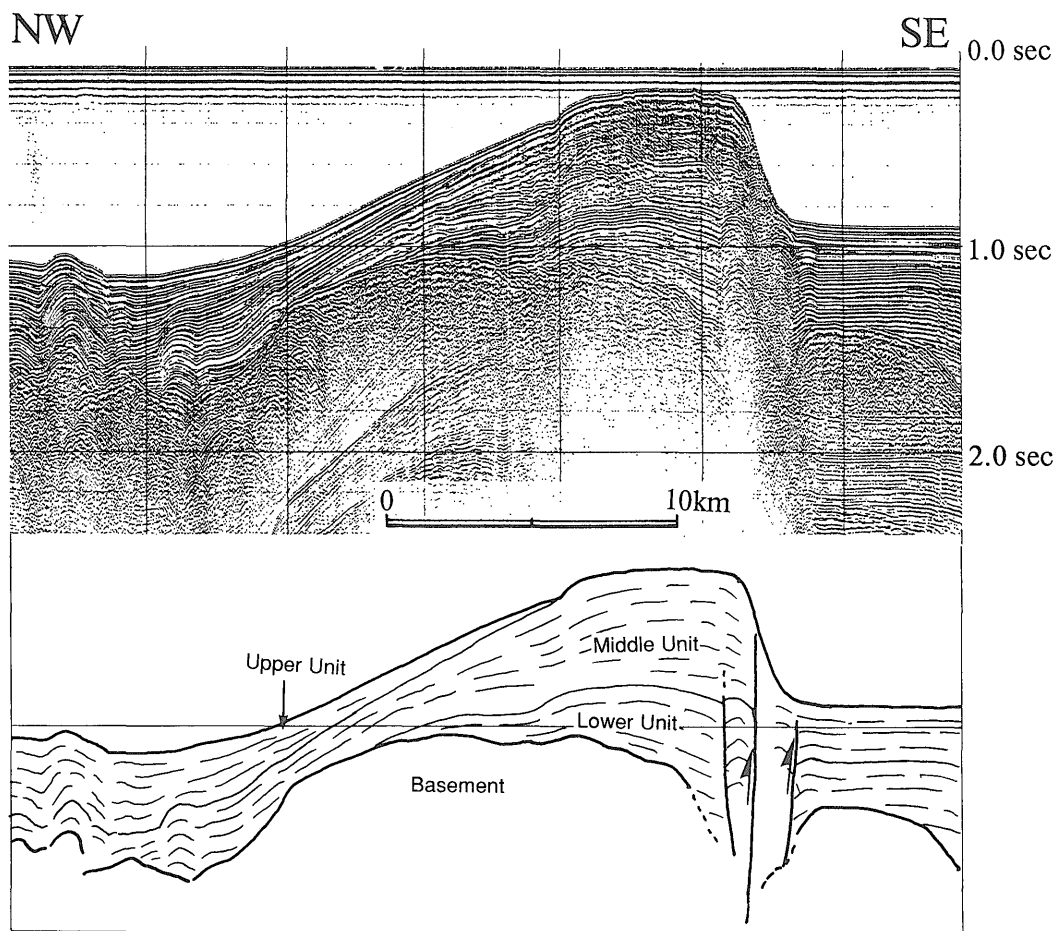
一方、佐渡島の南方および男鹿半島の北方では、上記のようなハーフグラベンの再隆起をはっきり示す構造はみとめられない。佐渡の南方は、南側の北部フォッサマグナ、北側の佐渡島、そして西側の富山トラフに囲まれていて、それら相互の関係を考えるうえで特に重要なところである。(岡村ほか, 1994)。この海域では、断層・褶曲を伴った隆起帯上の侵食面や断層崖で試料採取を行い、年代の決定を試みた。

男鹿半島から北には顕著な複背斜からなる隆起帯が発達している。この隆起帯は男鹿半島から久六島付近まで大陸棚外縁に沿って伸び、侵食平坦面を形成している。さらに北側へ奥尻海嶺となって久六島から北海道西方まで連続する。奥尻海嶺は山頂の水深が大きいため侵食面が発達していない。そこでは、主に断層崖で海嶺を構成する地層の採取を行い、海嶺の隆起時期の推定を行った。

3. 試料採取および珪藻化石の分析方法

海底試料の採取は2つの目的で行われた。一つは、現世より古い堆積物あるいは基盤岩類を採取して音波探査記録上の反射面の年代と岩相を知るためで、ドレッジとロックコアラーを用いた。もう一つは、現世の堆積作用の解明のために行う採泥で、グラブ式採泥器と大口径コアラーとを用いた。珪藻化石分析は主に前者の方法で得られた堆積岩について行ったが、後者の方法でも堆積岩が得られることがまれにあり、それについても同様に分析した。

ドレッジは断層崖などの海底の急斜面で、現世堆積物が欠如していると考えられるところで行った。ドレッジは直径約60cmの円筒形をしていて、海底に露出している岩石をひっかけて採取することを想定しているが、実際にはかなりの傾斜の海底でも泥や崖錐性の堆積物で覆われていることが多く、得られた岩石も泥や崖錐性の堆積物に含まれていた転石が多いと考えられる。また、採泥中にドレッジを着底させた状態で船が数百m以上移動するため、得られた海底試料がその崖に露出しているどの地層のものか必ずしもはっきりしない。ロックコアラーは直径約6cmの重力式のコアラーで、堆積物採取



第 2 図 鳥海礁を横断する音波探査プロファイル。隆起地塊は上・中・下層の 3 層に区分できる厚い堆積物からなる。
Fig. 2 Seismic profile across the Torimiguri bank. The bank consists of thick sediments which are divided into upper, middle and lower units by the difference of their configuration.

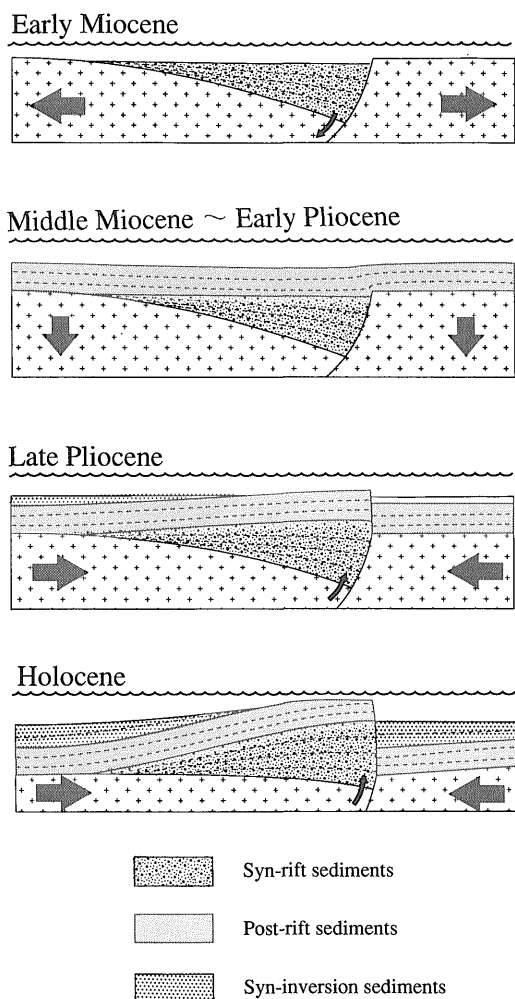
用のコアラーに比べてコアラーの先端がより丈夫になっていて、比較適柔らかい堆積岩の採取に適している。ロックコアラーは、隆起帯の上面に発達する侵食平坦面に露出する堆積岩を採取するために用いた。この場合、採取地点と音波探査記録の反射面との対比がかなり正確にできる。また、グラブ式採泥器は表層の未固結堆積物のために用いているが、露岩地帯では固結した岩石が採取されることがある。

各海底試料の処理の方法は小泉・谷村 (1978) に従った。試料のなかには炭酸塩ノジュール (JT12B, JT30) およびパライトノジュール (JT58, JT80) からなるものが含まれているが、それらの試料の溶解にはそれぞれは HCl 溶液 (15%) およびアンモニア性 EDTA 溶液 (寺島, 1972) を用いた。

珪藻化石の同定は光学顕微鏡で 600 倍と 1000 倍を併用して行った。珪藻殻を 100 個同定して各種別に計数して産出リストを作成した。さらに 200 - 600 個の珪藻殻を観察し、時代決定に有効な種の産出の有無を判定した。本研究では Akiba (1986) による珪藻化石帯に従った。それに加えてそれぞれの化石帯の中でのさらに細かい位置づけを行った場合がある。これについては個々の海底試料の珪藻群集を記載する際に述べる。また、珪藻化石帯の年代に関しては、尾田 (1986) による古地磁気・微化石年代尺度に従った (第 3 表)。

4. 日本海南東部の珪藻化石

実際に得られた珪藻化石の産出地点とその内容を第 1, 2 表と第 4 図に示す。1989 年から 1992 年までに、ド



第3図 隆起帯の形成モデル (岡村ほか, 1992より一部変更)。現在の隆起帯はかつてはリフトであったが, かつての正断層が逆断層として再活動したため隆起した。

Fig. 3 Schematic cartoon showing the formation of uplifted ridges by inversion tectonics (modified from Okamura *et al.*, 1992). Quaternary uplifted ridges were rifts which have uplifted by reactivation of former normal faults as reverse faults.

レッジによる試料採取は 87 地点, ロックコアラによる試料採取は 71 地点で行っており, その内 25 地点 26 試料のドレッジ海底試料および 41 地点 41 試料のロックコアラ海底試料から年代決定の出来る珪藻化石を得た。また 9 地点 10 試料のグラブ式採泥器海底試料からも珪

藻化石を得た。これらの珪藻化石についてまず時代順にその化石群集を述べる。

本地域の堆積岩から産出した珪藻化石の保存状態は, 全体に良好であった。産出した珪藻化石群集は時代決定に有効な化石種を多数含み, 珪藻化石帯の認定は容易に行うことができた。本地域からは, *Denticulopsis praelauta* 帯から *Simonseniella curvirostris* 帯にわたる, 前期中新世から更新世に及ぶ時代の珪藻化石が得られている (第3表)。以下, 古い順に各海底試料から得られた珪藻化石群集について各珪藻帯ごとに述べる。

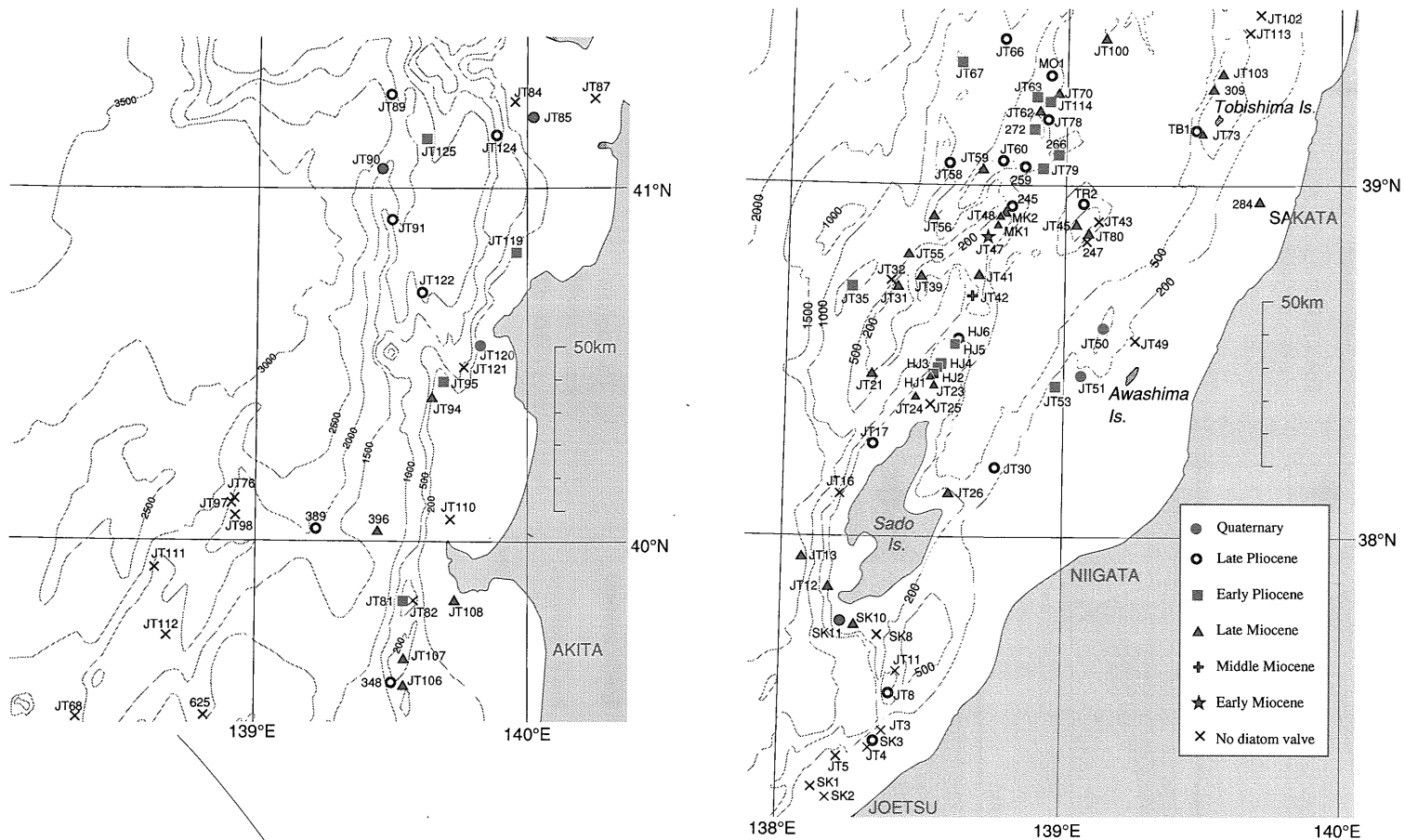
JT47 は *Denticulopsis praelauta* が多産し, *Denticulopsis lauta* は産出しないので, *D. praelauta* 帯にあたる。この海底試料が本地域でもっとも古い珪藻化石群集が得られた海底試料である。時代が古いのにもかかわらず, 珪藻化石の保存は良好であった。

その上位の層準の *Denticulopsis lauta* 帯, *Denticulopsis hyalina* 帯及び *Crucidenticula niocobarica* 帯にあたる珪藻化石群集の産出する海底試料は今のところ見つからない。これらの層準にあたる海底試料では, 続成作用の影響により珪藻殻が溶解している場合が多いためであると推定される。

JT42 は, *Denticulopsis simonsenii* を多産すると共に, *Denticulopsis praedimorpha* var. *minor* を産出するが, *D. praedimorpha* var. *praedimorpha* を産出しないので, *Denticulopsis praedimorpha* 帯の下部にあたる (Yanagisawa and Akiba, 1990)。 *Crucidenticula niocobarica* が産出することもこれと整合的である。

JT12B, JT24, JT41, JT73, 284, 396A からは, *D. simonsenii* と *Denticulopsis vulgaris* が多産するが *D. praedimorpha* も *Denticulopsis dimorpha* も産出しないので, *Thalassiosira yabei* 帯にあたる。396A 以外の海底試料からは *T. yabei* が産出している。JT12A と JT12B はドレッジにより採取された泥岩とドロマイトノジュールであるが, JT12A の泥岩は続成作用により殻の丈夫な珪藻化石の破片が産出したのみであったのに対し, JT12B のドロマイトノジュールには珪藻化石が保存されていた。JT12 B 以外の本珪藻帯にあたる海底試料は, 珪藻化石を多量に含む珪藻土である。

JT70, JT94, JT107, MK1 は, *Denticulopsis dimorpha* を産出するので *D. dimorpha* 帯にあたる。JT70 と JT107 から産出する *D. dimorpha* var. *areolata*, *D. praekatayamae* 及び *D. katayamae* は, *D. dimorpha* 帯の上部に限って産出する (Yanagisawa and Akiba, 1990) ので, それらを産出する両海底試料は *D. dimorpha* 帯の上部に, 産出しない JT94 と MK1 は *D.*



第4図 珪藻化石産出地点とその年代.

