

## 底生有孔虫にもとづく日本の後期新生代古水深指標

長谷川四郎<sup>1)</sup>・秋元和實<sup>1)</sup>・北里 洋<sup>2)</sup>・的場保望<sup>3)</sup>

## Late Cenozoic paleobathymetric indices based on benthic foraminifers in Japan

Shiro HASEGAWA<sup>1)</sup>, Kazumi AKIMOTO<sup>1)</sup>, Hiroshi KITAZATO<sup>2)</sup>  
and Yasumochi MATOBA<sup>3)</sup>

**Abstract** Benthic foraminifers are regarded as the most useful tool for paleobathymetric reconstruction of the Upper Cenozoic. Their propriety as a paleobathymetric indicator, however, tends to decrease toward the past because the proportion of extinct species becomes larger in fossil assemblages and because the habitats for any species have changed with age. In this paper, reliability of benthic foraminifers as an index is discussed, and index species of several paleobathymetric zones are proposed for the Upper Cenozoic faunas.

To recognize the difference among faunal components in similar environment of different age and in different region of the same age, we analysed the foraminiferal data from the three stratigraphic intervals each of two provinces separately. They are lower Middle Miocene, upper Middle Miocene to Lower Pliocene, and Upper Pliocene to Lower Pleistocene in Northeast Japan, and lower Middle Miocene, Upper Miocene, and Pliocene in Southwest Japan (Pacific coast-region including Kanto district). On the fossil species which is identical with the Recent one, their shallow bathymetric zone (SBZ) are estimated by analogy of SBZ of the Recent species at respective unit. On the other fossil species, the estimation of SBZ are based on the frequent co-occurrence with the SBZ known species in fossil assemblages. Successively, we apply those SBZ to fossil assemblages of the well-studied regions in Northeast Japan, for the evaluation of their reliability as paleobathymetric indices.

## 1 はじめに

底生有孔虫は現在の海域に広く分布しており、一部の種は汽水あるいは淡水域にも生息する。海生のものでは潮間帯から大洋底あるいは海溝まで、深度による顕著な棲み分けが認められている。このような広範囲の分布と顕著な棲み分けは地質時代を通じ

てあったと推定できることから、底生有孔虫は古水深復元のためのもっとも有効な材料であると考えられている。

ところが、古水深を推定する場合に用いる底生有孔虫化石資料や、推定の根拠とされる現生有孔虫資料の扱い方によって、見積られる結果が異なったものになることがある。かつて、秋田県北鹿地域の黒鉱鉱床の生成した海の水深について論争がなされた (GUBER and OHMOTO, 1978; KITAZATO, 1979; 的場, 1983b; UCHIO, 1983)。これは同じ底生有孔虫の試料を用いながらも、堆積学的見解や、比較する現生有孔虫の分布・海洋環境などの扱い方の相違によって、大きく異なる解釈が生じた例である。

このため、「新生代東北本州弧のジオテクトニクス

- 1) 東北大学理学部地質学古生物学教室, Institute of Geology and Paleontology, Faculty of Science, Tohoku University, Sendai, 980 Japan.
- 2) 静岡大学理学部地球科学教室, Institute of Earth Science, Faculty of Science, Shizuoka University, Shizuoka, 836 Japan.
- 3) 秋田大学鉱山学部鉱山地質学教室, Institute of Mining Geology, Mining College, Akita University, Akita, 010 Japan.

に関する総合研究」(代表:東北大学教授(当時),北村信)では古水深を見積るための基準を作ることが試みられた。そこでは,化石としても産出する現生種について,日本近海における深度分布を検討し,さらにその結果を実際に化石群集に当てはめて,古水深推定の基準としての妥当性を考察した(長谷川・的場,1986MS)。

ところで,化石種の古生態について考える際の基礎となるのは現生種の生態に関する知識である。しかし,日本周辺の現生有孔虫群集,とくに深海性群集に関しては,従来,資料が十分ではなかった。最近になって,とりわけデータの少なかった太平洋の西南日本沖(四国海盆北部)における資料が明らかにされた(秋元,1986MS;1987MS;秋元・湯浅,1988MS)。秋元・長谷川(1988,本論集)はそれらを含む日本周辺の資料をもとに,現生遺骸群集の分布の特性をいくつかの海域に分けて検討した。そして,底生有孔虫の深度分布を水塊の分布と関連づけて把握し,各海域における各々の種の分布範囲の上限を,上限深度帯(shallow bathymetric zone),すなわち,その上限深度が該当する深度帯として認識した。

本論では,総研における成果と現生種の深度分布に関する秋元・長谷川(1988)の結果をもとにして,これまでに蓄積された底生有孔虫化石の資料を整理し直すことにより,化石種の古生態を考察する。また,古水深見積りにおいて指標となる,個々の種の生息深度を推定する。さらに,そのようにして得た指標を実際の化石群集に適用して古水深の推定を試み,その結果をもとに,指標の妥当性を検証する。

小論を発表する機会を与えていただいた,東北大学北村信名誉教授および大槻憲四郎博士に感謝の意を表す。

## II 化石種の生息深度の推定と古水深指標

古生物の生活環境・生活様式などの古生態を推定するには,一般に,化石の種類・形態上の特徴・共存する化石の種類や組成など化石から直接読み取れる古生物学的な情報や,化石の地層中における姿勢や散布状態・化石を含んでいる地層の岩相や堆積相およびそれらの広がりや堆積盆地における位置といった地質学的な情報等を得ることが,最初に行わ

れている。そのほか,化石の殻や骨格中の酸素や炭素の同位体比など,化学的な情報も有用であると考えられる。それらの情報は現生種の生態と比較し,両者間の共通点を見いだして初めて,効果的に古生物に適用できる。

東北日本の新第三系から産出した化石底生有孔虫群集についてみると,分類学上現生種と同一と見なすことのできる種あるいはそれと非常に近縁の種が数多く含まれている。また,化石群集を構成する種の組合せも,現生の様々な群集に比較できるものが見い出されている。したがって,化石として産する現生種や化石種の多くは,生態がその現生種あるいは近縁の現生種とほとんど変わっていないと考えることができる。このため,化石群集を現生群集と比較することによって,化石種の古生態を推定することができる。

さらに,殻の形状は生活様式と密接に関係すると考えられる。とくに *Cibicides*, *Glabratella*, *Neoconorbina*, *Rosalina* など海藻の表面で固着生活する属では,殻の固着する側面が,付着するものの表面の形状に沿うようにほぼ平坦か少しへこんでいたり,仮足の出し方などの生活形態に対応したその属に特有の装飾を有している。したがって,化石種についてもその形状から種を同定できると同時に,それが海藻上に生息していたこと,さらに,海藻が生育し得る有光帯に生息していたことなどが推定できる。

しかしながら,時代を遡るにつれて,生態の判明している現生種の化石群集中に占める割合は小さくなるので,含まれる現生種の生態をもとに,群集が生息していた古環境を推定することの妥当性は次第に薄れてくる。また,現生種と同一ないし近縁の種の中には, *Elphidium batialis* や *Melonis pompilioides* のように,すでに更新世前期であっても,現生種とは異なる環境で生息していた可能性のあるものも知られている(的場,1983a; HASEGAWA, 1984)。したがって,化石種はもちろん,現生種やそれに近縁の種についても,なんらかの方法で個々の種の古生態を考察することが必要である。

CHINZEI (1978) は時代的な平行群集(CHINZEI and IWASAKI, 1967)の具体例として,新第三紀の貝化石群について,同時代の沿岸域の中で環境の変

