

東北地方新第三系貝類化石の古水深指標とその適用

小笠原憲四郎¹⁾・増田孝一郎²⁾

Paleobathymetric indexes of the Neogene molluscs in Tohoku District and their implications

Kenshiro OGASAWARA¹⁾ and Koichiro MASUDA²⁾

Abstract Based on an actualism and a concept of parallel community, we select about 80 molluscan genera for the estimation of paleobathymetric index from the Neogene of Tohoku District. Among 7000 living molluscan species in the Japanese waters, about 2000 species which are common in the Neogene deposits of Tohoku District are selected, and checked their bathymetric ranges in reference to the published malacological data. Consequently, we can show generic characteristics corresponding to water depths as a guide line; 0m, 20m, 30m, 50m, 100m, 150m, 200m and deeper than 200m, respectively (Table 1).

Neogene paleobathymetric successions of Tohoku District are reconstructed along both sides of the Pacific Ocean (Fig. 3) and the Sea of Japan (Fig. 4) and one traverse section of the Honshu Arc from Atsumi through Shinjo to Sendai areas (Fig. 5). Some transgressive and regressive successions are clarified in reference to the biochronologic scale.

1 はじめに

本論では「東北本州弧地質資料集」(北村編, 1986)に示した「古水深推定のための代表的貝類生息深度表」について解説し, 東北地方新第三系の貝類化石群集の変遷とそれが示す古環境について考察する。

日本近海の現生貝類は過去1世紀にわたる研究の積み重ねにより7000種を越える数が知られており, それぞれの種についての生息環境, 生態が把握されてきた。近年, 深海系生物相のなかに, 太陽エネルギーを利用しない, 独自の生態系が存在することが発見され, これを機に深海生物相の研究が飛躍的に発展する事が期待されている。このような現生貝類の膨大な蓄積のある研究と並行して, 新生代の化石貝類の記載, 分類も進められ, 貝化石の斉一説に基づく古環境の復元や地史的変遷の研究もなされてき

た。また, 新生代貝類のもつ生層序的, 古環境的側面とその応用については, 既に多くの総括がなされている(地質学論集, 8号, 1973; 25号, 1985など)。

本論では東北地方海成新第三系に含まれる貝類化石が指示する「古深度」の推定方法と応用時の問題点を整理し, ここで用いた古深度尺度から考えられる環境変遷を述べる。

日本列島を取り巻く海洋の物理化学的性質が変化に富んでいることは周知の事実であるが, 生物相と水塊(緯度的関係)や深度との対応関係を見ると, 経験的に海洋生物の分布は第一義的に水温の変化とその勾配によって支配されていると考える事ができる。この温度勾配は表層では地理的(緯度的)に顕著な変化として認められるが, 同時に垂直方向(深度)の変化にも当てはまる。物理化学的に規定できるような黒潮や親潮などのような大きな水塊内では, 生物相の変化は地理(緯度)的よりも垂直(深度)的に顕著である事が期待される。しかし, 東北地方は一般に寒冷水が卓越した寒暖混合水塊であると考えられがちなので, この地域を一括できる古水

1) 東北大学理学部地質学古生物学教室. Institute of Geology and Paleontology, Tohoku University, Sendai, 980 Japan.

2) 宮城教育大学地学教室. Department of Geology, Miyagi University of Education, Sendai, 980 Japan.

深尺度を作ることは可能であろうか？また、過去2500万年の間、生物相は一貫してある水塊内に繁栄したものと見なすことができるであろうか？本論はこれらの疑問にたいする解答の一つの試みである。

底生生物の分布は、深度だけでなくその底質に依存しているし、後で触れる多くの環境因子が総合的に作用した結果であろう。ここでは、強いて地質学的な資料の一部として貝化石を利用することを念頭におき、貝類相を堆積盆の発展史のなかで議論できるようにする事を目的とした。

既存の化石リストを利用する事も考慮して、種レベルの同定に大きく左右されないで、誰もが判定出来るよう心がけた。しかし、多くの研究者が指摘するように、厳密な古環境復元は化石の産状を考慮して、種レベルの群集に基づいて行われるべきである。

II 貝類相と古水深

一般に、属レベルでの化石貝類に基づく古水深の概略的な尺度が作れるのは、「ある環境(ここでは深度とする)では属レベルの相同的な集団が認められる」という、相同群集(平行群集: Parallel Community; THORSON, 1957)が認識されている事による。東北地方の新第三系では、門ノ沢動物群と竜の口動物群など、地質時代とその水塊の水温がかなり異なると推定されるにも関わらず、この相同群集が成立していると考えられている(CHINZEI and IWASAKI, 1967)。

KURODA and HABE (1952) は本邦現生貝類の個々の種の緯度的分布を整理した。それは現生種を含む化石貝類群集から古緯度を推定する際の重要な根拠を提供した。大山(1952)は貝類相の深度分布に注目し、渚水帯から潮間帯(Nt), 上浅海帯(N1), 中浅海帯(N2), 亜浅海帯(N3), 下浅海帯(N4), 半深海帯(NB), 中深海帯(Bm), 大深海帯(B1), 真深海帯(A)にわたるそれぞれの貝類相を述べ、貝類相による深度推定も先述の緯度推定と同じようにできる事を示した。

このような現生生物種(相)と緯度・深度の対応尺度の基準化により、化石貝類にもこれらの資料が応用され、その際の適用限界や問題点、方法論が議論された(伊田, 1956, 生越, 1956, 1961, 1962a-b, 1963a-d)。古水深については、生越(1956)の「深

度別分布図」, 伊田(1956)のVDM特性曲線(Vertical Distribution Means)が、また、古緯度についてはMidpoint法(Median of Midpoint Method; SCHENCK, 1945), HDM特性曲線(伊田, 1956)などが一般的な方法として利用されている。

