

日本の白亜系の有孔虫化石帯区分と国際対比について*

米谷 盛寿郎**

Cretaceous foraminiferal zonations of Japan and their international correlation

Seijuro MAIYA**

Abstract Dual biostratigraphic zonal schemes based on both planktonic and benthonic foraminifers had been established for the Middle to Upper Cretaceous sequence developed in the meridional zone of Hokkaido by MAIYA and TAKAYANAGI (1977). After that, many authors have been carrying out the investigation of Cretaceous foraminiferal biostratigraphy in the eastern part of Hokkaido and the Kanto region (MATSUMOTO *et al.*, 1981; KAIHO, 1984; OBATA *et al.* 1982; YAMADA, 1984). Consequently, in addition to the foraminiferal zones by MAIYA and TAKAYANAGI (1977), three planktonic and four benthonic zones are newly proposed for the Cretaceous sequences of Japan. They are as follows - the *Globigerinelloides ferreolensis-Globigerinelloides macrocameratus* Zone (upper Aptian), *Ticinella* zone (lower Albian), *Rugoglobigerina* Zone (Maastrichtian) in respect to planktonic zones and the *Verneulinoides plexus neocomiensis-Lenticulina heiermani* Zone (Barremian), *Lenticulina nodosa-Falsoguttulina obatai* Zone (uppermost Barremian to lower Aptian), *Gyroidinoides infracretaceous-Plamulina suturalis* Zone (upper Aptian) and *Spiroplectammina grzybowski-Silicosigmoilina futabaensis* Zone (Maastrichtian) in terms of benthonic zones.

Thus, on the basis of the first and last occurrence and abundance of a given species, a sequence of lower to uppermost Cretaceous (Barremian to Maastrichtian) marine strata of Japan is biostratigraphically subdivided into ten planktonic zones and ten benthonic ones.

The correlation of these zones with those of megafossils (inocerami and ammonites) shows a bio- and chrono-stratigraphically good coincidence. It is confirmed that the zonal schemes based on both planktonic and benthonic foraminifers are very useful not only for regional correlation of Cretaceous sediments within Japan, but also for inter-regional correlation between the Cretaceous sequences exposed at distant parts of the European type region and Japan.

In addition, the vertical changes of the calcareous foraminiferal dominance and the composition of the faunal assemblages themselves suggest that the Cretaceous depositional environments were under a closed and stagnant condition during the Barremian and Cenomanian through the Turonian stages, and under an aerobic condition in the face of open sea during the Aptian through Albian and Coniacian through Santonian stages.

1. はじめに

本稿では筆者が過去15年間にわたって、主として北海

* 1984年3月29日 日本地質学会第91年年会討論会 (於早稲田大学) で講演。

** 石油資源開発株式会社技術研究所. Laboratory of Japan Petroleum Exploration Co. Ltd., Hamura-machi, Nishitama-gun, Tokyo 190-11.

道、関東の白亜系の有孔虫化石を広範囲に調査研究 (Fig. 1) した結果と海保 (1984), 山田 (1984) の最上部白亜系の成果をアンモナイト, イノセラムスなどの巨化石による化石帯層序と対応させて報告する。同時に巨化石帯を介してではあるが、日本の有孔虫化石帯とヨーロッパとの Stratotypes との対比について述べる。放散虫化石

