

佐渡島小木半島の中新世玄武岩層の年代 —珪藻年代層序による再検討—

柳沢幸夫*

Yukio Yanagisawa (2012) Age of the Miocene basalt distributed in Ogi Peninsula, Sado Island, Niigata Prefecture, Japan: reexamination by diatom biochronology. *Open-File Report of the Geological Survey of Japan, AIST*, no. 569, p. 1-19, 6 figs, 4 appendix tables, 1 plate.

Abstract: The Miocene Ogi Basalt Member of the Tsurushi Formation distributed in the Ogi Peninsula, Sado Island is dated by diatom biochronology with reported K-Ar and fission track ages. The Ogi Basalt Member is divided into the lowermost part (pillow lavas), the lower part (hyaloclastite), the middle part (hyaloclastite), the upper part (pillow lavas) and the uppermost part (massive basalt), in ascending order. Main body of the Ogi Basalt Member (the lowermost part to the upper part) is composed of the products of submarine volcanism except for the uppermost massive intrusive basalt in mudstone. Diatom assemblages correlative with the zone NPD4Bb are found in the mudstone intercalated in the lowermost part, whereas diatoms assigned to the zone NPD5B occur in the mudstone overlying the pillow lavas of the upper part of the Ogi Basalt Member. Diatom chronology and reported radiometric ages indicate that the products of submarine volcanic activity of the Ogi Basalt Member were placed during the interval ranging 14.1 Ma to 12.7 Ma. Intrusive rocks of the uppermost part of the member are dated at ca. 11.7 Ma.

Keywords: diatom, marine, biostratigraphy, Ogi Basalt, submarine volcanism, Miocene, Neogene, Ogi, Sado, Niigata, Japan

*地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Geology and geoinformation)

要 旨

佐渡島南西端の小木半島に分布する中新統の玄武岩類(鶴子層小木玄武岩部層)の年代を、珪藻化石年代層序から検討し、放射年代と総合してその年代を明らかにした。小木玄武岩部層最下部からはNPD4Bb帯、海底火山活動の噴出相の上限を覆う泥岩層からはNPD5B帯の珪藻化石が検出された。このことから、陸上に露出する小木玄武岩部層の海底火山活動の噴出相(最下部～上部)の年代は、最大幅をとって約14.1 Maから12.7 Maまでと推定される。また、最上部の貫入岩(塊状溶岩)の活動の年代は約11.7 Ma頃と算定できる。小木玄武岩部層の噴出相(最下部～上部)は、新潟堆積盆の標準坑井層序の七谷階最上部に、また最上部の貫入岩は下部寺泊階に対比される。

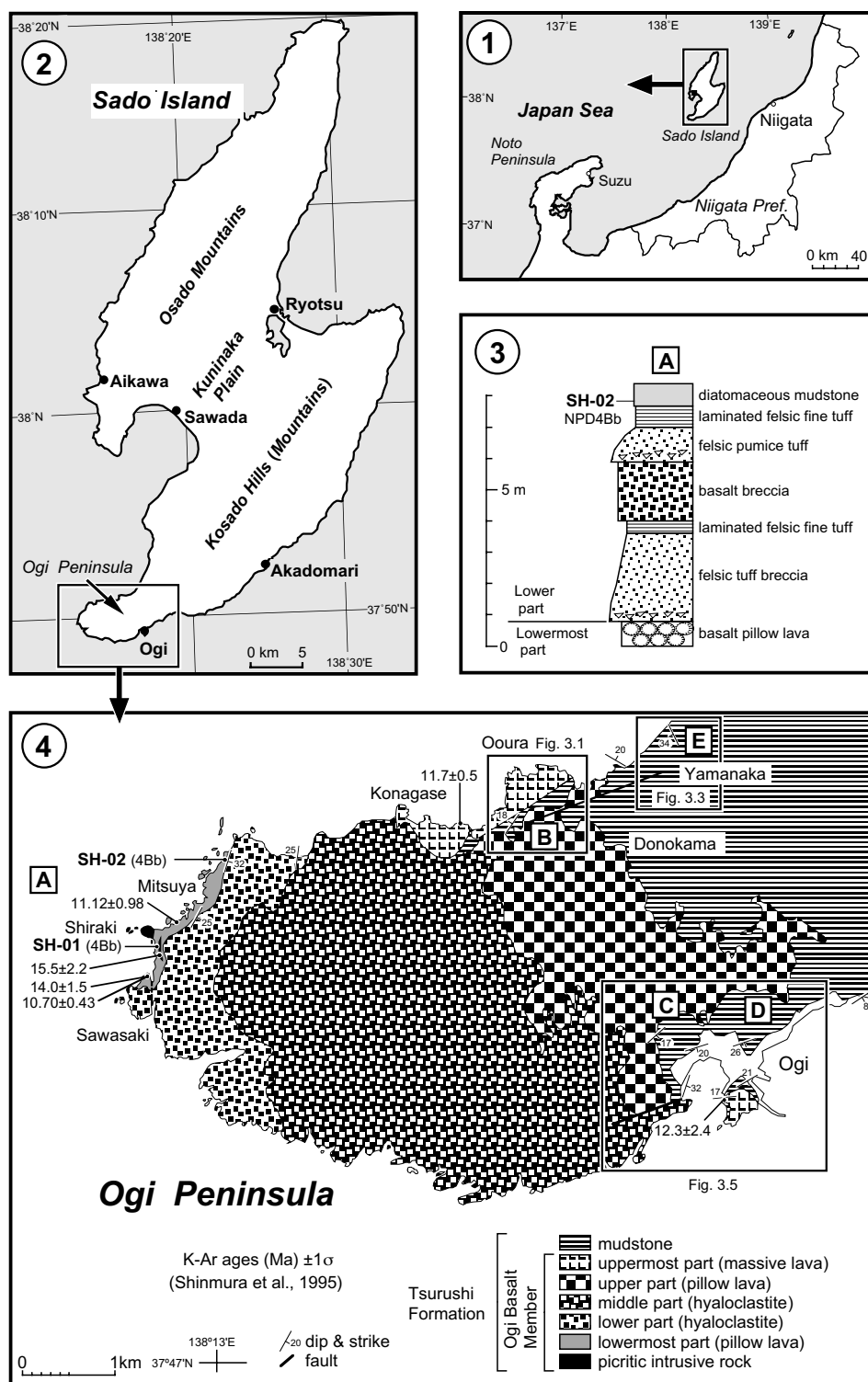
1. はじめに

新潟市の北西約60 kmの日本海に位置する佐渡島は、北東—南西方向に伸びる大佐渡山地および小佐渡丘陵とそれらに挟まれた国中平野からな

る(第1図)。このうち小佐渡丘陵の南西端の小木半島には、海底で噴出した中新世の玄武岩類(小木玄武岩層)が広く分布している(第1図4)。

小木玄武岩層に関しては、茅原(1958)および茅原・山川(1968)などによって層序・岩石学的検討が行われ、小木団体研究グループ(1977, 1986)により詳しい層序と産状が明らかにされた。その後も海底火山噴出活動を研究する好適な対象として研究が進められている(たとえば、藤枝ほか, 2005; 寺崎, 2011)。

小木玄武岩層の年代については、Tsunakawa et al. (1983)が東北日本における新第三紀の岩脈群に関して多数のK-Ar年代を測定した中で、小木玄武岩層の4例の年代値を報告したのが最初である。その後、小木団体研究グループ(1986)は本玄武岩層の最下部に挟在する泥岩から珪藻化石を見いだして、珪藻化石層序との対比を行った。また、神蔵(1989)は小木玄武岩層およびそれを覆う泥岩層中の酸性凝灰岩に含まれるジルコン結晶のフィックション・トラック(FT)年代を測定した。小林・立石(1992)および新潟県地質図改訂委員会(2000)は、これらの珪藻化石年代とFT年代に基づいて、



第1図 佐渡島小木半島の地質図と検討した層序セクションの位置. 1: 佐渡島の位置; 2: 佐渡島の地形; 3: 試料SH-2付近の地質柱状図; 4: 小木半島の地質図 (小木団体研究グループ, 1986). A-E: 層序セクション

Fig. 1. Location of stratigraphic sections examined in this study with geologic map of Ogi Peninsula, Sado Island.

小木玄武岩層を約14-13 Ma前後に位置づけた。一方、新村ほか(1995)は小木玄武岩層のK-Ar年代を系統的に測定し、Tsunakawa et. al. (1983)の年代も考慮した上で、この玄武岩層の年代を約13-11 Maと推定した。しかし、彼らは珪藻化石年代やFT年代を全く考慮しておらず、その推定年代は小林・立石(1992)のそれとは異なっている。

このように、小木玄武岩層の年代は手法によって食い違いが大きく、新潟堆積盆の標準坑井層序との対比についても問題が残されている。

本研究では、小木玄武岩層に挟在する泥岩層およびそれを覆う泥岩層の珪藻化石を分析し、珪藻化石年代層序の観点から本玄武岩層の年代を再検討した。そして既報の放射年代との比較を行った上で、本玄武岩層の年代について考察を行った。また、新潟堆積盆の標準坑井層序の中に小木玄武岩層を位置づけた。

2. 地質概説

小木団体研究グループ(1986)によれば、小佐渡丘陵の新第三系は、下位より相川層、三瀬層、経塚山層、下戸層、鶴子層、野田山層および山田川層からなる(第2図)。小木玄武岩層は、このうち鶴子層に含まれ、その部層とされる(以下、小木玄武岩部層と記述する)。

小佐渡丘陵の新第三系下部を構成する相川層、三瀬層および経塚山層は、火山岩および火砕岩からなる陸成層である。下戸層は経塚山層以下を不整合に覆う海進初期の堆積物で、角礫岩・砂岩・泥岩からなる。

鶴子層は成層した硬質珪質泥岩を特徴とする。下位の下戸層とは整合であるが、両層の境界には海緑石が濃集した暗緑色の砂岩層(海緑石砂岩層)が発達する。上部に小木玄武岩部層を挟む。本層の主体をなす泥岩と小木玄武岩部層は同時異相で指交関係にあると考えられている。

野田山層は鶴子層を整合に覆う珪藻質泥岩で、下部は葉理の発達する泥岩と無層理泥岩が繰り返す岩相からなるが、上部は無層理の塊状泥岩となる。下位の鶴子層との境界は、シリカの続成作用の境界であり、堆積時の初生的な岩相境界ではないので、境界面は同一時間面とは斜交する。