生物の分布を規制する環境因子には、深度、水圧、温度、溶存酸素、底質、有機物、光、塩分濃度などのほか、他の生物とのかかわりなどがあり、それらが複雑に絡み合っている。しかし、観察、採集の機会の多い浅海区では、経験的に深度と底質に対応する貝類相が認識されてきており、その区分は、比較と引用の例が多いことで確かさを支えている。その一方、深海区では予想される環境因子の勾配が顕著でないためか、特定の貝類群集は認められるものの、それらの深度分布は大きな幅をもっている。

深海区の貝類に関する知見の提示は19世紀後半に始まるが、近年CLARK (1962), KNUDSEN (1970), OKUTANI (1962-1975, etc.) などにより飛躍的に増加した。しかし、化石貝類相と深度や他の環境因子などとの対応関係はまだ十分なされたとはいえない。KNUDSEN (1970) や HICKMAN (1974, 1984) は200 m以深の貝類相は、その群集構造を見ることで浅海区と対照的な特徴を把握できることを明らかにした。また、HICKMAN (1984) は、陸棚下の貝類相を6つに区分し(1. *Acesta* 群集, 2. *Mud Pecten*, 3. *Thyasira-Lucinoma-Solemya*, 4. *Protobranch*, 5. *Bathybembix* そして、6. *Turrid* 群集), *Septibranchia* (*Verticardiidae*, *Poromyidae*, *Cuspidariidae*) (= *Poromyacea*) が深海区に出現したのは漸新世の世界的な寒冷化以降である事を指摘した。また、KNUDSEN (1970) も現在の深海貝類相の成立には第四紀の水河期の影響が大きい事を示唆している。

このように、深海帯の貝類相には地史的背景があり、特有の貝類が認められるものの、その深度は200-400 m から1000 m 程度(漸深海帯)と大きな幅を持つので細分出来にくいなど、多くの問題点がある。本論でも200 m以深の貝類相による深度の指標はその可能性を示唆するにとどめている。

東北地方の現生貝類の分布に関する資料は、男鹿半島近海(高安, 柚原, 1977), 日本海及び太平洋の東北地域(石山, 小滝, 1982, 1983), 仙台湾(MASUDA,

HAYASAKA and NODA, 1983) などがある。それらでは、現在の東北地域の大部分が表層暖流の影響下にある寒流混合水域であるとの判断がなされている(石山, 小滝, 1983)。このことは、現在の東北地域が日本海と太平洋で表層暖流の強弱に多少の差が認められるものの、概ね一つの生物地理区として一括出来ることを示している。従って、本論では先にのべた時代的・環境的相同群集が成り立つと仮定し、東北地方新第三系・第四系の貝類相を一括して扱うこととする。

以上のような貝類相と深度分布の対応関係や、その問題点にもとづいて、ここに挙げる代表的貝類(Tab. 1) は次の手順で選択された。

1. 文献としてあげた公表されている貝類の図鑑、解説書、論文に基づき、約2000種について種ごとの深度分布図を作成。

2. 一部の例外を無視して、属レベルの深度分布図に改編。

3. この結果、属単位での貝類相の深度分布は大山(1952)の区分に良く一致する事が確認された。深度区分には N1, B, などの記号を用いずに数値で表わした。これは分かりやすくする事を目的としたためであり、ひとつの目安であると理解されたい。

4. 東北地方新第三系に普通に産する化石種が含まれる属について吟味し、その属の最大、最小深度を示した。一般に最大深度でしか表示できない属が多い。

5. 種単位でも環境指示種として重要なものは明記した。

6. 広範囲の深度分布が認められている属、例えば *Lucinoma*, *Conchocele*, *Mya* 属などについては目安となる最大深度を示した。前2属は浅海相にも、またより深海相にも認められるものであり、*Mya* 属についても、一般的な目安としての最大深度である。ここでは、これだけが化石として認められる場合を想定して深度を表示した。

III 利用時の注意事項

後に堆積深度推定の実例を示すが、まずこの尺度を用いる際の注意すべき点について述べる。

1. Table 1 にあげた80属あまりの貝類は概ね最大深度で表示するしかなかったが、出来るだけ多くの属の組み合わせを使って、合理的な古深度を推定することが好ましい。

2. *Lima* spp. (50 m 以深), *Periploma* spp. (100m 以深), *Delectopecten* spp. (200 m 以深) な

Table 1. The selected Neogene genera and some species for paleobathymetric indices in Tohoku District, Japan.

0m	<i>Anadara kakehataensis</i> , <i>Corbicula</i> , <i>Vicarya</i> , <i>Vicaryella</i> , <i>Batillaria</i> , <i>Littorina</i>	
20m ↑	<i>Arca</i> , <i>Meretrix</i> , <i>Saxidomus</i> , <i>Tapes</i> , <i>Lithophaga</i> , <i>Anomia</i> , "Ostrea", <i>Nuttallia</i> , <i>Callithaca</i> , <i>Cyclina</i> , <i>Clementia</i> , <i>Panope</i> , <i>Rapana</i>	
30m ↑	<i>Scapharca</i> , <i>Mya</i> , <i>Mizuhopecten</i> , <i>Kotorapecten</i> , <i>Fortipecten</i> (large Pectinidae), <i>Chlamys</i> (large), <i>Veneridae</i> (large, thick); <i>Mercenaria</i> , <i>Kaneharaia</i> , <i>Homalopoma</i>	
50m ↑	<i>Glycymeris</i> , <i>Felaniella</i> , <i>Diplodonta</i> , <i>Mactra</i> , <i>Peronidia</i> , <i>Siliqua</i> , <i>Callista</i> , <i>Macoma</i> (part), <i>Phacosoma</i> , <i>Gloripallium</i> , <i>Tectonatica</i> , <i>Cryptonatica</i> , <i>Neverita</i> , <i>Siphonalia</i> , <i>Sinum</i> , <i>Olivella</i>	50m <i>Lima</i> ↓
100m ↑	<i>Pitar</i> , <i>Megacardita</i> , <i>Paphia</i> , <i>Thracia</i> , <i>Modiolus</i> , <i>Macoma</i> (<i>nipponica</i>)	100m <i>Periploma</i> ↓
150m ↑	<i>Chlamys</i> (small, thin), <i>Spisula</i> , <i>Clinocardium</i>	
200m ↑	<i>Astarte</i> , <i>Panomya</i> , <i>Lucinoma</i> , <i>Serripes</i> , <i>Crenella</i> , <i>Yoldia</i> , <i>Acila</i> (<i>insignis</i>), <i>Myadora</i> , <i>Limatula</i> (<i>kurodai</i>), <i>Neptunea</i> , <i>Buccinum</i> (part.), <i>Conus</i>	200m <i>Delectopecten</i> ↓
300m ↑	<i>Portlandia</i> , <i>Monia</i> , <i>Nemocardium</i> , <i>Nuculana</i> , <i>Turritella</i> , <i>Fulgoraria</i>	
400m ↑	<i>Cyclocardia</i>	
500m ↑	<i>Buccinum</i>	
	<i>Fissidentulum yokoyamai</i> , <i>Nuculana</i> , <i>Limopsis</i> (100m to 200m)	