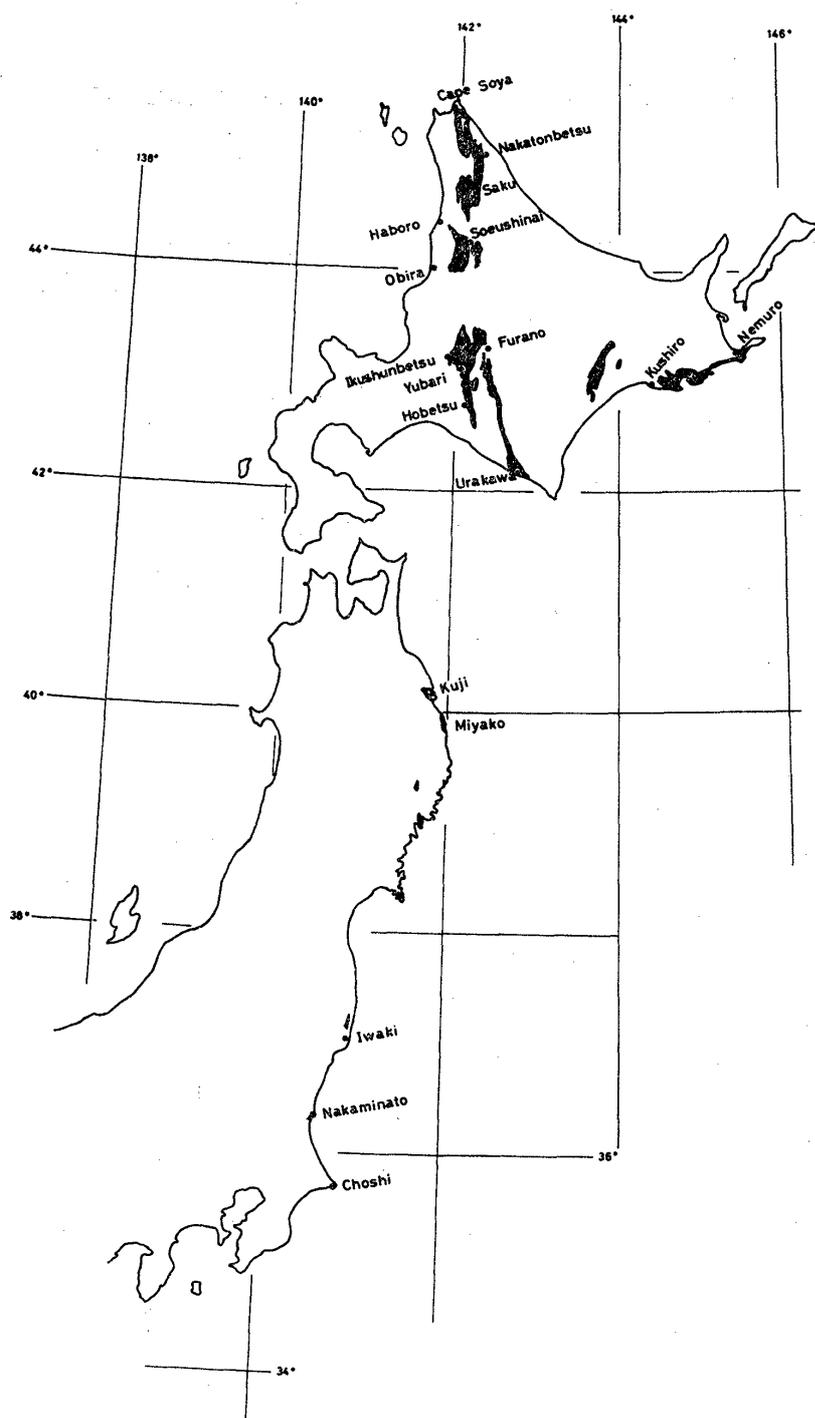


Fig. 1. Map showing the studied area in Northeast Japan.

については、TAKETANI (1982) の浦河地域と小平地域における詳細な研究成果と中世古 (1979) をはじめとする多くの研究者の手による、主として下部白亜系に関する成果が続々と公表されている。このように、現在放射虫化石をはじめ、ナンノプランクトン化石、渦鞭毛藻化石などの化石層序学的研究が精力的に行われており、近い将来、これらの成果が次々と公表されるであろう。ま

た、地域的には四国、九州をはじめとする西南日本に分布する白亜系は日本の生物地理区を考える上できわめて興味ある重要な地域ではあるが、現在調査研究が鋭意進行中であることから今回は触れないことにする。

本稿の発表の機会を与えられた石油資源開発(株)専務取締役鯨岡明博士、同探鉱部長鶴飼光男氏、同研究所所長工藤修治氏に深く感謝の意を表す。本稿を草するに

あたり、北海道白亜紀有孔虫化石について討論と有意義な御助言をいただいた東北大学高柳洋吉教授、山形大学齋藤常正教授、同海保邦夫博士に、また貴重な試料と巨化石についての参考資料を賜わった九州大学松本達郎名誉教授、同利光誠一氏の方々に厚く御礼を申し上げる。

2. 日本の白亜系の有孔虫化石層序と国際対比

MAIYA and TAKAYANAGI (1977) により、主として北海道中軸帯に分布する各地域の白亜系を生層学的に詳細に研究し、アンモナイト、イノセラムス帯と比較検討しつつ、アルピアンからカンパニアンまでの浮遊性有孔虫化石層序と底生有孔虫化石層序が設定された。その後、OBATA *et al.* (1983) によって関東の銚子地域のバレミアンからアプチアンにかけての有孔虫化石についてアンモナイト化石とともに調査研究され、化石層学的位置が解明された。また、松本ほか (1983) によって北海道枝幸郡頓別地域の、齋藤教授 (山形大) を代表者とする古第三系総合研究グループによって釧路市東方から根室市にかけての道東地域のカンパニアンからマーストリヒチアンまでの有孔虫化石層序の再検討がなされ、新たに今まで判然としなかったマーストリヒチアンの浮遊性有孔虫化石帯と底生有孔虫化石帯がつけ加えられた。その結果、日本の上部アプチアンからマーストリヒチアンまでの浮遊性有孔虫化石帯と、バレミアンからマーストリヒチアンまでの底生有孔虫化石帯が設定された。これらの化石帯は現在のところ、少なくとも房総半島から北海道までの白亜系に広く適用されることが確かめられた。これらの有孔虫化石帯区分と代表種の層位的産出 range をヨーロッパの標準階層序と日本標準階区分 (MATSUMOTO, 1977) および日本の巨化石帯区分 (イノセラムス化石帯区分: MATSUMOTO, 1977) に対応させて、Fig. 2, 3 にそれぞれ示した。また、有孔虫化石帯区分にもとづく各地域の地層の年代層学対比について Fig. 4 に示した。

次に、日本の有孔虫化石帯区分を浮遊性有孔虫化石帯区分と底生有孔虫化石帯区分に分けて、ヨーロッパ、アメリカなどの世界各地で設定された化石帯区分との対応、ヨーロッパ標準階層序にもとづく年代層序対比および日本の巨化石帯区分による標準層序との対応を加味して述べる。

A. 浮遊性有孔虫化石帯

日本 (主として、関東、東北、北海道) の白亜系は浮遊性有孔虫化石により、上部から

10) *Rugoglobigerina* Assemblage-zone

9) *Globotruncana arca* Assemblage-zone

8) *Globotruncana fornicata*—*Globotruncana pseudolinneiana* Concurrent-range-zone

7) *Globotruncana concavata* Acme-zone

6) *Globotruncana canaliculata*—*Globotruncana marginata* Acme-zone

5) *Globotruncana helvetica* Range-zone

4) *Rotalipora* Range-zone

3) *Favusella washitensis*/*Rotalipora* Interval-zone

2) *Ticinella* Assemblage-zone

1) *Globigerinelloides ferreolensis*—*Globigerinelloides macrocameratus* Range-zone

に区分される。

これらの化石帯の中で、1) *Globigerinelloides ferreolensis*—*Globigerinelloides macrocameratus* Range-zone 2) *Ticinella* Assemblage-zone 10) *Rugoglobigerina* Assemblage-zone の3化石帯が MAIYA and TAKAYANAGI (1977) の化石帯に新たにつけ加えられた。1) *Globigerinelloides ferreolensis*—*Globigerinelloides macrocameratus* Range-zone.

