

ISSN 0022-9202

化石 63

平成 9 年12月

Palaeontological
Society of Japan



日本古生物学会

「化石」編集委員会(1997-1998年度)

委員長：棚部一成，幹事：遠藤一佳

編集委員：阿部勝巳，北里 洋，瀬戸口烈司，小澤智生，大野照文，間嶋隆一，松岡數充

「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（コンピ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。

〒113 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専攻内 化石編集部 棚部一成

(☎ 03-3812-2111 内線4519 ; E-mail tanabe@tsunami.geols.u-tokyo.ac.jp),

遠藤一佳 (同, 内線4520; E-mail endo@tsunami.geols.u-tokyo.ac.jp) (FAX 03-3815-9490)

化石 63 号

1997 年 12 月

目 次

論説	
東北日本太平洋沿岸海域における現生石灰質ナノプランクトン群集の分布	萩野恭子 1
総説	
アミノクロウサギは本当に“ムカシウサギ”か	富田幸光 20
シンポジウム特集	
堆積サイクル・古環境・古生態	
趣旨と経過報告	近藤康生・鎮西清高・増田富士雄・前田晴良 29
シーケンス層序学入門	増田富士雄 32
ミランコビッチ・サイクルに伴う環境変動に対する海生貝類の応答様式	北村晃寿 40
砂礫底化石群集とシーケンス層序—二戸・三戸地域の中部中新統産貝類化石群の例—	松原尚志 49
書評	
川村信人・岡 孝雄・近藤 務 編：加藤 誠教授退官記念論文集	後藤仁敏 55
ピーター・ウエストブルック著：地球を動かしてきた生命	金沢謙一 56
国際会議報告	
21世紀の古生物学—国際ゼンケンベルグ会議	大路樹生 58
学会記事	64

〔R〕 <学協会著作権協議会委託>

本誌からの複製許諾は、学協会著作権協議会（〒107 東京都港区赤坂 9-6-41, 電話03-3475-4621, Fax 03-3403-1738）から得て下さい。

日本古生物学会への醸金御芳名者（第8回）

（敬称略）

松本達郎

（計 1 件, 30,000円）

平成8年3月31日より平成9年9月30日までに、上記の方から本会に醸金を賜りました。古生物学および本学会の活性化のため、有効に使わせていただきます。ご厚志に対し、深く御礼申し上げます。

なお、醸金のお願いは、平成元年より化石47号に掲載の趣旨で、次の要領にて行なっております。引き続きよろしくご協力下さいますようお願いいたします。

記

1. 醸金金額：特に上限・下限はありません。いただいた醸金は、毎年一般会計に繰り入れます。
2. 送金方法：次の醸金専用の振替口座を設けておりますので、随時この口座にお振込ください。
郵便振替：00110-1-762037

日本古生物学会

3. 醸金をいただいた方々のご芳名は、随時「化石」に公表させていただきます。

日本古生物学会会長 池谷仙之

論 説

東北日本太平洋沿海域における現生石灰質ナノプランクトン群集の分布

萩野恭子*

Distribution of living coccolithophores in the western Pacific Ocean
off the coast of Northeast Japan

Kyoko Hagino*

Abstract Living coccolithophore assemblages were investigated in 32 surface water samples taken from the western Pacific Ocean off the coast of the Northeast Japan, and a total of 51 coccolithophore species were identified. Three coccolithophore assemblages are recognized, corresponding to distinct water masses: the Cold Oyashio Current, Tsugaru Warm Current and Mixed Water. In the Oyashio Current regime, the standing crop of coccolithophore was very high and diversity was low. The floral assemblage was dominated by "cold-water type" of *Emiliania huxleyi*, and *Coccolithus pelagicus* was a common member of the flora. In the Tsugaru Warm Current regime, the standing crop of coccolithophore was low, and the flora was characterized by abundant occurrence of "transitional type" of *E. huxleyi* and *Gephyrocapsa oceanica* as well as by a relatively common occurrence of *Braarudosphaera bigelowii*. In the Mixed Water regime, "warm-water type" of *E. huxleyi* and *Gephyrocapsa ericsonii* were abundant and common components of the flora, respectively.

はじめに

化石群集から古環境を推定するに際しては、現生の生物群集の分布様式を知ることが重要である。とくに第四紀後期の氷期-間氷期間における海洋環境の変化を解明するためには、まず間氷期である現在の状態を詳細に調べるが必要不可欠である。

石灰質ナノプランクトン群集の地理的分布は、海流系と密接な関係を示すことが知られており (Okada and Honjo, 1973), 堆積物中の群集変化を知ること、過去の海流系の変動を探るうえで重要な鍵となる。Chinzei *et al.* (1987) は本州南方において現在の黒潮支配域から混合水域に

あたる海域で採取された3本のピストンコア試料を用い、微化石群集や酸素同位体比の変化から、後氷期における黒潮フロントの北上過程を明らかにした。しかしながら、日本近海、特に親潮流域における現生石灰質ナノプランクトン群集についてはこれまでほとんど報告例がなく、この海域における過去の海流系を知るために必要な基礎的情報が不足している。

本研究では、北海道十勝沖から房総半島沖に至る海域における表層水中の現生石灰質ナノプランクトン群集を調べた。この海域は親潮、津軽暖流、黒潮の流路となっており、石灰質ナノプランクトン群集の分布様式と各海流系の関係を知るのに適している。本研究の目的は、石灰質ナノプランクトン群集の変化から環境変遷史を解明するうえで有用な水塊と特定タクサの分布関係を明らかにすることである。

*北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻
Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, Sapporo 060

1997年3月21日受付, 1997年10月6日受理

試料および方法

本研究で用いた試料は、1990年6月に東京大学海洋研究所淡青丸のKT90-9次航海で採取された。この航海では、八戸から北上して襟裳岬沖を経て十勝沖に達した後、本州東岸沿いに南下して八丈島沖まで達する航路が設定された。本航海で設定された全41測点のうち、計32測点で本研究で用いたフィルター試料用の海水が採水された(表1, 図1)。海洋速報・平成2年第13号(海上保安庁, 1990)によれば、このとき親潮は三陸海岸に沿って南下し、トケ崎の北東46.3kmに達していた。津軽暖流は襟裳岬の沖143.3°Eまで張り出した後、下北半島から金華山沿岸域にかけて南下していた。また黒潮は、房総半島沖を岸から遠ざかりながら東北東へ流路を取っていた。

使用した32試料のうち St.4~32の20試料が親潮流域, St.1~3および St.33,34の5試料が津軽暖流域, St.35~38の4試料が混合水域, St.39~41までの3試料が黒潮流域に、それぞれ位置していると考えられる。

各測点で表層0mからプラスチックバケツで採取された0.5~10リットルの試料用水は、100メッシュ(網目150 μ m)のふるいで大型プランクトンなどが取り除かれた後、孔径0.8 μ m、直径47mmのミリポアフィルターで吸引濾過された。濾過後のフィルターは蒸留水で脱塩した後、乾燥してプラスチックケースに収めて保存された。以後、この乾燥したミリポアフィルターをフィルターサンプルと呼ぶ。

石灰質ナノプランクトンの生息密度の測定は光学顕微鏡を用いて行った。まず、濾過面の中心部から外縁まで含まれるようにして、フィルターサンプルを約17.5 $\times$ 5mmの大きさに切り取った。これをスライドガラスに載せた上にインマージョンオイルを滴下し、カバーガラスを載せてその四辺をマニユキアで固定して、光学顕微鏡用標本とした。この光学顕微鏡用標本を1250倍の直交ニコル下で試料の長辺方向に平行に3測線検鏡し、検鏡面積と観察されたコックスフェアの個体数から、石灰質ナノプランクトンの1リットル当たりの生息密度を求めた。

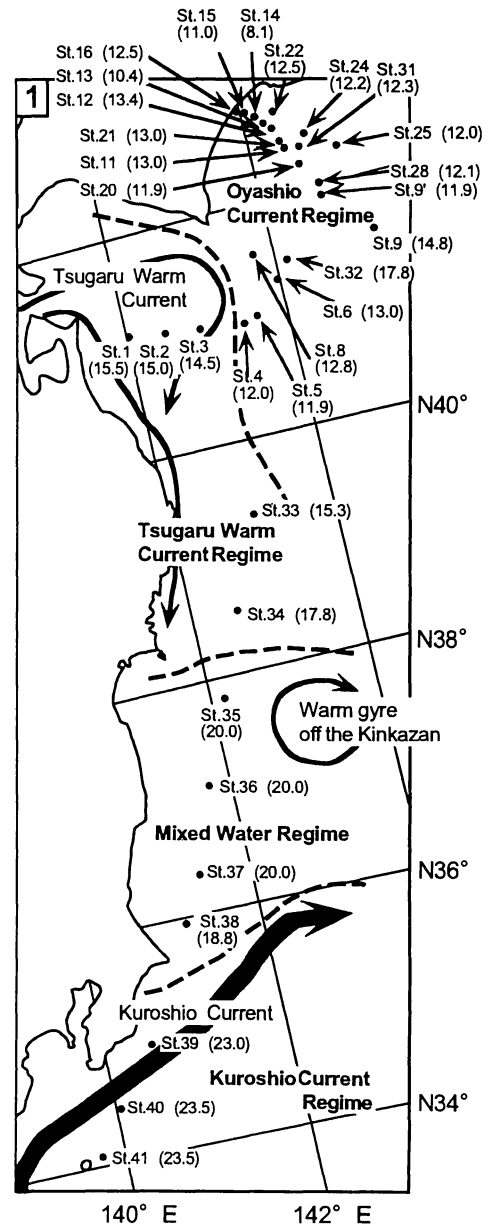


図1. 海水試料を採取した測点の分布と試料採取時の表層海水温、および海流の表層分布、測点番号の右(もしくは下)の括弧の中の数字は、水温(摂氏)を示す。海流の流路は海上保安庁発行・海洋速報平成2年第13号より抜粋。

Fig. 1. Location of the samples, sea-surface temperatures and water regimes at the sampling time. Numerical numbers in parentheses indicate sea-surface temperatures in Celsius (°C). Water regimes are cited from "No.13, 2nd year of Heisei, Quick Bulletin of Ocean Conditions."

群集組成の確認は走査型電子顕微鏡を用いて行った。約 5×5 mm に切り取ったフィルターサンプルを走査型電子顕微鏡用試料台に乗せ、イオンスパッタリング装置で250オングストロームの膜厚になるまで金を蒸着した。これを電子顕微鏡用観察試料とし、1試料につき300個体の種の同定を行なった上で、一通り試料を観察して産出した種を記録した。生息密度の計数および種の同定の双方とも、全てコックスフェアの形態を保っているものについてのみ行ない、コッコリス単体として産出するものはナノプランクトンの個体として認識しなかった。

種の分類と同定は Jordan and Klijne (1994) に従った。ただし *Emiliania huxleyi* については、コッコリスの形態にさまざまな種内変異が観察されたため、それらを形態的な特徴の違いに基づいてさらに種内で分類した。

E. huxleyi のコッコリスに多くの形態変異が存在することは過去の研究でも報告されており (McIntyre and Bé, 1967; Okada and Honjo, 1973; Winter, 1985), 形態的特徴の違う株間で遺伝学的な差異があることが明らかになっている (Van Bleijswijk *et al.*, 1991; Young and Westbroek, 1991)。しかし遺伝学的な違いの有無は、コッコリスの形態のみからは判断できないため、本調査で観察された *E. huxleyi* の形態差異について、遺伝学的な問題を論ずることはできない。そのため本論文では、観察された *E. huxleyi* を形態的な特徴の違いのみに基づいて、次の3つの表現型に分類した。

一つめの表現型 (図版1-図2) は、内盤 (=proximal shield) が板状のエレメントで構成されていてスリットが全く見られないもので、他の *E. huxleyi* の表現型とは逆に、外盤 (=distal shield) の大きさが内盤よりも小さい。ほとんどのコッコリスの中央開口部 (=central area) は中空であるが、同部が central plate で覆われたコッコリスが、中空のコッコリスと同じコックスフェア上に共存していることがまれにある。ここで挙げた *E. huxleyi* の形態は、McIntyre and Bé (1967) で示された “cold-water type” と形態的特徴が一致するので、寒冷水タイプとした。

なお、Okada and Honjo (1973) は、亜寒帯地域から外盤のエレメントの配置が不規則な *E. huxleyi* を報告し、“subarctic water variety” と提唱している。本調査においても、この “subarctic water variety” の特徴を持った *E. huxleyi* が多数観察された (図版1-図1)。しかし、“subarctic water variety” と寒冷水タイプの中間的な形態の *E. huxleyi* も同時に多く観察されており、両タイプを区別することが困難であったため、本論では “subarctic water variety” と思われる *E. huxleyi* も寒冷水タイプに分類し、両タイプの区別は行わなかった。

二つ目の表現型 (図版1-図4) は、McIntyre and Bé (1967) で提唱された “warm-water type” と似た形態的特徴をもっているもので、内盤がT字型のエレメントで構成されているため、スリットが入っているように見える。またその中央開口部はグリル状の central area elements で覆われている。このような形態的特徴を持つ *E. huxleyi* を、ここでは McIntyre and Bé (1967) に従って温暖水タイプとした。

三つ目の表現型 (図版1-図3) は、上記2タイプの中間的な形態をしており、温暖水タイプと同じ T-shaped element で構成された内盤を持つ一方で、寒冷水タイプと同じように中央開口部は中空になっている。ただし、まれに中央開口部が central plate で覆われたコッコリスが、同部が中空のコッコリスと同じコックスフェア上で共存していることがある。このような形態の *E. huxleyi* は中間タイプとした。

電子顕微鏡下での検鏡時に *E. huxleyi* が観察されたときには、上記3つの表現型を区別して計数した。さらに、各試料について50個体以上の *E. huxleyi* の表現型を分類し、群集組成調査時のデータと併せて、*E. huxleyi* の表現型の頻度組成も調べた。

結果と考察

検鏡の結果、全32試料中、十勝沖の St.14,15, 16を除く29試料からコックスフェアを確認し、27属51種の石灰質ナノプランクトンを同定した (表1)。その結果から明らかになった各測点にお

ける石灰質ナノプランクトン群集の生息密度と群集多様度、および主要種の地理分布の詳細について、以下に述べる。

1. 生息密度分布

コックスフェアーが見つからなかった十勝沖の3測点 (St.14,15,16) の試料には珪藻が非常に多

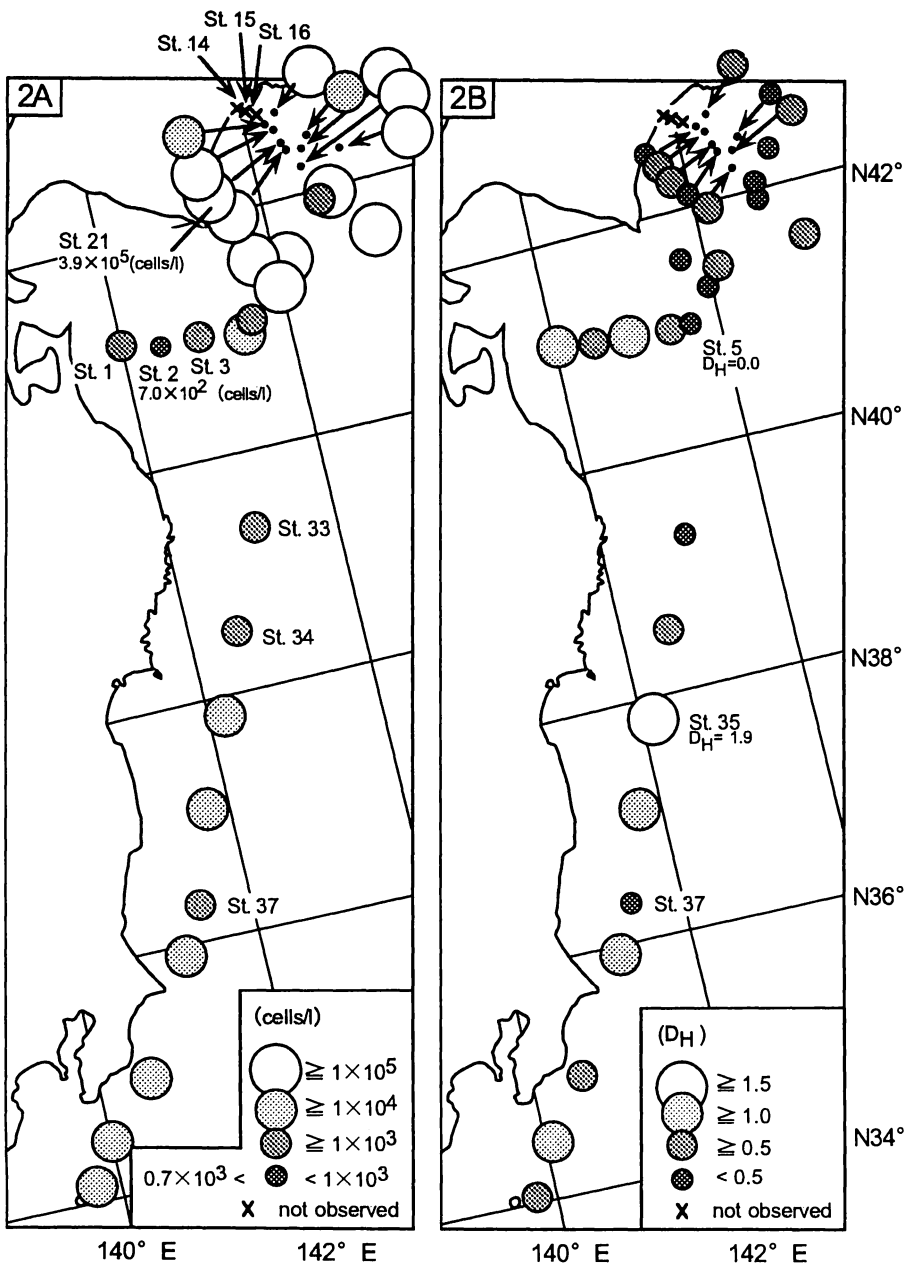


図 2. 石灰質ナノプランクトンの生息密度（個体数/ℓ）（2A）と群集多様度（ D_H = Shannon-Wiener's Function）（2B）.

Fig. 2. Standing crop (2A) and diversity indices (D_H = Shannon-Wiener's Function) (2B) of calcareous nannoplankton assemblage in the samples.

く含まれており、フィルターの全面が珪藻に覆われていた。これらの3測点では、石灰質ナノプランクトンが全く生息していなかったのか否かは明らかではないが、生息していたとしてもその生息密度は非常に低かったと考えられる。

ココスフェアーを含んでいた29試料中において、生息密度は $7.0 \times 10^2 \sim 3.9 \times 10^5$ (cells/ ℓ)までの範囲で変化し(表1)、海流域の違いによって規制される一定の傾向が認められた。

石灰質ナノプランクトンの生息密度は、襟裳岬沖を境にして東西で大きく変化している(図2A)。ここは北方から流れてくる黒潮と、津軽海峡を越えて流入する津軽暖流の会合点で、その東側が親潮流域、西側が津軽暖流域となっていた。

親潮流域では、ほとんどの測点で生息密度が 10^5 (cells/ ℓ)以上であった。本調査において最も生息密度が高かったSt.21では、生息密度は 3.9×10^5 (cells/ ℓ)に達している。本調査海域を通じて生息密度が 10^5 (cells/ ℓ)以上になった測点は、十勝沖の親潮流域にのみ分布していた。

津軽暖流では、北側に摂する親潮流域や南側の混合水域と比べると、生息密度が相対的に低くなった。しかし、同じ津軽暖流域内でも生息密度の値は一定しておらず、生息密度は $7.0 \times 10^2 \sim 7.9 \times 10^3$ (cells/ ℓ)の範囲で変化した。なお、下北半島東方にあるSt.2では生息密度は 7.0×10^2 (cells/ ℓ)で、本調査でココスフェアーを産出した測点の中では最も低い値となった。

金華山沖を境界として南側の混合水域・黒潮流域では、北側の津軽暖流域と比べると生息密度が相対的に高くなった。両海流域での生息密度は $n \times 10^4$ (cells/ ℓ)のところほとんどで、混合水域と黒潮流域の間で生息密度の違いに特定の傾向は認められなかった。なお、混合水域に位置するSt.37では生息密度が 2.1×10^3 (cells/ ℓ)と、周辺の測点と比べると例外的に低い値となったが、その原因は不明である。

2. 群集多様度

各採水地点における群集多様度 (D_H : Shannon-Wiener's Function) を Berger and Parker (1970) に従って求めた(表1, 図2B)。

その結果、群集多様度についても海流域による違いが認められた。

群集多様度は、襟裳岬沖から十勝沖にかけての親潮流域で全般的に低くなった。親潮流域では石灰質ナノプランクトン群集は4~5種のみで構成されており、群集多様度指数 (D_H) は常に1.0未満であった。最も多様度が低かった襟裳岬沖のSt.5では *Emiliania huxleyi* のみで群集が独占されており、多様度指数は0.0であった。

津軽暖流域からの試料では、下北半島沖の3測点 (St.1~3) と三陸海岸沖の2測点 (St.33,34) で、同一海流域内にも関わらず多様度指数の値が異なっていた。下北半島沖の3測点では、群集多様度指数が0.9~1.13となり、親潮流域と比べて若干高くなっている。しかし、三陸海岸沖の2測点ではこの値は0.15~0.79に留まっていた、親潮流域とあまり変わらなかった。

金華山沖から犬吠崎沖にかけての混合水域では、他の海流域と比べて群集多様度は高かった。最も群集多様度が高かったSt.35では、35種もの石灰質ナノプランクトンによって群集が構成されており、多様度指数は1.90に達した。しかしSt.37では多様度指数が0.30で、近隣の測点と比べると例外的に低い値となった。このSt.37では生息密度も特徴的に低く、St.37付近には周辺と異なった性質の水塊が存在していた可能性がある。

犬吠崎沖以南の黒潮流域の測点では、北に接する混合水域と比べると群集多様度の低い測点が多い。しかし黒潮流域からの試料が少ないため、今回の結果だけから黒潮流域の群集の特徴を詳しく論ずることは出来ない。

3. 主要種の地理的分布

観察された51種の石灰質ナノプランクトンのうち、占有率(=群集全体に対する産出頻度)が10%を越えた主要7種 (*Braarudosphaera bigelowii*, *Coccolithus pelagicus*, *Emiliania huxleyi*, *Gephyrocapsa ericsonii*, *Gephyrocapsa oceanica*, *Calciopappus caudatus*, *Syracosphaera orbiculus*) の地理分布について以下に述べる。これらの7種の占有率の合計は、ココスフェアーが産出した29測点の全てで、群集全体の

90%に達している。

(1) *Braarudosphaera bigelowii*

Braarudosphaera 属は K-T 境界直上の晩新世の外洋堆積物中から豊富に産出し (Okada and Thierstein, 1979), 南大西洋の漸新統の特定層準からも多産することが知られている (Maxwell *et al.*, 1970). しかし, 第四系では沿岸堆積物からのみ多産して外洋堆積物からはほとんど産出しないため (Martini, 1967, Takayama, 1972; Tanaka, 1991; Okada, 1992), 第四紀研

究では *B. bigelowii* を沿岸環境の指標種とみなすのが一般的である. しかし, 今回の調査では外洋の測点からも本種を多産した (表 1, 図 3A).

B. bigelowii (図版 1—図 8,9a) が多産した測点はいずれも下北半島東方から三陸海岸沖にかけての海域にあり, それらの分布は津軽暖流域の分布と一致した. そのため津軽暖流域における本種の高頻度産出は, 津軽暖流水に起因すると考えられる. St.3では本種の生息密度が最も高くなり, 8.6×10^2 (cells/l) に達した. なお, 本種は房総半島南方の St.40からも確認されているが, そ

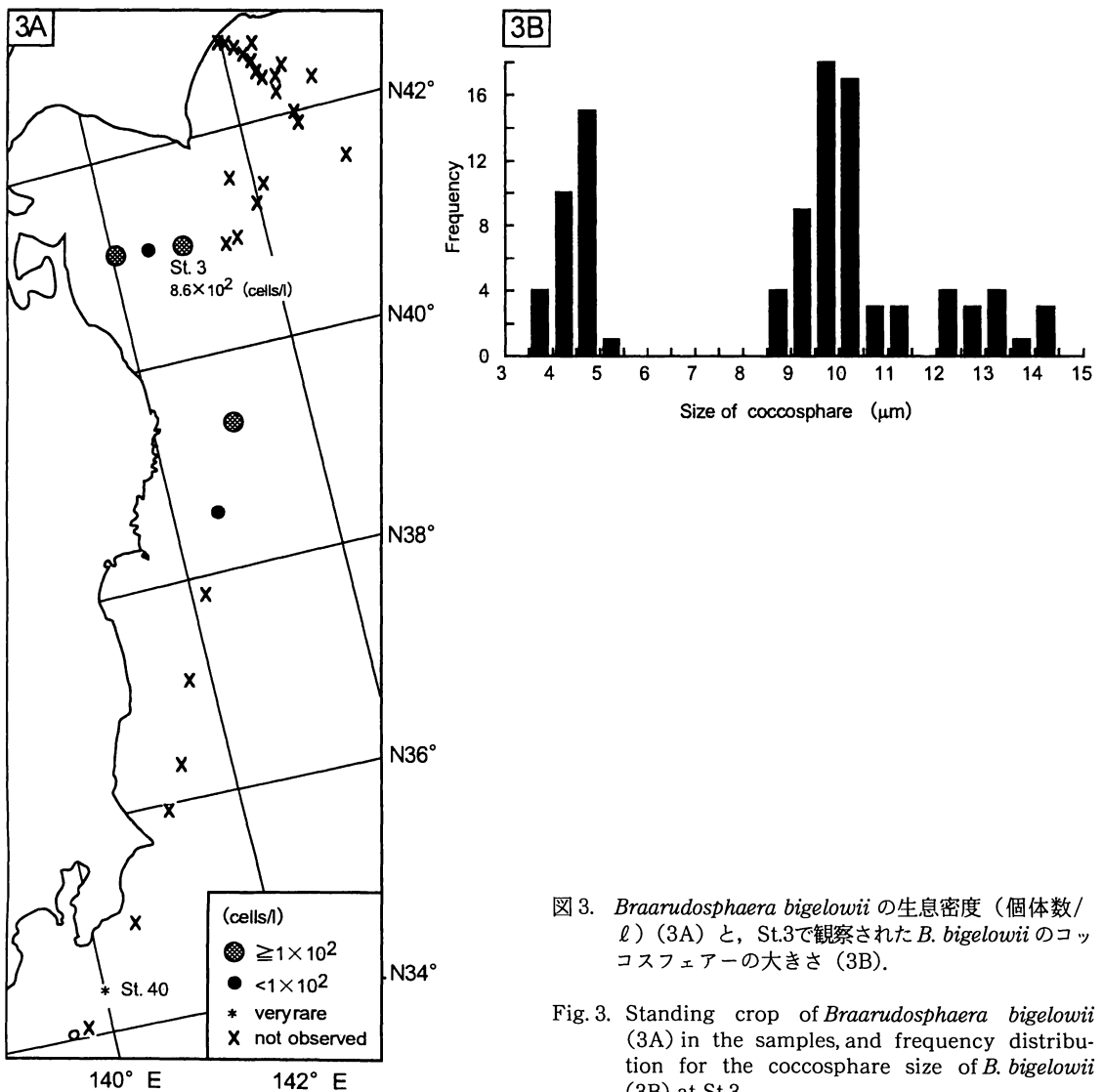


図 3. *Braarudosphaera bigelowii* の生息密度 (個体数/ℓ) (3A) と, St.3で観察された *B. bigelowii* のコックスフェアーの大きさ (3B).

Fig. 3. Standing crop of *Braarudosphaera bigelowii* (3A) in the samples, and frequency distribution for the coccosphere size of *B. bigelowii* (3B) at St.3.

の群集占有率は0.3%未満と非常に低く、生息密度を求めるまでには到らなかった。

今回の調査で *B. bigelowii* は津軽暖流域の測点から特徴的に産出したが、表層堆積物中の遺骸群集においても、本種の産出頻度は混合水域よりも津軽暖流域の方が高くなることが報告されている (Tanaka, 1991)。そのため、津軽暖流域ではある程度恒常的に本種が多産していることが推測できる。沿岸環境に多いという本種の分布の特徴を踏まえると (Martini, 1967; Takayama, 1972; Tanaka, 1991; Okada, 1992)、今回の調査で明らかになった本種の分布から、津軽暖流域水は沿岸水の影響を受けた水塊であることが推測できる。

B. bigelowii の占有率が最も高かった St.3 では通常より小さい *B. bigelowii* のコックスフェアーが多数観察された (図版 1-図 9b)。通常より小さいサイズの本種のコッコリスの存在は、堆積物中の化石群集でも報告されているが (Tanaka, 1991)、そのコッコリスのサイズの定量的分析はこれまでに報告されていない。

そこで試料 St.3 から見つかった *B. bigelowii* の 100 個体をビデオプリンターで撮影して、コックスフェアーの大きさを、写真上で定規を用いて測定した結果、 $5.5\mu\text{m}$ より小さい集団と、 $8.5\mu\text{m}$ より大きい集団とに二分された (図 3B)。このように日本の沿海にはサイズが明確に異なる 2 つのタイプの *B. bigelowii* が共存しており、そのサイズの違いは環境要因によるものではないと思われる。おそらく遺伝的に異なる集団が混在していると思われる。

(2) *Coccolithus pelagicus*

Coccolithus pelagicus は寒冷な環境を好み、主に水温 15°C 以下の海域に分布する (Okada and McIntyre, 1979)。本種は運動期にはホロコッコリス、浮遊期にはプラコリスを形成し、生活史の中で 2 種類の違う形態のコッコリスを作ることが知られている (Parke and Adams, 1960)。運動期の個体は *C. pelagicus* f. *hyalinus* (図版 1-図 6)、浮遊期の個体は *C. pelagicus* f. *pelagicus* (図版 1-図 5) に分類されている。

本調査でも、*C. pelagicus* が産出したのは水温

が 15°C 以下の、親潮流域・津軽暖流域の測点に限られた (表 1, 図 4)。今回は *C. pelagicus* f. *hyalinus* と *C. pelagicus* f. *pelagicus* の両方が観察されたが、多くの測点では前者のみが産出し、後者が見つかったのは 5 測点のみであった。こ

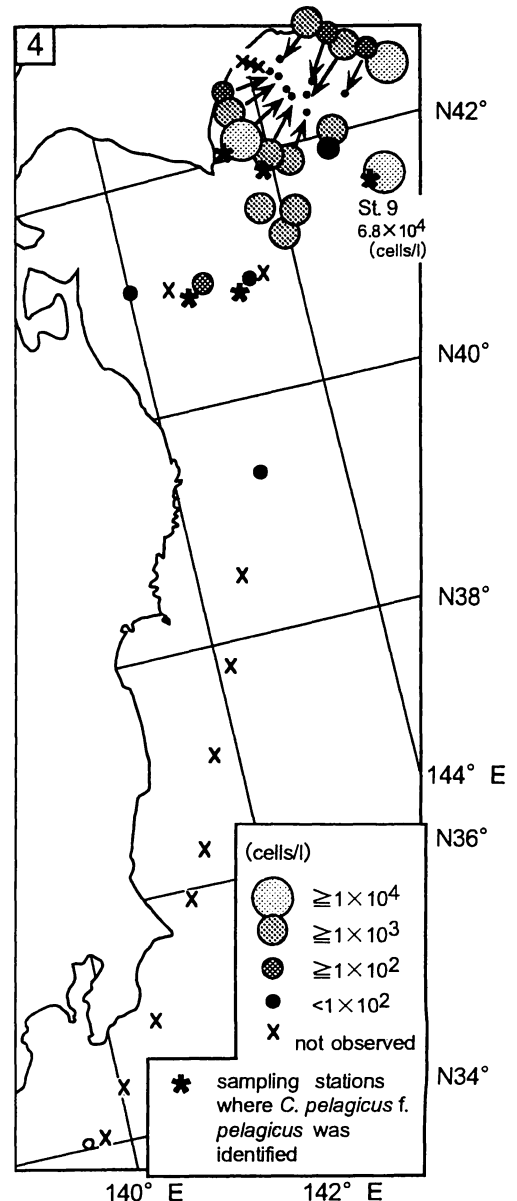


図 4. *Coccolithus pelagicus* の生息密度 (個体数/ℓ)。

Fig. 4. Standing crop of *Coccolithus pelagicus* in the samples.