どは、最小深度分布で表した。

3. つぎの3つは、100–200 mに限られるとした：*Fissidentalium yokoyamai*, *Nuculana* spp., *Limopsis* spp. しかし、この範囲を限定できるのは、浅海要素が全く認められない時にのみ有効と判断した方がよい。

4. 産出の頻度や産状が記述されている場合は、それらを参照する。

5. 浅海要素と深海要素が混合している場合は、後者を優先的に考える。

6. ここに示されていない属種が含まれている場合は、専門家に依頼するか既に公表されている貝類の専門書に頼ること。

IV 貝類化石に基づく古水深推定の具体例

「東北本州弧地質資料集」に基づき、浅海から深海へ具体的に推定した例を示し、個々の深度の貝類相をしめす。

[0 m]

過去の海岸線を推定するのに有効な貝類相で、18–16 Maに顕著に認められ、内湾の干潟を指示すると判断出来る。その例は、*Anadara kakehataensis*, *Vicarya* spp., *Vicaryella* spp. などいわゆる Arcid–Potamid Fauna と呼ばれる群集である。また、*Corbicula* spp. などシジミの仲間が産出している場合もこの0 mの範囲に含めた。このような貝類相はある地層の一部に認められる場合がほとんどであるが、そのような、地層は以下の通りである。

〈磯松層、田野沢層、西黒沢層、老ノ沢層、四役層、門ノ沢層、大山層、大網層、網尻層、槻木層、塩手層、松川層、梶平層、中山層、下戸層、釜杭層(19–16 Ma) 山津田層(10–8 Ma)、切込層、油島層、竜の口層、(4–3 Ma)〉

[20–30 m 前後]

内湾泥底と外洋砂底とでは組成に差はあるが、カキ類、大型ホタテ類、サルボウ、アカガイの仲間、大型のハマグリ型二枚貝類が卓越する群集である。その例は、上述の0 m 指示層のなかに認められる他、以下の地層がある。

〈長根層、蟹田層、東ノ又層、笹岡層(秋田)、砂子淵層、男助層、須郷田層、飯岡層、小出川層、細倉層、大谷層、鮭川層、吉野層、追戸層、茂庭層、福

田層、大年寺層、大森層、山下層、山入層、久保田層、二の沢層、板鼻層、五安層〉

[50 m 前後]

主に外洋砂底を代表する群集で、*Siphonalia*, *Peronidia*, *Phacosoma*, *Olivella* 属が卓越する。その例として、前述の20–30 mの地層群のほか、以下のものが挙げられる。

〈桂川層、脇本層、末の松山層、小阿仁層、桐内層、真昼川層、山津田層、レン滝層、油島層、黒沢層、青沢層、魚取沼層、宇津野層、南沢層、銀山層、青根層、碁石層、茂庭層、旗立層、大堤層、七北田層、竜の口層、吉野層、橋本砂岩層、赤井畑層、鹿ノ股沢層、久保田層、松坂峠層、塩坪層、沼ノ内層、平層〉

[100 m 前後]

Lima spp.をとめない、*Thracia* spp., *Macoma* spp.などの卓越した群集で、その代表例として、漆窪層、須郷田層、黒沢層、舌崎層の一部があげられるほか、以下の地層がある。

〈中沢層、末の松山層、留崎層、天徳寺層(太平山)、須郷田層、下嵐江層、大平層、七曲層、中渡層、七北田層、初野層、山入層、沢根層、梁川層〉

[150 m 前後]

Spisula spp.と *Clinocardium* spp.それに *Serripes* spp., *Panomya*, *Acila*, *Nemocardium*, *Neptunea*, *Buccinum* 属や、*Fissidentalium yokoyamai* を伴う群集で、黒沢層、須郷田層、野口層、中渡層、漆窪層、中山層、五安層、沼ノ内層、末の松山層の一部などに代表的に認められる他、以下の諸層が挙げられる。

〈砂子淵層、猿ヶ森層、大川層、砂子瀬層、黒石沢層、釜沢層、笹岡層(五城目)、藤琴川層、門ノ沢層上部、尻高層、坂本川層、権現山層、天徳寺層(本荘)、下黒沢層、中渡層、鮭川層、宇津野層、竜の口層(古川)、鹿島台層、日陰層、福田層、明戸層、高峰層〉

[200 m 前後]

Lucinoma acutilineatum, *Yoldia* spp., *Acila* spp., *Limatula* spp., *Periploma* spp., などを含み、*Clinocardium* spp.を含まないのが特徴である。その群集は、以下の諸層に認められる。

〈鷹架層、東目屋層、笹岡層、斗川層、脇本層、尻子内層、砂子淵層、小志戸前沢層、天徳寺層、船川層、

小繫沢層, 菱内層, 須郷田層上部, 観音寺層, 作並層, 綱木層, 沼沢層, 湯小屋層, 土湯層, 岩倉層, 水野谷層, 亀ノ尾層, 平層, 上高久層, 下高久層> [200 m 以深]

