

# 本州下部中新統の堆積環境復元

(課題番号 11640461)

平成11年度～12年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))

研究成果報告書

平成13年3月

研究代表者 小笠原憲四郎  
(筑波大学地球科学系教授)

## 1. はしがき

平成 11 年度と平成 12 年度の 2 年間にわたり「本州地域下部中新統の堆積環境復元」を課題に、本州地域の主要な下部中新統を対象に、シーケンス層序学的視点で地域層序の確認と化石資料の採集、さらに貝殻を用いた Sr 同位体年代の検討資料の採集に努めた。本研究で下部中新統の模式的地域としたのは、連続的層序が露出する常磐炭田地域で、この地域の湯長谷層群の層序・年代と化石に基づく堆積場の復元を主要課題として研究を進めた。また関連した研究対象地域は、基本的に北から順に、青森県十三湖地域の磯松層、岩手県門の沢地域、宮城県丸森～福島県梁川地域、福島県相馬中村地域、房総半島保田・嶺岡地域、長野県佐久～群馬県境内山峠地域、群馬県下仁田地域、埼玉県秩父盆地、静岡県瀬戸川地域、岐阜県瑞浪～岩室盆地地域、愛知県知多半島地域、福井県越前海岸地域、福井市周辺、三重県津市周辺地域、三重県から和歌山県の熊野層群、山口県西市地域などである。また平成 12 年度は特に、これまでの研究の比較研究の基礎資料とするため、南西諸島の西表島下部中新統の古植物学的調査研究や、別途研究費を用いて非海成の下部中新統とされている長崎県野島層群などの調査を実施した。

本研究経費の一部は、採集資料整理のためのアルバイト（補助費用）や標本整理関係品、資料整理のファイル、地形図などを購入したほか、堆積場の復元の基礎資料となる粒度組成分析のための機器購入、Sr 同位体分析のための薬品等、さらにデータベース化に伴う画像データ入力のためデジタルカメラ等を購入し、研究を一層効率よく推進させた。

その結果、本州地域下部中新統は常磐炭田地域と秩父盆地の層序を基本にし、22 Ma～15 Ma 間の地層と年代について、化石層序だけでなく Sr 同位体を用いた年

代・対比がほぼ確定した。さらに個々の地層中の化石資料等を総括的に解析し、初期中新世における動植物群変遷を総括することができた。これらの初期中新世当時のテクトニクスと堆積場の関連についても、日本海の中新世地史で新たな発見があり、共著者と論文を投稿中である。また、この年代の動植物群集の変遷過程について、Pacific Gateways と呼ばれる「太平洋と他の海洋の断続事件」に対応させた意義について考察し、その成果の一部を外国誌に投稿中である。

今後これらの成果を踏まえて、初期中新統の多角的年代論を展開するため、本邦だけでなく関連するロシア・台湾・韓国地域などの下部中新統の貝殻 Sr 層序・年代論を一層推進しながら、より広域的で具体的な初期中新世の動植物群変遷に関連する堆積環境復元をまとめる予定である。

#### 研究組織

研究代表者：小笠原憲四郎（筑波大学地球科学系・教授）

研究分担者：久田 健一郎（筑波大学地球科学系・助教授）

研究分担者：中野 孝教（筑波大学地球科学系・助教授）

研究分担者：植村 和彦（国立科学博物館地学研究部・室長）

#### 研究経費

平成 11 年度 2,000 千円

平成 12 年度 1,500 千円

計 3,500 千円

研究発表（番号は綴込論文別刷り資料番号）

(1) 学会誌等

1. 小笠原憲四郎、化石層の形成過程と古生態学の展望。地質学論集、no. 54, 1-5, December 1999.  
Kafanov, A. I., Ogasawara, K. and Amano, K., Checklist and bibliography of the Cenozoic marine Bivalvia (Mollusca) of Northeastern Asia (Russian Far East), 1893-1938. Bulletin of the Mizunami Fossil Museum, no. 26, December 1999.  
小笠原憲四郎・長澤一雄・大場 総、山形県真室川地域第三系の貝類化石と古環境。山形県立博物館 真室川町鯨類化石調査報告書、p. 107-122, February 2000.
- 相田 優・竹谷陽二郎・丸山俊明・田中裕一郎・小笠原憲四郎、山形県真室川町における新第三紀鯨類化石産出層の微化石年代。山形県立博物館 真室川町鯨類化石調査報告書、p. 69-105, February 2000.
2. 小笠原憲四郎、東柱類の古環境と北西太平洋地域第三紀地史事件、足寄動物化石博物館紀要、no. 1, p. 25-34, March 2000.
3. 小笠原憲四郎・久田健一郎・Gladenkov, Yu. B.・Barinov, K, サハリン・マカロフとシュミット半島の新生界層序と貝類化石群からみた北西太平洋地域の古環境変遷。地学雑誌、109 巻 2 号、p. 145-164, April 2000.  
長谷川四郎・高田裕行・小笠原憲四郎・久田健一郎・Gladenkov, Yu. B., サハリンの新第三紀有孔虫化石層序と古環境変遷。同上、p. 174-186, April 2000.
4. 栗田裕司・小布施明子・小笠原憲四郎・長谷川四郎・天野和孝・久田健一郎、ロシア・サハリン島における漸新統～中部中新統有機質微化石層序（渦鞭毛藻・花粉化石）と年代・古環境。同上、p. 187-202, April, 2000.  
川田洋平・鈴木徳行・長谷川四郎・久田健一郎・小笠原憲四郎、サハリン第

- 三系の珪質堆積岩と古第三紀/新第三紀境界期の古海洋環境。同上、p. 218-234, April 2000.
5. 久田健一郎・久保輝利子・荒井章司・小笠原憲四郎、サハリン島第三系産出の碎屑性クロムスピネルとそのテクトニックな意義。同上、p. 281-293, April 2000.
6. Warraich, M. Y., Ogasawara, K. and Nishi, H., Late Paleocene to early Eocene planktic foraminiferal biostratigraphy of the Dungan Formation, Sulaiman Range, central Pakistan. *Paleontological Research*, vol. 4, no. 4, p. 275-301, Dec. 2000.
- Kafanov, A. I., Ogasawara, K. and Marincovich, L. Jr., Checklist and bibliography of the Cenozoic marine Bivalvia (Mollusca) of Northeastern Asia (Russian Far East), 1939-1967. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum*, no. 27, p. 13-107, Dec. 2000.
- Warraich, M. Y. and Ogasawara, K., Tethyan Paleocene-Eocene planktic foraminifera from the Rakhi Nala and Zinda Pir land sections of the Sulaiman Range, Pakistan. *Science Reports of the Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Section B=Geological Sciences*, vol. 22, p. 1-56, March 2001.
7. Sugiyama, S., Hisada, K., Charusiri, P., Ueno, K., Charoentitirat, T., Sashida, K. and Arai, S., Detrital chromian spinels from the Nam Maholan Formation, Loei area, northeastern Thailand. *Ann. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, no. 26, 31-36, 2000.
8. Kamata, Y., Hisada, K. and Lee, Y.I., Late Jurassic radiolarians from pebbles of Lower Cretaceous conglomerates of the Hayang Group, southeastern Korea. *Geosciences Journal*, v. 4, no. 3, 165-174, 2000.
9. Hisada, K., Chutakositkanon, V., Charusiri, P. and Arai, S., Tectonic significance deduced from detrital chromian spinels in the Permian Nam Duk Formation, central Thailand. *Geosciences Journal*, v. 4, Spec. Edit., 102-104, 2000.
10. 加藤 進・中野孝教、石油探鉱におけるストロンチウム同位体層序。石油技術協会誌、vol. 64, no.1, p. 72-79, January 1999. (関連参考資料)
11. Murakami, H. and Nakano, T., Hydrothermal alternation of Limestone and Mineral exploration of Zn-Pb Skarn deposits in the Sako-nishi area of Kamioka Mine, central Japan. *Resource Geology*, vol. 49, no. 4, p. 259-280, December 1999.
12. Tanaka, T., Togashi, S., Kamioka, H., Aamakawa, H., Kagami, H., Hamamoto, T., Yuhara, M., Orihashi, Y. Yoneda, S., Shimizu, H., Kunimaru, T., Takahashi, K., Yanagi, T., Nakano, T., Fujimaki, T., Shinjo, R., Asahara, Y. Tanimizu, M and Dragusanu, C., Jndi-1: a neodymium isotopic reference in consistency with LaJolla neodymium.

- Chemical Geology, vol. 168, 279-281, 2000.
13. Nakano, T., Kasasaku, K., Minari, T., Satake, K., Yoko, Y., Yamanaka, M. and Ohde, S., Geochemical characteristics of wet precipitation on the deep-forest, mountainous Island of Yakushima, southern Japan: Sr isotopic signature of Plant-derived Ca in rain. *Global Environmental Research*, vol. 4, no. 1, p. 39-48, Aug. 2000.
  14. 植村和彦、神戸層群産植物群の研究史私見。地学研究、第 48 巻、p. 55-64, August 1999.
  15. Wolfe, J. A. and Uemura, K., Using fossil leaves as paleoprecipitation indicators: An Eocene example: Comment. *Geology*, vol. 27, no. 1, p. 91-92, 2000.
  16. 植村和彦、山口県平郡島の中期中新世植物。国立科学博物館専報、no. 32, p. 39-54, February 2000.  
植村和彦、特集 日本海の誕生。国立科学博物館ニュース、no. 372, p. 4-12, April 2000.
  17. 植村和彦、植物化石が語る環境変遷。プラント、no. 69, p. 15-19, 2000.

(2) 口頭発表

18. 小笠原憲四郎、本邦新生代貝類群集変遷の古海洋環境的背景。日本古生物学会第 150 回例会（茨城県自然博物館）、Jan. 2001.
19. 悉知由希子・松本みどり・植村和彦、秋田県男鹿半島南部、西黒沢層から産出する植物化石群。日本古生物学会第 150 回例会（茨城県自然博物館）、Jan. 2001.
20. 小笠原憲四郎・中野孝教・久田健一郎・植村和彦、本邦下部中新統産貝殻による Sr 同位体年代の検討。日本古生物学会第 150 回例会（茨城県自然博物館）、Jan. 2001.
21. 三枝春生・ほか植村和彦、小笠原憲四郎をふくむ 19 名、神戸層群より産出したアミノドン類について。日本古生物学会第 150 回例会（茨城県自然博物館）、Jan. 2001.

(3) 出版物

小笠原憲四郎、日本海の誕生・熱帯、日本列島・謎の海牛「デスモスチルス」、  
In 日本地質学会編著「地震列島日本の謎を探る」、東京書籍 p. 207-213, M  
March 2000.

小笠原憲四郎・野村律夫、7章. 生物地理。In 池谷仙之・棚部一成「編」  
古生物の科学3「古生物の生活史」、朝倉書店 p. 246-271, March 2001.

中野孝教、ストロンチウム鉛安定同位体分析、In 佐竹編「酸性雨研究」愛  
智出版、p. 251-263, 2000年.

## 2. 研究成果

### 2-1. Sr 同位体層序研究のレビュー

筑波大学地球科学系 小笠原憲四郎

#### (1) Sr 同位体層序 (Sr isotope stratigraphy) 手法の要約

Sr 同位体層序は伊藤 (1993) や中野・加藤 (1997) などに述べられているように、1990年代になって精度が向上した。その研究手法について要約すると以下のようにまとめることができる。

- 1) 現在の海水の Sr 同位体比 ( $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ ) は全海洋で等しい値 (0.7092) を示す (誤差範囲は 0.00054 以内：瀬戸内海は海洋と同じ Sr 同位体比：例外はバルト海など)
- 2) 海洋生物の骨格等中の Sr 同位体は海水と同じで、同位体分別がない (地球化学的に Sr は Ca の挙動と類似している：陸水の Sr 同位体比より 4~5 桁海水が高い値)
- 3) 顕生代における Sr 同位体比の年代の変遷が、多くの研究から導かれている (伊藤 孝：1993) の回帰式などで、その誤差は一般的に 0.48~0.40 Ma

また Sr 層序の特性として以下のことが指摘されている (伊藤、1993)

- 1) リン酸塩・苦灰石・重晶石・マンガン酸化物の Sr 年代測定が可能
- 2) 同位体変化の著しい年代幅 (一般に 40 Ma 以降) に有効
- 3) 太平洋地域での Sr 変遷屈曲点 (年代) は 38 Ma, 24.5 Ma, 16.5 Ma, 8 Ma, 6 Ma, 4 Ma, 2.8 Ma などが知られており、これらの変換点は岩石風化等による海水中へ Sr の供給システムが変化したことを指示する。
- 4) 古第三紀や初期新第三紀などは Sr 同位体比変化が顕著であり、年代対比の精度が高い

#### (2) 測定用資料等の吟味

加藤ほか (1997) や加藤・中野 (1999) では試錘から得られた有孔虫殻を用いた Sr 層序の議論が展開されているが、矢部ほか (1996) などでは常磐炭田地域の古第三紀の貝殻を用いた試験的研究が行われ、評価できる結果を得ている。貝類と有孔虫の殻の相違は、共に海洋生物である限りは、前述のように海洋生物間で Sr 同位体分別が無いとすれば、研究を進めるうえで何ら問題はない。しかし加藤ほか (1998) などの予察的指摘で、有孔虫が適していることが述べられている。これは 1 つには微化石としての特質である、層序的に連続した資料が得られることや、さらにそれらの殻が比較的密封度がよい状態で保存されてる、言い換えれば、風化や変質の受ける度合いが少ないことに起因している可能性がある。矢部ほか (1996) でも、貝殻とそれを含む岩石の両者の Sr 同位体比を測定し、それらに大きな差があることを確認している。そこで貝殻を用いた研究では、特に次の 2 点について考慮した。

- 1) 層序的に上下・水平方向に連続するような複数試料を検討する
- 2) 同一産地で異なる種類の貝殻や分類群の違う、例えばサメの歯など、異なるタクサなどの複数試料を検討する

#### (3) 同位体値のばらつきの原因

伊藤 (1993 ほか) によれば以下の要因による変化が指摘されている。



- 1) 海水 Sr 同位体の海域による不均一性
- 2) 続成作用による初生 Sr 同位体比の変質
- 3) 短期間の海水 Sr 同位体比の大きな変動
- 4) 測定資料の乱れ (生物擾乱や掘削の乱れ)
- 5) 年代値の不正確性
- 6) Sr 同位体測定不正確性
- 7) 標準試料によって補正しきれない各研究室間の誤差

一般に生物による Sr 同位体分別は無いと考えられているが、特殊な例も想定されるので、さらに今後検討を重ねる必要があると考えられる。

文献 (一括文献を参照)

## 2-2. Sr 同位体層序学のための分析法について

筑波大学地球科学系 中野 孝教

### 1. 分析に必要な Sr 量

Sr 同位体分析に必要な Sr 量は数 100ng (ng:10<sup>-9</sup>g) あれば大丈夫です。実際には数  $\mu$ g 程度の Sr 量の回収を目安にして、試料処理を行っています。Sr 濃度 1 ppm の試料 1g (cc) 中に含まれている Sr 量が 1  $\mu$ g に相当します。例えば海水の Sr 濃度は約 8 ppm です。従って、海水の場合、0.1cc あれば Sr 同位体分析は可能ということになります。地殻を構成する岩石の多くは数 10 100ppm 程度の Sr を含んでいます。従って、地質試料の場合、0.01 0.1g あれば Sr 同位体分析が可能ということになります。さて問題の化石ですが、Sr は Ca と地球化学的性質が似ているため、炭酸カルシウムやリン酸カルシウムなどの Ca 鉱物は Sr を多く含んでいます。石灰岩の場合、Sr 濃度が 100ppm 以下というのは珍しいですし、アラゴナイトでは % オーダーの Sr を含んでいます。有孔虫は一般に 1000ppm 以上の Sr 濃度を含んでおり、従って大きな個体の有孔虫なら数個体でも Sr 同位体分析が可能です。

### 2. 試料

炭酸塩の Sr 濃度は、続成作用や変成作用を被ると一般に減少していきます。この過程では、間隙水に含まれている Sr との交換が行われます。従って、変質しにくく Sr を高濃度含む物質ほど、初生的な Sr 同位体組成が変化しにくく、Sr 同位体層序学の研究に適している、ということになります。一般に、リン酸 Ca でも骨などに比べ歯は変質を被りにくいため、人骨などから過去の食生活を探る研究では、歯がもっとも良い試料と考えられています。個人的には、サメの歯など個体の形態がしっかり保存されている試料が、Sr 同位体分析に適しているという印象をもっていますが、変質の程度を評価するためには Sr 同位体組成だけでなく、酸素同位体組成や元素組成、顕微鏡観察など他の手段との併用が重要と考えられています。私が予察的に赤坂石灰岩について検討した例では、海百合の厚い茎の部分とフズリナやマトリックスなどの部分の間で、0.00005 程度の Sr 同位体組成の変動がみられました。この違いはわずかであるにしても有意であり、従って高精度の年代測定を行う場合には、試料吟味が重要となります。