山田川層は無層理塊状泥岩で、野田山層の塊状泥岩とは岩質が珪藻質でない点で異なる。

小木玄武岩部層は小木団体研究グループ(1977)によれば、最下部、下部、中部、上部、最上部に分けられる(第2図)。なお、小木団体研

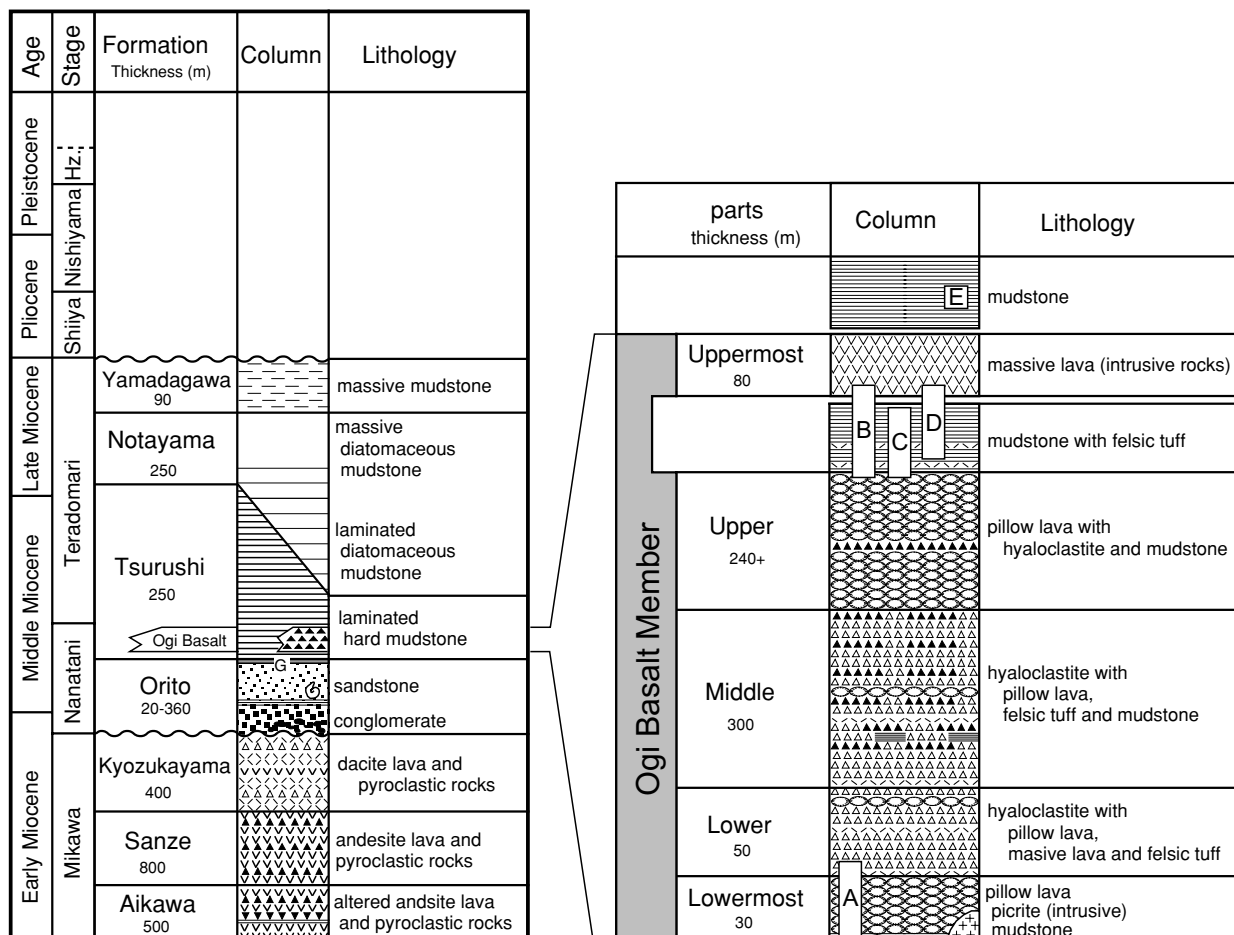
究グループ(1977)は、それぞれを最下部層(Lowermost bed)のように表記している。この表記は「部層」(Member)と紛らわしいこと、また英語表記での「bed」は「単層」を示すが、最下部などのユニットは明らかに複数の単層(bed)の集合であって「単層」ではないので、ここでは「最下部」(lowest part)の表記を用いて記述することにする。

小木玄武岩部層最下部は枕状溶岩からなり、ピクライト岩体の貫入を受けている。また、小木半島西端では泥岩を挟んでいる。下限は陸上では露出していない。小木玄武岩部層下部は大部分ハイアロクラスタイトからなり、枕状溶岩、塊状溶岩、酸性凝灰岩および泥岩層を挟む。小木玄武岩部層中部もハイアロクラスタイトが主体で、枕状溶岩、酸性凝灰岩および泥岩層を挟む。小木玄武岩部層上部は再び枕状溶岩が主体となり、一部ハイアロクラスタイトを挟む。このように小木玄武岩部層の最下部から上部は、一部で貫入岩や岩脈を含むものの、そのほとんどは海底での噴火活動による生成物である。

一方、小木玄武岩部層最上部は、他とは異なり柱状節理の発達した塊状溶岩からなる。今回珪藻化石を検討した大浦(第3図の2)では、最上部の塊状溶岩とされた玄武岩は、泥岩層に貫入していると推定され、境界部には急冷縁が形成されている。また、小木東部の城山付近(第3図5)でも鶴子層の泥岩層に挟在する酸性凝灰岩の上位に層理に平行の岩床として貫入しているのが観察できる。貫入面付近では、溶岩中に割れ目が生じており、その割れ目には周囲の泥岩が入り込んでいる。このことは玄武岩の貫入が泥岩が未固結の状態の時期に起こったことを示す。

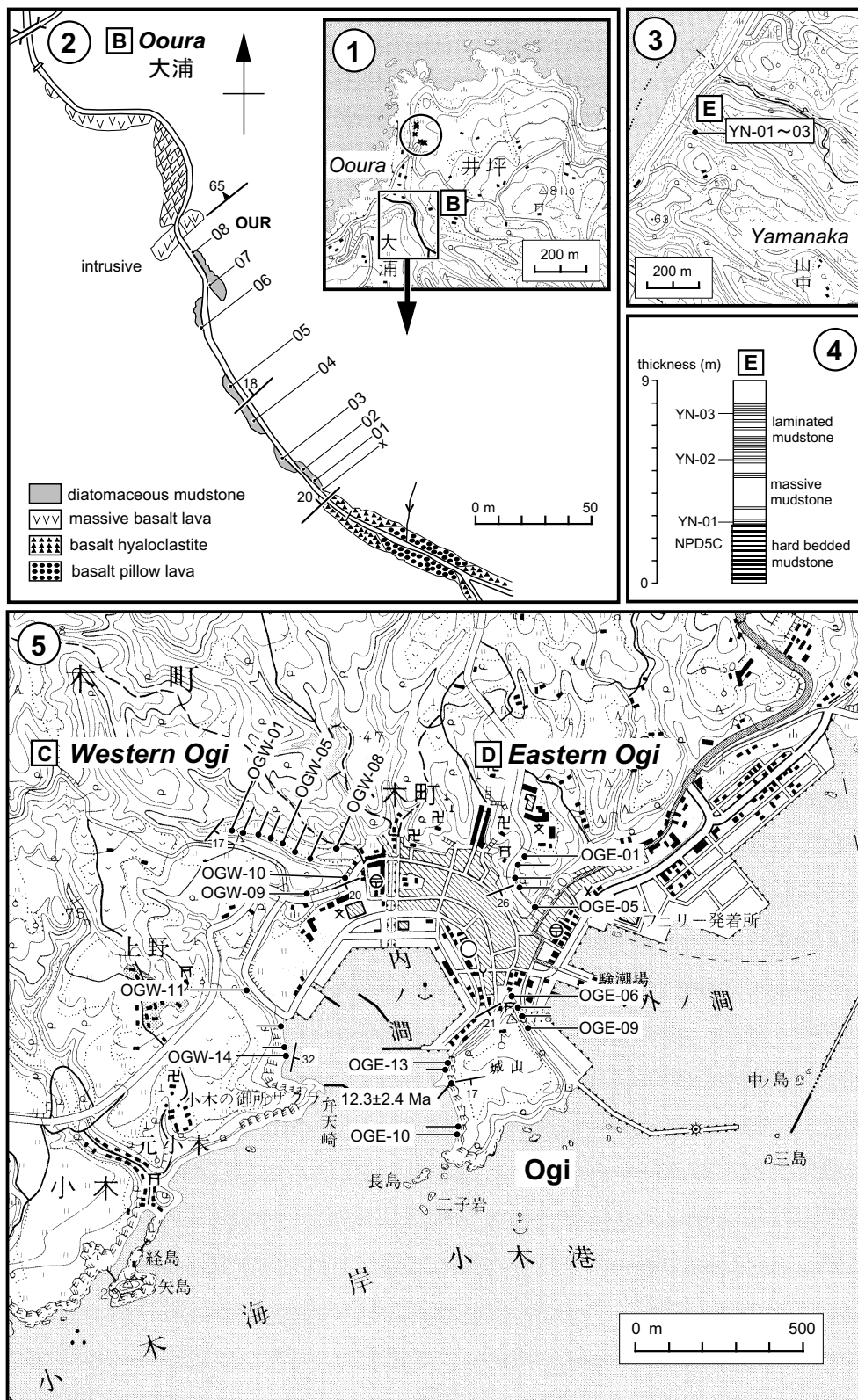
山川・茅原(1968)も同様に小木玄武岩部層最上部相当部を貫入岩と判断している。また、小木団体研究グループ(1977)は小木玄武岩部層最上部の塊状溶岩の一部で大型の枕状溶岩を観察しているが、これは貫入時に未固結の泥岩ないしハイアロクラスタイトと接した部分が急冷されて生じたものと考えている。以上のように、小木玄武岩部層最上部の塊状溶岩は貫入岩と考えられる。

小木玄武岩部層は、小木半島中央部に東西方向の背斜軸(金田背斜)を持ち(茅原, 1958; 山川・茅原, 1968)、全体として約10°で東に緩く傾斜している。この構造は小木玄武岩層の堆積時の海底火山の地形を有る程度反映している可能性がある。



第2図 小佐渡地域の新第三系の層序（小木団体研究グループ， 1986）および小木玄武岩部層の細分（小木団体研究グループ， 1977）。A：白木セクション， B：大浦セクション， C：小木西部セクション， D：小木東部セクション， E：山中セクション。

Fig. 2 Lithostratigraphy of the Neogene sequence in the Kosado area, Sado Island (Ogi Collaborative Research Group, 1986) with stratigraphic subdivision of the Ogi Basalt Member of the Tsurushi Formation (Ogi Collaborative Research Group, 1977). A: Shiraki section, B: Ooura section, C: western Ogi section, D: eastern Ogi section, E: Yamanaka section.



