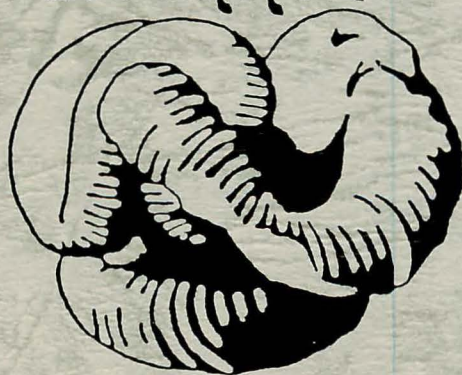


ISSN 0022-9202

化石 67

平成12年 3 月

Palaeontological
Society of Japan



日本古生物学会

「化石」編集委員会(1999-2000年度)

委員長：池谷仙之，幹事：塚越 哲

編集委員：天野和孝，金沢謙一，北村晃寿，小竹信宏，西 弘嗣，真鍋 真

66号より「化石」の編集委員が交代しました。新編集委員会は、これまでの編集方針を踏襲しながらも、「化石」をより新しい性格の会誌として発展させてゆく所存です。特に古生物学の情報を広く読者に提供するため、新しい研究分野や手法に関する解説や特定分野の総説などの記事を多く盛り込みたいと考えております。皆様からの原稿をお待ちしております。

「化石」の編集方針

簡潔にまとめた次のような内容の原稿を歓迎します。投稿規定は従来のものを遵守しますので、奮ってご投稿下さい。

1. 論 説：広い意味での古生物学に関するオリジナルな論文（内容が同著者の既出版または投稿中の欧文論文と著しく重複するものや、通常欧文で書くことになっている分類学的記載などの内容の論文は除く）。刷り上がり4ページ以内のものは短報とする。
2. 総 説：
 - 1) 広い意味での古生物学に関連するテーマ（学史・テクニクを含む）について論評し、そのテーマについて広く知見と展望を提供するもの（編集部が研究者に執筆を依頼することもある）
 - 2) 日本古生物学会が主催・共催したシンポジウムなどの要約（コンビーナーなどが全体をまとめたもの）
3. 討 論：古生物学上の問題について質疑・応答をまとめた記事（編集部がとりつぐことがある）
4. 書 評：広い意味での古生物学に関する重要な著書や論文の紹介・論評
5. ニュースなど：
 - 1) 古生物の研究者・同好者に広く知らせる意義がある情報
 - 2) 世界の古生物学界の動向（国際会議を含む）に関する情報
 - 3) 古生物学上の重要な新知見や有用なテクニクに関する情報
 - 4) 内外の研究機関・学術団体・ワーキンググループの活動の紹介
 - 5) 祝賀文・紀行文・追悼文
 - 6) 各地の化石同好会などの活動に関する記事
 - 7) 会員・友の会会員による連絡・案内・希望・意見（化石茶論）
 - 8) その他、速報する意義のある記事
6. 学会記事：
 - 1) 日本古生物学会の年会・例会など運営・活動に関する記事
 - 2) 同学会の規則など
 - 3) 同学会からの会員への連絡・案内
 - 4) 会員名簿

投稿・問い合わせは下記をお願いします。

〒422-8529 静岡市大谷836 静岡大学理学部地球科学教室内「化石」編集部

池谷仙之 (☎054-238-4784; FAX 054-238-0491; E-mail senikey@ipc.shizuoka.ac.jp)

塚越 哲 (☎054-238-4800; FAX 054-238-0491; E-mail satukag@ipc.shizuoka.ac.jp)

化石 67 号

2000 年 3 月

目 次

論説

- 有孔虫化石群集解析にもとづく 富山県小矢部市周辺の大桑層堆積時
（後期鮮新世～前期更新世）の古環境変遷高田裕行 1
- 多変量解析を用いた化石ウチムラサキガイ（マルスダレガイ科）の殻形態の解析と
その古生物学的意義佐藤武宏・松島義章 19
- 飛騨外縁帯西部の福井県和泉村伊勢川上流地域から産するデボン紀放射虫化石栗原敏之 32

論壇

- 多面発現的変異が形態進化に及ぼす影響木曾太郎 44

紹介

- 中国の古生物学界における業績評価事情斎木健一・王 永棟 58

書評

- ウィリアム J. フリッツ・ジョニー N. ムーア著（原田憲一 訳）：層序学と堆積学の基礎
.....西 弘嗣 60

追悼文

- 畏友柳田壽一さんへの追憶坂上澄夫 62

国際会議報告

- 第14回石炭－ペルム系国際会議（XIV ICCP）報告上野勝美・中澤 努 65
- 国際研究集会「二枚貝の生物学と進化」参加報告近藤康生・伊藤泰弘・佐藤慎一 70

- 学会記事・その他 72

複写される方へ

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、(株)日本複写権センターと包括複写許諾契約を締結されている企業の従業員以外は、著作権者から複写権等の行使の委託を受けている次の団体から許諾を受けて下さい。著作物の転載・翻訳のような複写以外の許諾は、直接本会へご連絡下さい。

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 学術著作権協会

TEL: 03-3475-5618 FAX: 03-3475-5619 E-mail: kammori@msh.biglobe.ne.jp

アメリカ合衆国における複写については、次に連絡して下さい。

Copyright Clearance Center, Inc.

222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA

Phone: (978) 750-8400 FAX: (978) 750-4744 www.copyright.com

「化石」投稿規定

(1988年1月27日制定)
(1991年編集部移動に伴い一部改訂)

1. 原稿の種類

邦文で書かれた古生物学に関する原著論文・短報・解説・論壇(評論・討論・アイデア・主張など)・新刊紹介・書評・抄録・ニュースその他の記事。

2. 原稿の分量と体裁

- s. 原稿は14印刷頁以内とする(1論文の長さは、400字詰原稿用紙で、図表のない場合に70枚程度となる)。
- b. 原著論文には欧文の要旨をつける。
- c. 原著論文・短報・解説・論壇の原稿には、欧文の表題およびローマ字綴りの著者名をつける。
- d. 原稿第1頁に脚注として著書の所属機関を記す。

3. 投稿

- s. 所定の様式の投稿原稿整理カード(コピーして使用されたい)を添える。
- b. 原著論文・短報・解説・論壇の投稿の際には、正規の論文原稿のほかに、図(写真版を含む)・表などを含む完全なコピー1組を添える。

4. 原稿の送付先

当分の間下記宛とする。

〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1
東京大学大学院理学系研究科地質学教室内
日本古生物学会「化石」編集部

5. 著者の責任

- s. 著者は編集手続きに関する編集委員会の指示にしたがう。初校に対する校正は著者の責任において行う。
- b. 原稿(図・表を含む)は14印刷頁を限度とし、これを越える部分、およびカラー写真・折込図表の出版費用は著者の負担とする。
- c. 別刷の印刷に要する費用は著者の負担とする。

著者への指針

1. 原稿

- s. 原稿は400字詰め、横書き原稿用紙を使用する。ワードプロセッサ使用の場合もこの規格に合わせるか、1頁を400字の倍数とし、原稿にそのむね明記する。
- b. 文章は「である体」とし、現代かな使い、当用漢字を用いる。ただし、固有名詞や学界での慣用の術語はこの限りでない。句読点は、、を用いる。欧語綴りの人名を引用する場合は、タイプするか活字体で明瞭に記し、小キャピタル字体は用いない、また、生物の学名はタイプするか活字体で明瞭に

記し、学名や変数のイタリック体の指定を行う。

- c. 図・表をいれる位置を原稿の余白に指定する。
- d. 欧文要旨は、欧語論文に堪能な外国人または適当と思われる人に、著者自身の責任で校閲してもらう。
- e. 図表の説明は日本語もしくは日本語・英語並記とする。
- f. 図の作成要領は本学会報告・紀事「著者への指針」に従う。複雑な表は図と同じようにそのまま製版できるよう、著者自身が黒の活字またはタイプライターで作成する。
- g. 引用文献は、著者名をabc順に、また同一著者を発表順に並べ、「文献」として、論文末尾に一括する。体裁は以下の例の様式に従い、ページまでを完記し、特に必要のないかぎり図、表の数は省略する。

(例)

Braisier, M. D., 1980. Microfossils. 193 p., George Allen and Unwin, London.

Carter, J. G., 1990. Shell microstructural data for the Bivalvia. Part V. Order Pectioidea. In Carter, J. G., ed., Skeletal Biomineralization: Patterns, Processes and Evolutionary Trends, 363-389. Van Nostrand, New York.

Griggs, G. B., Carey, A. G. Jr. and Kulm, L. D., 1969. Deep-sea sedimentation and sediment-fauna interaction in Cascadia Channel and on Cascadia Abyssal Plain. Deep-Sea Res., **16**, 157-170.

半沢正二郎, 1963. 大型有孔虫について(演旨). 地質雑, **69**, 298-302.

畑井小寅・小林貞一, 1963. 腕足動物. 小林ほか9名, 古生物学, 上巻, 103-126. 朝倉書店.

藤岡一男, 1963. 阿仁合型植物群と台島型植物群. 化石, (5), 39-50.

Oishi, S., 1940. The Mesozoic floras of Japan. Hokkaido Imp. Univ., Jour. Fac. Sci., **4** (5), 123-480.

付記:「化石」誌を欧文で引用する際には、次のようにされたい。

Fossils (Palaeont. Soc. Japan) No. 00.

著作権:「化石」誌に掲載された論文の著作権(著作財産権, (copyright))は、日本古生物学会に帰属する。

論 説

有孔虫化石群集解析にもとづく富山県小矢部市周辺の大桑層堆積時 (後期鮮新世～前期更新世)の古環境変遷

高田裕行*

Paleoenvironmental changes during the deposition of the Omma Formation
(late Pliocene to early Pleistocene) in Oyabe area, Toyama Prefecture based
on the analysis of benthic and planktonic foraminiferal assemblages

Hiroyuki Takata*

Abstract Foraminiferal assemblages of the Omma Formation (upper Pliocene-lower Pleistocene) were analyzed to understand its sedimentary environment and paleoceanographic condition at the Oyabe area, Hokuriku district, central Japan. This formation is divided into two parts at the studied section; lower part with a succession of upward coarsening, and upper one consisting of five sedimentary cycles with a sequences from shell bed to muddy very fine-grained sandstone. Four varimax factor assemblages were recognized based on a factor analysis of benthic foraminifera, as follows: Factor 1 Assemblage reflects depletion of supplying fine terrigenous materials. Factor 2 and 3 Assemblages correspond to outer sublittoral-upper bathyal zone and cold environment in sublittoral zone, respectively. On the other hand, Factor 4 Assemblage indicates warmer condition in sublittoral zone. Cold water species are dominant both in benthic and planktonic assemblages of the Omma Formation. On the contrary, relatively warmer species were, however, recognized at two horizons of the upper part of the formation, indicate that the warm surface water began to flow intermittently into the central part of the Sea of Japan since early Pleistocene (ca. 1.7 Ma).

In each cycle of the upper part of the formation, ratio of planktonic/total foraminifera represents the tendency of upward deepening. Increasing of *Globigerina quinqueloba* and mud content at the upper part of each cycle indicate much more influence of freshwater in highstand period. On the other hand, calcareous sandstone at the lower part of each cycle indicate the decreasing the supply of riverine mud and higher production of bioclast of encrusting organisms (bryozoa and encrusting foraminifera) in early stage of transgression.

はじめに

石川県中部から富山県西部にかけては、氷見層群(上部鮮新統～下部更新統)がひろく分布する。これらの地層からは軟体動物化石や微化石が多産

しており、多くの層序学・古生物学的研究が行われてきた(たとえばHasegawa, 1979; 高山ほか, 1988; Kitamura *et al.*, 1994; Ozawa, 1996)。

氷見層群は、富山県小矢部市より西では極細粒～極粗粒砂岩を主体とする大桑層、それ以东では石灰質泥岩～粗粒砂岩を主体とする頭川層(福岡)・十二町層(氷見)・藪田層(灘浦)からなる(Hasegawa, 1979)。その境界付近に位置する小矢部市付近に分布する大桑層は頭川層の特徴である石灰質砂岩を数層準で挟在するため、両層は指

*北海道大学大学院地球環境科学研究科 Laboratory of Geosphere Science, Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido University, Sapporo 060-0810
1999年6月16日受付, 1999年12月18日受理

交関係にあると考えられている(角ほか, 1989)。

大桑層に狭定する石灰質砂岩は、軟体動物・こけむし・有孔虫化石を多量に含んでいる。これに類似する石灰質堆積物は、日本海沿岸沿いの鮮新統～更新統(灰爪層、大沢迦層、瀬棚層など)にも広く認められている。これらは、(1)バンク等の陸域から離れた地形的高まりで堆積した(たとえば亀丸・根本, 1991), あるいは(2)最大海進期や海水準上昇期などに陸源碎屑物の堆積作用が低下することで形成された(たとえばKondo *et al.*, 1998), などと考えられている。両者はともに生物源の炭酸塩粒子が陸源碎屑物によって希釈されることを重視したものといえる。

このような石灰質堆積物がどのような堆積環境で形成されるかを考えるうえで、石灰質砂岩と砂岩が互層する小矢部市付近の大桑層の堆積環境を比較することは、これらの石灰質堆積物の成因を考えるうえで極めて重要である。

また、氷見層群は、後期鮮新世～前期更新世の日本海における海洋環境の変化も記録している(長谷川, 1993)。最近では、おもに底生生物化石群による氷見層群の詳細な古環境解析を通して、後期鮮新世～前期更新世における短周期(数万年スケール)の海況変化について、知見が得られてきた。

Kitamura *et al.* (1994) および北村 (1994) は石川県金沢市大桑における下部更新統大桑層の解析から、前期更新世(1.3～0.7 Ma)に対馬暖流に相当する暖流が、約4万年周期の氷河性海水準変動に対応して、高海水準期にのみ日本海へ流入したことを明らかにした。

一方、Cronin *et al.* (1994) は富山県灘浦地域に分布する藪田層(3.4～2.3 Ma)に、約4万年周期と考えられる周期的海水準変動が8回あったことを示唆している。また、荒井ほか(1998)は、十二町層中部のOlduvai Subchron (1.95～1.77 Ma)の間に堆積した層準について、数万年周期の海水準変動を報告している。ただし、両層とも暖水系化石群が産出せず、Kitamura *et al.* (1994) で報告された高海水準期における暖流の影響は認められていない。

これらのことから、約1.7～約1.3 Maの間に暖

流が日本海へ流入しはじめたと推測される。小矢部付近の大桑層は、他地域のものと比較して堆積開始時期が早く、上部鮮新統を含むとされている(志田ほか, 1989)。さらに、浅海成層は一般に堆積速度が速く、分解能の高い情報を得るのに適している。

以上のことをふまえ本研究では、小矢部市付近の大桑層について地質調査をおこない、底生・浮遊性有孔虫化石群について分解能の高い解析を通して、堆積環境の変化を詳細に検討した。さらに、それにもとづき、石灰質堆積物の成因および後期鮮新世～前期更新世における日本海表層の海洋環境に関する考察を行った。

試料と研究方法

本研究では地質調査の結果をもとに、層序断面が連続的に観察できる富山県小矢部市桜町付近の国道8号線小矢部バイパスに沿う切り割り(以下、小矢部バイパスセクションと呼ぶ)を選定し、岩相、有孔虫化石および堆積物の粒度・炭酸塩含有量について検討した(図1)。同セクションにお

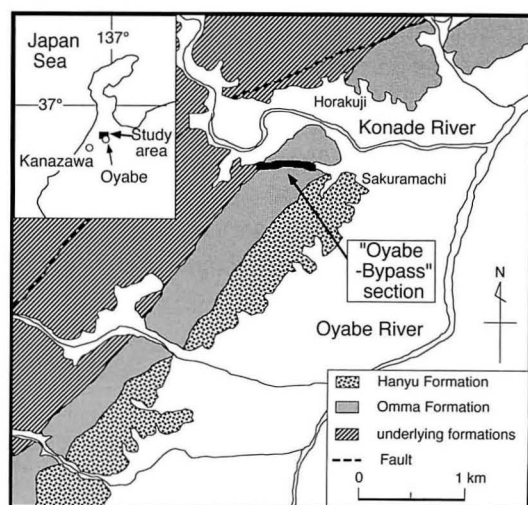


図1. 小矢部市付近地質図(角ほか, 1989を修正)と小矢部バイパスセクション。

Fig. 1. Generalized geological map around Oyabe City (modified from Sumi *et al.*, 1989) with location of Oyabe Bypass section.

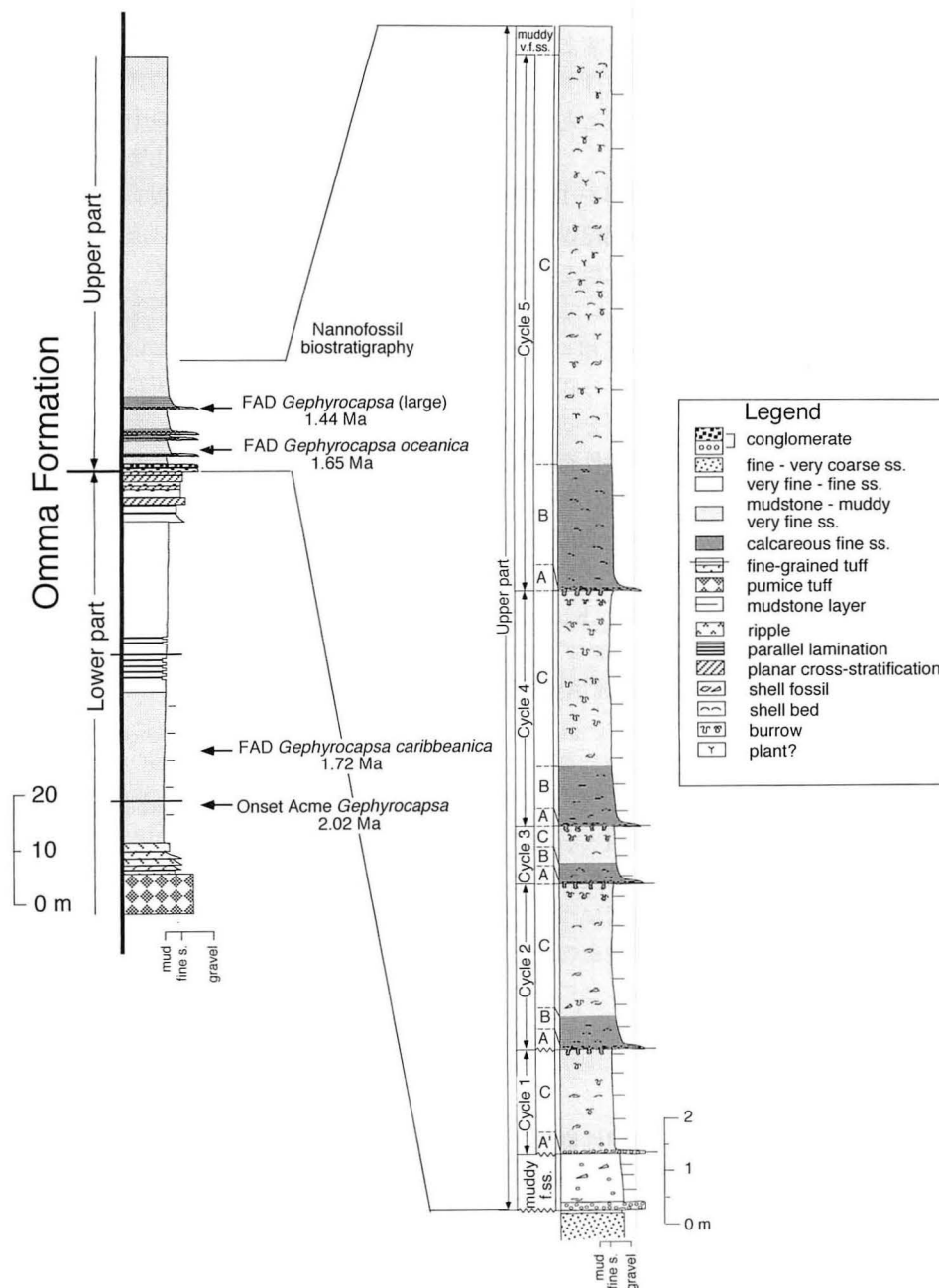


図 2. 小矢部バイパスセクションおよび大桑層上部の堆積サイクルの柱状図, 石灰質ナノ化石年代 (高山, 私信). 柱状図右側の横棒は試料採取層準. A: 貝化石密集層, A': 小礫岩, B: 石灰質細粒砂岩, C: 泥質極細粒砂岩.

Fig. 2. Columnar section of Oyabe Bypass section and sedimentary cycles of upper part of the Omma Formation showing calcareous nannofossil biostratigraphic datum horizons (Takayama per. com.). Sampling horizons show ticks of right of columnar section. A: shell bed, A': pebble bed, B: calcareous fine-grained sandstone and C: muddy very fine-grained sandstone.

いて、大桑層下部から層厚約5 m間隔で5層準、上部から層厚約20~100 cm間隔で38層準より試料を採取した(図2)。なお、この露頭はその後のふきつけ工事により、現在は観察することができない。

有孔虫化石に関しては、採取した試料を1~2 cmのブロック状に砕き、80℃で24時間乾燥させた。このうち40 gまたは80 gの乾燥試料を、ナフサ法により泥化させ、63 μ mのふるいで水洗した。残渣を乾燥後、簡易試料分割器を用いて1/8~1/1024に分割し、実体顕微鏡下で底生有孔虫化石を200~300個体拾い出し、種を同定した。このとき、同一試料に含まれる浮遊性有孔虫化石の個体数も計数した。浮遊性有孔虫化石については、125 μ m以上の残渣から100~200個体程度を拾い出し、種の同定のみを行った。

また、底生有孔虫化石群については、Klovan and Imbrie (1971) のFORTRANプログラムCABFAC (Calgary and Brown Factor Analysis) によるQ-mode因子分析を行なった。計算には北海道大学大型計算機センターの大型計算機を用いた。

さらに、大桑層上部の泥質極細粒砂岩・石灰質細粒砂岩に関して、ふるい分け法による粒度分析と、炭酸塩含有量の測定を行った。後者については、粉末試料を作製し、4 mol/lの塩酸との反応で発生するCO₂ガスの容量を測定することにより算出した。

地質概説

富山県小矢部市付近には、おもに碎屑性堆積岩類からなる第三系~第四系が分布する(角ほか, 1989)。この地域の地層群は北東-南西の走向をもち、おおむね南東方向に傾斜する単斜構造をなす。また、小矢部市北西部では北東-南西の走向をもつ石動断層が観察される。本調査地域である小矢部市北部では、下位に中新統である谷地層・砂山層が分布するが、両者は断層で接する。下部鮮新統は欠如しており、その上位に大桑層(上部鮮新統~下部更新統)、埴生層(中部更新統)が累重する(Hasegawa, 1979)。

大桑層は石川県金沢市大桑を模式地とし、金沢

市南部から北東部を経て富山県小矢部市まで分布する(望月, 1930)。その岩相は極細粒~粗粒砂岩を主とし、貝化石を多量に含む。小矢部地域の太桑層は桜町以南では塊状の中~粗粒砂岩からなる砂山層を不整合に覆い、法楽寺以北では塊状泥岩からなる谷地層と断層で接する(図1)。

小矢部地域の太桑層の層厚は法楽寺付近でもっとも厚く、360 m以上に達する。本研究では、同層を上部と下部に区分した。下部は層厚180 m以上で泥岩・泥質砂岩・淘汰のよい細粒砂岩を主体とし、法楽寺より北東では石灰質砂岩を挟在する。上部は層厚が180 m以上で、泥質極細粒砂岩・淘汰のよい極細粒~粗粒砂岩・石灰質砂岩からなる互層で、基底に円礫からなる礫岩層を伴う。また、本層は礫・砂・泥の互層よりなる上位の埴生層に不整合で覆われる。

小矢部地域における太桑層

1. 岩相と堆積サイクル

小矢部バイパスセクションに露出する太桑層は、160 m以上の層厚をもつ(図2)。このセクションにおける太桑層下部は、最下部が厚さ15 m以上の軽石質凝灰岩・細粒凝灰岩からなり、その上位に泥岩~泥質極細粒砂岩(層厚約24 m)、淘汰のよい極細粒~細粒砂岩(層厚約24 m)の順に重なる。この2つの砂岩層の境界は比較的明瞭に識別できる。さらにその上位には、淘汰のよい極細粒~細粒砂岩をウェーブリップル、平行葉理、平板型・トラフ型斜交層理のみられる軽石質細~中粒砂岩(層厚約9 m)が、下位の砂岩をチャネル状に削り込んで堆積している。

太桑層上部は、厚さ約20 cmの礫岩層ではじまる。この礫岩も下位の軽石質細~中粒砂岩を明瞭に削り込んでいるのが認められる。その上位には、小礫を含む泥質細粒砂岩(層厚約90 cm)、貝化石密集層あるいは小礫岩から泥質極細粒砂岩に至る層厚1.1~9.8 mの5回の堆積サイクル(下位よりサイクル1~5)をもつ互層(層厚約22 m)が累重する。サイクル5の上限は、上位の植物片・炭質物を多く含む泥質極細粒砂岩(層厚57 m以上)へ漸移し、境界を認定するのが困難であるが、基底から約9.8 m上位の泥質極細粒砂岩が風化し

ている層準までとした。

本層上部の互層は、下位から貝化石密集層（岩相A）にはじまり、石灰質細粒砂岩（岩相B）を経て泥質極細粒砂岩（岩相C）に至る、上方細粒化サイクルで特徴づけられる（図2）。

基底部の粗粒相（岩相A）は8～16 cmの厚さで離弁・破片化した貝化石が密集している。下底にゆるく波打った侵食面がある。軟体動物化石の多くは、長軸方向が層理面と平行に配列していることが多く、その表面にはこけむし等の固着性生物化石が付着しているものが多い。基質は石灰質砂で多量の軟体動物・こけむし化石の破片と有孔虫化石のほか、海緑石粒子を含む。また、基質と同質な石灰質砂で充填された生痕化石が基底部に密集し、さらに下位の岩相を貫いているのが観察される。なお、サイクル1のみは層厚8 cmの安山岩の小礫岩（岩相A'）からなり、表面が摩滅した軟体動物化石の破片も少量含まれる。基質は細粒砂で基質支持の部分が多い。

岩相Bは層厚30～220 cmの石灰質細粒砂岩で、軟体動物・こけむし化石の破片と有孔虫化石を多く含む。サイクル1のみは、この岩相が欠如している。含泥率、炭酸塩含有量はそれぞれ4.2～8.7%、7.5～43.1%である。

サイクル最上部をなす岩相Cは層厚70～750 cmの泥質極細粒砂岩からなり、泥質な堆積物で充填された円柱状の形態を持つ生痕化石が多く認められる。また、軟体動物化石も散点的に含まれる。この岩相における含泥率、炭酸塩含有量はそれぞれ10.8～26.4%、2.3～10.3%の値を示す。なお、本岩相の最上部は、上位の岩相Aから伸びた生痕化石によって著しく擾乱されている。

2. 堆積年代

大桑層の年代は、Hasegawa (1979)、高山ほか (1988)、志田ほか (1989) による浮遊性微化石層序の研究から、大部分が下部更新統であり、調査地域の南西約10 kmにあたる小矢部市南西部の八講田付近にのみ上部鮮新統が含まれる。一方、調査地域である小矢部市北部の大桑層については火山灰層による対比から、下部更新統の存在が確認されているにすぎない (Hasegawa, 1979)。

金沢大学（現、十文字女子大学）の高山俊昭教授に石灰質ナンノ化石を鑑定していただいた結果、Sato *et al.* (1991) の石灰質ナンノ化石生層序基準面のうち、大桑層下部で小型 *Gephyrocapsa* spp. のアクメ下限と *Gephyrocapsa caribbeanica* の出現層準、上部で *Gephyrocapsa oceanica* と大型 *Gephyrocapsa* spp. の出現層準の合計4つの示準面が認識された（図2）。したがって、本セクションの大桑層は、下部は約2.0 Ma～約1.7 Ma（後期鮮新世）に、上部は約1.7 Ma～約1.3 Ma（前期更新世）の間に堆積したと考えられる。このことから、小矢部バイパスセクションの大桑層は、現在知られている本層の堆積年代でもっとも古い時代を示すと考えられる。

有孔虫化石

小矢部バイパスセクションの大桑層からは、浮遊性有孔虫化石に関しては5属8種が認められた。*Globigerina bulloides*, *G. quinqueloba*, *Neoglobobquadrina incompta*, *N. pachyderma* が全体を通して多産する（図3）。サイクル2の上部では、*Globigerinoides ruber* が比較的多く（2.4～19.3%）、サイクル1の中～上部においてもわずかに（0.3～0.6%）産出する。

一方、底生有孔虫化石に関しては72属116種が認められた。大桑層下部では *Buccella tenerrima*, *Pseudoparrella naraensis*, *Haynesina* sp.A および *Elphidium* spp.（とくに *E. excavatum* forma *clavata*）が多く産出する（図3）。

大桑層上部では、各堆積サイクルの下部で *Islandiella sublimbata*, *Cibicides refulgens*, *C. cf. lobatulus* が多く、サイクルの上部で *B. tenerrima*, *E. excavatum* f. *clavata*, *Buliminella elegantissima*, *P. naraensis*, *Cassidulina norvangi* が多産する。すなわち、堆積サイクルに対応して、これら2つの群集が交互に産出する傾向にあることが明らかになった。

43試料のいずれかにおいて3個体以上産出した底生有孔虫の69タクサを選定して、Q-mode因子分析を行なった（表1）。第7因子までのバリマックス解を計算した結果、第5因子までで全体の分散の約87%が説明できるので（表2）、第

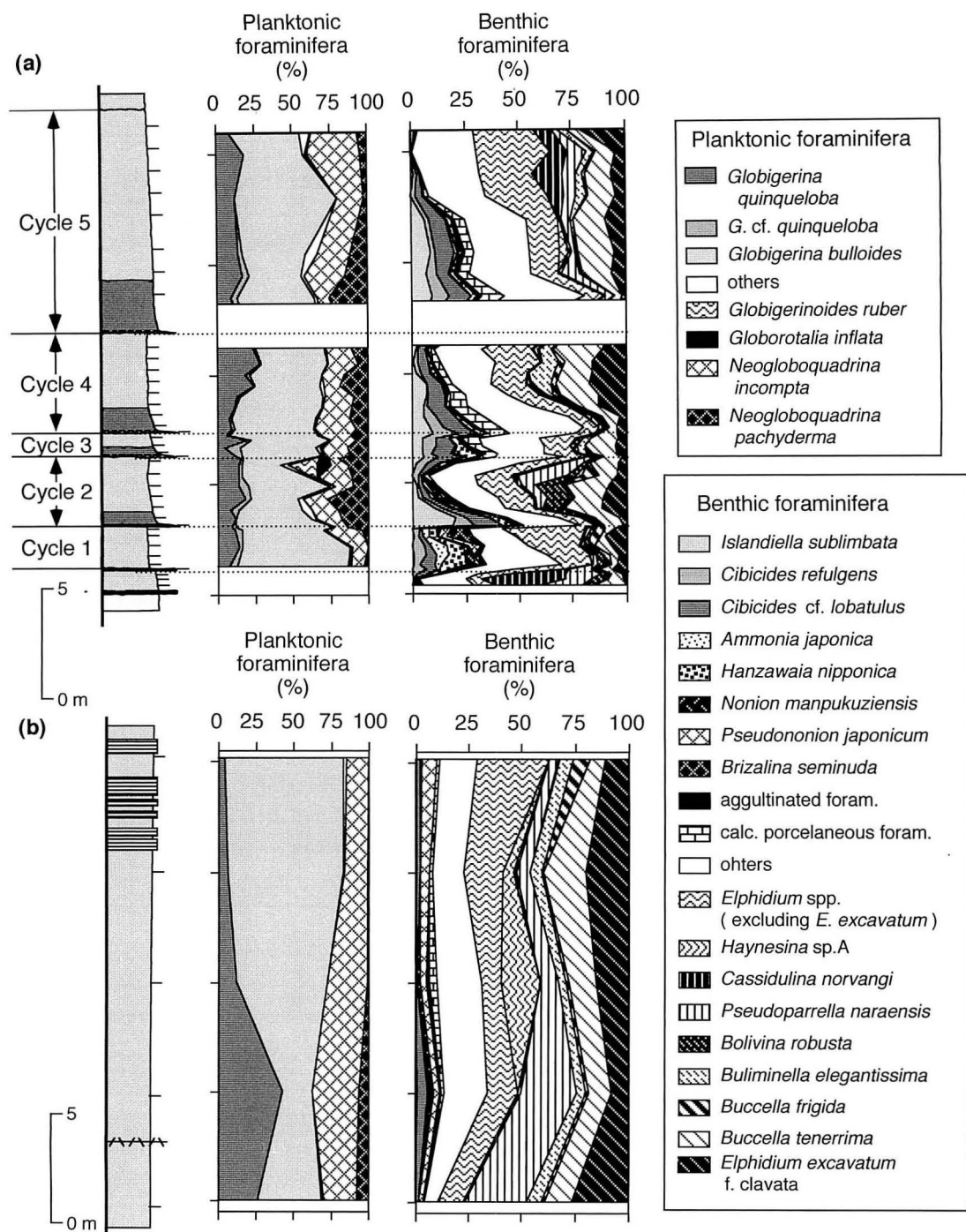


図3. 浮遊性有孔虫および底生有孔虫主要種の百分率の層位変化。(a) 大桑層上部 (b) 同層下部。

Fig. 3. Stratigraphic distribution of relative abundance of major planktonic and benthic foraminifera. (a) upper and (b) lower part of the Omma Formation.

表 1. 因子分析に用いた69タクサ.

Table. 1. Selected 69 taxa for factor analysis.

agglutinated foram.	
1 <i>Gaudyrina</i> sp.	34 <i>Elphidium crispum</i>
2 <i>Textularia kerimbaensis</i>	35 <i>Elphidium excavatum</i> forma clavata
3 <i>Textularia semialata</i>	36 <i>Elphidium fimbriatulum</i>
calc. porcelainous foram.	
4 <i>Cribrolinoides curta</i>	37 <i>Elphidium jenseni</i>
5 <i>Hauerina</i> sp.A	38 <i>Elphidium kusiense</i>
6 <i>Milioliella circularis</i>	39 <i>Elphidium subarcticum</i>
7 <i>Quinqueloculina seminulum</i>	40 <i>Elphidium subincertum</i>
8 <i>Siphonaperta</i> sp.A	41 <i>Elphidium</i> sp.A
calc. hyaline foram.	
9 <i>Ammonia takanabensis</i>	42 <i>Eoeponidella</i> sp.A
10 <i>Ammonia becarii</i>	43 <i>Fissurina</i> spp.
11 <i>Ammonia japonica</i>	44 <i>Glabratella</i> sp.A
12 <i>Ammonia ketienziensis</i>	45 <i>Glabratella</i> sp.B
13 <i>Ammonia ketienziensis angulata</i>	46 <i>Globocassidulina subglobosa</i>
14 <i>Bolivina decussata</i>	47 <i>Guttulina</i> spp.
15 <i>Bolivina pseudoplicata</i>	48 <i>Gyroidinoides nipponicus</i>
16 <i>Bolivina robusta</i>	49 <i>Hanzawaia nipponica</i>
17 <i>Brizalina seminuda</i>	50 <i>Haynsina</i> sp.A
18 <i>Buccella frigida</i>	51 <i>Islandiella japonica</i>
19 <i>Buccella makiyamai</i>	52 <i>Islandiella norcrossi</i>
20 <i>Buccella nipponica</i>	53 <i>Islandiella sublimbata</i>
21 <i>Buccella tenerrima</i>	54 <i>Islandiella yabei</i>
22 <i>Bulimina marginata</i>	55 <i>Lagena</i> spp.
23 <i>Buliminella elegantissima</i>	56 <i>Nonion manpukuziensis</i>
24 <i>Cancris auriculus</i>	57 <i>Nonionellina labradoria</i>
25 <i>Cassidulina norvangi</i>	58 <i>Oridosalis tener</i>
26 <i>Cassidulina</i> sp.A	59 <i>Planoglabratella opercularis</i>
27 <i>Cibicides lobatulus</i>	60 <i>Planoglabratella subopercularis</i>
28 <i>Cibicides</i> cf. <i>lobatulus</i>	61 <i>Polystomellina discorbioides</i>
29 <i>Cibicides refulgens</i>	62 <i>Pseudononion japonicum</i>
30 <i>Cibicides</i> sp.C	63 <i>Pseudoparrella naraensis</i>
31 <i>Cibicides subdepressus</i>	64 <i>Pseudoparrella takayanagii</i>
32 <i>Clibroelphidium yabei</i>	65 <i>Pseudorotalia gaimardii</i>
33 <i>Elphidium advena</i>	66 <i>Rectobolivina raphanus</i>
	67 <i>Rosalina australis</i>
	68 <i>Rosalina bradyi</i>
	69 <i>Stainforthia</i> spp.

1~5因子のバリマックス因子群集（以下バリマックス群集と呼ぶ）を各タクサの因子評点をもとに認定し、それらが示す古環境について考察した。

まず、高い因子評点を示す種（図4）の現世日本周辺海域における分布にもとづき、各バリマックス群集が反映する環境要因（深度帯・水温など）について検討した（表2）。現生底生有孔虫の深度帯は、秋元・長谷川（1989）の日本海外洋水

域における区分を用いた。また、気候帯区分としては、日本列島周辺の底生有孔虫群の地理的分布（長谷川，1993）をふまえ、西村（1981）の生物地理区分を援用した。さらに、一部の因子については因子負荷量の層位分布を、含泥率・炭酸塩含有量と比較することで解釈に用いた。

第1因子は*I. sublimbata*, *C. cf. lobatulus*, *C. refulgens*, *B. tenerrima*が正に大きな評点をとる。

表 2. 7つのバリマックス因子における寄与率, 累積寄与率, および上位5つのバリマックス因子における因子評点の高い種.

Table. 2. Contribution, cumulative contribution of first seven varimax factors and high score species of first five varimax factors.

Factor	Contribution	Cumulative Contribution	High score species		Chracteristics of varimax factor assemblages
			+	-	
1	27.13	27.13	<i>Islandiella sublimbata</i> <i>Cibicides cf. lobatulus</i> <i>Cibicides refulgens</i> <i>Buccella tenerrima</i>		cool temperate - subarctic middle - outer sublittoral zone depletion of supplying fine terrigenous materials
2	12.60	39.73		<i>Cassidulina norvangi</i>	cool temperate - subarctic outer sublittoral - upper bathyal zone
3	26.81	66.54		<i>Elphidium excavatum</i> forma clavata <i>Buccella tenerrima</i> <i>Buliminella elegantissima</i>	subarctic inner - outer sublittoral zone
4	10.99	77.53	<i>Hanzawaia nipponica</i> <i>Brizalina seminuda</i> <i>Ammonia japonica</i>		warm temperate inner - middle sublittoral zone
5	9.53	87.05		<i>Pseudoparrella naraensis</i>	
6	3.36	90.41			
7	1.89	92.30			

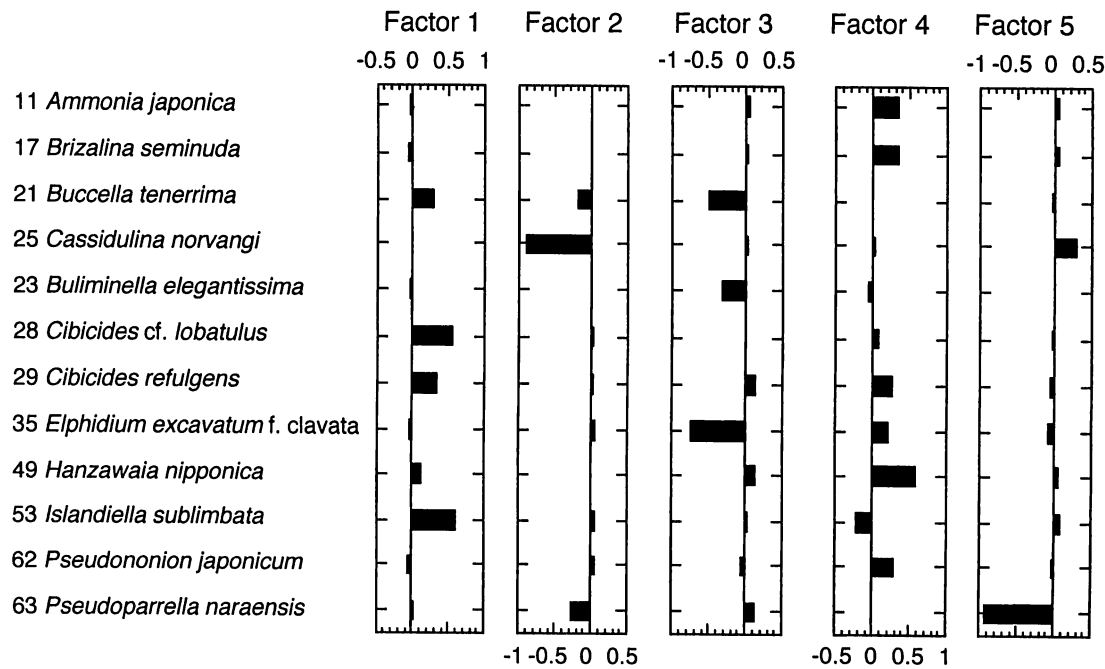


図 4. 底生有孔虫12種の上位 5 つのバリマックス因子評点. これらの種は他の種と比較して, 高い因子評点をとる.

Fig. 4. Scores of first five varimax factors for 12 selected benthic foraminifera. These species have higher scores than those of other species.

