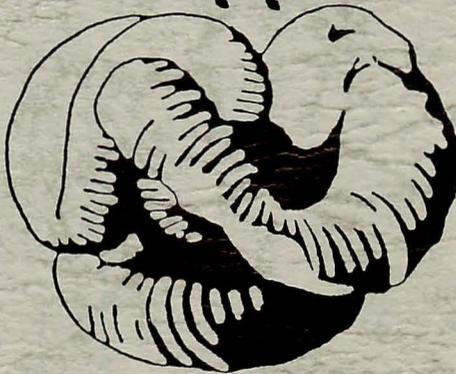


ISSN 0022-9202

化石 53

平成4年11月

*Palaeontological
Society of Japan*



日本古生物学会

「化石」編集委員会(1991-1992 年度)

委員長：速水 格，副委員長：山口寿之，幹事：阿部勝巳

編集委員：石崎国熙，北里 洋，小澤智生，前田晴良，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（コンビーナーなどが全体をまとめたもの）

3. 討 論

古生物学上の問題について質疑・応答をまとめた記事（編集部がとりつぐことがある）

4. 書 評

広い意味での古生物学に関する重要な著書や論文の紹介・論評

5. ニュースなど

- 1) 古生物の研究者・同好者に広く知らせる意義がある情報
- 2) 世界の古生物学界の動向（国際会議を含む）に関する情報
- 3) 古生物学上の重要な新知見や有用なテクニクに関する情報
- 4) 内外の研究機関・学術団体・ワーキンググループの活動の紹介
- 5) 祝賀文・紀行文・追悼文
- 6) 各地の化石同好会などの活動に関する記事
- 7) 会員・友の会会員による連絡・案内・希望・意見（化石茶論）
- 8) その他、速報する意義のある記事

6. 学会記事

- 1) 日本古生物学会の年会・例会など運営・活動に関する記事
- 2) 同学会の規則など
- 3) 同学会からの会員への連絡・案内
- 4) 会員名簿

投稿・問い合わせは下記をお願いします。

〒113 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学理学部地質学教室内 化石編集部 速水 格
(☎ 03-3812-2111 内線 4518), 阿部勝巳 (☎ 同 内線 4520) (FAX 03-3815-9490)

化石 53号

1992年11月

目次

論説	
北西太平洋からはじめてのハリテリウム亜科の海牛 (Sirenia: Dugongidae) の産出	甲能直樹・高泉幸浩 1
日本における "Mid-Neogene climatic optimum" について	佐藤誠司 7
放散虫と共生生物の観察—平板状の Spumellarida 目について—	松岡 篤 20
シンポジウム記録	
白亜紀—古第三紀のバイオイベント—海洋生物の変遷と消長— (世話人: 田代正之・前田晴良・利光誠一)	29
[斎藤常正: 白亜紀の海洋環境変遷と浮遊性石灰質微化石—序説 30, 長谷川 卓: 上部白亜系蝦夷層群の Cenomanian/Turonian 境界付近の有機炭素の安定同位体スパイク 33, 西 弘嗣・岡田尚武: 浮遊性石灰質微化石からみた白亜紀/第三紀 (K/T) 境界における海洋環境の変遷 37, 海保邦夫: 白亜紀—古第三紀の底生有孔虫に見られるターンオーバー現象とその要因 42, 岡村 真・石田啓佑・山崎哲治: 浮遊性珪質微化石からみた白亜紀—古第三紀の海洋環境 43, 利光誠一・田代正之・水野篤行・安藤寿男: 白亜紀—古第三紀の二枚貝の消長 44, 前田晴良: 本邦中部白亜系中に見られる "oceanic anoxia" の記録 (要旨) 47, 早川浩司: コニアシアン階における低酸素環境下の底生動物群集 (要旨) 48, 平野弘道: 海洋無酸素事変とアンモナイト類の進化 49, 大路樹生・速水 格: Mesozoic marine revolution とその進化古生物学的意義—有柄ウミユリ類と二枚貝類を例として—51]	
海外学会出席報告	
第5回北米古生物学会議	棚部一成・鎌田耕太郎 54
書評	
君波和雄ほか (編): 変動帯における砕屑岩類の組成と起源—日本列島を例として—	中沢圭二 56
矢島道子著: 地球からの手紙	北里 洋 57
化石茶論	
バイカル国際生態学研究センター日本協議会 (略称 JABIRP) について	藤井昭二 59
綺麗な花のトゲのこと	木曾太郎 59
学会記事	62

日本古生物学会

古生物学事典

日本古生物学会 編集/A5判 496頁・定価9888円

古生物学に関連する重要な用語約500語を、地質、脊椎動物化石、無脊椎動物化石、植物化石、人名などにわたって選び五十音順に配列。本事典にとりあげられた項目は、現在扱われている古生物のほぼ全部の分類群を網羅するとともに、古生物に関連のある関連諸科学の分野についてもとりあげた。最近の知見を充分盛り込んで解説し、巻頭に標準化石を中心とした写真図版を収録し、巻末には生物分類表、地質年代表、海陸分布変遷図などの付録を掲載。

化石の科学

日本古生物学会 編集/B5判 136頁(カラー69頁)・定価7725円

本書は、日本古生物学会が古生物の一般的な普及を目的として編集したもので、数多くの興味ある化石のカラー写真を中心に、わかりやすい解説をつけた。内容は三部に分かれ、第1部では化石とはどのようなものか、第2部では古生物の営んできた生命現象、第3部では化石を通して多くの隣接する基礎科学や現実の経済活動に与えた影響などが解説されている。その大半がわが国のオリジナルな研究の紹介であり、最新の動向へのよき入門書ともなっている。

図説古生態学

森下 晶・糸魚川淳二 著/B5判 180頁・定価5768円

古生態学は、古生物の生態すなわち古生物と生活環境の相互関係を研究する古生物学の一分野で、過去の自然環境と生物群集の生活様式をダイナミックに科学する学問である。本書は、写真と図表を多数用いながら、第I部で古生態学の基礎知識を簡潔・平易に解説し、第II部で群集古生態学や個体古生態学の例、フィールド観察などの古生態学の実際的内容について、初心者でも容易に理解できるように配慮し、図説的に興味深く解説した古生態学の入門書である。

古生物百科事典

スチール・ハーベイ 編/小島郁生 監訳/B5判 256頁・定価18540円

英国の古生物学者 R. スチール博士と A. P. ハーベイ博士の編集のもとに第一線の研究者23名が共同執筆した“The Encyclopaedia of Prehistoric Life”の日本語版。内容は古生物学全般にわたり、専門研究者が利用できる高いレベルを保ちながらも、化石などに関心をもつ多くの人びとが楽しみながら興味深く読めるように配慮された百科事典。この事典によって、過去の生物へのつきぬ魅力に惹かれ、地球と生物の現在および未来について多くの示唆が得られよう。

日本化石図譜 植物化石図譜

鹿間時夫 著/B5判 296頁・定価17510円

日本における化石をほとんど網羅し、多数の図版をもって構成した名著。初版刊行後の新知見を加えた増訂版。〔内容〕化石/東亜における化石の時代分布/化石の時代分布表/東亜の地質系統表/化石図版とその説明/化石の形態に関する術語。

遠藤隆次 著/B5判 328頁・定価18540円

先カンブリア紀から洪積世までの各地質時代に生育した陸上および海生の両植物化石について、その種属・分布・古地理・古気候・進化の動向などを、多数の図版を用いて詳述した、わが国ではじめての植物化石図譜。好評の『日本化石図譜』の姉妹書。

定価は消費税込みです。

朝倉書店

〒162 東京都新宿区新小川町6-29/振替東京6-8673
電話(03)3260-0141(代)・営業部(03)3260-7631(代)
(本誌名ご記入の上お申込次第総合図書目録送呈)

北西太平洋から初めてのハリテリウム亜科の 海牛 (Sirenia: Dugongidae) の産出

甲能直樹*・高泉幸浩**

The first record of the halitheriine dugongid (Sirenia: Dugongidae)
in the western North Pacific Ocean

Naoki Kohno* and Yukihiro Takaizumi**

Abstract Two isolated teeth belonging to the subfamily Halitheriinae (Carus, 1868) are described from the Late Miocene Aoso Formation of Sendai Prefecture, northern Japan. One of the teeth, the left upper third molar, is relatively large in size and has a centrally located hypoconule that is coalesced with a reduced hypocone. These characters are typical of somewhat derived halitheriine dugongids so far known in the eastern Pacific and Atlantic realm.

This record is the first occurrence of the subfamily Halitheriinae from the western Pacific region and provides evidence that the halitheriine had been distributed in the Late Miocene age western Pacific Ocean before the hydrodamalines migrated from the eastern to the western North Pacific. It indicates a more complicated migratory and evolutionary history of the Pacific dugongids than previously known in the Pacific Ocean.

はじめに

北西太平洋沿岸域における海牛類の化石記録は、Shikama and Domning (1970) によって初めて報告されて以来、近年飛躍的に増加した(会津化石研究グループ, 1982; 岡崎, 1984; 篠原ほか, 1985; Takahashi *et al.*, 1986; Furusawa, 1988 等)。これらの報告で記載されたもののいくつかは骨格部分と共に頭蓋を伴っており、北西太平洋における海牛類の系統進化と古生物地理を明らかにする上で極めて多くの情報を提供した(Barnes *et al.*, 1985; 古沢, 1990)。しかしながら、これまでに報告された日本産の海牛化石は、北九州の上部漸新統から産出した所属不明の尾椎を除けば、全てダイカイギュウ系列のヒドロダマリズ亜科(Hydrodamalinae)に属するものであった。

筆者の一人高泉と仙台市の福崎昭雄氏は1987年5月並びに1990年9月、宮城県黒川郡の2ヶ所の地点で単離した哺乳類の臼歯化石を採集し

た。これらの臼歯化石を検討した結果、北西太平洋沿岸域から初めてのハリテリウム亜科(Halitheriinae)に属する海牛のものであることがわかったのでここに報告する。なお、本稿で記載した標本は、仙台市科学博物館(SSME)に所蔵されている。

産出地点および地質概略

発見された臼歯化石は2点である。本稿ではこれらを便宜上産出地点の地名をとって大和(やまと)標本および富谷(とみや)標本と呼ぶことにする。大和標本は宮城県黒川郡大和町鶴巣大平字谷津沢の採砂場から、富谷標本は宮城県黒川郡富谷町明石東方の切り通しからそれぞれ単離した状態で発見された。両産出地点付近には斜交層理のよく発達した黄灰色の中粒砂岩からなる青麻層(北村ほか, 1983)が広く分布しており、これまでも *Carcharhinus* sp., *Isurus* sp. などの軟骨魚類やアシカ科に属する鱗脚類の臼歯などが断片的に産出している。また、*Mizuhopecten matumoriensis*, *Spisula* cf. *voyi*, *Homalopoma* sp. などを含む軟体動物化石群集の存在から、比較的冷温な浅

*千葉県立中央博物館

**みちのく古生物研究会

1992年2月23日受付, 1992年8月15日受理

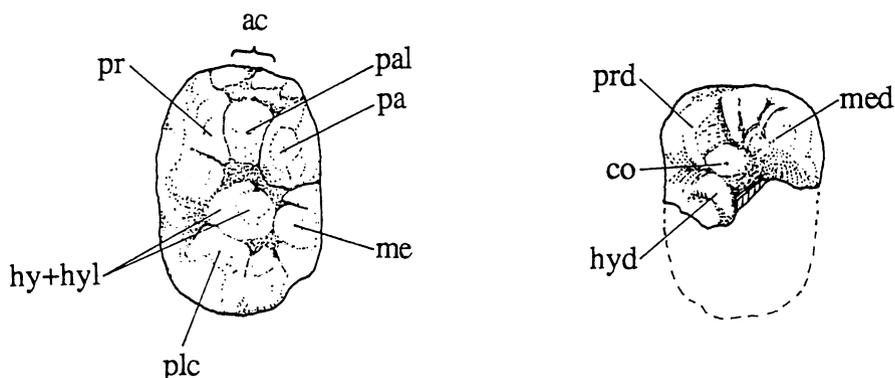


Fig. 1. The descriptive terms employed for the left upper (left) and left lower (right) teeth of the halitheriine dugongid in this paper. Abbreviations: ac-anterior cingulum; co-cristid obliqua; hy-hypocone; hyl-hypoconule; me-metacone; med-metaconid; pa-paracone; pal-paraconule; pr-protocone; prd-protoconid; plc-posterolingual cingulum.

海の環境が推定されている（北村ほか，1983）。青麻層の堆積年代は，浮遊性有孔虫による生層序から後期中新世前期－中期（N16-N17）と考えられている（北村ほか，1983）。

標本の記載

Class Mammalia Linnaeus, 1758

Order Sirenia Illiger, 1811

Family Dugongidae Gray, 1821

Subfamily Halitheriinae (Carus, 1868)

Halitheriinae gen. et sp. indet.

大和標本 (Fig. 2: a-f) : SSME-13319, 左上顎第3臼歯

産出地：宮城県黒川郡大和町鶴巣大平字谷津沢
産出層準と時代：青麻層（後期中新世前期－中期）

採集年月日：1990年9月26日

記載：咬頭はまったく咬耗していない。前歯帯は少なくとも3つの小咬頭からなり，頬舌方向に伸長して幅広くつながっている。プロトコーンとパラコヌールおよびパラコーンはそれぞれ独立した大きな咬頭を形成し，近位頬側から遠位舌側に向かって直線的なプロトロフを形成している。プロトコーンの遠位にはかなり大きな付加咬頭が発達

しており，プロトロフの舌側後端でプロトロフとメタロフとの間の溝を遮っている。メタコーンは丸く比較的小さい。ハイポコーンはハイポコヌールと癒合して大きな咬頭を形成し，臼歯のほぼ中央に位置する。後歯帯は比較的小さな2つの頬側咬頭と比較的大きな舌側咬頭から構成される。歯根はプロトコーン，パラコーン，およびメタコーンに対応した三葉形の単根で，歯頸線に対して遠心側に強く傾く。根尖はまだ開放されている。臼歯の大きさは，近遠心径 30.49mm；プロトロフの頬舌径 20.72mm；メタロフの頬舌径 21.10mm である。

富谷標本 (Fig. 3: a-f) : SSME-13318, 左下顎第2もしくは第3大臼歯の前半部

産出地：宮城県黒川郡富谷町明石
産出層準と時代：青麻層（後期中新世前期－中期）

採集年月日：1987年5月23日

記載：臼歯前半部とハイポコニッドの一部が残存し，臼歯後半部は失われている。残存する前半部の咬頭にはまったく咬耗がみられない。前歯帯は認められない。プロトコニッドはメタコニッドと共に大きな咬頭を形成し，その先端はそれぞれ臼歯の中心に向かって湾曲する。プロトコニッドと

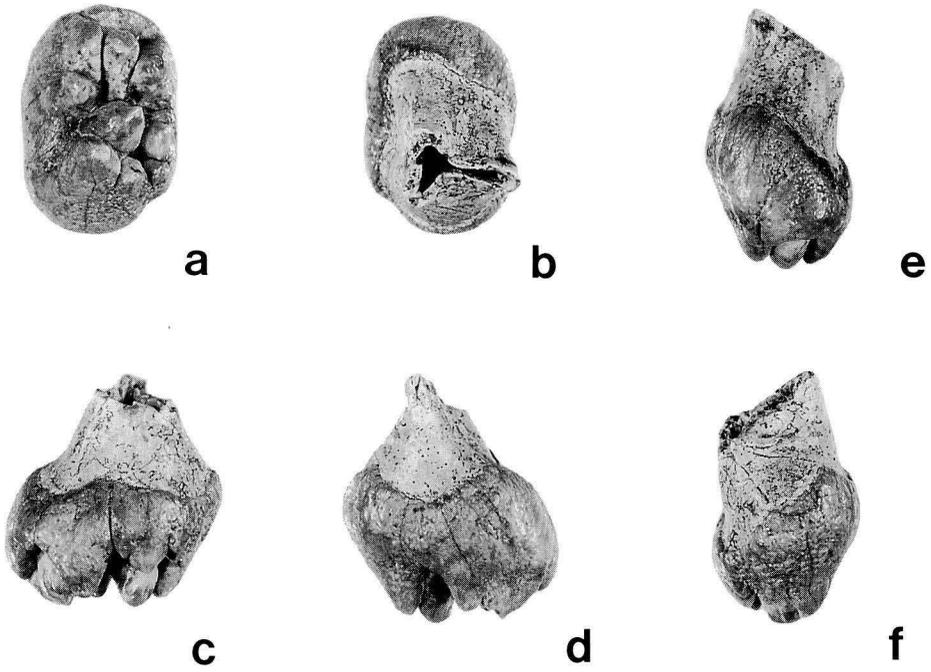


Fig. 2. Halitheriinae gen. et. sp. indet., SSME-13319, left M^3 , natural size; a, occlusal view; b, lateral view; c, medial view; d, anterior view; e, posterior view.

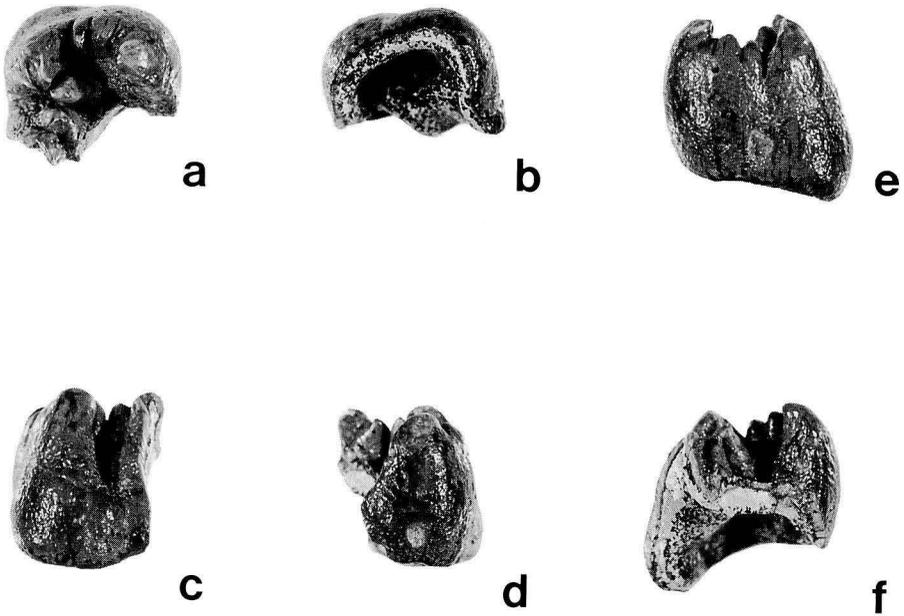


Fig. 3. Halitheriinae gen. et. sp. indet., SSME-13318, left M_2 or M_3 , natural size; a, occlusal view; b, lateral view; c, medial view; d, anterior view; e, posterior view.

メタコニッドの間には3つの鈍鋸歯状の小咬頭が発達する。プロトコニッドは歯頸部に向かうにしたがって頬側に豊隆する。クリスティッド・オブリクアはほとんど独立した咬頭を形成し、ハイポコニッドの近位舌側に位置する。歯根はまったく形成されていない。保存されている部分の臼歯の大きさは、近遠心径 (18.24mm)；臼歯前半部の頬舌径 21.10mm である。

標本の比較

青麻層から産出した臼歯化石は、大和標本、富谷標本共に高歯冠で多咬頭の丘状歯であることから、原始的な海牛類の臼歯化石であると判断される。また、大和標本は、1) 前歯帯がよく発達する、2) 歯冠の基本咬頭に対応した三葉形の歯根を持つ、3) 歯根が遠心側に強く傾く、などの特徴を持つことから左上顎第3大臼歯であると判断され、富谷標本は、1) 前歯帯を持たないこと、2) クリスティッド・オブリクアを持つこと、3) 大きさが大和標本にほぼ対応する、などの特徴を持つことから左下顎第2もしくは第3大臼歯であると判断される。これらのうち、大和標本は、ハイポコーンと癒合したハイポコヌールが臼歯後半部のほぼ中央に位置しており、ジュゴン科 (Dugongidae) の中のハリテリウム亜科 (Halitheriinae) の海牛の上顎臼歯に特徴的な咬頭配列を示している。同じジュゴン科のヒドロダマリス亜科 (Hydrodamalinae) に属する海牛の上顎臼歯は、*Dusisiren* のようにハイポコヌールが舌側に転移してプロトコーンとハイポコヌール+ハイポコーンおよび後側歯帯とで直線的な稜を形成するか、*Hydrodamalis* のように頬歯をまったく持たないことから大和標本とは明らかに異なる。また、ジュゴン科 (Dugongidae) に属する海牛も、単咬頭で歯にエナメル質を欠いているなどの点で青麻層産のものとは比較できない。同様に、臼歯の大きさや咬頭の配列などが異なるジュゴン科のリチオダス亜科 (Rytiodontinae) のもの (Domning, 1989a; 1989b) や、他の全ての科 (Prorastomidae, Protosirenidae, Trichechidae) の海牛 (Sickenberg, 1934) も、青麻層産のものとの比較検討の対象から除外される。ハリテリウム亜科に属するもの

うち、古第三紀から知られる *Eotheroides*, *Prototherium*, *Halitherium*, *Caribosiren* などの属は、一般に小さい臼歯を持ち、咬頭が複雑化していない (Sickenberg, 1934) などの点で青麻層産の臼歯とは異なっている。また、これらの属は、すべてその分布がヨーロッパおよび北アフリカ周辺域に局限されている。

ハリテリウム亜科の海牛は新第三紀になると大西洋の暖海を中心に中新世から鮮新世にかけて多様化し、一部が中央アメリカ海峡を経て東太平洋沿岸の南北に分布を拡大させる (Domning, 1978; Muizon and Domning, 1985; Domning and Ray, 1986)。オレゴンの前期-中期中新世から知られる属種未決定のハリテリウム亜科のもの (Domning and Ray, 1986) は、上下顎臼歯共に臼歯の咬頭配列などは青麻層産のものに類似しているが、上顎臼歯においてハイポコーンとハイポコヌールは独立した咬頭を保ち、大和標本のように癒合していない点や、その大きさが大和標本、富谷標本に比較して70%の大きさしかない点で異なっている。前期中新世から後期鮮新世にかけて東太平洋及び大西洋で発展した *Metaxytherium* 属の海牛には多くの種類が知られている (e.g., Kellogg, 1966; Reinhart, 1976; Domning and Thomas, 1987; Domning, 1988; Pilleri, 1988a; Aranda-Manteca *et al.*, 1991)。これらと青麻層のものとの比較すると、*Metaxytherium* 属ではほとんどの種類で咬頭が先端に向かって鋭角に尖るのに対して大和標本では先端が尖らず鈍丘歯化が進んでいることや、*Metaxytherium* 属では上顎第3大臼歯において臼歯の後半部が縮小して前半部よりも幅が狭くなるのに対して大和標本では臼歯の前半部と後半部の幅がほぼ等しいなどの点で異なっている。このように、青麻層産の2点の臼歯化石は新第三紀のハリテリウム亜科の海牛に特徴的な形質を持つものの、その他の形質の多くは幅の広い個体変異を伴っているとみられるため、大和標本および富谷標本を臼歯の大きさと形態の比較だけに基づいてハリテリウム亜科のいずれかの属種に同定することはできない。したがって、ここでは青麻層産臼歯化石をハリテリウム亜科の属種不明種 (*Halitheriinae* gen. et sp. indet.) とするにとど

め、今後の資料の増加を待ちたい。

発見の意義

太平洋における海牛類の系統進化と古生物地理的変遷史の概要は、Domning (1976, 1978) や Barnes *et al.* (1985) などによって詳しく述べられてきた。それらによれば、これまでに北西太平洋沿岸域から知られてきた海牛化石は、北九州の上部漸新統から産出した所属不明の尾椎 (岡崎, 1984) を除いて、全てダイカイギュウ系列のヒドロダマリス亜科に属するものであった。したがって、青麻層の海牛化石は北西太平洋沿岸域から最初のハリテリウム亜科の海牛の産出記録である。

ハリテリウム亜科の海牛は、大西洋においては後期鮮新世までその存在が知られている (Domning and Thomas, 1987; Domning, 1988; Pilleri, 1988a; 1988b) が、太平洋においては前期中新世から中期中新世にかけての東太平洋沿岸の低緯度域に分布が限られており (Muizon and Domning, 1985; Domning and Ray, 1986; Aranda-Manteca *et al.*, 1991), 中期中新世以降は海洋環境の寒冷化と並行してハリテリウム亜科のあるものから分化したヒドロダマリス亜科の海牛がハリテリウム亜科のものに代わってそのニッチェを占め、北西太平洋では冷水域に適応して北東太平洋から分布を拡大したヒドロダマリス亜科の海牛類のみが分布するとされてきた (Domning, 1976; 1978)。しかしながら、後期中新世の北西太平洋沿岸域からもハリテリウム亜科の海牛が発見されたことにより、この仲間が後期中新世以前にヒドロダマリス亜科の海牛に先だって北太平洋の東西両沿岸域に広く分布していたことになり、北太平洋における海牛類の古生物地理的変遷史がこれまで考えられてきたような、大西洋から北東太平洋を経て北西太平洋に至る西廻りの単純なシナリオだけではうまく説明できないことが明らかになってきた (岡崎, 1984; 古沢, 1990)。このことは同時に、北太平洋におけるジュゴン科 (Dugongidae) の系統進化がこれまで考えられてきた以上に複雑である可能性をも強く示唆している。

謝 辞

本論をまとめるにあたり、横浜国立大学の長谷川善和博士、国立科学博物館の富田幸光博士には本稿を読んでいただき、有益な御教示をいただいた。また、富田幸光博士には国立科学博物館所蔵標本との比較にあたって便宜を図っていただいた。ハワード大学のダリル・ドムニング博士 (Dr. Daryl P. Domning of Howard University) には標本の検討に加わっていただいた。仙台市科学博物館の佐々木 隆氏、仙台市の宮坂義彦氏には産出地周辺の地質について御教示いただいた。また、仙台市の福崎昭雄氏には標本の収集にあたって御協力いただいた。以上の方々に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 会津化石研究グループ, 1982: 福島県耶麻郡高郷村の塩坪層から発見された海牛目化石について. 地球科学, 36(5), 282-284.
- Aranda-Manteca, F. J., Domning, D. P. and Barnes, L. G., 1991: *Metaxytherium* (Mammalia, Sirenia) from California and Baja California. *Abst. J. Vert. Paleont.*, 11(3), 15A.
- Barnes, L. G., Domning D. P. and Ray, C. E., 1985: Status of studies on fossil marine mammals. *Marine Mamm. Sci.*, 1(1), 15-53.
- Domning, D. P., 1976: An ecological model for Late Tertiary sirenian evolution in the Pacific Ocean. *Syst. Zool.*, 25, 352-362.
- , 1978: Sirenian evolution in the North Pacific Ocean. *Univ. Calif. Publ. Geol. Sci.*, 118, 1-176.
- , 1988: Fossil Sirenia of the west Atlantic and Caribbean region. I. *Metaxytherium floridanum* Hay, 1922. *J. Vert. Paleont.*, 8(4), 395-426.
- , 1989a: Fossil Sirenia of the west Atlantic and Caribbean region. II. *Dioplotherium manigaulti* Cope, 1883. *J. Vert. Paleont.* 9(4): 415-428.
- , 1989b: Fossil Sirenia of the west Atlantic and Caribbean region. III. *Xenosiren yucateca* gen. et. sp. nov. *J. Vert. Paleont.*, 9(4), 429-437.
- , and Ray, C. E., 1986: The earliest sirenian (Mammalia: Dugongidae) from the eastern Pacific

- Ocean. *Marine Mamm. Sci.*, 2(4), 263-276.
- , and Thomas, H., 1987: *Metaxytherium serresii* (Mammalia: Sirenia) from the Early Pliocene of Libya and France: a reevaluation of its morphology, phyletic position, and biostratigraphic and paleoecological significance. *in* Neogene Paleontology and Geology Sahabi. 205-232. Alan R. Liss, Inc.
- Furusawa, H., 1988: A new species of hydrodamaline Sirenia from Hokkaido, Japan. *Takikawa Mus. Nat. Hist.*, 1-73
- 古沢 仁, 1990: 北太平洋における海牛進化のシナリオ. 春日井 昭教授退官記念論文集. 97-104.
- Kellogg, A. R., 1966: Fossil marine mammals from the Miocene Calvert Formation of Maryland and Virginia. Part 3. New species of extinct Miocene Sirenia. *U. S. Natl. Mus. Bull.*, 247, 65-98. pls. 33-43.
- 北村 信・大沢穠・中川久夫, 1983: 吉岡地域の地質. 地域地質研究報告 5 万分の 1 図幅. 秋田 (6) 第 88 号. 通産省工業技術院地質調査所.
- Sickenberg, O., 1934: Beitrage zur Kenntnis tertierier Sirenen. *Mem. Mus. Roy. Hist. Nat. Belgique*, 63, 1-352. , pls. 1-11.
- 篠原 暁・木村方一・古沢 仁, 1985: 北海道石狩平野の野幌丘陵から発見されたステラー海牛について. 地団研専報, 30, 97-117.
- Muizon, C. de and Domning, D. P., 1985: The first records of fossil sirenians in the southeastern Pacific Ocean. *Bull. Mus. natn. Hist. natl., Paris*, 4e ser. 7 C(3), 189-213.
- 岡崎美彦, 1984: 芦屋層群から海牛化石の産出. 北九州市立自然史博物館研究報告, 5, 189-195. pls. 8-9.
- Pilleri, G., 1988a: The Pliocene Sirenia of the Po Basin. *in* Contributions to the Paleontology of some Tethyan Cetacea and Sirenia (Mammalia). 45-58, pls. 1-22.
- , 1988b: A skull of *Metaxytherium serresii* (Mammalia: Sirenia) from the Lower Pliocene of Montpellier. *in* Contributions to the Paleontology of some Tethyan Cetacea and Sirenia (Mammalia). 111-116. pls. 1-4.
- Reinhart, R. H., 1976: Fossil sirenians and desmostylids from Florida and elsewhere. *Bull. Florida State Mus., Biol. Sci.*, 20(4), 187-300.
- Shikama, T. and Domning, D. P., 1970: Pliocene Sirenia in Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, [NS] 80, 390-396.
- Takahashi, S., Domning D. P. and Saito, T., 1986: *Dusisiren dewana*, n. sp. (Mammalia: Sirenia), a new ancestor of Steller's sea cow from the upper Miocene of Yamagata Prefecture, northeastern Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, [NS] 141, 296-321, pls. 53-62.

日本における “Mid-Neogene climatic optimum” について

佐藤 誠 司

On the so-called “Mid-Neogene climatic optimum” in Japan

Seiji Sato*

Abstract The “Mid-Neogene climatic optimum at 16 Ma”, widely used among the geologists in Japan, was proposed by invertebrate paleontologists based on the fossils in the marine sediments after 16 Ma. However, because the marine fossils are scarce in the sediments before 16 Ma, the students have not referred to the climatic condition before 16 Ma. On the other hand, paleobotanists also use the same or similar terms on the basis of plant fossils, the Daijima flora from the non-marine sediments underlying the above noted marine sediments. Namely, the former usage is slightly different from the latter in age.

Fossil pollens are commonly found both in marine and non-marine sediments. The pollen analysis of the above noted marine and non-marine sediments leads to the following conclusions: The age of the warm climate represented by the Daijima type flora is assigned to ca. 26–13 Ma based on the published radiometric and biostratigraphic data for the formations including the flora. During the time, warm climate culminated at the middle Daijima stage, which is supposed to be older than 16 Ma, represented by the Daijima flora, and after then the climate became cooler towards 13 Ma with some fluctuations in temperature (at least two periods of cool temperate climate were intercalated) in Northeast Honshu and Southwest Hokkaido. The above noted climatic optimum at 16 Ma is supposed to correspond to the minor climatic culmination in the above noted fluctuations after the Daijima stage. Some floras reported as the Aniai and Daijima types may correspond to the floras at the times of the minor culminations of cool and warm climates in the climatic change after the Daijima stage. In Hokkaido except the southwestern part, the evidence of warm climate is found in the sediments older than 16 Ma and has not found at and after 16 Ma.

まえがき

Mid-Neogene climatic optimum という表現は地質・古生物の研究者の間で広く使用されている(例えば, Gladenkov, 1987; Marincovich, 1987; Ogasawara, 1987; Olson & Ingle, 1987; Tayasu, 1987). この用語は”熱帯海中気候生物事件”(土, 1985) という語で言い換えられているように, 主に海棲動物化石の研究者によって提唱された. この語についての詳しい定義はないが, この語が使用されている論文や研究集会などでの研究者の発言から判断すると, 16Ma 前後の時代の比較的短い期間に認められる温暖期というのが一般的に想

定されているイメージであろう. しかし, 16Ma 以前はどうであったかについては言及されていない. その理由はグリーンタフ地域では火砕性の堆積物が多く海成の堆積物が少ないこと, 非グリーンタフ地域についても 16Ma 以前の地層についての化石のデータが少なくその時代に問題がある故かもしれない.