第3図 層序セクションの位置. 1: 大浦セクション (2万5000分の1地形図「羽茂本郷」を使用), 2: 大浦セクションのルートマップ, 3: 山中セクション (2万5000分の1地形図「羽茂本郷」を使用), 4: 山中セクションの柱状図, 5: 小木西部および小木東部セクション (2万5000分の1地形図「小木」を使用).

Fig. 3. Location of stratigraphic sections examined in this study. 1: Ooura section 2: route map of the Ooura section, 3: Yamanaka section, 4: columnar section of the Yamanaka section, 5: western and eastern Ogi sections.

3. 調査セクション・試料及び方法

試料を採取したセクションと試料採取地点を第1図と第3図に示す。試料は小木半島西端の白木付近 (A), 半島北岸の大浦付近 (B), 南岸の小木西部 (C) と小木東部 (D), それに北東部の山中付近 (E) の5つの層序セクションで採取した。

試料の処理は, Akiba (1986) の unprocessed strewn slide の方法で行った。乾燥試料は新聞紙でくるみ, ハンマーで砕いた後, 約 1 g を 100 cc ビーカーに入れ, 試料が浸る程度に純水を注ぎ入れ, 一昼夜放置する。この過程で試料はほとんど泥化する。次にビーカーに純水を加えて約 100 cc の懸濁液とし, 約 20 秒間放置して粗粒物が底に沈むのを待ち, 上澄みの懸濁液からマイクロピペットで 0.5cc を取り出し, 18 x 18 mm のカバーガラスに滴下する。これをホットプレートで加熱・乾燥後, アルコールで薄めた Pleurax (封入剤) をカバーガラスに滴下し, さらに加熱・乾燥させてアルコール分を蒸発させる。最後に, このカバーガラスをホットプレートで温めたスライドグラスに貼付する。

珪藻殻の計数は, 生物顕微鏡 600 倍の倍率下で行った。Chaetoceros 属の休眠胞子を除いて, 観察されたすべての種の蓋殻が 100 になるまで計数し, その後, さらにカバーガラスの幅 5 mm の範囲を走査して, その過程で新たに認められた種, 及び破片としてのみ認められた種は present (+) として記録した。なお, 化石帯が決定できない場合は, さらにスライドを全面走査するか, スライドを追加作成して走査した。休眠胞子については, 上記 100 蓋殻計数時に認められた総数を別途記録した。

珪藻の保存状態 (preservation) は, 殻の破損・溶解の程度と頑丈な殻を持つ珪藻の頻度を基に, G (good), M (moderate), P (poor) の3段階に分けた。産出量 (abundance) は 100 蓋殻に至るまでの走査線の数により, A (abundant) = 走査線 1 未満, C (common) = 走査線 1 以上 3 未満, R (rare) = 走査線 3 以上と区分した。

珪藻化石帯区分は Akiba (1986) と Yanagisawa and Akiba (1998) の新第三紀北太平洋珪藻化石帯区分を適用し, 化石帯は NPD コード, 生層準は D コード (D10-D120) を用いた。なお, 生層準 D77, D85, D95 及び D105 のコードを暫定的に導入した (第4図の右下の付記を参照)。年代は Watanabe and Yanagisawa (2005) を用いて修正し, Gradstein et al. (2004) の地磁気極性年代尺度に合わせて調整した。

なお, この報告では記述を簡略化するために,

コード番号のついた生層準を基準として, 暫定的に各化石帯を細分して表示している (第5図参照)。本報告に関連する化石帯では, NPD5B 帯を 5B1, 5B2, 5B3, 5B4, の4つの区間に暫定的に細分した。

4. 珪藻化石層序

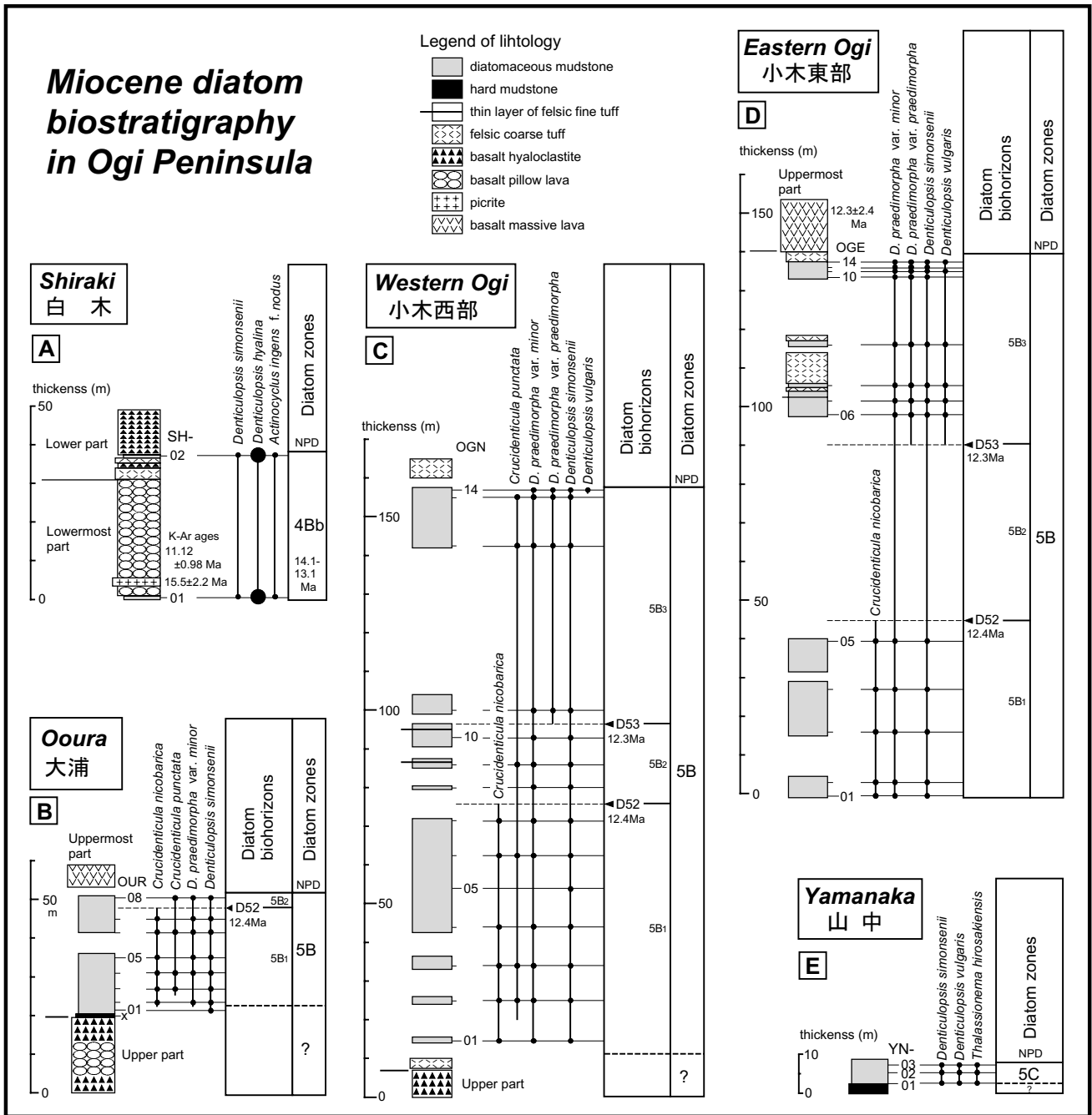
珪藻化石の分析結果を付表第1表～第4表に示す。また, 化石帯指標種の産出状況を各層序セクションの柱状図とともに第4図に示す。

白木セクション (A) では, 小木玄武岩部層最下部の下限付近に挟まれている泥岩の試料 (SH-01) と, 小木玄武岩部層下部の基底にある酸性凝灰岩層の上位に挟在する泥岩層 (SH-02) の2試料を分析した (付表第1表, 第4図A)。両試料とも *Denticulopsis hyalina* を多産し, *D. simonsenii* を含むことから, NPD4Bb 帯 (14.0-13.1 Ma) と認定できる。

大浦セクション (B) では, 小木玄武岩部層とその上位を整合に覆う鶴子層主部の泥岩層, そして泥岩層を貫く玄武岩 (小木玄武岩部層最上部) が露出する (第3図2)。試料は泥岩層から9試料採取して検討した。その結果, 小木玄武岩部層の上部の直上に載る硬質泥岩層 (厚さ 1 m) の試料を除く8試料から珪藻化石が産出した (付表第2表, 第4図B)。最下位の OUR-01 を除き, すべて NPD5B 帯に属する。また, 最上部に生層準 D52 が認められることから, 本セクションは区間 5B1 から 5B2 にわたることがわかる。なお, 最下位の OUR-01 は *Denticulopsis simonsenii* を含むものの珪藻の保存が悪く化石帯の認定はできなかった。この他に, 大浦ルート of の北方, 井坪の北西方 (第3図の1で円で囲った部分) で露出する泥岩から8試料を採取して分析したが, 珪藻は検出されなかった。

小木西部セクション (C) では, 小木玄武岩部層上部の上位に重なる泥岩層から採取した14試料から珪藻化石が産出した (付表第3表, 第3図C)。いずれも NPD5B 帯に属する。また, 生層準 D52 と D53 が認められ, 区間 5B1, 5B2, 5B3 が識別できる。

小木東部セクション (D) では, 14個の泥岩試料から珪藻化石が見いだされた (付表第4表, 第4図D)。すべての試料が NPD5B 帯と認定される。生層準 D52 と D53 はセクション中部の露頭が欠如する部分に存在するものと見られ, セクションの下部は区間 5B1 に, セクションの上部は区間 5B3 に属する。このセクションの最上部では, 区間 5B3 に属する泥岩の上位に挟まる酸性凝灰岩 (厚さ約 2m) に塊状玄武岩 (小木玄武岩部層最上部) が層



第4図 小木半島に分布する中新統の珪藻化石層序。A：白木セクション，B：大浦セクション，C：小木西部セクション，D：小木東部セクション，E：山中セクション。

Fig. 4. Diatom biostratigraphy of the Miocene in Ogi Peninsula, Sado Island. A: Shiraki section, B: Ooura section, C: western Ogi section, D: eastern Ogi section, E: Yamanaka section.

