

## 北海道むかわ町ペンケワッカタンネナイ沢に分布する上部白亜系セノマニアン階・チューロニアン階境界付近の浮遊性有孔虫化石 -松本達郎先生他採取試料の再検討-

Planktonic foraminifera from the Cenomanian and Turonian transition, Upper Cretaceous in the Penke-wakka-tannenai-zawa River section in Mukawa Town, Hokkaido — A re-examination of the samples collected by Tatsuro Matsumoto and colleagues —

花方 聰 Satoshi Hanagata

秋田県秋田市旭川南町15-21

Akita-shi Asahikawaminamimachi 15-21, Akita 010-0834, Japan.

(email: hanagata@ab.auone-net.jp)

### Abstract

Planktonic foraminiferal assemblages from rock samples collected by Tatsuro Matsumoto and colleagues in 1991—1993 from the Cenomanian and Turonian transition of the Penke-wakka-tannenai-zawa River section in the Hobetsu district of Mukawa Town, Hokkaido were re-examined based on the same materials (washed residues) initially reported in 1994. All 13 samples yielded planktonic foraminifera that were classified into 16 species of seven genera, including index species of the *Rotalipora cushmani* Zone (upper Cenomanian), whereas evidence of the Turonian was not found. Occurrence of the benthic foraminifera *Textularia hikagezawensis* Takayanagi, which is diagnostic of *T. hikagezawensis* Total Range Zone in all samples also indicate that the whole sequence is correlative to the Cenomanian. The boundary horizon between the Cenomanian and Turonian in the investigated section, as suggested by incomplete specimens of mega-fossils in the previous report, should be confirmed by more decisive evidence in future studies.

Planktonic foraminiferal assemblages are dominated by the non-keeled, small-size, globular-chambered taxa *Whiteinella* and *Hedbergella*, whereas the keeled, large-size, potentially dissolution-resistant *Rotalipora*, *Praeglobotruncana*, and *Dicarinella* account for a smaller portion. This implies that the surface mixed water had a stronger influence than thermocline and deeper waters.

The relative abundances of radiolaria are higher than that of planktonic foraminifera (ranges 96—100%). Radiolarian fossils also show high abundance in the sandy facies, suggesting a flourish in the shallow sea environment.

In addition, occurrences of Ostracoda, Ichthyoliths, and other microfossils in the washed residues are also recorded as regional fossils, suggesting a certain biological diversity in the age.

Key words: Cenomanian, Cretaceous, Hokkaido, planktonic foraminifera

(2016年1月6日受付)

### はじめに

後期白亜紀のセノマニアン期とチューロニアン期の境界部（以下、C/T境界：93.5Ma; Ogg et al., 2004; Sageman et al., 2006）は、海洋生物の大量絶滅を引き起こしたとされる白亜紀における汎世界的な海洋底無酸素事件（Oceanic Anoxic Event: Schlanger and Jenkyns, 1976）のうち、Oceanic Anoxic Event 2 (OAE2) が起こった時期として脚

光を浴び、多くの研究が展開されている（例えば、Arthur and Schlanger, 1979; Paul et al., 1999; Gale et al., 2000; Keller and Pardo, 2004; Takashima et al., 2004, 2009; Turgeon and Creaser, 2008; Kurihara et al., 2012）。

日本においても、北海道の白亜系に産出する浮遊性有孔虫化石の生層序および分類について多くの研究が行われており（例えば Takayanagi, 1960; Takayanagi and Iwamoto, 1962; Kawabe et al., 2003;

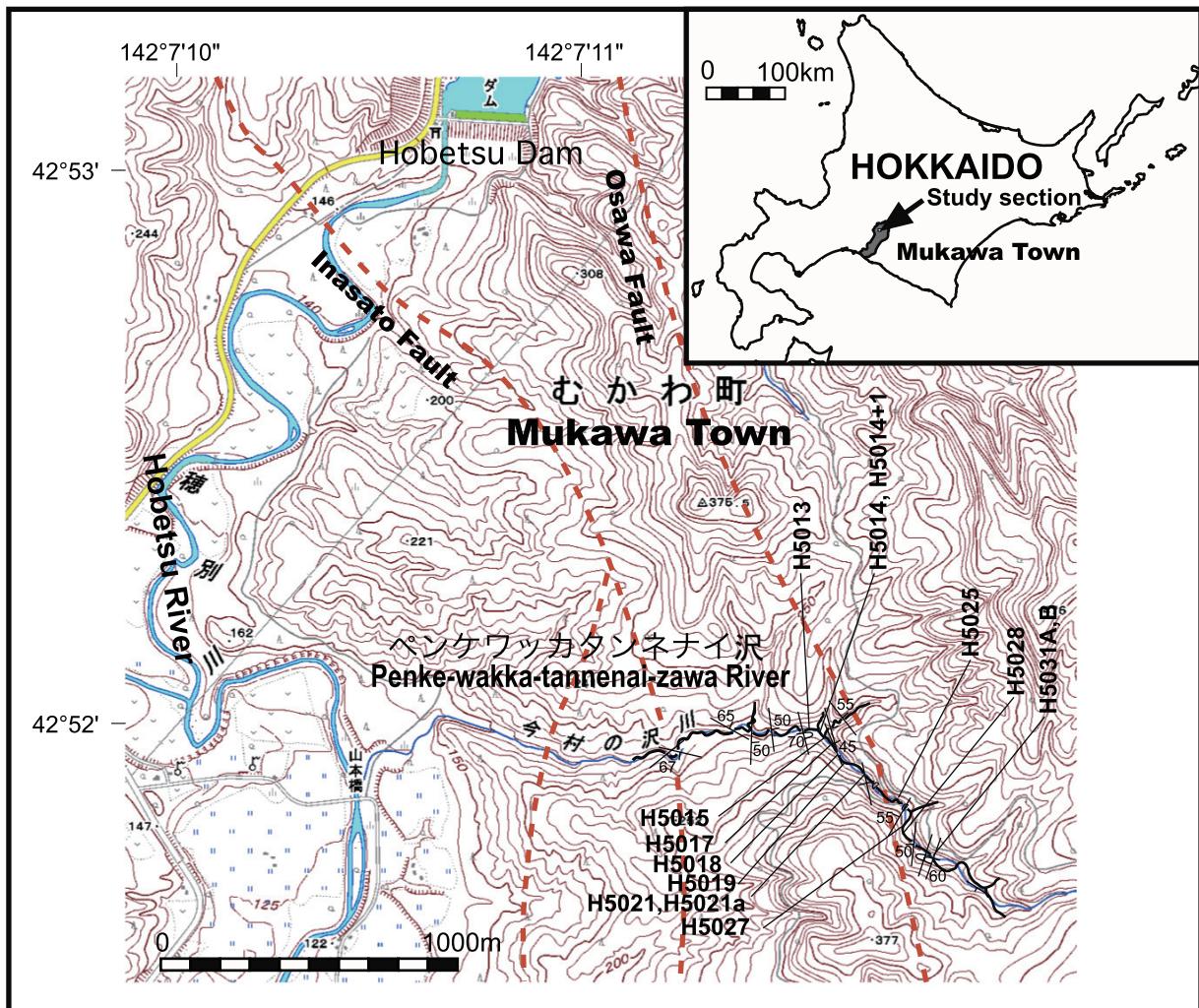


図 1. 試料採取位置図。松本ほか（1994）のルートマップを2万5千分の1地形図「稲里」（国土地理院）にプロットした。長和断層の位置は高橋ほか（2002）を本研究結果に基づいて微調整している。

**Fig. 1.** Index and locality map of rock samples. The route map drawn by Matsumoto et al. (1994) is plotted on the geographic map "Inasato" (Geospatial Information Authority of Japan). The position of the Osawa Fault is as indicated by Takahashi et al. (2002) with minor adjustment based on the current study.

Nishi et al., 2003), 特にC/T境界周辺の層準に対しては大型化石や微化石、地球化学的アプローチから様々な研究が行われている（長谷川, 1992; Hasegawa and Saito, 1993; Toshimitsu and Maiya, 1986; Kaiho and Hasegawa, 1994; Hasegawa, 1995, 1999; Hasegawa and Hatsugai, 2000）。むかわ町穂別地域においては、山本・長谷川（2006）によって穂別ダム北西の鍛冶屋の沢および同ダムの南の沢の浮遊性有孔虫化石層序および炭素同位体等の地化学層序に関する報告がなされているところである。

著者は、松本ほか（1994）において穂別地域のペンケワッカタンネナイ沢におけるC/T境界付近の有孔虫化石層序の概略を報告していたが、今回、石油資源開発株式会社から試料を借用し、さらに詳細な検討を行うことができたので、その結

果について報告する。

### 試料および方法

調査地の岩相層序については松本ほか（1994）に記載されているが、後年、北海道立地質調査所による5万分の1地質図幅「紅葉山」（高橋ほか, 2002）が公表され、周辺地域を含めた地質は一段と明らかとなっている。高橋ほか（2002）によると、本研究で対象とする層準は下位から中部蝦夷層群の稲里層およびヌタポマナイ層である。ペンケワッカタンネナイ沢（国土地理院2万5千分の1地形図による「今村の沢川」と同じ）ルートにおける走向は概ね南北で、傾斜は安定しないが、概ね西から東に向かって上位層が現れる（図1）。C/T境界付近は、稲里断層、長和断層およびそれ

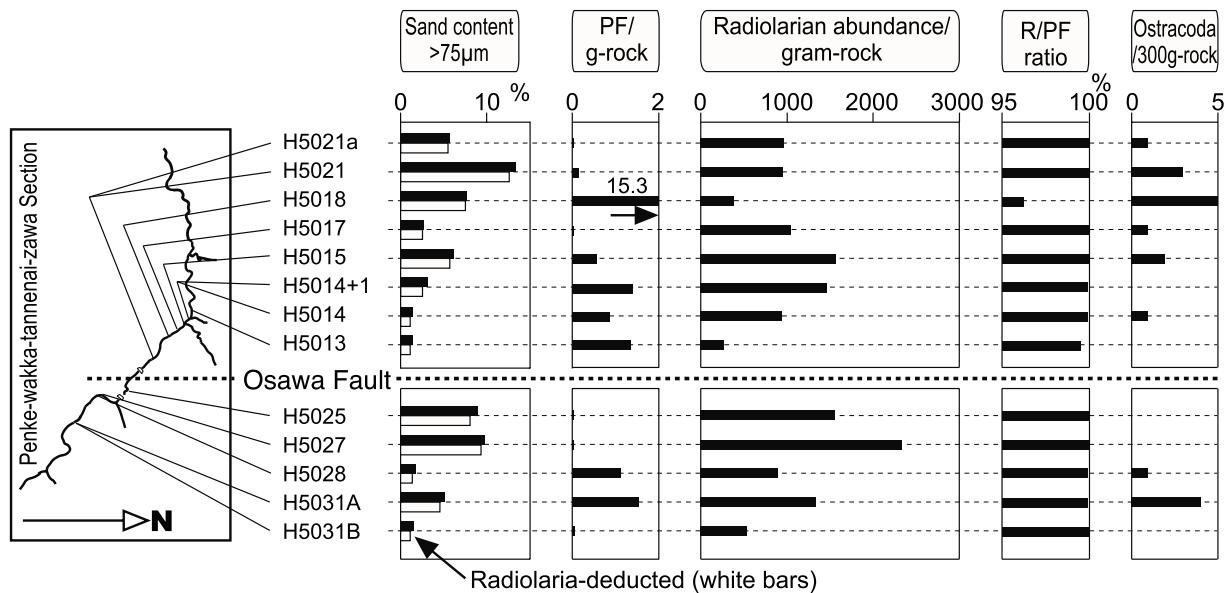


図2. 含砂量 (Sand Content), 浮遊性有孔虫化石 (PF) と放散虫化石 (R) の岩石 1 グラム当たりの頻度, R/PF 比, 貝形虫 (Ostracoda) の個体数の分布. 含砂量の棒のうち黒は 200 メッシュ ( $>75\mu\text{m}$ ) の残渣全体の割合を示し, 白はそこから放散虫化石の割合を除いたものを示す. 層位間の距離は以降の図同様, 相対的な上下関係を示しているのみであり, 正確ではない. 長和断層による層序の繰り返しと一致するように含砂量が上位に増加する傾向が認められる.

**Fig. 2.** Distributions of sand content (amount of washed residue  $>75\mu\text{m}$ ), abundances of planktonic foraminifera (PF) and radiolaria (R) in 1 g of rock sample, R/PF ratio, and total number of Ostracoda. Black bars in sand content show the total amount of sand residue on 200-mesh sieve ( $>75\mu\text{m}$ ). The white bars are radiolarian fossils-deducted sand content. Stratigraphic distances between each sampling horizon are not to scale as in later figures. Stratigraphic repetition derived by the Osawa Fault is inferred in the middle of the study section (between sampling spots of H5025 and H5013) as appears in upward coarsening expressed by sand content.