の結果は、春期には *C. pelagicus* f. *hyalinus* の方が多くなるという、北大西洋での観察結果 (Okada and McIntyre, 1979) と合致している。しかし *C. pelagicus* f. *pelagicus* が産出した 5 測点の分布には、特定の傾向は認められなかった。

一方、本種の生息密度には海流系との関連が認められた。以下に *C. pelagicus* の生息密度分布の詳細について述べるが、*C. pelagicus* f. *hyalinus* と *C. pelagicus* f. *pelagicus* は本質的には同じ生物であるので、ここでは両タクサを区別せず *C. pelagicus* として論ずる。

C. pelagicus の生息密度が最も高くなったのは親潮流域に位置する St.9 で、その値は 6.8×10^4 (cells/ℓ) に達している。親潮流域の多くの測点では、本種の生息密度は 10^3 (cells/ℓ) 以上となった。しかし、津軽暖流域の多くの測点での本種の生息密度は 10^2 (cells/ℓ) 以下で、親潮流域の測点と比べるとその値は低かった。また、混合水域以南の測点では本種が全く観察されなかった。

(3) *Emiliana huxleyi*

Emiliana huxleyi (図版 1—図 1~4) は生息可能な環境範囲が非常に広く、亜寒帯から熱帯まで分布する。特に亜寒帯では群集占有率が高く、時には本種だけで群集を独占することもある (Okada and Honjo, 1973)。本調査においても、本種は、コッコスフェアーが存在する全ての試料から産出した (表 1)。

E. huxleyi の表現型を区別せずに一つの種として捉えた際にも、表現型を区別した際にも、それらの分布と生息密度には海流域と関連した特徴が認められた。*E. huxleyi* の分布と生息密度について、まず表現型を区別せずに種全体について述べ、次いでそれぞれの表現型について述べる (図 5)。

(3)–1. *Emiliana huxleyi* 全体

Emiliana huxleyi の生息密度は親潮流域では一貫して高く、常に 10^4 (cells/ℓ) 以上であった。同海域にある St.21 では 3.4×10^5 (cells/ℓ) に達し、本調査においては最も高い値となった。下北半島沖から三陸海岸沖にかけての津軽暖流域

での生息密度は $3.2 \times 10^2 \sim 7.2 \times 10^3$ (cells/ℓ) であり、他の海流域と比べると相対的に近い値となった。このうち St.2 では生息密度が 3.2×10^2 (cells/ℓ) しかなく、今回の調査における最も低い値となった。金華山沖以南の海域では、本種の生息密度は $10^3 \sim 10^4$ (cells/ℓ) 程度であり、北に接する津軽暖流域と比べるとその値は一桁高いが、親潮流域よりは一桁低くなった。なお、混合水域と黒潮流域の間では、本種の生息密度に大きな違いは認められなかった。

(3)–2. 寒冷水タイプ

寒冷水タイプ (図版 1—図 1,2) の *E. huxleyi* は調査海域のほぼ全域から産出したが、特に親潮流域で生息密度が高く、常に 10^4 (cells/ℓ) 以上あった。津軽暖流域以南の多くの測点からも寒冷水タイプが産出したが、そこでの生息密度は親潮流域と比べると低い。

津軽暖流以南では、表層水温は一部の測点を除いて南方ほど高くなっているが (図 1)、この海域での寒冷水タイプの生息密度は $3.7 \times 10^2 \sim 7.2 \times 10^3$ (cells/ℓ) で、緯度変化および水温変化に伴った生息密度の変化は見られなかった。また、各測点での寒冷水タイプの出現頻度と水温との関係も認められなかった。このように、寒冷水タイプの分布と生息密度は水温とは直接の相関を持たないようで、この結果は Winter (1985) の見解と一致する。

寒冷水タイプが産出しなかった St.1,2 は、本調査では津軽暖流の影響を最も強く受けている測点である。石灰質ナノプランクトン群集の分布が海流域分布と密接な関係を持っていること (Okada and Honjo, 1973) を踏まえると、この 2 測点から寒冷水タイプが産出しなかったことから、津軽暖流域には寒冷水タイプの *E. huxleyi* が、もともと分布していなかったと考えられる。

(3)–3. 中間タイプ

中間タイプ (図版 1—図 3) の *E. huxleyi* は津軽暖流域および混合水域の多くの測点から産出した。産出北限は下北半島東方の St.2 で、南限は犬吠崎東方沖の St.38 であった。親潮流域および

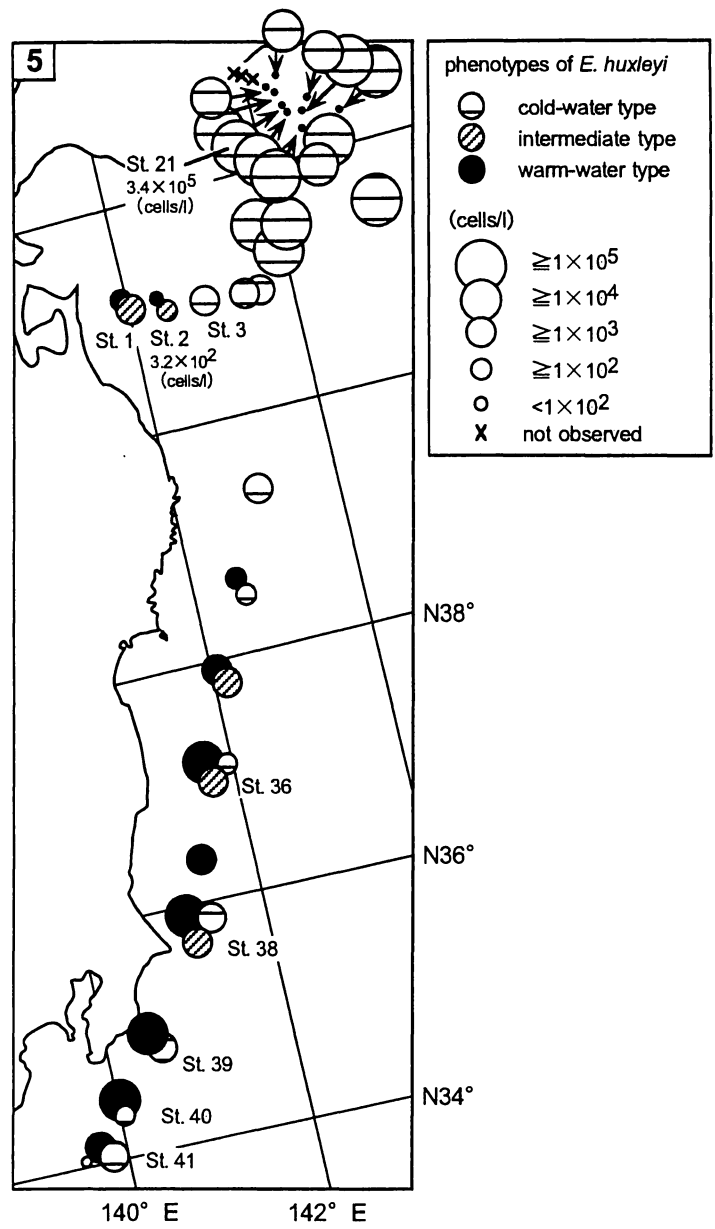


図 5. *Emiliana huxleyi* の各表現型の生息密度 (個体数/ℓ). 横縞の円は寒冷水タイプ, ナナメ縞の円は中間タイプ, 黒塗りの円は温暖水タイプを示す. 円の直径はそれぞれ, 各表現型の生息密度を示す.

Fig. 5. Standing crop of the three phenotypes of *Emiliana huxleyi* in the samples. The laterally striped circles, diagonally striped circles and black occupied circles indicate cold-water type, intermediate type and warm-water type respectively. Size of circles indicates the standing crop of each phenotype of *E. huxleyi*.

黒潮流域の測点からは中間タイプは全く産出しておらず、そのため本タイプは親潮流域と黒潮流域には分布していなかったと考えられる。

なお、津軽暖流域や混合水域でも中間タイプが産出しなかった測点があるが、両海流域内での中間タイプの出現頻度と表層水温との間に一定の傾向はなく、本タイプの分布も水温だけで規制されているのではないと推測できる。なお、中間タイプの *E. huxleyi* の生息密度は St.36 で最も高く 4.7×10^3 (cells/ℓ) であった。

(3)–4. 温暖水タイプ

温暖水タイプ (図版 1–図 4) の *E. huxleyi* も、中間タイプと同様に津軽暖流域以南から産出し、親潮流域からは産出しなかった。そのため本タイプも親潮流域には分布していないと考えられる。

温暖水タイプの生息密度は津軽暖流域では 5.0×10^2 (cells/ℓ) 未満であったが、混合水域以南の測点では $10^3 \sim 10^4$ (cells/ℓ) と、津軽暖流域と比べると相対的に高くなっていて、温暖水タイプは主に混合水域以南で繁栄していると言える。

(4) *Gephyrocapsa ericsonii*

Gephyrocapsa ericsonii (図版 1–図 12) は暖かい海域を好み、温帯から熱帯まで広く分布しているが (Okada and Honjo, 1973), その分布海域の水温の上限は *Gephyrocapsa oceanica* のそれよりも若干低く、27℃程度であるとされている (Okada and McIntyre, 1979)。

本調査では、*G. ericsonii* の分布は混合水域と黒潮流域の分布とおおよそ一致した (表 1, 図 6 A)。本種の産出北限である St.34 は、津軽暖流域に位置している。しかし、他の津軽暖流域の試料から本種は全く産出しておらず、また、St.34 は津軽暖流域の南端部にあることから、St.34 で観察された本種は津軽暖流に由来するものではなく、その南の混合水域に由来すると考えられる。なお、*G. ericsonii* の生息密度が最も高かったのは St.38 で、その値は 5.7×10^3 (cells/ℓ) に達した。

(5) *Gephyrocapsa oceanica*

Gephyrocapsa oceanica (図版 1–図 11) は比較

的温暖な環境を好み、12~30℃の海域に分布する (McIntyre and Bé 1967; Okada and McIntyre, 1979)。外洋では温帯から熱帯までの海域に広く分布しているが、赤道周辺で最も群集占有率が高くなる (Okada and Honjo, 1973)。また、太平洋沿岸域では内湾や浅海で占有率が極めて高くなることが報告されている (Okada, 1983, 1992; Okada and Honjo, 1975)。

本調査では、*G. oceanica* は津軽暖流域以南の海域から産出し、親潮流域からは全く産出しなかった (表 1, 図 6 B)。本種の生息密度が最も高かったのは St.38 で、その値は 9.5×10^3 (cells/ℓ) に達した。この St.38 は *Gephyrocapsa ericsonii* の生息密度が最も高くなった測点でもあり、このことから *G. oceanica* と *G. ericsonii* の両種の生息に適した環境には、共通点があることが推測できる。なお、*G. oceanica* の生息密度が 10^3 (cells/ℓ) 以上の測点は、下北半島東方の津軽暖流の影響が強い海域と、混合水域南部や黒潮流域に限定された。

(6) *Calciopappus caudatus*

Calciopappus caudatus (図版 1–図 10) は比較的寒冷的な環境を好み、大西洋では水温 0~20℃の海域に分布する (Okada and McIntyre, 1979)。また、北東太平洋では太平洋亜寒帯海流域において多産する (Okada and Honjo, 1973)。

本調査では *C. caudatus* は 37°N 以北の測点でのみ産出した (図 7 A)。本種を産出した全測点でも水温は 20℃以下であり、この結果は Okada and McIntyre (1979) の観察結果と合致している (表 1)。ただし、*C. caudatus* は水温 20℃以下の海域に様に分布している訳ではなく、水温が 14~18℃であった下北半島東方から三陸海岸沖にかけての津軽暖流域からは、ほとんど産出しなかった (図 7 A)。全体的に見ると、本種が産出したのは、主に親潮流域と混合水域北部であり、その分布が海流域分布に規制されていることが明らかである。なお本種の生息密度が最も高かったのは親潮流域にある St.32 で、その値は 2.2×10^4 (cells/ℓ) に達した。しかし、多くの産出測点での本種の生息密度は 10^3 (cells/ℓ) 程度であった。

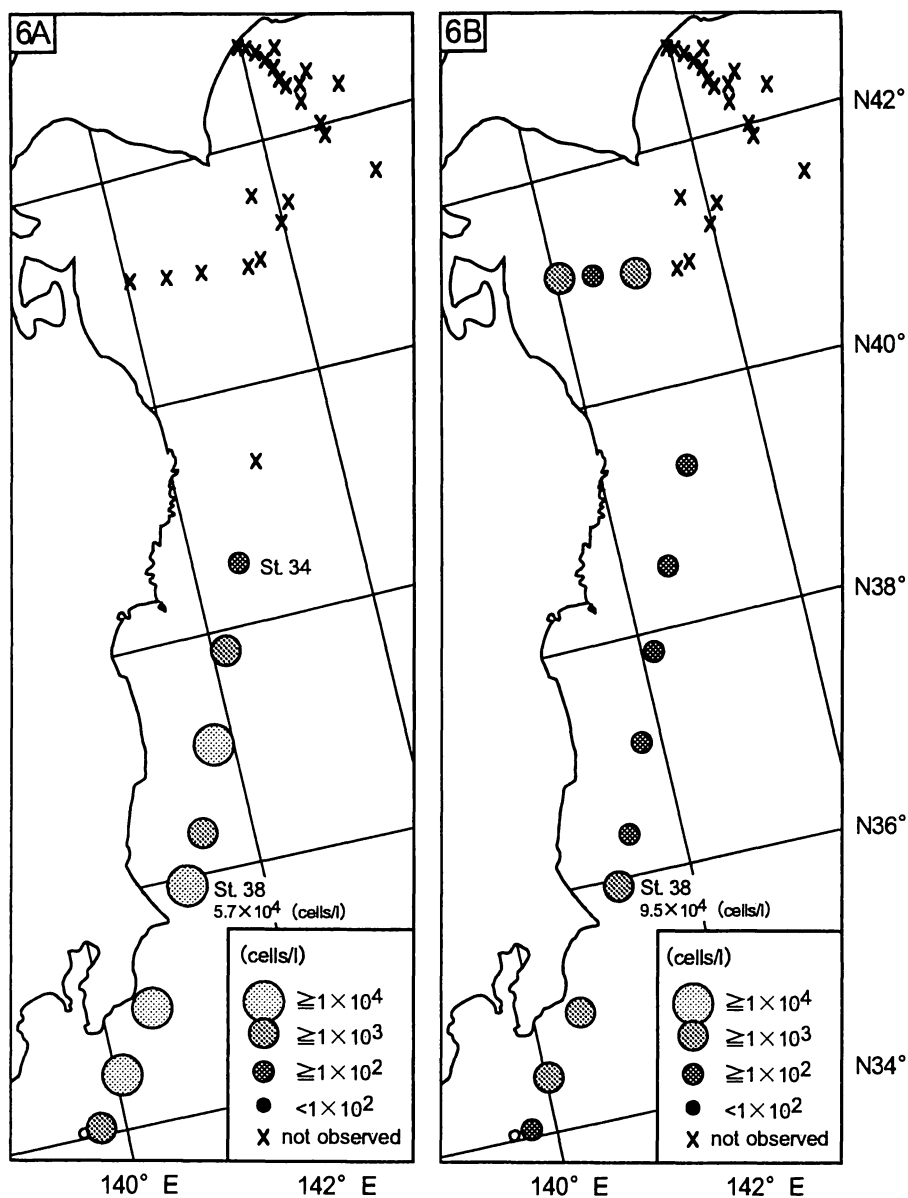


図 6. *Gephyrocapsa ericsonii* (6A) と *Gephyrocapsa oceanica* (6B) の生息密度 (個体数/ℓ).

Fig. 6. Standing crop of *Gephyrocapsa ericsonii* (6A) and *Gephyrocapsa oceanica* (6B) in the samples.

(7) *Syracosphaera orbiculus*

Syracosphaera orbiculus (図版 1—図 7) は分布温度幅が比較的広く、亜寒帯から熱帯まで広く分布する (Okada and McIntyre, 1979). 本調査では、*S. orbiculus* は調査海域のほぼ全域から

産出したが、特に親潮流域で多産していて、最も生息密度が高かった St.21では 3.4×10^4 (cells/ℓ) に達した (表 1, 図 7B). ただし全ての海流域に本種の産出しない測点が存在しており、産出しない測点についての地理的な特性は認められな

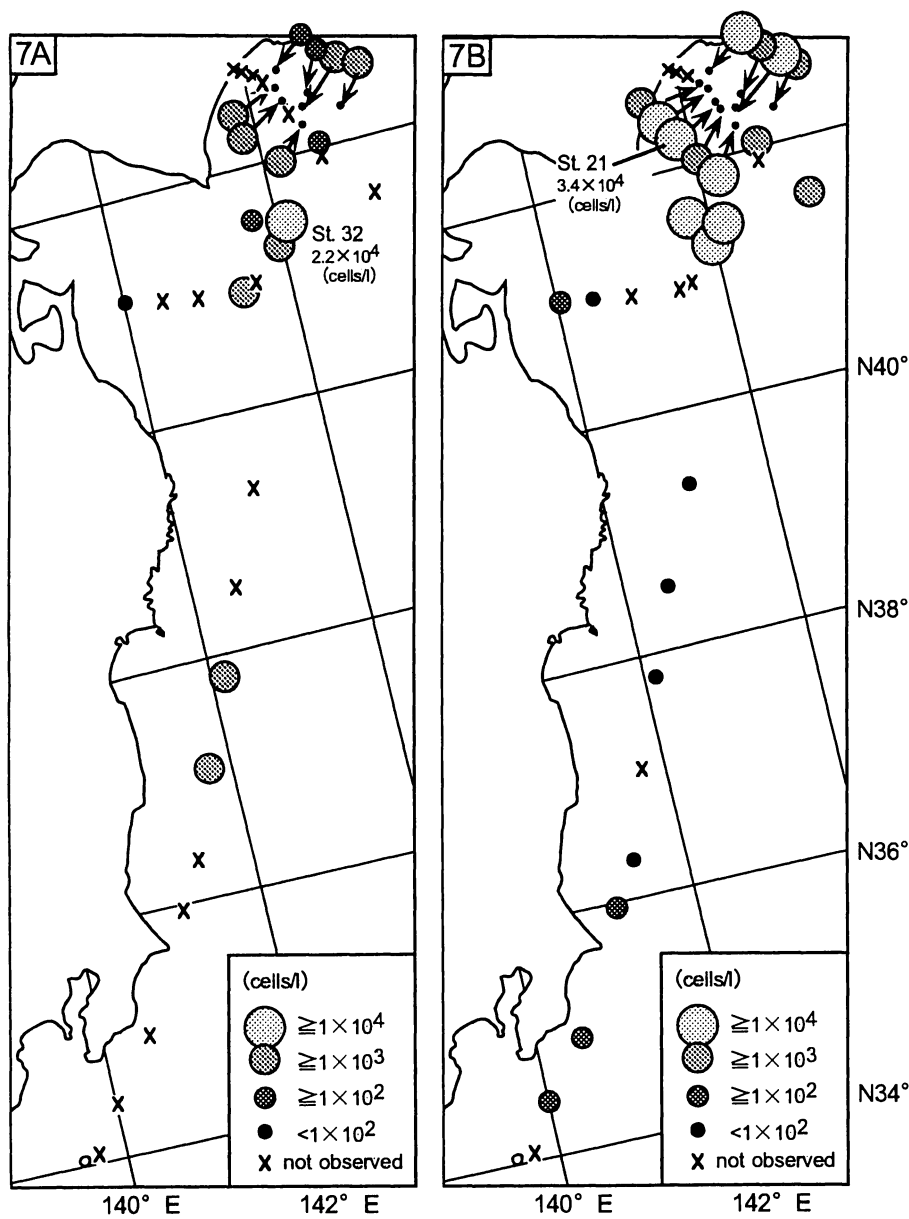


図 7. *Calciopappus caudatus* (7A) と *Syracosphaera orbiculus* (7B) の生息密度 (個体数/ℓ).

Fig. 7. Standing crop of *Calciopappus caudatus* (7A) and *Syracosphaera orbiculus* (7B) in the samples.

かった。

(8) その他のタクサ

上に挙げた主要 7 種以外にも、分布に特徴のある種が存在した。 *Rhabdosphaera* 属と *Helico-*

sphaera 属の各種は混合水域以南の海域から産出し、親潮流域や津軽暖流域の試料からは産出しない。 *Umbilicosphaera sibogae* var. *sibogae*, *U. sibogae* var. *foliosa*, および *Umbellosphaera* 属の各種は、36° N以南の黒潮流域周辺のみから産出

した。

議 論

一石灰質ナノプランクトンの群集組成と海流域の関係一

各測点における各主要タクサの群集占有率を求めた結果、群集組成には海流域ごとにおおまかに

特徴が認められた (図8)。なお主要タクサとは、いずれかの測点で石灰質ナノプランクトン群集の10%以上を専有したタクサで、*Emiliania huxleyi* の寒冷水タイプ・温暖水タイプ・中間タイプの3表現型と、*Braarudosphaera bigelowii*, *Coccolithus pelagicus*, *Gephyrocapsa ericsonii*, *Gephyrocapsa oceanica*, *Calciopappus caudatus*, *Syracosphaera orbiculus* がそれらにあたる。以

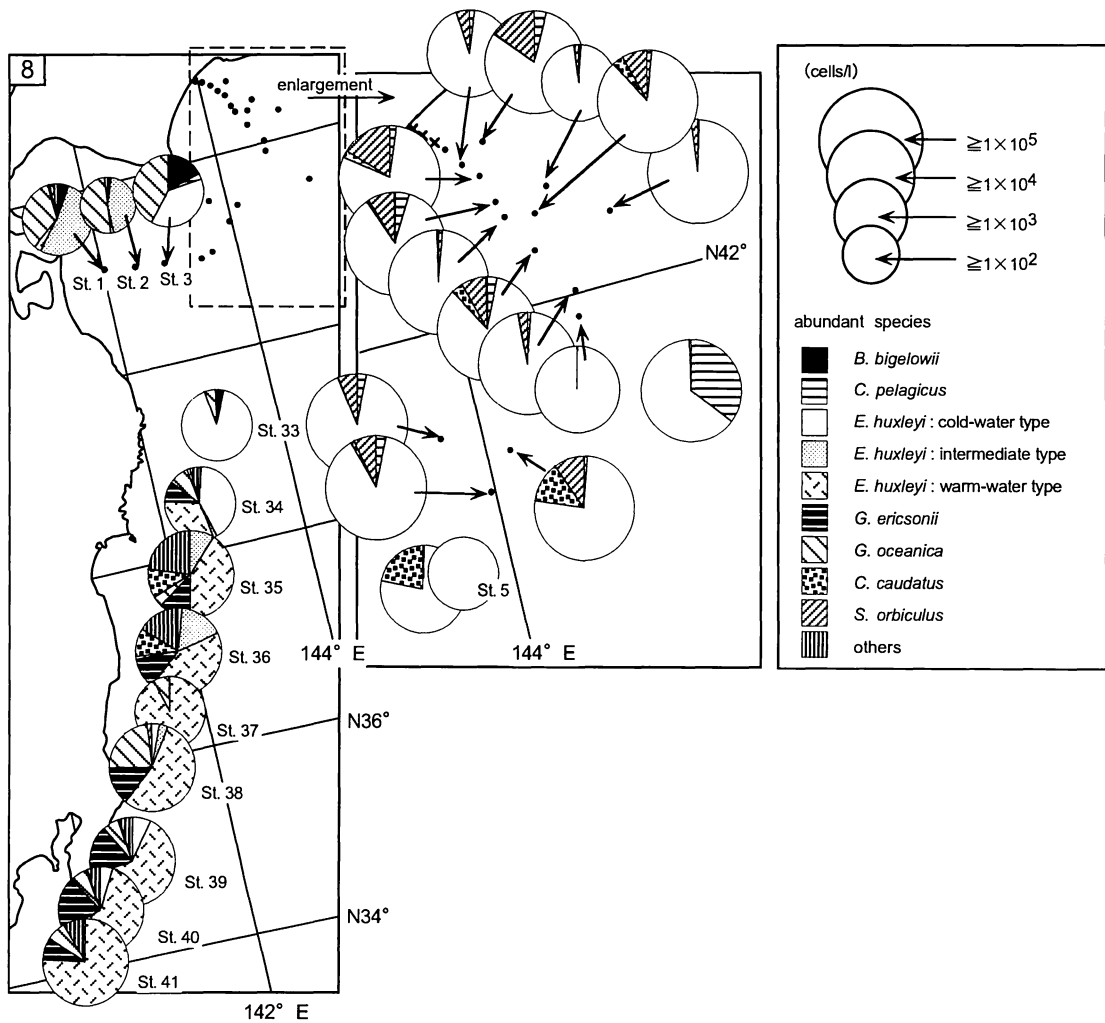


図8. 石灰質ナノプランクトン群集の生息密度(個体数/ℓ)と、主要9タクサの群集占有率。円グラフの直径は石灰質ナノプランクトン群集の生息密度を示し、円グラフのセクターは、主要タクサの占有率を示している。

Fig. 8. Standing crop of coccolithophores and percentage abundances of the major taxa. Diameter of each Pie Chart indicates the standing crop of coccolithophores, and the sectors angle indicates the percentage values for the major components of the flora.

下に各海流域における石灰質ナノプランクトン群集の群集組成について論ずる。

1. 親潮流域

襟裳岬沖を境界にして、その東側の親潮流域では、ほとんどの測点で生息密度が 10^5 (cells/ℓ) を越えた。同海域では *Emiliana huxleyi* が非常に優勢で、多くの測点で群集の80%以上を専有する。特に、St.5では本種が群集を完全に独占していた。*E. huxleyi* に次いで *Syracosphaera orbiculus*, *Coccolithus pelagicus*, *Calciopappus caudatus* などが多産するが、いずれの種も占有率が測点間でばらついて安定しない。なお上記以外の種は親潮流域からはほとんど産出せず、ここでの群集多様度は非常に低かった。親潮流域で産出する *E. huxleyi* は、内盤にスリットが無い寒冷水タイプのみで、親潮流域からは内盤にスリットがあるタイプの *E. huxleyi* は全く産出しなかった。

2. 津軽暖流域

下北半島東方から三陸海岸沖にかけての津軽暖流域では、東に隣接する親潮流域と比べて生息密度が非常に低く、 10^4 (cells/ℓ) 未満であった。津軽暖流域の試料からは、図8に挙げた全ての主要タクサが産出した。そして同一の海流域内にありながら、下北半島沖東方の測点と三陸海岸沖の測点では、各主要タクサの群集占有率に違いが認められた。

下北半島東方の St.1~3 では、*Emiliana huxleyi* と *Gephyrocapsa oceanica* が拮抗しており、各測点での両種の占有率はそれぞれ40~50%程度であった。St.2 では *G. oceanica* が群集の50%を占有して第一優勢種となったが、*E. huxleyi* 以外の種が第一優勢種となったのは、全調査海域を通じて、この St.2 のみであった。なおこれらの3測点では *E. huxleyi* と *G. oceanica* に次いで *Braarudosphaera bigelowii* が多産した。三陸海岸沖の St.33,34 では、群集の75%以上を *E. huxleyi* が占有した。*G. oceanica* の占有率は下北半島東方の3測点と比べると低く、10%未満である。しかし、両測点とも *B. bigelowii* や *Coccolithus pelagicus* が産出する点では下北半

島沖の3測点と一致している。

E. huxleyi の表現型について注目しても、同じ海流域内で産出する表現型の組成が違っていた。下北半島に近い St.1,2 では、主に中間タイプが優勢で、温暖水タイプの産出はわずかであった。St.3,34 では親潮流域と同じ寒冷水タイプが産出し、他の表現型は産出しなかった。St.35 では温暖水タイプと寒冷水タイプが拮抗し、中間タイプも共に産出したが、その占有率は他の表現型と比べると低くなった。

本調査において、津軽暖流域内では群集組成が一様ではなかったが、これは、津軽暖流域の群集が隣接する他の海流域の群集と不均一に混合した結果であると推測される。津軽暖流は三陸海岸に沿って南下しながら衰弱して金華山沖で消滅することを前に述べたが、津軽暖流のこの性質を踏まえると、三陸海岸沖よりも下北半島東方の方が、津軽暖流域本来の特性をより強く持っていると考えられる。そのため本調査で設定された測点の中では、下北半島東方の St.1,2 での群集組成が、津軽暖流域における石灰質ナノプランクトン群集の特徴をよりの確に反映していると考えられる。

3. 混合水域と黒潮流域

試料採取当時の金華山沖以南の海域は、St.35~38 が混合水域に、St.39~41 は黒潮流域に属すると考えられる(海上保安庁, 1990)。混合水域と黒潮流域の測点の群集には相違点もあるが、主要タクサの組成など共通する点も多いため、両海流域を群集組成から明確に区別する事は難しかった。そのため、ここでは黒潮流域の群集の特徴についても混合水域とともに論ずる。

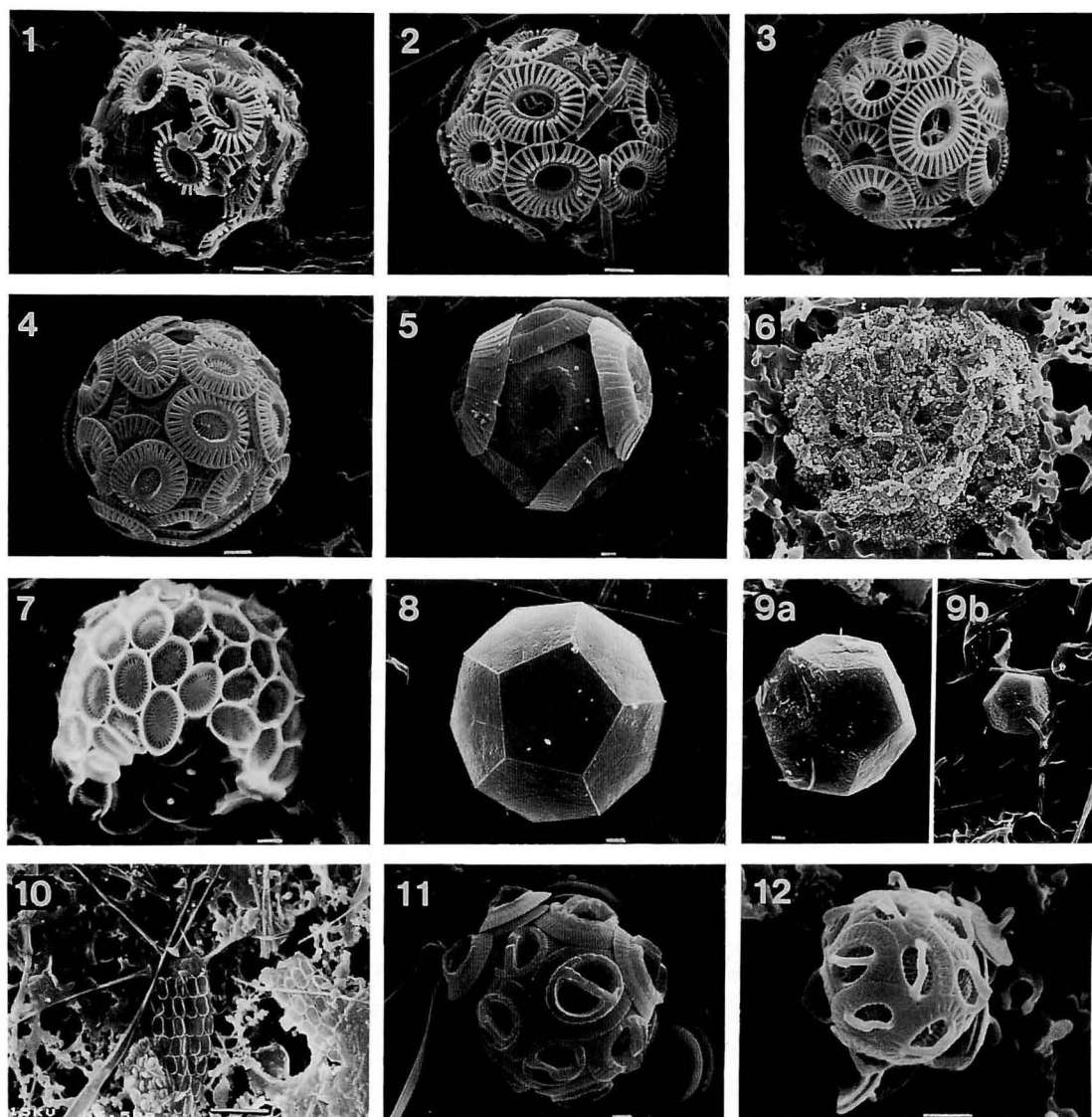
金華山沖以南の海域では、生息密度は St.37 を除く全ての測点で $n \times 10^4$ (/L) 程度であった。この値は親潮流域と比べると一桁少なく、津軽暖流域と比べると一桁多い結果となった。また、一貫して *Emiliana huxleyi* が優勢であり、どの測点でも群集の50%以上を占有していた。多くの測点で、本種に次いで *Gephyrocapsa ericsonii* が優勢となり、*Gephyrocapsa oceanica*, *Calciopappus caudatus* も高い占有率を示した。なお、ここに分布する *E. huxleyi* は温暖タイプが最も一

般的で、寒冷水タイプや中間タイプの占有率は温暖水タイプと比べると低くなった。

金華山沖以南の多くの測点で観察された群集は、上述したように共通した特徴を持っていた。しかし、群集組成をさらに詳しく見てみると、混合水域北部 (St.35,36) と混合水域南部 (St.37,38) および黒潮流域 (St.39,40,41) では、*E. huxleyi* の表現型の組成、主要タクサの優勢順位、および占有率が非常に低いタクサの組成に違いがあった。

混合水域北部の St.35,36 では *C. caudatus* が産

出するという点で、より南の海域とは群集内容が異なっていた。ここでは、最優勢タクサである温暖水タイプの *E. huxleyi* に次いで、中間タイプの *E. huxleyi*, *G. ericsonii*, *C. caudatus* がそれぞれ群集の10%前後を占有して拮抗していた。*C. caudatus* は主に親潮流域から多産したことから (図7)、この2測点は親潮流域水の影響を受けていると考えられる。なお、St.35,36では群集多様度が非常に高いことも特徴で、others とした従属種の占有率は15%を越えていた。



混合水域南部の St.37,38では *G. oceanica* が優勢である点と群集多様度が非常に低い点が、南北の海域と異なっていた。この2測点では群集がわずか6種の石灰質ナノプランクトンのみから構成されていて、従属種の占有率も非常に低かった。

黒潮流域にある St.39~41では、中間タイプの *E. huxleyi* を産出しないことが北側の海域と異なっていた。なお、この3測点での第2位優勢種は *G. ericsonii* で、第3位優勢種は *G. oceanica* であった。従属種の占有率は5~9%であり、格別高い値ではないが、混合水域南部の測点と比べると相対的に高い。前述したとおり、黒潮流域にあたるこの3測点からは、混合水域の測点では産出しないタクサがいくつか産出しており、混合水域南部の測点とは従属種の組成が部分的に異なっていた。

このように、混合水域の北部と南部では主要タクサの組成などが部分的に異なっていたわけだが、

ここで見られたタクサ組成の違いは、混合水域自体が持つ水塊の特性に負っていると考えられる。

混合水域は様々な海流域水が混合した結果出来た水塊であるため、ここには海域を強力に支配する海流が存在していない。そのため、混合水域北部の群集は親潮流域や津軽暖流域の群集組成を、混合水域南部は黒潮流域の群集組成を、より強く反映していると考えられる。

混合水域と黒潮流域の間では、占有率の低いタクサの組成に違いはあったものの、主要タクサの組成では明確な違いは認められなかった。しかし、本調査では黒潮流域での測点の設定が十分でなかったため、St.39~41で明らかになった群集組成が本当に黒潮の代表的な群集を表しているのか否かは不明なままである。今回の結果では混合水域と黒潮流域の群集組成は類似していたが、黒潮流域の群集組成について述べるには、さらに多くの測点で調査をする必要がある。

以上のように、石灰質ナノプランクトンの群集

← 図版1. 東北日本沖で認められた主要ナノプランクトン分類群の走査電子顕微鏡像。スケールは、図10が5 μ m, 他は1 μ m.