これは第1因子の変化にこれらの種の産出傾向が、大きく寄与していることを意味している。*Islandiella*属と*Cibicides*属の卓越で特徴づけられる底生有孔虫群は、北海道西岸の中～外部浅海帯(千地・紺田, 1970; Ikeya, 1970; 長谷川・小亀, 1995; 高田・長谷川, 1996; 長谷川ほか, 1997)や八戸沖の水深168と211 mの地点(高田・長谷川, 未公表データ), オホーツク海の中中部浅海帯～上部漸深海帯(桑野, 1953; Inoue, 1989; 宇佐見ほか, 1999)から報告されている。

また、同様の群集が日本海のバンクや島棚と太平洋側の襟裳岬沖のバンクからも報告され(Ishiwada, 1964), 陸域から離れた地形的高まりに対応したものととも考えられている(亀丸・根本, 1992)。しかし、大桑層上部ではこの因子の因子負荷量が増減を繰り返すため(図5), バンクのような地形的に孤立した環境とは考えにくい。また、この因子には炭酸塩含有量との間に正相関($r=0.76$), 含泥率との間にも弱いながらも逆相関($r=-0.43$)があり、細粒陸源碎屑物の少なさを反映していると推定される。以上のことから、第1バリマックス群集は、冷温～亜寒帯の中～外部浅海帯における、細粒陸源碎屑物の供給が少ない底質環境に対応すると考えられる。

第2因子では、*Cassidulina norvangi*が負に大きな評点をとる。このことは負の因子負荷量をもつ第2因子の変化に、*C. norvangi*の産出傾向が大きく寄与していることを意味している。この種は西津軽沖の外部浅海帯～上部漸深海帯(的場・本間, 1986)で多産する。この水深は現在の日本海中間水上部水の影響下にあることから、第2バリマックス群集は冷温～亜寒帯の外部浅海帯～上部漸深海帯を反映すると考えられる(表2)。

第3因子は*E. excavatum* f. *clavata*, *B. tenerima*, *B. elegantissima*が負に大きな評点をとる。これらの種は釧路沖の内～外部浅海帯に多産することが報告されており(Ishiwada, 1964), とくに*E. excavatum* f. *clavata*と*B. tenerima*は、釧路沖の水深109 mの地域(高田・長谷川, 未公表データ)で数多く産出する。よって、第3バリマックス群集は、親潮域のような亜寒帯で内～外部浅海帯の環境を反映すると考えられる(表2)。

第4因子では、*Hanzawaia nipponica*, *Brizalina seminuda*, *Ammonia japonica*が正に大きな評点をとる。*H. nipponica*と*A. japonica*は新潟県柏崎沖や秋田沖の内～中部浅海帯で多産することから(Inoue, 1989; Matoba and Fukazawa, 1992), 第4バリマックス群集は暖温帯で内～外部浅海帯の環境を示すと考えられる(表2)。

第5因子は*P. naraensis*が負に大きな評点をとる。本種がとくに多産する地域は現世底生有孔虫の研究から見い出せなかった。本種は釧路沖の水深109, 206 mの地域で比較的多く産出することから(高田・長谷川, 未公表データ), このバリマックス群集が示す環境は特定しがたいものの、亜寒帯で外部浅海帯の環境を反映すると推定される。

因子の意味が明らかになった第1～第4バリマックス群集について、それらが示す環境をまとめると以下ようになる。底生有孔虫の示す深度に関して、第2バリマックス群集が外部浅海帯～上部漸深海帯の環境を反映し、浅海帯を示す第1, 第3, 第4バリマックス群集よりも深い環境に対応する。また、第1, 第3バリマックス群集が寒冷な環境を示すのに対し、第4バリマックス群集は暖温帯のやや温暖な内～外部浅海帯を示す。さらに、第1および第3バリマックス群集は、それぞれ冷温～亜寒帯の中～外部浅海帯、亜寒帯の内～外部浅海帯を示しており、さらに、前者は細粒陸源碎屑物の供給が少ないという底質環境を反映すると考えられる。

考察1: 底層環境の変遷について

底生有孔虫化石群の因子分析の結果をもとに、第1～第4因子の因子負荷量の層位変化から推定される小矢部バイパスセクションの大桑層堆積時の底層環境を検討した。なお堆積深度の推定には、因子分析の結果に加え、P/T比の層位変化も併せて用いた(図6)。P/T比は距岸距離が増すにつれて高くなることから(Grimsdale and Morkhoven, 1955), 堆積時の相対的な水深変化を反映すると考えられるので、海水準変動の指標に用いることができる。

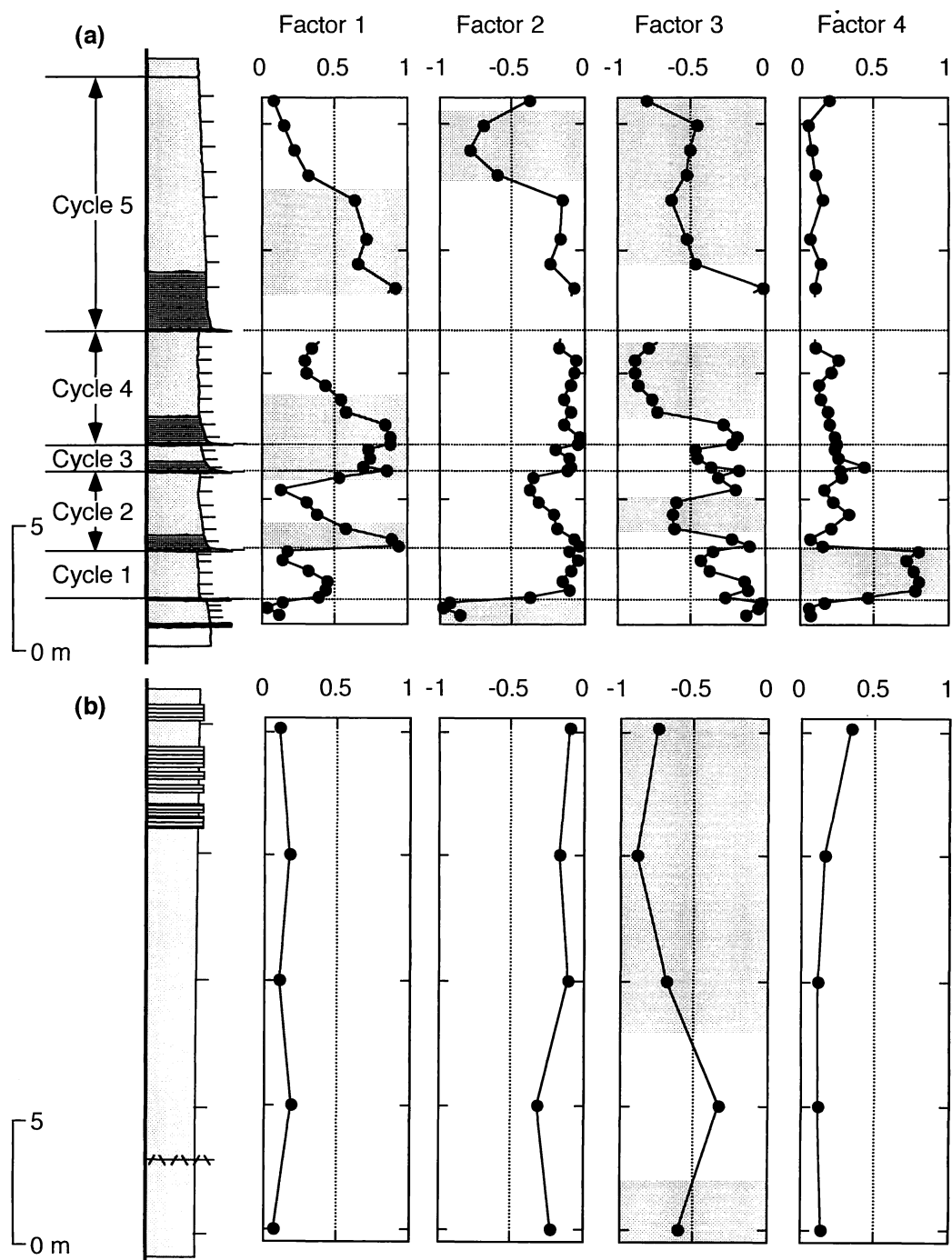


図 5. 上位 4 つのバリマックス因子負荷量の層位変化。(a) 大桑層上部 (b) 同層下部。

Fig. 5. Stratigraphic distribution of loadings of first four varimax factors. (a) upper and (b) lower part of the Omma Formation.

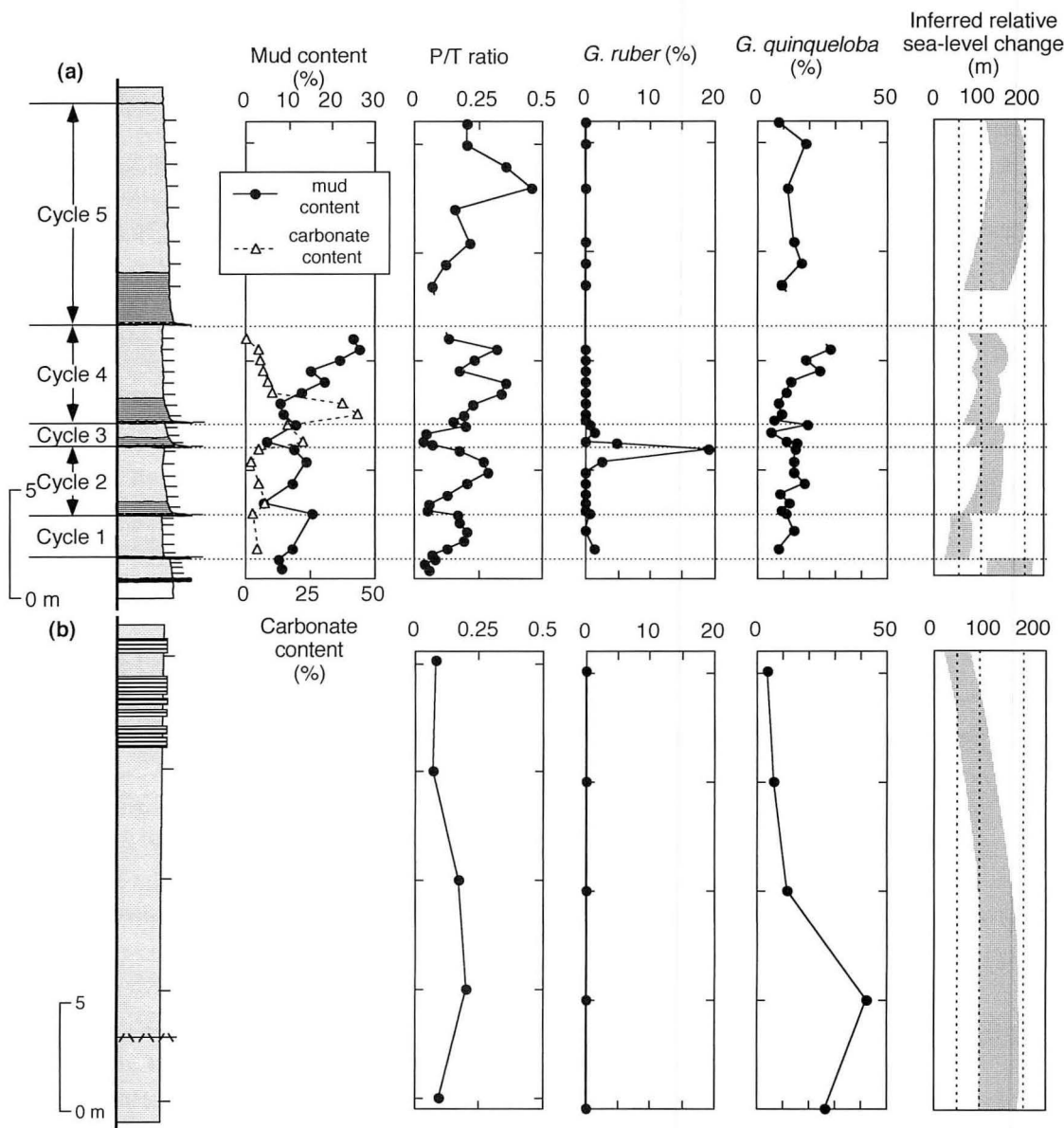


図6. 含泥率, 炭酸塩含有量, P/T比, *Globigerinoides ruber*, *Globigerina quinqueloba*の産出頻度, および推定される相対的海水準変動の層位変化。(a) 大桑層上部 (b) 同層下部。

Fig. 6. Stratigraphic distributions of mud content, carbonate content, P/T ratio, *Globigerinoides ruber*, *Globigerina quinqueloba* and inferred relative sea-level changes. (a) upper and (b) lower part of the Omma Formation.

(1) 大桑層下部

本層下部は第3バリマックス群集が卓越し(図5), 内～外部浅海帯で堆積したことを示す。

また, P/T比は下部の0.20から, 上方に向かって0.07まで減少することから, 内～外部浅海帯で堆積し, 上方へ浅海化したと考えられる(図6)。

(2) 大桑層上部

最下位の泥質細粒砂岩では、第2バリマックス群集が卓越することから(図5)、外部浅海帯～上部漸深海帯で堆積したと考えられる(図6)。

サイクル1では最下部(小礫岩)において、下位の泥質細粒砂岩で大きい値をとる第2因子の因子負荷量が負に大きい(-0.37)。この層準では有孔虫殻の保存も悪く、産出個体数も少ないことから、下位の泥質細粒砂岩からの再食によるものと推定される。一方、サイクル1の中～上部では第4バリマックス群集が卓越するので(図5)、内～中部浅海帯で堆積したと考えられる。P/T比は0.13～0.20にわたり、小礫岩で低く、泥質極細粒砂岩で高いことから、最下部から中～上部にかけて、上方へ深海化したと推定される(図6)。

サイクル2では、下・上部で第1バリマックス群集、中部で第3バリマックス群集が卓越する(図5)。よって、サイクルの下部は中～外部浅海帯で堆積したと考えられる。サイクルの上部でもこの群集が卓越するが、この層準では上位のサイクル3から穿孔された多数の生痕が認められることから、サイクル3からの混入と推定される。また、P/T比は0.05～0.28にわたり、上方へ向かって高くなる(図6)。以上のことから、サイクル2は中～外部浅海帯で堆積し、上方へ深海化したと考えられる。

サイクル3では第1バリマックス群集が卓越する(図5)。また、P/T比は0.03～0.20にわたり、上方へ向かって高くなる(図6)。したがって、サイクル3は中～外部浅海帯で堆積し、上方へ深海化したと考えられる。

サイクル4では、下部で第1バリマックス群集が、中～上部で第3バリマックス群集が卓越する(図5)。P/T比は0.15～0.36にわたり、サイクルの下部で低く、上部で高い傾向がある(図6)。以上のことから、サイクル4は中～外部浅海帯で堆積し、上方へ深海化したと考えられる。また、P/T比はサイクルの上部で一度低くなり、再び高くなる傾向があることから、サイクルの上部で海水準に小さな規模の下降・上昇があった可能性が示唆される。

サイクル5では、下～中部で第1・第3バリマックス群集が、上部で第2・第3バリマックス群集が、最上部で第3バリマックス群集が、それぞれ卓越する(図5)。よって、サイクルの下～中部と上部はそれぞれ中～外部浅海帯と外部浅海帯～上部漸深海帯で、最上部は内～外部浅海帯で堆積したと考えられる。また、P/T比は0.07～0.46にわたり、サイクルの下部から上部へ高くなり、最上部で低くなる(図6)。以上のことから、サイクル5は中部浅海帯～上部漸深海帯で堆積し、上方へ深海化して、最上部で若干浅海化したと考えられる。

以上のことから、小矢部バイパスセクションの大桑層下部は内～外部浅海帯において、上方へ浅海化しつつ堆積したことが示唆される。一方、上部は内部浅海帯～上部漸深海帯において堆積したと考えられる。また、各堆積サイクルは主に上方へ深海化する過程で堆積し、第1バリマックス群集の層位分布からサイクル2の下部、サイクル3～サイクル4の下部、サイクル5の下部は、細粒陸源碎屑物の供給が乏しい環境であったことが示唆される。

サイクル2からサイクル4までの時期に、サイクル4の上部の小さな変動を含めて、4回の変動が認められる。石灰質ナンノ化石にもとづくと、サイクル2～4は約21万年間以内で堆積したと考えられるので、1サイクルが平均して5.3万年程度で形成されたことになる。この周期は、当時卓越していた氷河性海水準変動の約4万年周期(Kitamura *et al.*, 1994; Cronin *et al.*, 1994; 荒井ほか, 1998; Carter and Naish, 1998)と比較して長い。これは石灰質ナンノ化石を検討した層準が少ないことで生層序基準面の位置を十分に明らかにできなかったためと考えられる。とくに、サイクル1で検討した試料は石灰質ナンノ化石の産出個体数が少ないため、*Gephyrocapsa oceanica*の出現層準がさらに下位である可能性も考えられる。仮に、サイクル1も加えると1サイクルあたり約4.2万年で形成されたことになる。よって、この周期は見積もりに問題があるが、他のミランコビッチサイクルのものとは大きく異なっていることから、本層上部に認められる周期的変

動は、約4万年周期の水河性海水準変動に相当する可能性がある。

考察2：海洋表層の環境変遷について

小矢部バイパスセクションから産出する浮遊性有孔虫化石群は、ほとんどの層準において、*Globigerina bulloides*, *G. quinqueloba*, *Neogloboquadrina incompta*, *N. pachyderma*の4種で占められる(図3)。これらの種は親潮域から混合水域までの寒冷な水塊中に多産することが報告されていることから(尾田・嶽元, 1992), 現在の北陸地方よりもやや寒冷な、主として冷温～亜寒帯の環境下にあったことがわかる(図7)。しかし、サイクル1の中～上部とサイクル2の上部には、暖水系浮遊性有孔虫*Globigerinoides ruber*を含む層準があることから(図6), 現在の対馬暖流に相当する暖流が日本海へ2回流入したことが示唆される。

一方、小矢部地域の大桑層が堆積した浅海帯の底生有孔虫化石のバリマックス群集は、概して冷温～亜寒帯の環境を示しているが、サイクル1では第4バリマックス群集が卓越するため、温暖な環境であったと考えられる。それに対して、サイクル2では浮遊性種には温暖種が認められるが、底生種は寒冷種で占められる(図7)。対馬暖流の影響下にある現在の北陸沖の外部浅海帯では、温暖な表層水に対応する底生種(*Bulimina marginata*, *Rectobolivina raphanus*)が多産する。しかし、サイクル2の上部ではこれらの暖水系種群がほとんどみられないことから、当時の暖流水塊の厚さが現在の対馬暖流より薄く、外部浅海帯より浅い地域(水深約80～120 m以浅)にはその影響が及ばなかったものと推定される。

すなわち、大桑層下部の堆積した後期鮮新世～前期更新世(約2.0 Ma～約1.4 Ma)当時、北陸地方の表層水塊は概して冷温～亜寒帯の環境にあり、本層上部の堆積した約1.7 Ma以降、暖流が断続的に流入したものの、その深度は外部浅海帯(水深約80～120 m)以浅に限られていたと考えられる。

Kitamura *et al.* (1997)によると、大桑層では1.3 Maにおいても、暖流系表層水の影響の及

ぶ水深が、現在の約150 mとは異なって約100 m以浅に限定されていた可能性が指摘されており、前期更新世当時の暖流の厚さは現在よりも薄かったと考えられる。

考察3：石灰質堆積物の成因について

小矢部バイパスセクションの大桑層上部において、各堆積サイクルの下底部にみられる石灰質細粒砂岩や貝化石密集層は、軟体動物・こけむし・有孔虫化石などを大量に含み、Nelson (1988) などの温帯性炭酸塩堆積物に相当する。

本セクションにおいて、炭酸塩含有量は含泥率との間に弱いながら逆相関($r=-0.50$)があり、含泥率は各堆積サイクルの上部へ向かって大きくなる(図6)。よって泥分の含有量が生物源炭酸塩粒子の集積に関与している可能性がある。

一方、浮遊性有孔虫*Globigerina quinqueloba*の産出頻度は堆積サイクルの下部で低く、上部で高い傾向をもち(図6)、その産出頻度と含泥率の間にも弱いながら正の相関がある($r=0.66$)。同種は東シナ海の長江河口域で多産することから、比較的低塩分の沿岸水の指標としてみなされている(Wang *et al.*, 1988; Xu and Oda, 1999)。荒井ほか(1998)は、富山県氷見市に分布する十二町層中部(上部鮮新統)において、同種の産出頻度が堆積物の磁化強度が高まるにつれて増加することを報告した。彼らはその原因を、陸源碎屑物を供給した河口からの距離が低海水準期に近くなったためと解釈している。このように、本種の産出頻度や含泥率の層位変化は、浅海域における河川水の影響を受けた低塩分水の指標となるといえる。

小矢部バイパスセクションにおける、*G. quinqueloba*と含泥率の層位変化からは、河川水の影響を受けた低塩分水が高海水準期に拡がった可能性が示唆される。このことは、大木(1989)で河川水、とくに河川よりの汚水の影響を受けているとされる*Buliminella elegantissima*が、サイクルの上部で多産する傾向があることも調和的である。河川水の影響が強まる原因として、(1)河口からの距離が近くなった、(2)河川流量が増加した、という2つの可能性が考えられる。しかし、

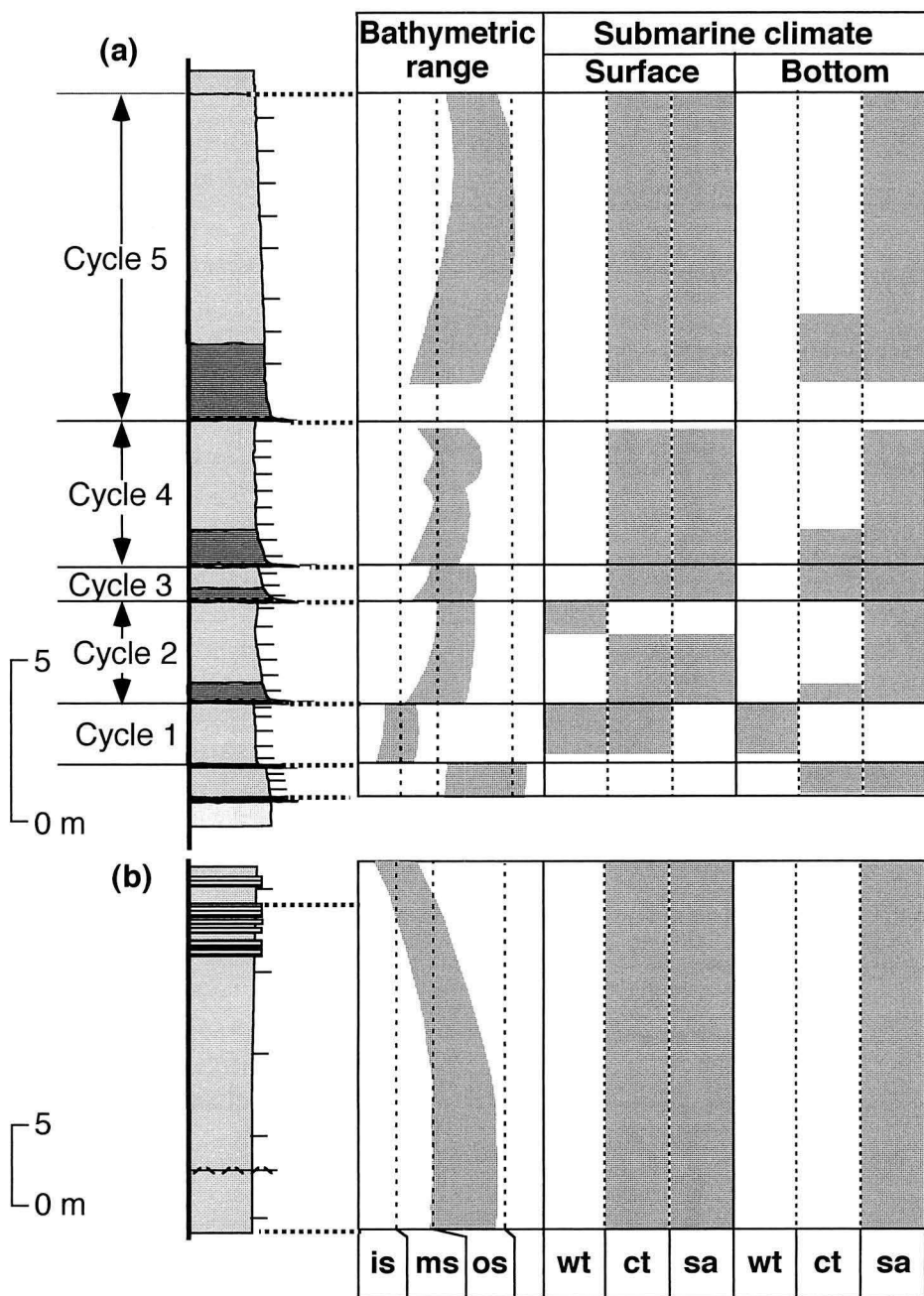


図 7. 各層準の推定される深度帯, 表層・底層における海中気候. is: 内部浅海帯, ms: 中部浅海帯, os: 外部浅海帯, wt: 暖温帯, ct: 冷温帯, sa: 亜寒帯. (a) 大桑層上部 (b) 同層下部. 気候帯区分は西村 (1981) に基づく.

Fig. 7. Estimated bathymetric range and inferred submarine climate of bottom and surface waters for each horizon. is: inner sublittoral zone, ms: middle sublittoral zone, os: outer sublittoral zone, wt: warm temperate zone, ct: cool temperate zone, sa: subarctic zone. (a) upper and (b) lower part of the Omma Formation. Definition about submarine climate is based on Nishimura (1981).

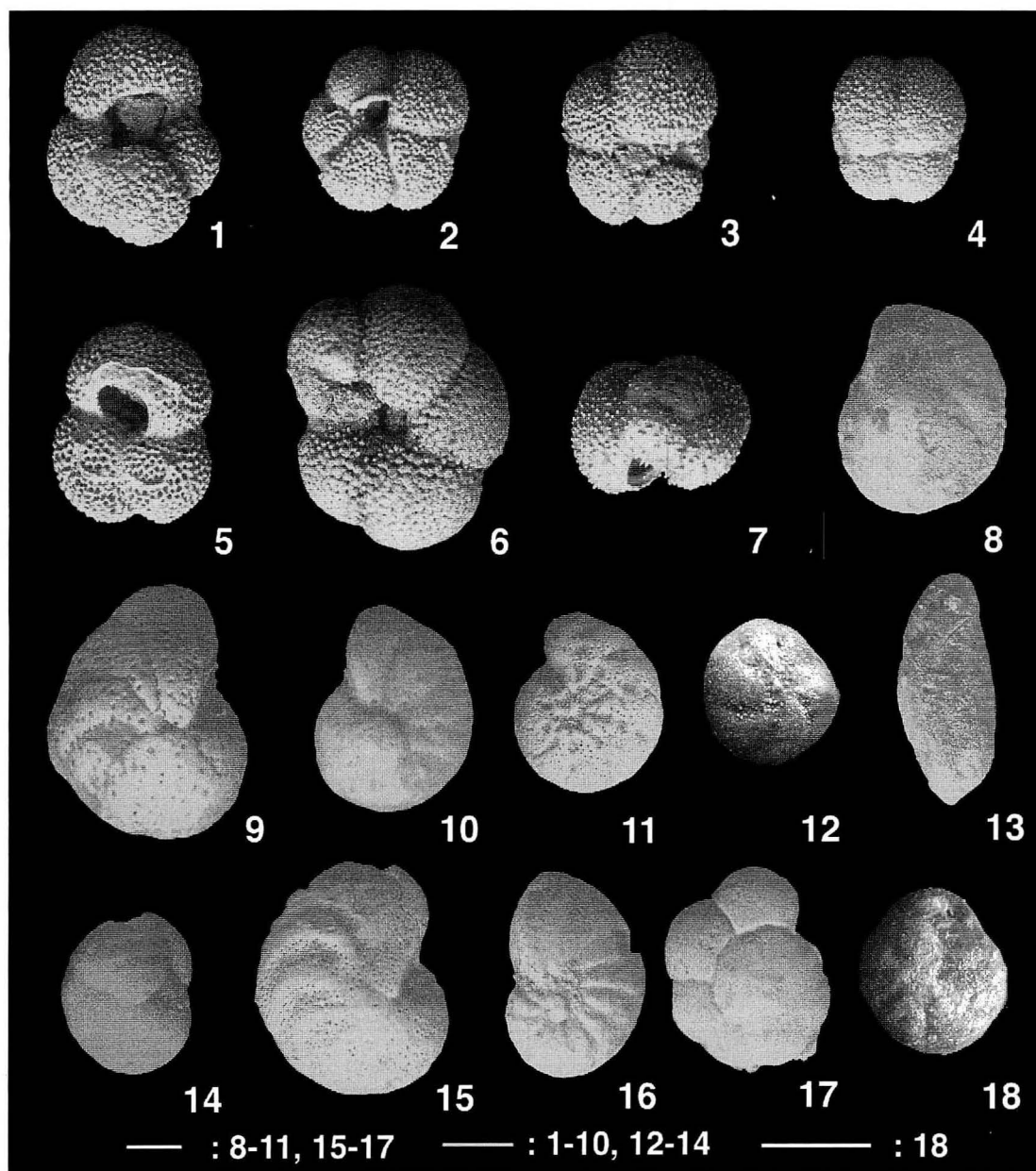


図 8. 大桑層の浮遊性・底生有孔虫化石の走査型電子顕微鏡写真, スケールバーはすべて100 μm .

Fig. 8. Scanning electron micrographs of selected fossil planktonic and benthic foraminifera from the Omma Formation. Scale bars indicate 100 μm . 1. *Globigerina bulloides* d'Orbigny. 2. *Globigerina quinqueloba* Natland. 3. *Neoglobobulimina incompta* (Cifelli). 4. *Neoglobobulimina pachyderma* (Ehrenberg). 5. *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny). 6. *Neoglobobulimina dutertrei* (d'Orbigny). 7. *Globobulimina inflata* (d'Orbigny). 8. *Islandiella sublimbata* (Asano and Nakamura). 9. *Cibicides refulgens* Monfort. 10. *Cibicides* cf. *lobatulus* (Walker and Jacob). 11. *Elphidium excavatum* (Terquem) forma *clavata* (Cushman). 12. *Buccella frigida* (Cushman). 13. *Buliminella elegantissima* (d'Orbigny). 14. *Cassidulina norvangi* Thalmann. 15. *Hanzawaia nipponica* Asano. 16. *Pseudononion japonicum* Asano. 17. *Ammonia japonica* (Hada). 18. *Pseudoparrella naraensis* Kuwano.

高海水準期には距岸距離が増して河口からの距離が離れるため、(1)の可能性は考えにくいことから、高海水準期の低塩分化は、河川流量の増加によると推定される。

一方、第1因子の考察から、各堆積サイクルの下部において細粒陸源碎屑物の供給が乏しかったことが示唆されたが、これは河川流量の減少とそれに伴う泥分の供給が乏しかったためと解釈される。

低海水準期に河川の流量が減る要因としては、降水量が減少した可能性が考えられる。河口に近い海域で海水準がほとんど変動しないにも関わらず、海底堆積物中の有機物炭素同位体比、海生微化石含有量が、降水量の減少によって高くなったとされる例が報告されている (Caratini *et al.*, 1994)。一方、日本海の海底堆積物における花粉化石の研究によると、最終氷期の日本海周辺地域は現在と比べて乾燥した気候であったと考えられている (池原・大嶋, 1996)。これは対馬暖流が最終氷期に日本海へ流入しなかったことで日本海の水蒸気蒸発量が現在より低下し、降水量が減少したためと考えられている。大桑層上部堆積期は対馬暖流の日本海への流入が始まった時期と考えられ、海水準変動に同調した降水量の変化が著しくなっており、調査地域において低海水準期と高海水準期で河川流量が異なっていた可能性が考えられる。

また、本層における石灰質細粒砂岩は常に下位に貝化石密集層を伴うが、その基底に生痕化石が密集し、さらに基質中には海緑石粒子が比較的多く含まれる。こうした産状は、海進の初期に形成される貝化石密集層 (condensed onlap shell bed: Kondo *et al.*, 1998) の特徴に類似し、P/T比から推定した堆積深度も、貝化石密集層が各サイクル内でもっとも海水準の低い時期に形成されたことを示している。

荒井 (1993) はこのような温帯性炭酸塩堆積物が形成されるためには、炭酸塩粒子の主要な生産者である固着性生物の生育に必要な硬い底質があることが、重要であるとしている。海水準の上昇初期に形成された貝化石密集層の存在は、泥質な堆積物が堆積する地域に固着性生物の育成に適

した硬い底質を与えたと思われる。

したがって、小矢部バイパスセクションの大桑層上部にみられる石灰質堆積物 (貝化石密集層、石灰質細粒砂岩) は海進初期の貝化石の集積と、海水準上昇期に河川からもたらされる泥供給量が低下したことによって形成されたと考えてよい。

これまで石灰質堆積物が形成される要因として、(1)陸源碎屑物の供給に乏しい地形であること (たとえば亀丸・根本, 1991)、(2)海水準変動に伴って陸源碎屑物の堆積作用が減少すること (たとえば北村, 1994; Kondo *et al.*, 1998)、が挙げられてきたが、小矢部地域の大桑層においては、陸源碎屑物の供給量の変化もその一因として考えなくてはならない。

ま と め

富山県小矢部市北部に分布する大桑層 (上部鮮新統～下部更新統) について、岩相・有孔虫化石群にもとづき、本層の堆積・海洋環境について検討した。

大桑層下部堆積時 (後期鮮新世) の北陸地方は、現在と比較して概して寒冷であり、冷温～亜寒帯の環境下にあった。同層上部堆積時 (前期更新世) もほぼ同様に寒冷であったが、約1.7 Ma以降対馬暖流に相当する暖流が、断続的に日本海へ流入しはじめた。当時の暖流の厚さは、現在と比較してやや薄かった (80～120 m程度) と推定される。

大桑層上部には、下位から上位に貝化石密集層あるいは小礫岩、石灰質細粒砂岩、泥質極細粒砂岩の一連のユニットで構成される堆積サイクルが5回繰り返されている。これらのサイクルの下部に認められる石灰質堆積物 (貝化石密集層・石灰質細粒砂岩) は、海進初期の貝化石の集積と海水準上昇期に河川からもたらされる泥の供給量が低下するという2つの要因で形成されたと考えられる。

謝 辞

本研究は金沢大学大学院理学研究科における修士論文をもとに、新たな結果を付加して解析したものである。金沢大学の小西健二名誉教授には本

研究の機会を与えていただき、多くのご議論をいただいた。北海道大学の長谷川四郎助教授には、因子分析に関してご教示を賜り、貴重なご意見をいただいた。金沢大学（当時、現在十文字学園女子大学）の高山俊昭教授には石灰質ナノ化石を鑑定していただき、大桑層の年代についてご教示いただいた。金沢大学の加藤道雄教授には有孔虫化石の同定に際してご教示を賜り、多くのご助言をいただいた。金沢大学の神谷隆宏助教授、北海道大学の王律江講師、静岡大学の北村晃寿博士、地質調査所の荒井晃作博士、金沢大学大学院の小沢広和氏、北海道大学大学院の塩野正道氏、金沢大学大学院の松坂剛氏には種々のご教示・ご協力をいただいた。また査読者（匿名）からは有益なご意見をいただいた。以上の方々に心から感謝申し上げます。

文 献

- 秋元和實・長谷川四郎, 1989. 日本近海における現生底生有孔虫の深度分布—古水深尺度の確立に向けて—。地質学論集, (32), 15-20.
- 荒井晃作, 1993. 温帯浅海域の炭酸塩堆積システム—オーストラリア, ヴィクトリア州南部, 第三系上部漸新統・下部中新統一。地学雑誌, 103(1), 30-48.
- 荒井晃作・安井秀・尾田太良, 1998. 富山県十二町層中部（後期鮮新世）の磁性鉱物量変動と浮遊性有孔虫化石群集に記録された古海洋環境。地質雑, 104, 525-537.
- 千地万造・紺田 功, 1970. 日本海北部奥尻島周辺の底質における有孔虫群集の深度分布について。大阪市立自然科学博物館研究報告, (23), 35-50.
- Caratini, C., Bentaleb, I., Fontugne, M., Morzadec-Kerfourn, M. T., Pascal, J. P. and Tissot, C., 1994. A less humid climate since ca. 3500 yr B.P. from marine cores off Karwar, western India. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 109, 371-384.
- Carter, R. M. and Naish, T. R., 1998. A review of Wanganui Basin, New Zealand: global reference section for shallow marine, Plio-Pleistocene (2.5-0 Ma) cyclostratigraphy. *Sedimentary Geology*, 122, 37-52.
- Cronin, T. M., Kitamura, A., Ikeya, N., Watanabe, M. and Kamiya, T., 1994. Late Pliocene climatic change 3.4-2.3 Ma: paleoceanographic record from Yabuta Formation, Sea of Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 108, 437-455.
- Grimsdale, T. F. and Van Morkhoven, F. P. C. M., 1955. The ratio between pelagic and benthonic Foraminifera as a means of estimating depth of deposition of sedimentary rocks. *Proc. Fourth World Petroleum Cong.*, Sec. 1/D, 473-491.
- Hasegawa, S., 1979. Foraminifera of Himi Group, Hokuriku province, central Japan. *Sci. Rep., Tohoku Univ.*, 2nd Ser. (Geol.), 49, 89-163.
- 長谷川四郎, 1993. 底生有孔虫からみた日本の周辺海域の水温分布—新生代海洋構造の解明に向けて—。化石, (55), 17-33.
- 長谷川四郎・小亀 出, 1995. 日本海東部, 渡島半島西方海域の有孔虫群集（予報）。岡村行信・井内美郎（編）「北海道西方海域の環境変動に関する総合的研究」, 平成6年度研究概要報告書, 地質調査所, 151-166.
- 長谷川四郎・宇佐見和子・矢吹守穂, 1997. 日本海東部, 石狩湾周辺海域の有孔虫群集（予報）。岡村行信・井内美郎（編）「北海道西方海域の環境変動に関する総合的研究」, 平成8年度研究概要報告書, 地質調査所, 251-261.
- 池原 研・大嶋秀明, 1996. 後期第四紀における日本海の堆積速度と海洋古環境, 陸上気候との関係。地球惑星科学関連学会1996年年会合同大会予稿集, 714.
- Ikeya, N., 1970. Populational ecology of benthonic foraminifera in Ishikari Bay, Hokkaido, Japan. *Japan Oceanogr. Works Japan, Rec.*, 10 (2), 173-191.
- Inoue, Y., 1989. Northwest Pacific foraminifera as paleoenvironmental indicators. *Sci. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, Sec. B, 10, 57-162.
- Ishiwada, Y., 1964. Benthonic foraminifera off the Pacific Coast of Japan referred to biostratigraphy of Kazusa Group. *Rep. Geol. Surv. Japan*, 180, 1-45.
- 亀丸文秀・根本直樹, 1991. 青森県浪岡町に分布する大釈迦層の有孔虫群集. *Sci. Rep. Hirosaki Univ.*, 38, 147-161.
- 北村晃寿, 1994. 下部更新統大桑層上部に見られる氷河性海水準変動による堆積シーケンス. 地質雑, 100 (7), 463-476.
- Kitamura, A., Kondo, Y., Sakai, H. and Horii, M., 1994. Cyclic changes in lithofacies and molluscan content in the early Pleistocene Omma Formation, Central Japan related to the 41,000-year orbital obliquity. *Palaeogeography, Palaeoclimatology,*

- Palaeoecology*, **112**, 345-361.
- Kitamura, A., Kimoto, K. and Takayama, T., 1997. Reconstruction of the thickness of the Tsushima Current in the Sea of Japan during Quaternary from molluscan fossils. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **135**, 51-69.
- Klovan, J. E. and Imbrie, J., 1971. An algorithm and FORTRAN IV program for large scale Q-mode factor analysis and calculation of factor score. *Mathematical Geology*, **3**, 61-67.
- Kondo, Y., Abbott, S. T., Kitamura, A., Kamp, P. J. J., Naish, T. R., Kamataki, T. and Saul, G. S., 1998. The relationship between shellbed type and sequence architecture: examples from Japan and New Zealand. *Sedimentary Geology*, **112**, 109-127.
- 桑野幸夫, 1953. 日本近海の現世底生有孔虫類の研究 I. オホーツク海南部の有孔虫遺骸群集 (1). 資源科学研究所彙報, (32), 71-83.
- Matoba, Y. and Fukasawa, K., 1992. Depth distribution of recent benthic foraminifera on the continental shelf and uppermost slope off southern Akita Prefecture, northeast Japan (the eastern Japan Sea). In Ishizaki, K. and Saito, T., eds., *Centenary of Japanese micropaleontology*, 207-226.
- 的場保望・本間 登, 1986. 西津軽沖日本海の現世底生有孔虫の深度分布. 的場保望・加藤道雄 (編) 新生代底生有孔虫の研究, 53-78.
- 望月勝海, 1930. 金沢市付近の最近の地史 (摘要). 地質雑, **37**, 491-510.
- Nelson, C. S., 1988. An introductory perspective on non-tropical shelf carbonate. *Sedimentary Geology*, **60**, 3-12.
- 西村三郎, 1981. 地球の海と生命: 海洋生物地理学序説. 284p, 海鳴社.
- 尾田太良・嶽元あゆみ, 1992. 浮遊性有孔虫からみた黒潮流域における過去2万年間の海洋変動. 第四紀研究, **31** (5), 341-357.
- 大木公彦, 1989. 日本周辺海域における *Buliminella* 属の生息分布. 高柳洋吉・石崎国熙 (編) 日本列島の有孔虫. 143-150.
- Ozawa, H., 1996. Ostracode fossils from the late Pliocene to early Pleistocene Omma Formation in the Hokuriku District, central Japan. *Sci. Rep. Kanazawa Univ.*, **41** (2), 77-115.
- Sato, T., Kameo, K. and Takayama, T., 1991. Coccolith biostratigraphy of the Arabian Sea. *Proc. Ocean Drilling Program, Sci. Result*, **117**, 37-54.
- 志田千晴・亀尾浩司・高山俊昭, 1989. 大桑層における石灰質ナンノ化石の水平・垂直分布. 松尾秀邦教授退官記念論文集, 25-41.
- 角 靖夫・野沢 保・井上正昭, 1989. 「石動」5万分の1地質図幅, および同説明書. 地質調査所, 1-118.
- 高田裕行・長谷川四郎, 1996. 日本海東部, 積丹半島沖海域の有孔虫群集 (予報). 岡村行信・井内美郎 (編) 「北海道西方海域の環境変動に関する総合的研究」, 平成7年度研究概要報告書, 地質調査所, 160-170.
- 高山俊明・加藤道雄・工藤哲郎・佐藤時幸・亀尾浩司, 1988. 日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序. その2: 北陸堆積盆地. 石油技術協会誌, **53**, 9-27.
- 宇佐見和子・黒澤一男・長谷川四郎, 1999. 日本海北部, 北海道北西沖海域の底生有孔虫群集 (予報). 岡村行信・井内美郎 (編) 「北海道西方海域の環境変動に関する総合的研究及び海域活断層の評価手法に関する研究」, 平成10年度研究概要報告書, 地質調査所, 92-102.
- Wang, P., Zhang, J., Zhao, Q., Min, Q., Nian, Y., Zheng, L., Cheng, X. and Chen, R., 1988. Foraminifera and Ostracoda in the bottom sediments of the East China Sea. *China Ocean Press, Beijing*. Chapter 3, Planktonic Foraminifera. 14-51.
- Xu, X. and Oda, M., 1999. Surface-water evolution of the eastern East China Sea during the last 36,000 years. *Marine Geology*, **156**, 285-304.

多変量解析を用いた化石ウチムラサキガイ（マルスダレガイ科） の殻形態の解析とその古生物学的意義

佐藤武宏*・松島義章*

Multivariate analysis of shell morphology of fossil *Saxidomus purpurata*
(Bivalvia: Veneridae) and its paleobiological implications

Takehiro Sato* and Yoshiaki Matsushima*

Abstract Fossil specimens of *Saxidomus purpurata* (Bivalvia: Veneridae) collected from Holocene marine deposits at Yokosuka, Kanagawa and Tateyama, Chiba, both Central Japan were analyzed to investigate shell polymorphism. They were divided into four test groups by locality and habitat. Ten shell variables including shell length of each individual were measured by calipers. First, they were analyzed with regression analyses against shell length and the groups were compared to the other. Then, all of the nine shell variables except shell length were standardized by shell length. Canonical discriminant analysis (CDA) was tested with the standardized nine variables.

It is proposed through regression analyses that shell breadth and ligament length show obvious variation. Shell breadth and ligament length of boring type mark higher value than those of lying type. In addition, boring type tends to have more developed adductor muscles than lying type. Thus it is suggested that *S. purpurata* boring into base have more expanded shell and higher ability on shell opening and closing. Such expanded shell form is well suitable for their boreholes. In opposite, pallial sinus length hardly shows variation.

Using CDA, it is able to discriminate four test groups correctly. The result proposed that four groups of *S. purpurata* have deferent-shaped shells in order to suit habitat. The problem is still remained which the clam is able to change its shell figure or not throughout its growth in response to habitat changes. It should be tested by transplant experiments.