化や底質の違いに応じたいくつかの群集を認定し、さらに、異なる時代の各々の環境にも、構成種は異なるものの互いに比較し得る群集が分布することを示した。また、TAKAYANAGI et al. (1981) は東北日本をおよそ南西から北東に縦断する側線を想定して、仙台・一関・三戸および三陸沖の DSDP Hole 438A の特定の層準について、底生有孔虫群集を比較し、その組成の変化から、浅海帯より中部漸深海帯にかけての深度帯に相当すると考えられる4群集を識別している。

そこで、本論では一定の時代の化石群を対象に、典型的な深度帯を示すと考えられる群集をできるだけ多く選び出し、現生群集の分布より明らかになった種の分布と深度帯の関係(秋元・長谷川, 1988)を参考にして、個々の化石種の上限深度帯を推定することを試みる。なお、古日本海は中期中新世以後、部分的にしる太平洋から隔離されていたと見なされている。そのことは、両海域を覆う水塊の構造に相違のあったことを示唆する。このため、東北日本グリーンタフ地域と太平洋側地域(おもに西南日本)を分けて化石群集を検討した。

### (1) 東北日本の上部新生界化石群

東北日本の上部新生界は底生の化石群集にもとづく環境変遷の面から、以下のような4層準に区分される(MATSUNAGA, 1963 ; 的場, 1981 ; MATOBA, 1984)。

- ①暖海性の浅海性および深海性群集で特徴づけられる中部中新統下部。
- ②膠着質種を主とする深海性群集で特徴づけられる中部中新統～下部鮮新統。ごくわずかな地域にのみ寒海性群集を含む浅海性堆積物が分布する。
- ③中・上部漸深海帯の石灰質種を多く含む鮮新統～下部更新統。
- ④おもに寒海性浅海群集を含む、海退期の堆積物からなる上部鮮新統～下部更新統。

底生有孔虫群集の分布は底層水塊の分布と密接な関係にあると考えられる。そこで、表層水塊に支配される浮遊性微化石の資料を加えて、上記の環境変遷を水塊の変遷として捉えることが出来る。すなわち、①の中部中新統下部は表層と深層ともに暖流水の支配下にあった。②の中部中新統～下部鮮新統

では、表層・深層ともに寒流水の影響が強かった。しかし、とくにその前期には暖流水の影響が残っていたことが、いくつかの資料から知られている。海底は、一般的には、嫌気性の環境にあったと推定されている。③と④の鮮新統から下部更新統は、主として寒流水に支配されていたと考えられる。③の群集は北海道南西部～北陸の日本海沿岸部に良く発達する。これに対し、同時期の内陸部ではおもに④の群集が分布する。日本海沿岸部では内陸部より遅れて④の群集に置き変わる。したがって、③・④の群集の相違は同時代の古水深の差異によるもので、③が中層～深層水上部、④が表層水の影響下の群集と考えられる。この時期の深層水下部の性格は十分には把握されていない。表層水についてはまれに暖流の影響も認められており、現在の日本海における水塊構造に類似していたものと推定されている。

そこで、①、②および③・④の3層準について、様々な環境の化石群集を見いだすため、既存の資料により、東北日本を中心とした地域の群集組成を検討した。ここでは同一の層準における群集の地理的な変化を求めるために、各層準の区分が重複なく行えるよう、以下の生層序基準面によって用いる資料を選んだ。

中期中新世初期：*Praeorbulina* 初産出層準、または *Denticulopsis praelauta* 初産出層準の上位で、かつ *Globorotalia peripheroacuta* 初産出層準、または *Denticulopsis hyalina* 初産出層準より下位(16-14 Ma)。

中期中新世後期～鮮新世初期：*Denticulopsis praedimorpha* の初産出層準、または *Cyclicargolithus floridanus* 最終産出層準の上位で、かつ *Rouxia californica* 最終産出層準、または *Sphaeropyle langii* 初産出層準より下位(13-5 Ma)。

鮮新世後期～前期更新世：*Neodenticula kamtschatica* 最終産出層準、または *Stichocorys peregrina* 最終産出層準より上位(2.5-1.0 Ma)。

用いた資料は、以下に示すように、主として北村(編)(1986)に掲載された東北本州弧についてのもので、適宜それ以外の地域の資料を加えた([ ]内は地域と地層名。北村(編)に引用されている資料については、断面ルートの番号を( )内に記す)。

各文献より、試料毎の種構成が分かるデータのみを選んだ。また、未公表の論文（いずれも東北大学卒業論文）については、そこに記載された表のほか、必要に応じて筆者らの未公表資料も使用した。

北海道：椿原（1985MS）〔黒松内：黒松内層・瀬棚層〕；西塚（1987MS）〔八雲：訓縫層・八雲層・瀬棚層〕；片山（1986MS）〔瀬棚：八雲層・同層貝殻淵砂岩部層・五間橋層〕；白井（1965）〔上磯(6)：富川層〕；通産省資源エネルギー庁（1981）・長谷川（1981）〔久遠(6)：大安在川層〕；山口（1978）〔知内(7)：厚沢部層〕；秦・垣見（1979）〔木古内(7)：木古内層〕

東北北部：布施（1983MS）・小川（1984MS）〔鷹巣(13)：東又沢層・早口川層・藤琴川層・小比内沢層〕；井上ほか（1973b）〔大館(13)：大葛層〕；池辺（1962）〔西黒沢(14)：西黒沢層〕；安原（1984MS）〔阿仁合(14)：小比内沢層〕；片山（1980MS）・中下（1984MS）〔三戸(13)：末ノ松山層・留崎層〕

東北中部：内藤（1983MS）〔庄内(21)：北俣層・観音寺層〕；藤岡ほか（1981）〔湯殿山(22)：立谷沢層〕；佐藤（1986）〔新庄(21)：銀山層〕；北里（1971MS）〔左沢(23)：本道寺層〕；天野（1980）〔尾花沢(23)：新山層〕；菊田（1973MS）〔松島(22)：大塚層〕；北村ほか（1986）・長谷川（未公表資料）〔仙台(23)：茂庭層〕；黒墨（1985MS）〔白石(24)：橋本砂岩〕

東北南部および新潟：吉田（1980）〔玉庭(26)：沼沢層〕；林（1986MS）・小松原（1986MS）〔籀形(25)：内須川層・桑江層〕；井口（1983MS）〔西会津(27)：利田層〕；立石ほか（1982）〔新潟(28)：浜忠層・灰爪層〕；石油資源開発(株)（1982MS, 北村（編）1986による）〔宮下(28)：宮下泥岩〕

その他：HASEGAWA（1979）〔北陸：氷見層群〕；高橋（1988MS）〔八尾：黒瀬谷層〕

ところで、上記の資料中、各化石群集が典型的な深度帯を表す場合はあまり多くない。すなわち、多くの化石群集はある特定の深度帯に特徴的な種群とそれより浅い深度帯に生息する種の混じり合った、混合群集であると考えられる。とくに東北日本新第三系の場合、陸に近接した堆積盆の中で積成した地層と考えられるので、その様な混合が頻繁に興ったと想定される。その様な混入自体は堆積当時の古地

形を反映するものであり、環境解析の重要な資料となる。しかし、生息環境に対応する典型的な群集を抽出する際には、それら混入個体を除去する必要がある。また、混入は再堆積によっても起こり、深海性の化石種が浅海性堆積物中に混入することもあり得る。その一方で、生息領域が現在と異なっているために、他所から混入したと誤認される場合もある。