Delectopecten peckhami, *Portlandia* spp., *Nemocardium* spp., *Cyclocardia* spp., *Buccinum* spp. などからのみ構成されている群集で, 前述までの要素を含まない他, *Solemya*, *Akebiconcha*, *Halicardia* 属など特殊な属の産出が記録されている地層で, 以下のような地層がある。

<岩谷層, 東又沢層, 女川層, 北浦層, 船川層, 舌崎層, 草薙層, 北俣層, 本道寺層, 欽江層, 下関層,

寺泊層, 亀ノ尾層, 平層, 下高久層, 水野谷層>

Akebiconcha, spp. などしか産していない地層については, 漸深海帯 (200–1000 m) に比較する事ができるが, 先述のようにその最大深度の見積りは難しいのが現状である。なぜならば, これらが太陽エネルギーを利用しない, 特殊なバクテリアを介在した生態系を作っている事が判明し (太田, 1986), そのコロニーが島弧前面の深海帯に帯状に分布している事が報告されているからである (OKUTANI and METIVIER, 1986; METIVIER, OKUTANI and OHTA, 1986)。しかし, 日本海側の油田地域や, 常磐炭田地域にこの種属が化石記録として認められて

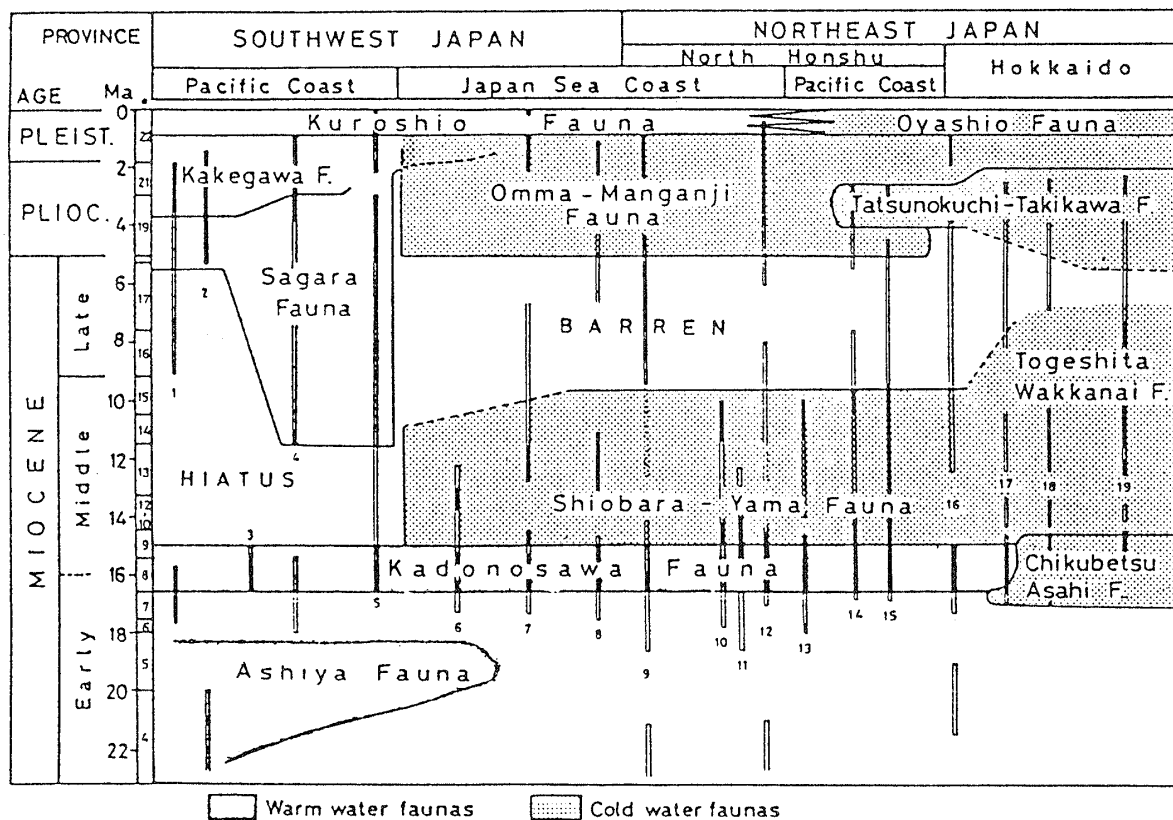


Fig. 1 Succession and geographic distribution of Japanese Neogene molluscan faunas. Vertical columns shown in the figure indicate the principal stratigraphic sections in which the molluscan faunas were found (black part). *: planktonic foraminiferal zones. Areas of columnar sections: 1: Okinawa Islands; 2: Miyazaki area; 3: Mizunami area; 4: Kakegawa area; 5: Miura-Boso area; 6: Shimane area; 7: Fukui-Kanazawa area; 8: Toyama area; 9: Niigata area; 10: Ou Range; 11: Dewa Hills; 12: Oga Peninsula; 13: Northern Kanto area; 14: Sendai area; 15: Kadonosawa area; 16: Oshima Peninsula; 17: Hidaka area; 18: Chikubetsu area; 19: Tenpoku area.

(after CHINZEI, 1986).