はじめに

ウチムラサキガイ (*Saxidomus purpurata*) は、北海道南部以南の日本各地と韓国～中国沿岸にかけて広く分布する、マルスダレガイ科の大型種である (Higo *et al.*, 1999)。殻は卵型ないし丸みを帯びた四辺形をしていて、全体によくふくらみ、厚く重く堅固な形態をしている。本種は、内湾の潮間帯から潮下帯の砂泥底ないし砂礫底に潜入して生息するほか、海底の基盤岩に穿孔した、他の

穿孔性貝類の巣穴を二次利用することが報告されている (大里・池田, 1979)。このように異なる底質に生息することは、化石ウチムラサキガイにもみられる現象である。千葉県館山市西郷の露頭では、完新統の沼層中のカキツバタガキ (*Pretostrea imbricata*) やサンゴ類からなるいわゆるカキ礁中にまばらに生息するウチムラサキガイと、沼層の基盤をなす第三系の豊房層のシルト岩に穿孔するウチムラサキガイが観察され、それらはほぼ同時代に生息していたものであることが¹⁴C年代測定によって示されている (松島・吉村, 1979)。また、神奈川県横須賀市夏島町の露頭でも、完新統の海成層である砂礫層中に散在するウチムラサキガイと、その基盤をなす更新統の上総

* 神奈川県立生命の星・地球博物館 〒250-0031 神奈川県小田原市入生田499 Kanagawa Prefectural Museum of Natural History, 499 Iryuda, Odawara, Kanagawa 250-0031
1999年10月14日受付, 1999年12月18日受理

層群野島層の砂質泥岩に穿孔するウチムラサキガイが観察される。これらのウチムラサキガイがほぼ同時代に生息していたことは、 ^{14}C 年代測定によって示されている(松島, 未発表資料)。

これらの異なる底質に生息するウチムラサキガイの形態について、松島(1988MS)は、殻長、殻高、殻幅について比較をおこない、砂礫層に散在するものが、よりふくらみが弱く、前後に長い形態を示すのに対し、基盤岩に穿孔するものは、より殻が厚く、ふくらみが強い形態を示していることを報告している。また、この形態変異に関して、生息環境の違いがその要因の一つと考えられると結論している。しかしながら、松島(1988MS)は、殻の外形にのみ注目し、生息姿勢や潜入能力、殻の開閉能力に関連があると考えられる、内面に保存されている形態には言及していない。また、殻長、殻高、殻幅の比を比較した場合、両者の分布はかなり重なっていて、それぞれを区別することが難しい。したがって、本論では殻の外形に加え、靱帯、閉殻筋、套線湾入等の形態も比較の対象とし、どのような形態に変異が認められるか、産地と生息環境が異なるそれぞれの群を多型群として分離できるかどうか検討をおこなった。また、その形態変異の要因としてどのようなことが考えられるのかを考察したい。

材料と方法

分析には、神奈川県横須賀市夏島町のなたぎり遺跡(lat 35° 18'47"N, long 139° 38'27"E)、千葉県館山市西郷の平久里川右岸(lat 35° 00'24"N, long 139° 53'15"E)のそれぞれ完新統の海成層から、筆者の一人松島によって1987年から94年にかけて得られた化石ウチムラサキガイ179点を使用した。それぞれの試料の年代は、 ^{14}C 年代測定により、横須賀の試料が 4400 ± 120 yr. B. P.であり、館山の試料が 7330 ± 120 yr. B. P.(松島・吉村, 1979)であることが求められている。試料の多くは合併で産出し、現地性の生息環境や生息姿勢を保存していたが、わずかに離弁の産状を示すものも確認された。それぞれの試料を、産地と生息環境によって、横須賀—砂礫底に散在(YS)、横須賀—基盤岩に穿孔(YB)、館山—基

盤岩に穿孔(TB)、館山—カキ礁に散在(TO)の4グループにグループ分けし、それぞれのグループ間変異を分析した。試料は現在、神奈川県立生命の星・地球博物館に保管されている(標本番号: KPM-NN0009276~NN0009454)。

試料を水洗して堆積物を除去した後、ノギス(測定誤差0.02 mm)によって測定をおこなった。わずかではあるが離弁で産出した個体があるため、同一個体を重複して測定する可能性を排除するために、測定には右殻のみを用いた。測定部位は、殻長(L)、殻高(H)、右殻の殻幅(B)、腹縁部における殻厚(T)、靱帯長(LL)、套線湾入長(SL)、前閉殻筋痕の最大軸(AM)および短軸(am)、後閉殻筋痕の最大軸(PM)および短軸(pm)の10か所であり、[L, H, B], [AM, am], [PM, pm]がそれぞれ直交するように測定をおこなった(図1)。殻の表面装飾に関しては、個体によって装飾の磨滅の度合いが大きく異なるため、比較の対象とすることができなかった。全採集試料のうち、左殻のみが離弁で産出した個体と、破損等が原因で上記の10形質すべてが測定できない個体は除去したため、計測試料数は146点となった。各変数の基本統計量を表1に、各グループ別の個体数、各変数の平均および標準偏差を表2に示す。

グループ間変異を分析するため、それぞれの変数についてLに対する回帰をおこなった。回帰に関しては、成長にともなうプロポーションの変化を読み取る場合には、相対成長の式($y = bx^a$ または $\log y = a \log x + \log b$)を用い(速水ほか, 1968)、不偏長軸に回帰するのが適当とされている(速水・松隈, 1971)。しかし、前式に回帰する場合には、その回帰曲線を比較するのが難しい、後式に回帰する場合には、データのばらつきが過小評価されるなどの問題がある。また、前式に回帰する場合の残差平方和を最小化させる a と b の値と、後式に回帰する場合の残差平方和を最小化させる a と b の値とは、それぞれ必ずしも一致しない。本研究では、回帰分析に加えて後述の多変量判別分析をおこなったが、その際にはTakada(1992)と同様に、各形質の変量をLに対する割合として扱い、その変異に関して分析を

おこなっている。したがって、回帰分析においても、Lを絶対成長量と定義し、それ以外の変数を

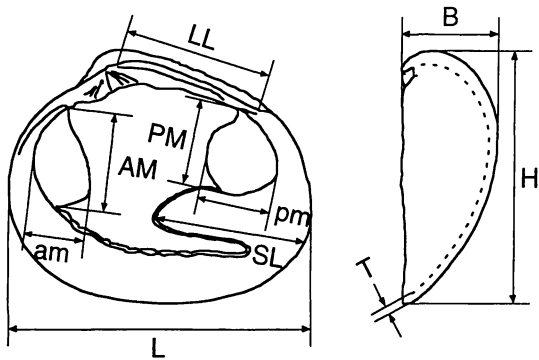


図 1. ウチムラサキガイ (*Saxidomus purpurata*) 殻体の形態計測部位。L=殻長；H=殻高；B=右殻の殻幅；T=腹縁部における殻厚；LL=靱帯長；SL=套線湾入長；AM=前閉殻筋痕の最大軸長；am=前閉殻筋痕の短軸長；PM=後閉殻筋痕の最大軸長；pm=後閉殻筋痕の短軸長。[L, H, B], [AM, am], [PM, pm] がそれぞれ直交するように測定をおこなった。

Fig. 1. *Saxidomus purpurata* shell dimensions measured for morphometric analyses: L=shell length; H=shell height; B=shell breadth of right valve; T=shell margin thickness; LL=ligament length; SL=pallial sinus length; AM=major axis of anterior muscle; am=minor axis of anterior muscle; PM=major axis of posterior muscle; pm=minor axis of posterior muscle. L, H and B are measured perpendicularly to the others. AM and am, PM and pm are measured perpendicularly each other.

表 1. ウチムラサキガイ (*Saxidomus purpurata*) 殻体における10形態の測定値。総個体数=146。SD=標準偏差；CV=変動係数 (=100×標準偏差/平均値) 単位=mm。

Table. 1. *Saxidomus purpurata* shell variables used in the morphometric analyses. Total number=146. SD=standard deviation; CV=coefficient of variance (=100×SD/mean). All dimensions in mm.

Variables (Right Valve)	Symbol	mean	SD	Min	Max	CV
Length	L	75.63	13.68	34.15	108.08	18.09
Height	H	59.26	10.96	24.10	79.28	18.50
Breadth	B	20.51	4.14	8.10	29.49	20.18
Shell Margin Thickness	T	2.04	0.52	0.65	3.42	25.69
Ligament Length	LL	35.70	7.44	14.25	52.30	20.86
Pallial Sinus Length	SL	41.22	7.36	19.15	57.58	17.86
Major Axis of Anterior Muscle	AM	21.83	4.43	7.90	30.72	20.29
Minor Axis of Anterior Muscle	am	14.69	3.46	5.35	22.19	23.54
Major Axis of Posterior Muscle	PM	20.80	4.27	7.35	28.40	20.53
Minor Axis of Posterior Muscle	pm	17.95	3.98	6.70	25.77	22.20

Lの従属関数として一貫して分析すべきと判断した。以上の理由により、回帰には直線回帰の式 ($y=ax+b$; y on x) を用いた。

各変数、各グループについて求められた回帰直線について、ある二つの回帰直線が同一であるかどうかの検定をおこなった。最初に、二つの回帰直線の誤差分散が等しいかどうかの検定をおこない、この仮説が棄却されない場合、共通の誤差分散の不偏推定量を求め、二つの回帰直線の傾きが等しいかどうかの検定をおこなった。この仮説も棄却されない場合、共通の傾きの不偏推定量を求め、二つの回帰直線の定数項が等しいかどうかの検定をおこなった。同様に、二つの回帰直線すべての組み合わせに対して検定をおこなった。

次に、各形質の測定値をLによって基準化した。新たに求められた変数 (H/L, B/L, T/L, LL/L, SL/L, AM/L, am/L, PM/L, pm/L) それぞれの平均と標準偏差を表3に示す。これらの9変数を用いて、正準判別分析による多変量判別分析をおこなった。

結 果

総採集試料179点から、左殻のみが離弁で産出した個体と、破損等が原因で10形質すべてが測定できない個体を除去して、形態計測をおこなった。ただし、合弁で産出した個体のうち、左殻のみに破損がみられる個体と、破損が計測に影響を与えない部位にのみみられる個体に関しては、除

表 2. 各グループごとのウチムラサキガイ (*Saxidomus purpurata*) 殻体における形態の測定値。グループ分けは、産地と生息環境によっておこなった。YS=横須賀—砂礫中に散在；YB=横須賀—基盤（上総層群）に穿孔；TB=館山—基盤（豊房層）に穿孔；TO=館山—カキ礁に散在。単位=mm。

Table 2. *Saxidomus purpurata* shell variables of each group. Specimens were divided into 4 groups by locality and habitat. YS=Yokosuka-lying in the sand and gravel; YB=Yokosuka-boring into base (Kazusa Group); TB=Tateyama-boring into base (Toyofusa Formation); TO=Tateyama-lying in the oyster bed. All dimensions in mm.

	YS (N=28)		YB (N=29)		TB (N=62)		TO (N=27)	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
L	80.27	13.39	67.06	12.62	76.55	12.34	77.92	14.72
H	59.34	9.69	53.19	10.74	61.94	10.77	59.52	10.88
B	20.06	3.50	18.25	3.59	21.91	4.13	20.18	4.28
T	2.23	0.44	1.75	0.49	2.20	0.52	1.78	0.40
LL	34.91	7.43	34.01	7.59	36.68	7.43	36.08	7.34
SL	43.36	7.30	35.92	6.83	41.72	6.42	43.54	7.57
AM	21.87	3.87	19.22	4.34	22.96	4.22	21.98	4.59
am	14.95	3.09	12.84	3.04	15.60	3.41	14.30	3.67
PM	20.48	3.75	18.21	4.01	22.11	4.04	20.92	4.46
pm	17.07	3.26	15.66	3.88	19.34	3.77	18.13	4.08

表 3. 殻長 (L) で基準化したウチムラサキガイ (*Saxidomus purpurata*) 殻体における形態の測定値。

Table 3. *Saxidomus purpurata* shell variables standardized by shell length (L).

	YS (N=28)		YB (N=29)		TB (N=62)		TO (N=27)	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
H/L	0.74	0.026	0.79	0.040	0.81	0.033	0.77	0.025
B/L	0.25	0.017	0.27	0.020	0.29	0.019	0.26	0.014
T/L	0.028	0.0044	0.026	0.0056	0.028	0.0038	0.023	0.0027
LL/L	0.43	0.030	0.50	0.041	0.48	0.034	0.46	0.030
SL/L	0.54	0.023	0.54	0.021	0.55	0.017	0.56	0.020
AM/L	0.27	0.013	0.28	0.020	0.30	0.018	0.28	0.014
am/L	0.19	0.015	0.19	0.015	0.20	0.021	0.18	0.018
PM/L	0.25	0.0094	0.27	0.020	0.29	0.016	0.27	0.013
pm/L	0.21	0.014	0.23	0.021	0.25	0.017	0.23	0.015

去しなかった。その結果、計測試料数は146点であった。各グループ間において、除去される個体の割合に有意なばらつきは認められなかった ($0.05 < P < 0.95$)。また、総採集試料179点のうち、破損が確認されたのは55個体108か所であり、その半数は後縁部の破損であった。腹縁部や前縁部に破損のある個体も若干みられたが、殻中央部、殻頂部が破損している個体はほとんどなかった。すべての部位に関して、各グループ間での、破損した個体の割合に有意なばらつきは認められなかった ($0.05 < P < 0.95$)。すべての試料に関する10形質の計測値と破壊の部位に関しては佐藤・松島 (in press) に報告した。

表 1 に示すように、ウチムラサキガイの殻の形質のうち、変動係数が大きい形質は、腹縁部における殻厚 (T)、前後閉殻筋の短軸 (am, pm) であった。反対に変動係数が小さい形質は、殻長 (L)、殻高 (H)、套線湾入長 (SL) であった。各変数の殻長 (L) に対する分布を図 2 に、回帰直線の式を表 4 に示す。すべての回帰直線に対して回帰の有意性の検定をおこない、回帰が有意であることを確認した ($P < 0.01$)。ほとんどすべての回帰において、相関係数 r が 0.90 を上回り、非常に強い相関関係が確認された。しかし、腹縁部における殻厚に関しては、他に比べてやや低い相関にとどまった。グループ間における相関

表 4. ウチムラサキガイ (*Saxidomus purpurata*) 殻体における形態の殻長 (L) に対する直線回帰式と相関係数および任意の 2 回帰式の同一性の検定結果. XXX=誤差分散の同一性を棄却 ($P<0.05$); XX=傾きの同一性を棄却 ($P<0.05$); X=定数項の同一性を棄却 ($P<0.05$); O=同一性の仮説が棄却されない ($P>=0.05$).

Table 4. Equation of liner regression of *Saxidomus purpurata* shell variables against the shell length, correlation coefficient and results of statistical test for the sameness of any two regression lines. XXX=First null hypothesis (two regressions have same error distribution) was rejected at $P<0.05$ level of significance. XX=Second null hypothesis (two regression lines have same slope) was rejected ($P<0.05$). X=Third null hypothesis (two regression lines have same intercept) was rejected ($P<0.05$). O=No hypothesis was rejected ($P>=0.05$).

H - L	Equation of Regression	YS	YB	TB	TO
YS (N=28)	H = 0.71 L + 2.39 , r = 0.98	-	-	-	-
YB (N=29)	H = 0.83 L - 2.27 , r = 0.97	XX	-	-	-
TB (N=62)	H = 0.85 L - 3.06 , r = 0.97	XX	O	-	-
TO (N=27)	H = 0.73 L + 2.95 , r = 0.98	X	X	XX	-

B - L	Equation of Regression	YS	YB	TB	TO
YS (N=28)	B = 0.24 L + 0.45 , r = 0.94	-	-	-	-
YB (N=29)	B = 0.27 L + 0.24 , r = 0.94	X	-	-	-
TB (N=62)	B = 0.32 L - 2.27 , r = 0.94	XX	X	-	-
TO (N=27)	B = 0.28 L - 1.73 , r = 0.97	X	X	X	-

T - L	Equation of Regression	YS	YB	TB	TO
YS (N=28)	T = 0.024 L + 0.26 , r = 0.75	-	-	-	-
YB (N=29)	T = 0.024 L + 0.12 , r = 0.63	O	-	-	-
TB (N=62)	T = 0.036 L - 0.55 , r = 0.84	O	XXX	-	-
TO (N=27)	T = 0.023 L - 0.020 , r = 0.85	X	XXX	XX	-

LL - L	Equation of Regression	YS	YB	TB	TO
YS (N=28)	LL = 0.53 L - 7.59 , r = 0.95	-	-	-	-
YB (N=29)	LL = 0.57 L - 4.28 , r = 0.95	X	-	-	-
TB (N=62)	LL = 0.58 L - 7.36 , r = 0.95	X	X	-	-
TO (N=27)	LL = 0.47 L - 0.51 , r = 0.94	X	X	XX	-

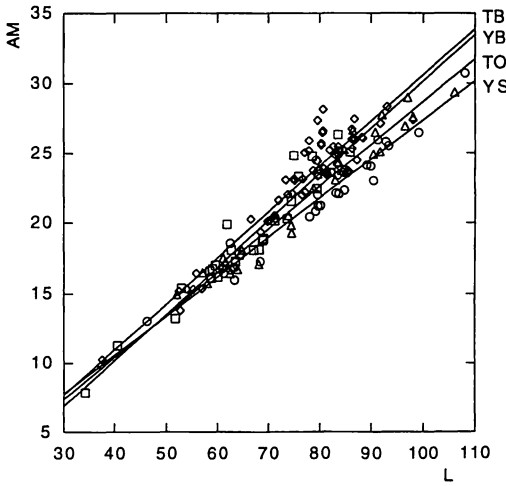
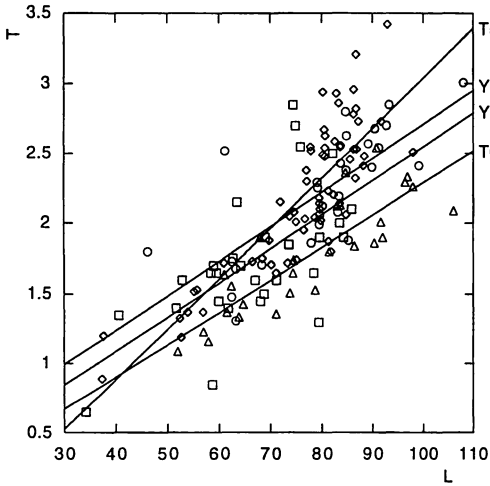
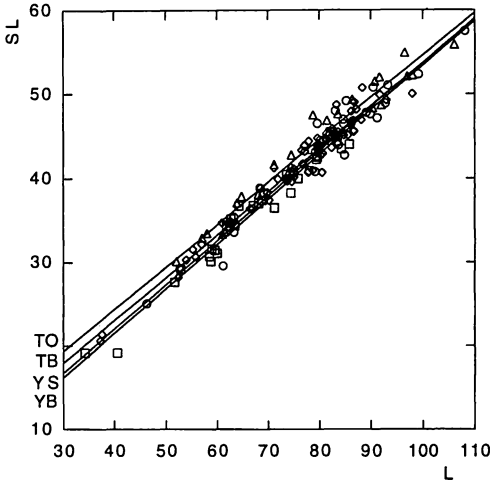
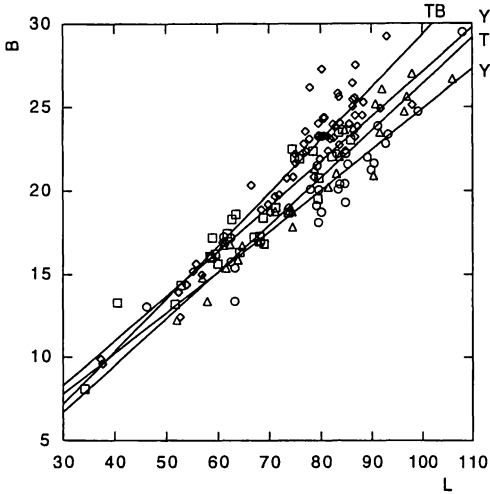
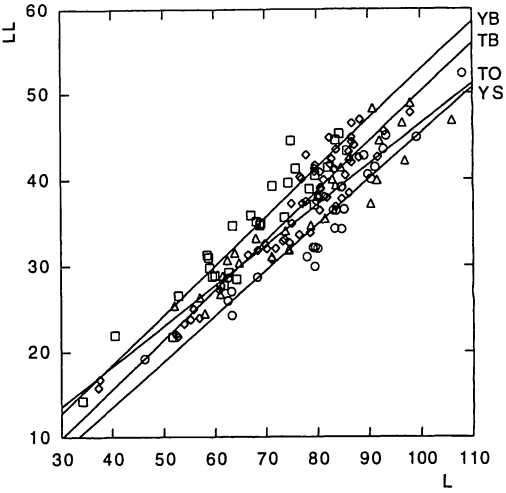
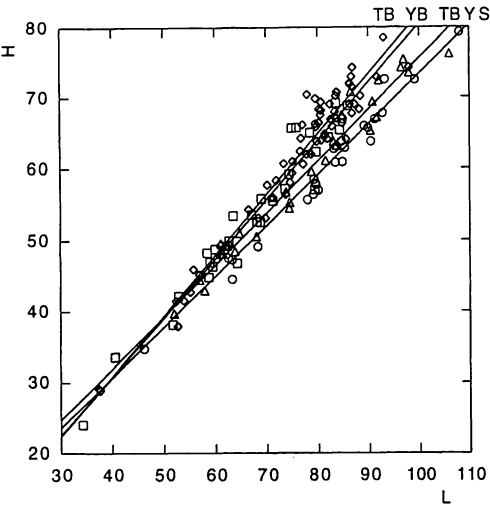
SL - L	Equation of Regression	YS	YB	TB	TO
YS (N=28)	SL = 0.53 L + 0.90 , r = 0.97	-	-	-	-
YB (N=29)	SL = 0.53 L + 0.22 , r = 0.98	O	-	-	-
TB (N=62)	SL = 0.51 L + 2.62 , r = 0.98	XXX	X	-	-
TO (N=27)	SL = 0.50 L + 4.19 , r = 0.98	X	X	X	-

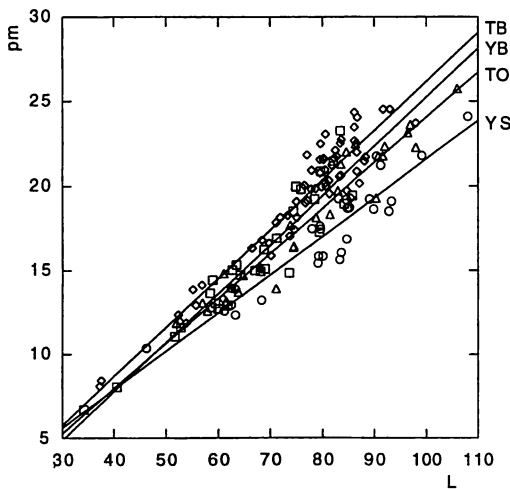
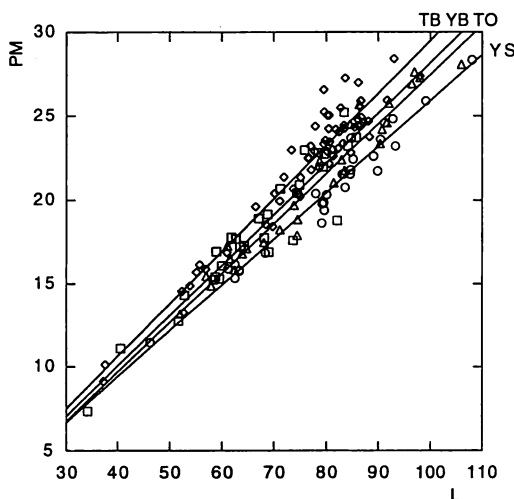
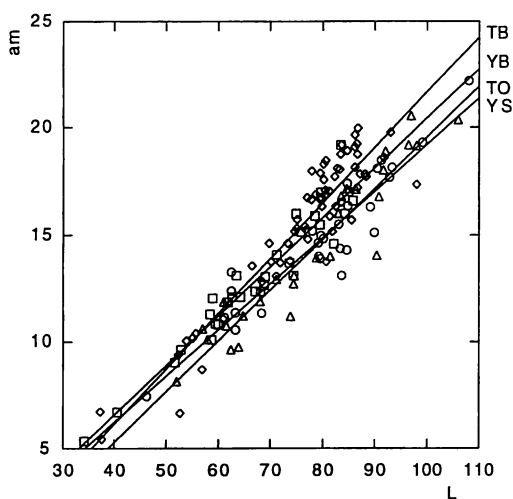
AM - L	Equation of Regression	YS	YB	TB	TO
YS (N=28)	AM = 0.28 L - 0.60 , r = 0.97	-	-	-	-
YB (N=29)	AM = 0.33 L - 3.06 , r = 0.97	XX	-	-	-
TB (N=62)	AM = 0.33 L - 2.04 , r = 0.95	X	O	-	-
TO (N=27)	AM = 0.30 L - 1.73 , r = 0.98	X	O	X	-

am - L	Equation of Regression	YS	YB	TB	TO
YS (N=28)	am = 0.22 L - 2.38 , r = 0.94	-	-	-	-
YB (N=29)	am = 0.23 L - 2.63 , r = 0.96	X	-	-	-
TB (N=62)	am = 0.26 L - 4.20 , r = 0.94	X	O	-	-
TO (N=27)	am = 0.24 L - 4.17 , r = 0.95	O	X	X	-

PM - L	Equation of Regression	YS	YB	TB	TO
YS (N=28)	PM = 0.27 L - 1.55 , r = 0.98	-	-	-	-
YB (N=29)	PM = 0.30 L - 2.00 , r = 0.95	XXX	-	-	-
TB (N=62)	PM = 0.31 L - 1.92 , r = 0.96	XXX	X	-	-
TO (N=27)	PM = 0.30 L - 2.12 , r = 0.98	X	O	X	-

pm - L	Equation of Regression	YS	YB	TB	TO
YS (N=28)	pm = 0.23 L - 1.21 , r = 0.94	-	-	-	-
YB (N=29)	pm = 0.29 L - 3.82 , r = 0.95	XX	-	-	-
TB (N=62)	pm = 0.29 L - 2.96 , r = 0.95	XX	X	-	-
TO (N=27)	pm = 0.27 L - 2.73 , r = 0.97	X	O	X	-





係数のばらつきは認められず、形質によって安定していた。

求められた回帰直線について、任意の二つの回帰直線が同一であるかどうかの検定をおこなった。同一性を判断するため、誤差分散、傾き、定数項が等しいかどうかを段階的に検定した。仮説の棄却／採択基準には $P=0.05$ を用いた。結果は表 4 に示すとおりである。4 グループすべての、6 通りの組み合わせについて、回帰直線の同一性が棄却されたのは、L に対する、右殻の殻幅 (B) と靱帯長 (LL) であった。ただし、それ以外のすべての形質についても、いずれかの組み合わせで回帰直線の同一性は棄却された。このことは、適当な形質を選択すれば、グループを判別できることを示している。ただし、前閉殻筋の最大軸 (AM) および短軸 (am) に関しては、組み合わせによっては同一性が棄却されないか、棄却される場合でも、弱いレベルで棄却されるにとどまった。このことは、グループの判別に AM, am がそれほど有効ではないことを示している。

回帰直線の同一性の検定の結果より、各グルー

図 2. ウチムラサキガイ (*Saxidomus purpurata*) 殻体における 9 形態の殻長に対する散布図と各グループごとの回帰直線。H=殻高; B=右殻の殻幅; T=腹縁部における殻厚; LL=靱帯長; SL=套線湾入長; AM=前閉殻筋痕の最大軸長; am=前閉殻筋痕の短軸長; PM=後閉殻筋痕の最大軸長; pm=後閉殻筋痕の短軸長。丸=横須賀一砂礫中に散在 (YS); 正方形=横須賀一基盤に穿孔 (YB); 菱形=館山一基盤に穿孔 (TB); 三角形=館山一カキ礁に散在 (TO)。単位=mm。

Fig. 2. Two dimension scattergrams of nine shell variables of *Saxidomus purpurata* against shell length (L) with regression lines of four test groups. H=shell height; B=shell breadth of right valve; T=shell margin thickness; LL=ligament length; SL=pallial sinus length; AM=major axis of anterior muscle; am=minor axis of anterior muscle; PM=major axis of posterior muscle; pm=minor axis of posterior muscle. Circles=Yokosuka-lying in the sand and gravel (YS); squares=Yokosuka-boring into base (YB); diamonds=Tateyama-boring into base (TB); triangles=Tateyama-lying in the oyster bed (TO). All dimensions in mm.

ブ間でどの形質が判別に有効であるかをまとめたものを図3に示す。すべての組み合わせに対して、グループの判別が可能であることが示されたが、判別に重要な形質は、組み合わせによって異なっていた。また、産地間や生息環境による形態の類似性は、明確には認められなかった。

各形質の計測値を z によって基準化した9変数を用いて正準判別分析をおこなった。各標本に対して新たに計算された第1正準判別関数値、第2正準判別関数値を用いて散布図を作成した(図4)。また、各正準変量の変数ごとの標準化

正準係数、固有値と寄与率を表5に示す。第2正準変量までの累積寄与率は0.873であり、第2正準変量までで各グループがほぼ判別できることが示された。しかし、第2正準変量まででは、YBとTOの判別はややあいまいであった。産地、生息環境共に異なる2グループが形質空間における近い位置に位置づけられ、産地、生息環境と形態の類似性の間はずしも対応していない。ただし、第3正準判別関数値を比較すると、YBは負の、TOは正の値をとっており、それぞれを判別することが可能になる。

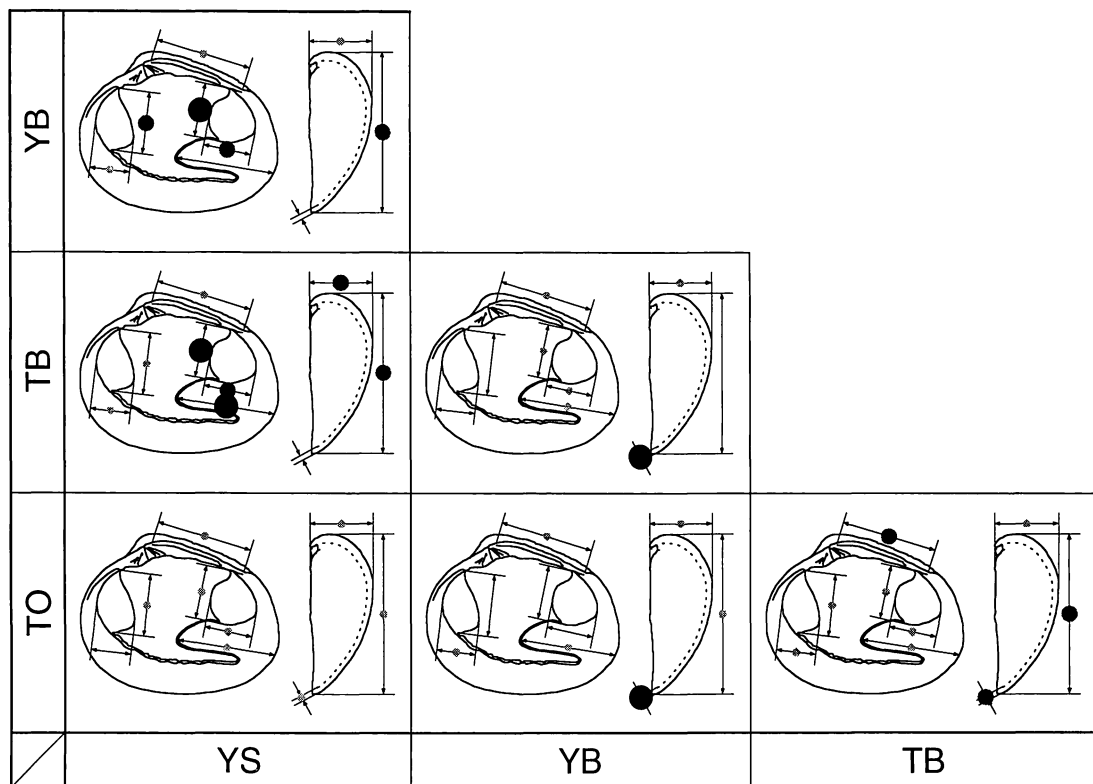


図3. 各グループ間での、ウチムラサキガイ (*Saxidomus purpurata*) 殻体における形態変異。任意の2回帰式の同一性の検定結果(表4参照)を図に示す。大型の黒丸=誤差分散の同一性が棄却($P < 0.05$)；中型で濃い網掛けの丸=傾きの同一性が棄却($P < 0.05$)；小型で薄い網掛けの丸=定数項の同一性が棄却($P < 0.05$)；マークなし=同一性の仮説が棄却されない($P \geq 0.05$)。

Fig. 3. Morphometric variation of *Saxidomus purpurata* shell variables among 4 groups. Results of statistical test for the sameness of any two regression lines (see Table 4) are illustrated in the figures. Solid large circles=sameness of error distribution was rejected ($P < 0.05$); dark-meshed medium circles=sameness of slopes of regression lines was rejected ($P < 0.05$); light-meshed small circles=sameness of intercepts of regression lines was rejected ($P < 0.05$); no sign=no hypothesis of sameness was rejected ($P \geq 0.05$).

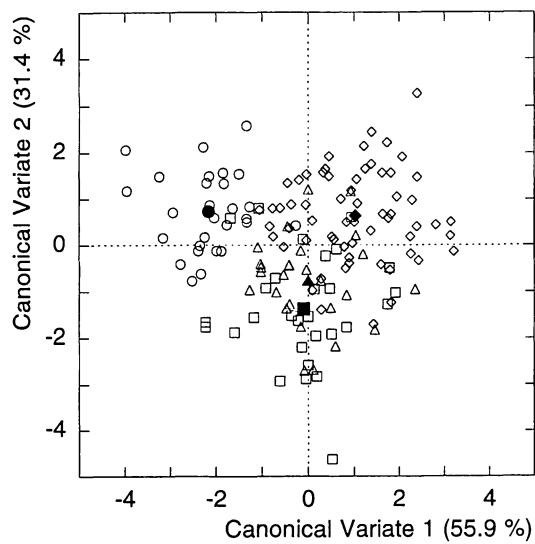


図 4. ウチムラサキガイ (*Saxidomus purpurata*) 殻体における形態形質を用いた正準判別分析による第 1 正準判別関数値, 第 2 正準判別関数値の散布図. 塗り潰し記号は各グループの重心を, 白抜き記号は各個体の位置を示す. 丸=横須賀一砂礫中に散在 (YS); 正方形=横須賀一基盤に穿孔 (YB); 菱形=館山一基盤に穿孔 (TB); 三角形=館山一カキ礁に散在 (TO).

Fig. 4. Two dimension scattergram of *Saxidomus purpurata* on the first and second canonical variates. Solid symbols represent locations of group centroids, and open symbols represent individual case scores. Circles=Yokosuka-lying in the sand and gravel (YS); squares=Yokosuka-boring into base (YB); diamonds=Tateyama - boring into base (TB); triangles=Tateyama - lying in the oyster bed (TO). Relative percentages of total variation among groups which explained by each variate (=proportion) are shown in parentheses.

この正準判別関数を用いて, 多群判別分析をおこなった結果を表 6 に示す. 判別率的中率は 78.1%と, 比較的高い値を示した. 各グループについて結果を詳しくみると, YB の判別率的中率が 65.5%と最も低かったのに対し, YS では 96.4%と極めて高い値を示した. YS を除く 3 グループではいくつかの誤判別が認められたが, 特定の群に偏って誤判別されるような傾向は認められなかった.

議 論

測定をおこなったウチムラサキガイの殻の各部位のうち, 最も変動係数が大きい形質は, 腹縁部における殻厚 (T) であった (表 1). 各グループごとの T の殻長 (L) に対する分布, 回帰式, 相関係数に注目すると (図 2; 表 4), グループ内

表 5. 各正準判別関数の, 各形質ごとの基準化正準係数, 固有値および寄与率.

Table 5. Standardized coefficients of variable, eigenvalue and proportion by canonical variate.

	Standardized Coefficients		
	Variate 1	Variate 2	Variate 3
H/L	0.436	-0.119	-0.311
B/L	0.435	0.067	-0.201
T/L	-0.448	0.717	-0.292
LL/L	-0.102	-1.024	-0.220
SL/L	0.081	0.077	0.601
AM/L	-0.096	-0.025	0.340
am/L	-0.555	0.381	-0.326
PM/L	0.324	0.340	0.143
pm/L	0.690	0.074	0.267
Eigenvalue	1.386	0.779	0.314
Proportion	0.559	0.314	0.127

表 6. 正準判別分析によるウチムラサキガイ (*Saxidomus purpurata*) の多群判別スコア.

Table 6. Discrimination score of *Saxidomus purpurata* using canonical variate discrimination analysis.

Actual Group		Predicted Group				Correct Cases	
	N	YS	YB	TB	TO	N	percent
YS	28	27	0	0	1	27	96.4
YB	29	2	19	4	4	19	65.5
TB	62	5	4	48	5	48	77.4
TO	27	0	4	3	20	20	74.1
Total	146	34	27	55	30	114	78.1

でも T のばらつきは大きく、さらに各グループの分布の範囲も重なっていた。また、回帰式の同一性を検定した結果からも、それぞれのグループの回帰直線が同一であるという仮説が必ずしも棄却されない組み合わせが存在する。したがって、T のみではグループが判別できず、T には、産地や生息環境による形態の傾向が認められるとはいえない。すなわち、T のばらつきの原因は個体変異によるものが大きいと考えられる。また、磨滅の影響も無視できない。

反対に、最も変動係数が小さい形質は、套線湾入長 (SL) であった (表 1)。各グループごとに L に対する分布、回帰式、相関係数をみても (図 2; 表 4)、グループ内でのばらつきも小さく、非常に高い相関が認められた。それぞれのグループ間において、回帰直線の同一性の検定をおこなった結果からも、同一性の仮説は棄却されないか、棄却されても弱いレベルで棄却される場合が圧倒的であった。このことは、SL は産地や生息環境を越えて安定していることを示している。形態が安定しているということは、その形質が生物活動にとって極めて重要であることが予想される。水管長と生息深度の間には密接な関係があり、水管長を反映する套線湾入長から生時の生息深度を復元することが可能である (Kondo, 1987; 近藤, 1989)。このことを応用すると、ウチムラサキガイは産地や生息環境に関わらず、潜入可能な限界深度はおおむね一定していたと考えることができよう。ただし、実際には、穿孔するタイプのウチムラサキガイは、せいぜい自らの殻長程度しか潜入を行わず、限界深度には達していない。

4 グループすべての、6 通りの組み合わせについて、回帰直線が同一であるという仮説が棄却されたのは、殻幅 (B)、靱帯長 (LL) のみであった。これは、B, LL が、グループを判別するのに有効な形質であることを示している。ある殻長における B, LL の値を比較すると、TB, YB, TO, YS の順に B の値が大きく、LL の値は YB, TB, TO, YS の順となっていた。つまり、穿孔するタイプはよりふくらみを帯びた殻と、より長い靱帯を持っているという傾向が明らかになった。

閉殻筋サイズに関しては、AM, am, PM, pm

のいずれについても、回帰直線が同一であるという仮説が棄却される場合と、棄却されない場合が混在し、グループを判別するには有効な形質とはなり得ないことが示された。しかし、ある殻長における AM, am, PM, pm の値を比較すると、TB, YB が TO, YS よりも大きい値を示すという傾向が弱いながらも認められた。

殻幅、靱帯長、閉殻筋サイズについてまとめて考察する。穿孔するタイプのウチムラサキガイは、よりふくらみを帯びた殻を持っていることが明らかにになった。このような殻形態は、比較的浅く断面が円形をしている巢穴の形状に適合する形状と考えられる。一方で、よくふくらんだ殻を開閉させるためには、強い力が必要になる。そのため、穿孔するタイプのウチムラサキガイが、閉殻筋サイズと靱帯長に関してより高い値を示したものと考えられる。閉殻筋に関しては、それぞれのサイズがわずかず増すだけで、殻を閉じる力を大きく増加させることができるが、殻を開く力と閉じる力のバランスを保ちながら、殻を閉じる力を増すためには、靱帯のサイズを大幅に増す必要がある。したがって、特に靱帯長に関して顕著な差が生じたのであろう。

穿孔するタイプのウチムラサキガイは、それ自身に比較してかなり小型のカモメガイ、ニオガイモドキなどの穿孔性貝類と共産し、これらの穿孔性貝類の巢穴を二次利用していると考えられている (松島・吉村, 1979; 松島, 1988)。穿孔するタイプのウチムラサキガイの殻形態と、これらの穿孔性貝類がつくる巢穴の形状との間にどのような関係があるのか、おそらく成長の初期の段階にこれらの穿孔性貝類の巢穴に入り込んだウチムラサキガイが、どのように巢穴を拡張し、どのように成長していくかについても詳しく調べる必要がある。Masuda (1968)、増田 (1972) は、ニオガイ科 *Pholadidea* sp. について、巢穴の長さ、穿孔する岩石の硬さとの関係を調査した結果、堆積岩に穿孔した場合の巢穴は深く穿孔した長い形状をしているのに比べ、より硬い凝灰岩や火山岩に穿孔した場合の巢穴はより短くなっていることを報告している。このことから、比較的軟らかい砂礫に比べ、より堅い基盤岩への潜入が難しいこ

とが予想される。ウチムラサキガイの場合も、砂礫に比べて穿孔する場合には、潜入が難しく、相対的に殻長の短い殻を持ち、相対的によりふくらみを帯びた殻を持つようになるのかもしれない。

回帰分析において、YS と YB, TB と TO に関してのみ回帰直線が同一であるという仮説が棄却されず、それ以外の組み合わせでは仮説が棄却される、という結果が得られれば、形態変異が産地によるものであるということが示される。しかし、そのような形態形質はまったく確認されなかった (表 4)。このことは、形態変異と産地にははっきりした関係が見出せず、形態変異の原因として、時代的な変化や地理的な変異が考えにくいことを示している。

図 3 に示されているように、任意の 2 つのグループは、何らかの適当な形質を選択することにより、それぞれを判別することが可能である。しかし、その形質は、組み合わせによって異なり、判別における絶対的な形質は存在していない。また、これまでも述べたように、形態変異と産地との間にははっきりした関係が見出せなかった。ある特定の形質のみの比較では、形態のおおざっぱな傾向を議論することはできるが、複数のグループを判別することには限界があるといえるだろう。

一方、正準判別分析は各群を最もよく分離するような座標軸を見つけ出す、非常に強力な方法であり (天野, 1996; 宮ノ下, 1998), 軟体動物では、殻における多数の形質形態を用いた種判別にも使用されている (Chow, 1987; Takada, 1992; Armbruster, 1995)。ウチムラサキガイの殻における形態形質を用いた正準判別分析をおこない、その結果得られた正準判別関数値を用いた散布図でも、各グループがよく分離されていることが確認される (図 4)。しかし、産地や生息環境が近いグループが、形質空間において近い場所に位置づけられるとは限らなかった。すなわち、形質によって、各グループはそれぞれ他のグループから判別することは可能であるが、地理的、時代的、生息環境的類似性と、形態の類似性には、単純な対応関係がみられないことが示されている。

正準判別関数を用いた多群判別分析では、判別の中率は 78.1% と高い値を示し、各グループがほ

ぼ正しく分離される結果となった (表 6)。誤判別の場合でも、特定の群に偏って誤判別されるような傾向は認められず、他の 3 グループすべてに分散していた。YS では 1 個体を除くすべての個体が正しく判別され、グループ内での形態の安定性が示された。このことから、ウチムラサキガイは、砂礫底に潜入して生活する、穿孔性貝類の巢穴を二次利用する、カキ礁中に散在するといった生息環境や生息する底質に応じて、異なる形態を示すことが明らかになった。ただし、若干の誤判別があったことからわかるように、このような形態はグループ内で常に安定しているのではなく、ある程度の変動の範囲を持っている。

環境に対応して殻の形態変異が認められ、かつその形態が外的要因によって変化するものの例としては、波浪や水質の影響によって棘の有無と棘列数が変化する、巻貝のサザエ (*Turbo* (*Batillus*) *cornutus*) の棘形態が知られている (小林, 1994)。また、Trussell (1996) は *Littorina obtusata* (タマキビガイ科) の殻厚の変異について野外観察をおこない、波浪の影響の強い場所ではより厚い殻を持ち、内湾的環境ではそれほど厚い殻を持たないことを指摘している。さらに、水槽実験によって、捕食者である *Carcinus maenas* (ワタリガニ科) の存在が、殻の肥厚に影響を与えていることを示している。Tupen (1999) も同様に、*Alia carinata* (タモトガイ科) の殻形態を、生息環境ごとにグルーピングして比較したうえで、グループによって特徴的な殻形態の変異は、着底後の選択によってもたらされたものであると結論づけ、その選択の要因としては波浪の影響や捕食の影響を挙げている。ウチムラサキガイは、その生息環境や底質によって、異なる殻形態を示すことは明らかになったが、その直接的な原因が何であるのか、成長の過程で生息環境や生息する底質が変化しても、それに対応して殻形態が変化していくのか、といったことについてはまだわからないことが残されている。これらの問題に関しては、現生ウチムラサキガイを用いて、移植によって生息環境を変化させながら殻形態を詳しく追跡していく実験などによって、調べる必要がある。また、化石を利用した形態解析の場合にも、