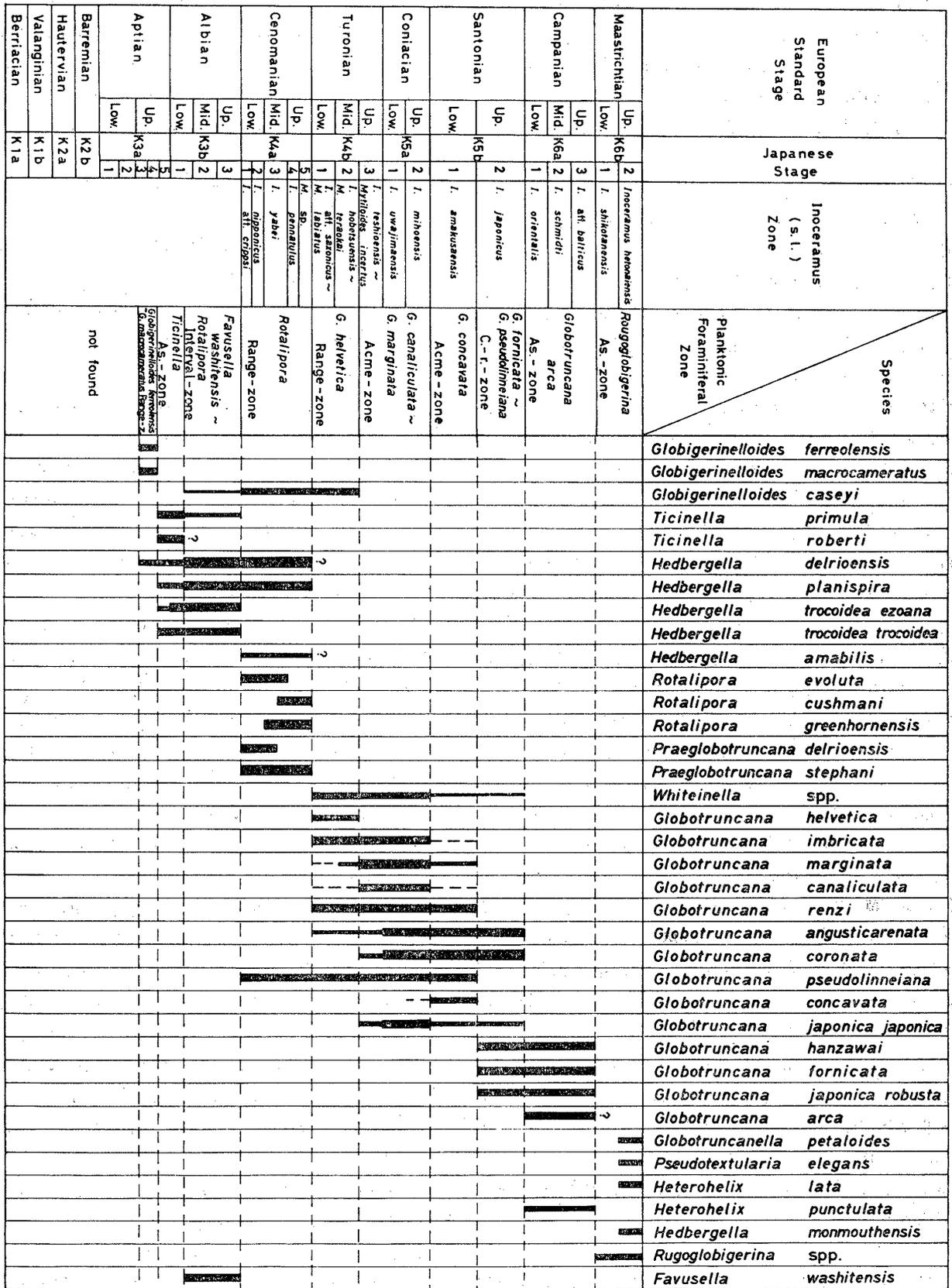
この化石帯は *G. ferreolensis* (MOULLADE) と *G. macrocameratus* LONGORIA が共産することから、ヨーロッパ・地中海地域における SIGAL (1977)、北アメリカのメキシコ地域における LONGORIA (1974)、VAN HINTE (1976) による後期アプチアンの *Globigerinelloides algerianus* Zone に対比され、日本における最古の浮遊性有孔虫化石帯であり、関東の銚子地域に分布する西明浦層 (OBATA, *et al.*, 1975) に認められる。

2) *Ticinella* Assemblage-zone

この化石帯は *Ticinella* 属が多産し、*Favusella* 属を産出しないことから、地中海地域における SIGAL (1977) による最後期アプチアンから初期アルピアンの *Ticinella belaouaensis* Zone に対比される。現在のところ日本では北海道佐久地域の神路層 (橋本ほか, 1967)、浦河地域の歌笛層最下部 (蟹江, 1966) に認められる。また、愛媛県宇和島に分布する四万十層群 (中世古, 1979)、北西太平洋 Shatsky Rise の深海ピストンコア (EWING *et al.*, 1966) からも同様の群集が発見されている。

3) *Favusella washitensis*/*Rotalipora* Interval-zone

この化石帯は北海道佐久地域の萌幌層・白滝層 (橋本ほか, 1967)、幾春別地域の中中部エゾ層群主部 (吉田・神部, 1956)、千栄地域の下部エゾ層群 (匂句・小山内, 1962)、浦河地域の歌笛層の下部 (蟹江, 1966) などの宮古統の上部 (K3b2, 3) に認められ、ヨーロッパ地中海



C-r-zone: Concurrent-range-zone
AS-zone: Assemblage-zone

Fig. 2 Stratigraphic distribution of the selected planktonic foraminifera in the Cretaceous System of Northeast Japan.

地域における SIGAL (1977) によるアルビアン *Hedbergella planispira* Zone, *H. rischi/T. primula* Zone, *T. breggiensis* Zone の三つの zone に相当する。この化石帯の群集はアルビアンの Stratotype からの *Hedbergella infracretacea* (GLAESNER), *H. planispira* (TAPPAN), *H. delrioensis* (CARSEY), *Ticinella primula* (LUTERBACHER) を主体とした群集にきわめて類似する。

4) *Rotalipora* Range-zone

一般に, *Rotalipora evoluta* SIGAL はこの化石帯の下部に, *Rotalipora greenhornensis* (MORROW) と *R. cushmani* (MORROW) は上部にそれぞれ産出する。したがって, この化石帯の大部分はヨーロッパ地中海地域における SIGAL (1977) の *Rotalipora globotruncanoides/Rotalipora brotzeni* Zone と *Rotalipora cushmani* Zone に相当し, 年代はセノマニアンと考えられる。しかし, 下部の *R. evoluta* を産出する一部は *Planomalina buxtorfi* (GANDORFI) を産出しないが, VAN HINTE (1976), SIGAL (1977) の *Rotalipora appeninica/Planomalina buxtorfi* Zone に相当し, 年代的に最後期アルビアンの可能性がある。