Fig. 4 Locations of sedimentary rock samples and their diatom ages.

dimorpha 帯の下部にあたる。

JT31, JT106, 396B は, *Denticulopsis katayamae* を多産すると共に *Denticulopsis praekatayamae* を産出し, *D. dimorpha* を産出しないので, *D. katayamae* 帯にあたる。*D. dimorpha* 帯から *D. katayamae* 帯にかけての各海底試料の岩相は, *T. yabei* 帯の各海底試料よりはやや含有量が少ないが, 珪藻化石を多量に含む泥岩である。

JT45, JT108, HJ1 は *Thalassionema schraderi* を多産するが, *Denticulopsis* 属の各種をほとんど産出しないので, *T. schraderi* 帯にあたる。これらの海底試料は *Nitzschia pliocena* を産出しないので, *T. schraderi* 帯の下部にあたる (Akiba and Yanagisawa, 1986)。

JT13, JT21, JT23, JT39, JT48, JT55, JT59, JT62, 309 は, *T. schraderi* は産出せず, *Neodenticula kamtschatica* を産出しないか産出しても非常にわずかで, *Rouxia californica* を産出するので, *R. californica* 帯にあたる。これらの海底試料のうち *N. pliocena* を産出する JT21, JT23, JT39 は *R. californica* 帯の下部にあたり, *N. pliocena* を産出しない JT13, JT48, JT55, JT59, JT62, 309 は *R. californica* 帯上部にあたる (Akiba and Yanagisawa, 1986)。なお, Akiba (1987) により *R. californica* 帯最上部で多産するとされている *Azpeitia komurae* は今回の海底試料からは産出が認められなかった。*A. komurae* の多産層準は佐渡の中山層でも認められており (Akiba, 1987), 今回の海底試料でそれが認められなかったのは *R. californica* 帯の最上部にあたる海底試料が今回の海底試料にはなかったためであろう。

JT26, JT35, JT53, JT56, JT63, JT67, JT79, JT80, JT81, JT95, JT100, JT103, JT114, JT119, JT125, HJ2-5, MK2, SK10, 266, 272 の各海底試料は *N. kamtschatica* が多産し, *Neodenticula koizumii* を産出しないことから *N. kamtschatica* 帯にあたる。この *Neodenticula kamtschatica* 帯中の中新世と鮮新世の境界付近にある *Thalassiosira oestrupii* の初産出層準は, Koizumi (1985) の化石珪藻帯区分では *T. oestrupii* 帯の下限を定義する基準面として重視されている。ここでもそれにより *N. kamtschatica* 帯を *Thalassiosira oestrupii* を産出する上部と, 産出しない下部に分けた。下部にあたるのは JT26, JT56, JT80, JT100, JT103, SK10, MK2 の各海底試料で, 上部にあたるのは, JT35, JT53, JT63, JT67, JT79, JT81, JT95, JT114, JT119, JT125, HJ2-5, 266, 272 の各海底試料である。

JT78, JT91, TB1, 348, 389 の各海底試料は, *N. kamtschatica* と *N. koizumii* を共に産出することから,

N. kamtschatica / *N. koizumii* 帯にあたる。

JT8, JT17, JT30A, JT30B, JT58, JT60, JT66, JT89, JT122, JT124, HJ6, MO1, SK3, TR2, 245, 259 の各海底試料は *N. kamtschatica* を産出せず, *N. koizumii* と *Thalassiosira antiqua* を産出することから, *N. koizumii* 帯にあたる。これらの海底試料の多くは, *Denticulopsis* 属の各種や *N. kamtschatica* など再堆積した珪藻化石を含んでいる。この *N. koizumii* 帯を *Neodenticula seminae* の初産出層準で上下に分けて表に示した。これらの海底試料のうち, *Neodenticula seminae* を産出しない JT8, JT17, JT58, MO1, 245, 259 は *N. koizumii* 帯の下部にあたり, *N. seminae* を産出する JT30A, JT30B, JT60, JT66, JT89, JT122, JT124, HJ6, SK3, TR2 は上部にあたる。*N. koizumii* 帯に属する海底試料の多くは, 珪藻化石を多量に含む珪藻質泥岩である。

JT50, JT51, JT85, JT90, JT120, SK11 は, *Actinocyclus oculatus* を産出せず, *Simonseniella curvirostris* を産出し, *N. seminae* を伴うので, *S. curvirostris* 帯にあたる。SK11 以外の海底試料には, *Denticulopsis* 属の各種や *N. kamtschatica* などの再堆積した珪藻化石が含まれている。SK11 からは, 第3表には示さなかったが, *Paralia sulcata* や *Cocconeis* spp. などの汽水生あるいは底生の種, 及び *Aulacoseira granulata* などの淡水生種が多数産出した。

5. 隆起帯の構造と珪藻化石

ここでは実際に珪藻化石を得た隆起地塊および隆起帯の構造とそこから産出した珪藻化石について, 佐渡海峡 (佐渡島の南側), 佐渡島-男鹿半島そして男鹿半島-津軽西方の3つの区域にわけて述べる。

5.1 佐渡海峡-佐渡島西方の地質構造と珪藻化石

佐渡海峡の本州側の上越市から柏崎沖の大陸棚から斜面には北部フォッサマグナに見られるような N-S から NE-SW 方向の褶曲が発達していて, 褶曲した地層が広く侵食平坦面を形成している (第5図)。その侵食面上でロックコアラによる採掘を数多く試みたが, 砂質堆積物に覆われていて堆積岩が得られないことがしばしばあったうえ, 堆積岩が得られても珪藻化石を見いだせないことが多い。実際に6地点で得られた堆積岩の中で, 珪藻化石を含んでいたのは SK3 の一点のみで, その年代は鮮新世後期 (*N. koizumii* 帯上部) である。この年代は近くの基礎試錐「柏崎沖」で得られた海底付近の地層の年代とほぼ一致し (秦, 1993), また西頸城山地に露出する鮮新統の谷浜層 (赤羽・加藤, 1989; 小林・

第1表 珪藻化石の得られた海底試料採取地点と化石帯。表の第一列は海底試料の採取方法を示す。D: ドレッジ, RC: ロックコアラ, G: グラブ採泥器, P: 重力式コアラ, L: Lower part; U: Upper Part

	Sample No.	Latitude	Longitude	Depth	Location	Diatom zone
D	JT-3	37° 26.59'	138° 21.32'	110m	off Joetsu	Poor preservation
RC	JT-4	37° 23.61'	138° 19.24'	115m	off Joetsu	Poor preservation
RC	JT-5	37° 22.38'	138° 12.26'	129m	off Joetsu	Poor preservation
RC	JT-8	37° 33.08'	138° 23.4'	119m	Sadotai bank	N. koizumii (L)
D	JT-11	37° 36.38'	138° 24.96'	263m	Sadotai bank	No diatom valve
D	JT-12A	37° 51.06'	138° 10.23'	140m	W of Sado Is.	Poor preservation
D	JT-12B	37° 51.06'	138° 10.23'	140m	W of Sado Is.	T. yabei
D	JT-13	37° 56.24'	138° 05.23'	1410m	W of Sado Is.	R. californica (U)
D	JT-16	38° 07.65'	138° 12.27'	604m	W of Sado Is.	Poor preservation
RC	JT-17	38° 15.92'	138° 19.28'	141m	W of Sado Is.	N. koizumii (L)
RC	JT-21	38° 27.5'	138° 18.07'	210m	Hytannguri bank	R. californica (L)
RC	JT-23	38° 26.04'	138° 32.27'	139m	Hirase	R. californica (L)
RC	JT-24	38° 24.09'	138° 28.1'	142m	Hirase	T. yabei
RC	JT-25	38° 23.33'	138° 30.57'	132m	Hirase	No diatom valve
RC	JT-26	38° 07.57'	138° 36.02'	135m	E of Sado Is.	N. kamschatica (L)
D	JT-30A	38° 12.3'	138° 45.49'	214m	off Niigata	N. koizumii (U)
D	JT-30B	38° 12.3'	138° 45.49'	214m	off Niigata	N. koizumii (U)
RC	JT-31	38° 42.64'	138° 24.19'	148m	Hytanguri bank	D. katayamae
D	JT-32	38° 43.29'	138° 22.57'	222m	Hytanguri bank	No diatom valve
RC	JT-35	38° 42.51'	138° 13.2'	335m	Koshijisho bank	N. kamschatica (U)
RC	JT-39	38° 44.61'	138° 28.71'	185m	Mukose bank	R. californica (L)
RC	JT-41	38° 54.42'	138° 41.29'	142m	Mukose bank	T. yabei
D	JT-42	38° 41.23'	138° 40.36'	182m	Gassanguri bank	D. praedimorpha (L)
D	JT-43	38° 54.31'	139° 7.43'	469m	Torimiguri bank	No diatom valve
RC	JT-45	38° 52.32'	139° 03.0'	139m	Torimiguri bank	T. schraderei (L)
RC	JT-47	38° 51.42'	138° 42.72'	135m	Mukose bank	D. praelauta
RC	JT-48	38° 54.42'	138° 46.28'	152m	Mukose bank	R. californica (U)
RC	JT-49	38° 33.75'	139° 15.39'	108m	N of Awashima Is.	No diatom valve
RC	JT-50	38° 35.76'	139° 08.55'	141m	Awashimaguri bank	R. curvirostris
RC	JT-51	38° 27.67'	139° 03.51'	132m	W of Awashima Is.	R. curvirostris
RC	JT-53	38° 26.33'	138° 58.32'	172m	W of Awashima Is.	N. kamschatica (U)
D	JT-55	38° 48.61'	138° 27.0'	530m	Hytanguri bank	R. californica (U)
D	JT-56	38° 54.68'	138° 31.44'	886m	Kamaguri bank	N. kamschatica (L)
D	JT-58	39° 04.18'	138° 34.73'	701m	Yahiko bank	N. koizumii (L)
RC	JT-59	39° 02.21'	138° 41.75'	142m	Kamaguri bank	R. californica (U)
RC	JT-60	39° 04.18'	138° 46.51'	199m	Kamaguri bank	N. koizumii (U)
D	JT-62	39° 12.21'	138° 54.17'	461m	Mogamitai bank	R. californica (U)
RC	JT-63	39° 16.09'	138° 53.09'	210m	Mogamitai bank	N. kamschatica (U)
D	JT-66	39° 25.31'	138° 45.64'	702m	N of Yahikotai bank	N. koizumii (U)
D	JT-67	39° 21.11'	138° 36.71'	592m	N of Yahikotai bank	N. kamschatica (U)
D	JT-68	39° 29.7'	138° 21.11'	2127m	NW of Sado ridge	No diatom valve
D	JT-70	39° 15.86'	138° 57.89'	688m	Mogamitai bank	D. dimorpha (U)
RC	JT-73	39° 08.83'	139° 29.22'	135m	SW of Tobishima Is	T. yabei
D	JT-76	40° 08.36'	138° 55.55'	1829m	W of Oga Peninsula	No diatom valve
D	JT-78	39° 11.99'	138° 55.62'	660m	Mogamitai bank	N. kam / N. koizumii
D	JT-79	39° 01.86'	138° 54.91'	706m	Mogamitai bank	N. kamschatica (U)
D	JT-80	38° 51.75'	139° 05.12'	584m	Torimiguri bank	N. kamschatica (L)
RC	JT-81	39° 49.74'	139° 32.69'	140m	Oga Mukose bank	N. kamschatica (U)
RC	JT-82	39° 49.72'	139° 34.02'	118m	Oga Mukose bank	No diatom valve
RC	JT-84	41° 14.95'	139° 56.74'	123m	Nishitsugarutai b.	No diatom valve
RC	JT-85	41° 12.31'	140° 00.79'	127m	Nishitsugarutai b.	R. curvirostris
RC	JT-87	41° 15.42'	140° 13.87'	177m	W of Tsugaru st.	Poor preservation
D	JT-89	41° 14.99'	139° 29.2'	2172m	Okushiri Ridge	N. koizumii (U)
D	JT-90	41° 03.13'	139° 27.13'	1910m	Okushiri Ridge	R. curvirostris
D	JT-91	40° 54.67'	139° 30.22'	1708m	Okushiri Ridge	N. kam / N. koizumii

Table 1 Sample location and diatom zone of the sedimentary rocks including diatom fossils. The first column shows methods of sampling. D: dredging, RC: rock coring, G: grab sampling, P: gravity corer, L: Lower part; U: Upper Part

