

## ジュラ紀中世 (Bajocian) 放散虫群集の変遷 —美濃帯鵜沼セクションにおける検討— 西原 ちさと<sup>1)</sup>

Change of Middle Jurassic (Bajocian) radiolarian assemblages: Case study in the Unuma section, Mino Terrane, central Japan  
NISHIHARA Chisato<sup>1)</sup>

1) 大阪府高槻市栄町 3-9-11 (Sakae-machi 3-9-11, Takatsuki, Osaka 569-0825, Japan)

(2007 年 1 月 13 日受付, 2007 年 4 月 6 日第一回査読終了, 2007 年 8 月 30 日受理)

### Abstract

All the Middle Jurassic (Bajocian) radiolarian morphotypes encountered from manganese carbonate nodules of the Unuma section, Mino Terrane, were classified into 510 species at total and illustrated herein. They were divided into five assemblages from five horizons (IN-16, IN-10, IN-7, IN-3 and IN-1 in ascending order). Each assemblage kept high diversity, reaching approximately 300 species. The results of faunal analysis indicate that faunal composition changed steadily but radiolarians occupied maximum capacity of the niches during Bajocian time.

The radiolarian faunal changes in the Unuma section were furthermore significant in three ranks, namely order rank (Spumellaria and Nassellaria), shell forms (Spumellaria: 5 forms. Nassellaria: 5 forms) and genus groups (Spumellaria: 28 groups, Nassellaria: 36 groups).

In these assemblages, *Tritrabs*, *Gongylothorax-Diacanthocapsa*, *Cyrtocapsa*, *Yamatoum* and *Podobursa* decreased in number while *Higumastra*, *Palinandromeda* and *Spongocapsula* increased, suggesting oceanographic changes in Bajocian. The warm taxa (e.g. *Pantanellium-Trillus-Zartus*) decreased and the cold taxa (e.g. *Protunuma*) which were recognized in the southern high latitude in Tithonian increased in stratigraphic order in the Unuma section. These faunal changes could be explained by environmental changes from warm to cold waters in the hemipelagic ocean of the western Panthalassa where the Middle Jurassic sediments of the Mino Terrane deposited.

**Key words:** Radiolaria, Middle Jurassic, Bajocian, manganese carbonate nodule, Unuma, paleoceanography, cooling

### はじめに

放散虫はカンブリア紀に出現して以来、浮遊性原生生物として海域の生態系の一部を構成してきた。放散虫の主要なグループであるポリキスティナ (Polycystinea) の骨格・殻は、 $\text{SiO}_2$  という比較的安定な成分で構成され、顕生累代の様々な海成層から化石として産出する。20 世紀後半から放散虫化石の近代的な研究が始まり、放散虫化石が示準化石として使われるようになった。また、多くの放散虫化石が記載され、化石骨格・殻の構造にもとづく分類学的・系統学的研究が進められ、現在までに多くの古生物学的情報が得られている。

本研究の特色は放散虫化石を示相化石として扱う試みである。本研究のジュラ系中部の連続層序断面（鵜沼セク

ション）から産する放散虫化石の記録は、当時生息していた種の状況をかなりの程度残しているものと期待される。そして、中生代放散虫群集の地理的分布についての研究成果を参考にして、ジュラ紀中世 (Bajocian) の群集において、化石記録に残された情報を最大限に引き出すことにより、群集変遷の復元をおこなう。

西南日本の中軸部に位置する美濃帯は、ジュラ紀付加コンプレックスで構成され、その主要部は三畳紀-ジュラ紀の海洋底堆積物である (Yao et al., 1980 など)。ジュラ紀堆積層の数層準には、炭酸マンガンノジュールが含まれ、そのノジュール中には非常に保存のよい多様な放散虫化石が含まれる (Yao, 1972 など)。八尾 (1997) は美濃帯の犬山地域・南条山地・上麻生地域・郡上八幡地域において、炭酸マンガンノジュール中の放散虫化石種の多様性を解析

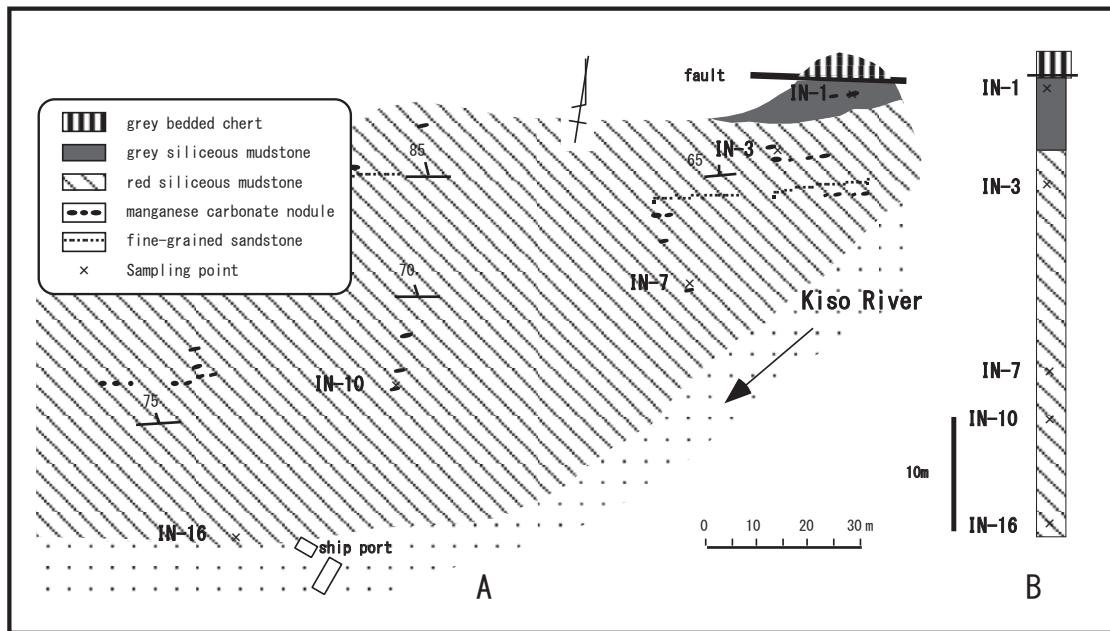


Fig. 1. A: Geological sketch map around the Unuma section (base map from Yao, 1972). B: Lithological column of the Unuma section, showing the sampling horizons of manganese carbonate nodule.

し、群集の変遷過程を概観した。その結果、ジュラ紀古世後期から中期（Toarcian – Bajocian）にかけての放散虫化石群集は多様な種で構成され、その変遷はいくつかの層準における多数の新種の出現とそのうちの短期間種の消滅と長期間種の生存によって特徴付けられることを明瞭化した。Nishihara and Yao (2005) は、八尾 (1997) の犬山地域鵜沼セクション 2 層準に 2 層準を加えて検討した。西原・八尾 (2005) はさらに 1 層準を加えた 5 層準において、炭酸マンガンノジュール中の放散虫化石種の多様性を解析し、層準を通して群集変遷は定常的であったと結論した。本研究は、それらの成果をふまえて、放散虫群集の変遷と環境による影響の関連を解析することをねらいとし、放散虫の化石殻形態の経年変化に重点をおいて考察した。

犬山地域の鵜沼セクションにおいて層序関係が確かな 5 層準の炭酸マンガンノジュールを選定していることから、多様な放散虫化石種の出現と消滅の基礎データから海洋の環境変遷を読み取ることが可能であると予想される。新生代の放散虫については種ごとの地理的分布についての研究が行なわれ、温暖種・寒冷種・深海種の分布が明らかになってきている。しかし、中生代の放散虫群集の地理的分布についての種レベルの研究は少なく、属レベルの研究が多い。そこで、本研究では、放散虫の化石殻形態の変化を中生代における寒冷・温暖タクサなどの研究を参考にして寒冷・温暖化と関連づけることを試みた。また、放散虫化石を示相化石として扱う研究の際に殻形態の種類や量は当時の環境と密接に関連していたとみられることから、産出したすべての種がリストと図版とともに報告されることは重要であると考えられる。

## 試料および処理方法

### 1. 鵜沼セクションおよび試料

鵜沼セクションは、美濃帯の南部の上麻生ユニット（脇田, 2000）に含まれ、岐阜県各務原市鵜沼の木曽川右岸に露出している (Fig.1)。本セクションの珪質泥岩層の上限は東西走向・北傾斜の断層で画され、北側の三畠紀チャート層と接する。本セクションの下限は、木曽川の砂礫に覆われるため不明である。

鵜沼セクションの下部から中部にかけては赤色珪質泥岩で代表され、その上位は灰色珪質泥岩である。本セクションの数層準には、炭酸マンガンノジュールが含まれる。本研究で用いる炭酸マンガンノジュール試料は、Yao (1972) の 4 層準（下部から上部へ IN-10, IN-7, IN-3, IN-1）と、西原・八尾 (2005) において追加された 1 層準（IN-16）からの合計 5 試料である。そのうち最下位層準の IN-16 はチャート質の赤色珪質泥岩に含まれ、その上位の 3 試料 (IN-10, IN-7, IN-3) は赤色珪質泥岩に、最上位の IN-1 は灰色珪質泥岩に含まれる。

### 2. 試料処理・観察法

- (1) 各層準の炭酸マンガンノジュール試料約 50 g ごとを塩酸 (10 %) で数日かけて溶解する。残渣を水洗後、回収する。
- (2) スライドグラスにマウントして自然乾燥させた残渣を実体顕微鏡下で観察する。殻形態の特徴を良く残し、しかも殻形態が異なる放散虫化石個体を選んで面相筆で

拾い上げ、走査型電子顕微鏡用の試料台にビオライトで固定する。

- (3) (2) の試料を金蒸着して、走査電顕下で観察する。必要個体を写真撮影し、種の同定記録とする。なお、属レベルの分類が確定的でない種に関しては便宜的に属名を与える。

### 鵜沼セクションの放散虫化石群集の年代

鵜沼セクションの放散虫化石群集は、その構成から Matsuoka (1995) の *Tricolocapsa plicarum* 帯最下部～中部からの群集に相当する。Baumgartner et al. (1995) の Unitary Association Zone (UA Zone) と対比すると、IN-16 から IN-3 までの 4 層準は UA 3 Zone (lowest - middle Bajocian) に、最上位層準 IN-1 は UA 3 Zone～UA 4 Zone の最下部 (middle - upper Bajocian) に対比される。なお、近年 *Tricolocapsa* 属の適用を避ける傾向にある (Hatakeyama et al., 2007) が、本論では分けがたいことが多いので従来通りとした。

本セクションの放散虫化石群集において、構成種 510 種のうち、5 層準を通して産出する 201 種のうち、既記載種に同定及び類似する種は 80 種である。Baumgartner et al. (1995) が生息期間を示したタクサのうち、*Tricolocapsa plicarum* Yao, *Tricolocapsa* (?) *fusiformis* Yao, *Stichocapsa japonica* Yao, *Unuma typicus* Ichikawa & Yao, *Dictyomitrella* (?) *kamoensis* Mizutani & Kido, *Parvingula* (?) *spinata* (Vinassa), *Hsuum* (?) cf. *mirabundum* Pessagno & Whalen, *Transhsuum maxwelli* gr. (Pessagno), *Hilarisirex quadrangularis* Takemura & Nakaseko, *Eucyrtidiellum unumaense* (Yao), *Eucyrtidiellum nodosum* Wakita, *Unuma typicus* Ichikawa & Yao, *Emiluvia premiyogii* Baumgartner, *Acanthocircus protoformis* (Yao), *Tetradityma corralitosensis* (Pessagno), *Quinquecapsularia megaspherica* Dumitrica & Baumgartner, *Haliodictya* (?) *hojnosti* Riedel & Sanfilippo, *Acanthocircus suboblongus* (Yao), *Acanthocircus protoformis* (Yao), *Orbiculiforma* (?) *heliotropica* Baumgartner, *Archicapsa* (?) *pacyderma* (Tan), *Paronaella bandyi* Pessagno は、UA 3 Zone 以降の初出現種とされている。わずかだが、*Saitoum levium* De Wever, *Napora latissima* Takemura, *Tricolocapsa* sp. S of Baumgartner et al. の UA 4 Zone 以降の種を含むが、総合的にみて UA 3 Zone 以降と判断される。

IN-16 のみに産出する種は、*Xiphostylus simplus* Yeh, *Canoptum poissoni* Pessagno, *Yamatoum elegans*

Takemura, *Yamatoum komamiensis* Takemura など 30 種である。そして、IN-16 から IN-3 までの 4 層準から産出する 50 種のうち、既記載種に同定可能及び類似する種は 19 種である。*Cyrtocapsa kisoensis* Yao, *Parahsuum stanleyense* (Pessagno), *Zartus dickinsoni* Pessagno & Blome が UA 3 Zone 以降の初出現種であり、*Quarticella ovalis* Takemura, *Gongylothorax oblonga* Yao は UA 4 Zone 以降の初出現種である。また、IN-10 より上位層準において産出する *Diacanthocapsa operculi* Yao, *Diacanthocapsa normalis* Yao, *Parvingula dhimenaensis dhimenaensis* Baumgartner, *Parvingula dhimenaensis* ssp. A of Baumgartner et al., *Parahsuum stanleyense* (Pessagno), *Cyrtocapsa mastoidea* Yao, *Stichomitra* (?) *takenensis* gr. Aita は、UA 3 Zone 以降の初出現種である。ごくわずか、*Emiluvia salensis* Pessagno は UA 4 Zone 以降の初出現種である。さらに、IN-7 のみに *Bernoullius dicera* (Baumgartner) と *Stichomitra* (?) sp. A of Baumgartner et al., IN-7 と IN-1 において *Higumastra gratiosa* Baumgartner, IN-3 と IN-1 において *Linaresia beniderkoulensis* El Kadiri, *Podobursa helvetica* (Rüst) の UA 3 Zone 以降の初出現種が産出する。わずかだが、IN-7 と IN-1 において、*Stichocapsa decora* Rüst の UA 4 Zone 以降の初出現種を含み、IN-7 から IN-1 において *Palinandromeda podbielensis* Ozvoldova と、IN-3 と IN-1 において *Perispyridium ordinarium* gr. (Pessagno) の UA 5 Zone の初出現種を含む。これらの共産関係から判断して、IN-16 から IN-3 までの 4 層準の化石群集は UA 3 Zone 群集に対比され、lowest - middle Bajocian を示すと考えられる。

最上位層準の IN-1 にのみ産出する種は 36 種である。*Tricolocapsa* aff. *plicarum* Yao (*Tricolocapsa plicarum* ssp. A of Baumgartner et al. に相当) が UA 4 Zone 以降を、*Podobursa polyacantha* (Fischeli) が UA 5 Zone 以降の初出現種である。これらを総合的に判断して、IN-1 試料の群集は UA 3 Zone～UA 4 Zone の最下部の群集に対比され、middle～late Bajocian を示すと考えられる。

以上から、鵜沼セクションは lowest～upper Bajocian に対比され、鵜沼セクションの年代幅は、Ogg (2004) の数値年代スケールにあわせると、およそ 172 Ma から 169 Ma 頃までの約 300 万年が妥当と考えられる。

### 放散虫化石の群集解析結果

#### 1. 放散虫化石群集の種構成

	Detected species (D)	Spumellarian species(S)	Nassellarian species(N)	Interpolated species (I)	Total species (T)	Short range species (SR)	Extinct species	Originated species	S/N	SR/T	IN-1	IN-3	IN-7	IN-10	IN-16	Horizon	Number of common species
Horizon	Number of species						Ratio		Quotient of similarity (QS)								
IN-1	321	135	186					36	0.73			234	222	223	201		
IN-3	319	145	174	52	371	18 +(13)	85	22	0.83	0.08	0.73		255	251	221		
IN-7	336	149	187	61	397	37	49	50	0.80	0.09	0.68	0.78		254	227		
IN-10	321	141	180	51	372	16 +(17)	25	83	0.78	0.09	0.70	0.78	0.77		238		
IN-16	319	143	176					30		0.81		0.63	0.69	0.69	0.74		

Fig. 2. Number of species, ratio (S/N, SR/T) and quotient of similarity (QS) in each horizon.