この化石帯はイノセラムス化石帯の *Inoceramus* aff. *crippsi*, *I. nipponicus*, *I. yabei*, *I. pennatulus* および *Mytiloides* sp. の 5 つの Zone に対応し, 北海道の佐久地域の佐久川層 (橋本ほか, 1967), 添牛内地域の中中部エゾ層群 My 5 (橋本ほか, 1965), 幾春別地域の三笠層群下部 (吉田・神部, 1956), 穂別地域の中川層 (橋本, 1956), 千栄地域の新冠川層 (酒匂・小山内, 1962) および浦河地域の歌笛層に認められ, 下部ギリヤーク統 (K4a) に相当する。

5) *Globotruncana helvetica* Zone

G. helvetica BOLLI はヨーロッパ, アフリカ, 北アメリカなどではチューロニアンにその産出が知られており (BOLLI, 1966 : PESSAGNO, 1970 : DOUGLAS, 1969), 特に VAN HINTE (1976) と SIGAL (1977) によって, 中・下部チューロニアンに限って産出することが指摘された。したがって, この化石帯はヨーロッパ地中海地域における SIGAL (1977) の *Globotruncana helvetica* Zone に対比される。

この化石帯は MATSUMOTO (1977) による *Inoceramus* aff. *saxonicus*—*Mytiloides labiatus* Zone と *I. labiatus*—*M. teraokai* Zone に対応し, 北海道佐久地域 (橋本ほか, 1967) と添牛内地域 (橋本ほか, 1965) の佐久層, 幾春別地域の三笠層群上部 (吉田・神部, 1956),

穂別地域の中川層上部 (橋本, 1956), 浦河地域の絵笛層 (蟹江, 1966) などの上部ギリヤーク統 (K4b) に認められる。

6) *Globotruncana canaliculata*—*Globotruncana marginata* Acme-zone

これまで, この化石帯の下限はコニアシアンの基底であると考えられてきたが (MAIYA and TAKAYANAGI, 1977), その後, 羽幌・小平地域をはじめとする各地域の有孔虫化石を詳細に再検討した結果, イノセラムス化石帯の *Inoceramus teshioensis* Zone の下限に一致し, チューロニアン上部をも含むことが判明した。浮遊性有孔虫化石群集から, この化石帯はヨーロッパ地中海地域における SIGAL (1977) の *Globotruncana sigali/Globotruncana schneegani* Zone に対比され, その年代は後期チューロニアンとコニアシアンに相当する。

この化石帯は上部ギリヤーク統上部から下部ウラカワ統 (K4b 上部から K5a) に属する佐久地域 (橋本ほか, 1967), 添牛内地域 (橋本ほか, 1965) の佐久層上部, 西知良志内層, 幾春別地域の上部エゾ層群下部 (吉田・神部, 1956), 穂別地域の浦河層下部 (橋本, 1956), 千栄地域の千呂露川層 (酒匂・小山内, 1962) に, 関東の双葉層群足沢層 (須貝他, 1957), 銚子地域の大洗層 (SAITO, 1961) にそれぞれ認められる。

7) *Globotruncana concavata* Acme-zone

この化石帯の種の構成がメキシコ湾岸地域の初期サントニアンのそれに類似することと, *G. concavata* (BROTZEN) の range がメキシコ湾岸およびヨーロッパ地域の後期コニアシアン～初期サントニアンに限られることから (PESSAGNO, 1967), この化石帯の年代は初期サントニアンと考えられる。この化石帯は上部浦河統下部に属する佐久地域のオソウシナイ層の下部 (橋本ほか, 1967), 幾春別地域の上部エゾ層群の中部 (吉田・神部, 1956), 浦河地域の浦河層上部 (蟹江, 1966) にもっとも典型的に認められる。

3) *Globotruncana fornicata*—*Globotruncana pseudolinneiana* Concurrent-range-zone

この化石帯に特徴的に産出する *Globotruncana coronata* (BOLLI) はメキシコ湾地域では後期チューロニアンからサントニアンまで, *G. fornicata* PLUMMER は後期サントニアンからマーストリヒチアンまでの range をそれぞれ有している (PESSAGNO, 1967)。一方, カリフォルニア地域では *G. coronata* と *G. pseudolinneiana* (PESSAGNO) はカンパニアンの基底付近で消滅する (DOUGLAS, 1969)。これらの事実からこの化石帯の年代は, ほ

ば後期サントニアンと考えられる。この化石帯は上部浦河統上部 (K5b2) に属する佐久地域のオソウシナイ層の中部 (橋本ほか, 1967), 浦河地域の浦河層の最上部 (蟹江, 1966) に模式的に認められる。また, 北海道の多くの地域で巨化石調査で採集された試料を用いて検討した結果, この化石帯はイノセラムス化石帯の *Inoceramus japonicus* Zone にほぼ対応する。

9) *Globotruncana arca* Assemblage-zone

Globotruncana arca (CUSHMAN) の産出 range が世界中のいろいろな地域でカンパニアンからマーストリヒチアンまで限られていることと, *Globotruncana* 属をはじめ多くの浮遊性有孔虫化石を産出するにもかかわらずマーストリヒチアンを指示する種を全くといっていいほど産出しないことから, この化石帯の年代はカンパニアンと考えられる。

この化石帯は巨化石帯の *Inoceramus orientalis* Zone (K6a1), *I. schmidtii* Zone (K6a2), *I. aff. balticus* Zone (K6a3) の3 Zone に対応し, 北海道宗谷地域の大岬層 (小山内, 1959), 佐久地域のオソウシナイ層上部 (橋本, 1967), 浦河地域の乳呑川層 (蟹江, 1966) などのヘトナイ統下部に属する地層に認められる。