理に平行に岩床として貫入している。

山中セクション (E) は、厚さ約9mの泥岩 (第3図の4) で、ミリ単位の葉理が発達した泥岩と無層理の泥岩が繰り返す岩相からなる。ただし下部3mは続成作用の結果硬質泥岩となっており、上部6mが珪藻質泥岩のまま残存している。上部の珪藻質泥岩から採取した3試料からはNPD5C帯に認定できる珪藻化石が産出した (付表第1表, 第4図E)。NPD5C帯の下部の生層準D55.2に初産出がある *Denticulopsis hustedtii* が全く含まれていないので、これら3試料はこの生層準よりも下位に位置づけられる可能性がある。

5. 考察

5.1 珪藻化石層序

第5図に各セクションで珪藻化石が産出した部分の年代範囲を珪藻化石年代層序に基づいて示した。

小木玄武岩部層の最下部から下部の基底部に相当する白木セクション (A) はNPD4Bb帯 (14.1-13.1 Ma) に属する。したがって、小木玄武岩部層最下部はNPD4Bb帯に位置づけられる。大浦 (B)、小木西部 (C) および小木東部 (D) の各セクションの珪藻化石産出区間 (小木玄武岩部層上部を覆う鶴子層主部の泥岩) は、いずれもNPD5B帯 (13.1-11.4 Ma) に属し、その中で5B1, 5B2, 5B3の区間が認められた。とくに、小木西部 (C) セクションでは、認定された2つの生層準D52 (12.4 Ma) とD53 (12.3 Ma) の年代を基にした堆積速度曲線を外挿すると、このセクションでの小木玄武岩部層上部と鶴子層主部の泥岩の境界年代は約12.7 Maと算定され、小木玄武岩部層の噴出相の上限の年代を確定できる。大浦セクションでも、小木玄武岩部層上部の上限の年代が12.7 Maと同程度であっても矛盾はない。

山中セクション (E) はNPD5C帯 (11.4-10.0 Ma) に属し、生層準D55.2 (11.2 Ma) よりも下位の年代区間 (11.4-11.2 Ma) にある可能性がある。

以上の結果から次のことが言える。

- (1) 小木玄武岩部層の噴出相 (最下部から上部) の上限の年代は約12.7 Maと推定できる。
- (2) 陸上に露出している小木玄武岩部層の下限は小木半島の西端にあり、その層準の泥岩はNPD4Bb帯に属するので、14.1 Maよりも新しい。
- (3) したがって、最大限の年代幅をとると、陸上に露出している小木玄武岩部層の噴出相の活動時期は14.1 Maから12.7 Maの年代範囲に入る。

(4) 貫入相である小木玄武岩部層の最上部は、NPD5B帯の区間5B2 (12.4-12.3 Ma) や5B3 (12.3-11.6 Ma) に属する泥岩を貫いており、その貫入時期はこれらの泥岩の年代よりも新しいことを示す。しかし、産状から貫入は泥岩がまだ未固結の時期に起こったと推定され、貫入時期はこれらの泥岩の堆積後まもない時期であると推定される。

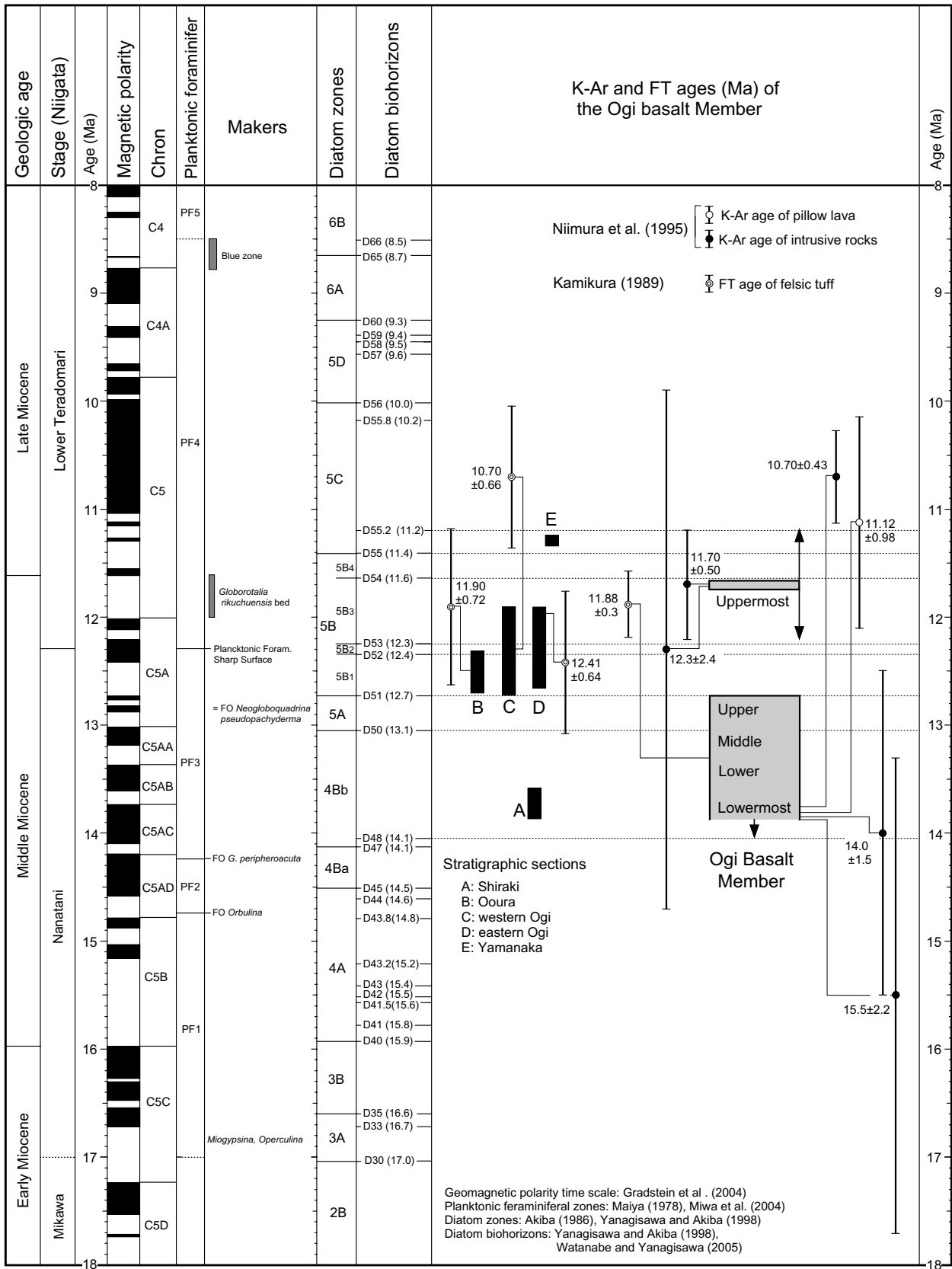
5.2 小木玄武岩部層の年代

次に、本研究の成果と、これまでに報告のある年代データを基にして、小木玄武岩部層の年代を総括する (第5図)。

まず、Tsunakawa et al. (1983) は、小木半島に分布する4つのアルカリ玄武岩岩脈のK-Ar年代を報告した。その年代範囲は 12.0 ± 0.3 ~ 12.3 ± 0.3 Maである。ただし、試料の層準と場所については触れられていないので、今回の珪藻化石年代層序との比較は参考程度に留まる。

神蔵 (1989) は小木玄武岩部層中の酸性凝灰岩および小木玄武岩部層の噴出相を覆う鶴子層の泥岩中の酸性凝灰岩のフィッシュ・トラック (FT) 年代を測定した。小木半島北岸の江積付近では、小木玄武岩部層の下部ないし中部に挟在する凝灰岩から 11.88 ± 0.3 MaのFT年代を報告した。また、堂釜、小木港の城山および小木小学校では、小木玄武岩部層上部を覆う鶴子層の泥岩中の酸性凝灰岩のFT年代として、 11.90 ± 0.72 Ma, 12.41 ± 0.64 Ma, 10.70 ± 0.66 Maの年代を得ている。これらの試料の正確な位置は示されていないが、小木団体研究グループ (1977) の地質図に示された酸性凝灰岩に分布から判断して、堂釜の試料は本報告の大浦セクションの泥岩層と同じ層準と思われる。また、城山の試料は、本報告の小木東部セクションの100-120mの区間ないし140m付近に挟在する酸性凝灰岩のいずれかから採取されたものと推定される。小木小学校の試料についても、本論文における小木西部セクションの試料 OGN-09 ないし10付近の薄い凝灰岩層のいずれかから採取された可能性がある。以上のFT年代から神蔵 (1989) は、小木玄武岩部層の活動時期を約12.4 ~ 11.9 Maであろうと推定している。

第5図に示すように、以上4点のFT年代のうち、2点は珪藻化石年代と誤差の範囲で整合するが、残り2点の年代は珪藻化石年代よりも誤差の範囲を超えて若い。いずれにしても、これらのFT年代は、ゼータ較正法導入以前の測定値であり、現在では参考値に止まるので、これ以上の議論は控える。



第5図 小木玄武岩部層の年代。

Fig. 5. Age of the Ogi Basalt Member, Sado Island.