成長線解析によって絶対成長量を求め、成長段階を揃えた資料を検討することによって、成長と生態と形態の関係をより詳しく調査することができると考えられる。

最後に、穿孔という生態の意義について考えたい。すべての採集試料についての破損状況の観察では、破損のほとんどは後縁部と腹縁部に確認され、その頻度や割合に関してはグループ間で有意な差が見出されなかった（佐藤・松島, in press）。自生的産状から判断して、この破損は運搬にともなう破損ではないと考えられる。しかし、この破損が魚類や甲殻類の捕食によって生じたものであると結論づけるには、証拠が不十分であるといわざるをえない。その第一の理由は、後縁部を上方に、堆積物中に浅く潜入したり、他の穿孔性貝類の巣穴を二次利用して、浅く穿孔するといった生息姿勢をとる限り、捕食や運搬以外の理由による破壊が前縁部よりも後縁部におこりやすいのは当然だからである。この破壊の例としては、強い潮流によって突発的に運ばれる大型の礫の衝突によるものなどが考えられるであろう。第二の理由は、十脚目の甲殻類が巻貝を捕食する場合や、タマガイ科の巻貝が他の巻貝や二枚貝を捕食する場合を除いて、破壊された殻の形態から、破壊の原因や、捕食者を特定することが極めて難しいからである（佐藤, 1994）。

軟体動物の進化において、捕食の影響は非常に重要であると考えられ、Vermeij (1977) による中生代海洋変革 (Mesozoic Marine Revolution) の提唱以来、様々な研究がなされてきている。そして、魚類や十脚目の甲殻類など、軟体動物の殻を破壊して軟体部を捕食するタイプの捕食者の出現以降、捕食者と被食者が相互に捕食戦略、対捕食戦略を高度化させていくという進化様式はエスカレーション (Vermeij, 1978) と定義され、その結果、現在の軟体動物の驚くべき多様性がもたらされたとされている。被食者である軟体動物の対捕食戦略は、小澤 (1984) によってよく整理されているが、その一つとして、生態的戦略である穿孔が挙げられているのが、興味深い。岩石や木材に穿孔するという戦略は、カニ類のように殻を両鉗脚で挟んで破壊するようなタイプの捕食に

は非常に有効である。しかしながら、ウチムラサキガイの場合、殻後縁部の破壊は、穿孔するタイプ、砂礫底に浅く潜入するタイプのものも同様に認められ、その頻度に目立った差はない。もちろん、上述したように破壊の原因がすべて捕食によるものであるとはいえないが、少なくとも数センチメートルないし十数センチメートル程度の穿孔では、破壊に対して有効な戦略とはいえないのかもしれない。穿孔するタイプのウチムラサキガイの場合、よりふくらんだ殻を持ち、巣穴に適合した姿をしているが、その穿孔深度は、せいぜい自らの殻長と同程度にすぎず、穿孔が効果的に作用していないのであろう。穿孔するタイプのウチムラサキガイが破壊に対して有効な深度まで穿孔できない理由としては、二次利用する巣穴をつくるカメガイ、ニオガイモドキなどに比べ、体サイズが大きいのがその原因の一つかもしれない。この問題に関しては、他の穿孔性貝類の巣穴を二次利用する生態を持つ、ウチムラサキガイ以外の種について、詳細に調査を進める必要があると考えている。

まとめ

神奈川県横須賀市のなたぎり遺跡および千葉県館山市西郷の平久里川右岸のそれぞれ沖積層から採集されたウチムラサキガイ (*Saxidomus purpurata*) を産地と生息環境によって、4つのグループにグループ分けし、殻の形態変異を解析した。単回帰分析の結果、殻幅、靱帯長に関しては生息環境によって有意な差が認められた。閉殻筋サイズとあわせて考察をおこなったところ、穿孔するタイプのウチムラサキガイは、砂礫底に潜入するタイプ、カキ礁中に散在するタイプのウチムラサキガイに比べて、よりふくらみを帯び、殻の開閉能力の高い殻を持つことが明らかになった。この形態は、巣穴によく適合した形状である。一方で、套線湾入長に関しては、産地や生息環境に関わらず、安定していることが明らかになった。正準判別分析の結果、殻の形態変異は、グループを判別できる程度に分離していることが示された。これらの殻形態の変異は、生息環境や底質と深い関係を持つものと考えられるが、環境の変化にと

もなって殻形態が自由に変化することが可能であるかどうかについては、詳しく調べる必要がある。

謝 辞

東京大学の大路樹生助教授には粗稿を読んでいただき、殻の破壊とその意義に関して、貴重なご教示をいただいた。同大学の棚部一成教授をはじめ、進化古生物学セミナーの諸氏には有益な議論をしていただいた。高知大学の近藤康生助教授には、査読を通じて貴重なご意見と有益な議論をいただいた。査読者には統計的処理に関する多くの価値ある助言とともに、今後の研究の展開に関してご意見をいただいた。神奈川県立生命の星・地球博物館所蔵の標本の計測にあたっては同館の田口公則氏のご協力をいただいた。佐藤は本研究の一部に日本学術振興会科学研究費補助金（奨励(A)，課題番号: 11740288)を使用した。記して心より深謝申し上げる。

文 献

天野雅男, 1996. 計測形質による地理的変異の解析手法. 哺乳類科学, 35 (2), 145-150.
 Armbruster, G., 1995. Univariate and multivariate analyses of shell variables within the Genus *Cochlicopa* (Gastropoda: Pulmonata: Cochlicopidae). *J. Moll. Stud.*, 61, 225-235.
 Chow, V., 1987. Morphological classification of sibling species of *Littorina* (Gastropoda: Prosobranchia): Discretionary use of discriminant analysis. *Veliger*, 29 (4), 359-366.
 速水 格および昭和42年度九州大学地質学科三年生, 1968. 二枚貝殻の変異と相対成長—I. 福岡市郊外津屋崎産タマキガイ属 *Glycymeris* 2 種について. *Venus*, 27 (3), 95-110.
 速水 格・松隈明彦, 1971. 化石の計測と統計—アロメトリーと個体変異の解析—. 九州大学理学部研究報告(地質学), 10 (3), 135-160.
 Higo, S., Callomon, P. and Goto, Y., 1999. Catalogue and bibliography of the marine shell-bearing Mollusca of Japan. 749p., Elle Scientific Publications, Yao, Osaka.
 小林辰至, 1994. 九州東海岸産サザエ (*Batillus cornutus*) の形態変異. *Venus*, 53 (3), 229-239.
 Masuda, K., 1968. Sandpipes penetrating igneous

rocks in the environs of Sendai, Japan. *Trans. Proc. Palaeontol. Soc. Japan*, N. S., (72), 351-362.
 Kondo, Y., 1987. Burrowing depth of infaunal bivalves-observation of living species and its relation to shell morphology. *Trans. Proc. Palaeontol. Soc. Japan*, N. S., (148), 306-323.
 近藤康生, 1989. 二枚貝化石の産状観察法—現生二枚貝の堆積物内における生息位置と化石二枚貝の地層中における方向性との比較観察法—. 日本ベントス研究会誌, (37), 73-82.
 増田孝一郎, 1972. 硬質岩中の巢穴化石とその地質学的意義. 岩井淳一教授記念論文集, 691-696.
 松島義章, 1988 (MS). 東京湾西岸平潟湾の沖積層にみられるウチムラサキの産状と形態. 日本古生物学会1988年年会講演予稿集, 108.
 松島義章・吉村光敏, 1979. 館山市西郷の平久里川における沼層の¹⁴C年代. 神奈川県立博物館研究報告(自然科学), (11), 1-9.
 宮ノ下明大, 1998. アブラゼミの抜け殻に地理的変異はあるか—多変量解析からわかること—. 遺伝, 52 (5), 52-57.
 大里明博・池田 等, 1979. 猿島の高産貝類相について. 観光資源保護財団(編), 猿島の自然, 153-159, 観光資源保護財団, 東京.
 小澤智生, 1984. 貝類食者の捕食活動と貝類の適応・進化. I—貝類食者の分化と貝類の適応・進化. 海洋と生物, 6 (1), 2-8.
 佐藤武宏, 1994. 貝類が受ける捕食現象とエスカレーション. 化石, (57), 50-63.
 佐藤武宏・松島義章 (in press). 化石ウチムラサキガイの生息環境と殻の破壊状況およびその意義について. 神奈川自然誌資料, (21).
 Takada, Y., 1992. Multivariate analysis of shell morphology of *Notoacmea* spp. in Amakusa. *Venus*, 51 (3), 175-185.
 Trussell, G. C., 1996. Phenotypic plasticity in an intertidal snail: the role of a common crab predator. *Evolution*, 50 (1), 448-454.
 Tupen, J. W., 1999. Shell form and color variability in *Alia carinata* (Neogastropoda: Columbellidae). *Veliger*, 42 (3), 249-259.
 Vermeij, G. J., 1977. The Mesozoic marine revolution: evidence from snails, predators and grazers. *Paleobiology*, 3, 245-258.
 Vermeij, G. J., 1987. Evolution and escalation. 537p., Princeton University Press, Lawrenceville, New Jersey.

飛驒外縁帯西部の福井県和泉村伊勢川上流地域から産する デボン紀放散虫化石*

栗原敏之**

Devonian radiolarians from the Upper Ise River area of the western part of
the Hida Gaien Belt, Izumi Village, Fukui Prefecture, central Japan*

Toshiyuki Kurihara**

Abstract Moderately well-preserved Early to Middle Devonian (Emsian to Eifelian) radiolarians were recovered from shaly portions of alternating sandstone and shale exposed at the Upper Ise River area of the western part of the Hida Gaien Belt, in Izumi Village, Fukui Prefecture, central Japan. This radiolarian-bearing clastic sequence differs lithologically from the limestone-dominant sequence previously defined as the Kamianama Group and thus the stratigraphic subdivision of the Devonian in this area should be revised. The radiolarian fauna of this clastic sequence is characterized by an abundant occurrence of species belonging to the genera *Palaeoscenedium*, *Deflantrica*, and *Pactarentinia*, and is comparable with that of the late Early to early Middle Devonian *Glanta fragilis* and *Protoholoeciscus hindea* zones proposed in the Yokokurayama area of the Kurosegawa Belt. The newly obtained microfossil and lithostratigraphic data strongly support that the Devonian strata consisting of both clastic and limestone-dominant sequences of the Ise area are correlative with the Yoshiki and Fukuji Formations of the Fukuji area, respectively.

はじめに

飛驒外縁帯は、オルドビス紀から三畳紀の非変成ないし弱変成の中・古生界、結晶片岩類、超苦鉄質～苦鉄質岩類から構成され、これらの構成岩類は、新潟県西部から福井県東部にかけて断続的に総延長約200 kmにわたり分布している(図1)。このうち、福井県東部の大野郡和泉村から大野市における分布域は伊勢地域と呼ばれ、岐阜県上宝村の福地地域とならぶ古典的な研究地域として知られている。この地域からは、1950年代の初頭には既に石岡・亀井(1950)により *Favosites* の産出が報告され、デボン系(原著ではゴトランド系)の存在が明らかにされている。

従来、飛驒外縁帯のデボン系については、福地地域の福地層をもって石灰岩相が卓越するものと

して理解されてきた(例えば, Igo, 1990)。一方、西南日本外帯の黒瀬川帯や東北日本の南部北上帯のデボン系は、主に珪長質凝灰岩・凝灰質碎屑岩から構成されることから、飛驒外縁帯の石灰岩を主体とするデボン系は黒瀬川帯・南部北上帯との顕著な相違点として捉えられてきた(梅田, 1996b)。しかし最近、岐阜県丹生川村の呂瀬金山地域に碎屑岩・火山碎屑岩からなるデボン系が発見され(田沢ほか, 1996, 1997; 田沢ほか, 1999)、飛驒外縁帯にも碎屑岩・火山碎屑岩主体のデボン系が存在することが明らかになった。また、1990年代中頃から急速に発展した後期シルル紀から中期デボン紀の放散虫化石層序に基づき、世界的に、大型化石に乏しく詳しい堆積年代が不明であった碎屑岩・火山碎屑岩類の年代決定や地層の対比が可能となってきた(例えば, Noble, 1994; Umeda, 1998)。日本における中部古生界碎屑岩・火山碎屑岩類についての年代決定や対比に関する研究は、黒瀬川帯や南部北上帯で精力的に行われてきたが(例えば, 梅田, 1998b)、飛驒外縁帯においても、福地地域の碎

*日本古生物学会1999年年会(仙台)にて一部講演。

**筑波大学大学院地球科学研究科 Doctoral Program in Geoscience, University of Tsukuba, Ibaraki 305-8571, Japan
1999年11月8日受付, 1999年12月8日受理

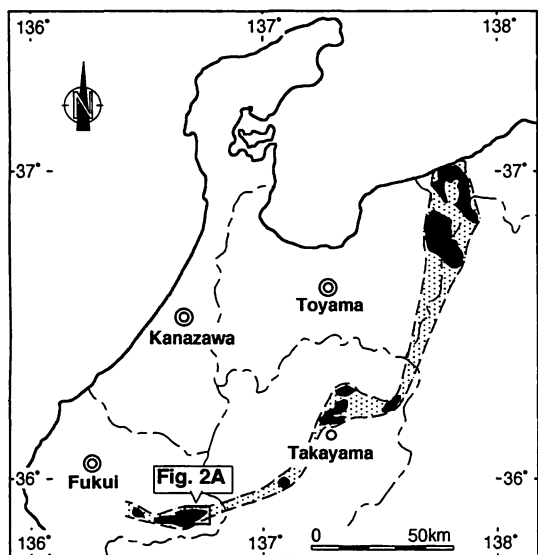


図 1. 飛騨外縁帯の分布域と検討地域の位置図。

Fig. 1. Index map showing the distribution of the Hida Gaiken Belt and the location of the study area.

屑岩からなる吉城層が放散虫化石の検討からデボン系である可能性が指摘される（梅田，1997）など，砕屑岩・火山砕屑岩相のデボン系について関心が高まっている。しかしながら，飛騨外縁帯における砕屑岩・火山砕屑岩相の詳細な層序や年代の情報は未だ少なく，飛騨外縁帯のデボン系の堆積場・形成過程や，黒瀬川帯・南部北上帯との対比を考察する上で大きな問題点となっており，さらなる資料の蓄積が必要である。

筆者は，飛騨外縁帯の放散虫化石に基づく層序・年代の再検討を進めているが（Kurihara, 1999 MS），伊勢地域では既に，九頭竜湖北岸の子馬巣谷において砕屑岩から後期シルル紀および前期～中期デボン紀の放散虫化石を報告した（栗原・指田，1998, Kurihara and Sashida, in press）。その後検討を進めた結果，伊勢川上流地域の砕屑岩から前期デボン紀の後期～中期デボン紀の前期の放散虫化石を得ることができた。本論では，得られた放散虫化石について報告し，その年代論・対比について議論する。なお，これらの新知見により伊勢地域の中古生界の層序区分は大幅な改

訂が必要な状況であるが，これについては稿を改めて記載報告する予定である。

地質概説

伊勢地域における飛騨外縁帯の構成岩類は，和泉村の九頭竜湖周辺から大野市の笹生・真名川，雲川流域にかけての約 6×20 km の範囲に分布している。本地域における総括的な地質研究は，河合（1956），河合ほか（1957），Yamada（1967）および金属鉱業事業団（1980）によって行われている。宮川・山田（1988）は，本地域の飛騨外縁帯非・弱変成層を Yamada（1967）や大野ほか（1977）に基づき，未区分シルル系，デボン系上穴馬層群，石炭系長野層，ベルム系大洞谷層，野尻層群，マガトジ層および年代未詳の大谷層，本戸層，芦谷層群に区分している。

これらの各累層・層群のうち，河合（1956）によって提唱された上穴馬層群は，Yamada（1967）によれば，九頭竜湖北岸の大洞谷，イヤマ谷，悪原谷，子馬巣谷および伊勢川上流のオイセ谷付近に分布し，*Favosites*をはじめとする大型化石を多量に含む石灰岩が卓越し，その他，砂岩・粘板岩などからなるとされている。本層群の模式地とされるオイセ谷付近に分布する石灰岩からは，サンゴ（石岡・亀井，1950；前田，1958；Hamada, 1959），三葉虫（岡崎ほか，1974），コヌラリア類（田中ほか，1977；Murata, 1977），頭足類（神谷・児子，1997）など豊富な化石が報告されており，この石灰岩層は，これらの化石や岩相に基づき飛騨外縁帯福地地域のデボン系福地層に対比されている。しかし，オイセ谷付近では地層の露出は著しく不良のため，上穴馬層群の詳しい岩相・層序については明らかにされていない。

一方，Yamada（1967）により上穴馬層群の分布域の一つとされた九頭竜湖北岸の子馬巣谷において，栗原・指田（1998）は砕屑岩から後期シルル紀および前期デボン紀の後期～中期デボン紀の前期の放散虫化石を報告し，従来，石灰岩が卓越するとされてきた本地域のデボン系に，砕屑岩からなるシルル系・デボン系が存在することを明らかにした。なお，栗原・指田（1998）では

これらの碎屑岩類を便宜的に上穴馬層群として扱っている。

検討セクションの岩相記載

検討したセクションは、オイセ谷から約800 m 西に位置する沢ぞいである(図2)。図3のルートマップに示すように、この沢の入口付近では手取層群の頁岩層と断層で接して、結晶質石灰岩が露出している。この結晶質石灰岩は本セクションから約250 m西方の伊勢峠付近に分布する石炭系長野層の石灰岩(Yamada, 1967)と岩相が類似しており、長野層に相当すると考えられる。中流部では、砂岩頁岩互層、苦鉄質貫入岩、砂岩、石灰岩、凝灰岩およびそれらの互層が約80 mにわたり露出する。この上流には、時代未詳大谷層の礫岩およびペルム系野尻層群此木谷層の緑色岩が分布する。

放散虫化石が産出したのは、中流部の砂岩頁岩

互層の頁岩部である(図4)。砂岩頁岩互層の全体の層厚は約21 mで、一部に礫岩および凝灰質砂岩を挟む。砂岩頁岩互層の走向・傾斜は、一般にN70°~80°W, 35°~60°Nを示すが、一部ではN20°~40°Wの走向を示すところもある。また砂岩部に見られる級化構造は、本セクションの砂岩頁岩互層が北上位であることを示す。

この砂岩頁岩互層は、下流側(下位側)より、(1)砂岩頁岩互層(頁岩勝ち)、(2)礫岩層、(3)砂岩頁岩互層(等量)、(4)砂岩頁岩互層(頁岩勝ち)、(5)砂岩頁岩互層(等量)、(6)砂岩頁岩互層(砂岩勝ち)、(7)凝灰質砂岩、(8)砂岩頁岩互層(砂岩勝ち)、および(9)砂岩頁岩互層(等量)からなる。(1)、(4)の砂岩頁岩互層は、厚さ3~5 cmの黒色頁岩と厚さ数mmから2~3 cmの暗褐色砂岩の互層からなる。(3)、(5)、(9)の砂岩頁岩互層は厚さ3~5 cmの黒色頁岩と暗褐色砂岩の互層からなる。(6)、(8)の砂岩頁岩互層は厚さ数mmの頁岩と

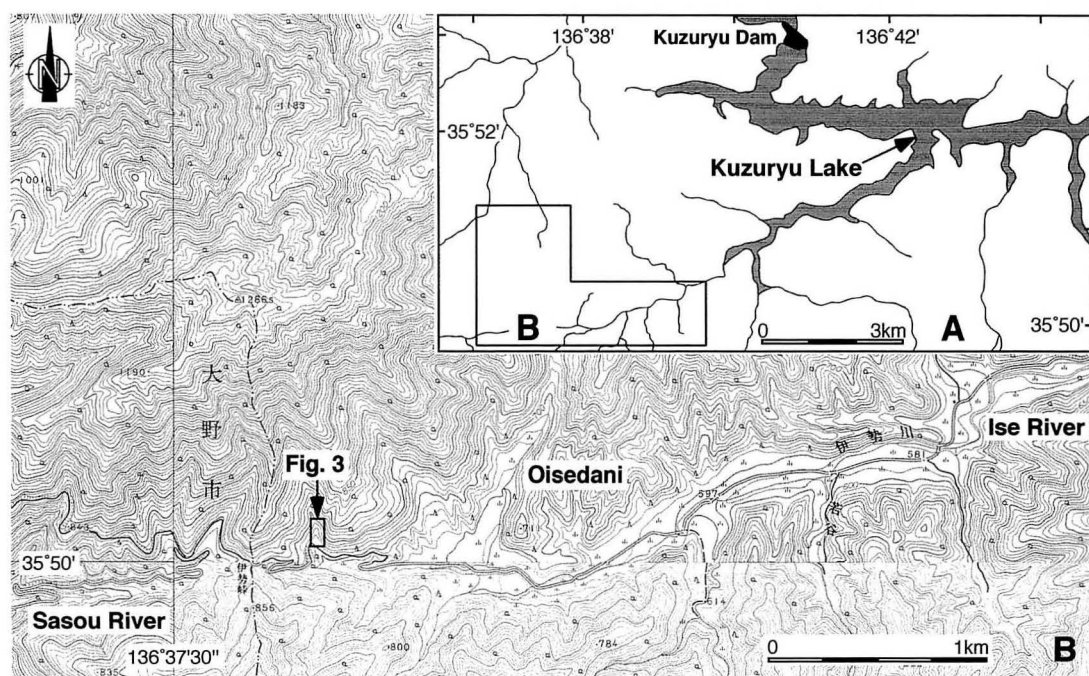


図2. 検討セクションの位置図。

Fig. 2. Locality map showing the study section. Base maps are after 1:25,000-scale topographic maps of Japan, Quadrangle "Echizen-Asahi", "Nakatatsu-Kouzan", "Heikegadake", and "Nougouhakusan", Geographical Survey Institute of Japan.

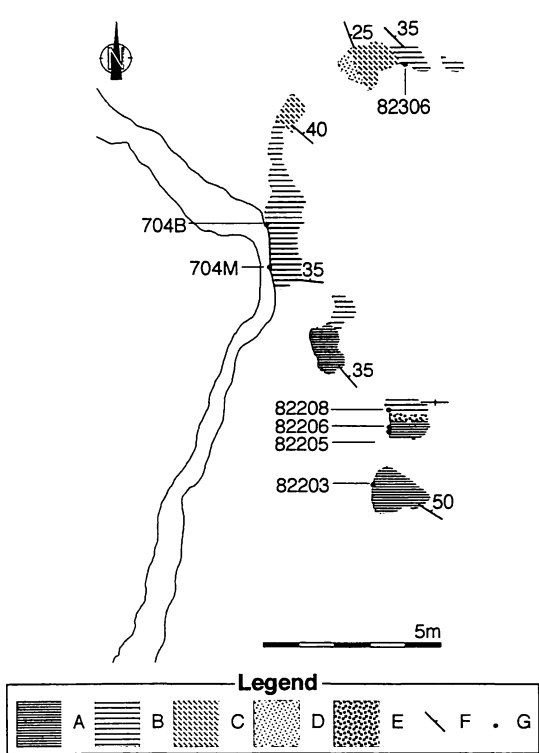
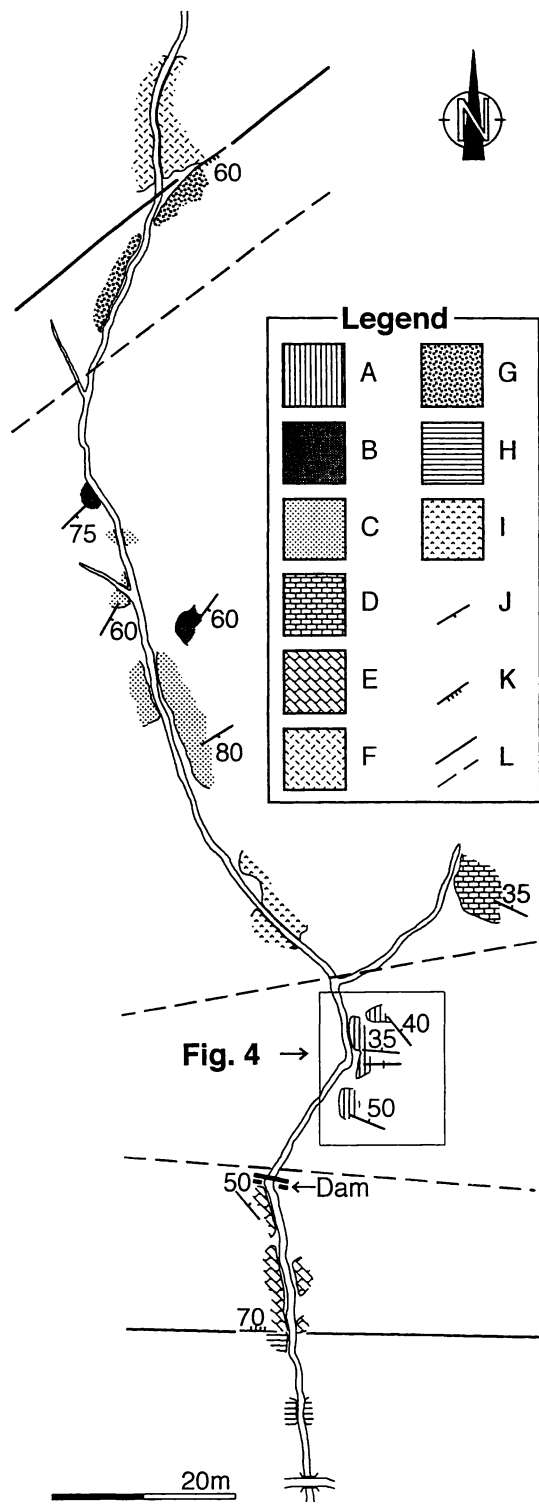


図 4. 放射虫化石産出地点のルートマップ。

Fig. 4. Route map showing the locations of radiolarian-bearing samples. A: alternating sandstone and shale (shale rich), B: alternating sandstone and shale (even), C: alternating sandstone and shale (sandstone rich), D: tuffaceous sandstone, E: conglomerate, F: strike and dip of bedding plane, G: location of radiolarian-bearing sample.

図 3. 検討セクションのルートマップ。

Fig. 3. Route map along the study section. A: alternating sandstone and shale, B: alternating limestone and tuff, C: sandstone, D: limestone, E: limestone (Nagano Formation), F: greenstone (Konogidani Formation), G: conglomerate (Otani Formation), H: shale (Tetori Group), I: mafic intrusive rock, J: strike and dip of bedding plane, K: strike and dip of fault plane, L: fault and inferred fault.

灰色ないし暗褐色砂岩の互層からなる。これらの砂岩頁岩互層の砂岩部は、細粒のワッケ質砂岩で、主にやや円磨された石英粒子からなり、他に黒雲母や不透明鉱物が含まれる。砂岩部には平行葉理や級化構造などが見られ、一部には生物擾乱の痕跡と思われる連続性の悪い頁岩が挟在される。頁岩部は、泥質な基質とシルトサイズ以下の微細な石英粒子からなるが、稀に極細粒砂サイズの石英粒子も含まれる。特に細粒な部分には、球状の放散虫殻が散在していることもあるが、一般にその含有量は少ない。(2)の礫岩は層厚約50 cmで、礫種はほとんどが灰白色ないし暗灰色の結晶質石灰岩からなり、礫径は1 cm以下である。これらの礫は暗緑色を呈する凝灰質な基質中に基質支持で含まれている。(7)の凝灰質砂岩は(6)および(8)の砂岩頁岩互層中に厚さ約50 cmで挟在されている。この砂岩は灰色から灰緑色を呈する、細粒～中粒のワッケ質砂岩である。単層の厚さ6～10 cmで成層しており、部分的に平行葉理が見られるところもある。構成粒子の多くは非常に角ばった石英粒子で、その他、火山ガラス、斜長石、黒雲母などが含まれる。また稀に長径1 mm程度の石灰岩の岩片が含まれていることもある。

一方、これらの砂岩頁岩互層の上流には、砂岩、石灰岩、淡緑色凝灰岩およびそれらの互層が露出する。石灰岩は黒色泥質でオイセ谷と同様な *Heliolites* 属や *Favosites* 属などのサンゴ化石を含む部分があり、従来上穴馬層群を代表するものとされてきた石灰岩層に相当するものと考えられる。凝灰岩および石灰岩と凝灰岩の互層部で測定した走向・傾斜はN40°～45°E, 60°～75°Sで、上記の放散虫化石の得られた砂岩頁岩互層の走向と著しく斜交する。従って、この石灰岩・凝灰岩と砂岩頁岩互層は断層で接していると考えられる。

放散虫化石

上述の砂岩頁岩互層における頁岩部より37の試料を採取し、フッ化水素酸処理を行い放散虫化石の抽出を試みた。その結果、7試料(82203, 82205, 82206, 82208, 704M, 704B, 82306)から放散虫化石を抽出することができた。得られた放散虫化石の層序分布について図5に、放散

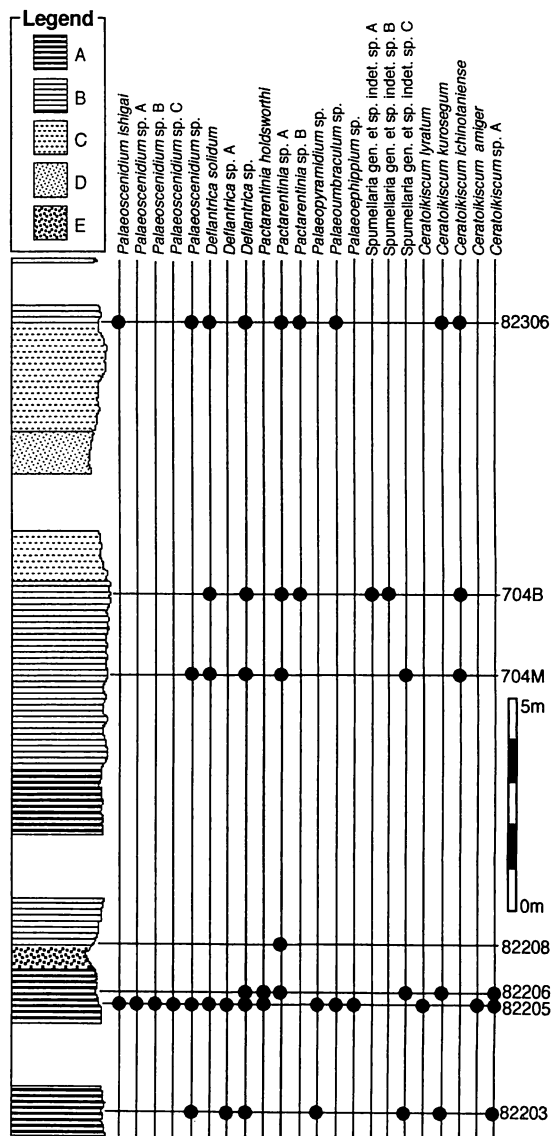


図5. 放散虫化石産出層の柱状図と放散虫化石の層序分布。

Fig. 5. Column for the radiolarian-bearing strata and their radiolarian horizons. A: alternating sandstone and shale (shale rich), B: alternating sandstone and shale (even), C: alternating sandstone and shale (sandstone rich), D: tuffaceous sandstone, E: conglomerate.

虫化石の電子顕微鏡写真を図6および図7に示す。

これらの試料から得られた放散虫群集は、いずれの試料も *Palaeoscenidiidae* 科と *Ceratoikiscidae* 科の放散虫が卓越することで特徴づけられ、同一の放散虫動物群を構成するものと考えられる。特に *Palaeoscenidiidae* 科の放散虫としては、針状の骨格に箆状あるいは球状の殻を持った *Deflantrica* 属や *Pactarentinia* 属が多く見られる。

上記の 7 試料のうち、特に保存良好な放散虫化石を含む試料 82205 からは、これまでに *Palaeoscenidium ishigai* Wakamatsu, Sugiyama and Furutani, *Palaeoscenidium* sp. A, *Palaeoscenidium* sp. B, *Palaeoscenidium* sp. C, *Palaeoscenidium* sp., *Deflantrica solidum* Wakamatsu, Sugiyama and Furutani, *Deflantrica* sp. A, *Deflantrica* sp., *Pactarentinia holdsworthi* Furutani, *Palaeopyramidium* sp., *Palaeoumbraculum* sp., *Palaeoehippium* sp., *Ceratoikiscum lyratum* Ishiga, *Ceratoikiscum amiger* Furutani および *Ceratoikiscum* sp. A が同定されている。一方、試料 82306 から得られた放散虫群集には、*P. ishigai* や *D. solidum* など試料 82205 と同様な種が含まれるほか、*Pactarentinia* sp. A, *Pactarentinia* sp. B など球状の殻と棒状の主棘を持つ *Palaeoscenidiidae* 科の放散虫が多数含まれる。なお、*Pactarentinia* sp. A および *Pactarentinia* sp. B などのように median bar が球状殻の内部に位置するタイプは Furutani (1996) では *Tlecerina* (s. l.) とされている。しかし、Furutani (1983) によれば *Tlecerina* 属はブレード状の主棘を持つとされている。本論では *Pactarentinia* sp. A および *Pactarentinia* sp. B が棒状の主棘を持つことを重視し、これらを *Pactarentinia* 属として扱った。また試料 704B からは試料 82306 とほぼ同様な種が得られているほか、円盤状の殻とその周囲に 7~10 本の主棘を持つ *Spumellaria* gen. et sp. indet. sp. A や二極性の主棘を持つ *Spumellaria* gen. et sp. indet. sp. B など得られている。

考 察

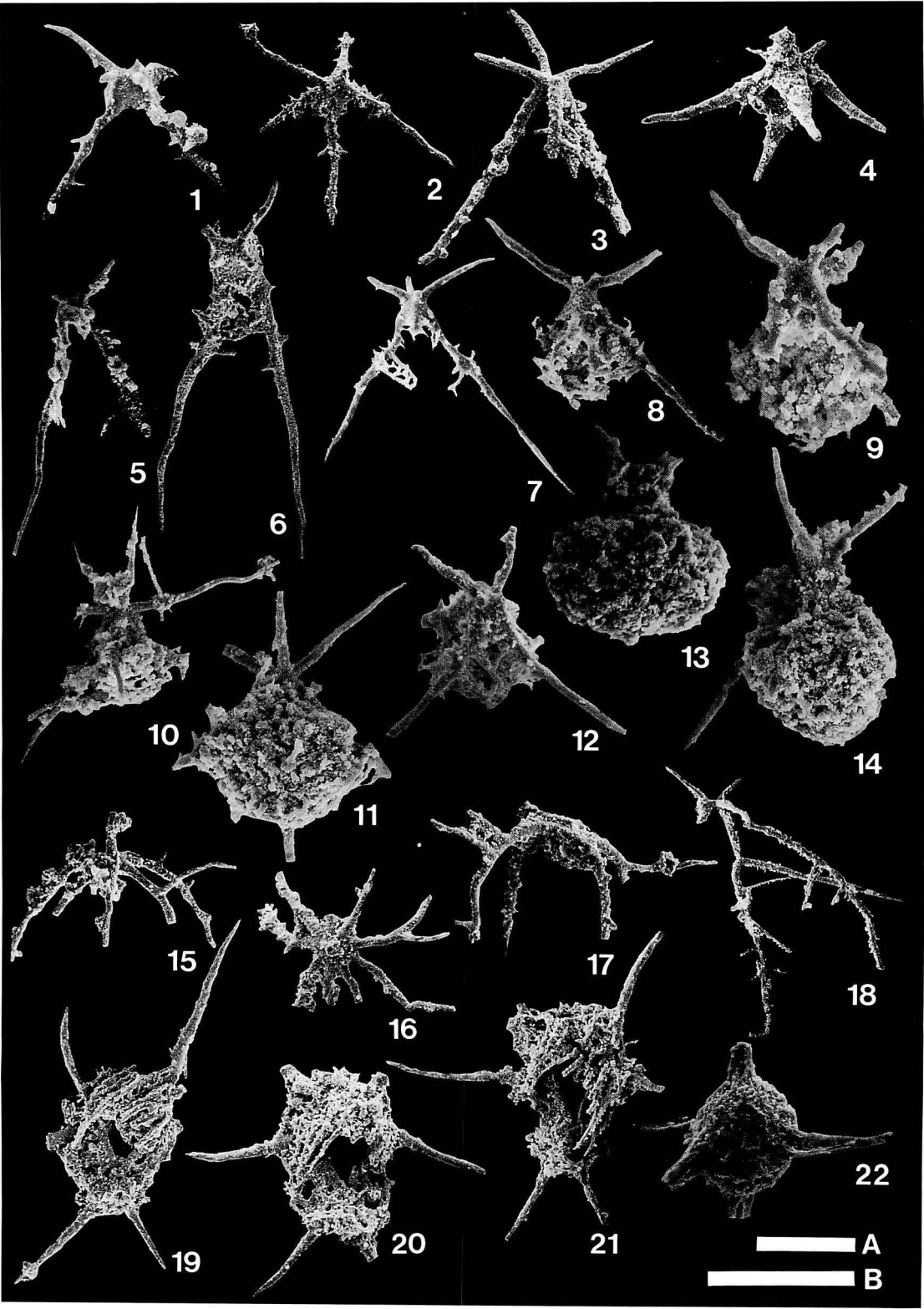
(1) 放散虫化石の年代

今回得られた放散虫動物群は *Deflantrica* 属や

Pactarentinia 属など、殻を持った *Palaeoscenidiidae* 科の放散虫が卓越することが特徴である。このような放散虫動物群はこれまで、四国、九州の黒瀬川帯 (Furutani, 1983; Wakamatsu *et al.*, 1990; Aitchison *et al.*, 1996; Umeda, 1997, 1998), 南部北上帯 (梅田, 1998a) および飛騨外縁帯 (栗原・指田, 1998) などから報告されている。

Wakamatsu *et al.* (1990) は、黒瀬川帯祇園山・横倉山・鴻ノ森・立川地域において放散虫化石層序の検討を行い、6 つの放散虫群集を識別した。彼らの識別した群集のうち、鴻ノ森地域と祇園山・横倉山地域の G4 層 (浜田, 1959) から見いだされた群集はそれぞれ *Palaeoscenidium ishigai* 群集および *Tlecerina-Glanta* 群集と命名された。これらの群集は共に殻を持った *Palaeoscenidiidae* 科の放散虫が含まれることが特徴であるが、*Tlecerina-Glanta* 群集には *Pactarentinia* 属や *Tlecerina* 属など、より発達した球状殻を持つ放散虫が含まれるため、*Tlecerina-Glanta* 群集のほうが *P. ishigai* 群集よりやや新しい群集であると推定された。また Wakamatsu *et al.* (1990) は、*P. ishigai* 群集に含まれる *Spumellaria* にはオーストラリアの中部デボン系から報告された *Trilonche* 属放散虫に形態が類似するものがあること、および *Tlecerina-Glanta* 群集は、後期デボン紀~前期石炭紀の放散虫群集と構成種がほとんど異なっていることなどを根拠に、*P. ishigai* 群集および *Tlecerina-Glanta* 群集の年代を中期デボン紀と推定した。

一方、Aitchison *et al.* (1996) は、鴻ノ森地域において *P. ishigai* 群集が産出した珪長質凝灰岩中のジルコンの U/Pb SHRIMP 年代を測定し、 408.9 ± 7.6 Ma (後期シルル紀の後期) の年代を報告し、Wakamatsu *et al.* (1990) の年代論に異論を唱えた。彼らは *P. ishigai* 群集の年代を最後期シルル紀とし、*Tlecerina-Glanta* 群集の年代についても前期デボン紀と推定した。また Aitchison *et al.* (1996) は、Pridolian (後期シルル紀の後期) を示すとされる *Pseudospongoprimum sagittatum* Wakamatsu, Sugiyama and Furutani が *P. ishigai* 群集と同層準から産出する



としている。これに対し、同地域を再検討した Umeda (1997) は、*P. sagittatum* が *P. ishigai* 群集が産出した珪長質凝灰岩より下位の層準に限り産出すること、デボン紀以降から報告されている三稜の主棘を持つ Entactiniidae 科の放散虫である *Trilonche* が *P. ishigai* 群集に含まれること、および Kiessling and Tragelehn (1994) によりドイツの Emsian 下部から報告された放散虫と類似するものが含まれること、などを根拠にその年代を Pragian (前期デボン紀の中期) から Emsian (前期デボン紀の後期) と推定した。

梅田 (1998b) によれば、鴻ノ森地域の珪長質凝灰岩層は横倉山地域の横倉山層群中畑層に対比される。中畑層は凝灰質砂岩、凝灰質泥岩およびそれらの互層、リズミカルに成層する珪長質凝灰岩、礫岩などからなり、礫岩部には花崗岩など火山源以外の碎屑物質が含まれる (梅田, 1998b)。鴻ノ森地域の珪長質凝灰岩層については、詳細な岩相記載はなされていないが、これらも模式地の中畑層と同様な岩石学的特徴を持っており、また粗粒な部分には花崗岩の岩片などの碎屑物質が含まれる (梅田, 私信)。従って、Aitchison *et al.* (1996) が 408.9 ± 7.6 Ma の絶対年代を測定したジルコンも二次的な運搬過程を経て堆積したものである可能性がある。本論では、Aitchison *et al.* (1996) の年代データについては慎重に取り扱う必要があり、今後十分に再検討されるべきものと考え、その取り扱いを保留する。

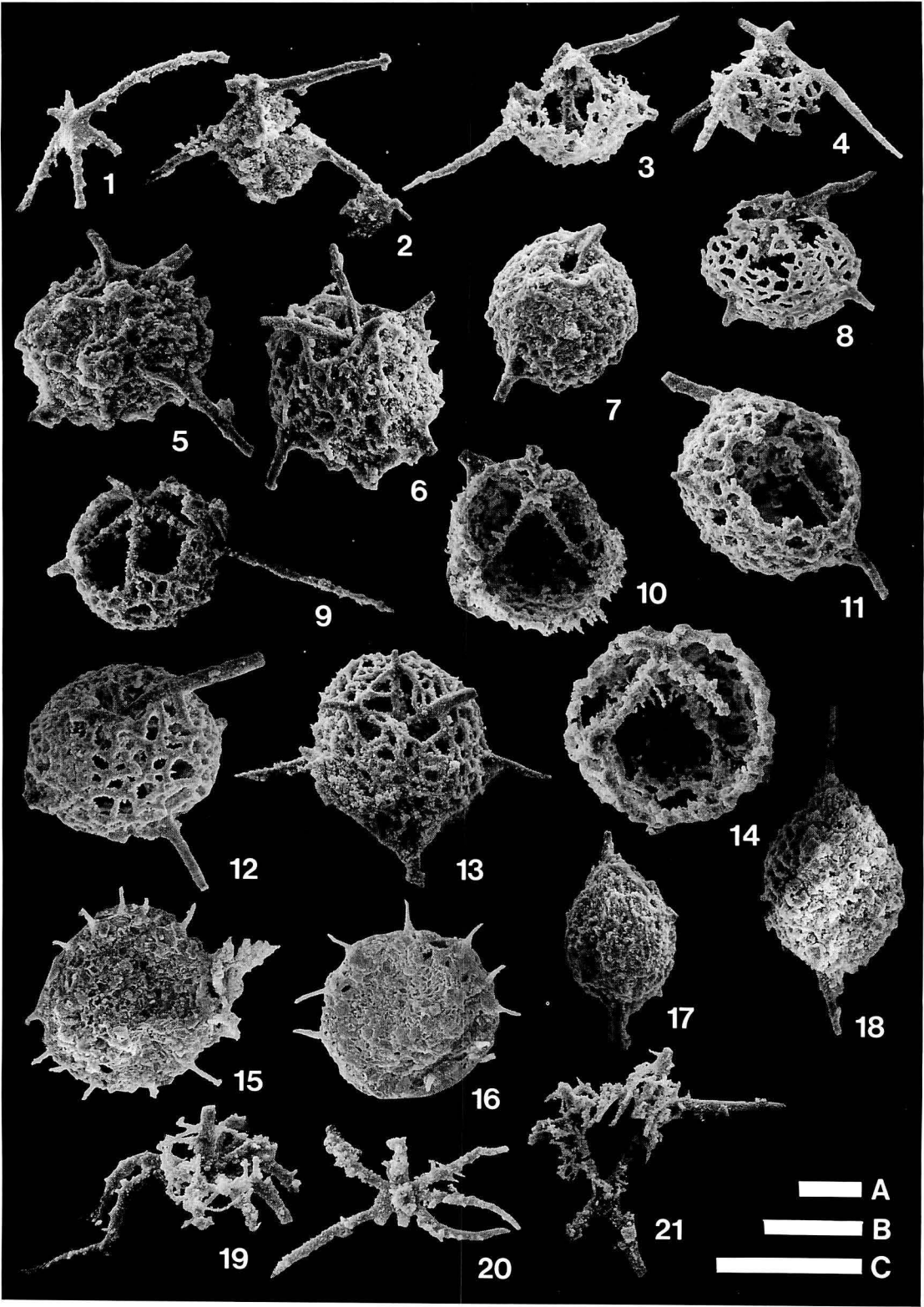
Umeda (1998) は、鴻ノ森地域および横倉山地域において放散虫化石層序を再検討し、横倉山層群 (梅田, 1998b) の上流層上部層と中畑層の珪長質凝灰岩 (従来の G 4 層に相当) において、下位から *Pseudospongoprimum sagittatum* 帯、

Futobari solidus 帯、*Trilonche* (?) sp. A 帯、*Glanta fragilis* 帯および *Protoholoeciscus hindea* 帯の 5 つの化石帯を設定した。これらの化石帯のうち、*T.* (?) sp. A 帯は Wakamatsu *et al.* (1990) の *P. ishigai* 群集に、*G. fragilis* 帯と *P. hindea* 帯は *Tlecerina*-*Glanta* 群集にそれぞれ構成種がほぼ一致する。*G. fragilis* 帯の構成種には、中期デボン紀を示す *Trilonche minax* (Hinde), *T. vetusta* (Hinde), *T. echinata* (Hinde) および *T. elegans* (Hinde) が含まれる (梅田, 1998c)。また *G. fragilis* 帯の上位を占める *P. hindea* 帯の特徴種である *Protoholoeciscus hindea* Aitchison はオーストラリア東部の Gamilaroi Terrane から報告されており (Stratford and Aitchison, 1997; Aitchison *et al.*, 1999), その示す年代は中期デボン紀とされている。さらに *Protoholoeciscus* 属の放散虫は、Eifelian (中期デボン紀の前期) 中～後期の腕足類化石を産する南部北上帯中里層からも報告されている (梅田, 1996a)。これらの根拠に基づき、Umeda (1998) は *G. fragilis* 帯と *P. hindea* 帯の年代をそれぞれ Emsian から Eifelian, Eifelian とした。

前述のように、今回得られた放散虫動物群には *P. ishigai*, *D. solidum* および *P. holdsworthi* などが多数含まれている。これらの放散虫は Umeda (1998) の *G. fragilis* 帯と *P. hindea* 帯の主要な構成種である。また *Pactarentinia* sp. A や *Pactarentinia* sp. B と同様な放散虫は、Furutani (1996) により Umeda (1998) が検討した中畑層の模式セクションから報告されている。従って Umeda (1998) の年代論に基づけば、本動物群の年代は Emsian から Eifelian と考えられる。

←図 6. デボン紀放散虫化石 (試料 82203, 82205)。

Fig. 6. 1, 2. *Palaeoscenidium ishigai* Wakamatsu, Sugiyama and Furutani, sample no. 82205. 3. *Palaeoscenidium* sp. A, sample no. 82205. 4. *Palaeoscenidium* sp. B, sample no. 82205. 5, 6. *Palaeoscenidium* sp. C, sample no. 82205. 7-9. *Deflantrica solidum* Wakamatsu, Sugiyama and Furutani, sample no. 82205. 10-12. *Deflantrica* sp. A, sample no. 10, 11: 82205. 12: 82203. 13, 14. *Pactarentinia holdsworthi* Furutani, sample no. 82205. 15, 16. *Palaeoumbraclum* sp., sample no. 82205. 17. *Palaeopyramidium* sp., sample no. 82205. 18. *Palaeoephippium* sp., sample no. 82205. 19-21. *Ceratoikiscum lyratum* Ishiga, sample no. 82205. 22. *Spumellaria* gen. et sp. indet. sp. C, sample no. 82203. Scale bars, A and B equal to 100 μ m; A applies to 2, 5, 7, 8, 10, 12, 18-22, B to 1, 3, 4, 6, 9, 11, 13-17.