	Sample No.	Latitude	Longitude	Depth	Location	Diatom zone
D	JT-94	40° 24.23'	139° 38.4'	273m	N of Oga Pen.	D. dimorpha (L)
RC	JT-95	40° 26.94'	139° 40.53'	142m	N of Oga Pen.	N. kamtschatica (U)
D	JT-97	40° 07.98'	138° 55.48'	1747m	W of Oga Pen.	No diatom valve
D	JT-98	40° 04.02'	138° 55.89'	1581m	W of Oga Pen.	Poor preservation
D	JT-100	39° 25.63'	139° 08.33'	788m	N of Mogamitai b.	N. kamtschatica (L)
RC	JT-102	39° 29.58'	139° 42.05'	316m	N of Tobishima Is.	No diatom valve
RC	JT-103	39° 19.66'	139° 33.49'	146m	N of Tobishima Is.	N. kamtschatica (L)
D	JT-106	39° 35.94'	139° 32.18'	393m	Shinguri bank	D. katayamae
RC	JT-107	39° 40.11'	139° 33.12'	145m	Shinguri bank	D. dimorpha (U)
D	JT-108	39° 50.13'	139° 44.2'	99m	S of Oga Pen.	T. schraderei (L)
RC	JT-110	40° 04.06'	139° 42.98'	63m	N of Oga Pen.	Poor preservation
D	JT-111	39° 55.64'	138° 38.29'	2070m	NW of Sado Ridge	No diatom valve
D	JT-112	39° 44.29'	138° 40.59'	1649m	NW of Sado Ridge	No diatom valve
D	JT-113	39° 26.49'	139° 39.82'	293m	N of Tobishima Is.	Poor preservation
D	JT-114	39° 15.05'	138° 56.48'	765m	Mogamitai bank	N. kamtschatica (U)
RC	JT-119	40° 48.09'	139° 57.15'	128m	E of Nishitsugaru B.	N. kamtschatica (U)
RC	JT-120	40° 32.99'	139° 49.42'	128m	E of Kyurokujima Is.	R. curvirostris
D	JT-121	40° 29.88'	139° 46.22'	390m	E of Kyurokujima Is.	Poor preservation
D	JT-122	40° 42.4'	139° 37.12'	1593m	N of Kyurokujima Is.	N. koizumii (U)
D	JT-124	41° 09.07'	139° 53.02'	706m	Nishitsugaru bank	N. koizumii (U)
D	JT-125	41° 09.02'	139° 37.19'	1770m	Okushiri Ridge	N. kamtschatica (U)
RC	HJ1	38° 28.45'	138° 32.16'	140m	Hirase bank	T. schraderei (L)
RC	HJ2	38° 29.19'	138° 32.98'	135m	Hirase bank	N. kamtschatica (U)
RC	HJ3	38° 30.02'	138° 33.56'	136m	Hirase bank	N. kamtschatica (U)
RC	HJ4	38° 30.45'	138° 34.20'	138m	Hirase bank	N. kamtschatica (U)
RC	HJ5	38° 32.92'	138° 36.01'	141m	Hirase bank	N. kamtschatica (U)
RC	HJ6	38° 33.27'	138° 36.12'	143m	Hirase bank	N. koizumii (U)
RC	MK1	38° 53.34'	138° 53.34'	144m	Mukose bank	D. dimorpha (L)
RC	MK2	38° 54.69'	138° 47.01'	154m	Mukose bank	N. kamtschatica (L)
RC	MO1	39° 18.97'	138° 55.87'	214m	Mogamitai bank	N. koizumii (L)
RC	SK1	37° 17.24'	138° 06.53'	122m	off Joetsu	No diatom valve
RC	SK2	37° 14.55'	138° 09.0'	86m	off Joetsu	Poor preservation
RC	SK3	37° 25.00'	138° 21.20'	105m	off Joetsu	N. koizumii (U)
RC	SK8	37° 42.59'	138° 20.32'	100m	S of Sado Is.	No diatom valve
RC	SK10	37° 44.00'	138° 15.86'	101m	S of Sado Is.	N. kamtschatica (L)
RC	SK11	37° 44.91'	138° 12.55'	129m	S of Sado Is.	R. curvirostris
RC	TB1	39° 08.91'	139° 28.62'	148m	SW of Tobishima Is.	N. kam / N. koizumii
RC	TR2	38° 55.28'	139° 03.81'	167m	Torimiguri bank	N. koizumii (U)
G	245	38° 56.49'	138° 48.52'	371m	Mukose bank	N. koizumii (L)
G	247	38° 51.51'	139° 05.21'	602m	Torimiguri bank	No diatom valve
G	259	39° 02.65'	138° 51.27'	446m	Kamaguri bank	N. koizumii (L)
G	266	39° 04.47'	138° 56.66'	328m	Kamaguri bank	N. kamtschatica (U)
G	272	39° 08.76'	138° 53.91'	238m	Mogamitai bank	N. kamtschatica (U)
G	284	38° 57.99'	139° 41.51'	60m	off Sakata	T. yabei
G	309	39° 15.39'	139° 30.47'	156m	N of Tobishima Is.	R. californica (U)
G	348	39° 36.18'	139° 30.86'	303m	Shinguri bank	N. kam / N. koizumii
G	389	40° 02.49'	139° 13.77'	1829m	W of Oga Pen.	N. kam / N. koizumii
G	396A	40° 01.55'	139° 27.83'	1405m	W of Oga Pen.	T. yabei
G	396B	40° 01.55'	139° 27.83'	1405m	W of Oga Pen.	D. katayamae
P	625	39° 31.48'	138° 49.02'	1086m	N of Sado Ridge	No diatom valve

第2表 珪藻化石種リスト。時代決定に有効な種と多産した種のみを示した。100個の珪藻殻を同定，カウントした結果である。「+」印は100個の珪藻殻をカウントした後に見つかった種であることを示す。

Sample number	JT 8	JT 12B	JT 13	JT 17	JT 21	JT 23	JT 24	JT 26	JT 30A	JT 30B	JT 31	JT 35	JT 39	JT 41
<i>Actinocyclus ingens</i> Ratray		1		2			1				8			3
<i>A. oculatus</i> Jousé									2					
<i>Azpeitia endoi</i> (Kanaya) Sims & Fryxell		+									4			
<i>Cavitatus jouseanus</i> (Sheshukova) Williams		+			4	1	4				2			
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenberg		1	1	3	44	53		1		2	29	3	60	
<i>Crucidentacula nicobarica</i> (Grunow) Akiba & Yanagisawa														2
<i>Denticulopsis crassa</i> Yanagisawa & Akiba														3
<i>D. dimorpha</i> var. <i>dimorpha</i> (Schrader) Simonsen (Closed copula)								+						
<i>D. dimorpha</i> var. <i>areolata</i> Yanagisawa & Akiba (Closed copula)														
<i>D. hustedtii</i> (Simonsen & Kanaya) Simonsen							3							1
<i>D. hyalina</i> (Schrader) Simonsen				1										
<i>D. katayamae</i> Maruyama											19			
<i>D. lauta</i> (Bailey) Simonsen								1						
<i>D. praedimorpha</i> var. <i>minor</i> Yanagisawa & Akiba (Closed copula)				2										
<i>D. praedimorpha</i> var. <i>praedimorpha</i> Akiba ex Barron														
<i>D. praekatayamae</i> Yanagisawa & Akiba											3			
<i>D. praelauta</i> Akiba & Koizumi														
<i>D. simonsenii</i> Yanagisawa & Akiba	*	24		3		+	10	1			4			12
<i>D. vulgaris</i> (Okuno) Yanagisawa & Akiba		11		1			5							1
<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich					1									
<i>Neodenticula kantschatica</i> (Zabelina) Akiba & Yanagisawa			+					36	+			82		
<i>N. koizumii</i> Akiba & Yanagisawa	18			6						53	4			
<i>N. seminae</i> (Simonsen & Kayana) Akiba & Yanagisawa										1				
<i>Nitzschia challengerii</i> Schrader														2
<i>N. fossilis</i> (Frenguelli) Kanaya & Koizumi			+	2										
<i>N. heteropolica</i> Schrader		1					+							+
<i>N. miocenica</i> Burckle					1									
<i>N. pliocena</i> (Brun) Merz					2	+								3
<i>N. rolandii</i> Schrader			+			1								+
<i>Rouxia californica</i> Peragallo		6		+	+	+	5		1					1
<i>Simonseniella barboi</i> (Brun) Fenner				2	6	1					1	2	6	
<i>S. curvirostris</i> (Jousé) Fenner														
<i>Thalassionema hirosakiensis</i> (Kanaya) Schrader		5		+			8				2			
<i>T. nitzschoides</i> (Grunow) H. & M. Peragallo	52	36	70	36	23	33	56	23	28	61	20	9	7	57
<i>T. robusta</i> Schrader														
<i>T. schraderi</i> Akiba											1			
<i>Thalassiosira antiqua</i> (Grunow) Cleve-Euler	*		1						+	6			+	
<i>T. convexa</i> Muchina										1				
<i>T. grunowii</i> Akiba & Yanagisawa		+												1
<i>T. jacksonii</i> Koizumi & Barron												1		
<i>T. jouseae</i> Akiba	2								1					
<i>T. marujamica</i> Sheshukova-Poretzkaya			+		1								1	
<i>T. nidulus</i> (Tempère & Brun) Jousé			+	1										
<i>T. oestrupii</i> (Ostenfeld) Proshkina-Labrenko									1			1		
<i>T. praeoestrupii</i> Dumont, Baldauf & Barron								2						
<i>T. singularis</i> Sheshukova-Poretzkaya														
<i>T. temperei</i> (Brun) Akiba & Yanagisawa			4			+					1			
<i>T. urahoroensis</i> Akiba		1												
<i>T. yabei</i> (Kanaya) Akiba & Yanagisawa		2					2							+
<i>T. zabelinae</i> Jousé														

Table 2 Occurrence of diatom fossils. This table includes occurrences of the zonal marker species and the other important species. Numbers represent valve numbers during routine 100 count. "+" indicates valves encountered after the count.

JT 42	JT 45	JT 47	JT 48	JT 50	JT 51	JT 53	JT 55	JT 56	JT 58	JT 59	JT 60	JT 62	JT 63	JT 66	JT 67	JT 70	JT 73	JT 78	JT 79	JT 80	JT 81	JT 85	JT 89	JT 90	JT 91	JT 94	JT 95	JT 100
13		8							3		1			3		8	3	1			+		1					
2	1	3	1				5			+	1					1												
3 7	33	2	10			27	30	71	8	21	7	26	15		6	14	1	19	3	18	53		13	4	3	29	16	50
																1 11	+									3 2		
																2 3												
								1								1					+			1	+			+
1																								1				
																8									+			
32		19 1		+	1											1 1	14 3	2 1 1		1			1 1	1		2 4		+
				1		24	1	10			1		69		1		9	70	26	20	1	20	4	23		51	15	
				2 7	5				18		18 3			51 6				1					2 5	2 2	39			
				2 +	1		3 1 +	+		2		2 +			+		1	1 2		+				1		1 +		5 +
12				2		1	7	1	1	22	1	4			1		2								1			5
25	23 1 19	1 44	79	1 50	1 13	23	30	5	21	48	23	56	5		+	18	46	27	42	36 1 1	18	29	3	48	21	26	15	9
				+								1														+	6	5
			1			3		1	7 3		+	2		1	1 2			1	1 1			+	1		1		6	+
3							1							+							1						1	5
				1								1																+
					2	2 1	1 +				+		1	1	2			1	1		1	3	1				2	+
							2																					
									2		1																	3
										1							1					+		+			1	

第2表 (つづき)

Sample number	JT 103	JT 106	JT 107	JT 108	JT 114	JT 119	JT 120	JT 122	JT 124	JT 125	HJ 1	HJ 2	HJ 3
<i>Actinocyclus ingens</i> Rattray	1	18	11	1									1
A. <i>oculatus</i> Jouse'								1					
<i>Azpeitia endoi</i> (Kanaya) Sims & Fryxell			3	4									
<i>Cavitatus jouseanus</i> (Sheshukova) Williams			+	2							1		
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenberg	19	15	15	19	6	2		1	2	+	5	5	8
<i>Denticulopsis crassa</i> Yanagisawa & Akiba													
D. <i>dimorpha</i> var. <i>dimorpha</i> (Schrader) Simonsen (Closed copula)			1								+		
			18										
D. <i>dimorpha</i> var. <i>areolata</i> Yanagisawa & Akiba (Closed copula)			1										
D. <i>hustedtii</i> (Simonsen & Kanaya) Simonsen													
D. <i>katayamae</i> Maruyama		12	9										
D. <i>lauta</i> (Bailey) Simonsen (Closed copula)									+				
D. <i>praekatayamae</i> Yanagisawa & Akiba		2	2										
D. <i>simonsenii</i> Yanagisawa & Akiba	1	1											
D. <i>vulgaris</i> (Okuno) Yanagisawa & Akiba												1	
<i>Hemidiscus cuneiformis</i> Wallich											1		
<i>Neodenticula kamschatica</i> (Zabelina) Akiba & Yanagisawa	22				69	64	4	+	2	66		53	13
N. <i>koizumii</i> Akiba & Yanagisawa							+	13	1			1	
N. <i>seminae</i> (Simonsen & Kayana) Akiba & Yanagisawa							1	2	1				
<i>Nitzschia fossilis</i> (Frenguelli) Kanaya & Koizumi									+				
N. <i>heteropolica</i> Schrader													
N. <i>pliocena</i> (Brun) Merz							+						
N. <i>reinholdii</i> Kanaya ex Barron & Baldauf									1				
N. <i>rolandii</i> Schrader							1		+				1
<i>Pseudoeunotia doliolus</i> (Wallich) Grunow									+				
<i>Rossiella tatsunokuchiensis</i>													2
<i>Rouxia californica</i> Peragallo		+	+	3	+				+		+		
<i>Simonseniella barboi</i> (Brun) Fenner		1		8	+	1	1	3	1	1	6	+	5
S. <i>curvirostris</i> (Jousé) Fenner							+						
<i>Thalassionema hirosakiensis</i> (Kanaya) Schrader		3	1										
T. <i>nitzschioides</i> (Grunow) H. & M. Peragallo	21	19	9	19	8	8	57	39	24	14	55	27	45
T. <i>robusta</i> Schrader	4		3	2						+			
T. <i>schraderi</i> Akiba		4		7							17		
<i>Thalassiosira antiqua</i> (Grunow) Cleve-Euler	5							1	3	5		+	
T. <i>convexa</i> Muchina	3												
T. <i>grunowii</i> Akiba & Yanagisawa													
T. <i>jacksonii</i> Koizumi & Barron					+	1				2		3	
T. <i>marujamica</i>												1	1
T. <i>nidulus</i> (Tempère & Brun) Jousé						1						+	
T. <i>oestrupii</i> (Ostenfeld) Proshkina-Labrenko					1	2	1	2	2	1		1	1
T. <i>praeoestrupii</i> Dumont, Baldauf & Barron	+			2									
T. <i>temperei</i> (Brun) Akiba & Yanagisawa		1	1										
T. <i>yabei</i> (Kanaya) Akiba & Yanagisawa													
T. <i>zabelinae</i> Jousé	2							1					

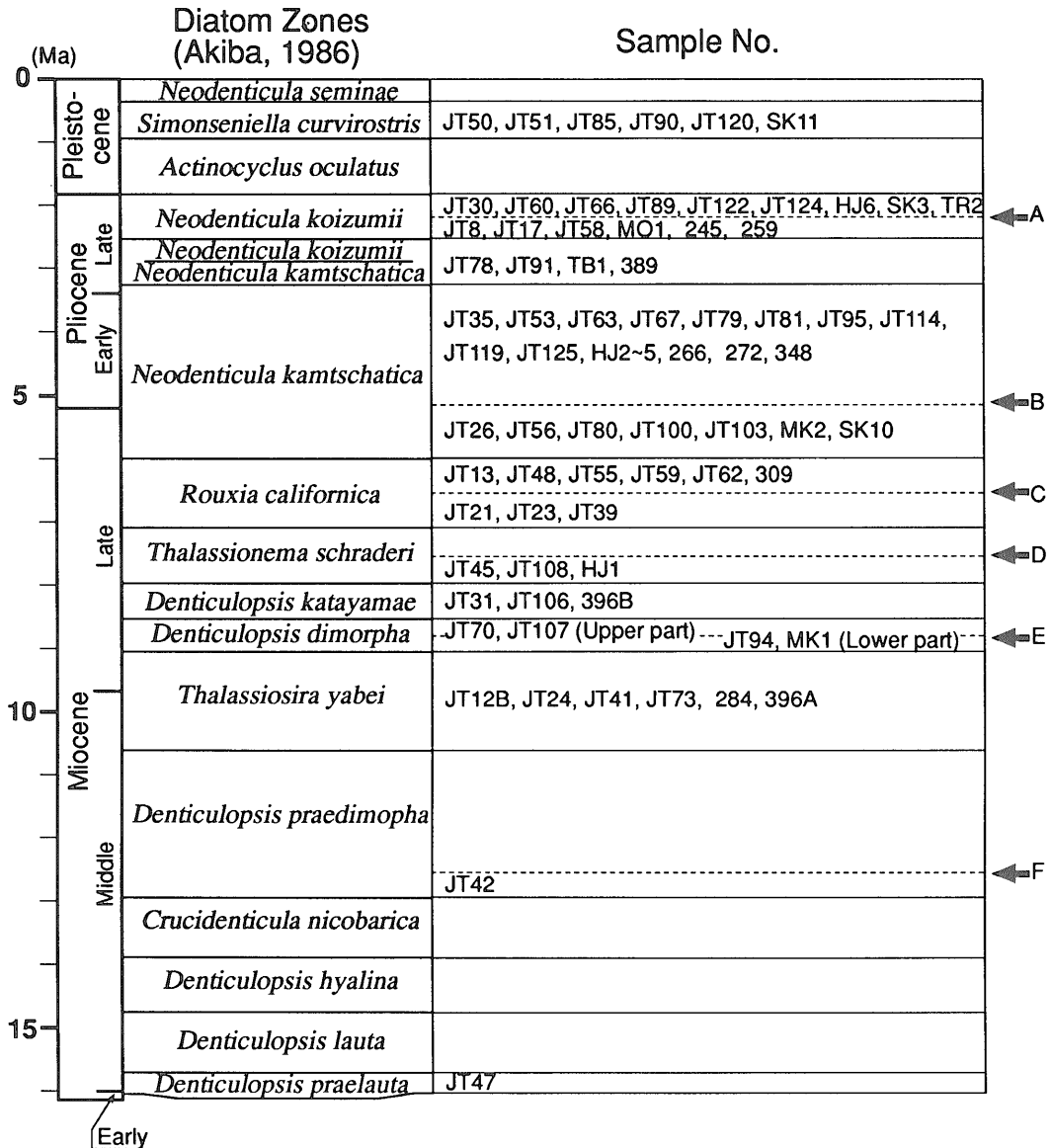
東北日本沖日本海大陸斜面の珪藻化石と地質構造(渡辺ほか)