新村ほか(1995)は、小木玄武岩部層最下部と最上部の試料について、6点のK-Ar年代を報告した(第1図4, 第5図)。まず、小木玄武岩部層最下部では、枕状溶岩(11.20±0.98 Ma)、枕状溶岩を貫く玄武岩岩脈(14.90±1.5 Ma, 10.70±0.43 Ma)、そしてピクライトの岩床(15.5±2.2 Ma)の4つのK-Ar年代を得た。一方、最上部の塊状溶岩では、小木半島北岸で11.70±0.50 Ma、南岸で12.3±2.4 Maの年代値を測定した。新村ほか(1995)は以上の年代値に基づいて、小木玄武岩部層の年代は誤差を考慮して10-13 Maの範囲にあるとし、とくに古い年代を示すピクライトの年代値は、過剰アルゴンを持つカンラン石斑晶の混入が原因で古くなっている可能性を示唆している。しかし、第5図からわかるように、これらのK-Ar年代は誤差自体も大きく、また相互の関係も矛盾する点もあるので、その解釈には慎重な吟味が必要である。

まず、小木玄武岩部層最上部の玄武岩貫入岩のK-Ar年代値のうち、12.3±2.4 Maは誤差が極めて大きく珪藻化石年代との比較を行ってもあまり意味がない。しかし、11.70±0.50 Maは、珪藻化石年代からの制約、すなわち「貫入されている泥岩が堆積(5B3, 12.3-11.4 Ma)した後、まだ固結する以前」とは矛盾せず、誤差の範囲で珪藻化石年代と整合的である。したがって、ここでは小木玄武岩部層最上部とされる塊状溶岩の貫入時期として、11.7 Ma前後の年代を推定しておく。

一方、小木玄武岩部層最下部については、噴出時の年代を示すと考えられる枕状溶岩のK-Ar年代11.20±0.98 Maは、珪藻化石層序から推定される年代(14.1-13.1 Ma)よりも誤差の範囲を超えて新しく、何らかの原因で年代が若返っている可能性が考えられる。残りの岩脈ないし岩床の年代は、噴出時の年代を示すものではなく、誤差の範囲では珪藻化石年代とは矛盾しない。

以上、珪藻化石年代と放射年代を総合すると、小木玄武岩部層の年代は以下にまとめられる。

- (1) 陸上に露出する範囲の小木玄武岩部層の海底火山活動の噴出相(最下部-上部)の年代は、最大幅をとって約14.1 Maから12.7 Maまでと推定される。
- (2) その後約100万年の休止期を挟み、約11.7 Ma頃に再び玄武岩火山活動があり、それらは泥岩に貫入する塊状溶岩(小木玄武岩部層最上部)として残っている。

5.3 新潟標準坑井層序との対比

次に小木玄武岩部層を有孔虫層序に基づく新

潟堆積盆の標準坑井層序と対比した(第6図)。

新潟堆積盆の標準坑井層序では、下位より三川、七谷、下部寺泊、上部寺泊、椎谷、西山および灰爪階が定義されている(第2図)。このうち、小木玄武岩部層に関わる七谷階と下部寺泊階については、その境界は米谷(1978)および三輪ほか(2004)の浮遊性有孔虫帯のPF3帯とPF4帯の境界付近とされ、年代としては12.3 Maが推定されている(工藤ほか, 2012)。上述のように、陸上に露出する範囲の小木玄武岩部層の噴出相(最下部-上部)は、その年代範囲が約14.1 Maから12.7 Maであるので、新潟堆積盆の標準坑井層序の七谷階最上部に対比できる。また、小木玄武岩部層最上部の貫入岩(約11.7 Ma)は下部寺泊階に対比できる。

これまで小木玄武岩部層は七谷階に対比されてきたが(たとえば、小林・立石, 1992; 新潟県地質図改訂委員会, 2000など)。これは小木玄武岩部層を含む鶴子層全体が七谷階とされてきたためである。しかし、第6図に示すように、鶴子層の泥岩層は七谷階に限定されるわけではなく、従来鶴子層とされてきた泥岩層はそのほとんどが下部寺泊階に対応する可能性が高い。したがって、層序区分や新潟堆積盆の標準坑井層序との対比については今後再検討が必要である。

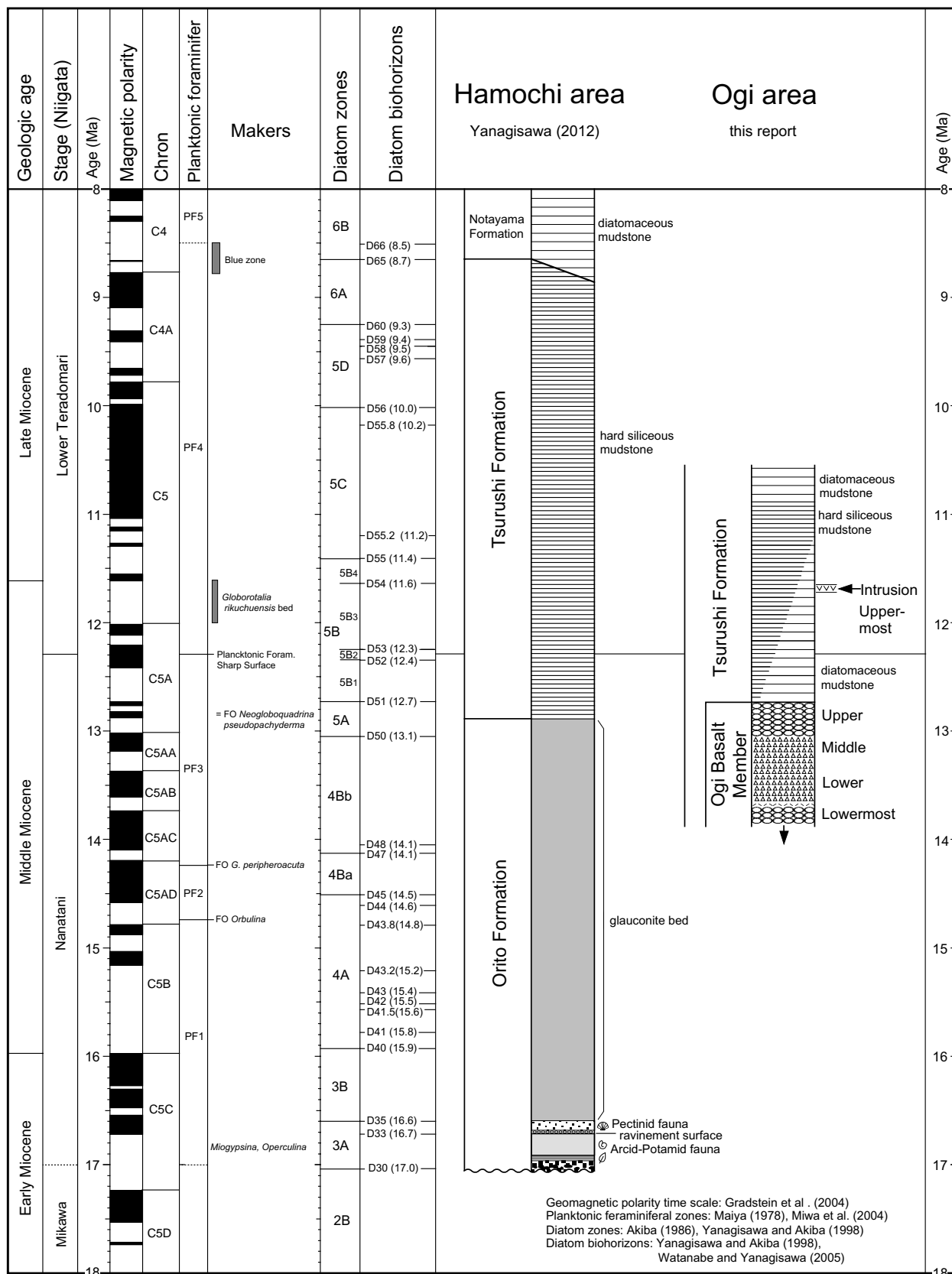
5. まとめ

本研究では佐渡島小佐渡の小木半島に分布する中新統の玄武岩類(鶴子層小木玄武岩部層)の年代を、珪藻化石年代層序から検討し、既報の放射年代と総合して、その年代を明らかにした。小木玄武岩部層最下部からはNPD4Bb帯、海底火山活動の噴出相の上限を覆う泥岩層からはNPD5B帯の珪藻化石が検出された。このことから、現在陸上に露出している小木玄武岩部層の海底火山活動の噴出相(最下部-上部)の年代は、最大幅をとって約14.1 Maから12.7 Maまでと推定される。

また、その後、約11.7 Ma頃に再び玄武岩火山活動があり、その一部は鶴子層の泥岩中に貫入岩(小木玄武岩部層最上部)として現在残存している。

小木玄武岩部層の噴出相(最下部-上部)は、新潟堆積盆の標準坑井層序の七谷階最上部に、また、小木玄武岩部層最上部の貫入岩は下部寺泊階に対比できる。

謝辞: (有)珪藻ミニラボの秋葉文雄氏には、原稿を読んでいただき有益なコメントをいただいた。石油資源開発株式会社の稲葉 充氏には、小木玄



第6図 羽茂地域と小木地域の中新統の年代層序.

Fig. 6. Chronostratigraphy of the Miocene sequences in the Hamochi and Ogi areas, Sado Island.

武岩層の層序と年代に関して貴重なご意見をいただいた。地質標本館の渡辺真人博士には、一部の珪藻試料の採取時に同行していただいた。ここに記して謝意を表す。本研究の一部に科学研究費補助金基盤研究(C) 課題番号 22540482 (研究代表者 柳沢幸夫) を使用した。

文 献

- 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 middle-to-high latitudes of the North Pacific. In Kagami, H., Karig, D. E., Coulbourn, W. T., et al., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, U. S. Govt. Printing Office, Washington D. C., **87**, 393-480.
- 秋葉文雄・柳沢幸夫・石井武政 (1982) 宮城県松島周辺に分布する新第三系の珪藻化石層序. 地質調査所月報, **33**, 215-239.
- 藤林紀枝・浅倉健輔・服部剛志 (2005) 海底溶岩噴泉堆積物の逆級化- マシブー正級化構造シークエンス: 小木玄武岩層沢崎火砕岩の例. 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集.
- Gradstein, F., Ogg, J. and Smith, A. (2004) *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 589p.
- 神蔵勝明 (1989) 小佐渡地域南部新第三系のフィッシュン・トラック年代. 小林巖雄・立石雅昭編, 「古日本海」—日本海沿岸後期新生代層の層序と古環境の変遷— (日本海沿岸総研・研究報告), no. 2, 38-41.
- 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, 53-70.
- 茅原一也 (1958) 佐渡島・小木半島の地質と最近の地史. 新潟県文化財年報, 新潟県教育委員会, no. 2 (南佐渡—南佐渡学術調査報告書—), 71-107.
- 米谷盛寿郎 (1978) 東北日本油田地域における上部新生界の浮遊性有孔虫層序. 日本の新生代地質, 池辺展生教授記念論文集, 35-60.
- 三輪美智子・柳沢幸夫・山田 桂・入月俊明・庄司真弓・田中裕一郎 (2004a) 新潟県北蒲原郡胎内川における鮮新統鯀江層の浮遊性有孔虫化石層序—No. 3 *Globorotalia inflata* bed 下限の年代について—. 石油技誌, **69**, 272-283.
- 新潟県地質図改訂委員会 (2000) 20 万分の 1 新潟県地質図 (2000 年版) および同説明書. 新潟県, 200p.
- 小木団体研究グループ (1977) 新潟県佐渡, 小木半島の玄武岩—とくに, その産状について—. 佐渡博物館研究報告, no. 7, 3-19.
- 小木団体研究グループ (1986) 小佐渡山塊南部の新生界. 地球科学, **40**, 417-436.
- 新村太郎・小林洋二・荒川洋二・板谷徹丸 (1995) 佐渡島小木半島の新第三紀玄武岩の K-Ar 年代. 岩鉱, **90**, 403-409.
- 島津光夫・金井克明・市橋紘一・佐々木正 (1977) 小佐渡の新第三系. 日本油田・ガス田図 11, 佐渡島地質図説明書, 地質調査所, 43-67.
- 寺崎紘一 (2011) 新潟県佐渡島の小木半島に見られる枕状溶岩の内部構造. 地球科学, **65**, 93-96.
- Tsunakawa, H., Takeuchi, A. and Amano, K. (1983) K-Ar ages of dikes in Northeast Japan. *Geochem. Jour.*, **17**, 269-275.
- Watanabe, M. and Yanagisawa, Y. (2005) Refined Early Miocene to Middle Miocene diatom biochronology for the middle- to high-latitude North Pacific. *Island Arc*, **14**, 91-101.
- 山川 稔・茅原一也 (1968) 佐渡島小木玄武岩の岩石学的研究 (その 1, 岩石化学的性質). 新潟大学地鉱教室研究報告, no. 2, 41-80.
- 柳沢幸夫 (2012) 佐渡島羽茂地域の後期中新世海生珪藻化石. 地質調査総合センター研究資料集, no. 568, 1-19.
- Yanagisawa, Y. and Akiba, F. (1998) Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **104**, 395-414.