図1-4. *Emiliania huxleyi* (Lohmann, 1902) Hay and Mohler, in Hay *et al.*, 1967.

1, 2: 寒冷水タイプ, St.3; 3: 中間タイプ, St.35 4: 温暖水タイプ St.35.

図5. *Coccolithus pelagicus* (Wallich, 1877) Schiller, 1930 f. *pelagicus*, St.9.

図6. *Coccolithus pelagicus* f. *hyalinus* (Gaarder and Markali, 1956) Kleijne, 1991, St.9.

図7. *Syracosphaera orbiculus* Okada and McIntyre, 1977, St.22.

図8, 9a, 9b. *Braarudosphaera bigelowii* (Gran and Braarud, 1935) Deflandre, 1947.

8, 9a: 一般的な大きさの *B. bigelowii*, St.3; 9b: 小さいサイズの *B. bigelowii*, St.3.

図10. *Calciopappus caudatus* Gaarder and Ramsfjell, 1954, St.4.

図11. *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner, 1943, St.35.

図12. *Gephyrocapsa ericsonii* Heimdal, 1973, St.35.

← Plate 1. Scanning electron micrographs of the major taxa observed from the off coast of northeastern Japan. Scale bars indicate 1 μ m except for that in Fig.10 which indicates 5 μ m.

Figs. 1-4. *Emiliania huxleyi* (Lohmann, 1902) Hay and Mohler, in Hay *et al.*, 1967.

1,2: cold water type of *E. huxleyi*, St.3; 3: intermediate type of *E. huxleyi*, St.35; 4: warm-water type of *E. huxleyi*, St.35.

Figs. 5. *Coccolithus pelagicus* (Wallich, 1877) Schiller, 1930 f. *pelagicus*, St.9.

Figs. 6. *Coccolithus pelagicus* f. *hyalinus* (Gaarder and Markali, 1956) Kleijne, 1991, St.9.

Figs. 7. *Syracosphaera orbiculus* Okada and McIntyre, 1977, St.22.

Figs. 8, 9a, 9b. *Braarudosphaera bigelowii* (Gran and Braarud, 1935) Deflandre, 1947.

8, 9a; normal size coccosphere of *B. bigelowii*, St.3; 9b: extra small size coccosphere of *B. bigelowii*, St.3.

Fig.10. *Calciopappus caudatus* Gaarder and Ramsfjell, 1954, St.4.

Fig.11. *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner, 1943, St.35.

Fig.12. *Gephyrocapsa ericsonii* Heimdal, 1973, St.35.

組成は、海流域によって違いが認められた。石灰質ナノプランクトン群集が水塊によって異なるということは既知の事実であるが (Okada and Honjo, 1973; Winter, 1985; Friendinger and Winter, 1987; Kleijne, 1990), 日本沿岸の海流の会合点においても群集組成と海流分布の密接な関係があることが今回確かめられた。特に、襟裳岬沖のような暖流 (津軽暖流) と寒流 (親潮) の会合点においては、双方の海流の群集が混じり合って産出する測点は非常に狭い範囲に限られており、群集組成は海流系の違いと一致して急変する。そのため、本調査で明らかになった各海流に特徴的なタクサを深海堆積物の研究に用いることにより、東北日本太平洋岸沖の海域における過去の海流分布を復元できると考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたって、試料採集に際して東京大学海洋研究所所属の淡青丸の船長並びに乗組員、乗船研究員の方々にご協力頂いた。高知大学の松岡裕美博士には、試料を提供していただいたほか、研究全般において多くのご助力とご助言を頂いた。また北海道大学の岡田尚武教授にも多くのご助言を頂いた。以上の方々に深く感謝する。

文 献

- Berger, W. H. and Parker, F. L., 1970. Diversity of planktonic foraminifera in deep-sea sediments. *Science*, **168**, 1345-1347.
- Chinzei, K., Fujioka, K., Kitazato, H., Koizumi, I., Oba, T., Oda, M., Okada, H., Sakai T., and Tanimura, Y., 1987. Postglacial environmental change of the Pacific Ocean off the coast of central Japan. *Mar. Micropaleontol.*, **11**, 273-291.
- Friedinger, P. J. J. and Winter, A., 1987. Distribution of modern coccolithophore assemblages in the southwest Indian Ocean off southern Africa. *J. Micropalaeontol.*, **6** (1), 49-56.
- Jordan, R. W. and Kleijne, A., 1994. A classification system for living coccolithophores. In: Winter, A. and Siesser W. G., (eds.), *Coccolithophores*. Br. Cambridge University Press, 83-105.
- 海上保安庁, 1990. 海洋速報 平成 2 年第13号.
- Kleijne, A., 1990. Distribution and malformation of extant calcareous nannoplankton in the Indonesian Seas. *Mar. Micropaleont.*, **16**, 293-316.
- Martini, E., 1967. Nannoplankton und Umlagerungserscheinungen im Persischen Golf und im nördlichen Arabischen Meer. *Neus Jahrb. Geol. Paläont. Monatsh.*, **10**, 597-607.
- Maxwell, A. E., von Herzen, R. P., Hsü, K. J., Andrews, J. E., Saito, T., Percival, Jr., S. F., Dean Milow, E., and Boyce, R. E., 1970. Deep Sea Drilling in the South Atlantic. *Science*, **168**, 1047-1059.
- McIntyre, A. A., and Bé, A. W. H., 1967. Modern Coccolithophorides of the Atlantic Ocean - 1. Placolith and Cytolith. *Deep-Sea Res.*, **14**, 561-597.
- Okada, H., 1983. Modern nannofossil assemblages in sediments of coastal and marginal seas along the western Pacific Ocean. In: J. E. Meulenkamp (ed.) *Reconstruction of Marine Paleoenvironments. Utrecht Micropaleont. Bull.*, **30**, 171-187.
- Okada, H., 1992. Biogeographic control on modern nannofossil assemblages in surface sediments of Atsumi Bay, Ise Bay, and Kumano-nada, off coast of Central Japan. *Mem. Inst. Geol. Mineral. Univ. Padova*, **43**, 431-449.
- Okada, H. and Honjo, S., 1973. The distribution of ocean coccolithophorids in the Pacific. *Deep-Sea Res.*, **20**, 335-374.
- Okada, H. and Honjo, S., 1975. The distribution of coccolithophores in marginal seas along the western Pacific Ocean and in the Red Sea. *Mar. Biol.*, **31**: 271-285.
- Okada, H. and McIntyre, A., 1979. Seasonal distribution of modern coccolithophores in the Western North Atlantic Ocean. *Mar. Biol.*, **54**, 319-328.
- Okada, H. and Thierstein, H. R., 1979. Calcareous nannoplankton-Leg 43, Deep Sea Drilling Project. *Init. Rep. DSDP*, **43**, 503-579.
- Parke, M. and Adams, I., 1960. The motile (*Crystallolithus hyalinus* Gaarder & Markali) and non-motile phase in the life history of *Coccolithus pelagicus* (Wallich) Schiller. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, **39**, 263-274.
- Takayama, T., 1972. A note on the distribution of *Braarudosphaera Bigelowi* (Gran and Braarud) Deflandre in the bottom sediments of Sendai Bay, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan N. S.*, (87) 429-435.
- Tanaka, Y., 1991. Calcareous nannoplankton thanatocoenoses in surface sediments from seas around

- Japan. *Sci. Rep., Tohoku Univ., 2nd ser. (Geol.)*, **61**: 127-198.
- Van Bleijswijk, J., van der Wal, P., Kempers, R., Veldhuis, M., Young, J. R., Muyzer, G., Jong, E. V., and Westbroek, P., 1991. Distribution of two types of *Emiliana huxleyi* (Prymnesiophyceae) in the northeast Atlantic region as determined by immunofluorescence and coccolith morphology. *J. Phycol.*, **27**, 566-570.
- Winter, A., 1985. Distribution of living coccolithophores in the California Current System, Southern California Bordernd. *Mar. Micropaleontol.*, **9**, 385-393.
- Young, J. R. and Westbroek, P., 1991. Genotypic variation within the coccolithophorid species *Emiliana huxleyi*. *Mar. Micropaleontol.*, **18**, 5-23.

総 説

アマミノクロウサギは本当に“ムカシウサギ”か

富田幸光*

Why has Amami rabbit been classified in the
subfamily Palaeolaginae in Japan?

Yukimitsu Tomida*

はじめに

アマミノクロウサギ (*Pentalagus furnessi*) は世界でも奄美大島と徳之島だけに生息し、国の特別天然記念物に指定されるとともに、レッドデータブックでも絶滅危惧種に指定されている。また、耳が短く、よく鳴くなど、一般的なウサギのイメージからすると、かなり変わったウサギである。1980年頃に、アメリカ・アリゾナ州の鮮新〜更新世の小型哺乳類を研究していた筆者は (Tomida, 1987)、その中に *Aztranolagus agilis* という一見アマミノクロウサギにそっくりなウサギが含まれていたことから (Winkler and Tomida, 1988)、アマミノクロウサギに興味を持った。

日本のウサギに関する文献には、その系統を論じたものは非常に少ない。数少ない文献ではあるが、そのどれにも「アマミノクロウサギは大変原始的な特徴をもっており、アフリカのアカウサギ (*Pronolagus*) とメキシコのメキシコウサギ (*Romerolagus*) とともに、ムカシウサギ亜科に分類される」と説明されており、愕然とした。アリゾナ大学で学んだ私の知識にはそのような分類はまったく存在せず、現生のウサギ類はすべてウサギ亜科に分類され、ムカシウサギ亜科 (Palaeolaginae) はとうの昔 (中新世前期 = 約

2000万年前) に絶滅したはずであったからである。

何がどうなっているのかと不思議に思っ、早速欧米や日本の古い文献に当たってみて謎が解けた。日本ではある高名な哺乳類学者が、1958年以降欧米では当たり前になっている新しい分類を知っていたにもかかわらず、なお古い分類に固執してそれを紹介しつづけていたのである。筆者は日本古生物学会でその誤りを指摘する発表を行なったが (富田, 1988)、その後その内容を論文あるいは雑誌の記事として公表するには至らなかった。その後も日本での状況はあまり変わっておらず、あえて本稿を公表することによって、関係者に正しい知識を持っていただきたいと思う次第である。

ウサギ科の分類

哺乳類の分類、とくに科レベル以下の分類には歯が決定的に重要である。そこで、ウサギ科の分類にはいる前に、哺乳類の歯の呼び方について簡単に説明しておきたい。

哺乳類の歯はその位置と機能によって、前から切歯 (incisor)、犬歯 (canine)、前臼歯 (premolar)、大臼歯 (molar) に区別され、英語名の頭文字をとって、それぞれ I, C, P, M と記号で表される。その基本数は、真獣類ではそれぞれ 3 本、1 本、4 本、3 本であり、1 本 1 本を区別するには前から順に番号を付け I1, I2, … P3, … M3 などと表す。ただし、P1, P2 が消失し、前臼歯が 2 本しか残っていない場合でも P3, P

*国立科学博物館地学研究部

Department of Geology, National Science Museum,
3-23-1 Hyakunincho, Shinjuku-ku, Tokyo 169
1997年9月16日受付, 1997年10月8日受理

4と表す。また、上下の区別は P^3 、 M_3 などと表し、右上に数字がある場合は上顎の、右下に数字がある場合は下顎の歯であることを示すのが一般的である。前臼歯(P)と大臼歯(M)をあわせて頬歯(cheek teeth)と呼ぶ。

ウサギ類はその外見上の類似から、リンネ以降長いあいだ齧歯目の中の重歯亜目に分類されてきたが、1910年代以降その類似性が否定されて独立した別の目とされるようになり、一時は全く別系統とみなされた。しかし、1980年代に中国でミモトナ科やユーリミルス科の化石が多数発見され、それらの研究によって、両者は独立した目ではあるが、互いにかかなり近い系統とされるようになり(Li *et al.*, 1987)、現在では学界の意見はこの点でまとまっている。ただし、典型的なウサギ類の形態をもたないごく初期のウサギ目の分類にはなお異論があるが、その内容は本稿のテーマとは直接関係しないので、ここではこれ以上ふれないことにする。

始新世後期以降の典型的なウサギ類はウサギ科とナキウサギ科のふたつの科に分類される。ウサギ科は、(1)大臼歯が上下とも3本(アマミノクロウサギはしばしば M^3 を欠く)、(2) P^{3-4} が大臼歯(と同形)化、(3)下顎頬歯のトリゴニッド(前半部)とタロニッド(後半部)が舌側で連結する傾向、(4)上顎頬歯の中線はほぼ左右にまっすぐのびる、(5) M_3 は円柱をふたつ合わせた形、などで特徴づけられる。ナキウサギ科は、(1)大臼歯が上下とも3本または2本、(2) P^3 は決して大臼歯化しない、(3)下顎頬歯のトリゴニッドとタロニッドは舌側で連結しない、(4)上顎頬歯の中線は前方に凸にカーブする、(5) M_3 をもつ場合でもタロニッドは縮小または欠如、などで特徴づけられる。このふたつの科の分類については研究者間に異論はまったく存在せず、広く受け入れられている。

問題は本稿の主題であるウサギ科をどのように亜科に分類するかである。ウサギ類はいずれの属においても P^2 と P_3 を除く頬歯は単純化し互いに類似するので、その分類には主に P^2 と P_3 が使われ、とくに P_3 以外はほとんど使われないことが多い。そこで、 P_3 の形態を細かく説明するために多くの用語が使われている。とくに湾入の名称

については、図1Aにウサギ亜科の仮想的な P_3 として示した。また、いくつかの代表的な属の P_3 もあわせて示してある。

ウサギ科を初めて亜科に分類したのはDice (1929)である。当然のことながら、Diceも P_3 の咬合面におけるエナメル質が作る模様が砂時計形のもの(つまりPERとPIRをもつもの)をPalaeolaginae(ムカシウサギ亜科)、内側の湾入(AIRとPIR)がなく、PERの湾入が歯の巾の1/2に達しないものをArchaeolaginae(キュウウサギ亜科)、同じく内側の湾入がなく、PERが歯冠幅の全域にわたりほとんど内側縁に達しているものをLeporinae(ウサギ亜科)とした。

この分類は P_3 の咬合面にみられるエナメル質の模様の特徴だけに着目し、しかも科全体の進化傾向を無視した、かなり人為的な分類である。化石資料に乏しかった当時としては止むを得なかったこととはいえ、歴史的に見れば、とくに日本においては、後の研究者にかなり大きな影響を与えたのである。

その後、1934年から1940年にかけて、KormosやSchreuder, Woodらは、Dice (1929)のムカシウサギ亜科とキュウウサギ亜科の違いが、それらとウサギ亜科との違いより小さいとしてキュウウサギ亜科を認めず、ムカシウサギ亜科と一緒にして、2亜科区分を提唱した(Simpson, 1945)。Simpsonは、有名な1945年の哺乳類の大分類表において、これら専門家の意見に従い2亜科区分を採用している。これが、Dice (1929)や次に述べるDawson (1958)の3亜科分類に対して、2亜科分類とよばれるウサギ科の分類である。

Dawson (1958)はムカシウサギ亜科とキュウウサギ亜科に属する種類を中心に詳細な研究を行い、現在欧米では当たり前になっているウサギ科の分類(図2)の基礎を確立した。 P_3 のエナメルパターンに重点を置いているものの、各属の頬歯全体にみられる進化段階にも重点を置き、ひとこと言えば、Diceの人為分類に対して系統分類を確立したのである。この研究では、亜科名のもとになる模式属が同じであるため、3亜科の名称はDiceのそれと同じであるが、その定義は

大幅に変わっている。

ムカシウサギ亜科は、(1) P^3 、 P^4 があまり大臼歯化しておらず、原始的特徴である三日月形のエナメル質の部分を残すものが多い、(2) P_3 の外側の湾入はPERのみである、(3)一般に歯冠が低く、歯根を有するものが多い、などで特徴づけられる。キュウウサギ亜科は、(1)頬歯は歯冠が高く無根、(2)上顎の大臼歯型の頬歯の湾入は内側にあるハイポストリアのみ、(3)上顎の大臼歯型前臼歯(すなわち P^3 と P^4)はムカシウサギ亜科に比べ、より大臼歯に似る、(4) P_3 には外側にふたつの湾入(AERとPER)がありAERの方が浅くPERの深さも歯冠幅の1/2を越えない、(5)頭骨も全体的にムカシウサギ亜科より進歩的、などで特徴づけられる。ウサギ亜科は、頭骨全体がさらにより進歩的であることに加え、(1)頬歯は歯冠が高く無根、(2) P_3 は外側のAERとPERのほか、PIRまたはそれに由来する構造が存在する、(3)PIRは独

立した湾入、または舌側から離れたエナメル湖(enamel lake)、あるいはこのエナメル湖がPERと連結してほぼ歯冠幅に近い深い湾入となるか、極端な場合にはPIRとPERが連結して、 P_3 を前後ふたつの部分に分断する形態をとる、などで特徴づけられる(図1B~F)。

Dice (1929) のムカシウサギ亜科と Dawson (1958) のムカシウサギ亜科の定義上の大きな違いのひとつは、 P_3 の内側の湾入(PIR)の扱いである。1929年当時知られていた唯一の原始的な属である *Palaeolagus* には、PIRがあるものとなないものがあり、Dice は *Palaeolagus* には基本的にはPIRが存在するが、老いた個体では歯がすり減ってPIRが消失すると判断した。Dawson の時代にはすでに多くの属や種が記載されており、Dawson はそれらを総合的に見て次のように解釈した。すなわち、PIRは原始的な種類には存在するが、進化した種類では高歯冠化にともなって

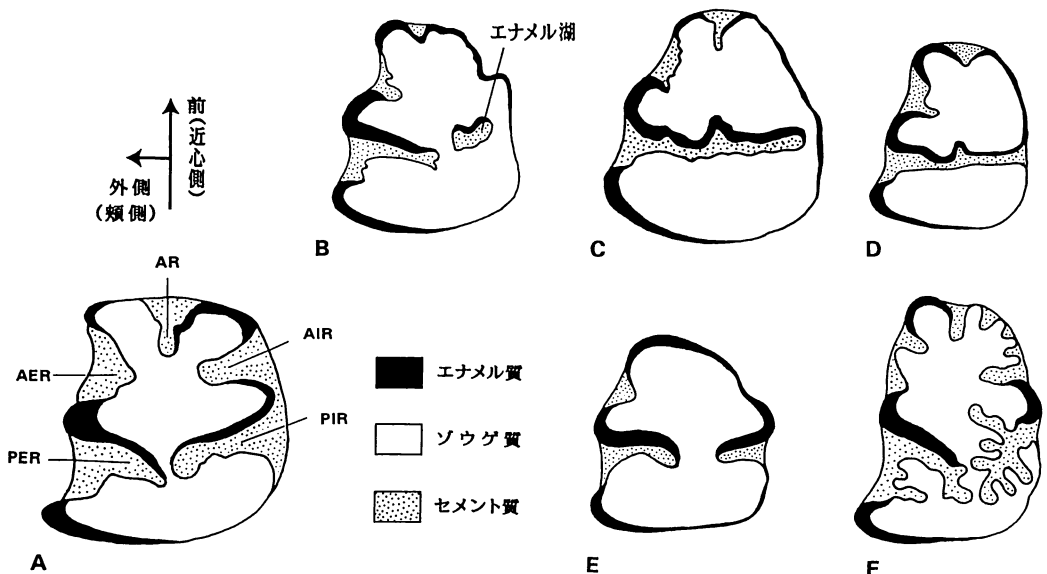


図1. ウサギ亜科の左 P_3 と各部分の名称。

A. ウサギ亜科の仮想的 P_3 と各湾入の名称。AER (anteroexternal reentrant angle=前外湾入), PER (posteroexternal r. a.=後外湾入), AIR (anterointernal r. a.=前内湾入), PIR (posteroexternal r. a.=後内湾入), AR (anterior reentrant angle=前湾入)。B. ネクロラグス (*Nekrolagus progressus*), 典型的な *Nekrolagus* パターン。C. ノウサギ属の一種 (*Lepus californicus*), 典型的な *Lepus* パターン。D. ノウサギ属の一種 (*Lepus californicus*), *Lepus* パターンとしては例外的なケース。E. アリレプス (*Alilepus annectens*), 典型的な *Alilepus* パターン。F. アマミノウサギ (*Pentalagus furnessi*)。A は White (1991), B, C, D, F は Hibbard (1963), E は Daxner and Fejfar (1967) による。

PIR が幼体のみに存在し成長とともに消失してしまう傾向があるので、亜科の定義には PIR は使えないと判断した。事実、彼女のムカシウサギ亜科の定義には、P₃ の PIR は使われておらず、P₃ については外側の湾入がひとつ (PER) しかない点のみが定義に使われている。

Dawson (1958) が重要視したもうひとつの特徴は歯列全体の原始性である。ある特定の科において、原始的な種類では頬歯が低歯冠で歯根が

存在し、セメント質が形成されないのに対し、より進化した種類では頬歯が高歯冠化し、さらに歯根がなく一生のび続ける頬歯に変化するとともにセメント質が形成される傾向は、哺乳類ではしばしば見られる現象である。特に齧歯類の科ではよく見られる。ウサギ科でもこの現象が見られ、キュウウサギ亜科以降の属は頬歯が高歯冠化し、すべて歯根をなくしている。Dice (1929) の分類は、ウサギ科全体のこの進化傾向を無視していたので

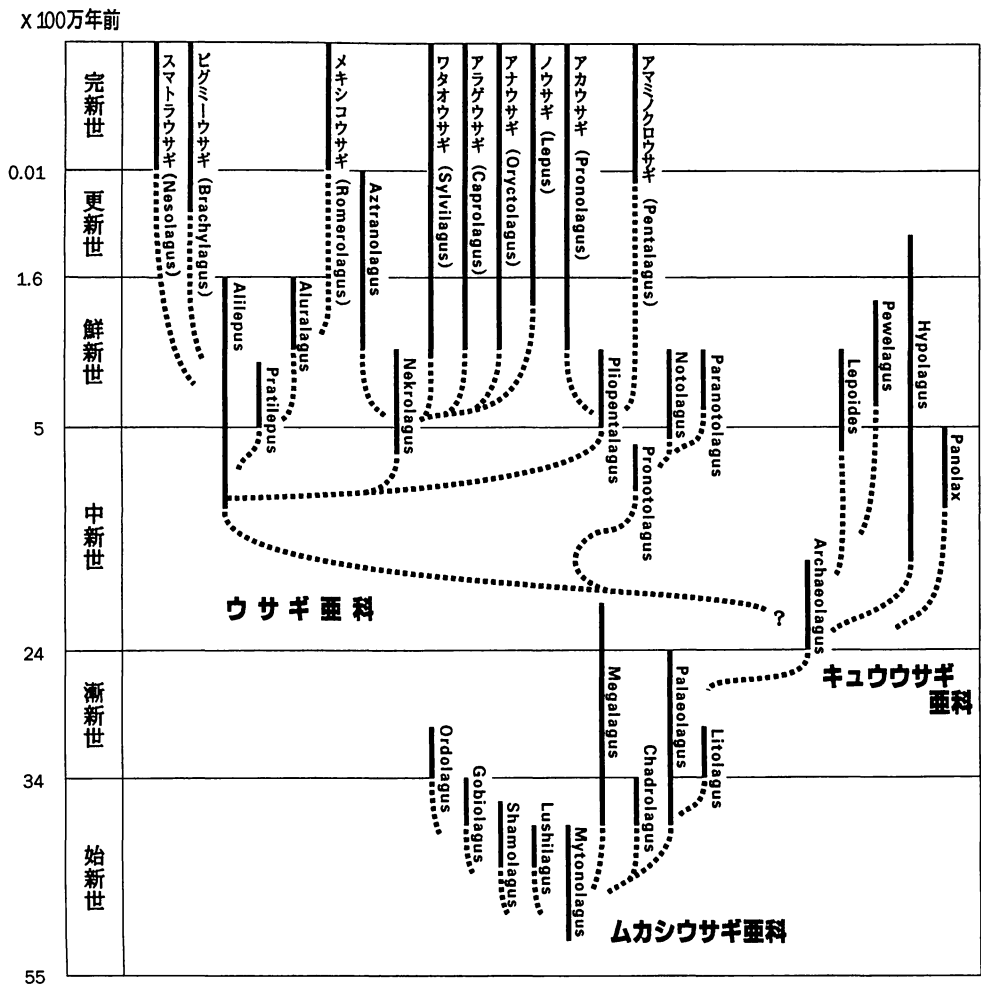


図 2. ウサギ科の系統分類と時代的分布。
ウサギ亜科とキュウウサギ亜科は Hibbard (1963) と Thenius (1980) をベースに White (1987, 1991) のデータを加え、ムカシウサギ亜科は Thenius (1980) をベースに Savage and Russell (1983) などのデータを加えて作成した。中新世後期の *Hispanolagus* と *Veterilepus*、鮮新世の *Triscizolagus*, *Pliolagus*, *Lagotherium* の 5 属 (いずれもヨーロッパ産のまれな属) は、他の属との系統関係が確認できなかったので、この図には示していない。

ある。

Hibbard (1963) は、カンザス州の鮮新世最前期に当たる地層から産出した多数の *Nekrolagus* の P_3 の中に *Lepus* (ノウサギ) 型の P_3 がいくつか含まれていたことに興味を持ち、2000個に及ぶ現世の *Lepus* 型 P_3 を調査した。その結果、わずかではあるが、*Nekrolagus* 型の P_3 が存在していたことから、*Lepus* 型の P_3 は *Nekrolagus* から進化したと確信した。さらに、これに P^2 の AR がひとつの系統と三つの系統があることや、当時すでに知られていた *Pliopentalagus* の系統などを加味して、ウサギ亜科の系統進化を推定した。(図3)

すなわち、ウサギ亜科の P_3 の基本形の特徴は3

つの独立した湾入、即ち、AER、PER、PIR が存在することであり、これを *Alilepus* パターンと呼ぶ(図1E)。この *Alilepus* パターンの P_3 を持つ系統のひとつが三つの湾入のある P^2 を進化させ、この系統の一部から *Pratilepus* とメキシコウサギ (*Romerolagus*) が進化した。この系統には AR が存在しない。また *Pratilepus* では PIR が内側に開く湾入になっている個体もあるが、原則としてはエナメル湖になっている。同じく三つの湾入のある P^2 をもつもうひとつの系統は、 P_3 に AR を発達させ、その一部は北アメリカで *Nekrolagus* に進化した、他方はユーラシアで *Pliopentalagus* に進化した。*Pliopentalagus* とその子孫に当たるアマミノクロウサギ (*Penta-*

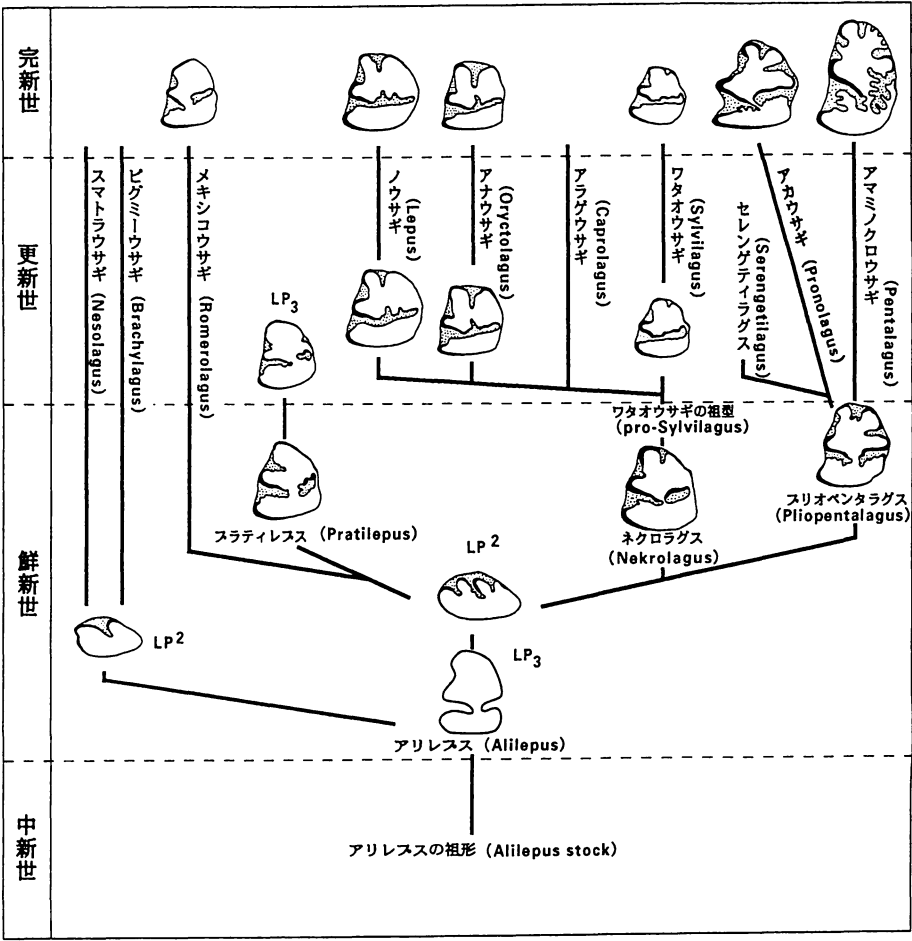


図3. Hibbard (1963) によるウサギ亜科の系統図。(Hibbard (1963) をもとに書き起こし)

lagus) やアカウサギ (*Pronolagus*) は PIR が内側に開いたままだが (つまり *Alilepus* の状態), *Nekrolagus* ではほとんどの場合 PIR がエナメル湖になっており (*Nekrolagus* パターン; 図 1 B), さらにこのエナメル湖が PER と連結して歯幅と同じほどに深い PER をもつに至ったのが *Lepus* パターン (図 1 C) で, 現生のノウサギ (*Lepus*), アノウサギ (*Oryctolagus*), アラゲウサギ (*Caprolagus*), ワタノウサギ (*Sylvilagus*) などに見られる, と結論したのである (図 3).

繰り返すようだが, *Pratilepus* とメキシコウサギの系統には AR は存在しない. したがって, メキシコウサギは, *Pliopentalagus* からアマミノクロウサギやアカウサギに至る系統とは別の系統に属することが明らかである.

Dawson (1958) と Hibbard (1963) のふたつの論文によって, ウサギ科の系統分類はほぼ完全に確立され, 以降多くの論文や教科書 (例えば Thenius, 1969, 1980, など) にも引用され定着した. ついでながら, 最近 White (1987, 1991) があいついで, 彼のライフワークであった北アメリカの新第三紀ウサギ類の集大成ともいべき論文を発表し, いくつかの新属・新種を追加したのに加え, それまではキュウウサギ亜科に含まれていた *Notolagus* 属とその近縁属をウサギ亜科に移したことを述べておきたい. また, Hibbard (1963) 以降, White やその他の研究者により, 相当数の属が命名されており, それを現代の知識による地質年代区分に合わせて作り直したのが図 2 である.

アマミノクロウサギとその系統

アマミノクロウサギは, Stone (1900) によって *Caprolagus furnessi* と命名されたが, Lyon (1904) はその模式標本が M^3 を欠き上顎頬歯が 5 本しかないことなどから, *Pentalagus* 属 (「5 つの (歯をもつ) ウサギ」の意) を新たに設けてこれに移した. しかし, 実際には M^3 をもっている個体の方が多く, この名称は必ずしも正しくない. むしろその特徴は P_3 に 5 つの湾入がすべて存在し, そのエナメル質の模様が極端に複雑になっていることである (図 1 F). しかも, その他の頬

歯のエナメル質の模様もウサギ科全体の中で最も複雑になっている.

Fejfar (1961) はチェコスロバキア (現スロバキア) の鮮新統から "*Alilepus*" *dietrichi* (1964年に *Pliopentalagus* 属が設定され, そこに移された; Daxner & Fejfar, 1967) を記載した. Hibbard (1963) は, その形態の基本構造がアマミノクロウサギによく似るものの, 頬歯のエナメルパターンがもう少し単純であることと, その地質時代が古いことなどから, *Alilepus* とアマミノクロウサギをつなぐ中間種としての意義付けを行なった (図 3).

つまり, 1963年までに, (1) アマミノクロウサギはムカシウサギ亜科ではなく, ウサギ亜科に分類されること, (2) *Pliopentalagus* はアマミノクロウサギのみならず, アカウサギの祖先でもあること, (3) メキシコウサギは AR を欠いている点および, PIR が湾入ではなくエナメル湖になっていることから, *Pliopentalagus* とは別系統であること, が明らかになっていたのである.

日本における状況

日本ではウサギ類の化石はかなり少なく, Tomida & Otsuka (1993) が初めて徳之島から報告した後期更新統のアマミノクロウサギの化石と, 河村・奥山 (1995) が三重県の鮮新統から報告した *Pentalagus* 属様の化石のほかには, 更新世中〜後期の洞穴堆積物から *Lepus* 属の化石が見つかっているにすぎない. そのため, ウサギ科あるいはそれに含まれる属に関する系統分類についてのオリジナルな研究論文は, ほとんど存在しないといってよい. アマミノクロウサギについても, 一般の科学書 (例えば, 今泉, 1970) や雑誌に, その系統について簡単な解説が散見される程度である.