Table2 (continued)

HJ 4	HJ 5	HJ 6	MK 1	MK 2	MO 1	SK 3	SK 10	SK 11	TB 1	TR 2	St. 245	St. 259	St. 266	St. 272	St. 284	St. 309	St. 348	St. 389	St. 396A	St. 396B
		2	+																3	6
		1																	4	2
3	7	3	+	15	2		+		3	8	4		11	8		5	1			2
			1												4					8
			+																4	
															4	+			1	21
																+				2
			2												6	5			15	
11			1							1					5	1			7	
17	9			37			61		3				39	38		+	29	3		
		18		74	14			20	29	43	79					+		13		
		10			3		7		1											
									+											
															1	2				
			1	+												4	2		1	1
			+	+		2	1		+						1	2			2	2
								+							2				4	1
33	44	42	88	11	10	20	8	18	34	36	40	12	26	27	57	47	36	59	50	29
		2														+	4			+
7	6	+		4	+	3			13	+	3	3	1				+	2		
3	5								6	1				1			+			1
															1					
3	2	3		1	1	1			1				2	1		1	1			
			2				1							1						
															2					

第3表 各試料の珪藻化石帯と年代。A: *Neodenticula seminae*の初産出層準, B: *Thalassiosira oestrupii*の初産出層準, C: *Nitzschia pliocena*の終産出層準, D: *Nitzschia pliocena*の初産出層準, E: *Denticulopsis praekatayamae*の初産出層準, F: *Denticulopsis praedimorpha* var. *praedimorpha*の初産出層準

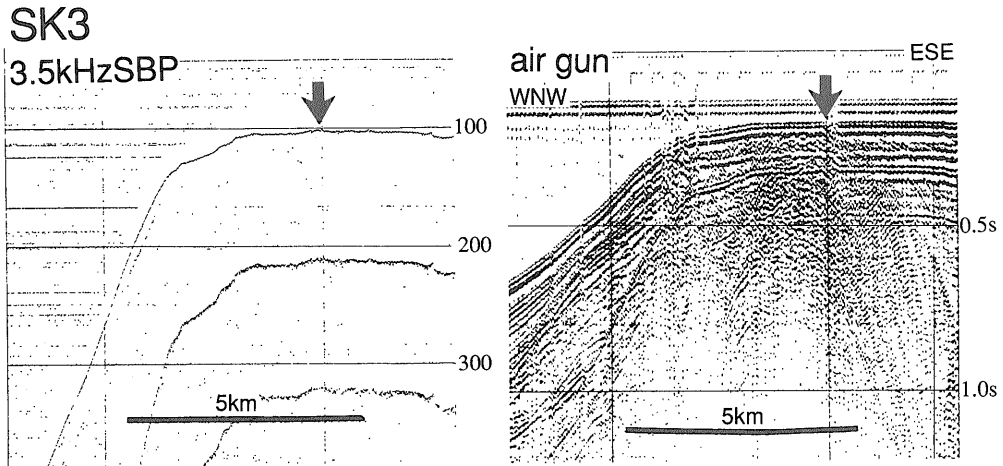
Table 3 Ages and diatom zones of samples. A: First occurrence of *Neodenticula seminae*, B: First occurrence of *Thalassiosira oestrupii*, C: Last occurrence of *Nitzschia pliocena*, D: First occurrence of *Nitzschia pliocena*, E: First occurrence of *Denticulopsis praekatayamae*, F: First occurrence of *Denticulopsis praedimorpha* var. *praedimorpha*



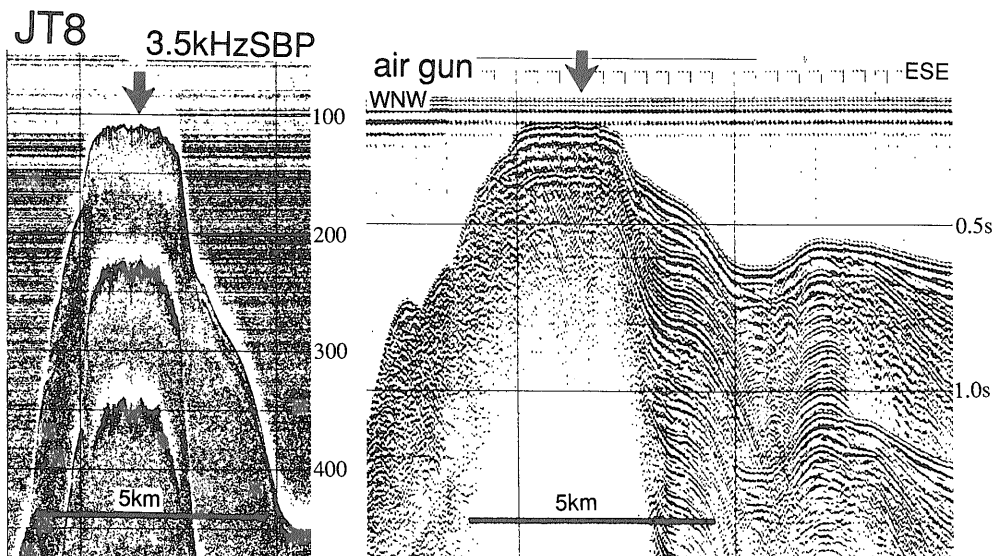
立石, 1992) の年代にも対比できる。

一方、柏崎より東側の大陸棚および佐渡海盆には褶曲の発達が貧弱で、第四系に広く覆われる。佐渡堆は本州と佐渡島の間をつなぐ南北方向の隆起帯で、西側を断層

で切られ東側へ傾動する隆起地塊である (第6図)。この隆起帯上にも広く侵食面が発達し、隆起帯を構成する地層が露出している。ここでもロックコアラーによる採泥を数点で試みたが、珪藻化石を含む堆積岩が得られた



第5図 上越沖大陸棚の3.5kHz地層探査機（3.5kHzSBP）および音波探査プロフィールとSK3の採取地点。
Fig. 5 3.5kHz SBP and seismic profiles of shelf off the Joetsu City and the location of SK3.



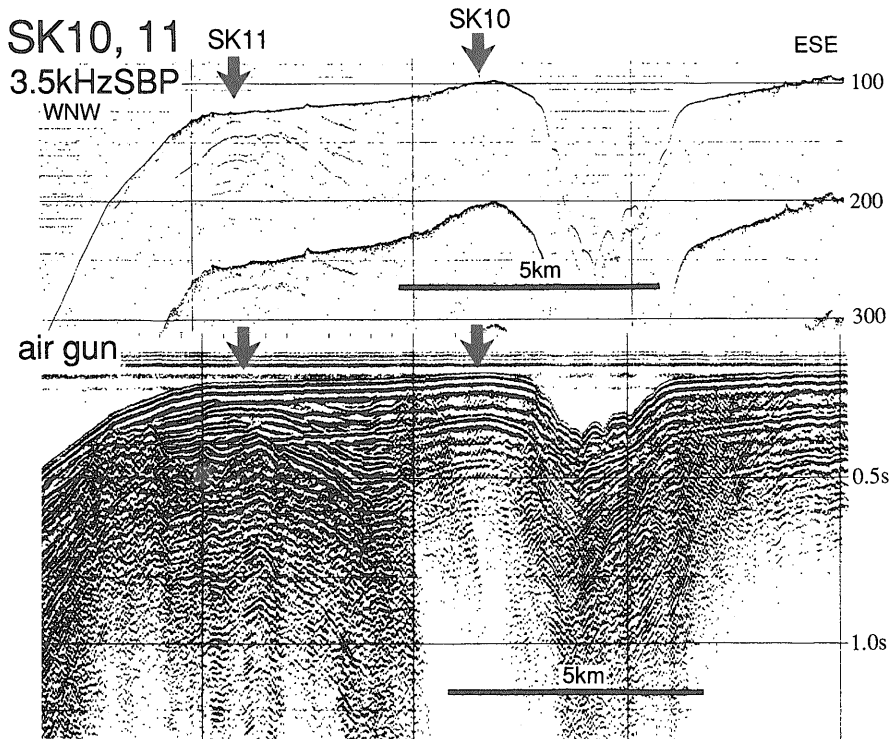
第6図 佐渡堆の3.5kHz地層探査機（3.5kHzSBP）および音波探査プロフィールとJT8の採取地点。
Fig. 6 3.5kHz SBP and seismic profiles of the Sadotai bank and the location of JT8.

のはJT8の1点で、その年代は鮮新世後期(*N. koizumii* 帯下部)である。

佐渡島南側の大陸棚にも褶曲が発達し侵食平坦面が広がっている(第7図)。そこで珪藻化石を含む堆積岩が得られたのはSK10とSK11で、それぞれ後期中新世(*N. kamtschatica* 帯下部)と第四紀(*S. curvirostris* 帯)の年代を示す。SK11はあまり隆起していない大陸棚外縁で得たのに対して、SK10は隆起量が大きい南北に伸びる褶曲帯の上で得られた。結局、佐渡海峡では合計23

点で岩石採取を試みその内11点で堆積岩を得たが、時代決定に有効な珪藻化石を得たのはわずか4地点である。その他の堆積岩の多くでは珪藻化石が溶けているものと考えられる。

佐渡島の西方は落差1500m以上に達する急斜面になって、富山トラフまで一気に深くなる。斜面上には斜面の走行に平行な断層が発達するが、そのうち4ヶ所の断層崖でドレッジを行い2ヶ所で後期中新世(JT12B: *T. yabei* 帯, JT13: *R. californica* 帯)の珪藻化石を含む



第7図 佐渡島南方の大陸棚の3.5kHz地層探査機 (3.5kHzSBP) および音波探査プロフィールと、SK10, 11の採取地点。

Fig. 7 3.5kHz SBP and seismic profiles of the shelf to the south of the Sado Island and the location of SK10 and 11.

泥岩を得た。

5.2 佐渡島—男鹿半島の地質構造と珪藻化石

先に述べたように、この海域には多くの隆起地塊が分布し、そこから珪藻化石を含む堆積岩を数多く得ている。これらの隆起地塊の大部分は、新潟沖の陸棚外縁から飛鳥を経て男鹿半島に断続的に続く隆起帯（出羽堆列）と佐渡島から北北東に伸びる佐渡海嶺とに含まれるが、この二つの海嶺の間の最上トラフのなかにも、鳥海礁と呼ばれる孤立した隆起地塊がある（第1図）。

5.2.1 新潟沖—粟島周辺

新潟沖の大陸棚外縁に沿って伸びる隆起地塊は、その北部では北西に傾斜し隆起した地塊であることが音波探査プロフィールで観察できるが（第8図）、隆起帯の中部から南部では音波散乱層が広がっていて海底下の構造がほとんど見えない。そのため実態ははっきりしないが、おそらく北部と同じ構造をしていると考えられる。また中部から南部では、隆起帯を構成している堆積岩が背斜軸付近でほぼ露出しているように 3.5kHzSBP のプロフ

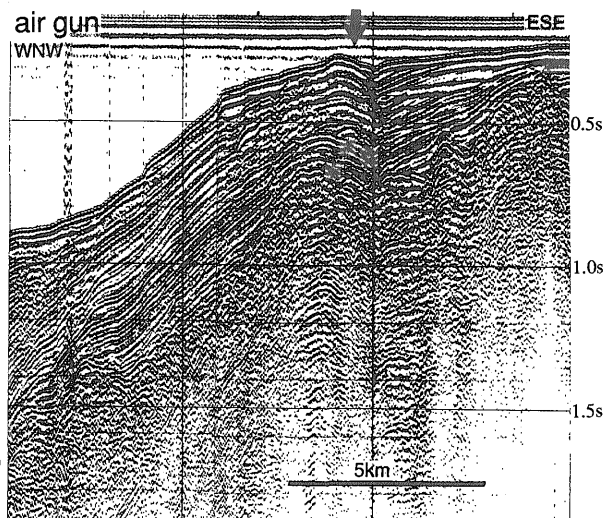
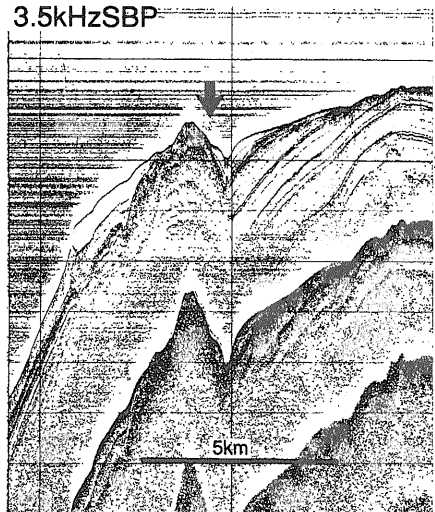
ファイル上で見えるので、ロックコアラーによって採取を試みたが、表層の厚さ数 10cm と考えられる砂質堆積物を貫いて堆積岩を得ることはできなかった。珪藻化石を含む堆積岩が得られたのは、隆起地塊の北西側斜面 (JT30) (第9図) と北部 (JT50, 51, 53) (第8図) からで、それらの年代は鮮新世から第四紀 (JT53 : *N. kamtschatica* 带上部 ; JT30 : *N. koizumii* 带上部 ; JT50, JT51 : *S. curvirostris* 帯) に及ぶ。侵食面から第四紀の堆積物が得られることは、この付近が第四紀の間も隆起し続けていることを示している。

5.2.2 飛鳥周辺

飛鳥を中心として幅約 15km、長さ 40km の隆起地塊があり、その上には広く侵食平坦面が発達する（第10図）。そこに露出する地層は、隆起地塊の東縁では断層に切られたり非常に急傾斜になっていることが多いのに対して、北西側は比較的緩傾斜で最上トラフ下に追跡できる。侵食面の西部で得られた堆積岩はいずれも後期中新世の珪藻化石を含む (JT73 : *T. yabei* 帯 ; 309 : *R. californica* 带上部 ; JT103 : *N. kamtschatica* 帯下部)。