### 3. 諸量調製法

Sr 同位体分析は、試料からの Sr の抽出と Sr 同位体分析の大きく 2 段階のステップに分けられます。前者は、試料の分解と Sr の抽出にわかれます。炭酸塩試料の場合、試料に含まれている粘土鉱物などからの溶出による影響を軽減するため、一般に弱い酢酸 (5% : 高純度試料) を用います。溶解した試料からの Sr の抽出は陽イオン交換クロマトグラフィー法により行います。溶離液としては、塩酸あるいは硝酸が用いられています。筑波大学では蒸留した高純度の塩酸を用いて Sr の抽出を行っています。最近、イオン抽出クロマトグラフィー法という新しい樹脂を用いた分析法が発展してきています。この方法は、放射性元素の隔離などの為に進歩してきた方法です。Sr の抽出には Sr 樹脂が開発されています。この樹脂は放射性で有害な <sup>90</sup>Sr の分離のために開発されたものですが、Sr 同位体層序学でも利用されつつあります。この方法の利点は、Sr の回収率が高いこと、用いる樹脂が少量ですむことですが、樹脂が高価であることが難点になっています。

### 4. 分析精度

Sr 同位体組成は  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比で表現されます。筑波大学の質量分析装置による Sr 同位体分析では、Sr を構成している 4 種類の核種  $^{84}\text{Sr}$ 、 $^{86}\text{Sr}$ 、 $^{87}\text{Sr}$ 、 $^{88}\text{Sr}$  全てを測定し、いくつかの補正をした後、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比として出力します。このようなマルチスキャン法による同位体分析は、特に高精度の Sr 同位体分析が要求される Sr 同位体層序学では不可欠な手段です。マルチスキャン法では、試料調製から同位体測定までの過程で生じる  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比の誤差は 0.00002 程度です。この値は、現在の海水の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比に見られる変化範囲に入っています。

#### 5. Sr 同位体層序学の原理

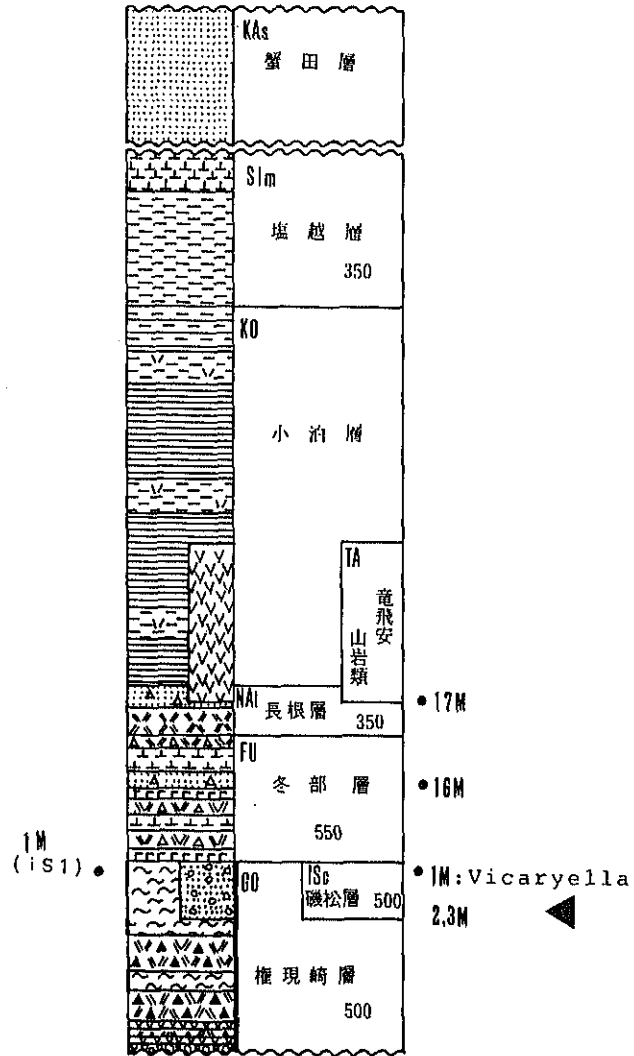
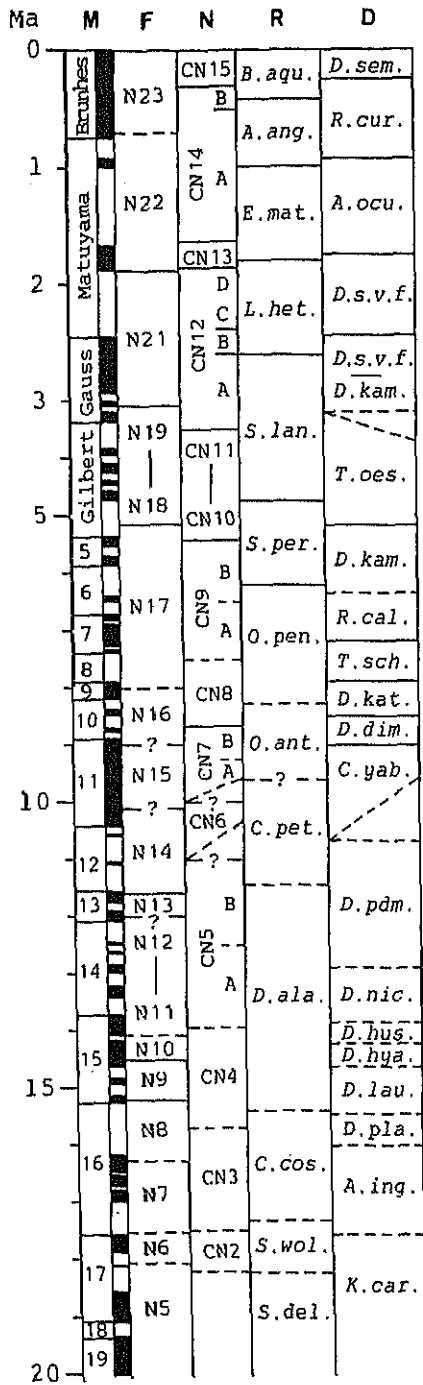
Sr 同位体層序学はいくつかの仮定の上に成立しています。1つは、海水と生物硬組織との間に Sr 同位体分別作用がないという仮定です。すなわち、生物硬組織の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比が海水と同一の値を示すという仮定です。これについては、多くの研究により、同位体分別作用はあっても現在の分析精度以内 (0.00002) であることが確かめられています。もう1つの仮定は、現在の大洋に見られる Sr 同位体組成の均質性が過去の大洋においても成立したという仮定です。この仮定を検証するには、同時代と思われる海成炭酸塩などを広域的 (全球的) に測定し、その均質性を明らかにすれば良いことになります。新生代の試料については、この仮定の成立が確かめられています。中生代においてはこのような検討は少ないですが、最近、北米西海岸のカンブリア代石灰岩の Sr 同位体組成が数千キロにわたり均質性であることが報告されています。

## 2-3. Sr 同位体分析資料の産地と層序的位置

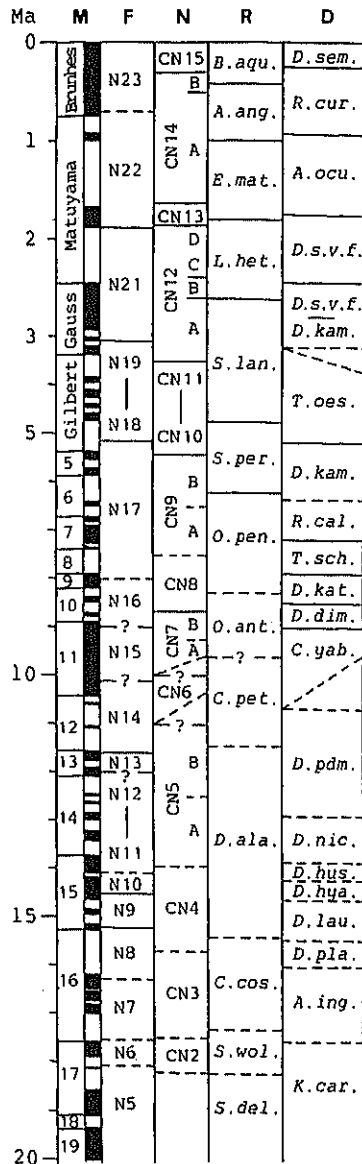
筑波大学地球科学系 小笠原憲四郎

本研究において本州地域下部中新統の研究・検討対象地域としたものを、基本的に北から列挙する。これらのうち、未だ Sr 同位体層序の検討や、化石群などの解析が不十分なものもあるが、本研究終了後も継続して検討を重ねる予定である。

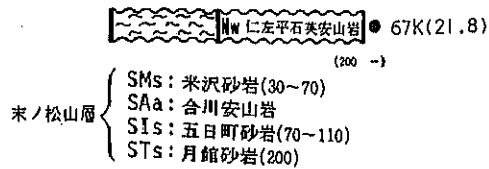
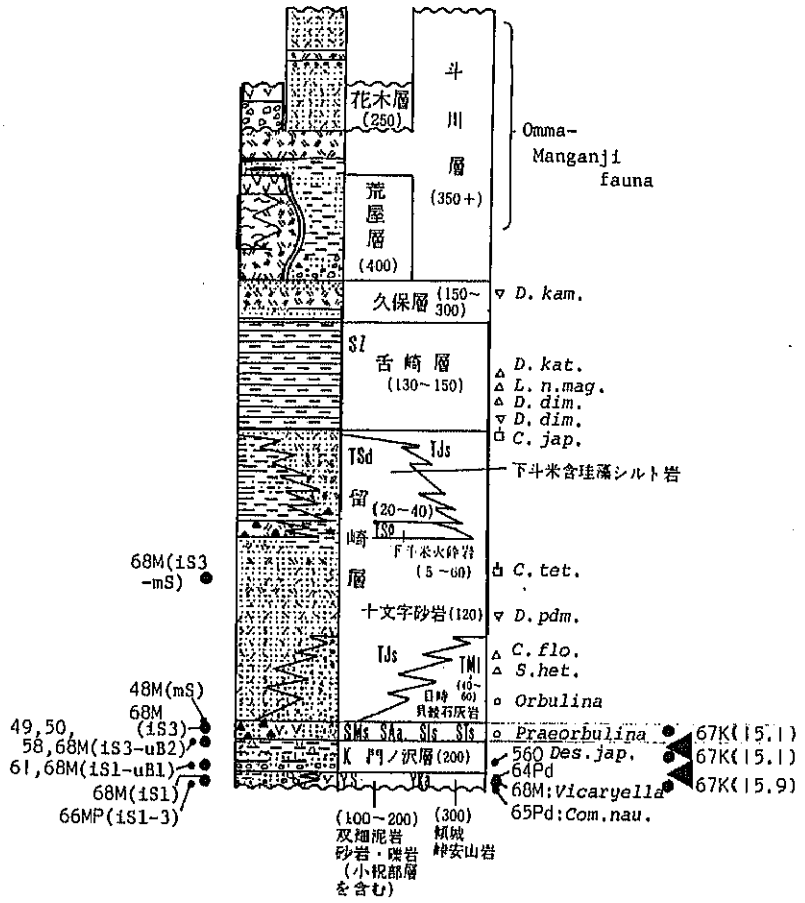
- 1) 青森県北津軽郡市浦村磯松層  
従来の層序・年代と Sr 同位体資料の *Crassostrea* sp. 採集層準を図 2.3-1 中に黒三角印で示す(岩井ほか、1986 に加筆)。
- 2) 岩手県二戸市四ツ役・門ノ沢層 (浄法寺〜一戸地域の第三系層序 (2-3.2 図; 大口ほか、1986) と最新の層序・年代論 (Matsubara, 1995) と Sr 同位体資料の採集産地・層準を 2-3.3 図 (Matsubara, 1995 に加筆) に黒三角印で示す。
- 3) 宮城県仙南地域の槻木層、宮城県丸森町の霊山層  
*Anadara gentaroensis* Noda 等の化石産出年代・古環境に関する総括図(2-3.4 図: 長根, 1999MS) に Sr 同位体資料の産出層準を黒三角印で示す。
- 4) 秋田県太平山北麓地域 (秋田大学、佐藤時幸氏未公表資料)
- 5) 福島県相馬中村地域の塩手層 (柳沢ほか、1996)
- 6) 福島県常磐炭田地域の湯長谷層群  
最新の層序・年代に関する資料 2-3.5 図 (久保ほか、1994) と、最近の再検討した卒業論文の総括図 2-3.6 図 (須藤, 1999MS) 中に Sr 同位体資料産出層準を黒三角印で示す。
- 7) 長野県佐久市〜群馬県下仁田〜安中市地域の中新統 (Kurihara, 2000)  
本地域の下部第三系は北相木層群や内山層など、さらに検討を重ねる必要があるが、続成作用等による変質が進んでおり、一部で微化石層序年代が報告された (藤白ほか、1997) のは貴重なデータである。この地域の化石について特に渦鞭毛藻層序の検討と、Sr 同位体の分析を検討中である。
- 8) 埼玉県秩父盆地 (高橋ほか、1989)  
大森ほか編 (1986) による秩父盆地の地質概略図に Sr 同位体資料の主要化石産地、層序対照表 (2-3.7 図) および関東地方の第三系対比表 (2-3.8 図) を示す。
- 9) 千葉県鴨川市地域の嶺岡層群  
本地域の第三系下部は化石資料等に乏しく、さらに年代決定の精度を高める必要がある。さらに本研究では碎屑岩類後背地の供給源に研究として、碎屑性スピネルに焦点をあわせた研究を行った (Okusawa, 2001MS)。その概要は本報告の 2-7 に述べる。
- 10) 静岡県掛川市地域の倉真層・松葉層
- 11) 富山県婦負郡八尾町周辺の下部中新統
- 12) 石川県珠洲市の柳田層 (Kano et al., 2001 in submitted)
- 13) 福井県福井市周辺と越前海岸地域の (Nakagawa, 1998; Nagane, 2001MS)  
北陸地域全体の対比表中に Sr 同位体資料や動植物化石の再検討層準を黒三角印でしめした (2-3.9 図: 山下ほか編、1988 に加筆)
- 14) 岐阜県瑞浪市〜岩村町地域の瑞浪層群 (伊藤ほか、1999)  
山下ほか編 (1988) による瀬戸内区の中新統分布概略図と年代・対比表 (2-3.10 図) およ



2-3-1 図 青森県小泊地域の磯松層の層序 (岩井ほか、1986) と Sr 同位体資料産出層準 (黒三角印)



浄法寺〜戸 (1, 2, 15, 24)



2-3-2 図 岩手県浄法寺〜戸地域の層序と年代 (大口ほか、1986) に Sr 同位体資料産出層準 (黒三角印) を示す

AGE	STRATIGRAPHY		T. (m)	LITHOLOGY	DIATOM <sup>1)</sup>	PL. FORAM. <sup>2)</sup>	RAD. AGE (Ma) <sup>3)</sup>
MIDDLE MIOCENE	Suenomatsuyama F.	Aikawa Andesite Mem.	0-160	msl. slump deposits, vol. br., fl. br. & p. fl., x-laminated med.-cs. sst.	<i>Denticulopsis lauta</i>	N. 9	15.1 (K-Ar)
		Maisawa Sandstone Mem.	0-100				
	Kadorosawa F.	Itsukamachi Sandstone Mem.	40-160	buffaceous fine-medium sandstones including silt-pipes	?	?	
		Anaushi Cgl. Sst. Mem.	0-30	cgl. sst.	<i>Denticulopsis praolauta</i>	N. 8	
EARLY MIOCENE	Yotsuyaku F.	Shikonai Siltstone Member	30-140	alternating beds of siltst & pm fl., dark grey mudstone	<i>Crucidenticula kanayae</i>		
		Tate Cgl. Sst. Mem.	4-30	siltst., cgl. sst., sst.			
	Sugohata Mt. Sst. & Cg. Mem.	Sugohata Mt. Sst. & Cg. Mem.	0-160	alternating beds of msl., sst & cg.	uncertain	uncertain	15.9 (K-Ar) 16.2±2.0 (K-Ar)
		Kaisetsūge Andesite Mem.	0-100	vol. br., fl. br. & p. fl.			
		Koiwai Mt. Sst. & Cg. Mem.	0-80	msl. & sst.			
Nisatal Dacte Mem.	Matsukura Mt. Sst. & Cg. Mem.	0-80	lava, w. fl. & pm fl., alternating beds of msl., sst & cg.			21.8 (K-Ar) 22.5 (F-T)	
	Basement	—	gr.-diorite & gabbro, chert, schist & limest.	—	—	100-116 (K-Ar) (plutonic rocks)	

Figure 2. Stratigraphy of the Shiratorigawa Group in the eastern part of the Ninohe district, Iwate Prefecture. Biostratigraphic and radiometric data are based on the following studies; <sup>1)</sup>diatom: Akiba (1977), Koizumi (1979), Oda *et al.* (1983, 1984), Maruyama (1984), Irizuki and Matsubara (1994); <sup>2)</sup>planktonic foraminifera: Samata (1976), Oda *et al.* (1983, 1984), Irizuki and Matsubara (1994); <sup>3)</sup>radiometric age: Kawano and Ueda (1966), Kimura (1986, 1988), Kubo (1987).