そのほとんどは, 「アマミノクロウサギは原始的な特徴を多くもち, アフリカのアカウサギとメキシコのメキシコウサギとともにムカシウサギ亜科に分類される」といった程度の説明である. また, 今泉 (1966) には「ムカシウサギ亜科一下の第 3 前臼歯には内側と外側に深い凹角があり呂字型を呈する. ウサギ亜科一下の第 3 前臼歯

についても数ページをさいている。2 亜科に分ける分類学者によればと断った上ではあるが、Simpson (1945) 式すなわち今泉 (1974) 式の 2 亜科分類を紹介し、アマミノクロウサギを“ムカシウサギ亜科”に含めている。2 亜科に分類しない学者の方が大勢を占めると述べながらも、アマミノクロウサギ、アカウサギ、メキシコウサギの生態的な特徴からこれら 3 属の共通性を強調していることに変わりはない。

また、川道・山田 (1996) はウサギ科の亜科分類にふれ、3 亜科分類と 2 亜科分類を紹介したあと、現生のウサギ類研究者の間では、亜科区分はほとんど用いられていないことを述べている。この中で、川道・山田は 3 亜科分類の例として、Dice (1929) と Simpson (1961) をあげているが、この両者ではその内容が異なっている。すなわち、Simpson は 1945 年の論文で 2 亜科分類を採用し、アマミノクロウサギを“ムカシウサギ亜科”に入れているが、1961 年の著書ではすでに Dawson (1958) を採用し、アマミノクロウサギをウサギ亜科に入れているのである。したがって Dice の 3 亜科分類とはその意味する内容が異なっているのである。

結 論

以上述べてきたことから明らかなように、Dawson (1958) と Hibbard (1963) により、ウサギ科の 3 亜科分類と、その中に含まれる各属間の系統関係はほぼ確立され、それ以降欧米ではこの考え方が定着し、多くの教科書にも引用されている (図 2)。筆者も「古生物学事典」(富田, 1991) ではこの考え方で述べている。

しかし、日本の少なくとも現生哺乳類の研究者の間では、今なお Simpson (1945) 式=今泉式の分類一色の感があり、これを早急に改める必要がある。もし、あえて Dawson (1958) や Hibbard (1963) の結論に異を唱えるのならば、彼らの根拠をくつがえすような、誰もが納得できるだけの証拠を示していただきたいのである。それができなければ、すみやかに Simpson (1945) 式=今泉式の分類を改め、図 2 に示した 3 亜科分類とその系統関係に従っていただきたい。

また、現生ウサギ研究者の間では亜科分類を用いない傾向がある (川道・山田, 1996) のは以上述べてきたように、現生のウサギ科の動物はすべてウサギ亜科に含まれるので、さらにそれを亜科に分類することはできないわけで、しごく当然のことなのである。

最後に、日本で従来いわれてきた「アマミノクロウサギは(1)原始的な特徴を持ち、(2)アカウサギとメキシコウサギと共に、(3)ムカシウサギ亜科に分類される」という説明について、再度反論する理由を示して、結論としたい。

(1)の原始的な特徴とは、*Alilepus* が持っていた内側に開いた PIR の存在をさしているが、これは現在ではウサギ亜科の特徴のひとつとされている。従って、その原始性はウサギ亜科の範囲の中でのことである。しかし、その一方で AR や AER を加え、さらにエナメルパターンが極めて複雑になっていることから、かなり特殊化していることも事実である。(2)については、アカウサギは確かにアマミノクロウサギに近縁な属であるが、メキシコウサギとはそれほど近い関係にはない。(3)ここで言っている“ムカシウサギ亜科”の意味は、Dice (1929) や Simpson (1945) による分類での意味であるが、Dawson (1958) 以降、欧米ではこの意味でムカシウサギ亜科は使われておらず、現生のウサギ科の属はすべてウサギ亜科に含まれている。つまり、アマミノクロウサギは、“ムカシウサギ”ではないのである。

文 献

- Dawson, M. R., 1958. Later Tertiary Leporidae of North America. *Univ. Kansas Paleont. Contrib. Vertebrata*, Art. 6, 1-75, pls. 1-2.
- Daxner, G. and Fejfar, O., 1967. Über die Gattungen *Alilepus* DICE, 1931 und *Pliopentalagus* GUREEV, 1964 (Lagomorpha, Mammalia). *Ann. Naturhistor. Mus. Wien*, 71, 37-55.
- Dice, L. R., 1929. The phylogeny of the Leporidae, with description of a new genus. *Jour. Mamm.*, 10 (4), 340-344.
- Fejfar, O., 1961. Die plio-pleistozänen Wirbeltierfaunen von Hajnáčka und Ivanovce (Slowakei), ČSSR. III. Lagomorpha. *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*

- 112 (5), 267-282.
- Hibbard, C. W., 1963. The origin of the P₃ pattern of *Sylvilagus*, *Caprolagus*, *Oryctolagus* and *Lepus*. *Jour. Mamm.*, **44**, 1-15.
- 今泉吉典, 1966. 動物の分類－理論と実際－. 第一法規出版, 東京, 362pp.
- 今泉吉典, 1970. 日本哺乳動物図説上巻. 新思潮社, 東京, 30+350pp.
- 今泉吉典, 1974. 沖縄の哺乳類－イリオモテヤマネコを中心として－. 自然科学と博物館, **41** (3), 101-105.
- 川道武男, 1994. ウサギがはねてきた道. 紀伊国屋書店, 東京, 270pp.
- 川道武男・山田文雄, 1996. 日本産ウサギ目の分類学的検討. 哺乳類科学, **35** (2), 193-202.
- 河村善也・奥山茂美, 1995. 三重県大山田村の古琵琶湖層群上野累層から産出した日本最古のウサギ科化石. 日本古生物学会1995年年会講演予稿集, p. 90.
- Li, C. K., Wilson, R. W., Dawson, M. R. and Krishtalka, L., 1987. The origin of rodents and lagomorphs. In: *Current Mammalogy*, vol. 1, Genoways, H. H., ed., Plenum Press, New York, pp. 97-108.
- Lyon, M. W., 1904. Classification of the hares and their allies. *Smithsonian Misc. Coll.* **45** (1456), 321-447, pls. 74-100.
- Savage, D. E. and Russel, D. E., 1983. Mammalian paleofaunas of the world. Addison-Wesley Publ. Co., London, xvii+432pp.
- Simpson, G. G., 1945. The principles of classification and a classification of mammals. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, **85**, xvi+350pp.
- Simpson, G. G., 1961. Principles of animal taxonomy. Columbia Univ. Press, New York, xii+247pp. 邦訳: 白上謙一 (訳) 動物分類学の基礎. 岩波書店, 東京, ix+272pp.
- Stone, W., 1900. Description of a new rabbit from the Liu Kiu islands, and a new flying squirrel from Borneo. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia*, **1900**, 460-463.
- Thenius, E., 1969. Phylogenie der Mammalia Stammesgeschichte der Säugetiere (einschließlich der Hominiden). Walter de Gruyter & Co., Berlin, viii+722pp.
- Thenius, E., 1980. Grundzüge der Faunen- und Verbreitungs-geschichte der Säugetiere. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 375pp.
- Tomida, Y., 1987. Small mammal fossils and correlation of continental deposits, Safford and Duncan Basins, Arizona, USA. *Nat. Sci. Mus.*, Tokyo, x+141pp.
- 富田幸光, 1988. ウサギ科の亜科区分とアマミノクロウサギ *Pentalagus* の分類上の位置について. 日本古生物学会第137回例会講演予稿集, p. 45.
- 富田幸光, 1991. ウサギ類. 日本古生物学会 (編) 古生物学事典, 朝倉書店, 東京, p.15-16.
- Tomida, Y. and Otuka, H., 1993. First discovery of fossil Amami Rabbit (*Pentalagus furnessi*) from Tokunoshima, southwestern Japan. *Bull. Natn. Sci. Mus., Ser. C*, **19** (2), 73-79.
- White, J. A., 1987. The Archaeolaginae (Mammalia, Lagomorpha) of North America, excluding *Archaeolagus* and *Panolax*. *Jour. Vert. Paleont.*, **7** (4), 425-450.
- White, J. A., 1991. North American Leporinae (Mammalia: Lagomorpha) from late Miocene (Clarendonian) to latest Pliocene (Blancan). *Jour. Vert. Paleont.*, **11** (1), 67-89.
- Whinkler, A. and Tomida, Y., 1988. New records of the small leporid *Aztranolagus agilis* Russell and Harris (Leporidae, Leporinae). *Southwest. Natur.*, **33** (4), 391-396.

シンポジウム特集

堆積サイクル・古環境・古生態

1997年 1月30日 於 京都大学理学部

世話人：近藤康生・鎮西清高・増田富士雄・前田晴良

趣旨と経過報告

海の底生動物の群集論を中心とした古生態学の研究が、日本で始まってからすでに30年近くになる。この間、新生代、特に新第三紀を中心として数多くの化石群が記載され、それらはおもに古生物地理と気候変動の観点から整理され、理解されてきた。このような研究の代表例としては、中期中新世前期のマングローブ干潟やその周辺の貝類群集の種組成・地理的変異・古生物地理・気候の復元があげられよう。このような研究が積み重ねられた結果、中新世以降の、さまざまな時代と場所で、類似の組成の群集が、平行的に現れることが明らかにされた。この例を含め、多くの群集古生態学の研究は、遺骸の死後の移動や混合が少ない内湾、あるいはその沖合の堆積物をおもな対象としてすすめられてきたものであった。

その後、堆積相解析や、野外での化石の産状分析に基づく化石化過程の研究が進み、化石密集層の形成環境や形成過程がしだいに明らかとなってきた。すなわち、暴風時の堆積作用によって生物遺骸を含む堆積物が再堆積・淘汰され、化石密集層を形成することがわかってきた。また、実際には、このような化石層の多くが、氷河性の海水準変動などに起因する海進海退というより、長期的な環境変化と密接に関わって形成されていることもわかってきた。こういった化石層に含まれる遺骸は、生息地から運ばれて堆積しているとはいっても、暴風時の堆積作用のおよぶ範囲内でのことであり、化石となった古生物の生息場所を知る材料としては十分利用できる。高エネルギー環境に

生息したベントスの生態や進化を、過去にさかのぼって明らかにしていくことは、今後の重要な課題であろう。

さらに、海進海退サイクルを対象とした古環境・古生態学研究は、それぞれの地層の特徴（堆積相）を一連の環境変化のなかで統一的に説明することになるため、復元の信頼性が大いに高まることを示してきた。この意味では、明らかに周期性を示す地層はもとより、そうでない地層についても、シーケンス層序学のモデルは、保存や露出などの面で、常に不完全な情報からの推定を余儀なくされるフィールドワークにおいて、過去を復元するときの重要な手がかりを与えてくれる。特に、類似の現生種の分布情報が、ほとんど利用できず、堆積盆の復元が難しい日本の中古生界を対象とした古生態学研究では、このような野外観察の指針となるモデルが不可欠である。堆積サイクルや堆積シーケンスは、そこに含まれる化石とともに古生態学研究の基本単位であると考えられることもできよう。

このように、われわれが利用しうる古生態学的情報は、近年大きく拡大するとともに、利用しうる情報の質が明確になったおかげで、何をすべきかが明確になってきたとも言える。一例として、古生物の住み場所・ニッチ復元の問題があげられよう。古生態学の目標は、「いつ」、「どこで」、「どのように」、古生物が生活したかを復元することであり、またその長期的変遷を明らかにすることであるといえる。これらのうち「どこで」に相当する住み場所の復元は、露頭観察がほとんど唯一の手段であり、シーケンス層序学・堆積相解析・

化石の産状分析など、露頭から情報を読みとる技術が進歩した分だけ、正確な復元に近づく。住み場所が正確にわかると同時に、「いかに」生活したかについての理解も格段に進む。このように、古生物の住み場所を、綿密な露頭観察によってひとつずつ特定していく作業は、古生態学の中心的課題のひとつであるが、まだ膨大な仕事がわれわれの手に残されている。

このような問題意識の下に、われわれが世話人となって企画し、本年1月30日、京都大学理学部で開催された古生物学会1997年年会に際し、行われたのがこのシンポジウムである。このシンポジウムは、上記の諸問題を整理するとともに、何を研究すべきか、古生態や進化の問題をどのように扱うか、具体的研究例にもとづいて議論を深め、今後の研究への展望を示すことをめざして行われた。結果的には、それぞれの講演内容が直ちに相互に関連し合うという段階には至らず、議論が噛み合わない場面もあった。しかし、いずれの研究もオリジナルな研究スタイルから生まれたもので、古くて新しい研究分野とも言えるフィールドをベースにした古生態学の今後の進むべき方向を示すことができたのではないかと考えている。

以下、このシンポジウムでの講演をまとめたそれぞれの論文を本号と次号の二回に分けて3編ずつ掲載する。以下これらの論文について簡潔に紹介しておきたい。

冒頭の増田論文は、シーケンス層序学のエッセンスをきわめてわかりやすく、かつ簡潔に述べているとともに、以下の諸論文の導入の役割も果たしている。シーケンス層序学が提示している新しい地層観から、われわれ古生物学研究者が何を学ぶべきかを考える恰好の素材となろう。

北村論文は、中期更新世という新しい地質時代の大桑層を対象とし、ミランコビッチサイクルにより形成された堆積サイクルであるという背景を最大限に生かし、日本海という特殊な海の古環境と貝類群集の古生態を復元しようとしたものである。本論は、また、たとえ若い地質時代を対象とした研究であっても、単純に現在を過去に外挿せず、地層中の記録に基づいて考察することが重要であることを示している。

松原論文は、わが国で最も多くの古生態学研究が行われてきた新第三系の貝類群の中で、岩手県門の沢地域の、特に砂礫底群集に的をしぼって考察したものである。この論文は、単に砂礫底群集といっても、堆積シーケンスを考慮して整理することによって、群集の住み場所や環境への適応が理解しやすくなるというよい例となっている。

以下は、次号に掲載される3論文についてである。

田代論文は、このシンポジウムの中では唯一、地層の形成と古生物の長期的変遷を扱った論文であり、氏の長年にわたる研究に基づいて、海進海退を含む白亜紀の長期的な環境変化と二枚貝群の進化や絶滅との関連を明確に描き出している。この論文は、古生態学や進化の研究にとって、長い地質時代にわたる、広範囲のフィールドワークの経験がいかに重要であることを示している。わが国の中生代では、堆積相解析やシーケンス層序学など、堆積学の成果を応用しにくいフィールドも少なくないが、これらがひとたび明らかとなれば、これまで蓄積されてきた記載的な古生物情報は、古生態や進化の情報としてよみがえるにちがいない。

奈良論文は、*Rosselia* と呼ばれるありふれた生痕化石を、その形態と地層の形成との関係から、平衡痕として見事に解釈したものである。この *Rosselia* の場合もそうであるが、生痕化石しか化石記録として残らないような堆積相は意外に多い。このような環境での古生態や生物の進化を理解するには、これらの生痕化石とその地層を研究するほかはない。今後は、生痕化石の観察と貝類などの底生動物化石群の分析を統合した研究によって、古生態学がさらに多面的に発展することが期待される。

近藤論文は、日本とニュージーランドの第四系でのフィールドワークの経験を基にして、海進海退サイクルを基礎とした新しい古生態学の構築を模索したものである。地層の形成とそこに住む動物群の古生態を統一的に理解しようとした試みであり、今後さらに時代をさかのぼって発展させ、検証していく必要がある。

このシンポジウムで発表された諸論文は、少な

くとも底生動物群の古生態や化石化の過程が、それらの生息場所であるとともに、化石として保存される媒体でもある地層の形成過程と無関係では

ありえないこと、したがって、そこに古生態や進化に関する膨大な情報が隠されていることを示唆している。
(近藤 記)

シーケンス層序学入門

増田富士雄*

Sequence stratigraphy: An introduction

Fujio Masuda*

Abstract Sequence stratigraphy was represented as a new paradigm in geology by members of the EXXON Production Research in late 1980's. The new stratigraphy subsequently have gain worldwide popularity. In this report the general concept of sequence stratigraphy is shortly introduced, and the topics, such as, depositional facies and systems during transgression and regression, the interaction of tectonic, eustasy and sediment supply, relative sea-level change, unconformity and sequence boundary and order of sequences are also discussed.

はじめに

地層学の新しいパラダイムとして登場したシーケンス層序学は、滞まるところを知らない勢いで世界中に広まっている。ここではシーケンス層序学の概要を極く簡単に紹介し、それがもたらした新しい地層に関する考え方を示す。

シーケンス層序学の発展

シーケンス層序学は、Peter R. Vail を中心とした“エクソン・グループ”によって提唱された (Vail *et al.*, 1977) といえる。それは主に石油地質学の分野で行なわれていた音響層序学から出発し、新しい層序学として体系化されたものである。シーケンス層序学の概念を知るには、Van Wagoner *et al.* (1988), Vail *et al.* (1991), Haq (1991) の論文を読むとよい。

1980年代後半から、シーケンス層序学が、それまでの海域だけでなく陸域の地層にたいしても適用されるようになった (Nummedal and Swift, 1987; Baum and Vail, 1988)。そして陸域の地層からも当然のことながら、海域で組み立てられたシーケンス層序モデルと同じ累重様式が見いだされた (Masuda and Ishibashi, 1991;

Masuda, 1994)。陸域の地層に対して適用できることがわかるにつれ、シーケンス層序学は急激に普及し多くの研究が発表されてきた。陸域の地層研究にシーケンス層序学が与えた影響の大きさは、Nummedal *et al.* (1987) や Walker and James (1992) の論文集や著書をみるとよくわかる。

その後、シーケンス層序学に関する論文集は各国で出版されてきた (例えば、Posamentier *et al.*, 1993; Williams and Dobb, 1993; Haq, 1995; Steel *et al.*, 1995; 斉藤ほか, 1995)。また、シーケンス層序学の教科書 (Emery and Myers, 1996) や著書 (Miall, 1997) が出版され、堆積学の教科書 (Friedman *et al.*, 1992; Boggs, 1995; Reading 1996; Prothero and Schwab, 1996) にも、シーケンス層序学が丁寧に解説されるようになっている。

わが国のシーケンス層序学の研究レベルは高い。決定された時間面の多さやトレースの細かさがそれをささえ、変動帯や火山列島としての地質の特質を生かした研究が多い。まず、この研究は Okamura (1989), 安藤 (1990), 下川・北村 (1991), Saito (1991), Masuda and Ishibashi (1991), 伊藤・大原 (1991) から始まった。その後、陸域の地層を対象とした研究に限れば、Ito (1992, 1995), Murakoshi and Masuda (1992), Hoyanagi and Nishimura (1994),

*京都大学大学院理学研究科 Graduate School of Science, Kyoto University, Kyoto, 606-01
1997年10月3日受付, 1997年10月6日受理

Okazaki and Masuda (1995), Saito (1995), Sakai and Masuda (1996a, b) などの本格的な論文が発表されている。

シーケンス層序学を日本語で理解するには、増田 (1993), 増田・徳橋 (1994), 酒井ほか (1995), 伊藤 (1995), 保柳 (1995) が便利であろう。

シーケンス層序区分

シーケンス層序学では、識別できる海進・海退現象にもとづいて地層区分を行う。海退が進むと陸域では不整合面がつくられる。シーケンスを区切る境界（シーケンス境界）は、この不整合面と海域ではその延長上の整合面をもって定義される。上下2つのシーケンス境界に挟まれ

た部分が、ひとつの堆積シーケンス (depositional sequence: 図 1) である (Van Wagoner *et al.*, 1988)。堆積シーケンスの中に、海進が始まった時期と、最も海進が進んだ時期の海底面（それぞれ海進面と最大海氾濫面と呼ぶ）を決めれば、層序区分が終わる。すなわち、下位のシーケンス境界から海進面までの部分（堆積体, systems tract と呼ぶ）を低海水準期堆積体, 海進面から最大海氾濫面までを海進期堆積体, 最大海氾濫面から上位のシーケンス境界までを高海水準期堆積体とする (Van Wagoner *et al.*, 1988; Posamentier *et al.*, 1988)。層序区分で不整合面を使うのは従来の岩相層序区分と同じで、海進面や最大海氾濫面を新たに認定すればよいのだから、さほど難しくはない。岩相層序区

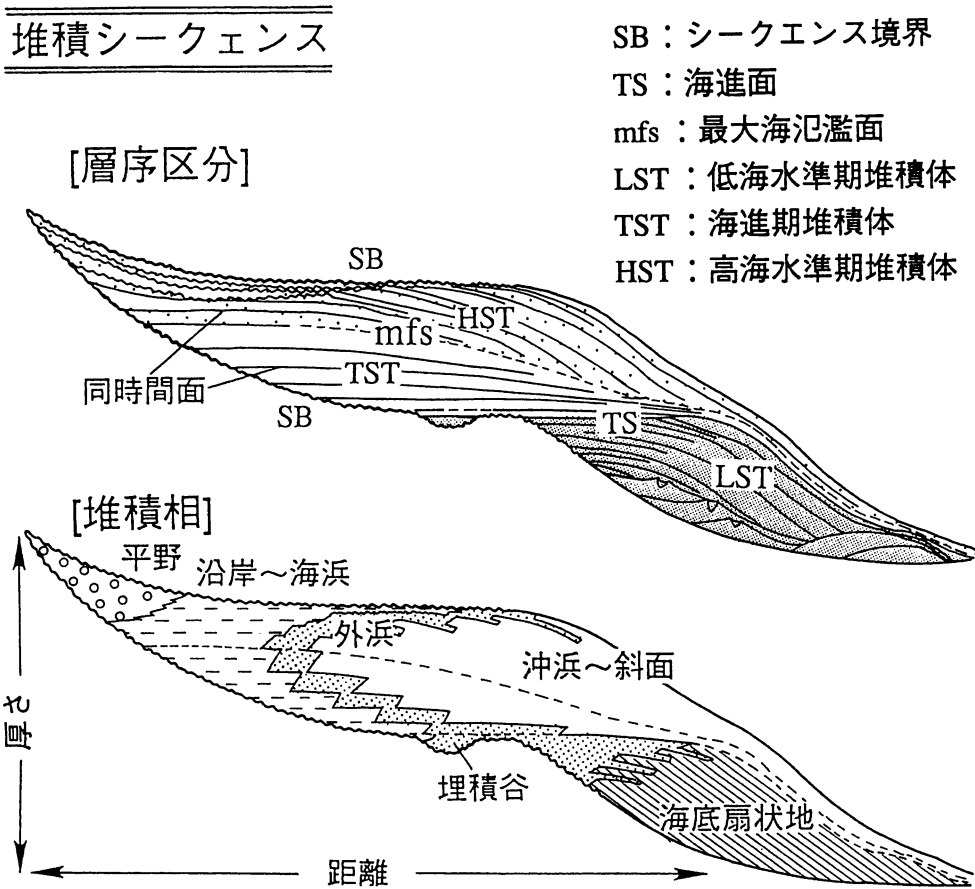


図 1. 1 回の海進・海退で形成された堆積シーケンス層序区分と堆積相。Haq *et al.* (1988). シーケンス層序区分と岩相層序区分の違いがわかる。

分との違いは、シーケンス層序区分は時間面を意識してつくられているので、同じ時間面に異なった岩相が存在する、すなわち同時異相を強く意識することである(図1).

海進期の地層と海退期の地層

シーケンス層序区分をすると、海進期と海退期のそれぞれの地層に特有な堆積相や堆積システムが存在すること、さらにそれぞれの時期に固有の堆積システムの配列が認められるようになってきた(増田, 1993).

低海水準期はタービダイトで代表され、海進期はダイアステムと呼ばれた時間差の極く小さい侵食面上のラヴィーンメント(ravinement)堆積

物(Nummedal and Swift, 1987; Saito, 1991), 大型斜交層理で特徴づけられるサンドリッジ堆積物(Nakayama and Masuda, 1989), 潮汐三角州をもったバリアー島システム(増田, 1992)が特徴的にみられる. 沖側ほど堆積速度が低下する最大海氾濫面では、浮遊性化石の密集したコンデンス・セクションや海緑石などの自生鉱物の濃集層やハイエイトスが見られる(Loutit *et al.*, 1988; Vail *et al.*, 1991). 高海水準期堆積体では海岸平野やデルタの前進が特徴である.

堆積シーケンスを支配する要因

海進や海退は相対的な海水準の変動であるから、シーケンス層序区分は相対的の海水準変動を地層

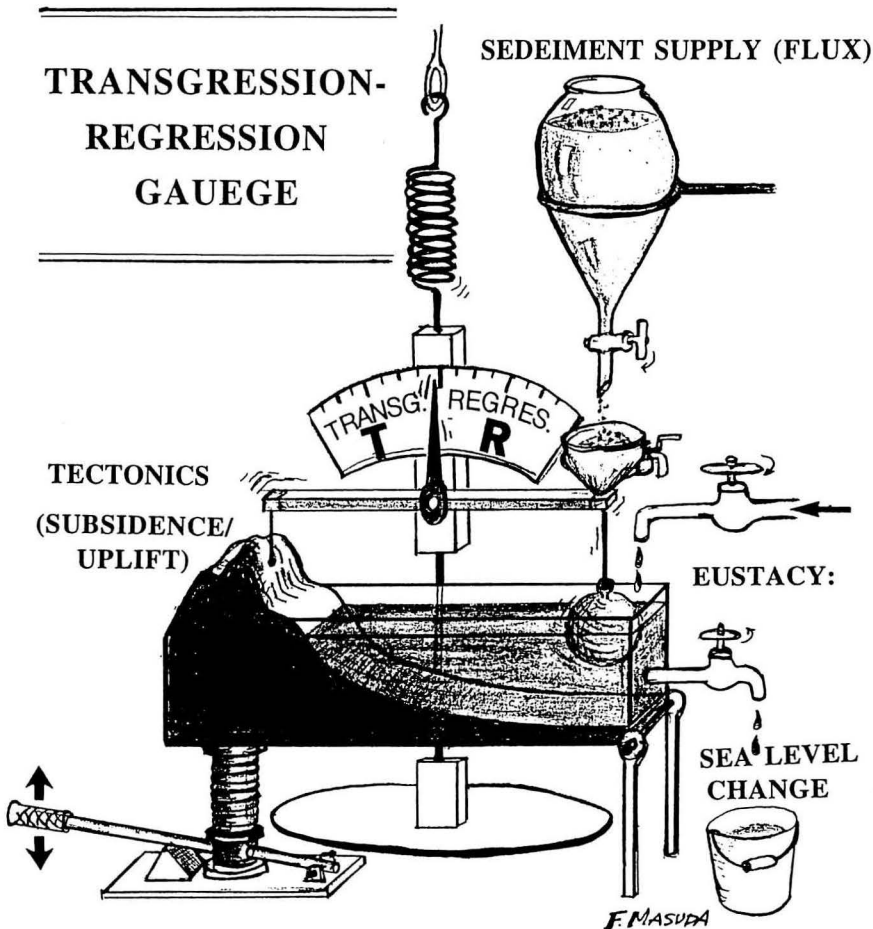


図2. TR ゲージ. 海進と海退は、ユースタシー・テクトニクス・堆積物の供給量の関係で決まることがわかる.

でみていることになる。その相対的海水準は汎世界的（絶対的）な海水準変動（ユースタシー）や地盤の昇降運動（テクトニクス）や堆積物の供給量で変動する（Baum and Vail, 1988）。TR ゲージ（Transgression-Regression Gauge）と名づけられた図 2 の計器は、海進となるか海退となるかが、3 要因（ユースタシー、テクトニクス、堆積物の供給量）の関係で決まることを示している。

相対的海水準変動によって地層の累重様式は決まるから、地層が前進型・累積型・後退型となるかは、3 要因が関係して定まることになる（図 3, Galloway, 1989）。しかし、現在のところ、堆積シーケンスを形成した相対的海水準変動が 3 要素のどれに支配されたかを、地層から決めることはできない。現状では、第四紀のユースタシーを深海底コアの有孔虫化石の酸素同位体比曲線で代表させたり、供給量の大きく違った場で形成された地層を比べたりして、ある要素を仮定することで、地層の形成に対する他の要素の効果を説明しているに過ぎない。事実、わが国のような変動

帯では、テクトニックな変動が堆積シーケンスをつくっている場合が多い（増田ほか, 1991；保柳, 1992；Sakai and Masuda, 1997）。

一方、以上の事を理解しないために起こる危険性が指摘されている（増田・斉藤, 1995）。例えば、ある時代の地層になると急に粗粒物質に変わったり、時代ごとに堆積の中心が盆地の中央側に移動したりすることに対して、周辺山地が急激に上昇したり、沈降の中心が移動したりしたといったテクトニックに基づいた説明がなされることが多い。しかし、これらは相対的に堆積物の供給量が多い時期での、海岸、デルタ、ファン・デルタ、陸棚の前進で説明できることが多く、3 要素のどれがその原因なのかを事例ごとに決めるべきである。

相対的海水準変動と沈降運動

同じユースタシーの変動が影響しても、場所によって沈降量が違えば相対的海水準変動が異なる（Jervy, 1988）。その場所の沈降速度が遅いとユースタシーの変動がそのまま相対的海水準変動

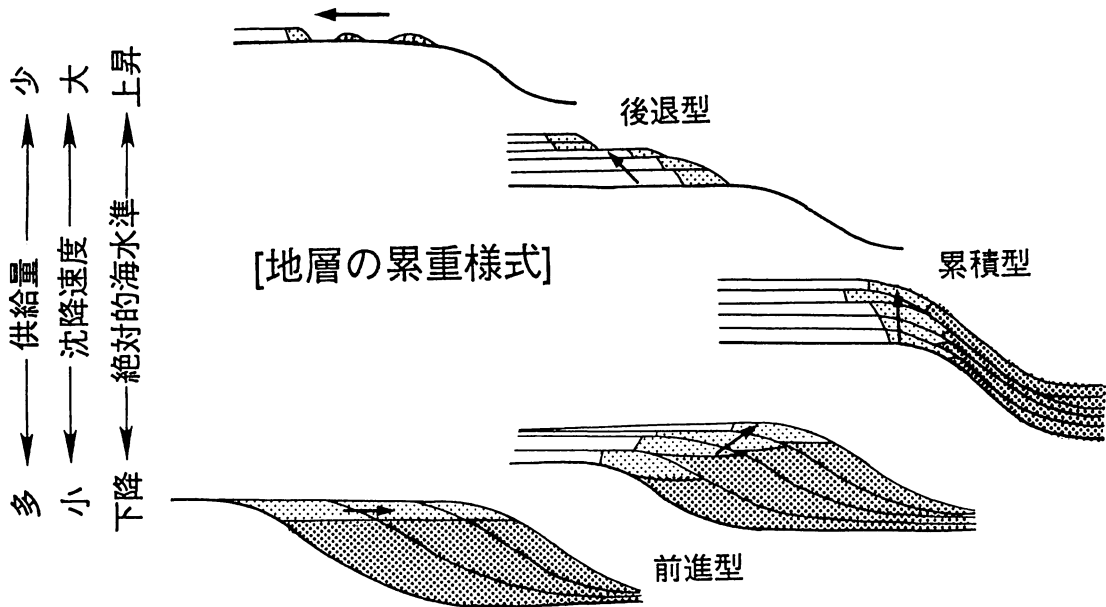


図 3. 地層の累重様式とその形成要因. Galloway (1989). 前進型・累積型・後退型のどれをとるかは、絶対的海水準（ユースタシー）・沈降運動（テクトニクス）・堆積物の供給量の相互関係によって決まる。

となる。しかし、沈降速度が速いとユースタシーとは違った相対的海水準変動がその場所に生ずる(図4)。その場合、海水準の上昇はより大きく長くなり、海水準の低下は小さく短くなる。また、沈降速度が大きくなるほど、相対的海水準変動の最高海水準の時期はユースタシーのそれとは遅れてズレる。わが国の縄文海進の最高海面の時期が地域ごとに違う(例えば、太田ほか, 1990)のは、テクトニックな影響、特に、沈降速度の違いによるものが多く、地域的には堆積物の供給量の違いも反映している。

また、海退期の堆積体を“高海水準期”堆積体と呼ぶのは、なぜだろうか？ 一般に地層が保存されるにはその地域が沈降をしていなくてはならない。図4からもわかるように、沈降速度が大きいと相対的海水準は低下が小さくなり、海退というより、ほぼ一定となるかやや低下する程度となる。これが理由である。第四紀のような短い周期で大きな振幅の変動では、海退現象が地層ではっきりと認められるが、堆積物の反応は低海水準期ほど著しくない。従って、高海水準期堆積体はこうした海退期の地層を主とする。このことを理解

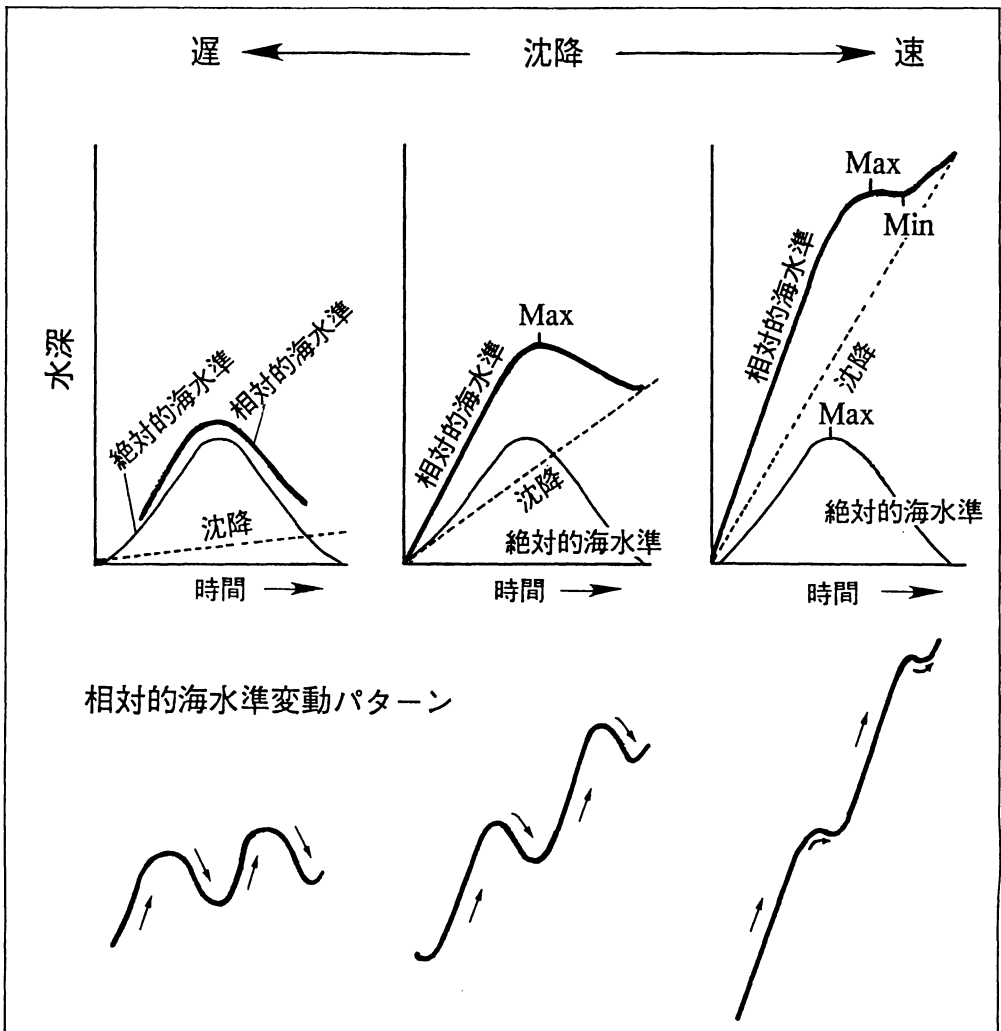


図4. 沈降速度の違いによる相対的海水準変動パターン。Jervey (1988)。沈降が速いと相対的海水準の上昇が大きく長く、下降が小さく短くなる。また、最高海水準の時期が絶対的海水準(ユースタシー)のそれとズレる。