付表第1表 白木セクション (A) および山中セクション (E) から産出した珪藻化石.
Appendix table 1 Occurrence chart of diatoms in the Shiraki (A) and Yamanaka (E) sections.

| Sections | Shiraki | | Yamanaka | | |
|--------------------------------------------------------------------|---------|--------|----------|--------|--------|
| | 4Bb | 4Bb | 5C | 5C | 5C |
| Diatom zones (NPD) | SH-01 | SH-02 | YN-01 | YN-02 | YN-03 |
| Sample number | SH-01 | SH-02 | YN-01 | YN-02 | YN-03 |
| Original sample number (Sado-) | 584 | 585 | 586 | 587 | 588 |
| Resistration number (GSJ R-) | 103956 | 103957 | 103958 | 103959 | 103960 |
| Preservation | P | P | G | G | G |
| Abundance | C | R | A | A | A |
| <i>Actinocyclus ellipticus</i> Grunow | 2 | - | - | - | 1 |
| <i>A. ingens</i> f. <i>ingens</i> (Rattray) Whiting et Schrader | 12 | 35 | 5 | 3 | 2 |
| <i>A. ingens</i> f. <i>nodus</i> (Baldauf) Whiting et Schrader | 4 | 6 | - | - | - |
| <i>A. octonarius</i> Ehr. | - | 1 | - | - | - |
| <i>Actinoptychus senarius</i> (Ehr.) Ehr. | 2 | 6 | 11 | 6 | 2 |
| <i>Aulacoseira</i> spp. | 1 | - | - | - | - |
| <i>Azpeitia endoi</i> (Kanaya) P.A.Sims et G.A.Fryxell | - | 3 | 11 | 9 | 4 |
| <i>A. nodulifera</i> (A.W.F.Schmidt) G.A.Fryxell et P.A.Sims | - | - | - | 5 | - |
| <i>A. vetustissima</i> (Pant.) P.A.Sims | - | - | - | - | 4 |
| <i>Cavitatus jouseanus</i> (Sheshukova) D.M.Williams | - | 1 | + | - | - |
| <i>C. miocenicus</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa | + | 1 | 1 | 2 | - |
| <i>Coscinodiscus lewisianus</i> Grev. | 1 | 2 | - | - | - |
| <i>C. marginatus</i> Ehr. | - | - | - | 1 | - |
| <i>Crucidentacula nicobarica</i> (Grunow) Akiba et Yanagisawa | 2 | - | - | - | - |
| <i>C. punctata</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa | 3 | - | - | - | - |
| <i>Denticulopsis hyalina</i> (Schrader) Simonsen | 39 | 18 | - | - | - |
| <i>D. ichikawae</i> Yanagisawa et Akiba | 1 | - | - | - | - |
| <i>D. simonsenii</i> Yanagisawa et Akiba | + | + | 3 | 2 | 1 |
| <i>D. vulgaris</i> (Okuno) Yanagisawa et Akiba | - | - | 9 | 3 | 6 |
| Girdle view of <i>D. hyalina</i> group | 4 | 6 | - | - | - |
| S-type girdle view of <i>D. simonsenii</i> group | - | - | 3 | + | - |
| <i>Diploneis smithii</i> (Bréb.) Cleve | - | - | - | 1 | - |
| <i>Eucampia</i> sp. A (= <i>Hemiaulus polymorphus</i> Grunow) | 1 | - | + | - | - |
| <i>Grammatophora</i> spp. | - | + | - | - | - |
| <i>Mediaria splendida</i> Sheshukova | - | - | - | + | - |
| <i>M. splendida</i> f. <i>tenera</i> Schrader | - | - | 1 | - | - |
| <i>Melosira scopos</i> A.Mann | 1 | - | - | - | - |
| <i>Nitzschia heteropolica</i> Schrader | - | - | 2 | - | 1 |
| <i>N. praereinholdii</i> Schrader | - | - | 1 | + | - |
| <i>Paralia sulcata</i> (Ehr.) Cleve | 16 | 1 | 1 | - | - |
| <i>Proboscia barboi</i> (Brun) Jordan et Priddle | - | - | 1 | 1 | - |
| <i>Rhizosolenia</i> cf. <i>hebetata</i> f. <i>hiemalis</i> Gran | - | - | 3 | - | - |
| <i>R. miocenica</i> Schrader | - | 2 | - | - | - |
| <i>R. styliformis</i> Brightw. | - | - | 1 | - | 1 |
| <i>Rouxia californica</i> Perag. | - | - | 2 | - | - |
| <i>Stellarima microtrias</i> (Ehr.) Hasle et P.A.Sims | - | - | - | 1 | - |
| <i>Stephanopyxis schenckii</i> Kanaya | 2 | - | - | - | - |
| <i>S.</i> spp. | + | 3 | - | - | - |
| <i>Thalassionema hirosakiensis</i> (Kanaya) Schrader | - | - | 11 | 21 | 50 |
| <i>T. nitzschioides</i> (Grunow) H. Perag. et Perag. (isopolar) | 9 | 15 | 33 | 45 | 16 |
| <i>T. nitzschioides</i> (Grunow) H. Perag. et Perag. (heteropolar) | - | - | - | - | 12 |
| <i>Thalassiosira grunowii</i> Akiba et Yanagisawa | - | - | 1 | - | - |
| Total number of valves counted | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Resting spore of <i>Chaetoceros</i> | 37 | 22 | 60 | 75 | 19 |

付表第2表 大浦セクション (B) から産出した珪藻化石.

Appendic table 2 Occurrence chart of diatoms in the Oura section (B).

| Diatom zones | ? | NPD5B | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 5B1 | | | | | | 5B2 |
| Sample number (OUR-) | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 |
| Original sample number (Sado-) | 530 | 529 | 528 | 527 | 526 | 525 | 524 | 523 |
| Resistration number (GSJ R-) | 103917 | 103916 | 103915 | 103914 | 103913 | 103912 | 103911 | 103910 |
| Preservation | P | M | M | G | P | M | G | G |
| Abundance | R | R | R | C | R | C | C | C |
| <i>Actinocyclus ellipticus</i> Grunow | 2 | - | - | - | - | - | + | 1 |
| <i>A. ingens</i> f. <i>ingens</i> (Rattray) Whiting et Schrader | 17 | 24 | 12 | 14 | 38 | 22 | 5 | 15 |
| <i>A. ingens</i> f. <i>planus</i> Whiting et Schrader | - | - | - | 1 | 10 | - | - | 4 |
| <i>A. octonarius</i> Ehrenberg | - | 1 | 1 | - | 1 | - | - | 3 |
| <i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg | 4 | 11 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 |
| <i>Aulacoseira</i> spp. | 2 | - | - | - | 1 | - | - | + |
| <i>Azpeitia endoi</i> (Kanaya) Sims et Fryxell | 1 | 1 | 3 | + | 3 | 1 | 1 | 2 |
| <i>A. vetustissima</i> (Pantocsek) Sims | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Cavitatus jouseanus</i> (Sheshukova) Williams | + | - | + | 1 | - | + | - | + |
| <i>C. miocenicus</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa | 2 | - | + | + | + | 1 | - | + |
| <i>Cocconeis californica</i> Grunow | - | - | - | - | 1 | - | - | - |
| <i>C. vitrea</i> Brun | - | - | + | - | - | - | - | - |
| <i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenberg | 9 | 10 | 3 | 2 | 18 | 4 | 3 | 3 |
| <i>C. spp.</i> | 7 | 5 | 1 | - | - | - | - | - |
| <i>Cladogramma dubium</i> Lohman | - | - | 1 | - | - | - | - | - |
| <i>Crucidentricula nicobarica</i> (Grunow) Akiba et Yanagisawa | - | 1 | + | 4 | + | 4 | 9 | - |
| <i>C. punctata</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa | - | - | + | + | - | + | - | + |
| <i>Delphineis surirella</i> (Ehrenberg) Andrews | - | - | - | - | - | - | + | + |
| <i>Denticulopsis</i> cf. <i>crassa</i> Yanagisawa et Akiba | - | - | + | + | - | - | + | + |
| <i>D. lauta</i> (Bailey) Simonsen | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>D. praedimorpha</i> var. <i>minor</i> Yanagisawa et Akiba* | - | + | - | 1 | + | + | 1 | + |
| (Closed copula) | - | + | - | + | - | + | 1 | + |
| <i>D. simonsenii</i> Yanagisawa et Akiba | + | 3 | 17 | 2 | 1 | 8 | 11 | 11 |
| S-type girdle view of <i>D. simonsenii</i> group | - | - | 2 | + | - | 3 | 2 | 2 |
| <i>Eucampia</i> sp. A (= <i>Hemiaulus polymorphus</i> Grunow) | 1 | - | 2 | + | - | + | - | - |
| <i>Goniothecium rogersii</i> Ehrenberg | + | - | + | - | 1 | - | 1 | - |
| <i>Grammatophora</i> spp. | + | + | + | + | - | - | - | - |
| <i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshukova | 5 | 4 | + | 1 | + | + | 1 | + |
| <i>Ikebea tenuis</i> (Brun) Akiba | 1 | - | 2 | + | - | + | 3 | + |
| <i>Koizumia adaroi</i> (Azpeitia) Yanagisawa | - | - | - | + | - | - | - | - |
| <i>Mediaria splendida</i> Sheshukova | + | - | - | - | - | + | + | - |
| <i>M. splendida</i> f. <i>tenera</i> Schrader | - | - | - | - | - | + | - | + |
| <i>Melosira sol</i> (Ehrenberg) Kützing | 2 | - | - | + | - | - | - | - |
| <i>Nitzschia challengerii</i> Schrader | - | + | 1 | + | - | - | - | - |
| <i>N. grunowii</i> Hasle | - | + | + | + | - | - | - | - |
| <i>N. heteropolica</i> Schrader | - | + | 1 | + | - | + | + | + |
| <i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve | 13 | 3 | 4 | 4 | 9 | 16 | 4 | 3 |
| <i>Plagiogramma staurophorum</i> (Gregory) Heiberg | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Planifolia tribranchiata</i> Ernissee | 1 | - | - | - | + | + | - | - |
| <i>Proboscia barboi</i> (Brun) Jordan et Priddle | - | - | - | - | 1 | - | - | 3 |
| <i>Rhizosolenia miocenica</i> Schrader | - | - | 2 | - | - | - | - | - |
| <i>R. styliformis</i> Brightwell | + | - | + | + | - | + | + | + |
| <i>Stellarima microtrias</i> (Ehrenberg) Hasle et Sims | - | - | 1 | 2 | + | + | - | - |
| <i>Stephanogonia hanzawae</i> Kanaya | - | 3 | - | + | + | + | + | 1 |
| <i>Stephanopyxis</i> spp. | 3 | 6 | 2 | 3 | - | 4 | + | 1 |
| <i>Stictodiscus kittonianus</i> Greville | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) H. et M. Peragallo (isopolar) | 28 | 28 | 41 | 61 | 14 | 34 | 53 | 45 |
| <i>T. nitzschioides</i> (Grunow) H. et M. Peragallo (heteropolar) | - | + | + | + | + | + | - | + |
| <i>Thalassiosira grunowii</i> Akiba et Yanagisawa | - | - | 1 | - | - | - | + | 1 |
| <i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow | - | - | - | - | - | - | - | + |
| <i>Triceratium condecorum</i> Brightwell | - | - | - | - | - | - | 1 | + |
| Total number of valves counted | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Resting spore of <i>Chaetoceros</i> | 74 | 100 | 94 | 71 | 89 | 35 | 59 | 35 |