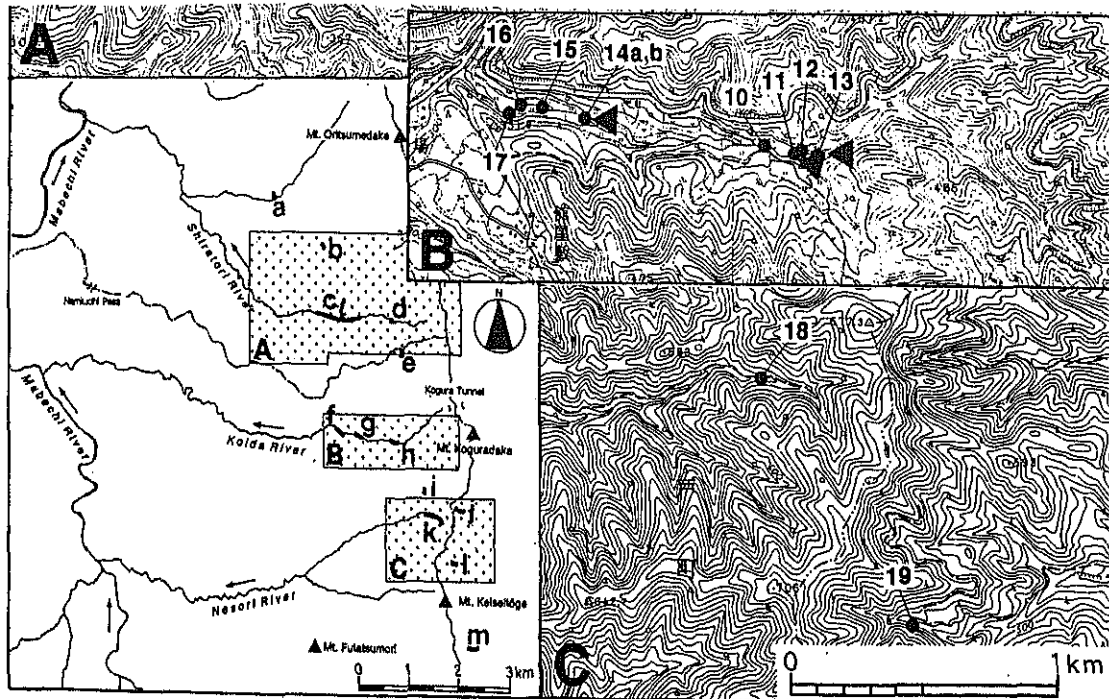
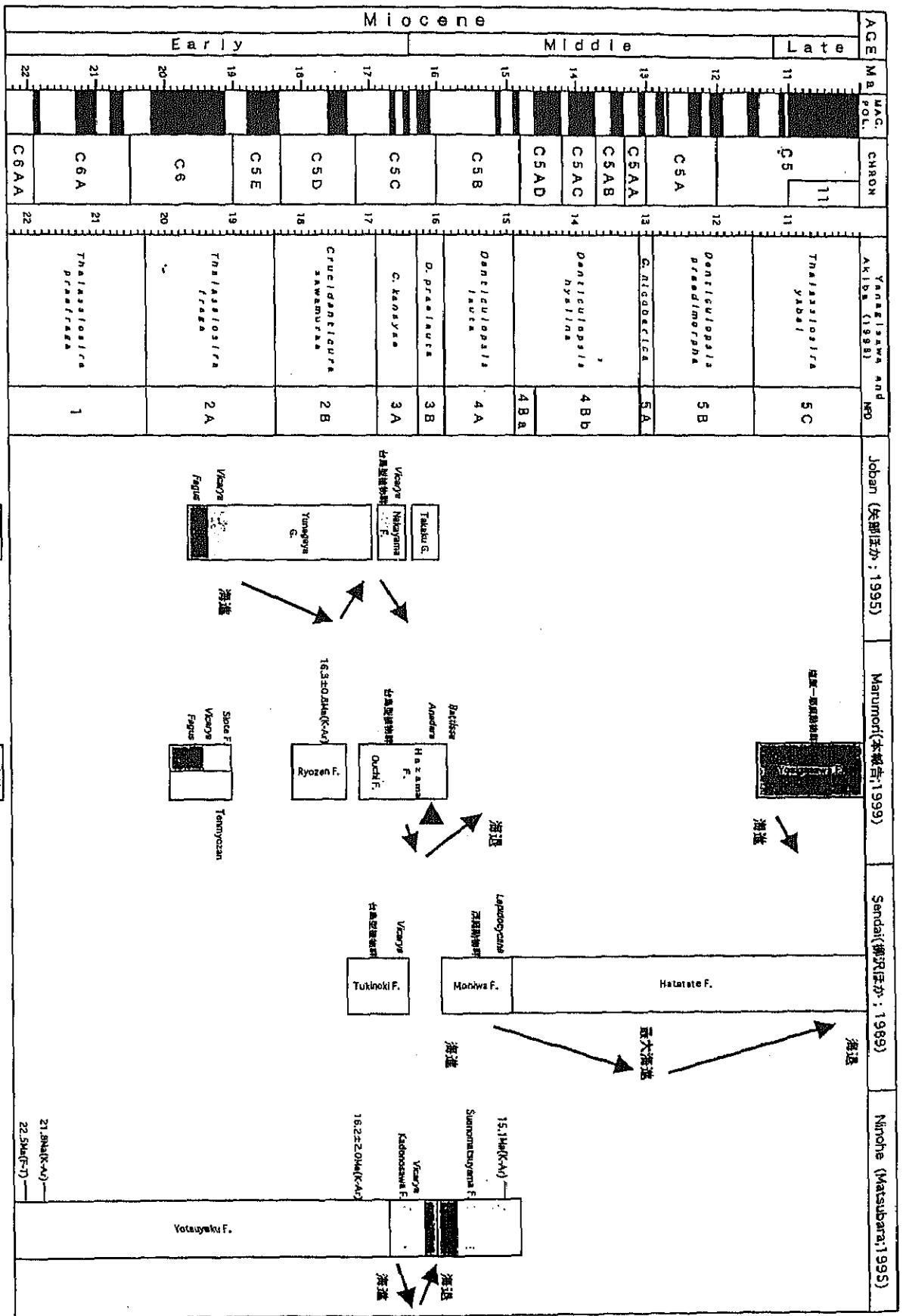


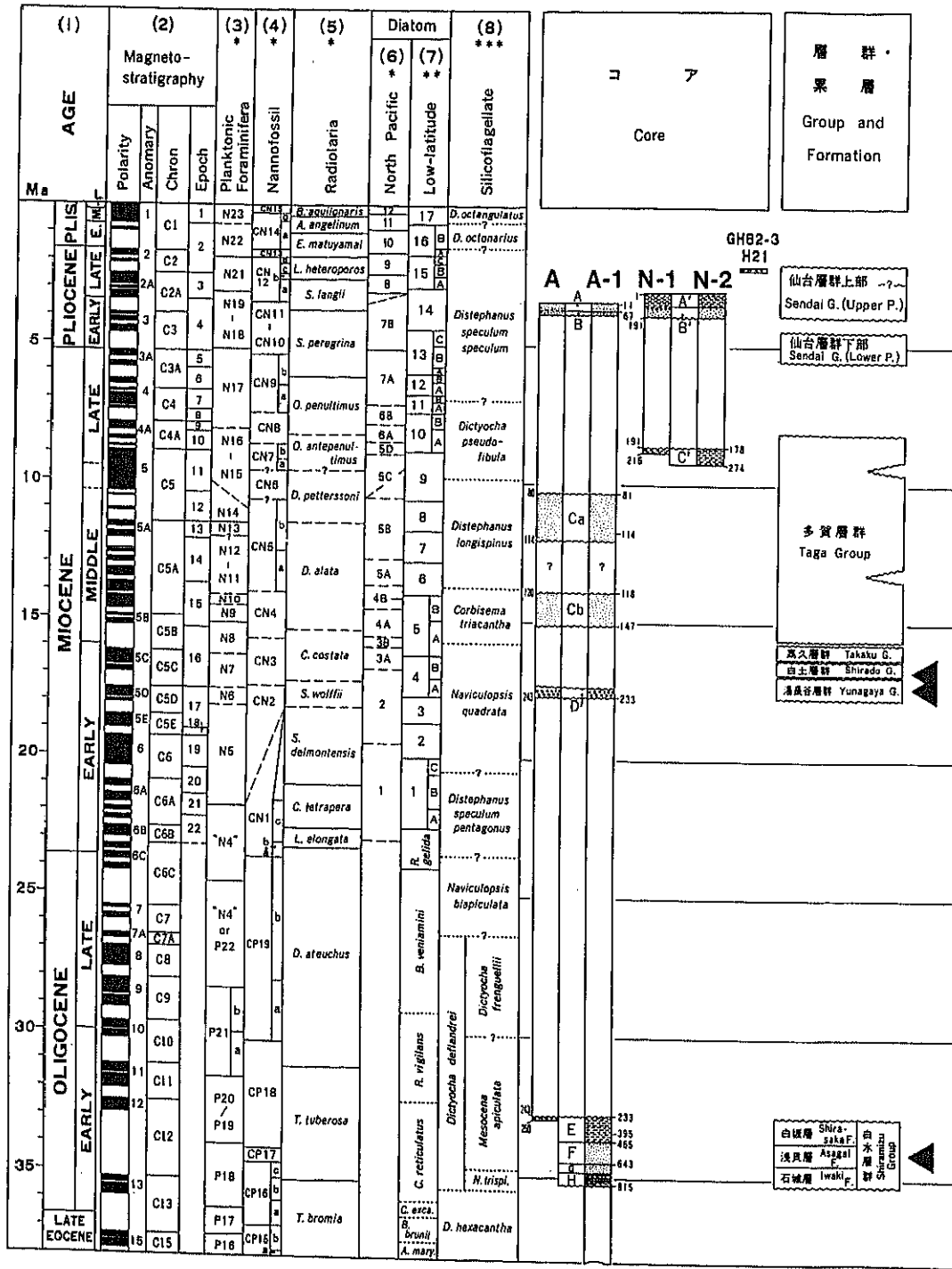
Figure 5. Locality map of molluscan collections from the Yotsuyaku Formation. (Base map adopted from Quadrangle "Ichinoha" and "Ibonai", 1:25,000-scale topographic map of Japan, Geographical Survey Institute). Lower left figure indicates the study area illustrated in Figure 1 with dotted areas (A to C) that are enlarged on the upper (A), middle right (B) and lower right (C) figures, and showing columnar section lines (a to m).

2-3-3 図 Matsubara (1995)による四ツ役層・門の沢層の年代層序と化石産地に Sr 同位体資料産出層準 (黒三角印) を示す



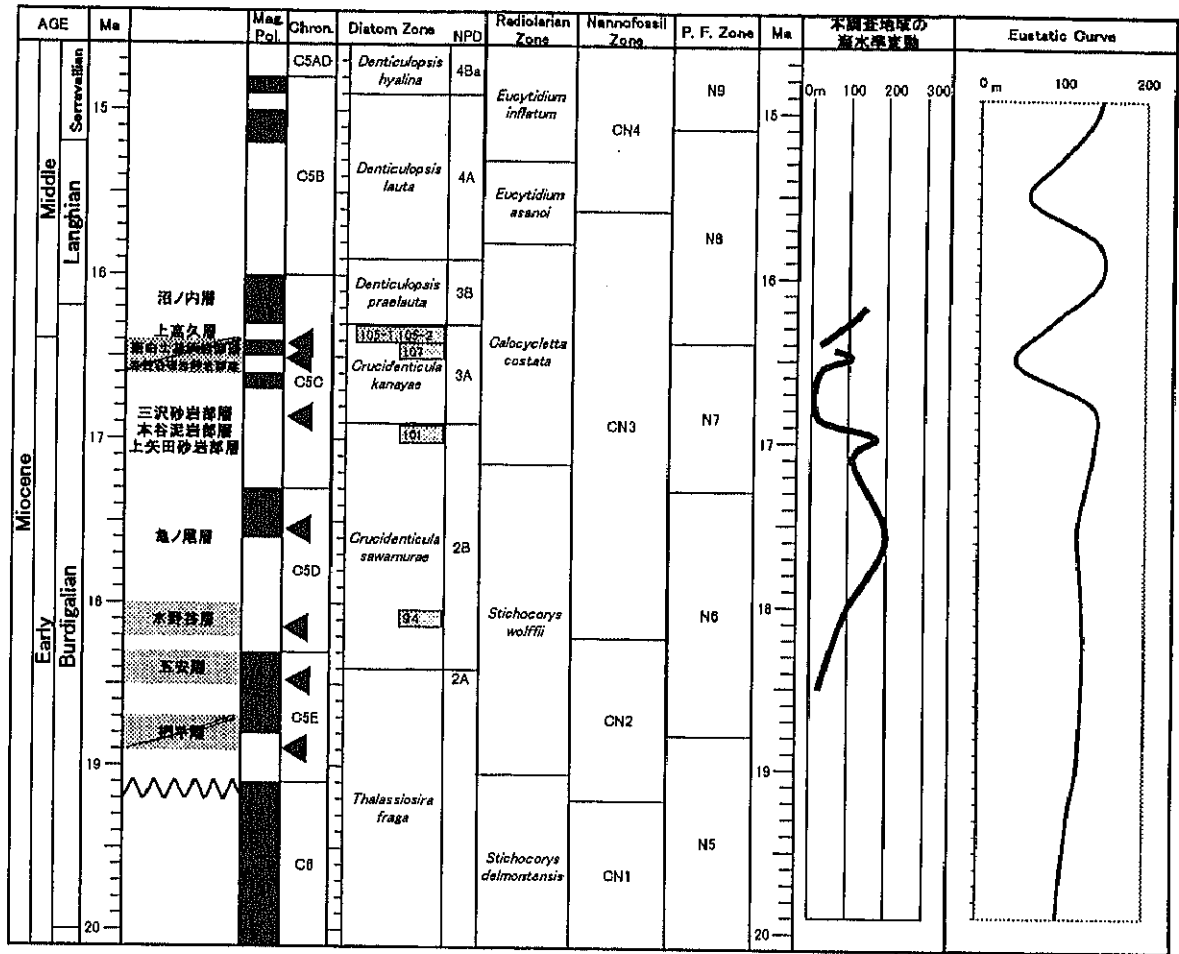
2-3-4 図 宮城県丸森町地域の第三系層序・年代と対比に関する総括図 (長根、1999MS) に Sr 同位体資料産出層準 (黒三角印) を示す







第 32 図 常磐炭田地域の層序と化石層序に基づく対比 (柳沢ほか, 1989). (1)完新世は省略, (2) Berggren *et al.* (1985), (3) Blow (1969), (4) Okada and Bukry (1980), (5) Riedel and Sanfilippo (1978), Sakai (1980), Reynolds (1980), (6) Akiba (1986), (7) Barron (1985), Fenner (1985), (8) Bukry (1974).