すれば、この用語を広い意味で使えることになる。

不整合の形成時期

シーケンス層序学で最も重要な区分境界であるシーケンス境界の不整合は、海水準が最も低下した時期だけにできるのではなく、低下する速度が最も大きい時からでき始める (Vail *et al.*, 1977). 例えば、沖積層基底の不整合は海水準の低下速度が最も大きい2.0~2.3万年前を中心に形成されている。

コンピュータ・シミュレーションの結果 (Jordan and Flemings, 1991) によれば、同じ海水準の変動に対して、堆積物の供給量や沈降速度、堆積盆での位置などにより、不整合の形成時期は、海水準の低下速度が最も大きい時期から、変動周期で1/4までもずれることがある。Miall (1997) はこのことから、シーケンス境界で地層対比をするエクソン・グローバルチャート (Haq *et al.*, 1988) の時間の不正確さを指摘している。100万年間で形成された堆積シーケンスでは、数10万年のズレになってしまう！ことになる。

堆積シーケンスのスケール

相対的海水準変動の周期にはさまざまな時間スケールがある。堆積シーケンスはその形成時間で分けられる (Vail *et al.*, 1991). 5000万年間以上で形成されたシーケンスを第1オーダー、300~5000万年間を第2オーダー、50~300万年間を第3オーダー、それ以下を第6オーダーにまで区分した。第4オーダー以下の短い時間のものは、特に、高周波 (high-frequency) シーケンス (Mitchem and Van Wagoner, 1991) と呼ばれる。

そしていくつかの堆積シーケンスが重なって、さらに大きな堆積シーケンスをつくるという階層性が認められることが多い。

堆積相解析の重要性

堆積シーケンスは、相対的な海水準変動に堆積作用が反応して形成し、かつ、それを私たちが地層から認識できてはじめて成立する。すなわち、シーケンス層序学の基本は堆積相解析によるダ

イナミックな地層の観察にあるので、堆積相解析がとても重要となってくる。ある堆積構造が観察できたからすぐにその堆積環境が決まるわけではない。堆積相解析の基本は、各層がどのような営力でもって堆積したかを決め、それらが複合した場の環境を推定する (増田, 1988, 1989). 例えばハンモック状斜交層理があったから外浜環境と決めるのではないし、また、そのようなことはこれだけでは言えない (増田ほか, 1993). 初生堆積構造からはそれをつくった営力やその物理条件が推定できるにすぎない。堆積相解析はこれまでの地層学にはなかった新しい判定方法をつかっていることを再認識すべきである。

おわりに

新しいパラダイムがでると、正しい理解なくしての批判が起こるのは世の常である。しかし、シーケンス層序学の全世界への急激な広がり、そのパラダイムが各地の地層についていかに多くの新しいことを、明快に説明することができたかを物語っているものであり、それに世界が反応しているということを忘れてはならない。

文 献

- 安藤寿男, 1990. 上部白亜系中部蝦夷層群三笠層の浅海堆積相分布と前進性シーケンス. 地質雑, 96, 453-469.
- Baum, G. R. and Vail, P. R., 1988. Sequence stratigraphic concepts applied to Paleogene outcrops, Gulf and Atlantic Basins. *Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Pub.*, 42, 309-327.
- Boggs, S. Jr., 1995. *Principles of sedimentology and stratigraphy*. 774p., Prentice Hall, New Jersey.
- Emery, D. and Myers, K. J., 1996. *Sequence stratigraphy*. 297p., Blackwell, London.
- Friedman, G. M., Sanders, J. E. and Kopaska-Merkel, D. C., 1992. *Principles of sedimentary deposits*. 717p., Macmillan, New York.
- Galloway, W. E., 1989. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis-part I: architecture and genesis of flooding surface bounded depositional units. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, 73, 125-142.
- Haq, B. U., Hardenbol, J. and Vail, P. R., 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles

- of sea-level change. *Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Pub.*, **42**, 71-108.
- Haq, B. U., 1991. Sequence stratigraphy, sea-level change, and significance for the deep sea. *Spec. Publs. Int. Ass. Sediment.*, **12**, 3-39.
- Haq, B. U., 1995. *Sequence stratigraphy and depositional response to eustatic, tectonic and climatic forcing*. 381p., Kluwer, Dordrecht.
- 保柳康一, 1992. 堆積盆解析に於けるユースタシーと構造運動—中央北海道羽幌堆積盆の新第三系における解析例—. 堆積研報, **36**, 31-36.
- 保柳康一, 1995. 堆積盆解析に於けるシーケンス層序学：一次元解析から三次元解析へ. 地質学論集, **45**, 30-42.
- Hoyanagi, K. and Nishimura, M., 1994. Slope-shelf-nearshore depositional sequences with transgressive conglomerate in the Miocene back-arc and arc-junction setting, central Japan. *Sediment. Geol.*, **93**, 247-260.
- Ito, M., 1992. High-frequency depositional sequences of the upper part of the Kazusa Group, a middle Pleistocene forearc basin fill in Boso Peninsula, Japan. *Sediment. Geol.*, **76**, 155-175.
- 伊藤 慎, 1995. シーケンス層序学的地層観. 地質論集, **45**, 15-29.
- 伊藤 慎・大原 隆, 1991. 君津市・富津市周辺の下総層群下部の堆積シーケンス. 千葉大環境科学研報, **16**, 1-8.
- Jervy, M. T., 1988. Quantitative geological modeling of siliciclastic rock sequences and their seismic expression. *Soc. Econ. Paleont. Mineral., Special Pub.*, **42**, 47-69.
- Jordan, T. L. and Flemings, P. B., 1991. Large-scale stratigraphic architecture, eustatic variation, and unsteady tectonism: a theoretical evaluation, *Jour. Geophys. Res.*, **96B**, 6681-6699.
- Loutit, T. S. Hardenbol, J., Vail, P. R. and Baum, G. R., 1988. Condensed sections: the Key to age determination and correlation of continental margin sequence. *Soc. Econ. Paleont. Mineral., Special Pub.*, **42**, 183-213.
- 増田富士雄, 1988. ダイナミック地層学—古東京湾域の堆積相解析から(その1 基礎編). 応用地質, **29**, 312-321.
- 増田富士雄, 1989. ダイナミック地層学—古東京湾域の堆積相解析から(その2 発展編). 応用地質, **30**, 29-40.
- 増田富士雄, 1992. 古東京湾のバリアー島. 地質ニュース, **458**, 16-27.
- 増田富士雄, 1993. シーケンス層序学：我が国における陸域地質への適用例. 石油技誌, **58**, 292-310.
- Masuda, F., 1994. Onlap and downlap patterns in Plio-Pleistocene forearc and backarc basin-fill successions, Japan. *Sediment. Geol.*, **93**, 237-246.
- Masuda, F. and Ishibashi, M., 1991. Onlap and downlap patterns discovered in a depositional sequence of the Plio-Pleistocene Kakegawa Group, Japan. *Jour. Sediment. Soc. Japan*, **34**, 75-78.
- 増田富士雄・横川美和・岡坂裕美, 1991. 千里丘陵の大阪層群にみられるデルタ累重シーケンス. 堆積研報, **35**, 109-114.
- 増田富士雄・横川美和・坂本隆彦, 1993. HCS MIMICS. 下総層群の潮汐堆積物と大阪層群の洪水氾濫堆積物. 堆積研報, **39**, 27-34.
- 増田富士雄・徳橋秀一, 1994. Sequence stratigraphy：地層学にもたらした影響と今後への展望. 石油技誌, **59**, 4-17.
- 増田富士雄・斉藤文紀, 1995. プログラデーションによる地層の特徴とテクトニクスの説明. 月刊地球, **17**, 671-674.
- Miall, A. D., 1997. *The geology of stratigraphic sequence*. Springer, Berlin, 433p.
- Mitchum, R. M. and Van Wagoner, J. C., 1991. High-frequency sequences and their stacking patterns: sequence-stratigraphic evidence of high-frequency eustatic cycle. *Sediment. Geol.*, **70**, 131-161.
- Murakoshi, N. and Masuda, F., 1992. Estuarine, barrier-island to strand-plain sequence and related ravinement surface developed during the last interglacial in the Paleo-Tokyo Bay, Japan. *Sediment. Geol.*, **80**, 167-184.
- Nakayama, N. and Masuda, F., 1989. Ocean current-controlled sedimentary facies of the Pleistocene Ichijiku Formation, Kazusa Group, Boso Peninsula, Japan. In Taira, A. and Masuda F. (eds.): *Sedimentary facies in the active plate margin*. 275-293, Terra Scientific Pub. Co.
- Nummedal, D. and Swift, D. J. P., 1987. Transgressive stratigraphy at sequence-bounding unconformities: Some principles derived from Holocene and Cretaceous examples. *Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Pub.*, **41**, 241-260.
- Nummedal, D., Pilkey, O. H. and Howard, J. D., 1987. Sea-level fluctuation and coastal evolution. *Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Pub.*, **41**, 267p.
- Okamura, Y., 1989. Multi-layered progradational

- sequences in the shelf and shelf slope of the Southwest Japan forearc. In Taira, A. and Masuda F. (eds.): *Sedimentary facies in the active plate margin*, 295-317, Terra Scientific Pub. Co.
- Okazaki, H. and Masuda, F., 1995. Sequence stratigraphy of the late Pleistocene Paleo-Tokyo Bay: barrier islands and associated tidal delta and inlet. *Spec. Publs. Int. Ass. Sediment*, **24**, 275-288.
- 太田陽子・海津正倫・松島義章, 1990. 日本における完新世相対的海面変化とそれに関する問題. 第四紀研究, **29**, 31-48.
- Posamentier, H. W., Jervey, M. T. and Vail, P. R., 1988. Eustatic controls on clastic deposition I - Conceptual framework. *Soc. Econ. Paleont. Mineral., Special Pub.*, **42**, 109-124.
- Posamentier, H. W., Summerhayes, C. P., Haq, B. U. and Allen, G. P., 1993. *Sequence stratigraphy and facies associations*. Spec. Publs. Int. Ass. Sediment., **18**, 644p., Blackwell, London.
- Prothero, D. R. and Schwab, F., 1996. *Sedimentary geology*. 575p., W. H. Freeman and Co., New York.
- Reading, H. G., 1996. *Sedimentary environments: Processes, facies and stratigraphy*. 688p., Blackwell, London.
- Saito, Y., 1991. Sequence stratigraphy on the shelf and upper slope in response to the latest Pleistocene-Holocene sea-level changes of Sendai, north-east Japan. *Spec. Publs. Int. Ass. Sediment*, **12**, 133-150.
- Saito, Y., 1995. High-resolution sequence stratigraphy of an incised-valley fill in a wave-and fluvio-dominated setting: latest Pleistocene-Holocene examples from the Kanto Plain, central Japan. *Mem. Geol. Soc. Japan*, **45**, 76-100.
- 斉藤文紀・保柳康一・伊藤 慎, 1995. シーケンス層序学 - 新しい地層観を目指して. 地質論集, **45**, 249p.
- 酒井哲弥・斉藤文紀・増田富士雄, 1995. シーケンス層序学入門. 地質論集, **45**, 1-14.
- Sakai, T. and Masuda, F., 1996a. Slope turbidite packets in a fore-arc fill sequence of the Plio-Pleistocene Kakegawa Group, Japan: their formation and sea-level changes. *Sediment. Geol.*, **104**, 89-98.
- Sakai, T. and Masuda, F., 1996b. Sequence stratigraphy of the upper part of the Plio-Pleistocene Kakegawa Group, western Shizuoka, Japan. *Jour. Sed. Res.*, **66**, 778-787.
- Sakai, T. and Masuda, F., 1997. The relationship between glacio-eustatic parasequences and a third-order sequence in the Kakegawa Group, central Japan. *Sediment. Geol.* (in press).
- 下川弘晃・北村晃寿, 1991. 北陸上部新第三系地史解明のためのシーケンス層序学の適用. 堆積研報, **34**, 33-40.
- Steel, R. J., Felt, V. L., Johannessen, E. P. and Mathieu, C., 1995. *Sequence stratigraphy on the Northwest European margin*. Norwegian Petrol. Soc., Spec. Pub., **5**, 608p., Elsevier, Amsterdam.
- Vail, P. R., Mitchum, R. M., Todd, R. G., Widmier, J. M., Thompson, S., Sangree, J. B., Bubba, J. N. and Hatlelid, W. G., 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol., Mem.*, **26**, 49-212.
- Vail, P. R., Audemard, F., Boeman, S. A., Eisner, P. N. and Perez-Cruz, C., 1991. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology - an overview. In Einsele, G., Ricken, W. and Seilacher, A. (eds.): *Cycles and events in stratigraphy*, **6**, 617-659, Springer-Verlag, Berlin.
- Van Wagner, J. C., Posamentier, H. W., Mitchum, R. M., Vail, P. R., Sarg, J. F., Louie, T. S. and Hardenbol, J., 1988. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definition. Sea level change - An integrated approach. *Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Pub.*, **42**, 39-45.
- Walker, R. G. and James, N. P., 1992. *Facies models. Response to sea-level change*. 409p., Geol. Soc. Canada.
- Willmams, G. D. and Dobb, A., 1993. *Tectonic and seismic sequence stratigraphy*. Geol. Soc. Spec. Pub., **71**, 226p., Geol. Soc., London.

ミランコビッチ・サイクルに伴う環境変動に対する海生貝類の応答様式

北村晃寿*

Responses of marine molluscs to environmental changes caused by
Milankovitch cycle

Akihisa Kitamura*

Abstract The middle part of the early Pleistocene Omma Formation (1.5-1.0 Ma) is composed of eleven depositional sequences caused by glacio-eustatic sea-level changes associated with Milankovitch cycles (41,000-year orbital obliquity). Each depositional sequence contains inner shelf sediments of transgressive and high-stand systems tracts. Within each depositional sequence the molluscan fauna changes from cold-water associations to warm-water associations, followed again by cold-water associations. On the basis of detailed stratigraphic distributions of molluscs and planktonic foraminifers, the following events can be recognized during the warming interval from a glacial stage to an interglacial stage: 1. initiation of inflow of the warm Tsushima Current into the Japan Sea, 2. local extinction of cold-water molluscs, 3. absence of both cold- and warm-water molluscs, 4. successful migration of warm-water molluscs. The absence of both elements may have been caused by high seasonal fluctuations of water temperature associated with the unstable inflow of the Tsushima Current.

はじめに

地球表層の環境変動には、様々な周期が存在する（例えば、Einsele *et al.*, 1990）。これらの中の一つ、ミランコビッチ・サイクルに地球気候システムが鋭敏に応答するようになったのは、およそ2.5Maからである（例えば、Raymo *et al.*, 1992）。これは55Maに始まった南極氷床の成長によって地球平均気温が低下した結果、北半球高緯度でも氷期になると氷床が形成されるという現在型の地球気候システムに移行したためである（例えば、Broecker, 1993）。つまり、2.5Ma以降の地球表層環境と生物は、それ以前とは異質の気候システムの下で、進化したことになる。それゆえ、ここ250万年間の地球環境・生物相の変遷を理解するには、ミランコビッチ・サイクルに特に注意する必要がある。

事実、2.5Ma以降の化石記録は、ミランコビッ

チ・サイクルに関連する2, 4, 10万年周期の地球気候変動と氷河性海水準変動が、生物の分布に強い影響を与えたことを物語る。例えば、Valentine and Jablonski (1993) は北米西海岸の第四紀の貝類化石を検討し、氷期-間氷期サイクルに伴って多くの貝類が移動したこと、その結果一時的に現世には見られない群集も出現したことを明らかにした。また最近では、これまで比較的安定と思われていた深海でも、そこに住む生物の多様性にミランコビッチ・サイクルが強く影響していることが明らかになった（Cronin and Raymo, 1997）。

ミランコビッチ・サイクルは生物の進化パターンにも強く影響する。ミランコビッチ・サイクルは種の世代期間（generation time）より長く、種の寿命より短い（Bennett, 1990）。そのため、それがもたらす環境変化は、集団の地理的隔離という、種分化の機会を生物に与えるが、数千-数万年の時間スケールで蓄積された微小な変化を破壊することもある。

このようなミランコビッチ・サイクルがもたらす生物地理学的・進化的効果は、種の耐性や群

*静岡大学理学部地球科学教室
Institute of Geosciences, Faculty of Science,
Shizuoka University, Shizuoka 422, Japan
1997年10月3日受付, 1997年10月6日受理

集組成の違いにより異なるが、さらに環境変動の質や量の地域差も加わるので、極めて複雑な様相を呈する。よって、現在を含めた第四紀の生物相の変化や生物進化を理解するには、各地域ごとに、個々の生物群集や種について、ミランコビッチ・サイクルに対する反応を知る必要がある。そこで、本論では下部更新統大桑層の解析結果に基づき、ミランコビッチ・サイクルがもたらす環境変動の中で、日本海の浅海底を舞台に、特に氷期から間氷期への温暖化に伴う貝類の応答様式について考察する。

日本海の第四紀環境変動

日本海と外洋をつなぐ4つの海峡の深度は、いずれも130m以浅である。それゆえ、氷期-間氷期サイクルに伴う環境変動は、太平洋やオホーツク海とは全く異なった様相を呈する。そこで、本論に入る前に、日本海の第四紀環境変動について概説する。

小泉 (1984), Oba *et al.* (1991), 大場ほか (1996) などの日本海深海底堆積物の研究によると、30ka以降、日本海は4つの大きな環境変化を経験した。

(1) 30kaから15kaにかけて日本海は外洋から孤立し、その周辺域からの河川水 (小泉, 1984; Tada *et al.*, 1992) あるいはアムール川からの淡水 (Keigwin and Gorbarenko, 1992) が流入したため、表層水は低塩分化し、成層構造が形成された。その結果、水深500m以深の海底は無酸素状態となり、ほとんどの底生生物が死滅した (Oba *et al.*, 1991; 池原ほか, 1993)。そのため、この時代の堆積物は暗色を呈し、葉理が発達し黄鉄鉱を多く含む。

(2) 15kaから10kaは親潮が流入し、深層水の通気性が回復した。それとともに北太平洋の浅海性底生有孔虫群集が日本海に移住し、空いていた深海底のニッチを占有した。

(3) 10kaから8kaまでは、対馬海流が一進一退を繰り返しながら流入した。この対馬海流の流入により日本海の生物生産量は増加した。また深海へ高溶存酸素を持つ日本海固有水が流れ込み、海底の有機物が分解したため、二酸化炭素分圧が

上昇し、有孔虫の補償深度が1000mよりも浅くなった。

(4) 8ka以降、対馬海流は本格的に流入し、日本海は現在の状況になった。日本海に流入する海流は対馬海流だけで、その大部分は津軽海峡と宗谷海峡から流出し、残った海流は日本海北部で冬期冷やされ、海底に沈降し日本海固有水となる。日本海固有水は高溶存酸素 ($210 \mu\text{ml/kg}$) のため、現在の日本海海底は酸化環境にある。

以上のように、氷期-間氷期サイクルとそれに伴う氷河性海水準変動により、日本海底層水環境は氷期の還元的状態と間氷期の酸化的状態とを繰り返した。そしてこの周期的変動は、約2.5Maまで遡れる (多田, 1991, 1992; Tada, 1994)。さらに、1.5Ma以降に関しては、確実に間氷期のたびに対馬海流が日本海に流入した (北村, 1995)。したがって、この150万年間に起きた氷期-間氷期サイクルに伴う日本海環境の変動様式は、最終氷期以降の日本海が経験したものとほぼ同じだったと思われる。ただし、対馬海流の第1分枝の厚さは変化した (Kitamura *et al.*, in press)。

なお、日本海沿岸の陸域の気候については、北緯40度以南の地域では13-12ka以降、多雪化したと考えられている (安田, 1987)。そして、この多雪化のために、海進期にもかかわらず、日本海への堆積物の供給量は低下しなかったようである (中嶋, 1991)。

ミランコビッチ・サイクルに起因する堆積サイクル

ミランコビッチ・サイクルに対する生物の応答様式を解明するために避けて通れないのが、ミランコビッチ・サイクルに起因する地質現象と“偽物”との見極めである。“偽物”とは、ミランコビッチ・サイクルがもたらしたものと良く似たパターンを示す堆積シーケンスや生物相の変化のことである。例えば、ミランコビッチ・サイクルに起因する氷河性海水準変動は堆積シーケンスを作るが、堆積シーケンスはチャンネルやローブの移動によってもできる (Einsele *et al.*, 1990)。この偽物を見破る最も効果的な方法は、ミランコビッチ・サイクルに伴う環境変動の最も高質な記録、すなわち酸素同位体比変動曲線との対比である。

酸素同位体比変動曲線と地層中の記録との対比には、高い精度の時間面の設定と岩相・生物相の詳細な解析が必要条件となる。模式露頭（金沢市犀川河床）の大桑層はこの条件を満たす数少ない地層の一つで、ここでは、高山ほか（1988）の微化石層序の検討、大村ほか（1989）と酒井ほか（1994）の古地磁気層序の検討、北村・近藤（1990）による岩相・貝化石の群集解析が行われているからである。そして、これらの結果を統合し、Kitamura *et al.* (1994) は、大桑層中部に見られる11の堆積サイクルを酸素同位体ステージ50から26に対比した（図1）。さらに、対比の妥当性は、2つの古地磁気イベントの層位予想的中により検証された（堀井ほか、1996）。すなわち、同位体ステージ35のベースに位置するコブマウンテンイベント（Shackleton *et al.*, 1990）が堆積サイクル8の下部から、オントンジャワイベント2（1.45Ma; Meynadier *et al.*, 1995による）が堆積サイクル2の中部から、予想通り検出された（図1）。よって、大桑層中部の堆積サイクルがミランコビッチ・サイクルのうち地軸の変動周期4.1万周期に対応することは確実である。

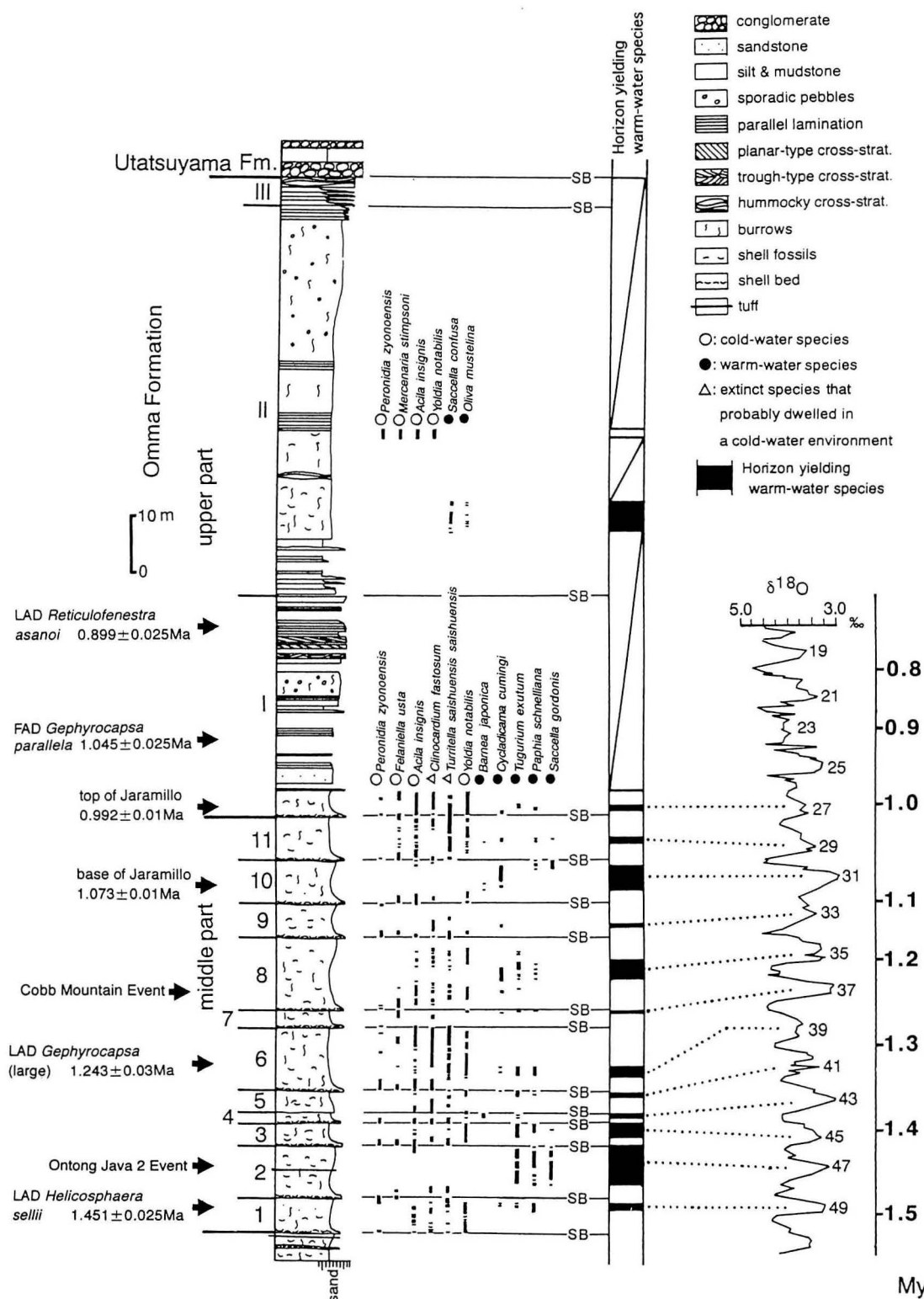
この大桑層中部に見られる堆積サイクルは、層厚5~12mで、岩相は下位より、貝化石密集層、淘汰の良い細粒砂岩、泥がちな極細粒~細粒砂岩、淘汰の良い細粒砂岩の順に重なり、次のサイクル基底の貝化石密集層に覆われる（図2）。また、堆積サイクル内の貝化石群の変遷は、1つの堆積サイクル形成時に海中気候の温暖化とともに海水準が上昇し、寒冷化とともに海水準が低下したこ

とを物語る。よって堆積サイクルは1回の海進海退現象時に形成されたことになり、堆積シーケンスである。また、貝化石の生息深度から、その堆積深度は内側陸棚と推定される。そしてシーケンス境界は貝化石密集層基底の侵食面であり、ラビーンメント面でもある（Kitamura *et al.*, in press）。この場合の堆積シーケンスは、低海水準期堆積体がなく、海進期堆積体と高海水準期堆積体から構成される（図2）。

ところで、内側陸棚の堆積シーケンスでは、最大海成氾濫面がコンデンス・セクションになっている。コンデンス・セクションは、上下の地層に比べて、堆積速度の遅い層準であり、生物骨格粒子や海緑石などの自生鉱物が上下の地層より相対的に多い層準である（例えば、Vail *et al.*, 1991）。大桑層の堆積シーケンスにはコンデンス・セクションを、目で見た限りでは認定できない。だが堆積物を薄片で観察したところ、底生有孔虫、浮遊性有孔虫などから構成される砂サイズの生物骨格粒子の占有率は、海水準上昇・温暖化に伴って増加し、海水準の最高位期に最大となることが分かった（図2）。よって、私は、この生物骨格粒子の占有率の最大層準を最大海成氾濫面とみなし、その層位に基づいて堆積シーケンスを海進期堆積体と高海水準期堆積体に区分した（図2）。なお、明瞭なコンデンス・セクションのできなかった理由は、対馬海流の流入に伴う生物生産量の増加と海水準上昇に伴う陸からの距離の増大によって生物骨格粒子の相対量が増加したものの、多雪化による陸源碎屑物の供給量によって希釈されてしまったためだろう。

図1. 大桑層中部の堆積サイクルならびに貝化石群集の変遷と酸素同位体比変動曲線との対比。同位体比変動曲線には、DSDP Site 607 (Ruddiman *et al.*, 1989)を使用。生層序基準面は高山ほか（1988）とSato and Takayama (1992)に基づき、古地磁気学的データは大村ほか（1989）、酒井ほか（1993）、堀井ほか（1996）による。各基準面の年代値はBerger *et al.* (1994)に基づく。1-11, I, II & III: 大桑層中・上部の堆積サイクルの番号（北村, 1994; Kitamura *et al.*, 1994）。→

Fig. 1. Comparison of depositional sequences in the middle part of the Omma Formation with the oxygen isotope record of DSDP Site 607 (Ruddiman *et al.*, 1989). Biostratigraphic datum horizon is after Takayama *et al.* (1988) and Sato and Takayama (1992). Magnetostratigraphic data are from Ohmura *et al.* (1989), Sakai *et al.* (1993) and Horii *et al.* (1996). Time scale of the oxygen isotope record of DSDP Site 607, ages of the biostratigraphic datum horizon and the magnetic polarity change are based on the chronology of Berger *et al.* (1994). 1-11, I - III: number of sedimentary cycles (Kitamura, 1994; Kitamura *et al.*, 1994). →



氷期から間氷期への温暖化に伴う貝類の応答様式

第四紀のミランコビッチ・サイクルに関連する日本海浅海環境変動において、氷期から間氷期への温暖化は最も急激な環境変動である。大場(1989)は、対馬海流第2分枝直下の海底から採取したコアに含まれる浮遊性有孔虫の酸素同位体比から水深100mの水温を算出した。それによると、水温は10kaから6kaのわずか4000年間に7-8℃から17-18℃まで上昇した。これほどではないにしても、急激な温暖化が内側陸棚でも起きたことは間違いないだろう。温暖化は内側陸棚に住む貝類にどんな影響を与えたのだろうか？この問題は大変興味深いにもかかわらず、最終氷期以降の日本海浅海性貝類の資料が極めて断片的なため、ほとんど検討されていない。すでに述べたように1.5Ma以降の日本海の氷期-間氷期サイクルに伴う環境変動のパターンは、最終氷期以降のそれと根本的には違いがない。そうすると、大桑層の貝化石記録からこの問題に関する手がかりが得られるかもしれない。そこで、私は大桑層中部の堆積シーケンスにおいて、暖水系貝化石の出現層準の上下の地層を再検討した。この層準は堆積シーケンス下部の泥がちな極細粒砂岩に位置する。下位の地層に産する寒水系貝化石種は、*Turritella saishuensis saishuensis* Yokoyama, *Clinocardium fastosum* Yokoyama, *Acila insignis* (Gould), *Yoldia notabilis* Yokoyama などであり、前二種は大桑-万願寺動物群の特徴種で、日本海固有種でもある。一方、上位の地層に産する暖水系貝化石種は、*Onustus exutus* (Reeve), *Zeaxis caelatus* (Gould), *Paphia schnelliana* (Dunker), *Cycladicama cumingi* (Hanley) などである。そして、4つの堆積シー

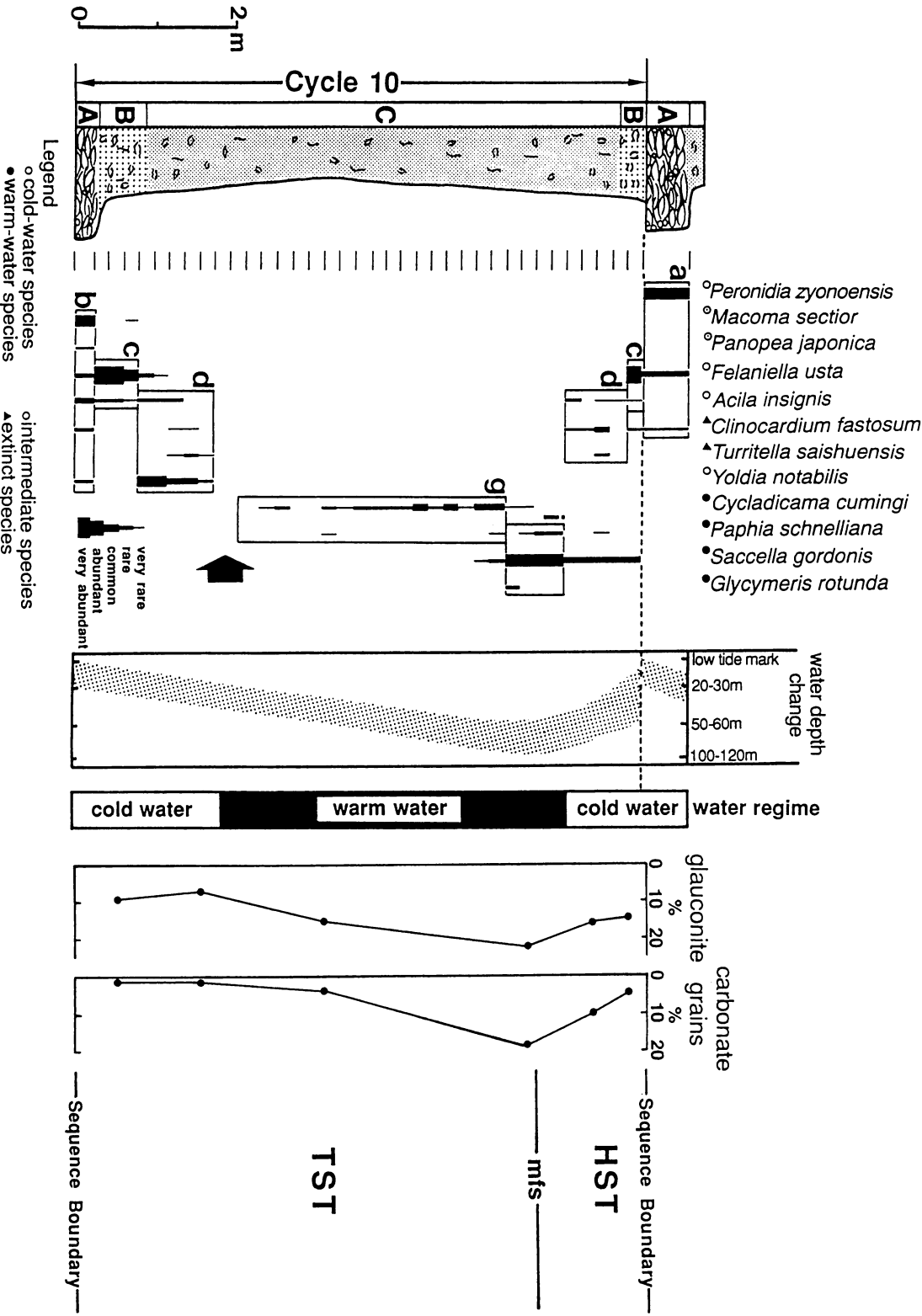
ケンス(シーケンス2, 4, 8, 10)では、暖水系貝化石の出現層準の直下では貝化石の産出頻度が極めて低いかあるいは産しないことが分かった(図2, 3)。以下では、この層準を低産出層準と呼ぶ。低産出層準は、厚いところでは40cmに達するが、多くの場合十数cmである。なお残る5つの堆積シーケンスの暖水系貝化石の出現層準の直下では、貝化石の産出頻度はやや低くなるかもしれないが変化しない。またシーケンス7は不完全な堆積シーケンスなので、ここでは省く。