10) *Rugoglobigerina* Assemblage Zone

この化石帯は *Rugoglobigerina* 属が特徴的に産出し, 上部には *Hedbergella monmouthensis* (OLSSON), *Globotruncanella petaloides* (GANDORFI) などを産出することで特徴づけられる。特に, この化石帯を代表する *Rugoglobigerina* 属はカリフォルニア地域ではマーストリヒチアンに (DOUGLAS, 1969), *H. monmouthensis* と *G. petaloides* はヨーロッパ, 北アメリカのマーストリヒチアンにそれぞれ産出が限られている。したがってこの化石帯の時代はマーストリヒチアンである。この化石帯はヘトナイ統下部の K6b1 の *Inoceramus shikotanensis* Zone と K6b2 の *I. hetonaiensis* Zone の巨化石帯に対応し, 北海道釧路地域の仙鳳趾層上部, 白糠丘陵地域の活平層下部, 頓別地域の函淵層群C~E層に認められる。

特に, この化石帯設定にあたって次に述べるような大きな成果があった。つまり, 山田 (1984) が北海道釧路地域の厚岸湾西岸の尾幌川分水河口付近に分布する仙鳳趾層上部から *Pseudotextularia elegans* (RZEHA), *Globigerinelloides messinae* (BRONNIMAN), *Hedbergella monmouthensis* および *Globotruncanella petaloides* などの後期マーストリヒチアンを指示する浮遊性種を, 海保 (1984) が白糠丘陵地域のモカワルップ川の

活平層下部から *Globigerinelloides aspera* (EHRENBERG), *Rugoglobigerina hexacamerata* BRONNIMAN, *H. monmouthensis* などの後期マーストリヒチアンを指示する浮遊性種をそれぞれ報告した。これらは仙鳳趾層の直上の床潭層から高柳ほか (1984) によって, 活平層上部から海保 (1984) によって第三紀最初期ダニアンを指示する浮遊性有孔虫化石が報告されたことと合わせると, 日本の白亜系/第三系の境界問題およびそれにまつわる古地理, 古気候などの古環境の変遷を論ずる上できわめて意義のある重要な成果であると考えられる。今後, この方面からのアプローチが大いに期待されるのである。

B. 底生有孔虫化石帯

底生有孔虫化石のあるいくつかのガイド種によって, 日本のパレミアンからマーストリヒチアンまでの白亜系は上位より

- 10) *Spiroplectammina grzybowski*—*Silicosigmoilina futabaensis* Concurrent-range-zone
- 9) *Marginulina* sp. A—*Silicosigmoilina futabaensis* Assemblage-zone
- 8) *Silicosigmoilina futabaensis*—*Silicosigmolina ezoensis* Concurrent-range-zone
- 7) *Silicosigmoilina ezoensis*—*Rzehakina epigona* Concurrent-range-zone
- 6) *Textularia hikagezawensis*/*Silicosigmoilina ezoensis* Interval-zone
- 5) *Textularia hikagezawensis* Range-zone
- 4) *Tritaxia disjuncta* Assemblage-zone
- 3) *Gyroidinoides infracretaceous*—*Planulina suturalis* Range-zone
- 2) *Lenticulina nodosa*—*Falsoguttulina obatai* Assemblage-zone
- 1) *Verneulinoides plexus neocomiensis*—*Lenticulina heiermani* Range-zone

の10化石帯に区分される。

これらの底生有孔虫化石帯区分は *Verneulinoides plexus neocomiensis*—*Lenticulina heiermani* Zone と *Lenticulina nodosa*—*Falsoguttulina obatai* Zone を除いては, 生層序学的にも, 年代層序学的にも浮遊性有孔虫化石帯区分や巨化石帯区分とよく対応する。したがって, 間接的ではあるが, これらの底生有孔虫化石を用いての時代決定や国際対比が可能である。特に, 日本では底生有孔虫化石は浮遊性有孔虫化石にくらべて連続多産することから, より詳細な stage boundary を設定した