*including *D. praedimorpha* var. *prima* Watanabe et Yanagisawa

付表第3表 小木西部セクション(C)から産出した珪藻化石.

Appendix table 3 Occurrence chart of diatoms in western Ogi section (C).

| Diatom zones | <i>Denticulopsis praedimorpha</i> Zone (NPD5B) | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 5B1 | | | | 5B2 | | | 5B3 | | | | | | |
| Sample number (OGW-) | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Original sample number (Sado-) | 476 | 477 | 478 | 479 | 480 | 481 | 482 | 483 | 474 | 475 | 464 | 459 | 461 | 460 |
| Resistration number (GSJ R-) | 103867 | 103868 | 103869 | 103870 | 103871 | 103872 | 103873 | 103874 | 103865 | 103866 | 103856 | 103853 | 103855 | 103854 |
| Preservation | M | P | G | G | P | M | P | P | M | G | M | M | P | M |
| Abundance | C | R | A | A | R | R | R | C | R | A | C | R | R | C |
| <i>Actinocyclus ellipticus</i> Grunow | 2 | - | - | - | - | - | - | - | + | - | 2 | - | - | 1 |
| <i>A. ingens</i> f. <i>ingens</i> (Rattray) Whiting et Schrader | 19 | 27 | 3 | 1 | 56 | 20 | 23 | 49 | 17 | 8 | 7 | 16 | 8 | 2 |
| <i>A. octonarius</i> Ehrenberg | + | + | 1 | 1 | + | - | - | + | 2 | - | - | - | - | - |
| <i>A. sp. A</i> | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | 4 |
| <i>Actinopterychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg | 6 | 7 | + | 3 | 2 | 4 | 9 | + | 1 | - | 1 | 3 | 2 | 2 |
| <i>Aulacoseira</i> spp. | - | - | - | - | + | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| <i>Azpeitia endoi</i> (Kanaya) Sims et Fryxell | - | - | - | + | - | - | 2 | + | - | 1 | - | - | - | - |
| <i>A. vetustissima</i> (Pantocsek) Sims | - | - | + | - | + | - | 3 | - | - | - | - | - | 3 | 4 |
| <i>Cavitatus jouseanus</i> (Sheshukova) Williams | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - |
| <i>C. miocenicus</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa | 1 | - | + | 1 | - | + | + | + | 4 | - | 1 | 1 | + | + |
| <i>Cocconeis costata</i> Gregory | + | + | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>C. vitrea</i> Brun | + | - | - | - | - | - | 2 | + | - | - | - | - | - | - |
| <i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenberg | 4 | 11 | + | - | 16 | 18 | 12 | 14 | 3 | 2 | - | - | - | - |
| <i>Crucidentacula nicobarica</i> (Grunow) Akiba et Yanagisawa | 6 | 3 | + | + | - | 6 | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>C. punctata</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa | - | + | + | - | - | 1 | - | - | 4 | + | - | 3 | 1 | - |
| <i>Delphineis surirella</i> (Ehrenberg) Andrews | - | - | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Denticulopsis crassa</i> Yanagisawa et Akiba (closed copula) | 2 | + | - | + | - | 3 | - | + | + | + | 1 | - | - | - |
| <i>D. praedimorpha</i> var. <i>minor</i> Yanagisawa et Akiba (Closed copula) | + | 2 | + | 1 | - | + | 2 | + | 2 | 5 | - | 2 | 2 | 2 |
| <i>D. praedimorpha</i> var. <i>praedimorpha</i> Barron ex Akiba (Closed copula) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | 1 | 5 |
| <i>D. simonsenii</i> Yanagisawa et Akiba | 13 | 9 | 11 | 8 | + | 12 | 3 | + | 3 | 30 | 3 | 2 | 8 | 2 |
| <i>D. vulgaris</i> (Okuno) Yanagisawa et Akiba | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| S-type girdle view of <i>D. simonsenii</i> group | 3 | 3 | - | 3 | + | 2 | 4 | + | 1 | 8 | 1 | - | 1 | + |
| D-type girdle view of <i>D. simonsenii</i> group | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Diploneis</i> spp. | - | - | - | - | - | + | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Eucampia</i> sp. A (= <i>Hemiaulus polymorphus</i> Grunow) | - | - | + | + | - | - | - | - | 1 | - | 2 | 1 | - | - |
| <i>Goniothecium rogersii</i> Ehrenberg | + | - | - | - | - | - | + | 1 | - | + | - | 1 | 1 | 1 |
| <i>Grammatophora</i> spp. | 1 | - | - | - | - | + | - | 1 | - | - | - | + | - | - |
| <i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshukova | 2 | + | + | - | 3 | - | - | 1 | - | - | - | - | 1 | - |
| <i>Ikebea tenuis</i> (Brun) Akiba | - | 1 | - | + | + | + | - | - | - | - | - | - | + | 2 |
| <i>Koizumia adaroi</i> (Azpeitia) Yanagisawa | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Mastogloia splendida</i> (Greville) Cleve | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Mediaria splendida</i> Sheshukova | + | - | - | + | - | - | - | - | + | + | - | - | - | - |
| <i>M. splendida</i> f. <i>tenera</i> Schrader | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| <i>Melosira sol</i> (Ehrenberg) Kützing | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | 1 | - |
| <i>Nitzschia challengeri</i> Schrader | + | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>N. grunowii</i> Hasle | + | - | - | + | - | 1 | - | - | - | + | - | - | - | - |
| <i>N. heteropolica</i> Schrader | + | + | + | - | - | + | - | - | 1 | + | + | - | 1 | + |
| <i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve | 10 | 14 | 3 | - | 10 | 10 | 11 | 12 | 19 | 2 | 4 | 1 | 7 | 1 |
| <i>Plagiogramma staurophorum</i> (Gregory) Heiberg | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Planifolia tribranchiata</i> Ernissee | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - |
| <i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundstöm | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | 1 | 4 | 3 |
| <i>P. barboi</i> (Brun) Jordan et Priddle | - | - | - | 1 | + | - | - | 2 | 1 | - | 1 | 1 | - | - |
| <i>Pseudodimerogramma elegans</i> Schrader | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + |
| <i>P. elliptica</i> Schrader | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - |
| <i>Rhizosolenia miocenica</i> Schrader | + | - | + | + | - | - | - | - | - | - | 1 | 3 | 3 | 1 |
| <i>R. styliformis</i> Brightw. | + | 1 | - | - | 2 | 3 | - | 2 | 1 | - | - | 3 | 1 | 1 |
| <i>Rouxia californica</i> Perag. | - | - | + | + | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| <i>Stellarima microtrias</i> (Ehr.) Hasle et Sims | 1 | + | + | + | - | - | - | - | - | 1 | - | - | 1 | - |
| <i>Stephanogonia hanzawae</i> Kanaya | - | - | - | + | - | - | - | 2 | - | - | 1 | - | - | - |
| <i>Stephanopyxis</i> spp. | 8 | 12 | 1 | + | 3 | 8 | 6 | 1 | 2 | 1 | + | - | 1 | - |
| <i>Thalassionema hirosakiensis</i> (Kanaya) Schrader | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | 3 | + | 1 | 1 |
| <i>T. nitzschiioides</i> (Grunow) H. et M. Peragallo (isopolar) | 19 | 7 | 78 | 78 | 8 | 12 | 19 | 14 | 35 | 42 | 67 | 57 | 53 | 70 |
| <i>T. nitzschiioides</i> (Grunow) H. et M. Peragallo (heteropolar) | - | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Thalassiosira grunowii</i> Akiba et Yanagisawa | + | - | 1 | - | - | - | - | - | + | - | 1 | 1 | 1 | 2 |
| <i>T. leptopus</i> (Grunow) Hasle et Fryxell | + | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - |
| <i>T. transitoria</i> Tanimura | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>T. cf. temperei</i> (Brun) Akiba et Yanagisawa | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | 1 | 1 |
| <i>T. yabei</i> (Kanaya) Akiba et Yanagisawa | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>T. spp.</i> | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Triceratium condecorum</i> Brightwell | + | - | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Total number of valves counted | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Resting spore of <i>Chaetoceros</i> | 54 | 46 | 26 | 18 | 70 | 55 | 83 | 36 | 43 | 13 | 80 | 70 | 46 | 58 |

付表第4表 小木東部セクション (D) から産出した珪藻化石.