さて、貝化石の産出頻度が低下したのはなぜだろうか？低産出層準の堆積物では、その砂質粒子の5%が生物骨格源粒子である。また、ラミナなどの初生堆積構造は見られない。したがって、貝化石の産出頻度の低下の原因を陸源碎屑物の希釈効果または死後運搬・溶解に帰することはできない。おそらくは、低産出層準堆積時に、貝類の生息密度が極めて低下したためと思われる。そこで、その時の海況を知るため、低産出層準とその上下の層準に関して、浮遊性有孔虫の層位分布を検討した。その結果、暖水系浮遊性有孔虫が寒水系貝化石群の消滅層準よりも下位の層準から出現し、それより上位の層準で連続的に産することが判明した(松井・北村, 1997)(図3)。つまり、対馬海流の流入開始より後に、寒水系貝化石群が消滅し、その後暖水系貝化石群が出現したのである。そして、低産出層準は対馬海流が流入していたが、暖水系貝化石群が定着する前の時代である。これらの事件の時間関係と最終氷期以降の古環境変遷史とから、私は貝化石の低産出層準の原因を次のように考えた。

対馬海流の流入に伴う温暖化によって、寒水系貝類はこの地域から消滅したものの、暖水系貝類の定着が遅れたのである。この原因は、対馬海流

図2. 大桑層中部の堆積サイクル(堆積サイクル10)の岩相, 貝化石群集, 海緑石と石灰質粒子の占有率の層位変化。シーケンス層序学に基づく堆積体の区分。矢印は貝化石の低産出層準。A: 貝化石密集層, B: 淘汰の良い細粒砂岩, C: 泥がちな極細粒~細粒砂岩。→

Fig. 2. Stratigraphy of sedimentary cycle in the middle part of the Omma Formation (Cycle 10 at type section), showing stratigraphic distribution of molluscan fossil associations and change in percent of glauconite and carbonate grains, with interpretation in terms of a sequence-stratigraphic model. Arrow shows the horizon of low occurrence of molluscan fossils. A: Basal shell bed, B: well-sorted fine-grained sandstone, C: muddy fine-to very fine-grained sandstone. →



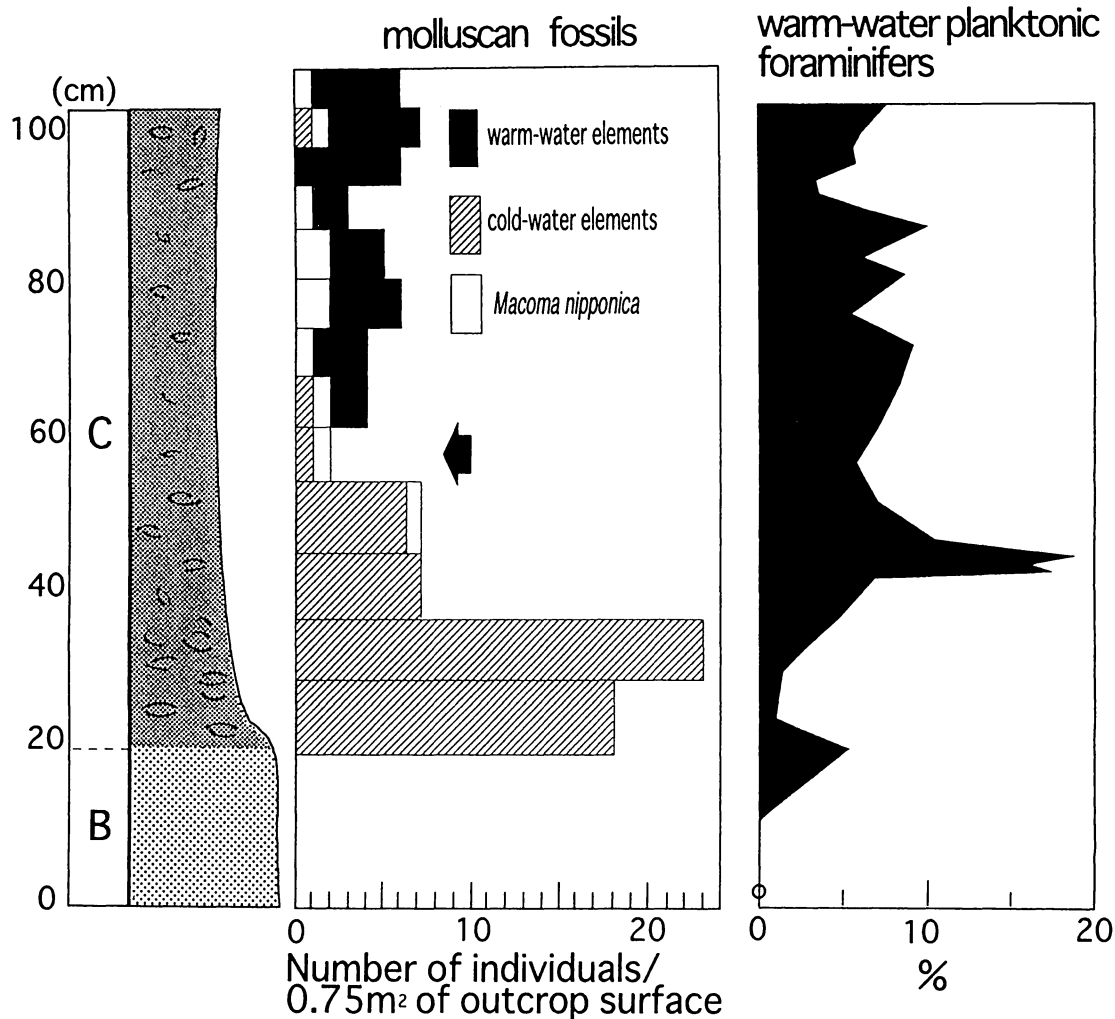


図3. 暖水系貝化石の出現層準(堆積サイクル2)直上直下の貝化石の層位分布と暖水系浮遊性有孔虫の占有率の層位変化. 暖水系浮遊性有孔虫は *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny), *Globigerinoides sacculifer* (Brady), *Globigerinoides tenellus* Parker の3種. 矢印は貝化石の低産出層準. 白丸は暖水系浮遊性有孔虫を産しない層準. 松井・北村(1997)を改編.

Fig. 3. Stratigraphic distribution of molluscan species and warm-water planktonic foraminifers in the horizon below and above the appearance datum of warm-water molluscan fossils in Cycle 2. Warm-water planktonic foraminifers include *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny), *Globigerinoides sacculifer* (Brady) and *Globigerinoides tenellus* Parker. The arrow shows the horizon of low occurrence of molluscan fossils. The open circle on the planktonic foraminifera plot indicates absence of warm-water planktonic foraminifers. Modified after Matsui & Kitamura (1997).

の流量の季節変化による冬期の低水温にあると推定される. 現在の日本海では, 熱帯に住むハリセンボンの幼魚群が夏期に侵入するが, 冬期の気温低下に伴って, 死滅してしまう(西村, 1981).

これと同じメカニズムで, 暖水系貝類の幼生が日本海に運搬されても冬期の寒さによって死滅してしまったのだろう. そして対馬海流の流入が安定するようになって, ようやく暖水系貝類が定着し

たのである。10ka から 8 ka までの日本海は、対馬海流が一進一退を繰り返した時代である。このような状況なので、対馬海流の流量の季節変動もまた現在よりずっと大きかった可能性は十分ありえる。もしそうならば、寒暖両水系の貝類を欠いた浅海底生群集が2000年間存在したかもしれない。ちなみに大桑層中部の平均堆積速度16cm/1000y を使うと、低産出層準の堆積期間は2500年以下と算出される。

本論に示した貝化石の低産出層準は、ミランコビッチ・サイクルに起因する環境変動に伴った生物の移動によって、現在には見られない群集が日本海の陸棚に一時的に出現したことを意味する。おそらく、この群集は広温性の種や短寿命の種から構成され、寒暖両水系の貝類のような比較的寿命の長い狭温性の種を欠いたものであろう。このような地質学的に一瞬の群集の存在は、氷期と間氷期という二者択一的な環境の繰り返しまたは等温線の平行移動といった単純な環境変動よりも、もっと複雑でしかも現在見られないような温度変化や湿度変化の組合わさった環境変動のあったことを意味する (Valentine and Jablonski, 1993)。

現在、地球温暖化が危惧されており、それに關する様々な研究が行われている。その中でGLOBEC (Global Ocean Ecosystem Dynamics) という国際共同研究計画では、数年～数10年スケールの気候、海況変動に対する海洋生態系の応答メカニズムの理解と、それに基づく地球温暖化の影響などの将来予測を目指し、最近数10年間の環境と海洋生態系の変動について検討している (杉本, 1996)。しかし、数10年間という時間スケールは、将来予測を行うには十分な長さとは言えない。このGLOBECで扱えないより長い時間の環境変化に対する海洋生態系の応答に関する情報は、本論に示したように化石記録から入手できる。そこで、これら2つの研究方法からの情報を結合すれば、様々な時間スケールで地球温暖化の影響などの将来予測を行えるだろう。そういう意味では、大桑層の化石記録が示した寒暖両水系の貝類とも生存できなかった環境の出現は、まさに日本北方海域の海洋生態系の将来予測にとって極めて重要な意義を持っている。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、浮遊性有孔虫の同定分類については熊本大学理学部尾田太良教授から御教示を賜った。また本研究の一部には、文部省科学研究費補助金 (課題番号 07740410, 08454150) を使用した。ここに深く感謝の意を表する。

文 献

- Berger, W. H., Yasuda, M. K., Bickert, T., Wefer, G., and Takayama, T., 1994. Quaternary time scale for the Ontong Java Plateau: Milankovitch template for Ocean Drilling Program Site 806. *Geology*, **22**, 463-467.
- Bennett, K. D., 1990. Milankovitch cycles and their effects on species in ecological and evolutionary time. *Paleobiology*, **16**, 11-21.
- Broecker, W. S., 1993. The glacial world according to wally. Lamont-Doherty earth observatory of Columbia University. 318p.
- Cronin, T. M. and Raymo, M. E., 1997. Orbital forcing of deep-sea benthic species diversity. *Nature*, **385**, 624-627.
- Einsele, G., Ricken, W. and Seilacher, A., 1990. Cycles and events in stratigraphy-Basic concepts and terms. In Einsele, G., Ricken, W. and Seilacher, A., eds., *Cycles and Events in Stratigraphy*, Springer-Verlag, Berlin, 1-19.
- 堀井雅恵・酒井英男・北村晃寿, 1996. 石川県大桑層の古地磁気・岩石磁気と海水準変動. 第100回地球磁気・地球惑星圏学会講演会講演予稿集, 167.
- 池原 研・吉川清志・片山 肇・中嶋 健, 1993. テフラ層序からみた日本海の後期第四紀環境変動. 日本地質学会第100年学術大会講演要旨, 168-169.
- Keigwin, L. D. and Gorbarenko, S. A., 1992. Sea level, surface salinity of the Japan Sea, and the younger Dryas Event in the Northwestern Pacific Ocean. *Quaternary Research*, **37**, 346-360.
- 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**, 465-478.
- 北村晃寿, 1995. 日本海第四紀堆積物のシーケンス層序学的解析への生層序学の貢献-時間面としての暖流系種の消長-. 地質学論集, **45**, 110-117.
- 北村晃寿・近藤康生, 1990. 前期更新世の氷河性海水準変動による堆積サイクルと貝化石群集の周期的変

- 化—模式地の大桑層中部の例—。地質雑, 96, 19-36.
- Kitamura, A., Kondo, Y., Sakai, H., and Horii, M., 1994. 41,000-year orbital obliquity expressed as cyclic changes in lithofacies and molluscan content, early Pleistocene Omma Formation, Central Japan. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 112, 345-361.
- Kitamura A., Kimoto, K., and Takayama, T., in press. Reconstruction of the thickness of the Tsushima Current in the Japan Sea during the Quaternary from molluscan fossils. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*
- 小泉 格, 1984. 珪藻. 月刊地球, 63, 547-552.
- 松井裕之・北村晃寿, 1997. 氷期から間氷期への温暖化に伴う海生生物の応答様式—前期更新統大桑層の場合—. 日本古生物学会1997年会予稿集, 100.
- Meynadier, L., Valet, J.-P., and Shackleton N. J., 1995. Relative geomagnetic intensity during the last 4 m. y. from the equatorial Pacific. In Pisias, N. G., Mayer, L. A., Janecek, T. R., Palmer-Julson A. and van Andel, T. H. (eds.), *Proc. ODP Sci. Res.*, 138, 779-793.
- 中嶋 健, 1991. 富山深海扇状地に記録された海水準変動と古気候, 堆積学研究会秋季研究集会講演要旨, 62-63.
- 西村三郎, 1981. 地球の海と生命, 海洋生物地理学序説. 海鳴社, 284pp.
- 大場忠道, 1989. 日本海の環境変化—過去8.5万年の歴史—. 科学, 59, 672-681.
- Oba T., Kato, M., Kitazato, H., Koizumi, I., Omura, A., Sakai, T. and Takayama, T., 1991. Paleoenvironmental changes in the Japan Sea during the last 85,000 years. *Paleoceanography*, 6, 499-518.
- 大場忠道・村山雅史・松本英二・中村俊夫, 1996. 日本海隠岐堆コアの加速器質量分析 (AMS) 法による ^{14}C 年代. 第四紀研究, 34, 289-296.
- 大村一夫・伊藤 孝・政枝 宏・檀原 徹, 1989. 石川県金沢市に分布する大桑層の地磁気層序. 松尾秀邦教授退官記念論文集, 111-124.
- Raymo, M. E., Hodell, D. and Jansen, E., 1992. Response of deep ocean circulation to initiation of northern hemisphere glaciation (3-2 Ma). *Paleoceanography*, 7, 645-672.
- Ruddiman, W. F., Raymo, M. E., Martinson, D. G., Clement, B. M. and Backman, J., 1989. Pleistocene evolution: Northern hemisphere ice sheets and North Atlantic Ocean. *Paleoceanography*, 4, 353-412.
- 酒井英男・堀井雅恵・北村晃寿, 1993. 石川県大桑層中部の古地磁気研究. 富山県地学地理学研究論集. 第10集. 藤井昭二教授退官記念論集, 87-96.
- Sato, T. and Takayama, T., 1992. A stratigraphically significant new species of the calcareous nannofossil *Reticulofenestra asanoi*. In Ishizaki, K. and Saito, T. eds., *Centenary of Japanese Micropaleontology*. Terrapub, Tokyo, 457-460.
- Shackleton, N. J., Bergeret, A., and Peltier, W. R., 1990. An alternative astronomical calibration of the lower Pleistocene timescale based on ODP Site 677. *Trans. Royal Soc. Edinburgh: Earth Sciences*, 81, 251-261.
- 杉本隆成, 1996. GLOBEC における歴史的資料解析(2). 月刊海洋, 28, 65-67.
- 多田隆治, 1991. 日本海堆積物に見られる堆積リズムと海洋変動. 月刊地球, 13, 606-612.
- 多田隆治, 1992. 日本海第四紀堆積物に見られる堆積リズムとミランコヴィッチ・サイクル. 安成哲三・柏谷健二編, 地球環境変動とミランコヴィッチ・サイクル. 古今書院. 126-145.
- Tada, R., 1994. Paleooceanographic evolution of the Japan Sea. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 108, 487-508.
- Tada, R., Koizumi, I., Cramp, A. and Rahman, A., 1992. Correlation of dark and light layers, and the origin of their cyclicity in the Quaternary sediments from the Japan Sea. In K. A. Pisciotto, J. C. Ingle Jr., M. T. von Breymann, J. Barron *et al.* (eds.), *Proc. ODP Sci. Res.*, 127/128 (1): 577-601.
- 高山俊明・加藤道雄・工藤哲朗・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. 石油技協誌, 53, 9-27.
- Vail, P. R., Audemard, F., Bowman, S. A., Eisner, P. N., and Perez-Cruz, C., 1991. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology—an overview. In Einsele, G., Ricken, W. and Seilacher, A., eds., *Cycles and Events in Stratigraphy*, Springer-Verlag, Berlin, 617-659.
- Valentine, J. W. and Jablonski, D., 1993. Fossil communities: compositional variation at many time scales. In Ricklefs, R. E. and Schluter, D., eds., *Species diversity in ecological communities: Historical and geographical perspectives*. University of Chicago Press, 341-349.
- 安田喜恵, 1982. 気候変動. 加藤晋平・小林達雄・藤本強編, 縄文文化の研究 I. 雄山閣出版. 163-200.

砂礫底化石群集とシーケンス層序

—二戸・三戸地域の中部中新統産貝類化石群の例—

松原尚志*

Gravel-sand bottom assemblages and their sequence stratigraphic significance
— An example of middle Miocene strata in the Ninohe-Sannohe district,
Iwate and Aomori Prefectures, Northeast Japan —

Takashi Matsubara*

Abstract The pectinid assemblage is found in open shallow-marine environments, especially in the gravel-sand bottom. Some problems concerning both paleoecologic and sequence stratigraphic significances of this assemblage in the Ninohe-Sannohe district are discussed as an example.

The Pectinid Assemblage occurs in the base of transgressive coarse-grained deposits and in the shell-sandstone near the maximum flooding surface from the sequence stratigraphic point of view. It also exists in the marginal facies around submarine volcanoes. Modes of occurrence for these three types suggest that the first two suffered post-mortem transportation, while that from volcanoclastic deposits is para-autochthonous. Reworked fossils from older strata in the transgressive lag deposit can be discriminated.

Three gravel-sand bottom assemblages were recognized based on co-occurrence of species in the middle Miocene strata of the Ninohe-Sannohe district: *Mizuhopecten kimurai-Masudapecten*, *Gloripallium-Kotorapecten*, and *Nanaochlamys-Nipponopecten-Kotorapecten* Assemblages. The recurrence of these assemblages are recognized in other lower middle Miocene strata of Honshu. Thus they can be treated as indigenous. The *Mizuhopecten kimurai-Masudapecten* Assemblage is restricted to lower part of the transgressive systems tracts in addition to volcanoclastic deposits, while other two occurred in the shell-sandstone around the maximum flooding surface. The paleogeographical position and sedimentary facies indicated that the *Gloripallium-Kotorapecten* community inhabited more offshore environments than the *Nanaochlamys-Nipponopecten-Kotorapecten* community did.

はじめに

貝殻片・フジツボ片など、生物起源の炭酸塩に富む粗粒な堆積物からは、イタヤガイ類が卓越する群集が知られており、Pectinid 群集 (Kotaka, 1958; 津田, 1965), “Pecten” -Brachiopoda- *Balanus* 群集 (青木, 1960), *Patinopecten-Chlamys* 群集 (Chinzei and Iwasaki, 1967) などの名称で知られてきた。このような群集の主要構成要素であるイタヤガイ類には、古生物地理学的にも年

代的にも特徴的な属・種が見られることが知られている (例えば増田, 1986; 小笠原, 1988)。しかしながら、イタヤガイ類を主とする群集 (以下 “Pectinid 群集”) は、内湾群集と比較して群集古生態的研究はかなり少なく、また、イタヤガイ類以外の構成種についてもあまり明らかではない。このことは、その他生的な産状に加えて、アラゴナイト殻を持つ貝類の保存が、葉状方解石よりなる殻を持つイタヤガイ類と比べてよくないことも原因であろう。

“Pectinid 群集” はこれまで漠然と外洋に面した浅海砂礫底を特徴づけると考えられてきたが、シーケンス層序学的な観点からみた場合、どのような古生態的情報が読みとれるであろうか？ こ

*兵庫県人と自然の博物館。三田市弥生が丘 6 丁目, 669-13

*Museum of Nature and Human Activities, Hyogo. 6chome Yayoigaoka Sanda Hyogo 669-13, Japan

ここでは、岩手・青森両県にまたがる二戸・三戸地域(図1)の中部中新統を例に、共産関係から“Pectinid 群集”の区分および古生態学的意義について考察するとともに、それらとシーケンス層序との関係についても述べたい。

シーケンス層序学的観点から見た “Pectinid 群集”の産出層準および産状

二戸・三戸地域の中新統は下位より仁左平石英安山岩・四ツ役層・門ノ沢層・末ノ松山層・留崎層・舌崎層に区分され、“Pectinid 群集”は、末ノ松山層下部と中部および留崎層下部と中部より産する(図2)。

シーケンス層序学的観点から、この地域の“Pectinid 群集”の産出層準は二分できる;一つは

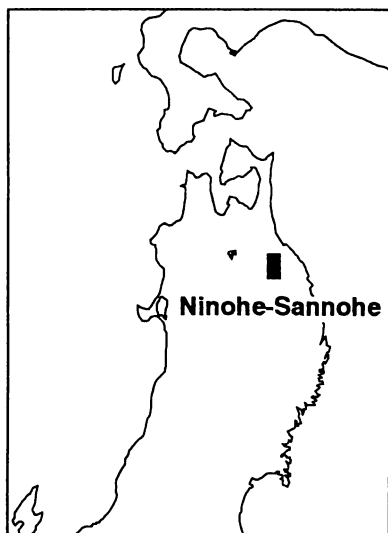


図1. 二戸・三戸地域の位置

Fig. 1. Location of the Ninohe-Sannohe district in Iwate and Aomori Prefectures.

海進期の粗粒堆積物 (base-of-cycle coquina: Kidwell, 1991) で、もう一つは、最大海成氾濫面付近に見られる貝殻砂岩・石灰岩 (midcycle coquina: Kidwell, 1991) である。このほか、“Pectinid 群集”は堆積サイクルとは無関係に、海底火山の縁辺相からも産する(図2)。

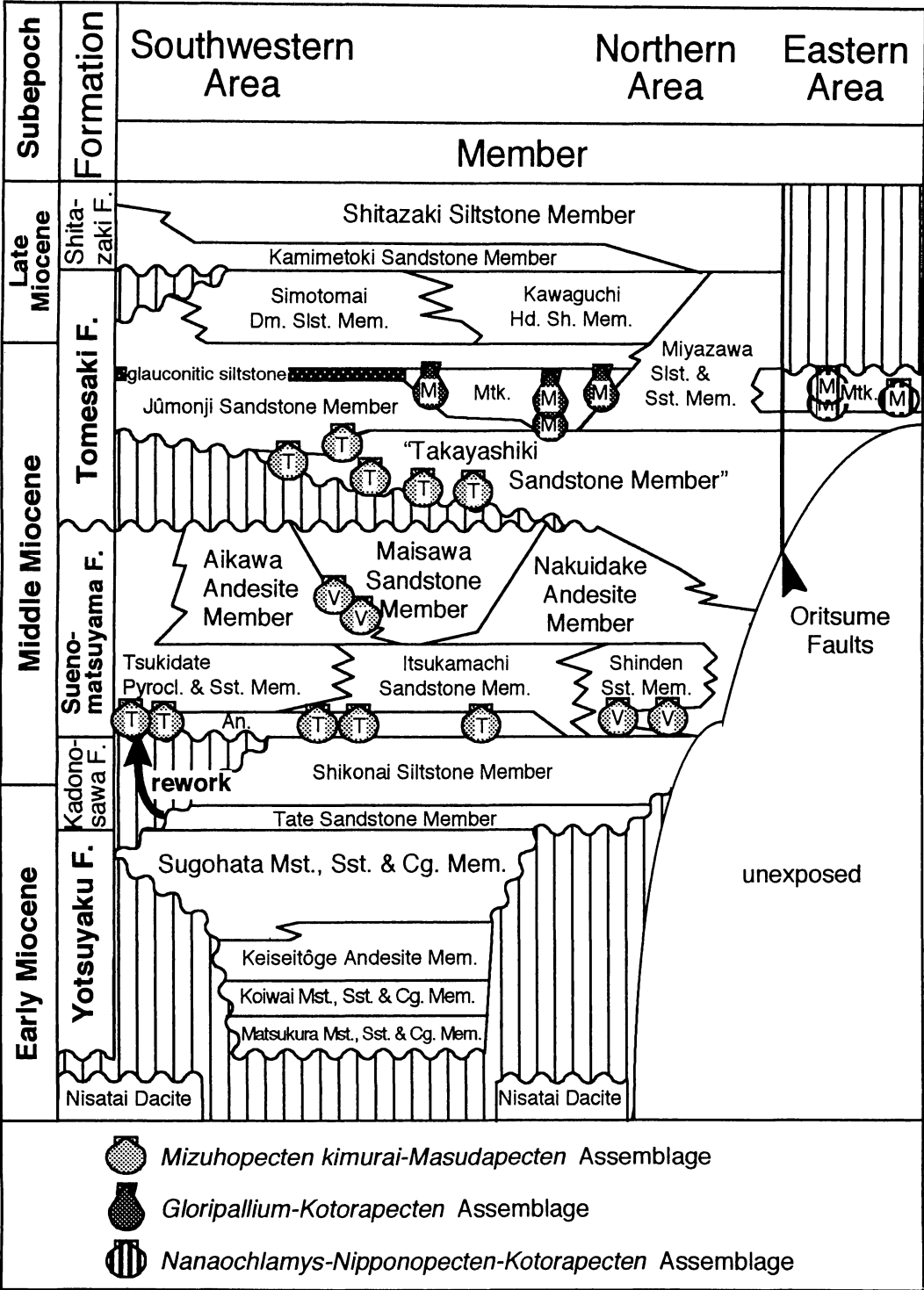
海進期の礫質堆積物ではしばしば斜交葉理が認められ、含まれる二枚貝類は通常離弁殻で、上方凸、基質支持の状態で産し、堆積時の水流の影響を示している。これらの堆積物には、フジツボ・貝類・ウニの棘などからなる生物起源の石灰質碎屑物のほか、陸源物質も多く含まれている。さらに、海進ラグ堆積物には、下位層からもたらされた二次化石が混入していることがある。例えば、末ノ松山層最下部の礫岩中には、外洋性の種である *Neptunea modesta* (Kuroda), *Cyclocardia siogamensis* (Nomura) に混じって、下位の門ノ沢層館砂岩部層よりもたらされた *Dosinia-Anadara* 群集 (Chinzei and Iwasaki, 1967) の構成要素が含まれる。この場合、二次化石は、他の同一層準には見られない要素よりなっており、産出種の古生態および下位層とのシーケンス層序学的関係を把握していれば識別は容易である。

最大海成氾濫面付近の石灰質粗粒堆積物においては、沿岸側には斜交葉理が顕著で殆どが生物起源の石灰質碎屑物よりなる貝殻砂岩が見られ、ここでは大型の二枚貝類は、層理面に沿って配列しており、海進期の堆積物同様、水流の影響を示している。一方、沖合い側においては、単層の厚さ数10cm～数mのタービダイト質貝殻砂岩よりなり、貝類は石灰質タービダイト層の基底部にのみ認められる。

また、海底火山の縁辺相においては、火山礫質粗粒砂岩中に通常は不規則に貝類、フジツボ類の

図2. 二戸・三戸地域の下・中部中新統の層序および“Pectinid 群集”の層位的分布。部層名の略号; An.: 穴牛砂岩・礫岩部層; Mtk.: 目時石灰質砂岩部層。貝類群集を示す記号の中の文字; T: 海進期の粗粒堆積物; M: 最大海成氾濫面付近の貝殻砂岩・石灰岩; V: 火山碎屑岩。→

Fig. 2. Stratigraphy of the lower middle Miocene strata in the Ninohe-Sannohe district and stratigraphic distribution of the “Pectinid Assemblage”. An.: Anaushi Sandstone and Conglomerate Member; Mtk.: Metoki Calcareous Sandstone Member. Alphabet in the symbol for molluscan assemblages is as follows; T: Transgressive coarse-grained deposits; M: Shell-sandstone or limestone around maximum flooding surface; V: Volcaniclastic deposit. →



Assemblage	Nch.-Np.-Kp.				Gloripallium-Kotorapecten						Mizuhopecten kimurai-Masudapecten																					
Formation / Member	MTK	MTK	MTK	MTK	MTK	MTK	MTK	MTK	MTK	MTK	MSW	MSW	TKY	MSW	TKY	MSW	TKY	TKD	AN	TKY	AN	TKY	TKY	TKY	SDN	TKD	TKD	SDN	AN	SDN	SDN	SDN
Species name / Locality	MZK1	MZK2a	MZK2b	YMG3	TK12	NGK1b	TK14	SRY	NGK1a	YMG2	SMY	ESM	TKM1	TJB2	KMT	TJB3	TKM2	UTM	ANU	SDS2	OKG	SDS1	STY	SAW2	WIS1a	NKZ	T-JG	EYM	TR2	YMS	WIS1b	SNK
Kotorapecten aff. kagamianus	•	•	•																													
Nipponopecten akihoensis	•	•	•	•																												
Nanaochlamys notoensis subsp. nov.	•	•	•	•																												
Chlamys (Chlamys) aff. meiensis	•	•	•	•	•	•																										
Kotorapecten kagamianus				•		•	•			•																						
Gloripallium crassivenium					•	•	•			•																						
Nanaochlamys notoensis otutamiensis of Masuda (1960)					•	•				•	•																					
Lucinoma acutilineata					•	•				•																						
Chlamys (Chlamys) hangawae						•																										
Glycymeris (Glycymeris) spp.						•																										
Swiftopecten swiftii				•																												
Spisula (Mactromeris) sp.																																
Mercenaria spp.																																
Chlamys (Chlamys) otukae							•																									
Macoma (Macoma) optiva																																
Panopea nomurae																																
Anadara spp.																																
Serripes groenlandicus																																
Nuculana nidatoriensis																																
Cryptomya busoensis																																
Macoma (Macoma) spp.																																
Nemocardium sp.																																
Cyclocardia siogamensis																																
Septifer (Mytilisepia) sp. nov.																																
Compsomya itukai																																
Saxidomus sp.																																
Acesta (Acesta) spp.																																
Modiolus spp.																																
Clinocardium shinjiense																																
Profundia cf. kurodai																																
Masudapecten iwasakiensis																																
Chlamys (Chlamys) kotorana of Masuda (1959)																																
Mizuhopecten kimurai group																																
Chlamys (Chlamys) cosibensis																																
Placopecten protomollus																																
Chlamys (Leochlamys) oidensis																																
Masudapecten ninoensis																																
Swiftopecten aff. swiftii																																

図 3. 二戸・三戸地域における“Pectinid 群集”の種類および構成種。Nch.-Np.-Kp.: Nanaochlamys-Nipponopecten-Kotorapecten 群集。部層の略; AN: 末ノ松山層穴牛砂岩・礫岩部層; TKD: 末ノ松山層月館火砕岩・砂岩部層; MSW: 末ノ松山層米沢砂岩部層; TKY: 留崎層“高屋敷砂岩部層”; MTK: 留崎層目時石灰質砂岩部層。

Fig. 3. The “Pectinid Assemblages” and their constituents in the Ninohe-Sannohe district; AN: Anaushi Sandstone and Conglomerate Member of the Suenomatsuyama Formation; TKD; Tsukidate Pyroclastics and Sandstone Member of the Suenomatsuyama Formation; MSW: Maisawa Sandstone Member of the Suenomatsuyama Formation; TKY: “Takayashiki Sandstone Member” of the Tomesaki Formation; MTK: Metoki Calcareous Sandstone Member of the Tomesaki Formation.