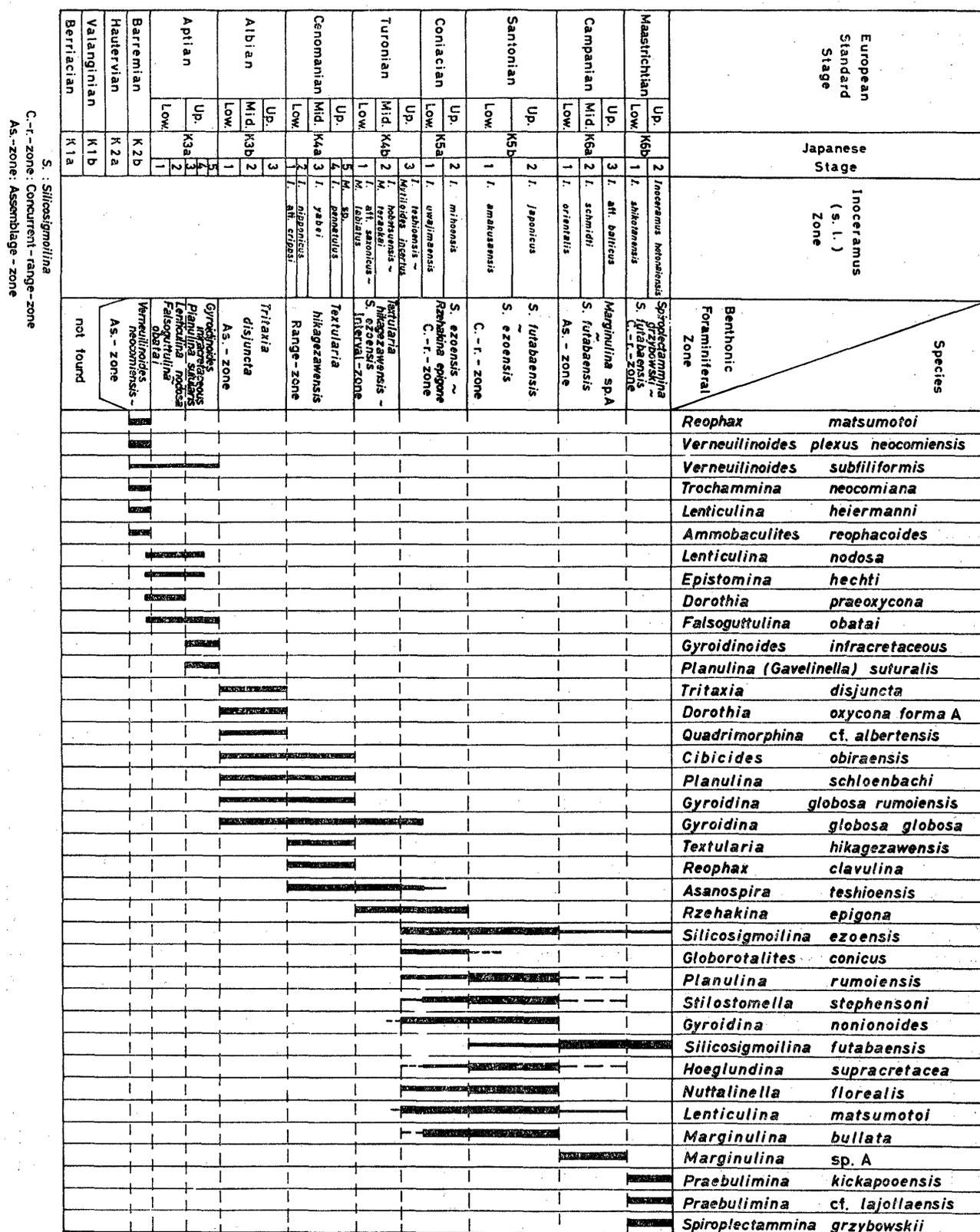


Fig. 3 Stratigraphic distribution of the selected benthonic foraminifera in the Cretaceous System of Northeast Japan.

り、地層対比を行う場合非常に有効である。

各底生有孔虫化石帯における種の層位学的産出 range と巨化石帯との対応について Fig. 3 に示す。

Verneulinoides plexus neocomiensis—*Lenticulina heiermani* Range-zone : *Reophax matsumotoi* MAIYA and INOUE, *Verneulinoides plexus neocomiensis* (MYATLIUK) および *Trochammina neocomiana* MYATLIUK などの砂質種が多産することと、*Lenticulina heiermanni* BATTENSTAEDT を産出することで特徴づけられる。特に、これらの化石種の中で、*V. plexus neocomiensis*, *T. neocomiana* および *L. heiermanni* はヨーロッパ、アフリカなどのネオコミアン、パレミアンから産出が報告されており、この化石帯の年代はパレミアンに相当する。この化石帯は関東の銚子地域の君ヶ浜層中部 (OBATA *et al.*, 1982) に模式的に認められる。

Lenticulina nodosa—*Falsoguttulina obatai* Assemblage-zone : *Lenticulina nodosa* (REUSS), *Epistomina hechti* (BARTENSTEIN) および *Falsoguttulina obatai* MAIYA and INOUE などの石灰質種と砂質種の *Ammobaculites reophacoides* BARTENSTEIN を産出することで特徴づけられる。これらの種はヨーロッパ、北西アフリカ、カナダなどのパレミアンから下部アプチアンに産出が報告されている。したがって、この化石帯は後期パレミアンから初期アプチアンの年代に当り、銚子地域 (OBATA *et al.*, 1982) の君ヶ浜層最上部と酉明浦層中部に認められる。

3. 日本の浮遊性有孔虫化石帯の生物地理的、年代層序学の問題

1952年 BOLLI がトリニダットの白亜系の化石帯区分を浮遊性有孔虫を用いて設定して以来、世界の各地域の白亜系について同様の試みが次々となされた。このように各地域でパレミアンからマーストリヒチアンに至る浮遊性有孔虫化石による化石帯区分が設定されたのに呼応して SIGAL (1977) と VAN HINTE (1976) が世界各地の浮遊性有孔虫化石帯区分を総括してオーテリビアンからマーストリヒチアンまでの化石帯区分の大綱をまとめたが、しかし、これらの化石帯区分のほとんどは浮遊性有孔虫の高い種の多様性と産出頻度および殻の周囲に keel の発達した *Globotruncana* 属で特徴づけられるテーチス フォーナを示す地域や低緯度地域でなされたものであり、種数が少なく、しかも *Hedbergella*, *Rugoglobigerina*, *Whiteinella* 属の産出で特徴づけられる boreal フォーナを示す地域にそのまま適用することは非常に困難である。日本の東北日本や北海道地域に産出

る白亜紀浮遊性有孔虫群集が boreal 群集であるかテーチス群集であるかについては大いに議論の分かれるところであるが、keel を持った *Rotalipora* 属、*Globotruncana* 属を少数ながらも全般的に産出することから Boreal 群集というよりも DOUGLAS (1972) が主張している pacifican microfauna に近い群集を示している。したがって、日本の白亜系にガルフ コーストや他のテーチス動物群域で設定された化石帯区分がそのまま適用できないので日本独自の浮遊性有孔虫化石帯が設定され、底生有孔虫化石帯やアンモナイト、イノセラムスなどの巨化石帯区分と対応させてヨーロッパの stratotypes との対比がなされた。そのため、日本の化石帯区分の基準となった浮遊性種の中の一部の datum はヨーロッパの階区分を基準にするとテーチス動物群やガルフ コースト等の低緯度地域のものとは一致しない。例えば *Praeglobotruncana stephani* はテーチス地域やガルフ コーストでは初期チューロニアンまでその range がのびるのに対して、日本ではセノマニアンに産出が限られている。また、*Rotalipora* 属もテーチス地域では上部アルピアンから産出するのに対して、カリフォルニア、ガルフ コースト地域などの北米もそうであるが、日本ではセノマニアンからはじめて産出する。この原因として、1) 現在においても、ヨーロッパの stratotypes での浮遊性有孔虫化石帯とアンモナイトなどの巨化石帯との間で boundary stratotypes 的観点からの整合が不十分であるのにたいして、日本では浮遊性有孔虫化石帯を巨化石帯に対応させてヨーロッパの stratotypes との対比を行なった、2) 海洋環境の相異による浮遊性有孔虫化石の地理的、時代的分布の差異が生じたなどが考えられる。底生有孔虫化石群集の変化などから 2) の海洋環境の相異によるものと考えた方が妥当であるが、その他に地層の欠除も一因として考えられる。特に日本の場合、テーチス地域やガルフ コーストにくらべて、一般に浮遊性有孔虫化石の産状に乏しく、化石帯を決定する鍵種がどこでも連続して産出するわけではないので、化石帯の境界を正確に決定することが困難な場合が多い。したがって、層序対比や時代決定には浮遊性有孔虫化石だけでなく底生有孔虫や他の微化石をも併用するといった multiple criteria を導入する必要がある。また、このように浮遊性種の産状が少ないと必ず、first appearance と first occurrence の問題が生じるので multiple criteria の導入は重要である。