(2) 飛騨外縁帯のデボン系の対比

伊勢地域では、栗原・指田 (1998) により、九頭竜湖北岸の子馬巣谷に露出する碎屑岩から後期シルル紀の後期および前期～中期デボン紀の放散虫化石が見いだされている。栗原・指田 (1998) が記載した各岩相層序のうち、セクション I のユニット IV としたものは珪質頁岩、砂岩頁岩互層および砂岩からなり、このうち灰白色珪質頁岩と砂岩頁岩互層からは本論で報告したものとはほぼ同様な放散虫動物群を産する。従って今回放散虫化石が得られた碎屑岩層は、岩相・年代から子馬巣谷のセクション I のユニット IV に対比され、伊勢地域に碎屑岩相のデボン系が存在することが確実となった。

一方、従来、上穴馬層群を代表する岩相とされてきた黒色泥質石灰岩からは、*Favosites hidensis* Kamei, *Heliolites* sp., *Crotalocephalus japonicus* Kobayashi and Igo, *Scutellum* sp., *Fukujiceras* cf. *Kamiyai* Niko および *Buchanoceras* sp. など福地地域の福地層と同様なサンゴ、三葉虫、頭足類が産出しており (Hamada, 1959; 岡崎ほか, 1974; 神谷・兒子, 1997), この石灰岩層が岩相・年代から福地層に対比されることに関して異論はない。岩相記載の項で述べたように、本検討セクションでは碎屑岩相と石灰岩相の両岩相が見られ、これらは断層で接していると推定される。従って、伊勢地域のデボン系には碎屑岩相と石灰岩相という異なる岩相が存在するということが明らかになった。

梅田 (1997) は、福地地域の一ノ谷下流部に露出する模式地の吉城層 (Igo *et al.*, 1980) の年代を放散虫化石に基づき、前期デボン紀と推定した。模式地の吉城層は、主に砂岩頁岩互層および珪長質凝灰岩からなるとされ (Igo, 1990),

当初その年代は中期ないし後期オルドビス紀～前期シルル紀とされた (Igo *et al.*, 1980)。しかし、Furutani (1990) は福地地域の中期古生代放散虫化石層序の研究を行い、一ノ谷に露出する吉城層から産出する放散虫群集を *Zadrappolus yoshikiensis* 群集と命名し、その年代をシルル紀末期～デボン紀最前期とした。また Noble (1994) は、北米テキサスのシルル系 Caballos Novaculite で放散虫化石層序の検討を行い、*Z. yoshikiensis* 群集の年代を Ludlowian 中期 (後期シルル紀の前期) と推定した。*Z. yoshikiensis* 群集には、*Zadrappolus yoshikiensis* Furutani, *Futobari morishitai* Furutani および *F. solidus* Furutani などが含まれる。これらの種は、Umeda (1998) によれば、Pragian (前期デボン紀の中期) を示す *Futobari solidus* 帯の特徴種とされている。また *Z. yoshikiensis* 群集からは Pridolian (後期シルル紀の後期) を示すとされる *Pseudospongoprunum* 属や *Devoniglansus* 属は見いだされておらず、梅田 (1997) が指摘しているように吉城層の年代は前期デボン紀である可能性が高いと思われる。従って、福地地域においても、福地層と吉城層という、ほぼ同時代の石灰岩相と碎屑岩相が存在するといえる。

栗原・指田 (1998) は、伊勢地域子馬巣谷に分布する碎屑岩相の上部シルル系～中部デボン系が岩相・年代から吉城層に対比されることを指摘した。また、伊勢地域の石灰岩相のデボン系は福地層に対比される。従って、伊勢地域と福地地域のデボン系は構成要素がよく類似しており、この岩相の組み合わせは飛騨外縁帯のデボン系の一つの特徴と言える。

飛騨外縁帯では、伊勢地域や福地地域以外の地域のデボン系として、岐阜県清見村檜谷地域の林

←図 7. デボン紀放散虫化石 (試料 82206～82306)。

Fig. 7. 1. *Palaeoscanidium ishigai* Wakamatsu, Sugiyama and Furutani, sample no. 82206. 2, 3. *Deflantrica solidum* Wakamatsu, Sugiyama and Furutani, sample no. 2: 704M. 3: 704B. 4. *Deflantrica* sp., sample no. 82306. 5-7. *Pactarentinia* sp. A, sample no. 5: 704M. 6: 82206. 7: 82208. 8-14. *Pactarentinia* sp. B, sample no. 8, 10-12, 14: 704B. 9, 13: 82306. 15, 16. *Spumellaria* gen. et sp. indet. sp. A, sample no. 704B. 17, 18. *Spumellaria* gen. et sp. indet. sp. B, sample no. 704B. 19, 20. *Palaeoumbaculum* sp., sample no. 82306. 21. *Ceratoikiscum ichinotaniense* Ishiga, sample no. 82306. Scale bars, A to C equal to 100 μ m; A applies to 17, B to 1-13, 15, 16, 18, 21, C to 14, 19, 20.

ノ平層（藤本ほか，1953）および岐阜県丹生川村森部地域の呂瀬層（田沢ほか，1996）がある。林ノ平層は主に珪長質凝灰岩，凝灰質砂岩，黒色粘板岩からなり，挟在される石灰岩より *Favosites* 類などが報告されデボン紀とされているが，その詳細な年代については不明な点が多い。呂瀬層は，淡緑色珪長質凝灰岩が卓越することで特徴づけられ，田沢ほか（1997）により前期デボン紀を示すウミユリ類（*Pernerocrinus* cf. *hayasakai*）が報告されている。また最近，田沢ほか（1999）は呂瀬層から後期デボン紀を示す植物化石の *Leptophloeum* や *Cyrtospirifer* 属の腕足類などを報告し，呂瀬層の年代が後期デボン紀にまでおよぶことを明らかにしている。田沢ほか（1997）は，呂瀬層が吉城層，福地層および林ノ平層と対比できる可能性があることを指摘している。しかしながら福地層と林ノ平層はそれぞれ石灰岩，黒色粘板岩が卓越しており，主に淡緑色珪長質凝灰岩からなる呂瀬層とは岩相上かなり異なる点が見られる。呂瀬層の一部が吉城層や伊勢地域の碎屑岩相のデボン系に対比される可能性は残されているが，両者の岩相にはかなり異なる点が見られ，今後，これらの地域において岩相層序とともに微化石を用いた詳細な年代の検討が重要な課題である。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり，筑波大学地球科学系指田勝男助教授には，終始ご指導いただくとともに粗稿を校閲していただいた。また東京大学大学院総合文化研究科梅田真樹博士には黒瀬川帯横倉山，鴻ノ森地域の地質について現地でご教示頂き，シルル紀・デボン紀放散虫化石について貴重なご助言を頂いた。姫路工業大学自然・環境科学研究所古谷裕博士には粗稿を校閲していただくとともに，ご教示と助言をいただいた。以上の方々に心より感謝の意を表する次第である。

文 献

- Aitchison, J. C., Hada, S., Ireland, T. and Yoshikura, S., 1996. Age of Silurian radiolarians from the Kurosegawa terrane, southwest Japan constrained by U/Pb SHRIMP data. *Jour. Southeast Asian Earth Sci.*, **14**, 53-70.
- Aitchison, J. C., Davis, A. M., Stratford, J. M. C. and Spiller, F. C. P., 1999. Lower and Middle Devonian radiolarian biozonation of the Gamilaroi terrane New England Orogen, eastern Australia. *Micropaleont.*, **45**, 138-162.
- 藤本治義・鹿沼茂三郎・緑川洋一，1953. 岐阜県清見村のゴトランド系. 東京教育大学理学部地質鉱物学教室研究報告，**2**，11-16.
- Furutani, H., 1983. Middle Paleozoic Palaeoscenediidae (Radiolaria) from Mt. Yokokura, Shikoku, Japan. Part I. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, **N. S.**, **130**, 96-116.
- Furutani, H., 1990. Middle Paleozoic radiolarians from Fukuji area, Gifu Prefecture, central Japan. *Jour. Earth Sci. Nagoya Univ.*, **37**, 1-56.
- Furutani, H., 1996. Evolution of Palaeoscenediidae and Ceratohiscidae (Radiolaria) in Late Devonian (Preliminary report). In Noda, H. and Sashida, K., eds., *Professor Hisayoshi Igo Commemorative Volume on Geology and Paleontology of Japan and Southeast Asia*. 71-84.
- 浜田隆士，1959. 西南日本ゴトランド系の層序と分帯. 地質雑，**65**，688-700.
- Hamada, T., 1959. On the taxonomic position of *Favosites hidensis* and its Devonian age. *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, **30**, 201-213.
- Igo, H., 1990. Paleozoic Strata in the Hida "Gaien" Belt. In Ichikawa et al. eds., *Pre-Cretaceous terranes of Japan*. 41-48.
- Igo, H., Adachi, S., Furutani, H. and Nishiyama, H., 1980. Ordovician fossils first discovered in Japan. *Proc. Japan Acad.*, **56**, B, 499-503.
- 石岡孝吉・亀井節夫，1950. 福井県九頭竜川上流地方におけるゴトランド紀層の発見（予報）. 地質雑，**56**，57-58.
- 神谷俊昭・児子修司，1997. 福井県九頭竜川最上流域大伊勢谷産デボン紀直錐殻頭足類. 地学研究，**46**，83-86.
- 河合正虎，1956. 飛騨山地西部における後期中生代の地殻変動 —第1報（荒島岳南方山地の地質学的研究）. 地質雑，**62**，559-573.
- 河合正虎・平山 健・山田直利，1957. 5万分の一地図図幅「荒島岳」および同説明書. 地質調査所，123p.
- Kiessling, W. and Tragelehn, H., 1994. Devonian radiolarian faunas of conodont-dated localities in the Frankenwald (northern Bavaria, Germany).

Aitchison, J. C., Hada, S., Ireland, T. and Yoshikura, S., 1996. Age of Silurian radiolarians from the Kurosegawa terrane, southwest Japan constrained

- Festschrift zum 60. Geburtstag von Erik Flügel*. 50, 219-255.
- 金属鉱業事業団, 1980. 昭和55年度広域調査報告書. 飛騨地域 (I), 183p.
- Kurihara, K., 1999. Litho- and biostratigraphy of the Paleozoic strata in the central and western parts of the Hida Gaien Belt, central Japan. Unpublished Master of Science Thesis, University of Tsukuba, 97p.
- 栗原敏之・指田勝男, 1998. 福井県九頭竜湖周辺地域の飛騨外縁帯から産する後期シルル紀および前期～中期デボン紀放散虫化石とその意義. 地質雑, 104, 845-858.
- Kurihara, T. and Sashida, K., (in press). Taxonomy of Late Silurian to Middle Devonian radiolarians from the Kuzuryu Lake district of the Hida Gaien Belt, Fukui Prefecture, central Japan. *Micro-paleont.*
- 前田四郎, 1958. 福井県鎌原谷および大伊勢谷中部にゴトランド紀石灰岩の発見とその地質構造にもつ意義. 地質雑, 64, 638-643.
- 宮川邦彦・山田一雄, 1988. 日本の地質「中部地方Ⅱ」. 山下 昇・粕野義夫・糸魚川淳二編, 332p.
- Murata, M., 1977. A short note on *Conularia* the Lower Devonian formation in the Hida Massif, central Japan. *Kumamoto Jour. Sci., Geology*, 10, 37-40.
- Noble, P., 1994. Silurian radiolarian zonation for the Caballos Novaculite, Marathon Uplift, West Texas. *Bull. Amer. Paleont.*, 106, 55p.
- 岡崎美彦・田中観一・田中芳明, 1974. 福井県からのデボン紀三葉虫の発見. 地質雑, 80, 563.
- 大野照文・岡崎美彦・平尾喜代二, 1977. 福井県和泉村からのシルル紀三葉虫の発見. 地学研究, 28, 185-191.
- Stratford, J. M. C. and Aitchison, J. C., 1997. Lower to Middle Devonian radiolarian assemblages from the Gamilaroi terrane, Glenrock Station, NSW, Australia. *Marine Micropaleont.*, 30, 225-250.
- 田沢純一・新川 公・古市賢治・三宅幸雄・大倉正敏・古谷 裕・兼子尚知, 1996. 飛騨外縁帯森部地域よりハチノスサンゴ・日石サンゴ類の発見. 日本古生物学会1996年年会講演予稿集, 106.
- 田沢純一・新川 公・古市賢治・三宅幸雄・大倉正敏・古谷 裕・兼子尚知, 1997. 飛騨外縁帯森部地域よりデボン紀床板サンゴ・ウミユリ類の発見. 地質雑, 103, 399-401.
- 田沢純一・楊 偉平・三宅幸雄, 1999. 飛騨外縁帯より *Cyrtospirifer* と *Leptophloeum* の発見. 日本地質学会第106年学術大会講演要旨, 45.
- 田中芳明・小野輝雄・村田正文, 1977. 飛騨山地下部デボン系産コヌラリア化石について. 地学研究, 28, 285-288.
- 梅田真樹, 1996a. 南部北上帯のデボン系大野層・中里層からの放散虫化石. 地球科学, 50, 331-336.
- 梅田真樹, 1996b. 放散虫化石に基づく黒瀬川帯の中部古生界と飛騨外縁帯・南部北上帯との比較. 月刊地球, 18, 718-723.
- 梅田真樹, 1997. 飛騨外縁帯福地地域の吉城層の放散虫年代の再検討. 日本古生物学会第146回例会予稿集, 31.
- Umeda, M., 1997. Late Silurian and Early Devonian radiolarians from the Konomori area in the Kurosegawa Terrane, Southwest Japan. *Earth Sci. (Chikyu Kagaku)*. 51, 413-432.
- Umeda, M., 1998. Upper Silurian-Middle Devonian radiolarian zones of the Yokokurayama and Konomori areas in the Kurosegawa Belt, Southwest Japan. *Island Arc*, 7, 637-646.
- 梅田真樹, 1998a. 南部北上帯, 釜石地域の千丈ヶ滝層から産出したデボン紀放散虫化石. 地質雑, 104, 276-279.
- 梅田真樹, 1998b. 高知県横倉山地域のシルル～デボン系横倉山層群. 地質雑, 104, 365-376.
- 梅田真樹, 1998c. 黒瀬川帯横倉山層群からのデボン紀中世Entactiniidae科放散虫化石. 大阪微化石研究会誌, 特別号, 11, 11-15.
- Wakamatsu, H., Sugiyama, K. and Furutani, H. 1990. Silurian and Devonian radiolarians from the Kurosegawa Tectonic Zone, southwest Japan. *Jour. Earth Sci. Nagoya Univ.*, 37, 157-192.
- Yamada, K., 1967. Stratigraphy and geologic structure of the Paleozoic formations in the Upper Kuzuryu River district, Fukui Prefecture, Central Japan. *Sci. Rep. Kanazawa Univ.*, 12, 185-207.

論	壇
---	---

多面発現的変異が形態進化に及ぼす影響

木曾太郎*

Evolutionary morphological changes by mutations of pleiotropic genes.

Tarou M. Kiso

Abstract Correlated changes were observed in evolution of vertebrate appendages (teeth, feather, hairs, and limbs). Recent biological researches have shown common developmental systems shared by these appendages. From the developmental properties, it was proposed that the correlated changes were partially attributed to mutations within the common systems.

I はじめに

形態の進化的変化には多くの様々な作用を与える遺伝子の変化が関与していると考えられる。従って遺伝子変化と形態変化の対応がつけにくい。しかし発生生物学や遺伝学が示すデータはこの問題の解決に光を投げかけるものである。例えば、実験的に *Hoxa-2* 遺伝子を壊すことによって爬虫類型の耳の構造を哺乳類に「再現」した研究 (Rijli *et al.*, 1993) や、ニワトリの発生途上で筋を操作して主竜類に見られるような足の骨の構造を「再現」したり (Hampe, 1959)、ニワトリの口腔上皮を用いて「ニワトリの歯」を発生させる (Kollar and Fisher, 1980) といった研究が行われている。これらは「先祖返り」である。もちろん進化は形態的に見て先祖返りの反対向きに起こったから、これらの遺伝子の変異によって形態進化が駆動されたとは単純にはいえないが、非常に示唆的な例といえる。また、発生に関する遺伝子システムの保守性を形態の相同性の根拠と考えると、

着目している器官相互の起源と進化的変化を解析しようとするケースも見られる。いくつかの遺伝子の発現パターンに基づいて、四肢が魚類の鰭から90度内側への屈曲を経て進化したという可能性の指摘 (Sordino *et al.*, 1995) など、興味深い議論が行われている。筆者は脊椎動物の進化に見られる器官間の相関した形態変化を、これまで数多く行われてきた発生に関する遺伝子の研究と結び付けて、多面発現という観点から考察した。

II 脊椎動物の体表構造物

有羊膜類の系統は、系統と形態の変遷の描像が比較的しっかりしているグループであって、現生分類群については分子系統と形態による系統がある程度一致している (Hedges, 1994)。この系統においては体表構造物 (歯、体毛、羽毛)、四肢、そして心臓が互いに相関して変化してきた可能性を以下のように指摘できる (図1)。

まず歯に関わる形態の変遷について見ていくことにする。哺乳類の歯冠は最外層にエナメル質、内側に象牙質を有し、歯根部は象牙質の周りを骨のような構造をした薄い組織のセメント質が取り巻いて、顎骨の作るソケットの中に深く納まっている (Peyer, 1968)。このような歯の生え方を

*大阪市立工業研究所生物化学課 Biochemistry Department, Osaka Municipal Technical Research Institute
1999年9月3日受付, 1999年12月18日受理

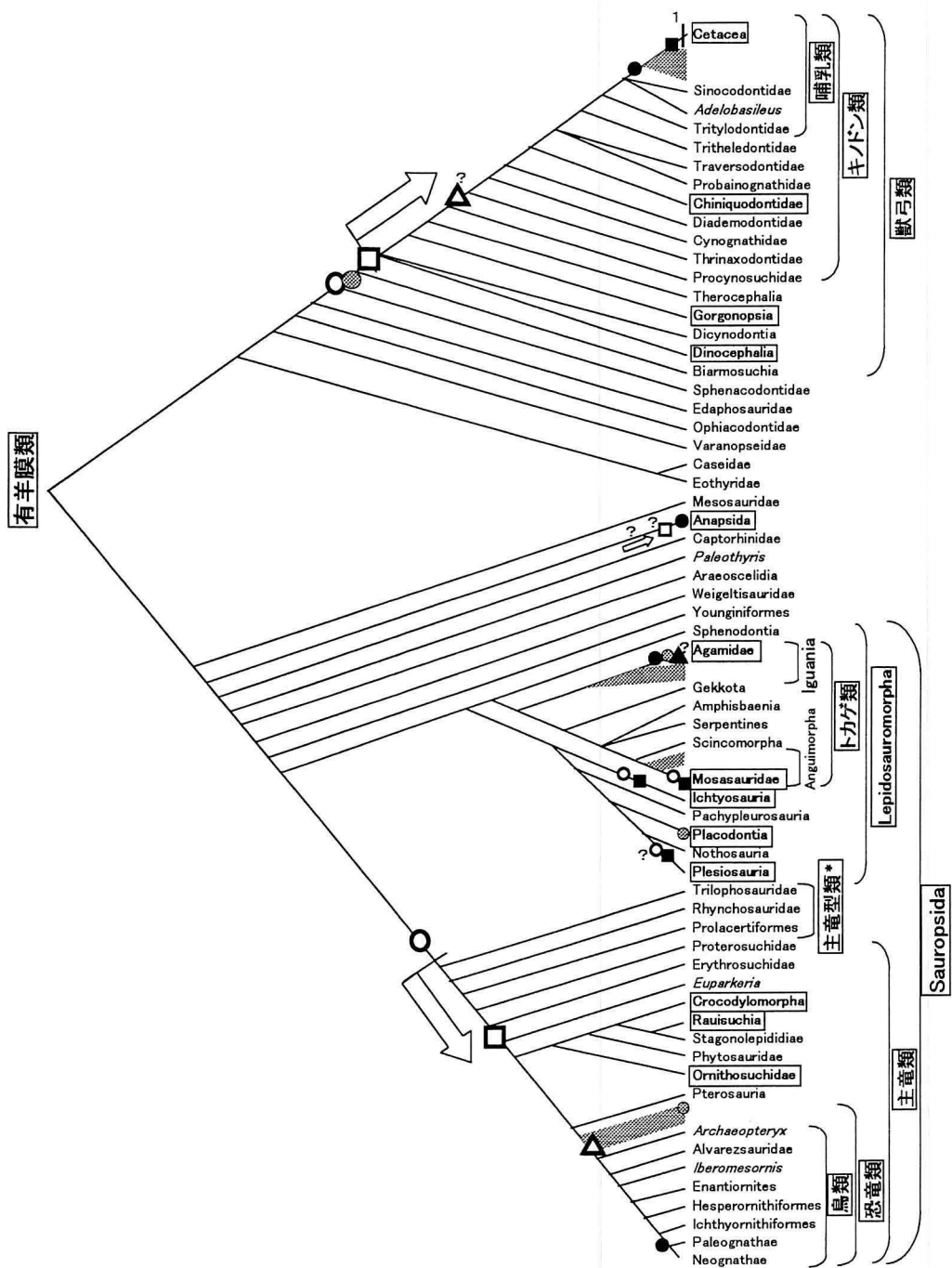


図1. 有羊膜類における四肢, 歯, 体表構造物の変化の分布. 分岐図はBenton (1997)による. 灰色の部分は側系統群を省略したもの. 矢印は, 四肢において足根部の変化, 大腿骨のシグモイド型への変形, 指数または指骨数の減少が漸移的に起きていくことを示す. ○は槽生の獲得, ●は歯の欠失もしくは歯の交換回数の減少を表す. ●は歯の分化を示している. □は歩行姿勢が直立に近づいたこと, ■は指骨数が増加したことを表す. △は羽毛や体毛の発生, ▲は原毛の発達を示している. 1は歯数の増加及び歯の脱分化である. 主竜型類はふつつ主竜類を含んだ単系統群を指すが, ここではCarroll (1988) に従って主竜類を除く側系統群を指すことにしてある. 四角で囲った分類群は本文中に現れるものである.

槽生と呼んでいる。槽生でないものは歯が顎骨に付着して生えたり、セメント質を欠く浅い歯根しかない。

槽生をとるのは主竜類、主竜型類、獣弓類、モササウルス科 (Mosasauridae) である (Carroll, 1988; Romer, 1966)。笹川 (1986) によればさらに魚竜類 (Ichthyosauria)、首長竜類 (Plesiosauria) も時代が下がるに従って槽生に近い構造を採用するものが現れるとされる。Peyer (1968) も魚竜類は独特で、歯根部が顎骨の作る深い溝にはまり込んでいることを認めている。魚竜類とモササウルス科では吻の突出も著しいことに着目しておく。詳細に見ると歯の槽生性は主として2段階の過程を経ていると考えられる。主竜類の系列ではまず、主竜型類で歯根の伸長のみが認められ (骨性結合性槽生; Chatterjee, 1974)、ワニ類に見られるようなセメント質を有する槽生 (笹川, 1986) は、後になって獲得されたものとみることができる。獣弓類でも、すでに *Dinocephalia* で深い歯根が認められている (Boonstra, 1962) もの、キノドン類の *Chiniquodontidae* では骨性結合性槽生であり (Crompton, 1995)、やはりセメント質は遅れて獲得されたことになる。今ここで問題になるのは骨性結合性槽生の方である。他に、歯の進化的変化として顕著なものの一つにクジラ類 (Cetacea) の歯数の増加が挙げられる。これは個々の歯の単咬頭化、吻の突出を伴っていて、関連している可能性がある。クジラ類の一部がヒゲクジラとして歯を欠失していること (ヒゲについては後述) も、この分類群が歯の形成について重大な変更を被っていることを示している。

次に着目する部位は四肢である。主竜類と獣弓類に関しては骨の形態が変化して、体の下に脚を持ってくるようになる (Charig, 1972)。主竜型類では祖先と同じ這いつくばった姿勢をとるのであるが、足首にあたる部分の骨が他の *Sauropsida* と比べて変化している (Carroll, 1997)。例えば足根骨について、主竜型類では5番目の遠位足根骨が欠失しており、距骨と踵骨が関節するようになっている (Carroll, 1988)。細かい点では主竜類のなかで足根部には多様性が見

られる (Brinkman, 1981; Carroll, 1988) が、*lepidosauromorpha* の足根部とは前述の点で大きく異なっている。本論にとって重要と思われる他の形質としては、主竜類のうち *Rauisuchia*, *Ornithosuchidae*, ワニ類 (*Crocodylomorpha*) で5番目の中足骨が欠失、それ以外の槽歯類でも痕跡的でしかなく、*Rauisuchia*, ワニ類では後肢の5番目の指も欠失している。*Rauisuchia*, ワニ類等では直立に近づいているとみられ、大腿骨に形態的な変化が起きている (Carroll, 1988)。獣弓類の場合にも同様で、遅くとも *Gorgonopsia* でシグモイド型の大腿骨が獲得されている (Kemp, 1982; Carroll, 1988)。*Dinocephalia* の *Titanophoneus* で前後肢の指骨数が減少して哺乳類のタイプに近づいている (Carroll, 1988)。足首の関節の仕方も *Gorgonopsia* でワニ類に近い形態を取っているとされ (Kemp, 1982)、遠位足根骨の癒合が起きている (Carroll, 1988)。

以上をまとめると、少なくとも主竜類と獣弓類の系統では大腿部や、足根部の骨学的な変化 (ひいては歩行姿勢の変化) と多様化が歯の槽生の獲得と時期的に一致するか、それ以後に起きているとみることができる。槽生を採用したモササウルス科でも、四肢は指骨数の増加と、腕の相対的短縮化を経ている。同様な四肢の変化は魚竜類、首長竜類、クジラ類で見られ (Carroll, 1997)、前に述べたような歯 (吻部?) の重大な変化と考え合わせると、やはり四肢の進化的形態変化と歯の進化に関連があることを窺わせる。ただし *Anapsida* (カメ類を含む) で指骨数の減少や半直立姿勢への移行 (Carroll, 1988) が認められる。この分類群は槽生性ではない。しかし歯の欠失を伴う場合があること、系統が不確定であることから別途議論する必要があるだろうが、例外としてここでは深入りしない。

もう一つ心臓についてであるが、これは化石の記録を辿れないので不正確さが増してしまうのだが、形質の分布状態から言うと、ワニ類、鳥類、哺乳類に2心房2心室が見られる。他では2心房1心室であることから、この形質も槽生の出現後に限って生じたと考えて良い。

ところで哺乳類は体中を体毛で覆われている。

この体毛は、真皮の中に深く根ざしていて、しかもケラチンというタンパク質で構成されている点で鳥類の羽毛と同じである。これと関連して、キノボリトカゲ科 (Agamidae) などのトカゲ類には角質鱗の頂部に感覚器官としての原毛 (protothrix) が生えている (Schmidt, 1920; Elias and Bortner, 1957)。この原毛は神経支配を受け、体毛と同様に交換するのであるが、真皮に深く刺さった根を持っていない。しかし、原毛と体毛、そして羽毛を一括して系統論的に考察してみると意外なことが浮かび上がってくる。体毛を持つ哺乳類と、羽毛を持つ鳥類は槽生を獲得した動物の子孫であって、深い歯根への変化を経過している。一方のトカゲ類の歯根は短い。したがって、歯が槽生でなければ、深い根を持つ体表構造物を有することはないのである。このことは歯と毛の進化に何らかの関連があることを思い起こさせる。ただし、ここで取り上げられている槽生は前に述べた2段階のうちどちらの段階であるかは明白ではない。このような歯と毛の関連性に絡んで、次のような示唆に富んだ傾向が見られる。原毛はキノボリトカゲ科等でよく発達しているようである。そして、他のトカゲ類とは異なってキノボリトカゲ科は異型歯性 (部位によって歯の形態が異なること) で、しかも生え変わりの回数が少ないこと (Cooper *et al.*, 1970) が判っている。これらのことと哺乳類が異型歯性で二性歯性 (歯の生え変わりが一度であること) であることを考え合わせると、体幹部の毛様構造物の進化的発達が歯の分化もしくは交換回数の減少と関連していると読み取ることができる。鳥類では羽毛の獲得が、顎部における歯の減少、そして欠失を導き、羽毛の発達しない主竜類であるワニ類の多生歯性と対照的である。このことが哺乳類とキノボリトカゲ科の系列での毛 (原毛) と歯の関連した変化とは無関係ではないかもしれない。また、クジラ類での体毛の減少と歯数の増加も上のようなことと関わりあっている可能性はある。しかし、歯の欠失は原毛の報告のない Anapsida の一部 (カメ類)、歯の分化も同様な Placodontia や恐竜類の一部でも見られることから慎重に議論したほうが良いだろう。

Ⅲ 形質分布について

脊椎動物の形態の変遷を概観してきたが、ここで見られた形質分布パターンについてまとめておこう。

生物群 A, B, C, D が全て a, b, c という三つの器官を持ち、これらの生物群間で対応する器官の相同性は明らかなものとする。器官 a では 1 という形態変化、b では 2 という形態変化、c では 3 という形態変化が起こったということが系統の解析から読み取れたとしよう (図 2a)。ここでの形態変化は不連続であっても連続的であっても構わない。また、進化的な傾向という大雑把な変化であってもよい。

一つは 1, 2 の形態変化が系統樹の上で同時期に起こるという進化パターンが二つの系統で独立に生じた場合である (図 2a)。

今一つは図 2a のように 3 という形態変化が 1, 2 (=1') という形態変化を被った系統にのみ現れる場合である。

同様の形質分布パターンが複数の系統で見られると、そこでの形質変化同士が何らかの関連を持っていると思われる。ではこういった相関した変化はどのようにして起こったと考えられるだろう

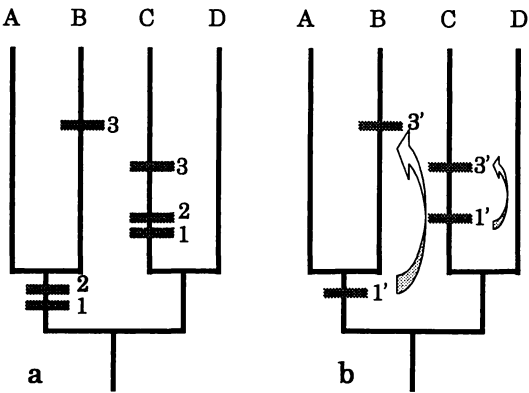


図 2. 形態変化の遺伝子変化への焼き直し。異なる器官の形態変化 (a) が系統樹上で 1, 2, 3 と認められた場合、多面発現効果に基づいて 1', 3' という互いに関連した遺伝子変化に縮約される (b)。このことは、1, 2, 3 を引き起こした器官同士が同じ形態形成遺伝子を共有していることに基づいている。

うか。

はじめに考えられるのは適応による連関という可能性である。例えばトリと哺乳類では恒温性を実現するためには多くの器官の協調した進化が必要で、結局は適応的に似たような形態のセットを有することになる (Duncker, 1991) という説明である。この立場に立てば器官間の形態変化の相関は決して発生上の束縛ではなく全く別個に変化するものが高い適応度を達成することで関係して見えるということになる。しかし一方で多面発現的に連関した変異が供給されることで進化的に極めて速やかに適応地形を上っていくことが Wagner (1988) によって予測されている。これは独立した変化の場合に十分予測される、大きな遺伝的荷重を排除できるというメリットがある。しかもノックアウトマウスの研究から様々な遺伝子が多面発現的な効果を示すことが判っている。実は今考えている形態変化の場合は発生学的な研究に関する項で述べるように、多面発現的遺伝子の変異によって生じた可能性が指摘できるのである。他に進化上二つ以上の形質が同時に変化する場合、構造的すなわち幾何学的な或いは力学的な結びつきを持っている場合 (Morita, 1993) も考えられる。Correlated progression もそういった説明の一種である (Kemp, 1999)。しかし、考察されるべき器官が上記のように遠く離れた位置にあれば否定される可能性が高い。

では、多面発現的な連関による変化であるとしたら、上で見た形質パターンは具体的にどのようにして生じたと理解できるだろうか。一つ目の場合はこれら二つを引き起こしたのは同一の遺伝子群の変化=突然変異 (1') であると考えられる (図 2b)。二つ目についてはどうだろうか。1'の突然変異に対して時間的に後になる場合、3 という形態変化は1'という突然変異を前提として3'という突然変異が起こったために表面化したと考えることができる (図 2b)。このとき、3'に相当する突然変異が1'を経ない系統で起きていたとしても、3 という形態変化としては見えてこない。具体的に形態変化3が器官cの新規導入という場合には、顕在化した器官cの形成に器官a, bと同じ遺伝子システムを使っていることが素直に理解

される。しかし単に器官cの形態が変化したときには、1'で突然変異を起こした遺伝子そのものは3'の突然変異を起こした遺伝子による支配を突然変異後に初めて受けることになったか、もしくは1'で変化した遺伝子産物が3'で変化した遺伝子産物とはじめて相乗的に効果を与えるようになったと考えれば良いだろう。実際、遺伝子の活性化の機構は複雑で、多くの遺伝子が場合によっては多段階的に (Yuh *et al.*, 1998)、また別の場合には極めて複雑に相互作用して一つの遺伝子の発現を制御する。

IV 進化的に遡って考えられること

進的に見ると、II で見てきた器官 (歯、体毛、羽毛、そして四肢) の関連した進化的変化が発生上の連関に起因しているのではないかと思えてくる。例えば、四肢の起源については脊椎動物の祖先型が持っていたとされる仮想的な一続きの「鰭」が分かれて胸鰭2つと腹鰭2つになり、それが四肢に変わっていった (Tabin and Laufer, 1993) という説が主張されている。しかし一方で化石の形態の研究から、鰭は古生代の魚類が持っていた棘に由来する (Stahl, 1974) ともいわれる。この棘は棘魚類や板皮類では皮骨そのものであり、鱗と同じ構造を有する (Gross, 1947)。板鰭類の中には鰭に付随して、歯と同じ構造の棘が発達する種類が知られている。条鰭類の鰭条はそれぞれ上皮性の装飾を持ち、鱗と相同である。そして歯は形態学的に鱗の皮歯と同じ構造で、特にサメの楯鱗とは発生学的にも (Hertwig, 1874; Goto, 1988)、生化学的にも (Kawasaki *et al.*, 1980; Kiso, 1999) 等価であることがわかっている。だから鱗を介して四肢と歯が同起源、もしくは密接な関係を持つということになる。それゆえ、共通の遺伝子による形態形成システムを四肢と歯が保存していると考えられることができる。従って、歯と四肢が多面発現的に連関して変化した可能性を指摘できるのである。

毛の起源に関する考察は古くから形態学で行われていて、羽毛は爬虫類 (蛇、トカゲ) の角質鱗 (蛇の鱗) から由来し、毛は爬虫類の原毛 (protothrix) から由来したものとして、羽毛と

体毛を別起源と考える (Jollie, 1973; Portmann, 1976) ようである。Elias and Bortner (1957) は原毛が角質鱗と角質鱗の間に挟まって、真皮に深く根差した体毛になると考えている。羽毛が角質鱗に起源すると考えるのは、その発生途上の形態変化が角質鱗のそれに似るからである。つまり、羽毛の原基が形成されるときにはまず表皮が真皮を伴って盛り上がるのであって、一方体毛や歯では表皮が真皮の中に入り込んでしまうので盛り上がり形成しない (Davidson and Hardy, 1952; Oster and Alberch, 1982; Burk, 1989)。この事実は多面発現による変化であるということを一見難しいものにする。なぜなら、羽毛と体毛の形成が本質的に等しい (突然変異を起こした遺伝子が同一である必要はないが、ある保存性の高い発生プログラムの中の遺伝子が突然変異を起こすということ) という前提が崩れてしまうからである。しかし、Oster and Alberch (1982) が述べるところでは、体毛や羽毛や歯といった上皮付属物が上皮間充織相互作用という本質的な形態形成の過程を経ることにかわりはなく、それらの違いは力学的な小さな差に由来するものだから、これらを等価なものと考えてもよいという。また、器官形成には複数のファクターが働いているはずであるから、部分的に同じ発生システムを共有していると考えても差し支えはない (Danforth, 1925)。ところで Chuong *et al.* (1991) は体毛、羽毛の双方共に角質鱗に由来するが、寧ろ羽毛の方に 2 段階の進化があったとし、まず盛り上がり形成するような形態の進化的変化が起こり、次に根 (より正確には濾胞) の形成が起こるようになったと考えている。従って、体毛、羽毛、そして歯は発生的に関連して変化してきた可能性がある。

V 実験発生学及び遺伝学

そしてさらに実験発生学や遺伝学の研究から、四肢、歯、そして体毛や羽毛が発生学的な連関を有していることが示唆されている。トリや哺乳類の胚において、上皮と間充織をいったん分離し、体の様々な部分の上皮と間充織を組み合わせる器官培養の結果について重要な結果が得られている。ニワトリの目の上皮とマウスの体幹の真皮を

組み合わせると羽毛が生じてくる (Coulombre and Coulombre, 1971)。ニワトリの目の上皮からは、本来羽毛が生えるべきではないのだから、マウスの真皮から出る「体毛を作れ」というシグナルに応答して代わりに羽毛を生じたと考えることができる。この上皮をニワトリの体幹真皮と一緒にすると羽毛を生じるし、ニワトリ足の真皮と一緒にすると角質鱗が生ずる。ゆえに、体毛と羽毛が同様の遺伝子システムによる形態形成システムを共有しているということが考えられる。

更に、歯と毛についてマウスで実験が行われた (Kollar and Baird, 1970; Lumsden, 1988)。それによると、口腔の上皮に体幹の真皮を合わせることで体毛を生じ、足の上皮と口腔の真皮 (本来象牙を生じる) を合わせると歯を生じた。これは上皮が真皮に対して何らかのシグナルを出し、それに対して真皮が自分の性質に見合った構造物を作るようになっていると考えれば都合がよい。ということは、「歯を作る」、「体毛を作る」といったシグナルが基本的には同じものであろうということを示している。従って、毛と歯が同様の遺伝子による形態形成システムを共有していると考えことは理にかなっている。しかし角質鱗も形成されることから (八杉, 1992)、角質鱗を作る遺伝子のセット、体毛を作る遺伝子のセット、歯を作る遺伝子のセットが別々にあって、ON のシグナルだけが同一であるとも考えることもできる。

遺伝学のデータは更に意義深い。ヒトの全身性の遺伝疾患について (石川・秋吉, 1984) 特筆すべきものを 2 つあげておこう。まず一つは眼歯指異形成症で、常染色体、優性遺伝をし、エナメル質の形成異常、虹彩の異常、そして指の骨の配置等に関して局所的異常を示す。これは歯の形成に脚の形成が遺伝子的に関連していることを示す。もう一つは外胚葉異形成症と呼ばれ、歯の欠損を示す疾患で 2 つのタイプに分けられる。一番目は汗腺の異常と毛の欠損を示すタイプ (HED) で X 染色体に載っており、遺伝子の位置が突き止められた (Blecher *et al.*, 1990; Kere *et al.*, 1996)。もう一つのタイプは汗腺の異常を伴わない。マウスでも *tabby* と呼ばれる波状の毛と異常な歯の形質を示すものが知られている (哺乳

類の角質鱗は影響を受けないようである) (Holbrook and Minami, 1991). 犬の変異であるヘアレスドッグは歯が小さく毛も少ないが、恐らくこれらの突然変異体と同様な遺伝子の異常だろう。これらのことから体毛、羽毛、歯、四肢は互いに同じ遺伝子の発生プログラムを共有しているということができる。

VI 遺伝子発現の実態

次に形態形成に関与する遺伝子について、最近の研究を見ていくことにする。多くの場合遺伝子産物のタンパク質や mRNA が局所的に発現していることを示したものであるが、いくつかについてはノックアウトマウスを用いた実験によって実際に発生過程で重要な役割を果たしていることが確かめられている。また、遺伝子産物の *in vitro* での細胞に対する効果から具体的な機能を解析しようという研究も行われている。歯の研究は主としてマウスを実験対象とし、四肢についてはマウスやニワトリを中心として研究されていることを付記しておく。

①細胞接着分子：L-CAM, N-CAM については羽芽（羽毛の原基）でかなり詳しい発現パターンの研究が行われ、発生段階と共に発現の局在部位が変化していく (Chuong and Edelman, 1985) ことが解っている。N-CAM の羽芽での発現パターンは体毛の原基での発現パターンとよく似ているだけでなく、四肢での発現も確かめられている (Chuong *et al.*, 1991). また L-CAM (E-cadherin) もこれらの器官に発現していることが分かっている (Hirai *et al.*, 1989).