鵜沼セクションの5層準からの放散虫化石検出種数は、最下位層準 IN-16 から最上位層準 IN-1 まで各層準ともおよそ 300 種強である (Fig.2). 最下位層準から最上位層準までの 5 層準全体を通しての検出種数は 510 種である。中位の 3 層準における補間種数はほぼ 50 ~ 60 種であり、検出種数と合計した構成種数は 370 ~ 400 種となる。なお、補間種 (interpolated species) とは、中位層準に検出されなくともその上下の層準に検出され、中位層準にも存在が見込まれる種である (桑原・八尾, 2004). これらの種数は、鵜沼セクションを通して放散虫化石群集が非常に多様な種で構成されていることを示している。

## 2. 群集間の類似度数 (QS)

鵜沼セクションの放散虫化石群集において、各層準の検出種数と 2 層準間の共通種数をもとに 5 層準間の類似度数 (QS) を算出した (Fig.2). その結果、QS 値として 0.63-0.78 が算出された。最下位層準の IN-16 と最上位層準の IN-1 の類似度は最も低く、中位層準の IN-7・IN-10 と IN-3 の間で類似度が最も高い。これらの類似度数は、鵜沼セクション 5 層準間のそれぞれの層厚から推定される年代幅に応じた類似性をほぼ示している。

## 3. 短期間種数と構成種数の比 (SR/T)

本研究では短期間種として、1 層準のみとその直上・直下のいずれかの層準にも検出される種を扱った。Fig.2 のカッコでくくられた種も短期間種とみなして各層準における短期間種数 (SR) と構成種数 (T) の比を算出した。最上位

層準と最下位層準においては、これより上位、下位のデータがないため、種のレンジが決定されないので省く。その結果、中位 3 層準において、SR/T は 0.08 ~ 0.09 であり、およそ 0.1 という値が得られた (Fig.2). この値は、各中位層準において短期間種数が構成種数の最大 1 割を占めることを示している。言葉をえらべれば、3 層準以上にわたって検出される種 (長期間種) が各層準の構成種数の 9 割以上を占めている。

## 4. Spumellaria 種数と Nassellaria 種数の比 (S/N)

中生代放散虫は、Spumellaria, Entactinaria, Nassellaria の 3 目に分類される (De Wever et al., 2001). ただし、Entactinaria の同定は殻の内部構造 (内部骨針) の観察が必要なため容易ではないことから、便宜上、Entactinaria を Spumellaria として合算した。鵜沼セクションの各層準の Spumellaria 種数は 135 ~ 150 種、Nassellaria 種数は 175 ~ 190 種であり、S/N (Spumellaria 種数 / Nassellaria 種数) は 0.73 ~ 0.83 である (Fig.2). 最下位から中位の 4 層準において S/N はほぼ 0.8 であるのに対し、最上位の IN-1 のみ S/N は 0.7 である。これは最上位において Spumellaria 種数がやや減少しているためである。

## 5. 絶滅種数と出現種数

鵜沼セクションの 5 層準における検出種の層位分布 (Fig.3) から絶滅種と出現種を識別し、各層準ごとにそれらの種数をカウントした (Fig.2). ただし、最下位層準 (IN-16) では、それより下位層準での種の生存に関する情報が

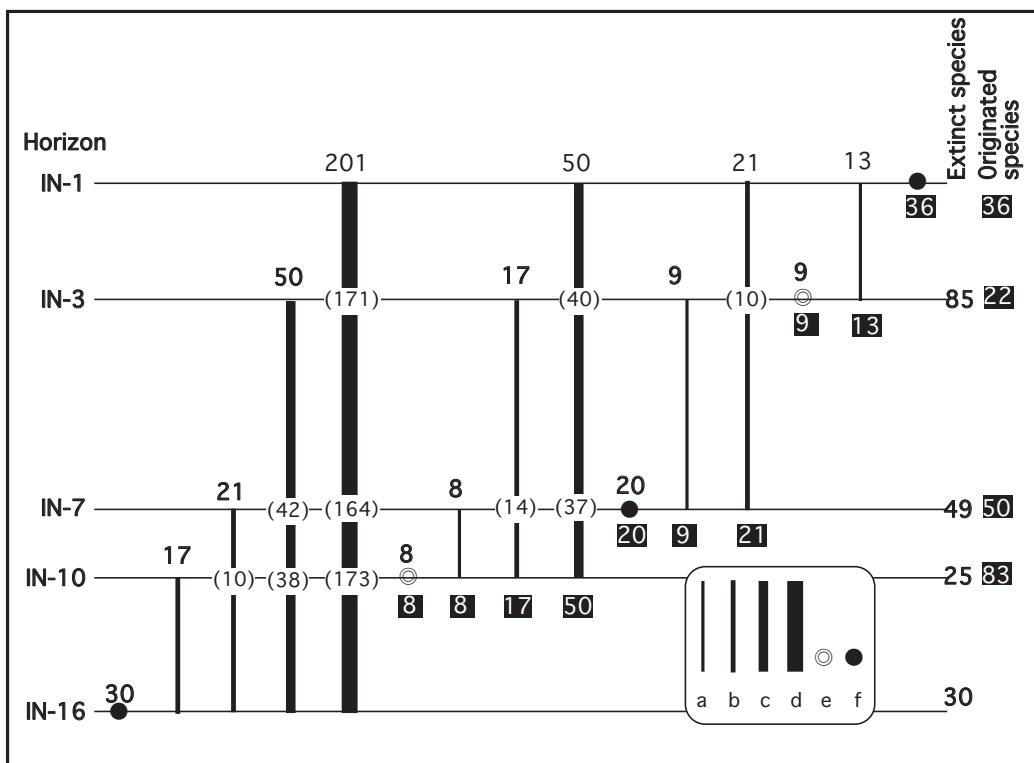


Fig. 3. Vertical distribution of the number of radiolarian species in the Unuma section. The number in parentheses indicates the total number of species that were actually counted. a: 1-15 species, b: 16-45 species, c: 46-90 species, d: over 90 species, e: 1-15 species, f: over 16 species.

ないため出現種数が見積もれない。また、同様に最上位層準（IN-1）での絶滅種数は見積もれない。4層準において下位層準から上位層準へ絶滅種数は増加、出現種数は減少の傾向を示す。しかし、これらの種数の増減の傾向はみかけの傾向であり、補正が必要である。なぜなら、中位層準IN-7での61種という多数の補間種数で示されるように、各層準で多数の未検出種の存在が予想される。このことから、もしIN-1層準より上位の層準で群集解析を実施すれば、下位層準で絶滅種とみなした種が検出される可能性があり、結果として下位層準における絶滅種数が減少することが予想される。しかも、検討層準に近い層準で絶滅種とみなした種ほど多数検出される可能性が高い。同様に、IN-16より下位層準での群集解析から、上位層準での出現種数が減少することが予想される。このみかけの絶滅種数と出現種数をいかに補正するかについて、桑原・八尾（2004）は定常的群集変遷モデルを設定して議論している。定常的群集変遷モデルとは、ある時間幅の中で、一定の出現率で新種が出現する一方、一定の絶滅率で種が絶滅することによって、群集構成種数が一定に保たれつつ群集構成種が入れ替わっていくというモデルである。このモデルにおいて、ある一定の構成種数、出現率・絶滅率、及び検出率を与えると、各層準における出現種数・絶滅種数が求まる。

さらに鵜沼セクションの放散虫化石群集組成の変化を表

わすために、各層準での構成種数および隣接する層準間での出現種数と絶滅種数を帶グラフで表わした（Fig.4）。その際、下位層準とその直上の層準の間で絶滅した種数分だけ上位層準の帶グラフを右にずらし、さらにその間で出現した種数分だけ上位層準の帶グラフを右側に追加している。よって、上位層準に向かって帶グラフが右にずれるほど、群集の構成種が入れ替わっていることを示している。全種・Spumellaria・Nassellariaなどのグラフにおいても、上位層準ほど絶滅種数は多くなり、出現種数は減少するような一般的な傾向がみえる。この傾向は前に述べたようにみかけの傾向であるので補正すると、おおまかには出現種数と絶滅種数のグラフにおいて、下位層準から上位層準へおよそ定常的な群集の変遷を示している。

## 考察

### 1. 放散虫群集の多様性の継続

#### (1) 放散虫化石群集の種数

今回検討したマンガンノジュール試料からの放散虫化石群集は、各化石個体の殻構造が非常に保存良好であることと種数が多数であることが特徴である。日本のジュラ系中部の珪質岩・泥質岩に含まれる放散虫化石は、一試

## ジュラ紀中世（Bajocian）放散虫群集の変遷

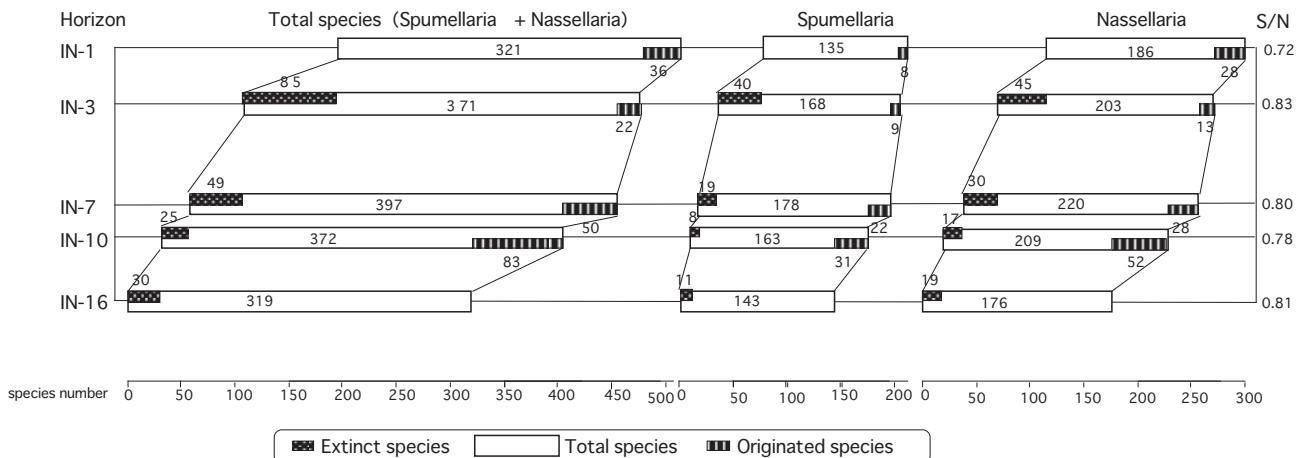


Fig. 4. Faunal change of spumellarians and nassellarians in the Unuma section.

料につき一般に数十種が識別され、百種を超えることは少ない。荒川（1998）は、足尾帶葛生地域のジュラ紀中世（late Bajocian-Bathonian）二酸化マンガンノジユールからあわせて 559 種（3 試料：331 種, 135 種, 354 種）を報告している。また、堀・脇田（2002）は、秩父北帶の高知県伊野地域のマンガンノジユール 1 試料からジュラ紀中世（early Bajocian）放散虫化石 234 種を報告している。また、Suzuki and Ogane (2004) は、葛巻一釜石亜帶（北部北上帯）のマンガンノジユール 1 試料からジュラ紀中世（late Aalenian）放散虫化石 140 種を報告している。日本以外では、ジュラ紀中世の炭酸塩試料からの放散虫化石を、イタリア北部のテチス区西部大陸縁辺部で、Bartolini et al. (1995) が報告している。鵜沼セクション 5 層準と同じ年代のテルミニレットセクション 4 層準の種数は Spumellaria 35, Nassellaria 94 であるのに対し、鵜沼セクションは Spumellaria 213, Nassellaria 297 である。これら 510 種の放散虫化石種を、Table 1 および Plate 1 ~ 20 に示す。このようにマンガンノジユールから報告される種数は多く、また殻構造の保存の良さから特異な保存条件下にあったといえる。そして中に含まれる放散虫化石群集はジュラ紀中世（(Bajocian) のパンサラツサ海の遠洋～半遠洋深海底に堆積した遺骸群集に近い組成を残していると考えられる。

鵜沼セクションの 5 層準から識別された放散虫化石種は全体で 500 種を超え、各層準における化石群集の検出種数は中位層準の IN-7 では約 340 種とやや多いが、他の最下位層準から最上位層準においてはほぼ 320 種である。そして、各層準における化石群集の構成種数は約 400 種である。これらの種の構成の概要は、最下位層準から最上位層準まではほぼ一定であり、鵜沼セクションの年代幅において、放散虫群集に影響をおよぼすような大きな環境の変化はなかったとみられる。また、鵜沼セクションを通して、共通種はおよそ

200 種であり全体の 2/5 を占める (Fig.3)。扱っている年代幅は、先に述べたようにおよそ 172 Ma から 169 Ma 頃までの約 300 万年間である。この当時、多様な種で構成され、全体的には定常的な変遷と見なせるのも、西パンサラツサ海において多様な放散虫群集が継続して生息していたからとみられる。

### (2) Spumellaria 種数と Nassellaria 種数

本研究の放散虫化石群集は、下位層準から上位層準へおよそ定常的な種の変遷を示している。ところが、Spumellaria と Nassellaria の出現種数ならびに絶滅種数のグラフ (Fig.4) では、本研究で求めた各層準の出現種数・絶滅種数と、定常群集変遷モデルから想定されるそれらの種数を比較すると、全種 (Fig.4 左) と Nassellaria (Fig.4 右) のグラフにおいて、出現種数が最上位層準で増加していることが注目される。出現種数は、統計的に最上位層準よりも下位の IN-3 において多数になるはずである。このことは、最上位層準で実際に Nassellaria の出現種数が、IN-3 と IN-1 層準間において増加したことを示す。一方、全種とくに Spumellaria (Fig.4 中) のグラフの最下位層準 IN-16 において、IN-10 より絶滅種数が多いという逆の傾向が見られる。絶滅種数は統計的に最下位層準よりも上位の IN-10 において多数になるはずである。このことから、IN-16 と IN-10 の層準間で Spumellaria の絶滅種数が実質的に減少したと推測される。また、Spumellaria のグラフの傾きに比べて、Nassellaria のグラフにおいてやや低角である。そして、全種のグラフは Nassellaria のグラフと同様に Spumellaria に比較すると変化が多い傾向を表わしている。このように、本セクションにおける放散虫群集の変遷様式として、全体的には定常的な変遷と見なせるが、それを構成する目レベルの分類群では必ずしも定常的な変遷とはいえない。ただし、SR/