らから分岐する断層によって複雑な地質構造を呈しており, 一部で層序の繰り返しが推定されている (松本ほか, 1994; 高橋ほか, 2002). ペンケワッカタンネナイ沢においては, 試料 H5025 と H5013 の採取位置の間に長和断層が推定され, その東西で地層の繰り返しが認められる. 特に断層の東側では地層傾斜が逆方向となり, 西に向かって上位層が現れる. このような地域において, 試料採取位置間の地層の厚さを測定することは困難であり, 本論では, 松本ほか (1994) で報告された大型化石層序に基づく相対的な上下関係に基づいて検討を行う.

本研究では, 松本ほか (1994) において報告した 13 試料の有孔虫化石標本および水洗残渣の再検討を行った. 使用した原岩は乾燥重量で 300g である. 試料処理方法については既報のため省略するが, 北海道に分布する白亜系の堆積岩としては, 穂別地域の岩石は比較的固結度が低く, 硫酸ナトリウム・ナフサ法 (米谷・井上, 1973) によってほぼ全量が軟化 (泥化) され, 水洗残渣からは有孔虫化石のほぼ全個体が原岩から分離した形で得られる点は特筆に値する. このことによって化

石群集組成に関して定量的な処理が可能になっている. これまで最も網羅的な北海道産白亜系有孔虫化石に関する報告を行っている Takayanagi (1960) の研究当時は, ローラーミルと呼ばれる機械によって岩石を物理的に粉碎する処理法が用いられていたが, 前述の硫酸ナトリウム・ナフサ法をはじめとした岩石処理法の進歩によって微化石がきれいに原岩から分離できるようになってきたことが近年の白亜系有孔虫化石の研究に大きく寄与していることを指摘しておく.

今回は水洗残渣に含まれる浮遊性有孔虫化石をあらためて拾い出し, 1994 年に検討した標本と合わせて同定を行った. 浮遊性有孔虫の分類については 1994 年以降の研究の進展を踏まえて再検討を行い, 同定に誤りがあったものは訂正した.

浮遊性有孔虫化石の研究に用いる篩についての, 120 メッシュ (目の開き 125  $\mu\text{m}$ ) が採用されることが多い, Takayanagi (1960) も 0.1 mm 以上の個体を対象としている. 一方, 現生有孔虫の研究では 250 メッシュ (63  $\mu\text{m}$ ) も多く使用されている (Schönfeld, 2012 参照). 主に北米大陸をフィールドとした Loeblich and Tappan (1950) は, 白亜系

においては 200 メッシュ ( $75 \mu\text{m}$ ) でなければ検出されない小さい個体が多く産出することを指摘しており、大夕張地域の C/T 境界層準で研究を行った Kaiho et al. (1993) は  $63 \mu\text{m}$  以上の個体を対象としている。本研究では、1994 年の報告で用いた 120 メッシュとの比較検討のため、120 メッシュ ( $125 \mu\text{m}$  以上) と 200 メッシュ ( $125 \mu\text{m}$  から  $75 \mu\text{m}$ ) の 2 つのサイズ区分について、それぞれ検討を行うこととした。

浮遊性有孔虫化石層序について、前回の報告では Caron (1985) および Sliter (1989) による KS 番号を用いた化石帶区分を使用した。その後、北海道では Nishi et al. (2003) が浮遊性有孔虫化石帶を定義したので、本研究ではこれも踏まえて化石帶の設定を行う。

底生有孔虫は検討対象としていないが、米谷 (1985) による底生有孔虫化石帶 *Textularia hikagezawensis* Total Range Zone の指標種である *Textularia hikagezawensis* Takayanagi のみ産出を確認した。

種の多様性に関しては様々な指標が提案されているが、本研究では種数 (SR), Simpson (1949) の  $\lambda$  の逆数 ( $1/\lambda$ ) および Shannon-Wiener 指数 ( $H'$ ) を採用する。SR は対象とする個体数の多寡に影響されるので、群集中で 0.5% 以上を占める種の数として定義する。

$$1/\lambda = 1/\sum p_i^2$$

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad (p_i \text{ は種 } i \text{ の個体数が、群集の全個体数に占める割合})$$

また、含砂量の指標として有孔虫化石を拾い出した後の残渣 ( $>75 \mu\text{m}$ ) の重量 (g ; 以下 SC と呼ぶ) を測定した。ただし、残渣には多くの放散虫化石が含まれることが顕微鏡下で明らかであったため、残渣粒子のうち、ランダムに 1000 粒超を対象に放散虫化石の占める割合を計測し、放散虫化石による SC への影響についても検討した。

その他、水洗残渣に含まれる有孔虫以外の微化石について参考資料として検討を行った。放散虫化石は、水洗残渣を分割し、そこに含まれる個体数から岩石試料 1g 当たりの産出個体数 (R/g) を求めたほか、R/g と浮遊性有孔虫化石 (PF/g) の比率 (R/PF 比 =  $R/(R+PF) \times 100$ ; %) を算定した。さらに貝形虫 (Ostracoda), 魚類の鱗 (placoid scale) や魚類の歯と推測されるエナメル質の化石 (Ichthyolith), 棘皮動物の骨針 (Echinoidea spines) および海綿の骨針 (sponge spicule) については、

産出個体数または多寡 (abundant/rare) を記録した。

## 結 果

検討した 13 試料全てに浮遊性有孔虫化石が産出し、合計 6698 個体の浮遊性有孔虫化石を 7 属 16 種に同定した (表 1)。

今回の再検討では 1994 年の報告時に残渣中に拾い残した多くの標本を追加した。特に試料 H5013 と H5025, H5025a では浮遊性有孔虫が検出されていなかったが、今回はこれらの試料からも産出が確認された。産出個体数は試料間で差が大きく、120 メッシュと 200 メッシュの合計で 2 個体 (試料 H5031B, H5025, H5017) から 4577 個体 (試料 H5018) が産出している。多様性は指標によって異なるが、最大値は SR が 10 (試料 H5018),  $1/\lambda$  は 5.8 (試料 H5015),  $H'$  は 1.7 (試料 H5015) である。

多くの標本が地層の圧密に起因すると推測される変形をしており、より新しい時代のものと比較すれば保存状態は悪いが、筆者の経験上、北海道の同時代のものよりも良好といえる。また、内部の型が残りながら外壁が溶解している個体が認められ、堆積直後ではなく、化石化が進行した段階での二次的な溶解を示唆している。風化による溶解は認められない。

群集組成から見ると 200 メッシュで検出された浮遊性有孔虫化石の個体数は 120 メッシュと合わせた群集全体の 0% (試料 H5014+1) から 99.5% (試料 H5031B, H5025, H5021a) を占めている。200 メッシュには、120 メッシュと同様に *Globigerinelloides bentonensis* (Morrow) や *Hedbergella* 属が多く産出しているが、*Heterohelix cf. moremani* (Cushman) は 200 メッシュにのみ検出されている。

SC (Sand Content) は、1.3% (試料 H5013, H5014) から 13.3% (試料 H5021) の範囲で、大局的には上方粗粒化の傾向を示唆している (図 2)。これは泥岩を主体とした稻里層から砂岩層を頻繁に挟むヌタポマナイ層への岩相変化に対応したものとみられる。長和断層による地層の繰り返しとも整合的である。砂粒子は、石英もしくは長石と推測される透明ないし白色の鉱物が大半を占めている。浮遊性有孔虫化石の産出個体数と SC には相関が認められない。また、試料 H5027 には高等植物起源と思われる炭化した木質の欠片が特に多

表1. ペンケワッカタンネナイ沢セクションから採取された浮遊性有孔虫および他の微化石のリスト. リストから計算された各種指標を表の下部に示した.

**Table 1.** List of planktonic foraminifera and other microfossils from the Penke-wakka-tannenai-zawa River section. Indices calculated from the list are given in lower part of the table.

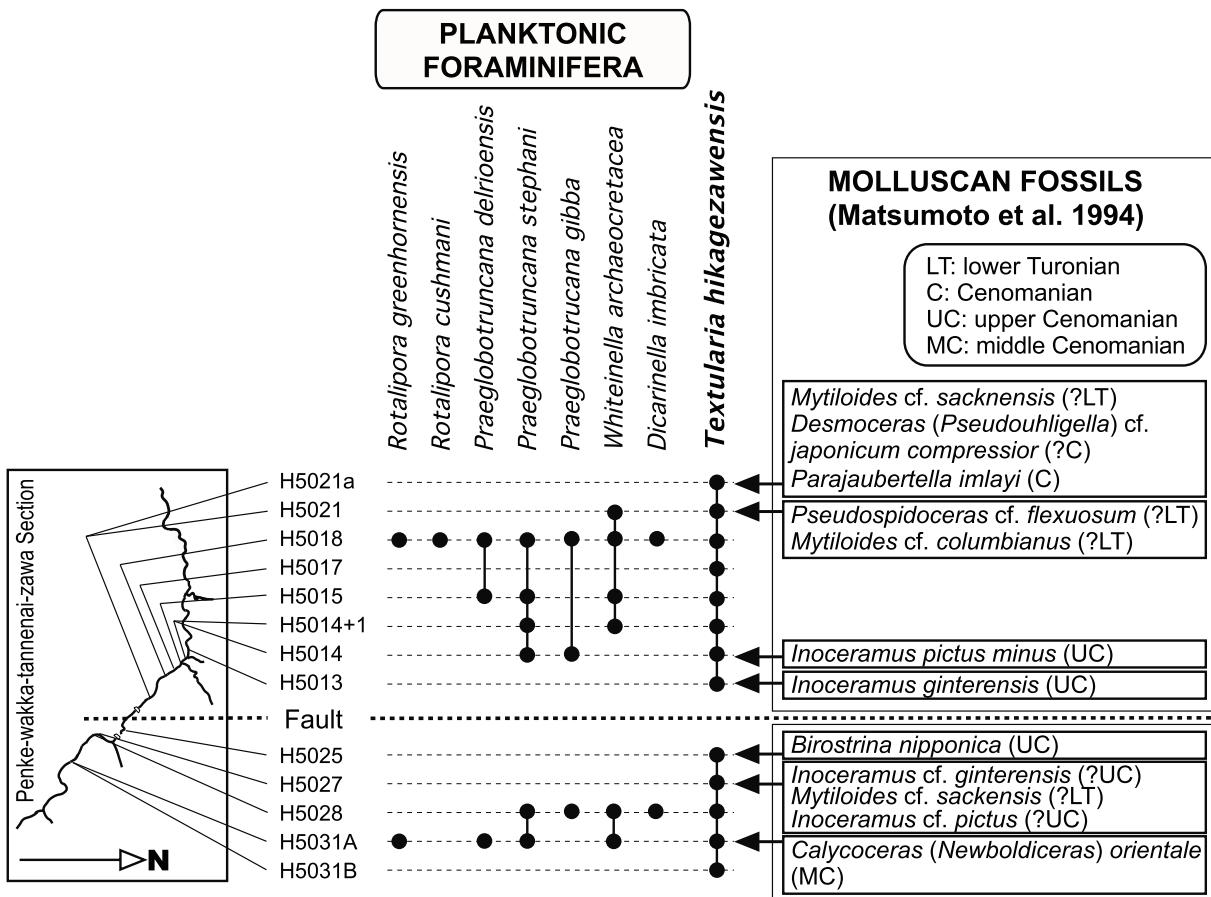


図3. 主な浮遊性有孔虫化石の産出状況。右に示す年代指標種の軟体動物化石の分布は松本ほか（1994）による。  
**Fig. 3.** Occurrences of selected planktonic foraminifera. Distributions of age diagnostic molluscan fossils reported by Matsumoto et al. (1994) are displayed on the right.