一方, 植物化石の研究者も新第三紀における最温暖期を示すのに同じまたは同じような用語を使用する. 例えば, 中新世初期末の温暖化(棚井, 1985), a peak in Middle Miocene time (Wolfe and Hopkins, 1976), climatic optimum (Yamanoi, 1987). また, 植物化石の研究者も参加しての研究集会の場でも Neogene climatic optimum という語が使用されている. 16Ma 頃の高成堆積物には植物化石が少ないため, これらの直下にく

*北海道大学理学部地学質鉱物学教室
1992年7月11日受付, 1992年9月29日受理

る非海成の堆積物が卓越する地層から産する植物化石(台島型植物群: 藤岡, 1959; Tanai, 1961)によって示される温暖な時期を指すものとして用いている。このように、一般に合意されているようにおもわれるこの用語は専門の異なる研究者の間で多少時代的に異なったものを指している。そこで、海成・非海成の両堆積物中に普遍的に産する化石花粉を用いて 16Ma 以前・以後の化石花粉群の組成の変遷を求め、それによってその時期の気候変動、そしてこの climatic optimum の性格を

もう少し詳しく明らかにすることを本論文の目的とした。

まず、動物化石の研究者の間ではこの用語がどう用いられているかを見てみることにする。例えば Tsuchi (1987) は "Mid-Neogene climatic optimum: 日本に於ける新第三紀中の最も目立った出来事の 1 つで、中期中新世最初期の間北日本において熱帯・亜熱帯性の海棲動物群が繁栄した。熱帯性の浅海性貝化石、マングローブ林の植物の花粉、熱帯性の大型有孔虫はすべて 16Ma 前後の

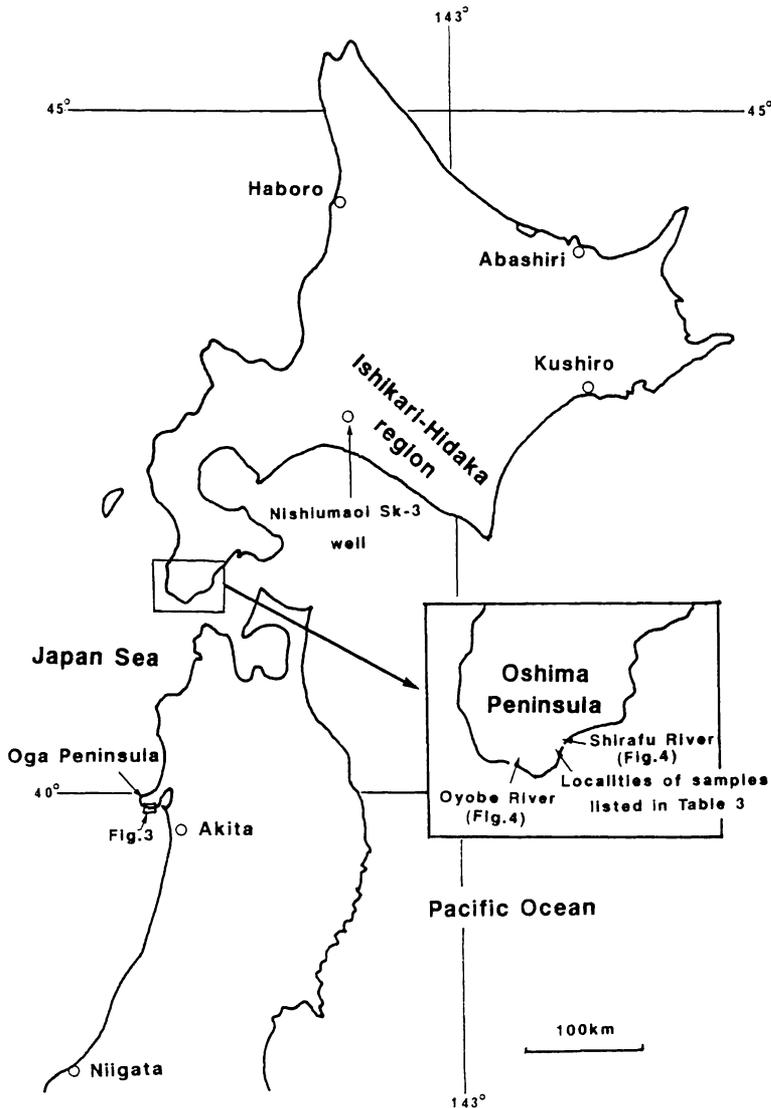
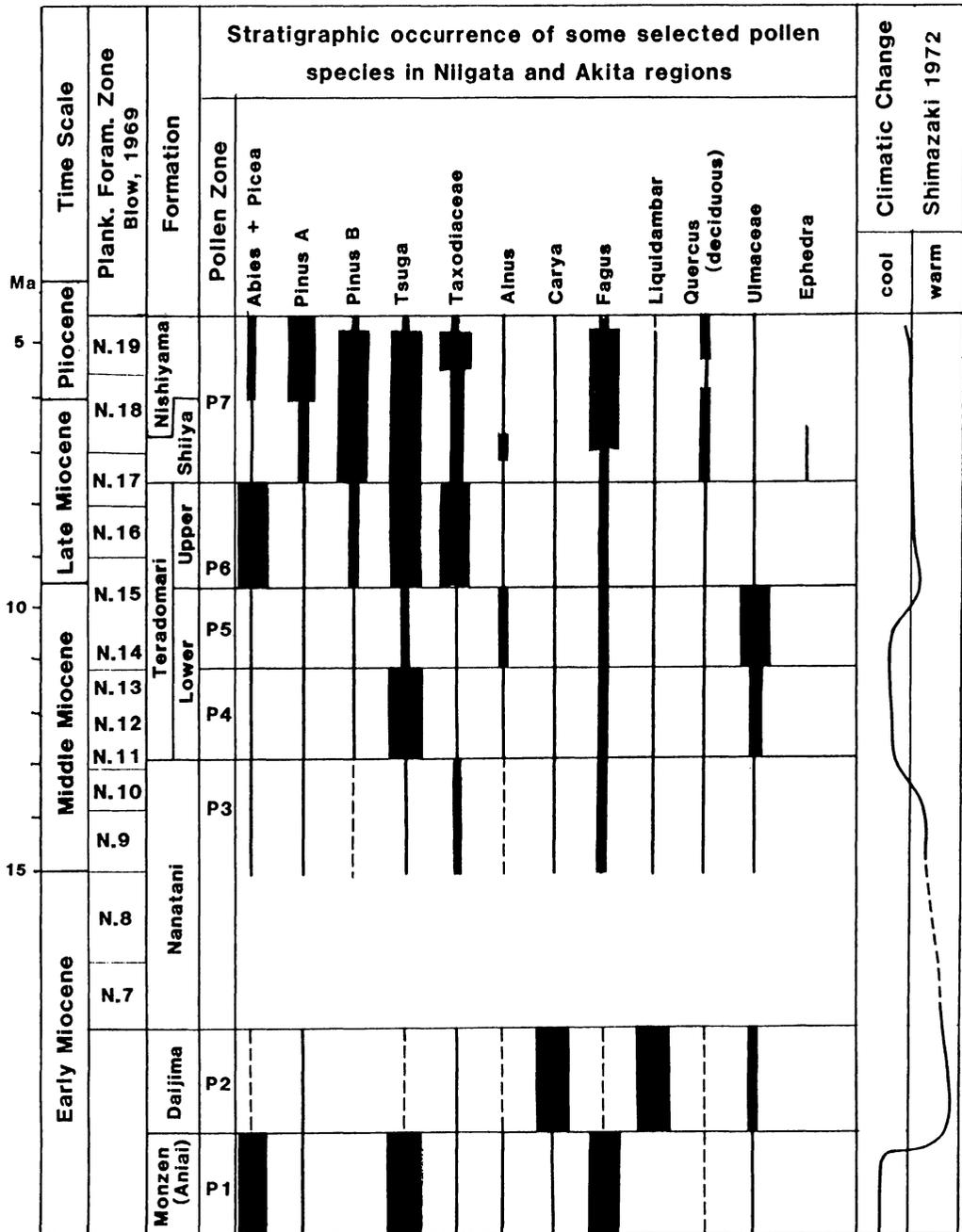


Fig. 1. Index map for the present study.

限られた層準中に産する。日本列島はこの時期現在よりはるかに温かい海流の影響下にあった”と述べている。

また, Ibaraki (1987) は日本の新第三系中の浮遊性有孔虫群集についての論文の中で, 日本の新第三紀の major planktonic foraminiferal



(After Shimazaki et al., 1972)

Fig. 2. Stratigraphic occurrence of some pollen species in the Neogene in Niigata and Akita region (After Shimazaki et al., 1972).

eventsの初期のものとして、(1) 16 MaのN. 8の基底における温暖水域の要素の著しい産出、(2) 14.6 MaのN. 10の基底での温帯性要素の出現、(3) 9.0 MaのN. 16の基底部に於ける温暖水域の要素の増加を挙げている。

Ogasawara (1987) は貝化石から見た東北本州の新第三系中に、八尾・門ノ沢-築別動物群を産する15-16 Maの層準に最初のclimatic optimumが、13 Ma付近の層準に2番目のclimatic optimumが想定されると述べている。

以上の例で代表されるように、動物化石の研究の間では、16 Ma以前の時期についてはあまり言及されていないが、16 Ma付近にclimatic optimumがあったというのはさして異論のない通説のようである。

一方、植物化石については、新第三系の中で最も温暖な組成を持った植物群は男鹿半島地域で上記の動物化石を多産する海成層の直下の層準から産する台島植物群(藤岡, 1959)で、これに相当する植物群は日本各地から報告されている。

しかし、後で述べるように、これらの全てが模式地の台島植物群と同時代であり、また同じ気候を指示するかどうかといった点で検討の余地がある。また、この台島型植物群を産する層準の直上の海成層中からの植物化石の産出は少ないため、この層準の植物群については詳しく言及されていない。

なお、新第三系の化石花粉群についてのデータは西日本地域ではきわめて少ないので、この地域のclimatic optimumについては本論では触れない。

Climatic optimum 期の堆積物及び化石花粉群

前期の3つの論文でも述べられているように、海棲動物化石からclimatic optimumは16 Maの時期に認められている。この層準の堆積物としては、東日本では秋田地域の西黒沢層、新潟地域の七谷層、富山地域の黒瀬谷層、仙台地域の茂庭層・門ノ沢-四ツ役層、北海道の訓縫層・滝ノ上層・築別層・直別層などが挙げられている(Tsuchi *et al.*, 1981)。なお、棚井(1982)は築別層の下位の三毛別層を16 Maに、また、山野井

(1976)は七谷層の下位の津川-釜杭層を16 Ma頃のものとしている。これらの中、茂庭層、門ノ沢-四ツ役層を除く他の全てについて花粉化石のデータが報告されている。海棲化石を産する層準の下位の層準のデータが揃っていない黒瀬谷層を除いた6つの地域を本論では検討の対象とした(Fig. 1)。

1) 秋田-新潟地域

この地域の花粉層序は嶋崎ら(1972)によってFig. 2のように報告されている。この論文によれば、最も温暖な花粉群は台島層中に認められ、その組成は、“*Liquidambar*, *Carya*が多産し、*Pinaceae*があまり産出しないことが特徴”と記されている。その他“*Pinaceae*, *Taxodiaceae*は台島層上部に多く産出し、下部では少ない”とも述べられている。その上位の七谷層(または西黒沢層)についてはP3帯とし、その内容は“花粉の産出量、種数とも少ないのが特徴であるが、*Pinaceae*, *Fagus*, *Quercus*, *Ilex*が多く、*Tsuga*, *Abies*, *Juglans*, *Liquidambar*, *Pterocarya*, *Zelkova*などが多い”と記してある。この記述がFig. 2に示されているP3帯の空白部をも含めての記述であるかどうかは論文からでは不明であるが、Fig. 2に示されたP3帯上部の花粉組成は*Taxodiaceae*, *Fagus*が主体で、*Liquidambar*や*Carya*などの温暖な要素はP2帯に比して著しく減少している。これから判断すると、この花粉群の示す気候はP2帯に比して冷温化していることは明かである。また、P3帯の空白部については、上記のP3帯についての記述やP2帯の上部で*Pinaceae*, *Taxodiaceae*が多くなるという記述を併せて判断すると、この空白部は台島層上部の堆積期に始まる冷温化傾向の続く気候下にあったと推定されよう。いずれにせよ、このデータからは台島層中下部が最も温暖な状態の下にあり、16 Ma頃の七谷層(西黒沢層)はさして温暖な気候の下にあったとは思われない。

Table 1は植村和彦博士によって提供された男鹿半島の門前層-女川層の試料の花粉分析結果である(試料採取地点はFig. 3に示した)。この結果からも明らかのように、温暖な要素の*Liquidambar*, *Carya*などが過半数または30%以上も占

Table 1. Pollen floral composition of the Monzen-Onnagawa Formations in the Monzen-Daijima area, Oga Peninsula, Northeast Honshu. Group A pollen types (arboreal plants) are shown as relative percent of the total pollen assemblage (counts of 150 - 200 pollen grains). Group B (herbaceous plants and microplanktons) are shown as percentage abundance to Group A. On: Onnagawa Formation, Ni: Nishikurosawa Formation, Dj: Daijima Formation, Mo: Monzen Formation. Symbol + expresses less than 1 percent.

Pollen		Group A																Group B				
		Pinaceae	<i>Tsuga</i>	Taxodiaceae	<i>Juglans</i>	<i>Pterocarya</i>	<i>Carya</i>	<i>Alnus</i>	<i>Betula</i>	<i>Carpinus</i>	<i>Corylus</i>	Other Triporate pollen	<i>Fagus</i>	<i>Quercus</i>	Other Tricolpate pollen	<i>Ulmus & Zelkova</i>	<i>Liquidambar</i>	<i>Rhus</i>	<i>Ilex</i>	Chenopodiaceae	Spores	Microplanktons
On	O-5	30	10	13	+	2	1	+	2	3	2	5	1	10	16	4	0	0	0	3	0	1
	O-4	40	20	8	0	1	+	+	0	+	0	2	+	9	15	+	0	0	0	0	+	2
Ni	D-3	28	35	3	+	0	1	2	+	+	3	0	6	14	7	0	0	0	1	0	8	
	D-2	37	2	14	0	2	2	+	0	1	1	0	11	18	3	7	0	0	0	0	3	14
	D-1	23	3	9	+	8	7	1	1	3	+	5	2	8	11	11	7	0	0	0	+	+
Dj	NT-4	16	5	3	1	7	27	1	0	2	1	3	2	8	12	4	10	1	0	0	7	0
	NT-3	27	5	3	1	6	7	+	0	+	0	+	0	8	18	5	17	0	0	0	10	0
	NT-1	5	4	0	+	2	10	2	1	+	0	3	0	0	6	13	55	0	+	0	+	+
	1102-1	25	8	2	3	5	16	0	0	+	0	1	1	3	11	8	16	0	0	0	6	0
	1030-2 (pollen very poor)																				
	1030-1	14	1	7	2	6	25	+	0	2	1	2	0	15	13	7	3	0	+	0	15	0
	1031-2	1	6	0	0	0	0	59	5	2	3	10	0	0	7	8	0	0	0	0	16	0
1031-1	15	6	4	0	1	0	35	6	12	1	4	0	0	4	9	0	0	0	0	5	0	
Mo	M-1	69	20	0	0	0	0	3	5	+	+	3	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0

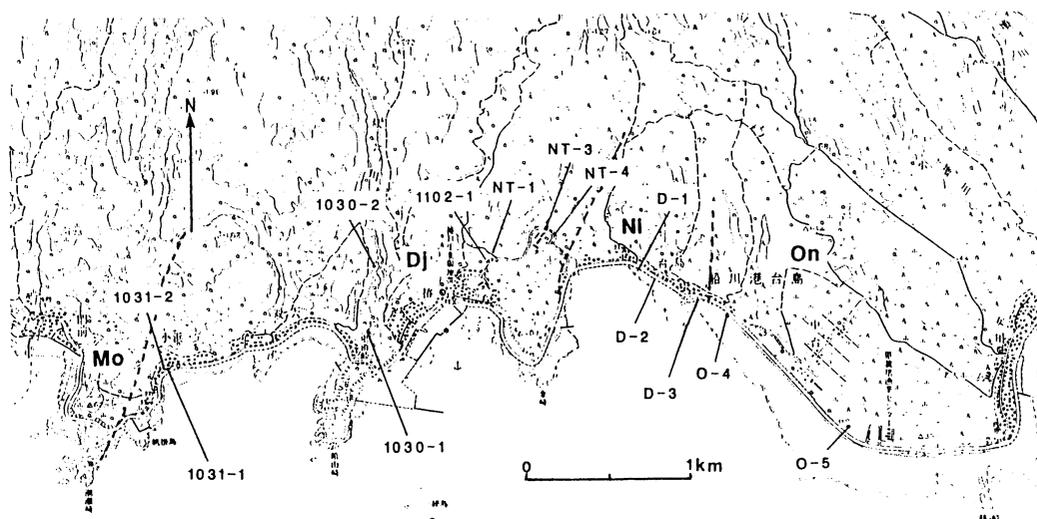


Fig. 3. Sampling localities for the pollen analysis shown in Table 3. Bold broken lines show formation boundaries (After Huzioka, 1959). Mo: Monzen Formation, Dj: Daijima Formation, Ni: Nishikurosawa Formation, On: Onnagawa Formation. Topographic map is a part of 1/25,000 map sheet "Funakawa" of Geological Surv. Instit.

めるような温暖な組成の花粉群は台島層中にのみ認められ、西黒沢層中の花粉群は *Liquidambar*, *Carya* がかなり少なくなるなど台島層中のそれよりも温暖であるとは言えない。注目されるのは試料 1031-1, 2 で、これらは台島層の下部で、木村 (1986) の双六層に当たる部分から採取されたものである。木村は双六層と上位の台島層との間に不整合を設けている。この2試料の花粉組成は下位の門前層の著しく冷温性のものとも上記の温暖な組成の台島層のものとも異なっている。藤岡・植村 (1990) は男鹿半島の台島植物群についての講演で“門前植物群 (阿仁合型) と台島植物群との組成的差異は際立っており、両者の中間的組成を示す群集は発見されていない”と述べているが、この2試料の花粉群は阿仁合型植物群から台島植物群への移行の過程を示す中間的組成の植物群に由来するものであろう。まとめると、本分析結果は嶋崎ら (1972) の結果を裏付けるもので、最も温暖な時期は 16Ma より以前の台島階にあったと結論される。

山野井 (1978) も男鹿半島における新第三系の花粉層序の研究を行っているのでこれについても検討してみる。この論文では台島層からの分析例は1つのみであるが、それでは Pinaceae と *Tsuga* を併せたものが約 80% を占める組成で、嶋崎らの台島層の上部に当たるものと思われる。山野井はこの花粉組成については特に触れていないが、この論文の Fig. 12 で台島層を *Liquidambar* zone に属するとしているから、極めて温暖な気候を指示すると考えているのであろう。しかし、Pinaceae や *Tsuga* のような冷温性の要素が 80% も占めるような組成の花粉群は前期の *Liquidambar* と *Carya* が過半数を占めるような花粉群と同じく極めて温暖な気候を指示するとは考えられない。また、西黒沢層については7つの分析例を報告しているが、それらは1例を除いて大半は Pinaceae + *Tsuga* が過半数を占め、そのうちの2例は Pinaceae + *Tsuga* が 95% 以上を占めるといった組成である。このような組成のものはむしろ冷温な気候を指示すると言えよう。山野井は海成層であるという理由で Pinaceae と *Tsuga* を除外して考察を進めているが、ほとんどが泥質

の堆積物からなる非浅海性の海成堆積物についてなら Pinaceae が特に多くなっている例は報告されているが (Cross et al., 1966; Traverse & Ginsburg, 1966; Sato, 1972 など)、台島層や西黒沢層のような非海成-浅海成のものも同一に扱うことは問題があろう。Pinaceae と *Tsuga* を含めてその組成を計算し直し、嶋崎らの分析様式に直して比較検討すると、西黒沢層の花粉群の組成は台島層のそのように温暖なものではない。山野井・津田 (1986) は富山県の黒瀬谷層 (台島-西黒沢層に対比されている) から極めて温暖な環境を指示する動物化石群と共に温暖な (山野井は熱帯性と表現している) 気候を指示する化石花粉群を報告し、これを台島-西黒沢層中の花粉群と同じ気候を指示するとしている。しかし、この黒瀬谷層の試料については Pinaceae の頻度はいずれの試料についても 20-30% 以下であるので、西黒沢層の場合と違って台島層の温暖な花粉群に対応するものと考えうる。いずれにせよ、化石花粉のデータからは台島層中部に極めて温暖な気候が想定され、上位の方へ冷温性の要素が増していくことが

Table 2. Stratigraphic sequence in the southern part of Oshima Peninsula, Hokkaido.

Age		Formation
Ma	Middle Miocene	Yakumo F.
		Kunnui F.
20	Early Miocene	Yoshioka F.
		no deposition
		Fukuyama F.

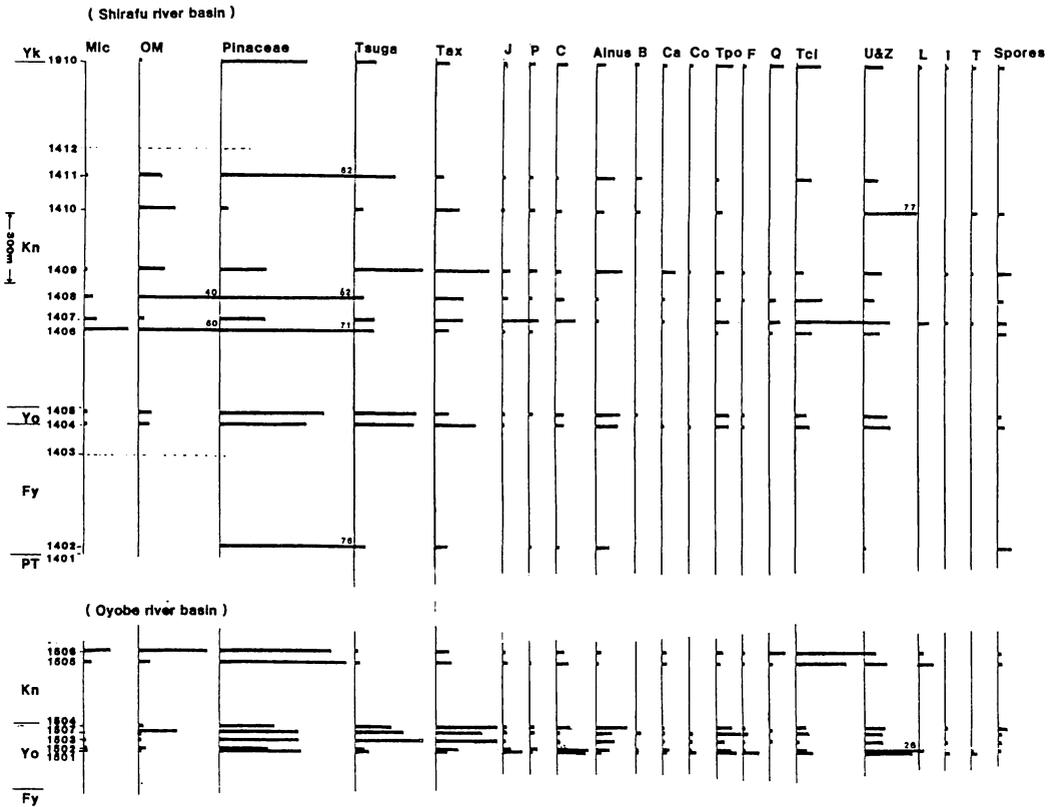


Fig. 4. Pollen floral composition in the Fukuyama-Yakumo formations in the southern part of Oshima Peninsula, Hokkaido (After Hata and Sato, 1989). Localities are shown in Fig. 1. Formation name (PT: pre-Tertiary formation, Fy: Fukuyama Formation, Yo: Yoshioka Formation, Kn: Kunnui Formation, Yk: Yakumo Formation). Pollen (Mic: *Michrhystridium*, OM: othr microplanktons, Tax: Taxodiaceae, J: *Juglans*, P: *Pterocarya*, C: *Carya*, B: *Betula*, Ca: *Carpinus*, Co: *Corylus*, Tpo: Triporate pollen gen. indet., F: *Fagus*, Q: *Quercus*, Tcl: Tricolpate pollen gen. indet., U & Z: *Ulmus* and *Zelkova*, L: *Liquidambar*, I: *Ilex*, T: *Tilla*). Refer to Hata and Sato (1989) about the stratigraphy of this area.

結論される。

なお、乙井 (1989, MS) は修士論文の研究対象として山形県庄内地域の新第三系中の花粉群を詳しく検討した。ここの新第三系中には阿仁合型植物群と台島植物群が揃って産出するとされていたので、それらの大型植物化石群と花粉化石群との比較検討を研究の主目的とした。しかし、結果は、一部に典型的な阿仁合型植物群に当たる花粉群が認められたものの、上記の両植物群を産するとされた堆積物中の花粉群ははっきり温暖とも冷温ともつかぬ組成で、他のデータと併せてみると、こ

れらは西黒沢階のものである可能性が強いという結論に達した。この結論の意味するものについては後の考察の項で触れる。

2) 北海道西南部 (グリーンタフ地域)

この地域の新第三系の層序がよく見られるのは松前半島の白符川流域である (Fig. 1)。この地域の層序は Table 2 の通りである。前述のように 16 Ma とされている訓縫層及びその下位の地層中の花粉群の変遷はすでに秦・佐藤 (1989) の論文でも詳しく述べたが、次のようである (Fig. 4)。最

下位の福山層は著しく冷温性の花粉群からなり、これは阿仁合型植物群に当たるものと思われる。その上位の吉岡層の花粉群は本層より台島型植物群(棚井(1963)はこれを台島型の北方タイプとしている)が産するので、温暖な組成のものが予想されたが、見出された花粉群は下部にはやや温暖な組成のものも認められるが大部分は冷温性のものである。このことは本層中に産する買化石が冷水性のものであるという事実とも合致する(秦・佐藤, 1989)。ただし、本層が厚くなる及部川地域では同層のものより下位の方に産する花粉群ほどより温暖な組成のものとなる傾向が見られる。即ち、下位の試料 1501, 1502 において冷温性の要素である *Tsuga* が著しく少なくなり、同時に温暖な要素である *Carya* が多くなり、*Liquidambar* も伴ってくる。また、現在では露出がないが吉岡川の upstream で同層の基底部から採取されたという石炭 (Table 3 の試料 sp. A) 中の花粉群は同層から検出された花粉群の中で最も温暖な組成を示す (Table 3)。即ち、試料 1514, 1415 では冷温性の要素の *Tsuga* や Pinaceae が 50% 以上を占めるのに、試料 Yo-A ではこれらが少なく、温暖な要素の *Quercus* や *Liquidambar* などが多くなっている。しかし、温暖とは言っても台島層中

に見られた程の著しく温暖な花粉群は認められない。大型植物化石(吉岡植物群)でも台島植物群より温帯性の要素が多いことが認められており、棚井(1963)はこの組成の違いを緯度の差によるものとし、吉岡植物群を台島植物群の北方型としている。しかし、地理的にそれほど離れていないこと、男鹿半島でも前記のように台島層の上位の方へ温帯性の要素が増していくことから、筆者は北海道の西南部では台島層の中下部、則ち極めて温暖な植物群を含む層準を欠いて、その上位のやや冷温化した気候の下で生成した層準から吉岡層の堆積が始まったと考える(秦・佐藤, 1989)。更に上位の訓縫層では Fig. 4 に見られるように、例えば、試料 1409 や 1411 のように、冷温性の要素である *Tsuga* や Pinaceae が多いもの間に試料 1407 のように、*Tsuga* が少なく、温暖な要素の *Carya*, *Liquidambar* や Tricolpate pollen が多といった組成のものが介在するなど層準によって冷温性の花粉群であったり温暖性の花粉群であったりするが、全体としては温帯～暖温帯性の花粉群と言えよう。ただし、本層は花粉の検出されない火砕性の堆積物が多いので、本層の花粉群の性格は他の層準に比して詳しく述べられない。更にその上位の八雲層(木古内層)になると温暖な要素は極めて少なくなる。いずれにせよ本地域では 16Ma と想定されている地層中には climatic optimum という語で表現されるような温暖な気候を指示する証拠は認められない。

Table 3. Pollen floral composition of the Yoshioka Formation in the Yoshioka area, Southwest Hokkaido. Locality is shown in Fig. 1.

Samples	1514	1415	1413	sp. A
Micrhystridium	0	0	0	0
O. M.	3	1	2	0
Pinaceae	43	40	29	4
<i>Tsuga</i>	7	22	14	1
Taxodiaceae	6	6	12	5
Juglans	1	1	1	4
Pterocarya	3	2	2	3
<i>Carya</i>	1	1	1	1
Alnus	3	4	8	3
Betula	0	0	1	0
Carpinus	1	0	1	7
Corylus	0	0	0	1
Triporate pollen	5	5	6	1
gen. indet.				
<i>Fagus</i>	0	0	2	32
<i>Quercus</i>	0	0	1	6
Tricolpate pollen	2	2	8	18
gen. indet.				
Ulmus and Zelkova	30	18	14	8
Liquidambar	0	0	0	3
<i>Ilex</i>	0	0	0	0
<i>Tilia</i>	0	0	0	0
Spores	0	0	0	3

Table 4. Stratigraphic sequence in the Haboro region, Hokkaido.

Tanai (1982)	Formation	Tsuchi (1981)
Ma		Ma
14	Kotanbetsu F.	15
	Chikubetsu F.	16
15	Sankebetsu F.	
16	Haboro F.	
	Cretaceous	

3) 北海道中央部羽幌地域

本地域の 16Ma 前後の地層の層序は Table 4 に示した通りである。築別層の年代については 15.5-16.5Ma (Tsuchi *et al.*, 1981), 三毛別層については 15.5-16Ma (棚井, 1982), 19.3±1.0Ma (保柳・松井, 1985) などが報告されている。三毛別層上部-築別層にかけては極めて冷温性の花粉群を含み、貝化石群も築別動物群と呼ばれる寒流系のものであり、温暖な花粉群は三毛別層下部から羽幌層にかけて認められる (佐藤, 1970; Sato, 1972)。上位の古丹別層もやや冷温性の割合が減ずるものの冷温性の花粉群を含んでいる。三毛別層, 羽幌層についてはそれが古第三紀のものとする見解も出されているが (米谷・古田土・一ノ関, 1981), いずれにせよ 16Ma とされた地層の時期は極めて冷温性の気候であったと推定される。

4) 北海道中央南部石狩-日高地域

この地域の 16Ma の時代の地層は滝ノ上層とされている。地表にみられる滝ノ上層は一般に 700m 以下の厚さ (模式地では約 400m; 松野・秦, 1960) で、その花粉群の内容はその基底部の一部にやや温暖な組成のものを産することは時にあるが、ほとんどは冷温性の花粉群である。従って、地表に分布する滝ノ上層中には climatic optimum と呼べるような証拠は認められていない (佐藤, 1987)。しかし、1977 年に若い地層で覆われた平野部で掘削された深い試錐 (西馬追 SK-3, 安平 SK-1; 佐藤, 1987 参照, 位置は Fig. 1) は滝ノ上層についてのそれまでのイメージを大きく変えた。則ち、この平野部の地下では滝ノ上層は 2000m 以上の厚さで、上から 1500m の部分は冷温性の花粉群を含むが、下部の 500-600m は温暖な花粉群を含むことが判明した (佐藤, 1970, 1987)。この温暖な花粉群を含む部分の年代は不明であるが、少なくとも地表部の滝ノ上層より 1000m は下位の地層であるので 16Ma より古いと考えるのが妥当であろう。とにかく、本地域でも 16Ma とされた地層中に温暖な気候を示す証拠は花粉化石からは得られず、それより以前の地層中に認められる。

5) 北海道東部釧路地域

この地域から北にかけての新第三系については、最近他の地域には見られない中新世初期の堆積物の存在が示唆されるなど不明の点が多い (棚井, 1982)。しかし、現時点で 16Ma の年代とされている直別層 (Tsuchi *et al.*, 1981) の花粉内容は冷温性のものである。またこの下位にくる中新世初期のものとして予想される厚い堆積物 (常呂層, 津別層, 達娯層, 上茶路層, 川上層群などと呼ばれている) 中の花粉群はいずれも著しく冷温性である (佐藤, 1981)。

考 察

ここでは上記の事実を基にして climatic optimum とされたものがどのような実体を指しているのかを考察してみる。即ち、どれほどの期間継続したのか、更に、その期間内が一様な温暖さであったのか、かなりの温度変化があったのかといったことについて考察してみたい。これらの問題についての既報告の記述としては、前述した Tsuchi による N8 から N9 の基底までの限られた範囲の温暖期といった表現があるのみである

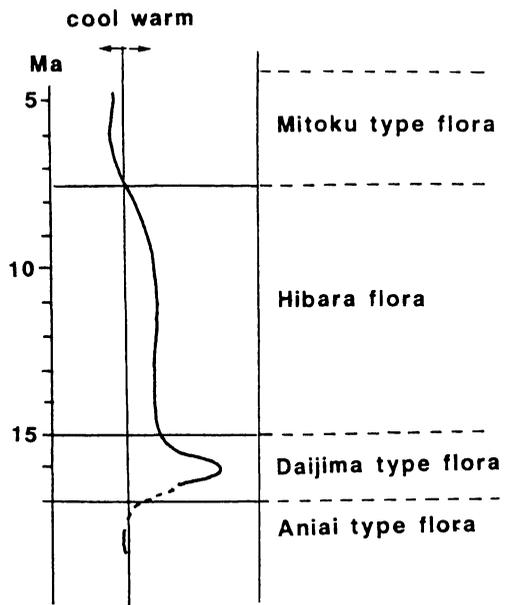


Fig. 5. Climatic change during the Miocene time in Japan (After Yamanoi, 1986).