②細胞外マトリックス：細胞外マトリックスは比較的広い範囲で発現するため局在性に問題があるが、tanascin は歯 (Thesleff *et al.*, 1987; Tucker *et al.*, 1991), 体毛と羽毛 (Chuong *et al.*, 1991) で発現している。しかし、角質鱗でも観察されている。Syndecan は四肢 (Solursh *et al.*, 1990), 歯 (Vainio and Thesleff, 1992; Bernfield *et al.*, 1993), 体毛 (Trautman *et al.*, 1991) で発生と共に局在が変化し、fibronectin も体毛や羽毛

(Chuong *et al.*, 1991), 歯 (Yoshida *et al.*, 1995) で発現している。

③ホルモン及びホルモン受容体：レチノイン酸は四肢の発生に作用する (Satre and Kochhar, 1989) だけでなく、毛の形成の抑制 (Hardy, 1968), 羽毛の鱗への変化 (Chuong *et al.*, 1992), 羽毛の形成の誘起 (Dhouailly *et al.*, 1980; Fisher *et al.*, 1988), 歯の形成への効果 (誘起を含む) (Kronmiller *et al.*, 1995) が認められている。一方で、レチノイン酸の受容体 (RAR) については、レチノイン酸処理後の皮膚 (Zelent *et al.*, 1989), 未処理の体毛 (Randall *et al.*, 1991; Viallet *et al.*, 1991) で発現している。RAR 遺伝子のダブルノックアウトマウス (RAR γ and RAR α) で顔面と前肢に異常を認めている (Lohnes *et al.*, 1994). また、甲状腺ホルモンも多面的な効果を示すが、骨、歯、体毛の成長、トリの換羽を促進する (小林, 1975) ことが知られ、その受容体である *erbA* (加藤, 1994) の作用の共通性が示唆される。

④増殖因子など：epimorphin は毛包の形成 (平井, 1994) に重要な役割を果たし、歯のエナメル芽細胞で発現 (Matsuki *et al.*, 1995) している。FGF は毛の形成に関与 (Moore *et al.*, 1991), 四肢で発現 (Niswander and Martin, 1992), *Xenopus* では FGF レセプターの異常が心臓の発達を阻害している (Amaya *et al.*, 1991). そして、FGF が羽毛の原基でも発現している (Nohno *et al.*, 1995). EGF は体毛の形成への寄与 (Moore *et al.*, 1991), 歯の萌出の促進効果 (Carpenter and Cohen, 1990) が知られている。特に、骨形成を促進する因子として見つかった BMP ファミリーは幾つかの器官に分布 (Vukicevic *et al.*, 1990) しており、本論に関係のあるところでは BMP2 もしくは BMP4 が象牙質 (Bessho *et al.*, 1991), 体毛の原基 (Lyons *et al.*, 1990; Jones *et al.*, 1991), 歯胚 (Vainio *et al.*, 1993), そして四肢と心臓 (Jones *et al.*, 1991) で発現している。BMP ファミリーの他の一員として、*Gdf5* の不活性化したマウスの変異

役割を果たしている *Shh* が、歯や体毛の原基 (野地, 1995), 羽毛原基で発現し (Nohno *et al.*, 1995), しかも上の BMP2, FGF4 の発現が *Shh* と関連している (Nohno *et al.*, 1995) ことがわかってきたのである。

本論で問題になっている器官と、そこで発現あるいは形態形成への関与が分かっている共通性のある遺伝子を並べてみると、表 1 のようになる。*Shh* は角質鱗で発現しない (濃野・野地, 1993) など、器官局在性が高い。

四肢を中心に *Shh*, *Wnt-7a*, FGF-4 の相互作用が研究されており (Yang and Niswander, 1995), また *Shh*→BMP のカスケード, レチノイン酸と *Hox* 遺伝子や N-CAM との相互作用 (Chuong *et al.*, 1992, Kolm and Sive, 1995), カドヘリンと *Wnt* の関係 (嶋村, 1994) などが研究されてきている。従って、ここで見てのような遺伝子はネットワークをつくって相互作用しながらこれらの器官を形成していくのである。それ故これらの器官の発生的な連関はもっと広範囲の遺伝子群に跨っている可能性は十分にある。益々進化的変化に関連した変異の果たした役割が重要視されよう。

VII 考 察

V, VI で見てきたように、哺乳類や鳥類では四肢、歯、羽毛、体毛、そして心臓が同じ遺伝子システムにより発生してくることが示された。この共通遺伝子システムに変異が生じれば形質は連関して変化する。従って、発生生物学的に考えれば有羊膜類の四肢、歯、体表構造物 (羽毛、体毛、原毛) の形質分布パターンは各器官に別個に働いた強い選択による相関だけではなく、多面発現的な連関にも起因して生じてきたことが示唆されるのであるのだがどうであろうか。

問題点も多く残されている。鳥類や哺乳類以外の脊椎動物の歯や四肢や心臓、そして原毛は本当に VI の遺伝子群によって形作られているのだろうか。遺伝子ファミリーのレベルにとどまらず、各固有の遺伝子の同定・解析と分子進化的な種間の相同性の確認が必要である。それに原毛の系統的分布は正確にはどうなっているのか。ニワトリや

マウスでもまだ見つかっていない共通の遺伝子はあるだろうか。それぞれの形態の進化的変化はもっと詳しく見るとどのような時間的関係にあったのだろうか。

VIII 補 足

本論を補足する意味をこめて VI のような遺伝子ネットワークの進化的起源を検討してみたい。野地 (1995) は *Shh*-*Wnt*-FGF のネットワークが保存性の高い遺伝子群であることを指摘した上で、非常に進化的に古い起源を持つと考え (形態形成単位と呼んでいる)、それが異所的、異時的に発現することによって今の生物の複雑な体制を生み出したと考察している。一方、化石や現生の様々な脊椎動物を調べていくと、その形態形成単位 (あるいは VI の遺伝子ネットワークの産物) の祖先的な姿がおぼろげながら見えてくる。無顎類の外骨格の最外層を飾る象牙質結節は、やはり歯と同じ構造であるため、現在の魚類の皮歯や皮小歯、そして楯鱗と同等と考えられ、まとめて歯状体と呼ばれる (Smith and Hall, 1990)。この歯状体がもし VI で議論した遺伝子ネットワークによって作られていたのだとすれば、魚の皮歯や楯鱗の代わりに体毛や羽毛や原毛が生じたと考えれば理解しやすい。また四肢の進化的起源となる魚類の鰭は、前述したように鱗からなる棘を支柱とした器官の発達したものと考えることができるのだから、歯状体 (特に象牙質結節) を形態形成単位の、脊椎動物における祖先型と考えればこれまでの議論と整合する。しかし今の場合、各器官の材質が問題になろう。歯や皮歯が石灰化しているのに対し、体毛や羽毛がケラチン質でできているのは一見不自然に思えるからである。つまり石灰化しているはずの歯状体が体毛などに変化するというのは都合が良すぎないかということである。ところがそれは、必ずしもいきすぎた議論とはいえない。オタマジャクシには口唇部に石灰化されていない歯があって、ケラチン質と考えられている (佐々木・井関, 1987)。また、無顎類の口腔内の歯様器官は石灰化しない歯状体のような形態である (Slavkin *et al.*, 1983)。ヒゲクジラのヒゲもケラチン (Halstead, 1974) なのだが、位置的に

見て歯との関係も無視できない。「何かが生える」という形態形成プログラムが保存されていて、このプログラムをコントロールするのがVIの遺伝子群と考えればよいだろう。このように考えれば歯、羽毛、そして四肢が多面発現的に変化してきたことも肯ける。

ではさらに進んで、遺伝子と形態進化の具体的な関係づけをすることはできないのだろうか。できるとすればどう対応付ければよいのだろうか。槽生の獲得についてはIVで見てきた共通性の高い形態形成遺伝子群の中から、そのプログラムの近傍での変異と考えても良さそうである。歯槽骨の形成に重点を置くとすれば *Msx* や *RAR* の近傍、心臓との連関を重視すれば *BMP* 近辺ということになる。しかし *Shh* はこれら全ての器官で漏れなく働いているため、この遺伝子の近傍も無視できない。逆に言えば、*Msx* が *Shh* と直接、あるいは間接的に相互作用している可能性が考えられる。では、体毛や羽毛が生える変化はどのように考えればよいのだろうか。体毛にかかわる突然変異 HED を考えると、原基そのものが形成されないことが多く、この遺伝子は EGF によって一部修復できること (Blecher *et al.*, 1990) から、かなり上位から (時間的にはより初期から) 支配する可能性が高い。鳥や哺乳類では歯が退化傾向にあるか、或いは前後に分化して生え変わる数が少ないことがわかる。このことから、HED 付近の遺伝子産物が前後軸に沿って勾配を作り、それが頭部で高ければよく生え変わる歯 (普通のトカゲ類や恐竜類、ワニ類) を生じ、後部で高ければ体毛や羽毛 (槽生の場合) 或いは原毛 (槽生でない場合) を生じるといった図式も考えられる。鳥類の羽毛が体毛と異なり、2 段階の進化を遂げた (Chuong *et al.*, 1991) というのは *Hox* と関係があるかも知れない。何故なら、主竜類での指数の減少が *Hox* の変異によるのではないかとかがわけるノックアウトマウスの表現形が得られている (黒岩, 1998) からである。また、海生有羊膜類 (魚竜類, 首長竜類, モササウルス科, クジラ類) の尺・トウ骨の縮小が *Hoxa-13* の発現変化による表現形異常 (黒岩, 1998) と類似していることに注意したい。*Msx* 遺伝子はマウスの

四肢の形成に重要な働きをしており、特に中胚葉の未分化な状態を維持する (里方・内山, 1995) ことから、哺乳類での指骨数の減少と関係があるのではなかろうか。

IX ま と め

有羊膜類の系では、解決すべき問題が数多く存在するにせよ、多面発現的遺伝子の変異による進化が起きていた可能性が高い。従ってその可能性をより確かなものにするため、化石及び現生の試料の詳細な形態観察や遺伝子の研究が進化という線に沿って進められなければならない。そして進化的変化を再現するような変異を遺伝子操作などによって作り出せるかどうかという検証をすることが望ましい。

さしあたって、多面発現的な遺伝子変異は形態進化を考える上でキーポイントになると考えられる。より詳しい研究が進めば、その効果の及ぶ範囲は遺伝子ごとに違っているから、形態変化の範囲の特定と発生上の遺伝子の発現パターンとの比較から変化した遺伝子及びその直下、直上の遺伝子が特定できるようになるのではないだろうか。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり、貴重な情報を寄せていただいた千葉県立中央博物館の伊左治鎮司博士に深く感謝の意を表します。また、文献調査に協力いただいたばかりでなく、本稿の校閲を快く引き受けて下さった東京大学の三戸太郎博士にはひとかたならぬご助力をいただき、深く感謝する次第です。最後に、常に実り多い議論をして下さった千葉県立中央博物館の森田利仁博士に感謝いたします。

文 献

- Amaya, E., Musci, T. J. and Kirshner, M. W., 1991. Expression of a dominant negative mutant of the FGF receptor disrupts mesoderm formation in *Xenopus* embryos. *Cell*, **66**, 257-270.
- Benton, M. J., 1997. *Vertebrate Palaeontology*. 452p., Chapman and Hall, London.
- Bernfield, M., Hinkes, M. T. and Gallo, R. L., 1993. Developmental expression of the syndecans: possible

- function and regulation. *Development* 1993 suppl., 205-212.
- Bessho, K., Tanaka, N., Matsumoto, J., Tagawa, T. and Murata, M., 1991. Human dentin-matrix-derived bone morphogenetic protein. *Jour. Dent. Res.*, **70**, 171-175.
- Bieberich, C. J., Ruddle, F. H. and Stenn, K. S., 1991. Differential expression of the *Hox 3.1* gene in adult mouse skin. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **642**, 346-354.
- Blecher, S. R., Kapalanga, J. and Lalonde, D., 1990. Induction of sweat glands by epidermal growth factor in murine X-linked anhidrotic ectodermal dysplasia. *Nature*, **345**, 541-544.
- Boonstra, L. D., 1962. The dentition of the titanosuchian dinocephalians. *Ann. S. Afr. Mus.*, **46**, 57-112.
- Brinkman, D., 1981. The origin of the crocodyloid tarsi and the interrelationships of thecodontian archosaurs. *Breviora*, **464**, 1-23.
- Burke, A. C., 1989. Epithelial-mesenchymal interactions in the development of the chelonian bauplan. *Fortsch. Zool.*, **35**, 206-209.
- Carpenter, G. and Cohen, S., 1990. Epidermal growth factor. *Jour. Biol. Chem.*, **265**, 7709-7712.
- Carroll, R. L., 1988. *Vertebrate Paleontology and Evolution*. 698p., Freeman, New York.
- Carroll, R. L., 1997. *Patterns and processes of vertebrate evolution*. 448p., Cambridge University Press, Cambridge.
- Charig, A. J., 1972. The evolution of the archosaur pelvis and hindlimb: An explanation in functional terms. In Joysey, K. A. and Kemp, T. S., eds., *Studies in Vertebrate Evolution*. 121-155. Oliver and Boyd, Edinburgh.
- Chatterjee, S., 1974. A rhynchosaur from the upper Triassic Maleri Formation of India. *Phil. Trans. R. Soc. Lond., B*, **267**, 209-261.
- Chuong, C-M. and Edelman, G. M., 1985. Expression of cell-adhesion molecules in embryonic induction I. Morphogenesis of Nestling Feathers. *Jour. Cell Biol.*, **101**, 1009-1026.
- Chuong, C-M., Oliver, G., Ting, S. A., Jegalian, B. G., Chen, H. M. and de Robertis, E. M., 1990. Gradients of homeoproteins in developing feather buds. *Development*, **110**, 1021-1030.
- Chuong, C-M., Chen, H-M., Jiang, T-X. and Chia, J., 1991. Adhesion molecules in skin development: morphogenesis of feather and hair. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **642**, 263-280.
- Chuong, C-M., Ting, S. A., Widelitz, R. B. and Lee, Y-S., 1992. Mechanism of skin morphogenesis II. Retinoic acid modulates axis orientation and phenotypes of skin appendages. *Development*, **115**, 839-852.
- Coelho, C. N. D., Krabbenhoft, K. M., Upholt, W. B., Fallon, J. F. and Kosher, R. A., 1991. Altered expression of the chicken homeobox-containing genes *Glox-7* and *Glox-8* in the limb buds of *limbless* mutant chick embryos. *Development*, **113**, 1487-1493.
- Cooper, J. S., Poole, D. F. G. and Lawson, R., 1970. The dentition of agamid lizards with special reference to tooth replacement. *Jour. Zool., Lond.*, **162**, 85-98.
- Coulombre, J. L. and Coulombre, A. J., 1971. Metaplastic induction of scales and feathers in the corneal anterior epithelium of the chick embryo. *Dev. Biol.*, **25**, 464-478.
- Crompton, A. W., 1995. Masticatory function in nonmammalian cynodonts and early mammals. In Thomason, J. J. ed. *Functional Morphology in Vertebrate Paleontology*. 55-75. Cambridge University Press, New York.
- Danforth, C. H., 1925. Hair in its relation to questions of homology and phylogeny. *Amer. Jour. Anat.*, **36**, 47-68.
- Davidson, P. and Hardy, M. H., 1952. The development of mouse vibrissae *in vivo* and *in vitro*. *Jour. Anat.*, **86**, 342-356.
- Dhouailly, D., Hardy, M. H. and Sengel, P., 1980. Formation of feathers on chick foot scales: a stage-dependent morphogenetic response to retinoic acid. *Jour. Embryol. Exp. Morph.*, **58**, 63-78.
- Duncker, H-R., 1991. Constructional and ecological prerequisites for the evolution of homeothermy. In Schmidt-Kittler, N. and Vogel, K. ed. *Constructional Morphology and Evolution*. 331-357. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Elias, H. and Bortner, S., 1957. On the phylogeny of hair. *Amer. Mus. Novitates*, **1820**, 1-15.
- Fisher, C. J., Knapp, L. W. and Sawyer, R. H., 1988. Retinoic acid induction of featherlike structures from reticulate scales. *Teratology*, **38**, 321-328.
- Goto, M., 1988. Development of dermal tooth and jaw tooth in sharks and phylogeny of hard tissues

- in vertebrates. In Omori, M., Suga, S. and Goto, M. ed. *Biom mineralization and Phylogeny of Mrine Organisms*. 219-246. Tokai University Press, Tokyo.
- Gross, W., 1947. Die Agnathen und Acanthodier des obersilurischen Beyrichienkalks. *Paleontographica*, **96A**, 91-158.
- Halstead, L. B., 1974. *Vertebrate Hard Tissues*. 198p., Wykeham Publications Ltd. London.
- Hampe, A., 1959. Contribution a l'etude du developpement et al reguration des deficiences et excedents dans la patte de l'embryon de poulet. *Arch. Anat. Micr. Morph. Exp.*, **48**, 347-479.
- Hardy, M. H., 1968. Glandular metaplasia of hair follicles and other responses to vitamin A excess in cultures of rodent skin. *Jour. Embryol. Exp. Morph.*, **19**, 157-180.
- Hedges, S. B., 1994. Molecular evidence for the origin of birds. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **91**, 2621-2624.
- Hertwig, O., 1874. Ueber Bau und Entwicklung der Placoidschuppen und der Zahne der Selachier. *Jena. Z. Naturw.*, **8**, 331-404.
- Hill, R. E., Jones, P. F., Rees, A. R., Sime, C. M., Justice, M. J., Copeland, N. G., Jenkins, N. A., Graham, E. and Davidson, D. R., 1989. A new family of mouse homeobox-containing genes: molecular structure, chromosomal location, and developmental expression of *Hox-7.1*. *Genes Dev.*, **3**, 26-37.
- 平井洋平, 1994. 上皮-間葉相互作用におけるエピモルフィン. *実験医学*, **12**, 47-52.
- Hirai, Y., Nose, A., Kobayashi, S. and Takeichi, M., 1989. Expression and role of E-and P-cadherin adhesion molecules in embryonic histogenesis II. Skin morphogenesis. *Development*, **105**, 271-277.
- Holbrook, K. A. and Minami, S. I., 1991. Hair follicle embryogenesis in the human: characterization of events *in vivo* and *in vitro*. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **642**, 167-196.
- 石川梧朗・秋吉正豊, 1984. 口腔病理学I. 543p., 永末書店.
- Jollie, M., 1973. *Chordate Morphology*. 458p. Robert E. Krieger Publishing Company Huntington, New York.
- Jones, C. M., Lyons, K. M. and Hogan, B. L. M., 1991. Involvement on *Bone Morphogenetic Protein-4* (BMP-4) and *Vgr-1* in morphogenesis and neurogenesis in the mouse. *Development*, **111**, 531-542.
- Jowett, A. K., Vainio, S., Ferguson, M. W., Sharpe, P. T. and Thesleff, I., 1993. Epithelial-mesenchymal interactions are required for *msx1* and *msx2* gene expression in the developing murine molar tooth. *Development*, **117**, 461-470.
- 加藤茂明, 1994. 核内レセプターと情報伝達. 125p., 羊土社.
- Kawasaki, H., Kawaguchi, T., Yano, T., Fujimura, S. and Yago, M., 1980. Chemical nature of proteins in the placoid scale of the blue shark, *Prionace glauca* L. *Archs Oral Biol.*, **25**, 313-320.
- Kemp, T. S., 1982. *Mammal-like Reptiles and the Origin of Mammals*. 363p. Academic Press, London.
- Kemp, T. S., 1999. *Fossils and Evolution*. 284p. Oxford University Press, New York.
- Kere, J., Stristava, A. K., Montonen, O., Zonana, J., Thomas, N., Ferguson, B., Munoz, F., Morgan, D., Clarke, A., Baybayan, P., Chen, E. Y., Ezer, S., Saarialho-Kere, U., de la Chapelle, A. and Schlesinger, D., 1996. X-linked anhidrotic (hypohidrotic) ectodermal dysplasia is caused by mutation in a novel transmembrane protein. *Nature Genetics*, **13**, 409-416.
- Kiso, T. M., 1999. Evolutionary relationships among vertebrate appendages. *Archs. Comp. Biol. Tooth Enamel*, **7**, 1-8.
- 小林英司, 1975. 内分泌現象. 380p., 裳華房, 東京.
- Kollar, E. J. and Baird, G. R., 1970. Tissue interactions in embryonic mouse tooth germs II. The inductive role of the dental papilla. *Jour. Embryol. Exp. Morph.*, **24**, 173-186.
- Kollar, E. J. and Fisher, C., 1980. Tooth induction in chick epithelium: expression of quiescent genes for enamel synthesis. *Science*, **207**, 993-995.
- Kolm, P. J. and Sive, H. L., 1995. Regulation of the *Xenopus labial* homeodomain genes, *HoxA1* and *HoxD1*: Activation by retinoids and peptide growth factors. *Dev. Biol.*, **67**, 34-49.
- Kronmiller, J. E., Nguyen, T. and Berndt, W., 1995. Instruction by retinoic acid of incisor morphology in the mouse embryonic mandible. *Archs Oral Biol.*, **40**, 589-595.
- 黒岩 厚, 1998. 器官形成とホメオボックス. 倉敷成人病センター医科学研究所バイオメディカル研究会 (編) 生命誕生と生物の生存戦略. 79-91. 日本アクセル・シュプリンガー出版, 東京.
- Lohnes, D., Mark, M., Mendelsohn, C., Dolle, P., Dietrich, A., Gorry, P., Gansmuller, A. and Chambon, P., 1994. Function of the retinoic acid

- receptors (RARs) during development (I). Craniofacial and skeletal abnormalities in RAR double mutants. *Development*, **120**, 2723-2748.
- Lumsden, A. G. S., 1988. Spatial organization of the epithelium and the role of neural crest cells in the initiation of the mammalian tooth germ. *Development* **103 suppl.**, 155-169.
- Lyons, K. M., Pelton, R. W. and Hogan, B. L. M., 1990. Organogenesis and pattern formation in the mouse: RNA distribution pattern suggest a role for *Bone Morphogenetic Protein-2A* (BMP-2A). *Development*, **109**, 833-844.
- Matsuki, Y., Amizuka, N., Warshawsky, H., Goltzman, D. and Yamada, Y., 1995. Gene expression of epimorphin in rat incisor ameloblasts. *Archs Oral Biol.*, **40**, 161-164.
- Moore, G. P. M., du Cros, D. L., Isaacs, K., Pisansarakit, P. and Wynn, P. C., 1991. Hair growth induction: roles of growth factors. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **642**, 308-325.
- Morgan, B. A., Izpisua-Belmonte, J.-C., Duboule D. and Tabin, C. J., 1992. Targeted misexpression of *Hox-4.6* in the avian limb bud causes apparent homeotic transformations. *Nature*, **358**, 236-239.
- Morgan, B. A. and Tabin, C., 1994. Hox genes and growth: early and late roles in limb bud morphogenesis. *Development* **1994 Suppl.**, 181-186.
- Morita, R., 1993. Development mechanics of retractor muscles and the "Dead Spiral Model" in gastropod shell morphogenesis. *N. Jb. Geol. Palaont. Abh.*, **190**, 191-217.
- Niswander, L. and Martin, G. R., 1992. Fgf-4 expression during gastrulation, myogenesis, limb and tooth development in the mouse. *Development*, **114**, 755-768.
- Nohno, T., Kawakami, Y., Ohuchi, H., Fujiwara, A., Yoshioka, H. and Noji, S., 1995. Involvement of the *Sonic hedgehog* gene in chick feather formation. *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, **206**, 33-39.
- 濃野 勉・野地澄晴, 1993. 四肢のパターン形成にかかわる遺伝子群. 蛋白質・核酸・酵素, **38**, 2566-2581.
- 野地澄晴, 1995. 形態形成遺伝子群の反復作用と重複. 細胞工学, **14**, 1425-1433.
- Oster, G. and Alberch, P., 1982. Evolution and bifurcation of developmental programs. *Evolution*, **36** (3), 444-459.
- Parr, B. A. and McMahon, A. P., 1995. Dorsalizing signal *Wnt-7a* required for normal polarity of D-V and A-P axes of mouse limb. *Nature*, **374**, 350-353.
- Peyer, B., 1968. *Comparative Odontology*. 335p. University of Chicago Press, Chicago.
- Portmann, A., 1976. *Einführung in die Vergleichende Morphologie der Wirbeltiere*. 344p. Schwabe, Basel.
- Randall, V. A., Thornton, M. J. and Redfern, C. P. F., 1991. Dermal papilla cells from human hair follicles express mRNA for retinoic acid receptors in culture. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **642**, 457-458.
- Riddle, R. D., Johnson, R. L., Laufer, E. and Tabin, C., 1993. *Sonic hedgehog* mediates the polarizing activity of the ZPA. *Cell*, **75**, 1410-1416.
- Rijli, F. M., Mark, M., Lakkaraju, S., Dierich, A., Dolle, P. and Chambon, P., 1993. A homeotic transformation is generated in the rostral branchial region of the head by disruption of *Hoxa-2*, which acts as a selector gene. *Cell*, **75**, 1333-1349.
- Robert, B., Sassoon, D., Jacq, B., Gehring, W. and Buckingham, M., 1989. *Hox-7*, a mouse homeobox gene with a novel pattern of expression during embryogenesis. *EMBO J.*, **8**, 91-100.
- Romer, A. S., 1966. *Vertebrate Paleontology*. 468p. University of Chicago Press, Chicago.
- 笹川一郎, 1986. 広弓類. 後藤仁敏・大森司紀之(編) 歯の比較解剖学. 116-117. 医歯薬出版株式会社, 東京.
- 佐々木史江・井関八郎, 1987. 幼生歯と歯列上皮細胞. 渡辺強三(監修) 両生類の発生と変態. 54-64. 西村書店, 新潟.
- 里方一郎・内山 聖, 1995. 不妊を示すHoxa10欠損マウスと口蓋裂・歯の発生異常を示すMsx1欠損マウスの解析. 蛋白質・核酸・酵素, **40**, 2134-2143.
- Satre, M. A. and Kochhar, D. M., 1989. Elevation in the endogenous levels of the putative morphogen retinoic acid in embryonic mouse limb-buds associated with limb dysmorphogenesis. *Dev. Biol.*, **133**, 529-536.
- Schmidt, W. J., 1920. Einiges über die Hautsinnesorgane der Agamiden, insbesondere von Calotes, nebst Bemerkungen über diese Organe bei Geckoniden und Iguaniden. *Anat. Anz.*, **53**, 113-139.
- 嶋村健児, 1994. 形態形成におけるカドヘリンの役割. 遺伝 別冊6号, 129-138.
- Slavkin, H. C., Graham, E., Zeichner-David, M. and Hildeman, W., 1983. Enamel-like antigens in hagfish: possible evolutionary significance. *Evolution*,

- 37 (2), 404-412.
- Smith, M. M. and Hall, B. K., 1990. Development and evolutionary origins of vertebrate skeletogenic and odontogenic tissues. *Biol. Rev.*, **65**, 277-373.
- Solursh, M., Reiter, R. S., Jensen, K. L., Kato, M. and Bernfield, M., 1990. Transient expression of a cell surface heparan sulfate proteoglycan (syndecan) during limb development. *Dev. Biol.*, **140**, 83-92.
- Sordino, P., van der Hoeven, F. and Duboule, D., 1995. *Hox* genes expression in teleost fins and the origin of vertebrate digits. *Nature*, **375**, 678-681.
- Stahl, B., 1974. *Vertebrate History: Problems in Evolution*. 604p. Dover, New York.
- Storm, E. E. and Kingsley, D. M., 1996. Joint patterning defects caused by single and double mutations in members of the bone morphogenetic protein (BMP) family. *Development*, **122**, 3969-3979.
- Tabin, C. J. and Laufer, E., 1993. *Hox* genes and serial morphology. *Nature* **361**, 692-693.
- 竹内 純・松本 健・小椋利彦, 1999. 四肢形成と *Tbx* 遺伝子. 実験医学, **17**, 272-280.
- Thesleff, I., Mackie, E., Vainio, S. and Chiquet-Ehrismann, R., 1987. Changes in the distribution of tenascin during tooth development. *Development*, **101**, 289-296.
- Trautman, M. S., Kimelman, J., and Bernfield, M., 1991. Developmental expression of syndecan, an integral membrane proteoglycan, correlates with cell differentiation. *Development*, **111**, 213-220.
- Tucker, J. E., Lemon, R., Mackie, E. J. and Tucker, R. P., 1991. Immunohistochemical localization of tenascin and fibronectin in the dentin and gingiva of *Canis familiaris*. *Archs Oral Biol.*, **36**, 165-170.
- Vainio, S., Karavanova, I., Jowett, A. and Thesleff, I., 1993. Identification of BMP-4 as a signal mediating secondary induction between epithelial and mesenchymal tissue during early tooth development. *Cell*, **75**, 45-58.
- Vainio, S. and Thesleff, I., 1992. Coordinated induction of cell proliferation and syndecan expression in dental mesenchyme by epithelium: evidence for diffusible signals. *Dev. Dyn.*, **194**, 105-117.
- Vastardis, H., Karimbux, N., Guthua, S. W., Seidman, J. G. and Seidman, C. E., 1996. A human *MSX1* homeodomain missense mutation causes selective tooth agenesis. *Nature Genetics*, **13**, 417-421.
- Viallet, J. P., Ruberte, E., du Manoir, S., Krust, A., Zelent, A. and Dhoubailly, D., 1991. Retinoic acid-induced glandular metaplasia in mouse skin is linked to the dermal expression of retinoic acid receptor β mRNA. *Dev. Biol.*, **144**, 424-428.
- Vukicevic, S., Paralkar, V. M., Cunningham, N. S., Gutkind, J. S. and Reddi, A., 1990. Autoradiographic localization of osteogenin binding sites in cartilage and bone during rat embryonic development. *Dev. Biol.*, **140**, 209-214.
- Wagner, G. P., 1988. The influence of variation and of developmental constraints on the rate of multivariate phenotypic evolution. *Jour. Evol. Biol.*, **1**, 45-66.
- Wilkinson, D. G., Bhatt, S. and McMahon, A. P., 1989. Expression pattern of the FGF-related proto-oncogene *int-2* suggests multiple roles in fetal development. *Development*, **105**, 131-136.
- Yang, Y. and Niswander, L., 1995. Interaction between the signaling molecules WNT7a and SHH during vertebrate limb development: Dorsal signals regulate anteroposterior patterning. *Cell*, **80**, 939-947.
- 八杉貞雄, 1992. 発生と誘導現象, (UP バイオロジー 91). 134p, 東京大学出版会, 東京.
- Yokouchi, Y., Sasaki, H. and Kuroiwa, A., 1991. Homeobox gene expression correlated with the bifurcation process of limb cartilage development. *Nature*, **353**, 443-445.
- Yoshida, N., Yoshida, K., Nakamura, H., Iwaki, M. and Ozawa, H., 1995. Immunoelectron-microscopic study of the localization of fibronectin in the odontoblast layer of human teeth. *Archs Oral Biol.*, **40**, 83-89.
- Yuh, C.-H., Bolouri, H. and Davidson, E. H., 1998. Genomic cis-regulatory logic: experimental and computational analysis of a sea urchin gene. *Science*, **279**, 1896-1902.
- Zelent, A., Krust, A., Petkovich, M., Kastner, P. and Chambon, P., 1989. Cloning of murine α and β retinoic acid receptors and a novel receptor γ predominantly expressed in skin. *Nature*, **339**, 714-717.

紹介

中国の古生物学界における業績評価事情

斎木健一*・王 永棟**

現在、筆者らは中国の中生代植物化石に関する共同研究を行っているが、共同研究を始めるにあたり筆者の一人、王永棟が出した希望の一つに「成果を“SCI ジャーナル”に載せたい。」というものがあった。中国ではSCI (Science Citation Index) に掲載されていない雑誌は国際誌としては認められず、評価も低い、というのである。著者の一人である斎木自身、中国でのこのような評価方式は驚きであったし、中国における業績や雑誌の評価基準については共同研究を行う上で多くの方にも興味のあるところかと思われたので、ここで紹介することにした。

SCI とは

ここでまず SCI について簡単に紹介しておく。SCI とは Science Citation Index の略でアメリカの ISI 社 (The Institute for Scientific Information) が刊行している学術雑誌データベースである。Science Citation Index Expanded では世界の科学文献のうち、約5600が網羅されている。同社が刊行している JCR (Journal Citation Reports) では、被引用数、インパクトファクターなどをもとに、SCI で取り上げられている雑誌の実質的な格付けが行われている。中国ではこの格付けが国際基準とされており、従って“SCI ジャーナル”イコール国際誌という認識が成り立つことになった。

SCI に登録されている古生物関連雑誌の例としては: Acta Palaeontologica Polonica, Cretaceous Research, Journal of Foraminiferal Re-

search, Journal of Micropalaeontology, Journal of Palaeontology, Journal of Vertebrate Paleontology, Lethaia, Micropaleontology, Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, Paleontology, Palaeobiology, Review of Palaeontology and Palynology などがある。このほか東欧や発展途上国からも多くの雑誌が登録されている。たとえば、ポーランド (Acta Palaeontologica Polonica), アルゼンチン (Ameghiniana), インド (Journal of the Geological Society of India), チリ (Revista Geologica de Chile) 等である。

なお、SCI について ISI のウェブサイト (<http://www.isinet.com/>) の他、山崎 (1996) に詳しい紹介がなされており、上述の解説もこれら二つを参考にした。

南京地質古生物研究所における業績評価基準

中国の多くの公的機関では、現在かなり大規模なリストラが行われている。中国科学院南京地質古生物研究所 (以下、南京古生物所) でも、現在250名いるスタッフが最終的には80名になる予定である。ただし、南京古生物所への研究予算配分は増加している。このことから南京古生物所におけるリストラの目的が単なる予算削減ではなく、研究効率化のための、本来の意味でのリストラチャリングであることがわかる。このようなリストラのためには業績評価が不可欠であるため、研究所内で評価の基準作りが行われた。

本論では中国での業績評価の例としてこの南京古生物所の業績評価基準を紹介する。南京古生物所は中国に於ける脊椎動物以外のすべての古生物学研究の中心であり、ここでの基準は中国における古生物学研究の業績評価のスタンダードと考え

*Ken'ichi Saiki 千葉県立中央博物館

**Yong-Dong Wang 中国科学院南京地質古生物研究所
1999年12月6日受付, 1999年12月18日受理

てよい。

業績評価では論文や著作の他、政府からの表彰や学生の指導などがすべて点数に還元される。本論では政府からの表彰などは省略し、論文・著作に関する表だけを以下に示した。

国際的に著名な雑誌：得点300

例：Science, Nature

SCIに収録されている中国以外の雑誌：得点150

例：前章「SCIとは」のリストを参照。

中国国内の主要な雑誌（国際学会議の論文集を含む）：得点80

例：古生物学報，古脊椎動物学報，微体古生物学報，地質学報，地質科学

その他の国内雑誌：得点40

例：地層学雑誌，地質論評，各大学の紀要

著作の場合には，欧米の出版社から出版された場合で500点，国内の場合で400点が与えられる。つまり SCI の雑誌に論文を三本書けば一冊の本を書いたのと同じ評価が与えられるのである。“SCI ジャーナル”に対する中国研究者の関心の高さは当然と言えよう。

筆者（斎木）の調べたところでは，現在 SCI に登録されている日本の古生物学関係の雑誌は The Island Arc のみである。The Island Arc 編集部はインデックス・抄録誌の重要性を強く認識しているようで，日本地質学会 News の「The Island Arc だより」では同誌が ISI に登録されたこと，その他に11のインデックス抄録誌に掲載されていることが紹介されている（The Island Arc 編集部，1998）。ちなみに古生物学関連の雑誌ではないが植物化石の論文がしばしば掲載される，日本植物学会出版の Journal of Plant Research も“SCI ジャーナル”である。

中国からの投稿について

最後に中国の研究者が Paleontological Research に投稿するに当たって障壁となる点は何かをまとめてみた。

中国の研究者も決して潤沢な研究費を与えられているわけではない。限られた予算で最高の成果を示すために，投稿先としては“SCI ジャーナル”

の中から費用のかからない雑誌が選択されることになる。幸い Paleontological Research は欧米の多くの雑誌と同様，投稿者から料金を取っていない。従って，問題は Paleontological Research が“SCI Journal”として登録されていないことに絞られてくる。多くの中国人研究者にとっても英語の論文を仕上げることは簡単なことではない。「どうせ書くなら“SCI ジャーナル”に載せて得点を稼ぎたい」と思うのは当然であろう。ここで Paleontological Research が“SCI ジャーナル”として認められる可能性について少し触れてみたい。ISI の担当者によれば，SCI に掲載されるには，雑誌の目的，レビュー・システム，同じ分野の他の雑誌とはどのように違うか，中心になっている編集者・著者は国際的な諸学会でどのように活躍しているか，グラントを受けている著者はいるか，引用されている論文は多いか，期日通りに刊行されているか，といったことが考慮されるそうである（詳しくは，<http://www.isinet.com/hot/essays/esay9701.html>）。ここで重要なのは，学会側から SCI に売り込むことが認められていることである。

日本と中国の間では数多くの共同研究が行われており，中国には日本で学んだ研究者も多い。多くの中国人研究者は条件さえ整えば日本の雑誌に投稿したいと考えている。この小論が，中国・日本双方の古生物学の研究交流に少しでも寄与すれば幸いである。本論は限られた時間と人数のなかで書き上げられており，必ずしも中国人研究者の平均的な意見を反映しているとは言いきれない。問題点があればご指摘いただければ幸いである。

謝 辞

内部資料の閲覧と公表を快く許可して下さった中国科学院南京地質古生物研究所の穆西南所長と孫革副所長に深謝します。

文 献

The Island Arc 編集部，1998. The Island Arc だより日本地質学会 News1 (1) 33.
山崎茂明，1996. 生命論文投稿ガイド. 153p. 中外医学社.