2-3.5 図 常磐炭田地域の層序・年代 (久保ほか, 1994) に Sr 同位体資料産出層準 (黒三角印) を示す



 Tropical~Subtropical  
 Mild-temperate

Geomagnetic polarity time scale after Cande and Kent (1995)  
 Chronostratigraphic units (age) after Berggren et al. (1995 a, b)  
 Diatom Zones after Yanagisawa and Akiba (1998)  
 Radiolarian Zone after Riedel and Sanfilippo (1978), Funayama (1988) and Nannofossil Zone after Okada and Bukry (1980)  
 Planktonic Foraminifera Zone after Blow (1969)  
 Eustatic curve after Haq et al. (1987)

Table 16

層序対比表

2-3-6 図 常磐炭田第三系層序・年代・古環境総括図 (須藤、1999MS) に Sr 同位体資料産出層準 (黒三角印) を示す

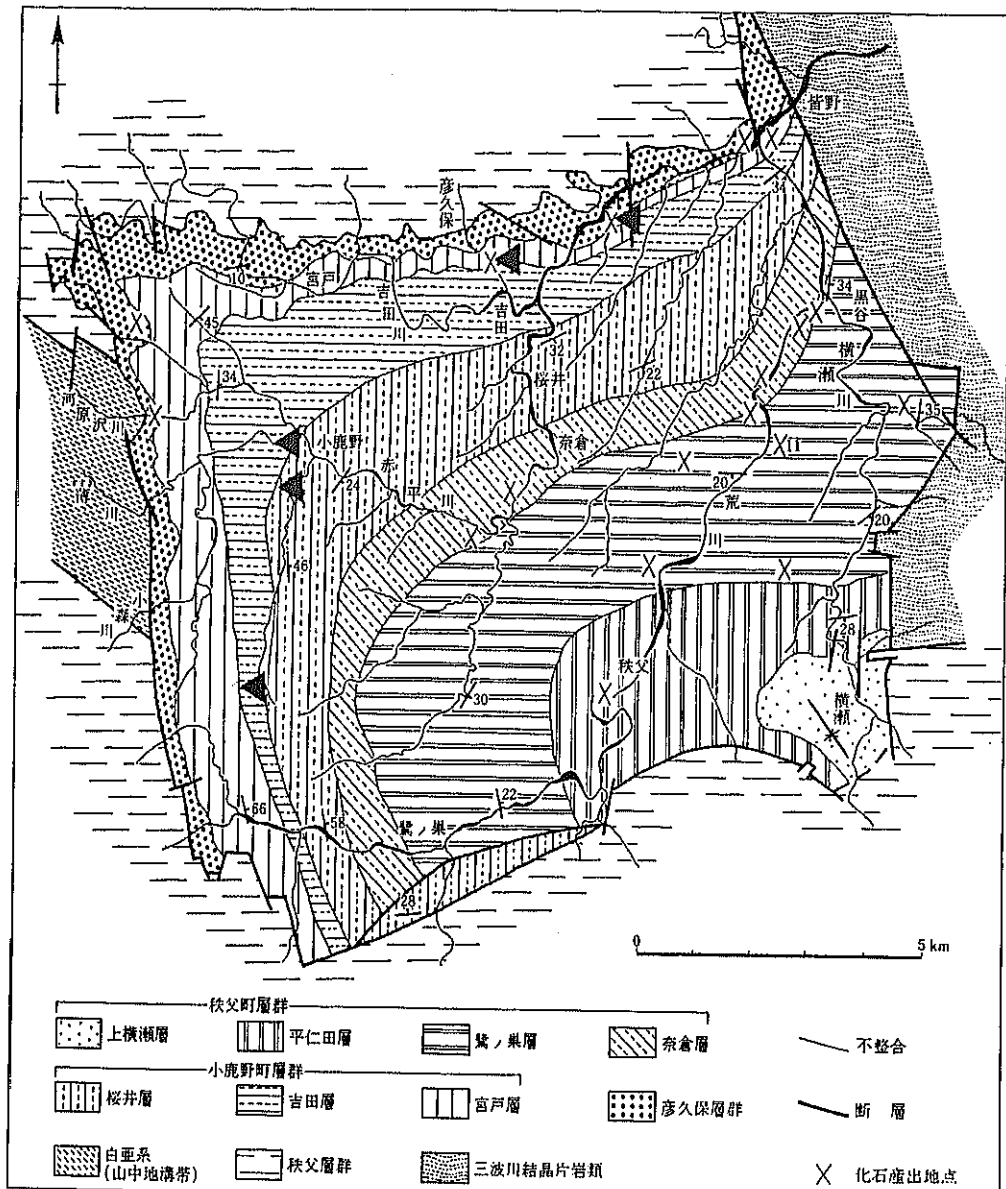


図 2.18 秩父盆地の地質図 (菅野, 1960 英; 新井, 1960 英を山内・上村が一部修正), 秩父盆地新第三紀研究グループ (未公表) の資料もふくむ, 化石産地は上野ほか (1983)

表 2.7 秩父盆地の層序区分と地層名対比表 (山内・上村・原図)

年代	早川(1930a)	井坑ほか(1950)	渡部・新井・林(1950)	菅野(1960, 英) 新井(1960, 英)	大久保・堀口(1969)	菅野(1983)	本 登
中 期	上 部	横瀬層群	根古屋層	上横瀬層	上横瀬層	秩父町層群	秩父町層群
	中 部	高森層群	下久保層	秩父町層	平仁田層	平仁田層	平仁田層
新 期	下 部	大宮層群	黒谷層	原谷層	鶯ノ巣層	鶯ノ巣層	鶯ノ巣層
		尾田崎層群	津谷古層	松井田層	奈倉層	奈倉層	奈倉層
		小鹿野層群	三島層	桜井層	桜井層	秩父町層群	秩父町層群
		吉田層群	黒海土層	吉田層	吉田層	小鹿野町層群	小鹿野町層群
前 世 部		赤平層群	赤平層	宮戸層	黒海土層	宮戸層	宮戸層
				子ノ神砂岩層	坂田層	子ノ神砂岩層	子ノ神砂岩層
				牛首砂岩層	千鹿谷層	牛首砂岩層	牛首砂岩層
				牛首砂岩層	牛首砂岩層	牛首砂岩層	牛首砂岩層
					赤平層群	赤平層群	赤平層群
					馬上一層	馬上一層	馬上一層

模式地が互いにことなるため、河原沢川、赤平川および横瀬川での区分を比較した

2-3-7 図 埼玉県秩父盆地の地質概略図と層序対照表 (大森ほか編, 1986) に Sr 同位体資料産出層準 (黒三角印) を示す

表 2.1 関東地方新第三系の層序対比表 (関東地域新生代地研連合, 原図)

地質年代	Blowの区分	房総半島	三浦半島	大磯丘陵	丹沢南部	丹沢北部	甲府北部	関東山地東縁	秩父盆地	岩殿丘陵	関東山地北東縁	富岡下仁田	秋本	群馬北部	栃木県中北部	桐倉	日立
		下総層群	相模層群	二宮層群	山北層群									鼻曲山火山噴出物		川崎層群	
更新世	N23							豊岡礫層		物見山層							
	N22		上総層群					仏子層									
鮮新世	1.8	上総層群					水ヶ森火山岩類						秋の峰層				
	N21			鷹取山礫岩層													四倉層
	N20			西鷹取山礫岩層													仁公能層
	N19	安野層	池子層														
	N18	清澄層	三浦	大磯層				太良ヶ峰火山岩類					本宿層	秋間層		丸山流紋岩	
中新世	5.1		三浦														
	N17		浦					三富層									
	9.1																
	N16																
	N15	天津層	三崎層		愛川	岩殿山層					楊井層	板鼻層	板鼻層		入江野層		久保田層
	N14							網代層									
	N13				坂ヶ谷	大月層									田野倉層		小浜層
	N12									都幾川層群	土塚層		吉井層		大道層		
	N11														合瀬沢層		大金層
	N10														原層	小鳩層	赤坂層
新第三系	N9	群木ノ根層		高麗山層群	大山層群	赤鞍ヶ岳層		秋川層	秩父町層群		福田層						
	N8										七郷層	福島層		八重久保層	赤谷層	茂木層	高久層群
	N7	佐久間層							小鹿野町層群	上唐子層	荒川層			後閑層	奈女沢層	山内層	中山層
	N6								彦久保層群		小園層	井戸沢層	駒込層		湯原層	元古沢層	湯長谷層群
	N5										小立ヶ瀬層	井戸沢層	駒込層		湯原層	市場層	
古第三系	N4	保田層群	葉山層群								寄居層	小牛伏層	内山層				
	N3																

2-3-8 図 関東地方の第三系層序と対比図 (大森ほか編、1986を引用)



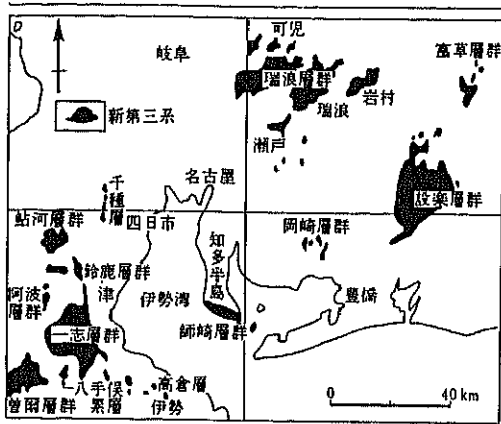
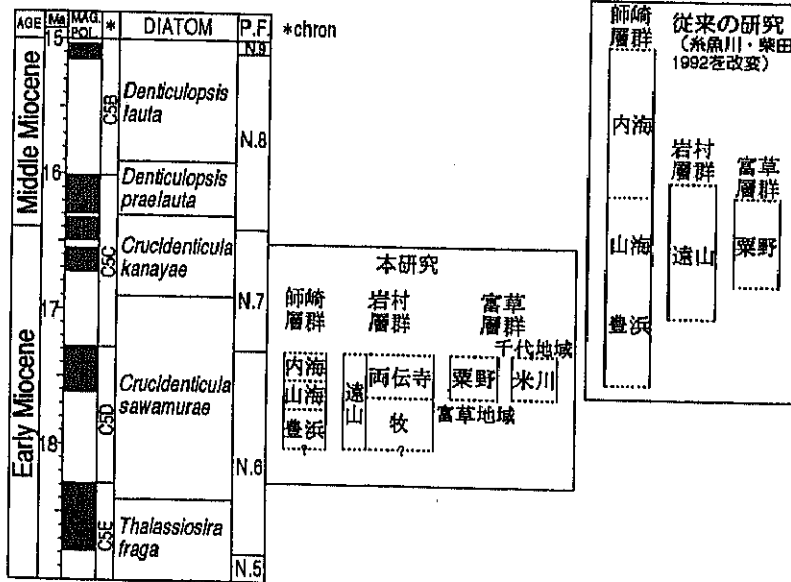


図4.9 瀬戸内区の中新統の分布図(柴田・糸魚川, 1980をもとに糸魚川編図)

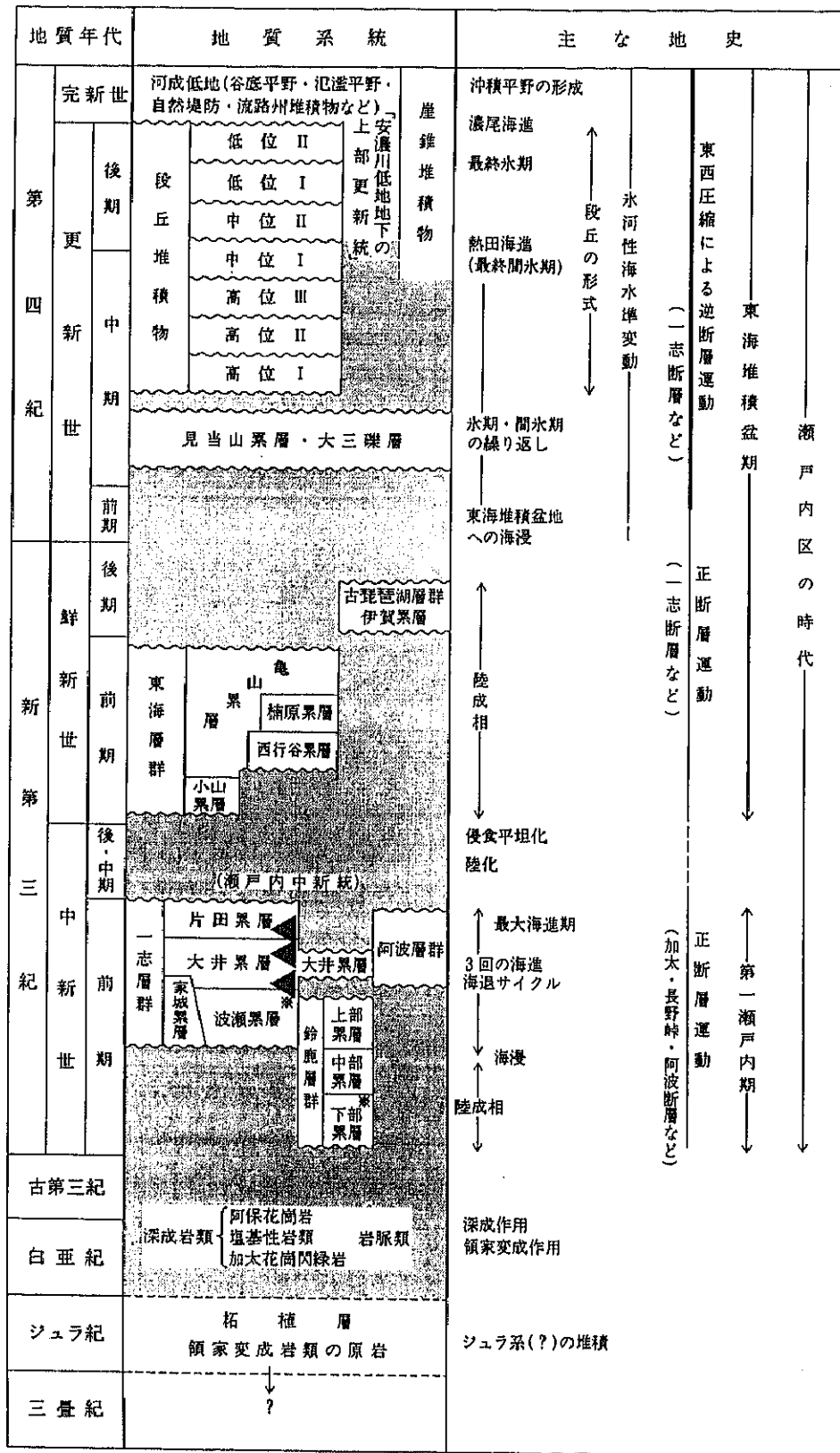
表4.2 瀬戸内区の中新統の対比表(糸魚川, 編集)

放射年代 (Ma)	地質年代	東濃地域			三河地域			伊勢地域					
		瑞浪盆地	岩村盆地	可見盆地	設楽	岡崎市	知多半島	菟野	阿波	一志	下之川	伊勢市	
16	中期	生俣系層			南設	内海系層			阿波	片田系層			
		瑞浪			北設	山海系層		阿波	大井系層				
18	前期	明世系層			東設	豊浜系層		阿波	大井系層				
		本郷系層			瑞浪	日間賀系層		阿波	大井系層				
20	新期	土岐系層			中村系層		千種層群	阿波	大井系層				
		灰炭系層			瑞浪			阿波	大井系層				
22	世				瑞浪		鈴鹿層群	阿波	大井系層				
					瑞浪			阿波	大井系層				



第4図 各層群の生層序および従来の研究結果との比較。古地磁気層序は Cande and Kent (1995) に基づく。P.F.: 浮遊性有孔虫化石帯 (Blow, 1969), DIATOM: 珪藻化石帯 (Barron and Gladenkov, 1995; Yanagisawa and Akiba, 1998).