Tの値 (Fig.2) が示すように、短期間種が各層準の構成種の約1割しか占めず、各層準間での Spumellaria および Nassellaria の種の絶滅・出現による急激な種の入れ替わりではなく、漸移的な群集変化であったと考えられる。

### (3) 放散虫化石種の殻型グループ分け

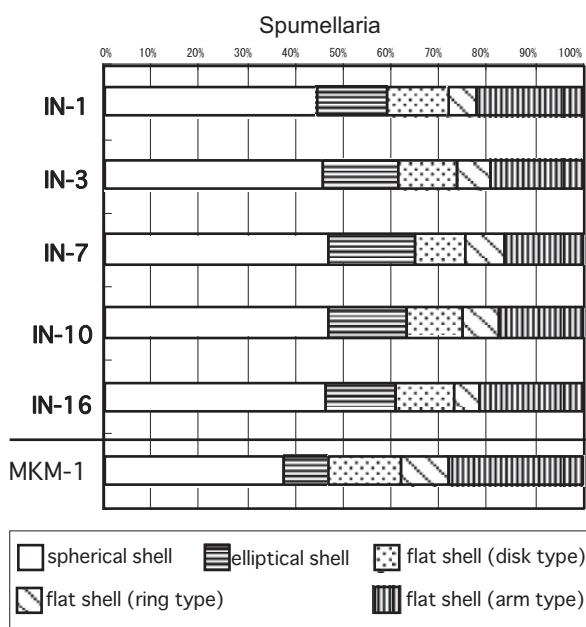
鵜沼セクションの目レベルの分類群では漸移的な群集変化をしている。そこで、Spumellaria と Nassellaria の変化がそれぞれどのような形状殻に対応するかを検討した。なお、鵜沼セクションの放散虫の殻形状の変化をよりよく見い出すために、年代的に古いとみなされる美濃帯の試料 (MKM-1: 岐阜県郡上市八幡町、黒灰色珪質泥岩、マンガンノジユール試料, late Aalenian) からの放散虫化石種 (八尾, 1997) とも比較した。

**Spumellaria :** Spumellaria 殻は、殻型により真球状殻 (spherical shell)・楕円球殻 (elliptical shell)・盤状殻 (flat shell) の3つのグループに区分され、さらに、盤状殻は平板状 (disk type)・環状 (ring type)・腕状 (arm type)

の3つのグループに区分される。

各グループの5層準における種数は、Fig.5 左に示す通りである。真球状殻が、4層準において約70種であるに対して、最上位層準の IN-1 のみ60種台に減ったため、Spumellaria 種数の減少に影響したとみられる。ただし、5層準とも約4割を占めており、種構成はほぼ一定である。しかし、腕状殻と楕円球殻は層準ごとにやや違がみられる。腕状殻は、最上位層準の IN-1 と最下位層準の IN-16 がやや多く、中位層準の IN-7 がやや少ない。一方、楕円球殻は、IN-7 がやや多く、IN-1 と IN-16 がやや少なく、腕状殻と逆の傾向を示す。以上から、Spumellaria の殻型別にみられる変化の特徴は、腕状殻が最上位・最下位層準においてやや多いのに対して、中位3層準において楕円球殻や環状殻がやや多くなることである。また、MKM-1 と IN-16 層準において腕状殻は減っているのに対し、真球状殻と楕円球殻が増えるという傾向がみられる。これらの層準間での Spumellaria 種の増加は、主として真球状・楕円球殻が増

	shell form					Spumellaria	
	spherical shell	elliptical shell	flat shell				
	disk type	ring type	arm type				
IN-1	60	20	17	8	30	135	
IN-3	66	23	18	10	28	145	
IN-7	70	27	15	12	25	149	
IN-10	66	23	16	11	25	141	
IN-16	66	21	17	8	31	143	
MKM-1	48	12	20	13	36	129	



	shell form					Nassellaria
	hat	foot-bearing	fusiform	segmented (>4)	segmented (<5)	
IN-1	5	20	73	79	8	185
IN-3	4	22	77	64	9	176
IN-7	4	24	76	75	10	189
IN-10	2	20	81	66	11	180
IN-16	2	19	74	69	12	176
MKM-1	6	18	32	41	5	102

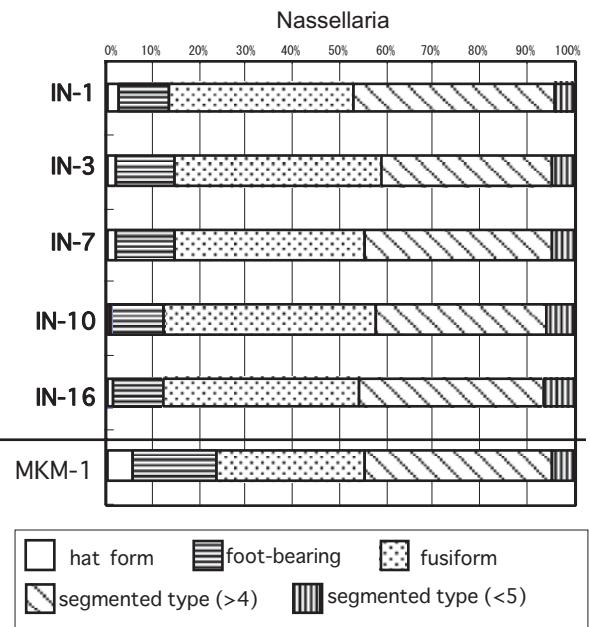


Fig. 5. Rate and tempo of spumellarians and nassellarians that are grouped by shell forms in the Unuma section.

## ジュラ紀中世（Bajocian）放散虫群集の変遷

Spumellaria(S)		真球状殻；体の中心から放射状に、あるいは同心球状に発達する多軸対称型の球形殻	
		楕円球状殻；体軸を中心に左右・上下の方向に発達する楕円形殻	
		盤状殻；平板状あるいはレンズ状の殻	
		平板状；平板状殻	
		環状；環状の骨格をもつ殻	
真球殻		腕状；数本の腕をもつ殻	
		属グループ	属の認定基準となる形質
		S1: <i>Cenosphaera</i>	1重殻で球形
		S2: <i>Xiphostylus-Triactoma</i>	1重殻で軸棘をもつ
		S3: <i>Praeconocaryomma</i>	多重の凸凹殻
		S4: <i>Haliomma-Actinomma</i>	多重殻で多軸棘、軸棘先の形
		S5: <i>Drymosphaera-Quinquecapsularia</i>	多重殻で長短多軸棘、異形の孔
		S6: <i>Thecosphaera?</i>	多重殻
		S7: <i>Stylosphaera-Parvivacca-Trilonche-Acaeniotylopis</i>	軸棘の2-3本数とのびる方向 孔枠の突起の有無
		S8: <i>Staurolonche</i>	4本の軸棘
		S9: <i>Hexalonche-Hexastylus?</i>	6本の軸棘
真球海綿状		S14: <i>Spongurus</i>	球形
		S15: <i>Archaeospongoprunum</i>	1-2本の軸棘
		S18: <i>Spongotripus</i>	3本の軸棘
		S19: <i>Staurodoras</i>	4本の軸棘
楕円球殻		S10: <i>Pantanellium-Trillus-Zartus</i>	2本の軸棘と0-多副棘
		S11: <i>Gorgansium</i>	3本の軸棘
		S12: <i>Emiluvia-Haliodicta?</i>	4本棘の楕円面の突起のありなし
楕円球海綿状		S13: <i>Archicapsa</i>	軸棘なしの孔枠のない殻
平板状殻		S17: <i>Spongistoma-Bernoullius</i>	2本の軸棘が方向性をもつ
		S20: <i>Orbiculiforma-Spongotrochus</i>	周囲にひろがる形状
		S21: <i>Bistarkum</i>	棒状
平板格子状		S28: <i>Perispyridium</i>	3本の軸棘
環状		S16: <i>Pseudoheliodiscus-Parasaturalnis-Acanthocircus-Hexasaturalnis</i>	環の形状
		S22: <i>Homoeoparonaella</i>	腕の1列格子孔
腕状殻		S23: <i>Tritrabs-Halesium-Angulobraccia</i>	腕の2列格子孔、四角・丸の腕断面
		S24: <i>Paronaella-Archaeotriastrum</i>	海綿状
		S25: <i>Higumastra-Tetratrabs</i>	腕の1列格子孔
腕状腕4本		S26: <i>Tetraditryma-Archaeohagiastrum</i>	腕の2列格子孔で四角の腕断面
		S27: <i>Pseudocrucella-Crucella</i>	海綿状

Fig. 6. A: Middle Jurassic (Bajocian) spumellarian taxa.

加したためとみられる。

**Nassellaria** : Nassellaria 殻は、すべて単軸異極殻 (conical shell) で、殻型により紡錘殻 (fusiform)・脚あり殻 (foot-bearing)・帽子殻 (hat form)・少節塔状殻 (4節以下: segmented (<5)) と多節塔状殻 (5節以上: segmented (>4)) の5つのグループに区分される。

Nassellaria の殻型別にみられる特徴は、多節塔状殻と紡錘殻が最下位層準から最上位層準までそれぞれ、ほぼ4割ずつを占めることである (Fig.5 右)。しかし、詳しくみれば、

最上位層準の IN-1においては多節塔状殻が紡錘殻よりや多いが、他の4層準において紡錘殻が多く占める。特に、IN-10においては紡錘殻がかなり多い。5層準を通してみれば、紡錘殻が下位一中位層準において最も多いが、最上位において多節塔状殻が多くなる。なお、殻室数は紡錘殻・脚あり殻・少節塔状殻に比べて、帽子殻・多節塔状殻が多い。脚あり殻が中位層準において増えて上位で減り、少節塔状殻が上位ほど減り、逆に帽子殻が最上位において増える傾向もみられる。殻サイズからいえば、下位において小さな殻

Nassellaria(N)	単軸異極殻；体軸を中心に1つの方向に発達し、頭部と腹部となる殻 紡錘型；体型が紡錘形の殻 脚あり型；腹部から数本の棘がのびる殻 帽子型；円錐状で腹部が広がる殻 塔状型；円錐状殻		
	属グループ	属の認定基準となる形質	種区分の基準となる形質
脚あり型	N1: <i>Poulpus-Pseudopoulpus-Saitoum</i>	腹部殻の3本脚	脚の位置, 孔形や配列や孔枠, 棘の形状
	N2: <i>Turanta</i>	楕円球状殻で頂棘と腹部の2本棘	棘の位置と長短
	N3: <i>Napora-Jacus-Dumitricaella?</i>	頂棘の形, 3本脚の腹部殻の形	脚の位置や形状, 殻の形, 孔の配列や孔枠, horn形
	N4: <i>Ares-Cornutella</i>	1-2本の頂棘と腹部の棘の有無	棘の位置や形や数
	N5: <i>Hilarisirex-Diceratigalea</i>	殻形, 1-2本の頂棘と腹部の4本脚	殻の節の形, 孔の配置や孔枠
	N36: <i>Bipedes?</i>	1本の頂棘と腹部の下方に2本脚	脚の位置
帽子型	N6: <i>Palinandroidromeda</i>	円錐状で腹部が広がる	殻形, 孔の配置や孔枠, 棘の有無
紡錘型	N7: <i>Gongylothorax-Diacanthocapsa</i>	2殻室の形状	殻形, apertureの形や有無, 孔枠
	N8: <i>Tricolocapsa</i>	3殻室	殻形, aperture, basal appendage, plicae, 孔枠
	N9: <i>Stichocapsa-Minocapsa</i>	4殻室で底がつぼむ	殻形, aperture, basal appendage, plicae, 孔枠
	N12: <i>Cyrtocapsa</i>	多殻室で頭部に棘	殻形, 孔の配置や孔枠, basal appendage
	N13: <i>Unuma</i>	多殻室でplicae間の複数の孔列と位置	殻形, 孔, 孔枠, 棘, basal appendage, plicae
	N14: <i>Protunuma</i>	多殻室でplicae1-複数の孔列最終節	殻形, 孔, plicae形状
	N15: <i>Arcanicapsa</i>	底がとじる最大殻室に多数の棘	棘の数や位置, 孔の大きさや孔枠
	N16: <i>Yamatoum</i>	底から突き出る棘と最大殻室に棘	棘の数や位置や形, 孔の大きさや孔枠
	N17: <i>Quarticella</i>	底に付属物がつく最大殻室に多数の棘	殻形, 棘の数や位置, 孔や孔枠, basal appendage
	N18: <i>Parvifavus</i>	最大で最終殻室に多数の棘	棘の有無や位置, 孔枠
	N19: <i>Sethocapsa</i>	5殻室	殻形, basal appendage, 孔枠, 棘の数や形
	N20: <i>Katroma-Syringocapsa-Podobursa</i>	底に長い筒をもつ最大殻室の形状	殻形, 孔の大きさ, 孔枠, 棘の有無や位置
少數節塔状型	N10: <i>Eucyrtidium</i>	4殻室でドーム状	殻形, 孔の配置や孔枠, 棘の有無, plicae
	N11: <i>Thetis</i>	頭部に1本の棘と腹部の側方に4本棘	殻形, 孔枠, 棘の配置
	N21: <i>Solenotryma</i>	多殻室で筒状	孔の配置, 孔枠
	N22: <i>Dictyomitrella?</i>	孔のない部分と孔の並ぶ節間が帯状に突出	孔の配置, 孔枠, 節目の形状
	N23: <i>Archaeodictyonitria -Mita</i>	多殻室で多数のcostae間の孔をもつ殻形	孔の配置, 孔枠
	N24: <i>Canoptum</i>	孔のない部分と節ごとの盛り上がり	殻形, 孔の配置, 孔枠, 節目の形状
	N25: <i>Anisicyrtis</i>	格子状孔の節間がつぼむ	殻形, 孔の大きさや配置, 孔枠, 棘の有無
	N26: <i>Xitus</i>	節に突出部が配列	殻形, 孔の配置, 突出部の形
	N27: <i>Laxtorum?</i>	hornをもち多数の孔があく	殻形, 孔の大きさや配置, 孔枠
	N28: <i>Parvingulara</i>	3列6角格子状孔の節間が突出	殻形, 節目, 孔枠, 棘, basal appendage
	N29: <i>Mirifusus</i>	ふくらむ中程殻室で格子状孔の節間が凸状	殻形, 孔枠, 棘の有無
	N30: <i>Elodium</i>	hornをもち縦列孔の節ごとに凸凹	殻形, 孔枠
	N31: <i>Parahsuum</i>	多数のcosta間に1列の孔	殻形, 孔枠, hornなど棘, basal appendage
	N32: <i>Hsuum</i>	多数のcosta間に2-多列の孔	殻形, 孔枠, 孔の配列, hornなど棘, costa
	N33: <i>Transhsuum-Linaresia</i>	波状のcosta-ふくらむ中程殻室	殻形, 孔枠, hornなど棘の有無や形
	N34: <i>Stichomitra?-Spongocapsula</i>	節目につぼむ海綿状殻	殻形, 孔枠, hornの有無
	N35: <i>Artostrobium-Cyrtocalpis</i>	孔の形状	殻形, 孔の大きさや配置, 孔枠, hornの有無

Fig. 6. B: Middle Jurassic (Bajocian) nassellarian taxa.