多くの場合、このような混合群集はそれを含む地層（単層）の広がりや上下の単層との累重関係などを野外で観察することによって識別できる。しかし、本論ではおもに既存資料を用いるため、その様な吟味を十分に行うことができない。そこで、ここでは共産する種の組合せに着目し、それらの共存関係を推定することを試みた。このため、3層準各々について産出頻度の比較的高い種をもとに、Rモード・クラスター分析を行った。その結果得られた高い頻度で共産する種の組合せを第1表に示す。これによると、①浅海性・深海性にかかわらず、互いに似た環境に生息する現生種は、化石群集においても共存する。②化石種同士の組合せについても、それらに近縁の現生種同士が共存することが多い。③特定の浅海性種と深海性種が共産する頻度は決して高くない。

とくに浅海性群集については、化石群集の種（あるいは属）組成も現生群集のそれと非常に良く似ている。したがって、現生の浅海性種と同一、ないしは近縁の化石種については、現生と同様の浅海域に生息していたと判断できる。一方、中部中新統では浅海性種と深海性種が混合したと考えられる群集が頻繁に認められる（的場，1981，など）。しかし、本分析の結果では、特定の浅海性種と深海性種が共産する頻度は決して高くない。それは混入した個体の起源や混入過程が地域あるいは層準によって異なるためと考えられる。このことより、それらの浅海種を混入個体と判断することができる。

以上の分析によって得られた種の組合せを中心に、それよりは小さい頻度で共存する種群との関係も考慮して、それらに含まれる現生種の生態を検討した。その結果、第2表に示すように、東北日本の上部新生界から産出する種について、生息深度の上限となる深度帯（上限深度帯）が推定された。

第1表 後期鮮新世—初期更新世, 中期中新世後期—初期鮮新世, および中期中新世初期の3層準における, 有孔虫化石群集の中で共存する頻度が高い種の組合せ。各組合せの左に, 現生種の深度分布から推定したそれぞれの上限深度帯を示す。

iS: 内部浅海帯, mS: 中部浅海帯, oS: 外部浅海帯, uB: 上部漸深海帯, umB: 中部漸深海帯上部, lmB: 中部漸深海帯下部。

Late Pliocene to Early Pleistocene	Early Middle Miocene
iS [ <i>Ammonia japonica</i> <i>Pseudorotalia gaimardii</i>	iS [ <i>Ammonia tochigiensis</i> <i>Sigmomorphina</i> spp.
oS [ <i>Ammonia takanabensis</i> <i>Rectobolivina raphanus</i>	iS [ <i>Amphistegina</i> spp. <i>Discorbis</i> spp.
iS [ <i>Buccella</i> spp. <i>Cibicides lobatulus</i> <i>Elphidium advena</i> <i>Elphidium subarcticum</i> <i>Gavelinopsis praegeri</i> <i>Hanzawaia nipponica</i>	uB [ <i>Baggina notoensis</i> <i>Marginulina</i> spp.
mS [ <i>Bulimina marginata</i> <i>Elphidium excavatum</i>	lmB [ <i>Bathysiphon</i> spp. <i>Oridorsalis umbonatus</i>
uB [ <i>Cibicides aknerianus</i> <i>Pullenia apertura</i>	uB [ <i>Bolivina dilatata</i> <i>Epistominella pulchella</i> <i>Stainforthia ishikiensis</i>
mS [ <i>Heterolepa subhaidingerii</i> <i>Paracassidulina nipponensis</i>	umB [ <i>Cassidulina carinata</i> <i>Stilostomella</i> spp.
Late Middle Miocene to Early Pliocene	iS [ <i>Cibicides refulgens</i> <i>Pseudoparrella takayanagii</i>
uB [ <i>Alabamina japonica</i> <i>Uvigerina segundoensis</i>	lmB [ <i>Cibicides wuellerstorfi</i> <i>Spirosigmoilinella compressa</i>
uB [ <i>Angulogerina kokozuraensis</i> <i>Melonis pompilioides</i> <i>Uvigerina akitaensis</i>	lmB [ <i>Cibicidoides malloryi</i> <i>Pullenia bulloides</i>
lmB [ <i>Cyclammina</i> spp. <i>Martinottiella communis</i> <i>Spirosigmoilinella compressa</i>	lmB [ <i>Cyclammina</i> spp. <i>Haplophragmoides</i> spp.
umB [ <i>Discammina</i> spp. <i>Valvulineria</i> spp.	oS [ <i>Glandulina laevigata</i> <i>Gyroidinoides nipponicus</i>
iS [ <i>Cibicides lobatulus</i> <i>Cibicides refulgens</i> <i>Elphidium jenseni</i> <i>Rosalina</i> spp.	iS [ <i>Hanzawaia tagaensis</i> <i>Nonion kidoharaensis</i>
uB [ <i>Cibicides aknerianus</i> <i>Islandiella norcrossi</i>	uB [ <i>Martinottiella communis</i> <i>Sigmoilopsis schlumbergeri</i>
	iS [ <i>Miogypsina kotoi</i> <i>Operculina complanata</i> <span style="display: block; text-align: right;">japonica</span>

第2表 後期新生代東北日本におけるおもな底生有孔虫種の上限深度帯.