2-3-10 図 瀬戸内区における瑞浪層群の分布と新旧の年代対比案 (上は山下ほか編, 1988)、下は伊藤ほか (1999)



第6図 「津西部」図幅地域の地質総括図

2-3-11 図 津西部図幅の層序・地史総括図(吉田ほか、1995)に一志層群の Sr 同位体資料産出層準(黒三角印)を示す

び最新の年代論（伊藤ほか、1999）資料を引用して示す。後者は特に、明世動物群の年代的  
位置付けに貴重な資料となる。

15) 愛知県知多半島の師崎層

三重大学教育学部卒業論文（水谷 泰、1987MS）採集の師崎市街北方の豊浜層下部（T1）、  
豊浜の同層上部（T7）、本田助教授採集の豊浜北方の豊浜層上部、及び山海層上部（Y10）  
について Sr 同位体分析を行った。

16) 三重県津市南部地域の一志層群（吉田ほか、1995）

Sr 同位体資料は三重大学教育学部本田助教授より提供を受けた。これらの産地番号は吉田  
の 5 万分の 1 地質図幅（津西部、吉田ほか、1995）に示されているものと同じである。こ  
れらの層序と年代等に関する地質総括図を吉田ほか（1995）から引用し、Sr 同位体の資料  
産出層準を黒三角印で示した（2-3.11 図）

17) 三重県尾鷲市地域の尾鷲層群

18) 和歌山県東牟婁郡串本町の熊野層群

19) 山口県豊浦郡豊田町の西市層（水野ほか、1994）

関連地域としてサハリン北端のシュミット半島地域の貝殻、長崎県松浦市～北松浦郡鹿町  
町の野島層群、沖縄県西表島地域の下部中新統なども検討した。

これらの研究対象地域の層序と資料採集地点・その層準について資料として後に示した。

文献（一括文献参照）



## 2-4. Sr 同位体年代検討用化石資料一覧と測定値 (年代変換)

筑波大学地球科学系 小笠原憲四郎・久田健一郎・中野孝教  
 国立科学博物館地学研究部 植村和彦

前項の 2-3 で概要を述べたうち、今回 Sr 同位体比測定に使用した地域、資料番号、貝殻等の学名等、Sr 同位体測定値、さらに伊藤 (1993) による太平洋における Sr 同位体比 0.708208-0.708743 (24.9-15.6 Ma)間の年代回帰式 ( $\text{Age}=12365.62-17425.21 \times 87/86$ ) に基づく計算値を以下に示した。コメントとして再検討中のものや、今後測定値が得られる予定のものを示した。この測定と年代値の誤差等については伊藤 (1993) の議論を参照されたい。

### 常磐炭田地域

地層・産地名	貝殻等資料	Sr 同位体	年代換算 Ma (伊藤:1993)	コメント
浅貝層 4	<i>Yoldia laudabilis</i>			再測定中
水野谷層 92	<i>Licinoma acutilineata</i>			再測定中
亀の尾層 7	<i>Portlandia tokunagai</i>			再測定中
本谷層 24	<i>Periploma</i> sp.			再測定中
本谷層ハハス	<i>Mizuhopecten kimurai</i> , <i>Cyclocardia siogamensis</i> , <i>Lucinoma acutilineata</i>			再測定中
三沢砂岩 11	<i>Spisula</i> sp.			再測定中
中山層 8	<i>Cyclocardia siogamensis</i>			再測定中
中山層 8 追加	<i>Lucinoma acutilineata</i> , <i>Turritella omurai</i>			再測定中

### 秩父～下仁田

下仁田 SIM-01	<i>Mytilus chichanovitchi</i>	0.708484	20.14 Ma
秩父小金沢	<i>Lucinoma acutilineata</i>	0.708065	29.4
秩父小金沢上	<i>Macoma optiva</i> , <i>Cyclocardia</i> sp.		
秩父白沙 T-09	<i>Lucinoma</i> ? sp.	0.708522	19.48
秩父白沙 T-28	<i>Glycymeris</i> ? sp.	0.708442	20.87
子の神 T-06	<i>Lucinoma acutilineata</i>	0.708550	18.99

### 四ツ役層・門の沢

四ツ役①	<i>Nipponomarcia nakamurai</i>			
四ツ役 11	<i>Cultellus izumoensis</i>	0.708570	18.64	
四ツ役 13	<i>Nipponomarcia nakamurai</i>	0.708538	19.20	
四ツ役 14-a	<i>Nipponomarcia nakamurai</i>	0.708550	18.99	
四ツ役 14-b	<i>Nipponomarcia nakamurai</i>	0.708574	18.57	
四ツ役 0	<i>Dosinia kawagensis</i>			測定中
四ツ役小峠	<i>Tateiwaia</i> cf. <i>tateiwai</i>			測定中

門の沢層 *Anadara ninohensis* 0.708541 19.15

宮城県丸森地域

丸森①源太郎 *Aanadara gentaroensis* 0.708520 19.51  
丸森② *Vasticardium* sp.

相馬中村の塩手層 貝殻資料等 Sr 同位体比 年代換算 Ma (伊藤:1993) コメント

J-1 榑原 *Dosinia kawagensis* 再測定中  
J-2 榑原 *Dosinia* sp. 再測定中  
J-3 榑原 *Dosinia* ? sp. 再測定中  
J-4 榑原 Shell fragments 再測定中

能登半島 20 Ma 海成層 (柳田)

SU-571-1 *Mizuhopecten kobyamai* 0.708619 17.79 Ma  
SU-571-2 *Ostrea* sp.  
NOF02 *Mizuhopecten kobyamai*

熊野・田辺層群

TA-01: 田浜 *Ditrupa* ? 0.708448 20.77  
KU-01 *Dosinia* cf. *kawagensis*,  
*Turritella* cf. *kiiensis* 再測定中

一志層群

NK-59 *Macoma optiva* 0.708506 19.76  
NK-82 *Macoma optiva* 0.708570 18.64  
NK-87 *Yoldia* sp. 0.708532 19.30  
NK-93a *Macoma optiva* — —  
SK-121 *Fulgoraria* sp. 0.708610 17.94  
SK-176 *Macoma* ? sp. 0.708628 17.63

師崎層群

MOR-01: 豊浜層 T01 小谷採集 *Macoma* sp.  
MOR-02: 豊浜層 T7 小谷採集 *Portlandia* sp. 0.708560 18.81  
MOR-03: 9601201, 豊浜層上部 *Acila submirabilis* 0.708580 18.47  
MOR-04: 山海層、Y-10 内福寺小谷採集 *Yoldia* sp. 0.708590 18.29

瑞浪層群

宿洞 *Cerithdia* sp. 0.708857 10.37 保存悪

山の内 *Cyclocardia siogamensis*

0.708833

11.47 保存悪

文献（一括文献参照）

## 2-5. 貝殻を用いた Sr 同位体年代の評価

筑波大学地球科学系 小笠原憲四郎・久田健一郎・中野孝教  
国立科学博物館地学研究部 植村和彦

矢部ほか (1996) による Sr 層序年代の検討では、常磐炭田地域の古第三系の石城・浅貝および上遠野地域と北茨城地域下部中新統柵平層の貝殻の Sr 同位体比について検討し、さらに貝殻を含有していた母岩の Sr 同位体も検討した。その結果、K-Ar 法や FT 法、さらに生層序年代などとの比較で、信頼度が高い結果を得ている。

今回は生層序年代は最新の修正版として斎藤 (1999) の珪藻・放散虫・石灰質ナノ化石・浮遊性有孔虫の基準面を対比させたもの (2-5.1 図) を基本に、Sr 同位体年代として比較した。以下にその主要な地域の年代値について議論する。

### 常磐炭田地域の古第三系と下部中新統

上遠野地域の石城層 3 資料から 39.1~41.2 Ma, 上北迫の浅貝層 2 資料から 37.8 と 37.9 Ma, 柵平層模式地の 2 資料から 20.7 と 19.3 Ma, さらに、いわき市山田と茨城県北茨城市磯原の柵平層から 19.3~23.1 Ma と、地層毎に大変集中度のよい Sr 年代値が得られている (矢部淳未公表資料)。今回の測定では新たに、須藤 (1999MS) による、いわき市街地域のバイパス工事等に伴う貝殻について測定を実施中であり、この結果は別途報告する。

常磐炭田地域は一般に熱的続成作用が進み、シリカはオパール CT 帯以上のレベルにある場合が多く、珪藻化石などの産出は悪い。しかし石灰質コンクリーションなどから得られている珪藻化石帯 (小笠原, 2000) の貴重なデータと比較して、大変信頼度の高い値と評価できる。今後地域的・局所的な層序と対比に問題を残している地層に対し、殻を用いた Sr 年代論が期待できる。

### 秩父と下仁田地域

群馬県甘楽郡下仁田町市街の諏訪神社下の鍋川河床に産する *Mytilus chikanovitchi* は 21.1 Ma の値が得られたが、これはこの含有層が基盤の結晶片岩等と断層で接し、さらの地層が孤立して年代と対比に問題が多かった。今回の値は秩父盆地全体の地層対比とあわせて評価する必要があるが、本種が初期中新世の指示種で、関東地域ではほぼ *Crcidenticula sawamurae* Zone (18.4-16.9 Ma) に産出が多いことから、妥当な値であると考えられる。

この下仁田地域と秩父盆地の間の対比の根拠になる *Mytilus chikanovitchi* は、子の神砂岩由来と判断されて転石から報告されており (Majima, et al., 1996)、これに基づいた対比案を小笠原 (2000) で示した。

秩父盆地の Sr 年代は小金沢のパレオパラドキシア近傍の資料を除くと、20.9~19 Ma に集中しており、これらの年代は層序と整合的である。

### 門の沢地域

Matsubara (1995) の層序に従って、四ツ役層の汽水指示貝類も含めて Sr 同位体を測定したが、すべてが 19 Ma 前後に集中する値が得られた。これは四ツ役層下位の仁左平石英安山岩の K-Ar 年代値 (21.8 Ma) (大口ほか, 1986) などとの比較や、さらに最新の門ノ沢地域と常磐炭田地域の対比のうえからも (小笠原, 2000 など) 妥当な値と評価できる。

2-5-1 図 斎藤 (1999) による新第三紀生層序年代の総括図

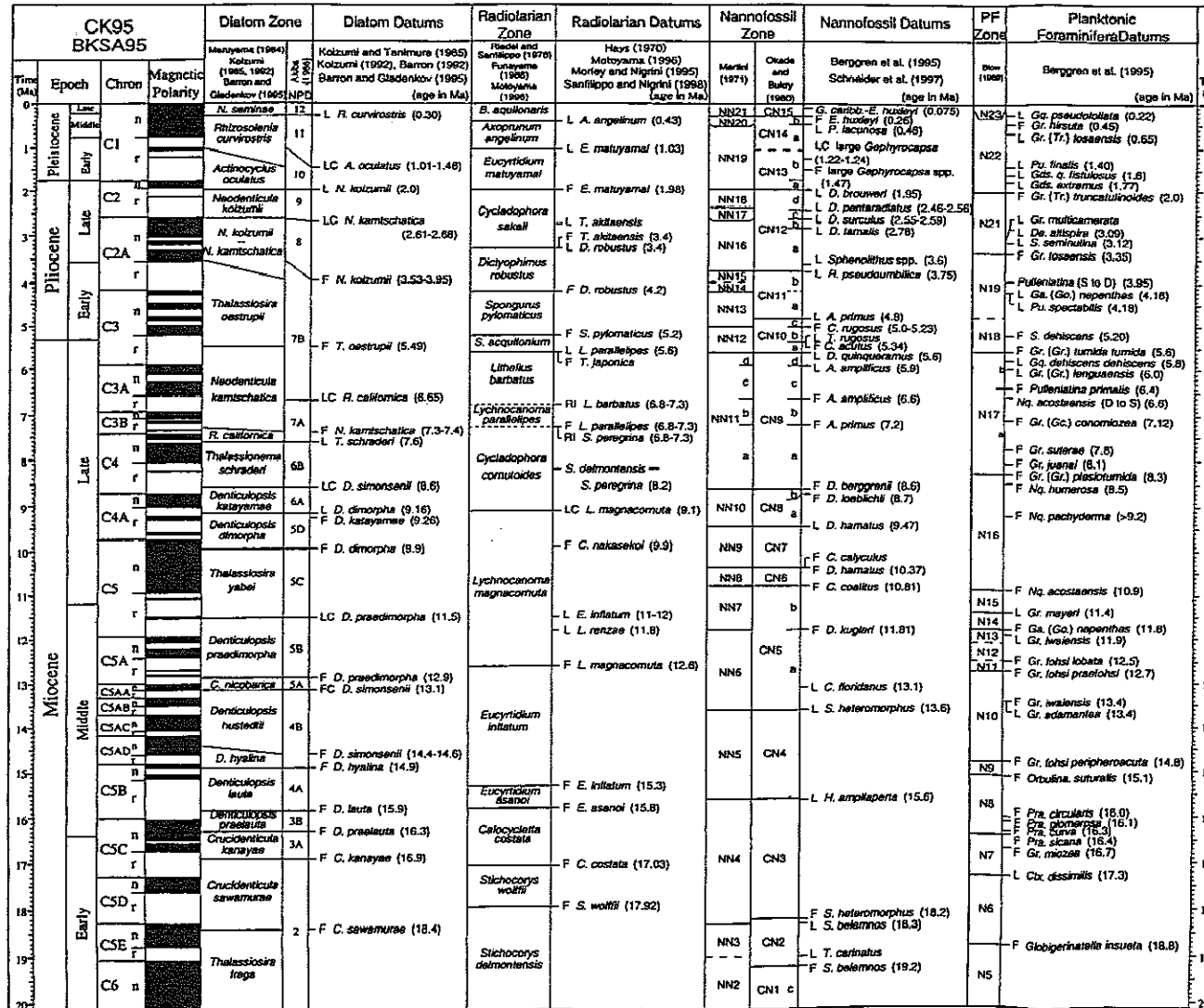


図6 日本列島の地層の年代決定と対比を目的とした古地磁気-浮遊性微化石年代尺度相名の前のアルファベットの太文字は次のような生物事象を表す。F: first occurrence, L: last occurrence, FC: first common or consistent occurrence, LC: last common or consistent occurrence, RI: rapid increase in abundance, RD: rapid decrease in abundance.

### 一志層群と師崎層群

一志層群と知多半島の師崎層群は、三重大学教育学部の本田助教授が保管されている標本についても測定した。これらの Sr 年代値は、比較的保存が悪い貝殻を測定したにもかかわらず、18.5 前後に集中し、この集中した値は生層序的な年代 (2-5.1 図および 2-3.10 図参照) とよい一致をする。

### 瑞浪層群

瑞浪化石博物館に保管されていた採集品のうち、柄沢学芸員のご協力で、保存の悪い標本で殻は粉上になる状態のものを、試行的に Sr 同位体測定を行った。その結果は生層序から指示される年代とかけ離れた、大変若い年代となった。これは完全に続成作用を受けたものと判断される。この地域については、今後より保存の良好な資料を得られる努力をして、再検討する予定である。最近の研究結果 (伊藤ほか、1999) によれば珪藻化石帯から、従来考えられていた年代と比べて相対的に古くなることが明らかにされている。しかしこれら瑞浪層群全体について、精度の高い年代決定が可能な層準は限られており、さらに詳細で多角的な年代決定の努力が必要である。

### 文献 (一括文献参照)

## 2-6. 前期中新世の植物群と古環境

国立科学博物館地学研究部 植村 和彦

日本の下部中新統には、阿仁合型植物群および台島型植物群と呼ばれる二つの植物化石群が知られている (Tanai, 1961; 藤岡, 1963). 筆者は両植物群の組成的特徴や時代論について論じたことがあり (植村, 1989), 阿仁合型が前期中新世前期 (20~24 Ma), 温帯の落葉広葉樹を主体にした化石群であるのに対し, 台島型は前期中新世後期 (18 Ma~) を中心とした, 落葉広葉樹と常緑広葉樹の混交した化石群で, 両者は明瞭な層位的上下関係にあると述べた.

植村 (1989) と同年, 鈴木 (1989) および鹿野・柳沢 (1989) はそれぞれ阿仁合型および台島型植物群について, 筆者とは異なる見解を述べている. 議論の分かれる点は, 台島型植物群の出現時期 (鈴木, 1989; 鹿野・柳沢, 1989), “阿仁合・台島混合型植物群” の存在と層位的意義 (鈴木, 1989), 阿仁合型から台島型植物群への転換で両者が前期中新世に繰り返し出現した可能性 (鹿野・柳沢, 1989) である. 阿仁合型植物群から台島型植物群への移行は, 陸上気候が温帯性気候から, 一部亜熱帯的様相をもった暖温帯気候への変化を意味し, 移行期の時代論が重要となる. そこで, 上記の論点を植村 (1989) 以後に明らかにされた研究を含めて整理し, 前期中新世の陸上環境変遷を常磐炭田の植物化石群を中心に述べた.

### 阿仁合型および台島型植物群の補追・訂正

植村 (1989) のまとめで, 阿仁合型および台島型植物群とした植物化石群で, その後の研究進展によって変更あるいは再検討の必要なものを以下に述べておく.

かつて中新世と考えられた植物化石群に漸新世のものが含まれていることは, 植村 (1989) でも指摘した. すなわち, 北海道北見の若松沢植物群, 北朝鮮~沿海州のいわゆる *Engelhardia* 植物群, 相浦植物群が該当する. その後, 筆者らの研究あるいは他の地質古生物学的研究の進展によって, 下記の植物群も同様に漸新世と考えられるようになった.

柚木-福井植物群: 佐世保層群上部の植物化石群は阿仁合型植物群と考えられてきたが, 同層群下部 (あるいは相浦層群) の相浦植物群とは組成的に類似し, 漸新世の一連の植物群と考えられる (Tanai and Uemura, 1991; Uemura, 1998).

大坊植物群: 日置層群上部, 人丸層の植物化石群は, 下位の黄波戸層産植物化石群 (野田植物群) とは組成的に異なり, 台島型植物群とされたが, 野田植物群の再検討 (Tanai and Uemura, 1991), 黄波戸層下部から新たに見つかった植物化石群 (植村ほか, 1999) との比較研究で, 漸新世後期の一連の植物化石群と位置づけられる.