の種が多く、上位において大きな殻の種が増加している。また、MKM-1において、脚あり殻と帽子型殻が多く、紡錘型殻が少ない。MKM-1とIN-16層準間でのNassellaria種の増加は、主として紡錘型殻が増加したためとみられる。

#### (4) 放散虫化石種の属グループ分け

殻型グループの変化が、どのような属に由来するか検討するために属グループを設定した (Fig.6A・6B)。なお、区

## ジュラ紀中世（Bajocian）放散虫群集の変遷

分にあたり、属区分は進化系統的うらづけが不明なものも多いため、判断基準をFig.6 A・6Bに示しておいた。本研究の群集は、Spumellaria が 49 属、Nassellaria が 51 属で構成される。これらの属をより近似した殻型の属をあわせ、Spumellaria において 28 属グループ (S1 ~ S28)、Nassellaria において 36 属グループ (N1 ~ N36) に区別した (Table 1 右欄)。

下位から上位へ各属グループの種数を比べると特異な変化パターンを示す属グループがみられる。ここでは変化に注目したので、図には特異な変化パターンを重点的にのせた。変化パターンは、a : 次第に増加、b : 次第に減少、c : 増加後減少、d : 減少後増加の 4 つである (Fig.7)。

Spumellaria の殻型別にみられる変化の特徴では、最上位・最下位層準において腕状殻がやや多い。この腕状殻について属グループ変化をみると、最下位層準に多い 3 本

腕殻の *Tritrabs* など (S23) が減少し、上位にかけて 4 本腕殻 *Higumastra* (S25) は次第に増加する。中位 3 層準において楕円球殻や環状殻がやや多いことについては、楕円球状殻の *Pantanellium-Trillus-Zartus* (S10) と環状殻の *Saturnalidae* (S16) があてはまる。

Nassellaria の殻型別にみられる変化の特徴では、下位一中位層準において紡錘殻が最も多いため、特に、IN-10においては紡錘殻がかなり多い。これに対しては、紡錘型殻の *Gongylothorax-Diacanthocapsa* (N7), *Cyrtocapsa* (N12), *Yamatoum* (N16), *Podobursa* など (N20) と脚あり殻の *Napora* など (N3) が増加している。逆に最上位において多節塔状殻が多くなる。つまり、上位にかけて、帽子型殻 *Palinandromeda* (N6) と多節塔状殻の *Spongocapsula* など (N34) が増加し、上位で多節塔状殻の *Solenotryma* (N21) と *Xitus* (N26) が出現している。

	Genus group	Total	IN-16	IN-10	IN-7	IN-3	IN-1	Pattern of change	Remarks
Spumellaria 1-28	S2 <i>Xiphostylus - Triactoma</i>	9	4	4	<b>8</b>	4	4	<b>c</b>	
	S3 <i>Praeconocaryomma</i>	4	3	3	3	2	2		K-co
	S4 <i>Haliomma - Actinomma</i>	15	10	10	10	<b>13</b>	10	<b>c</b>	
	S6 <i>Thecosphaera?</i>	6	<b>5</b>	<b>5</b>	4	3	2	<b>b</b>	
	S10 <i>Pantanellium - Trillus - Zartus</i>	14	9	12	<b>14</b>	10	6	<b>c</b>	K,P-wa
	S11 <i>Gorgansium</i>	4	4	4	4	4	4		K,P-wa
	S13 <i>Archicapsa</i>	5	2	2	3	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>a</b>	
	S16 <i>Saturnalidae</i>	12	8	11	<b>12</b>	10	8	<b>c</b>	
	S23 <i>Tritrabs-Halesium-Angulobracchia</i>	8	<b>8</b>	6	5	6	4	<b>b</b>	K-wa
Nassellaria 1-36	S25 <i>Higumastra</i>	5	2	2	3	3	<b>5</b>	<b>a</b>	K-co
	N3 <i>Napora-Jacus-Dumitricaella?</i>	16	7	10	<b>13</b>	11	10	<b>c</b>	
	N6 <i>Palinandromeda</i>	7	2	2	4	4	<b>5</b>	<b>a</b>	
	N7 <i>Gongylothorax-Diacanthocapsa</i>	7	3	<b>6</b>	4	4	2	<b>c</b>	
	N8 <i>Tricolocapsa</i>	13	7	<b>10</b>	6	9	9		
	N10 <i>Eucyrtidiellum</i>	9	<b>8</b>	<b>8</b>	6	5	5	<b>b</b>	
	N12 <i>Cyrtocapsa</i>	4	2	<b>4</b>	<b>4</b>	2	2	<b>c</b>	
	N13 <i>Unuma</i>	11	7	7	8	7	8		
	N14 <i>Protunuma</i>	5	3	2	2	2	<b>4</b>	<b>d</b>	
	N16 <i>Yamatoum</i>	11	6	6	<b>8</b>	<b>8</b>	4	<b>c</b>	
	N17 <i>Quarticella</i>	18	<b>12</b>	11	8	9	10	<b>d</b>	
	N20 <i>Podobursa-Katroma-Syringocapsa</i>	12	7	6	8	<b>9</b>	6	<b>c</b>	K-wa
	N21 <i>Solenotryma</i>	2	0	0	0	1	1		
	N26 <i>Xitus</i>	3	0	0	0	0	3		
	N28 <i>Parvicingula</i>	23	13	16	<b>17</b>	13	16		K,P-co
	N34 <i>Spongocapsula - Stichomitra?</i>	6	2	2	3	3	<b>4</b>	<b>a</b>	K-de

Fig. 7. Changes in the number of species belonging to the selected genus groups in the Unuma section. a: increasing trend, b: decreasing trend, c: positive peak, d: negative peak. Abbreviations: K; Kiessling, P; Pessagno & Blome, wa; warm taxa, co; cold taxa, de; deep taxa.

*Spumellaria*・*Nassellaria*の属グループは、合計 64 属グループになるが、そのうち 18 属グループを除く 46 属グループ（約 3/4）は変化パターンが不明である。たとえば、*Gorgansium* (S11) は、5 層準とも同じ 4 種である。*Praeconocaryomma* (S3) は、5 層準合計 4 種であるが 5 層準とも 2～3 種である。また、*Unuma* (N13) は、5 層準合計 11 種であるが、5 層準とも 7～8 種で、漸移的な群集変化を示す。また、*Tricolocapsa* (N8) は、5 層準合計 13 種であるが極大値が 2 つある。さまざまな変化が混じることによって、全体としてはほぼ定常的変遷となっている。各層準における放散虫群集の種数の上限が約 400 種であるのは、当時のパンサラッサ海には、これが最大種数となる許容量のニッヂエが 172 Ma から 169 Ma 頃までの約 300 万年間にわたり、保たれた安定した水塊が存在したと考えられる。

## 2. 放散虫の温暖・寒冷タクサ

鵜沼セクションの目レベル・殻型・属グループの分類群では、それぞれ漸移的な群集変化を示す。鵜沼セクション 5 層準で比較すると、S/N が IN-16 から IN-3 において 0.8 前後であるのに対して、IN-1 において 0.73 と減少する (Fig.2)。これは *Spumellaria* 種数が最下位から中位層準において 140 種台であるのに対して、最上位層準において 130 種台に減ることによる。なお、鵜沼セクションより年代が古い late Aalenian の試料である MKM-1 において S/N = 129/103 = 1.26 である。このことは、MKM-1 と IN-16 層準間で *Nassellaria* の多様化が起つたことを示している。Gorican et al. (2003) は、中生代放散虫の S/N の変化が栄養塩の供給や海流の混入に起因したと考察している。鵜沼セクションにおける *Nassellaria* の多様化が、同様な要因による可能性が考えられる。また、Hillebrandt et al. (1992) は、Aalenian – early Bajocian にパンサラッサ海北方型アンモナイトの分布が南に拡大したことから、寒冷化がおきた事を示唆している。彼らの見解に従えば、early Bajocian 以降の温暖化と S/N の変化が関連していた可能性がある。また、S/N 変化は、*Spumellaria* において球状・楕円球状殻と腕状殻、*Nassellaria* において多節塔状殻と紡錘型殻の割合の変動によりもたらされたものである。その変動とは、鵜沼セクション最上位における球状・楕円球状殻の減少と紡錘型殻から入れ替わった多節塔状殻の増加による。殻形状と海洋環境が呼応すると考えるならば、寒冷化によって *Spumellaria* の腕状殻が増加し、*Nassellaria* の紡錘型殻が減少する傾向となる。その増減を担う主要な属は、寒冷化と *Higumastra*, *Palinandromeda* ならびに *Spongocapsula* などの増加と *Gongylothorax-Diacanthocapsa*, *Cyrtocapsa*,

*Yamatoum*, *Podobursa* などに *Tritrabs* などの減少傾向である。

Kiessling (1999) は、ジュラ紀最新世 (Tithonian) の南半球高緯度において総計 350 種をこえる放散虫群集を検討し、それらを温暖・寒冷タクサに分けた。全体として *Parvingula* と海綿状の *Spumellaria* が多い高緯度群集であるが、テーチス区の群集も混じるとしている。ここでは、Kiessling (1999) の Text-figure 13 の warm water preference を温暖タクサ、同様に cold water preference を寒冷タクサ、deep water preference (?) を深海タクサとし、鵜沼セクションの群集に含まれるタクサを属レベルで抽出すると以下のものが挙げられる。

- (1) *Spumellaria* の温暖タクサ : *Pantanelliidae*, *Tritrabs*.
- (2) *Spumellaria* の寒冷タクサ : *Higumastra*, *Praeconocaryomma*.
- (3) *Nassellaria* の温暖タクサ : *Podobursa*–*Syringocapsa*, *Williriedellidae*.

- (4) *Nassellaria* の寒冷タクサ : *Parvingula*.
- (5) *Nassellaria* の深海タクサ : *Spongocapsula*.

これらのタクサは、本研究の属グループの増減パターンにおいてとくに明瞭な変化がみられることが多い。ジュラ紀最新世の放散虫群集の温暖・寒冷タクサを、鵜沼セクションの属グループ (Fig.7) に適用してみた。ただし、鵜沼セクションにおいて *Pantanelliidae* は *Pantanellium-Trilluss-Zartus* と *Gorgansium* である。*Williriedellidae* は殻の底が閉じている似た形態を示す *Gongylothorax-Diacanthocapsa* と *Tricolocapsa* を便宜的に含める。まず指摘できるのは、先に論じた寒冷化によって増減したと推定した属のうち、共通するタクサは Kiessling (1999) の見解と見事に一致した。次にこの Kiessling (1999) によりまとめられたタクサについて種数変化に着目すると、温暖タクサ *Tritrabs* など (S23) の種数が次第に減少し、寒冷タクサ *Higumastra* (S25) の種数が次第に増加している。また、温暖タクサ *Podobursa*–*Syringocapsa* など (N20) の種数は IN-3 において極大値 (増加後減少) を示す。一方、深海タクサ *Spongocapsula* など (N34) の種数が次第に増加する。これらをあわせて類推すると、鵜沼セクション下部から上部層準になるにつれておよそ温暖タクサから寒冷・深海タクサが増えた傾向となる。

これらの変化をまとめると、鵜沼セクションにおいてこれらの属グループのパターン a～d は、まったく偶然に起こつたのではなく、温暖化から寒冷化への変化が推測される。

Pessagno and Blome (1986) および Pessagno et al. (1986) は、テーチス区の *Pantanelliidae* と北方区の *Parvingula-Praeparvingula* のジュラ紀放散虫生物

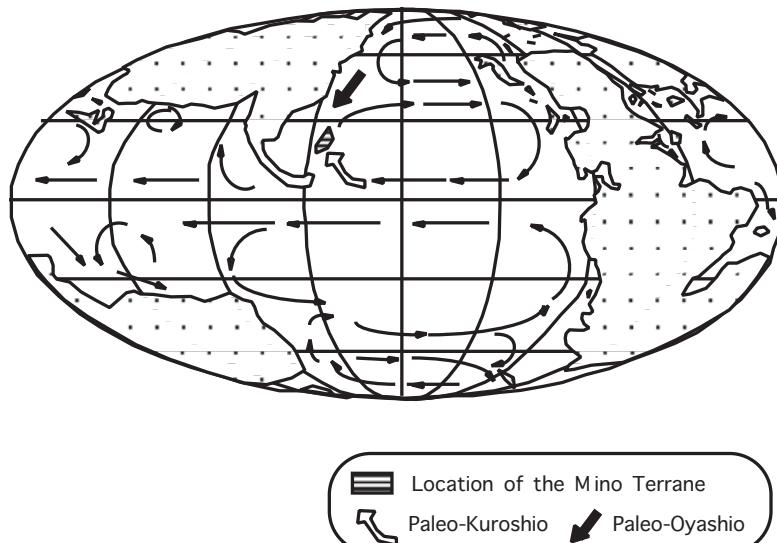


Fig. 8. Presumed deposition location of the Mino Terrane at the Middle Jurassic time.

地理区を設定している。鵜沼セクションの *Pantanelliidae* (*Pantanellium-Trillus-Zartus*) 種数は増加後減少パターンを示し、温暖タクサとして寒冷化傾向に合致しているが、寒冷タクサとしての *Parvingula* (N28) は極大値が 2 つあり合致しない。また、Matsuoka (1998) は、ジュラ紀新世 Berriasian の *Eucyrtidiellum*, *Protunuma*, *Solenotryma* は非熱帯性の放散虫と指摘した。鵜沼セクションの *Protunuma* (N14) の種数は最上位で増加し *Solenotryma* (N21) は上位で出現しているので合致しているが、*Eucyrtidiellum* (N10) は次第に減少していく傾向が異なる (Fig.7)。このような既知研究による環境との応答関係とすべてが一致するわけではないものの、大局的な類推は可能といえる。しかし、放散虫は寒冷温暖以外の環境変動にも応答していることも考えられ、さらなる高解像度の古生物地理的に結論を出すにはまだ難しい。たとえば、*Parvingula* 属の認定の問題や、これらの種数変化と個体数の変化がどう対応するのかなど、検証する研究も必要である。

Ando et al. (2001) は、古地磁気層序と放散虫・コノドント化石層序の研究から犬山地域の層状チャートが、Anisian に南半球の赤道に近い地域で堆積したと述べた。そして、三畳紀中世からジュラ紀古世最初期までのすべての試料は赤道より南北約 10°までの地域で堆積し、北西に移動して南中国ブロックに付加されたのだろうと説明した。八尾 (2000) は、美濃帯のチャート・碎屑岩シーケンスが形成された海域がジュラ紀古世-中世当時、西パンサラツサ海の低緯度から中緯度南部地域にあったと推察している。そこで、美濃帯のジュラ紀中世堆積物の形成位置をおよそ北緯 20°~30°とすると、東から西への赤道流が南中国ブロック

の陸地にあたって向きを変え、西パンサラツサ海において北東への熱帶-亜熱帶沿岸流となり、北からの寒冷海流とぶつかる混合海域になる。美濃帯構成層の堆積場所 (Fig.8) は、これら熱帶-亜熱帶沿岸流と寒冷海流からの放散虫群集が流れ込む地域となり、寒冷化や温暖化に伴い、どちらかの海流の強弱に応じて群集の変化が起きた可能性がある。この放散虫の変化が、古太平洋プレート上の西パンサラツサ海半遠洋域で形成された鵜沼セクションに記録されたと想定される。

## 謝辞

本研究を進めるにあたって、大阪市立大学の八尾昭先生には、八尾 (1997) の放散虫化石写真を使用させていただき、野外調査から論文のまとめにいたるまでご指導のうえ、終始暖かい励ましをいただいた。大阪市立大学の桑原希世子氏には、放散虫群集解析の解析法等について指導いただいた。新潟大学の松岡篤先生には、現生放散虫・中生代放散虫化石群集についてさまざまな情報を教えていただき、さらに査読いただいた。東北大学の鈴木紀毅氏には、粗稿を査読いただいた。以上の方々に深く感謝いたします。

## 引用文献

- Ando, A., Kodama, K. and Kojima, S., 2001, Low-latitude and Southern Hemisphere origin of Anisian (Triassic) bedded chert in the Inuyama area, Mino Terrane, central Japan. *Journal of Geophysical Research*, **106**, 1973-1986.