く含まれる。

放散虫化石は全ての試料に含まれており、単位岩石中の放散虫化石の個体数は試料H5021やH5015が比較的多くなっている（図2）。ただし、放散虫化石は200メッシュでは検出されない微小な個体(<75 μm)が多く存在することが示唆されるため、今回計測している産出個体数は放散虫の多寡を大まかに示しているものである。R/PF比は全ての試料で極めて高く、試料H5018が96%である以外は全て99%以上である（図2）。なお、放散虫化石が残渣粒子数に占める割合は1%以下であり、本論での考察には影響しないレベルである。

貝形虫化石は8試料に産出した。産出個体数は少なく、1試料当たり5個体以下である。その他、海綿の骨針、魚類の鱗および魚類の歯と推測されるエナメル質の化石の産出についても表1に示した。

今回使用した岩石試料、水洗残渣および化石標本は全て石油資源開発株式会社技術研究所（千葉

市美浜区浜田1-2-1）に保管されている。

## 考 察

### 1. 有孔虫化石層序

試料H5031A, H5028およびH5018には *Rotalipora* cf. *evoluta* Sigal, *R. greenhornensis* (Morrow)、および *R. cushmani* (Morrow) が産出している。*Rotalipora* 属はセノマニアン期で絶滅することから (Sliter, 1989; Bralower et al., 1995; Nishi et al., 2003)，これらの試料採取層準は確実にセノマニアン階に対比される（図3）。特に試料H5018に *R. cushmani* が産出したことから、この層準は *R. cushmani* Zone (Caron, 1985; Sliter, 1989 の KS19 帯; Nishi et al., 2003) に対比される。なお、*Rotalipora* 属は比較的サイズが大きく頑丈であるため、サイズが小さく溶解に対して弱いと考えられる *Hedbergella* 属や *Whiteinella* 属が産出する試料については、*Rotalipora* 属が溶解によって消失している可能性は低い。

チューロニアン階の基底は、

Stage	Formation		Planktonic Foraminiferal Zone (Nishi et al., 2003)	Benthic Foraminiferal Zone (Maiya, 1985)
	Hobetsu	Oyubari		
Turonian	Nutapomanai	Takinosawa	<i>Helvetoglobotruncana helvetica</i> Zone	<i>H. helvetica</i>
			<i>Whiteinella archaeocretacea</i> Zone	
Cenomanian	Inasato	Hikagenosawa	<i>Rotalipora cushmani</i> Zone	<i>R. cushmani</i>
				<i>Textularia hikagezawensis</i> Total Range Zone

図4. 研究セクションと大夕張地域の層序比較。穂別地域の岩相層序区分は高橋ほか (2002), 大夕張地域は Hasegawa and Saito (1993) による。浮遊性有孔虫化石帯は Nishi et al. (2003), 底生有孔虫化石帯は米谷 (1985) の定義による。有孔虫化石の産出のみに基づくと本研究で用いた試料の層準は右側に黒く示した部分に当たる。

**Fig. 4.** Stratigraphic summary of the study section in comparison with the Oyubari district. Litho-stratigraphic division is as described by Takahashi et al. (2002) in the Hobetsu district and as described by Hasegawa and Saito (1993) in the Oyubari district. Planktonic foraminiferal biostratigraphic zones are based on a study by Nishi et al. (2003) and the benthic zones are based on a study by Maiya (1985). The stratigraphic interval of the current study is a black bar on the right, based solely on foraminiferal evidences.

*Helvetoglobotruncana helvetica* (Bolli) の初出現層準付近とされているが (Sageman et al., 2006), 本研究では同種が産出せず, この他にもチューロニアノ階以上に産出が限られる種は産出していない。ただし, *H. helvetica* については, 祖先である *H. praehelvetica* (Trujillo) も産出しないことから, 当地域ではこの系列の分布が少なかったことも推定される。したがって, その産出がないことをもってチューロニアノ期の地層がないとの証拠とするには弱い。

なお, 松本ほか (1994) では, *Rotalipora* 属の上限と *Dicarinella imbricata* (Mornod) の初出現を C/T 境界の目安としたとの記載があるが, 最近の研究では, *D. imbricata* はセノマニアン期に初出現があるとされている (Keller et al., 2001)。本研究試料においても *D. imbricata* が産出した試料 H5028 と H5018 には *Rotalipora* 属が産出することによりセノマニアン期とみられることから, これもチューロニアノ期とする決め手とはならない。

底生有孔虫化石層序については Maiya and Takayanagi (1977) およびそれを改訂した米谷 (1985) による化石帯区分がある。米谷 (1985) によるとセノマニアン階は *Textularia hikagezawensis* Total Range Zone に, チューロニアノ階は *T. hikagezawensis-Silicosigmoilina ezoensis* Interval Zone に対比されている。前者は *T. hikagezawensis* の産出によって定義され, 後者は *T. hikagezawensis* の消滅層準より上位かつ *S. ezoensis* (Asano) の初出現層準よりも下位であることで定義される。大

型化石による C/T 境界は底生有孔虫化石帯の *T. hikagezawensis* Total Range Zone の上限とほぼ同じ層準にあることが指摘されているが (西田ほか, 1993), その後の研究で *T. hikagezawensis* の上限はチューロニアノ階に入る可能性も指摘されており (西田ほか, 1998), 年代指標としては, まだ課題が残されている。既報において, ペンケワッカタンネナイ沢セクションでは, 大型化石 *Mytiloides cf. sackensis* (Keller), *Pseudospidoceras cf. flexuosum* Powell, *Mytiloides cf. columbianus* (Heinz) の産出から試料 H5021 と H5021a の層準がチューロニアノ階下部である可能性が示唆されているが, いずれも cf. を付していることから決定的ではない。一方, 松本ほか (1994) では, 同じ試料 H5021 の層準でセノマニアン階を示す *Desmoceras (Pseudouhligella) cf. japonicum compressior* Matsumoto, *Parajaubertella imlayi* Matsumoto が産出しており, これを上位層準への団塊の混入による二次化石と解釈している。試料 H5021 および H5021a には底生有孔虫 *T. hikagezawensis* が産出しており, これも下位層から混入したのか, 生息期間がチューロニアノ期に入るのか, 大型化石種の生息期間を含めてさらに精度を高めた検証が必要である。

なお, 前述の生層序と岩相層序を組み合わせると, 穂別地域におけるシルト岩優勢の稻里層と上位の砂岩層や砂泥互層優勢のヌタポマナイ層が, 大夕張地域の日陰ノ沢層と滝ノ沢層にそれぞれ対比される場合, ヌタポマナイ層の下部はセノマニ

Water column and habitat	Taxa	Reference
Sea surface		
Surface mixed layer	<i>Heterohelix moremani</i> <i>Hedbergella spp. (excluding H. simplex)</i> <i>Whiteinella baltica</i> <i>Whiteinella archaeocretacea</i> <i>Whiteinella brittonensis</i>	Nederbragt et al. (1998) Bice et al. (2003) Bice et al. (2003) Keller et al. (2001)
Thermocline	<i>Globigerinelloides bentonensis</i> <i>Dicarinella spp.</i> <i>Praeglobotruncana spp.</i> <i>Hedbergella simplex</i>	Huber et al. (1999) Keller et al. (2001) Gebhardt et al. (2010) Coxall et al. (2007)
Below thermocline	<i>Rotalipora spp.</i>	Keller et al. (2001)

図5. 浮遊性有孔虫種の生息深度分布推定. 全ての種は若い段階で表層付近まで上昇して生息することから、深い深度まで分布する種であっても浅海堆積物には幼体が含まれる可能性があることに注意が必要である。

Fig. 5. Assumed classification of the depth distribution of planktonic foraminiferal species. Note that each species migrates upward to the surface during the younger stage; therefore, the young specimens of all species have the potential to be included in shallow sea sediment.

アン階上部に対比されることから、岩砂量の多い試料 H5025, H5021 がヌタポマナイ層から採取されたものであったとしてもセノマニアン階上部に対比される可能性があり、チューロニアン階に入らないことについて矛盾は生じない（図4）。

## 2. 浮遊性有孔虫化石群集が示す海洋環境

現生浮遊性有孔虫に認められる海洋中での鉛直分布に類似した分布構造が白堊紀の浮遊性有孔虫においても存在したことが安定同位体の測定に基づいて推測されている。すなわち、キールが発達する比較的大きい個体である *Rotalipora* 属は現生の *Globorotalia* 属と同様に、そのライフサイクルにおいて最も大きい深度まで沈降しながら分布し、それよりもやや小型でキールの発達が弱い *Praeglobotruncana* 属は水温躍層、小型で単純な形態の *Hedbergella* 属や *Whiteinella* 属は現生の *Globigerina* 属のように表層混合層付近に分布していたと考えられる (Leckie, 1987, 1989; Price et al., 1998; Huber et al., 1999; Keller et al., 2001; Price and Hart, 2002; Bice et al., 2003; Keller and Pardo, 2004; Gebhardt et al., 2004, 2010)。それらに基づき、C/T 境界の下位に認められる *Rotalipora* 属の絶滅については、深部に存在した貧酸素水塊が上昇したことによるものと指摘がなされてきた（例えば Jarvis et al., 1988; Leckie et al., 2002）。一方、Gale et al. (2000) は *Rotalipora* 属の絶滅は塩分濃度の低下や水温の上昇によるものと推測し、Ando et al. (2010) はセノマニアン前期において水塊構造

の変化に伴う浮遊性有孔虫の分布深度の変遷を指摘するなど、浮遊性有孔虫化石に基づく古環境の推定については、今後の研究の進展を待つところが大きい。ここではある程度確かと思われる浮遊性有孔虫の深度分布を表層混合層、温度躍層、温度躍層よりも深部のグループとして区分した（図5）。ただし、深層に生息深度をもつ種であっても生活環（成長）段階の初期には海洋表層付近まで浮上することに注意が必要である。

これらのグループごとの試料中の分布を図6に示す。全般に温度躍層以深を示す *Rotalipora* 属の産出が少なく、表層混合層を示す *Whiteinella* 属や *Hedbergella* 属の産出が多い。特に本研究で最も多く産出している *Whiteinella baltica* は海洋表層付近（混合層上部）の生息環境が推定され (Bice et al., 2003)，全般に表層水塊のみで構成される沿岸海域での堆積が示唆される。その中で試料 H5031A と H5015 には温度躍層を示す *Praeglobotruncana* 属が比較的多く産出しているが、数値を引き上げているのは *Globigerinella bentonensis* (Morrow) の個体数である。なお、*Rotalipora* 属については、今回産出したものはサイズが小さく、幼体であることから前述のとおり特に大きい水深を示す根拠とならない。

また、C/T 境界付近における OAE2 との関連については、浮遊性有孔虫化石から得られる特筆すべき情報は見いだせない。

ところで、*Heterohelix moremani* (Cushman) や

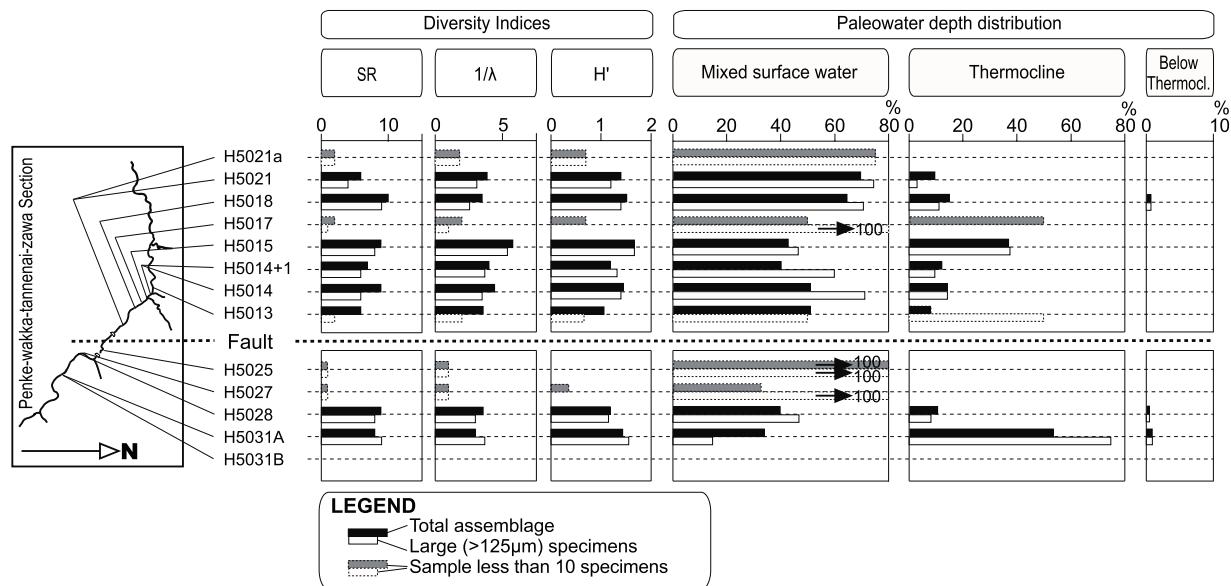


図6. 浮遊性有孔虫群集の多様度指数および図5における深度区分グループの層序分布。水洗した篩のメッシュサイズの影響をみるため、200 メッシュ上 ( $75\mu\text{m}$  以上) の全ておよび120 メッシュ ( $125\mu\text{m}$  以上) のみのデータを並記している。産出個体数が10 標本未満の試料は信頼度が低いことから点線の枠で示した。

**Fig. 6.** Stratigraphic distributions of diversity indices of planktonic foraminiferal assemblages and those of depth distributions, as classified in Figure 5. Data on the total assemblages of 200 mesh ( $>75\mu\text{m}$ ) and 120 mesh ( $>125\mu\text{m}$ ) are expressed respective to the mesh-size effect. Samples containing <10 specimens of planktonic foraminifera are expressed with a dotted outline and gray bars due to their lower data reliability.