EARLY, MIDDLE MIOCENE	LATE MIDDLE MIOCENE -EARLY PLIOCENE	LATE PLIOCENE -EARLY PLEISTOCENE
	<b>Inner sublittoral Zone</b>	
<i>Ammonia tochiensis</i> <i>Amphistegina</i> spp. <i>Buccella frigida</i> <i>Buccella tanaii</i> <i>Cibicides lobatulus</i> <i>Cibicides refulgens</i> <i>Discorbis</i> spp. <i>Glabratella</i> spp. <i>Hanzawaia tagaensis</i> <i>Miogypsina kotoi</i> <i>Neoconorbina</i> spp. <i>Nonion kidoharaensis</i> <i>Nonionella miocenica</i> <i>Operculina complanata japonica</i> <i>Pseudononion japonicum</i> <i>Pseudoparrella takayanagii</i> <i>Quinqueloculina</i> spp. <i>Rosalina</i> spp. <i>Sigmomorphina notoensis</i>	<i>Buccella</i> spp. <i>Cibicides lobatulus</i> <i>Cibicides refulgens</i> <i>Elphidium jenseni</i> <i>Glabratella</i> spp. <i>Hanzawaia nipponica</i> <i>Rosalina</i> spp.	<i>Ammonia beccarii</i> <i>Ammonia japonica</i> <i>Bolivina robusta</i> <i>Buccella makiyamai</i> <i>Buccella tenerima</i> <i>Buccella frigida</i> <i>Bulminella elegantissima</i> <i>Cibicides lobatulus</i> <i>Discorbis</i> spp. <i>Elphidium advena</i> <i>Elphidium crispum</i> <i>Elphidium excavatum</i> <i>Elphidium kusiroense</i> <i>Elphidium subarcticum</i> <i>Gavelinopsis praegeri</i> <i>Glabratella</i> spp. <i>Hanzawaia nipponica</i> <i>Nonion manpukuensis</i> <i>Pseudononion japonicum</i> <i>Pseudoparrella</i> spp. <i>Pseudorotalia gaimardii</i> <i>Quinqueloculina</i> spp. <i>Rosalina</i> spp.
	<b>Middle sublittoral Zone</b>	
<i>Alabama japonica</i> <i>Ammonia hatatensis</i> <i>Amphicoryna fukushimaensis</i> <i>Astrononion stelligerum</i> <i>Bolivina robusta</i> <i>Brizalina marginata</i> <i>Cibicoides</i> spp. <i>Guttulina</i> spp. <i>Heterolepa</i> spp.		<i>Bulimina marginata</i> <i>Cibicides refulgens</i> <i>Elphidium bartletti</i> <i>Elohedra nipponica</i> <i>Heterolepa subhaidingeri</i> <i>Paracassidulina nipponensis</i> <i>Spiroplectammina higuchii</i>
	<b>Outer Sublittoral Zone</b>	
<i>Ammonia</i> cf. <i>takanabensis</i> <i>Amphicoryna pauciloculata</i> <i>Cibicides aknerianus</i> <i>Dentalina</i> spp. <i>Elphidium sendaiense</i> <i>Fursenkoina</i> spp. <i>Gaudryina</i> spp. <i>Glandulina laevigata</i> <i>Globocassidulina orianguata</i> <i>Gyroldinooides nipponicus</i> <i>Hocglundina elegans</i> <i>Nonionellina</i> sp. <i>Valvulineria</i> spp.	<i>Cassidulina carinata</i> <i>Globocassidulina orianguata</i> <i>Heterolepa</i> spp.	<i>Ammonia takanabensis</i> <i>Cassidulina norvangi</i> <i>Globocassidulina bisecta</i> <i>Rectobolivina raphanus</i>
	<b>Upper Bathyal Zone</b>	
<i>Angulogerina kokozuraensis</i> <i>Baggina notoensis</i> <i>Bolivina dilatata</i> <i>Bulimina striata</i> <i>Epistominella pulchella</i> <i>Lenticulina</i> spp. <i>Marginulina</i> spp. <i>Martinottiella communis</i> <i>Nonionella</i> spp. <i>Sigmoilopsis schlumbergeri</i> <i>Stainforthia ishikiensis</i>	<i>Alabama japonica</i> <i>Angulogerina kokozuraensis</i> <i>Cibicides aknerianus</i> <i>Islandiella norcrossi</i> <i>Melonis pompilioides</i> <i>Uvigerina akitaensis</i> <i>Uvigerina segundoensis</i>	<i>Angulogerina kokozuraensis</i> <i>Bolivina decussata</i> <i>Cibicides aknerianus</i> <i>Dyocibicides</i> spp. <i>Fissurina</i> spp. <i>Globocassidulina depressa</i> <i>Islandiella japonica</i> <i>Islandiella norcrossi</i> <i>Islandiella yabei</i> <i>Melonis parkeræ</i> <i>Melonis pompilioides</i> <i>Pullenia apertura</i>
	<b>Upper Middle Bathyal Zone</b>	
<i>Cassidulina carinata</i> <i>Globobulimina</i> spp. <i>Gyrodina orbicularis</i> <i>Siphonotextularia</i> spp. <i>Stilostomella</i> spp. <i>Valvulineria</i> spp.	<i>Discammina</i> sp. <i>Globobulimina</i> spp. <i>Valvulineria sadonica</i>	<i>Epistominella pulchella</i> <i>Nonionellina labradorica</i> <i>Uvigerina akitaensis</i>
	<b>Lower Middle Bathyal Zone</b>	
<i>Bathysiphon</i> spp. <i>Cibicides wuellerstorfi</i> <i>Cibicoides malloryi</i> <i>Cyclammina</i> spp. <i>Haplophragmoides</i> spp. <i>Nodosaria longiscata</i> <i>Oridorsalis</i> spp. <i>Parrelloides</i> spp. <i>Pleurostomella</i> spp. <i>Pullenia bulloides</i> <i>Sphaeroidina</i> spp. <i>Spirosigmolinella compressa</i> <i>Uvigerina proboscidea</i>	<i>Bathysiphon</i> spp. <i>Cyclammina</i> spp. <i>Haplophragmoides</i> spp. <i>Martinottiella communis</i> <i>Spirosigmolinella compressa</i>	

第3表 後期新生代の西南日本(太平洋側地域) および関東におけるおもな底生有孔虫種  
の上限深度帯.

MIDDLE MIOCENE	LATE MIOCENE	PLIOCENE
	<b>Inner Sublittoral Zone</b>	
<i>Ammonia inflata</i> <i>Ammonia tochiensis</i> <i>Baggina totomiensis</i> <i>Buccella tanaii</i> <i>Buliminella elegantissima</i> <i>Cibicides lobatulus</i> <i>Cibicides refulgens</i> <i>Elphidium crispum</i> <i>Elphidium jenseni</i> <i>Glabratella orbicularis</i> <i>Hanzawaia nipponica</i> <i>Nonionella miocenica</i> <i>Rosalina</i> spp.	<i>Ammonia inflata</i> <i>Cibicides refulgens</i> <i>Elphidium crispum</i> <i>Hanzawaia nipponica</i> <i>Pseudorotalia gaimardii</i>	<i>Ammonia beccarii</i> <i>Elphidium advena</i> <i>Elphidium crispum</i> <i>Hanzawaia nipponica</i> <i>Pseudorotalia gaimardii</i>
	<b>Middle Sublittoral Zone</b>	
<i>Alabamina japonica</i> <i>Bolivina robusta</i> <i>Paracassidulina nipponensis</i>	<i>Ammonia ketienziensis</i> <i>Cibicidoides mediocris</i> <i>Lenticulina abensis</i> <i>Sigmoilopsis schlumbergeri</i>	<i>Ammonia ketienziensis</i> <i>Cibicidoides mediocris</i> <i>Heterolepa praecincta</i> <i>Lenticulina calcar</i> <i>Uvigerina schencki</i> <i>Sigmoilopsis schlumbergeri</i>
	<b>Outer Sublittoral Zone</b>	
<i>Amphicoryna scalaris</i> <i>Gaudryina ishikiensis</i>	<i>Ammonia takanabensis</i> <i>Cibicides aknerianus</i> <i>Hoeglundina elegans</i> <i>Nonion japonicus</i>	<i>Ammonia takanabensis</i> <i>Amphicoryna scalaris</i> <i>Bolivina robusta</i> <i>Bulimina marginata</i> <i>Cibicides aknerianus</i> <i>Globocassidulina oriangulata</i>
	<b>Upper Bathyal Zone</b>	
<i>Angulogerina kokozuraensis</i> <i>Cibicides aknerianus</i> <i>Islandiella norcrossi</i> <i>Martinottiella communis</i> <i>Trochammina globigeriniformis</i>	<i>Angulogerina angulosa</i> <i>Angulogerina kokozuraensis</i> <i>Globobulimina pacifica</i> <i>Martinottiella communis</i> <i>Pleurostomella alternans</i>	<i>Angulogerina kokozuraensis</i> <i>Chilostomella oolina</i> <i>Globobulimina auriculata</i> <i>Globobulimina perversa</i> <i>Hyalinea balthica</i> <i>Lenticulina orbicularis</i> <i>Nonionella miocenica</i> <i>Nonionellina labradrica</i> <i>Rectobolivina biforns</i> <i>Stilostomella lepidula</i>
	<b>Middle Bathyal Zone</b>	
<i>Bulimina rostrata</i> <i>Cibicides wuellerstofi</i> <i>Globobulimina auriculata</i> <i>Gyroidina 'orbicularis'</i> <i>Hopkinsina shinboi</i> <i>Nodosaria holoserica</i> <i>Nodosaria longiscata</i> <i>Nodosaria tosta</i> <i>Parrelloides bradyi</i> <i>Sphaeroidina bulloides</i> <i>Sphaeroidina compacta</i> <i>Uvigerina hispidocostata</i> <i>Uvigerina proboscidea</i>	<i>Alveolophragmium scitulum</i> <i>Brizalina spissa</i> <i>Bulimina nipponica</i> <i>Bulimina rostrata</i> <i>Cribrostomoides subglobosus</i> <i>Eggerella bradyi</i> <i>Globobulimina auriculata</i> <i>Globobulimina perversa</i> <i>Globobulimina pupoides</i> <i>Gyroidina 'orbicularis'</i> <i>Oridorsalis umbonatus</i> <i>Osangulina culter</i> <i>Pullenia bulloides</i> <i>Sphaeroidina bulloides</i> <i>Stilostomella lepidula</i> <i>Uvigerina akitaensis</i> <i>Uvigerina peregrina</i> <i>Uvigerina proboscidea</i>	<i>Bolivinita quadrilatera</i> <i>Bulimina aculeata</i> <i>Bulimina nipponica</i> <i>Bulimina rostrata</i> <i>Rutherfordoides mexicanus</i> <i>Uvigerina akitaensis</i> <i>Uvigerina peregrina</i> <i>Uvigerina proboscidea</i> <i>Uvigerina yabei</i>
	<b>Lower Bathyal Zone</b>	
<i>Ammodiscoides japonica</i> <i>Cyclammina cancellata</i> <i>Gyroidinoides altiformis</i> <i>Gyroidinoides komatsui</i> <i>Gyroidinoides soldanii</i> <i>Karreriella baccata</i> <i>Melonis barleeanus</i> <i>Melonis sphaeroides</i> <i>Psammospaera fusca</i> <i>Pullenia bulloides</i> <i>Pyrgo murrhina</i> <i>Tosaja hanzawai</i>		
	<b>Abyssal Zone</b>	
<i>Bathysiphon</i> sp. <i>Reopohax pilulifer</i> <i>Rhabdammina abyssorum</i> <i>Saccorhiza ramosa</i> <i>Saccamina sphaerica</i>		