書 評

ウィリアムJ. フリッツ・ジョニーN. ムーア著 (原田憲一 訳)：層序学と堆積学の基礎

(愛知出版, 1999, 386pp., 5200円)

本書は1988年に発行された「Basics of Physical Stratigraphy and Sedimentology」(John Wiley & Sons, Inc.) の訳書で、層序学や堆積学に関する基礎的な事項を平易にまとめた良書である。その内容は全9章からなり、層序学や堆積学で学ぶべき基本的な概念はほとんど網羅されている。さらに、巻末に原著引用文献、用語簡易解説集、英和対照用語集、人名・事項索引も付いており、堆積学の専門書や論文を引く上でも手引き書となる。本書の特徴は、図表とともに写真図版が多く、野外における堆積構造やベッドフォームの特徴を視覚的にとらえることができ、堆積図鑑のような感覚で使用できる点にある。さらに、この訳書では日本で観察される露頭写真を頻繁に併入しているため、我々日本人にとって身近でより理解しやすい構成となっている。本書の訳者は原著の文章を読んだだけでは理解が難しいと判断した箇所には、惜しみなく図版を追加しており、読者に対する細かい配慮も伺える。

第1章の「層序学的原理の発展とその応用」では層序学と堆積学の歴史から始まり、不整合、層序学の原理、層序規約と解説が進み、層序学の基礎的な概念を簡略に学ぶことができる。ここで「地層の重なり」の概念を理解した読者は、第2章の「堆積粒子と堆積岩の分類」で、地層を構成する堆積岩にはどんなものがあるか、その岩石学的な分類を学ぶことになる。本書では砂岩・泥岩などの碎屑岩だけでなく、炭酸塩岩・珪質岩・化学的沈殿物・燐灰質堆積岩・含鉄堆積岩・石炭に至るまで言及されている。次の第3章、「層理と堆積構造の記載的分類」では、実際に野外で観

察される堆積構造が記述されている。この章では内部堆積構造、底痕・リップルマークなどの表面構造、生痕、浸食と風化による構造、溶解による構造、充填物、膠着作用による構造と、露頭で観察される堆積構造がほとんど網羅されているといっても過言ではない。この中にはストロマトライトの分類体系まで述べられている。この章で掲載された堆積構造の特徴を記憶すれば、地層に見い出される堆積構造の大部分に名前をつけ、記載することができるようになるはずである。

残りの6つの章では堆積物の運搬と堆積に関する物理学的な作用を説明している。すなわち、著者はこれ以降の章で、第3章で紹介したような実際の堆積構造がどのようにして形成されるかを理解してもらおうとしている。その最初の第4章は「堆積過程の物理作用」と題して水力学的な原理を簡単な物理法則を用いて平易に説明している。第5章から第8章にわたる4つの章では、第3章で論じた記載的な堆積構造の形態と実際の運搬作用の関連づけをおこなっている。第5章「水流に対する砂床の反応」では、流れ領域(flow regime)モデルとベッドフォームの関係に関して概説し、リップルなどの形成機構を明らかにしている。また、このモデルの限界についても論じている。第6章「風による運搬と堆積」では、風紋、砂丘などを形成する風成堆積学の話題を取り扱っている。続く第7章は「潮汐と波浪による運搬と堆積」で、潮汐や波浪の作用でどのような形態をもつ堆積構造が形成されるかが解説されている。その中には、ヘリボーンクロスミナといった潮汐堆積作用の証拠とされていた構造

が河川堆積物中にもみられること、波成リップルは対称形と考えられていたが実際は大部分が非対称であることなど、重要な指摘がなされている。第8章の「土砂流による運搬と堆積」はそれまでの章とは違い、流体が堆積物をかなり含んでいる流れ（堆積物重力流）に関して総括している。この章では、堆積物重力流の代表であるタービダイトばかりでなく、陸上で起こる土石流と泥流に関してもその後半部でかなり詳しく解説がなされている。土石流や泥流堆積物の図版には、ネバド＝デル＝ルイス火山とともに雲仙普賢岳の写真もかなり含まれている。

これらの章を読み終えた読者は、3章で記載されていた数々の堆積構造がどのような物理過程で形成されたかを理解することができるとともに、河川、海浜、砂丘、火山山麓など、どのような場所でその形成が行われているかも知ることができる。その結果、実際に野外で観察した堆積構造から、逆に地層を形成した堆積環境をほぼ正確に頭の中に描くことができるようになるであろう。また、本書ではある特定の堆積構造から機械的に堆積環境を解釈する際の注意点も実際の例を上げて説明し、総合的に判断することの重要性も喚起している。

本書の最終章の第9章は、「堆積相と堆積環境のモデル化」で締めくくられている。この章に関

しては記述がやや簡略すぎ、堆積相解析やシーケンス層序といった新しい概念に関しては十分とはいえないように思える。しかしながら、それは本書の巻頭に述べられているように、本書の内容を十分に収得した読者が他の専門の教科書を使って学ぶのが適切であろう。

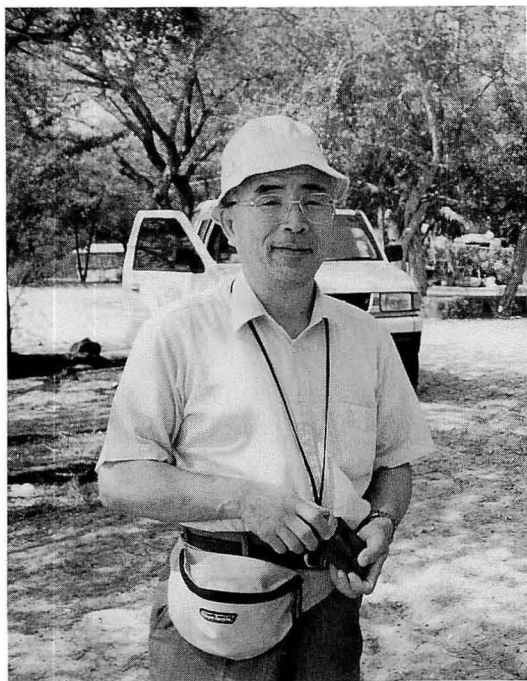
近年、古生物学・地質学の分野では大学の学部再編などで地球科学の他分野との合体が進められ、大学などの機関でも野外における産状の観察、柱状図や地質図の作成といった基本的な教育が必修科目からはずされつつある。しかし、本書のような野外調査を行う上で実用的な教科書が数多く出版されれば、読者自身がこれらの教科書を使用し、層序学や堆積学の基礎を独自に学ぶことができる。本書の内容は平易であるが専門用語の記述が多いので、読者にはとっつきにくい印象を与えるかもしれない。この点も巻末の用語簡易解説集や英和対照用語集を使えば解消できる。また、国内で観察される堆積構造の図版の多い本書は、堆積構造図鑑としても活用できるであろう。ただ、残念ながら本書が5200円とやや高めの値段に設定されていることにある。本書の主な対象とされている学部学生にとってはややきびしい価格であるが、それを差し引いても層序学・堆積学の教科書としてはきわめて有用な内容を含んでいる。

西 弘嗣

追悼

畏友柳田壽一さんへの追憶

坂上澄夫



在りし日の柳田壽一さん
(タイ半島部プラチュアップキリカン付近で、1997年2月24日写す)

残念，残念，ただ残念としか言いようがない。

9月24日朝，北九州の太田さんから電話で，「柳田さんの奥様から，あと一週間くらいしかもたないかも知れない。誰に会いたいか，と聞いたら，坂上さんに会いたい，と言っている」との報告が入った。

これが最後になるかも知れない，との悪い予感を抱きながらも必ず会って話を交わすことは出来るものと信じて，翌25日早朝5時前にわが家を出発したのだった。それが，羽田に着いてまさに飛行機に搭乗する直前，私の名前を呼ぶアナウン

スが耳に入った。こんなことは滅多にあることではないので，一瞬ギクッとしたが，妻からの呼び出しに違いないと思い近くの公衆電話に走り家に電話をして，やはり最悪の事態であることを知った。福岡へ飛んでお見舞いの後，秋吉へ行ってすこし仕事をして，また帰りに福岡に戻ってもう一度お見舞いをして来ようと家を出たのに，柳田さんもどんなにか私の来るのを待っていてくれたかと思うと，前日連絡があったときすぐに出かけていたらひょっとして間に合っていたかも知れないという慙愧の思いで，機内に入った。機内でシュワデスに便箋と封筒を所望し，柳田さんの親友，タイのNikornさんに悲報を知らせる手紙を書いて福岡で投函することにした。

柳田さんとの出会いは1962年（昭和37年）3月に始まる。その年，日本古生物学会の例会が広島大学で開催され，そのポスト・エキスカージョンが秋吉石灰岩台地でおこなわれた。そのとき柳田さんはその案内者だったと思うが，私はそれに参加したあと秋吉に残り，個人的に柳田さんの案内で重安採石場，ウズラ採石場などで化石採集をした。そのとき採集したコケムシ化石は1964年に2篇の論文として公表することができた。

その後，小林先生，鳥山先生などがリーダーとして東南アジアの地質・古生物の研究が行われるようになって，私も参加して柳田さんとの親交が急速に深まった。そして，東南アジア（タイおよびマレーシア）へは数回にわたって一緒に調査旅行をおこなった。また，私が南米アンデスの調査を始めることになって，先ず第一に協力者としてお願いしたのが柳田さんで，何回かのうち第二回目だけは彼が在外研究で欧米に出張されたために同行されなかったが，大抵は一緒に行っていた。

柳田さんとの海外旅行は本当に楽しかった。調

査旅行中の休日には、二人でよくショッピングにでかけた。タイへ行っては必ずタイ米を10 kg~20 kg, それに普通の人が思いもよらぬ食べ物や日用品などを買い込んで持ち帰ったものだ。南米への旅行のときも同様であった。二人共植物や農作物の種子などにも興味があって、いろいろなものを採ったり買ったりして密輸入まがいを持ち帰り、同行の若い人達に「この二人はどうなっているんだろう」と思われたことだった。実際には買っては来たものの、タイの魚の形をした鍋、中華包丁、ペルーのオレンジ絞り器等々、あまり役に立たないものも多かったが。

柳田さんは靴にかなり関心があって、よくご自分のものと一緒に息子さんのものを買って帰られた。10年以上も前になるが、バンコックの日系デパートで履き良さそうなバリの靴を見つけられたがほんの少し小さ目で、残念そうにそれをあきらめて他のものを買われた。その靴は私が買うことになっていまだに履いている。二年前程に、二人でマレーシア、タイを旅行して、帰りに香港に寄ったときバリの店で同様の靴を見つけ、柳田さんはそれを買われた。

靴の話題がでた序いで、靴の話をもう一つ。南米アンデス調査の最初の年(1980)、隊員お揃いでイタリア・ザンバラーン製の登山靴を購入した。とても履きやすく、二人はとくに気に入ってそれ以後長く愛用した。調査のあとホテルの同じ部屋で毎日ピカピカに磨いて大事にしていた。昨年だったか、私はその靴底の張り替えをした、と柳田さんに話したら「それじゃあ、ボクも張り替えましょう」と言っておられたが…。

九州男子は亭主関白と言うことで通っているが、海外旅行では、いつも奥様のことを気づかっておられ、タイでは、毎回のように奥様のドレス用のタイ・シルクや馴染みになってしまったジュエリー・ショップに行っては奥様用の宝石選びを楽しまれた。

柳田さんの専門は古生代の腕足類化石の研究がメインであり、私は古生代のコムケシ化石の研究がメインである。この二つの化石群集は本当によく一緒に産出するので、彼と一緒に採集調査をすると大変能率的であり、また楽しく仕事ができる。

そんなわけで、腕足類とコケムシ類は非常に仲が良く、よく保存された標本ではお互いが抱っこしたり、されたりして生息していることが観察される。柳田さんと私もお互いに支え合って生きてきたように思う。口の悪い或る友人に、「君達二人はあんまり仲が良すぎて、ちょっとおかしいんじゃない？」などと冷やかされたことがあった。その友達には残念なことに(?)そのような関係にはなれなかったが、とにかくにもこれ程までにお互い信頼できる友人関係をたもてたことを心から誇りに思うのである。

私のような地方の新制大学を渡り歩いた人間にとっては、数多くの図書や文献を参照することがむずかしく、柳田さんには遠慮会釈なく文献などのコピーを随分沢山お願いした。そんなとき、いつも心よく迅速にその文献を捜し出して、大抵の場合表紙まで付けて送って下さった。私は、研究上のことは元より、教育上のことについても柳田さんにどれ程力を貸していただいたことか。

それにしても、お別れするのがあまりに早すぎた。

最後にお会いしたのは今年(1999年)4月末。私が秋吉台博物館に仕事に行っている間に一日、北九州市立自然史博物館に柳田さんを訪ね、太田さんと三人で食事をして、そのあと二人で博多へ行き、夕食を共にしてお別れするまでしゃべり続けた。その時はまだ病名が判らなかったが、比較のお元気そうに装っておられた。しかし、今から思うと一緒に付き合ってた下さっている間、随分きつかっただろう。申し訳ないことをした、という思いと、しかしせめてあの時いろいろと話ができてよかった、という思いとが交錯する。その後、何回か手紙のやりとりがあったが、彼からの7月10日付けの病名(癌)を知らせるお便り(結局これが最後の手紙になってしまった)、を受け取ったときはただ唖然とした。文面には、「思いがけなくもなかったのですが、やっぱりそうかの感がありました。しかし比較的ショックは小さかった様です。これしきの事に負けてたまるかとの思いが“ぼつ然”と湧いてきました。(中略)私自身は何だか、またすぐよくなって先日のペーパー(注:この春、北九州博・館報で公表されたタイ

北部産腕足類についての論文) 位のものは書けそうな気でおるのですが…」と記されていた。闘病生活、とくに病名がはっきりしてから二ヵ月半程は心身ともにさぞ苦しただろうとお察しし、全く断腸の思いである。それにもかかわらず、お通夜のときお顔を拝ませていただいて、とても穏やかに眠っておられる様子で、ホッとしたり、さ

すがだな、と思った。

奥様、ご子息をはじめご親族の方々の悲しみは如何ばかりかとお察しするが、もはや取り返しのつかぬ事となってしまった。この上は、すこしでもはやくお力落としを癒され、ご健勝で過ごされるよう祈るのみである。(平成11年9月末日記)

国際会議報告

第14回石炭—ペルム系国際会議 (XIV ICCP) 報告*

上野勝美**・中澤 努***

第14回石炭—ペルム系国際会議 (XIV International Congress on the Carboniferous-Permian) が、1999年8月17日から21日にかけてカナダ・カルガリー市のカルガリー大学を会場として開催された。共催会議としてパンダーソサエティー (Pander Society 1999 Meeting) とカナダ古生物カンファレンス (Canadian Paleontology Conference: CPC9) も開催された (こちらは8月20, 21日の二日間のみ)。

石炭—ペルム系国際会議は、もともと石炭系会議 (第1回会議の正式名称は Congrès pour l'Avancement des Etudes de Stratigraphie Carbonifère) として、1927年にオランダの Heerlen で第1回が開催されたものである。当初はヨーロッパ地域の研究集会としてスタートしたが、第5回のパリ会議 (1963) 以降は会議名称も Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère となり、4年に1回定期的に開催されるようになった。さらに、第12回のブエノスアイレスでの会議以降はペルム系も加わり、現在のような石炭—ペルム系国際会議という形で開かれるようになった。すでに70年以上の歴史を持ち、地質学・古生物学に関連した国際会議の中でも最も歴史の長いものの一つである。層序、生層序、古生物、古地理、古環境、テクトニクス、地域地質、資源 (特に石炭地質) 等の様々なトピックスで、石炭—ペルム系に関連した幅広い内容を討議するのがこの会議の目的となっている。研究集会の直接の運営母体は ICCP 常置委員

会であるが、石炭系層序委員会とペルム系層序委員会が実質的な会議の後援、運営を行っている。これまでも、これら層序委員会内で検討されてきた様々な層序問題が、この会議を通じて最終的に議論され、承認されてきたという経緯があり、いわば石炭—ペルム系の層序研究にとっては、最もオーソライズされた国際会議であるといえよう。

今回のカルガリー会議の参加者総数は、事前登録をした人数は22ヶ国計246名 (内訳はカナダ74名、アメリカ65名、ドイツ16名、連合王国11名、日本とロシア各9名、オーストラリアとチェコ共和国各7名、フランス、アイルランド、ポーランド、中国各6名、スペインとベルギー各5名、オランダ4名、イタリア3名、スイス、ブラジル、アルゼンチン、サウジアラビア、ハンガリー、ウクライナ各1名など) であったが、特に旧ソ連諸国からの参加予定者の講演キャンセルが多かったことから考えて、実際の参加者数はこれよりも少なかったようである。今回、筆者らの他に日本からこの会議に参加したのは、猪郷久義 (国立科学博物館)、猪郷久治 (東京学芸大学)、佐野弘好、吉岡由紀 (九州大学)、ティティマ・チャロエンティティラット (筑波大学) の諸氏に加え、日本学術振興会研究員として来日している中国人研究者の Wang Xiangdong (福岡大学) と Yang Weiping (新潟大学) である。

会議の概要

カルガリー大学での会議プログラムは8月16日の夜に行われた Ice Breaking Party に始まり、翌17日朝8時過ぎからオープニングセレモニーが行われた。その折りに、石炭系小型有孔虫研究の第一人者であり会議名誉総裁でもあるモントリオール大学 B. L. Mamet 教授が、これまでの会

*XIV International Congress on the Carboniferous-Permian (XIV ICCP), Calgary, Alberta, Canada, August 17-21, 1999.

**Katsumi Ueno, 福岡大学理理学部地球圏科学科

***Tsutomu Nakazawa, 地質調査所環境地質部

議（第11回の北京会議までは石炭系会議）の歴史を振り返る講演を行った。この講演は、筆者らのような新参加者にとって、これまでの会議がどのような経緯で、どのようなトピックスを中心に、どのような規模で開催されてきたのかを改めて知るよい機会となった。

オープニングセレモニーに引き続き始まった講演は、ポスターセッションも含め5会場に分かれ行われた。5日間の会議期間中、中日の19日には一般講演は行われず、コアカンファレンスと、パンダーソサエティー主催によるコノドントワークショップが開かれた。1講演20分の個人講演は18のセッションタイトルのもと、計33のセッションに分かれ行われた。プログラムの上では全部で229の口頭発表とポスター発表が予定されていたが、実際には、例えば Upper Paleozoic Reefs のセッションのように大半がキャンセルとなってしまったものもあったようである。もちろんプログラムの進行ということからすれば問題ではあるが、多くのセッションではキャンセルによりあいた時間を有効に利用することで、かえって十分な討議時間が生まれ、研究発表という意味では結果的に質が高まったとも言える。なお、日本からの参加者による発表は以下の8件である。

- 中澤 努：Carboniferous reef succession of the Omi Limestone, central Japan.
- 上野勝美：Moscovian and Kasimovian fusulinacean faunal succession of the Donets Basin, Ukraine.
- Villa, E., Dzhenchuraeva, A., Forke, H. C., 上野勝美：Late Carboniferous fusulinacean faunas, Western Paleo-Tethyan realm: provincialism and paleobiogeographic implications.
- Charoentitirat, T., 上野勝美：Fusulinacean zonation of Thailand: some recent advances.
- 佐野弘好, 井川敏恵：An attempt to recognize sea-level changes and their cyclicity in Carboniferous-Permian oceanic limestone: Akiyoshi, Japan.
- 猪郷久治, 猪郷久義, 安達修子：Late Carboniferous to Early Permian fusulinaceans,

Kanosan Limestone, Kanto Massif, Japan.

- Wang Xiangdong, 杉山哲男：Carboniferous and Permian corals from the Baoshan Block, west Yunnan, southwest China.
- Yang Weiping, 田沢純一：Implications of the Late Paleozoic bipolar biotas in East Asia for paleogeography and tectonics of Japan.

野外巡検

層序・古生物関連の国際会議では、前後に付随した野外巡検が催されることはなにも珍しいことではないが、この会議は特に、同規模の会議と比べても野外巡検が質・量共に充実しており、なおかつ多数の巡検参加者がいることが特徴である。今回も会議の前後に、計20の野外巡検が行われた（事前に21の巡検が企画されたが、一つはキャンセルとなった）。巡検場所はカルガリー近郊やカナダ西部にとどまらず、カナダ東部のノバスコシアやアメリカ合衆国のミッドコンチネント地域、アパラチア山脈にまでおよんだ。上野は会議前の Trip 8 と会議後の Trip18, Trip21 に、また中澤は Trip18 に参加したので、そのときの様子を報告する。

Trip 8: Middle and Upper Carboniferous cyclothem succession in Midcontinent Basin, USA
（巡検リーダー：P. H. Heckel, D. R. Boardman, W. L. Wantney, J. E. Barrick, J. P. Pope, A. P. Bennison）

この巡検はパンダーソサエティーの公式野外巡検でもあり、また石炭系層序委員会内に設置された Moscovian/Kasimovian 境界策定のためのワーキンググループ（リーダー：スペイン・オビエド大学 E. Villa 教授）の正式なフィールドミーティングも兼ねていた。巡検は8月12-15日の4日間行われ、30名の参加者があった。

この巡検の目的地であるカンザス州周辺の Midcontinent Basin には、構造的に乱されていない最も完全な中・上部 Pennsylvanian (Desmoinesian, Missourian, Virgiran) が好露出しており、そこに見られるサイクロセムシーケ

ンスを見学し、同時に年代層序学的に重要なコノドントとフズリナ試料を系統的に採集することがこの巡検の主要目的であった。4日間の巡検で proposed Desmoinesian-Missourian stage boundary stratotype と provisional Missourian-Virgiran stage boundary stratotype を含む30地点を見学した。

巡検初日はカンザスシティー周辺の Missourian のサイクロセムを中心に8地点を見学した。翌13日はカンザス州南東部の、Ft. Scott から Coffeyville にかけての、主に Desmoinesian のサイクロセムを見ることができた。この中には Desmoinesian-Missourian stage boundary stratotype の候補地である Little California Creek も含まれていた。ただし、ここで見られるのは沖合側の、頁岩主体のサイクロセムであり、コノドントは豊富なものの、これが浅海側の、石灰岩が卓越するサイクロセムとどの程度細かく対比できるのかと言う点が懸念される。また、この場所は私有地内にあるため、巡検案内者と所有者の間ですでに “Guideline for visiting Little California Creek” という取り決めがなされており、今回我々巡検参加者も立ち入りに当たっての同意書へのサインが求められたが、これもいかにもアメリカ的なやり方だと言えよう。翌14日は Coffeyville 西方の、Virgiran のほぼ全層準をカバーする10地点を見学した。最終日はカンザスシティーへ戻る途中で、それまでの3日間で見

ることのできなかった Missourian, Virgiran の幾つかのサイクロセムを中心に、provisional Missourian-Virgiran stage boundary stratotype を含む4地点を見学した後、夕刻カンザスシティーへと帰着した。

4日間の日程で30地点をまわるということからもわかるように、巡検はスケジュール的にタイトなものであり、それはガイドブックに移動と各ストップでの観察時間が10分刻みで書かれてあることから伺える。ただ、時間的に駆け足ではあったものの、せかされたあげくに何を見たのかあまり記憶に残らなかったという印象は全く無い。むしろ反対に非常に短期間で実に効率よく見学ができ、大変中身の濃い巡検であったという思いが強く残っている。その意味で、巡検リーダーである Heckel 教授の性格がにじみ出ていた巡検ではないかと思う。各ストップの柱状図とその記載がガイドブックの見開きページ内に収まるように配置されており、単純なことではあるがこのようなガイドブックを見やすくする配慮にも感心した次第である。なお、この巡検のガイドブックは Kansas Geological Survey, Open-file Report 99-27 として販売されており、入手可能である。

Trip 21: The Burgess Shale at Walcott Quarry

ヨーホー・バージェス頁岩協会のガイドと共にバージェス頁岩の産地を訪れる巡検が、会議直後の8月22日に日帰りで行われた。同じ巡検は会議前の8月15日にも Trip11 として行われており、そちらには猪郷久義、猪郷久治、佐野弘好、吉岡由紀の4氏が参加している。サーキュラーの中に「約10 km のハイキングで1000 m の標高を登る必要があるので、参加者は “reasonable level of fitness” が必要である」という注意書きがあったが、巡検を終えて “reasonable level” とはいかなるものであるかが良く理解できた。ウォルコット採石場はカナディアンロッキーのまっただ中、ワプタ山南西斜面の標高2300 m 付近にあり、覚悟はしていたものの、登り5時間弱、下り4時間弱の登山はいささかこたえた。とはいえ、バージェス頁岩自身も、またそこへ至るまでの、氷河をいただく3000 m 級の山々に囲まれた中で

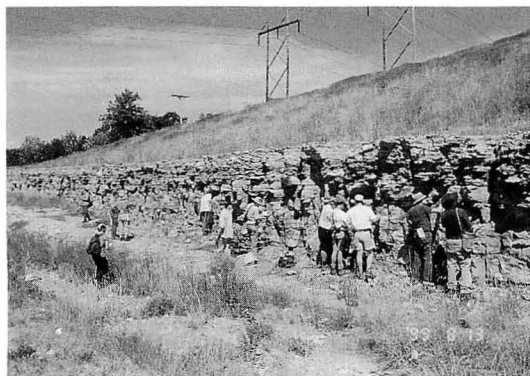


写真1. カンザスでの巡検の様子。露頭は Missourian の Dennis 石灰岩。

イキングも、両方ともすばらしいものであったことは言うまでもない。

バージェス頁岩については改めてここで紹介する必要はないであろう。カンブリア系であるバージェス頁岩はもちろんこの会議のテーマとは直接関係はないが、古生物研究者でこの化石群に興味の無いものはいないと言っても過言ではない。そのため、今回の巡検も“キャンセル待ち”が出るほどの盛況であった。我々が訪れた時は丁度ロイヤルオンタリオ博物館の研究グループが発掘の真っ最中で、そこで陣頭指揮を執っていたバージェス動物群研究の第一人者である D. Briggs 教授が我々巡検参加者にバージェス頁岩とその動物群の簡単なレクチャーをしてくれた。採石場の一角には、彼らのその日の“釣果”としてアノマロカリスやウィワクシア、マーレラ、カナダスピスなど、おなじみのバージェス生物を含むサンプルが置かれており、参加者はゆっくりと観察や写真撮影をすることができた。

Trip18: Carboniferous sequence stratigraphy, biostratigraphy, and basin development on western margin of ancestral North America, southwestern Alberta and southeastern British Columbia (巡検リーダー: B. L. Mamet, E. W. Bamber, B. C. Richards)

主に古北米大陸縁の Prophet トラフに堆積した下部石炭系炭酸塩プラットフォームのシーケンス層序と、そこから産するサンゴ、有孔虫、石灰藻等の化石群を見学する巡検であった。8月23-25日の3日間行われ、20人ほどの参加者があった。

一口に言って非常にアレンジの悪い巡検であった。巡検ガイドブックは用意されておらず、その代わりに資料として配られた柱状図も実際には見学するセクションのものではないといった有様であった。また、非常に足場の悪い崖を隊列をなして登らなければならないようなところでは、案内者が先頭の数人にだけ説明をして次のストップへ進んでしまったり、見学予定に入っていた露頭がいきなり素通りになったりと、なんと手際の悪いものであった。野外巡検という意味ではかなり

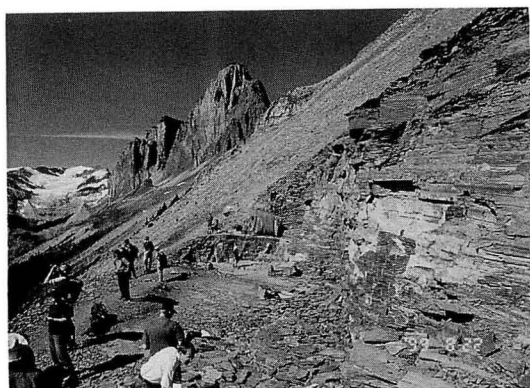


写真2. ウォルコット採石場とその背後にそびえるワプタ山。

消化不良を起こしたものだだったが、見学したセクション自体は素晴らしく、サンプルの採集と言うことではそれなりに満足したものであった。

おわりに

冒頭でも述べたように、この会議は初期こそヨーロッパ地域内の研究集会という色彩が強かったが、第5回のパリ会議(1963)以降は名実共に国際会議と呼べるものになっていった。その意味で、今や上部古生界研究者にとって最も関わりの深い国際会議の一つであるといえる。

上野は、1995年にポーランド、クラクフで開催された前回の会議にも参加したが、そのときの参加者は400名近くであったように記憶している。オープニングセレモニーでの B. L. Mamet 教授の講演をみても、第12回のブエノスアイレスでの会議を除き、最近の会議参加者数は毎回400名前後を維持していたようである。今回の会議をみると、カルガリーという開催場所が参加者数を減少させる大きなファクターになったとは考え難い。組織委員会が旧共産圏諸国等の研究者に対する参加援助のプログラムを全く持たなかったことも参加者減少の一因であったのかもしれない。それに加え、世界的にみて後期古生代研究の分野での若手研究者の育成が十分に行われていないことも、結果として参加者数を減少させている原因になったと考えられる。今回の会議でも、大学院生や学位取得直後の若手の発表が非常に少なかったこと

が印象に残っている。21世紀を目前にした今、この分野での後継者育成という点も早急に考えねばならない問題の一つである。

なお、カルガリー会議のプロシーディングスは、Canadian Society of Petroleum Geologistsの

Memoirとして出版予定である。また、次回の第15回石炭－ペルム系国際会議は、2003年8月10-16日にオランダのユトレヒトで開催される予定である。

国際研究集会「二枚貝の生物学と進化」参加報告*

近藤康生**・伊藤泰弘***・佐藤慎一****

1999年9月14日から17日まで4日間にわたって、セジュウィック博物館を併設しているケンブリッジ大学地球科学教室を会場として、国際研究集会「二枚貝の生物学と進化」が開催された。これはロンドン貝類学協会が主催した集会で、ケンブリッジ大学のLiz Harper博士が中心となって準備され、開催されたものである。ケンブリッジが観光地でもあり、また創立約800年という名門大学での開催ということもあってか、論文や国際会議で馴染みの、錚々たる研究者が参加した。しかも、英国はもとより、欧米の大学院生クラスの若手研究者もかなり参加していて、なかなかの盛会であった。準備も周到になされていて、会議は順調に進行した。古生物学関係では、二枚貝そのものの専門家だけでなく、A. Seilacher教授、D. Jablonski教授、S. Kidwell教授らのような進化・古生態学やタフォノミーの専門家も参加していた分、幅広い講演内容となっていた。また、化石二枚貝研究の大御所 Norman Newell 博士も車椅子で参加されていて、夕食会では祝賀のスピーチも披露された(写真)。

二枚貝という分類の単位では、私たちの知る限り、これまで定期的に研究集会が持たれるということとはなかった。これはたぶん、化石としてあまりにメジャーな分類群なので、わざわざ分類群別の集会を開く必要がなかったためだろう。もっとも、研究が早くから進んでいた分、新たな研究を行うのはむずかしいとされているためか、研究者数は近年減ってきているようにも思われる。実は、4年前(1995年)に、二枚貝類を対象とした国際研究集会がカナダ・ドラムヘラーのロイヤル・ティレル古生物博物館を会場として行われた

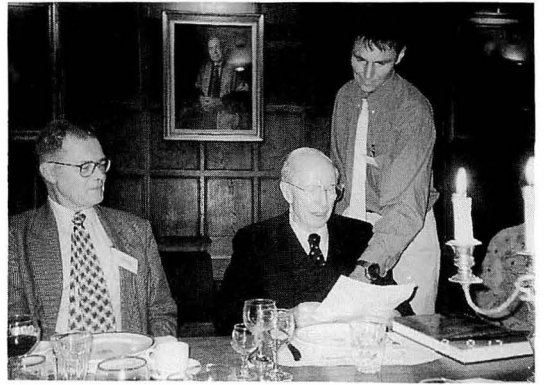


写真. Gonville and Caius College の食堂で開催された夕食会で、スピーチを披露される Norman Newell 博士(右)。博士の横に立っているのは Paul Johnston 博士。左の人物は Seilacher 教授。

だが、この時は参加者数も30人足らずと少なく、また古生物学分野だけを対象とした集会であった(この集会で発表された論文を中心に「Bivalves: an eon of evolution」というタイトルの論文集がカルガリー大学出版局から発刊されている)。今回は、生物学者と古生物学者の交流を意図して企画され、より幅広い視点からの発表が行われた。

配布資料によれば参加者数は110人で、発表は口頭66件、ポスター27件、計93件であった。若干のキャンセルはあったが、発表はほぼ予定通り行われた。国別に見ると、英国とアメリカ合衆国からの参加者が、それぞれ32人、30人と圧倒的に多く、あとはドイツ、オーストリアなどのヨーロッパ諸国がそれぞれ数人ずつという具合で、全体では21カ国からの参加であった。アジアからの参加は少なく、われわれ3人と信州大学の浅見崇比呂氏、そして香港大学の Brian Morton 教授のみであった。

初日は、夕方からの登録手続きとセジュウィック博物館でのワインパーティーのみで、実質翌日

*Report on the international meeting, "Biology and Evolution of the Bivalvia", 14-17, September 1999, Cambridge, UK

**Yasuo Kondo, 高知大学理学部

***Yasuhiro Ito, 千葉大学理学部付属海洋生態系研究センター小湊実験場

****Shin'ichi Sato, 国立科学博物館

から3日間にわたっての集会であった。口頭発表はすべて1会場で行われた。また、プログラムはテーマごとにまとめられてはいなかった。これは全員にすべての発表を聞かせようという意図のもとになされたものだろう。内容ごとにまとめてしまうと、集中して聞きやすい反面、関係の少ない分野の発表時間には退室して、おしゃべりになってしまいがちなのはどこでもおなじである。この主催者の意図?通り、実際、われわれもほぼ全部の発表を聞いたが、発表内容は、生物学・古生物学・地球科学の全領域にわたるもので、内容を把握するのにはかなり苦労させられた。しかし、その分勉強にもなった。

さて、以下、われわれの興味を引いた発表について簡単に紹介したい。機能形態学(構形成態学)的分析は、考え方そのものはすでに旧聞に属するものだが、まだまだ研究対象となる素材が二枚貝には多く残っていて、この種の発表は古生物学関係では最も目立った。考え方は新しくなくとも、人海戦術、あるいは研究費にものをいわせて大々的に推進できる類の研究ではないので、そう簡単には決着がつかないということなのだろう。こうした研究をこれまで強力に推進してきたSeilacher教授自身も、「機能形態学やタフォノミーは依然として魅力的な研究テーマだ」と、講演を締めくくっていた。こういった観点に立つおもしろな発表は、以下の通りであった。「M. Aberhan: ジュラ紀の奇妙な二枚貝 *Opisoma*: 殻はどのように機能したのか」、「S. Damborenea & P. Johnston: ジュラ紀の *Retroceramidae* とその生活様式を見直す」、「E. Savazzi: *Bryopa* の形態力学と *clavagellids* の進化」、「A. Seilacher, P. Johnston & J. D. Stewart: イノセラムス: 古い系統の最後の繁栄」、「Y. Ito: *Barnea manilensis* における穿孔行動の個体発生に伴う変化」。

このほか、絶滅の問題をより生態学的に扱おうとするアプローチが出始めているのが注意を引いた(「R. Lockwood: 絶滅と内生性: 北米古第三系のマルスダレガイ目二枚貝にみる分類的・形態的パタン」)。また、著者の一人近藤は、二枚貝の進化を考える上で生息地の復元が鍵になることを

強調した発表「Y. Kondo: 二枚貝類の外浜への生息地拡大: 日本の中生界と新生界のデータに基づく復元」を行った。二枚貝の進化や絶滅を論ずる際に、生活様式や生息地など、より精緻な生態情報を考慮の対象とする研究が今後の重要な流れになると思われる。

また、「J. A. Todd, J. B. C. Jackson: 海生二枚貝の生態: 熱帯アメリカの新第三系における地域の生態変化の指標として」の発表は、研究の歴史が古く、膨大な資料が蓄積されている二枚貝についても、未記載種を多数含む、全容が不明の動物群がまだ存在し、基礎的なデータ収集の努力が今後必要であることを示している。こうした基礎的な研究から、また新たな研究課題が発掘されていくはずである。また、過去と現在を結ぶ研究では、化石記録の豊富な二枚貝は優れた道具でもあり、この意味で、二枚貝を使った古環境の研究もまた重要である(O. Mandic & W. E. Piller: 北東エジプト下部中新統にみられるイタヤガイ科二枚貝による古環境解析、など)。

さらに、単に古環境の復元にとどまらず、貝殻の成長縞から個体の成長遍歴を読みとることで、二枚貝類の生活史と生息環境との関係や、その時間的変遷を明らかにした研究も多かった(「D. Jones: イギリスのジュラ紀の *Gryphaea* における年齢査定とその進化パタン」、「C. Richardson & R. Seed: 環境変動の生物クロノメーターとしての二枚貝類の貝殻」、「S. Sato: 化石二枚貝における生活史特性の時間的変化: 日本の更新世の *Phacosoma japonicum* の例」)。

二枚貝は化石としてあまりにも産出が多く、これまで蓄積されてきた情報も多いためにかえって新たな研究はむずかしいと感じる人もあるかもしれない。しかし、古生物学に新たな局面を切り開こうとするとき、こういった情報の多さはむしろ好条件なのであり、二枚貝は最も使いやすい素材なのである。多くのよい素材に恵まれたわが国でも、二枚貝の研究、というよりはむしろ二枚貝だからこそできる研究、をさらに発展させていきたいものである。

学 会 記 事

日本古生物学会定例評議員会 (1999-2000年度, 第3回) 議事要録

平成12年1月27日(木) 13:00~17:00

場 所: 早稲田大学西早稲田キャンパス第7共同
利用研究室

出席者: 森会長, 糸魚川, 鎮西, 速水, 長谷川,
斎藤, 野田, 平野, 棚部, 北里, 小笠原,
瀬戸口, 八尾, 小澤, 富田, 大野, 加瀬,
間嶋, 大路, 真鍋

委任状: 小島 (→鎮西), 小泉 (→北里), 前田
(→大路), 池谷 (→間嶋)

欠席者: 濱田

書 記: 島本, 生形庶務幹事

<報告事項>

1. 常務委員会報告 (北里)

庶務: ①平成11年度科学研究費補助金研究成果
公開促進費は, Paleontological Research への
出版助成が採択された。②日本学術会議第四紀研
連が主催する「21世紀に向けてのわが国古海洋
学の展望」および第15回 ESR 応用計測研究会へ
の本会の後援を了承した。③学術情報センターの
調査および国際観光振興会からのアンケートに答
えた。④第18期学術会議会員候補者および推薦
人 (予備者を含む) の届け出手続きを進めている。
⑤1999年8月発行の American Paleontologist
vol. 7, no. 3 に日本古生物学会の広告を掲載した。
⑥テレビ東京からの番組内での日本古生物学会ロ
ゴの紹介依頼を承認した。涉外: ⑦平成12年度
定期刊行物の助成申請を文部省に行った。⑧平成
12年度の学術振興会科学研究費審査委員の地球
科学二段委員に平野弘道君, 層位古生物学一段委
員の新規候補者に1位植村和彦君, 2位小笠原憲
四郎君, 3位近藤康生君を, 地球化学一段委員に

大村明雄君をそれぞれ推薦した。会計: ①148回
例会 (兵庫県立人と自然の博物館) の参加者は
121名で, 収入は325,210円, 支出は186,215円
であった。②海外から特別号を VISA Card で購
入できるように手続きを進めている。行事: ①9
月23~26日に高知において第2回フィールドワー
クショップを行った。②2000年年会・総会 (早
稲田大学), 149回例会 (群馬県立博物館) を企
画した。③平成12年度科学研究費補助金「研究
成果公開促進費」の申請を行った。会員: ①入会
41名, 退会9名 (うち賛助会員1名) があり, 4
名の会員が逝去された。また, 会費滞納に伴い,
19名を除籍した。現在, 会員総数は1086名 (普
通728, 特別293, 名誉16, 賛助7, 海外42) と
なった。海外欧文誌講読会員は13名である。②
会員名簿を発行した。国際交流: 定期刊行物交換
依頼について現状の見直しを行った。現在, 交換
件数は31ヶ国94機関である。広報: ①古生物学
会 ホーム ページ (<http://kueps.kyoto-u.ac.jp/palaeont>) へのアクセスは2000年1月
24日現在3544件である。ホームページには, 学
会講演プログラム・研究集会の案内・公募・各種
財団の研究費の募集などの情報を随時掲載してい
る。② American Paleontologist への特別号販
売の広告により, 海外からの HP へのアクセスに
対応するために, 欧文ホームページを準備中であ
る。友の会: ①1999年2月13日に猪郷久義氏が
友の会会員への講演を行った。②化石の刊行時期
がずれたことに伴い, 友の会会員の資格も年から
年度に変更することとし, 会費の請求時期も3
月に変更する。

2. 編集状況報告

Paleontological Research (棚部・加瀬): ①
vol. 3, no. 1-4 を出版した。論文数26, 総ページ
数305頁であった。②印刷所を笹氣出版から学術

図書に変更した。③ Guide to Authors に修正を行った。④編集を東大と科学博物館で行っているが、論文の投稿窓口は東大一本にする。⑤使用言語を英語に統一することを検討中である。⑥文献データベースの UNCOVER 等に登録されるよう働きかけたい。⑦TPPSJからの図の転載申請に対応した。化石 (池谷; 北里代理報告): ①評議員会議事録を掲載するために、化石の刊行時期を9月と翌年3月にずらした。②66号を発行した。総ページ数88頁であった。③化石の編集方針を見直している。特別号 (富田): ①38号を出版した。文部省から30万円の出版助成があった。②特別号投稿規定を改訂した。③特別号大判化にともない、表紙・文字種などの具体的なデザインを決定した。④第1回フィールドワークショップの資料を、古生物学トピックスとして出版した (400部印刷, 1部1000円)。

3. 会員の入退会報告 (平野)

①前回の評議員会以降、41名の入会 (鍵本亜弥, 辻野泰之, 柴田治男, 佐藤一行, Rifardi, 阿部恒平, 武井雅彦, 姉崎智子, Lawrence Zamoras, 渡辺洋二, 小林快次, 一宮英生, 須藤 斎, 星野浩一, 伊庭靖弘, 平 宗雄, 野口秀常, 境田立朗, 金子 稔, 及川鉄夫, 飯泉克典, 嶽本あゆみ, 原田光一郎, 田辺修三, 大萱千草, 洲上武士, 木元克典, 中村真仁, 杉原 薫, 土屋正史, 村石 靖, 國木田伸二郎, 遠藤 守, 熊崎健太郎, 山口弘海, 熊谷 毅, 大澤 仁, 湯浅誠二, 丹羽良平, 荒見淳一, 三浦和彦), 4名の逝去 (高井冬二, 田中邦雄, 柳田寿一, 柏倉眞夫), 9名 (1賛助会員を含む) の退会 (高木淑行, ㈱ダイヤコンサルタント, 矢吹守穂, 守屋成博, 石野 学, 高橋正道, 楠見 久, 岡田大爾, 長岡香百合), 1名の欧文誌購読会員申込み (Jan Bergstrom) があった。会費滞納により19名を除籍した (鈴木保宏, 瀬名波 任, 濱田博隆, 原 学, 水野淳一, 室田 隆, 石井諦像, 井戸和彦, 身内真理子, 宮城美紀, 竹内孝也, 加藤 進, 倉澤恒子, 近藤敏文, 二本木光利, 林 根孝, 脇田俊幸, Yu Jie, 高塚 潔)。会員資格変更は普通会员から海外会員への3名である。現在、総会員数は1086名である。②1999年12月に会員名簿

を発行した。

4. 学術会議・研連報告

地質研連 (八尾): ①科研費の時限付き分科細目「生物多様性」が申請されている。②地質学分野におけるデータベースを整備していくよう検討中である。③今年度建造開始予定の新型深海掘削船とIODP (通称 OD21) の今後の計画について説明があった。古生物研連 (小笠原): ①古生物タイプ標本データベース作成について、各分類群の担当者に依頼済みであることが報告された。②国立大学の独立行政法人化問題について、さらに多様な意見を聴取して慎重な検討が必要ことが再確認された。地球科学総合研連 (鎮西): 地質科学関連学協会連合の呼びかけに対し、これまでに10学会の参加意志表示があった。

5. 自然史学会連合 (加瀬)

科研費申請手続きの変更によって生じた海外学術調査に関しての問題点のうち、数項目について改善を求めた結果、重複審査が認められることとなった。

6. 学校科目「地学」関連学会連絡協議会 (間嶋)

本協議会に参加する学会代表が限られてきている。

7. その他 (森)

第8回化石クニダリア国際会議には22カ国, 101名の参加者があった。Proceedings は東北大学総合学術博物館から出版する。

<審議事項>

1. 特別会員の推薦 (平野)

特別会員として22名 (橋本恭一, 相田 優, 五十嵐厚夫, 岩井雅夫, 加藤久佳, 高桑祐司, 樽 創, 中尾賢一, 長谷川卓, 松岡裕美, 湯本道明, 生形貴男, 加納 学, 柄沢宏明, 桑原希世子, 佐野晋一, 杉山和弘, 鈴木紀毅, 延原尊美, 町山栄章, 松原尚志, 水野嘉宏) が推薦され, 投票の後全員が承認された。

2. 学術賞, 論文賞, 貢献賞の決定 (森・大路)

学術賞, 論文賞, 貢献賞が下記のように決定した。

学術賞: 千葉 聡君「陸生貝類の進化古生物学的研究」; 天野和孝君「新生代北方系軟体動物の系

統分類学的・古生物地理学的研究」；柳沢幸夫君「珪藻化石の形態学的層序学的研究」。

論文賞：東條文治君・増田富士雄君「Tidal growth patterns and growth curves of the Miocene potamidid gastropod *Vicarya yokoyamai*」Paleontological Research, vol. 3, no. 3, pp. 193-201.