が、これを図示すると山野井 (1986) が示したようなもの (Fig. 5) になるのではなからうか。しかし、前述したように、花粉化石の面から見る限り、少なくとも北日本に於いては山野井が示したような形の climatic optimum は 16Ma とされた堆積物中には認められない。つまり、16Ma の時期には温暖ではあるが、最も温暖な時期は 16Ma より以前 (Tsuchi *et al.*, 1981 (Fig. 4, 4) によれば N 8 より前、嶋崎ら (1972) によれば N7 より前の時期) にあったことになる。ただし、Ikebe & Maiya (1981, Fig. 3, 26) のように台島層を 16Ma とすれば 16Ma に最温暖期があったことになる。北海道西南部 (グリーンタフ地域) で 16Ma とされている訓縫層中には温暖な花粉群は認められるが、前記の台島層中下部に見られるような著しく温暖な花粉群は認められず、冷温性の組成の花粉群を含む部分もある。西南部を除く北海道各地域では 16Ma の時期にはむしろ冷温な気候の下にあったと推定される。

では 16Ma より以前に想定される最温暖期とは何時であるか。それは前述のように、グリーンタフ地域では男鹿半島の台島層中部、非グリーンタフ地域では北海道の夕張一日高地域の平野部の地下にのみ認められる厚い滝ノ上層の基底部に対応する時期である (羽幌地域の羽幌層については古第三紀とする意見もあるのでここでは触れぬこととする)。台島層の年代については次のような数値が報告されている: 約 17Ma (Ogasawara, 1987), 16.5-18Ma (木村, 1985), 20Ma (西村・石田, 1972), 20.0 ± 1.3 Ma・ 22.1 ± 1.3 Ma・ 21.2 ± 1.7 Ma (鈴木, 1980)。従って、台島層中下部の年代は 17-23Ma となる。鹿野・柳沢 (1989) は台島型植物群産出層準の下限をおよそ 22Ma と報告している。北海道西南部では上記の訓縫層の直下にあるのは吉岡層で、その年代については 16-17Ma (棚井, 1982), 17-18Ma (秦・佐藤, 1989) といった値が報告されている。前記のように、台島層中下部の著しく温暖な花粉群に対応する花粉群を産するより下位の部分はここでは欠けているので、その部分の年代は 17-18Ma より以前となる。北海道中央部の滝ノ上層の年代については 14.5-17Ma (棚井, 1982), 14.5-18Ma (Maiya *et*

al., 1981) などの報告があり、本層中には温暖な花粉群は認められない。ただし、これは地表に露出している滝ノ上層についてのことで、前述のように滝ノ上層堆積当時の堆積盆の中心部に当たるとされる平野部の地下深部に分布する 2000m 以上もの厚い滝ノ上層の基底部には温暖な花粉群が認められる。この基底部の年代についての報告はないが、同層はオンラップの形態で堆積したと推定されるから (佐藤, 1987)、堆積盆の中心部の同層の基底部は堆積盆の周縁部に近い地表に露出している同層より 1000m 以上も下位にあることとなり、従って、その年代は地表部の同層についての 17-18Ma より古くなる。以上述べたように、北日本に於いては 17-23Ma の間のいずれかに最温暖期があったと結論される。

鹿野・柳沢 (1989) は阿仁合型植物群と台島型植物群の産出層準と放射年代についての資料をまとめて、台島型植物群の産出層準が 13-14Ma から 22Ma にわたると結論している。この期間内の堆積物はグリーンタフ地域では化石花粉を含め火砕性の堆積物が多く介在するため、この期間の詳しい花粉群の変遷を求めることは困難なことが多く、嶋崎ら (1972) はデータの空白部を設けている (Fig. 2 参照) ほどである。しかし、17Ma 以後は全般に温暖ではあるが、17Ma 以前よりは冷温化した組成のものとなっており、北海道西南部では少なくとも 2 回の冷温な時期が介在したことが判明している (秦・佐藤, 1989)。また、常磐地域に於いても冷温な時期が介在したと推定される (佐藤, 1989)。これらのデータを含めて鹿野・柳沢 (1989) は 13-14Ma から 22Ma にわたる台島型植物群の産出層準の中に 2 回の冷温な時期を設けている。

以上述べたことを概略的に図示すれば Fig. 6 のようになる。もちろん、温暖さや冷温さの度合は地域によって異なり、北海道中央部 (非グリーンタフ地域) では図の破線で示したように、17-18Ma 以後は温暖な気候を指示する証拠は見つかっていない。

16Ma 頃の短い期間にきわめて温暖な時期が 1 度だけあり (植物化石では台島型植物群によって示されている)、そのすぐ以前に極めて冷温な時

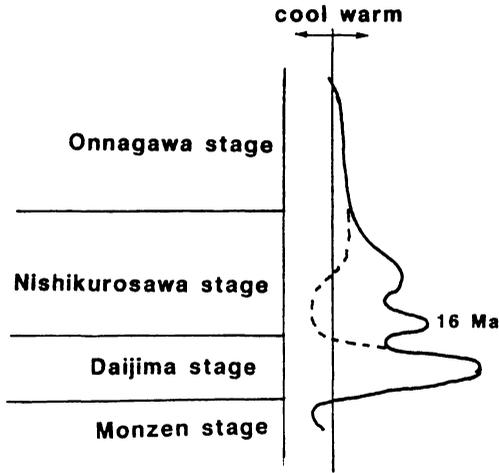


Fig. 6. Climatic change during the Miocene time in Japan proposed in the present paper. Solid line: Eastern Honshu and Southwest Hokkaido. Broken line: Hokkaido except Southwest Hokkaido.

期(阿仁合型植物群によって示される)があったとする従来の考え方(図示すれば Fig. 5)に基づくのと本論文で提唱する考え方に基づくのでは中新世の地史, この時期の地層の対比などに大きな違いが生ずるであろう。例えば, 前記の山形地域において阿仁合型植物群と台島型植物群が伴って産するとされていたが, 花粉化石によって詳しく検討してみると, この2植物群は門前層と台島層中の植物群に当たるものでなく, Fig. 6に示した最温暖期の後に介在する冷温期とその直後の小規模な温暖期に産するものと結論された(乙井, 1989)などのことがある。

以上述べたように, 16Ma頃の短い期間に想定されている climatic optimum といったものは花粉化石による検討からは認められず, この用語はむしろ 17-18Ma 以前の時期に適用されよう。いずれにせよ, Mid-Neogene climatic optimum とされているものはその定義を含めて再検討の必要があろう。

まとめ

海棲動物化石に基づいた Mid-Neogene climatic optimum という語によって示唆されている

最温暖期と大型植物化石に基づいた中新世の最高温暖期とはやや層位的に異なったものを指している。それはそれぞれの化石の産する堆積物が海成と非海成と異なるからである。化石花粉は海成・非海成の両方の堆積物中に普遍的に産するので, これを用いてこの両方の最温暖期を検討してみた。その結果以下のことが明らかになった。

(1) Mid-Neogene climatic optimum として想定されている最温暖期は 16Ma にはなく, それより前の時期(台島階), (その年代については 17 Ma から 22Ma までいろいろな見解がある)にあり, 16Ma の時期は温暖ではあるが最温暖期ではない。北海道(道西南部を除く)では 16Ma 頃は冷温な時期であった。

(2) いままで報告された大型植物化石の産出層準と放射年代によれば, 台島型植物群によって指示される温暖期は 17Ma 以後 13-14Ma 頃まで続くが, その間に少なくとも 2 回の冷温期を含むなど温冷の小さな変動を伴いながらも, 全体として冷温化していった。この温暖期全体を Mid-Neogene climatic optimum と定義するか, 17 Ma 以前の最温暖期のみに限るかを検討する必要がある。

(3) 今まで各地で報告されている阿仁合型植物群・台島型植物群の中には, 17Ma 以後の温暖期に介在する副次的な冷温期や温暖期のもので, それが中新世最初期の冷温期(いわゆる阿仁合型植物群で指示される)や 17Ma 以前の最温暖期(いわゆる台島植物群で指示される)に当たるものと考え違いされているものがある。中新世の地史やこの時代の地層の対比にはこのような考え違いに基づいたものもあるので再検討の必要があろう。

謝辞

棚井敏雅北海道大学名誉教授には多くの助言, 討論をいただいた。国立科学博物館の植村和彦博士からも多くの討論や貴重な試料を提供して頂いた。嶋崎統五氏からも有益な助言を頂いた。これらの方々に厚くお礼申し上げる。

文献

Cross, A. T., Thompson, G. G. and Zaitzeff, J. B., 1966:

- Source and distribution of palynomorphs in bottom sediments, southern part of Gulf of California. *Marine Geol.*, 4, 467-524.
- Gladenkov, Y., 1987: Neogene events in the North-Western Pacific. *Pacific Neogene Events Study* (Tsuchi, R. ed.), 28.
- 秦 光男・佐藤誠司, 1989: 松前半島南部の中新世前-中期における気温変化. 地質学論集, 32, 207-216.
- 保柳康一・松井 愈, 1985: 北海道羽幌地域第三系, 三毛別層の K-Ar 年代. 地球科学, 39, 74-77.
- 藤岡一男, 1959: 5 万分の 1 地質図幅説明書「戸賀・船川」. 地質調査所, 61pp.
- 植村和彦, 1990: 秋田県男鹿半島の台島植物群: その組成と層序的考察. 日本古植物学会 1990 年々会予稿集, 66.
- Ibaraki, K., 1987: Neogene events in Japan viewed from planktonic foraminifera. *Pacific Neogene Events Study* (Tsuchi, R. ed.), 36-38.
- Ikebe, Y. and Maiya, S., 1981: Stratigraphic outlines of the Akita and Niigata areas. *Neogene of Japan - Its biostratigraphy and chronology, IGCP-114 Nat. Working Group of Japan*, 68-75.
- 鹿野和彦・柳沢幸夫, 1989: 阿仁合型植物群及び台島型植物群の年代. 地質調査所月報, 40, 647-653.
- 木村勝弘, 1985: 油田地域における基盤の地史的な構造変化の研究. 石油開発技術センター年報, 14-15.
- 北村 信(編), 1986: 新生代東北本州地質資料集. (株)宝文堂.
- 米谷盛寿郎・古田土俊夫・一ノ関鉄郎, 1981: 羽幌地域, 日本の新第三系の生層序及び年代層序に関する基本資料, *IGCP-117, Nat. Working Group of Japan*, 49.
- Maiya, S., Ichinoseki, T. and Akiba, F., 1981: Stratigraphic outline of the Hidaka area. *Neogene of Japan - Its biostratigraphy and chronology, IGCP-114 Nat. Working Group of Japan*, 85-90.
- Marincovich, L., 1987: Neogene molluscan paleobiostratigraphic events in Alaska. *Pacific Neogene Events Study* (Tsuchi, R. ed.), 58-59.
- 松野久也・秦 光男, 1960: 5 万分の 1 地質図幅説明書「追分」. 北海道開発庁, 34pp.
- 西村 進・石田志郎, 1972: Fission Track 法による男鹿半島の新第三系の凝灰岩の年代決定. 岩鉱, 67, 166-168.
- Ogasawara, K., 1987: Neogene bio-events of warm and cold water molluscs in northeast Honshu, Japan. *Pacific Neogene Events Study* (Tsuchi, R. ed.), 78-81.
- Olson, H. C. and Ingle, J. C., 1987: Response of Middle Miocene benthic foraminifera to paleoceanographic events. *Pacific Neogene Events Study* (Tsuchi, R. ed.), 82-83.
- 乙井康成, 1988: 山形県庄内地域の新第三系の花粉層序学的研究. 北海道大学理学部地質学鉱物学科修士論文.
- 佐藤誠司, 1970: 北海道中軸部の中新統の対比-とくに海成堆積物の花粉分析に基づいて. 地質雑, 76, 283-301.
- Sato, S., 1972: Palynological consideration on Tertiary marine sediments of Hokkaido, compared with animal faunas. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ.*, [4], 15, 217-272.
- 佐藤誠司, 1981: 道東部新第三系の花粉層序について. 北海道の新第三系の生層序に関する総合研究, 研究連絡紙, no. 2, 32-36.
- , 1987: 北海道中軸部の新第三紀初期の堆積盆及び新第三紀最初期の堆積物. 石枝誌, 52, 147-157.
- , 1989: 常磐炭田第三系の花粉層序学的研究. 地質雑, 95, 171-187.
- 嶋崎統五・徳永重光・尾上 亨, 1972: 裏日本油田地域における花粉層序学的考察. 石枝誌, 52, 147-157.
- 鈴木達朗, 1980: 男鹿半島第三紀火山岩類に関する fission track 年代. 地質雑, 86, 441-453.
- Tanai, T., 1961: Neogene floral change in Japan. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ.*, [4], 11, 119-398.
- 棚井敏雅, 1963: 北海道における新第三紀植物群の変遷・化石, 5, 51-62.
- , 1982: 北海道の新第三紀生層序研究の今後の課題. 北海道の新第三系の生層序に関する総合研究報告書(棚井敏雅編), 81-90.
- , 1985: 第三紀フローラによる気候推定の 2・3 の問題. コロキウム: 新第三紀地史的イベント(千地万造編), 17-19.
- Tayasu, K., 1987: Miocene events and temporal changes of molluscan assemblages in San-in district, Southwest Japan. *Pacific Neogene Events Study* (Tsuchi, R. ed.), 79-101.
- Traverse, A. T. and Ginsburg, R. N., 1966: Palynology of the surface sediments of Great Bahama Bank, as related to water movement and sedimentation. *Marine Geol.*, 4, 417-459.
- Tsuchi, R., 1981: Bio-and chronostratigraphic correla-

- tion of Neogene sequences in Japanese Islands. *Neogene of Japan—Its biostratigraphy and chronology*. JGCP-114 Nat. Working Group of Japan, 91-104.
- 土 隆一, 1985: 新第三紀の地史的イベントとその時間空間分布 (千地万造編), コロキウム: 新第三紀地史的イベント, 1-6.
- Tsuchi, R., 1987: Neogene events in Japan and the Pacific. *Pacific Neogene Events Study* (Tsuchi, R. ed.), 102-104.
- Wolfe, J. A. and Hopkins, D. M., 1967: Climatic change recorded by Tertiary land floras in northwestern North America. *Tertiary Correlation and Climatic Change in the Pacific* (Hatai, K. ed.), 67-76.
- 山野井 徹, 1976: 新第三系の花粉化石—新潟県胎内川流域. 新潟大学理学部地質学教室研究報告, 4号 (西田彰一教授退官記念論文集), 197-206.
- , 1978: 男鹿半島における新第三系の花粉層序. 地質雑, 84, 69-86., 1986: 花粉から見た新第三紀の海岸気候事件. 海洋科学, 18, 140-145.
- Yamanoi, T., 1987: Mid-Neogene climatic optimum of Japan and its circumference, based on Palynological study. *Pacific Neogene Events Study* (Tsuchi, R. ed.), 105.
- 山野井 徹・津田禾粒, 1986: 富山県黒瀬谷層 (中部中新統) に見出だされるマングローブ林の様相. 国立科博専報, 19, 55-66.

放散虫と共生生物の観察 —平板状の Spumellarida 目について—

松 岡 篤*

Observation of radiolarians and their symbionts —On discoidal Spumellarida

Atsushi Matsuoka*

Abstract Light microscopic observation of discoidal Spumellarida and their symbionts reveals that species belonging to the Family Spongodiscidae, *Dictyocoryne truncatum*, *Dictyocoryne profunda*, *Hymeniastrum euclidis*, *Spongaster tetras*, and *Spongodiscus* sp., commonly possess reddish-brown symbiotic bacteria (<1.5 μ m in diameter). *Euchitonina elegans* of the Family Porodiscidae has both yellow symbiotic algae (5-8 μ m in diameter) and symbiotic bacteria. The number of symbionts and their distribution pattern in the host differ among species, suggesting that the observation of symbionts is useful in distinguishing species which have a morphologically similar shell.

Laboratory-cultured radiolarian specimens move their symbiotic bacteria to the axopodia which are located near the light source, strongly suggesting that the symbiotic bacteria are photosynthetic organisms and that the host radiolarians transport them towards the light source to enhance their photosynthesis activity.

Symbiotic algae and bacteria of *E. elegans* differ in their relationship with the host; the former disappears while the latter remains within the host when the host becomes weakened or dies. This indicates that the symbiotic algae are ectosymbionts and that the symbiotic bacteria are endosymbionts.

はじめに

生きている放散虫を顕微鏡で観察すると、その色彩の美しさに目を奪われる。これは放散虫自身の色である場合もあるが、共生生物によるところが大きい。放散虫が共生生物をもっていることは古くから知られていた (Huxley, 1851) が、共生生物の同定や共生関係の詳細については、電子顕微鏡の実用化と各種の実験方法の確立をまたなければならなかった。1970年代以降、超薄片の電子顕微鏡観察により、放散虫が多彩な共生生物をもつことが明らかにされた (Anderson, 1976, 1983; Anderson *et al.*, 1983a; Anderson and Matsuoka, 1992; Cachon and Caram, 1979)。また、室内実験をとおして共生生物が光合成をおこなっていることや、共生生物による光合成生成物が放散

虫に引き渡されていることが証明された (Anderson, 1978; Anderson *et al.*, 1983b, 1985, 1989a)。

古生代の初めに出現した放散虫は、それぞれの時代にさまざまな生物と共生関係をもちながら現在にいたっていると考えられる。共生生物とのかかわりは、放散虫の進化の過程で重要な要素であったに違いない。放散虫の共生現象について徐々に解明されつつはあるが、放散虫の種の多様性からみれば、ごく限られた種についての観察や実験データしかないというのが実情である。本論文では、放散虫および共生生物の光学顕微鏡による観察結果を示し、共生関係をとおしてみた放散虫の諸機能と共生生物の役割について考察する。とくにここでは、平板状でスポンジ殻をもつ Spumellarida 目 (Spongodiscidae 科 および Porodiscidae 科) を取り扱い、分類指標としての共生生物の有用性についても述べる。

*新潟大学教養部地学教室

1992年8月22日受付, 1992年9月29日受理

試料の採取および観察方法

生きた放散虫の試料はバルバドス島西方約2 kmのカリブ海の表層海水(5m以浅)より, プラントネットを引いて採取した。実体顕微鏡のもとで雑多なプラントンから放散虫を分離し, 共生生物の分布場所や放散虫の浮遊姿勢などを観察した。また, 水温と光量を調節できるように設計した飼育装置(Anderson *et al.*, 1989b)をもちい, 放散虫1個体ずつをガラス管に入れて飼育実験を実施した。光源としては蛍光灯を使用し, 飼育水槽の下方から照明をおこなった。照明時間は朝8時から夜8時までの12時間とし, それ以外の時間は飼育装置に覆いをして暗くした。観察は, 放散虫の生理的リズムの擾乱を最小限におさえるために, 照明時間内におこなった。毎日1回, 倒立型光学顕微鏡をもちいて放散虫の殻サイズを計測するとともに, いくつかの項目を設定して記録をつけた。本研究に関連する観察項目としては, 共生生物の種類と数, 分布場所, 放散虫の浮遊姿勢などがある。共生生物の数および分布場所の時間的変化をとらえるために, 日時をかえて同一放散虫個体の写真を撮影した。

結 果

放散虫と共生生物の顕微鏡観察

光学顕微鏡での観察により, バルバドス近海の表層海水から得られたすべての平板状でスポンジ殻をもつ Spumellarida 目の放散虫, すなわち Spongodiscidae 科の *Dictyocoryne truncatum* (図1-A, B), *Dictyocoryne profunda*, *Hymeniasterum euclidis* (図1-D, 図2-A, B), *Spongaster tetras*, *Spongodiscus* sp. (図1-C) および Porodiscidae 科の *Euchitonina elegans* (図2-C, D) に共生生物が認められた。検討したすべての種に共通して, 光学顕微鏡の最小計測目盛り(1.5 μm)より小さい赤褐色の共生生物が認められた。大きさから判断してバクテリアであると思われるので, 以後, 共生バクテリアとよぶ。Porodiscidae 科の *Euchitonina elegans* では, 大小2種類の共生生物が認められた(図2-C)。小さい方は上述の共生バ

クテリアで, 大きい方は球形(直径5~8 μm)で黄色の共生藻類である。

共生バクテリアの数は種によって違いがみられる。*H. euclidis* と *E. elegans* がもっとも多数の共生バクテリアをもち, *D. truncatum* がそれらに次ぐ。*D. profunda* の共生バクテリアは一般に少ない。*S. tetras* と *Spongodiscus* sp. については, 観察例が少なくはっきりしたことはいえないが, *D. truncatum* と同程度の共生バクテリアをもつと思われる。

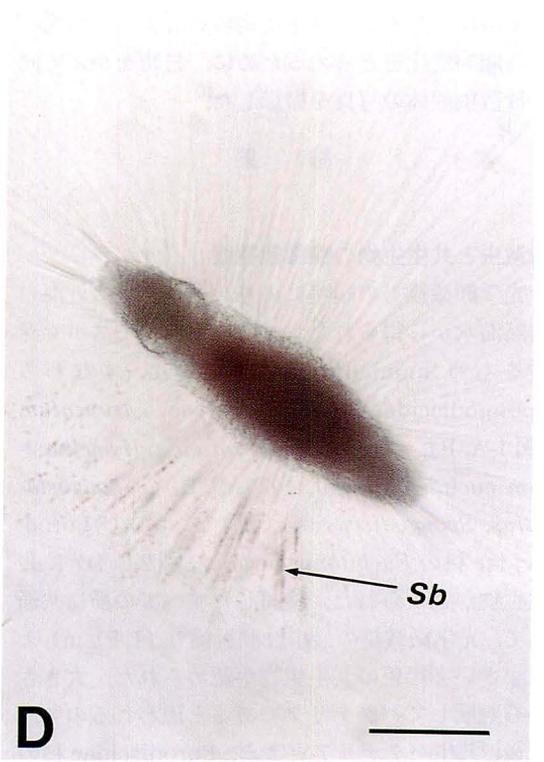
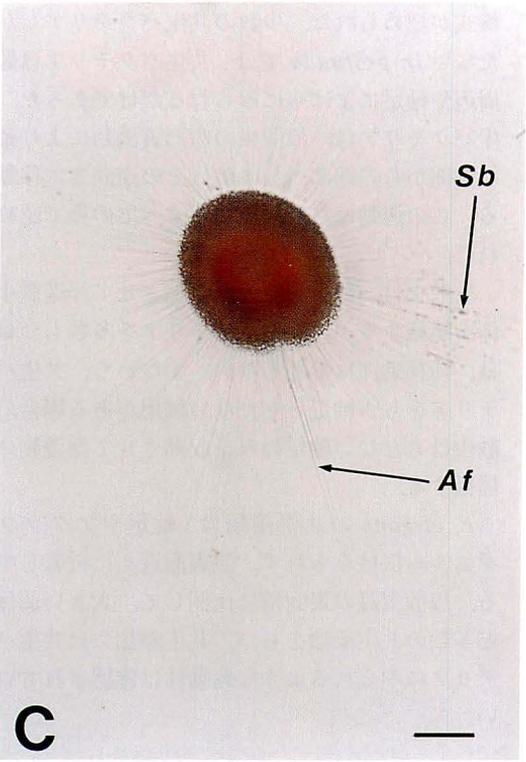
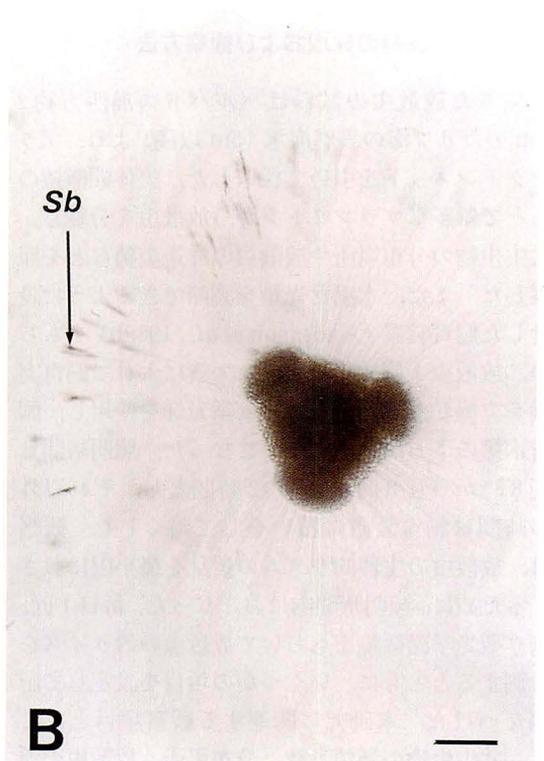
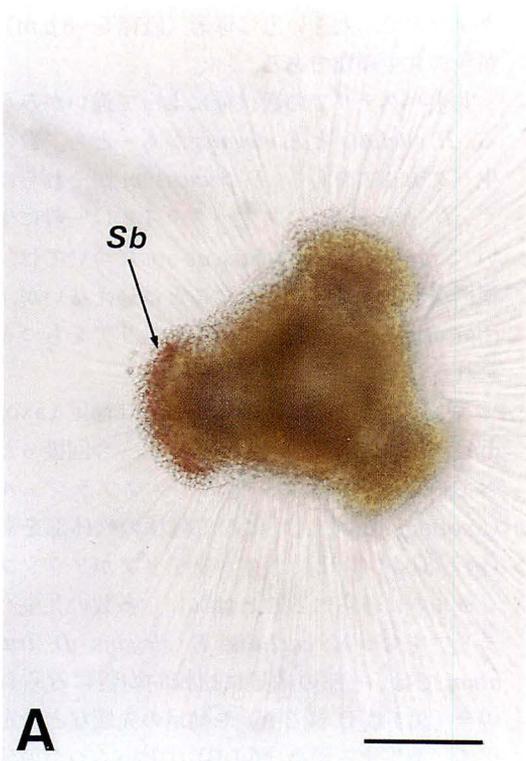
共生バクテリアは殻の周辺および軸足(axopodia)に沿って分布する(図1, 2)。今回扱ったすべての放散虫は軸足の他にアクソフラジェルム(axoflagellum)と呼ばれる鞭状の軟体部をもつ(例えば図1-C)が, 共生バクテリアがアクソフラジェルムにみられることはない。多数の共生バクテリアをもつ *H. euclidis*, *E. elegans*, *D. truncatum* では, 一部の軸足に比較的均質にみられる場合(図1-C, D, 図2-A)や軸足の先端など特定の場所に濃集する場合(図1-B)などいくつかの分布様式が認められた。少数の共生バクテリアしかもたない *D. profunda* では, 共生バクテリアは殻の周辺や軸足にまばらにみられるだけであった。共生バクテリアは, 放散虫の原形質流動により軸足の基部から先端部へ, またはその逆向きに移動する。この運動は, 今回扱ったすべての種で認められた。

放散虫は, 軸足を急速に収縮させて浮遊微小物体を捕獲するが, 共生バクテリアを多数もつ軸足は, 捕獲動作に参加しない。すなわち, 共生バクテリアをもつ軸足もたない軸足がある場合, 放散虫はもたない軸足のみを収縮させて浮遊物体を捕獲する。

E. elegans の共生藻類は, 軸足やアクソフラジェルムにはみられず, 殻表面近くに付着している。放散虫殻の表面積に比例して, 大きい個体ほど多数の共生藻類をもつ。共生藻類には共生バクテリアにみられるような運動性は確認されていない。

飼育実験による観察

1) 共生生物の数と分布様式の変化



飼育した *D. truncatum* 4 個体の殻サイズ、軸足の長さ、共生バクテリアの数についての計測および観察結果を図 3 の A~D に示す。これらの個体は塩分濃度 35‰ の飼育海水中で 28°C に保って飼育された。いずれの個体も 20 日間程度生存し、飼育管内で 85~90 μm の殻の成長を記録した。軸足の長さの変化については個体間で大きな差は認められなかった。すなわち、すべての個体において、軸足は生存期間をつうじて長い状態が維持され、生存期間の末期に短くなった。共生バクテリアの数に関しては、個体 A では、生存期間をつうじて多い状態がよく維持されていたのに対し、個体 D では飼育期間の初期にのみ共生バクテリアが認められた。また、個体 B, C では、観察する日によって共生バクテリアがみられたり、みられなかったりした。このように、共生バクテリアの数やその時間的な変化については個体ごとの変異が大きい。

共生バクテリアは数だけでなく、分布場所についてもしばしば変化が認められた。同一個体の *H. euclidis* について、飼育開始後 1 日目の午後 3 時および 3 日目午後 8 時の状態をそれぞれ図 2-A, 図 2-B に示す。1 日目には多数の共生バクテリアが一部の軸足に沿って密に分布していたが、3 日目には殻表面近くに濃集していた。

2) 共生バクテリアの偏在分布

放散虫の軸足には共生バクテリアをもつものもたないものがあることは先に述べた。飼育個体では、一般に共生バクテリアをもつ軸足が特定の場所に偏在することが明らかになった。例えば、

特定の腕付近からのびる軸足の先端に濃集する場合 (図 1-B) や平板状の殻の片側からのびる軸足に濃集する場合 (図 1-D) が認められた。いずれの場合でも、共生バクテリアは常に飼育ガラス管の底面 (すなわち光源) に近い軸足に偏在した。この現象は多数の共生バクテリアをもつ *H. euclidis* と *D. truncatum* で確認されている。

3) *Euchitonina elegans* にみられる 2 種類の共生生物

前述したように、*E. elegans* は大小 2 種類の共生生物、すなわち小型 (直径 1.5 μm 以下) の共生バクテリアと大型 (直径 5~8 μm) の共生藻類をもつ。図 2-C には飼育実験開始の翌日 (1 日目) の、図 2-D には同一個体の 2 日目の状態を示す。1 日目には、共生バクテリアと共生藻類がともにみられたが、2 日目になると共生藻類がまったくみられず、共生バクテリアが殻の周囲に集まっていた。2 日目以降、この個体には軸足が観察されなかったため、2 日目の時点でこの個体は衰弱していたかあるいはすでに死亡していたと思われる。このように *E. elegans* では、2 種類の共生生物は放散虫とのつながりの強さに違いがあることが判明した。なお、2 日目の飼育ガラス管の底には共生藻類に同定される球状体が認められた。

考 察

共生バクテリアの役割と放散虫の光感知機能

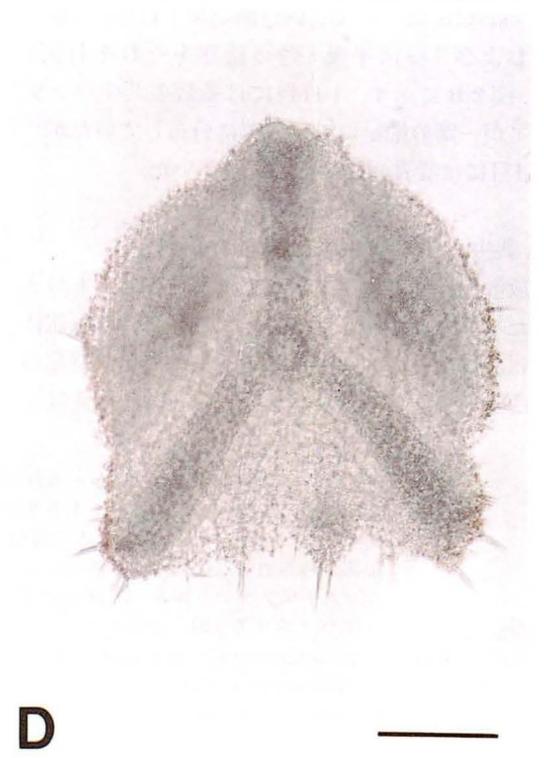
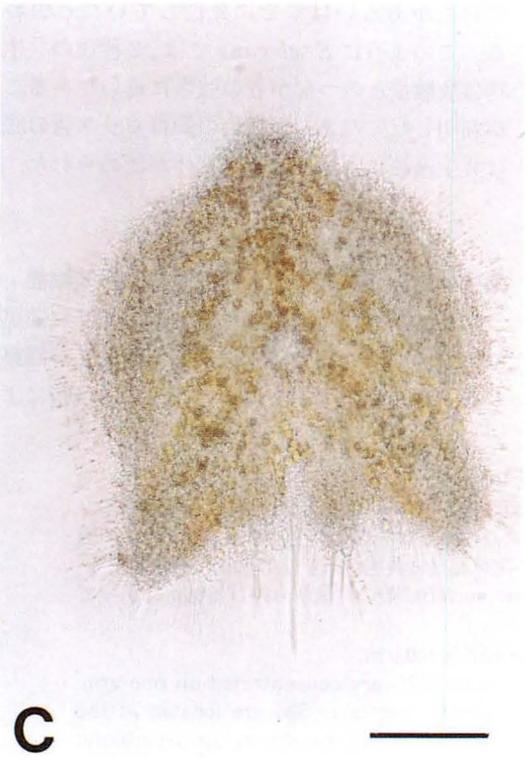
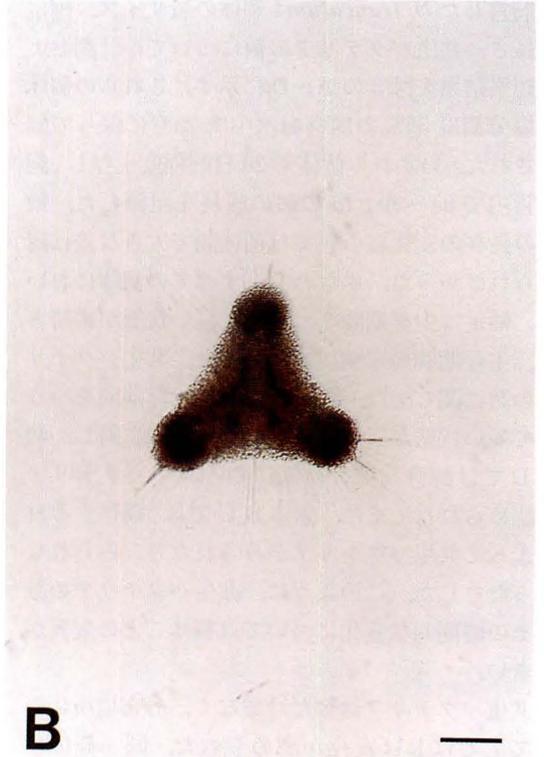
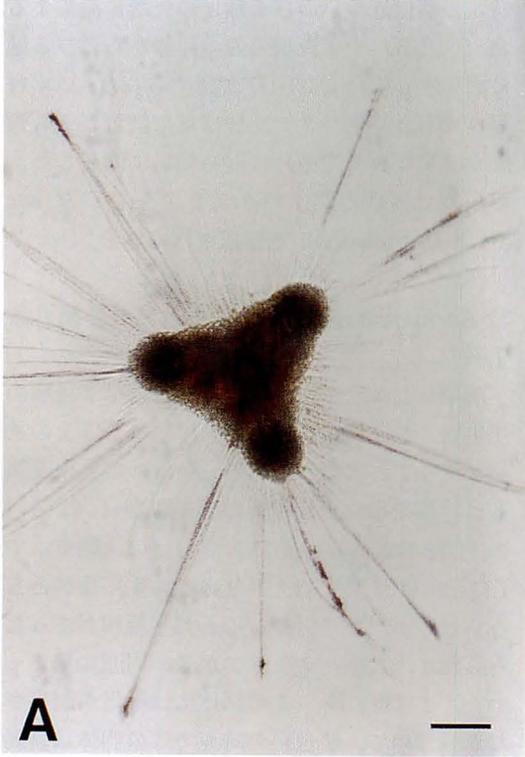
共生バクテリアは放散虫の殻の周辺や軸足に沿って、いくつかの分布様式をとることが観察された。また飼育実験からは、観察する日時によっ

図 1. 放散虫の光学顕微鏡写真。スケールバーは 100 μm。

A; *Dictyocoryne truncatum*. 1 本の腕の表面に共生バクテリア (Sb) が濃集している。
 B; *Dictyocoryne truncatum*. 1 本の腕からのびる軸足の先端に共生バクテリア (Sb) の濃集部がみられる。C; *Spongodiscus* sp. 一部の軸足に共生バクテリア (Sb) が分布する。
 Af. アクソフラジェルム。D; *Hymeniastrum euclidis*. 殻の片側からのびる軸足に沿って共生バクテリア (Sb) が分布する。

Fig. 1. Photomicroscopy of radiolarians. Scale bar is 100 μm.