## (2) 西南日本の新第三紀化石群

富士川流域の新第三紀有孔虫を調査したAKIMOTO (1988MS) によると、その化石群集のほとんどが西南日本沖の現生群集に類似している。このことは北西太平洋における水塊の分布が、新第三紀においても基本的には現在と同じであったことを暗示する。したがって、かなりの化石種の深度分布は現生種の分布から直接推定できるものと期待される。AKIMOTO (op. cit.) は現生群集と化石群集の各々について主成分分析を行い、現生種についての主成分と環境要素との関係にもとづいて、化石群集から古環境を推定した。本論では、そこで古環境推定の根拠とした化石群集の主成分と現生種の環境要素との対応関係をもとに、各主成分について因子評点の高い種群と環境要素の関係を推定した。さらに、太平洋側のおもな地域の資料をもとに、日本海側と同じ層準より産出する種について、先に環境要素との関係を推定できた種群との共存関係にもとづいて上限深度帯を推定した(第3表)。扱った資料は以下のものである。

KONDA (1980) [高崎：富岡層群；下部：西八代層群]；秋元 (1983MS) [高崎：富岡層群]；AO-SHIMA (1978)・SHARMA and TAKAYANAGI (1980) [掛川：相良層群・掛川層群]；AKIMOTO (1988MS) [富士川：西八代層群]；鈴木 (1987) [宮崎：宮崎層群]

### III 古水深指標としての上限深度帯の性質 (化石群集に適用する際の留意点)

前節で上限深度帯の推定された種は深度帯を示す指標となり得るもので、それらを化石群集に適用することにより、地層の堆積深度を深度帯の単位で見積ることができると考えられる。その上限深度帯を推定する過程で、用いる化石資料の扱い方や参照する現生種のデータ(秋元・長谷川, 1988)に関し、いくつか考慮すべき点があった。そこで、第2・3表の種を古水深指標として有効に活用するためには、化石群集に適用する際に、以下の点に留意することが必要である。

①第2表は東北日本の大部分と北海道渡島半島・北陸・山陰・古瀬戸内などの新第三系に、また、第3表は常磐・房総より宮崎・沖縄に至る太平洋岸地域

に適用できる。中期中新世の初期を除くと、その後、現在に至るまで、両地域は異なる水塊構造をなす海域にあったと予想されている。そのため、第2・3表は日本海側グリーンタフ地域と太平洋側地域、それぞれの地域の化石資料をもとに作成されており、それに沿った使い分けが必要である。

②各深度帯の水深は上記の地理的区分に対応する海域によって異なること、さらに、同じ海域でも南北に多少変化のあることが考えられる。

③第2・3表に示された深度帯は上限深度帯、すなわち、各々の種の深度分布の中で産出頻度の比較的高い範囲の上限の深度帯である。一般に、現生種の生体でさえ深度帯にして1～2帯にまたがって生息している。遺骸については、タービダイトによるような極端な死後運搬がなくても、上限深度帯から1～2帯は深い深度帯まで広がって分布している。また、上限深度帯より浅い深度帯にも、産出頻度は低いが分布は広がっている。

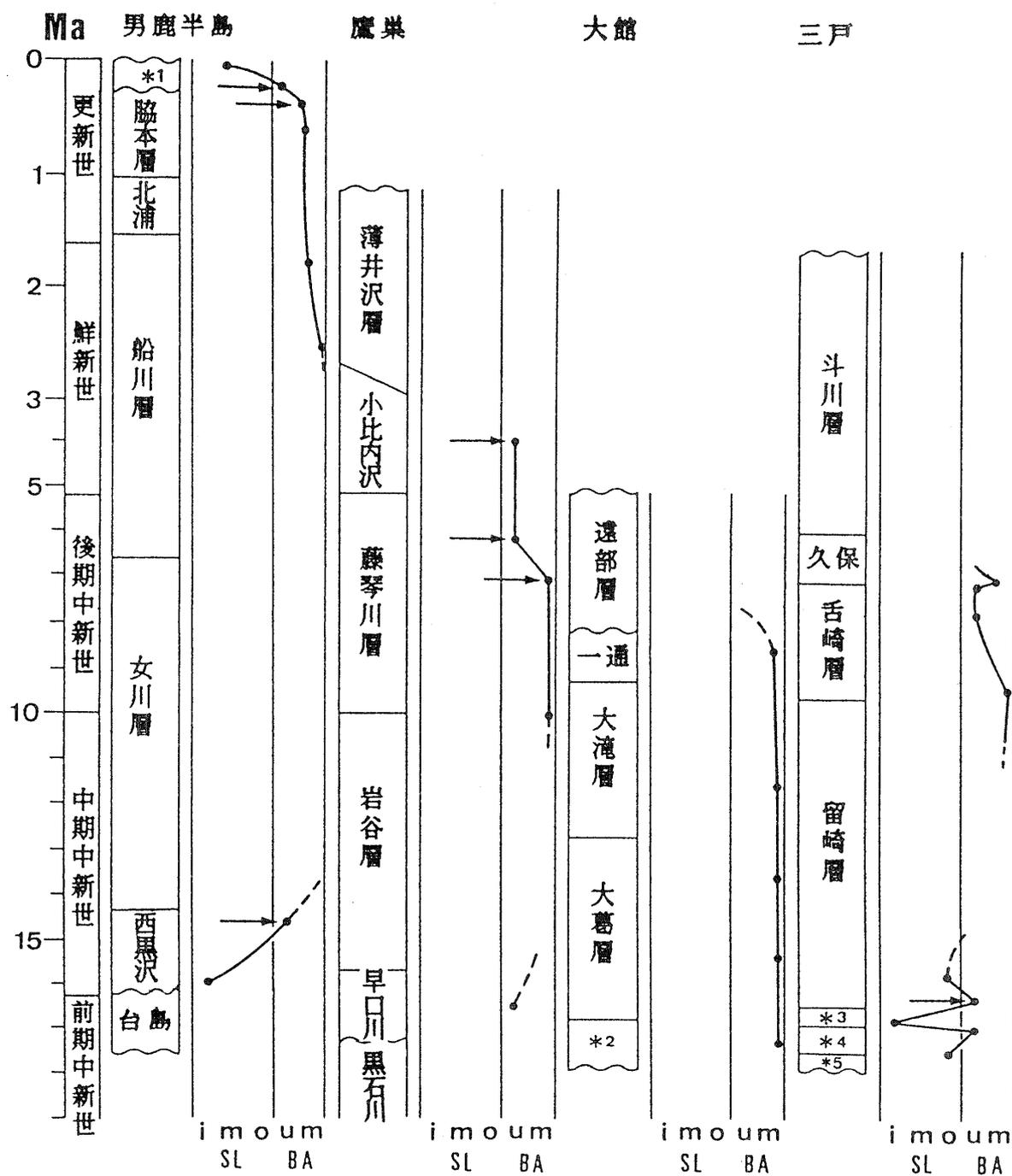
④先の③で述べた様な原因により、化石群集には様々な上限深度帯を持つ種が含まれることが多い。そこで、それらの中である程度高い頻度で産出する種のみを検討の対象とする必要がある。通常は、その中で最も深い上限深度帯を有する種の深度帯をもって、その地層の堆積深度と認定する。