4. 底生有孔虫化石の年代層序学的有効性

底生有孔虫化石については、浮遊性有孔虫化石が示準

化石として、年代層序学的対比を行う場合、きわめて有効であるとの認識が定着してから、日本では石油会社を除いては底生有孔虫化石を層序対比に使用するという試みがほとんど行われなくなった。あまつさえ、底生有孔虫化石による年代層序や広域対比が不可能であって、たとえ、それを試みたとしても間違いであるとの誤解さえ一部にいだかれる場合がある。たしかに、底生有孔虫化石を群集としてとらえた場合、堆積地盆の位置やその堆積環境のちがいによって群集組成が著しく変化するということは事実であるが、底生種の中にも示相化石としてだけではなく示準化石としての価値を十分にもっているものが数多く存在することは我々が数多く経験することである。したがって、日本の白亜系から産出する数多くの底生有孔虫化石の中から、例えば、*Tritaxia disjuncta* (CUSHMAN) はアルビアン、*Textuaria hikagezawensis* TAKAYANAGI はセノマニアンに産出が限られ、*Silicosigmoilina ezoensis* TAKAYANAGI はチューロニアン上部から (*Inoceramus teshioensis* の初出現に一致)、*S. futabaensis* ASANO はサントニアンから (*Inoceramus amakusensis* の初出現に一致) はじめて出現するといったように層序学的にきわめて価値があると判断された種を用いることによって、年代決定やヨーロッパの stratotypes との対比が可能である。

5. 石灰質有孔虫化石含有率による日本の白亜系の古環境解析

一般に、現生有孔虫の生態調査から *Haplophragmoi-*

des 属、*Trochammina* 属、*Dorothia* 属および *Bathysiphon* 属などの砂質種は溶存酸素量がきわめて低い閉塞された嫌気性の環境下に好んで生息するし、*Lenticulina* 属や *Gyroidina* 属などの石灰質種は外洋または外洋に開かれた好気性の環境下に生息することが知られている。このような事実をもとにして、各地域に分布する白亜系の石灰質種の含有率を時代ごとに調べて古環境の変化を明らかにしようとした。関東の銚子地域においてパレミアンからアプチアンまで、北海道幾春別地域においてアルビアン、浦河地域と佐久地域においてアルビアンからカンパニアンまでの各地層から採取した 1,000 個以上の試料について有孔虫化石の石灰質種の含有率を調査した (Fig. 5)。それによると、パレミアン期は石灰質種の含有率が近いことから、当時の堆積地盆は閉塞された嫌気性の環境下にあったことが伺われる。次のアプチアン期では急激に石灰質種の含有率が高くなり、アルビアン期にはピークに達した。これは堆積地盆が閉塞された嫌気性の環境から外洋性ないし外洋に開かれた好気性の環境へと急変したことを物語っている。セノマニアン期になると、再び石灰質種の含有率が低くなり、チューロニアン期で極小になる。この現象はおそらく“中期白亜紀事象”を反映したものであり、堆積地盆のほとんどが外洋から閉ざされた嫌気性の環境下にあったものと推定される。次にコニアシアン期になると急激に石灰質種の含有率が高くなり、同時に浮遊性有孔虫が多く産出することからサントニアン期を通じて堆積地盆全体が外

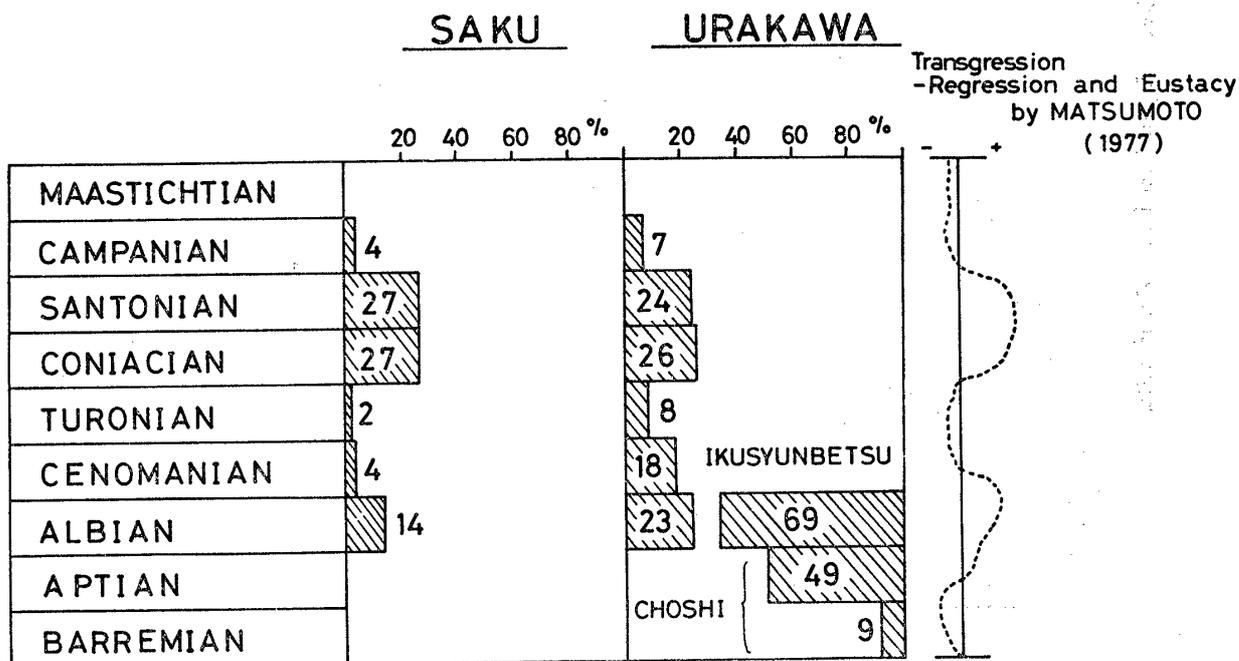


Fig. 5 The percentage occurrence of calcareous foraminifera in total population (Calcareous foraminiferal dominance).