A; *Dictyocoryne truncatum*. Symbiotic bacteria (Sb) are concentrated on one arm.
 B; *Dictyocoryne truncatum*. Clumps of symbiotic bacteria (Sb) are located at the end of axopodia which extend from one arm. C; *Spongodiscus* sp. Symbiotic bacteria (Sb) are distributed in some axopodia. D; *Hymeniastrum euclidis*. Symbiotic bacteria (Sb) are distributed along axopodia which extend from one side of the discoidal shell.



て共生バクテリアの数や分布場所が変化していることが確認された。Anderson (1983) は、共生藻類が明るい状態では放散虫から離れたところに、暗い状態では放散虫の近傍に分布するという観察結果を報告している。今回の飼育実験から、共生バクテリアは明るい状態でも軸足や放散虫の殻周辺にみられない場合があることが明らかになった。このようなとき共生バクテリアは放散虫の細胞深部に移動しているものと考えられる。共生藻類と共生バクテリアとでは、明暗の日周期に関係する分布様式の変化に違いがあるのかもしれない。今後、特定の放散虫個体について共生バクテリアの分布を連続的に観察することにより、分布様式の変化になんらかの規則性があるのかどうかを明らかにする必要がある。

多数の共生バクテリアをもつ種では、共生バクテリアが光源に近い軸足に偏在することが飼育実験で観察された。共生藻類が光合成をおこない、その生成物が放散虫に引き渡されていることは実験的に確かめられている (Anderson *et al.*, 1983b など)。しかし、共生バクテリアの役割についてはまだよくわかっていない。今回の観察事実は、生態的な面から共生バクテリアが光合成バクテリアであることを強く示唆している。共生バクテリアの偏在分布は、放散虫が光合成効率を高めるために共生バクテリアをよく光の当たる場所へ運んだ結果であると解釈できる。放散虫は、原形質流動によって共生バクテリアを移動させながら、効果的に光合成生成物を摂取しているのであろう。放散虫が共生バクテリアを光の当たる場所に移動させていることから、放散虫は光のくる向きを感知しているといえる。放散虫自身が、光を感知する

装置をもっているのか、共生バクテリアからだされるなんらかの信号によって光のくる向きがわかるのかは興味ある問題である。

共生生物の共生形式

Euchitonina elegans の飼育実験の結果、共生藻類と共生バクテリアは、放散虫とのつながりの強さにおいて差があることが明らかになった。放散虫が衰弱するか死亡すると共生藻類は放散虫の表面から離れてしまうが、共生バクテリアは放散虫の軟体部に留まっている。このことは、共生藻類は放散虫の表面に付着して、いわゆる外部共生の形式をとっていることを示している。一方、共生バクテリアは放散虫の原形質流動によって移動することからもわかるように、放散虫の細胞内で内部共生している。このような共生形式の違いは、共生生物の機能的な役割とも関連があると予想される。2種類の共生生物が放散虫の成長のどの段階で、またどのような順序で共生関係を結ぶのかを知ることは、放散虫の個体発生における生理機能の発展を解明する手がかりとなる可能性がある。

放散虫を分類する際の指標としての共生生物

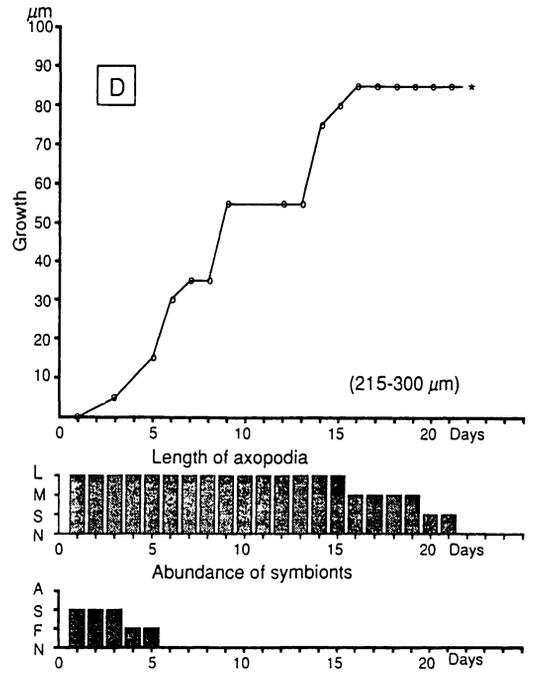
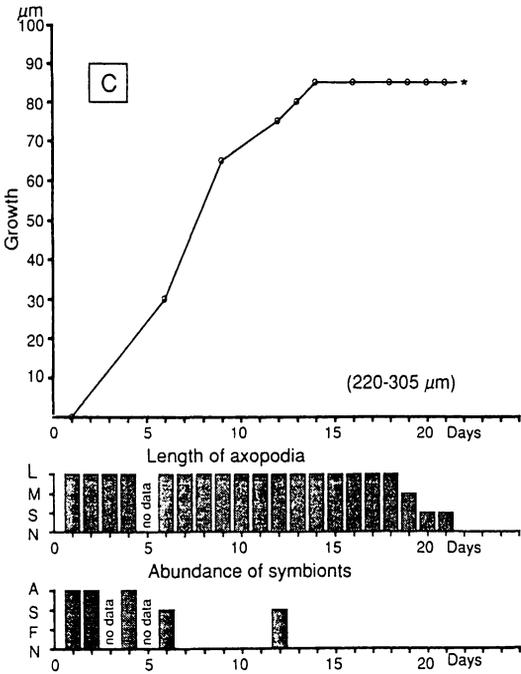
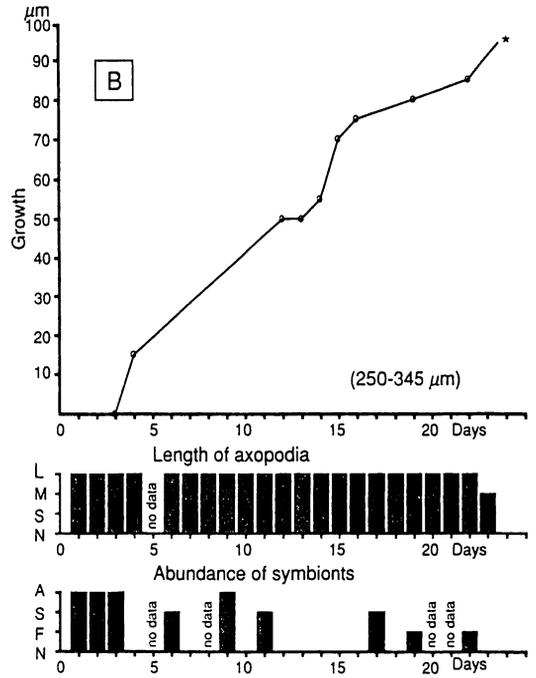
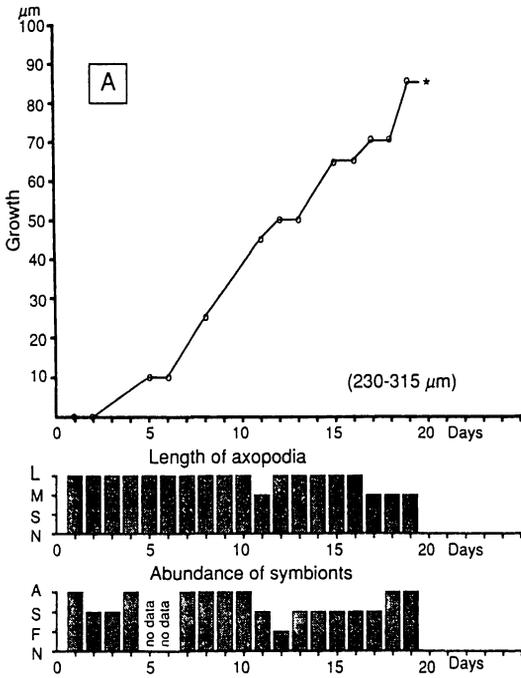
光学顕微鏡による観察の結果、Spongodiscidae 科のすべての種は共通して共生バクテリアをもち、Porodiscidae 科の *E. elegans* は、共生バクテリアとともに共生藻類がみられることが明らかになった。これらの2科は、もともと殻形態の特徴によって定義されたが、科ごとに光学顕微鏡で観察される共生生物の種類に関して共通性がみられることは興味深い。しかし、超薄片の電子顕微鏡観察から *D. truncatum* は中心嚢に共生藻類と

図2. 放散虫の光学顕微鏡写真。スケールバーは100 μ m。

A-B; *Hymeniasstrum euclidis*. A. 共生バクテリアは軸足に沿ってみられる (1日目午後3時00分)。B. 共生バクテリアは殻表面に濃集している (3日目午後8時00分)。
C-D; *Euchitonina elegans*. C. 共生藻類 (黄色) が殻の表面に、共生バクテリア (赤褐色) が軸足にみられる (1日目午後0時30分)。D. 共生バクテリアだけが殻の周辺にみられる (2日目午後3時10分)。

Fig. 2. Photomicroscopy of radiolarians. Scale bar is 100 μ m.

A-B. *Hymeniasstrum euclidis*. A. Symbiotic bacteria are along some axopodia (day 1, P. M. 3:00). B. Symbiotic bacteria are near the shell surface (day 3, P. M. 8:00).
C-D. *Euchitonina elegans*. C. Symbiotic algae (yellow) are near the shell surface, while symbiotic bacteria (reddish brown) are in the axopodia (day 1, P. M. 0:30).
D. Only symbiotic bacteria are near the margin of the shell (day 2, P. M. 3:10).



バクテリアをもつことが知られており (Anderson and Matsuoka, 1992), 他の放散虫についても細胞深部にどのような共生生物がみられるのかを明らかにする必要がある。放散虫-共生生物の生理的・生態的な相互作用は放散虫の殻形成とも何らかの関係があるものと予想され、形態に基づく分類に生物学的基礎を与える一つの方法として、放散虫の高次分類群ごとにどのような生物が共生関係にあるのかを整理する必要がある。

Dictyocoryne 属に属する *D. truncatum* と *D. profunda* は、ともに共生バクテリアをもつが、その数は両者で異なる。一般に、*D. truncatum* は多数の共生バクテリアをもち、しばしば軸足に共生バクテリアの濃集部がみられる。一方、*D. profunda* は少数の共生バクテリアしかもち、共生バクテリアの濃集部は観察されない。共生バクテリアの機能として光合成があることを考えると、*D. profunda* は *D. truncatum* ほど共生バクテリアによる光合成生成物に依存していない可能性がある。両種は殻形態に共通する性質が多く、系統的には最近種分化したものと予想される。共生生物の数の違いが種分化の結果であるのか、原因の一部に関連していたのかどうかはわからないが、完全浮遊性生物の種分化過程を考える場合、共生生物の役割にも目を向ける必要がある。ここでは *Dictyocoryne* 属 2 種を例にあげて共生生物の数の差異について述べたが、共生生物の分布場所についても種ごとに特徴があり、共生生物に関する情報は放散虫の近似種を識別する際の指標として

有効である。

おわりに

放散虫と共生生物とのかけ合いを観察することは、生物としての放散虫を理解するうえでユニークな視点が得られる。今回示した放散虫の光感知機能についての考察は、その一例である。しかし、光学顕微鏡での観察だけでは限界があり、可能性の指摘や検討課題の提示にとどまったところも多い。今後、さらに他の手法を用いて総合的に共生関係の実態を明らかにしていく必要がある。これまで、放散虫の共生現象の研究は、共生藻類についての検討がほとんどであった。共生生物としてバクテリアも重要な要素であり、今後の研究が望まれる。

謝 辞

ニューヨークのコロンビア大学ラモント・ドハティ地質研究所のロジャー・アンダーソン博士からは、放散虫の生物学について数々のご教示をいただくとともに、飼育実験装置を使用させていただいた。ポール・ベネット氏からは、バルバドス島で放散虫の飼育実験の手ほどきを受けた。バルバドス島ベラーズ研究所の方々には実験に際し、さまざまな便宜をはかっていただいた。以上の方々に心よりお礼申し上げる。

文 献

Anderson, O. R., 1976: A cytoplasmic fine-structure

図 3. 飼育した *Dictyocoryne truncatum* の成長曲線と飼育期間中の軸足の長さおよび共生バクテリアの数の変化。

殻のサイズは、三角形の殻の底辺と腕の先端までの距離の最大値を採用した。成長曲線の末端の星印 (★) は飼育放散虫の死亡を表す。殻サイズの初期値と最終値を括弧内に示す。軸足の長さおよび共生生物の数を表す棒グラフの記号は以下のとおりである。L (長), M (中), S (短), N (無), A (多数), S (中), F (少数)。

Fig. 3. Growth curves and changes in length of axopodia and abundance of symbiotic bacteria for four specimens of laboratory-cultured *Dictyocoryne truncatum*. The measured dimension of skeletal size is given as the largest value among three values of the distance of a baseline and arm apex of a triangular shell. The initial and final sizes are given in parentheses. The star (★) at the end of the growth curves indicates the death of the organisms. The letters, L, M, S, and N in the length of axopodia represent long, medium, short, and none. The letters, A, S, F, and N indicating abundance of symbionts are respectively abundance, several, few, and none.

- study of two spumellarian Radiolaria and their symbionts. *Mar. Micropaleontol.*, **1**, 81-99.
- , 1978: Fine structure of a symbiont-bearing colonial radiolarian *Collosphaera globularis* and ¹⁴C-isotopic evidence for assimilation of organic substances from its zooxanthellae. *J. Ultrastruct. Res.*, **62**, 181-189.
- , 1983: Radiolaria. Springer Verlag, New York, 365pp.
- , Bennett, P., Angel, D. and Bryan, M., 1989a: Experimental and observational studies of radiolarian physiological ecology: 2. Trophic activity and symbiont primary productivity of *Spongaster tetras tetras* with comparative data on predatory activity of some Nassellarida. *Mar. Micropaleontol.*, **14**, 267-273.
- , ———, and Bryan, M., 1989b: Experimental and observational studies of radiolarian physiological ecology: 3. Effects of temperature, salinity and light intensity on the growth and survival of *Spongaster tetras tetras* maintained in laboratory culture. *Mar. Micropaleontol.*, **14**, 275-282.
- and Matsuoka, A., 1992: Endocyttoplasmic microalgae and bacteroids within the central capsule of the radiolarian *Dictyocoryne truncatum*. *Symbiosis*, **12**, 237-247.
- , Swanberg, N. R., and Bennett, P., 1983a: Fine structure of yellow-brown symbionts (Prymnesiida) in solitary radiolaria and their comparison with similar acantharian symbionts. *J. Protozool.*, **30**, 718-722.
- , ———, and ———, 1983b: Assimilation of symbiont-derived photosynthates in some solitary and colonial radiolaria. *Mar. Biol.*, **77**, 265-269.
- , ———, and ———, 1985: Laboratory studies of the ecological significance of host-algal nutritional associations in solitary and colonial radiolaria. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, **65**, 263-272.
- Cachon, M. and Caram, B., 1979: A symbiotic green alga, *Pedimonas symbiotica* sp. nov. (Prasinophyceae), in the radiolarian *Thalassolampe margarodae*. *Phycologia*, **18**, 177-184.
- Huxley, T. H., 1851: Zoological notes and observations made on board H. M. S. Rattlesnake. III. Upon *Thalassicolla*, a new zoophyte. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, ser. 2, vol. 8, no. 48, 433-442.

シンポジウム記録

白亜紀～古第三紀のバイオイベント
—海洋生物の変遷と消長—

平成4年1月25日, 於九州大学農学部防音教室1

Report of symposium: Cretaceous to Paleogene bioevents,
with reference to the prosperity and decay of marine organisms.

Abstract In the late Mesozoic Era, most marine organisms experienced important impacts, such as “Mesozoic marine revolution” (proposed by Vermeij) and some mass extinctions. In order to clarify the affairs and to discuss their causes, a symposium entitled “Cretaceous to Paleogene bioevents” was held on the occasion of 1992 Annual Meeting of the Palaeontological Society of Japan at Kyushu University on January 25th, 1992. The following talks and discussions were presented at the symposium.

Tsunemasa Saito: Environmental changes in Cretaceous oceans as viewed from planktonic calcareous microfossils—An introduction

Takashi Hasegawa: Positive excursion of isotopic ratio of organic carbon near the Cenomanian/Turonian Boundary in the Upper Cretaceous Yezo Group

Hiroshi Nishi and Hisatake Okada: Paleoenvironmental change of the ocean through the Cretaceous/Tertiary Boundary, with reference to planktonic calcareous microfossils

Kunio Kaiho: Benthic foraminiferal faunal turnovers during Cretaceous and Paleogene times and their causes

Makoto Okamura, Keisuke Ishida and Tetsuji Yamasaki: Cretaceous to Paleogene radiolarian faunal changes related to paleoceanography

Seiichi Toshimitsu, Masayuki Tashiro, Atsuyuki Mizuno and Hisao Ando: Transition of the Cretaceous to Paleogene bivalves of Japan

Haruyoshi Maeda: Records of “Oceanic anoxia” in the Middle Cretaceous System in Japan

Hiroshi Hayakawa: Coniacian low-oxygen-benthic assemblage

Hikomichi Hirano: The Cenomanian/Turonian oceanic anoxic event and the evolution of ammonoids

Tatsuo Oji and Itaru Hayami: Mesozoic marine revolution and its evolutionary implications—crinoids and bivalves as examples—

Conveners: Masayuki Tashiro, Haruyoshi Maeda and Seiichi Toshimitsu

まえがき

中生代後期から新生代初期にかけては生物の進化繁栄, 大量絶滅による盛衰など現生生物への系統進化を考える上で古生物史上劇的なイベントが記録されている。特にわが国は活動縁辺域に位置し, 陸生相から深海生相にかけての事象をダイナ

ミックに捉えるのに好都合なフィールドである。そこで, わが国の地質の特徴と地球規模の古海洋環境の変遷を考慮しながら, 海洋古生物の変革を究明していくことを目的としてこのシンポジウムを行い, 下記の話題提供と討論が行われた。

白亜紀の海洋環境変遷と浮遊性石灰質微化石一序

説……………斎藤常正
 上部白亜系蝦夷層群の Cenomanian/Turonian
 境界付近の有機炭素の安定同位体比スパイク
 ……………長谷川卓
 浮遊性石灰質微化石からみた白亜紀/第三紀
 (K/T) 境界における海洋環境の変遷
 ……………西 弘嗣・岡田尚武
 白亜紀～古第三紀の底生有孔虫に見られるターン
 オーバー現象とその要因……………海保邦夫
 浮遊性珪質微化石からみた白亜紀～古第三紀の海
 洋環境……………岡村 真・石田啓佑・山崎哲治
 白亜紀～古第三紀の二枚貝の消長
 ……利光誠一・田代正之・水野篤行・安藤寿男
 本邦中部白亜系中に見られる“oceanic anoxia”
 の記録(要旨)……………前田晴良
 コニアシアン階における低酸素環境下の底生動物
 群集(要旨)……………早川浩司
 海洋無酸素事変とアンモナイト類の進化
 ……………平野弘道
 Mesozoic marine revolution とその進化古生物
 学的意義—有柄ウミユリ類と二枚貝類を例とし
 て—……………大路樹生・速水 格

本シンポジウムを実現するにあたり、日本古生
 物学会の皆様から種々ご協力・ご支援をいただ
 いた。また、シンポジウムにおいて講演してくだ
 さった講演者の皆様、討論に参加され有益なご意
 見をくださった皆様に感謝の意を表す。

(世話人 田代正之・前田晴良・利光誠一)

斎藤常正(東北大学): 白亜紀の海洋環境変遷と
 浮遊性石灰質微化石—序説 (Tsunemasa Saito:
 Environmental changes in Cretaceous oceans
 as viewed from planktonic calcareous micro-
 fossils—An introduction)

現在、人類は、人類活動の結果として生じた地球環境の急激な変化によって、その存亡を賭けた危機に直面している。とくに、温室効果ガスの大量の放出による地球環境の温暖化は、海面上昇、気候帯分布の変化、海洋循環系の変動などをもたらす可能性を含んでいるために、深刻な問題として、原因を除去するための手段と、変化が起ると

したらその規模の予測とが強く叫ばれている。温暖化がもたらす地球環境の変化を、モデル実験で予測しようという試みが現在行われており大きな期待がもたれているが、複雑な要因が相互に作用し合う自然現象を、実験のみで解決するには多くの問題があり、モデルが実際の現象を忠実に再現しているかを別の手段によって検証することがとくに重要である。

地球の歴史の中で、温暖な気候が長く続いたもっとも最近の時代が白亜紀であり、この時代の地球環境を可能な限り詳細に解析することは、温暖化がもたらすであろう環境変動を理解するために不可欠な研究であると考ええる。

議論を進める上で、まづ白亜紀環境についての現在の知識をまとめて見よう。

- (1) 白亜紀は 8000 万年の長さがあった。これは、新生代全体より、さらに 2000 万年長い時代であった。
- (2) 海水準が高く、現在の大陸の多くの地域に海が広がった。北アメリカ、ヨーロッパ、北アフリカ大陸など、現在の大陸の上まで海が広がった。
- (3) 大気中の二酸化炭素ガスの濃度が現在の 6 倍ほどもあった。

白亜紀大気中の二酸化炭素ガスの濃度は、白亜紀の海洋の CCD の深さ (Berger and Spitzzy, 1988)、炭素循環モデル (Berner, 1991)、古土壌中のカルサイト結晶中の炭素同位体比、をもとに計算されているが、現在のその 7 倍という高い値が得られている。

- (4) このような温暖化ガスの、大気中の高濃度の存在により、白亜紀の世界は温暖で極地域に氷床が発達していなかった。

極地域に、恐竜の発見が相次ぐのも (Rich and Rich, 1988; *Episodes*, 1991, p. 150), 温暖な極地の気候の傍証である。

- (5) 海水、とくに深層水の温度が異常に高かった。

白亜紀底生有孔虫の酸素同位体比測定結果によると、低緯度の深層水の温度は現在の地中海の深層水の温度の 13°C に近いかわり高かった (Saito and van Donk, 1974)。

- (6) 海底に広く有機物に富む黒色泥が堆積し

た。

パンゲアの分離の際、現在の南大西洋地域に堆積した黒色泥に加えて、アプチアン階、アルビアン階、セノマニアン/チューロニアン階境界付近の3つの時代に、海洋底層水の酸素濃度の低下を示す、有機物に富む黒色泥の堆積をもたらした、汎海洋的な無酸素事件 (OAE: Ocean Anoxia Event) が知られている。OAE の大きな原因は、地球温暖化に伴う、海洋の大循環機構の変化 (図1: Hay, 1988) であると理解されているが、白亜紀ではなぜ上述の期間に限って出現したのかについては、まだ、納得の行く説明は出ていない。

- (7) マントル内プルーム (Mantle Plume) がすべての原因。

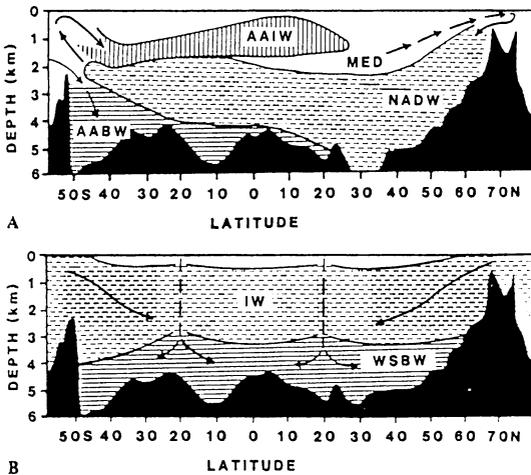


図1. A. 今日の大西洋における海洋大循環の様相。氷に覆われた極地で、冷却された海洋表層水は、比重の増大に伴い海洋底へと沈み、南極底層水 (AABW) と北大西洋深層水 (NADW) をつくる。そのため海洋の深層水は、氷点に近い温度となる。MED は地中海から大西洋へあふれる水。AAIW は南極中層水。B. 白亜紀の海洋における海洋大循環。極地が温暖であったので、現在のように温度下降に起因する循環 (thermal circulation) は起こらない。それに替わって、中緯度の乾燥した蒸発が活発な海洋域で、比重の重いしかし温度は高い (10~12°C) 高鹹水が海洋表面に作られ、それが高鹹高温度深層水 (WSBW) をつくる (高塩分温度循環: thermo-haline circulation)。逆に中層水 (IW) は極地域で少し冷やされた水で占められるために、温度が 8°C と低温となる。このような海洋水の階層の確率は海洋の水の鉛直循環を弱め、海底に無酸素状態の発生を助長する。(原図: Hay, 1988)。

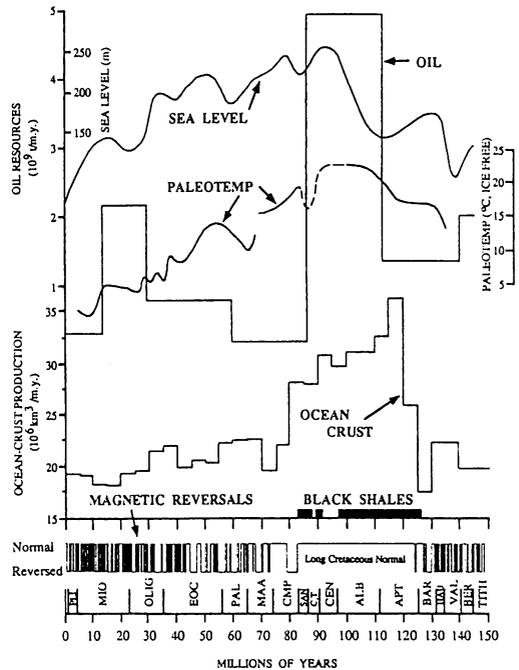


図2. 白亜紀中期のマントル・プルームがもたらす地球環境の変動。

マントル・プルームの活動は、地磁気の逆転を停止し、大量の海洋地殻を地表にもたらし、二酸化炭素を大気に放出し、大気・海洋の温度上昇をもたらす。結果としておこる海洋深層の無酸素化のため、有機物に富む黒色泥 (Black Shale) の堆積を促し、それが石油の源となる。(原図: Larson, 1990b)。

白亜紀の地球温暖化, その原因をつくった, 二酸化炭素の起源について, 最近マントル・プルームに求める説が提唱されている (図2: Larson, 1991a, b). つまり地球のコアとマントルの境界で, 周囲よりも高く熱せられたマントル物質が, あたかも巨大な炎のようにマントル内を上昇し, 白亜紀中期の古太平洋に噴出して, 海底地殻を作ると同時に多量の二酸化炭素を大気中にもたらしたと説明する.

上述のような白亜紀の海洋の環境とその変遷を, 浮遊性有孔虫の進化史と比較すると, OAEの事件に対応して, 浮遊性有孔虫群の多様性に顕著な減少が認められ, その後に急激な特殊形態の分化が認められる. 浮遊性有孔虫全体としては, コニアシアン期末の多様性の短期の減少をへて白亜紀後期に繁栄の全盛期を迎えた. ちなみに, 中生代を代表する魚竜 Ichthyosauridae がセノマニアン末期に, 最後の OAE と期を一にして絶滅しているのは興味深い (Manabe, 1992). 石灰質ナノプランクトンは, ベリアシアンからバレミアン階, キャンパニアン—マーストリヒト階にもっとも生産量が高くなった. 反面, 多様性について見るとアプチアン階以降, 僅かな増加がみられるだけで, OAE と対応するような大きな変化は見られない.

発展の全盛期にあった, 白亜紀の石灰質微化石群は, 白亜紀末に劇的な絶滅を迎える. 石灰質プランクトンの絶滅は, アンモナイト (Ward *et al.*, 1991) や恐竜の絶滅 (Sheehan and Fastovsky, 1992) とも同時であり, このような大量の生物群の同時絶滅を説明するのに, 小惑星の地球への衝突という劇的な事件を, その原因とする説が 1970 年代末に提唱されている (Alvarez *et al.*, 1980). このような, 「天変・地異説」の再来を思わせる考え方には, 多くの反論が出された. しかし, ユカタン半島の新第三紀層に埋もれて白亜紀末に作られた直径 200Km におよぶ巨大な隕石孔が発見されたこと (Hildebrand *et al.*, 1991), ハイチの白亜紀/古第三紀境界層からテクタイトが発見されたこと (Sigurdsson *et al.*, 1991), この小惑星の衝突に伴って「核の冬」の現象を彷彿とさせる

大陸環境の急激な, しかし短期間の冷凍化が起こった証拠が発見された (Wolfe, 1991) こと等小惑星の衝突が実際にあったことを証明する事実が つぎつぎに出されている.

文 献

- Alvarez, W., Alvarez, L. W., Asaro, F. and Michel, H. V., 1980: Extraterrestrial cause of the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, **208**, 1095-1108.
- Berger, W. H. and Spitz, A., 1988: History of atmospheric CO: constraints from the deep-sea record. *Paleoceanography*, **3**, 401-411.
- Berner, R. A., 1991: A model for atmospheric CO over Phanerozoic time. *Amer. Jour. Sci.*, **291**, 339-376.
- Hay, W. W., 1988: Paleocyanography: a review for the GSA centennial. *Geol. Soc. Amer., Bull.*, **100**, 1934-1956.
- Hildebrand, A. R., Penfield, G. T., Kring, D. A., Pillington, M., Camargo Z., A., Jacobsen, S. B. and Boynton, W. V., 1991: Chicxulub Crater: a possible Cretaceous/Tertiary boundary impact crater on the Yucatan Peninsula, Mexico. *Geology*, **19**, 867-871.
- Kominz, M. A., 1984: Oceanic ridge volumes and sea-level change—An error analysis. In Schlee, J. S. ed., *Interregional unconformities and hydrocarbon accumulation*. *Amer. Assoc. Petrol. Geol.s Mem.*, **36**, 109-127.
- Larson, R. L., 1991 a: Latest pulse of Earth: evidence for a mid-Cretaceous super-plume. *Geology*, **19**, 545-672.
- Larson, R. L., 1991 b: Geological consequences of superplumes. *Geology*, **19**, 963-966.
- Manabe, M., 1992: Mass extinctions among marine tetrapods. *29th IGC, Kyoto, Japan, Abstracts*, **1**, 66.
- Reynoldes, M. W. and Dolly, E. D., eds., 1983: Mesozoic paleogeography of the West-central United States. *Rocky Mount. Sec. Soc. Econ. Pal. Mineral.* 392 p. Denver, Colorado.
- Rich, T. H. V. and Rich, P. V., 1988: Polar dinosaurs form South Australia. *Episodes*, **11**, 223.
- Saito, T. and van Donk, J., 1974: Oxygen and carbon isotope measurements of Late Cretaceous and Early Tertiary foraminifera. *Micropaleontology*, **20**, 129-151.
- Sheehan, P. M. and Fastovsky, D. E., 1992: Major

extinctions of land-dwelling vertebrates at the Cretaceous-Tertiary boundary, eastern Montana. *Geology*, 20, 556-560.

Sigurðsson, H., D'Hondt, S., Arthur, M. A., Bralower, T. J., Zachos, J. C., van Hossen, M. and Channell, J. E. T., 1991: Glass from the Cretaceous/Tertiary boundary in Haiti. *Nature*, 349, 482-487.

Ward, P. D., Kennedy, W. J., MacLeod, K. G. and Mount, J. F., 1991: Ammonite and inoceramid bivalve extinction patterns in Cretaceous/Tertiary boundary sections of the Biscay region (southwestern France, northern Spain). *Geology*, 19, 1181-1184.

Wolfe, J. A., 1991: Paleobotanical evidence for a June' impact winter' at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Nature*, 352, 420-423.