神戸植物群: 植村 (1989) は, 疑問符を付し台島型としたが, 詳しい議論はしなかった. 本植物群が古第三紀であることを述べたのは尾崎・松浦 (1988) で, 尾崎 (1992) はその結果を含めて古第三紀植物群の変遷を考察した. 一方, 棚井 (1992), Tanai and Uemura (1994) は神戸植物群を北海道の若松沢植物群と同様, 漸新世と位置づけた. その後, 放射年代や貝類化石 (岩屋層) の追加検討がなされているが, 本植物群の時代は始新世まで遡る可能性もある.

この他に, 山口県の下関植物群も古第三紀の可能性があり (植村, 2000), 鳥根県の福井植物群も放射年代から古第三紀の可能性が示唆されている (今岡ほか, 1990).

下関植物群をタイプとし, 西南日本で上位に中期中新世海成層を伴わない植物群を Huzioka and Takahasi (1973) は台島型植物群の内陸相, 下関型植物群として一括した. 本型植物群には, 平郡植物群や長者原植物群のように台島型よりもやや若い中期中新世初めのものが含まれる (植村, 2000).

## 台島型植物群の出現時期

阿仁合型および台島型植物群の区分は、植物群の組成的特徴に時代的な意味をもたせて従来使われてきた(図1)。それぞれ、植物種の厳密な系統進化によって定義されたものではない。そうした検討が困難な一因は、植物化石特有の分類学的問題と、含化石層の多くが層序的連続性に乏しい陸成層で、時代的なコントロールも放射年代を除いて難しいことによる。

台島型植物群の出現の時期は、およそ17.5 Ma(鈴木, 1989), 18 Ma(植村, 1989), 22 Ma(鹿野・柳沢, 1989)とされた。ただし、鈴木(1989)の17.5 Maというのは、阿仁合・台島混合型植物化石群の出現で、典型的な台島型植物群は16 Maとしている。

鈴木(1989)の見解は、東北地方南部の研究に基づくもので、とくに自身の常磐炭田および阿武隈山地北部の植物化石群の研究によっている。その中で、霊山層、塩手層、亀ノ尾層、滝夾炭層上部(上遠野地区)の植物化石群を、槻木層、中山層、平層の植物化石群(台島型植物群)と区別し、阿仁合・台島混合型化石群として位置づけた。そして、その出現年代を、亀ノ尾層などの珪藻化石群を考慮に入れ、その出現時期を *Actinocyclus ingens* 帯(尾田, 1986)の下底か、それよりもやや下位とした。常磐炭田湯長谷層群の植物化石群は複数の層準から産し、海成微化石群との関係も明らかなので、極めて重要であるが、植物化石群の詳しい記載報告は公表されていない。

植村(1989)は、植物化石群の組成がよく調べられ、比較的信頼のできる放射年代資料を伴う化石群を考慮して、18~19 Maを境に台島型植物群が出現するとした。信頼できるというのは、複数の年代測定値や異なる手法の測定値があるとか、他の地質学的資料と矛盾しないということも考慮したが、ある意味では恣意的になる。

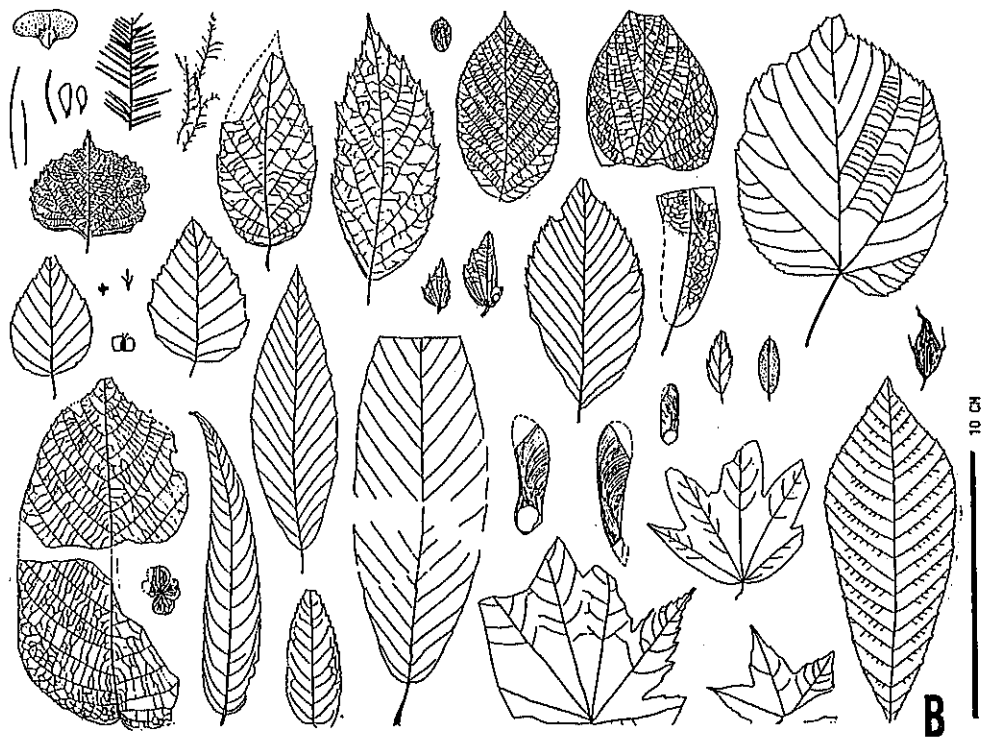
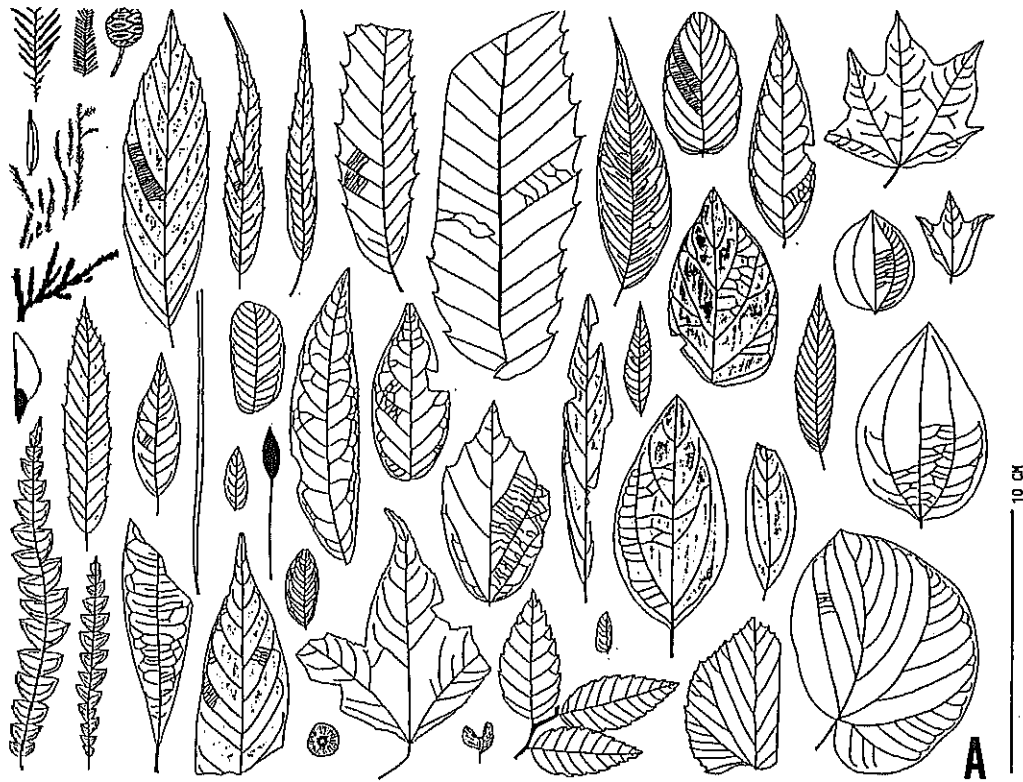
これに対し、鹿野・柳沢(1989)は、既放射年代資料を有意なものとして、植物化石群の層位分布を整理した見解である。鹿野・柳沢は台島型植物群の出現を、山陰地方や松島の放射年代値を誤差の範囲を考慮しながら、およそ22 Maとした。この年代は、佐渡島や男鹿半島などの阿仁合型植物群の年代から再検討を要する(植村, 1989)と思われるが、その後の追試は行われていない。鹿野・柳沢の見解で他と異なるのは、台島型植物群出現後、18~19 Ma および15~16 Maに冷温系の“阿仁合型”植物群が再登場したという点である。前者は常磐地域の生層序年代を採用したものであるが、紫竹植物群(阿仁合型)の年代的位置づけには問題が残る。また、後者は福井県の糸生層、国見層のフィッシュン・トラック年代を考慮した結果であるが、国見層の *Vicarya* や *Operculina* 含有層の生層序年代から若すぎる年代で、なお検討の余地が残る。糸生層の植物化石群は植村(1989)でも阿仁合型に含めたが、植物化石群そのものの再検討は必要である。

以上3つの見解とは別に、山野井(1986, 1994)は花粉層序学的研究から独自の見解を述べ、花粉化石帯NP-1帯(阿仁合型に相当)からNP-2帯(台島型に相当)への移行を17~18 Maとしているが、年代に関する詳しいことは述べられていない。

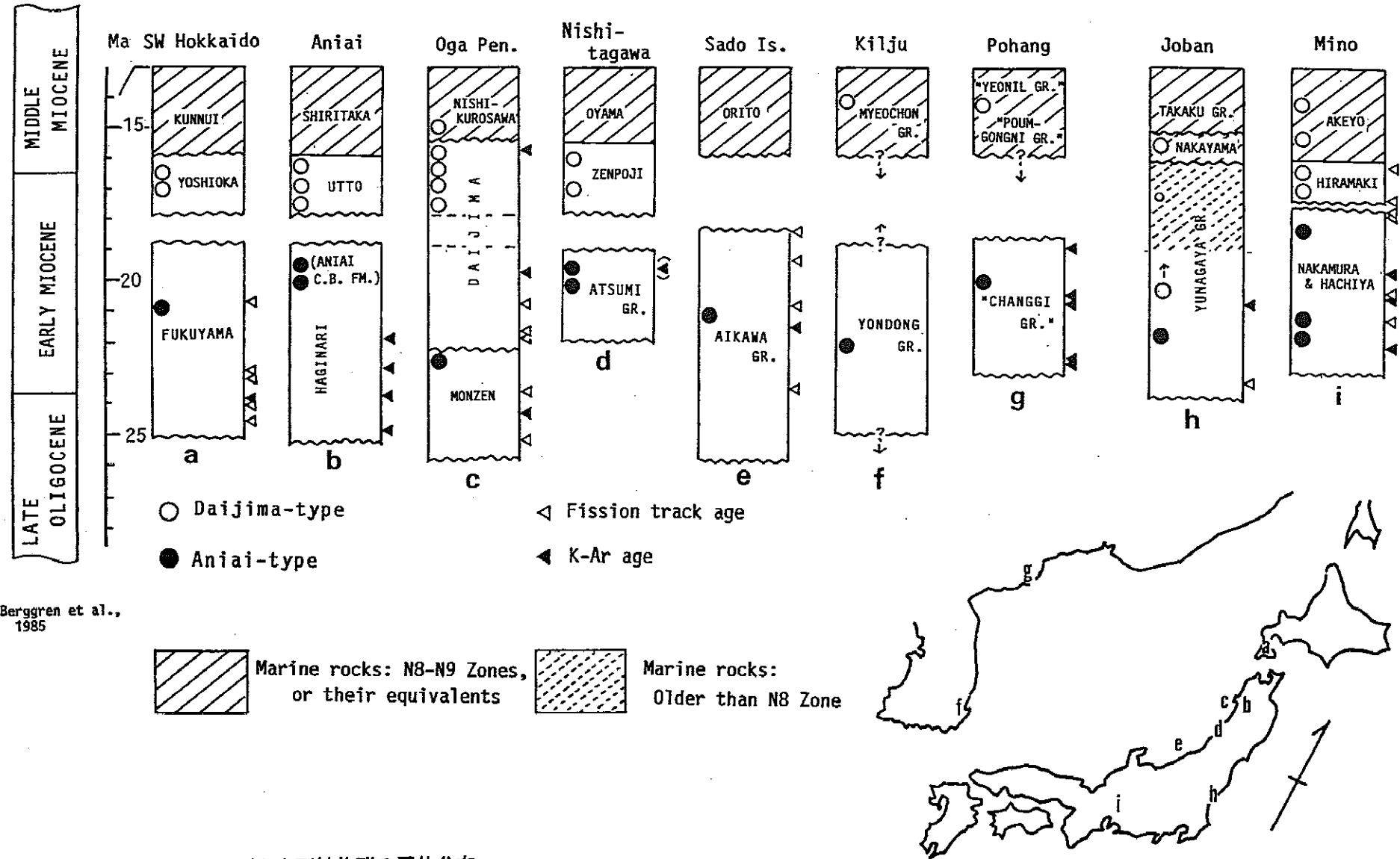
第2図に、日本および朝鮮半島の阿仁合型および台島型植物群の層位分布を模式的に示した。日本海沿岸では両型植物群を含む地層の多くは不整合関係にあり、18~19 Maを境に阿仁合型から台島型へと移行する。台島型植物群の中に、より温帯的要素に富む植物化石群は実際にあるが、鈴木(1989)のいうような移行帯(阿仁合・台島混合型植物化石群)は認められない。一方、太平洋沿岸の常磐炭田や美濃含炭地では、日本海沿岸とは多少様相が異なる。

## 常磐炭田の前期中新世植物化石群と関連した問題





2-6-1 図 阿仁合型 (B) および台島型 (A) 植物群の主要構成種  
 産出の多いものは複数書き入れている。阿仁合型植物群に比べ、  
 台島型植物群の方が多様で、葉縁に鋸歯のないものや、常緑広葉樹も多い



Berggren et al., 1985

2-6-2 図 阿仁合型および台島型植物群の層位分布

常磐炭田湯長谷層群の植物化石群については、鈴木（1989）以後、柵平層模式地の植物化石群ほか、新たな研究が矢部 淳によって行われている（矢部ほか、1995a, b, 矢部、1999）。また、佐藤（1989）による花粉層序、竹谷ほか（1990）などによる微化石層序の検討が行われている。これら研究によって明らかとなったのは、1)上遠野地区の柵平層（鈴木（1989）の滝夾炭層）には、古第三系石城層相当の下部と、新第三系の模式地柵平層に相当する上部層に分られること、2)模式地柵平層の植物化石群は *Quercus miovariabilis* Hu et Chaney, *Liquidambar miosinica* Hu et Chaney など、台島型植物群に普通な落葉広葉樹とともに、*Fagus antipofi* Heer を多産し、植物化石層の上位層準に *Vicarya yokoyamai* Takeyama, *Vicaryella jobanica* Kamada, *Tateiwaia* sp. などの温暖系貝類化石群を含むこと、3)紫竹植物群と上記柵平層の植物化石群とは組成的に明瞭に異なることなどである。また、湯長谷層群の海成亀ノ尾層、平層には浮遊性有孔虫化石帯の N6~N7 帯、放散虫化石帯の *Stichocorys delmontensis* 帯~*S. wolfii* 帯、ナンノ化石帯の CN1~CN2 帯の化石群が認められることが確認されている（竹谷ほか、1990）。ただし、これら下部中新統の微化石帯は時代的に長い期間が含まれ、それらの下限をとるか、上限をとるかによって時代解釈が異なってくる。上限近くを採用した場合は、従前の結果と著しく異なるものではない。

紫竹植物群の含化石層は、23.4 Ma のフィッシュン・トラック年代が報告されている（木村、1988）。この年代は他地域の阿仁合型植物群のそれと矛盾するものでない。一方、双葉地区の“柵平層”は、20.9 Ma, 20.8 Ma の K-Ar およびフィッシュン・トラック年代が知られている（木村、1988；久保ほか、1994）。

以上のことを考慮し、“柵平層”のフィッシュン・トラック年代を採用すると台島型植物群の出現はおよそ 21 Ma と考えられる。常磐炭田では *Vicarya* を含む温暖系貝化石群が、五安層以上の海成湯長谷層群を挟んで、柵平層と中山層の2層準あるが、下位の *Vicarya* 含有層もまた、この時代に出現したことになる。