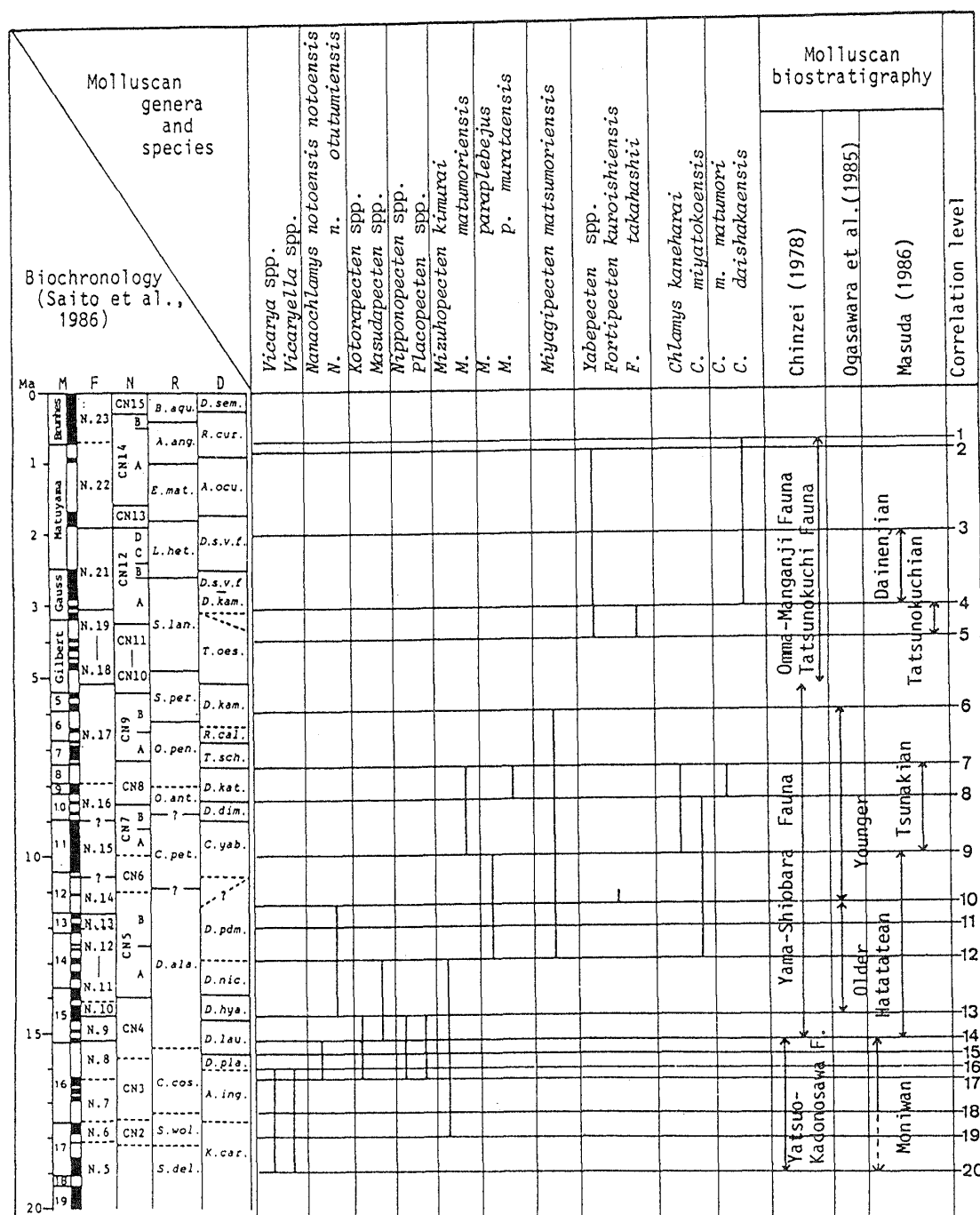


Fig. 2. Range chart of the representative pectinids and some genera in Tohoku District, Japan; correlation levels see below the table.

- 1: top of the Omma Formation
- 2: upper horizon of the Omma For.
- 3: lower limit of the Sasaoka For. and upper limit of the Dainenji For.
- 4: upper limit of the Tatsunokuchi For.
- 5: lower limit of the Tatsunokuchi For.
- 6: middle part of the Senhata Formation
- 7: upper limit of the Ohya Formation
- 8: lower limit of the Nanakita and Tsunaki formations

- 9: upper limit of the Otsutsumi For.
- 10: middle horizons of the Ginzan and Utsuno formations
- 11: middle horizon of the Fukuda For.
- 12: lower limit of the Otsutsumi For. and upper limit of the Metoki Sandstone Member of the Tomesaki For.
- 13: lower horizon of the Oido For. and upper horizon of the Sugota For.

- 14: upper limit of the Moniwa For.
- 15: upper limit of the Suenomatsuyama F.
- 16: upper limit of the Tsukinoki For.
- 17: lower limit of the Moniwa For.
- 18: horizons of the Nakayama and Ajiri formations.
- 19: lower limit of the Taira Formation
- 20: lower limit of the Kunugidaira For.

いるので、これらの産出意義はこれから検討すべき問題であろう。

V 貝類化石からみた古環境の変遷

東北地方新第三系の貝類群の変遷は、すでに、CHINZEI (1978,1986), 増田 (1963,1973,1986), 小笠原 (1988) などによって総括されているが、生物地理的な解釈が優先的に述べられていて、深度変遷を論じたものは少ない。

本邦における貝類群の総括は、CHINZEI (1986) を引用し (Fig. 1), 研究者間の化石動物群 (Fauna) の取り扱い方の比較を小笠原 (1988) から引用する (Fig. 2)。

一般に、浅海での貝類群の変化は水温の低下による気候の寒冷化によって解釈されがちであるが、ここでは、先に述べたように、相同群集の存在が指摘されているので、その群集変化を深度変化として解釈した。東北地域新第三紀の古気候と古水温変化については、小笠原 (1988) が推定したように、八尾—門ノ沢動物群で表層の最高と最低水温がそれぞれ概ね 27°C と 16°C , 古期塩原—耶麻動物群で 24°C と 14°C , 新期塩原—耶麻動物群で 22°C と 7°C , 大桑—万願寺動物群 (東北地方) で、 19°C と 10°C , 竜の口動物群で 19°C 以下と 2°C 程度が目安となる。

日本海側と太平洋側の代表的地域の古水深変遷を Fig. 3 と Fig. 4 に示し、加えて、その横断ルートを飛島—仙台間で示す (Fig. 5)。

[太平洋沿岸地域]