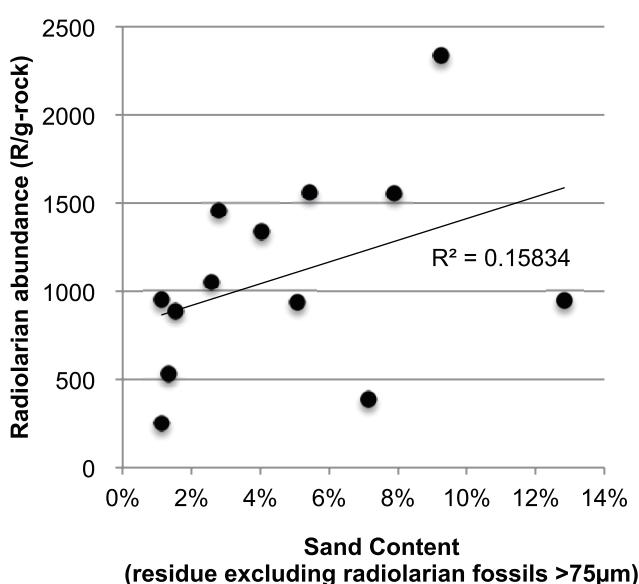


図7. 放散虫化石を差し引いて水洗残渣の量から推定した含砂量 (SC $>75\mu\text{m}$ ) と岩石1 グラム当たりの放散虫個体数 (R/g) のプロット。放散虫の全含砂量に占める割合は1000 粒以上の残渣粒子から推定した。両者には有意な相関が認められない。

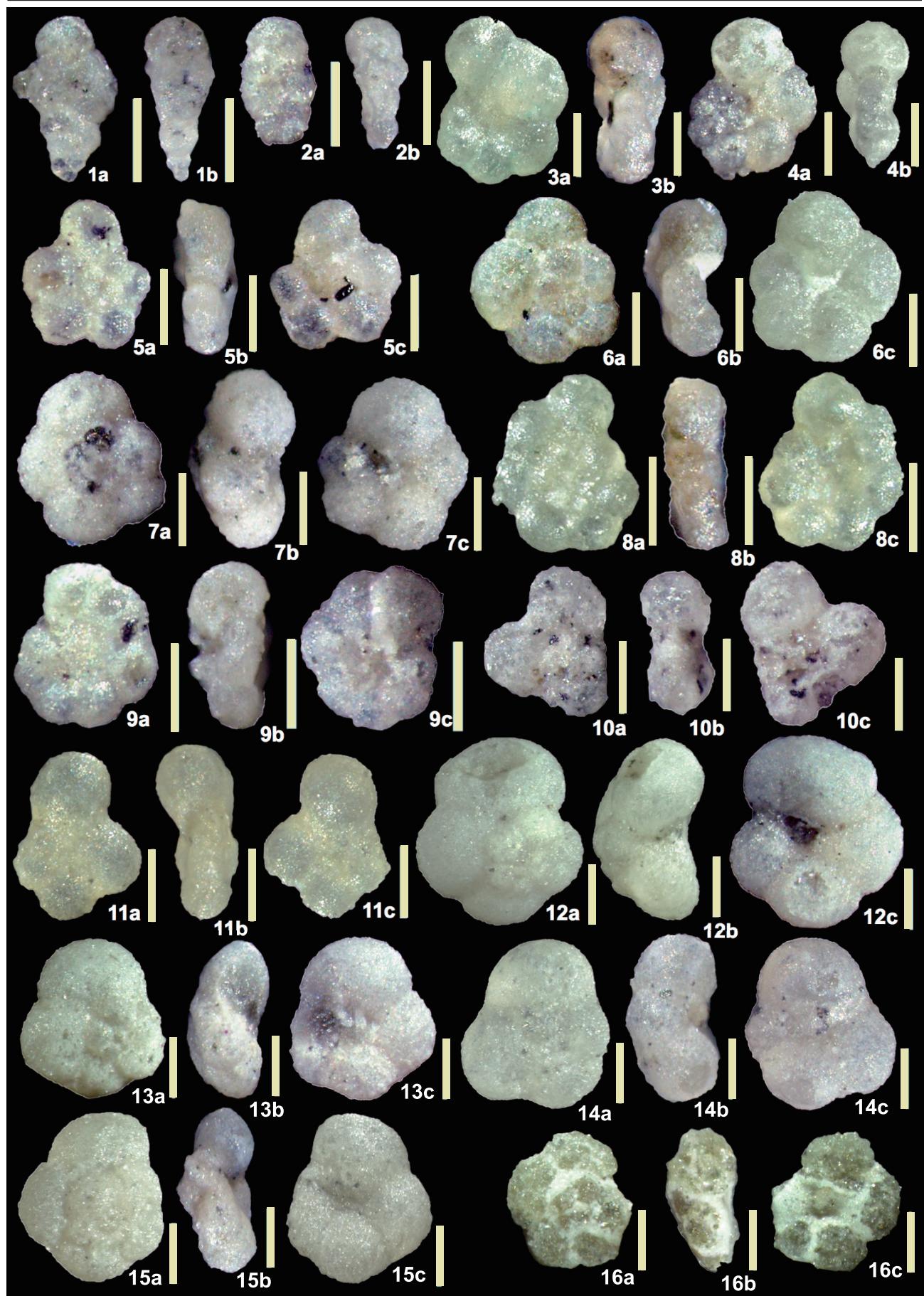
**Fig. 7.** Cross plot of sand content (amount of residue minus radiolarian portion  $>75\mu\text{m}$ , weight-%) and radiolarian abundance in 1 g of rock (R/g). The portion of radiolarian fossils in the total sand content is estimated from the ratio in over 1,000 residue particles between radiolarian fossils and other sand particles. No significant correlation exists between sand content (SC) and R/g.

*Guembelitria cenomana* (Keller) は北米や欧州のセノマニアン階で多く産出し (例えば Keller, 2001; Keller and Pardo, 2004), 浅海部での生息を示すと考えられるが、これらの産出が北海道では稀である。この原因については、生物地理区の違いによるものと考えることも可能であるが、Leckie (1987) はこれらのタクサを沿海群集 (Epicontinental Sea Fauna) とし、本研究で多く産出する *Hedbergella* 属などを含む外洋に開いた浅海の群集 (Shallow Sea Fauna) と区別していることから、北海道は外洋に面した環境であったという説明も可能である。

### 3. 有孔虫以外の微化石による古環境の推定

C/T 境界層準付近では放散虫化石が特徴的に大量に含まれるとの報告がある (Neagu, 1970; Hasegawa, 1995; Mort et al., 2007)。三次 (1999) は、大夕張地域の C/T 境界層準では、250 メッシュ上の放散虫化石個体数は、セノマニアン階中部から上部にかけてやや多く最大 1gあたり 14 個体程度、チューロニアン階下部では OAE2 後に 17 個体/g 程度まで増加するがそれ以外はごくわずかであることを報告している。

本研究の試料では、R/g は 253 ~ 2339 であり (図2), 三次 (1999) とは乖離がある。この原因是不明だが、保存状態の悪い、主に球形~円盤形のタ



クサの取扱いの差によるものと推測される。本研究の試料では、R/gは上位に増加する傾向が大沢断層の西側で認められるが、東側では明確ではない(図2)。また、SCとR/g間には相関関係が認められない(図7)。SCの高い試料にも放散虫化石が多く含まれていることは、一般的に碎屑物が多いことにより化石量が希釈されることを考慮すれば、浅海域において相当の放散虫が分布していたことを示唆している。

R/PF比については、浮遊性有孔虫化石に二次的な溶解の影響があることから、古環境の推定に用いるには不確実性が高いが、比較的保存状態の良い浮遊性有孔虫化石が産出する試料H5018でも96%と圧倒的に放散虫が多い。Diester-Haass(1977)はR/PF比が湧昇流による栄養塩の供給による生物生産性の向上を示す指標として有効であることを指摘しており、東シナ海(沖縄トラフ)では生物生産性が高かった最終氷期にR/PF比が高かったことを示した例がある(Wang et al., 1988)。したがって、本研究試料における極めて高いR/PF比は高い生物生産性を示唆しているが、単に放散虫を多く含む珪質軟泥の分布域であった可能性も否定できないことから、今後は周辺地域でのデータの蓄積とそれらに基づく比較検討が必要である。

貝形虫化石の産出は5個体以下であり、ほと

んどの標本において顕著な溶解がみられない良好な保存状態であることから、貝形虫の分布には適さない環境であったことが推測できる。この他の微化石(魚鱗、魚歯化石等)については、それらの産出によって古環境を論ずることは困難であるが、一定の生物多様性があったと考えられる。

#### 4. メッシュサイズの影響

山本・長谷川(2006)は、ペンケワッカタンネナイ沢の約2km北に位置する穂別ダムの南の沢とそれ以北の地域について、240gの岩石試料を使用し、80メッシュ(目の開き180μm)より大きい浮遊性有孔虫化石について検討しており、1試料当たりの産出個体数は200個体未満となっている。本研究では岩石300gを使用しているが、120メッシュ上の産出個体数をみると山本・長谷川(2006)と大差はない。ただし、全体で見ると本研究において200メッシュで検出された小型の標本の個体数は無視できない程度であることが明らかである。

一方、多様性指標でみると200メッシュを使用した場合の指数は、120メッシュを使用した場合よりもわずかに高くなる試料が多いが、顕著ではない(図6)。これは120メッシュと200メッシュのいずれにおいても *W. baltica* や *H. delrioensis* が多くを占めており、群集組成が単調であることから多様性指数に大きな影響が現れないことによ