長谷川卓 (東北大学) : 上部白亜系蝦夷層群の Cenomanian/Turonian 境界付近の有機炭素の安定同位体比スパイク (Takashi Hasegawa: Positive excursion of isotopic ratio of organic carbon near the Cenomanian/Turonian Boundary in the Upper Cretaceous Yezo Group) 後期白亜紀 Cenomanian の最後期から Turon-

ian 初期にかけて、主に西ヨーロッパなどのテチス海域を中心として貧酸素的な堆積場が拡大したことによって、大量の有機物が分解されずに埋積して黒色泥岩層を形成した。また、これに関係してこの時期の堆積物中の生物殻の炭酸カルシウム及び有機炭素の炭素の安定同位体比 ($\delta^{13}C$) が正方向にスパイクすることが知られている (Schlanger *et al.*, 1987; Arthur *et al.*, 1987, 1988)。この古海洋イベントは Oceanic Anoxic Event 2 (OAE2) とよばれ、海生生物の大量絶滅との関係が盛んに議論されている (e.g. Jarvis *et al.*, 1988, Elder, 1989)。OAE2 の記録は世界の多くの地域の Cenomanian/Turonian 境界 (C/T 境界) 付近の堆積物から報告されている (e.g. Schlanger *et al.*, 1987)。Arthur *et al.* (1988) は OAE2 を汎世界的な現象であると解釈しているが、これまでの OAE2 の研究例はテチス海域、大西洋海域および北アメリカ大陸の Western Interior Seaway に集中しており、太平洋海域、特に北西太平洋海域では議論に十分な研究結果は得られていない。このため、世界各地と比較し得るデータを、北西太平洋海域に位置する北海道から提供することは非常に重要である。

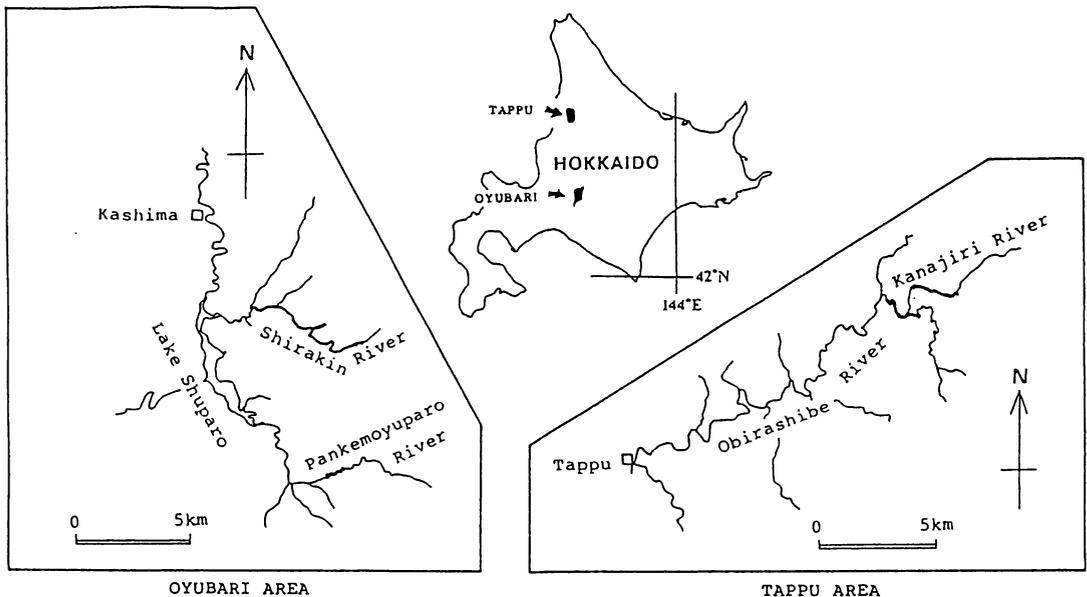


Fig. 1. 位置図

本研究では北海道白亜系蝦夷層群の堆積物中の有機炭素の安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) を測定した。試料採集ルートは、岩相および生層位学的研究の進んでいる大夕張地域の白金川セクションおよび達布地域の小平薬川—金尻沢セクション (Fig. 1) を選んだ。泥岩試料は数グラムをメノウ乳鉢で粉碎し、2NのHClを加えて加熱処理した後、蒸留水で洗浄し、一昼夜乾燥させて測定用試料とした。約10mgの測定用試料と約16mgのCuOをガラス管の中に真空封入し、600°Cで5時間燃焼させ、有機炭素をCO₂ガスに変換して真空ライン中で精製した後、静岡大学理学部設置のFinnigan MAT250へ導入し、炭素同位体比を測定し

た。炭素同位体比の測定誤差は±0.05‰以内である。また、測定直前のガスの体積を測定して有機炭素量を見積った。

炭素同位体比測定の結果、両セクションのC/T境界付近に約2‰の正方向のスパイクを確認した (Figs. 2, 3)。スパイクの最大値は大夕張で-22.253‰、達布で-22.341‰であり、よく一致している。大夕張地域ではこの炭素同位体比スパイクは滝の沢層 (本山ほか, 1991) 下部の帯緑色凝灰質砂質泥岩には含まれる暗灰色泥岩中にある。この帯緑色凝灰質砂質泥岩中には特徴的な生痕化石がみられることがある。同地域の南部に位置するパンケモユウパロ川流域に露出する同層準の地層

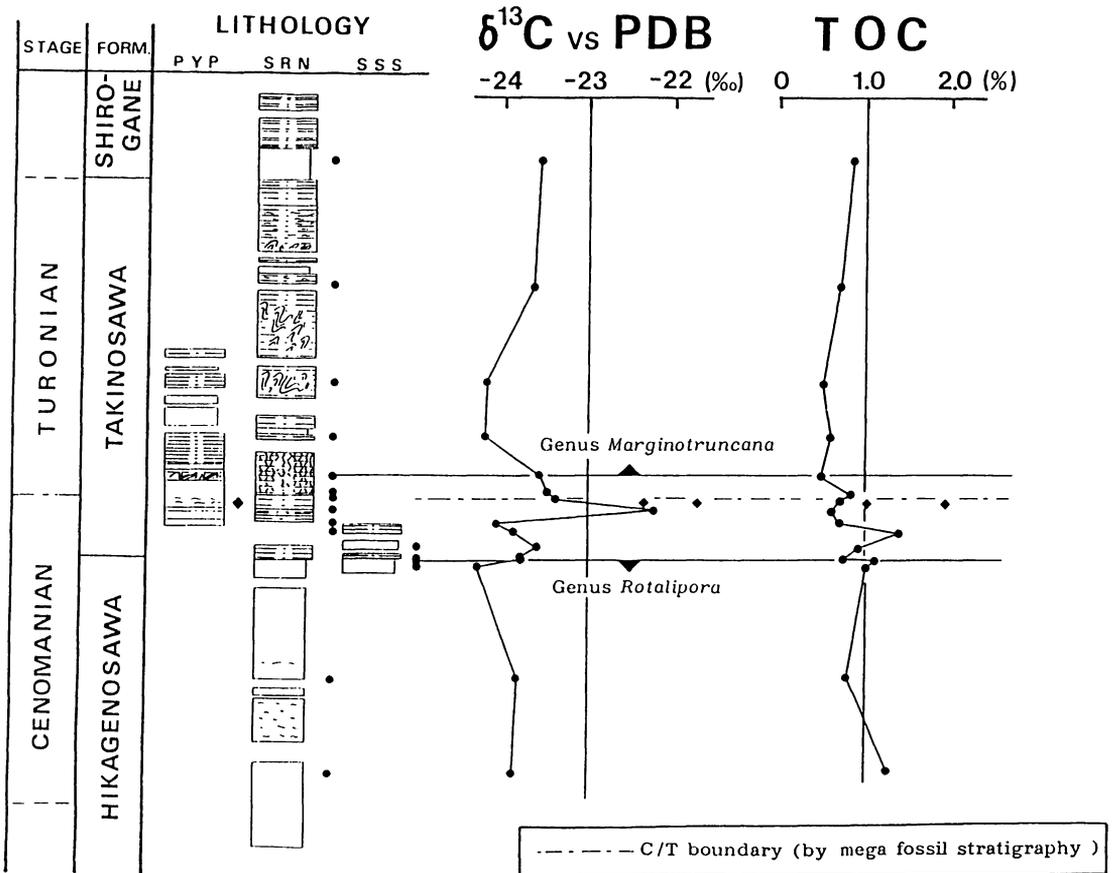


Fig. 2. 大夕張地域の有機炭素同位体比および有機炭素量の見積り値
柱状図のSRNは白金川本流, SSSは白金川支流, PYPはパンケモユウパロ川を示す。
C/T境界は松本ほか (1991) による。

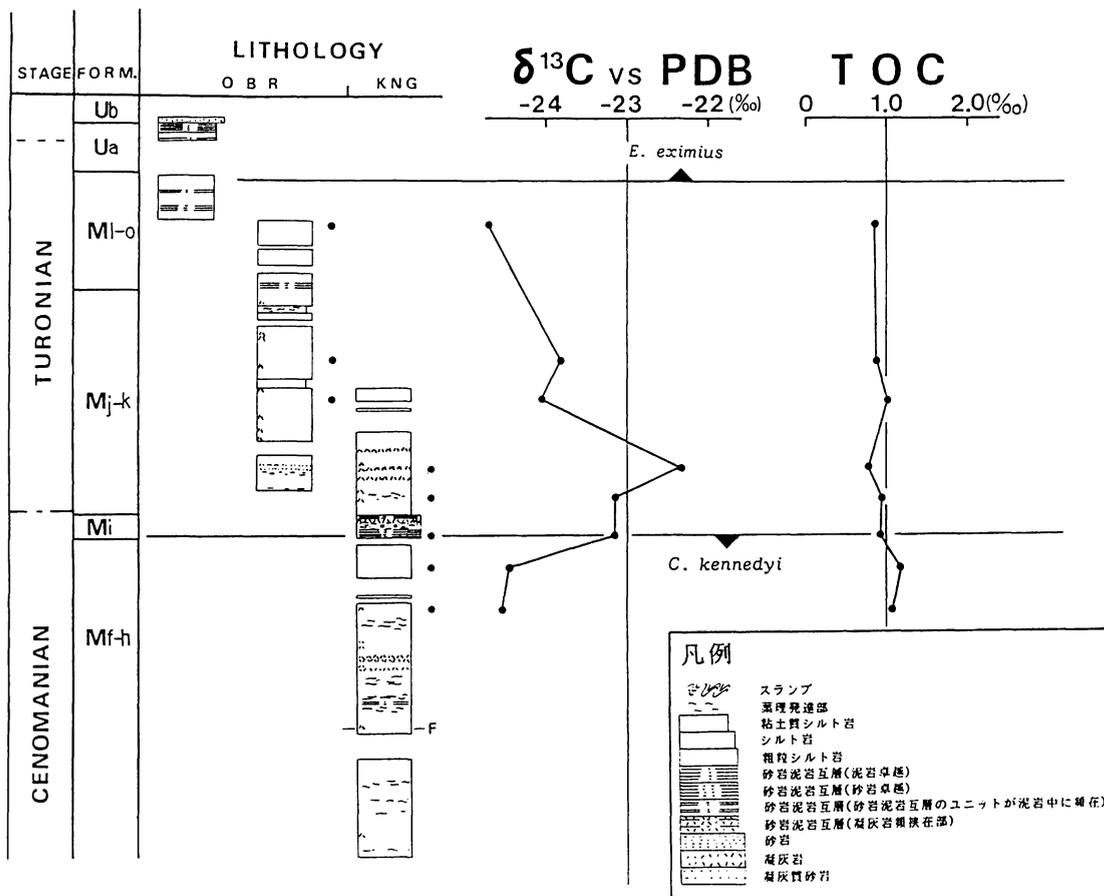


Fig. 3. 達布地域の有機炭素同位体比および有機炭素量の見積り値
柱状図のOBRは小平薬川, KNGは金尻川を示す. C/T境界は関根ほか(1985)による.

から得た試料からも同様に高い有機炭素同位体比が得られた。浮遊性微化石層位学的には、ピーク値を記録した層準は浮遊性有孔虫の *Rotalipora cushmani* (Morrow) の終産出層準 (= *Rotalipora* 属の終産出層準, 石灰質ナノ化石の *Axopodorrhabdus albianus* (Black) および *Corolithion kennedyi* Crux の終産出層準に一致) と *Marginotruncana roddai* (Marianos and Zingula) および *Marginotruncana* sp. の初産出層準 (= *Marginotruncana* 属の初産出層準) の間にあり (Fig. 1), 松本ほか (1991) の示した C/T 境界 (*Pseudaspidoceras flexosum* 初産出層準) の約 50m 下位にあたる。Schlanger *et al.* (1987) および

Pratt (1985) によれば、それぞれ Western Interior Seaway およびテチス海域では炭素同位体比は浮遊性有孔虫の *Whiteinella archaeoeretacea* Zone のわずかに下位から高い値にシフトし始め、わずかに上位でバックグラウンドレベルにもどる (Fig. 4)。大夕張地域の白金川セクションでは *Whiteinella archaeoeretacea* Zone の上限を決定する *Helvetoglobotruncana helvetica* (Bolli) が産出しなかったので、*M. roddai* および形態的に *H. helvetica* に似る *M. sp.* の初産出層準を *W. archaeoeretacea* Zone の上限に合わせて、Western Interior Seaway およびテチス海域の結果と比較した (Fig. 4)。大夕張地域の炭素同

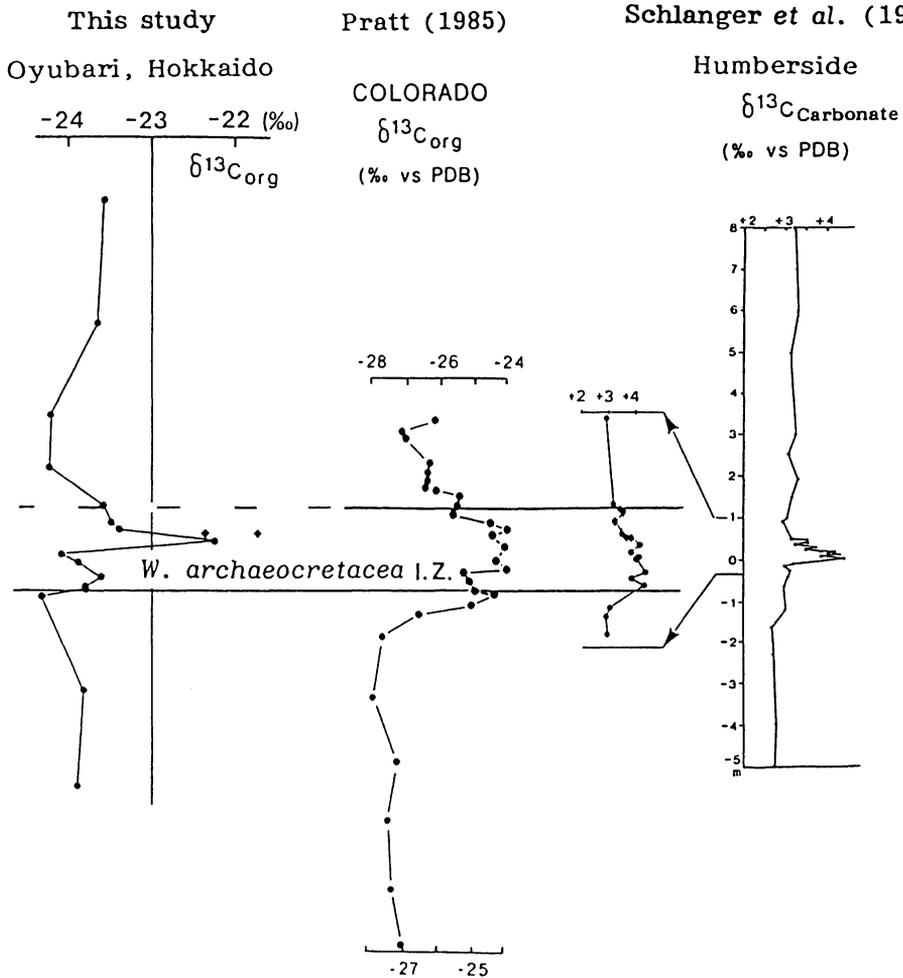


Fig. 4. イギリスのハンバーサイドおよびアメリカのコロラドの炭素同位体比カーブと本研究で大夕張地域から得られたカーブとの比較。大夕張地域では *H. helvetica* は産出しないので *Marginotruncana* 属の初産出を *W. archaeocretacea* Zone の上限に合わせて並べた。ハンバーサイドの結果は炭酸カルシウムの炭素同位体比である。

位体比曲線もほぼ同様の傾向がみられるようである。一方、達布地域では炭素同位体比のピークは Mj-k 層（対馬ほか 1958, の Mj 層と Mk 層を合わせたものに対応）内の帯緑色砂質泥岩中にある。微化石層位的にはこのピークは石灰質ナノ化石の *C. kennedyi* の終産出層準の約 200m 上位にあり、*Eiffellithus eximius* (Stover) の初産出層準の約 800m 下位にある。このことは炭素同位体比のピークが *W. archaeocretacea* Zone 内にあることと矛盾しない。

含有有機炭素量も予察的に見積もったが、大夕

張地域および達布地域のいずれにおいても Western Interior Seaway やテチス海域のような C/T 境界における異常濃集は認められなかった (Figs. 2, 3)。このことは carbonate platform のような環境の堆積物と比較すると、蝦夷層群の堆積速度が桁違いに速い (約 500m/m. y.) ことに起因すると考えられる。

本論に用いた炭素同位体比のデータは測定点が不十分なため、世界の他地域との比較や C/T 境界における炭素同位体比スパイクの原因に関する考察は予察的な域を出ない。しかし、大夕張と達

布の2つの地域ではほぼ同時に同規模のスパイクが観察されることは、本論で示した炭素同位体比のスパイクの原因が地域的なものではなく、広域的な(蝦夷層群堆積盆の大部分もしくはそれ以上の規模の)ものであることを暗示しており、さらに、Western Interior Seaway やテチス海域ともほぼ同時に生じたスパイクであるということから、これらの地域と同一の、汎世界的な原因による可能性が強い。今後、測定点を増やし、スパイクの層位学的位置、範囲およびその時間間隙を明らかにし、有機物の起源を決定することによって更に進んだ議論が展開できるだろう。

本研究を進めるにあたって、静岡大学の和田秀樹助教授および新妻信明教授には非常に有益なご指導、ご助言を頂いた。同大学の和田研究室の学生の方々には炭素同位体比測定にあたって大変お世話になった。以上の方々に深く感謝申し上げます。

文 献

- Arthur, M. A., Schlanger, S. O., and Jenkyns, H. C., 1987: The Cenomanian-Turonian Oceanic Anoxic Event, II. Paleoceanographic control on organic-matter production and preservation., *In* Brooks, J. and Fleet A. J. (eds.) *Marine Petroleum Source Rocks*, *Geol. Soc. Spec. Publ.*, **26**, 401-420.
- , Dean, W. E. and Pratt, L. M., 1988: Geological and climatic effects of increased marine organic carbon burial at the Cenomanian/Turonian boundary. *Nature*, **335**, 714-717.
- Elder, P. W., 1989: Molluscan extinction patterns across the Cenomanian-Turonian Stage boundary in the Western Interior of the United States. *Paleobiology*, **15**, 299-320.
- Jarvis, I., Carson, G. A., Cooper, M. K. E., Hart, M. B., Leary, P. N., Tocher, B. A., Horne, D. and Rosenfeld, A., 1988: Microfossil assemblages and the Cenomanian-Turonian (late Cretaceous) oceanic anoxic event. *Cret. Res.* **9**, 3-103.
- 松本達郎・野田雅之・米谷盛寿郎, 1991: 北海道白亜系セノマニアン・チュロニアン両階のアンモナイト・イノセラムス・有孔虫による総合生層序を目指して. *地学雑*, **100**, 378-398.
- 本山 功・藤原 治・海保邦夫・室田 隆, 1991: 北海道大夕張地域の白亜系の層序と石灰質微化石年代. *地質雑*, **97**, 507-527.
- Pratt, L. M., 1985: Isotopic studies of organic matter and carbonate in rocks of the greenhorn marine cycle. *In* Pratt, L. M. Kauffman, E. G. and Zelt, F. B. (eds.), *SEPM field trip guidebook No. 4 1985 mid-year meeting Golden, Colorado., Fine-grained Deposits and Biofacies of the Cretaceous Western Interior Seaway: Evidence of Cyclic Sedimentary Processes.*, 38-48.
- Schlanger, S. O., Arthur, M. A., Jenkyns, H. C., and Scholle, P. A., 1987: The Cenomanian-Turonian oceanic anoxic event, I., Stratigraphy and distribution of organic carbon-rich beds and the marine $\delta^{13}\text{C}$ excursion., *In* Brooks, J. and Fleet, A. J. (eds.) *Marine Petroleum Source Rocks*, *Geol. Soc. Spec. Publ.*, **26**, 371-399.
- 関根秀人・高木 淳・平野弘道, 1985: 北海道小平地域北東部上部白亜系の化石層序学的研究. *化石*, (38), 1-15.
- 対馬坤六・田中啓策・松野久也・山口昇一, 1958: 5万分の1地質図幅「達布」および同説明書. 66+8pp., 地質調査所.
- 西 弘嗣・岡田尚武 (山形大学): 浮遊性石灰質微化石からみた白亜紀 / 第三紀 (K/T) 境界における海洋環境の変遷 (Hiroshi Nishi and Hisatake Okada: Paleoenvironmental change of the ocean through the Cretaceous / Tertiary Boundary, with reference to planktonic calcareous microfossils)
- 白亜紀 / 第三紀 (K/T) 境界では恐竜やアンモナイトのような大型化石の大量絶滅が知られているが、浮遊性石灰質微化石に関しても、大きな群集変化が報告されている。本論では、石灰質ナノ化石と浮遊性有孔虫化石の K/T 境界における群集変化を概説し、それをもたらした海洋環境の変化を考察する。

1. 石灰質ナノ化石の群集変化

カンパニアンに比べるとマストリヒチアンの石灰質ナノ化石群集は一般に多様性が低い。また、ジュラ紀以来グローバルな卓越種であった *Watznaueria barnesae* がマストリヒチアン後期に絶滅したり、マストリヒチアン末期に高緯度海域で

非対象な形態をもつ種が出現したりする。このように、マストリヒチアン後期になると、石灰質ナノプランクトンの世界にあるストレスがかかり始めたように見える。K/T境界においては、白亜紀に繁栄したタクサの多くが境界より上の地層から産出する事実が明らかになっている。この事実の解釈については、1) K/T境界における瞬間的な大量絶滅を支持する立場から、ダニアン最下部に含まれるこれらの白亜紀型化石を再堆積による見解 (Thierstein, 1982; Jiang and Gartner, 1986) と、2) K/T境界における白亜紀タクサの絶滅は漸移的に発生し、それらの多くがダニアン前期まで生存したとする見解 (Perch-Nielsen *et al.*, 1982), とに分かれている。また、K/T境界直後には底生種である可能性が強い *Braarudosphaera bigelowii* や石灰質渦べん毛藻 *Thoracosphaera* spp. などのブルームがあいついで起っている。これらは長期生存型のタクサであるが、K/T

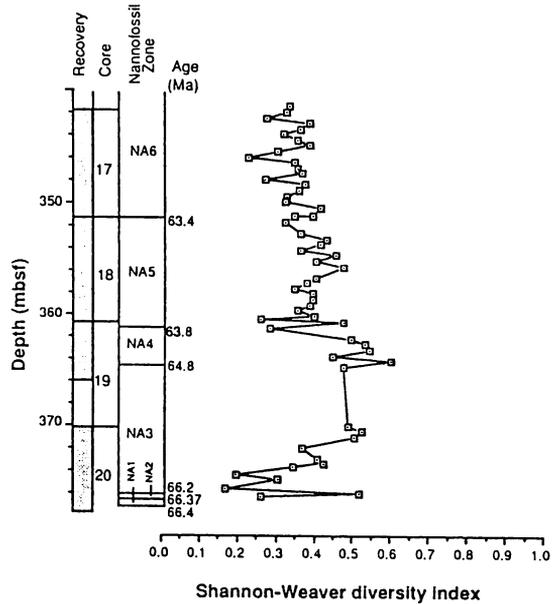


Fig. 2. Site 738における Shannon-Weaver diversity index の変化 (Wei and Pospichal, 1991).

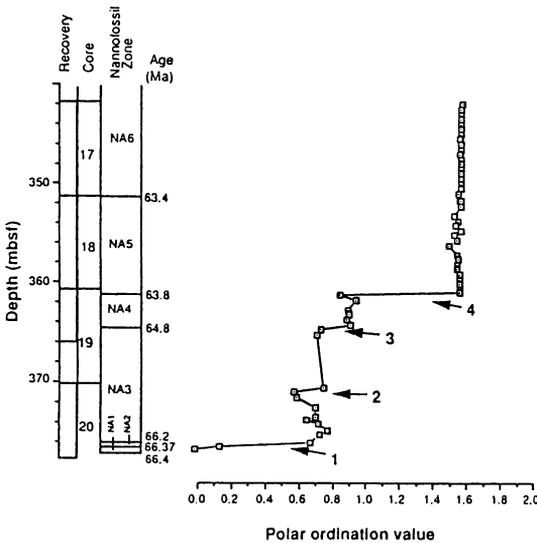


Fig. 1. Site 738における Polar ordination value の変化。値が小さいほどサンプル 119-738C-20R-5, 35-36cm との類似度が高く、サンプル 119-738C-17R-1, 15-16cm との類似度が小さくなる。矢印は大きな群集変化の層準を示し、このサイトでは4つの大きな群集変化が観察された (Wei and Pospichal, 1991).

境界時における環境激変後の空白のニッチェに対応できたものと考えられる。

ダニアンにおける新生代型石灰質ナノプランクトンの進化は急激で、チュニジアの El Kef では新生代初頭の約 100 万年間だけで6つの進化イベントが識別され、5つの化石帯が設定されている (Perch-Nielsen, 1981)。地中海域と北海域で識別された生層序基準はダニアン全体では20にも及び、これらを統合するとダニアンの全体を14の化石帯に区分できるが、化石帯区分に使われたタクサには、極めて短期間だけ生息したのが多い。一方、南極海域では、ダニアン世に上記低・中緯度海域で順次大繁栄したタクサの多くが産出せず、温暖海域では目立たない存在にすぎない *Hornibrookina* 属のブルームが K/T 境界直後に起っている。また、南極海域では群集の多様度が低く (Fig. 1)、寒冷種と目される生存期間の長いタクサの入れ替わりで、6つの化石帯が識別されている (Wei and Pospichal, 1991)。このよ

うに、低・中緯度海域と南極海域とでは石灰質ナノ化石群集に顕著な違いが認められ、ダニアン世には海洋表層での温度勾配が強かったことが分かる。南極海の738地点で採取した保存のよいK/T境界層を定量的に詳しく検討した結果、577地点の有孔虫化石で観察されたのと同様に、石灰質ナノプランクトンにおいてもK/T境界直後の160万年間に、群集組成が段階的に4回変わったことが認められた (Fig. 2)。これはダニアン前期における海洋表層部の環境が不安定であったことを示している。

2. 浮遊性有孔虫の群集変化

プリンストン大学のG. Kellerとその協力者は、チュニジアのEl Kef, テキサスのBrazos River, イスラエルのBen Gurion, スペインの

Agost や Caravaca, DSDP Site 577 (太平洋の赤道地域), DSDP Site 528 (南大西洋の中緯度地域)などの地域で、K/T境界の浮遊性有孔虫の群集変化を詳細に検討した。これらのうち深海底堆積物では白亜紀群集と第三紀群集の交代がK/T境界付近で急激に生じているが、これは最下部暁新統 (特に Zone PO から Pla にかけて) が欠如しK/T境界付近でhiatusを生じていることが多いためである (MacLeod and Keller, 1991)。陸棚などの浅海性の地層 (深度が約100-350mと推定されている) ではダニアンにhiatusが幾つかの層準で観察されているが、K/T境界はほぼ連続して堆積している。これらの地層では白亜紀の種の絶滅は境界を挟んで約60万年の間に段階的に生じており (Fig. 3), 特に境界直下から約5万年後までの間で急激に生じている (Keller, 1988; 1989

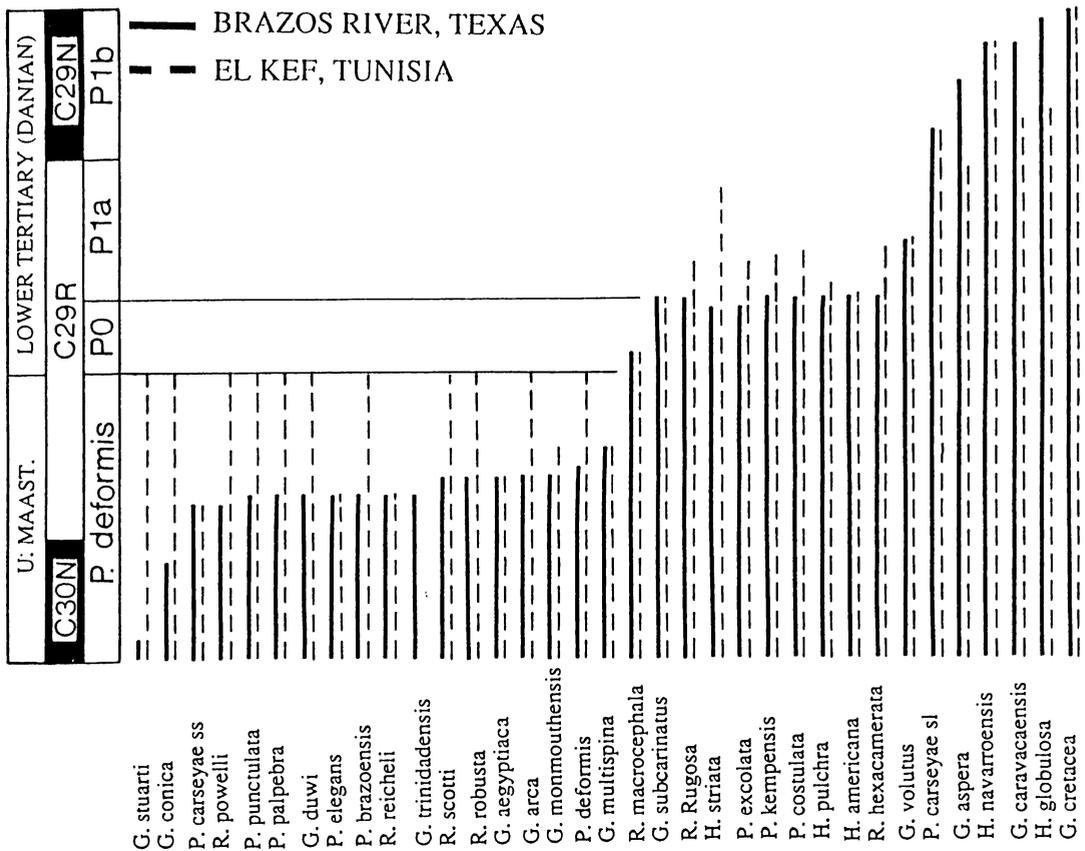


Fig. 3. K/T境界における浮遊性有孔虫の生存期間. El Kef地域 (黒線) と Brazos River 地域 (破線) を比較している (Keller, 1989b).

a; 1989b; D'Hondt and Keller, 1991; Canudo *et al.*, 1991). K/T 境界もしくはその直後では、浮遊性有孔虫は浅海の地層・深海底堆積物ともに水塊の表層にすむと考えられる群集でしめられるようになり、沿岸性 (epicontinental fauna) と遠洋性 (open-ocean fauna) の生物地理区の違いはなくなり、汎世界的に均一化した群集で構成されるようになる (Fig. 4). 初期暁新世 (Zone Pla) になると中層・深層種が再び生じ沿岸・遠洋の生物地理区が再び形成される。K/T 境界付近で沿岸種 (もしくは表層種) が卓越している原因は、1) K/T 境界を生きのびた表層種は opportunistic species で、白亜紀の種の絶滅後それらがしめていたニッチを埋めるように適応放散を行なった、2) 大陸棚縁辺部では大洋と比較して環境変化が少なかったことが考えられる。また、K/T 境界付近から産出する有孔虫化石の炭素同位体比の値は表層水の生物生産量が急激に減少していることを示し

ており、このことが深層・中層種の絶滅に大きな影響を与えたと推定されている (D'Hondt and Keller, 1991; Canudo *et al.*, 1991).

以上のことから、浮遊性有孔虫の群集変化は次のようにまとめることができる。後期白亜紀に特徴的な種 (*Globotruncana* に属するものなど) は、K/T 境界もしくはそれ以前に消滅する。境界付近で生じた環境変化は表層における生物生産量の急激な減少を引き起こし、透光帯より下で棲息する中層および深層群集に多大な影響を与えた。表層に生息する幾つかの種 (*Rugoglobigerina* など) も絶滅するが、透光帯にすむ表層種は白亜紀最後期から優勢になり、多くの種が K/T 境界を生きのびている。すなわち、K/T 境界における絶滅は、大型で装飾をもつ殻をつくる熱帯から亜熱帯域の深層・中層種に最初に生じており、その後小型で装飾のない亜熱帯から中緯度の表層種におよんでいる。暁新世になると K/T 境界を生きのび

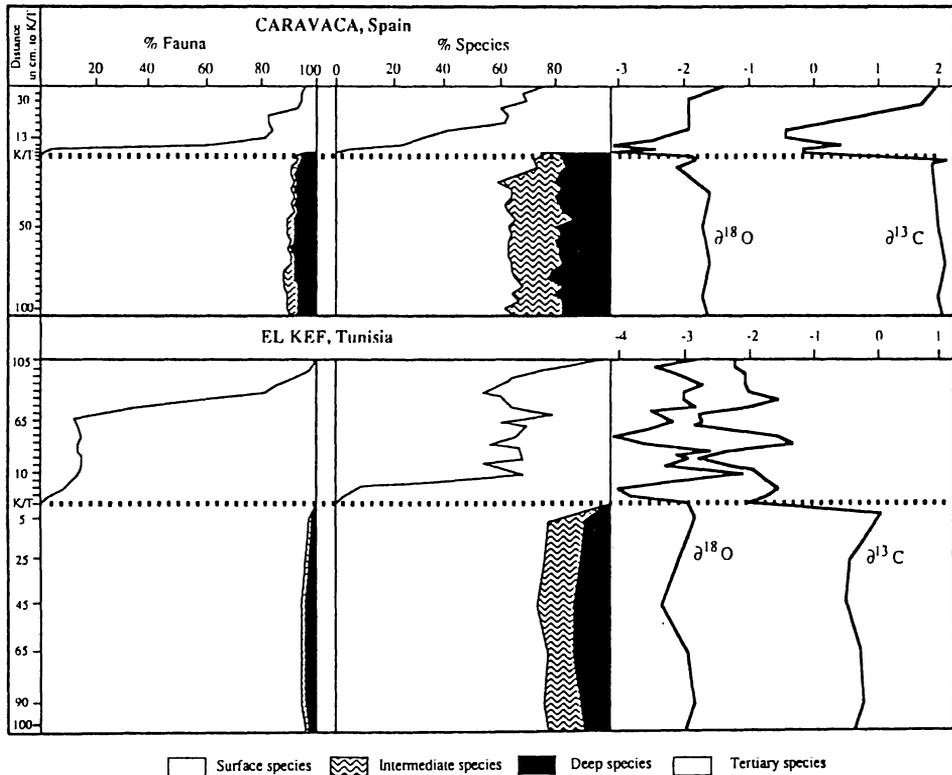


Fig. 4. K/T 境界で表層・中層・深層種がしめる割合の変化。Caravaca 地域 (スペイン) と El Kef 地域のみ示してある (Canudo *et al.*, 1991).

た白亜系の種も次第に減少し、新しく生じた第三紀の種が優勢になる。環境の回復と群集の最構成は比較的短い期間 (K/T 境界から約 1Ma の間) で生じ、暁新世前期 (*P. eugubina* Zone) には中層・深層種が出現している。しかしながら、これらの種の出現する層準は各地域で異なり時間的なずれを生じており、初生的な生物生産量の回復するレベルがそれぞれの地域においてかなり違っていたことを暗示している。

3. 大量絶滅の原因

K/T 境界における大量絶滅の原因として隕石衝突説が有力な仮説として注目されており、その他にも火山活動説などが挙げられている。しかしながら、絶滅が必ずしも K/T 境界で生じているのではないこと、絶滅は K/T 境界以前から境界以後も続いており、それを引き起こしたと考えられる環境の変化は長期間におよんでいることなどから、隕石衝突のような一度の環境激変事件ではその原因を十分に説明することができない (Keller, 1989 b; D'Hondt and Keller, 1991; Canudo *et al.*, 1991)。Keller (1989b) は、マストリヒチアン末期は寒冷化とそれに伴う海退がピークに達している時期であり、K/T 境界から暁新世にかけてはそれに続く急速な海進が生じている時期であることを指摘し、急速な海進にともなう表層生産量の減少と水塊の成層構造の破壊が浮遊性海洋生物群の大量絶滅を引き起こした原因と考えている。おそらく、海進により生物生産量が低下しているこの時期に隕石衝突やデカン高原における火山活動の激化などカタストロフィックな事件が重なったため、生産量がさらに激減し海洋生物の大量絶滅につながったと考えるほうが妥当であろう。このとき、生物生産量の豊富な大陸棚の一部に残されていた生物群集や海洋の表層に生息し環境激変に耐えうるもののみが生きのびることができ、空いたニッチをしめるように適応放散を行なったと推定される。

文 献

Conudo, J. I., Keller, G. and Molina, E., 1991: Cretaceous/Tertiary boundary extinction pattern and

faunal turnover at Agost and Caravaca, S. E. Spain. *Marine Micropaleontology*, 17, 319-341.