- 荒川竜一, 1998, 足尾帶葛生地域の二酸化マンガンノジュールより産出した中期ジュラ紀放散虫化石群集. 栃木県立博物館研究紀要, no. 15, 51-76.
- Bartolini, A., Baumgartner, P.O. and Mattioli, E., 1995, Middle and Late Jurassic radiolarian biostratigraphy of the Colle Bertone and Terminilletto sections (Umbria-Marche-Sabina Apennines, Central Italy): An Integrated Stratigraphical Approach. *Mémoires de Géologie (Lausanne)*, no. 23, 817-832.
- Baumgartner, P.O., Bartolini, A., Carter, E.S., Conti, M., Cortese, G., Danelian, T., De Wever, P., Dumitrica, P., Dumitrica-Jud, R., Gorican, S., Guex, J., Hull, D.M., Kito, N., Marcucci, M., Matsuoka, A., Murcley, B., O'Dogherty, L., Savary, J., Vishnevskaya, V., Widz, D. and Yao, A., 1995, Middle Jurassic to Early Cretaceous radiolarian biochronology of Tethys based on Unitary Associations. *Mémoires de Géologie (Lausanne)*, no. 23, 1013-1048.
- De Wever, P., Dumitrica, P., Caulet, J. P., Nigrini, C. and Caridroit, M., 2001, *Radiolarians in the Sedimentary Record*. Gordon and Breach Science. 533pp.
- Gorican, S., Smuc, A. and Baumgartner, P.O., 2003, Toarcian Radiolaria from Mt. Mangart (Slovenian-Italian border) and their paleoecological implications. *Marine Micropaleontology*, **49**, 275-301.
- Hatakeyama, K., Suzuki, N. and Matsuoka, A., 2007, Quantitative morphological analyses and evolutionary history of the Middle Jurassic polycystine radiolarian genus *Striatojaponocapsa* Kozur. *Marine Micropaleontology*, **63**, 39-56.
- Hillebrandt, A.von, Westermann, G.E.G., Callomon, J.H. and Detterman, R.L., 1992, Ammonites of the circum-Pacific region. In Westermann, G. E. G. ed. *The Jurassic of the Circum-Pacific*. IGCP Project No 171: Jurassic of the Circum-Pacific, Cambridge University, 342-359.
- 堀 常東・脇田浩二, 2002, 高知県伊野地域の秩父帯北帯から産する炭酸マンガンノジュール中のジュラ紀放散虫化石. 地質学雑誌, **108**, 478-481.
- Kiessling, W., 1999, Late Jurassic radiolarians from the Antarctic Peninsula. *Micropaleontology*, **45** (supplement 1), 1-96.
- 桑原希世子・八尾 昭, 2004, 「定常的群集変遷モデル」を用いた放散虫化石群集の解析. 情報地質, **15**, 151-157.
- Matsuoka, A., 1995, Jurassic and Lower Cretaceous radiolarian zonation in Japan and in the western Pacific. *The Island Arc*, **4**, 140-153.
- Matsuoka, A., 1998, Faunal composition of earliest Cretaceous (Berriasian) radiolaria from the Mariana Trench in the western Pacific. *News of Osaka Micropaleontologists, Special Volume*, no. 11, 165-187.
- Nishihara, C. and Yao, A., 2005, Faunal change of Middle Jurassic (Bajocian) radiolarians from manganese carbonate nodules in the Inuyama area, central Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University*, **48**, 109-121.
- 西原ちさと・八尾 昭, 2005, 美濃帯犬山地域のジュラ紀中世 (Bajocian) 放散虫類の群集変遷. 化石, no.78, 32-39.
- Ogg, J.G., 2004, The Jurassic Period. In Gradstein, F.M., Ogg, J.G. and Smith, A.G. eds., *A Geologic Time Scale 2004*, Cambridge University, 307-343.
- Pessagno, E.A.Jr. and Blome, C.D., 1986, Faunal affinities and tectonogenesis of Mesozoic rocks in the Blue Mountains Province of eastern Oregon and western Idaho. *U.S. Geological Survey Professional Papers*, **1435**, 65-78.
- Pessagno, E.A.Jr., Whalen, P.A. and Yeh, K.-Y., 1986, Jurassic Nassellariina (Radiolaria) from North American Geologic Terranes. *Bulletins of American Paleontology*, **91**, 1-75.
- Suzuki, N. and Ogane, K. 2004, Paleoceanographic affinities of radiolarian faunas in late Aalenian time (Middle Jurassic) recorded in the Jurassic accretionary complex of Japan. *Journal of Asian Earth Sciences*, **23**, 343-357.
- 脇田浩二, 2000, 美濃帯のメランジュ. 地質学論集, no. 55, 145-163.
- Yao, A., 1972, Radiolarian fauna from the Mino Belt in the northern part of the Inuyama area, central Japan. Part 1. Spongosternalids. *Journal of Geosciences Osaka City University*, **15**, 21-65.
- 八尾 昭, 1997, ジュラ紀古 - 中世放散虫化石群集の変遷. 大阪微化石研究会誌, 特別号, no.10, 155-182.
- 八尾 昭, 2000, 東アジアの中・古生代テクトニクスからみた西南日本の地帯配列. 地団研専報, no.49, 145-155.
- Yao, A., Matsuda, T. and Isozaki, Y. 1980, Triassic and Jurassic radiolarians from the Inuyama area, central Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University*, **23**, 135-155.

ジュラ紀中世 (Bajocian) 放散虫群集の変遷

Table 1. Radiolarian species of the Unuma section.

Photo no. of Yao(1997)	Radiolarian species	Mag. of Plate	Horizon					Genus group	Photo no. of Yao(1997)	Radiolarian species	Mag. of Plate	Horizon					Genus group
			N-16	N-15	N-10	N-7	N-3					N-16	N-15	N-10	N-7	N-3	
1 2,3,8,11	<i>Cenosphaera</i> sp. A	c	+ +	+ +				S	66 119,120	<i>Hexalonche</i> sp. B	d	+ + + +	+ +				S
2 4,5,10	<i>Cenosphaera</i> sp. C	c	+ +	+ +				S	67 122,125	<i>Hexalonche</i> sp. F	d	+ +	+ +				S
3 6	<i>Cenosphaera</i> sp. D	d	+ + +	+ +				S	68 124	<i>Hexalonche</i> sp. H	f	+ +					S
4 9,65	<i>Cenosphaera</i> sp. D2	c	+ + +					S	69 126,133	<i>Hexalonche</i> sp. J	b	+ +					S
5 12,13,14	<i>Cenosphaera</i> ? sp. X	b	+ + +	+ +				S	70 128,129	<i>Hexalonche</i> sp. D	d	+ + + +	+ +				S
6 15,16	<i>Xiphostylus simplus</i> Yeh	f	+ +					S	71	<i>Hexalonche</i> ? sp. D3	d	+ +	+ +				S
7 17	<i>Xiphostylus sinuosus</i> P. & Y.	b	+ +					S	72	<i>Hexalonche</i> sp. D4	d	+ +					S
8 18,19,20	<i>Xiphostylus logdellensis</i> P. & Y.	b	+ + + +					S	73 123,130	<i>Hexalonche</i> sp. E	d	+ + + +					S
9 21	<i>Xiphostylus</i> ? sp. A	a	+ +	+ +				S	74 131	<i>Hexalonche</i> sp. B0	c	+ +					S
10 22	<i>Triactoma southforkensis</i> P. & Y.	b	+ + + +					S	75	<i>Hexalonche</i> sp. D0	b	+ + + +					S
11 23,24,25	<i>Triactoma brooksi</i> Pessagno & Yang	b	+ + + +	+ +				S	76 132	<i>Hexalonche</i> sp. B2	d	+ + + +	+ +				S
12 26	<i>Triactoma wickiupensis</i> P. & Y.	b	+ + + +					S	77 135	<i>Hexastylus</i> ? <i>tetradactylus</i> C. & M.	d	+ +					S
13 28,29,30	<i>Triactoma</i> ? sp. X	b	+ +					S	78 136,137	<i>Pantanellium</i> sp. A	f	+ +					S
14 27,31	<i>Triactoma</i> ? sp. W	b	+ + +					S	79 139	<i>Pantanellium</i> sp. C	g	+ + + +	+ +				S
15 34	<i>Praeconocaryomma</i> sp. A2	b	+ +					S	80 138,140,141,142,143	<i>Pantanellium riedeli</i> Pessagno	f	+ + + +	+ +				S
16 37	<i>Praeconocaryomma</i> ? sp. B0	c	+ +	+ +				S	81	<i>Pantanellium baileyi</i> P. & B.	f	+ + + +					S
17 33,35,38	<i>Praeconocaryomma</i> sp. B	f	+ + + +	+ +				S	82 144	<i>Pantanellium</i> sp. L of B. et al.	f	+ + + +	+ +				S
18 36,39,41	<i>Praeconocaryomma</i> ? sp. D	f	+ + + +	+ +				S	83 146	<i>Trillus</i> sp. D	d	+ + + +					S
19 45,49,69	<i>Haliomma</i> sp. E	f	+ + + +	+ +				S	84 147,148,150,151	<i>Trillus elkhornensis</i> P. & B.	d	+ + + +	+ +				S
20 47	<i>Haliomma</i> sp. O	f	+ + +	+ +				S	85 145,149	<i>Trillus</i> sp. C	g	+ +					S
21 40,48,51	<i>Haliomma</i> sp. D2	f	+ + + +	+ +				S	86 152	<i>Zartus</i> sp. A0	f	+ + + +					S
22 50,63	<i>Haliomma</i> sp. A	g	+ + + +	+ +				S	87 153,154	<i>Zartus</i> sp. B	f	+ + + +	+ + +				S
23 53,57,68,70	<i>Haliomma</i> sp. H	d	+ + + +	+ +				S	88 155	<i>Zartus dickinsoni</i> P. & B.	f	+ + + +	+ +				S
24 54	<i>Haliomma</i> sp. J	d	+ +	+ +				S	89	<i>Zartus</i> sp. B3	d	+ +	+ +				S
25 42,46,55,59,62,66,67	<i>Haliomma</i> sp. L	d	+ + + +	+ +				S	90	<i>Zartus imlayi</i> Pessagno & Blome	g	+ + +					S
26 56,75	<i>Haliomma</i> sp. M	f	+ +					S	91	<i>Zartus</i> ? sp. E	g	+ + +					S
27 43,58	<i>Haliomma</i> sp. P	d	+	+ +				S	92 156,157,164	<i>Gorgansium</i> sp. A	f	+ + + +	+ + +				S
28 44,52,60	<i>Haliomma</i> sp. C2	a	+ + + +	+ +				S	93 158	<i>Gorgansium</i> sp. B	g	+ + + +	+ + +				S
29 61	<i>Haliomma</i> sp. G	c	+ +	+ +				S	94 159,161,163,165	<i>Gorgansium</i> sp. C	f	+ + + +	+ + +				S
30 64,73	<i>Haliomma</i> sp. D3	c	+ +	+ +				S	95 160,162	<i>Gorgansium</i> sp. B2	f	+ + + +	+ + +				S
31	<i>Haliomma</i> sp. V	d	+ +	+ +				S	96 168	<i>Emiluvia premygii</i> Baumgartner	d	+ +	+ +				S
32	<i>Haliomma</i> ? sp. W	g	+ + + +	+ +				S	97 169,171,180	<i>Emiluvia</i> sp. B2	d	+ + + +	+ + +				S
33 71,72	<i>Actinomma sicciliensis</i> Kito & De Wever	b	+ + + +					S	98 116,172	<i>Emiluvia splendida</i> Carter	b	+ + +	+ +				S
34 74	<i>Drymosphaera</i> sp. C	d	+ +					S	99 173,176	<i>Emiluvia saliensis</i> Pessagno	d	+ + + +	+ + +				S
35 75	<i>Drymosphaera</i> sp. D	f	+ +					S	100 170,178	<i>Emiluvia chica</i> s.l. Foreman	d	+ + + +					S
36 81	<i>Drymosphaera</i> sp. F	d	+ +					S	101 174,175,177,179	<i>Emiluvia oreo</i> Baumgartner	b	+ + + +					S
37 82	<i>Drymosphaera</i> sp. A3	b	+ +	+ +				S	102	<i>Haliodictya</i> ? <i>hojnisi</i> R. & S.	f	+ + + +	+ + +				S
38 83	<i>Drymosphaera</i> sp. G	d	+ +	+ +				S	103	<i>Haliodictya</i> ? sp. A	d	+ +	+ +				S
39	<i>Drymosphaera</i> ? sp. H	b	+ +	+ +				S	104 181,185	<i>Archicapsa</i> sp. C	e	+ +	+ +				S
40 76,78,79,84	<i>Quinquecapsularia megasphaerica</i> D. & B.	b	+ + + +					S	105 182,184	<i>Archicapsa</i> sp. B	h	+ + + +	+ + +				S
41 85,86,87,88	<i>Thecosphaera</i> ? sp. D	f	+ + + +					S	106 183,186	<i>Archicapsa</i> ? <i>pacyderma</i> Tan	g	+ + + +	+ + +				S
42 89,90	<i>Thecosphaera</i> ? sp. B	g	+ + + +					S	107 187	<i>Archicapsa</i> sp. E	e	+ +	+ +				S
43 91	<i>Thecosphaera</i> ? sp. C	b	+ + + +					S	108	<i>Archicapsa</i> sp. F	h	+ +	+ +				S
44	<i>Thecosphaera</i> ? sp. F	f	+ + + +	+ +				S	109 189,190	<i>Spongurus</i> sp. D	h	+ + + +	+ + +				S
45 92	<i>Thecosphaera</i> sp. A2	d	+ + + +					S	110 191	<i>Spongurus</i> sp. B	g	+ + + +	+ + +				S
46	<i>Thecosphaera</i> ? sp. G	g	+ +					S	111 188,258,	<i>Spongurus</i> sp. A2	f	+ + + +	+ + +				S
47 93	<i>Stylosphaera</i> sp. B	d	+					S	112 192	<i>Spongurus</i> ? sp. E	f	+ +	+ +				S
48 94	<i>Stylosphaera</i> sp. A	g	+	+ +				S	113 195	<i>Archaeospongoprumum</i> sp. E	g	+ +	+ +				S
49 95,96	<i>Stylosphaera</i> sp. C	c	+ + + +	+ +				S	114 196	<i>Archaeospongoprumum</i> sp. A2	e	+ +	+ +				S
50 97	<i>Parvivacca</i> sp. A0	d	+ + + +					S	115 197	<i>Archaeospongoprumum</i> sp. B0	d	+ + + +	+ + +				S
51 98	<i>Parvivacca</i> sp. A	d	+ + + +					S	116 193,194,198	<i>Archaeospongoprumum</i> sp. A	f	+ + + +	+ + +				S
52	<i>Trilonche</i> sp. B2	d	+ + +	+ +				S	117 199,201	<i>Archaeospongoprumum</i> sp. B	b	+ + + +	+ + +				S
53 101	<i>Trilonche</i> sp. B0	d	+ + +	+ +				S	118 200,202	<i>Archaeospongoprumum</i> sp. C	b	+ + + +	+ + +				S
54	<i>Trilonche</i> sp. C	f	+ + + +	+ +				S	119	<i>Archaeospongoprumum</i> sp. C2	d	+ + + +	+ + +				S
55 102,103,105	<i>Acaenitolyopsis ghostensis</i> (Carter)	c	+ + + +					S	120	<i>Archaeospongoprumum</i> sp. D	f	+ +					S
56 104,106	<i>Acaenitolyopsis variatus</i> (Ozvoldova)	b	+ + + +	+ +				S	121 203,204	<i>Pseudoheliotidiscus</i> sp. B	c	+ + + +					S
57 107	<i>Staurolonche</i> sp. AO	g	+ + + +					S	122 206,207,209	<i>Parasaturalnis</i> sp. A	d	+ + +					S
58 110,112	<i>Staurolonche</i> sp. B	d	+ + + +					S	123 208	<i>Parasaturalnis</i> japonicus (Yao)	b	+ + +	+ + +				S
59	<i>Staurolonche</i> sp. B2	d	+ + + +					S	124 210,215	<i>Acanthocircus bispinus</i> (Yao)	b	+ + + +	+ + +				S
60 113	<i>Staurolonche</i> sp. C	b	+ + + +					S	125 213	<i>Acanthocircus suboblongus</i> (Yao)	b	+ + + +	+ + +				S
61	<i>Staurolonche</i> sp. C2	f	+ + + +	+ +				S	126 214,216	<i>Acanthocircus inuyaensis</i> (Yao)	b	+ + + +	+ + +				S
62 114	<i>Staurolonche</i> sp. E	f	+ +	+ +				S	127 211,217	<i>Acanthocircus protoformis</i> (Yao)	b	+ + + +	+ + +				S
63 115	<i>Staurolonche</i> sp. F	c	+ +	+ +				S	128 218,222	<i>Hexasaturalnis hexagonus</i> (Yao)	b	+ + + +	+ + +				S
64 117	<i>Staurolonche</i> sp. A6	b	+					S	129 219,220	<i>Hexasaturalnis tetraspinus</i> (Yao)	c	+ + + +	+ + +				S
65 118	<i>Staurolonche</i> sp. A5	b	+ +	+ +				S	130 221	<i>Hexasaturalnis</i> sp. A	c	+ + +	+ + +				S