←

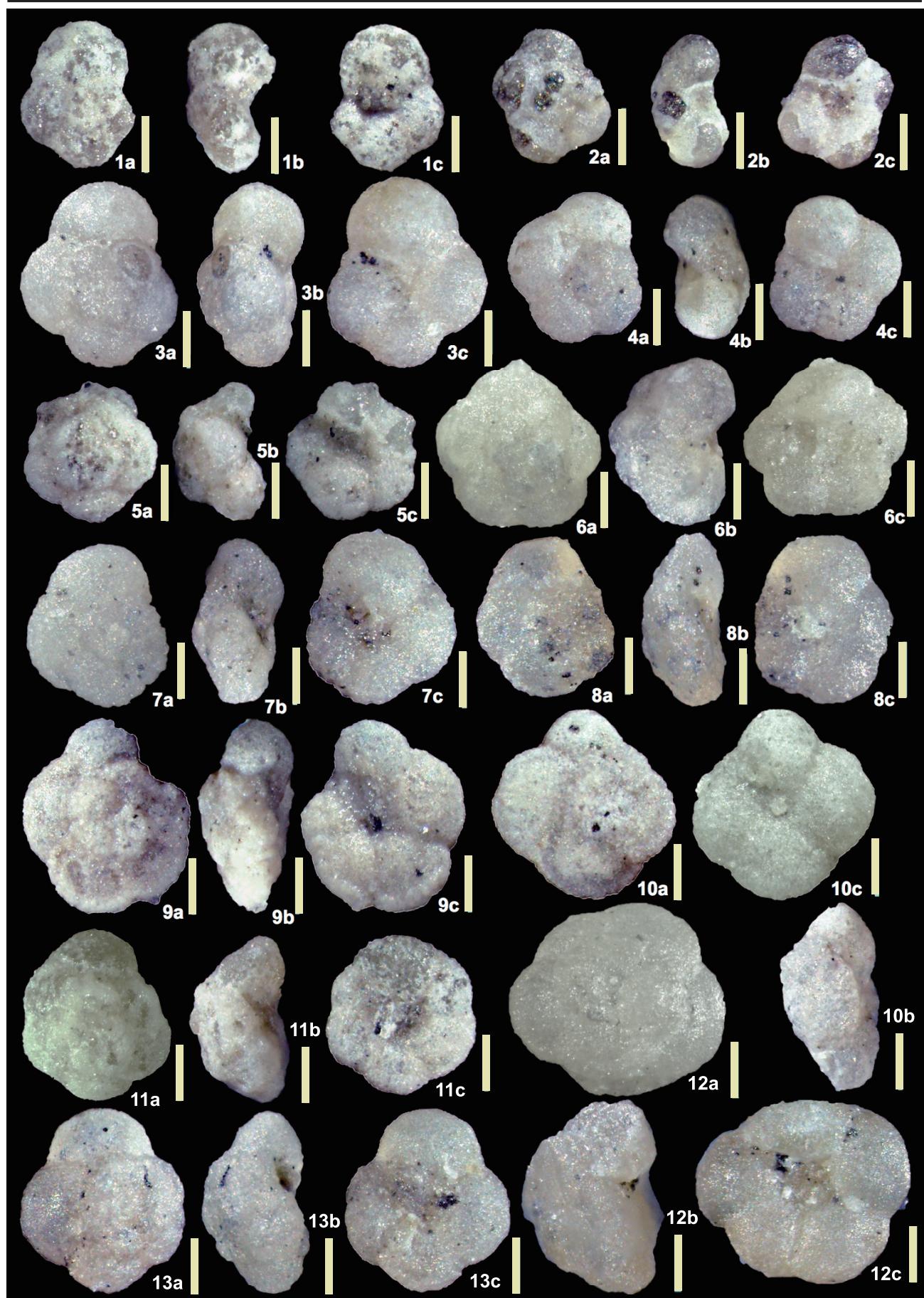
図8. ペンケワッカタンネナイ沢に産出した浮遊性有孔虫化石。

Fig. 8. Planktonic foraminifera from the Penke-wakka-tannenai-zawa (PWT) section in Hobetsu district — Family Heterohelicidae, Globigerinelloididae, and Hedbergellidae. All pictures are taken by a digital camera connected to optical microscope. Picture image was generated using focus-stacking computer software. Attached a-c in each figure number indicate a: dorsal view, b: peripheral view, c: umbilical view, otherwise indicated. All scale bars = 0.1 mm. **1, 2.** *Heterohelix* cf. *moremani* (Cushman), 1: sample H5015, 2: sample H5031A, 1a and 2a: front views, 1b and 2b: side views. Earlier chambers are missing in specimen of 2. **3, 4.** *Globigerinelloides bentonensis* (Morrow), 3: sample H5018, 4: sample H5031A, 3a and 4a: side views, 3b and 4b: apertural views. **5, 10, 11.** *Hedbergella simplex* (Morrow), 5, 11: sample H5018, 10: sample H5014. **6, 7.** *Hedbergella delrioensis* (Carsey), 6: sample H5014, 7: sample H5015. **8, 9.** *Hedbergella planispira* (Tappan), 8: sample H5013, 9: sample H5018. **12-14.** *Hedbergella inermis* (Hasegawa), 12: sample H5028, 13: sample H5031A, 14: sample H5018. **15, 16.** *Whiteinella archaeocretacea* Pessagno, 15: sample H5018, 16: sample H5028. Outer test is almost dissolved in specimen of 16.

→

図9. ペンケワッカタンネナイ沢に産出した浮遊性有孔虫化石。

Fig. 9. Planktonic foraminifera from the PWT section — Family Hedbergellidae, Rotaliporidae, and Globotruncanidae. Attached a-c in each figure number indicate a: dorsal view, b: peripheral view, c: umbilical view, otherwise indicated. All scale bars = 0.1 mm. **1-4.** *Whiteinella baltica* Douglas and Rankin, 1: sample H5014, 2: sample H5021, 3 and 4: sample H5018, 1 and 3: lobulate morphotype, 2 and 4: quadrate outline morphotype. **5, 6.** *Whiteinella brittonensis* (Loeblich and Tappan), 5: sample H5014+1, 6: sample H5021. **7-10.** *Praeglobotruncana delrioensis* (Plummer), 7 and 8: sample H5018, 9 and 10: sample H5031A, 7: weakly keeled four-chamber morphotype, 8: weakly keeled five-chamber morphotype, 9: keeled five-chamber morphotype, 10: keeled four-chamber morphotype, intermediate between 7 and 9. **11, 12.** *Praeglobotruncana gibba* Klaus, 11: sample H5014, 12: sample H5018. **13.** *Praeglobotruncana stephani* (Gandolfi), sample H5015, five-chamber morphotype.





る。

化石帶の指標種でみると、試料 H5031A では、*R. cushmani* の幼体が 200 メッシュのみで産出している。生層序に基づく年代推定のみを目的とするのであれば、120 メッシュであっても岩石試料の量を増やし、総個体数を増加させることで *Rotalipora* 属のような大型で年代指標となる種を得られる可能性がある。一方、浅海の表層水が卓越する堆積環境においては遠洋に分布する大型のタクサの成体が 120 メッシュで産出することは期待できないが、200 メッシュで化石帶指標種の幼体が発見され、年代決定できる可能性を考慮すれば、200 メッシュの検討を行う価値がある。この場合は、岩相などから推測される堆積環境によって篩の使い分けが考えられる。

古海洋環境の推定という観点からみると、前述のとおり本研究では、小さい個体 (<125μm) の検討を行ったことによって浮遊性有孔虫化石の産出個体数が増加している。これらの小型個体は表層付近に分布していたと推定されるタクサが多くを占めることから、大きい個体のみを対象とした研究データと比較して浅海環境を強調するデータとなることが考えられる。例えば試料 H5013 では 120 メッシュ上の個体が 2 個体であるのに対し、

200 メッシュでは 406 個体が産出し、表層水環境を示す *Hedbergella* 属および *W. baltica* が卓越している。

以上述べたように、比較的大きい個体のみを対象とした場合、200 メッシュを検討しない場合と比較して群集組成が大幅に変わることとなり、他の研究データとの比較検討を行うには使用したメッシュサイズに注意が必要であるとともに、生層序、分類、古環境推定など、研究目的による篩の使い分けが必要である。

## まとめ

むかわ町ペンケワッカタンネナイ沢のセノマニアン・チューロニアン境界部からは浮遊性有孔虫 7 属 16 種が得られ、浮遊性有孔虫化石帶 *Rotalipora cushmani* Zone に対比される層準が認められる。一方、チューロニアン階を示す化石は産出しない。全ての試料から底生有孔虫化石帶 *Textularia hikagezawensis* Total Range Zone の指標種 *T. hikagezawensis* が産出し、これも調査層準がセノマニアン階に対比できることを支持している。

浮遊性有孔虫化石群集は表層混合層に生息するタクサが卓越する。

←

図 10. ペンケワッカタンネナイ沢に産出した浮遊性有孔虫化石。

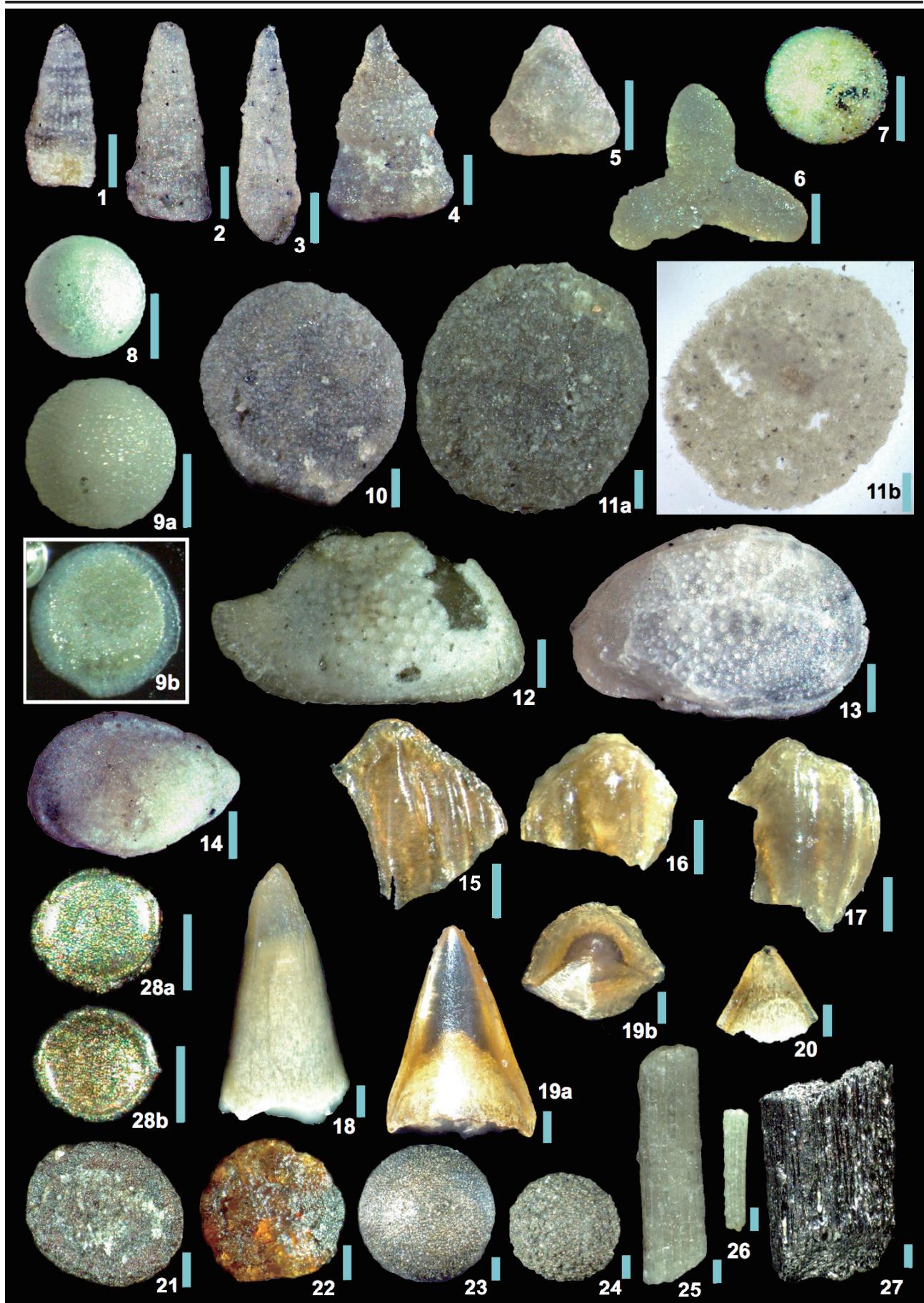
**Fig. 10.** Planktonic foraminifera from the PWT section — Family Globotruncanidae and Rotaliporidae.

Attached a-c in each figure number indicate a: dorsal view, b: peripheral view, c: umbilical view, otherwise indicated. All scale bars = 0.1 mm. **1-3.** *Praeglobotruncana stephani* (Gandolfi), 1: sample H5015, 2: sample H5018, 3: sample H5031A, 1: four-chamber, weak keel morphotype, 2: five-chamber, keeled morphotype, intermediate of 1 and 3, 3: five chamber, well-developed keel morphotype. **4, 5.** *Dicarinella imbricata* (Mornod), 4: sample H5018, 5: sample H5028, 4d and 5d show well-developed double keels from opposite of 4b and 5d, 4: four-chamber morphotype, 5: five-chamber normal morphotype. **6, 7.** *Rotalipora cushmani* (Morrow), both sample H5018. **8.** *Rotalipora* cf. *evoluta* Sigal, sample H5031A, specimen coated with gold in observation using SEM in the previous report. **9-11.** *Rotalipora greenhornensis* (Morrow), 9: sample H5028, 10: sample H5018, 11: sample H5031A.

→

図 11. 水洗残渣に含まれる有孔虫以外の微化石。

**Fig. 11.** Miscellaneous microfossils in the washed residues of studied rock samples. All scale bars = 0.1 mm. **1-11.** Radiolaria, 1 and 7: sample H5025, 2 and 3: sample H5031A, 4-6 and 8: sample H5018, 9-11: sample H5015, 9b shows cross section of 9a, 11b shows thin section of 11a. **12-14.** Ostracoda, 12: sample H5014, 13: sample H5031A, 14: sample H5015. **15-17.** Ichthyoliths (Placoid scales), 15: sample H5025, 16 and 17: sample H5031A. **18-20.** Ichthyoliths (Fish teeth), 18 and 20: sample H5031A, 19: sample H5028, 20a: top view. **21, 22.** Undefined circular chitinous fossils, 21: sample H5025, 22: sample H5031A. **23, 24.** Pyrite spherule matter, 23: sample H5025, 24: sample H5031A. **25, 26.** Echinoidea's spine fragments. 25: sample H5014, 26: sample H5031A. **27.** Coaly-wood fragment, sample H5027. **28.** Undefined disk-shape pyrite (?Diatom), sample H5025, 28a and 28b opposite sides.