⑤タービダイトによって浅海域から多量の個体がもたらされるような場合には、産出が僅かであっても深海性種の方が、堆積場の古水深を推定する根拠としては重要である。

### IV 古水深指標の有効性と問題点

ここでは、先に得られた底生有孔虫種の上限深度帯が、実際の化石群集に適用する場合において、どのくらい有用な古水深指標となり得るかを検討する。このため、東北日本を横断し、比較的数据が多い、男鹿半島より三戸に至る測線を設定した。化石データには、北村(編)(1986)の断面ルートNo. 6(能代-三戸)に沿う地域の資料に加え、池辺(1962)および筆者らの資料を合わせて用いた。年代論はすべて北村(編)(前記)によった。

古水深の推定にあたっては、まず試料毎に、群集を構成する種のうち産出頻度が“希(rare)”を上回る(すなわち“few”以上の)ものに着目し、それらの



第1図 後期新生代底生有孔虫群集をもとに推定された東北日本の古水深変遷。男鹿半島一三戸間の測線に沿った4地域における例。矢印は浅海域からの混入を示す。各地域の岩相ならびに年代層序区分は北村(編)(1986)による。

\* 1: 安田層・鮪川層, \* 2: 保滝沢層, \* 3: 末ノ松山層, \* 4: 門ノ沢層, \* 5: 四ツ役層。

SL: 浅海帯(i: 内部, m: 中部, o: 外部), BA: 漸深海帯(u: 上部, m: 中部)。

上限深度帯を第3表で確認した。ついで、その中で最も深い上限深度帯を示す種の深度帯をその層準の古水深と見積った。さらに、そのようにして推定した古水深よりも3深度帯以上浅い上限深度帯の種が、その群集中に少なからぬ頻度で含まれる場合には、それらを混入した浅海種と断定した。

その結果得られた、各地域の古水深変遷を第1図に示す。この図より、東北日本の地史に関して少なくとも以下の点が読み取れる。

- ①西黒沢海進・茂庭海進などと呼ばれる海進は16-15 Ma 頃に生じた。
- ②その海進の初期においては、地域による古水深の差が非常に大きい、地域を通じての顕著な傾向は認められない。
- ③海進期の約15 Ma 頃までは深海群集中に浅海性種が多量に混入した。
- ④15 Ma 以後、全域を通じて水深が最も深くなり、かつ浅海性の混入がほとんど無くなった。
- ⑤この静穏な深海期は東北脊梁山脈近傍（大館）では8 Ma 頃に終わり、再び浅海性種の混入が激しくなった。それ以後、急速に浅海化に向かった。
- ⑥この浅海化が顕著になる時期は、秋田油田地域など日本海沿岸部では脊梁地域に比べて遅く、およそ2 Ma である（藤岡ほか, 1976; 矢萩, 1981MS）。男鹿半島においてはさらに遅れて、0.5 Ma より後になって急速に浅海化した。

以上、化石種の上限深度帯を示す表（第2表・第3表）を用いることにより、これまでと比べて浅海性種の深海底への混入について、かなり鮮明に把握できるようになった。その一方で、古水深の指標としては、いくつかの問題点が残っている。

第一に、古水深を見積るための指標を目指しつつも、本論では深度帯の指標のみを得た。現状では、個々の現生種と水の性質の関係が十分に把握されているとは言えないが、それでもいくつかの種が水塊分布の指標となり得ることを多くの研究者が認めている。水塊の垂直分布は海域によってかなり異なっており、また海域内でも地理的変異は大きい。そのため、古水塊の上・下限の深度を一義的に求めることは現状ではほとんど不可能である。

第二は、現在、少なくとも日本周辺の海域には生息しない属種（その大部分は深海性）が化石群集の

中に少なくないことである。*Melonis sphaeroides*, *Nodosaria longiscata*, *Pleurostomella* 属, *Stilosotomella* 属などは、日本海地域では中部中新統の下部に、太平洋側では下部更新統まで産出するが、現在の北西太平洋地域にまったく生息していない。また、*Melonis pompilioides* はオホーツク海を除いて日本付近には分布していない。日本海地域に限れば、*Cyclammina* 属, *Epistominella pulchella*, *Gyroidina* 属, *Martinottiella communis* などは新第三紀には分布していた深海性種だが、現在は生息していない。これに関して、的場（的場, 1978; MATOBA, 1984）はその変化を氷期における海水準変動と結びつけて、日本海の深海群集の起源を論じている。このように、生息領域の変化の要因として、気候変動や造構運動による古地理の変化と、それに伴う海況の改変が考えられる。しかし現状において、深海性種の生態はほとんど明らかにされておらず、水塊の性質やその変化がどの様に種の分布を規制するかは、今後検討されなければならない。

第三に、第2表（東北日本）の中期中新世後期から鮮新世初期の部分において、古水深の指標となる種の数に他の層準に比べて非常に少ない。これは、その層準が最大海進期とされていることに関連すると考えられる。すなわち、浅海性堆積物の分布が僅かであるために、浅海性群集に関するデータが非常に少ないこと、深海性群集はおもに膠着質種からなっているが、その種構成がかなり単調で、かつ個体数も少ないために、深海域をさらに細分化することが困難であること、などが原因である。

浅海群集については、今のところデータが増えることを期待するほかはないが、膠着質種については、その生息環境に関し、解決すべき問題が残されている。一般に、膠着質種は石灰質有孔虫に比べて生息し得る生態的な許容範囲が大きい。その結果、CCD 以深の深海、還元的環境、汽水域、あるいは火山性酸性水域（OKI and HAYASAKA, 1978）など、石灰質種が生息できないような海底環境では膠着質種が優勢となる。また、浅海域においても、大きな河川の河口周辺や、その沖合で淡水の影響を強く受ける海域では、膠着質種の多い群集が沿岸性群集として認められている（秋元・長谷川, 1988）。汽水ないし沿岸性群集の膠着質種は脆弱で化石として保存され