Table 1 (Continued)

	Photo no. of Yao(1997)	Radiolarian species	Mag. of Plate	Horizon					Genus group		Photo no. of Yao(1997)	Radiolarian species	Mag. of Plate	Horizon					Genus group
				IN-16	IN-10	IN-7	IN-3	IN-1						IN-16	IN-10	IN-7	IN-3	IN-1	
131		<i>Hexasaturnalis imperfectus</i> (Yao)	d + + + +						S16		196	328	Tetradityma cf. <i>praeplena</i> B.	d + + +					S16
132		<i>Hexasaturnalis</i> ? sp.C	b + + + +						S16		197	329,333	Tetradityma <i>praeplena</i> Baumgartner	d + + + + +					S16
133	224	<i>Spongistoma</i> sp. B	f	+ +	+ +				S16		198	332	Tetradityma <i>corralitosensis</i> (P.)	b + + + + +					S16
134	226,227	<i>Bernoullius furcospinus</i> Kito et al.	b + + + +						S16		199	320,327,334,335	Archaeohagiastrum <i>munitum</i> B.	d + + + + +					S16
135	229	<i>Bernoullius dicerca</i> (Baumgartner)	c	+ +					S16		200		Archaeohagiastrum <i>longipes</i> B.	b + + + +					S16
136	225,230	<i>Bernoullius rectispinus</i> Kito et al.	f + + + +						S16		201	326,342	Archaeohagiastrum sp. C	d + + +					S16
137	231	<i>Bernoullius</i> ? sp. E	e	+ +					S16		202	331	Archaeohagiastrum sp. D	d + + +					S16
138		<i>Bernoullius</i> ? sp. F	d + + +						S17		203	347	Pseudocrucella sp. F	d + + + + +					S17
139	233	<i>Spongotoripus</i> sp. Z	d + + + + +						S17		204	166,336,337,339	Pseudocrucella sp. A	b + + + + +					S17
140		<i>Spongotoripus</i> sp. A02	d	+ +					S17		205	338	Pseudocrucella sp. B	d + + + + +					S17
141	99,232	<i>Spongotoripus</i> sp. A0	b + + + + +						S17		206	344,345	Pseudocrucella? sp. C	b + + + + +					S17
142	234,235,236,237	<i>Spongotoripus</i> sp. B	b + + + + +						S18		207	340,341	<i>Crucella</i> sp. A	d + + + + +					S18
143		<i>Spongotoripus</i> sp. B02	d + + + + +						S18		208	710,711	<i>Perispyridium</i> sp. B2	d + + + + +					S18
144		<i>Spongotoripus</i> sp. B2	d + + + +						S18		209	709,713	<i>Perispyridium</i> sp. C	d + + + + +					S18
145	239	<i>Spongotoripus</i> sp. D	b + + + +						S18		210	707,712,714	<i>Perispyridium</i> sp. D	d + + + + +					S18
146	240	<i>Spongotoripus</i> sp. E	f + + + +						S18		211	708,715	<i>Perispyridium</i> sp. E2	d + + + + +					S18
147	108,109,242	<i>Staurodoras</i> sp. A	f + + + + +						S19		212	716	<i>Perispyridium</i> sp. F	b + + + + +					S19
148		<i>Staurodoras</i> sp. A0	g + + + +						S19		213	717	<i>Perispyridium</i> ordinarium gr. (P.)	d + + + + +					S19
149	127,134,243	<i>Staurodoras</i> ? sp. B	d + + + + +						S19		214	349	<i>Poulpus</i> sp. O	f + + + + +					S19
150		<i>Staurodoras</i> ? sp. C	d + + + + +						S19		215	350	<i>Poulpus</i> sp. A	g + + + + +					S19
151	241	<i>Staurodoras</i> ? sp. F	f + + + + +						S19		216		<i>Poulpus</i> sp. B	g + + + + +					N
152	246	<i>Orbiculiforma</i> sp. B0	h + + + + +						S20		217		<i>Poulpus</i> sp. C	g + + + + +					N
153	247	<i>Orbiculiforma</i> sp. B	g + + + + +						S20		218		<i>Poulpus</i> sp. D	f + + + + +					N
154	245,248,249,252,254	<i>Orbiculiforma</i> sp. A2	d + + + + +						S20		219	351	<i>Pseudopoulpus actipodium</i> Takemura	d + + + + +					N
155	244,253	<i>Orbiculiforma</i> sp. B2	g + + + + +						S20		220		<i>Pseudopoulpus yamatoensis</i> T.	d + + + + +					N
156	255,256	<i>Orbiculiforma</i> ? <i>heliotropica</i> B.	b + + + + +						S20		221	353	<i>Saitoun pagei</i> Pessagno	f + + + + +					N
157	258,263	<i>Spongotorochus</i> sp. A0	f + + + + +						S20		222	352,354	<i>Saitoun levium</i> De Wever	f + + + + +					N
158	257,260,261,262	<i>Spongotorochus</i> sp. B3	f + + + + +						S20		223		<i>Saitoun</i> sp. A	f + + + + +					N
159	265	<i>Bistarkum</i> sp. A	h + + + +						S21		224	355,357	<i>Turanta</i> sp. A	b + + + + +					N
160	266	<i>Bistarkum</i> sp. B	b + + + +						S21		225	356	<i>Turanta morinae</i> gr. Pessagno & Blome	b + + + + +					N
161	264,267	<i>Bistarkum</i> sp. C	f + + + + +						S21		226	358	<i>Napora mitrata</i> Pessagno et al.	c + + + + +					N
162	269	<i>Bistarkum</i> sp. C0	c + + + + +						S21		227	365	<i>Napora</i> sp. A of Baumgartner et al.	d + + + + +					N
163	270	<i>Bistarkum</i> sp. C1	d + + + + +						S21		228	367	<i>Napora latissima</i> Takemura	d + + + + +					N
164	271	<i>Bistarkum</i> sp. A1	d + + + +						S21		229	368	<i>Napora</i> sp. G	f + + + + +					N
165		<i>Bistarkum</i> sp. F	f + + + +						S21		230	369	<i>Napora</i> sp. D	g + + + + +					N
166	273,276	<i>Homoeoparonaella</i> elegans P.	b + + + + +						S22		231	362,371	<i>Napora deweveri</i> Baumgartner	d + + + + +					N
167	308	<i>Homoeoparonaella</i> sp. D	d + + + + +						S22		232	364,372	<i>Napora niponica</i> Takemura	f + + + + +					N
168		<i>Homoeoparonaella</i> sp. E	f + + + + +						S22		233	373	<i>Napora</i> ? sp. I	d + + + + +					N
169		<i>Homoeoparonaella</i> sp. F	b + + + + +						S22		234	374,376	<i>Napora</i> sp. D2	f + + + + +					N
170	274	<i>Tritrabs</i> sp. A1	b + + + + +						S23		235	377	<i>Napora</i> sp. F2	d + + + + +					N
171	279,281,283	<i>Tritrabs</i> simplex Kito & De Wever	b + + + + +						S23		236		<i>Napora</i> sp. N	f + + + + +					N
172	272,275,277,282	<i>Tritrabs</i> sp. E	b + + + + +						S23		237		<i>Napora</i> ? sp. M	f + + + + +					N
173	284,285	<i>Halesium</i> sp. A	f + + + +						S23		238	360	<i>Napora pyramidalis</i> Baumgartner	f + + + + +					N
174		<i>Halesium</i> ? sp. C	b + + + +						S23		239	375,378	<i>Jacus</i> sp. A	f + + + + +					N
175	288	<i>Angulobrachia</i> sp. B	a + + + +						S23		240	380	<i>Dumitricaella</i> ? sp. A	c + + + + +					N
176	286,287,289,290	<i>Angulobrachia</i> sicula Kito & DeWever	b + + + + +						S23		241	381	<i>Dumitricaella</i> ? sp. B	c + + + + +					N
177		<i>Angulobrachia</i> sp. D	b + + + + +						S23		242	385,388	<i>Ares cylindricus</i> (Takemura)	b + + + + +					N
178	292,308	<i>Paronaella</i> bandyi Pessagno	b + + + + +						S24		243	383,386	<i>Ares</i> sp. B	f + + + + +					N
179	278,291,293	<i>Paronaella</i> kotura Baumgartner	b + + + + +						S24		244	387	<i>Ares</i> sp. A of Baumgartner et al.	f + + + + +					N
180	295,300	<i>Paronaella</i> sp. C	b + + + + +						S24		245	389	<i>Cornutella reideli</i> Yao	b + + + + +					N
181	296,304,306	<i>Paronaella</i> broeniniamni Pessagno	b + + + + +						S24		246	390	<i>Hilarisirex</i> sp. A	d + + + + +					N
182	302,310	<i>Paronaella</i> sp. M	b + + + + +						S24		247		<i>Hilarisirex quadrangularis</i> T. & N.	d + + + + +					N
183	303	<i>Paronaella</i> sp. G	b + + + + +						S24		248	393	<i>Diceratigalea hemisphaera</i> T. & N.	f + + + + +					N
184	305	<i>Paronaella</i> sp. E	b + + + + +						S24		249	394	<i>Diceratigalea</i> sp. A	c + + + + +					N
185	307,313	<i>Paronaella</i> aff. <i>trifoliacea</i> Ozvoldova	f + + + + +						S24		250	402,409	<i>Palinandromeda</i> sp. B	b + + + + +					N
186	309	<i>Paronaella</i> pristidentata Baumgartner	b + + + + +						S24		251	406	<i>Palinandromeda praepodbiensis</i> (B.)	b + + + + +					N
187		<i>Paronaella</i> sp. P	f + + + + +						S24		252	407	<i>Palinandromeda podbiensis</i> (O.)	b + + + + +					N
188	294,311,312	<i>Archaeohagiastrum</i> sp. B	d + + + + +						S25		253	403,405,408	<i>Palinandromeda sognensis</i> B.	b + + + + +					N
189	315,323	<i>Higumastra</i> aff. <i>hilarea</i> (Yeh)	d + + + + +						S25		254	410	<i>Palinandromeda</i> aff. <i>depressa</i> (D. & M.)	b + + + + +					N
190	316,317	<i>Higumastra</i> laxa Yeh	d + + + + +						S25		255	411	<i>Palinandromeda</i> sp. G	b + + + + +					N
191	318,322	<i>Higumastra</i> sp. B	d + + + + +						S25		256	413	<i>Palinandromeda</i> ? sp. Y	b + + + + +					N
192	319,321	<i>Higumastra</i> gratiosa Baumgartner	b + + + + +						S25		257	415	<i>Gongylothorax</i> sp. A	g + + + + +					N
193		<i>Higumastra</i> aff. <i>coronaria</i> Ozvoldova	d + + + + +						S25		258	416	<i>Gongylothorax</i> oblonga Yao	h + + + + +					N
194	324,330	<i>Tetratrabs</i> izensis Yeh	d + + + + +						S25		259	417	<i>Gongylothorax</i> siphonofer Dumitrica	h + + + + +					N
195	325	<i>Tetratrabs</i> sp. A	b + + + + +						S25		260		<i>Gongylothorax</i> aff. <i>siphonofer</i> D.	h + + + + +					N

## ジュラ紀中世（Bajocian）放散虫群集の変遷

Table 1 (Continued)