大型化石層序を含めてより精度を高めた研究を進めることと、周辺地域におけるデータの蓄積とそれらに基づく比較検討が今後の課題である。

### 謝辞

今回の研究で使用した試料は、故松本達郎九州大学名誉教授から石油資源開発株式会社技術研究所に対して寄贈されたものである。石油資源開発株式会社には長期間にわたり試料の借用許可をいただき、本論の公表許可をいただいた。同社技術研究所の辻隆司博士および三輪美智子氏並びにスタッフの皆様には研究の推進に際してご協力いただいた。

本論文の作成に当たっては、井上洋子博士にご指導いただいた。むかわ町穂別博物館学芸員の西村智弘博士には公表に際してご指導いただいた。

これらの方々に厚く御礼申し上げる。

### 文献

- Ando, A. and Huber, B.T., 2007, Taxonomic revision of the late Cenomanian planktonic foraminifera *Rotalipora greenhornensis* (Morrow, 1934). *Jour. Foraminiferal Res.*, **37**, 160—174.
- Ando, A., Huber, B.T. and McLeod, K.G., 2010, Depth-habitat reorganization of planktonic foraminifera across the Albian/Cenomanian boundary. *Paleobiol.*, **36**, 357—373.
- Arthur, M.A. and Schlanger, S.O., 1979, Cretaceous “oceanic anoxic events” as causal factors in development of reef-reservoir giant oil fields. *American Assoc., Petroleum Geologists Bull.*, **63**, 870—885.
- Bice, K.L., Huber, B.T. and Norris, R.D., 2003, Extreme polar warmth during the Cretaceous greenhouse? Paradox of the late Turonian  $\delta^{18}\text{O}$  record at Deep Sea Drilling Project Site 511. *Paleoceanography*, **18**, 1031, doi:10.1029/2002PA000848.
- Bralower, T.J., Leckie, R.M., Sliter, W.V. and Thierstein, H.R., 1995, An integrated Cretaceous microfossil biostratigraphy. *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*, SEPM Spec. Publ., no. 54, 65—79.
- Caron, M., 1985, Cretaceous planktic foraminifera. In Bolli, H.M., Saunders, J.B. and Perch-Nielsen, K. eds., *Plankton stratigraphy*, 17—86. Cambridge Univ. Press.
- Caron, M. and Premoli Silva, I., 2007, New description of the rotaliporid species *brotzeni* and *globotruncanoides* Sigal, 1948 based on re-examination of type material. *Riv. Italiana Paleontol. Stratigraph.*, **113**, 525—530.
- Carsey, D.O., 1926, Foraminifera of the Cretaceous of central Texas. *Univ. Texas Bull.*, no. 2612, 71p.
- Coxall, H.K., Wilson, P.A., Pearson, P.N. and Sexton, P.F., 2007, Iterative evolution of digitate planktonic foraminifera. *Paleobiology*, **33**, 495—516.
- Cushman, J.A., 1946, Upper Cretaceous foraminifera of the Gulf coastal region of the United States and adjacent areas. *USGS, Professional Paper*, **206**, 1—160, 66pls.
- Diester-Haass, L., 1977, Radiolarian/planktonic foraminiferal ratios in a coastal upwelling region. *Jour. Foraminiferal Res.*, **7**, 26—33.
- Douglas, R.G. and Rankin, C., 1969, Cretaceous planktonic foraminifera from Bornholm and their zoogeographic significance. *Lethaia*, **2**, 185—217.
- Frizzel, D.L., 1954, *Handbook of Cretaceous Foraminifera of Texas*. 232p. Report of Investigations, no. 22, Bureau Economic Geol., Univ. Texas, Texas.
- Gale, A.S., Smith, A.B., Monks, N.E.A., Young, J.A., Howards, A., Wray, D.S. and Huggett, J.M., 2000, Marine biodiversity thorough the Late Cenomanian-Early Turonian: palaeoceanographic controls and sequence stratigraphic biases. *Jour. Geol. Soc., London*, **157**, 745—757.
- Gandolfi, R., 1942. Ricerche micropaleontologiche e stratigraphiche sulla Scaglia e sul Flysch cretacico dei dintorni di Balerna (Canton Ticino). *Riv. Italiana Paleontol. Mem.*, **4**, 1—160.
- Gebhardt, H., Kuhnt, W. and Holbourn, A., 2004, Foraminiferal response to sea level change, organic flux and oxygen deficiency in the Cenomanian of the Tarfaya Basin, southern Morocco. *Marine Micropaleontol.*, **53**, 133—157.
- Gebhardt, H., Friedrich, O., Schenk, B., Fox, L., Hart, M. and Wagreich, M., 2010, Paleoceanographic changes at the northern Tethyan margin during

- the Cenomanian-Turonian Oceanic Anoxic Event (OAE-2). *Marine Micropaleontol.*, **77**, 25—45.
- Georgescu, M.D. and Huber, B.T., 2009. Early evolution of the Cretaceous serial planktonic foraminifera (late Albian—Cenomanian). *Jour. Foraminiferal Res.*, **39**, 335—360.
- González-Dosono, J.A., Linares, D. and Robaszynski, F., 2007, The rotaliporids, a polyphyletic group of Albian-Cenomanian planktonic foraminifera: emendation of genera. *Jour. Foraminiferal Res.*, **37**, 175—186.
- Hanagata, S. and Nobuhara, T. 2015, Illustrated guide to Pliocene foraminifera from Miyakojima, Ryukyu Island Arc, with comments on biostratigraphy. *Palaeontol. Electronica* 18.1.3A: 1-140. [palaeo-electronica.org/content/2015/1016-foraminifera-of-miyakojima](http://palaeo-electronica.org/content/2015/1016-foraminifera-of-miyakojima).
- 長谷川 韶, 1992, 上部白亜系蝦夷層群の Cenomanian/Turonian 境界付近の有機炭素の安定同位体比スパイク. 化石, no. 53, 33—37.
- Hasegawa, T., 1995, Correlation of the Cenomanian/Turonian boundary between Japan and Western Interior of the United States. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **101**, 2—12.
- Hasegawa, T., 1999, Planktonic foraminifera and biochronology of the Cenomanian-Turonian (Cretaceous) sequence in the Oyubari area, Hokkaido, Japan. *Paleontol. Res.*, **3**, 173—192.
- Hasegawa, T. and Hatsugai, T., 2000, Carbon-isotope stratigraphy and its chronostratigraphic significance for the Cretaceous Yezo Group, Kotanbetsu area, Hokkaido, Japan. *Paleontol. Res.*, **4**, 95—106.
- Hasegawa, T. and Saito, T., 1993, Global synchronicity of a positive carbon isotope excursion at the Cenomanian/Turonian boundary: Validation by calcareous microfossil biostratigraphy of the Yezo Group, Hokkaido, Japan. *Island Arc*, **3**, 181—191.
- Huber, B.T., Leckie, R.M., Norris, R.D., Bralower, T.J. and E. CoBabe, 1999, Foraminiferal assemblage and stable isotopic change across the Cenomanian-Turonian boundary in the subtropical North Atlantic. *Jour. Foraminiferal Res.*, **29**, 392—417.
- Jarvis, I., Carson, G.A., Cooper, M.K.E., Hart, M.B., Leary, P.N., Tocher, B.A., Horne, D. and Rosenfeld, D., 1988, Microfossil assemblages and the Cenomanian-Turonian (late Cretaceous) Oceanic Anoxic Event. *Cretaceous Res.*, **9**, 3—103.
- Kaiho, K., 1992, Campanian planktonic foraminifers and ostracodes from Hobetsu, Hokkaido, northern Japan, Part 1. Planktonic foraminifers. In Ishizaki, K., and Saito, T., eds., *Centenary of Japanese Micropaleontology*, 317—325. Terra Scientific Publishing Co., Tokyo.
- Kaiho, K., Fujiwara, O. and Motoyama, I., 1993, Mid-Cretaceous faunal turnover of intermediate-water benthonic foraminifera in the northwestern Pacific Ocean margin. *Marine Micropaleontol.*, **23**, 13—19.
- Kaiho, K. and Hasegawa, T., 1994, End-Cenomanian benthic foraminiferal extinctions and oceanic dysoxic events in the northwestern Pacific Ocean. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **111**, 29—43.
- Kawabe, F., Takashima, R., Wani, R., Nishi, H. and Moriya, K., 2003, Upper Albian to Lower Cenomanian biostratigraphy in the Oyubari area, Hokkaido, Japan: toward a Cretaceous biochronology for the North Pacific. *Acta Geologica Polonica*, **53**, 81—91.
- Keller, G., Han, Q., Adatte, T. and Burns, S.J., 2001, Palaeoenvironment of the Cenomanian-Turonian transition at Eastbourne, England. *Cretaceous Res.*, **22**, 391—422.
- Keller, G. and Pardo, A., 2004, Age and paleoenvironment of the Cenomanian-Turonian global stratotype section and point at Pueblo, Colorado. *Marine Micropaleontol.*, **51**, 95—128.
- Klaus, J., 1960, Etude biométrique et statistique de quelques espèces de Globotruncanidés. — 1. Les espèces du genre Praeglobotruncana dans le Cenomanien de la Breggia. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, **53**, 285—308.
- Kurihara, K., Toshimitsu, S. and Hirano, H., 2012, Ammonoid biodiversity changes across the Cenomanian—Turonian boundary in the Yezo Group, Hokkaido, Japan. *Acta Palaeontol. Polonica*, **57**, 749—757.
- Leckie, R.M., 1987, Paleoecology of mid-Cretaceous planktonic foraminifera: A comparison of open

- ocean and Epicontinental Sea assemblages.  
*Micropaleontol.*, **33**, 164—176.
- Leckie, R.M., 1989, A paleoceanographic model for the early evolution history of planktonic foraminifera.  
*Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **73**, 107—138.
- Leckie, R.M., Bralower, T.J. and Cashman, R., 2002, Oceanic anoxic events and plankton evolution: Biotic response to tectonic forcing during the mid-Cretaceous. *Paleoceanography*, **17**, 10.1029/2001PA000623.
- Loeblich, A.R. and Tappan, H., 1950, Foraminifera from the type Kiowa Shale, Lower Cretaceous, of Kansas. *Univ. Kansas Paleontol. Contrib., Protozoa, Art.*, **3**, 1—15, 2pls.
- Loeblich, A.R. and Tappan, H., 1961, Cretaceous planktonic foraminifera: Part 1—Cenomanian. *Micropaleontol.*, **7**, 257—304.
- Luterbacher, H., 1975, Early Cretaceous foraminifera from the Northwestern Pacific: Leg 32 of the Deep Sea Drilling Project. *Init. Rep. Deep Sea Drilling Project*, **32**: Washington (U.S. Government Printing Office), 1027—1053.
- 米谷盛壽郎, 1985, 日本の白亜系の有孔虫化石帶区分と国際対比について. 地質学論集, no. 26. 89—99.
- 米谷盛壽郎・井上洋子, 1973, 微化石研究のための効果的岩石処理法について. 化石, no. 25/26, 87—96.
- Maiya, S. and Takayanagi, Y., 1977, Cretaceous foraminiferal biostratigraphy of Hokkaido. *Palaeontol. Soc. Japan, Spec. Pap.*, no. 21, 41—51.
- Marianos, A.W. and Zingula, R.P., 1966, Cretaceous planktonic foraminifers from Dry Creek, Tehama County, California. *Jour. Paleontol.*, **40**, 328—342.
- 松本達郎・野田雅之・米谷盛壽郎, 1991, 北海道白亜系セノマニアン・チュロニアン両階のアンモナイト・イノセラムス・有孔虫による統合生層序を目指して. 地学雑誌, **100**, 378—398.
- 松本達郎・野田雅之・蟹江康光・吉川幸叙・利光誠一・米谷盛壽郎・花方聰, 1994, 北海道穂別地域におけるセノマニアン・チュロニアノン推移部の層序. 穂別博研報, **10**, 1—25, pls.12.
- 三次徳二, 1999, 白亜紀「中期」海洋無酸素事変時の放散虫群集—特に放散虫生産量に着目して—. 地学雑誌, **108**, 300—306.
- Mornod, L., 1950, Les Globorotalidés du Crétacé supérieur du Montsalvens (Préalpes fribourgeoises). *Elogiae Geologicae Helvetiae*, **42**, 573—596.
- Morrow, A.L., 1934, Foraminifera and ostracoda from the Upper Cretaceous of Kansas. *Jour. Paleontol.*, **8**, 186—205.
- Mort, H., Jacquat, O., Adatte, T., Steinmann, P., Föllmi, K., Matera, V., Berner, Z. and Stüben, D., 2007, The Cenomanian/Turonian anoxic event at the Bonarelli Level in Italy and Spain. enhanced productivity and/or better preservation? *Cretaceous Res.*, **28**, 597—612.
- Neagu, T., 1970, Micropaleontological and stratigraphical study of the Upper Cretaceous deposits between the upper valleys of the Buzău and Rîul Negru Rivers (Eastern Carpathians). *Inst. Géol. Mémoir.*, **12**, 1—109.
- Nederbragt, A.J., Erlich, R.N., Fouke, B.W. and Ganssen, G.M., 1998, Palaeoecology of the biserial planktonic foraminifer *Heterohelix moremani* (Cushman) in the late Albian to middle Turonian Circum-North Atlantic. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **144**, 115—133.
- Nishi, H., Takashima R., Hatsugai, T., Saito, T., Moriya, K., Ennyu, A. and Sakai, T., 2003, Planktonic foraminiferal zonation in the Cretaceous Yezo Group, Central Hokkaido, Japan. *Jour. Asian Earth Sci.*, **21**, 867—886.
- Nishi, H., Yokota, S. and Saito, T., 1989, An Early Cretaceous (early Middle Albian) planktonic foraminiferal fauna from the Hinagu Formation of northern Kyushu, Japan. *Trans. Proc. Paleontol. Soc. Japan, New Ser.*, no. 153, 1—11.
- 西田民雄・松本達郎・井上洋子, 1998, 北海道朱鞠内川流域に分布する白亜系の有孔虫化石. 佐賀大学文化教育学部研究論文集, no. 3 (1), 301—331.
- 西田民雄・松本達郎・久間裕子・米谷盛壽郎, 1992, 北海道古丹別流域白亜系セノマニアン・チュロニアノンのイノセラムス—有孔虫統合生層序. 佐賀大学教育学部研究論文集, no.