洋に開かれた溶存酸素量の高い好気性の環境下におかれたものと考えられる。カンパニアン期になると石灰質種の含有率が低くなるが、これは堆積盆地が浅化したこと、堆積物自体が粗粒化したことによるものと考えられる。このように、白亜系堆積盆地の古環境は時代とともにある周期性をもって変化していることが石灰質種の含有率からわかる。この結果を MATSUMOTO (1977) の海進海退の海水準変動曲線にあてはめると非常によく一致する (Fig. 5 参照)。すなわち、石灰質種の含有率が低い時期は海退期に、高い時期は海進期に対応すると言える。

6. おわりに

拙著は有孔虫の化石帯区分にもとづく国際対比について筆者の見解を述べたものである。日本においては、浮遊性有孔虫化石帯のなかで鍵種の産出が乏しく、時間的にも空間的にも連続的でない場合が多い。その場合、化石帯の境界設定や対比などにまだ多くの問題が残されている。今後、これらの問題を今回ほとんどふれることができなかつた生層序学的にめざましい進歩、発達を遂げている放散虫化石やナンノプランクトン化石を加味した multiple criteria という見地から解決されなければならないことを付記する。

引用文献

- DOUGLAS, R.G., 1969: Upper cretaceous planktonic foraminifera in northern California. Part 1 *Systematic Micropal.*, 5(2), p.151-209.
- , 1972: Paleozoogeography of Late Cretaceous planktonic foraminifera in North America, *Jour. Foram. Res.*, 2(1), p.14-34.
- 橋本 亘, 1956: 日高一穂別地区の地質調査報告, 石油資源開発(株)地質報告.
- , 長尾捨一, 菅野三郎, 1965: 5万分の1地質図幅「添牛内」同説明書, 北海道開発庁, p.1-92.
- , 大友練一, 小屋開地稔, 戸野聡, 北村一成, 平 一弘, 和島 実, 1967: 北海道天塩国中川郡中川町の地質及び地下資源 p.1-48, 中川町.
- 海保邦夫, 1984: 北海道東部白糖丘陵地域の上部白亜系および古第三系の有孔虫化石層序. 斎藤常正・岡田尚武・海保邦夫編, 日本の古第三系の生層序と国際対比に関する研究. p.35-47.
- 蟹江康光, 1966: 北海道浦河地方の白亜系. 地質雑. 72(7), p.315-328.
- LONGORIA, J.F., 1974: Stratigraphic morphologic and taxonomic studies of Aptian planktonic foraminifera. *Rev. Espan. Micropal.*, Num. Extra., p.1-107.
- MAIYA, S. and TAKAYANAGI, Y., 1977: Cretaceous foraminiferal biostratigraphy of Hokkaido, Japan. *Palaeont. Soc. Japan, Spec. Pap.*, (21) p.41-51.
- 松本達郎, 米谷盛寿郎, 井上洋子, 野田雅之, 海保邦夫, 1981: 北海道頓別川流域上部白亜系におけるメガミクロ化石層序の対応. 石技誌, 46, p.301-313.
- MATSUMOTO, T., 1977: Zonal correlation of the Upper Cretaceous in Japan. *Palaeont. Soc. Japan, Spec. Pap.*, (21) p.63-74.
- , 1977: On the so-called Cretaceous transgressions. *Palaeont. Soc. Japan, Spec. Pap.*, (21), p.76-84.
- 中世古幸次郎, 1979: 本邦白亜系放散虫群集と国際対比の可能性. 化石, (29), p.27-35.
- OBATA, I., MAIYA, S., INOUE, Y. and MATSUKAWA, M., 1982: Integrated mega-and micro-fossil biostratigraphy of the lower Cretaceous Choshi Group, Japan. *Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo*, Ser. C, 8(4), p.145-175.
- 小山内照, 1959: 5万分の1地質図幅「宗谷および宗谷岬」同説明書, p.1-48, 北海道地下資源調査所.
- PESAGNO, E.A. Jr., 1967: Upper Cretaceous planktonic foraminifera from the western Gulf Coastal Plain. *Paleontogr. Amer.*, 5, 245-445.
- 酒白純俊, 小山内照, 1962: 5万分の1地質図幅「千呂露」同説明書, 北海道開発庁. p.1-46.
- SIGAL, J., 1977: Essai de zonation du Cretace des regions Mediterraneennes a l'aide des foraminiferes planctoniques, *Geol. Mediterr.*, 4(2).
- 須貝貫二, 松井 寛, 佐藤 茂, 喜多河庸二, 佐々木実, 宮下美智夫, 河内英幸, 1957: 「常盤炭田地質図説明書」日本炭田図1, 地質調査所.
- 高柳洋吉, 安田尚登, 1984: 根室層群床潭層の浮遊性有孔虫. 斎藤常正・岡田尚武・海保邦夫編, 日本の古第三系の生層序, p.25-29.
- TAKETANI, Y., 1982: Cretaceous radiolarian biostratigraphy of the Urakawa and Obira areas, Hokkaido. *Tohoku Univ. Sci. Rep.*, 2nd ser. (Geology), 52(1)-(2), p.1-75.
- VAN HINTE, J.E., 1976: A Cretaceous time scale. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 60(4), p.495-516.
- 山田雅晴, 1984: 厚岸湾西岸地域の石灰質ナンノ化石および浮遊性有孔虫. 斎藤常正・岡田尚武・海保邦夫編, 日本の古第三系の生層序と国際対比, p.15-18.
- 吉田 尚, 神部信和, 1955: 5万分の1地質図幅「幾春別岳」同説明書, p.1-39, 北海道開発庁.