貢献賞：故阿部勝巳君

3. 2000年度以降の学会行事について（間嶋）

①第149回例会は群馬県立自然史博物館（6月24～25日）で開催される。シンポジウムは富岡市と共催で「関東山地周辺部の中新世古生物相（富岡市民公開講座）」を予定している。②第150回例会は茨城県自然史博物館（2001年1月26～27日）で開催される予定である（開催には筑波大学が協力する）。シンポジウムとして「新生代軟体動物古生物学の最近の動向」が予定されている。公開講演として「1500万年前、茨城県は熱帯の海だった」を予定しており、研究成果公開発表(B)として申請している。③2001年総会は統一テーマ「21世紀の古生物学」（於：国立オリンピック記念青少年総合センター）を計画中であるが、開催形式等については検討中である。研究成果公開発表(B)として「21世紀の古生物学：過去の生物は私たちの未来に何を教えてくれるのか？（仮題）」を申請予定である。④2002年総会は福井県立博物館で開催予定である。

4. 決算報告、事業計画・予算案の承認（真鍋）

①会計より決算報告があり、承認された。なお、会計監査小竹信宏君の監査を受けていることが報告された。②2000年度事業計画および予算案が提案され、それぞれ承認された。会計年度の変更に伴い、2000年度に限って2000年1月1日から2001年3月31日までの15ヶ月間を一年度とすることも合わせて承認した。

5. 科学研究費配分委員候補者の選出

①層位・古生物1段委員の候補者として、1位前田晴良君、2位小竹信宏君、3位富田幸光君、4位大野照文君、5位岡本 隆君、6位安達修子君、7位島本昌憲君、8位天野和孝君、9位松岡数充君を推薦することとした。②地球化学1段委員の候補者として、1位に中森 亨君、2位に大村

明雄君を推薦することとした。③現在申請中の時限付き分科細目「生物多様性」が採択された場合には、1位小澤智生君、2位山口寿之君を推薦することとした。

6. 賞の委員会半数改選

2000・2001年度賞の委員会委員として野田浩司君と大野照文君が選出された。

7. 総会議事次第の確認（北里）

2000年総会の議事次第が提案され、承認された。

8. その他

①独立行政法人化への古生物学会の対応について：自然史教育のあり方の観点から将来計画委員会で検討する。将来計画委員会の活動資金については科研費基盤研究（企画調査）に申請している。②刊行物委員会の開催について：Paleontological Researchの編集規約の一部変更と、「化石」の体裁変更などについて検討するために刊行物委員会を開催する。③IPA 日本代表について：第31回万国地質学会（ブラジル）においてIPA 総会が開催されるにあたり、次期日本代表として慣例により会長の森 啓君を推薦する。④学会賞について：学会の今後の活性化を望み、選考委員会を発足させるよう速水 格君より発議された。

2000年総会報告

平成12年1月28日、16：45～17：45、於早稲田大学、参加者114名、うち委任状31名（定足数109名）。総会では平成11年6月評議員会（化石66号に掲載）および上記平成12年1月の評議員会の報告・審議事項を中心として重要案件を報告し、すべての議事が承認された。総会次第は以下の通りである。

I. 開会、II. 会務報告、III. 学術会議研連・自然史学会連合報告、IV. 学術賞・論文賞授与（学術賞：千葉 聡君、天野和孝君、柳沢幸夫君、論文賞：東條文治君、増田富士雄君、貢献賞：故阿部勝巳君）、V. 1999年度決算報告、VI. 2000年度事業計画および予算案、VII. 閉会。

1999年度日本古生物学会学術賞

千葉 聡君：陸生貝類の進化古生物学的研究

大洋中の孤島に生息する移住能力の低い生物は、他の陸域から隔離された閉鎖的環境で生活し、独自の進化を遂げる。小笠原諸島に固有の有肺類の陸貝はその典型で、「進化の小宇宙」を形成し化石記録もある興味深い動物として一部の研究者から注目されてきた。しかし、小笠原諸島の多くは未開の島々からなり、各島嶼に生息する本属の種や個体群はそれぞれ形態が微妙に異なっているの、それらの種間関係や系統関係は不明のまま残されていた。

千葉 聡君は、1987年以来、小笠原諸島に固有な陸貝 *Mandarina* 属の進化史の研究に取り組み、今日までに綿密な野外での分布・生態の調査、解剖を含む形態の解析、多くの化石資料の発掘と年代測定、分子系統解析などきわめて多面的な検討を行って、同属の種分化と適応放散の過程を明らかにした。まず、1989年に幼期の殻形態の違いが生殖器の形態の違いとよく一致することを確認、これらを環境の影響を受けにくい分類形質であると考えて、7新種を含む15種を記載した。また、異なった系列間での成員の殻形態の収斂や、生活様式の変化にともなう急速な形態変化が生じていることを予測した。この形態の多様性は、*Mandarina* 属の共通の祖先種が多くの島嶼・地域に分断されて地理的に種分化するとともに、各種が島内で生態的に種分化した（例えば地上種と樹上種に分かれた）結果であろうと解釈された。

同君はその後も精力的に小笠原諸島全域の野外調査を続行して、1996年には父島列島の多くの層準に産する化石—現生種について詳細な放射年代測定と殻形態の多変量解析を行い、形態変化の断続的なパターンを明らかにした。一方、多様な生活様式を示す母島列島の固有種について形質置換が適応放散に重要な役割を果たしていることを示した。1998年には、アロザイム分析に基づいて兄島における2種の交雑帯の実態を明らかにし、父島列島では約40,000年間の本属の進化史で、急速な形態変化が種分化や他の系列の絶滅と同調して起こっていることを指摘している。1999年には、全域の現生種の多くの個体群についてミトコンドリア16S rRNA および12S rRNA の配列を指標とする総合的な分子系統樹を作成し

た。その結果、*Mandarina* 属が小笠原に固有の分類群であること、三つの列島の種群はそれぞれ独自のクレードを形成すること、系統と形態は平行せず、系統的に近い種や個体群でも生活様式の違いにともなって形態が大きく異なることが実証された。つまり、当初の予想がほぼ正しかったことを裏付けたことになる。これらの近年の研究成果はいずれも著名な国際誌に公表されて、海外の研究者からも高い評価を受けている。

千葉 聡君の研究は、単に有肺類の1属の進化史の解明に止まらず、これをモデルケースとしてわれわれに多くの普遍的な進化生物学上の知見をもたらした点に大きな意義がある。40,000年という期間は地質時代としては長いとはいえないが、*Mandarina* 属の進化史は種分化、絶滅、適応放散、形態の収斂などを含み、大進化の様式と要因の解明にも多くの有効な示唆を与えている。このように、未開地での野外調査、室内での形態の解析、年代測定、分子レベルの実験、妥当な理論の適用が一体となり、演繹と帰納がよくバランスした進化研究を一個人が遂行するのは容易なことではなく、海外にもまったく例を見ない。まさに希有の好材料に潜在していた進化の情報が希有の能力をもつ一研究者によって引き出されたといえることができる。日本古生物学会は、ここに同君の多大の努力と成果を高く評価し、学術賞を贈って今後の一層の発展を期待する。

1999年度日本古生物学会学術賞

天野和孝君：新生代北方系軟体動物の系統分類学的・古生物地理学的研究

天野君の新生代北方系軟体動物の系統分類学的・古生物地理学的研究は1980年の北海道留萌地域に分布する中部中新統ユーロ層の貝類化石群集の研究から始まった。1983年および1986年には、留萌地域中部中新統峠下層から産出する貝類化石群集をその種構成の特徴から下部峠下—厚内化石群集、上部峠下化石群集と命名した。さらに群集を構成する種の多様性を解析し、それらが生息した海洋環境の鮮明な復元に成功している。天野君の峠下化石群集の研究は東北日本の中・後期中新世貝類化石群集との年代対比・系統などを総括し

たものであり、我が国における北方系軟体動物群の系統・起源・移動に関する研究に大きな貢献をした。特に峠下貝類化石群集と北海道内及びサハリン・カムチャッカの同時代の貝類群集との種構成の比較・年代論はその後の北西太平洋域の貝類化石研究の基幹的成果となっている。天野君は1980年代中頃から新潟・長野など日本海側に分布する中新統から更新統にわたる海棲軟体動物化石の分類学的検討を行うと共に、珪藻化石など微化石による新たな地質年代資料を導入し、分類群の生物地理的分布、移入、絶滅時期について詳細な検討を行い、鮮新-更新世の北方系種群が更新世後期に生じた日本海の寒冷化に起因して絶滅し、現在の種群とは移入、生息時期を異にしたことを初めて指摘している。

天野君は1990年以降、時代をさかのぼり、ベリング陸橋崩壊に伴う東太平洋からの北方系種群の移動経路とその時期、種の消長に関する研究を推進し、多くの成果を挙げた。例えば1992年、1996年にはサハリン、シュミット半島の中部中新統に最古の産出記録のある *Robaia robai*, *Portlandia toyamaensis* などの種群の時空分布が、時代とともに北海道東部を経て南下し、鮮新-更新世以降の寒冷化時代を生き延びて日本海で栄えたことを明らかにした。

天野君の北太平洋域新生代貝類群集の古生物地理学的研究は、これまでの他の研究者の成果をまとめたものではなく、自身による *Macoma*, *Nucella*, *Neptunea*, *Ancistrolepis* などの属種の詳細な分類学的研究や、国内各地の新第三系の綿密な野外調査、化石群集の解析に基礎を置いていることは特筆に値する。

このようにして行われた天野和孝君の本邦を中心とした新生代北方系軟体動物群の分類学的・古生物地理学的研究は、国内はもとより国際的にも高く評価されている。よって、日本古生物学会は天野君のこれまでの貢献と努力を高く評価し、学術賞を贈って、今後の一層の発展を期待する。

1999年度日本古生物学会学術賞

柳沢幸夫君：珪藻化石の形態学的・層序学的研究
海生の浮遊性微化石層序に関する研究は、

1970年代以降、深海底掘削による連続した深海底堆積物と再現性に富む陸上地質断面からの堆積岩における各種微化石や古地磁気層序、放射性年代値測定などの複合的研究によって急速に進展した。この期間、わが国の古生物学者は北太平洋域における珪藻や放散虫など珪質微化石層序の確立に積極的に貢献した。生層序の研究が進むにつれて、堆積物や地層をより一層細かい単位で認識しようとする試みが化石種の分類を細密化させ、個々の化石種の層序的分布と地理的分布の組み合わせを吟味させることになった。

柳沢幸夫君は、第三紀以降の重要な示準化石であるにもかかわらず、種や属の定義が明確でなかった *Bogorovia* 属, *Rossiella* 属, *Koizumia* 属, *Crucidentacula* 属, *Denticulopsis* 属, 及び *Neodenticula* 属などに属する各種の形態要素を光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡を用いて詳細に観察すると共に、統計的な計測を行い、被殻の構成・構造及び変異の幅を明らかにし、各種を記載・分類して分類学的再検討を行った。層序学的研究では、すでに時間目盛の付いた欠落の少ない連続した深海底堆積物のコア試料を多数用いて各種の層序的分布を独自に復元すると共に、これまでに公表されたデータを基にこれらの種と属の層序的分布をまとめた。また、これらの種と属の産出報告を総括して地理的分布の特性を明らかにした。そして、形態の類似性、層序的分布、地理的分布に基づいてこれらの種と属の進化・系統関係を推定し系統図として表示した。最近では、これらの結果を、日本各地の第三系中に含まれる珪藻化石群集に適用して地層の広域対比と年代決定の見直しを積極的に行っている。

Bogorovia 属の分類と系統に関する研究では、1995年度の日本古生物学会論文賞を受賞している。柳沢君は、そのなかで *Bogorovia* 属とその構成種の分類を殻形態、殻孔構造、群体規模などの形態要素を光学及び走査型電子顕微鏡を用いて詳細に観察、計測して検討すると共に、形態的に類似した *Rossiella* 属と *Koizumia* 属との相違を明確にした。結果として、これらの3属は一連の進化系列をなし、独自の形態進化の傾向と時空分布を持つことを明らかにした。なお、*Rossiella* 属

と *Koizumia* 属については、日本古生物学会報告記事176号と177号に掲載されている。

秋葉文雄君と共同で行った *Crucidenticula* 属、*Denticulopsis* 属、*Neodenticula* 属の分類と系統に関する研究では、これら3属が近縁の *Nitzschia* 属からそれぞれ異なった時期に独立に進化したものであること; すなわち *Crucidenticula* 属は前期中新世の温暖期に *Nitzschia maleinterpretaria* から進化した中期中新世の寒冷期に絶滅したこと、*Denticulopsis* 属は中期中新世の寒冷期に *Nitzschia* 属のある種から進化した後期中新世に絶滅したこと、及び *Neodenticula* 属は後期中新世に *Nitzschia rolandii* から進化した現在に至っていることを明らかにした。また、これら3属の形態的類似性は典型的な進化的収斂であるとした。さらに、進化パターンが後期新生代における相対的海水準変動やこれに関連した気候変化、構造運動と密接に関連していることを指摘し強い関心をもってそれらの関係を詳細に検討し始めている。

このように柳沢幸夫君は、北太平洋第三紀の珪藻示準化石種を形態的、層序的に新たに見直して世界の古生物学界に貢献したのみならず、新たに確立した珪藻生層序学を日本各地の第三系に適用して地域地質学の発展に貢献した。日本古生物学会は、ここに同君の努力と成果を高く評価し、学術賞を贈って今後の一層の発展を期待する。

1999年度日本古生物学会論文賞

東條文治君・増田富士雄君: Tidal growth patterns and growth curves of the Miocene potamidid gastropod *Vicarya yokoyamai*. Paleontological Research, vol. 3, no. 3, p. 193-201, 1999.

化石の硬組織に残された成長縞(線)を解析し、化石生物の生態を推定したり、成長縞の形成に関わった過去の環境を復元する研究は古くから行われている。初期の先駆的な研究、例えば成長縞あるいはその周期を1年、1日、あるいは潮汐などと単純に解釈して結論した研究を経て、現在では実際に成長縞を作らせる実験的、実証的な研究に

基いて非常に精度の高い解析が行われている。軟体動物では、二枚貝類を使った研究の進歩が顕著であったが、化石として産出する個体数からみると二枚貝類に次いで多産する巻貝類は、研究から取り残されたグループとなっていた。この理由は巻貝類が巻いた殻を持つために、成長縞を連続的に観察する手法が確立されていなかったためである。

東條君と増田君は、Tojo and Ohno (1999)において確立したウミナナ科巻貝の成長縞に関する連続的観察手法を用い、中新世のウミナナ科巻貝である *Vicarya* 属6個体(瑞浪、内浦、備北、益田産)の成長縞解析を試みた。その結果、次の3つの点を明らかにすることに成功した。(1)これら6個体はいずれも約28本で1周期となる成長縞を有し、このパターンは日潮不等を示す潮間帯に生息する生物に特有である。(2)成長を通して連続的に数えた成長縞の数と殻の高さ(殻長)との関係から、これらの個体の成長速度は成長と共に次第に減速している。こうした成長パターンは、付加成長を行なう無脊椎動物に一般的であり、本研究の解析が誤っていないことを強く支持する。(3)成長縞が潮汐によって形成されたと仮定して、縞の数から時間を計算し、殻の高さ(殻長)と比較すると、殻の高さ1.5 cmの個体が殻の高さ8 cmの個体に成長するのに約2年間を要した。以上の3つの成果の内、(2)と(3)の結論を化石巻貝類の殻全体を通じた成長縞解析に基づいて結論したのは世界で初めての業績である。したがって、巻貝類の化石を使用した同様の研究の可能性を示した意義は著しく大きいと判断される。日本古生物学会は、化石巻貝類の連続的成長縞解析を世界で初めて行ない、今後の研究の新しい可能性を開いた点を高く評価し、ここに東條文治君と増田富士雄君に論文賞を贈り、今後の一層の発展を期待する。

日本古生物学会貢献賞

阿部勝巳君:

本学会特別会員、阿部勝巳君は平成10年8月21日、不慮の事故で亡くなりました。これは本学会主催のショートコース「化石と分子」に、

講師陣の一人として参加されていた最中の出来事でした。

故阿部勝巳君は、貝形虫類を中心とする古生物学，特に油壺湾で行った現生貝形虫類の個体群動態の研究や，ウミホタル類の機能形態学的解析な

ど，多くのすぐれた業績を残されました。また，本学会の庶務幹事として，長く学会を支える任にあたられました。賞の委員会では，このような故人の業績を高く評価し，ここに日本古生物学会貢献賞を贈ることとしました。

別刷についてのお知らせと料金改訂について

化石編集部では，著者が投稿のさいに投稿原稿整理カードに記入された別刷希望部数を印刷会社へ申し送り，印刷会社から直接著者へ別刷が送られるような仕組みにしております。したがって，別刷の仕上がりや別刷代金の請求に関しては，編集部としては関与しておりません。これらの点でご不審の点が生じた場合には下記に直接ご連絡ください。

○別刷代金は次の式で算定されます：

$$\text{旧) } (P \times 10 + 60) \times N$$

$$\text{新) } (P \times 10 + 20) \times N$$

P：本文の頁数

N：別刷の部数

○表紙付を希望される場合には，このほかに表紙印刷費としまして5,000円申受けますので，あらかじめ御了承下さい。

〒176-0012 東京都練馬区豊玉北 2-13-1

学術図書印刷株式会社 TEL 03-3991-3754

FAX 03-3948-3762

平成11年8月改正

一般会計 1999年度決算および2000年度予算（案）

収入の部

科目	1999年度予算額	1999年度決算額	2000年度予算額
前年度繰越金	1,802,334	1,802,334	2,883,663
学会基金	600,000	0	0
会費収入	7,962,300	8,199,725	8,321,725
普通会员	4,528,000	4,632,500	4,737,500
特別会員	2,500,000	2,534,500	2,551,500
賛助会員	195,000	285,000	285,000
外国会員	150,000	177,325	177,325
英文誌購読	61,300	57,400	57,400
友の会会員	528,000	513,000	513,000
会誌等売上	800,000	842,155	850,000
欧文誌著者負担金	1,480,000	1,250,000	1,250,000
広告料（化石）	330,000	390,000	390,000
国際交流基金	300,000	0	300,000
醸金	100,000	0	100,000
利息	10,000	23,340	24,000
年会例会参加費	1,200,000	1,146,710	1,500,000
雑収入	200,000	240,014	240,000
計	14,784,634	13,894,278	15,859,388

支出の部

科目	1998年予算額	1998年決算額	1999年予算額
会誌発行費	6,200,000	4,661,580	5,600,000
会誌送料	750,000	673,850	890,000
通信・運搬費	750,000	735,181	760,000
諸印刷費	1,600,000	1,116,087	1,400,000
業務委託費	2,100,000	1,908,401	2,400,000
研究委員会等助成費	300,000	0	300,000
国際交流補助費	300,000	0	300,000
雑費	2,145,000	1,915,516	2,630,000
振替手数料	25,000	24,740	25,000
庶務事務費	40,000	5,800	40,000
編集費	400,000	282,470	500,000
謝金	300,000	298,400	375,000
年会例会会場費	500,000	496,200	630,000
I P A会費	30,000	0	60,000
賞関係費	150,000	31,200	150,000
消耗品費	100,000	4,998	50,000
学会図書整備費	100,000	200,000	100,000
その他	500,000	571,708	700,000
予備費	639,634	0	1,579,388
次年度繰越金	0	2,883,663	0
計	14,784,634	13,894,278	15,859,388

1999年度

2000年度

学会基金（定額貯金5,000,000）

学会基金（5,000,000）

研究委員会等助成基金（1,930,000）

研究委員会等助成基金（1,930,000）

特別号会計 1999年度決算および2000年度予算(案)

収入の部

科目	1999年度予算額	1999年度決算額	2000年度予算額
前年度繰越金	3,913,786	3,913,786	4,028,382
特別号売上金	500,000	738,480	750,000
利息	2,000	2,362	2,400
刊行助成金	300,000	300,000	0
合 計	4,715,786	4,954,628	4,780,782

支出の部

科目	1999年度予算額	1999年度決算額	2000年度予算額
謝金	50,000	79,100	90,000
販売促進費	5,000	7,350	10,000
事務雑費	30,000	2,646	10,000
送金・振替手数料	1,500	420	1,000
送料	30,000	52,590	60,000
Bibliography 原稿作成費	60,000	0	60,000
特別号印刷費	761,250	784,140	0
予備費	3,778,036	0	4,549,782
繰越金	0	4,028,382	0
合 計	4,715,786	4,954,628	4,780,782

行事予定

◎第149回例会は、2000年6月24日(土)と25日(日)に群馬県立自然史博物館で開催されます。個人講演の申し込み締切日は2000年5月2日(火)です。6月24日(土)にシンポジウムとして「1500万年前頃の群馬の海—そのおいたちと生物たち—」(世話人:長谷川善和, 高桑祐司, 間嶋隆一)が開催されます。なお、このシンポジウムは富岡市民向けの公開講座もかねております。

お詫び: Paleontological Research vol. 3, no. 4 の行事予定では、第149回例会の開催日を「6月23日(土)から24日(日)」とし、個人講演の申し込み締切日を「5月4日」としておりましたが、開催日はカレンダーと一致せず、また締切日は祝日でしたので、上記のように訂正致します。申し訳ありませんでした。

◎第150回例会は、2001年1月27日(土)と28日(日)に茨城県自然博物館で開催されます。シンポジウム案の申し込み締切日は2000年4月末日、個人講演の申し込み締切日は2000年12月1日(金)です。

◎2001年年会・総会は、21世紀最初の年会ですので、「21世紀の古生物学」を統一テーマとし、東京地区でシンポジウムを中心とした形式で、将来計画委員会が中心となって開催を企画することが決定しております。開催の案内や形式については別にご案内致します。

◎第151回例会(2002年1月下旬開催予定)の開催申し込みは、今のところありません。

◎2002年年会・総会(2002年6月下旬開催予定)には福井県立博物館から開催申し込みがありました。

◎古生物学会では、小人数で実施されるワークショップやショートコースを主催しております。学会から金銭を含む援助を行なうことができますので、企画をお持ちの方は行事係までお問い合わせ下さい。

個人講演・シンポジウム案の申し込み先

個人講演の申し込みは予稿集原稿を直接お送り下さい。e-mail やファックスでの申し込みは、原則として受け付けておりません。

〒240-0067 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-2
横浜国立大学教育人間科学部自然環境講座
TEL 045-339-3349 (直通)
FAX 045-339-3264 (学部事務室)
E-mail majima@edhs.ynu.ac.jp
間嶋隆一(行事係)

お問い合わせは、行事係か下記の行事幹事までお寄せ下さい。

〒250 小田原市入生田499
神奈川県立生命の星・地球博物館
TEL 0465-21-1515
FAX 0465-23-8846
E-mail taru@pat-net.ne.jp
樽 創(行事幹事)

2001年年会の課題別シンポジウム企画案募集のお知らせ

日本古生物学会将来計画委員会委員長 森 啓

2001年年会は、「21世紀の古生物学」を統一テーマとし、将来計画委員会主催のシンポジウム形式の集会として実施することになりました。以下の日程のように、1日目に統一シンポジウムを行い、2日目と3日目に課題別シンポジウムを行なう予定です。なお、個人講演は行わない予定ですが、ポスター発表に限り募集する案もあり、現在検討中です。

2001年年会・総会

会場：国立オリンピック記念青少年総合センター（予定）

6月29日(金)

・統一シンポジウム

題名：21世紀の古生物学（世話人：日本古生物学会将来計画委員会）

課題別シンポジウムの世話人による各シンポジウムの主旨説明を主体に構成することを検討しています。

・総会（予定）

・懇親会

6月30日(土) 第二日目

・課題別シンポジウム（6件～9件）

7月1日(日) 第三日目

・課題別シンポジウム（6件～9件）

・公開講演 題名：21世紀の古生物学（仮題）。この講演会は科研費の研究成果公開発表(B)に応募する予定です。

なお、上記の日程に、会長講演と特別講演3件が加わる予定です。

課題別シンポジウムは、一件2時間半程度とし、同時に2つ、あるいは3つのシンポジウムを平行して実施する予定です。従いまして、会場の規模や人手については、従来の年会の個人講演会場と同程度で実施できると判断しています。発表形式、各講演者への時間配分、使用言語などは世話人に一任する予定です。テーマの必然性から国内・国外の非学会員の参加を求めることも可能ですが、なるべく金銭的な負担を学会に求めないような配慮をして頂ければ幸いです。また、出版が開始されました「古生物学トピックス」の一冊として、シンポジウムの資料、あるいは成果を印刷することも可能です。

課題別シンポジウムの企画案を以下のように募集致します。なお、応募された企画案は委員会で検討させて頂き、他の企画案の内容などとの関係から手直しをお願いすることもありますので御了解下さい。また、実施日や実施時間割は委員会で決定させて頂きます。「何日の何時からにして欲しい」等のご希望には添えかねますのでご了承下さい。

1. 応募内容

- ・テーマ、主旨、世話人氏名（所属）、講演者、実施形態（簡単な時間配分等）をお知らせ下さい。
- ・内容は特に問いませんが、「21世紀の古生物学」が統一テーマであることにご留意下さい。
- ・非学会員が参加する場合、その金銭的手当についてのご希望もお書き下さい。また参加者の都合から日本語以外の言語で実施する場合もお知らせ下さい。

- 1 件の実施時間は原則として 2 時間半程度を予定しておりますが、不都合がある場合はお知らせ下さい。
- 2. 応募先、締切
 - 下記の行事係に e-mail で 5 月末日までにお寄せ下さい。e-mail を使用されていない方は、手紙やファックス等でも受け付けます。
- 3. その他
 - 疑問点やご希望があればお知らせ下さい。

〒240-0067 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-2
横浜国立大学教育人間科学部自然環境講座
TEL 045-339-3349 (直通)
FAX 045-339-3264 (学部事務室)
E-mail: majima@edhs.ynu.ac.jp
間嶋隆一 (行事係)

「化石」投稿原稿整理カード

著者名	漢字：												
	ローマ字：												
表題	和文：												
	欧文：												
種別（○でかこむ）		原著論文 短報 総説 書評 化石茶論 ニュース その他（ ）											
原稿の枚数	本文（要旨・文献含む）			枚	図表の説明		枚	図	枚	表	枚	図版	枚
原稿1枚の字数		字（ 字× 行）			別刷希望部数		部（表紙： 有 無 ）						
原稿の返却	希望する		希望しない		カラー印刷ページ（実費負担）の有無						有 無		
連絡責任者													
住所：〒													
氏名：													
電話：													
FAX： 電子メール：													
著作権の移転について													
私は、「化石」に掲載された際の本論文の著作権が、日本古生物学会に移転され、日本古生物学会に帰属することを了承し、著者全員の了承により代表して署名します。													
代表者氏名 （ご署名下さい） 日付													
編集部への通信欄													
編集部記入欄	原稿番号			受付： 年 月 日			受理： 年 月 日						

日本古生物学会入会申込書

日本学会事務センター内

〒113-0021 東京都文京区本駒込 5-16-9

氏 名 _____ ローマ字 _____

生年月日 _____

現住所 _____

所属機関（在学校名）・現職（学年） あるいは職業

所属機関の所在地 _____

連絡先 _____

専 門 _____

最終学歴 年月 学校・学科名 学位

参考事項（主要な研究業績・他の所属学会等）

推薦者（本会会員 1 名）

氏名 および署名または捺印 所属または住所

本会の会則を了承し、 _____ 年度から日本古生物学会に入会を申し込みます。

入会申込者 署名（捺印）

日付 20 年 月 日 _____



Paleontological Research Institution
アメリカ古生物学研究協会

PRI の出版物の購入について

PRI は1895年以来 *Bulletins of American Paleontology* を、また1916年以来 *Paleontographica Americana* を発行するなど、アメリカで最も古くから古生物学の学術雑誌類を発行している協会です。これらの出版物は、古生物学のモノグラフとして昔から定評があります。特に、古無脊椎動物のすべての分類群、中でも新生代の軟体動物に関する論文を多く出版しております。

また、1986年からは、ドミニカ共和国北部の新生代古生物に関する国際プロジェクト研究成果の出版に力を入れております。

最新号として次のような論文が出版されております。

Neogene Paleontology in the Northern Dominican Republic 18. The Superfamily Volutacea (in part) (Mollusca: Gastropoda), by Emily H. Vokes. *Bulletins of American Paleontology* no. 354

Frasnian (Upper Devonian) Rugose Corals from the Lime Creek and Shell Rock Formations of Iowa, by James Sorauf. *Bulletins of American Paleontology* no. 355

Upper Cretaceous Trochacean Gastropods from Puerto Rico and Jamaica. *Paleontographica Americana* no. 60

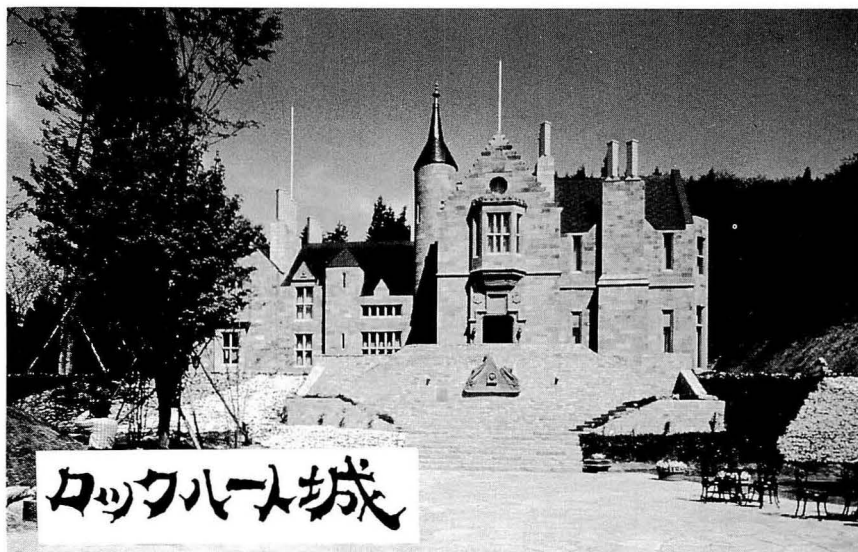
これまでの出版物、バックナンバーはウェブサイトでご覧下さい。

<http://www.englib.cornell.edu/pri>

問い合わせ、ご注文は下記まで。

Paleontological Research Institution,
1259 Trumansburg Road,
Ithaca, NY 14850-1398, USA

日本初!ヨーロッパの古城移築・復元



4つのアトラクションが楽しめる

★バンジーパーク

地ビール工場

★シャトーブルワリー

★展示コーナー

世界の石材

魚竜ほか 絶滅した古生物（化石）

美しい鉱物

世界の高峰の石

手作りパン工房

★レピドール

神秘体験のできる

★みちの世界

ドイツ料理店

ビッグハート

イタリア料理店

ロマーノ

フランス料理店

ソフィア



大塚村

〒377-0702 群馬県吾妻郡高山村中山5583-1

☎0279-63-2101(代)

<予約専用>0279-63-3515 FAX0279-63-3514

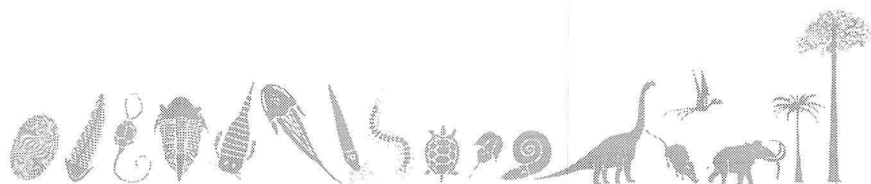
一億年を刻む！

■甲殻類メコチルスとその足跡 *Mecochirus longimanatus* ジュラ紀後期 Solnhofen, Bayern, Germany

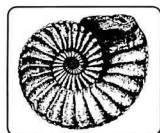
地学標本(化石・鉱物・岩石)
古生物関係模型(レプリカ)
岩石薄片製作(材料提供による薄片製作も受け賜ります。)

大英博物館／恐竜復元模型

縮尺：実物の40分の1 精密教育用モデル、大英博物館製作による刻印入



〔特に化石関係は諸外国より良質標本を多数直輸入し、力を入れておりますので教材に博物館展示等にぜひご利用下さいませ。〕

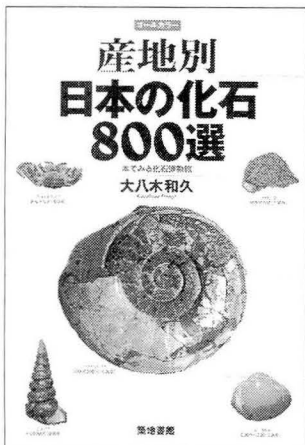


Fossils, Minerals & Rocks

株式会社 **東京サイエンス**

本 社 〒150-0051 渋谷区千駄ヶ谷5-8-2 イワオ・アネックスビル
TEL.03-3350-6725 FAX.03-3350-6745
E-mail: science@oak.ocn.ne.jp
ショールーム 紀伊國屋書店新宿本店1F TEL.03-3354-0131 (大代表)

TOKYO SCIENCE CO., LTD.



産地別 日本の化石800選

本でみる化石博物館

大八木和久[著] 3,800円 ●オールカラー

【本書の5つの特徴】

1. フィールドで使える図鑑。
2. 著者自身が採集・クリーニングした化石コレクション832点をオールカラーで紹介。
3. 産地別・時代別に化石を配列。
4. 採集のときに役立つ産地情報を掲載。
5. クリーニングのポイントをアドバイス。(難易度つき)

日本全国化石採集の旅[全3巻]

正編・続編・完結編ともに大八木和久[著] 各2,200円

全国の化石産地の情報や採集のノウハウ、整理のしかた、クリーニングの方法や整形のしかたを伝授。

化石の楽しみ方のすべてを記したエッセイ+ガイド。

貴重な化石のカラー写真(正編16頁60点、続編24頁86点、完結編24頁104点)を各巻に収録した。



脊椎動物の進化

[原著第4版]

コルバート+モラレス[著] 田隅本生[監訳] 12,000円

●地団研そくほう評＝脊椎動物化石やその進化を学ぶためのバイブルともいえる本であり、魚類から哺乳類までを体系的に解説した貴重な本である。ぜひ持つべき書籍である。

●地質学雑誌評＝旧版とくらべて1700ヶ所もの追加・訂正があり、図版も64点増。新しい重要な化石の発見や研究などの成果が盛り込まれている。

12年ぶりの全面改訂新版、今春刊行予定!!

日曜の地学シリーズ①

埼玉の自然をたずねて

《日曜の地学シリーズ 既刊14点》

- ④東京／⑤群馬／⑦広島／⑧茨城／⑨栃木／⑬静岡／
⑭沖縄／⑰愛媛／⑲千葉／⑳神奈川／㉑佐賀／㉓鳥取／
㉔東海／㉕島根

(既刊書の価格および詳しい内容は、ホームページか総合図書目録をご覧ください。)

井尻正二・「新・人と文明」シリーズ全3巻

新・ヒトの解剖

井尻正二+後藤仁敏[著] ●2刷 2,200円

解剖実習の手順で人体のしくみを詳しく解説。生命発生の不思議さを考えさせられる一冊。

新・人体の矛盾

井尻正二+小寺春人[著] ●4刷 1,900円

自分自身の体内にもつ、35億年の壮大な生物進化の歴史と、生命現象の本質ともいべき矛盾を人体のなかにさぐる。

新・文明のなかの未開

レリックの世界

井尻正二+真野勝友+堀田進[著] 2,500円

生物界の生きている化石と似たような事柄を、長い進化の果てに出現した人間のなかのいろいろな面に見出す。

進化とはなにか

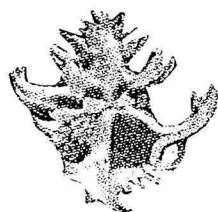
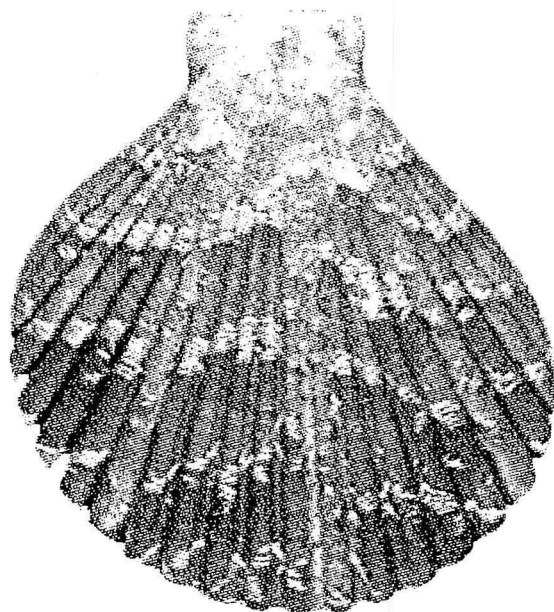
井尻正二[著] ●新装版 1,400円

進化論が生物学的にも哲学的にも大きく脱皮すべき今日において、「私の進化論」を具体的例をあげて説く。

㊦築地書館 〒104-0045 東京都中央区築地7-4-4-201 TEL 03-3542-3731 FAX03-3541-5799 ●総合図書目録進呈。
●ご注文は、最寄りの書店または直接上記宛先まで。●ホームページ=<http://www.tsukiji-shokan.co.jp/>

《価格税別》消費税が加算されます。

- ◎世界の標本貝・貝細工・その他貝の加工品
- ◎貝に関することは、卸から小売りまで何でも
お問い合わせ下さい。
- ◎珍貝・稀貝のリストも御座います。
- ◎お問い合わせはFAXにて承ります。



有限会社 沖縄シエル

担当者 松川

〒901-2134 沖縄県浦添市港川564-3 E-5

PHONE/FAX 098 (874) 3126

IMC

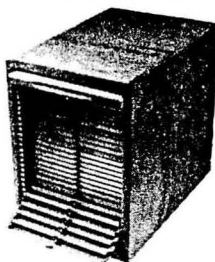
調査機器から研究機材まで



ピック型
ハンマー
(ナイロン柄)
600 g, 850 g

チゼル型
ハンマー
(ナイロン柄)
600 g, 800 g, 850 g

マイクロスライドキャビネット
〔有孔虫スライド500枚用〕



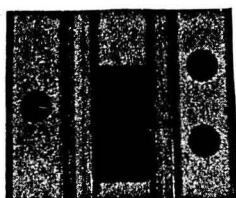
標準フルイ



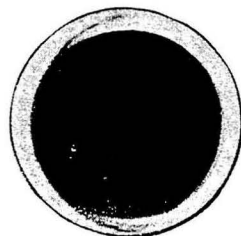
〔各種サイズ
#メッシュ〕



エアー
スクライブ
キット



有孔虫スライド各種



方眼シャーレー
(有孔虫分離用)

岩本鉱産物商会

〒151-0053 東京都渋谷区代々木1-26-1
☎03(3379)3466~8 FAX03(3379)9205

地球の過去から現在を考える。 自然環境の変遷を時間を追って解明します。

〈年代と古環境・地層対比の解明に〉

生層位・古生態学的調査：微化石・大型化石分析
岩石鉱物学的調査：岩石鉱物、火山灰、X線分析
14C年代測定

〈自然環境の解明に〉

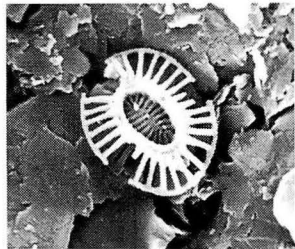
環境を植物と地質・土壌の関わりより考えます。
環境調査、地質調査、土壌調査、湖沼調査

〈人類の歴史の解明に〉

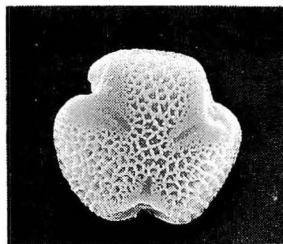
遺跡調査、遺構・遺物調査、立地調査

〈資源・資材の評価に〉

岩石鉱物分析、土壌分析、理化学分析、栽培試験



石灰質ナンノ化石
Emiliania huxleyi
生存期間：24万年前～現在



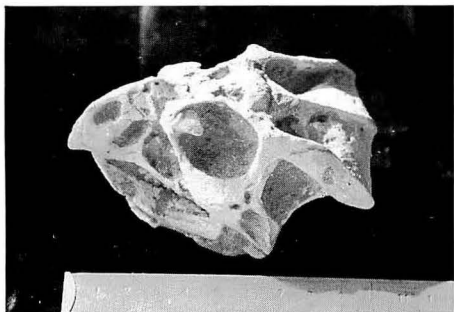
ミヤマガマズミ花粉



パリーノ・サーヴェイ株式会社

本社 〒103-0023 東京都中央区日本橋本町1-10-5 日産江戸橋ビル2F
TEL 03-3241-4566(代表) FAX 03-3241-4597
研究所 〒375-0011 群馬県藤岡市岡之郷戸崎559-3
TEL 0274-42-8129 FAX 0274-42-7950

化石 鉱物 隕石 輸入地学標本の専門商社



BAGACERATOPSの頭骨 白亜紀 モンゴル ゴビ砂漠

弊社は世界各国の専門業者からの信頼と取引の実績をもって、数多くの貴重な標本や展示向け大型標本の輸入を手掛けております。また、年1回池袋サンシャインシティイベント場におきまして、国際化石鉱物ショーを弊社主催で開催し、自然科学への普及、向上に貢献してまいりたいと考えております。

PLANET 有限会社 プラニー商会

〒160-0022 東京都新宿区新宿4-3-30 らん山マンション205
TEL.03-3341-8858 FAX.03-3225-9528

古生物の科学 全5巻

2. 古生物の形態と解析

最新刊 棚部一成・森 啓編

B5判 232頁 本体10000円 (16642-7)

化石の形態の計測とその解析から、生物の進化や形態形成等を読み解く方法を紹介。〔内容〕相同性とは何か／形態進化の発生的側面／形態測定学／成長の規則と形の形成／構成形態学／理論形態学／バイオメカニクス／時間を担う形態

1. 古生物の総説・分類

(好評既刊) 速水 格・森 啓編

B5判 264頁 本体10000円 (16641-9)

科学的理論・技術の発展に伴い変貌し、多様化した古生物学を平易に解説。〔内容〕古生物学の研究・略史／分類学の原理・方法／モネラ界／原生生物界／海綿動物門／古杯動物門／刺胞動物門／腕足動物門／軟体動物門／節足動物門／他

◆古生物学の原理や方法を横断的に眺め、専門領域を越えた広い範囲の読者のための新しいテキスト



— 続 刊 —

3. 古生物の生活史 池谷仙之・棚部一成編

生殖／繁殖／発生／生活様式：生活型／個体群／生物地理

4. 古生物の進化 小澤智生・瀬戸烈司・速水 格編

現代の進化説／形態進化と分子進化／種分化／小進化／他

5. 地球環境と生命史 鎮西清高・植村和彦編

化石の生成、タフオノミー／生命の起源、先カンブリア時代の生命／他

朝倉書店

〒162-8707 東京都新宿区新小川町6-29
電話 営業部 (03) 3260-7631 FAX (03) 3260-0180
<http://www.asakura.co.jp> * ホームページで「書籍注文」ができます

* 本体価格は消費税別です。
(ISBN)は4-254- を省略

“化石”バックナンバーの在庫

- [56号] 放散虫殻の構造, 生痕化石, シンポジウム “生きている化石”, その他(1500 円)
[57号] ペルム紀放散虫, 日南石灰岩有孔虫, シンポジウム “生きている化石”(1500 円)
[58号] ステラーカイギュウ, 日本古生物学会史〔昭和60年ー平成6年〕, その他(1500 円)
[59号] 内湾性貝化石群集と残存種の関係, その他(1500 円)
[60号] シンポジウム “沈み込み帯における化学合成底生生物群集” その他(1500 円)
[61号] 松島湾の底生有孔虫群集, 同シンポジウム, その他(1500 円)
[62号] 有孔虫殻壁の光学的組織の生態・古生態解析への応用, その他(1500 円)
[63号] シンポジウム “堆積サイクル・古環境・古生態”, その他(1500 円)
[64号] イタヤガイ類の系統分類, ナウマンの古生物学講義, その他(1500 円)
[65号] 放散虫殻の破損, 底生有孔虫によるタフノミー, その他(1500 円)
[66号] “生物事変: 復元の科学3”, その他(1500 円)

バックナンバーを御希望の方は, 下記へお申込み下さい。請求書を同封してお送り致します。(税・送料別) 品切れの場合はご容赦下さい。

申込みと送金先: ㈱日本学会事務センター事業部 TEL 03 (5814) 5811
FAX 03 (5814) 5822

2000 年 3 月 14 日印刷
2000 年 3 月 21 日発行

化石第 67 号

発行者 日本古生物学会
113-8622 東京都文京区本駒込 5-16-9
日本学会事務センター内
編集者 化石編集委員会
印刷者 學術図書印刷株式會社
TEL (03) 3991-3754

Fossils

Number 67

March 21, 2000

Contents

Paleoenvironmental changes during the deposition of the Omma Formation (late Pliocene to early Pleistocene) in Oyabe area, Toyama Prefecture based on the analysis of benthic and planktonic foraminiferal assemblages	Hiroyuki Takata	1
Multivariate analysis of shell morphology of fossil <i>Saxidomus purpurata</i> (Bivalvia: Veneridae) and its paleobiological implications	Takehiro Sato and Yoshiaki Matsushima	19
Devonian radiolarians from the Upper Ise River area of the western part of the Hida Gaien Belt, Izumi Village, Fukui Prefecture, central Japan	Toshiyuki Kurihara	32
Evolutionary morphological changes by mutations of pleiotropic genes	Tarou M. Kiso	44
Assessment of Research Activities in the Nanjing Institute of Geology and Palaeontology	Ken'ichi Saiki and Yong-Dong Wang	58
W. J. Fritz & J. N. Moore (translated by K. Harada): Basics of physical stratigraphy and sedimentology	Hiroshi Nishi	60
Obituary: Memorial to Prof. Juichi Yanagida (1932-1999)	Sumio Sakagami	62
14th International Congress on the Carboniferous-Permian (XIV ICCP)	Katsumi Ueno and Tsutomu Nakazawa	65
Report on the international meeting, "Biology and Evolution of the Bivalvia"	Yasuo Kondo, Yasuhiro Ito and Shin'ichi Sato	70
Proceedings of the Society		72

Notice about photocopying

In order to photocopy any work from this publication, you or your organization must obtain permission from the following organization which has been delegated for copyright for clearance by the copyright owner of this publication.

Except in the USA

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

41-6 Akasaka 9-chome, Minato-ku, Tokyo 107-0052, Japan

TEL: 81-3-3475-5618 FAX: 81-3-3475-5619 E-mail: kammori@msh.biglobe.ne.jp

In the USA

Copyright Clearance Center, Inc.

222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, USA

Phone: (978) 750-8400 FAX: (978) 750-4744 www.copyright.com