南から、常磐炭田地域、棚倉地域、仙台地域、門ノ沢地域を取り上げて述べる。

ここでは常磐地域と仙台地域にのみ、初期中新世の海成層が認められ、そのうち、常磐地域では顕著な3回の堆積サイクルが認められる。常磐地域の含貝化石層の推定される深度幅は次のような結果である；滝炭層 (0–30 m), 五安層 (0–150 m), 水野谷層 (200–300 m), 亀ノ尾層 (200–400 m), 平層 (30–400+ m), 中山層 (0–200 m), 上高久層 (50–300 m), 沼ノ内層 (30–200 m), 下高久層 (200–300 m)。このような時代的な変遷のなかの急激な深度増のピークは、亀ノ尾層 (18 Ma), 上高久層 (17 Ma), 下高久層 (15 Ma) の3つが認識できる。その一方、仙台では、網尻層 (0–150 m), 槻木層 (0–20 m)

など、それほど急激な変化は認められない。

中新世の最大沈降期は、仙台付近の旗立層上部堆積期や、門ノ沢地域の留崎層堆積期が推定されるが、貝類相からは見積りが出来ない深度である。また、門ノ沢地域で、門ノ沢層から尻子内層への変化で示されるような、0 m から 150 m 程度の比較的急激な深度増加が 16 Ma 直後にあったことが認められる。

また、後期中新世の海退現象は会津盆地や仙台で顕著で、これらが 10–7 Ma にかけて徐々に進行したことが読み取れる。鮮新世の海侵は竜の口、大年寺層堆積期のそれぞれ 4–3 Ma, 3–2 Ma の時期である。

[日本海側地域]

新潟油田地域、山形、新庄盆地、出羽丘陵、太平山、秋田油田地域、男鹿半島、西津軽、鰺ヶ沢地域を取り上げて述べるが、貝類化石の産出に偏りがあるため、また、最大深度の見積りが難しいため、浅海場がいつの時期に存在したかを推定するにとどまる。

この日本海沿岸地域では、16 Ma から 15 Ma にかけての急激な深海化が共通して認められる。また、鮮新世—更新世の海退現象は地域によって多少時間的なずれが認められ、新庄盆地が他より先行し 3.5–2.5 Ma にかけて、西山油田地域は 2–1.5 Ma, 男鹿半島地域では 2 Ma–0.5 Ma などを読み取ることができる。

[東北地方横断ルート]

山形県の温海から寒河江、山形、仙台、塩釜間 (ルート, No.23) を例に取り上げて述べる。

本横断ルートでは 16 Ma 以降の深度増加と 15 Ma 直後の深海化が顕著で、8–6 Ma にかけての浅海化、鮮新世の2回の海侵現象が認められる。また、注目すべきは、仙台と塩釜の 16 Ma 以前の海侵現象で、従来より指摘されてきた脊梁と日本海側の海侵期は前2者と若干ずれることである。

謝 辞

本論をまとめるにあたり、当初古環境検討グループに参加され、貝類の深度指標選定作業で多くの御助言を頂いた京都大学の鎮西清高教授に厚く御礼申しあげる。また、東北大学、北村信名誉教授、小高民夫名誉教授からは、貝類に基づく深度表を利用す

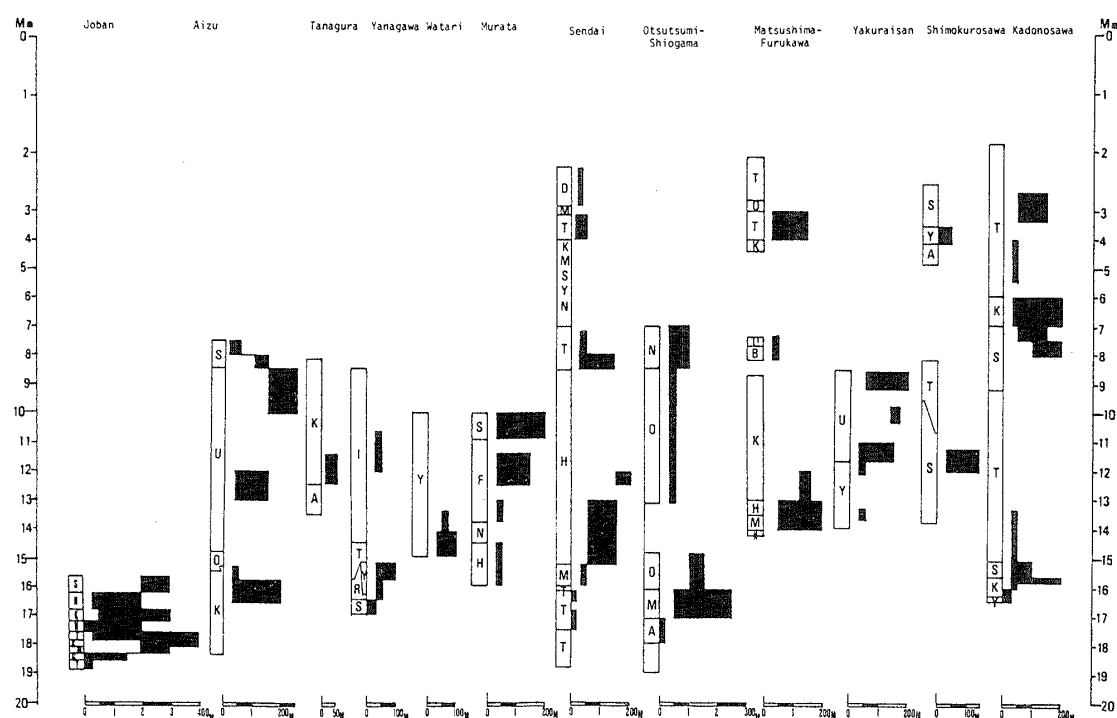


Fig. 3. Neogene and Quaternary paleobathymetric history of the Pacific borderland, Tohoku District, based on molluscan fossils. S, N, K, etc.: Abbreviation of Formation names (refer to Kitamura ed., 1986). Black areas are showing bathymetric ranges.