柵平層の植物化石群は、台島型植物群に特徴的な落葉広葉樹からなるが、*Fagus antipofi* を多産することが一つの特徴である。本種は阿仁合型植物群の特徴種のひとつで、かつて Suzuki (1961) が *F. jobanensis* Suzuki とした、大型葉のブナ化石である。常磐炭田の北、阿武隈山地北部に分布する霊山層、塩手層の植物化石群を、鈴木（1963, 1989）はそれぞれ霊山植物群、塩手植物群とし、組成的に幾分差はあるものの、ほぼ同時代の阿仁合・台島混合型植物群とした。興味深いことは、“*Fagus jobanensis*” が霊山植物群には欠如、塩手植物群では普通に産することである。

阿武隈山地北部の下部中新統については、最近の図幅調査でその詳しい検討がなされ（柳沢ほか、1996）、下位の塩手層+天明山火山岩類と上位の霊山層は不整合で明瞭に分かれ、植物化石を含む大内層（中期中新世）に覆われることが明らかにされた。そして放射年代として、塩手層は 20.0 Ma, 大内層は 14.8 Ma のフィッシュン・トラック年代、霊山層は 16.3 Ma の K-Ar 年代が報告されている。塩手層の植物化石群は、放射年代、*Vicarya* 化石を随伴すること、“*Fagus jobanensis*” を伴うことなどから考えて、柵平層の植物化石群にほぼ対比されるもので、今後詳しい研究が必要であろう。

鈴木による阿仁合・台島混合型植物群は、柵平層の植物群や塩手植物群の場合、典型的な阿仁合型および台島型植物群と異なるという意味で該当するかもしれない。しかし、それは台島型植物群の中での差異であり、堆積地やタフォノミーの要因で温帯性落葉樹の強調された化石群は、16 Ma に近接した“典型的な”台島型植物群の層準にもあるので、混合型植物群として層位的な意味をもたすには、柵平層の植物群や、塩手植物群の詳しい検討を待ちたい。層序区分の明瞭な、常磐炭田における紫竹植物群、柵平層、亀ノ尾層、平層、中山層の植物化石群は、阿武隈山地北部の、塩手、霊山、大内の各植物群の変遷とともに重要な研究課題である。

小笠原（2000）は、上記と同様な観点を含め、日本における前期中新世貝類化石群の時空分

布をまとめ、古環境変遷を論じている。およそ 20 Ma に温暖気候のもと、*Vicarya* を含む貝類化石群が進入し、一旦寒冷化した後、16 Ma 前後に再び *Vicarya* を含む温暖気候が出現したという変遷過程が、常磐炭田やその周辺地域では考えられる。このことは、日本海沿岸と太平洋沿岸地域とでは堆積盆や海成層の発達状況が異なり、植物群やその他の生物群の変遷を考える場合、太平洋沿岸を基準にすべきことを示している。

前期中新世の生物群変遷を考える上で、中部日本太平洋側の瑞浪地域は常磐炭田とともに重要である。そこでも、新第三系下部は陸成層で、層序的上下関係で阿仁合型の日吉植物群（蜂屋層、中村層など）と、平牧植物群（平牧層）がいられている。およそ 20 Ma の温暖化については、阿仁合型植物群を含む層準の放射年代が 18~22 Ma であることと矛盾する（小林, 1989; 第 1 図）。こうした細かい地域的相違は、20 Ma の温暖化の特性（程度、温暖期の期間）とともにさらに検討が必要であらう。古植物学的には、湯長谷層群および塩手層の植物化石群の分類学的研究が公表されていないので、それが急務である。

## 文 献

- 藤岡一男 (1963). 阿仁合型植物群と台島型植物群. 化石, no. 5, p. 39-50.
- Huzioka, K. and Takahasi, E. (1973). The Miocene flora of Shimonoseki, Southwest Honshu, Japan. Bull. Natn. Sci. Mus., vol. 16, p. 115-148, pls. 1-4.
- 今岡照喜・板谷徹丸・松本俊雄・山崎博史・沢田順弘 (1990). 山陰西部国府火山岩類の K-Ar 年代. 地質学雑誌, vol. 96, p. 945-948.
- 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, vol. 40, p. 647-653.
- 木村勝弘 (1988). 油田地域における基盤の地史的な構造変化の研究. 石油公団石油開発技術センター年報 (昭和 62 年度), p. 14-17.
- 小林孝男 (1989). 岐阜県可児盆地東部の地質とウラン鉱化作用. 鉱山地質, vol. 39, p. 79-94.
- 久保和也・柳沢幸夫・吉岡敏和・山元孝広・滝沢文教 (1990). 原町および大甕地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅). 155 p., 地質調査所, つくば.
- 尾田太良 (1986). 新第三紀の微化石年代尺度の現状と問題点—中部および東北日本を中心として. 北村 信教授記念地質学論文集, p. 297-312.
- 小笠原憲四郎 (2000). 東柱類の古環境と北太平洋地域第三紀地史事件. 足寄動物化石博物館紀要, no. 1, p. 25-34.
- 尾崎正紀 (1992). 日本における古第三紀植物群の変遷と古気候変化. 地質調査所月報, vol. 43, p. 69-85.
- 尾崎正紀・松浦浩久 (1988). 三田地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 93 p. 地質調査所, つくば.
- 佐藤誠司 (1989). 常磐炭田第三系の花粉層序学的研究. 地質学雑誌, vol. 95, p. 171-187.
- Suzuki, K. (1961). The important and characteristic Pliocene and Miocene species of plants from the southern part of the Tohoku district, Japan. Sci. Rep. Fac. Art Sci., Fukushima Univ., no. 10, p. 1-97, pls. 1-7.
- 鈴木敬治 (1963). 植物化石よりみた東北日本新第三系—中新統下部層と植物化石群. 化石, no. 5, p. 63-77.
- 鈴木敬治 (1989). 東北本州弧南部における中～下部中新統の植物化石層位について.

- 地質学論集, no. 32, p. 197-205.
- Tanai, T. (1961). Neogene floral change in Japan. *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ.*, ser. 4, vol. 11, p. 119-398, pls. 1-32.
- 棚井敏雅 (1992). 東アジアにおける第三紀森林植生の変遷. 瑞浪市化石博物館研報, no. 19, p. 125-163.
- Tanai, T. and Uemura, K. (1991). The Oligocene Noda Flora from the Yuya-wan area of the western end of Honshu, Japan. Parts 1, 2. *Bull. Natn. Sci. Mus., ser. C*, vol. 17, p. 57-80, 81-90.
- Tanai, T. and Uemura, K. (1994). Lobed oak leaves from the Tertiary of East Asia, with reference to the oak phytogeography of the Northern Hemisphere. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 173, p. 343-365.
- 竹谷陽二郎・相田 優・小野俊夫・岡田尚武・長谷川四郎・丸山俊明・根本直樹・栗原宗一郎・高柳洋吉 (1990). 常磐地域に分布する新第三系の地質時代と堆積環境. 福島県立博物館報告, no. 20, p. 1-99.
- 植村和彦 (1989). 環日本海地域のグリンタフ下部層の比較層序・古植物と古地理学的意味. 昭和 63 年度科学研究費補助金 (一般研究 C) 研究成果報告書, 41 p. 国立科学博物館, 東京.
- Uemura, K. (1998). Oligocene plants from Akogi in the northeastern Sasebo coal-bearing field, Kyushu, Japan. *Mem. Natn. Sci. Mus.*, no. 31, p. 57-65.
- 植村和彦 (2000). 山口県平郡島の中期中新世植物. 国立科学博物館専報, no. 32, p. 39-54.
- 植村和彦・土井英治・高橋文雄 (1999). 山口県日置町大内山上の黄波戸層産植物化石 (漸新世). 美祿市歴史民俗資料館調査研究報告, no. 15, p. 1-59.
- 矢部 淳 (1999). 海成層中の植物化石群集のタフォノミー: 常磐地域の下部中新統を例として. *地質学論集*, no. 54, p. 185-195.
- 矢部 淳・小笠原憲四郎・植村和彦・小布施明子 (1995a). 常磐炭田南部に分布する下部中新統桐平層の植物および軟体動物化石群. *地質学雑誌*, vol. 101, p. 532-548.
- 矢部 淳・小笠原憲四郎・植村和彦 (1995b). いわき市遠野町付近の古第三系と新第三系の層序関係. 国立科学博物館専報, no. 28, p. 31-46.
- 山野井 徹 (1986). 花粉からみた新第三紀の海岸気候事件. *月刊海洋科学*, vol. 18, p. 140-145.
- 山野井 徹 (1994). 新第三紀における日本島の古植生. *月刊地球*, vol. 16, p. 180-185.
- 柳沢幸夫・山元孝広・坂野靖行・田沢純一・吉岡敏和・久保和也・滝沢文教 (1996). 相馬中村地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 144 p. 地質調査所, つくば.

## 2-7. 本州下部中新統の堆積場の復元；房総半島南部の第三系碎屑岩類の後背地の例

筑波大学地球科学系 久田 健一郎・奥澤 康一

本研究では、房総半島南部に分布する嶺岡層群、保田層群、佐久間層群の碎屑岩類、主に砂岩について、砂岩のモード組成の測定、碎屑性重鉱物（クロムスピネル、ザクロ石、単斜輝石）の化学組成の測定を行い、その後背地の推定を行った。さらに、嶺岡山地において玄武岩や蛇紋岩中の構造岩塊として産する碎屑岩ブロックについても、その後背地の推定と、その帰属についての考察を行った。

砂岩のモード組成では、各地層および碎屑岩ブロックにおいて、変化が認められた。すなわち、嶺岡層群八丁層、保田層群富川層、その他の保田層群及び佐久間層群の順で、リサイクルされた造山帯から、大陸地殻、火成弧の砂岩へと変化している。三層群ともに碎屑性クロムスピネルを含み、その源岩は、現在の嶺岡山地に分布する蛇紋岩と性質が似ているが、より島弧的な要素が強い。碎屑性ザクロ石は、保田層群富川層および佐久間層群に多く含まれ、そのほとんどが中圧型変成岩起源と考えられる。さらに、それらの一部は、アジア大陸起源の可能性が考えられる。碎屑性単斜輝石は、富川層を除いた保田層群と、佐久間層群の砂岩に含まれる。その組成は、造山帯のカルクアルカリ質玄武岩起源の特徴を持ち、伊豆弧の碎屑性単斜輝石の組成とは異なる。

嶺岡帯中の碎屑岩ブロックは四つのタイプ、すなわち、蛇紋岩砂岩、優白質砂岩（以上荒井ほか 1983）、房田・元名礫岩、八岡海岸砂岩礫岩に分けられる。かつて、碎屑岩ブロックであると考えられた二ツ山層は、嶺岡層群八丁層と整合に接し、その砂岩組成は富川層を除いた保田層群のものに似る。優白質砂岩は、砂岩組成、碎屑性クロムスピネル、ザクロ石の組成が保田層群富川層と非常によく似ている。八岡海岸砂岩礫岩は、礫の構成種が佐久間層群と似ていることと、碎屑性クロムスピネルの組成が、現在の嶺岡山地のものによく似ていることから、佐久間層群と似たような場で堆積したのであろう。房田・元名礫岩は、碎屑性クロムスピネル、単斜輝石の組成が島弧的ではあるが、他の地層とは異なっている。房田礫岩については礫組成についても検討され、オフィオリティックな岩石と、流紋岩等の火山岩類、変成岩類等から構成されることから、海洋性島弧の蛇紋岩ダイアピル周辺が、堆積場の一例として考えられる。蛇紋岩砂岩については、碎屑性クロムスピネル、単斜輝石の組成が、大洋底もしくは背弧的であり、他と異なっている。粒子構成は現在の嶺岡山地に露出するものと同じであることから、八岡海岸砂岩礫岩と同じような場で堆積した可能性も考えられる。

上述の結果をもとに、前期中新世における各地層の堆積盆の配置を考察した。すなわち、嶺岡層群、保田層群富川層およびその他の保田層群は、それぞれ異なる堆積盆に堆積したと考えられる。富川層は浅海性の堆積物と考えられており、他の二つは深海で堆積したと考えられていること、三者の漸移的な組成の砂岩は見られないこと、三つすべてに似たような碎屑性クロムスピネルが含まれていることから、保田層群富川層と、嶺岡層群およびその他の保田層群の間に、蛇紋岩が露出していたものと考えられる。また、房総半島の西方に位置する瀬戸川帯の前期中新世の砂岩は、嶺岡層群八丁層と似たような組成を持つことが知られており、富川層以外の保田層群に火山岩片や単斜輝石を供給した火成活動は、房総半島よりも東方で起こっていたと考えられる。この火成活動として、もっとも考えやすいのは、かつて存在していたとされる嶺岡プレート上の島弧であろう。

（文献は一括文献参照）

## 2-8. 本州下部中新等の堆積環境復元と今後の課題

筑波大学地球科学系 小笠原憲四郎・久田健一郎・中野孝教  
国立科学博物館地学研究所 植村和彦

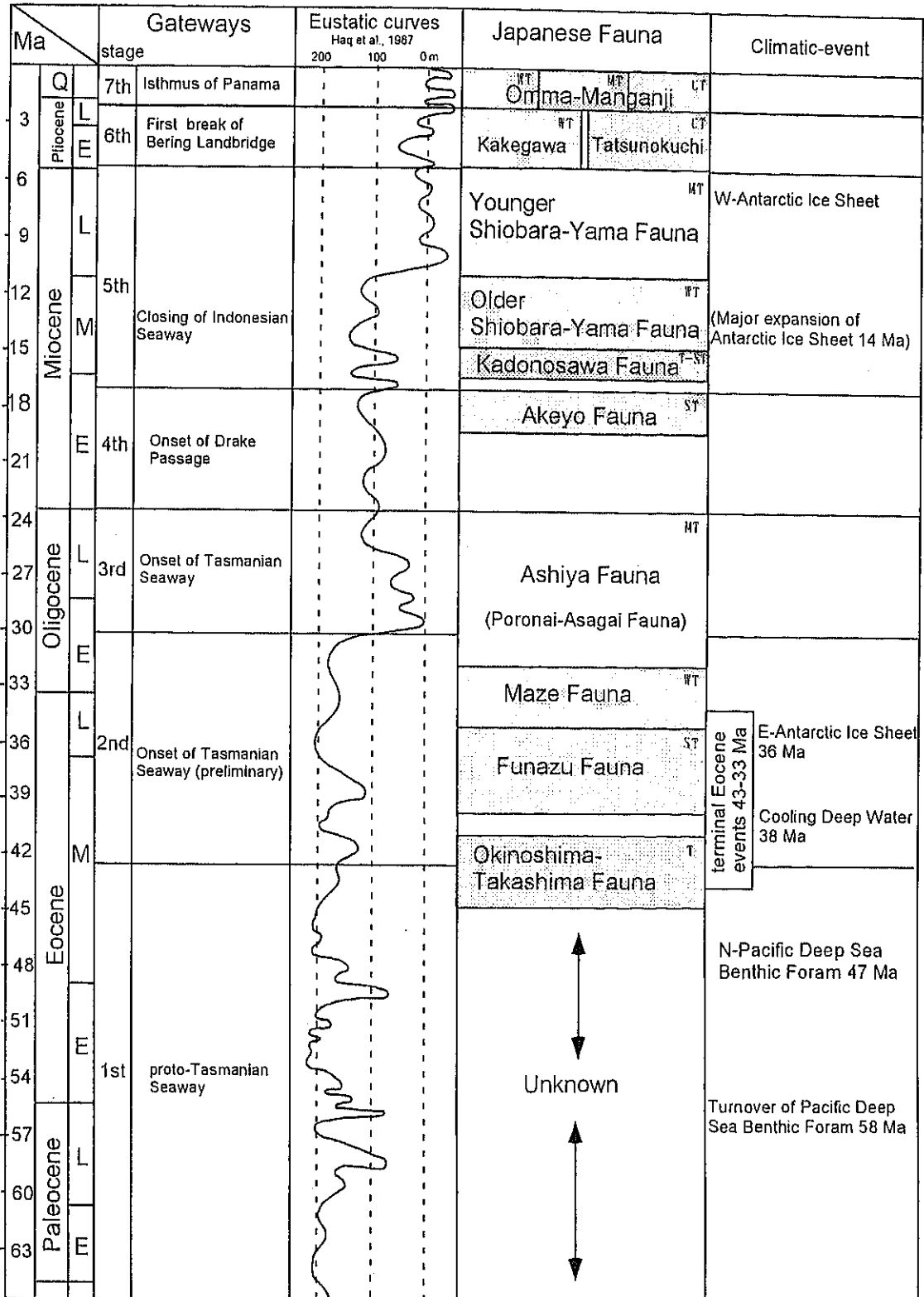
本研究等で得られたことは、これまで報告してきた成果を含めて、その一部をすでに公表し（綴込み資料別刷り1~17）、さらに最新データは学会発表している（綴込み資料18~21を参照）。堆積場の復元で重要な3項目は、海成層の場合の堆積場と深度、堆積当時の古気候・海中気候、そして正確な堆積年代である。