破片の密集層が狭在しており、この中にしばしば合弁の二枚貝類が含まれ、準自生的な産状を呈する。

共産関係に基づくイタヤガイ類群集の型と シーケンス層序との関係

二戸・三戸地域の粗粒堆積物では、二枚貝類の共産関係から *Mizuhopecten kimurai-Masudapecten* 群集, *Gloripallium-Kotorapecten* 群集, *Nanaochlamys-Nipponopecten-Kotorapecten* 群集に区分できる (図3)。これら3つの群集のうち、*Mizuhopecten kimurai-Masudapecten* 群集は、海進期の堆積物および海底火山の縁辺相のみから産し、種の多様性は高く、また、多くの内生種を伴う。一方、*Gloripallium-Kotorapecten* 群集および *Nanaochlamys-Nipponopecten-Kotorapecten* 群集は、最大海成氾濫面付近に位置する目時石灰質砂岩部層のみから産出する。古地理および堆積相から判断すれば、*Gloripallium-Kotorapecten* 群集と *Nanaochlamys-Nipponopecten-Kotorapecten* 群集のうち、後者がより浅い環境に棲息していたと考えられる。特に *Nanaochlamys-Nipponopecten-Kotorapecten* 群集では、構成種は内生二枚貝を殆ど伴わず、主として Pectinidae によって構成され、種数も少ないのが特徴である。また、*Mizuhopecten kimurai-Masudapecten* 群集、および *Nanaochlamys-Nipponopecten-Kotorapecten* 群集は、本州以南の中期中新世初期の礫質堆積物から産するものの、両者の主要構成種が共産することはほとんどない。Carthew and Bosence (1986) によれば、現在の貝殻砂より得られた遺骸群集は時間的平均化のために短期間の構成種の変動は記録していないものの、構成種は生体群集と類似しており、また、ある地点の生体群集と似通ったものが、異なる生体群集を産する他の地点の遺骸群集に似るようなこともないという。したがって、外洋の砂礫底群集は、死後の水流の影響を被っているものの、生息地外に運搬されたものとはみなせず、同相的群集として扱うことができる。

陸源物質の含有量から考えれば、海進期の粗粒堆積物の方が最大海成氾濫付近の貝殻砂岩・石灰

岩よりも堆積速度は大きかったと推定される。このことは、*Mizuhopecten kimurai-Masudapecten* 群集は *Nanaochlamys-Nipponopecten-Kotorapecten* 群集よりも陸源物質の供給の多い、すなわち堆積速度の速い環境に適応していたことを示しているのかもしれない。堆積速度の遅い環境では、時間的平均化のため、群集に含まれる構成種およびそれらの頻度の時間的変化が均されてしまうために種の多様度が高くなることが知られている (例えば Carthew and Bosence, 1986; Kidwell and Bosence, 1991; Sato, 1991)。しかしながら、二戸・三戸地域の中部中新統においては、最大海成氾濫面付近の群集の方が海進期の堆積物のものよりも一般的に種の多様性が低い。現生における陸棚上の貝殻砂の堆積速度は10cm/1000年以下と比較的遅く (例えば Nelson, 1988)、また、波浪・潮流などの影響により、砂礫底群集を含む貝殻砂の再堆積・混合が生じていることが知られている (Farrow *et al.*, 1984)。したがって、二戸・三戸地域における最大海成氾濫面付近の貝殻砂岩より産する群集のより少ない種の多様性は、沿岸域における殻の弱い種の物理的破壊を反映している可能性がある。

おわりに

以上、二戸・三戸地域の中部中新統を例に“Pectinid 群集”の型とその古生態学的意義およびシーケンス層序との関係について述べた。少なくとも、この地域に見られる3つの型の“Pectinid 群集”の産出層準とシーケンス層序の間には密接な関係があるといえる。しかしながら、これらの関係の一般性および時間的相同現象については、比較すべきデータが少なく議論できなかった。二戸・三戸地域で認められた砂礫底群集の型と堆積シーケンスとの対応がどれぐらいの普遍性を有するかは今後の課題となろう。

謝 辞

高知大学理学部近藤康生博士をはじめとするシンポジウム世話人の諸先生方には、本研究の公表の機会をいただくとともに、有意義な御教示・御批判をいただいた。記して感謝する。

文 献

- 青木 滋, 1960. 東北地方の中新世軟体動物群の時代
的変遷について. 地球科学, (48), 1-10.
- Carthew, R. and Bosence, D., 1986. Community pres-
ervation in Recent shell-gravels, English Channel.
Palaeontology, **29** (2), 243-268.
- Chinzei, K. and Iwasaki, Y., 1967. Paleocology of
shallow sea molluscan faunas in the Neogene de-
posits of Northeast Honshu, Japan. *Trans. Proc.*
Palaeont. Soc. Japan, N. S., (67), 93-113.
- Farrow, G. E., Allen, N. H. and Akpan, E. B., 1984.
Bioclastic carbonate sedimentation on a high lati-
tude, tide dominated shelf: North-east Orkney Is-
lands, Scotland. *Jour. Sediment. Petrol.*, **54**, 373-393.
- Kidwell, S. M., 1991. The stratigraphy of shell con-
centration. In Allison, P. A. and Briggs, D. E. G.
(eds.), *Taphonomy, Releasing the Data Locked in the*
Fossil Record, Topics in Geobiol., **9**, 211-290.
- Kidwell, S. M. and Bosence, D. W. J., 1991.
Taphonomy and time averaging of marine shelly
faunas. *Ditto*, 115-209.
- Kotaka, T., 1958. Faunal reconsideration of the
Neogene invertebrates of northern Honshu, Japan.
Saito Ho-on Kai Mus., Res. Bull., (27), 38-44.
- 増田孝一郎, 1986. 本邦新第三紀貝類群集の変遷 - Pec-
tinids を中心として. 瑞浪化石博専報, (6), 1-21, pls.
1-3.
- Nelson, C. S., 1988. An introductory perspective on
non-tropical shelf carbonates. *Sed. Geol.*, **60**, 3-12.
- 小笠原憲四郎, 1988. 東北日本の暖・寒流系貝類の消
長から見た新第三紀の生物事件. IGCP246・日本古
生物学会1987年年会シンポジウム(静岡)特集号, 大
阪市博.
- Sato, Y., 1991. Paleocological study of molluscan as-
semblages of the Miocene Moniwa Formation,
Northeast Japan and description of their
Pectinidae. *Geol. Surv. Japan, Rep.*, (272), 1-249, pls.
1-34.
- 津田禾粒, 1965. 東北裏日本の新第三紀動物群と岩相
- とくに中期中新世の動物群について -. 化石,
(10), 16-23.

書 評

川村信人・岡 孝雄・近藤 務編：
「加藤 誠 教授退官記念論文集」

(加藤 誠教授退官記念論文集刊行委員会，頒布価格8,000円，

A4判，612頁，1997年 3月15日発行)

サンゴ類の古生物学的研究，北上山地・北海道の中・古生界の調査・研究で大きな業績をあげられている，北海道大学の加藤 誠教授の退官記念論文集である。加藤教授は，国内の諸学会だけでなく，国際化石クニダリア研究会副会長や国際古生物学協会事務局長を歴任されるなど，世界に知られた日本を代表する古生物学者である。退官後2年もの歳月を要して出版されただけあって，かなりのボリュームの論文集となっている。

構成は，加藤教授の写真，まえがき，加藤教授略歴・業績目録からはじまり，最終講義「“Fine Skeletal Structure”のころ」の講義録，つづいて門下の研究者による，古生物関係7篇，中古生代関係19篇，新生代関係12篇，応用地質関係6篇，計44篇もの研究論文が収められている。続いて，地学教育・国際交流関係7篇，応用地質関係8篇，計15篇の報告があり，次に関係者21人の所感・思い出が収められ，最後に北海道大理学部地質学鉱物学教室第2（層位学）講座の卒業論文・修士論文リストが付けられている。

北海道大学理学部地質学鉱物学教室は，このほど地球物理学教室と合併して，北海道大学大学院理学研究科地球惑星物質科学教室に移行したので，加藤教授の退官記念論文集は旧地質学教室の総括ともなっている。

最終講義の記録を読むと，加藤氏の経歴が述べられている。氏が，父親である金沢大学教育学部の加藤 信教授の勧めで金沢大学理学部地学科を卒業されたのち，公務員資格に合格して地質調査

所に就職するつもりが誤診によって総理府札幌調達局に勤務することになり，それがもとで北大地質学教室に出入りすることになったこと。さらに，早坂一郎教授のすすめで北大大学院に進学し，湊 正雄教授の指導でサンゴ類の化石の研究をテーマとした経過，イギリスへの留学で世界中のサンゴ化石を観察し，その微細構造（fine skeletal structure）に注目して，学位論文をまとめたこと，などなど，これから古生物学に志そうという若い人々にとってきわめて示唆に富む話である。

収められている論文は，オリジナリティーに富む内容のものが多く，和文論文には英文要旨も付けられており，英文論文も5篇あり，このような言わば「私的な」論文集に収めるにはもったいないものである。報告や所感・思い出にも，重要なもの，示唆に富むもの，貴重な記録などがある。

そこで，退官記念事業委員会では，本書を関係者以外にも広く普及できるようにしよう，ということになり，希望者に頒布することになった。本書を希望される方は，下記に連絡すれば，一冊につき頒布価格8,000円（消費税・送料込み）で購入できるそうである。加藤教授の人柄と業績を学び，その門下の方々の研究を知るために，本書が広く普及されることを期待したい。

注文先：〒065 札幌市東区北21条東2丁目
北海道鉱業振興協会

電話・FAX：011-731-4534
後藤仁敏（鶴見大学）

ピーター・ウェストブルック著：地球を動かしてきた生命

(遠藤一佳・阿部勝巳・大路樹生共訳、国際書院、1997、284pp., 2500円＋税)

著者ピーター・ウェストブルック (Peter Westbroek) は、もともとオランダのライデン大学で地質学を学び、古生物学の分野で博士号を取得した生化学者である。藻類エミリアニアの殻体(ココリス)形成機構についての生化学的研究(本書6章にも紹介)、また化石に残された有機分子を免疫学的な方法によって検出するという画期的な研究方法を創出したひとりとして知られ、現在、ライデン大学生化学教室のスタッフ、オランダ王立アカデミーの会員として活躍している。彼のこの地球科学－生物学－化学にまたがる広い興味と研究経験の中から、この本は生まれてきたと言える。

著者はオランダ人で、自然の営力と文化の力が産みだした干拓地ポルダーで育った人間である。そこでは水、空、植生、家屋、堀割り、水路といったものがひとつの環境を形成し調和している。彼はこの本のまず最初に、この故郷の風景、つまり人間という生命が地球に働きかけ創造した環境、そしてそこに存在する様々な要素の調和を語ることで、この風景こそがまさに彼の思想の根底を示していることを示している。

第一部惑星「地球」の地質学、第2部生命－失われた環では、生命活動がいかに地球環境に大きな影響を与え、その形成に関わってきたか、それを我々の身近な風景、地球科学上のエピソード、彼自身の研究・体験をもとに魅力たっぷりに説明する。約2億年前に現れた1ミリの百分の一という微小単細胞藻類が地球の気候に重大な影響を与えてきたに違いないというように、そして、地質学と生物学が統合することによってもたらされる計り知れない可能性を示す。これは、これまで支配的であった物理・化学的な地球観に新鮮な刺激を与えるが、それらを非難したり、それらと競い合おうというものではない。彼は、細分化する

ことによって発展し、しかしそれが故に互いの関係がよく分からなくなってしまった科学の諸分野が、地球システムの理解のために再び統合される必要性を説いている。そして中でも、これまであまり目を向けられなかった地質学と生物学の統合による地球観、すなわち生命活動が地球に与える影響を地質学的時間を加えた四次元の中において考えることの意義を主張している。

第3章惑星スケールの生命では、まず生物圏とはいかなるものかという議論を通して、生命の役割は地球自体を包括的に視野に入れることによってのみ正しく捉えられることを説いている。そして、ギャレルズらによる地球モデルとラヴロックのガイヤという概念を比較しながら、生命の役割を理解するためのアプローチとして、生命現象を地学現象に組み込んだモデルの構築を提案する。このモデル化には、コンピュータ・シミュレーションが不可欠であり、モデルの検証には地質学的な歴史がガイドになると主張する。このモデル構築にいたる議論では、彼が科学における理論・仮説・モデルといったものをいかに捉えているかを知ることができて興味深い。

最終エピローグでは、人間と地球環境の関係を扱い、まず人類がすでに100年以上にわたって火の使用により地球規模の気候に重大な影響を与えてきたという仮説を提示する。ここには、人間もまた地球を動かしてきた生命であり、その文化の力によって地球に世界的規模の変化をもたらしてきたという著者の思想が表れている。そして、現代の科学と技術がもたらした地球環境問題もこの流れの中で捉えようという意図がみられる。これはこの問題に取り組む上で、未来の地球を文化の領地、すなわち一種の公園、大規模な実験室、あるいは巨大な芸術作品として考えようという主張の中にも読みとることができる。この様な人間

と地球の関係は、極端な言い方をすれば、地球を文化の力で管理しようとする思想であり、まさにポルダーに生きてきた住人の発想といえる。自然に対してはむしろ受け身に、あるがままの中にとけ込むことをよしとしてきた日本人にすれば、地球に対し人間がこれ以上干渉しても災厄をもたらすだけだと感じる人は少なくないに違いない。しかし、今や文化的生活を営んでいると自覚しているであろう日本人にとって、彼の思想は一度は聞くに値するものである。

本書を通読した読者は誰しも、地球システムの理解には科学の諸分野の統合、特に地球科学と生

物科学の統合が重要であるという著者の主張に同意するに違いない。しかしその一方で、この統合は決して容易なものではなく、その道のりはまだまだ遠いと感じるだろう。しかし、考え方が改まることから新しく何かが始まるのであり、それが大切なのである。

訳文はとても読みやすい。原文の意味を確実にとらえながら、豊かな日本語に仕上がっている。これは、訳者が著者の地球観・科学観を十分理解した上で、それを分かりやすく忠実に伝えようとした意欲のあらわれであろう。

金沢謙一（東京大学総合研究博物館）

国際会議報告

21世紀の古生物学——国際ゼンケンベルグ会議*

大路樹生**

はじめに

古生物学をとりまく状況は現在のところ満足すべき状態なのであろうか。また21世紀に向けて古生物学はどのように進んでいくべきであろうか。古生物学が現在直面するさまざまな問題のうち、とりわけ深刻なことは研究機関の古生物学者のポストの減少、古生物を目指す学生の減少、研究費の減少などであろう。このことは国によって多少の違いはあるものの、共通した問題といってよいのである。21世紀に向けてわれわれ古生物学者は現在どのような状態にあり、より良い将来に向けて今後何をすべきかを考えようと、9月4日から10日までの1週間、ドイツ、フランクフルトのゼンケンベルグ自然史博物館で国際会議(“the Paleontology in the 21st Century Workshop”, 略称“Paleo21 – Senckenberg International Conference”)が開かれた。土日も休まず、毎日朝8時から夕方5時まで(実際には5時には終わらないことも多かった)、座り心地の良い椅子に座り続けて議論という、勤勉なドイツ人も驚くような会議であった。しかし、この会議で議論された内容は、各国の古生物学の将来にも深く関係する問題を含んでおり、またアメリカやヨーロッパの古生物学の現状の問題が早晩日本にも影響するであろうことを考えれば、ここに紹介させていただく意義は十分にあると思われる。

会議は何人かの組織委員会を中心に2年前から準備されていた。最初は石油企業関係の応用古生

物学者や、微古生物学者を中心に、古生物学の将来についての議論を行おうと企画されたものらしいが、これに大学や博物館などの学術機関の研究者も交えて、より広い古生物学分野の議論をしようということになったようである。会議自体を実のある、活発な議論の場にしようということで、アメリカとドイツの組織委員会が中心になって各国から計約100人を選び出し、小人数のグループに分かれてとことん議論しよう、というのが趣旨である。実際アメリカからの出席者がもっとも多かった(41人)のであるが、出席したいのに呼ばれなかった、会議の存在自体も知らなかった、という不満が寄せられたようである(特に多くのアメリカ人から)。そこでこの会議では、ゼンケンベルグで実際に行われる会議と共に、その議論の詳細をインターネットのウェブページで公表し、ニュースグループ、“PaleoNet”上で会議後1ヶ月間にわたって活発に議論を行おう、という新しい試みがなされた(ウェブサイトは<http://www.nhm.ac.uk/paleonet/paleo21/>)。10月10日現在、会議報告は一応完成し、各参加者に電子メールで配布されたが、このウェブサイトにはまだ掲示されていないので、会員で会議報告を入手希望の方は私まで請求していただきたい。なお、私は鎮西清高氏への出席依頼に対し、彼の代理として出席した。日本からは残念ながら私1人のみの出席であった。国際会議とはいいながら、国による出席者の偏りはひどいものがあった。

実際に会議が行われるかなり前から、あらかじめ25にわたるトピックが選ばれ、これに対して各トピックの責任者が中心となって会議の3ヶ月前にアブストラクトが作成された。このアブストラクトはインターネットのウェブページ

* International Senckenberg Conference – Paleontology in the 21st Century

** Tatsuo Oji 東京大学大学院理学系研究科地質学専攻

(Paleo21)にも掲載され、これにより会議前に参加者が議論の具体的イメージを持って会議に臨むことができた。

本会議では、1日に7-9トピックが議論された。それぞれのトピックは午後半日間、小人数（数人から10人程度）に別れて議論し、その結果を翌日の午前中、全体会議で議論し直し、古生物学全体にわたる問題点や行動指針を選び出していく、という形で行われ、このパターンが毎日繰り返された。トピックごとの議論では、コンビーナーの他に2人の書記を選ばれ、会議の進行に合わせて1人がボードに貼られた大きな紙に議論の要点を次々にメモし、もう一人の書記がラップトップコンピュータにそれを入力するという形式で行われた。この小人数の議論では、時に内容が発散し、まとめて苦労することが多かったものの、参加者全員が自由に意見交換でき、充実した各国の異なる事情が紹介され（たとえば研究者をめぐる状況、研究費、博物館の標本の管理、実態など）、その解決も国によって違って来るわけであるが、結構どこでも同じ問題を抱えているなというのが私の第一印象である。半日間ではとことん議論という訳にもいかないが、私の出たトピックでは皆、何とか議論を夕方にはまとめて翌日の全体会議に備えることができた。しかし、別のトピックでは、ホテルに帰って夕食後、再びグループが集い、レポートの作成に取り組む姿も見られた。この点、皆真剣に問題点の整理と将来への課題を考えていたといえる。会議の後半には、数あるトピックの中から重要事項を選び出し、またいくつかのトピックと統合し、特に優先度の高い6つの問題点について議論が行われた。そして、それぞれの目指すべきゴールと、それに向けた行動指針が具体的に記された。以下では、まず会議で採用された「前文」と、議論された25のトピックを挙げ、その中から私の感想を交えて議論の内容を少々述べさせていただく。その次に、会議で優先度の高いとされた6つの最重要課題を紹介する。

この会議の報告は参加者が自国の古生物関係の雑誌に紹介することになっており、出版後にその記事のコピーを組織委員会に送ることになっているが、日本語で書くこと（すなわち会議の主催者

が読めないこと）をメリットに、私の多少偏見の混じった感想を書かせていただくことにする。

会議報告の「前文」

会議では、以下のような「前文」が採用された。以下に訳を示す。多少ぎこちない訳ではあるが、お許しいただきたい。

「古生物学者は生命の歴史に関する管理人であり、地球の歴史の中で生命の果たす役割の理解を押し進める役割を担う。」古生物学は以下のものを与えてくれる。

- * 自然界において人類がどのような位置にあるのか、ということに関する唯一の歴史的な見方
- * 産業が必要とする資源の発見や、農業の発達のための道具、手段
- * 過去の変化に対して地球システムがどのような感度で反応したかを理解するための枠組み、人間社会に対して生態系の変化がどのような結果をもたらすかという予想識別のための枠組み

21世紀のはじめには、古生物学者は生物圏の統合された包括的な歴史を発展させる機会を初めて持つ。この古くからの伝統を持つ分野を新たな局面へと導く最近の発見と分析的な進歩には、以下のようなものがある。

- * 過去には不可能であった、洗練されたレベルでのデータ処理、分析、モデル化を可能にした新たなコンピュータ技術
 - * 現生、化石生物の進化上の類縁関係について、テスト可能な仮説を生み出す精密な方法を与えてくれる系統学的方法論
 - * 地質事変の時間的順序を、未だかつてないほど精密に決定できる、地質年代測定学、地質年代学、高分解度層序学
 - * 生物学的、地質学的理論の発展、そして古生物学が記載的なものから、一層未来を予測可能な科学へと成熟すること、これらはいままで不可能であった物理的、生物学的プロセスのさまざまな説明を可能にする
- 従って1998年初頭に、古生物学者集団は、

地質時代を通じた、広い生命と地球の間の相互関係の、過程を重視した分析を始める予定である。我々は現在存在している多様な生物をもたらした進化のパターンとプロセスを知りたいと思っている。また、過去にどのように生物が変化したかということが、地球環境に起因し、地球環境に大きな影響を与えたという事実を我々はよりよく知りたいと思っている。地球システムの発展において生命が主要な営力であったという事実は、生命の歴史を研究する者たちに対しこの努力を先頭に立って引っ張っていくという強力な地位を与えることになる。

以上の前文は、やや抽象的ではあるけれど、古生物学者は、地球科学、生物科学等のなかで、どういう地位にあって、どのような存在意義があるか、ということを考える上で一つの答えを与えてくれるように思われる。

会議で取り上げられた25のトピック

以下に会議で取り上げられた25のトピックを列挙する。これらのアブストラクトは先ほど示したウェブサイトに掲載されている。

1. 組織（我々の雇用者、資金源、社会）
 - a. 学術機関における古生物学
 - b. 21世紀の化石商（標本を扱う商売）
 - c. 企業コンサルタントとしての古生物屋
 - d. 政府からの研究費
 - e. 政府機関における21世紀の古生物学
 - f. アマチュアの前古生物学者
 - g. 21世紀の産業関連の古生物学
 - h. 博物館と研究機関における21世紀の古生物学
 - i. 21世紀の古生物学の学会
2. 古生物学のテーマ
 - j. 21世紀の宇宙古生物学
 - k. 21世紀の生層序学と地球年代学
 - l. 21世紀の機能形態学
 - m. 地球生物学・生命地球化学
 - n. 21世紀の大進化
 - o. 21世紀の古気候学

- p. 21世紀の古生態学・パレオバイオロジー
- q. 21世紀の古海洋学
- r. 分類学（systematics）—古生物学の必須事項

3. 古生物学の内部構造

- s. 21世紀のコンピュータ、数量化、データベース
- t. 古生物学におけるキュレーティング・標本
- u. 21世紀の古生物学とメディア
- v. 21世紀の古生物学と民間への関わり
- w. 21世紀の古生物学の出版
- x. 21世紀の古生物学の政府による規制
- y. 21世紀の古生物学の大学教育

先にも述べたとおり、これらのトピックについて、参加者が少人数に分かれ、議論が行われた。以上見てわかるとおり、21世紀に古生物学そのものをどう進歩させていくべきかという、理念的な面について議論するというより、どちらかという古生物学を取り巻く状況を把握し、将来に向かってよりよい基盤を築いていくにはどうしたら良いか、ということに議論の中心が向けられていた。この点に関しては、アメリカからの参加者が多かったため、議論がこのような流れになったように思われた。それに対し、ヨーロッパ等の参加者からはむしろ研究面でどのような方向づけが行われるべきかという議論が多く出されたように感じた。

それぞれのトピックでは、私の参加したものは少数ではあったが、興味深い議論が行われたものがいくつかあった。そのうち、以下に2、3のトピックなどに関して議論の内容を記させていた

分類学（Systematics）——分類学の重要性は多くの古生物学者が認めることであるが、このテーマでの研究費を獲得することは容易でなくなっている。他の分野や一般から分類学が重要である、と認められることはなかなか難しい。これからの時代を考えたとき、若い人にまず分類学を奨め、その重要性を理解させるべきであるが、同時にほかの学問領域と関わることも奨めるべきである。また、初めから狭い分類群に限った分類学的

な研究を若い人にまずさせるのではなく、広い見方をするを奨めるようにするべきであるという意見や、古生物学には、generalist, specialist, synthesist のいずれも必要であるという意見が出された。

標本、データベース——博物館や研究機関の標本群についてまず議論されたことは、保管の問題である。多くの博物館等では、今までに膨大な数の標本を登録、保管し、今後新たな標本を受け入れることが期待される一方で、物理的な空間や整理、登録に要する財源、人的な資源には限りがある。今後どのような方針で博物館は標本を扱うべきであろうか。具体的な例として、U.S. national Museum of Natural History (Smithsonian Institution) の例がまず挙げられた。ここでは、かつて同じ建物にあったアメリカ地質調査所の持っていた、所属の明確でない大量の標本が保管されているが、これを今後どう扱うかという問題に直面している。このように、所属がはっきりせず、行き先のない標本のことを「孤児標本」“Orphan collection”と呼ぶ。アメリカでは連邦法の規定により、公的な博物館にある標本はタイプ、研究されたもの、そうでないものに関わらず廃棄処分することは許されておらず、しかし物理的な空間はかぎられているという矛盾した状況にある。具体的には標本に優先順位をつけ、もちろんタイプや研究に使われた標本類はもっとも優先度が高いが、ラベルもなく産地も分からない標本は一般にまず価値がないとみなされ、裏庭に積み上げられても仕方がないであろう。日本ではこのような標本保管の規定すらない所が多いので、標本の運命は研究者の良識に委ねられているのが実状であるが、

21世紀に向けて、データベースの充実と、標本のデジタル画像情報の公開が一層進むことと思われる。これは、インターネットの普及と共に、“PaleoBank”として各研究者が持っている古生物データを同じフォーマットのもとに、共有できる形を目指すべきだ、という興味深い意見が出された。特に特定のタクサの層序分布、地理的分布など、このデータベースが果たすメリットは限りなく大きいだけでなく、大きな規模での共同研究が生み出される可能性も秘めていると思われる。

これは私が紹介した例であるが、東京大学総合研究博物館（旧総合研究資料館）では標本情報のデータベース化や標本の画像取り込み、インターネットでのアクセスをはかる計画が進行している。また、同様の計画は他でも進行中であると聞く。これは遠方や国外の研究者にとっても単なる標本リスト以上の情報が居ながらにして得られ、得られるものが大きいと思われる。しかし同時に、古生物学の多くの分野では、実際の標本の研究がもっとも基本であるべきで、デジタル情報が充実しても標本の価値に変わりはない。実際の研究は標本を手にとって、あれこれいじくりまわしたり、計測したり、切ってみたりして初めて多くの情報が手に入るのである。理論形態学や既存のデータベースに基づく多様度の時間的変遷などの議論では、必ずしも標本に直接基づく研究ばかりではないかもしれない。しかし、つまり、デジタル情報の進行によって標本の扱いが軽んじられるようなことがあってはならないと私は考える。この議論のなかで、Dolf Seilacher は「標本なくして古生物学なし」と発言し、多くの賛同を集めたのはもっともなことである。

電子出版——コンピュータ、インターネットの普及により、紙に印刷した形以外の「出版」が行われるようになってきている。Norman MacLeod, Timothy Patterson を編集長とし、古生物学の電子出版の「雑誌」、*“Palaeontologia Electronica”* が現在第一号に向けて原稿を募集中である。図をどうするか、別刷りは作るのか、命令規約上の問題をどうするのかなど克服すべき問題点は多々あるものの、とにかく出発させてみようではないか、という積極的な意見が若手から出された。投稿からレビュー、そして出版までの時間を大幅に短くすると言うメリットは大きいと思われる。投稿規約、原稿作成のガイドラインについてはウェブサイト (<http://www.ucmp.berkeley.edu/Paleonet/pe/glines> または <http://www.nhm.ac.uk/paleonet/pe/glines.html>)、あるいは私までお問い合わせいただきたい。

25のトピックは、ともすると抽象的な議論を多く含んでいた。たとえば、機能形態のトピック

では生物学との一層のリンクをはかり、化石を理解してゆくべきである、という提言が一つなされたが、これは多くの古生物学者がすでに当然と感じていることであろう。すなわち議論はもっと具体性のある行動指針を含むべきであるとの意見から、会議の後半のまとめを行う段階で、以下の6つの最も重要な問題点が集約された。

1. 一般への関与・働きかけ
2. 資金
3. 人的資源・教育
4. 異なる分野との協同
5. データベース・標本
6. 発展途上国の古生物学への援助

これらについては、アメリカの出席者が中心となって今後、具体的にどう行動を起こして行くべきかが決められた。たとえば1の一般への関与、働きかけでは、国際的協力して各国の実状にあわせた行動がとられるよう、今後国際的な“Liason committee”を作ることになった。また、5の標本に関しては、各研究機関にどのような標本がどのくらい、どのような状況で保管されているか等について、今後質問状を用意し、各機関から提出してもらう、といった計画がされている。

会議で議論された、議論のまとめ

全体として古生物学をいかに守っていくかという方向に議論が進みがちで、新たな方向や、ブレイクスルーがどうしても次の世代に期待され、育てていけるのかということがあまり議論されなかったように感じたのは私だけであろうか。地球惑星物理、地球化学など古生物学以外の分野では、研究者の数も増加し、その必要性が論じられるのは、単にこれらの分野がうまく戦略的に立ち回っているということだけが理由であろうか？現状から未来のことを予測するのは極めて困難ではあるが、古生物の研究面での新たな展開を期待できるような雰囲気を作り出すことこそ重要ではないかと思われる。

「現在は過去を解く鍵である」という名文句から派生した、「過去は現在を解く鍵である」ある

いは「過去は未来を解く鍵である」ということがよく会議で持ち出された。これは古生物を研究することの意義をわかりやすく与えようという意図である。地球環境の問題、種の保全の問題、など、古生物から得られた知識が役立つと思われることもあるだろう。特にアメリカ人にとって、これは格好の良いスローガンのようで、未来の古生物学への原動力にしたい、と思っているようである。しかし、ドイツの出席者から異論が出されたように、過去の環境変動のスケールは、細かくてもせいぜい数千年から数万年サイクルの研究であり、古生物の種の多様性の変化にいたってはもっと粗いスケール（数十万年から数百万年）でしか議論できない。これを人類の未来に関わる問題を解く鍵とか言うのはいかにもおかしい、という反論である。21世紀のことを議論するので、今、多少夢物語的なことも将来の目標とするのであるから許されることではないか、とも私には思われる。

他にも会議ではアメリカ人とヨーロッパ人との意見の違いが時折見受けられた。ドイツ人を中心とするヨーロッパの人は、古生物の理念的な面を重要視し、各ディシプリンのとるべき方向を模索する。これに対し、アメリカ人は実際の面を重要視し、いかに一般にインパクトを与え、政治に対して行動し、大きな使命をぶち上げるか、ということを重要視する。行動指針にはじめから無理だ、と思われる大プロジェクト（たとえば2020年までに生命の歴史のすべてを明らかにし、化石に残らないものも含めてすべての生物の系統関係を化石記録、分岐分類、分子生物学など多方面から明らかにする、など）を生命として盛り込もうとする。ヒトゲノム計画などのビッグサイエンスを意識しているのである。いったんこのような大計画が受け入れられ、研究費がつけば、直接その使命が達成されなくても、付随する分野で多くの貢献が期待される、という論拠なのであるか。このあたりがお国柄がもろに出て面白いところである。私自身はドイツ人などの意見に多少近く、大きなスローガンをぶち上げるより、研究面で優れたブレイクスルーが出て来なければ21世紀の古生物はありえない、と思うのだが、アメリカ人に言わせればとにかく研究を周囲に認めさせるこ

とが大事なのであろう。

また、これはほかの国際会議でもそういう傾向は見られるが、全体会議では、アメリカ人がほとんどをリードしていた。もちろん少数のアメリカ人はほかの国の意見を尊重するが、ほとんどはかき消されていた。これは単に言葉の問題だけではなく、議論の仕方の問題でもある。小学生の頃から人前に出て、自分の意見をはっきりという訓練を受けてきている人間の集まりと勝負しようとしても、はじめから無理である。これらの意見は私だけの意見ではなく、ヨーロッパ、ラテンアメリカからの出席者が感じていたことである。

以上のことを書くと、私がアメリカ人嫌いである、と思われるかもしれないが、そうではない。このような国際会議で将来の古生物学を考える際、その議論の仕方に問題があった、ということが言いたいのである。とにかく21世紀になって、古生物学が一層発展し、20世紀の末に行われた会議が非常に重要な役割を果たした、と評価される

ようになってほしいものである。

当会議は1回限りのもので、とりあえず次の予定はない。現在トピックの責任者らが中心となり、会議の最終報告が作られつつある。10月に行われるアメリカ地質学会（ソルトレークシティ）の際に、アメリカ人を中心に集まりがもたれるようである。6つの重要な問題点にあげたように、これから具体的な行動が起こされ、再びこのような会議がもたれることを期待したい。

最後に、この国際会議を経済的に支援した団体を列挙する。ドイツ（Senckenberg Museum, Deutscher Forschungsgemeinschaft, Zeller Brunnenbau）、アメリカ（National Science Foundation, Amoco Corporation, Mobil Corporation, Shell Offshore, SEPM Foundation, Paleontological Society, GCSEPM, Paleobotanical Section BSA）、その他（IPA, Lethaia Foundation）である。

学 会 記 事

日本古生物学会定例評議員会議事録

平成9年6月27日(金) 13:30~18:10

於: 豊橋市自然史博物館

出席者: 池谷会長, 速水, 鎮西, 斎藤, 森, 猪郷,
糸魚川, 長谷川, 瀬戸口, 小笠原, 小泉,
北里, 棚部, 平野, 小澤, 加瀬, 大野,
八尾, 間嶋, 大路

委任状: 小島(→鎮西), 富田(→加瀬), 前田
(→瀬戸口)

欠 席: 濱田

書 記: 千葉 庶務幹事

<報告事項>

1. 常務委員会報告(北里)

庶務: ①日本学術会議第17期会員候補として斎藤常正君を, 推薦人として池谷仙之君を推薦した。②文部省より Paleontological Research 出版助成が採択となった旨の連絡があった。③ British Council 主催のクリスマスレクチャーおよび滋賀県琵琶湖博物館主催の世界古代湖会議への本会の後援を了承した。④平成9年度科学技術研究費補助金研究成果公開促進費「研究成果公開發表B」に申請していた, シンポジウム「カキの生活と進化」は不採択になった。⑤財団法人自然史科学研究所に預かっていただいていた古生物学会蔵書が, 同研究所の移転に伴い, 新たな引受先を探さねばならないとの報告があった。⑥私立大学図書館協会・東部地区部会研究部「会議資料収集の手引き1997」, 朝日新聞社電子電波メディア局データベース・セクション「人物・団体」係, World Guide to Scientific Associations and Learned Societies 7th edition, The World of Learning のアンケートに答えた。渉外: Paleontological Research の研究成果公開促進費交付申請書を文部

省に提出した。会計: ①1997年年会・総会(京都大学)への参加者は324名で, 収入は921,500円, 支出は270,000円であった。② Paleontological Research 裏表紙の申し込み用紙から機関会員に関する記述を除いた。行事: 次回の1998年年会・総会シンポジウム案が大野照文君より示された。会員: 入会会員18名(うち追加報告4名), 退会会員11名(うち賛助会員1)が報告された。広報: 古生物学会ホームページ案を作った。友の会: ①現会員240名中80名が会費未納である。②ニュートンに友の会入会の広告を掲載する予定である。

2. 会員の入退会報告(平野)