にくい殻を持つものが大部分であり、さらに分類上も深海性種とは異なるものが多い。

ところで、現在の日本海の深海域に生息する属種の中には、*Ammodiscus* 属、*Ammodiscoides* 属、*Glomospira gordialis*、*Reophax* 属などのように分布の上限が陸棚上にあるものもある。しかし、日本海の深海性種の中で、太平洋の深海底にも生息するのは *Saccammina sphaerica*、*Glomospira charoides* などごくわずかな種である。これについての的場(1978; MATOBA, 1984; 的場・本間, 1986) は、氷期の海水準の低下に伴って深海底が還元的になったため、それまでの第三紀型深海性種が死滅し、更新世末期になって比較的浅い海域に生息していた群集が深部に向かって分布を広げた結果、現在の日本海の深海性群集が形成されたものと考えている。

化石の膠着質種については、現在のところ、確実に深海性と判断できるものは第2・3表に示すように極めて少数である。中新統に認められる膠着質種を主とする群集には、極めて稀ではあるが石灰質種が含まれる。そこで、そうした石灰質種の示す古水深を考慮することによって、より確実な古水深の見積りが可能となる。たとえば、大館地域の保滝沢層(第1図)の底生有孔虫群集は *Bathysiphon* sp., *Cyclammina japonica*, *Haplophragmoides renzi* などが含まれることにより、第2表から中部漸深海帯下部の古水深が推定された。さらにこの群集には、深海性の *Gyroidina* 属 (*G. cf. soldanii*) や外洋の浮遊性種 *Globorotalia cf. fohsi* も産出する(井上ほか, 1973b) ことから、明らかに深海性群集であると断定された。この様な石灰質種との随伴関係の例を数多く揃えることによって、将来、さらに多くの膠着質種が単独で古水深の指標として用いられることになるであろう。

なお、保滝沢層については、同層基底部の砂岩から *Mizuhopecten kimurai* が産出することにより、内部浅海帯と推定されていた(井上ほか, 1973a)。有孔虫は同層上部とされる泥岩から産出していることから、結果として同層の堆積初期から起伏に富む古地形のあったこと、あるいは堆積中に堆積盆が著しく沈降したことが想定される。この様に、化石産地の地理上の位置や層準を詳しく認識することによって、それらを一括して扱った場合には矛盾すると考

えられたデータから、より詳細な情報を引き出すことが可能となる。

近年、膠着質種の分類について新しい知見が増加しており、より詳細な観察が要求されるようになった。このため、日本周辺の現生種・化石種についても分類学的な見直しが必要になってきている。日本海と太平洋の種の分類学的な比較検討や日本海の浅海域と深海域に分布する種の形態変異などの検討を通じて、それらと環境との関連性が解明されるものと期待される。それと同時に、殻が変形した状態で産出することの多い中・後期中新世の深海性種についても、変形の少ない個体を多く集め、それに基づいた現生種と同レベルの分類学的研究が要求される。

第四は、ここで見積られた化石種の上限深度帯に、どの程度の妥当性があるのかという点である。第1図を例にとると、三戸地域の門ノ沢層尻子内シルト岩部層は *Angulogerlina kokozuraensis* の産出によって上部漸深海帯と推定した。同地域の久保層下部釜沢凝灰岩部層および鷹巣地域の小比内沢層は、シルト岩から *Epistominella pulchella* が多産することから中部漸深海帯上部で堆積したと見積られた。いずれの地層も、従来考えられていたものよりもかなり深く見積られている。

*A. kokozuraensis* は現生種の生態や化石群集の中で共存する種の現世の分布から、*E. pulchella* は近縁の現生種や化石群集中の共存種から、各々の上限深度帯が推定されている。どちらの種についても、現状では、この推定深度帯よりもさらに浅い海域で生息したことを示すデータはない。しかし、*E. pulchella* それ自体は現在の日本近海にほとんど生息しておらず、まれに報告されても新第三系から洗い出された化石と考えるべきものが多い(的場・本間, 1986)。また、*A. kokozuraensis* の形態は現生のものと僅かながら異なっている。このため、それらの種の古生態は現生種の生態からのアナロジーのほか、まったく異なる手法と組み合わせで推定する必要がある。

## V 結論

本論では、新第三紀の古水深推定に用いられる機会の多い底生有孔虫化石について、古水深指標とし

ての妥当性を追及し、さらにそれが適用できる限界を考察した。

1. 後期新生代の底生有孔虫化石群集に関する資料について、現世の同一種ないし近縁種の分布、種同士の共存関係などをもとに検討し、東北日本および関東以西の太平洋岸の両地域に分けて化石種の上限深度帯を推定した。

2. 得られた化石の上限深度帯を東北日本の数地域の化石群集に実際に適用して、従来推定されてきた古水深変遷と比較することにより、古水深指標としての適合性を検討した。その結果、①“上限深度帯”の概念を導入することにより、浅海性種と深海性種の混合群集を認定することができる。しかし、いずれの個体が混入したものであるかは、地質学的データと合わせて判断すべきである。②浅海性種と大部分の深海性種については、従来の推定と矛盾することがなく、指標として用いることに問題はない。③深海性の指標と考えられる種の中に、それをを用いることによって従来の推定とは非常に異なる結果をもたらすものがある。また、現在日本の周辺海域に生息しないか、あるいは非常に少ない種も深海性種には少なくない。これらの種の古生態について、様々な角度から、さらに検討する必要がある。

### 引用文献

- 秋元和實, 1983MS: 北関東地域における中期中新世有孔虫について. 新潟大学地質学鉱物学教室修論.  
 ———, 1986MS: 種子島東方海域表層堆積物中の有孔虫群集(予察). 古生物学会135回例会講演予稿集, 271.  
 ———, 1987MS: 遠州灘, 南海トラフ及び銭州海嶺の現生底生有孔虫群集. 古生物学会1987年年会講演予稿集, 66.  
 ———・湯浅真人, 1988MS: 八丈島周辺海域の現生底生有孔虫群集. 古生物学会 137回例会講演予稿集, 22.  
 AKIMOTO, K., 1988MS: Paleoenvironmental studies of the Nishiyatsushiro and Shizukawa Groups, Southern Fossa-Magna Region. Tohoku Univ., Doctoral Dissertation.  
 秋元和實・長谷川四郎, 1988: 日本近海における現生底生有孔虫の深度分布. 地質学論集(本号).  
 天野一男, 1980: 奥羽脊梁山脈宮城・山形県境地域の地質学的研究. 東北大理地質古生物研報, no. 81, 1-56.  
 AOSHIMA, M., 1978: Depositional environment of the Plio-Pleistocene Kakegawa Group, Japan—a comparative study of the fossil and the Recent for-