新生代の地史を通してみると、古第三紀は始新世末の最温暖期から徐々に冷温化し、本邦の芦屋動物群で代表される貝類化石群の出現と消滅で区切られる。さらに16 Ma以降の新第三紀も、16 Ma頃の熱帯海中事件以降、徐々に冷温化し、鮮新世で一度その傾向を終えるように見える（2-8.1図）。このような大局的な新生代古気候の変遷史からみると、初期中新世の時代は約500万年間で寒暖を少なくとも2回程度繰り返しており、大変得意な環境変化をしている年代である。このような年代的な古気候の変遷を、より精度よく復元することで、その変遷を引き起こした背景や変化進行プロセス、さらに動植物群消長や環境変化の因果関係を探ることが可能になると考えられる。

古気候や古海中気候の復元手法については、前項2-6の植村の報告でその問題点が指摘されているが、海中気候の場合もまだまだ精度や手法を向上させる必要がある。例えば、日本列島を取り巻く現在の海洋生物地理区（2-8.2図：小笠原、原図）についても、浅海性貝類化石群集を用いることで、確かに2~3℃程度の年平均水温等の復元が可能である。しかし、さらに精度を高める論理と手法の開発、現在・過去の生物群集の分布パターンの解析、海洋の現在の最高年較差である18℃が占める寒帯と温帯の境界の意味・意義など、まだまだ多くの解決すべき課題がある（綴込み資料18参照）。

初期中新世に年代・対比と古環境の大枠を2-8.3図にまとめた。この対比は常磐炭田地域の湯長谷層群と秩父盆地の対比を基本に、動植物群の古環境的解釈を加えたものである。FT年代やK-Ar年代、さらに一部の珪藻化石層序などから、紫竹植物群の年代は22 Ma、柵平層の*Vicarya yokoyamai*産出層準はほぼ20 Ma、五安層の*Mytilus tichanovitchi*産出年代を18.5 Ma等にした。秩父盆地の子ノ神層の*Mytilus tichanovitchi*の産出は、常磐炭田地域との対比で大変重要であると考えている（小笠原、2000など）。しかし、群馬県下仁田の*Mytilus tichanovitchi*産出層を含め、常磐炭田と秩父盆地の年代・対比はさらに再検討の余地がある。また瑞浪層群の年代は、従来考えられてきたものと比べて、かなり古くなり（例えば、伊藤ほか、1999など）、明世動物群の年代幅を上述のSr同位体年代を含む結果などに基づいて20 Ma~17 Maと考えた。しかしこの期間中、18.5 Maとした五安層や瑞浪のデスモスチルス産出層準に対応する、短期的な*Mytilus tichanovitchi*の南下などをもたらした冷温化時期があり、さらに詳細な年代と古環境の復元が必要である。

今後、太平洋と他の海洋との開閉事件（Cenozoic Pacific Gateways）に対応した、本邦新生代動植物化石群に消長過程や、開閉事件に連動する太平洋や日本の古環境変動の対応なども考察を進める予定である。

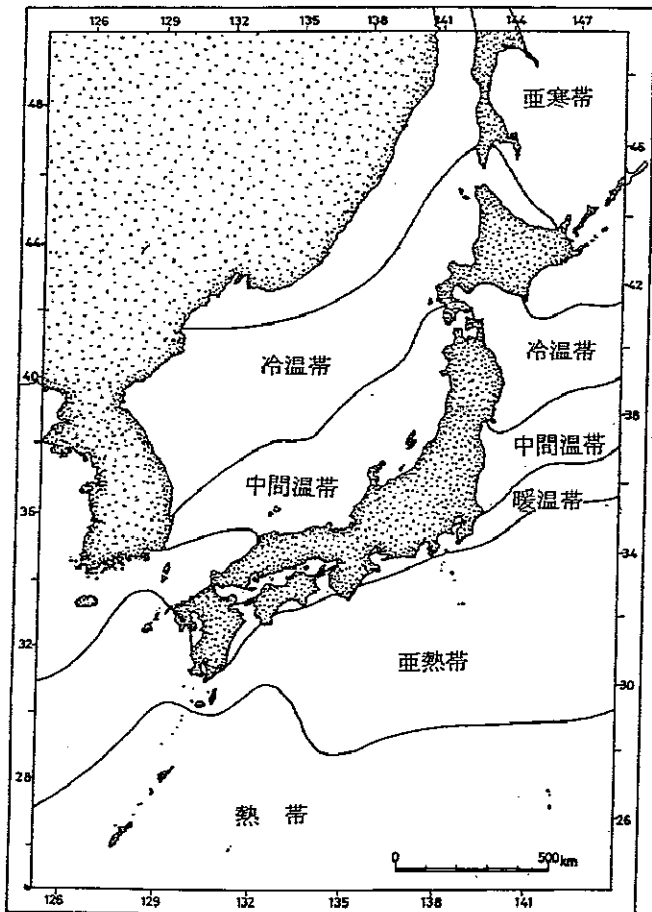


T Tropical  
 ST Subtropical  
 WT Warm-temperate  
 MT Mild-temperate  
 CT Cool-temperate

2-8-1 図 本邦新生代の貝類群集と Pacific Gateway Stage との対応 (小笠原、原図)



2-8-2 図 日本列島の海洋生物地理区分と年平均水温等の対応 (小笠原、原図)



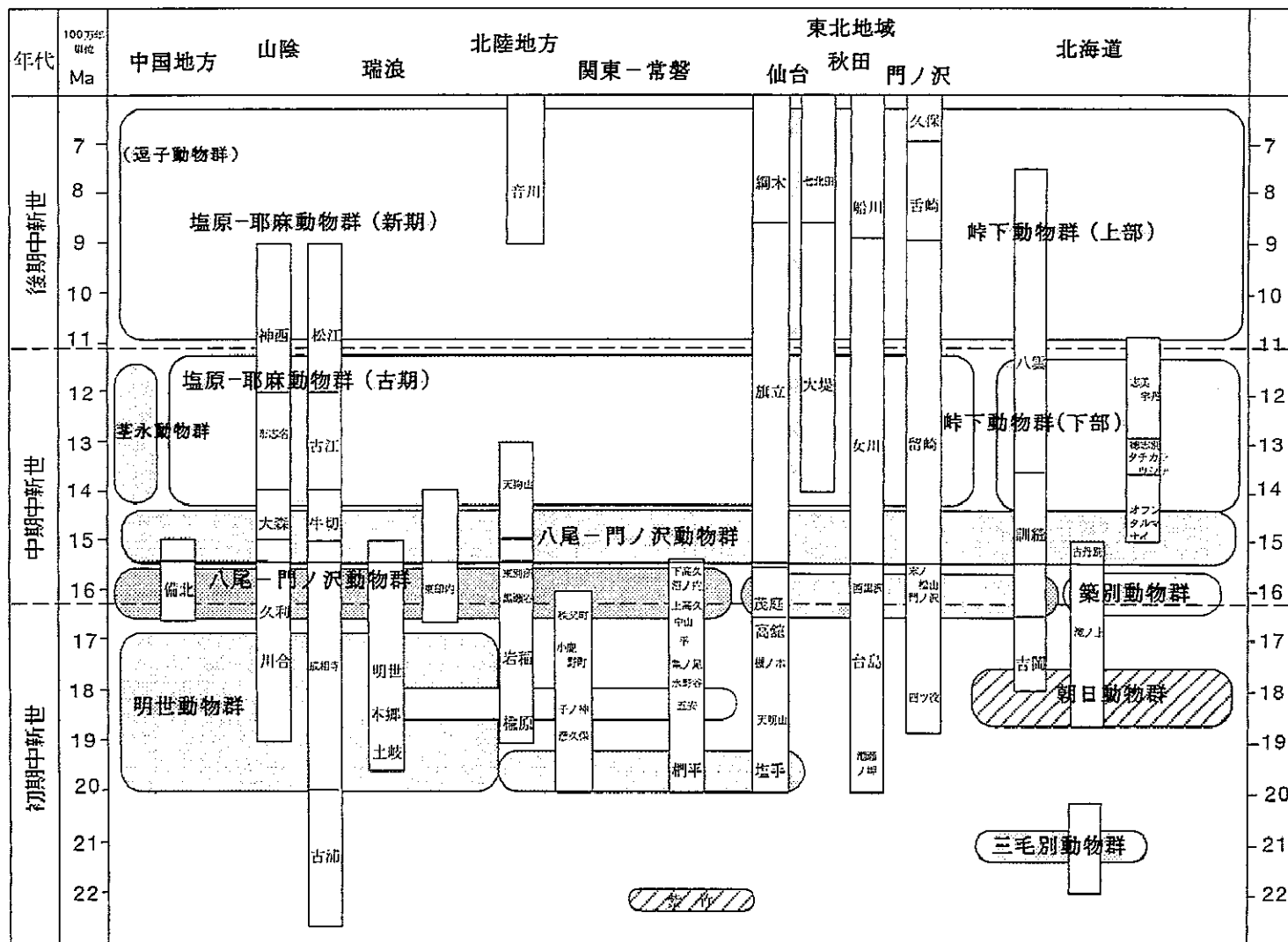
西太平洋地域の緯度の水温変化と海洋気候区分。

海洋気候区分は西村(1981)に準じ、それぞれの気候帯の年平均・最高(8月)・最低(2月)月平均海水温度及び年較差を示す。

地域 Area	緯度 Latitude	年平均水温 Ann. mean T	最低月水温 Min. T(Feb.)	最高月水温 Max. T(Aug.)	年較差 Range(C)	海洋気候 Marine Climate
	80° N		0° C			
北極海	75		0			Boreal(Arctic) (寒帯区)
ベーリング海	70		0	8° C	8° C	
	65		0	8	8	
カムチャッカ基部	60		0	10	10	Subboreal (Subarctic) (亜寒帯区)
カムチャッカ先端	52		0	10	10	
	50		0	10	10	
	48	4° C	0	10	10	
	46	5	0	10	10	
	45	6	0	12	12	
釧路-帯広沖	44	7	0	16	16	
	43	8	1	18	17	
襟裳沖	42	9	2	20	18	Cool-Temperate (冷温帯区)
下北沖	41	10	4	21	17	
三陸沖	40	12	7	22	15	
仙台湾	39	13	8	23	15	
	38	14	10	23	13	
銚子沖	37	15	12	24	12	Mild-Temperate (中間温帯区)
	36	16	15	25	10	
房総沖	35	18	16	26	10	Warm-Temperate (暖温帯区)
紀伊沖	34	20	16	27	11	
宮崎	32	22	18	28	10	Subtropical (亜熱帯区)
種子島	30	24	20	28	10	
奄美南沖	28	24.5	21	28	7	Tropical (熱帯区)
沖縄南沖	26	25	21	28	7	
台湾中央	24		22	28	6	
台湾南端	22		25	28	3	
台湾/フィリピン	20		25	28	3	
	15		26	28	2	
フィリピン中央	10		27	28	1	
オーストラリア	5		28	28	0	
	0		28+	28+	0	

水温資料は理科年表と水路部の資料による。緯度変化を明確にするため一部の沿岸域では実際の観測温度と1度C前後異なる場合がある。

2-8-3 図 本州初期中新世の古環境変遷総括案 (小笠原、原図)



熱帯
  亜熱帯
  暖温帯
  中間温帯
  冷温帯

## 一括文献

- 荒井章司・伊藤谷生・小沢一仁、1983：嶺岡帯に産する超塩基性・塩基性碎屑岩類について。地質学雑誌, vol. 89, no. 5, p. 287-297.
- 藤白隆司・輿水達司・柴 正博・小阪共栄、1997：関東山地北西縁部、「駒込帯」およびその北側に分布する中新統の地質年代。地球科学, vol. 51, p. 158-163.
- 伊藤 孝、1993：新生代海水 Sr 同位体組成データの評価と Sr 同位体層序学。地質学雑誌, vol. 99, no. 9, p. 739-753.
- 伊藤知佳・入月俊明・岩井雅夫、1999：第一瀬戸内区中新統（師崎、岩村、富草層群）の珪藻示準化石と地質年代。地質学雑誌, v. 105, no. 2, p. 152-155.
- 岩井武彦・多田元彦・北村 信、1986：島弧横断ルート No.8（小泊半島—陸奥湾—むつ市—猿ヶ森— およびルート No.9（横浜町—六ヶ所村））。北村信編「新生代東北本州地質資料集」、宝文堂、仙台、13 pp.
- 加藤 進・平松 力・井上洋子、1998：大井川層群の石灰質ナノ化石と有孔虫化石の Sr 同位体年代。瑞浪市化石博物館研究報告, no. 25, p.89-95.
- 加藤 進・中野孝教、1999：石油探鉱におけるストロンチウム同位体層序。石油技術協会誌, vol. 64, no. 1, p. 72-79.
- 加藤 進・田澤孝一・中野孝教、1997：基礎試錐「相馬沖」における新生代ストロンチウム同位体層序。地質学雑誌, vol. 103, no. 11, p. 1046-1052.
- 久保和也・柳沢幸夫・吉岡敏和・高橋 浩、1994：浪江及び磐城富岡地域の地質。地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）。地質調査所、104 pp.
- Kurihara, Y, 2000: Middle Miocene deep-water molluscs of the Haratajino Formation in the Isobe district, the Annaka-Tomioka area, Gunma Prefecture, central Japan. Bulletin of Gumma Museum of Natural History, no. 4, p. 1-22.
- Majima, R., Shibasaki, T. and Nakashima, R., 1996: First occurrence of *Mytilus tichanovitchi* Makiyama from the Miocene Chichibu Basin, central Japan. Prof. H.Igo Commem. Vol., p.147-153.
- Matsubara, T., 1995: Fossil mollusca of the lower Miocene Yotsuyaku Formation in the Ninohe district, Iwate Prefecture, Northeast Japan, Part 1. General consideration of the fauna. Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S., no. 180, p. 303-320.
- 水野篤行・山野井徹・福富孝義、1994：本州西部の下部中新統西市層：その化石海生貝類群・花粉化石と年代論、関連する古地理的問題。Bull. Kitakyushu Mus. Nat. Hist., vol. 13, p. 37-49.
- 長根将格、1999MS：宮城県丸森地域の下部中新統。筑波大学自然科学類地球科学主専攻卒業課題研究。44 pp.
- Nagane, M., 2001MS: Facies analysis of the early to early middle Miocene syn-rifting succession in the Echizen coast, Fukui Prefecture, Japan. Master thesis, Doctoral Program in Geoscience, the University of Tsukuba.
- Nakagawa, T., 1998: Miocene Molluscan fauna and paleoenvironment in the Niu Mountains, Fukui Prefecture, central Japan. Science reports of the Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Section B, vol. 19, p. 61-185.
- 大口健志・大上和良・尾田太良、1986：島弧横断ルート No.15（大葛—田山—浄法寺—二戸—久慈）。北村信編「新生代東北本州地質資料集」、宝文堂、仙台、13 pp.

- 生出慶司・中川久夫・蟹沢聡史 (代表編集)、1989: 日本の地質 2 「東北地方」。共立出版、338 pp.
- Okusawa, K., 2001MS: Changes in the provenance of Tertiary clastic rocks in the southern part of the Boso Peninsula. Master thesis, Doctoral Program in Geoscience, the University of Tsukuba.
- 大森昌衛・端山好和・堀口万吉 (代表編集)、1986: 日本の地質 3 「関東地方」。共立出版、335 pp.
- 斎藤常正、1999: 最近の古地磁気層序の改定と日本の標準微化石層序。石油技術協会誌、vol. 64, no. 1, p. 2-15.
- 須藤 斎、1999MS: 常磐炭田中央部の下部新生界層序と貝類化石群。筑波大学自然科学類地球科学主専攻卒業課題研究。44 pp.
- 矢部 淳・小笠原憲四郎・中野孝教、1996: 常磐炭田地域下部中新統の層序と年代—特に柵平層と紫竹植物群との関係について。1996 年日本地質学会講演予講集 (仙台)、p. 102.
- 山下 昇・粕野義夫・糸魚川淳二 (代表編集)、1988: 日本の地質 5 「中部地方 II」。共立出版、310 pp.
- 柳沢幸夫・山本孝広・坂野靖行・田沢純一・吉岡敏和・久保和也・滝沢文教、1996: 相馬中村地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅)、地質調査所、144 pp.
- 吉田史郎・高橋裕平・西岡芳晴、1995: 津西部地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅)、地質調査所、136 pp.

以下の頁は著作権者の許諾を得ていないため、公表できません。

p. 44 ~ p. 47

p. ~ p.

p. ~ p.

p. ~ p.

p. ~ p.