	Photo no. of Yao(1997)	Radiolarian species	Horizon						Genus group		Photo no. of Yao(1997)	Radiolarian species	Horizon						
			N-16	N-10	N-9	N-7	N-5	N-1					N-16	N-10	N-7	N-5	N-1		
261	418,419	<i>Diacanthocapsa normalis</i> Yao	h	+	+	+	+	-			326	506,510	<i>Arcanicapsa</i> sp. D	g	+	+	+	+	-
262	420	<i>Diacanthocapsa operculi</i> Yao	g	+	-	+	+	-			327	508	<i>Arcanicapsa</i> sp. F	c	+	-	-	-	-
263	421	<i>Diacanthocapsa</i> sp. B	ga	+	-	+	+	-			328	509	<i>Arcanicapsa</i> sp. I	f	+	+	+	+	-
264	422	<i>Tricolocapsa minoensis</i> Matsuoka	h	+	-	-	+	-			329	511	<i>Arcanicapsa</i> sp. K	f	-	-	-	-	-
265	423	<i>Tricolocapsa megaglobosa</i> Matsuoka	ga	-	-	+	-	-			330		<i>Arcanicapsa</i> sp. L	ga	+	+	+	+	-
266	424	<i>Tricolocapsa fera</i> Matsuoka	f	+	-	-	-	-			331		<i>Arcanicapsa funatioensis</i> (Aita)	ga	++	-	-	-	-
267	427	<i>Tricolocapsa</i> aff. <i>parvipora</i> Tan	h	+	-	+	-	-			332		<i>Arcanicapsa</i> sp. N	d	+	-	-	-	-
268	425,428,432	<i>Tricolocapsa</i> aff. <i>ruesti</i> Tan	ga	+	-	+	+	-			333	512	<i>Yamatoum</i> sp. B	e	+	-	-	-	-
269		<i>Tricolocapsa</i> sp. A	ga	-	-	-	+	-			334	513	<i>Yamatoum elegans</i> Takemura	f	+	-	-	-	-
270		<i>Tricolocapsa</i> sp. S of B. et al.	ga	+	-	+	+	-			335	515	<i>Yamatoum komamiensis</i> Takemura	f	+	-	-	-	-
271	430	<i>Tricolocapsa plicarum</i> Yao	ga	+	-	+	+	-			336	516	<i>Yamatoum connicinum</i> Takemura	e	++	+	+	+	-
272	431,434	<i>Tricolocapsa</i> ? <i>fusiformis</i> Yao	ga	+	-	+	+	-			337	514,517	<i>Yamatoum spinosum</i> Takemura	d	++	+	+	+	-
273	433	<i>Tricolocapsa</i> aff. <i>plicarum</i> Yao	ga	-	-	-	-	-			338	518	<i>Yamatoum caudatum</i> Takemura	d	++	+	-	-	-
274	435	<i>Tricolocapsa</i> sp. D	ga	+	-	+	+	-			339	519	<i>Yamatoum</i> sp. C	f	++	+	-	-	-
275	429,436	<i>Tricolocapsa</i> sp. E	ga	+	-	+	+	-			340	520	<i>Yamatoum</i> sp. D	d	++	+	+	-	-
276		<i>Tricolocapsa</i> sp. H	ga	+	-	-	-	-			341		<i>Yamatoum</i> sp. E	f	++	+	-	-	-
277	441	<i>Stichocapsa</i> sp. C	ga	+	-	-	-	-			342		<i>Yamatoum</i> aff. <i>spinosum</i> Takemura	f	++	+	-	-	-
278	442,533,728	<i>Stichocapsa</i> sp. D	ga	+	-	+	+	-			343		<i>Yamatoum</i> ? sp. A of Takemura	g	+	-	-	-	-
279		<i>Stichocapsa</i> sp. J	h	+	-	+	+	-			344	521	<i>Quarticella</i> sp. A	g	++	+	+	-	-
280	443	<i>Stichocapsa</i> sp. A	ga	-	-	+	-	-			345	522	<i>Quarticella</i> sp. B	ga	*	-	-	-	-
281	444	<i>Stichocapsa</i> sp. B	f	++	-	-	-	-			346	523	<i>Quarticella</i> sp. C	g	++	+	+	+	-
282	445	<i>Stichocapsa convexa</i> Yao	f	++	-	-	-	-			347	524	<i>Quarticella</i> sp. E	g	++	+	-	-	-
283	446	<i>Stichocapsa japonica</i> Yao	d	++	-	-	-	-			348	525	<i>Quarticella</i> sp. D	d	++	-	-	-	-
284	448	<i>Stichocapsa</i> sp. E of Yao	e	++	-	-	-	-			349	526	<i>Quarticella</i> sp. F	f	+	-	-	-	-
285	447,449	<i>Stichocapsa decorata</i> Ruest	e	-	-	-	-	-			350	527,528	<i>Quarticella spinosa</i> Takemura	f	++	+	-	-	-
286		<i>Stichocapsa tegiminis</i> Yao	ga	++	-	-	-	-			351	529	<i>Quarticella conica</i> Takemura	d	++	+	-	-	-
287		<i>Stichocapsa</i> sp. G	ga	++	-	-	-	-			352	530	<i>Quarticella</i> sp. G	e	++	+	-	-	-
288	451	<i>Minocapsa globosa</i> Matsuoka	fi	-	-	-	-	-			353	531	<i>Quarticella</i> sp. H	d	+	-	-	-	-
289	456,457	<i>Eucyrtidellum</i> ? sp. X	ga	++	-	-	-	-			354	532	<i>Quarticella</i> sp. HO	e	++	+	-	-	-
290	458,459	<i>Eucyrtidellum unumaense</i> (Yao)	ga	++	-	-	-	-			355		<i>Quarticella</i> sp. A2	f	++	-	-	-	-
291	460,733	<i>Eucyrtidellum</i> ? sp. A	h	++	-	-	-	-			356		<i>Quarticella</i> sp. J	f	+	-	-	-	-
292	461,462	<i>Eucyrtidellum</i> sp. C	h	-	-	-	-	-			357		<i>Quarticella</i> sp. ovalis Takemura	f	++	+	-	-	-
293	463	<i>Eucyrtidellum</i> ? aff. <i>quinatum</i> T.	f	++	-	-	-	-			358	739	<i>Quarticella</i> sp. K	g	+	-	-	-	-
294	452,464	<i>Eucyrtidellum</i> sp. D	ga	++	-	-	-	-			359		<i>Quarticella</i> sp. L	g	+	-	-	-	-
295	465	<i>Eucyrtidellum nodosum</i> Wakita	f	++	-	-	-	-			360		<i>Quarticella</i> sp. M	h	+	-	-	-	-
296		<i>Eucyrtidellum</i> sp. G	f	++	-	-	-	-			361		<i>Quarticella dura</i> Takemura	f	+	-	-	-	-
297		<i>Eucyrtidellum</i> ? <i>quinatum</i> Takemura	f	++	-	-	-	-			362	534	<i>Parvifavus</i> sp. B	e	++	+	-	-	-
298	466	<i>Thetis</i> sp. A	h	+	-	-	-	-			363	535	<i>Parvifavus</i> sp. BO	f	+	-	-	-	-
299	467,468	<i>Thetis</i> sp. B	ga	+	-	-	-	-			364		<i>Parvifavus</i> ? <i>minoensis</i> Takemura	g	++	+	-	-	-
300	471,472,473	<i>Cyrtocapsa kisoensis</i> Yao	ga	++	-	-	-	-			365		<i>Parvifavus</i> ? <i>irregularis</i> Takemura	g	++	+	-	-	-
301	474	<i>Cyrtocapsa</i> sp. B	ga	++	-	-	-	-			366		<i>Parvifavus</i> sp. C	h	+	-	-	-	-
302		<i>Cyrtocapsa</i> ? sp. C	ga	++	-	-	-	-			367	536,538,744	<i>Sethocapsa dorysphaeroides</i> Neviani	b	+	-	-	-	-
303	475	<i>Cyrtocapsa mastoidea</i> Yao	fi	++	-	-	-	-			368	539	<i>Sethocapsa</i> sp. A0	g	++	+	-	-	-
304	478	<i>Unuma</i> sp. Y	ga	++	-	-	-	-			369	540	<i>Sethocapsa</i> sp. B	f	++	+	-	-	-
305	480	<i>Unuma echinatus</i> Ichikawa & Yao	f	++	-	-	-	-			370	541	<i>Sethocapsa</i> sp. BO	f	++	+	-	-	-
306	484	<i>Unuma</i> sp. A of Yao	f	++	-	-	-	-			371	542	<i>Sethocapsa</i> sp. D	f	++	+	-	-	-
307		<i>Unuma</i> sp. aff. <i>paulsmithi</i> (Carter)	f	-	-	-	-	-			372	543	<i>Sethocapsa</i> sp. C	f	++	+	-	-	-
308	486	<i>Unuma</i> sp. aff. <i>echinatus</i> Ichikawa & Yao	f	++	-	-	-	-			373		<i>Sethocapsa</i> sp. D2	f	++	-	-	-	-
309	487	<i>Unuma</i> sp. F	f	++	-	-	-	-			374		<i>Sethocapsa</i> sp. E	g	++	-	-	-	-
310	485,489	<i>Unuma</i> sp. H	f	++	-	-	-	-			375		<i>Sethocapsa</i> sp. B2	g	++	-	-	-	-
311	479,481,482,483,488,490	<i>Unuma</i> typicus Ichikawa & Yao	f	++	-	-	-	-			376	544	<i>Katromia bicornuta</i> De Wever	b	+	-	-	-	-
312	491	<i>Unuma laticostatus</i> (Aita)	f	-	-	-	-	-			377	545	<i>Syringocapsa</i> sp. D	f	+	-	-	-	-
313	492	<i>Unuma</i> sp. I	g	-	-	-	-	-			378	548,550,556	<i>Syringocapsa</i> sp. E	b	++	+	-	-	-
314		<i>Unuma</i> sp. K	d	-	-	-	-	-			379	553,549	<i>Syringocapsa</i> sp. A	b	++	+	-	-	-
315	493	<i>Protumuma</i> sp. A	ga	+	-	-	-	-			380		<i>Syringocapsa</i> sp. F	f	+	-	-	-	-
316	495,496	<i>Protumuma</i> sp. B	ga	++	-	-	-	-			381	551	<i>Syringocapsa</i> sp. B	b	++	+	-	-	-
317	497	<i>Protumuma</i> sp. E	f	-	-	-	-	-			382	552	<i>Syringocapsa</i> sp. G	d	+	-	-	-	-
318		<i>Protumuma</i> sp. G	h	-	-	-	-	-			383		<i>Syringocapsa</i> sp. D0	f	++	+	-	-	-
319	498	<i>Protumuma fusiformis</i> I. and Y.	ga	++	-	-	-	-			384		<i>Syringocapsa</i> sp. C	d	+	-	-	-	-
320	499,505	<i>Arcanicapsa sphaerica</i> Takemura	d	+	-	-	-	-			385		<i>Syringocapsa</i> sp. F2	b	++	+	-	-	-
321	500	<i>Arcanicapsa</i> sp. AO	ga	++	-	-	-	-			386	554	<i>Podobursa polyacantha</i> (Fischeli)	b	+	-	-	-	-
322	501	<i>Arcanicapsa</i> sp. B	ga	-	-	-	-	-			387	555	<i>Podobursa helvetica</i> (Ruest)	d	+	-	-	-	-
323	502,507	<i>Arcanicapsa</i> sp. C	f	++	-	-	-	-			388	557	<i>Solenotryma</i> sp. A	f	+	-	-	-	-
324	503,504	<i>Arcanicapsa</i> sp. H	f	++	-	-	-	-			389		<i>Solenotryma</i> sp. B	f	+	-	-	-	-
325	537	<i>Arcanicapsa</i> sp. A	f	++	-	-	-	-			390	564	<i>Dictyomitrella</i> ? sp. C	c	+	-	-	-	-

Table 1 (Continued)

	Photo no. of Yao(1997)	Radiolarian species	Mag. of Plate	Horizon					Genus group		Mag. of Plate	Horizon	
				N-6	N-7	N-7	N-7	N-1					
391	561,565	<i>Dictyomitrella?</i> <i>kamoensis</i> M. & K.	f	+	+	+	+	+					
392	568	<i>Archaeodictyomitra</i> sp. C	g	+	+								
393	567,569	<i>Archaeodictyomitra</i> sp. B	f	+	+	+	+	+					
394	570,571,572	<i>Mita</i> sp. B	g	+	+	+	+	+					
395	573	<i>Canoptum poissoni</i> Pessagno	d	+									
396	577	<i>Canoptum</i> sp. O	f	+									
397	580	<i>Canoptum</i> sp. B	d	+	+	+	+						
398	581	<i>Canoptum</i> sp. A	f	+	+								
399	583	<i>Canoptum</i> sp. A2	f	+	+								
400		<i>Canoptum?</i> sp. F	h										
401	585	<i>Anisicyrtis</i> aff. <i>jurassica</i> Takemura	f	+									
402	586	<i>Anisicyrtis</i> sp. D	f	+	+	+	+						
403	587	<i>Anisicyrtis</i> sp. B	e	+	+	+	+						
404		<i>Anisicyrtis</i> sp. A	f	+									
405	589	<i>Anisicyrtis</i> sp. C	f	+	+	+	+						
406	590	<i>Anisicyrtis</i> sp. K	d	+									
407	591	<i>Anisicyrtis</i> sp. E	d	+	+	+	+						
408	592	<i>Anisicyrtis</i> <i>jurassica</i> Takemura	g	+	+								
409	593	<i>Anisicyrtis</i> sp. J	b	+									
410	594	<i>Anisicyrtis</i> sp. F	f	+	+	+	+						
411	595,596	<i>Anisicyrtis</i> sp. G	c		+	+							
412	740	<i>Anisicyrtis</i> sp. L	f	+	+	+							
413	597,598	<i>Xitus</i> sp. A	f					+					
414	599	<i>Xitus</i> sp. B	f					+					
415		<i>Xitus?</i> sp. C	g					+					
416	604	<i>Laxtorum?</i> sp. C	ga	+	+	+	+						
417	605	<i>Laxtorum?</i> sp. B	c		+	+							
418	606,738	<i>Laxtorum?</i> sp. D	f	+	+	+	+						
419		<i>Laxtorum?</i> sp. E	ga	+	+								
420	607,609	<i>Parvingula</i> aff. <i>spinifer</i> (Takemura)	d	+	+	+	+						
421	610	<i>Parvingula</i> aff. <i>Brunsensis</i> P. & W.	f	+									
422	612	<i>Parvingula</i> sp. D	f	+	+	+	+						
423	613	<i>Parvingula</i> sp. GO	ga	+	+	+	+						
424	614	<i>Parvingula</i> sp. G	ga	+	+								
425		<i>Parvingula</i> sp. G2	ga	+	+								
426	616	<i>Parvingula</i> sp. F	ga	+	+	+	+						
427	617,619,623	<i>Parvingula</i> sp. E	c		+								
428	608,618	<i>Parvingula</i> <i>japonicus</i> (Takemura)	f	+	+	+	+						
429	620	<i>Parvingula</i> sp. F2	f	+	+								
430		<i>Parvingula</i> sp. F3	f	+	+								
431	621	<i>Parvingula</i> <i>obesa</i> Takemura	b		+	+	+						
432	622,628	<i>Parvingula</i> <i>spinifer</i> (Takemura)	f	+	+	+	+						
433	624	<i>Parvingula</i> sp. D2	e	+	+	+	+						
434		<i>Parvingula</i> sp. D3	g	+	+								
435	625	<i>Parvingula</i> d. <i>dhimenaensis</i> B.	e	+	+	+	+						
436	626	<i>Parvingula</i> <i>dhimenaensis</i> ssp. A	e	+	+	+	+						
437	627	<i>Parvingula</i> ? <i>spinata</i> (Vinassa)	f	+	+								
438		<i>Parvingula</i> ? sp. J	f	+	+	+	+						
439		<i>Parvingula</i> ? sp. H	g	+	+								
440	741	<i>Parvingula</i> ? sp. K	e		+	+							
441	734	<i>Parvingula</i> ? sp. L	e		+	+							
442		<i>Parvingula</i> sp. M	d	+									
443		<i>Mirifusus</i> sp. D	b	+									
444	629,630	<i>Mirifusus</i> <i>proavus</i> Tonielli	b	+	+	+	+						
445	631	<i>Mirifusus</i> <i>fragilis</i> s.l. Baumgartner	b					+					
446	632,633	<i>Mirifusus</i> sp. C	d	+				+					
447	635	<i>Elodium</i> aff. <i>cameroni</i> Carter	c		+								
448	636,659	<i>Elodium</i> <i>cameroni</i> Carter	c	+	+								
449	743	<i>Elodium</i> sp. A	e		+								
450	638	<i>Parahsuum</i> <i>gratum</i> (Yeh)	f	+									
451	641	<i>Parahsuum</i> sp. R	f		+								
452	681	<i>Parahsuum</i> sp. LO	f					+					
453	644,660	<i>Parahsuum</i> sp. Q	f	+	+	+		+					
454	647	<i>Parahsuum</i> sp. W	g					+					
455	639,648	<i>Parahsuum</i> <i>mirifica</i> (Yeh)	g	+				+					

Abbreviations as follows.