- aminifera —. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo.*, [II], 19, 401-441.  
 CHINZEI, K., 1978: Neogene molluscan faunas in the Japanese Islands: An ecologic and zoogeographic synthesis. *The Veliger*, 21, 155-170.  
 ——— and IWASAKI, Y., 1967: Paleoecology of shallow sea molluscan faunas in the Neogene deposits of Northeast Honshu, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 67, 93-113.  
 藤岡展价・大口健志・米谷盛寿郎・臼田雅郎・馬場 敬, 1981: 東北日本地域における台島～西黒沢期の堆積物について. 石技協誌, 45, 159-174.  
 布施圭介, 1983MS: 秋田県藤里町付近の地質. 東北大学地質学古生物学教室卒論.  
 GUBER, A. L. and OHMOTO, H., 1978: Deep sea environment of Kuroko formation as indicated by the benthic foraminifera from the Hokuroku district, Japan. *Mining Geol.*, 28, 245-255.  
 HASEGAWA, S., 1979: Foraminifera of the Himi Group, Hokuriku Province, Central Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, [2 (Geol.)], 49, 89-163.  
 長谷川四郎, 1981: 道南地域の新第三紀底生有孔虫について. 北海道の新第三系の生層序, 研究連絡誌, no. 2, 13-14.  
 HASEGAWA, S., 1984: Notes of the taxonomy and paleoecology of *Melonis pompilioides* and its allied taxa from Japan. In OERTLI, H. J. (ed.), *Benthos '83; 2nd Intern. Symp. Benthic Foraminifera (Pau, April 1983)*, 299-304.  
 長谷川四郎・的場保望, 1986MS: 新生代東北本州弧の古水深復元の試み. 地質学会第93年学会講演要旨, 44-45(演旨).  
 秦 光男・垣見俊弘, 1979: 木古内地域の地質. 地域地質研報(5万分の1図幅), 56p., 地質調査所.  
 林 正彦, 1986MS: 新潟県村上市及び岩船郡南部の地質. 東北大学地質学古生物学教室卒論.  
 藤岡一男・大沢 穰・池辺 穰, 1976: 羽後和田地域の地質. 地域地質研報(5万分の1図幅), 65p., 地質調査所.  
 井口 豊, 1983MS: 福島県耶麻郡高郷村付近の地質. 東北大学地質学古生物学教室卒論.  
 池辺 穰, 1962: 秋田油田地域における含油第三系の構造発達と石油の集積について. 秋田大地研報, no. 26, 1-60.  
 井上 武・乗富一雄・上田良一・臼田雅郎, 1973a: 5万分の1総合地質図幅説明書「碓ヶ関」. 45p., 秋田県.  
 ———・—————・—————・—————: 1973b: 5万分の1総合地質図幅説明書「大館」. 94p., 秋田県.  
 片山 肇, 1986MS: 北海道瀬棚郡今金町東部の地質. 東北大学地質学古生物学教室卒論.  
 片山敏明, 1980MS: 青森・岩手県境, 馬淵川流域の新第三系の層位学的研究. 東北大学地質学古生物学教室修士論文.

- 菊田恵美子, 1973MS: 宮城県桃生郡鳴瀬町野蒜北西部の地質. 東北大学地質古生物学教室卒論.
- 北村 信・石井武政・寒川 旭・中川久夫, 1986: 仙台地域の地質. 地域地質研報(5万分の1地質図幅). 134p., 地質調査所.
- 北村 信(編), 1986: 新生代東北本州弧地質資料集. 全三巻, 宝文堂, 仙台.
- 北里 洋, 1971MS: 山形県大井沢付近の地質について. 東北大学地質古生物学教室卒論.
- KITAZATO, H., 1979: Marine paleobathymetry and paleotopography of the Hokuroku district during the time of the Kuroko deposition, based on foraminiferal assemblages. *Mining Geol.*, **29**, 207-216.
- 小松原琢, 1986MS: 新潟県北蒲原郡中条町及び黒川村周辺の地質. 東北大学地質古生物学教室卒論.
- KONDA, I., 1980: Benthonic foraminiferal biostratigraphy of the standard areas of Middle Miocene in the Pacific side province, central Japan. *Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ.*, [*Geol. Minerl.*], **47**, 1-42.
- 黒墨秀行, 1985MS: 宮城県柴田郡村田町および大河原町北西部の地質. 東北大学地質古生物学教室卒論.
- 的場保望, 1978: 底棲および浮遊性有孔虫からみた日本海のご環境の変遷. 月間海洋科学, **10**, 269-277.
- , 1981: 有孔虫からみた中新世中期頃の日本海. 化石, no. 30, 79-85.
- , 1983a: 北西太平洋底生有孔虫の分布パターン—特に第四紀初頭にみられる一つの変化—. 月刊海洋科学, **15**, 145-153.
- , 1983b: 黒鉱生成時の古水深に関する最近の論争について. 鉱山地質特別号, no. 11, 251-261.
- MATOBA, Y., 1984: Paleoenvironment of the Sea of Japan. In OERTLI, H. J. (ed.), *Benthos '83; 2nd Intern. Symp. Benthic Foraminifera (Pau, April 1983)*, 409-414.
- 的場保望・本間 登, 1986: 西津軽沖日本海の現生底生有孔虫の深度分布. 的場保望・加藤道雄(編), 新生代底生有孔虫の研究, 53-78, 秋田大学鉱山学部.
- MATSUNAGA, T., 1963: Benthonic smaller foraminifera from the oil fields of northern Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, [*2 (Geol.)*], **35**, 67-122.
- 内藤研二, 1983MS: 山形県飽海郡八幡町および平田町周辺の地質. 東北大学地質古生物学教室卒論.
- 中島秀敏, 1987MS: 北海道山越郡長万部町付近の地質. 東北大学地質古生物学教室卒論.
- 中下恵勇, 1984MS: 青森県三戸郡三戸町・南部町周辺の地質. 東北大学地質古生物学教室卒論.
- 西塚知久, 1987MS: 北海道山越郡八雲町北部の地質. 東  
北大学地質古生物学教室卒論.
- 小川文彦, 1984MS: 秋田県鷹巣町および田代町西部の地質. 東北大学地質古生物学教室卒論.
- OKI, K. and HAYASAKA, S., 1978: Geological study on Kagoshima Bay, south Kyushu, Japan. Part IV-A note on the peculiar mode of occurrences of foraminifers in the bottom sediments of the bayhead area. *Rep. Fac. Sci. Kagoshima Univ.*, [*Earth Sci. & Biol.*], no. 11, 1-11.
- 佐藤比呂志, 1986: 東北地方中部地域(酒田—古川間)の新生代地質構造発達史(第I部). 東北大地質古生物研報, no. 88, 1-32.
- SHARMA, V. and TAKAYANAGI, Y., 1980: Quantitative study of fossil benthonic foraminifera from the Kakegawa area, Shizuoka Prefecture, Central Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, [*2 (Geol.)*], **50**, 19-33.
- 白井健裕, 1965: 西南北海道上磯層の有孔虫化石群集について. 新潟大教育紀要, **7**, 41-49.
- 鈴木秀明, 1987: 宮崎層群の層位学的研究. 東北大地質古生物研報, no. 90, 1-14.
- 高橋利宏, 1988MS: 富山県婦負郡大沢野村および大山町の地質. 東北大学地質古生物学教室卒論.
- TAKAYANAGI, Y., ODA, M., HASEGAWA, S., HONDA, N., MARUYAMA, T. and FUNAYAMA, M., 1981: Some Middle Miocene planktonic microfossil datum planes in Northern Honshu, Japan. Their paleoceanographic implications. *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.*, **46**, 71-84.
- 立石雅昭・渡辺其久男・津田禾粒, 1982: 新潟油田新第三系. 新潟の地質, 地質学会第89年学会巡検案内書, 133-142.
- 椿原慎一, 1985MS: 北海道寿郎郡黒松内町南部の地質. 東北大学地質古生物学教室卒論.
- 通産省資源エネルギー庁, 1981: 昭和55年度広域調査報告「久遠地域」, 121p.
- UCHIO, T., 1983: Paleo-environment of the formation of the Kuroko deposits in the Western Hokuroku district, Akita Prefecture, northeast Japan. *Jour. Fac. Engin., Univ. Tokyo*, [*B*], **37**, 145-178.
- 矢萩賢仁, 1981MS: 秋田県五城目～上小阿仁地域の地質. 東北大学地質古生物学教室卒論.
- 山口昇一, 1978: 「知内地域の地質」地域地質研報(5万分の1図幅). 55p., 地質調査所.
- 安原 勝, 1984MS: 秋田県北秋田郡合川町・上小阿仁村の地質. 東北大学地質古生物学教室卒論.
- 吉田三郎, 1980: 5万分の一地質図幅「玉庭」・同説明書. 24p., 山形県.