D'Hondt, S. and Keller, G., 1991: Some patterns of planktic foraminiferal assemblage turnover at the Cretaceous-Tertiary boundary. *Marine Micropaleontology*, 17, 77-118.

Jiang, M. J. and Gartner, S., 1986: Calcareous nannofossil succession across the Cretaceous/Tertiary boundary in east-central Texas. *Micropaleontology*, 32(3), 232-255.

Keller, G. 1988: Extinction, survivorship, and evolution of planktic foraminifera across the Cretaceous/Tertiary boundary at El Kef, Tunisia. *Mar. Micropaleontol.*, 13, 239-263.

———, 1989a: Extended period of extinctions across the K/T boundary extinctions and delayed population change in planktonic foraminifera from Brazos River, Texas. *Paleoceanography*, 4, (3), 287-332.

———, 1989b: Extended period of extinctions across the Cretaceous / Tertiary boundary in planktonic foraminifera of continental-shelf sections: Implications for impact and volcanism theories. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 101, 1408-1419.

MacLeod, N. and Keller, G., 1991: How complete are Cretaceous / Tertiary boundary sections? A chronostratigraphic estimate based on graphic correlation. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 103, 1439-1457.

Perch-Nielsen, K., 1981: New Maastrichtian and Paleocene calcareous nannofossils from Africa, Denmark, the USA and the Atlantic, and some Paleocene lineages. *Eclogae. Geol. Helv.*, 74, 831-863.

———, McKenzie, J. and He, Q., 1982: Biostratigraphy and isotope stratigraphy and the catastrophic extinction of calcareous nannoplankton at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Geol. Soc. Am. Special Paper*, 190, 353-371.

Thierstein, H. R., 1982: Terminal Cretaceous plankton extinctions: A critical assessment. *Geol. Soc. Am. Special Paper*, 190, 385-399.

Wei, W. and Pospichal, J. J., 1991: Danian calcareous nannofossil succession at Site 738 in the southern Indian Ocean. In Barron, J., Larsen, B., *et al.*, 1991, *Proceeding of the ODP, Scientific Results*, 119, 495-512.

海保邦夫 (東北大学): 白亜紀～古第三紀の底生有孔虫に見られるターンオーバー現象とその要因 (Kunio Kaiho: Benthic foraminiferal faunal turnovers during Cretaceous and Paleogene times and their causes)

白亜紀～古第三紀の間に、有孔虫の大量絶滅は、セノマニアン/チューロニアン (C/T) 境界、白亜紀/第三紀 (K/T) 境界、暁新世/始新世 (P/E) 境界、及び中期-後期始新世に認められる。このうち、中層水・深層水底生有孔虫は C/T 境界と P/E 境界で大量絶滅を起こし、フォーナのターンオーバー現象を記録している。

K/T 境界と中期-後期始新世の大量絶滅は、表層水でのみ起き、中層水・深層水底生有孔虫の絶滅率は低い。C/T 境界、P/E 境界の大量絶滅は、中層水・深層水でのみ起きた。表層水でのみ起きた大量絶滅を表層水型大量絶滅、中層水・深層水でのみ起きた大量絶滅を中層・深層水型大量絶滅と呼ぶ。表層水型大量絶滅のうち、K/T 境界は、彗星または小惑星の衝突が原因している可能性が高い。中期-後期始新世の大量絶滅は、寒冷化に伴い段階的に起き、その一部は、小天体の衝突によって起きた。一方、中層・深層水型大量絶滅のうち、C/T 境界、P/E 境界の大量絶滅は、温暖化のピーク及び低酸素イベントと一致し、温暖化による水塊の変化、特に、溶存酸素量の低下が原因している (海保, 1989; Kaiho, 1991)。C/T 境界は、海洋底生産量の変動リズムによって支配される約 3 億年周期の気候変動の温暖期 (極大期) に、P/E 境界は、3200 万年周期の気候変動の温暖期 (極大期) に相当する。

C/T 境界では、北海道大夕張の中層水底生有孔虫種の絶滅率は 31%、石灰質底生有孔虫としては 41% で、段階的な大量絶滅を示す (Kaiho, Fujiwara *et al.*, in prep.). 絶滅後の底生有孔虫群は低酸素環境を示す。浮遊性有孔虫は、深い水深に潜る型を持つタクサのみが絶滅した。

P/E 境界では、ニュージーランドの中層水産底生有孔虫種の絶滅率は 41%、石灰質底生有孔虫としては 44% で、破局的な大量絶滅を示す (Kaiho, 1988; Kaiho, Morgans *et al.*, in prep.). それと同時に、深層水の底生有孔虫は、35%以上の種の破

局的大量絶滅を記録している (Thomas, 1990)。この大量絶滅は、短期間に起きた 5°C の温度上昇と同時である (Kennet and Stott, 1991)。浮遊性有孔虫には大量絶滅は認められない。

C/T 境界の大量絶滅に出現した中層水、深層水の底生有孔虫種の多くは、K/T 境界の危機を乗り越え、P/E 境界までの 3300 万年間コスモポリタンな分布状態で生き延びた。

K/T 境界における石灰質海洋プランクトンの高絶滅率と深層水底生有孔虫の低絶滅率の顕著な相違は明かになっている。今回、ローカルな絶滅種を除外することにより、中層水の石灰質底生有孔虫種の顕著な低絶滅率 (10%) が、初めて証明された。これにより、高絶滅率 (~80%) から低絶滅率 (~10%) への急激な変化が、水深約 150m で起こったことが明かとなった (Kaiho, 1992)。この変化の水深は、表層水と中層水及び多光帯と無光帯の境界水深に等しい。さらに、この一致は、K/T 境界における彗星または小惑星の衝突によって作られた酸性雨と暗闇がもたらす海洋食物連鎖の崩壊が、表層水の石灰質浮遊性生物の大量絶滅の要因であった、という仮説と調和的である。

P/E 境界で、中層水・深層水の底生有孔虫種が約 40% の大量絶滅を起こした後は、徐々に新しい要素が付け加わり、古第三紀後期の群集を形成する。深層水では、後期始新世の初めから衰退する種と、新たに加わる種があり、漸移的な変化がわずかに認められる。中層水では、寒冷化に伴い新しい種が付け加わると同時に、北太平洋区と南太平洋-テチス-大西洋区に生物地理区が分離する事件が、中期始新世に起きた (Kaiho, 1988, in press)。底生群集は、表層水生物が大きな打撃を受けた後期始新世においても、顕著な変化を伴わずに生き延び、後期漸新世から初期中新世の温暖化期に徐々に絶滅を起こし、寒冷期の始まりの中期中新世に現代型のフォーナヘターンオーバーした。

中層水・深層水の底生有孔虫は、温暖期のピーク時に溶存酸素量が低下したために大量絶滅を起こし、新しい群集へと入れ替わった。表層水で起きた K/T 境界と中期-後期始新世の大量絶滅の

影響は少なかった。これは、酸性雨と暗闇による食物連鎖の崩壊の影響が中層水・深層水へ及ばなかったことと、底生有孔虫が、海底に落下した有機物を餌にしていたことによると考えられる。

文 献

- Kaiho, K., 1988: Uppermost Cretaceous to Paleogene bathyal benthic foraminiferal biostratigraphy of Japan and New Zealand: Latest Paleocene-middle Eocene benthic foraminiferal species turnover. *Rev. Paleobiol.* Vol. Spec., (2), 553-559.
- 海保邦夫, 1989: 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. 化石, (47), 1-23.
- Kaiho, K., 1991: Global changes of Paleogene aerobic/anaerobic benthic foraminifera and deep-sea circulation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 83, 65-85.
- , 1992: A low extinction rate of intermediate-water benthic foraminifera at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Mar. Micropaleontol.*, 18, 229-259.
- , in press: Comparative taxonomy and faunal provinces of benthic foraminifera from late Eocene intermediate-water. *Micropaleontology*.
- , Fujiwara, O. and Motoyama, I., in prep.: Mid-Cretaceous faunal turnover of intermediate-water benthic foraminifera at Oyubari, Hokkaido. *Mar. Micropaleontol.*
- , Morgans, E. G. and Okada, H., in prep.: A faunal turnover of intermediate-water benthic foraminifera during Paleogene in New Zealand. *Mar. Micropaleontol.*
- Kennett, J. P. and Stott, L. D., 1991: Abrupt deep-sea warming, palaeoceanographic changes and benthic extinctions at the end of the Palaeocene. *Nature*, 353, 225-229.
- Thomas, E., 1990: Late Cretaceous through Neogene deep-sea benthic foraminifera (Maud Rise, Weddell Sea, Antarctica). In, Barker, P. F., Kennett, J. P. et al. (eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program Initial Reports*, 113. 571-594. College Station, TX (Ocean Drilling Program).

岡村 真 (高知大学) ・石田啓祐 (徳島大学) ・山崎哲治 (愛媛大学) : 浮遊性珪質微化石からみ

た白亜紀-古第三紀の海洋環境 (Makoto Okamura, Keisuke Ishida and Tetsuji Yamasaki: Cretaceous to Paleogene radiolarian faunal changes related to paleoceanography)

変動帯に属する我国の特性を生かした古生物研究にとって、時間とともに変化する生物群の動態を探る目的には、優れた素材と好条件に恵まれていると言える。特に四国と北海道の、白亜紀から古第三紀にかけての地質帯には、当時の島弧-海溝系を構成した古生物情報に富む、陸棚から海溝さらには海洋底にいたる堆積物が帯状に分布しており、これらに含まれる化石も、陸棚には二枚貝類やアンモナイト類、前弧海盆に石灰質有孔虫類や石灰質ナンノプラクトンが、さらに CCD 以深の珪質堆積物には主に放散虫と、変化に富む。この中で、放散虫と膠着質有孔虫は、同時代として分帯された浅海から深海にいたる堆積物においてその産出量に変化を見せながらも、分類群の各々のレベルにおいて時間的、空間的変化を比較検討することができる。

四国の下部白亜系は、四万十帯メランジュに含まれる岩相層序的に連続し、かつ海洋底の環境を示す放散虫層状チャートにおいて5つに分帯された。各々の帯は年代的にはバランジニアン、オーテリビアン、パレミアン、アプチアン、とアルビアンの各々の世に対応し、斜面海盆堆積体の堂ヶ奈路層は同様の年代幅にまた海溝充填堆積体の須崎層は上半部にそれぞれ相当する。ちなみにこの時代の外和泉層群は放散虫の産出はなく無化石帯として取り扱う。岩相的(チャートと黒色頁岩)にまた堆積場がまったく異なるにもかかわらず、オーテリビアン階の同時異相堆積物に含まれる放散虫の属種構成及び多様度は、驚くほど似かよっており21属23種(95%)は共通である。これに対し上部白亜系の、例えば、カンパニアン初期における堆積体(和泉層群、南海層群や四万十層群のタービダイト)に含まれる放散虫は、産出頻度、多様度、種構成さらには種内変異の幅まで大きく変化し、時代を経て多様な環境に適応して様子が読み取れる。まず、単位堆積当たりの最大産出量は太平洋側へ1000倍まで顕著に増加する。同様に種の多様度は、和泉層群の22属28種から四万

十層群のでは30属58種へと増加する。さらにSPUMELLARIANS / NASSELLARIANS比の増加率は顕著である。ことにスポンジ状の表面装飾を持つ形態種群の増加は、両超科ともより浅い海洋環境へ向かって著しい。

白亜紀70Ma間の放散虫動物群が、島弧—海溝系の様々な環境に適応していく過程の一部について明らかにしたが、この様な研究手法は変動帯に立地する他の地域、他の動物群にも適用可能である。

利光誠一(地質調査所)・田代正之(高知大学)・水野篤行(愛媛大学)・安藤寿男(茨城大学): 白亜紀~古第三紀の二枚貝の消長 (Seichi Toshimitsu, Masayuki Tashiro, Atsuyuki Mizuno and Hisao Ando: Transition of the Cretaceous to Paleogene bivalves of Japan)

はじめに

白亜紀の中ごろにはそれまで浅海生であった海生動物が深海へ生息域を変えていく“中生代の海洋変革”(Vermeij, 1977)とよばれる現象や、また、白亜紀の末には生物界で最大の大量絶滅が起こるなど大変興味ある現象が知られている。それぞれの具体例については本号の中で別途述べられている。筆者らは本邦の白亜紀から古第三紀の二枚貝類の発展、衰退のようすを追いながら、その原因について考察を試みる。

白亜紀浅海域の二枚貝類

本邦の白亜紀最初期の二枚貝動物群は *Nucula*, *Nuculana*, *Nipponitrigonia*, *Astarte*, *Eomiodon*, *Pinna* などのジュラ紀型二枚貝に始まり、汽水域ではオーテリビアン of the *Eomiodon*, *Hayamina*, *Costocyrena*, *Isodomella*, *?Protocardia*, *Mesocorbicula*, *Bakavelloides*, *Pulsidis*, “*Ostrea*” などの領石型汽水生二枚貝フォーナに、そして海成層ではオーテリビアンからバレミアンの *Gervillia*, *Gervillaria*, *Pterinella*, *Isognomon*, *Nipponitrigonia*, *Pterotrigonia* などを始めとする石堂型二枚貝フォーナへと続く(田代, 1985)。以後、海成域ではこの型の二枚貝群が発展していくが、バレミ

アン上部からアプチアンになると、日比原層下部の細粒砂岩層(浅海相)などからこれまで汽水域でのみ観察されていた完全な水管を持った *Pseudaphrodina*, *Goshoraia*, *Nagaoella* などがみられるようになる。以降、この完水管性の veneroids (以下水管を完備したグループという意味で使う)は浅海域での生息域を広げて行き、その結果、これまで栄えていた他の二枚貝のグループの盛衰に影響を与えたことが推察される。例えば Fig. 1 に示すようにジュラ紀から存続する *Astarte* は本邦では佩楯山層群腰越層(アルビアン上部)を最後に消滅している(Tashiro *et al.*, 1985 など)。 *Astarte* から派生した *Anthonya* も本邦では御船層群などのセノマニアンまでに消滅している(田代, 1985)。また、白亜紀初期から続いていた *Neithea* も宮古層群のアルビアン種を最後に消滅してしまう(Hayami, 1975)。中生代後期の浅海域で大発展したサンカクガイ類ではエリアを水管代わりに使うことによって veneroids の進出に先じて内生生活を送っていた。しかし、ジュラ紀から続いていた *Nipponitrigonia* はセノマニアン中期に消滅してしまった(田代・松田, 1983)。 *Pterotrigonia* も同様にセノマニアン中期には勢いが急速に衰え、チュロニアン中期まで細々と生きながらえたにすぎない(Tashiro and Matsuda, 1986a)。これらのグループに代わって、エリアの中央内肋を発達させて corbiculoid の水管に似せることによって、活路を求めた *Apiotrigonia* や *Yaadia* がチュロニアン頃から出現し、白亜紀後期には一時勢力を盛り返した(田代・松田, 1983, 1988)。しかし、白亜紀末になると結局急速に衰えてしまった(田代・松田, 1983)。

白亜紀の沖合いの二枚貝類

一方、やや深い海域ではどのような変遷をたどっているのだろうか。沖合いの例として、イノセラムス類について考えてみる。本邦ではイノセラムス類はアルビアン中部から上部になると出現する(Tashiro and Matsuda, 1986b)。セノマニアンには著しく左右不等殻の *Inoceramus* や *Birostrina* が繁栄していた(Matsumoto and Noda, 1986 など)。しかし、チュロニアン前期になると

これまで繁栄していた不等殻のイノセラムス類に代わって、等殻で薄殻の *Mytiloides* が種数を増し、*M. mytiloides* などのような生層序学的にもかなり有効な種類も多くなる (Matsumoto and Noda, 1975; 青木・田代, 1982 など)。

チュロニアン中期には不等殻の *Inoceramus hobetsensis* のグループが再び多くなるが、チュロニアン後期になると大型化したり、装飾が特殊化したりしながら徐々に衰えていく (Noda, 1975 など)。一方、チュロニアン後期にはまた *Mytiloides* のグループが多くなり、特に *M. incertus* は汎世界的な分布をしており、チュロニアン後期の重要な指標種である (Noda, 1984)。

コニアシアンになると *Inoceramus* (*Inoceramus*) は次第に等殻に近い種類へと置き代わっていく。すなわち、*Inoceramus* (*I.*) *rotundatus* や *I.* (*I.*) *uwajimensis* などが出現、発展する。さらにサントニアンには等殻の *I.* (*I.*) *amakusensis* が発展するが、この後、この系統はみられない。これらと平行して *Inoceramus* (*Inoceramus*) から派生した等殻で膨らみの強い *Inoceramus* (*Cordiceramus*) や膨らみの弱い *Inoceramus* (*Platyceramus*) などがコニアシアン中期から次第に勢力を広げ、コニアシアン後期からカンパニアンに繁栄した (Noda, 1986; Noda and Toshimitsu, 1990 ほか)。またカンパニアンからマストリヒチアンには *Inoceramus* (*Endocostea*) が繁栄している (野田, 1979 ほか)。もう一つの等殻のグループである *Sphenoceramus* もカンパニアンに最も繁栄している。本邦では *Mytiloides* が細々と系統を絶やさずに存続し、北海道北部の頓別川地域のマストリヒチアン中部から産出する (松本ほか, 1981)。

しかし、白亜紀後期の沖合いでこれほど繁栄したイノセラムス類も白亜紀の最末期には急速に衰え、白亜紀の終局を待たずに消滅する。

白亜紀最末期～古第三紀の二枚貝類

姫浦層群最上部では *Septifer* や *Anomia* などの新生代型の二枚貝が産出し、特に *Anomia* (*Paraplacuna*) は England の Paleocene から記載された亜属であり、吉田ほか (1983) は白亜紀

と第三紀の境界がこの層準の下位にあることを示唆した。吉田ほか (1985) はこの層準の近辺で酸性凝灰岩のフィッシュトラック年代を測定し、二枚貝フォナによる時代認定と調和的な結果を得た。未公表ながら最近、筆者の一人田代は共同研究者とともに始新世初期と思われる赤碕層の直上の泥岩層から *Nucula*, *Lucina*, *Solen* などや完水管性の *Pitar* や *Callista* などを産する小海進相を見出した。したがって、白亜紀後期に完水管性 *veneroids* が徐々に優勢となっていた発展の傾向は古第三紀にまで受け継がれているといえる。古第三紀には *Venericardia* や *Crassatella* が発展する。従来この両属は白武層や砥石層などの海緑石砂岩から産出するため比較的浅海相の二枚貝と考えられていた。しかし田代ほかの研究によればむしろこの両属を含む母岩は海緑石泥岩であり、その環境は中層域の穏やかな海底であろうと考えられる。したがって、この両属の発展は完水管性 *veneroids* の発展を妨げるものではなく、*Venericardia*, *Crassatella* の生息域の特殊性を示すものと思われる。

ま と め

白亜紀から古第三紀にかけての本邦の主要な二枚貝類の時空的変遷を簡単にまとめると以下のようになる (Fig. 1)。

バレミアン後期からアプチアンに完水管性 *veneroids* が生息域を汽水域から浅海域へ広げ始めると、それまで繁栄していた *Neitheia*, *Astarte* などがアルビアン後期に消滅、完水管性 *veneroids* が生息域をさらに広げるにしたがい、*Anthonya*, *Nipponitrigonia*, *Pterotrigonia* の大部分もセノマニアンには消滅した。サンカクガイ類は水管に似せた構造を備えた新しいグループ (*Apiotrigonia*, *Yaadia*) に置き代わることによって抵抗を試みた。

この変化著しい層準は宮古海進と浦河海進の間、海退期 (チュロニアン中頃) にあたる。ごく浅海域ではこの海退期に礁性カキ類の発展が顕著である (利光ほか, 1990)。

一方、*Eriphyla*, *Crassatella*, *Venericardia*, *Nucula*, *Acila*, *Portlandia* などは完水管性 *ven-*

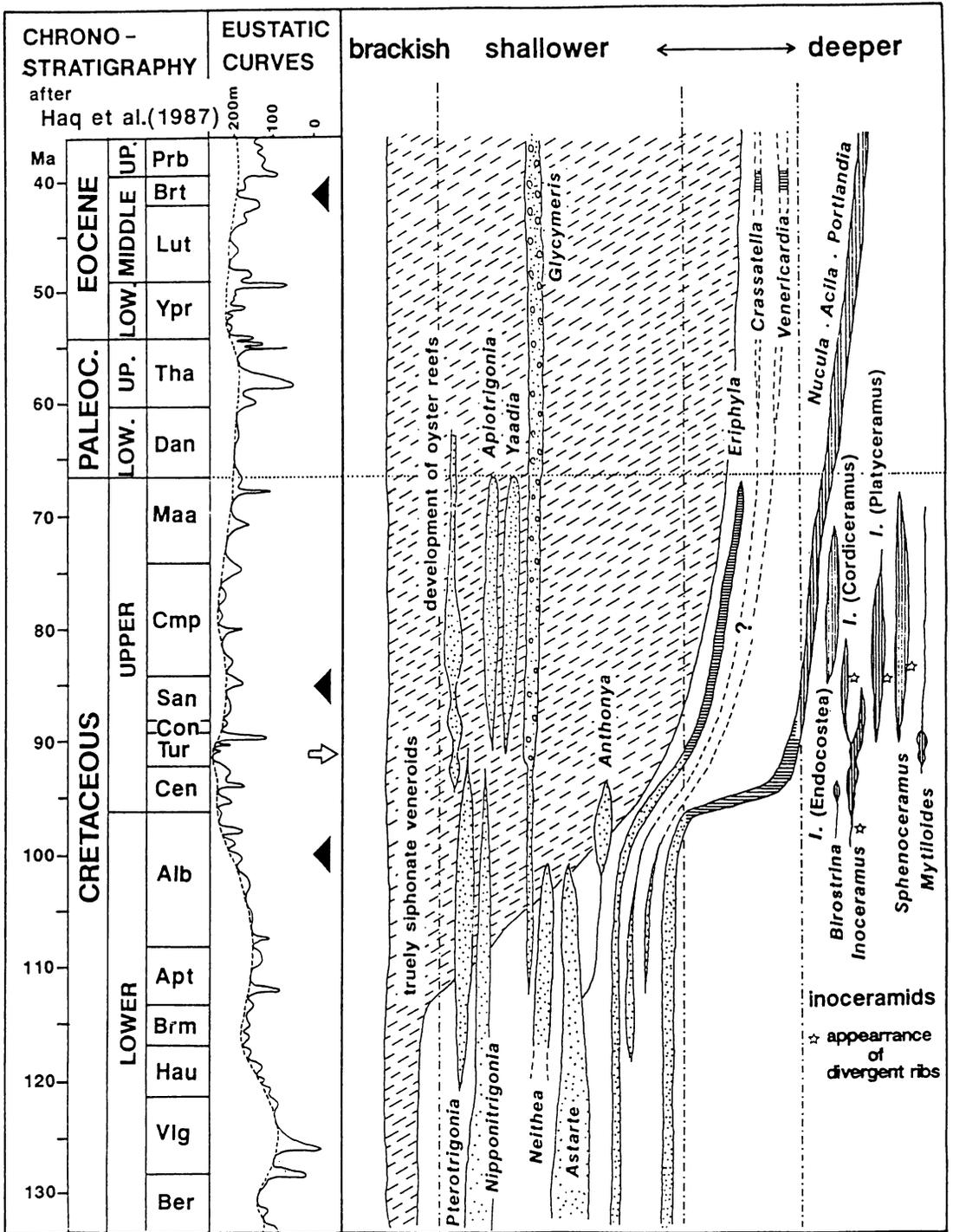


Fig. 1. 白亜紀～古第三紀における本邦二枚貝類の時空的変遷. 三角印は本邦の堆積岩にみられる海進のピークを示す. 矢印は本邦の二枚貝類にみられる変化の最も著しい時期を示す.

eroids の発展につれて、その生息域をより深いところへ逃げることによってのいのだ。このうち、

Eriphyla は白亜紀末に消滅している。また、*Glycymeris* はセノマニアン中ごろから独特の生息場

を持つようになり、他の二枚貝を含まない密集層をなすようになった。

沖合いの環境下では宮古海進のころイノセラムス類が出現するようになり、その後大発展する。イノセラムス類にみられる大きな変化は、セノマニアン初期、チュロニアン初期、中期、後期、コニアシアン中期、カンパニアン初期であり、浅海の二枚貝群とは比較的調和しているが、わずかに遅くずれているように見える。イノセラムス類の殻装飾の内、分岐肋の発展する時期は宮古海進と浦河海進のピーク後に当たる。

したがって、本邦の白亜系の二枚貝類の消長は Haq *et al.* (1987) 曲線に見られるような汎世界的な海水準変動よりむしろ本邦独自のテクトニクスに関係した変動、あるいはこれによってもたらされる海流の変化などによるものと思われる。

文 献

- 青木隆弘・田代正之, 1982: 高知県香美郡香我美町上組付近の白亜系四万十帯(堂ヶ奈路相当層・上組層)の層序学的研究. 高知大学術研報, **31**, 自然科学, 1-24.
- Haq, B. U., Hardenbol, J. and Vail, P. R., 1987: Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic, *Science*, **235**, 1156-1167.
- Hayami, I., 1975: A systematic survey of the Mesozoic Bivalvia from Japan. *Univ. Mus., Univ. Tokyo, Bull.* **10**, 249pp.
- Matsumoto, T. and Noda, M., 1975: Notes on *Inoceramus labiatus* (Cretaceous Bivalvia) from Hokkaido. *Trans. Proc. Palaeont. Japan, N. S.*, (100), 188-208.
- Matsumoto, T. and Noda, M., 1986: Some inoceramids (Bivalvia) from the Cenomanian (Cretaceous) of Japan-I, New or little known four species from Hokkaido and Kyushu. *Trans. Proc. Palaeont. Japan, N. S.*, (143), 409-421.
- 松本達郎・米谷盛寿郎・井上洋子・野田雅之・海保邦夫, 1981: 北海道頓別川上流上部白亜系におけるメガミクロ化石層序の対応. 石油技協誌, **46**, 301-313.
- Noda, M., 1975: Succession of *Inoceramus* in the Upper Cretaceous of Southwest Japan, *Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. D., Geol.*, **23**, 211-261.
- 野田雅之, 1979: *Inoceramus balticus* Böhm 及び関連種の命名についての検討. 化石, (29), 107-121.
- Noda, M., 1984: Notes on *Mytiloides incertus* (Cretaceous Bivalvia) from the Upper Turonian of the Pombets area, Central Hokkaido. *Trans. Proc. Palaeont. Japan, N. S.*, (136), 455-473.
- Noda, M., 1986: A new species of *Inoceramus* (*Cordiceramus*) (Bivalvia) from the Coniacian (Cretaceous) of Hokkaido. *Trans. Proc. Palaeont. Japan, N. S.*, (142), 354-365.
- Noda, M. and Toshimitsu, S., 1990: Notes on a Cretaceous bivalve *Inoceramus* (*Platyceramus*) *matelli* de Mercey from Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Japan, N. S.*, (158), 485-512.
- 田代正之, 1985: 白亜紀海生二枚貝フォーナと層序. 地質論集, (26), 43-75.
- 田代正之・松田智子, 1983: 本邦白亜紀三角貝の生息環境と層序. 化石, (34), 19-32.
- Tashiro, M. and Matsuda, T., 1986a: A study of the Ptrotrigoniae from Japan (II), morphological changes. *Mem. Fac. Sci., Kochi Univ., Ser. E, Geol.*, **7**, 1-18.
- Tashiro, M. and Matsuda, T., 1986b: Lower Cretaceous bivalves from the Sakawa area, Shikoku. *Trans. Proc. Palaeont. Japan, N. S.*, (142), 366-392.
- 田代正之・松田智子, 1988: 白亜紀三角貝の生活様式. 化石, (45), 9-21.
- Tashiro, M., Matsuda, T. and Tanaka, H., 1985: Upper Albian bivalve fauna of the Haidateyama Group in Kyushu. *Mem. Fac. Sci., Kochi Univ., Ser. E, Geol.*, **5**, 1-23.
- 利光誠一・加納 学・田代正之, 1990: 姫浦層群上部亜層群の化石カキ礁. (49), 1-12.
- Vermeij, G. J., 1977: The Mesozoic Marine revolution: evidence from snails, predators and grazers. *Paleobiology*, **3**, 245-258.
- 吉田三郎・田代正之・大塚雅勇・小山孝治, 1983: 熊本県天草下島の白亜系一第三系の境界—フィッシュントラック年代による—. 山形大紀要, **10**, 393-403.
- 吉田三郎・田代正之・大塚雅勇・中里浩也, 1985: 熊本県天草下島の姫浦層群の地質の再検討. 化石, (38), 17-22.
- 前田晴良(京都大学): 本邦中部白亜系中に見られる“oceanic anoxia”の記録(要旨)(Haruyoshi Maeda: Records of “oceanic anoxia” in the Middle Cretaceous System in Japan (Abstract))

白亜紀の中ごろ、海底付近の溶存酸素にきわめて乏しい環境 (= “Oceanic anoxia”) が、世界各地の海域に広がっていた。これは、1970年代以降の DSDP や ODP による深海掘削によって明らかにされ (Schlanger and Jenkyns, 1976 ほか)、おもに大西洋を中心に、海洋古環境・古気候・地球化学 (石油形成論を含む) の立場から詳しく議論されてきた。一方、極東地域の白亜系中にも “oceanic anoxia” の証拠が残されており、それが当時の沖合の大型底生動物群の分布に大きな影響を及ぼしていたことがわかった。

その中でも特に顕著なのが、アプチアン-アルビアン世 (“宮古海進期”) の黒色泥岩である。この泥岩相は、

- (1) 平行葉理が発達し、生物擾乱をほとんど受けていないこと。
- (2) 沖合泥底の大型底生動物化石群をほとんど含んでいないこと。
- (3) 生痕化石群が非常に貧弱なこと。

以上の特徴をもつ。

黒色泥岩中には、*Chondrites* や *Planolites* に似た小型の生痕が見られるだけで、底生生物の活動はきわめて低調である。また、アンモナイトなど浮遊性・遊泳性の大型化石は産するが、大型の底生動物化石はほとんど含まれていない。わずかに、離弁した *Propeamussium* などが時々混じるだけである。このような共通の特徴を示す泥岩相が、西南日本から北海道・サハリンにいたるまで約 2,000km 以上にわたって連続的に追跡できることは注目に値する。おそらく、当時、広範囲にわたって発達していた “oceanic anoxia” のもとで堆積したものと考えられる。

これに対し、チューロニアン世中期以降の沖合泥岩相は一部の層準を除き、生物擾乱を受けた塊状泥岩を主体とし、アンモナイト・イノセラムスに加え、他の二枚貝・巻貝・ウニなどの底生動物化石を豊富に産する点が大きく異なっている。これは、白亜紀後期には “oceanic anoxia” が緩和あるいは解消され、大型底生動物が沖合泥底に再び侵入してきたためと考えられる。

一方、サハリン・北海道では、91Ma の層準を中心に、*Planolites* が密集する特徴的な青灰色泥

岩が広く分布していることがわかった。西南日本の一部の地域にも同様の泥岩が挟まれている。DSDP や ODP のコアに見られる層準などと比較すると、この泥岩相は “oceanic anoxia” が通常的环境に変わる漸移部を表している可能性がある。

日本の白亜系沖合泥岩相は公海の堆積物であり、西欧標準地域の白亜系などに較べ、局所的な環境変動による “ノイズ” の影響が少ない。したがって、当時の広域的な現象をより完全に記録していることが期待できる。

文 献

Schlanger, S. O. and Jenkyns, H. C., 1976: Cretaceous oceanic anoxic events: causes and consequences. *Geologie en Mijnbouw*, 55, 179-184.