前回評議員会以降, 18名の入会(吉川博章, 藤本艶彦, 内野温子, 内田淳一, 添田雄二, 栗原敏之, 伊達芳正, 井上貴央, 椋田崇生, 東篠文治, 田中宏明, 荒井晃作, 藤田和彦, 松村由利子, 藤本信次郎, 劉 建波, 白木正弘, 佐野弘好), 1賛助会員を含む11名の退会(藤田郁男, 西田範行, 大房盛彦, 浅賀正義, 里美和久, 於保幸正, 大山直見, 浅井秀彦, 岡嶋 昭, 竹内貞子, ジャパンエナジー石油開発(株)探査部), 1名の逝去(今村外治)があった。現在, 総会員数は1,038名である。

3. 編集状況報告

欧文誌(森): ① Paleontological Research の vol. 1, no. 1 が完成した。論文番号をつけてしまったので, 次号から番号を削除する。②宣伝用に700部増刷した(500部研究機関向け, 200部は個人宣伝用)。また宣伝文を配布時に挟み込む。③ Vol. 1, no. 2 からは編集時にフロッピーディスクを用い経費節減に務める。化石(棚部): ①化石62号編集状況について報告があった。②新しい名簿用カードを入れた。③入会申込書に入会年度を書き加えた。④学会シンポジウムの内容は

一部を63号に掲載する。⑤総説的なものとして解説記事を掲載予定。

特別号（北里代理）：①特別号のstockを九大から科博に移した（Bibliographyまでは九大が編集）。②Bibliographyを対象に行っていた平成9年度の出版助成金の申請は採択に至らなかった。学会として出版費を支出して出版の予定である。

4. 学術会議・研連報告（森・八尾・池谷）

①古生物研連：①研究連絡委員会の見直し案の経過が報告された。②地質科学関係学協会連絡協議会の設立案について報告があった。③サイエンスミュージアム小委員会の審議について報告があった。④古生物タイプ標本のデータベース化について説明があった。

②地質研連：会議報告ならびに審議事項について説明があった。

③第17期学術会議会員選挙：本会推薦の斎藤常正候補が会員に選出された。

5. 自然史学会連合報告（速水）

①自然史学会連合は10月4日に総会を開き、シンポジウム「動物達の過去・現在・未来—絶滅の科学—」を10月25日に国立科学博物館分館講堂にて行うことを決めた。②代表執行部の改選がある。③学術会議の中に自然史科学のセクションを設けることを検討中。

6. 学校科目「地学」関連学会間連絡協議会報告（平野）

各参加学会の活動状況が報告された。

7. 地学関連学会間連絡協議会報告（森・池谷）

これまでの経過説明と今後の見通しについて報告された。

8. その他（小笠原）

本年10月に九州大学で開催される地質学会における古生物学会主催シンポジウム案について説明があった。

<審議事項>

1. 科学研究費配分委員候補者の推薦

①地球科学二段委員については3名が推薦され、投票の結果、池谷仙之君を第1位で推薦する。②層位古生物一段委員については、平成9年度からの留任として大路樹生君を承認した後、

新規候補者として6名が推薦され、投票の結果、1位瀬戸口烈司君、2位小笠原憲四郎君を推薦することとした。③地球化学一段委員については2名が推薦され、投票の結果、大場忠道君を推薦することとした。④時限付き分科細目「自然史科学」一段委員として、森 啓君を推薦することとした。

2. 第17期学術会議研究連絡委員会委員の選出

①古生物研連委員として、棚部一成、平野弘道、池谷仙之、小泉 格、野田浩司、瀬戸口烈司君の6名を選出した。

②地質研連委員として、八尾 昭君を選出した。

3. 自然史学会連合

役員としては速水 格君を留任とし、幹事として加瀬友喜君を指名した。

4. 欧文誌、化石、特別号編集委員の選出

欧文誌、化石、特別号の各編集委員を以下のよう

に選出した。
①化石：棚部（委員長）、遠藤（幹事）、阿部、北里、瀬戸口、小澤、大野、間嶋、松岡（数）（以上編集委員）、②Paleontological Research：森（委員長）、前田（副委員長）、島本（幹事）、長谷川（四）、平野、加瀬、小笠原、谷村、富田、植村、八尾（以上編集委員）、③特別号：富田（委員長）、甲能（幹事）、野田、植村（以上編集委員）

5. 1998年度年会・総会および147回例会その他（間嶋）

①1998年度年会・総会は、来年1月30日－2月1日に神奈川県立生命の星・地球博物館において開催する。また、2月1日には公開講演「カキの生活と進化」（講演者：鎮西清高君）を開催する。公開講演は従来普及講演と呼んでいたが、普及という言い方に対し問題が指摘されたため、呼び方を変えることとした。また年会・総会シンポジウムとしては「復元科学としての古生物学」（世話員：濱田隆士、小泉 格、瀬戸口烈司、大野照文）の開催を承認する。なお、案のタイトルに対し、単なる復元だけではなく未来予測の意味も含めてはどうかとの意見が出された。②147回例会は来年6月、北海道大学で開催することが承認された。③1999年年会・総会は東北大学で開催する予定で話を進めている。また148回例会

は兵庫県立人と自然の博物館で開催する案が承認された。④2000年年会・総会は早稲田大学で開催するという案とその際に持たれるシンポジウム案が示され、この方向で準備を進めていくこととした。

6. 第三次長期計画委員会委員

常務委員会で検討した各小委員会委員を報告し、それらを承認した。

- ① 科研費小委員会（小委員長；大野）：間嶋，瀬戸口，中森，濱田
- ② 後継者育成小委員会（小委員長；棚部）：平野，富田，小竹，島本，松岡（数），千葉
- ③ 普及書小委員会（小委員長；森）：平野
- ④ 一般普及・博物館小委員会（小委員長；加瀬）：岡崎，重田，真鍋

7. 学会賞

学会賞選考委員会が発議され、評議員中の会長経験者4名と現会長で委員会を構成したいとの提案が承認された。

8. 古生物学会蔵書

現在、自然史科学研究所に寄託保管中の学会蔵書を、同研究所の事情により、移転先を探すこととした。まず、寄託するか売却するかについて議論をし、学会の唯一の財産であることから、売却はせず、あくまでも寄託することで話を進めていくこととした。寄託先としては福井県立恐竜博物館と静岡県立博物館が当面の候補として上げられ、それぞれの受け入れ条件を検討した。あくまでも古生物学会が主導権を握ること、便利なところのほうがいなどの意見が出されたが、寄託先の結論は出なかった。緊急ということであるので、評議員会の議論を踏まえた上で、今後これ以外の候補があらわれた場合も含めて常務委員会で判断することとした。

会員の入・退会の受付（1997年9月27日常務委員会提出分）

入会：普通会员11名（武田純江，田口公則，土井寿子，織田聖子，坂倉範彦，鈴木雄太郎，河野隆重，砂川奈都召，高橋亮雄，尹 哲洙，田中源吾），および退会2名（早風恵美子（普通会员），中村耕二（特別会員））を受け付けた。また逝去

会員1名（甲藤次郎）があった。

1997年7月27日現在の会員は、普通会员698名，特別会員282名，名誉会員17名，賛助会員9名，海外会員40名（内特別会員1名）の計1,046名で、1997年6月27日の定例評議員会開催時の会員数と比べ8名増である。

行事予定

◎1998年年会・総会は1998年1月30日（金）～2月1日（日）に、神奈川県立生命の星・地球博物館で開催します。一般講演の申し込み締切は12月5日です。シンポジウムとして1月30日に「復元科学としての古生物学」（世話人：大野昭文，小泉 格，濱田隆士，松島義章）が予定されています。

◎第148回例会は1998年6月27日（土）～28日（日）に、北海道大学で開催が予定されています。一般講演の申し込み締切は1998年5月10日です。シンポジウムとして「復元科学としての古生物学（その2）」（世話人：岡田尚武，他）と「ユニバシティ・ミュージアム」（世話人：小泉 格，他）（いずれも仮題）の2件がすでに申し込まれていますが、このほかに夜会小集会などを企画されている方は、計画の概要（名称，世話人，発表者，趣旨など）を行事係までご連絡下さい。

学会講演の申し込み先：

〒240 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教室 間嶋隆一（行事係）

問い合わせ先：間嶋隆一

TEL 045-339-3349直通

FAX 045-339-3264学部事務局

E-mail majima@ed.ynu.ac.jp

HDA01631@niftyserve.or.jp

樽 創（行事係幹事）

〒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.or.jp

化石友の会会員の皆さまに

日本古生物学会和文機関誌第63号から、毎号1～2頁ほど「化石友の会」関係の記事が掲載できるようになりました。

① 平成10年(1998年)度の学会の総会・年会は、すでにお知らせ申し上げましたように、1月30日(シンポジウム・特別講演)、1月31日(個人講演・総会)、2月1日(個人講演ほか)の3日間、神奈川県立生命の星・地球博物館で開催されます。参加費は「化石友の会会員」に対しては割引きとなります。総会・年会にご出席の方は、受付で参加手続きをし、参加費を納入された方は、講演予稿集を受け取って下さい。

② 講演予稿集だけをご希望の方は、開催日の50日前までに、「はがき」でそのむね、下記にご連絡下さい。申し込み期限を過ぎますと、予稿集の入手ができなくなります。

この「化石63号」がお手もとに届くのは1月中旬ごろになると予想されます。よって今回に限り、申し込み期限を別便でご連絡します。

③ 学会の会計年度は、1月1日～12月31日です。よって、平成10年度会費(3,000円)を3月末日までに納入して下さい。会費納入のための振込用紙は②とともに、12月はじめごろにお送りします。

④ 財団法人自然史科学研究所では、3年前からつぎのような研修を行っています。

- 1) 春季(3月末)、冬季(12月末) 古生物学研修(各4～5日間)
- 2) 夏季野外研修(8月はじめ)、3泊4日
- 3) 自然史科学土曜研修(毎週土曜日、14～16時、全30回)

これら研修に対して、現在まで延べ120名の方が参加されましたが、平成10年度春から、研修を「化石友の会」と共催で実施することが予定されています。くわしくは、別にご連絡を申し上げます。

⑤ 「化石友の会」に入会をご希望の方は、「はがき」で財団法人自然史科学研究所(学会事務センターではありません)あてにお申し込み下さい。

お申し込みのあった方には、会費納入用の振込用紙をお送りします。なお、会員となるための資格などは定めておりません。

「化石友の会」の会員に対するサービスはつぎのとおりです(年会費は3,000円で、他の学会と同じく前納制です)。

- 1) 和文機関誌「化石」(年2回、6月および12月)の送付
- 2) 学会の総会・年会(例年1月末～2月はじめ)および例会(6月末)のご案内とプログラムの送付
- 3) 古生物学に関する諸行事および新刊書のご案内
- 4) 古生物学に関するご質問の受けつけ、および研究者の紹介

なお、入会された方には、他の郵便物とともに会員証をお送りします。

⑥ 「化石友の会」の事務取扱いは、すべて下記で行っています。

日本古生物学会「化石友の会」

c/o 〒171 東京都豊島区高田 3-14-24

財団法人 自然史科学研究所

TEL : 03-5992-9153, FAX : 03-5992-9154 (担当: 大花民子)

特別号第37号発刊のお知らせ

Bibliography of Palaeontology in Japan 1991-1995. By Noriyuki Ikeya, Katsumi Abe and Akihisa Kitamura.

Palaeontological Society of Japan Special Papers no. 37, 207 pp. 価格 2,500 円(送料別)

日本古生物学会では、1942年以来5年ごとに古生物学関係の文献集を作成し、特別号として出版してきました。これは学会会員が関係した研究業績を内外に広く知らしめ、会員諸氏はもとより関連分野の研究者の便宜をはかると同時に、学会の活発な活動を宣伝する働きをも果たしてきました。本文献集はこの学会活動の一環として編纂された7篇目のものであり、1991年から1995年までに出版された2,175篇の論文等が収録されています。購入ご希望の方は、次ページ右の宛先へご連絡ください。

特別号原稿募集のお知らせ

特別号第 39 号の原稿を募集しております。本会会員で適当な原稿をお持ちの方は、日本古生物学会特別号投稿規定（1988 年 1 月 27 日選定，1995 年度版会員名簿）を熟読のうえ，原稿および同コピーその他必要書類を添えて，下記迄申してください。なお，特別号は 38 号から，これまでの B5 版から Paleontological Research と同じ国際版に変更することになっておりますので，原稿の作成方法については特別号係にお問い合わせください。

37 号の注文先：〒169 東京都新宿区百人町 3-23-1

国立科学博物館内
日本古生物学会会計係
加瀬 友喜
TEL 03-3364-7115
FAX 03-3364-7104

39 号の申込先：〒169 東京都新宿区百人町 3-23-1

国立科学博物館内
日本古生物学会特別号編集
委員会 代表 富田 幸光
TEL 03-3364-7166
FAX 03-3364-7104

「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 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。
- f. 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.

半沢正四郎, 1963. 大型有孔虫について（演旨）. 地質雑, 69, 298-302.

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

Howe, H. V., 1963. Ostracoda of the genus *Eucythere* from the Tertiary of Mississippi. *Jour. Paleont.*, 10, 143-145.

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。

別刷についてのお知らせ

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：

$$(P \times 10 + 60) \times N$$

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 東京都練馬区豊玉北 2-13-1

學術図書印刷株式會社 TEL 03-3991-3754

FAX 03-3948-3762

平成8年4月改正

「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 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 19 年 月 日 _____

HIGH QUALITY
LOW PRICE

【EARTH SCIENCE EDITING】

地球科学論文の英文校正

★あなたの研究の国際的インパクトが飛躍的に増します！

★研究能率が上がり、論文生産性が高まります！

◆古生物学 ◆堆積学 ◆土木地質学	◆古生態学 ◆地球科学	◆古生物地理学 ◆海洋地質学	◆地質学 ◆第四紀地質学
Journal articles	Abstracts	Theses	
Monographs	Proceedings Volumes	Symposia Volumes	
Research Proposals	Meeting Announcements	Newsletters	

- ☆ あなたの研究成果をより効果的に世界に伝えるため、プロの**NATIVE SPEAKER**が格調高い英文に校訂します。
- ☆ 文法・構文・スペル・用語法をチェックし、論文形式など目的に適した英文スタイルに修正します。
- ☆ 私達は米国地質調査所で20年以上の研究歴を持ち、主として北太平洋地域の地質や古生物に関する100篇以上の論文を発表した実績を持つ地球科学の専門家（Ph D）集団です。
- ☆ 私達の中には、学術振興会の招聘研究者として、長期間に渡り日本滞在の経験を持つ者がいます。日本の研究者の書かれる独特の英文の表現法を十分に理解しております。
- ☆ 私達は長年、日本の方々の地球科学論文の英文校正をやってきたベテランです。

- 原稿はファックス、電子メールまたは郵便でお送りください。
- 迅速に、ご要望に応じて、手修正原稿、電子メール原稿、またはレーザー印刷原稿でご返送します。
- 料金はA4、ダブルスペース、10頁の原稿で、15,000～20,000円程度です。ただし、校正料は所要時間に基づいていますので、修正が少なければもっと安くなります。
- 支払方法：校費、科研費、公費、私費。銀行振込、小切手、または国際為替。

EARTH SCIENCE EDITING
8 TYNAN WAY
PORTOLA VALLEY
CALIFORNIA 94028, USA

E-MAIL : lmarin@best.com
FAX : +1(650) 851-2310
TEL : +1(650) 851-1910
WWW : <http://www.best.com/~lmarin/>

※ 上記のFAX、TEL番号は1997年8月1日からのものです。8月1日以前については「化石」61号をご参照下さい。

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



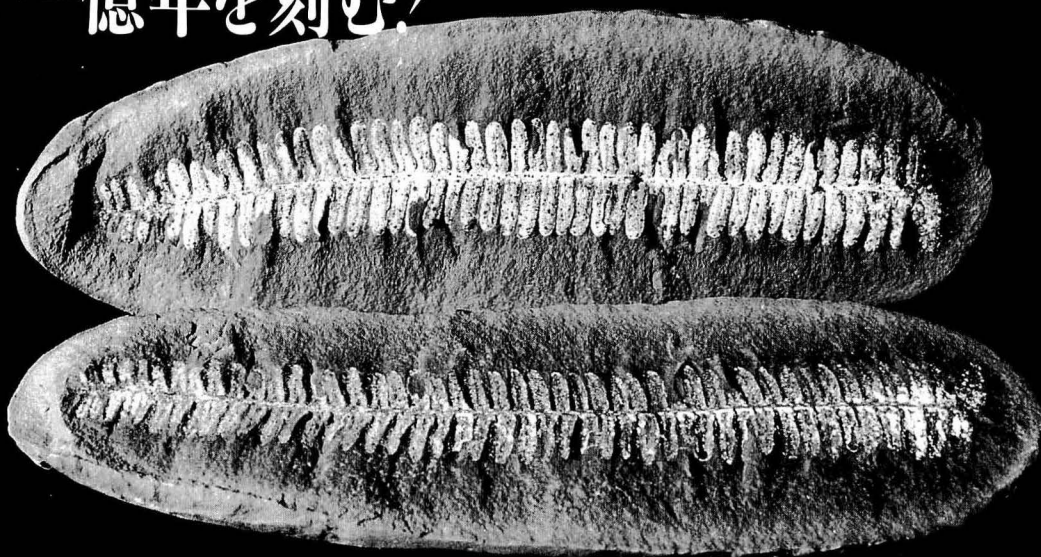
大現沼村

〒377-07 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!



■ ペコフテリス(シダ植物類) *Pecopteris miltoni* 石炭紀後期 Illinois, U.S.A.

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。)

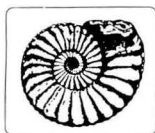
大英博物館/恐竜復元模型

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

TEL 03-3350-6725

上京時にはお気軽にお立寄り下さい。

〔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せいぜいご利用くださいませ。〕



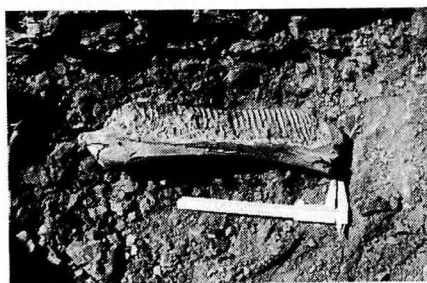
Fossils, Minerals & Rocks

株式 東京サイエンス
会社

本社 〒150 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
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.

外国産実物化石標本販売

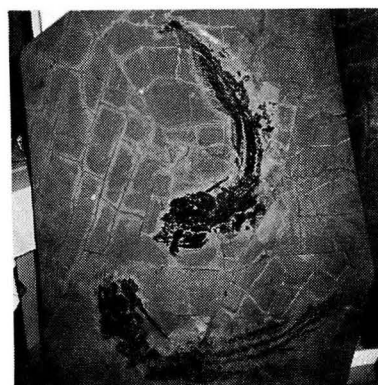


当社の恐竜クォーリー モンタナ アメリカ

シーラカンス 石炭紀 モンタナ
 " 三疊紀 カナダ
 " ジュラ紀 ドイツ
 " 白亜紀 レバノン

その他、各種一級品の化石を各種とり揃えて、来社をお待ちしています。

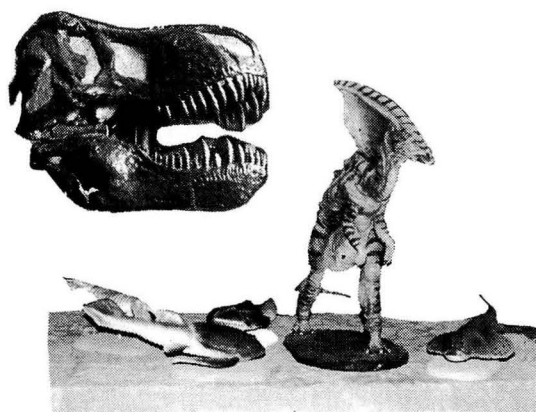
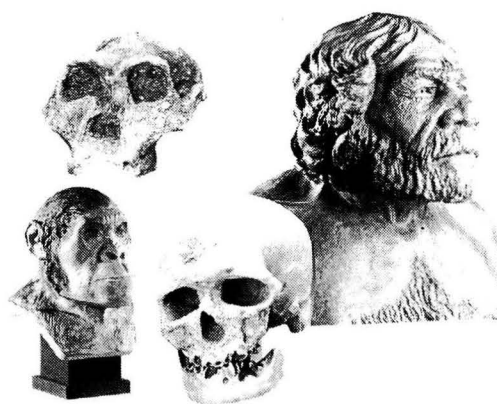
アンモナイト ￥300～
 三葉虫 ￥300～
 鯨の歯 ￥250～
 魚化石 ￥500～



軟骨魚類 クセナカントス ペルム紀

古生物の生体復元模型と化石の複製

三葉虫から恐竜、人類まで各種



好評発売中！ 図説 哺乳類の進化

定価 13,000円（税込）

所在地：〒408
 山梨県北巨摩郡長坂町大八田 657-5

TEL：0551-20-4300

FAX：0551-20-4301

2億年前、恐竜とはほぼ同じ時期に、この地球に姿を現わした哺乳類の歴史を、300点を超える復元図と、豊富な図版で書き表わした動物世界への最良入門図書。

※ 注文制につき最寄の書店にご注文下さい。
 又は弊社まで直接ご注文をお願いします。

株式会社 テラハウス

新・ヒトの解剖

井尻正二+後藤仁敏[著] ●新刊 2,136円+税



古生物学者と解剖学者が協力して書き下ろした、人体の解剖学。

解剖実習をささえる献体の意義や、歴史的に人体がかかえている矛盾や機能障害、セクシュアリティや老化、労働力としての人体の考察や労働の人体への影響についても考察した。「人体」という視点から自然科学と社会科学を俯瞰するユニークな科学書。

新・人体の矛盾

井尻正二+小寺春人[著] ●3刷 1,845円+税

●地質学雑誌評＝単なる人体の解剖学に関する解説書ではなく、古生物学的進化論を人体の器官を例として展開したものであり、古生物学者にたいしても、示唆に富む多くの問題が記されている。

日本化石集

【毎日出版文化賞特別賞／日本地学教育学会推薦】

各集6シート 各2,000円+税

日本産主要化石を集大成。時代別・地域別または対象化石別など、必要に応じて自由に再編集できる、国際的レベルのユニークな図集である。

第1期…1集～18集(品切＝2集、7集、14集)

第2期…19集～38集(品切＝20集、21集、28集)

第3期…39集～58集

(品切＝47集、50集、52集、54集、55集、56集)

第4期…59集、62集、66集、68集

(休刊中＝60集、61集、63集、64集、65集、67集)

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+税

●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ほか、特に最近の「大陸移動」の理論によって生物の分布の時代的变化を説明していることが、新しい要素として取り入れられている。

日曜の地学シリーズ

●朝日新聞評＝地質や採取される化石などをやさしく解説。

●千葉日報評＝案内図や露頭図・写真なども豊富。休日の自然観察のガイドブックとして推奨したい。

- | | | |
|--------------|-------------|----------|
| ①埼玉の自然をたずねて | ●改訂新版5刷 | 1,600円+税 |
| ④東京の自然をたずねて | ●改訂新版4刷 | 1,650円+税 |
| ⑦広島地質をめぐって | ●増補版4刷 | 1,456円+税 |
| ⑧茨城の自然をたずねて | ●改訂新版 | 1,800円+税 |
| ⑨栃木の自然をたずねて | ●改訂新版 | 1,800円+税 |
| ⑬静岡の自然をたずねて | ●改訂新版2刷 | 1,800円+税 |
| ⑬愛媛の自然をたずねて | ●改訂版 | 1,800円+税 |
| ⑬宮城の自然をたずねて | ●2刷 | 1,800円+税 |
| ⑬千葉の自然をたずねて | ●3刷 | 1,800円+税 |
| ⑬神奈川の自然をたずねて | ●2刷 | 1,800円+税 |
| ⑬佐賀の自然をたずねて | ●新刊 | 1,800円+税 |
| ⑬長崎の自然をたずねて | ●近刊(年内刊行予定) | |
| ⑬鳥取の自然をたずねて | ●新刊 | 1,800円+税 |
| ⑬東海の自然をたずねて | ●新刊 | 1,800円+税 |

地学ハンドブック [第6版]

大久保雅弘+藤田至則[編著] ●2刷 2,200円+税

さまよえる大陸と海の系譜 [新訂版]

アンデル[著] 卯田強[訳] ●新訂版 3,786円+税

海の自然史

アンデル[著] 水野篤行+川幡穂高[訳] 3,500円+税

日本列島の成立 環太平洋変動

藤田至則[著] ●新版2刷 3,390円+税

日本海の成立 生物地理学からのアプローチ

西村三郎[著] ●3刷 1,900円+税

話題の新刊・好評の既刊書

日本全国化石採集の旅 [正][続]

大八木和久[著] 各冊とも2,200円+税 ●正編2刷

大阪層群と中国黄土層

自然環境の変遷をさぐる
市原実[著] ●新刊 3,500円+税

日本の長鼻類化石

亀井節夫[編著] 10,000円+税 ●在庫僅少

恐竜 その発生と絶滅

スウィントン[著] 小島郁生[訳] ●新装版 1,900円+税

④**築地書館** 〒104 東京都中央区築地7-4-4-201 TEL 03-3542-3731 FAX 03-3541-5799 ●総合図書目録進呈。
●ご注文は、最寄りの書店か直接上記宛先へ。(発送料400円) E-mail Address=JDH07647@niftyserve.or.jp

地質・古生物・貝類の 古書・新刊書販売

年に3回の目録販売のほか、主に日本国内を取り扱った
文献・絶版書・専門書・地質図等を探求いたします。



※古書目録ご希望の方は、ハガキ・FAX等でお問い合わせ下さい。(無料)

※現在取り扱い古書

(主に地質・古生物・海洋・貝類・動物・植物等の文献と入門書)

- ・ 学術雑誌・機関紙・図鑑・目録
- ・ 学術報告書・展示目録・地質図等

※自費出版されている図鑑・書籍なども取り扱っています。

御不要の雑誌・書籍の御整理は自然書房へ御申し付け下さい。

自然科学専門目録販売

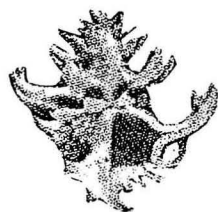
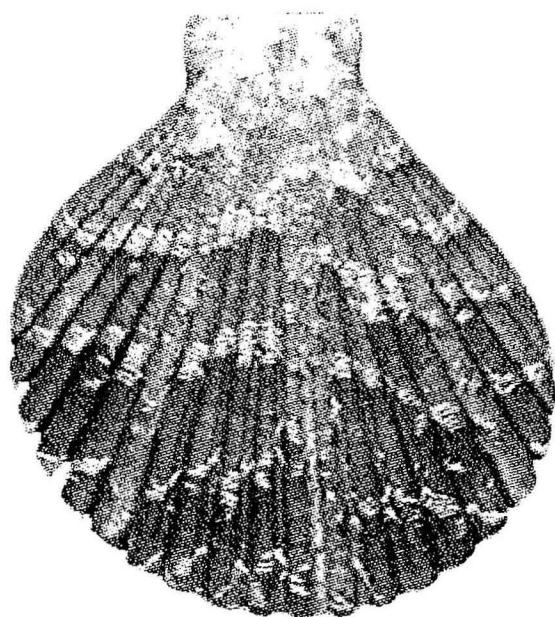
古書 自然書房

〒262 千葉市花見川区千種町205-4-202

TEL&FAX 043(258)2646

留守番電話とFAXは24時間受付しております。

- ◎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

〒901-21 沖縄県浦添市港川564-3 E-5

PHONE/FAX 098 (874) 3126

IMC

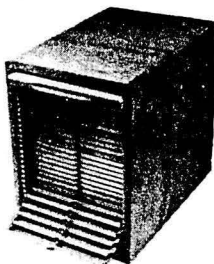
調査機器から研究機材まで



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〕



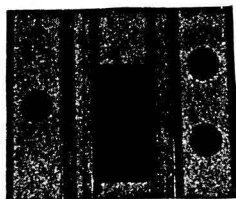
標準フルイ



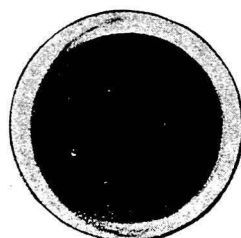
〔各種サイズ〕
メッシュ



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 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〉

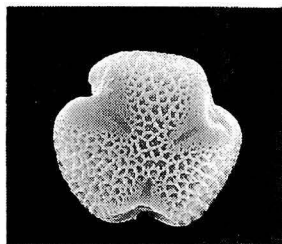
遺跡調査、遺構・遺物調査、立地調査

〈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
Emiliana huxleyi
生存期間：24万年前～現在



ミヤマガマズミ花粉

 **パリノ・サーヴェイ株式会社**

本 社 〒103 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 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。

PLANEY 有限会社 プラニー商会

〒160 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

“化石”バックナンバーの在庫

(価格は送料込み)

[増刊号] コロキアム: 化石硬組織内の同位体	(1000 円)
[13号] マラヤ・タイ国産古植物化石, 古生物分類の理論と方法, その他	(500 円)
[16号] ダニアン問題, 鮮新統・漸新統論考, その他	(500 円)
[17号] シンポジウム “日本新生代貝類化石群の時空分布(その一)”, その他	(600 円)
[18号] シンポジウム “日本新生代貝類化石群の時空分布(その二)”, その他	(600 円)
[21号] シンポジウム “化石硬組織内の同位体”, その他	(800 円)
[22号] 特集 “中国地方新生界と古生物”	(800 円)
[23・24号] 特集 “化石硬組織内の同位体(第3回シンポジウム)”, その他	(1600 円)
[25・26号] シンポジウム “古植物の分布とその問題点”, その他	(1600 円)
[27号] 深海底堆積物中の炭酸塩溶解量の測定, その他	(1700 円)
[28号] 太平洋側と日本海側の新第三系の対比と編年に関する諸問題, その他	(1900 円)
[31号] 本邦白亜系における海成・非海成層の対比, カキの古生態学(1)	(1500 円)
[32号] 四万十帯のイノセラムスとアンモナイト, カキの古生態学(2)	(1500 円)
[33号] ジャワの貝化石, 三疊紀 <i>Monotis</i> , その他	(1500 円)
[34号] 進化古生物学の諸問題, その他	(1500 円)
[35号] 後期三疊紀二枚貝 <i>Monotis</i> の古生物学的意義, その他	(1500 円)
[36号] 中山層貝化石, 放散虫チャートの起源, 異常巻アンモナイト, その他	(1500 円)
[37号] 創立50周年記念号, 付: 会員名簿	(2000 円)
[38号] 北海道小平地域北東部上部白亜系の化石層序学的研究, その他	(1500 円)
[40号] ジュラ紀・白亜紀境界付近における放散虫化石群の変化, その他	(1500 円)
[41号] 西南日本白亜系の古地理と古環境, その他	(1500 円)
[42号] 青森県尻屋層群の放散虫年代, その他	(1500 円)
[43号] <i>Cyrtocapsella terapera</i> Haeckel (Radiolaria) の頭部殻室の微細構造, その他	(1500 円)
[44号] 日本産のフジツボ類の時空分布, その他	(1500 円)
[45号] 日本産 <i>Glossaulax</i> (Gastropoda: Naticidae) の進化, その他	(1500 円)
[46号] 石灰質ナノ化石からみた秩父盆地新第三系最下部の地質年代, その他	(1500 円)
[47号] 新生代における深海底生有孔虫の殻形態の変遷と古環境的意義, その他, 付: 会員名簿	(2000 円)
[48号] 化石密集層形成における堆積学的制約と古環境について, その他	(1500 円)
[49号] 姫浦層群上部亜層群の化石カキ礁, その他	(1500 円)
[50号] シンポジウム “古生物学の課題と展望”, その他	(1500 円)
[51号] 鮮新世貝化石群集, 分子古生物学, その他	(1500 円)
[52号] <i>Sphenocerasmus</i> の産状と古生態, 日本海溝域の浮遊性有孔虫群集, その他	(1500 円)
[53号] シンポジウム “白亜紀-古第三紀のバイオイベント” その他	(1500 円)
[54号] 現生放散虫, シンポジウム “新生代化石生物温度計の試み”, その他	(1500 円)
[55号] 底生有孔虫からみた古水温分布, 同シンポジウム, その他	(1500 円)
[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] ベルム紀放散虫, 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-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)

29, 30, 39号の残部はありません。

バックナンバーを御希望の方は、代金を払い込みの上、お申込み下さい。

大学研究機関等で購入の際は、見積請求書等必要書類をお送りしますので御請求下さい。

申込みと送金先: 日本学会事務センター内 日本古生物学会

1997年12月15日印刷

1997年12月20日発行

発行者 日本古生物学会

113 東京都文京区本駒込5-16-9

日本学会事務センター内

化石第63号

編集者 化石編集委員会

印刷者 学術図書印刷株式会社

TEL (03) 3991-3754

Fossils

Number 63

December 15, 1997

Contents

Distribution of living coccolithophores in the Western Pacific Ocean off the coast of Northeast Japan	Kyoko Hagino	1
Why has Amami rabbit been classified in the subfamily Palaeolaginae in Japan?	Yukimitsu Tomida	20
Sedimentary cycles, palaeoenvironment and palaeoecology: the report of the symposium	Yasuo Kondo, Kiyotaka Chinzei, Fujio Masuda and Haruyoshi Maeda	29
Sequence stratigraphy: an introduction	Fujio Masuda	32
Responses of marine molluscs to environmental changes caused by Milankovitch cycle	Akihisa Kitamura	40
Gravel-sand bottom assemblages and their sequence stratigraphic significance — An example of middle Miocene strata in the Ninohe-Sannohe district, Iwate and Aomori Prefectures, Northeast Japan	Takashi Matsubara	49
Kawamura, M. <i>et al.</i> (eds.): Commemorative volume for Professor Makoto Kato	Masatoshi Goto	55
Peter Westbroek: Life as a Geological Force	Ken'ichi Kanazawa	56
International Senckenberg Conference—Paleontology in the 21st Century	Tatsuo Oji	58
Proceedings of the Society		64

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

The Copyright Council of the Academic Societies
41-6 Akasaka 9-chome, Minato-ku, Tokyo 107, Japan
Phone: 81-3-3475-4621
Fax: 81-3-3403-1738

In the USA

Copyright Clearance Center, Inc.
222 Rosewood Drive
Danvers, MA 01923, USA
Phone: (508) 750-8400
Fax: (508) 750-4744