JT53

3.5kHzSBP

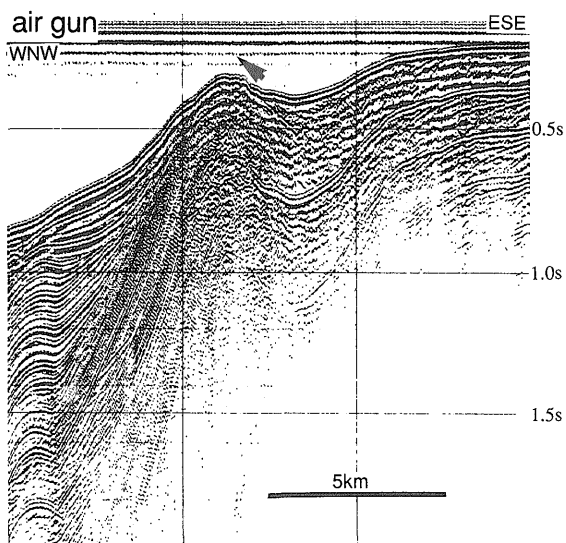
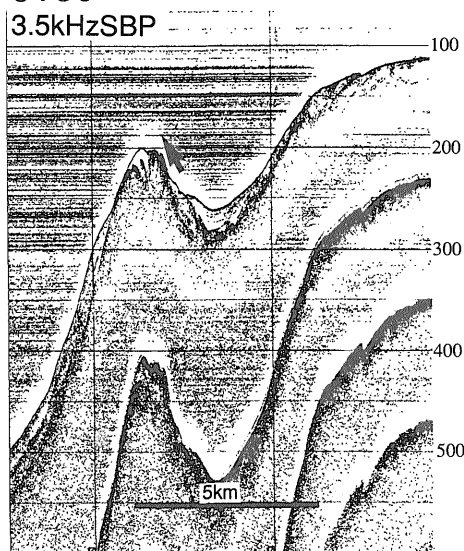


第 8 図 新潟北方の大陸棚から斜面の3.5kHz地層探査機 (3.5kHzSBP) および音波探査プロファイルと, JT53の採取地点。

Fig. 8 3.5kHz SBP and seismic profiles of the shelf and slope to the north of Niigata and the location of JT 53.

JT30

3.5kHzSBP

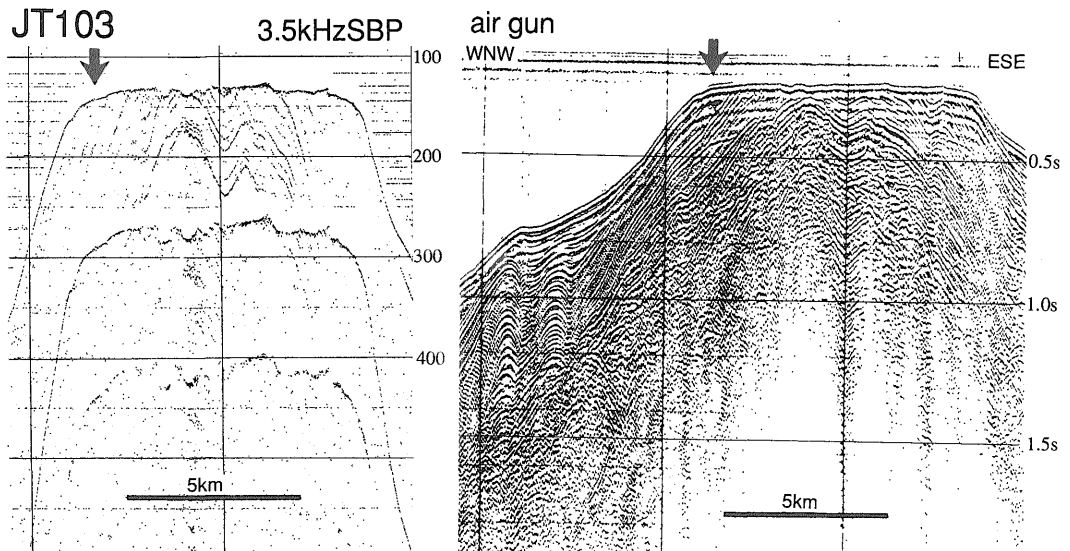


第 9 図 新潟北西方の大陸棚から斜面の3.5kHz地層探査機 (3.5kHzSBP) および音波探査プロファイルと, JT30の採取地点。矢印はドレッジの着底範囲と移動方向を示す。

Fig. 9 3.5kHz SBP and seismic profiles of shelf and slope to the northwest of Niigata and the location of JT 30. Arrow indicates the position and moving direction of a dredge sampler hitting the sea-bottom.

これらの採取点はこの隆起地塊を構成する地層のなかでも最上部に近いことから、この隆起地塊は主に中新世の

地層から構成されていると考えられる。この隆起地塊の陸側の酒田沖の陸棚には明石礁と呼ばれる浅瀬がある



第10図 飛島隆起帯の3.5kHz地層探査機 (3.5kHzSBP) および音波探査プロファイルと、JT103の採取地点。
Fig. 10 3.5kHz SBP and seismic profiles of shelf around the Tobishima Island and the location of JT103.

が、その近くの露岩域で後期中新世の堆積岩が得られている (284 : *T. yabei* 帯)。この高まりは北北東に伸びる背斜軸上に位置する。

5.2.3 新礁 (しんぐり) ・男鹿向瀬 (おがむこうせ)

この2つは飛島を含む隆起地塊から断続的に北に伸びる隆起地塊で、北端は男鹿半島の西方に達する。共に東側を断層に切れ西側に傾動隆起しており、頂上には侵食平坦面が発達する (第11図)。ここでは後期中新世から前期鮮新世の珪藻化石が得られている (JT81 : 348 : *N. kamtschatica* 帯上部 ; JT106 : *D. katayamae* 帯 ; JT107 : *D. dimorpha* 帯上部)。また男鹿半島の南側でも後期中新世の堆積岩が得られた (JT108 : *T. schraderi* 帯下部)。

5.2.4 鳥海礁 (とりみぐり)

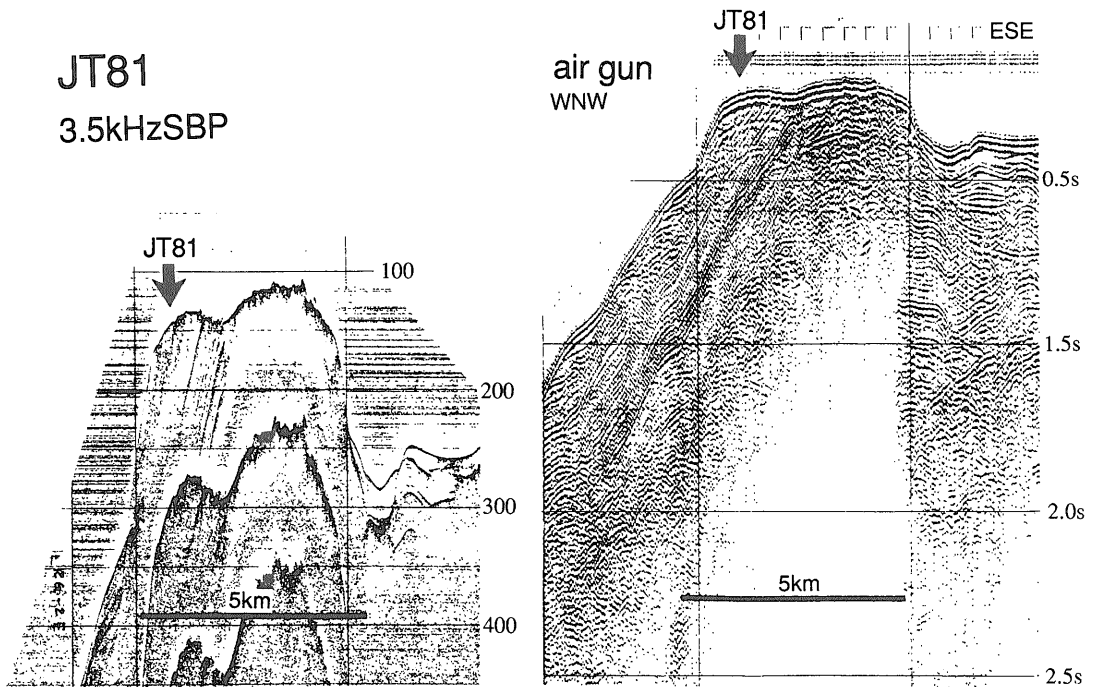
この隆起地塊も東側を断層に切れ西側に傾動しつつ隆起しており、頂上には侵食平坦面が発達する (第12図)。隆起地塊下には最大で1.5秒の厚さの堆積物が分布するが、侵食はそのうち上部にしか達しておらず、隆起帯下の下部層の堆積物は得られていない。侵食面および隆起地塊東縁の断層崖で得られた堆積岩は後期中新世の珪藻化石を含む (JT45 : *T. schraderi* 帯下部 ; JT80 : *N. kamtschatica* 帯下部)。侵食面北西縁に分布する地層の年代は後期鮮新世 (TR2 : *N. koizumii* 帯上部) である。後者の年代は鳥海礁の隆起開始年代を示していると考えられる。

5.2.5 平瀬 (ひらせ)

この隆起地塊は佐渡海嶺のなかでも最も広い侵食平坦面を持ち、厚さ1秒以上の堆積物からなる。隆起地塊の内部で小規模な断層や褶曲が発達するが、全体として佐渡島に近い南部は東側を断層に切れ西側に傾動隆起しており、北部で北西側と南東側の両側に断層が発達し、隆起地塊全体が持ち上がったような形態を持つ (第13図)。侵食面上で得られた珪藻化石は、平瀬の南部で後期中新世 (JT23 : *R. californica* 帯下部 ; JT24 : *T. yabei* 帯 ; HJ1 : *T. schraderi* 帯下部)、北部では前期鮮新世 (HJ2-5 : *N. kamtschatica* 帯上部) を示す。また北端では後期鮮新世 (HJ6 : *N. koizumii* 帯上部) である。隆起地塊の北側ほど年代が若くなっていることから、北側ほど隆起量が小さいことがわかる。

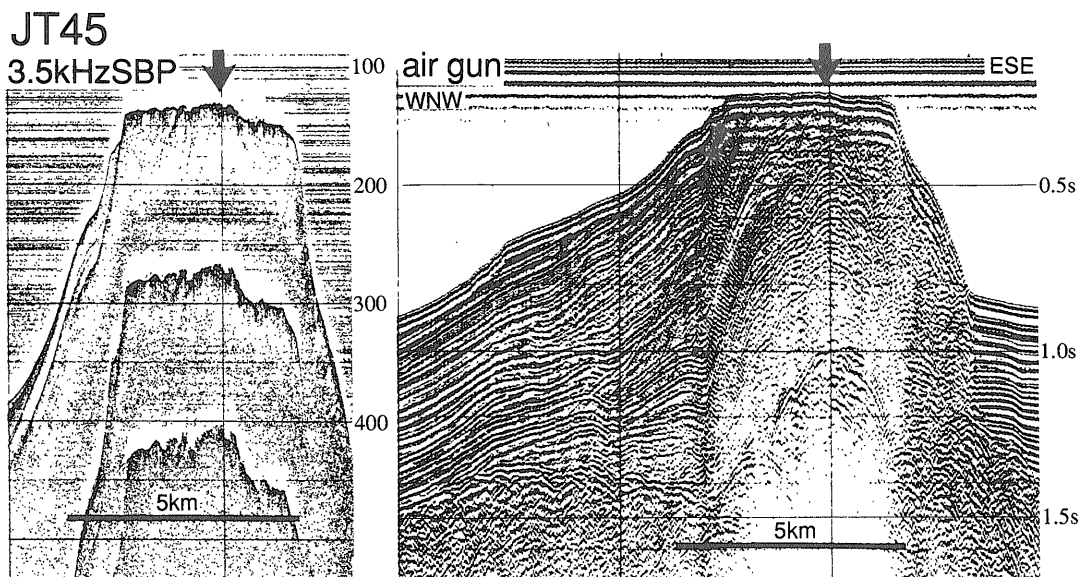
5.2.6 瓢箪礁 (ひょうたんぐり)

瓢箪礁の南部および北部にはかつてのハーフグラブの堆積物が分布するが、中部の広い範囲は主に火山岩からなる。南部は東側を断層に切れ西側に傾動しつつ隆起している。一方、北部は両側が断層に切られているものの、西側の断層の方が規模が大きく、隆起地塊は南東に傾動している (第14図)。南端と北端で得られた堆積岩はいずれも後期中新世の珪藻化石を含む (JT21 : *R. californica* 帯下部 ; JT31 : *D. katayamae* 帯)。堆積物は平瀬に比較して薄く、最大で0.5秒である。この地質構造と珪藻化石年代は、瓢箪礁は平瀬に比べてリフ



第11図 男鹿向瀬の3.5kHz地層探査機（3.5kHzSBP）および音波探査プロフィールと、JT81の採取地点。

Fig.11 3.5kHz SBP and seismic profiles of the Oga Mukose bank and the location of JT81.5



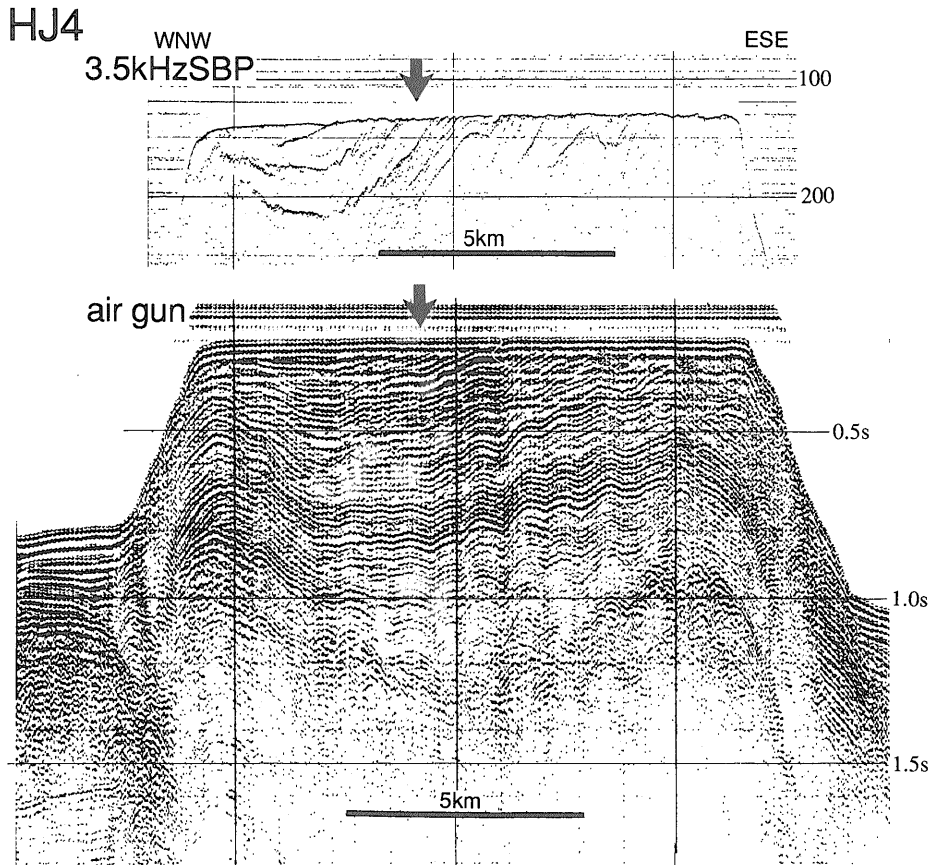
第12図 鳥海礁の3.5kHz地層探査機（3.5kHzSBP）および音波探査プロフィールと、JT45の採取地点。

Fig. 12 3.5kHz SBP and seismic profiles of the Torimiguri bank and the location of JT45.