早川浩司 (早稲田大学): コニアシアン階における低酸素環境下の底生動物群集 (要旨) (Hiroshi Hayakawa: Coniacian low-oxygen-benthic assemblage (Abstract))

海洋低酸素環境の影響は、北海道の上部白亜系においても認められる。古丹別地域の主にコニアシアン階に発達する暗灰色泥岩相は、ストーム起源の堆積物をはさみ、含まれる大型化石の種数は少ないが、それらの自主的な産状がよく残されているという特徴を持つ。この暗灰色泥岩は、世界的に知られている白亜紀中期の “OAE: Oceanic Anoxic Event” の堆積物と比べると、有機炭素や黄鉄鉱の含有量が低く、低酸素 (dysaerobic) で、しかも非硫化的 (non-sulfidic) な環境下で堆積したと推定できる。おそらくコニアシアン世では、定常的な “無酸素” 環境は起こりにくかったのではないかと考えられる。一方、このような暗灰色泥岩は何枚もはさまれるので、ストーム波浪限界深度よりやや深い程度の深海底でも、低酸素・富酸素の周期的な変動が起こっていたらしい。

ここから産する化石群は、次のような特徴を示す。

- (1) 大型化石の種数が少なく、単調な内容である。その中でも特にイノセラムスが多く、他の化

石が含まれていない場所からも、合併でかなり数多く産する。このような産状は海外でも知られ、イノセラムス類は他の生物が棲めない低酸素環境に適応したグループであると解釈した多くの研究例がある。

(2) 合併のイノセラムスの産状にふたとおりある。ひとつは、小型の個体が株を作って密集する産状；もうひとつは、大型で殻の薄い個体が、単独で、層理面と平行な姿勢で含まれる産状である。前者は、短期間に世代交替をおこなう適応と解釈できる。

(3) 低酸素環境に強い生物のひとつとして、殻の薄いウニが挙げられる。比較的良好に産出するが、殻が薄いため、潰れていたりバラバラになっていることが多い。

(4) *Helminthopsis*, *Chondrites*, *Zoophycos* などよりなる生痕化石群集を含む。これは、Bottjer, Bromley, Ekdale, Savrda などによると、酸素レベルの比較的低い環境を示す生痕群集であるという。しかし、ウニが産出するにもかかわらず、その生痕はあまり見られない。したがって、保存された生痕化石から、彼らの見解と比較することは、いくらか問題があるかも知れない。

(5) 底生生物の活動が少なく、物理的にも静かな環境下で堆積したと思われるので、化石群に含まれるアンモナイトの殻の破損・摩耗は少ない。

おそらく、コニアシアン世当時は、無酸素でないが、酸素レベルの低い環境が存在した。このような低酸素環境に適応した生物群集は、多様性が低い。また、特にイベント的な低酸素環境下では、機会種 (opportunistic species) のような先駆者のみから群集が構成され、競争相手の少ない環境のもとで生息場を拡大したものと考えられる。

平野弘道 (早稲田大学) : 海洋無酸素事変とアンモナイト類の進化 (Hiromichi Hirano: The Cenomanian/Turonian oceanic anoxic event and the evolution of ammonoids)

はじめに

地質時代を通じて海洋無酸素事変は少なからぬ

回数知られている。デボン紀にアンモナイト類が出現してから以降、例えばデボン紀後期のフラスニアン期・ファメニアン期境界、ジュラ紀のプリンスバキアン期・トアルシアン期境界、白亜紀前期のアプチアン期・アルビアン期、セノマニアン期・チューロニアン期境界などに海洋無酸素事変は知られており、その都度アンモナイト類の多様性に影響を与えてきた。特にアンモナイト類の最初の一斉絶滅であるフラスニアン期・ファメニアン期境界の絶滅が海洋無酸素事変によるといわれている (e. g., House, 1989)。

海洋無酸素事変とは別に、デボン紀以降の主要な絶滅事変のすべてとアンモナイト類はかかわりを持っている。これらの絶滅事変の原因が主に環境変動であったならば、アンモナイト類は最も環境変動に敏感な動物であったと思われる。そこで環境変動が原因で種が絶滅にいたるシナリオは、ある環境変動の時にアンモナイトがどうであったかを研究することから導かれよう。その意味において、わが国でも試料の豊富な C/T 境界事変を解明することは多くの収穫が期待される。

セノマニアン・チューロニアン海洋無酸素事変

セノマニアン期・チューロニアン期境界海洋無酸素事変の世界の研究の 1990 年までの概要は平野ほか (1991) に述べたのでここでは割愛する。世界の研究の動向は、酸素に乏しい水塊がどのような地理的広がりをもっていたか、その垂直的広がりかどうか、そのタイミングはどうか、生物界にどのような影響を及ぼしたかをまず詳しく明らかにして、つまり事変の輪郭を明らかにして次いでその要因を解明しようというところにある。

目下のところ北太平洋からは、平野ほか (1991) により、化石層序学的に明確にチューロニアン期直前に酸素の乏しい水塊が存在し、アンモナイト類、イノセラムス類に大きな影響を及ぼしたことが述べられている。その後、この学会会期中に長谷川 (1992) により、チューロニアン期直前に $\delta^{13}\text{C}$ のスパイクが存在することが報告され、さらに、平野は共同研究者と共にその層準の放射年代が 91Ma であることを示した (小泉ほか, 1992)。

上記の平野ほか(1991)では、酸素欠乏水の認定を粕ほか(1983)等の研究に基づいて、頁岩中の硫化物硫黄の存在比で求めた。その後著者は、C/T 海洋無酸素事変が各種の方法で確認されている南フランス・マルセーユ近傍及び北アフリカのチュニジアを訪れセノマニアン階上部からチューロニアン階下部にかけて試料を採集し、硫黄含有量を調べた。その結果、これらの地方でも硫黄含有量の似た変動パターンが得られ、かつC/T-OAEの層準からは上記蝦夷累層群の例と比較し得る値が得られることを確認した(平野, 1992)。

しかし、依然として本邦白亜系についてこの問題の解明はヨーロッパの研究例(e. g., Jarvis *et al.*, 1988)に比べるとはなはだ不十分である。

イタリアではC/T境界はLivello Bonarelliと呼ばれる厚さ0.45~2mのラミナの発達した黒色頁岩で代表され、Premoli Silva(1991)は温度上昇、それに続く海水準上昇、栄養塩類生産性の増加が引き金であると推論している。

しかし、Wiedmann(1991)は南ヨーロッパから北アフリカ、中近東にかけて広くこの問題を研究しているが、温度上昇を示すよいデータは得ていないと言う。

このことについてElder *et al.*(1991)はドイツと北アメリカ西部内陸の調査に基づいて、MORBまたはHot spot起源と同定される稀元素組成を得て、海嶺等におけるプレート運動の活性化が引き金であるとしている。このように世界の状況は原因を論ずるところにさしかかっている。

海洋無酸素事変とアンモナイト類の進化

北海道の大夕張地方の3河川、北から日蔭沢、滝の沢、白金沢ではチューロニアン直前の層準で硫黄含有量のピークがみられ、酸素欠乏水の存在が示された。その層準はチューロニアン階基底の国際的標準化石である*Pseudaspidoceras flexuosum*の下、セノマニアン階を特徴づける北太平洋の標準化石である*Inoceramus pennatulus*あるいは*Desmoceras (Pseudouhligella) japonicum*の産出が終わった上の化石の極めて乏しい部分にある。

アンモナイト類の進化でこの事象と関係あると思われるのは、先に著者がHirano *et al.*(1990)で予察したように、*Desmoceras (P.) japonicum*から*Tragodesmocerooides subcostatus*への系統的種分化である。*T. subcostatus*の地理的分布は*D. japonicum*に比べてより陸より・西方に寄っている。白亜紀の当時、酸素欠乏水は今の夕張から東方に広く分布し、遊泳底生の*D. (P.) japonicum*の生息域を奪う結果となった。その時ごく一部の小個体群のみが西方の浅海域に逃れることができ、*T. subcostatus*へと系統的種分化をしたと考えられる。

なお、*T. subcostatus*はこの後チューロニアン期中期の後期までに*T. matsumotoi*に地理的種分化をしている。この時地理的分布はさらに西方に移っている。また成体の大きさは、種分化の都度明確に小さくなっていることは興味あることである。

引用文献

- Elder, W. P., Hilbrecht, H., Attrep, M. Jr. and Orth, C. J., 1991: Iridium abundance maxima: source and relations to changes in the Cenomanian-Turonian of Germany and the U. S. Western Interior. *Geologie Alpine, Mem. h. s.*, (17), 33.
- 長谷川 卓, 1992: Cenomanian/Turonian 境界における炭素同位体比スパイクと生層序との対応一。日本古生物学会 1992 年々会講演予稿集, 131.
- 平野弘道, 1992: 海洋無酸素事変とアンモナイトの進化。日本古生物学会 1992 年々会講演予稿集, 13.
- Hirano, H., Okamoto, T. and Hattori, K., 1990: Evolution of some Late Cretaceous desmoceratina ammonoids. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, (157), 382-411.
- 平野弘道, 中山英二, 花野郷史, 1991: 白亜紀 Cenomanian/Turonian 期境界に認められる海洋無酸素事変—北海道蝦夷累層群の例一。早稲田大学理工研報告, (131), 52-59.
- House, M. R., 1989: Ammonoid extinction events. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, B 325, pp. 307-326.
- 小泉雅一, 斎藤英明, 浦上竜太郎, 田中秀実, 板谷徹丸, 平野弘道, 1992: C/T 境界, K/T 境界における堆積岩の K-Ar 年代測定。日本地質学会第 99 年学術大会講演要旨, 155.

Jarvis, I., Carson, G. A., Cooper, M. K. E., Hart, M. B., Leary, P. N., Tocher, B. A., Horne, D. and Rosenfeld, A., 1988: Microfossil assemblages and the Cenomanian-Turonian (late Cretaceous) Oceanic Anoxic Event. *Cret. Resear.*, 9, 3-103.

粕 武, 鈴木尉元, 小玉喜三郎, 1983: 房総半島における上総層群泥質岩中の硫黄, 炭素, 塩素, 鉄の形態・組成と堆積環境. 地質調査所月報, 34 (4). 191-206.

Premoli Silva, I., 1991: The latest Cenomanian anoxic event: an update. *Geologie Alpine, Mem. h. s.*, (17), 109.

Wiedmann, J., 1991: Mesozoic basin evolution at the southern Biscay margin (northern Spain). *Intern. symp. origin, sediment, tectonics. Late Mesozoic. Early Cenoz. sediment. basins eastern margin Asian cont. Program and abstract*, 82.

大路樹生・速水 格 (東京大学): **Mesozoic marine revolution** とその進化古生物学的意義—有柄ウミユリ類と二枚貝類を例として— (Tatsuo Oji and Itaru Hayami: Mesozoic marine revolution and its evolutionary implications—crinoids and bivalves as examples—)

ある生物グループの進化史や, その多様度の地史的変遷を考えると, 大きくみて2つの要因を挙げることが多い。その1つは, このシンポジウムの他の話題提供で示されたように, 海洋の物理化学的環境が変化し, それに伴って生物の多様度や生息場所にも変化が起きたとする考えである。例えば, 海洋に貧酸素環境が卓越したことによって底生動物群の消長に大きな影響が現れたとする考えがある。もう1つの, 最近よく取り上げられる仮説として, 底生動物に対する捕食者の出現が, 被食者の形態や生態, 生息場所などに大きく影響を与えているとする考えがある。特に, 中生代の後半に, 有殻生物の殻を壊して捕食するタイプの海洋生物 (例えば真骨魚類, 十脚目の甲殻類等) が浅海に急速に多く分布するようになり, それまで浅海に生息していた様々な底生動物が, 深海に追いやられたり, 形態や生態を変えて捕食者に対抗する戦略をとるようになった (Vermeij, 1977, 1987)。このような, 海洋動物間の相互作用

用, とくに被食, 捕食関係が海洋動物の進化や, 被食者の防御形態, 生息場所, 生活様式に大きな影響を与えてきたとする仮説はどの程度検証できるのだろうか。ここでは有柄ウミユリ類と二枚貝類を例としてその方法や傍証を考えてみたい。

有柄ウミユリ類の受ける捕食圧の見積り

有柄ウミユリ類は「生きている化石」の1群で, 白亜紀の中ごろまでは浅い海 (陸棚上の環境) に生息していたことがわかっている (陸棚よりも深い環境にも生息していた)。ところが, 白亜紀後期以降, 浅海性の地層からは有柄ウミユリ類はほとんど見つかっていない (Oji, 1985; Bottjer and Jablonski, 1989)。この理由として, 有柄ウミユリ類の最大の捕食者とされる真骨魚類が白亜紀以降浅海に増加したため, 有柄ウミユリ類は深海へと追いやられたとする考えが提唱されている (Meyer and Macurda, 1977; Meyer 1985; Oji, 1985)。果たして, 有柄ウミユリ類にとって白亜紀中頃以降の浅海は危険極まりない環境であり, これに対して深海は捕食者の少ない平和な環境なのであるか。もしウミユリの受ける捕食圧が, 浅海で高く深海で低ければ, 有柄ウミユリ類にとって深海は, 浅海より安全な環境ということが出来る。ところが従来, 捕食圧が異なる深度でどう変わるかというような定量的な議論はなされていない。

ウミユリ類は致死的でない部分捕食を腕に受けると, 失われた腕を再生によって容易に修復してしまう。現生ウミユリ類には再生した腕が普通に見られる。これらの再生腕が, すべて捕食者による部分捕食の結果生じたと仮定すると, より高い捕食圧を受ける浅い海のウミユリは比較的頻繁に部分捕食を受けるので再生腕を多く持ち, 低い捕食圧下の深海のウミユリほど再生腕が少ないという傾向があるはずである。再生腕がどの程度出現するかという割合を求めれば, これがそのウミユリの受けた部分捕食圧を図るパラメータとなり得ると考えられる。

Metacrinus rotundus と *Saracrinus nobilis* は, 日本近海に多く分布する有柄ウミユリ類の2種であり, 後者は前者に比べてより深い海に分布す

る。この2種のウミユリに見られる再生腕の出現頻度を比べてみた。*Metacrinus rotundus* は駿河湾の130-145mに分布するもの63個体、*Saracrinus nobilis* は九州甕島近海269-279m(8個体)、沖縄名護湾350-400m(4個体)、長崎県五島近海および小笠原近海(Gislén, 1922のデータ; 9個体)を合わせて用いた。その結果、1個体当りの出現頻度を求めると、*Metacrinus rotundus* は *Saracrinus nobilis* の約2倍の頻度の再生腕を持っていることが分かった。ところが、この結果からすぐに浅い海のウミユリの方が高い部分捕食を受けているという結論を出すのは早計である。なぜなら、2種の異なる材料を比べており、捕食の受けやすさ、腕の数、成長速度、再生速度等さまざまな要素がからんでくるので単純な比較は危険だからである。そこで、理想的には深度分布の広い同一種類の有柄ウミユリの中で、いかに再生腕の出現頻度が変わるかを調べるべきである。

Endoxocrinus parrae は、カリブ海およびその周辺海域に多く産出する現生有柄ウミユリであり、その深度分布は178m-695mと広い、スミソニアン自然史博物館に保管されているこの種の標本137個体を用いて、再生腕の出現頻度とその深度変化を調べた。この種には腕の形態が鋸歯状を示す多型(PR)と、スムーズな外形を示す多型(PA)とがある(Oji, 1990)ので、各々を分けて調べた。その結果、いずれの表現型においても深度450-500m付近を境として、深海の個体では再生腕の割合が減少することがわかった。すなわち、陸棚より深い海においてもこの種はかなりの部分捕食を受けているが、やはり深度が大きくなるに従い受けている捕食圧は小さくなっていると考えられる。現在の陸棚上の環境にほとんど有柄ウミユリ類が存在しないのは、高い捕食圧のためと考えられる。

二枚貝の進化にみられる Mesozoic marine revolution の傍証

中生代以降の海洋における捕食圧の増大は二枚貝類の進化傾向にも重大な影響を与えたと考えられている(詳しくは速水, 1990を参照されたい)。多くの二枚貝は攻撃能力をもたない被食動物であ

るから、強力な捕食動物が出現すると、二枚貝類の防御能力や逃避行動に強烈な自然選択が働き、形態進化が加速することはまず疑いない。しかし、二枚貝群の内容は時代とともに変化するもので、共通の基準を設けて捕食圧の地史的变化を定量的に見積るのは困難であろう。

ここでは筆者の一人(速水)がこれまでに行った中生代—現生の二枚貝の研究から、Mesozoic marine revolutionの仮説の検証につながると思われるいくつかの傍証をあげておく。

1) 白亜紀前期以降に異菌目二枚貝では Veneridae, Tellinidae, Mactridae, Solenidae など砂泥に深く潜入する分類群が大発展し、二枚貝全体に対して内生種の占める割合が著しく増加した。これは套線湾入の発達(水管の発達を意味する)から推定できる。

2) Spondylidae, Chamidae など著しい武装彫刻(鋭い刺など)をもつ表生二枚貝は白亜紀後期以降に熱帯・亜熱帯の浅海域に発展し、それ以前にはほとんど見られない。腹足類でも同様の傾向が知られている。

3) *Gryphaea* 型のレクライナー(冰山戦略者)は中生代には多くの分類群に平行的に出現したが、新生代には少なく、現生種は全く知られていない(Hayami and Hosoda, 1988)、これは平坦底の表層が被食動物にとって危険な場所になったことを暗示している。

4) 新生代の Pectinidae の一部の進化系列(例 *Amussiopecten*—*Amusium*)では、捕食者からの逃避行動の能力に関連すると思われる翼性能の向上が見られる(Hayami, 1991)。

5) 化石記録から見て、白亜紀以降に浅海から半深海・深海に分布の中心が移った分類群が少なくない(例 *Propeamussium*, *Acesta*, *Astarte*, *Kelliella*, *Pholadomya*)。

6) 白亜紀—古第三紀にテチス海域で繁栄し、中新世に絶滅したと考えられていた *Pycnodonte* 属の遺存種が、捕食者が少ないと思われる海底洞窟で発見されたのは、この仮説を支持すると考えられる(Hayami and Kase, 1992)。

今後の課題

このような、海洋動物間の被食、捕食が海洋動物の進化、特に被食者の防御形態、生息場所、生活様式に大きな影響を与えてきたとする考えは、さまざまな分類群で調べられているが、わが国では、中生代—新生代の地層が広く分布し、古生物の研究が多く行われているにもかかわらずこのような見方による議論が少ないように思われる。またこの仮説を単なるお話に終わらせることなく、今後いかにこの問題を科学的な議論の土俵の上に乘せ、肉付けしていくかが課題であると思われる。

文 献

- Bottjer, D. J. and Jablonski, D., 1989: Paleoenvironmental patterns in the evolution of post-Paleozoic benthic marine invertebrates. *Palaios*, **3**, 540-560.
- Gislén, T., 1922: The crinoids from Dr. S. Bock's expedition to Japan 1914. *Nova Acta Reg. Soc. Sci. Upsal., Ser. 4*, **5**, 1-183.
- 速水 格, 1990: "中生代の海洋変革"と二枚貝の進化。化石, (49), 23-31.
- Hayami, I., 1991: Living and fossil scallop shells as airfoils: an experimental study. *Paleobiology*, **17**, 1-18.
- Hayami, I. and Hosoda, I., 1988: *Fortipecten takahashii*, a reclining pectinid from the Pliocene of north Japan. *Palaeontology*, **31**, 419-444.
- Hayami, I. and Kase, T., 1992: A new cryptic species of *Pycnodonte* from Ryukyu Islands: A living fossil oyster. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, (165), 1070-1089.
- Meyer, D. L., 1985: Evolutionary implications of predation on Recent comatulid crinoids from the Great Barrier Reef. *Paleobiology*, **11**, 154-164.
- Meyer, D. L. and Macurda, D. B., Jr., 1977: Adaptive radiation of the comatulid crinoids. *Paleobiology*, **3**, 74-82.
- Oji, T., 1985: Early Cretaceous *Isocrinus* from Northeast Japan. *Palaeontology*, **28**, 661-674.
- Oji, T., 1990: Dimorphism and geographic distribution of two phenotypes of a west Atlantic stalked crinoid *Endoxocrinus parrae* (Gervais). *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, (159), 603-606.
- Vermeij, G., 1977: The Mesozoic marine revolution: evidence from snails, predators and grazers. *Paleobiology*, **3**, 245-258.
- Vermeij, G., 1987: *Evolution and Escalation*. 527 p. Princeton Univ. Press.

海外学会出席報告

第5回北米古生物学会議*

棚部一成**・鎌田耕太郎***

第5回北米古生物学会議 (5th North American Paleontological Convention (NAPC. V)) が、1992年6月28日 - 7月1日にシカゴのフィールド自然史博物館で同博物館、シカゴ大学、イリノイ大学シカゴ分校、北米古生物学協会の共催で行われた。この会議は、北米を中心とした諸国間での古生物学の交流と発展を目的として開かれるもので、1969年の第1回会議(フィールド博物館)以降不定期に開催されている。前回(第4回)の会議は1986年であるから、今回は6年ぶりということになる。著者らはこの会議に参加する機会を得たので、以下にその概要を報告する。

会議経過を記すと、6月28日：午後に登録とそれに続くレセプション、29日：開会式、招待講演4件(D. M. Raup：大量絶滅の周期性と小惑星衝突、W. A. Berggren：新生界の編年学の進歩、A. H. Knoll：先カンブリア時代末期の地球環境と生物進化、C. Patterson：化石の意味：古生物学の最近の進歩)、一般講演、午後はポスターセッションとテーブル・ディスカッション、30日：普及講演(J. Honnerによる恐竜の生物学に関する一連の研究の紹介)を午後に挟んで、終日一般講演、夜は晩餐会、7月1日：一般講演および招待講演(S. J. Gould：進化論と古生物学)であった。また、会議終了後、2つの巡検(イリノイ州中北部の浅海成古生界および米国西部内陸盆地のベルム・三畳系の層序と化石の見学)があった。

参加者は合計473名で、国別内訳は米国が389と圧倒的に多く、英国33、カナダ23、ベネズエラ5、オーストラリア5、パナマ3、日本3、ニュー

ジーランド2、フランス2、オーストリア、ドイツ、デンマーク、オランダ、ジャマイカ、西インド、イスラエル、パキスタン各1であった。日本からは我々のほかに、渡部真人氏(古脊椎動物学：林原株式会社)が参加した。一般講演は271論文が次の22のセッションに分かれて発表された(括弧の数は講演数)。また、ポスターセッションは39題の発表があった。

1. The meaning of higher taxa in macroevolutionary studies (8).
2. Phylogenetics and rates of evolution: morphologic, genomic, and taxic rates (7).
3. Paleontology applied to geologic problem solving (13).
4. Environmental patterns in the origins and fates of major groups (12).
5. Advances in deep sea paleoecology (11).
6. Early Metazoan evolution (23).
7. Implications of sequence stratigraphy for evolutionary and biostratigraphic patterns (12).
8. Long records of land biotas: A comparison of Wyoming-Montana Paleogene and Siwalik Miocene sequences (14).
9. Origin of modern terrestrial ecosystems: Late Mesozoic and Cenozoic (23).
10. Conquering shape and form: Quantitative morphometrics (12).
11. Morphological evolution (14).
12. Biomolecular and isotopic paleontology: An integrated approach (12).
13. Paleoecology (14).
14. Paleobiogeography: Global change and evolution (22).
15. Environmental and biological change in

*5th North American Paleontological Convention

**Kazushige Tanabe 東京大学理学部地質学教室

***Kotaro Kamada 弘前大学教育学部地学教室

- Neogene and Quaternary tropical America (12).
16. Origination and extinction (14).
17. Paleozoic and post-Paleozoic benthos: Comparative ecology and physiology (10).
18. Evolution and functional morphology (13).
19. Molecular paleontology and exceptional preservation (12).
20. Taphonomy (13).
21. Late Paleozoic and early Mesozoic circum-Pacific events and their global correlation: A comparison of the Permian and Triassic of the North American and east Asian Pacific regions (7).
22. Lagerstätten (4).

セッションの名称と講演数から判断できるように、全体として系統学や大進化(セッション1, 2, 6, 11, 16)と古生態や機能形態(セッション4, 5, 9, 17, 18)に関する論文が多くを占めた。また、形態レベルでの研究に加えて、新たに化石や地層中に含まれる生体高分子を対象とした分子古生物学の成果がセッション19で多く発表されたことが特筆される。ただ、理論形態や形態形成に関するシンポジウムは1つ(セッション10)のみで、やや不満が残った。講演が4会場で並行して行われたため、すべての分野についての研究発表を聞くことができなかったが、特筆すべき点を以下にまとめる。

系統進化については Smith, A. B. (大英博物館) や Marshall, C. R. (UCLA) らのウニ類を素材として分岐分類学の手法を分子と形態レベルの資料に応用して系統関係や進化速度の考察をした研究成果が好評を得ていた。また、近年後生動物の起源と進化に関連して、先カンブリア時代後期からカンブリア紀初期の地層産の化石群の研究が進み、Cambridge Univ. Press から論文集も出版(1992)されているが、今回も Runnegar, B. (UCLA) の Ediacara 生物群の後生動物説や Butterfield, N. J. (Harvard Univ.) による Edi-

acara 以前の多細胞生物化石(藻類)の発見など、多くの興味深い講演があった。

分子古生物学のセッションでは、化石硬組織中の有機物であるタンパク質やアミノ酸についての研究のほかに Stathopoulos, L. と Tuross, N. (Smithsonian Institution) によって約3万年前の化石魚類骨中から DNA の抽出に成功した研究例が紹介され、大きな注目を集めていた。しかし、化石や堆積物からの生体高分子の抽出には、技術的にまだ困難な問題が多く残されているようだった。

周知のごとく、この10年間に古生物学は理論的にも技術的にも飛躍的な発展を遂げ、生命科学と地球科学に強いインパクトを与える成果が数多く生まれている。その一端は今回の会議の発表でも明確に現れている。今回の会議に参加して、20代後半から30代前半の若手研究者の発表が多かったことが強く印象に残った(とくに分子古生物学のセッションの発表者はほとんどが大学院生で占められていた)。これは、登録料が安く(125\$)、若手研究者のために低料金(一泊28\$)のドミトリイが確保されたこととも関係しているように思われる。米国でも、大学や研究機関の古生物学のポストは少なく、研究者としての職を得るのは日本以上に大変であると聞いているが、この会議を見る限り古生物学の将来を支える若手は順調に育っているように思えた。今回の会議は IGC の直前に開催され、しかも IGC のものと内容の似たシンポジウムが多かったせいも、日本からの研究者の参加が少なかったのは残念であった。次回の会議は3-4年後に Smithsonian 研究所で開催されるとのことである。

なお、本会議のアブストラクト集は、Paleontological Society, Special Publication No. 6 (eds. S. Lidgard & P. R. Crane) として出版され、同学会(c/o Department of Geological Sciences, University of Tennessee, Knoxville, TN 37996-1410, U. S. A.) に申し込めば実費(20\$)で購入できる。

書評

君波和雄ほか・編 変動帯における碎屑岩類の組成と起源 —日本列島を例として—

地質学論集第 38 号

本論集は君波和雄（山口大学）を代表者とする文部省科学研究費補助金による総合研究（A）「変動帯の砂岩—日本列島を例として—」のまとめの論文集である。研究は昭和 63 年度から平成 2 年度にわたり 3 年間行われた。総研連絡紙 No. 2 によれば当初の目的は次の諸点である。（1）日本各地の古生代—古第三紀（新第三紀）の主要堆積盆地の砂岩組成の特性と後背地造構場の変遷の解明、（2）主要堆積盆地の化学的特性の解明と後背地の比較検討、（3）砂岩組成に関する基本的・原理的問題の解明、（4）日本の組成的に代表的な”標準砂岩試料”の選定とその組成的性質の解明及びこの試料供与体制の確立、である。論文総数 32 編は北海道（3）、東北日本（2）、西南日本内帯（12）、西南日本外帯（10）、及び広域—総合（5）の順序に要領よく配列されている（カッコ内は篇数）。時代毎に区分すると、古生代—古第三紀 21 編、新生代 7 編、その他 4 編で、上記目的上地域や時代にかたよりのあるのは当然ではあるが、新生代とくに新第三紀以降では堆積構造、堆積相あるいは堆積シーケンスの研究が主流を占めている現状を反映しているものと思われる。ところで、砂岩の組成と造構運動との関連は古くから論ぜられている。例えば、地向斜発展のフリッシュ段階に相当するレイワッケ、モラッセ段階に相当するアーコーズなどが挙げられる。最近では、プレートテクトニクスに基づく造構場での位置づけ（tectonic setting）をモード組成や化学組成から推定しようとする試みが色々提案されている。前者の例としては、Dickinson & Suezeki (1979), Dickinson et al. (1983), Dickinson (1988) など、また、後者の例としては Bhatia

(1989), Roser & Korsch (1986) などが挙げられる。論文の多くもこれらの論文で提案されたダイアグラムを用いて考察している。全体として、従来よりは一段と突っ込んだ論議がなされ、より具体的になっている感想を受ける。問題はこれらのダイアグラムの適用性であり、また二つの違った方法での整合性である。モード組成と化学組成の両者を検討した幾つかの論文によれば、あまり矛盾はないようである。大部分の著者も述べているように、何時でも適用できるとは限らない。一つには境界を明確な線でしきるのがもともと無理なのであって、オーバーラップする領域を設ける必要があるのかもしれない。また、日本の豊富な試料も加えて改良する必要もあろう。この点では君波により連絡紙 No. 2 で提案され、君波その他により日本の試料に基づき砂岩の化学組成 $Al_2O_3/SiO_2 - (FeO + MgO) / (SiO_2 + K_2O + Na_2O)$ ダイアグラムをもちいて火山弧の tectonic setting を判別する方法を提示できたことは高く評価できるであろう。また、日本の代表的砂岩のモード組成を検討するに当たって、同一試料についての 9 人の専門家の測定結果が調査された。個人によりかなりバラツキがあり、それは統計誤差よりも大きいという結果があきらかにされた点も、違った意味で（3）の基本的・原理的な問題として興味深い。武蔵野のアルカリ比— SiO_2 図や希土元素パターンによる造構堆積場の推定は類似の研究がすくなく、その進展がのぞまれる。その他、碎屑性ガーネットの特徴やジルコンの年代による供給源の推定、イライトの結晶度による付加コンプレックスの弱変成作用の研究、斜長石粒子の曹長石化による付加帯での埋没深度の推定など新しいアプロ

チが試みられているのも注目される。広域-総合的分野として伊藤の環太平洋変動帯砂岩の岩石片の相対量の増減とグローバルな環境変化との関連が考察された論文は意欲的である。ただし、増減カーブはまだ試料不足で説得力があるとはいえない。斎藤・藤岡による伊豆・小笠原孤由来の火山性堆積物の種々の鉱物の化学組成、全岩の主成分、微量元素成分に基づき海洋性島弧の発達過程の論文は古い地質時代の考察に貴重な資料を提供しており、今後このような環境のはっきりした新しい地質時代～現世での資料を収集する必要がある。

以上この論集は現在日本の砕屑岩の最前線の研

究者を網羅しており、日本の砕屑岩研究の現状を知る好個の資料であるだけでなく、日本の構造発達史を知るうえでも重要であり、古生物を学ぶ人達にも一読をお勧めしたい。なお、いつも感ずる事であるが、このような論集には是非詳しいまとめが欲しい。研究目的がどの程度達せられたか、どこに問題点があり、今後どのようにしたら解決できるのか、どのような討論がなされたかを具体的に述べてもらえたなら、読者の理解はもっと深まるに違いない。

(日本地質学会 平成4年3月20日発行、401ページ、地質学会会員頒価3,500円)

中沢圭二

矢島道子著 「地球からの手紙」

国際書院 (1992年7月20日出版、178ページ、1200円)

古生物学ほど、専門家の思いと世間の認識とがずれている分野は少ない。即ち、世間は、古生物学というと恐竜、マンモス、最古の化石しか頭に思い浮かばないようであり、古生物学者はそれに対して、いつも「それだけではないのに」とぶつぶつ不満を述べている。このずれは、古生物学の現状が世間にうまく紹介されていないことによる。

現在の地球科学ファンをたくさん作り出したのは竹内 均である、と言っても間違いではない。「竹均」の本や雑誌ニュートンを読んで地球科学に目覚めた人は数かぎりなくいる。ところが、学者の「竹均」に対する評価はまちまちである。見たところ、「私は研究者である」と標榜している人ほど「竹均」を低くみている傾向がある。普及書を書く暇があるならば、研究をし、論文を書くよ、ということらしい。この理屈でいくと、日本の古生物学者には「研究者」の比率が高い。

実際、古生物学に関するいい普及書はいままで少ない。ここで言う、いい普及書とは、正確に記述してあるという意味ではなく、読んでわくわくするという意味である。たとえば、「化石の科学」はいい本だと思うが、値段が高いし、項目ご

とに頑張っ書き過ぎているので難しい。また、古生物を扱った教科書は、専門家、大学生向けの本か、恐竜ものしかないと言っても過言ではない。

最近、矢島道子さんが古生物を主題とした本を出版した。「地球からの手紙」という題の地学の「教科書」で、対象は女子高校生のものである。この本は、たとえ話が多用されている。一般に、女子高校生にはたとえ話をすれば話がよく伝わるのだそうである。矢島さんは女子高の教員を長く勤めているためにたとえ話を使うという伝達技術が身に付いているのであろう。たとえば、効果的に使われている場合もあるが、いくつものたとえが羅列的に示されていてくどいところもある。

本は、4つの章から成り立っている。第一章は導入で、地球が出している手紙を読むことを薦めることから始まる。この導入はうまい。第二章は、地球からの手紙を読む鍵ということで、地球を理解するために必要な知識の説明がなされる。ただしここで触れられている地球は、固体の地球ではなく、生物が住む大気と海洋の話に限られている。第三章は、ミジンコからの手紙という題で、オストラコーダの話になる。オストラコーダとは

何かが、書いてある。生態ではなく分類のことが書いてあるのは筆者が日頃気にしているテーマだからであろう。第四章は、地球からの手紙に返事を書いてみようということで、女子高校のクラブ活動で行なっている荒川流域の環境調査について紹介している。自分達が住む地球の環境をどう守っていくのかという地球に対する働き掛けである。随所にイラストがふんだんに使われており、その表現と話の内容とはよく合っていて楽しい。そういう点も、女子高校生を中心とした若い読者に読みやすいように工夫してある。

この本の行間からは、地球の不思議を知ること

がおもしろくてたまらない著者の思いが溢れ出てくる。しかし、その強い思いが逆に各章間、各項目間の脈絡の欠如を生んでいるように見えるのが残念である。第二章以降で、オストラコーダについて蘊蓄を傾け、そしてオストラコーダを通じて見た地球について語る事ができればもっと vivid な話の展開ができたように思う。

いずれにしても、斬新な高校生向けの「教科書」が書かれたことを喜びたいと思う。多くの若い人がこの本を読み、地球に関心を持ってくれることを望みたい。

北里 洋 (静岡大学理学部)

化石茶論

バイカル国際生態学研究センター日本協議会（略称 JABIRP）について

藤井昭二（富山大学教養部）

旧ソビエト科学アカデミー・シベリア支部ではバイカル湖地域を外国に解放し、バイカル国際生態学研究センター（略称 BICER）を設立し、国際共同研究を行なうことを提唱しております。ソ連側で船、宿泊所、研究室を提供する。その代り、各国で一口 10 万 US\$ を用意することとなっています。

バイカル湖は約 2 億年前から形成され、世界で最も深く、透明度の高い湖で、生息する約 1700 種の大型生物のうち 1000 種は固有種であり、また構造湖として学問的に非常に興味深い湖です。

呼びかけに呼応して 1991 年 3 月末に上記の協議会ができ、分担金 1 口 10 万 US\$ を民間から募金することができました。

1991 年の旧ソ連の崩壊による情勢の急激な変化とインフレ等でセンターの運営が危惧されましたが、1 ヶ月約 2 万 US\$ あると調査船の運航はじめ BICER の運営が行なわれ、研究を遂行することが可能ことがわかり、加盟国である日本・ベルギー・アメリカ・イギリス等で集ったお金から当分の間 2 万 US\$ を醸出することになり、この 3 月から共同の湖上試錐が行われています。MSU、USGS やサウスカロライナ大学のウイリアムス教授らは 2-3 年前から共同研究をしているようです。

旧ソ連の呼びかけにはバイカル湖は自然の研究で Global Climate Change, Changes in Global Biodiversity, Evolution of Endemic Faunas and Floras, Tectonic Processes, Evolution of Sedimentary Basins の研究に大いなる貢献をするのべています。

第四紀学、古生物学、堆積学、構造地質学等に関して、1) 種分化の問題、2) 試錐による古気候、環境、堆積物の変化の問題、3) アフリカのリフト系に匹敵するリフト系の問題、日本列島の裂開との比較等地球科学の大問題がなっています。