Appendix table 4 Occurrence chart of diatoms in eastern Ogi section (D).

| Diatom zones | Denticulopsis praedimorpha Zone (NPD5B) | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 5B1 | | | | | 5B3 | | | | | | | |
| Sample number (OGE-) | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Original sample number (Sado-) | 488 | 487 | 486 | 485 | 484 | 473 | 472 | 471 | 470 | 468 | 469 | 466 | 467 |
| Resistration number (GSJ R-) | 103879 | 103878 | 103877 | 103876 | 103875 | 103864 | 103863 | 103862 | 103861 | 103859 | 103860 | 103857 | 103858 |
| Preservation | G | G | G | G | M | P | P | M | P | M | M | M | M |
| Abundance | C | A | A | A | A | R | R | C | R | R | R | C | A |
| <i>Actinocyclus ellipticus</i> Grunow | 2 | - | - | 2 | - | + | 2 | - | - | - | + | - | - |
| <i>A. ingens</i> f. <i>ingens</i> (Rattray) Whiting et Schrader | 11 | 10 | 10 | 18 | 8 | + | 5 | 6 | 5 | 10 | 7 | 15 | 8 |
| <i>A. octonarius</i> Ehrenberg | 7 | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 3 | - | - | 1 | 6 |
| <i>A. sp.</i> A | - | 1 | - | 4 | + | 1 | 3 | - | - | - | 1 | - | + |
| <i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg | 5 | 4 | 3 | 7 | 5 | 1 | 4 | - | - | 5 | 2 | 2 | 2 |
| <i>Aulacoseira</i> spp. | - | 3 | - | - | - | 5 | 8 | - | + | - | - | - | - |
| <i>Azpeitia endoi</i> (Kanaya) Sims et Fryxell | - | + | - | 1 | - | - | - | + | - | - | + | 2 | - |
| <i>A. vetustissima</i> (Pantocsek) Sims | - | - | - | - | - | 1 | 1 | + | - | 1 | + | 1 | 5 |
| <i>Cavitatus jouseanus</i> (Sheshukova) Williams | + | + | + | + | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - |
| <i>C. miocenicus</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa | + | - | - | - | + | 1 | - | + | - | 4 | 2 | - | + |
| <i>Cocconeis californica</i> Grunow | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>C. vitrea</i> Brun | - | - | - | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenberg | 3 | 2 | + | 4 | 2 | - | 2 | + | - | - | - | 1 | - |
| <i>Crucidentula nicobarica</i> (Grunow) Akiba et Yanagisawa | + | + | 3 | + | 7 | - | - | - | - | - | 1 | + | - |
| <i>C. punctata</i> (Schrader) Akiba et Yanagisawa | - | - | - | - | - | - | - | + | - | 1 | - | 1 | + |
| <i>Delphineis biseriata</i> Andrews | - | - | - | - | - | + | + | + | - | - | - | - | - |
| <i>Delphineis surirella</i> (Ehrenberg) Andrews | - | - | + | + | + | - | - | - | - | - | 1 | - | - |
| <i>Denticulopsis crassa</i> Yanagisawa et Akiba (closed copula) | + | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | + | - |
| <i>Denticulopsis hyalina</i> (Schrader) Simonsen | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - |
| <i>D. praedimorpha</i> var. <i>minor</i> Yanagisawa et Akiba (Closed copula) | + | 3 | + | + | + | 1 | + | + | 1 | + | + | 2 | 6 |
| <i>D. praedimorpha</i> var. <i>praedimorpha</i> Barron ex Akiba (Closed copula) | + | 1 | + | + | + | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | 1 | 5 |
| <i>D. simonsenii</i> Yanagisawa et Akiba | - | - | - | - | - | 2 | + | + | 10 | + | 1 | + | 3 |
| <i>D. vulgaris</i> (Okuno) Yanagisawa et Akiba | - | - | - | - | - | - | 1 | + | 5 | + | + | 2 | 2 |
| S-type girdle view of <i>D. simonsenii</i> group | 2 | 27 | 41 | 12 | 14 | 6 | 5 | 2 | 4 | 6 | 1 | 3 | 4 |
| <i>Diploneis</i> spp. | - | - | + | - | - | 3 | 4 | 7 | 3 | - | 1 | - | + |
| <i>Eucampia</i> sp. A (= <i>Hemiaulus polymorphus</i> Grunow) | 1 | 13 | 13 | 8 | 3 | 6 | 3 | 4 | 7 | 2 | 2 | + | 2 |
| <i>Goniothecium rogersii</i> Ehrenberg | - | 1 | - | - | + | - | 1 | - | - | - | 1 | - | - |
| <i>Grammatophora</i> spp. | + | 1 | - | + | - | + | - | 2 | 2 | 1 | - | + | - |
| <i>Hyalodiscus obsoletus</i> Sheshukova | - | - | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | + | - |
| <i>Ikebea tenuis</i> (Brun) Akiba | 1 | + | + | 3 | - | 1 | 1 | 1 | 2 | - | 2 | + | - |
| <i>Mediaria splendida</i> Sheshukova | 2 | 2 | + | + | - | - | 2 | - | - | - | - | 2 | 1 |
| <i>Nitzschia challengerii</i> Schrader | 1 | + | + | + | 1 | - | - | - | - | + | - | + | - |
| <i>N. grunowii</i> Hasle | - | + | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>N. heteropolica</i> Schrader | + | + | + | - | - | 1 | + | + | + | 1 | + | + | + |
| <i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh | - | - | - | - | 1 | 1 | - | - | - | - | + | - | - |
| <i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve | 6 | 1 | 1 | 2 | 7 | 2 | 8 | - | 13 | 17 | 6 | + | 8 |
| <i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundstöm | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | 1 | 1 | - |
| <i>P. barboi</i> (Brun) Jordan et Priddle | - | - | 1 | 1 | 1 | 1 | - | + | - | + | - | 2 | - |
| <i>P. praebarboi</i> Schrader | + | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Pseudodimerogramma elegans</i> Schrader | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>P. elliptica</i> Schrader | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - |
| <i>Rhizosolenia miocenica</i> Schrader | + | - | - | - | - | - | - | 2 | 1 | 1 | - | + | - |
| <i>R. styliformis</i> Brightwell | 1 | 5 | 2 | 1 | - | - | - | - | - | 2 | 4 | 1 | 1 |
| <i>Rouxia californica</i> Peragallo | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Stellarima microtrias</i> (Ehrenberg) Hasle et Sims | + | 1 | 2 | + | 1 | + | 1 | 2 | - | + | 1 | 2 | 1 |
| <i>Stephanogonia hanzawae</i> Kanaya | + | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 |
| <i>Stephanopyxis</i> spp. | 3 | 1 | 2 | + | - | - | 4 | - | 4 | - | 3 | + | 2 |
| <i>Stictodiscus kittonianus</i> Greville | - | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Thalassionema hirosakiensis</i> (Kanaya) Schrader | - | - | - | - | - | + | + | + | - | - | + | 1 | 2 |
| <i>T. nitzschioides</i> (Grunow) H. et M. Peragallo (isopolar) | 55 | 24 | 21 | 32 | 49 | 62 | 43 | 71 | 33 | 49 | 63 | 58 | 46 |
| <i>T. nitzschioides</i> (Grunow) H. et M. Peragallo (heteropolar) | - | + | - | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Thalassiosira grunowii</i> Akiba et Yanagisawa | - | + | - | - | - | 5 | 2 | + | 5 | + | 1 | 1 | 1 |
| <i>T. leptopus</i> (Grunow) Hasle et Fryxell | - | - | - | - | - | + | - | - | - | + | - | - | - |
| <i>T. praenidulus</i> Akiba | - | - | - | + | - | + | - | - | 2 | + | - | - | - |
| <i>T. transitoria</i> Tanimura | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | + | - | - |
| <i>T. yabei</i> (Kanaya) Akiba et Yanagisawa | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - | 1 |
| <i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve et Grunow | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| <i>Triceratium condecorum</i> Brightwell | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - |
| Total number of valves counted | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 103 | 100 | 100 |
| Resting spore of <i>Chaetoceros</i> | 55 | 54 | 41 | 43 | 63 | 43 | 87 | 21 | 112 | 16 | 40 | 34 | 38 |

図 版

Plate 1 Diatom fossils from Ogi Peninsula, Sado Island

Scale bar A for Figs. 1-25 and scale bar B for Figs. 26-41.

- 1** *Crucidentricula punctata* (Schrader) Akiba et Yanagisawa [SH-01]
- 2-5** *Crucidentricula nicobarica* (Grunow) Akiba et Yanagisawa [2: OUR-07; 3, 4: OGE-05; 5: OUR-07]
- 6, 7** *Denticulopsis simonsenii* Yanagisawa et Akiba [6: OUR-06; 7: OGE-10]
- 8, 9** *Denticulopsis vulgaris* (Okuno) Yanagisawa et Akiba [OGE-08]
- 10, 11** *Denticulopsis crassa* Yanagisawa et Akiba [10: valve; 11: closed copula; OGW-01]
- 12, 13** *Denticulopsis hyalina* (Schrader) Simonsen [12: SH-01; 13: SH-02]
- 14-22** *Denticulopsis praedimorpha* var. *minor* Yanagisawa et Akiba
[14, 15, 22: valve; 16: frustule; 17: valve with copulae; 18-21: closed copula;
14: OGW-03; 15: OUR-04; 16-19: OGW-10; 20: OGE-02; 21: OGE-13]
- 23, 24** *Denticulopsis praedimorpha* var. *praedimorpha* Barron ex Akiba [23: closed copula; 24: valve; OGE-13]
- 25** *Aulacoseira* cf. *hachiyaensis* Tanaka [SH-01]
- 26** *Thalassionema hirosakiensis* (Kanaya) Schrader [OGE-13]
- 27-37** *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) H. et M. Peragallo (heteropolar form)
[27, 29-33, 35-37: OUR-04; 28: OUR-05; 34: OUR-07]
- 38-41** *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) H. et M. Peragallo (isopolar form) [OUR-04]

Plate 1