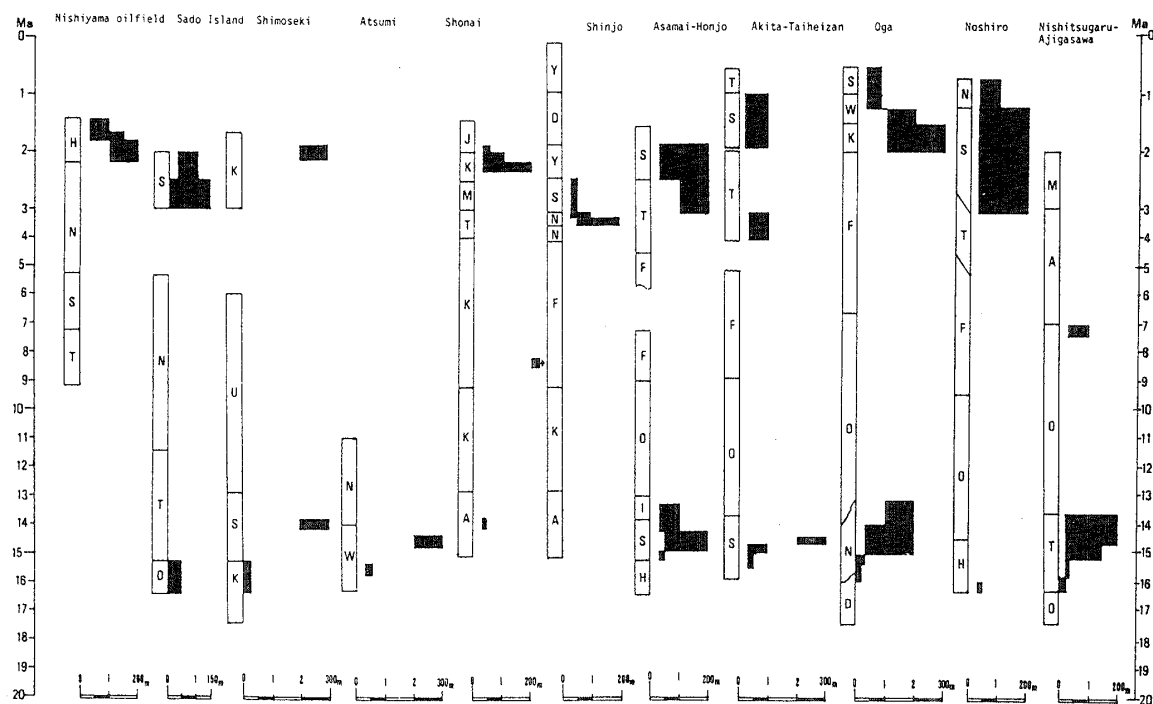
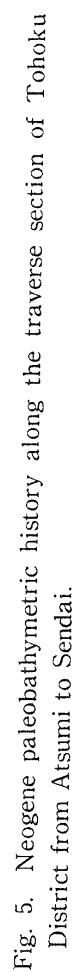


Fig. 4. Neogene paleobathymetric history of the Japan Sea borderland, Tohoku District, based on molluscan fossils.



る際の問題点について多くの御教示を頂いた。東北本州弧総研のメンバー各位には、研究集会を通じてここに挙げた深度指標について御討議頂いた。以上の方々に御礼申し上げる。