各国の研究者と共同でこれらの問題を研究するのはもちろんですが、日本の学問水準を知らせるにもよい機会です。

JABIRP は同センターでの日本人の宿泊、船舶の運行や研究グループ間の調整、文部省海外学術研究やその他による渡航と調整支援、募金、国際協議会の運営参加等を行なっています。そのための情報や渡航の支援等を行なっています。年会費 3000 円で、会長は日本陸水学会の奥田節夫会長です。連絡先は下記です。バイカル湖に関心ある多くの方の参加をおまちしています。

〒305 つくば市小野川 16-2

国立環境研究所 JABIRP 事務局

河合崇欣 Tel. 0298-51-6111

綺麗な花のトゲのこと

木曾太郎（東京大学理学部）

「綺麗な花にはトゲがある」、「風が吹けば桶屋がもうかる」、「あちらを立てれば、こちらが立たず」、誰もがよく知っていて、その実例に遭遇することがしばしばあるが、生物の世界にもあり得る

だろうか。ことわざや格言というのは様々な含みがあって、必ずしも正確に内容が伝わるとは考えられないので、例として自動車を取り上げてみよう。

ほとんどの場合、乗り心地の良い静かな車は大きくて高級感があるものだから、燃費は極めて良くない。「あちらを立てれば、こちらが立たず」の典型的なもので、静かな車をつくらうとすると、どうしても大きなエンジンが必要になることが原因である。恐らくこれまでの車のエンジンのつくり、あるいは作り方を大幅に変更しないとこの壁は乗り越えられないだろう。車をどうやって作るかという、現在採用されている技術の水準が、この避け難い制約をつくっているということになる。

さてこのような制約条件が生物の世界において、見ることが出来ないだろうか、というのが、この文章の主題である。生物にはどうしても逃れることの出来ない制約がある。食事もとらず、呼吸もしないで生きて行ける生物など存在しようはずもないことは、永久機関の存在の否定から明らかかなことであろう。つまり物質として存在している以上、物理学の法則からは決して外れることは許されない。次のようなことも、少なくとも地球上の生物については不可能である。それは、放射線を吐くような怪獣の存在である。放射線は生命の設計図ともいべき遺伝子を破壊し、生物の部品である様々な物質に損傷を与えることによって、その生物の存続を危うくするであろう。従って、そんな怪獣は存在し得ない。

上述の二つの話はいずれも考えてみれば当たり前で、絶対的な制約条件となっており、これから外れるものは空想の産物としての「怪獣」に他ならない。ところが、「寺田寅彦を読むブタ」を考えると話はそう簡単ではないことが分かる。この言葉には二つの実存する生物が含まれているだけで、自然の摂理に反するような内容では決していない。一方はブタ、もう一方はヒトで、化学的にも物理的にも全く無理はないように見える。しかし、世界中のどこを捜しても、いつの時代にもこんな生物がいたという報告はないし、その奇妙さを拭い去ることが出来ない。偶然生じなかったと考えることも決して否定できないし、自然選択を考慮すればこういう生物が不利だったためにいなくなったと想像することもできる。しかしもう一つ重要な考え方があって、寺田寅彦が読めるよう

な脳を持つことが不可能であろうということである。正確に述べると寺田寅彦が読めるような脳を持たせるということが、ブタを特徴づけるものを失わせてしまうといった構造的に相容れない関係にある。生物の形づくりの仕組みからいって、寺田寅彦の文章を読みながらトリュフを探すことはそもそも無理なのかもしれないということである（トリュフは仏料理における松茸に相当し、ブタが地を這いながら鼻で探し回るものだという話を聞いたことがある。）

もっと単純な条件で話をするために、「綺麗な花にはトゲがある」を使ってみよう。「綺麗な」というのはいかにも非科学的であるし、一部の人間からお叱りを受けないとも限らないので、「赤い」ということにしておく（ちなみに、ロシアでは「赤」は美しい色であると考えられているので、実はことわざとしての意味は失われていない。赤の広場とはそういう意味で付けられた名前である）。さて、ある種類の植物の種を畑に蒔いたところ、白い花と赤い花が咲いた。農夫は赤い花の株が収穫したかったので、赤い花を付けた株だけを集めてみたところ、どれも茎にトゲをはやしている。一方、白い花の方には全くトゲがない。集めた赤い花から種をとり、再び蒔いて赤い花の咲く株を集めていくという作業を続けても、茎に生えたトゲはなくならないこともあろう。この場合、赤い花を付けるのに、その植物がその時持っている形づくりの「技術水準」においてはどうしてもトゲを生やさなければならぬのである。もっと細かくいうと花の色を決めるために働いている一群の遺伝子の一部が茎の装備に関与しているのであって、それが正にその花の形づくりの「技術水準」に基づく制約条件になっていると考えるわけである。それ故にこそトゲのない赤い花という混合形態は存在することが許されないことになる。

農夫の作業を自然選択と考えると、この話にはいくつかの問題が隠されていることに気付く。まず、自然選択は花の色に対してのみ働いていて、トゲには全く無関心である。選択圧の重心が花の色にあって、トゲはその形質に引きずられているだけであるといってもよい。つまり、自然選択がある範囲の形質に対してのみ有効に働くというこ

とで、自然選択の局所性と形質の関係に触れるものである。もう一つは、全く関連のない独立と思われよう形質の間に連関があるということで、これは生物の形づくりの仕組みからみた形質の定義に関係する問題である。ここで、自然選択が必ずしも一つ一つの遺伝子から定義される形質を単位として働くわけではないことを明記しておく。つまり、自然選択の働く範囲としての形質を沢山の遺伝子が作り上げているのであって、そのことは木村資生氏が『生物進化を考える』のなかで指摘している。

形づくりの仕組みが時間的に変化していくことも考慮しなければ不十分になるが、花の色と茎の形成に関与する遺伝子たちの「配置換え」を伴うような大規模な変革がどのように、どの位の頻度で起こり得るのか定かではないので、正確なことは述べられない。新しい遺伝子を作り出すということに関しては大野乾氏が言っているように、生物達は常に模倣という手段を用いているのだろう。

進化の過程のある時期で生物が持っている形づくりのための技術水準が、さらなる進化にとっての制約条件（正確にいうと、初期条件）になっている可能性があるということが、これらのことから理解できる。そして、形づくりの技術水準が生み出す制約のなかで突然変異による偶然と、自然選択からくる必然が生物の多様性を生み出していく。こうした条件によって「寺田寅彦を読むブタ」は、考え得る形質のリストから外されていくと考えることもできる。それは、キュッパースやエル

ドリッジらがそれぞれの分野に即して述べているので、そちらも参考にされるとよいだろう。しかしやはり、偶然生じなかったと考えること、選択を受けていなくなってしまうと考えることを怠ってはならず、慎重さが要求される問題である。

遺伝子と形の関係の一般論が出来ていない現在、不正確であるとはいえ形の時間的変化を目の当たりにしている古生物学が、「かつてこんな生物はいたが」と言明することは有意義であると考えられる。なぜなら、生物のように情報の飛び交う複雑な体系ではそれこそ「風が吹けば桶屋がもうかる」式の側面があって、一つ一つの部品（生物では生体分子）を細かく調べてくだけでは形づくりの際の「こんなことは出来ない」を示すことが困難だからである。形づくりの仕組みという考え方は生物だけに留まらず、偶然と必然、部分と全体に対する人間の理解の仕方に関わってくる問題なのである。

「化石茶論」の開設について

化石編集部では、会員および友の会会員の皆様に自由なご意見、短いエッセイや、研究こぼれ話を気軽に書いていただくために、「化石茶論」のコーナーを設けました。当面、刷り上がり2ページ以内とし、大きな誤りや個人攻撃のない原稿であれば、必要な字句の修正だけでそのまま掲載いたします。奮ってご投稿下さい。

学 会 記 事

日本古生物学会評議員会（第2回）議事要録

平成4年6月20日（土）9:00-12:50

於 岩手県立博物館会議室

出席者：鎮西会長，池谷，猪郷，糸魚川，小笠原，小澤，加瀬，斎藤，高柳，棚部，野田，長谷川，速水，平野，森 各評議員

委任状：小畠→加瀬，加藤→鎮西，木村→平野，小泉→森，浜田→棚部

書記：浅井，大路両庶務幹事

〈報告事項〉

1. 常務委員会報告

3月9日、4月25日に常務委員会を開き、通常業務を処理した。1月の総会には117名（委任状28）の出席者があり、年会には198名（学生37名）の参加者があった。総会で承認された予算・決算に消費税分の修正を行った。「報告・紀事」165号を発行、化石52号を印刷中。平成5年度例会は大阪教育大学を予定している。会員の名簿の追加、訂正を化石51号に掲載。学術賞メダルの文字を揮毫下さった狩野翠桂氏に感謝状を送付。科研費懇談会に出席する学会員に旅費を支給することとした。報告・紀事に対し文部省から115万円の出版助成金が内定した。報告・紀事の海外機関との寄贈、交換は68件、特別号は11件、購入は62件である。

2. 科研費審査委員候補者推薦依頼先学協会についての懇談会

12月16日、2月3日に懇談会、2月24日に学術会議会員3名の案（細目層位・古生物に対し当学会から毎年2名の、地質学会から毎年1名の推薦枠、また分科地球科学の2段審査委員3名のうち地質系からの1名に対して推薦学協会をAグループとBグループとに分けて推薦する方式が示され、前者には賛成、後者には反対の意見を表明した。4月14日に3会員からの決定通知が到着

し、細目層位・古生物は、上記の方法で決定、細目地球化学は未定ということになった。6月3日関連5学会の懇談会が行われた。

3. 長期計画検討委員会報告

前回評議員会で任期1年延長を受けて今年度白書、「古生物学の研究・教育の現状と課題」を作成する。本検討委員会に関連した'92年科研費総研Bが採択された。

4. 学術会議、研連報告

6月19日古生物研連、報告として8月26日IPAのCouncil meeting, General assemblyが、8月25日にIPA主催のレセプションが行われる予定。同審議として、わが国の古生物学の研究・教育の問題点が話し合われ、1. 新しい分野、例えば分子古生物学の推進と拠点を設ける必要、2. 緊急性を要しない、とみなされ荒廃しつつある分野、例えば分類学に力を入れ、他の研連や他の学会とも話し合い、連帯して行動を起こすこと、などが話し合われた。

地質研連ではIUGS, IGC, 両理事会に従来7名づつ代表を選出している現状から、分担金を増額して代表数を増やす案が話し合われた。科研費の時限の分科細目「地圏環境システム」を今年も申請することになった。

5. 地質学会欧文誌の件の経過報告

“The Island Arc” 広告（購入申込付き）を報告・紀時166号に綴じ込むことになった。また同誌表紙に印刷する古生物学会を含む5学会の表記法を了解した。

6. IGC 報告

サードサーキュラーができ、配付し、オーラル、ポスターの振り分けが済んだ。5月18日現在3,148名登録、アブストラクト約6,000件。アブストラクト、プログラムは印刷段階。古生物関係のシンポジウムはほとんど会期の前半に集中している。

審議

1. 会員の入退会

普通会員 16 名 (新川直子, 高橋達弥, 紀藤典夫, 西之園真一, 岡嶋昭, Maac, Yokanda, O., 岡島孝義, 大串健一, Waldmann, Georg, 磯村恭朗, 品田やよい, 佐藤慎治, 間島信男, 本間肇, 古沢仁, 澤村寛), 賛助会員 2 件 ((財) 奇石博物館, 糸魚川市教育委員会社会教育課), 退会 5 名 (大村一夫, 水島澄人, 歌代勤, Jean Vannier, 中里 (後川) 紀子), 会員種別変更 (普通会員→友の会会員) 1 名の申込があり, 普通会員全員の入会が承認された (賛助会員は投票を経ずに承認される). 会費滞納者のリストが配られ, 4 年間の会費滞納者は今後会費の支払いがない場合には次回の評議員会で除名されることとした.

2. 研究委員会 (ワーキンググループ) の拡大について

ワーキンググループ設置規定 (1987 年 6 月) の規定を改正し, 対応を迅速にするため, 申込を従来の 11 月 1 回を, いつでも可とすることとした. また, この案内を化石に掲載することとした.

3. 科研費審査委員候補者の推薦

層位・古生物 1 段に小泉格君 (継統), 山口寿之君 (新規) を選出した. 地球化学 1 段候補として大村明雄君を選出した.

4. 特別号 No. 17 増刷について

売れ行き好調で, 絶版となっていた No. 17 (大山桂君著, “横山図鑑”) を 500 部増刷し, 定価 4,700 円で販売することが承認された.

5. 報告・記事のタイトル, 表紙等の体裁の変更について

60 周年 (1995 年) をめどに改革することを目標として, 今後検討してゆくこととした.

6. その他

次年度例会を 1993 年 6 月末に大阪教育大学で行うよう, 準備を進めている.

特別号 17 号 (3 版) 出版のお知らせ

このたび御要望の多かった 17 号の 3 版を出版致しました. お求めの際は下記の要領でご注文ください.

No. 17: Revision of Matajiro Yokoyama's Type Mollusca from the Tertiary and Quaternary of the Kanto Area.

By K. Oyama [¥4,700 + 〒 ¥310]

注文先: 〒812 福岡市東区箱崎 6-10-1

九州大学理学部地球惑星科学教室内

日本古生物学会特別号編集委員会

代表者 柳田 壽一

Tel. (092) 641-1101, 内 4316, 4317

Fax. (092) 632-2736

注文者: (住所氏名)

送金方法: (該当方法に○をつけてください)

1. 銀行送金 (送金先: 三和銀行福岡支店 普通貯金口座 112172)
2. 郵便振替 (送金先: 振替口座 福岡 5-19014)
3. 現金書留 (同封)
4. 機関購入 (代金後納, 見積書 通, 納品書 通, 請求書 通)

行事のお知らせ

行事予定

☆1993 年々会・総会は 1 月 29 日 (金) ~ 31 日 (日) に筑波大学で開催されます。

本年会では下記のシンポジウムの開催が予定されております。

1 月 29 日 (金) 予定

題目「実験古生物学 - 現代によみがえる化石 -」

コンピーナー 大野照文 (京都大)・松岡数充 (長崎大)・北里 洋 (静岡大)

話題提供

シンポジウム開催の趣旨

コンピーナー

1. 飼育実験から何がわかるか?

松岡 篤 (新潟大)

コメント

北里 洋 (静岡大)

2. Morphogenetic programming, a useful tool for understanding nature of organisms, exemplified by recent and fossil foraminifera.

Johann Hohenegger (Univ. Wien)

3. 原始地球環境の復元と生命の起源
小林憲正(横浜国大)・柳川弘志(三菱生命科研)
4. 化石生物の運動性の再現実験
東 昭(東大名誉教授)
コメント
鈴木直樹(慈恵医大)・濱田隆士・館野聡子(東大)
5. コケムシの平面群体パターンに関する数理的解析
中島久男(立命館大)
コメント
郡司幸夫(神戸大)
6. 分子進化への実験的アプローチ
小澤智生(名古屋大)
7. パネル討論(実験古生物学の展望と将来像)
開催の趣旨

古生物学は、化石とそれを含む地層を主な研究対象としてきたため、研究のスタイルは化石と地層の記載が主体であり、そこから帰納された結果をその時々パラダイムに従って説明するものが多かった。しかし、このレベルで満足しては、どんなに近代的な機器を用いても、また最新の理論を借りても、所詮は解釈の域をでない。古生物学が自然科学の一員であるためには、導きだされた結論、解釈について、その妥当性を検証する努力をしていかねばならない。もちろん、自然を詳しく観察し、自然との対話を繰り返すことは研究の第一歩であり、必要不可欠なことである。しかしその一方で、自然を観察することから得た結論を検証する試み、つまり実験を伴った自然への積極的な働きかけがあってもよい。

本シンポジウムでは、古生物学における実験的アプローチの可能性について、その科学的視座と方法論の現状を把握し、将来を展望することを目的としている。シンポジウムでは、いわゆる実験(飼育実験、再現実験、数値実験)領域のみに限らず、分子進化や理論生物学の分野からの話題も提供していただく。

☆「総会」、「懇親会」は29日(金)のシンポジウム終了後に開催いたします。

☆一般講演は30日(土)と31日(日)に行います。詳しくはプログラム(1993年1月初旬発送)をご覧ください。

☆夜間小集会は会場の関係で30日(土)のみ受け付けます。3-5件の集会が可能ですので、夜間小集会を希望される方は、行事係まで連絡ください。

◎講演申し込みは、講演要旨(予稿集用)原稿とともに、下記までお送りください。1992年12月10日(木)必着締切です。なお、講演要旨の記入方法は化石48号を参照してください。

〒422 静岡県静岡市大谷836

静岡大学理学部地球科学教室

☎ 054-237-1111

FAX 054-238-0491

池谷仙之(内線5801)

北里 洋(内線5810)(行事係)

1993年例会(142回例会)は、6月19・20日に大阪教育大学柏原キャンパスにて開催されず。

日本古生物学会への醸金者御芳名(第4回)

(敬称略, 50音順)

植村和彦, 沖村雄二, 加瀬友喜, 鎮西清高, 富田幸光, 速水 格, 松島義章, 山際延夫

(計 8件, 82,000円)

平成3年10月1日から平成4年10月15日までに、上記の方々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、この醸金のお願いは、平成元年より化石47号に掲載の趣旨で、次の要領にて行っております。引き続きよろしくご協力下さいませ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。千円単位でお願いします。
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下さい。
東京 4-410780 平野弘道(日本古生物学醸金)

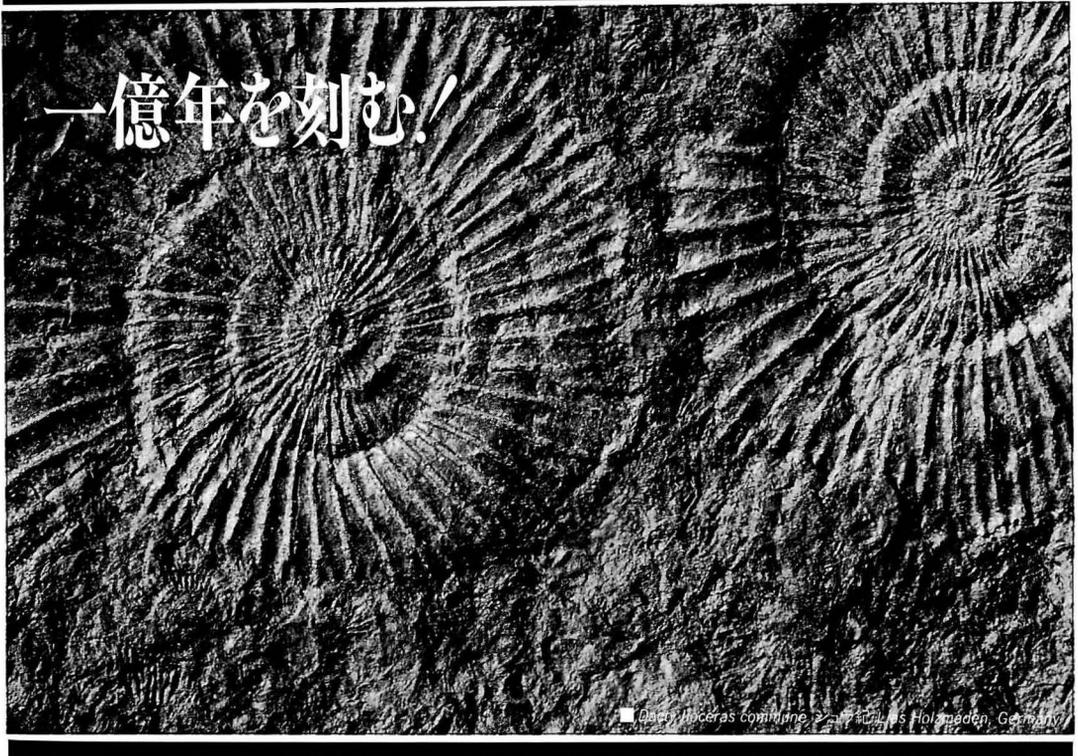
係)

3. 醸金いただいた方には受領書とお礼状を差し上げ、ご芳名を随時「化石」に公表させていた

だきます。いただいた醸金は毎年一般会計に繰入れます。

日本古生物学会会長 鎮西清高

A Practical Specimens for Study of Earth Science



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ぜひご利用くださいませ。]



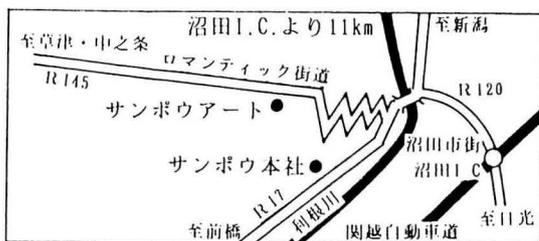
Fossils, Minerals & Rocks

株式会社 **東京サイエンス**

本社 〒150 渋谷区千駄ヶ谷5-8-2 イワオ・アネックスビル
ショールーム 紀伊國屋書店新宿本店1F

TOKYO SCIENCE CO., LTD.

大理石村への お誘い



新しいアート・ビリジ「大理石村」が平成元年6月群馬県吾妻郡高山村のロマンティック街道沿い（中山峠）に開館しました。サンポウアートは、イタリアンモダンアートを中心に世界の石のアートおよび鉱物や化石を集めた、新しいアート・ビリジです。楽しさあふれるアート・ビリジへお気軽にご来館下さいませ。なお、レストラン（イタリア料理）も併設しております。



「展示石材の一部・直角貝（軟体動物）の化石」

10cm

〔営業内容〕

各種石材の輸入・石材を用いた建築や造営物の設計・加工・施工、墓石・霊園諸設備の施工・販売、石材加工品・仏壇・仏具・神具・鉱物・化石標本などの販売

SANPO ART

株式会社 サンポウアート

本社 ■群馬県沼田市屋形原町1407 TEL 0278-24-4114(代)
大理石村 ■群馬県吾妻郡高山村中山5583 TEL 0279-63-3515(代)

社 長 平 井 良 明

展 示 指 導 （財）自然史科学研究所

渤海・黄海・東海海洋図集

1990

海洋出版社

(MARIN ATLAS OF BOHAI-SEA YELLOW-SEA EAST CHINA-SEA)

精装/B4版/98頁 ■ ¥12,000

[地貌、底質類型、堆積物化学、有孔虫・介形虫・放射虫・硅藻分布図 etc.]

黄河流域地図集

1989

地図出版社

(YELLOW RIVER VALLEY ATLAS)

精装/A3版変型 ■ ¥29,000

中国淡水魚類原色図集(2)

1988

上海科技出版社

上海自然博物館 編

精装/横B5版/179頁 ■ ¥9,000

《取り扱い分野》

第四紀学(考古学・人類学) / 地球科学(地質学・自然地理学)

生物科学(古生物学・動物学・植物学) / 環境科学(自然保護) etc.

中国自然科学図書専門

中国書店

CHUGOKU SHOTEN, Tokyo

〒178 東京都練馬区東大泉6-50-9 Tel (03)3924-5868 Fax(03)3925-8976

新訂 地球の科学

関 利一郎・稲森 潤・木村達明 編著
四六判 216頁 定価1,648円(消費税込) 送料260円

歴史的生成物としての固体地球の解明という立場で編集された大学の教養課程のテキスト。精密な図版と写真を多用し、自然科学を専攻しない学生にも平易に学べるよう配慮した。とくに「4章 生物の変遷」では、古生物学の知識に基づいて、地質時代の生物の変遷を解説した。

主な内容

- | | |
|------------|------------|
| 序章 地球の概観 | 4章 生物の変遷 |
| 1章 固体地球の解剖 | 5章 年代決定と編年 |
| 2章 漂う大陸 | 6章 日本の地史 |
| 3章 造山運動 | |

三訂 新しい地球像

D.ヨーク著/日本地学教育学会 訳編
四六判 248頁 定価1,545円(消費税込) 送料260円

地球の誕生、大陸移動説からプレートテクトニクスまで、固体地球物理学のパラダイム転換に自ら参画した著者による克明な解説。日本の著者による「第6章 補遺・プレートテクトニクスの最近の話題」では、日本におけるプレートテクトニクスの検証例や最新の話題を詳しく述べた。

主な内容

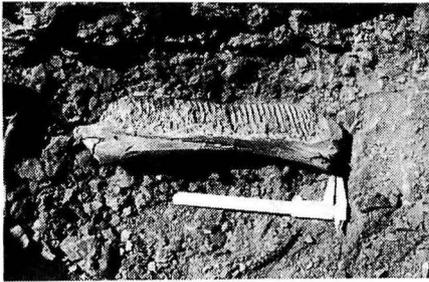
- | | |
|-------------|-------------------------|
| 第1章 地球の創生 | 第5章 大陸移動とプレートテクトニクス |
| 第2章 固体地球の構成 | |
| 第3章 地球の年齢 | 第6章 補遺・プレートテクトニクスの最近の話題 |
| 第4章 磁気と地球 | |



秀潤社

〒108 東京都港区白金台3-19-1 第31興和ビル6階 振替 東京3-7875
TEL.(03)3440-6371(代表) (03)3441-9781(営業部直通) FAX.(03)3444-4092

外国産実物化石標本販売

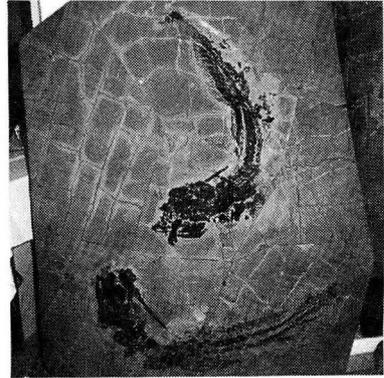


当社の恐竜クォーリー モンタナ アメリカ

シーラカンス	石炭紀	モンタナ
〃	三畳紀	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。

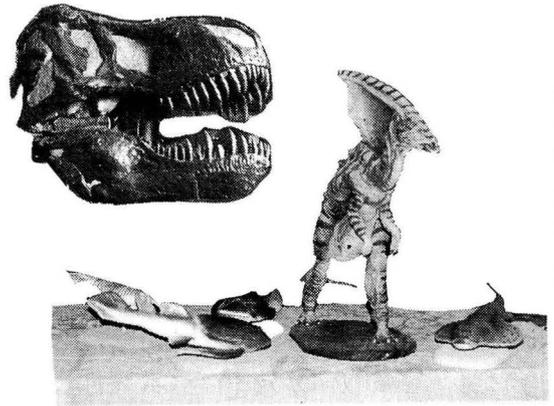
アンモナイト	¥ 300～
三葉虫	¥ 300～
鮫の歯	¥ 250～
魚化石	¥ 500～



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

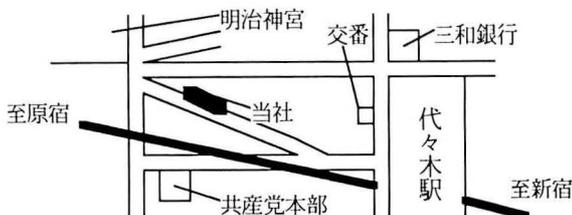


好評発売中！ 図説 哺乳類の進化

定価 13,000円 (税込)

2億年前、恐竜とほぼ同じ時期に、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

〒151 東京都渋谷区代々木1-21-3
振替 東京2-558291
TEL & FAX (03) 3320-1505

IMC

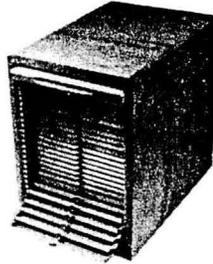
調査機器から研究機材まで



ピック型
ハンマー
(ナイロン柄)
600g, 850g

チゼル型
ハンマー
(ナイロン柄)
600g, 800g, 850g

マイクロスライドキャビネット
〔有孔虫スライド500枚用〕



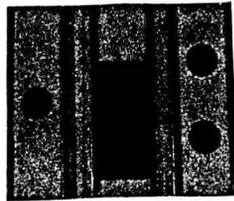
標準フルイ



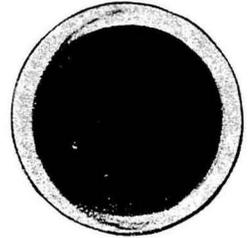
〔各種サイズ〕
#メッシュ



エアースクワイブ
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 鉍産物商会

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

古環境・地質時代の解明に

花粉・微化石分析調査

- 岩石・土壌・泥炭・石炭等の花粉分析
野外採取・坑内採取・海外採取試料の花粉分析による地質時代・層序の判定
- 試錐コアの花粉分析
油田・ガス田・炭田など鉍床地域・土木建設の試錐コアを花粉層序より解析
- 珪藻・有孔虫分析 材・種実化石同定
- 鉍物分析・岩石同定・土壌化学分析
- 研究調査用簡易試錐・岩石薄片作製
- ケロジエン分析
- 野外地質・植生調査
- その他学術研究協力
遺跡調査・空中花粉分布調査その他

パリノ・サーヴェイ株式会社

本社 〒103 東京都中央区日本橋室町2-1(三井ビル内) ☎(03)3241-4566 FAX03-3241-4597
研究所 〒375 群馬県藤岡市岡之郷戸崎559-3 ☎(0274)42-8129 FAX0274-42-7950

日本化石集【第4期】

全10集 刊行開始 ●既刊4点 白ヌキ

- 【第59集】野尻湖層の化石1
- 【第60集】野尻湖層の化石2
- 【第61集】野尻湖層の化石3
- 【第62集】石狩低地帯の化石
- 【第63集】日本の海生脊椎動物化石1
- 【第64集】日本の海生脊椎動物化石2
- 【第65集】日本の節足動物・棘皮動物化石
- 【第66集】日本の古生代・中生代の放散虫化石1
- 【第67集】日本の古生代・中生代の放散虫化石2
- 【第68集】日本の古生代・中生代の放散虫化石3

●責任編集／大森昌衛・市川浩一郎・亀井節夫・
水野篤行・小島郁生・真野勝友・後藤仁敏
●A4変型判 各集2060円(税60円含む)

【第1期】～【第3期】全58集

+別集(総目次・総索引) ●好評発売中
●各集2,060円(税60円含む)揃価121,540円(税3,540円含む)

恐竜 その発生と絶滅 ●新装版第1刷

スウィントン[著] 小島郁生[訳] A5判 1957円(税込)
恐竜のそれぞれの種類の分類と記述を中心に、恐竜発見の
いきさつから、骨格の特徴・生理・病理・生活環境・起源・
絶滅まで、あらゆる問題を包括的に論じた名著である。

ディノサウルス ●2刷

恐竜の進化と生態

L・B・ホールステッド[著] 亀井節夫[監訳] A4判
4017円(税込)

新版 脊椎動物の進化

上巻 魚類の出現から爬虫類時代まで

下巻 哺乳類の出現から人類の時代まで

E・H・コルバート[著] 田隅本生[訳]
各冊 A5判 2987円(税込) ●上巻 8刷 下巻 5刷

④ 築地書館 東京都中央区築地2-10-12 ☎03-3542-3731 書店もしくは直接小社へ電話でご注文ください。

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いません。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。

なお、別刷代金は次の式で算定されます(表紙を含む)：

$$(P \times 9 + 50) \times \sqrt{N} \times 10$$

p：本文の頁数

N：別刷の部数

〒176 東京都練馬区豊玉北 2-13-1

学術図書印刷株式会社 TEL 03-3991-3754

FAX 03-3948-3762

日本古生物学会入会申込書

日本学会事務センター内

113 東京都文京区弥生2-4-16

氏名 _____ ローマ字 _____
生年月日 _____

現住所 _____

所属機関(在学名)、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、興味、他の所属学会等)

.....
推薦者(本会会員2名)

氏名 及び署名または捺印 所属または住所

1. _____

2. _____

本会の会則を了承し、日本古生物学会に入会を申込みます。

入会申込者 署名 (捺印)

日付 19____年____月____日 _____

(コピーした用紙を使用して構いません)

“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)

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

1992 年 11 月 25 日印刷

1992 年 11 月 30 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 53 号

編集者 化石編集委員会

印刷者 學術図書印刷株式會社

TEL (03) 3991-3754

Fossils

Number 53

November 30, 1992

Contents

The first record of the halitheriine dugongid (Sirenia: Dugongidae) in the western North Pacific Ocean	Naoki Kohno and Yukihiro Takaizumi	1
On the so-called "Mid-Neogene climatic optimum" in Japan	Seiji Sato	7
Observation of radiolarians and their symbionts-On discoidal Spumellarida	Atsushi Matsuoka	20
Cretaceous to Paleogene bioevents, with reference to the prosperity and decay of marine organisms ... Conveners: Masayuki Tashiro, Haruyoshi Maeda and Seiichi Toshimitsu		29
Environmental changes in Cretaceous oceans as viewed from planktonic calcareous microfossils-An Introduction	Tsunemasa Saito	30
Positive excursion of isotopic ratio of organic carbon near the Cenomanian/Turonian Boundary in the Upper Cretaceous Yezo Group	Takashi Hasegawa	33
Paleoenvironmental change of the ocean through the Cretaceous/Tertiary Boundary, with reference to planktonic calcareous microfossils	Hiroshi Nishi and Hisatake Okada	37
Benthic foraminiferal faunal turnovers during Cretaceous and Paleogene times and their causes	Kunio Kaiho	42
Cretaceous to Paleogene radiolarian faunal changes related to paleoceanography	Makoto Okamura, Keisuke Ishida and Tetsuji Yamasaki	43
Transition of the Cretaceous to Paleogene bivalves of Japan	Seiichi Toshimitsu, Masayuki Tashiro, Atsuyuki Mizuno and Hisao Ando	44
Records of "oceanic anoxia" in the Middle Cretaceous System in Japan ... Haruyoshi Maeda		47
Coniacian low-oxygen-benthic assemblage	Hiroshi Hayakawa	48
The Cenomanian/Turonian oceanic anoxic event and the evolution of ammonoids	Hiromichi Hirano	49
Mesozoic marine revolution and its evolutionary implications-crinoids and bivalves as examples	Tatsuo Oji and Itaru Hayami	51
5th North American Paleontological Convention ... Kazushige Tanabe and Kotaro Kamata		54
Kazuo Kiminami et al. (eds.): Composition and origin of clastic rocks in the mobile belt	Keiji Nakazawa	56
Michiko Yajima: Letters from the Earth	Hiroshi Kitazato	57
On the JABIRP	Shoji Jujii	59
Roses cannot but have thorns	Taro Kiso	59
Proceedings of the Society		62
Directory of members (Corrections and Additions)		