トの規模が小さく堆積物が薄かったことを示すが、それに加えて平瀬より早い時期に隆起した可能性もある。

5.2.7 越路礁（こしじしょう）

瓢箪礁の北東に位置する小規模な隆起地塊で、その南



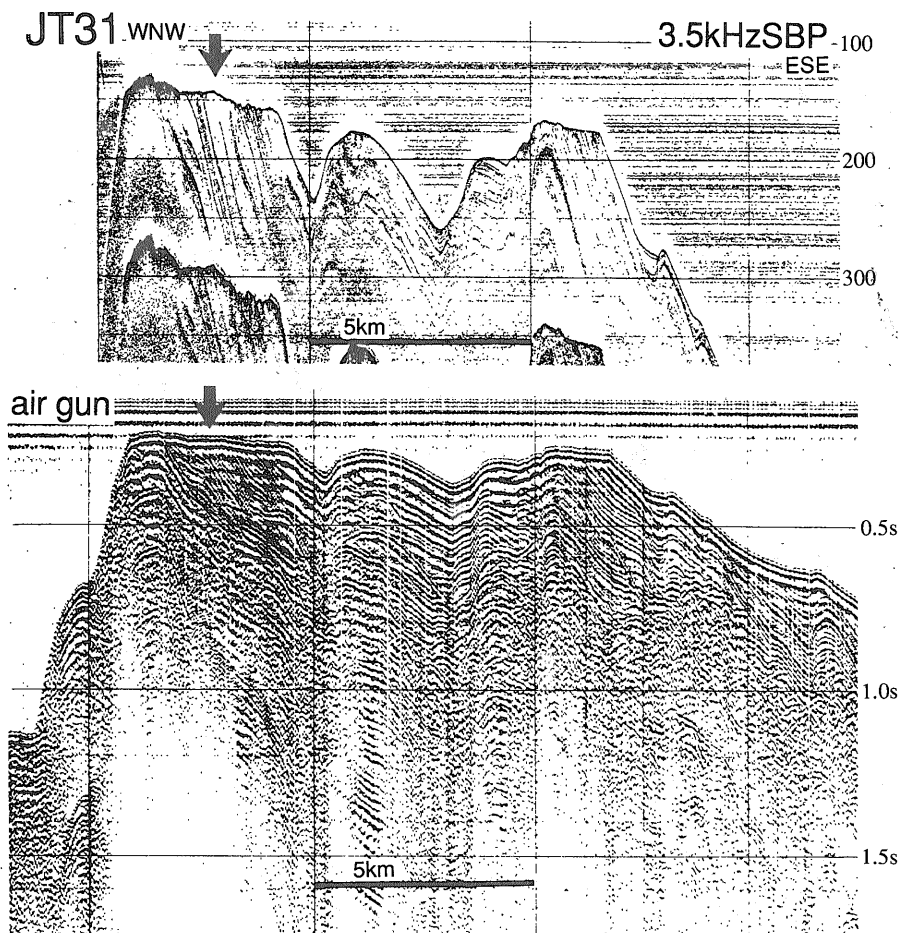
第13図 平瀬の3.5kHz地層探査機 (3.5kHzSBP) および音波探査プロフィールと、HJ4の採取地点。
Fig. 13 3.5kHz SBP and seismic profiles of the Hirase bank and the location of HJ4.

東側を断層に切れ北西に傾動している。山頂の水深が270mと深く侵食平坦面は形成されていない。その山頂で得たロックコア (JT35) からは前期鮮新世の珪藻化石 (*N. kamtschatica* 帯上部) が得られた (第15図)。この山頂付近は前期鮮新世以降ほとんど堆積していないか、地滑りによって一部の堆積物が失われたものと解釈される。

5.2.8 向瀬 (むこうせ) 一月山礁 (がっさんぐり)

月山礁から向瀬の東縁は東落ちの顕著な断層が発達するが、隆起地塊全体として北西への傾動は顕著でない。また、堆積物も比較的薄く、特に北西側には基盤が海底下浅所に見られたり海底に露出したりする。この隆起地塊上の侵食平坦面で得られた堆積物の年代も他のリッジに比べて古いものが多い。向瀬の北縁部に近いJT47では、下部層に相当すると考えられる地層から16Maの珪藻化石 (*D. praelauta* 帯) を得たほか (第16図)、月山礁の北西斜面では中期中新世の泥岩が得られている

(JT42: *D. praedimorpha* 帯下部)。その他の向瀬の侵食面で得られた泥岩もすべて後期中新世のものである (MK1: *D. dimorpha* 帯; JT39: *R. californica* 帯下部; JT48: *R. californica* 帯上部; MK2: *N. kamtschatica* 帯下部)。ただし、向瀬の北端の侵食面より少し下ったところでは後期鮮新世の珪藻化石を得ている (245: *N. koizumii* 帯下部)。この堆積物は、向瀬の隆起開始直後に堆積したものである可能性が高い。この隆起地塊以外では中期中新世以前の堆積物が得られなかったのは、他の隆起地塊では中期中新世以降の堆積物が厚く、続成がシリカ続成帯の opal-A 帯から opalCT 帯へと進んでいるために珪藻殻が溶けてしまっていることによると考えられる。それに対し本隆起地塊では、中期中新世以降堆積物があまり厚く堆積しなかったために続成作用が進まず、前期中新世の珪藻化石が産出したと考えられる。



第14図 瓢箪礁の3.5kHz地層探査機 (3.5kHzSBP) および音波探査プロファイルと, JT31の採取地点.
Fig. 14 3.5kHz SBP and seismic profiles of the Hyotanguri bank and the location of JT31.

5.2.9 鎌礁 (かまぐり)

向瀬の北側にあって北東～東北東に伸びる隆起地塊で, 山頂には幅約 5km, 長さ約 20km の侵食平坦面が広がり, その南東縁が顕著な断層崖をなす。堆積物は 1.0 秒以上の厚さを持ち, 隆起地塊全体が大きな背斜構造をなす (第 17 図)。背斜軸上で行ったロックコアラーにより後期中新世の泥岩 (JT59 : *R. californica* 帯上部) が得られているが, そこではそれより下位に堆積物がさらに 0.8 秒以上の厚さに堆積している。南東側の断層崖では前期鮮新世の泥岩が (JT79, 266 : *N. kamtschatica* 帯上部), 侵食面の外縁の北西および北側の斜面では後期鮮新世の堆積物が (259: *N. koizumii* 帯下部; JT60 : *N. koizumii* 帯上部) 得られている。

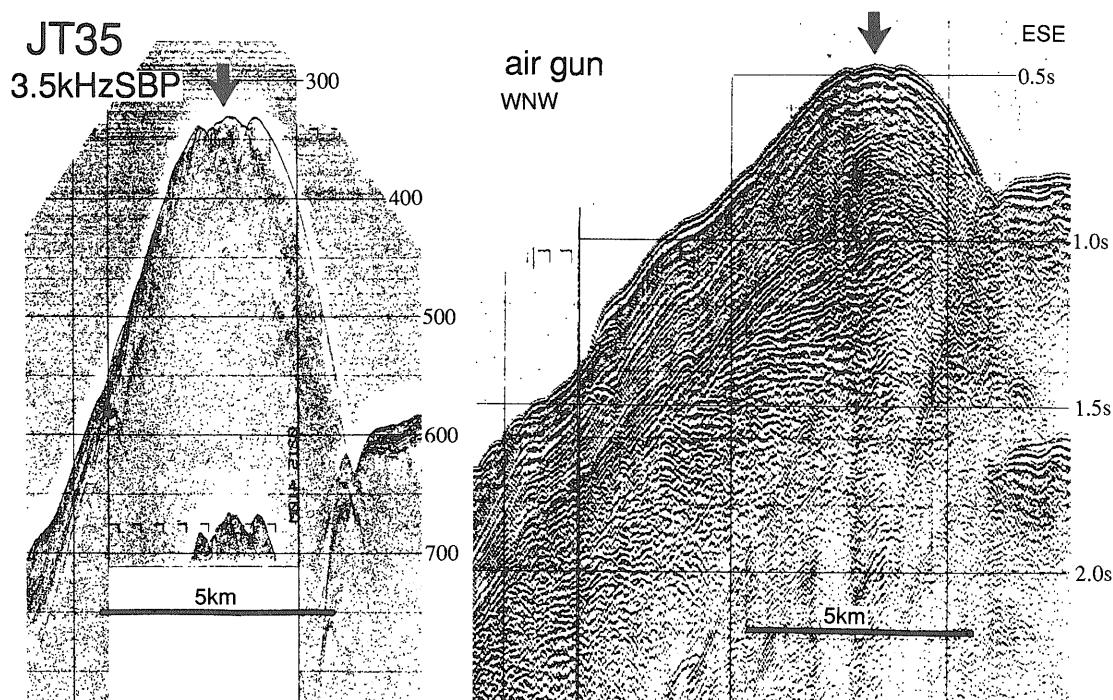
5.2.10 最上堆 (もがみだい)

南北～北北東に伸びる隆起地塊で, 全体として東側を

断層で切られ西方に傾動している隆起地塊である (第 18 図)。佐渡海嶺のなかで山頂に侵食平坦面を持つ隆起帯としては, 最も北に位置する。堆積物の厚さは最大で 0.7 秒で, 隆起帯の規模としてもここより南のものに比較してやや小さい。東側の断層崖では後期中新世と鮮新世の泥岩が得られており (JT62 : *R. californica* 帯上部; JT70 : *D. dimorpha* 帯上部; JT78 : *N. koizumii* / *N. kamtschatica* 帯; JT114 : *N. kamtschatica* 帯上部), 山頂の侵食平坦面からは鮮新世の堆積物が (JT63, 272 : *N. kamtschatica* 帯上部) 得られている。

5.2.11 佐渡海嶺北部の隆起地塊

佐渡海嶺の北部には上述した隆起地塊のほかに, 小規模な隆起地塊がいくつか形成されている。それらの隆起地塊はいずれも, 東側を断層で切られ西に傾動している (第 19 図)。山頂の水深は 150m 以下で侵食面が発達し



第15図 越路礁の3.5kHz地層探査機 (3.5kHzSBP) および音波探査プロファイルと, JT35の採取地点.
Fig. 15 3.5kHz SBP and seismic profiles of the Koshijisho bank and the location of JT35.

ない。これらの隆起地塊ではその東側の断層崖でドレッジを行い、鮮新世の泥岩やノジュールを得ている (JT58: *N. koizumii* 帯下部; JT67: *N. kamtschatica* 帯上部; JT66: *N. koizumii* 帯上部)。

5.2.12 佐渡海嶺北西縁

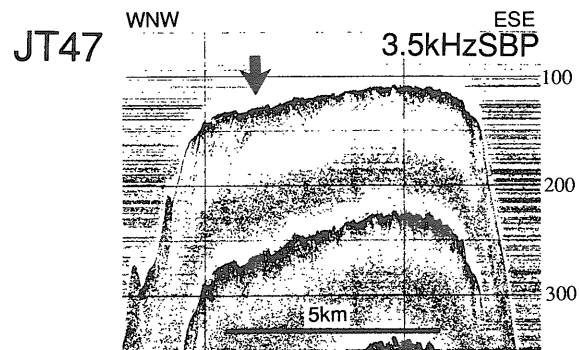
佐渡海嶺と大和海盆の境界には顕著な断層崖が断続的に連続していて、基盤岩とそれを覆う堆積岩が露出している (第 20 図)。それらの断層崖および松海山の 10 点でドレッジを行い、6 点で堆積岩を得たが (JT-68, 76, 97, 98, 111, 112), いずれの堆積岩からも珪藻化石は得られなかった。

5.3 男鹿半島—津軽西方沖の地質構造と珪藻化石

男鹿半島から北に伸びる隆起帯は、大陸棚外縁に沿って侵食平坦面を形成しているが、大部分は薄い砂質堆積物に覆われている。堆積岩はこの隆起帯の北端の 2 ケ所で得られただけで、その年代は後期中新世と前期鮮新世である (JT94: *D. dimorpha* 帯下部; JT95: *N. kamtschatica* 帯上部)。その北側に続く奥尻海嶺では、その東縁あるいは西縁の断層崖でドレッジを用いて試料採取をし (第 21 図)、主に鮮新世の珪藻化石を含む泥岩

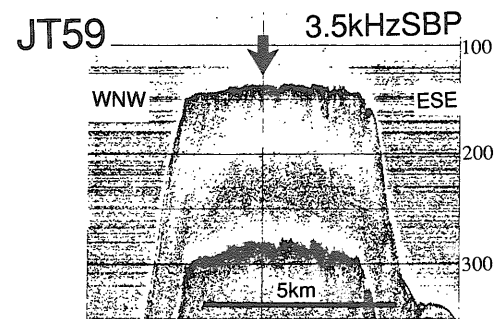
およびノジュールを得た (JT89, JT122: *N. koizumii* 帯上部; JT90: *S. curvirostris*; JT91: *N. koizumii* / *N. kamtschatica*; JT125: *N. kamtschatica* 帯上部)。ただし、断層崖は新しい泥に覆われていることが多く、海嶺を構成する堆積岩は必ずしも得られていない可能性がある。津軽海盆の陸側の大陸棚にも隆起帯があって侵食平坦面が広がっている (第 22 図)。そこではロックコアによって試料採取を行った。また陸棚斜面の特に急傾斜な所ではドレッジを行った (第 23 図)。それらの年代は前期鮮新世から第四紀である (JT85: *S. curvirostris* 帯; JT124: *N. koizumii* 帯上部)。奥尻海嶺の南端付近にある久六島は火山でその周辺からは火山岩が得られている。

また、男鹿半島西方の 396 地点からグラブ採泥により固結度や色の異なる泥塊を含む堆積物が得られた。それらのうち 2 つの泥塊から後期中新世の *T. yabei* 帯と *D. katayamae* 帯の珪藻化石が産出した。音波探査プロファイルから男鹿半島西方では、大規模な斜面崩壊が起こっている急斜面が広がっており、その直下の緩斜面である 396 地点付近には成層構造を持たない地滑り堆積物が広がっている。さらにそこには、単なる地滑り堆積物と考



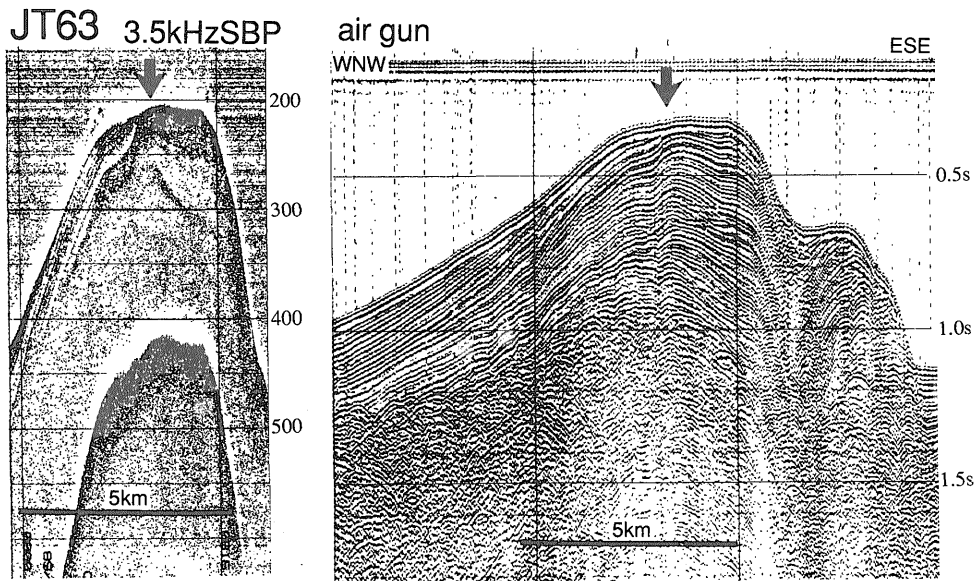
第16図 向瀬の3.5kHz地層探査機 (3.5kHzSBP) および音波探査プロフィールと、JT47の採取地点。

Fig. 16 3.5kHz SBP and seismic profiles of the Mukose bank and the location of JT47.