文 献

- CHINZEI, K., 1978: Neogene molluscan faunas in the Japanese Islands; An ecologic and zoogeographic synthesis. *The Veliger*, **21**, 155-170.
- , 1986: Faunal succession and geographic distribution of Neogene molluscan faunas in Japan. *Palaeont. Soc. Japan, Spec. Pap.*, no. 29, 17-32.
- , and IWASAKI, Y., 1967: Paleoecology of shallow sea molluscan fauna in the Neogene deposits of Northeast Honshu, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, **67**, 93-113.
- CLARK, A. H., 1962: Annotated list and bibliography of the abyssal marine molluscs of the world. *Nat. Mus. Canada, Bull.*, **181**, 1-114.
- DELL, R. K., 1956: The archibenthal mollusca of New Zealand. *Dominion Mus. Bull.*, **18**, 1-235, pls. 1-25.
- 波部忠重, 1977: 日本産軟体動物分類学・二枚貝綱・掘足綱. 北隆館, 372p.
- , 伊藤 潔, 1965: 原色世界貝類図鑑(I)北太平洋編. 保育社, 176pp., 56 pls.
- ・小菅貞男, 1967: 標準原色図鑑 貝. 保育社, 223pp., 64 pls.
- HICKMAN, C., 1974: Characteristics of bathyal mollusk faunas in the Pacific coast Tertiary. *Ann. Rep. The Western Soc. Malac.*, **7**, 41-50.
- , 1984: Composition, structure, ecology, and evolution of six Cenozoic deep-water mollusk communities. *Jour. Paleont.*, **58**, 1215-1234.
- 肥後俊一, 1973: 日本列島周辺海産貝類総目録. 長崎県生物学会, 397pp.
- 伊田一善, 1956: 貝化石群集の特性曲線について. 地調月報, **7**, 63-70.
- 池辺展生・ほか編, 1973: 日本新第三系の生層序と放射年代. 地質学論集, no. 8, 237pp.
- 石山 尚・小滝一三, 1982: 貝類分布から海流や海況を推定する. 地質ニュース, no. 329, 35-41.
- ・———, 1983: 東北日本の貝と海流, 同上, no. 350, 19-31.
- 吉良哲明, 1971: 原色日本貝類図鑑. 保育社, 240p. 67 pls.
- 北村 信編, 1986: 新生代東北本州弧地質資料集. 宝文堂, 仙台, 全3巻.
- KNUDSEN, J., 1970: The systematics and biology of abyssal and hadal Bivalvia. *Galathea Rep.*, **11**, 1-237.
- KURODA, T. and HABE, T., 1952: *Check list and Bibliography of the Recent marine Mollusca of Japan*. Leo. W. Stach ed., 210pp.
- 増田孝一郎, 1963: 貝類化石群よりみた日本の新第三系—Pectinidae 及び Turritellidae を中心にして—. 化石, no. 5, 27-38.
- , 1973: 日本新第三系の貝類化石層序. 地質学論集, no. 8, 107-120, pls. 1-2.
- , 1986: 本邦新第三紀貝類群集の変遷—Pectinids—を中心として. 瑞浪化石博専報, no. 6, 1-21, pls. 1-3.
- MASUDA, K. HAYASAKA, S. and NODA, H., 1983: Shell bearing molluscs in Sendai Bay, Northeast Honshu, Japan. *Saito Ho-on Kai Mus. Nat. Hist., Res. Bull.*, no. 51, 1-39, pls. 1-5.
- METIVIER, B. OKUTANI, T. and OHTA, S., 1986: *Calypotogena (Ectenagena) phaseoliformis* n. sp., an usual Vesicomid Bivalve collected by Submersible Nautila from Abyssal depths of the Japan and Kurile Trenches. *Venus*, **45**, 161-168, pls. 1-2.
- 小笠原憲四郎, 1988: 東北日本新第三系の暖・寒流系貝類の消長からみた生物事変. 大阪自然史博特別号, 49-70.
- ・増田孝一郎, 1983: 琉球列島の第三系貝類化石とその古環境. 地質学論集, no. 22, 95-105.
- ・———・的場保望(編), 1986: 秋田油田地域新第三系・第四系貝類化石図鑑. 高安泰助教授退官記念会, 秋田大鉱山博後援会, 310pp, 85 pls.
- OGASAWARA, K. and TAKAYASU, T., 1982: Fossil *Halicardia* from the Miocene of Akita Prefecture and the Pleistocene of Chiba Prefecture, Japan. *Venus*, **41**, 199-216.
- 生越 忠, 1956: いわゆる“西谷砂層”の一部から産する軟体動物化石の混合の型について. 石油技協, **21**, 34-44.
- , 1961: 軟体動物化石群集の特性曲線の古生態学的意義について. 地質雑, **67**, 205-220.
- , 1962a: HDM 特性曲線と Median of Midpoints. 同上, **68**, 649-661.
- , 1962b: Median of Midpoints による群集の性格指示法の有効性についての日本の諸学者の見解, その1. 従来の諸見解. 同上, **68**, 694-707.
- , 1963a: 同上, その2. 筆者の補足的見解. 同上, **69**, 99-115.
- , 1963b: 現生軟体動物群集の HDM 特性曲線について. 同上, **69**, 184-200.
- , 1963c: 軟体動物化石群集の特性曲線の古生態学的意義について. その2, VDM 特性曲線の古生態学的意義について. 同上, **69**, 397-419.
- , 1963d: 同上, その3. ふたたび HDM 特性曲線の古生態学的意義について. 同上, **69**, 445-463.

- 太田 秀, 1986: 深海生物コロニー. 日本地質学会第93年学術講演要旨(山形大学), 83-84.
- OKUTANI, T., 1962: Report on the archibenthal and abyssal Lamellibranchiate Mollusca mainly collected from Sagami Bay and adjacent waters by the R. V. Soyo-Maru during the year 1955-1960. *Bull. Tokai Reg. Fish. Lab.*, **32**, 1-40, pls. 1-5.
- , 1964a: Report on the archibenthal and abyssal Scaphopod Mollusca mainly collected from Sagami Bay and adjacent waters by the R. V. Soyo-Maru during the years 1955-1963 with supplementary notes for the previous report of Lamellibranchiata. *Venus*, **23**, 72-90, pl. 6.
- , 1964b: Report on the archibenthal and abyssal Gastropod Mollusca mainly collected from Sagami Bay and adjacent waters by the R/V Soyo-Maru during the years 1955-1963. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo* [2], **15**, 371-447, pls. 1-7.
- , 1967: Characteristics and origin of archibenthal molluscan fauna on the Pacific coast of Honshu, Japan. *Venus*, **25**, 136-146.
- , 1969: Synopsis bathyal and abyssal megalo-invertebrates from Sagami Bay and South off Boso Peninsula trawled by the R. V. Soyo-Maru. *Bull. Tokai Reg. Fish. Lab.*, **57**, 1-44, pls. 1-8.
- , 1972: Molluscan fauna on the submarine banks Zenisu, Hyotanse and Takase, near the Izu Shichito Islands. *Ibid.*, **72**, 63-142, pls. 1-2.
- , 1974: Review and new records of abyssal and hadal molluscan fauna in Japanese and adjacent waters. *Venus*, **33**, 23-39.
- , 1975: Deep-sea bivalves and gastropods collected from deeper than 2000m in the North-western Pacific by the R/V Soyo-Maru and the R/V Kaiyo-Maru during the years 1969-1974. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, **82**, 57-81, pls. 1-3.
- , and METIVIER, B., 1986: Descriptions of three new species of Vesicomid bivalves collected by the submersible Neutile from abyssal depths off Honshu, Japan. *Venus*, **45**, 147-160, pls. 1-3.
- 大山 桂, 1952: 海産貝類の垂直分布について. 貝類雑, **17**, 27-35.
- 斎藤常正・鎮西清高, 1985: 第三系の層序と古地理. 地質学論集, no. 25, 43-64.
- SCHENCK, H. G., 1945: Geologic application of biometrical analysis of molluscan assemblages. *Jour. Palaeont.* **19**, 504-521, pls. 66-67.
- 高安泰助・柚原備也, 1977: 男鹿半島沖の現生貝類の分布. 藤岡一男教授記念論集, 385-400.
- THORSON, G., 1957: Chapter 17; Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). In Hedgpeth J. W., ed., Treatise on marine ecology and paleoecology, vol. 1, Ecology. *Mem. Geol. Soc. Am.*, no. 67, 461-534.