- 39 (2-II), 21—59.
- 西田民雄・松本達郎・米谷盛壽郎・花方 聰・八尾 昭・久間裕子, 1993, 北海道大夕張地域白亜系セノマニアン階大型化石－微化石の統合生層序－特にその上下限の検討－(その1). 佐賀大学教育学部研究論文集, no. 41 (1-II), 11—57.
- Obata, I., Maiya, S., Inoue, Y. and Matsukawa, M., 1982, Integrated Mega- and Micro-fossil biostratigraphy of the Lower Cretaceous Choshi Group, Japan. *Bull. National Science Museum, Tokyo, Ser. C*, **8**(4), 145—179.
- Ogg, J.G., Agterberg, F.P. and Gradstein F. M., 2004, The Cretaceous Period. In Gradstein, F.M., Ogg, J.G. and Smith, A.G., eds., *A Geologic Time Scale 2004*, p. 344—383. Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K.
- Patterson, R.T., Haggart, J.W. and Dalby, A.P., 2010, A Guide to Late Albian-Cenomanian (Cretaceous) Foraminifera from the Queen Charlotte Islands, British Columbia, Canada. *Palaeontol. Electronica*, vol. **13**, 12A: 28p; [http://palaeo-electronica.org/2010\\_2/174/index.html](http://palaeo-electronica.org/2010_2/174/index.html)
- Paul, C.R.C., Lamolda, M.A., Mitchell, S.F., Vaziri, M.R., Gorostidi, A. and Marshall, J.D., 1999, The Cenomanian-Turonian boundary at Eastbourne (Sussex, UK): a proposed European reference section. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **150**, 83—121.
- Pessagno, E.A., 1967, Upper Cretaceous planktonic foraminifera from the West Coastal Plain. *Palaeontographia Americana*, **5**, 259—441.
- Plummer, H.J., 1931, Some Cretaceous foraminifera in Texas. *Univ. Texas Bull.*, **3101**, 109—203.
- Price, G.D. and Hart, M.B., 2002, Isotopic evidence for Early to mid-Cretaceous ocean temperature variability. *Marine Micropaleontol.*, **46**, 45—58.
- Price, G.D., Sellwood, B.W., Corfield, R.M., Clarke, L. and Cartlidge, J.E., 1998, Isotopic evidence for palaeotemperatures and depth stratification of Middle Cretaceous planktonic foraminifera from the Pacific Ocean. *Geol. Magazine*, **135**, 183—191.
- Robaszynski, F. and Caron, M., 1995, Foraminifères planctoniques du Crétacé; commentaire de la zonation Europe-Méditerrané, *Bull. Société Géologique France*, **166**, 681—692.
- Sageman, B.B., Meyers, S.R. and Arthur, M.A., 2006, Orbital time scale and new C-isotope record for Cenomanian-Turonian boundary stratotype. *Geology*, **34**, 125—128.
- Schlanger, S.O. and Jenkyns, H.C., 1976, Cretaceous oceanic events: causes and consequences. *Geol. Mijnbouw*, **55**, 179—184.
- Schönfeld, J., 2012, History and development of methods in Recent benthic foraminiferal studies. *Jour. Micropaleontol.*, **31**, 53—72.
- Simpson, E.H., 1949, Measurement of diversity. *Nature*, **163**, 688.
- Sliter, W.V., 1989, Biostratigraphic zonation for Cretaceous planktonic foraminifers examined in thin section. *Jour. Foraminiferal Res.*, **19**, 1—19.
- 高橋功二・谷口久能・渡辺 順・石丸 聰, 2002. 5万分の1地質図幅「紅葉山」説明書. 北海道立地質調査所, 117p.
- Takashima, R., Kawabe, F., Nishi, H., Moriya, K., Wani, K. and Ando, H., 2004, Geology and stratigraphy of the Cretaceous forearc basin sediments in Hokkaido, Japan: Cretaceous environmental events in the north-west Pacific margin. *Cretaceous Res.*, **25**, 365—390.
- Takashima, R., Nishi, H., Hayashi, K., Okada, H., Kawahata, H., Yamanaka, T., Fernando, A.G. and Mampuku, M., 2009, Litho-, bio- and chemostratigraphy across the Cenomanian/Turonian boundary (OAE2) in the Vocontian Basin of southeastern France. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **273**, 61—74.
- Takayanagi, Y., 1960, Cretaceous Foraminifera from Hokkaido. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geology)*, **32**, 1—154, 22 figs., 12 tab., pls. 1—11.
- Takayanagi, Y., 1965, Upper Cretaceous Planktonic Foraminifera from the Putah Creek Subsurface Section along the Yolo-Solano County Line, California. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geology)*, **36**, 161—237, 9 figs., 1 tab., pls. 20—29.
- Takayanagi, Y., Yasuda, H. and Shimamura, K., 1982, Notes on Upper Cretaceous planktonic foraminifera from the Kajisako Formation, Kochi Prefecture, Japan. In Matsumoto, T. and Tashiro, M. eds., *Multidisciplinary research in the*

- Upper Cretaceous of the Monobe Area, Shikoku, Palaeontol. Soc. Japan, Spec. Papers, no. 25, 103—116, pls. 19—23.*
- Takayanagi, Y. and Iwamoto, H., 1962, Cretaceous planktonic foraminifera from the Middle Yezo Group of the Ikushunbetsu, Miruto, and Hatonosu Areas, Hokkaido. *Trans. Proc. Palaeontol. Soc. Japan, New Ser.*, no. 45, 183—196.
- Tappan, H., 1940, Foraminifera from the Grayson Formation of northern Texas. *Jour. Paleontol.*, **14**, 93—126.
- Tappan, H., 1943, Foraminifera from the Duck Creek formation of Oklahoma and Texas. *Jour. Paleontol.*, **17**, 476—517.
- Toshimitsu S. and Maiya, S., 1986, Integrated inoceramid-foraminiferal biostratigraphy of the Upper Cretaceous of northwestern Hokkaido, Japan. *Cretaceous Res.*, **7**, 307—326.
- 利光誠一・松本達郎・野田雅之・西田民雄・米谷盛壽郎, 1995, 本邦上部白亜系の大型化石 - 微化石および古地磁気層序の統合に向けて. 地質学雑誌, **101**, 19—29.
- Turgeon, S.C. and Creaser, R.A., 2008, Cretaceous oceanic anoxic event 2 triggered by a massive magmatic episode. *Nature*, **454**, 323—326.
- Wang P., Zhang J., Zhao Q., Min Q., Bian Y., Zheng L., Cheng X. and Chen R., 1988, *Foraminifera and Ostracoda in bottom sediments of the East China Sea*. The Ocean Press, Peking. (in Chinese with English summary)
- 山本真也・長谷川卓, 2006, 北海道穂別地域に分布するセノマニアン-チューロニアン階の浮遊性有孔虫層序. 地質学雑誌, **112**, 243—256.
- Yasuda, H., 1986, Cretaceous and Paleocene foraminifera from northern Hokkaido. *Tohoku Univ., Sci. Rep., 2nd Ser. (Geology)*, **57**, 1—101.

#### 付録 1 浮遊性有孔虫化石の分類

#### Appendix 1. Taxonomic notes on planktonic foraminifera

The planktonic foraminiferal species identified in this study are described below in alphabetic order. List of references is weighted on the reports of original description and those from Japan. All figures of specimens (Figs. 8—11) were produced from images taken using a digital camera mounted on an optical

microscope with focus stacking software (Hanagata and Nobuhara, 2015).

All studied specimens are stored in the repository of the JAPEX Research Center (Mihamaku Hamada 1-2-1, Chiba City, Japan), which is accessible with reservations to the administrator of the research center.

#### *Dicarinella imbricata* (Mornod) (Figs. 10.4, 10.5)

*Globotruncana (Globotruncana) imbricata* Mornod, 1950, p. 589, 590, fig. 5.

*Globotruncana imbricata* Mornod — Takayanagi, 1965, p. 215, 216, pl. 24, fig. 5, pl. 25, figs. 1, 2.

*Dicarinella imbricata* (Mornod) — Nishida et al., 1992, pl. 10, figs. 4, 5; Matsumoto et al., 1994, pl. 10, fig. 3; Hasegawa, 1999, p. 186, fig. 7.4.

#### *Globigerinelloides bentonensis* (Morrow) (Figs. 8.3, 8.4)

*Anomalina bentonensis* Morrow, 1934, p. 201, pl. 30, fig. 4.

*Globigerinelloides bentonensis* (Morrow) — Loeblich and Tappan, 1961, pl. 2, figs. 8-10; Nishida et al., 1992, pl. 11, fig. 5; Nishida et al., 1998, pl. 1, fig. 6.

#### *Hedbergella delrioensis* (Carsey) (Figs. 8.6, 8.7)

*Globigerina cretacea* var. *del rioensis* Carsey, 1926, p. 43, 44 (nomen nudum).

*Globigerina cretacea* d'Orbigny — Tappan, 1943, pl. 82, fig. 16 (not of d'Orbigny).

*Globigerina delrioensis* (Carsey) — Frizzel, 1954, pl. 20, fig. 1 (redraw of Tappan, 1943).

*Hedbergella delrioensis* (Carsey) — Loeblich and Tappan, 1961, p. 275, pl. 2, figs. 11-13; Takayanagi, 1960, p. 137, 138, pl. 10, fig. 9; Takayanagi and Iwamoto, 1962, p. 190, 191, pl. 28, figs. 10-12; Luterbacher, 1975, pl. 1, fig. 8; Yasuda, 1986, p. 78, pl. 9, figs. 12, 13; Obata et al., 1982, pl. 4, fig. 1; Nishi et al., 1989, p. 6, fig. 3.7; Nishida et al., 1992, pl. 9, fig. 3; Nishida et al., 1993, pl. 10, fig. 2; Nishida et al., 1998, pl. 1, fig. 8; Patterson et al., 2010, p. 21, figs. 9.1, 9.2.

*Remarks:* This is one of the most common and ubiquitous species in the Upper Cretaceous; however, Carsey's (1926) original description of the species is invalid because of the absence of figure of the specimen, designation of type locality, and type specimen. Thus, the author name should be assigned to

the person that first validated this species, although I could not specify who the author might be.

***Hedbergella inermis*** (Hasegawa) (Figs. 8.12-8.14)

*Praeglobotruncana inermis* Hasegawa, 1999, p. 182, 184, figs. 6.1-6.4.

**Remarks:** Hasegawa (1999) described a high trochospiral species with slight peripheral pustule line; however, I regard the line as neither carinal band nor keel, and placed this species in its ancestral genus *Hedbergella*.

***Hedbergella planispira*** (Tappan) (Figs. 8.8, 8.9)

*Globigerina planispira* Tappan, 1940, p. 122, pl. 9, fig. 12.

*Hedbergella planispira* (Tappan) — Loeblich and Tappan, 1961, p. 276, pl. 5, figs. 4-11; Takayanagi, 1965, p. 205, 206, pl. 21, figs. 6, 7, pl. 33, fig. 1; Nishi et al., 1989, p. 6, 7, figs. 3.4; Nishida et al., 1993, pl. 10, fig. 3; Nishida et al., 1998, pl. 1, fig. 1.

***Hedbergella simplex*** (Morrow) (Figs. 8.5, 8.10, 8.11)

*Hastigerinella simplex* Morrow, 1934, p. 198, pl. 30, fig. 6.