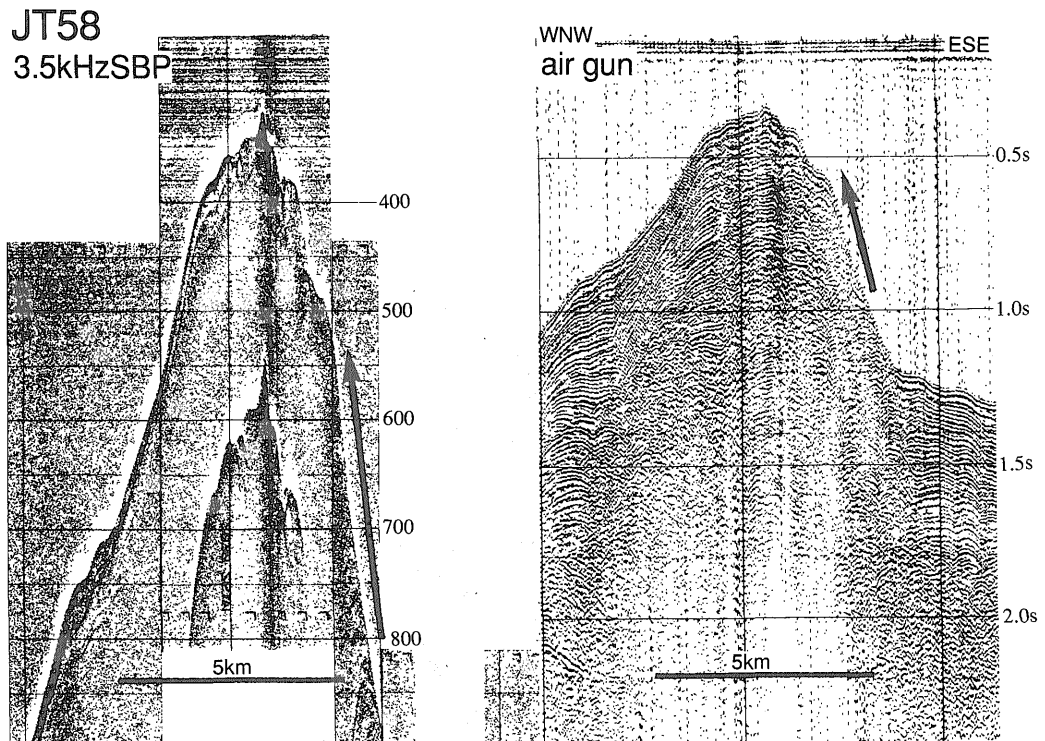


第17図 鎌礁の3.5kHz地層探査機 (3.5kHzSBP) および音波探査プロフィールと、JT59の採取地点。

Fig. 17 3.5kHz SBP and seismic profiles of shelf off the Kamaguri bank and the location of JT59.

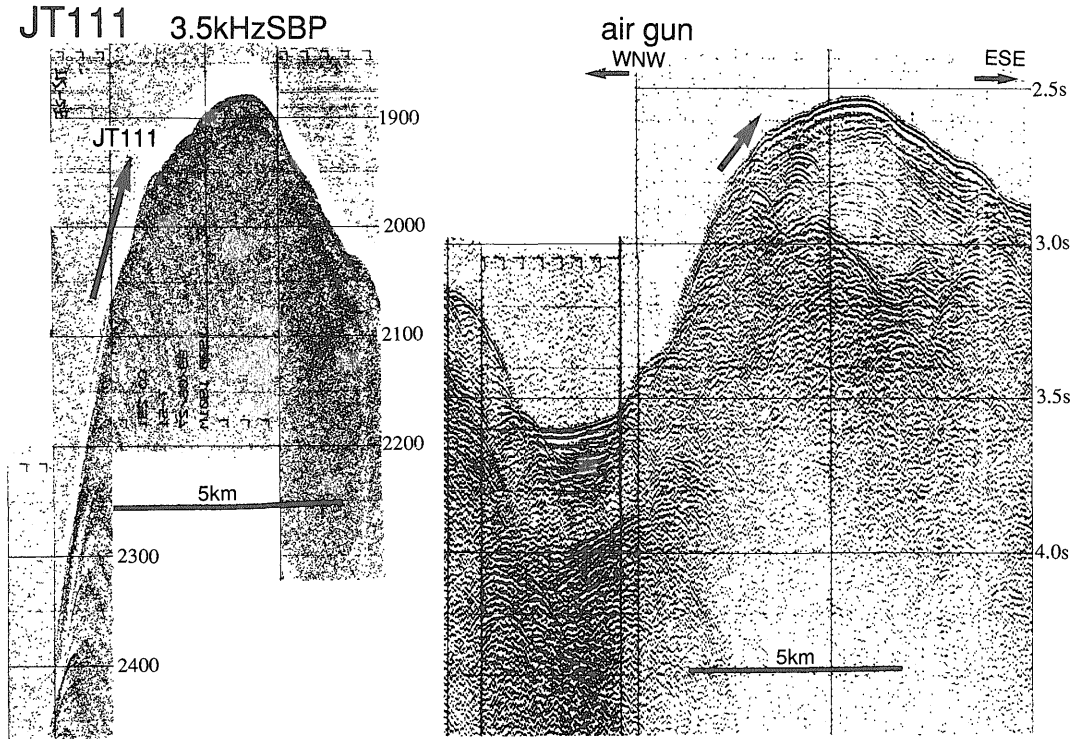


第18図 最上堆の3.5kHz地層探査機 (3.5kHzSBP) および音波探査プロフィールと, JT63の採取地点.
Fig. 18 3.5kHz SBP and seismic profiles of the Mogamitai bank and the location of JT63.



第19図 弥彦堆の3.5kHz地層探査機 (3.5kHzSBP) および音波探査プロフィールと, JT58の採取地点. 矢印はドレッジの着底範囲と移動方向を示す.

Fig. 19 3.5kHz SBP and seismic profiles of the Yahikotai bank and the location of JT58. Arrow indicates the position and moving direction of a dredge sampler hitting the sea-bottom.



第20図 奥尻海嶺の3.5kHz地層探査機（3.5kHzSBP）および音波探査プロファイルと、JT111の採取地点。矢印はドレッジの着底範囲と移動方向を示す。

Fig. 20 3.5kHz SBP and seismic profiles of the Okushiri ridge and the location of JT111. Arrow indicates the position and moving direction of a dredge sampler hitting the sea-bottom.

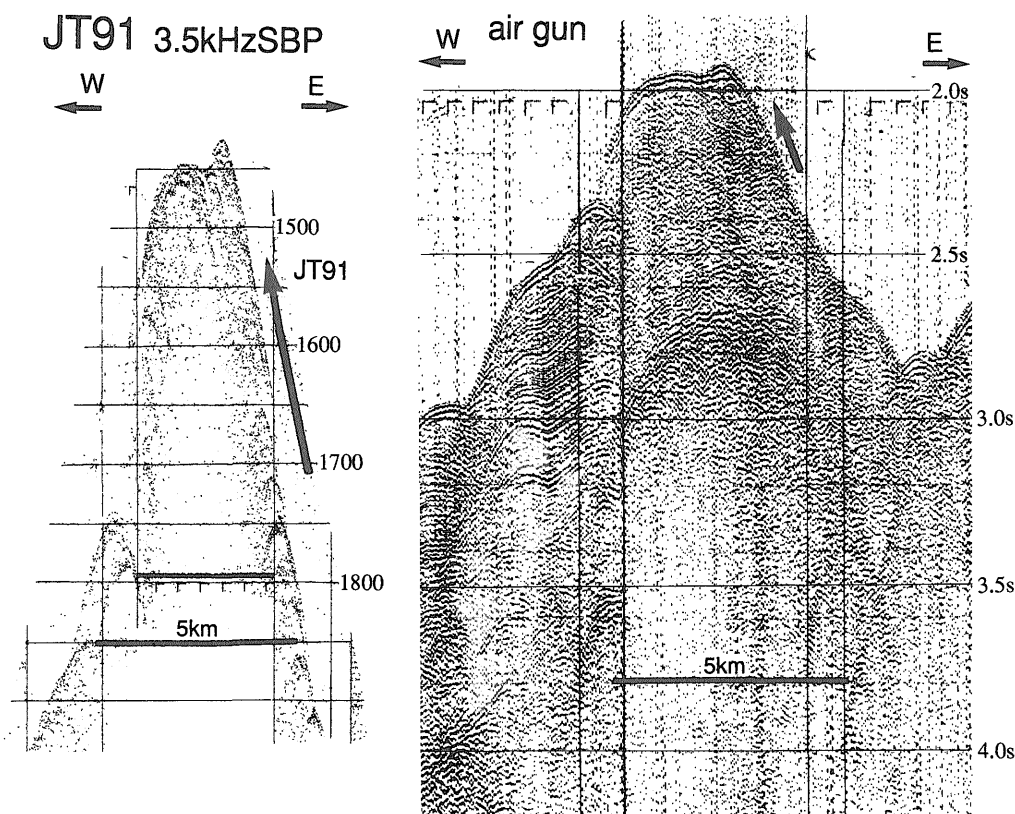
えるには不自然な形をしたマウンドが数多く形成されている（第24図）。このマウンド地形は泥火山の可能性があり、396地点で得られた年代の異なる泥塊は地滑りと泥のダイアピルの両方の作用によって混合されたのかもしれない。この大陸斜面を覆う堆積物の年代が少なくとも後期中新世までさかのぼることは間違いない。

6. 隆起帯の隆起開始時期

インバージョンテクトニクスによって形成された隆起地塊の隆起開始時期は、この付近の東西圧縮が強くなり始めた時間を示す。海嶺上には現在ほとんど堆積物がたまっておらず、隆起し始めてからは無堆積の状態が続いてきたと考えられる。音波探査プロファイル上でインバージョンの開始は、リフト形成後（post-rift）の堆積物からなる中部層とインバージョン時（syn-inversion）の堆積層である上部層との間の onlap 不整合として認められる（第2, 3図）。中部層は隆起地塊全体に分布し山頂の侵食面で露出している。一方、上部層は隆起地塊の北西側斜面のかなり上部まで覆うが、山頂までは分布

していない。したがって山頂の侵食面に露出する最も若い堆積物の年代が、インバージョンの開始直前の年代を示していると考えられる。隆起地塊のほとんどは南東側が断層崖となっていて、北西に傾動しているので、インバージョン開始直前の堆積物は侵食面の北西側の縁に分布する。それらの年代は飛島周辺（第10図）では後期中新世、男鹿向瀬（第11図）では前期鮮新世であるが、最上堆（第18図）、鳥海礁および鎌礁では後期鮮新世である。ただし飛島周辺では大陸棚外縁よりやや内側で試料を得ており、外縁の堆積物の年代はもう少し若返る可能性がある。これらの年代をそのまま解釈すると、飛島、新礁、男鹿向瀬と続く隆起帯の方が最上堆、鳥海礁、鎌礁などの隆起地塊より速く隆起し始めたことになる。また、佐渡海嶺の瓢箪礁および向瀬で得られた堆積物は厳密には外縁ではないが、後期中新世のものが多く、そこでの隆起開始時期も鎌礁や最上堆などの他の隆起地塊に比べて早かった可能性がある。

このように多くの新第三紀の堆積岩を広い範囲から得られたのは、この海域に堆積岩から構成されている隆起



第21図 津軽海峡西方の3.5kHz地層探査機 (3.5kHzSBP) および音波探査プロファイルと、JT91の採取地点。矢印はドレッジの着底範囲と移動方向を示す。

Fig. 21 3.5kHz SBP and seismic profiles of shelf to the west of the Tsugaru strait and the location of JT91. Arrow indicates the position and moving direction of a dredge sampler hitting the sea-bottom.

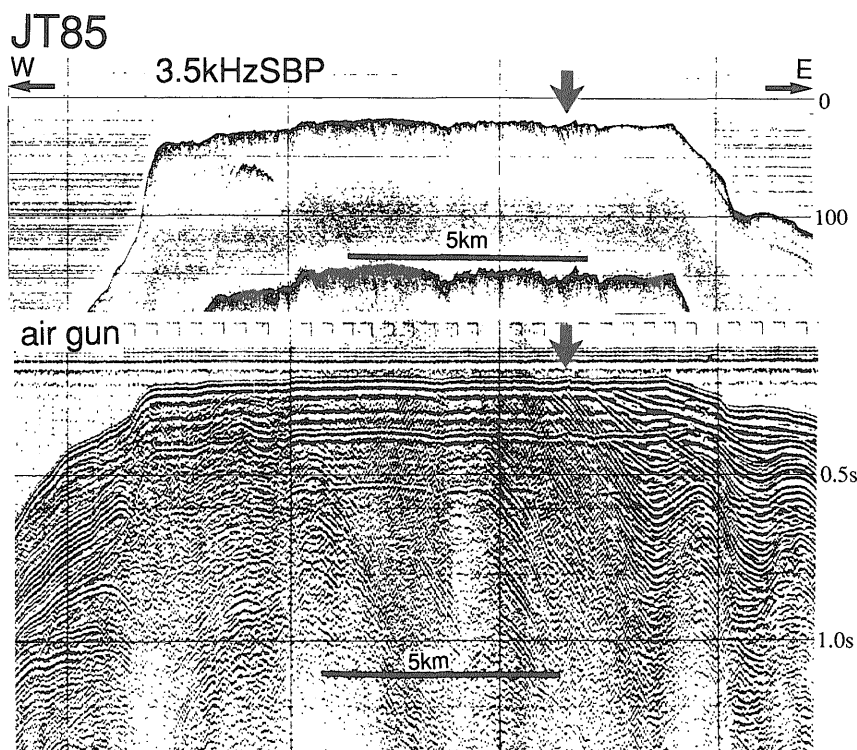
地塊が数多くあって、その山頂に侵食面が発達しているためである。これらの隆起地塊には日本海の形成以降、鮮新世に隆起が始まるまでの堆積物がほぼ連続的に保存されていると考えられ、しかもその間の地殻変動が地層の形態の変化として読み取ることができる。今後これらの隆起帯でボーリングによる連続的な堆積物が採取できれば、日本海のテクトニクスおよび環境変化などをさらに詳しく議論できる。

7. 結 論

新潟県から青森県沖の大陸斜面域の150点ヶ所以上の地点で海底に露出している岩石採取を行い、そのうち75地点77試料から珪藻化石を含む堆積岩を得た。それらの年代は前期中新世から第四紀にわたるが、後期中新世から鮮新世のものが大部分である。これらの年代と高密度の音波探査プロファイルとを組み合わせることによ

て、この海域の詳しい構造発達史を明らかにすることができた。そのうち特に重要な変動は、前期中新世のハーフグラベン形成と、鮮新世のハーフグラベンの隆起である。ハーフグラベンの隆起は東西圧縮応力の始まりに相当すると考えられるが、隆起開始時期はこの大陸斜面の中でも場所によって鮮新世前期から後期の間で異なっていると考えられる。ハーフグラベンの形成年代については、前期～中期中新世の堆積物の露出が少なく、十分な議論ができない。

謝辞：この報告は工業技術院特別研究「日本海中部東縁部大陸棚周辺海域の海洋地質学的研究」の一環として、1989年から1992年までの延べ200日に及ぶ白嶺丸（金属鉱業事業団所有、1831トン）による調査航海によって得られたデータを基にしている。航海中は石井喜好・海老原直実の両船長をはじめとする白嶺丸の乗組員の



第22図 西津軽海盆東斜面の3.5kHz地層探査機 (3.5kHzSBP) および音波探査プロフィールと, JT85の採取地点。
Fig.22 3.5kHz SBP and seismic profiles of the eastern slope of the Nishitsugaru basin and the location of JT 85.

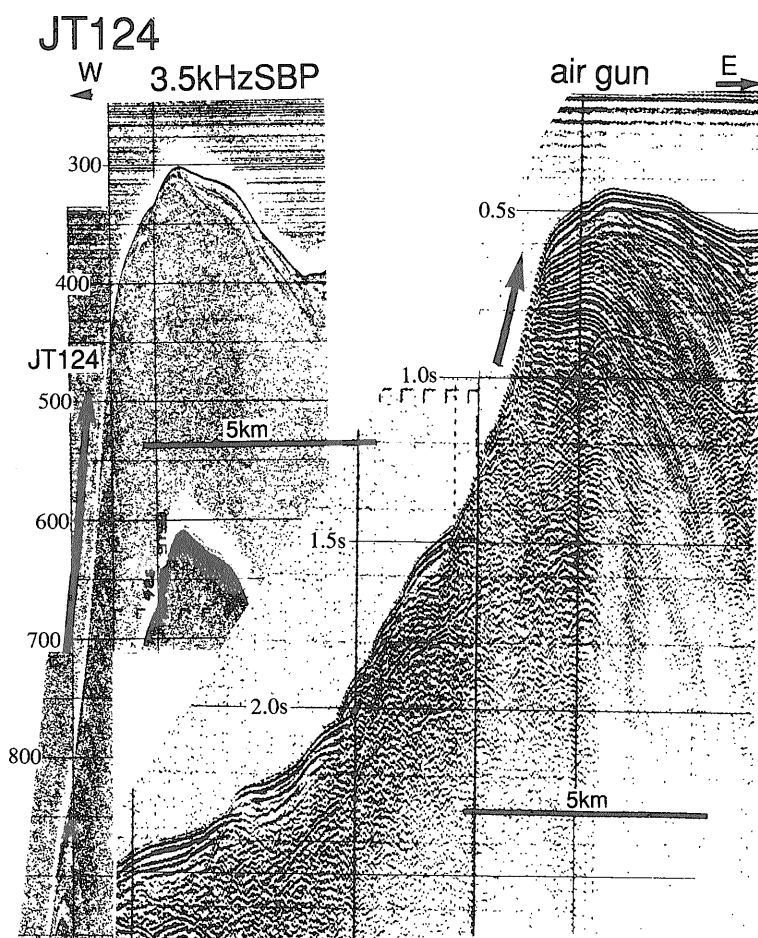
方々には調査全般にわたって多大な協力を受けた。また、試料採取には地質調査所海洋地質部の、片山 肇技官、中嶋 健技官、池原 研博士および福井大学の山本博文博士 (当時地質調査所海洋地質部) の協力を得た。報告書全体については、海洋地質部西村 昭博士に有益な意見を数多く受けた。珪藻化石の同定については地質調査所地質部の柳沢幸夫博士の助言を受けた。地質調査所地質部の巖谷敏光技官には、バライトノジュールから抽出した珪藻化石を提供して頂いた。地質調査所燃料資源部 (当時) の C. M. Agyingi 博士には英文要旨を校閲して頂いた。以上の方々に深く感謝します。

文 献

- 赤羽貞幸・加藤碩一 (1989) 高田西部地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地域地質図), 地質調査所, 89p.
- Akiba, F. (1986) Middle Miocene to Quaternary diatom biostratigraphy in the Nankai Trough and Japan Trench, and modified

Lower Miocene through Quaternary diatom zones for the middle-to-high latitudes of the North Pacific. In Kagami, H., Karig, D. E., Coulbourn, W. T. *et al.*, *Init. Rep. DSDP*, U. S. Government Printing Office, Washington, vol.87, p.393-481.

- (1987) *Azpeitia komuraen.* sp., a biostratigraphically useful diatom from the Neogene of Japan. *Bull. Nat. Sci. Mus., Ser. C*, vol.13, p.157-170.
- and Yanagisawa, Y. (1986) Taxonomy, morphology and phylogeny of the Neogene diatom zonal marker species in the middle-to-high latitudes of the North Pacific. In Kagami, H., Karig, D. E., Coulbourn, W. T. *et al.*, *Init. Rep. DSDP*, U. S. Government Printing Office, Washington, vol.87, p.483-554.



第23図 男鹿半島西方斜面の3.5kHz地層探査機 (3.5kHzSBP) および音波探査プロファイルと、JT124の採取地点。矢印はドレッジの着底範囲と移動方向とを示す。

Fig. 23 3.5kHz SBP and seismic profiles of the slope to the west of the Oga peninsula and the location of JT 124. Arrow indicates the position and moving direction of a dredge sampler hitting the sea-bottom.

長谷川康雄(1967) 北海道奥尻島沖海底から採取された岩盤中に含まれる化石珪藻群集について(予報). 日本海, no.1, p.30-32.

秦 信一(1993) 基礎試錐「柏崎沖」. 石油技術協会編, 最近の我が国の石油開発, p.85-89.

岩淵義郎(1968) 日本海南東部の海底地質. 東北大地質古生物研報, no.66, p.1-76.

小林洋二(1983) プレート「沈み込み」の始まり. 月刊地球, vol.3, p.510-518.

小林巖雄・立石雅昭(1992) 新潟地域における新第三系の層序と新第三紀古地理. 地質学論集, no.37, p.53-70.

Koizumi, I. (1979) Age assignments for sediment

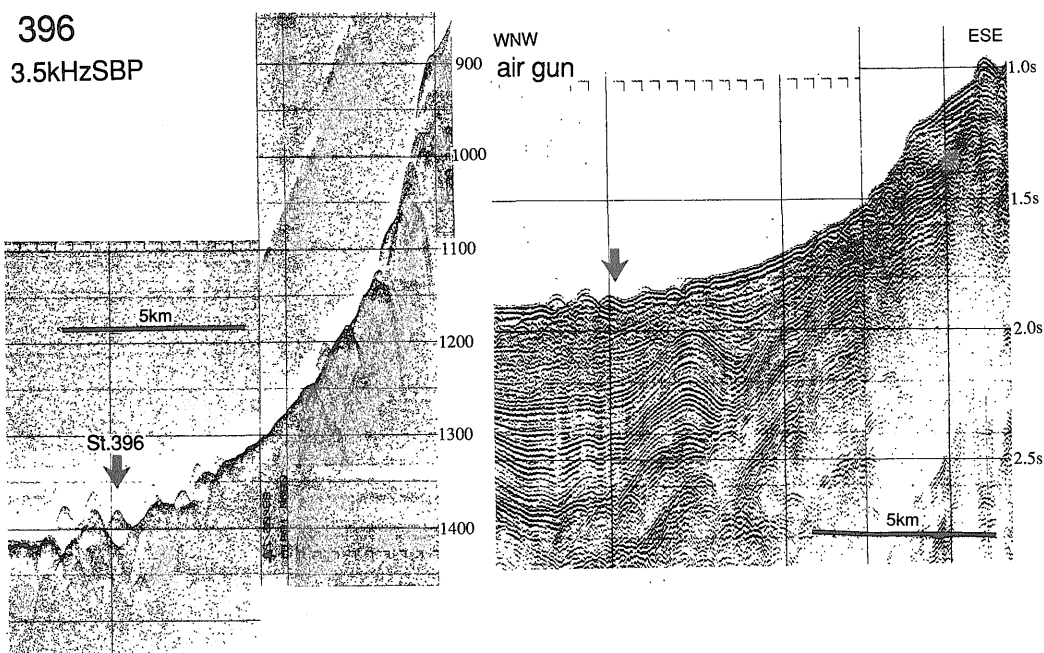
samples cored and dredged. In Honza, E. (ed.), *Cruise Report Geological Survey of Japan*, no.13, p.67-69.

小泉 格(1979) 日本海の地史 - 堆積物と微化石から - . 日本海, No.10, p.69-90.

Koizumi, I. (1985) Diatom biochronology for late Cenozoic Northwest Pacific. *Jour. Geol. Soc. Japan* vol.91, p.195-211.

小泉 格・岩淵義郎(1969) 化石珪藻群集より見た日本海東北日本沖諸帯の地質. 海洋地質, no.5, p.39-49.

———・谷村好洋(1978) 珪藻・珪質鞭毛藻. 高柳洋吉編, 微化石研究マニュアル, 朝倉書



第24図 大和海盆東方の3.5kHz地層探査機 (3.5kHzSBP) および断層崖の音波探査プロフィールと、396の採取地点.

Fig.24 3.5kHz SBP and seismic profiles of faults at the eastern margin of the Yamato Basin and the location of 396

店, p.70-75.

Ludwig, W. J., Murauchi, S., Houtz, R. E.(1975) Sediments and structure of the Japan Sea. *Geol. Soc. Ame. Bull.*, vol.86, p.651-664.

中村一明(1983) 日本海東縁新生海溝の可能性. 震研彙報, vol.58, p.711-722.

岡村行信・佐藤幹夫・渡辺真人・山本博文(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, no.38, p.47-58.

——・竹内圭史・上嶋正人・佐藤幹夫(1994) 佐渡島南方海底地図及び同説明書, 海洋地質図no.43. 地質調査所, 25p.

尾田太良(1986) 新第三紀の微化石年代尺度の現状と問題点 —中部及び東北日本を中心として—. 中川久夫・小高民夫・高柳洋吉編, 北村信教授退官記念地質学論文集, 北村信教授退官記念事業会, p.297-312.

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. A., Allen, J., et al. (1990) Proceedings of ODP, Initial Reports, 127. College Station, TX (Ocean Drilling Program), 844p.

寺島 滋(1972) 亜酸化窒素-アセチレンフレームを用いるけい酸塩の原子吸光分析. 地質調査所月報, vol.23, p.287-304.

Yanagisawa, Y. and Akiba, F. (1990) Taxonomy and phylogeny of the three marine diatom genera, *Crucidenticula*, *Denticulopsis* and *Neodenticula*. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol.41, p.197-301.

(受付: 1993年11月26日; 受理: 1994年3月7日)

- Plate 1
- 1 *Denticulopsis praelauta* Akiba & Koizumi [JT47]
 - 2 *Denticulopsis praedimorpha* var. minor Yanagisawa & Akiba, closed copula [JT42]
 - 3 *Denticulopsis dimorpha* var. dimorpha (Schrader) Simonsen [JT70]
 - 4 *Denticulopsis dimorpha* var. dimorpha (Schrader) Simonsen, closed copula [JT70]
 - 5 *Denticulopsis dimorpha* var. areolata Yanagisawa & Akiba [JT70]
 - 6 *Denticulopsis dimorpha* var. areolata Yanagisawa & Akiba, closed copula [JT70]
 - 7 *Denticulopsis simonsenii* Yanagisawa & Akiba [JT41]
 - 8 *Denticulopsis vulgaris* (Okuno) Yanagisawa & Akiba [JT41]
 - 9 *Denticulopsis praekatayamae* Yanagisawa & Akiba [JT70]
 - 10 *Denticulopsis katayamae* Maruyama emend. Yanagisawa & Akiba [JT31]
 - 11 *Crucidentacula nicobarica* (Grunow) Akiba & Yanagisawa [JT42]
 - 12 *Denticulopsis hustedtii* (Simonsen & Kanaya) Simonsen emend. Yanagisawa & Akiba [284]
 - 13 *Nitzschia rolandii* Schrader emend. Harper [JT100]
 - 14 *Neodenticula kamtschatica* (Zabelina) Akiba & Yanagisawa [JT95]
 - 15 *Neodenticula koizumii* Akiba & Yanagisawa [JT66]
 - 16 *Neodenticula koizumii* Akiba & Yanagisawa (oval form) [JT30]
 - 17 *Neodenticula seminae* (Simonsen & Kanaya) Akiba & Yanagisawa [JT85]
 - 18 *Neodenticula seminae* (Simonsen & Kanaya) Akiba & Yanagisawa, closed copula [HJ6]
 - 19 *Nitzschia heteropolica* Schrader [JT41]
 - 20 *Nitzschia pliocena* (Brun) Mertz [JT55]
 - 21 *Nitzschia reinholdii* Kanaya ex Barron & Baldauf [TB1]
 - 22 *Rouxia californica* M. Peragallo [JT108]

- Plate 2
- 1 *Thalassionema nitzschioides* H. & M. Peragallo [JT-47]
 - 2 *Thalassionema hirosakiensis* (Kanaya) Schrader [JT94]
 - 3 *Thalassionema schraderi* Akiba [JT108]
 - 4 *Actinocyclus ingens* f. *ingens* (Rattray) Whiting & Schrader [JT70]
 - 5 *Actinocyclus oculatus* Jous [JT66]
 - 6 *Thalassiosira yabei* (Kanaya) Akiba & Yanagisawa [284]
 - 7 *Thalassiosira marujamica* Sheshukova-Porezkaya [JT39]
 - 8 *Thalassiosira oestrupii* (Ostenfeld) Proshkina-Labrenko [JT95]
 - 9 *Thalassiosira jacksonii* Koizumi & Barron [HJ2]
 - 10 *Thalassiosira convexa* Muchina [TB1]
 - 11 *Simonseniella barboi* (Brun) Fenner [JT108]
 - 12 *Thalassiosira antiqua* (Grunow) Cleve-Euler [TB1]
 - 13 *Thalassiosira temperei* (Brun) Akiba & Yanagisawa [JT100]
 - 14 *Simonseniella curvirostris* (Jous Fenner [SK11])