*Clavihedbergella simplex* (Morrow) — Loeblich and Tappan, 1961, p. 279, 280, pl. 3, figs. 11-14.

*Hedbergella simplex* (Morrow) — Nishida et al., 1998, pl. 1, figs. 3, 4.

***Heterohelix* cf. *moremani*** (Cushman) (Figs. 8.1, 8.2)

Compared with *Gümbelina moremani* Cushman — Cushman, 1946, p. 103, pl. 44, figs. 15-17.

**Remarks:** Specimens of this study are small and distorted, and they possibly represent *H. moremani* juveniles; this was not reported in Hokkaido, probably due to its small size, limiting its detection in fine sieve-mesh fraction.

Although Georgescu and Huber (2009) proposed the genus *Planoherohelix*, here I have tentatively retained *Heterohelix* designation.

***Praeglobotruncana delrioensis*** (Plummer) (Figs. 9.7-9.10)

*Globorotalia delrioensis* Plummer, 1931, p. 199, 200, pl. 13, fig. 2.

*Praeglobotruncana delrioensis* (Plummer) — Loeblich

and Tappan, 1961, p. 280, 282, 284, pl. 6, figs. 9-12; Nishida et al., 1992, pl. 7, figs. 1, 2; Nishida et al., 1993, pl. 9, fig. 1; Yamamoto and Hasegawa, 2006, fig. 4.5.

***Praeglobotruncana compressa*** Hasegawa, 1999, p. 182, figs. 5.5, 5.6.

**Remarks:** The author admits a wide range of variation in the number of chambers (4—6) and in the development of peripheral keels. Hasegawa (1999) discriminate the 4-chamber morphotype as *P. compressa*, but I have included it in *P. delrioensis*. Diversity in the number of chambers is similar to that observed in the variation of *P. stephani*. Moreover, similar decrease in the number of chambers appears to occur characteristically in Hokkaido.

***Praeglobotruncana gibba*** Klaus (Figs. 9.11, 9.12)

*Praeglobotruncana stephani* Gandolfi var. *gibba* Klaus, 1960, p. 304, 305; Nishida et al., 1992, pl. 9, fig. 1, pl. 10, fig. 3; Nishida et al., 1993, pl. 11, fig. 1; Matsumoto et al., 1994, pl. 9, fig. 3; Hasegawa, 1999, p. 182, fig. 6.5; Nishi et al., 2003, fig. 1.9; Yamamoto and Hasegawa, 2006, fig. 4.7.

***Praeglobotruncana stephani*** (Gandolfi) (Figs. 9.13, 10.1-10.3)

*Globotruncana stephani* Gandolfi, 1942, p. 130, pl. 3, fig. 4.

*Praeglobotruncana stephani* (Gandolfi) — Takayanagi, 1960, p. 132, 133, pl. 9, fig. 13; Loeblich and Tappan, 1961, p. 284-290, pl. 6, figs. 1-8; Takayanagi, 1965, p. 207, 208, pl. 22, fig. 3; Nishida et al., 1993, pl. 9, fig. 2; Matsumoto et al., 1994, pl. 9, fig. 2; Nishi et al., 2003, fig. 1.5; Kawabe et al., 2003, pl. 1, fig. 7.

**Remarks:** Japanese specimens of this species occasionally show four chambers in their final whorl, which is smaller in number compare to other reported specimens that show >6 chambers, despite the holotype showing 4.5 chambers. Although Hasegawa (1999) discriminated *Praeglobotruncana sirakinensis* as a new species for 4-chamber form, here I have included the forms under *P. stephani*.

***Rotalipora cushmani*** (Morrow) (Figs. 10.6, 10.7)

*Globorotalia cushmani* Morrow, 1934, p. 199, pl. 31, figs. 2, 3.

*Rotalipora cushmani* (Morrow) — Caron, 1985, figs. 31.8-31.10; Hasegawa, 1999, p. 188, figs. 8.6, 9.4.

***Rotalipora* cf. *evoluta*** Sigal (Fig. 10.8)

Compared with *Rotalipora evoluta* Sigal — Loeblich and Tappan, 1961, p. 298, 299, pl. 7, figs. 1-4.

*Dicarinella hagni* (Scheibnerova) — Matsumoto et al., 1994, pl. 10, fig. 2.

**Remarks:** The specimen comparable with *R. evoluta* was misidentified the author as *Dicarinella hagni* in the previous report (Matsumoto et al., 1994).

*Rotalipora evoluta* has been reported from the low to middle part of the Cenomanian in Hokkaido by Maiya (1985), Matsumoto et al. (1991), and Toshimitsu et al. (1995), but not by other workers. This implies difference in the taxonomic views on the species of *Rotalipora* among researchers.

***Rotalipora greenhornensis*** (Morrow) (Figs. 10.9-10.11)

*Globorotalia greenhornensis* Morrow, 1934, p. 199-200, pl. 31, fig. 1.

*Planulina greenhornensis* (Morrow) — Cushman, 1946, p. 159, pl. 65, fig. 3.

*Rotalipora greenhornensis* (Morrow) — Loeblich and Tappan, 1961, p. 299, pl. 7, figs. 5-10; Nishida et al., 1993, pl. 10, fig. 1; Matsumoto et al., 1994, pl. 9, fig. 1; Nishi et al., 2003, fig. 10.7; Ando and Huber, 2007, p. 170, 171, pl. 1, figs. 3, 4, pl. 2, figs. 1-6, pl. 4, figs. 3, 4.

*Thalmanninella greenhornensis* (Morrow) — González-Dosono et al., 2007, p. 184.

**Remarks:** Loeblich and Tappan (1961) and Caron (1985) regarded *Rotalipora globotruncanoides* Sigal as the junior synonym of *R. greenhornensis*.

Nishi et al. (2003) placed *R. globotruncanoides* as the senior synonym of *R. brotzeni* (Sigal) following Robaszynski and Caron (1995) and defined the first occurrence of *R. globotruncanoides* as the base of the *R. globotruncanoides* Interval Zone in their biostratigraphic framework in Hokkaido.

Ando and Huber (2007) examined type specimens of *R. greenhornensis* and emended the description of the species. They admitted that the number of chambers discriminated *R. greenhornensis* from the other relatives, including *R. brotzeni* and *R. globotruncanoides*, in many preceding reports were

not taxonomically important and proposed that the depression of the umbilical sutures, position of supplementary apertures, and peri-umbilical ridges should be used to discriminate it from other species.

González-Dosono et al. (2007) emended description of the rotaliporid planktonic foraminiferal group and set *greenhornensis* in the genus *Thalmanninella*.

Caron and Premoli-Silva (2007) examined the type specimens of *R. brotzeni* and *R. globotruncanoides*, and regarded those two species as discrete taxa, suggesting that *R. brotzeni* occurs earlier than *R. globotruncanoides*.

Although some reports have discussed the relationship among *R. greenhornensis*, *R. globotruncanoides*, and *R. brotzeni*, I prefer the idea of Loeblich and Tappan (1961) that these three belong to the same species of morphological variations since the number of chambers and depression of umbilical sutures and ridges in adult specimens could be varied by growth speed or reproduction cycle.

***Whiteinella archaeocretacea*** Pessagno (Figs. 8.15-8.16)

*Whiteinella archaeocretacea* Pessagno, 1967, p. 298, 299, pl. 52, figs. 2-4; Nishida et al., 1998, pl. 4, fig. 5, pl. 5, fig. 4; Nishi et al., 2003, fig. 1.10.

***Whiteinella baltica*** Douglas and Rankin (Figs. 9.1-9.4)

*Whiteinella baltica* Douglas and Rankin, 1969, p. 198, fig. 9; Nishida et al., 1992, pl. 9, fig. 2; Nishida et al., 1993, pl. 11, fig. 4; Kaiho, 1992, p. 320, fig. 2-8; Nishida et al., 1998, pl. 4, fig. 6.

*Hedbergella bornholmensis* Douglas and Rankin, 1969, p. 193, fig. 6.

**Remarks:** This species is abundant in the Cenomanian of this study. It was distinguished from other species of *Whiteinella* by four globular chambers. The interiomarginal aperture opens at umbilicus to the extra-umbilical area.

Douglas and Rankin (1969) described *Hedbergella bornholmensis* in the same report as *W. baltica*. It was regarded as junior synonym of *W. baltica* in several reports (Takayanagi et al., 1982; Caron, 1985); this has been followed in this report. Significant morphological variation is observed in this species, which is mainly caused by difference in the growth rate of the chambers.

As a result, some specimens show a semi-quadrat appearance, while others have more lobulate periphery.

*Hedbergella quadrata* Marianos and Zingla (1966, p. 336, 337, pl. 38, fig. 7) might be a senior synonym of this species, showing similarity to the present quadrat-outlined variation with the umbilical-extra-umbilical aperture.

***Whiteinella brittonensis*** (Loeblich and Tappan) (Figs. 9.5, 9.6)

*Hedbergella brittonensis* Loeblich and Tappan, 1961, p. pl. 4, figs. 1-8.

***Whiteinella brittonensis*** (Loeblich and Tappan) — Nishida et al., 1993, pl. 11, fig. 2; Matsumoto et al., 1994, pl. 10, fig. 1.

## 付録2 水洗残渣に含まれた有孔虫以外の化石

### Appendix 2. Miscellaneous microfossils observed in the washed residues.

有孔虫化石の研究に用いた水洗残渣中には有孔虫化石の他にも様々な微化石が産出しており、穂別地域に産出するタクサの例として報告する。

1. 放散虫 (Radiolaria) - 図 11. 1-11. 11, 11. 23, 11. 24

放散虫化石は浮遊性有孔虫化石よりも多く産出する。種類も多く、一部を図版に示した。

#### 2. 貝形虫 (Ostracoda) - 図 11. 12-11. 14

貝形虫の産出は少なく、1試料あたり最大5個体（試料 H5031A）であった。

#### 3. 海綿の骨針 (sponge spicule)

海綿の骨針は量の多寡はあるが、全ての試料で観察された。大きい個体の破片と考えられるところから、計数は行っていない。形態は様々である。

#### 4. 棘皮動物の骨針 (Echinoidea spine) - 図 11. 25, 11. 26

ウニやヒトデを含む棘皮動物のものと推測される柱状の破片化石が産出した。現生のウニの棘と比較すれば微小であり、実際にどのような生物のものは不明である。

#### 5. 魚類の歯 (fish tooth) と鱗 (placoid scale) - 図 11. 15-11. 20

1 mm より小さい魚類のエナメル質の歯と軟骨魚類に特徴的なエナメル質の鱗が産出した。Placoid scale は現生のサメと同様に朝顔の葉のような輪郭をしている。

#### 6. その他帰属不明の化石 - 図 11. 21-11. 22, 11. 28

植物の種子のようなキチン質の個体（図 11. 21, 11. 22）や黄鉄鉱に置換された円盤状の化石が産出している（図 11. 28）。後者は珪藻と類似した形態であるが、現生のものと比較してかなり大型である。

花方 聰, 2016. 北海道むかわ町ペンケワッカタンネナイ沢に分布する上部白亜系セノマニアン階・チューロニアン階境界付近の浮遊性有孔虫化石 — 松本達郎先生他採取試料の再検討 —. むかわ町穂別博物館研究報告, 31, 7-29.

Satoshi Hanagata, 2016. Planktonic foraminifera from the Cenomanian and Turonian transition, Upper Cretaceous in the Penke-wakka-tannenai-zawa River section in Mukawa Town, Hokkaido — A re-examination of the samples collected by Tatsuro Matsumoto and colleagues —. *The Bulletin of the Hobetsu Museum*, 31, 7-29.

#### (要旨)

むかわ町穂別地区のペンケワッカタンネナイ沢の上部白亜系セノマニアン・チューロニアン階境界付近の層準に産出する有孔虫化石層序については故松本達郎先生らの採取試料に基づき 1994 年に概略の報告を行っていたが、水洗残渣および化石標本について再検討を行った結果、より多くの標本を得て 7 属 16 種の浮遊性有孔虫化石を同定した。調査層準の一部はセノマニアン階の *Rotalipora cushmani* Zone に対比されることが明らかとなつたが、チューロニアン階の存在は確認できない。全ての試料から底生有孔虫化石帶 *Textularia hikagezawensis* Total Range Zone の指標種を産出し、これもセノマニアン階に対比されることを示している。浮遊性有孔虫化石群集は、表層混合水塊に生息したと推測されるタクサが多くを占めるこことによって特徴付けられる。さらに水洗残渣に含まれる放散虫、貝形虫、魚類の鱗や歯についても本地域に産出する微化石として記録した。これら有孔虫以外の化石の産出も一定の生物多様性の存在を示唆している。