P. & Y.: Pessagno & Yang, K. & D.: Kito & De Wever,  
C. & M.: Conti & Marcucci, P. & B.: Pessagno & Blome,  
R. & S.: Riedel & Sanfilippo, B.: Baumgartner, P.: Pessagno,  
T. & N.: Takemura & Nakasako, O.: Ozvoldova, D. & M.: De Wever & Micomet,  
D.: Dumitrica, T.: Takemura, I. & Y.: Ichikawa & Yao,  
M. & K.: Mizutani & Kido, P. & W.: Pessagno & Whalen,  
B. & D.: Baumgartner & De Wever, I. & M.: Isozaki & Matsuda.

## Explanation of plates

### Plates 1 to 20

Scanning electron microphotographs of the radiolarian species of the Unuma section.

Taxon names and scale bars are referred to Table 1.

#### Plate 1

figs. 1 to 26. Genus groups S1 to S4

#### Plate 11

figs. 256 to 280. Genus groups N6 to N9

#### Plate 2

figs. 27 to 51. Genus groups S4 to S7

#### Plate 12

figs. 281 to 305. Genus groups N9 to N13

#### Plate 3

figs. 52 to 76. Genus groups S7 to S9

#### Plate 13

figs. 306 to 330. Genus groups N13 to N15

#### Plate 4

figs. 77 to 103. Genus groups S9 to S12

#### Plate 14

figs. 331 to 355. Genus groups N15 to N17

#### Plate 5

figs. 104 to 129. Genus groups S13 to S16

#### Plate 15

figs. 356 to 380. Genus groups N17 to N20

#### Plate 6

figs. 130 to 154. Genus groups S16 to S20

#### Plate 16

figs. 381 to 405. Genus groups N20 to N25

#### Plate 7

figs. 155 to 179. Genus groups S20 to S24

#### Plate 17

figs. 406 to 430. Genus groups N25 to N28

#### Plate 8

figs. 180 to 204. Genus groups S24 to S27

#### Plate 18

figs. 431 to 455. Genus groups N28 to N31

#### Plate 9

figs. 205 to 229. Genus groups S27 to N3

#### Plate 19

figs. 456 to 480. Genus group N31

#### Plate 10

figs. 230 to 255. Genus groups N3 to N6

#### Plate 20

figs. 481 to 510. Genus groups N31 to N36

Plate 1

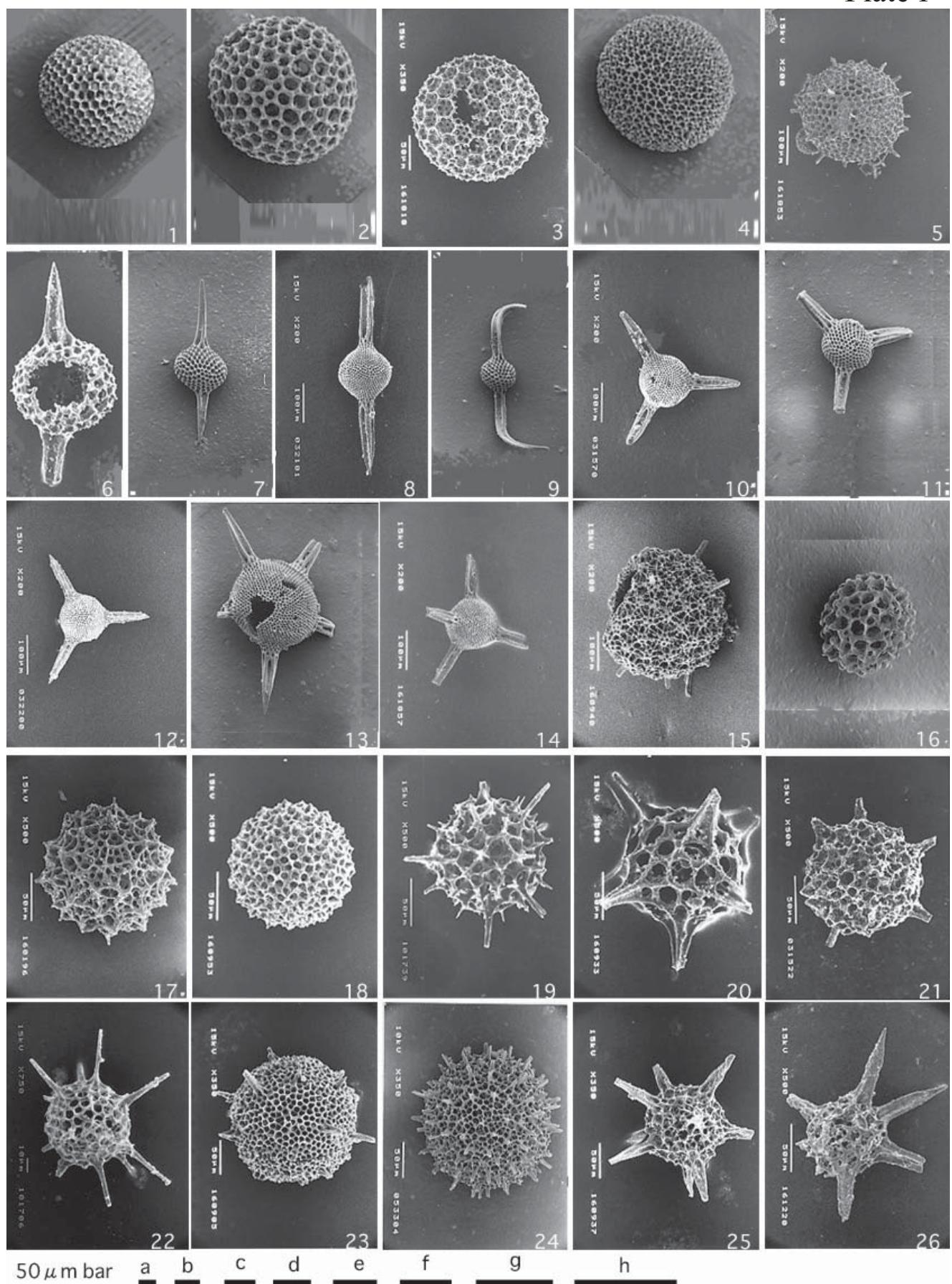


Plate 2

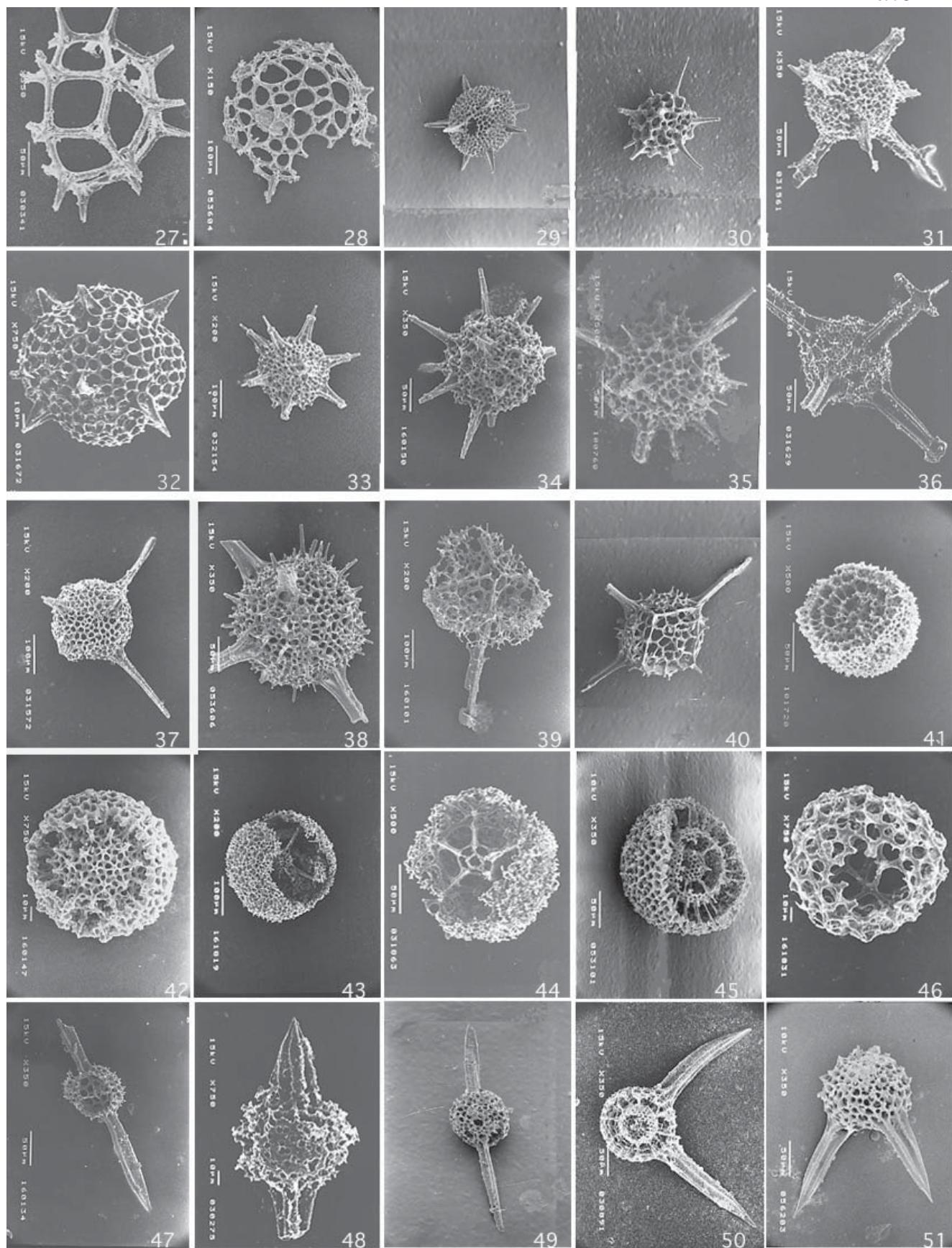


Plate 3

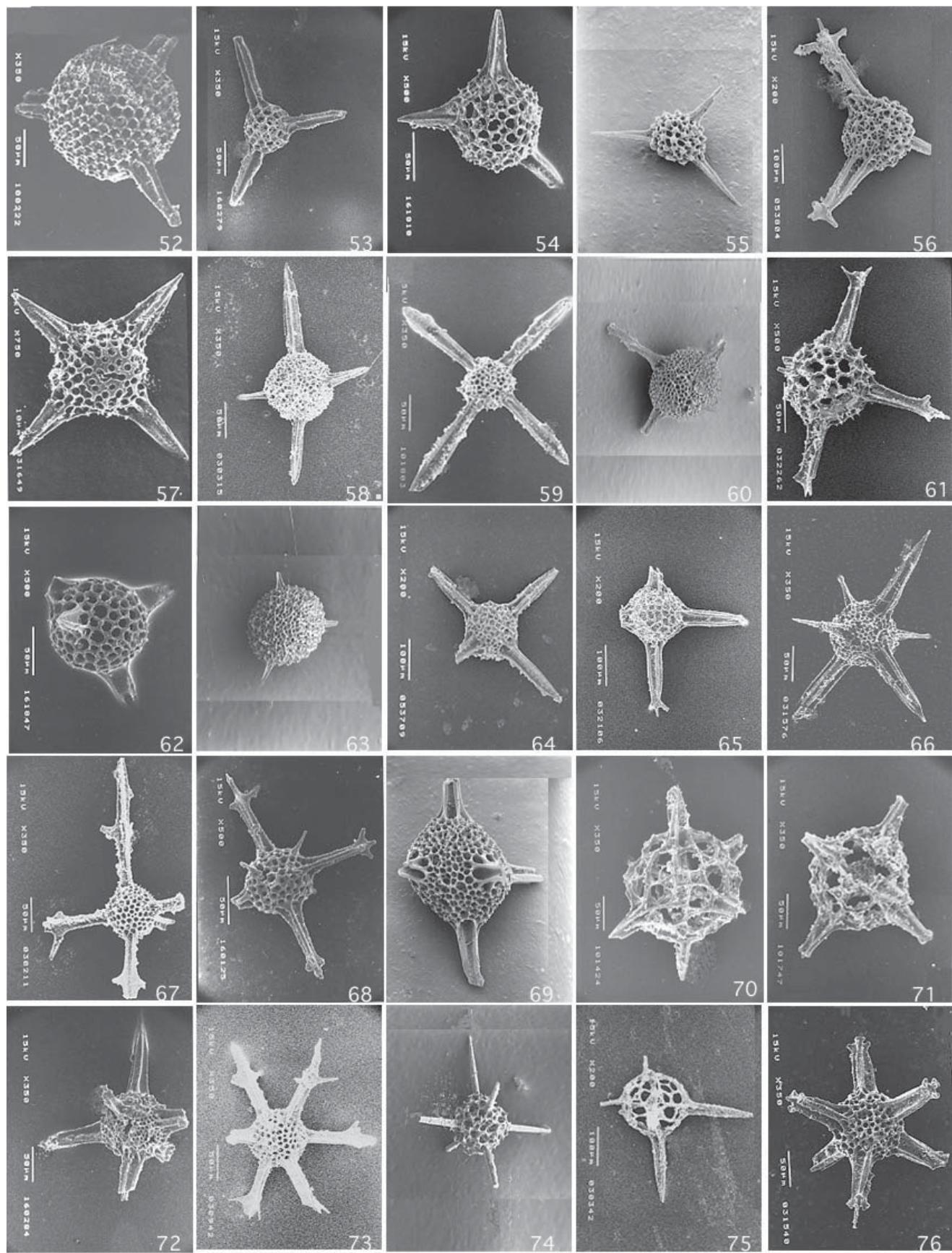


Plate 4

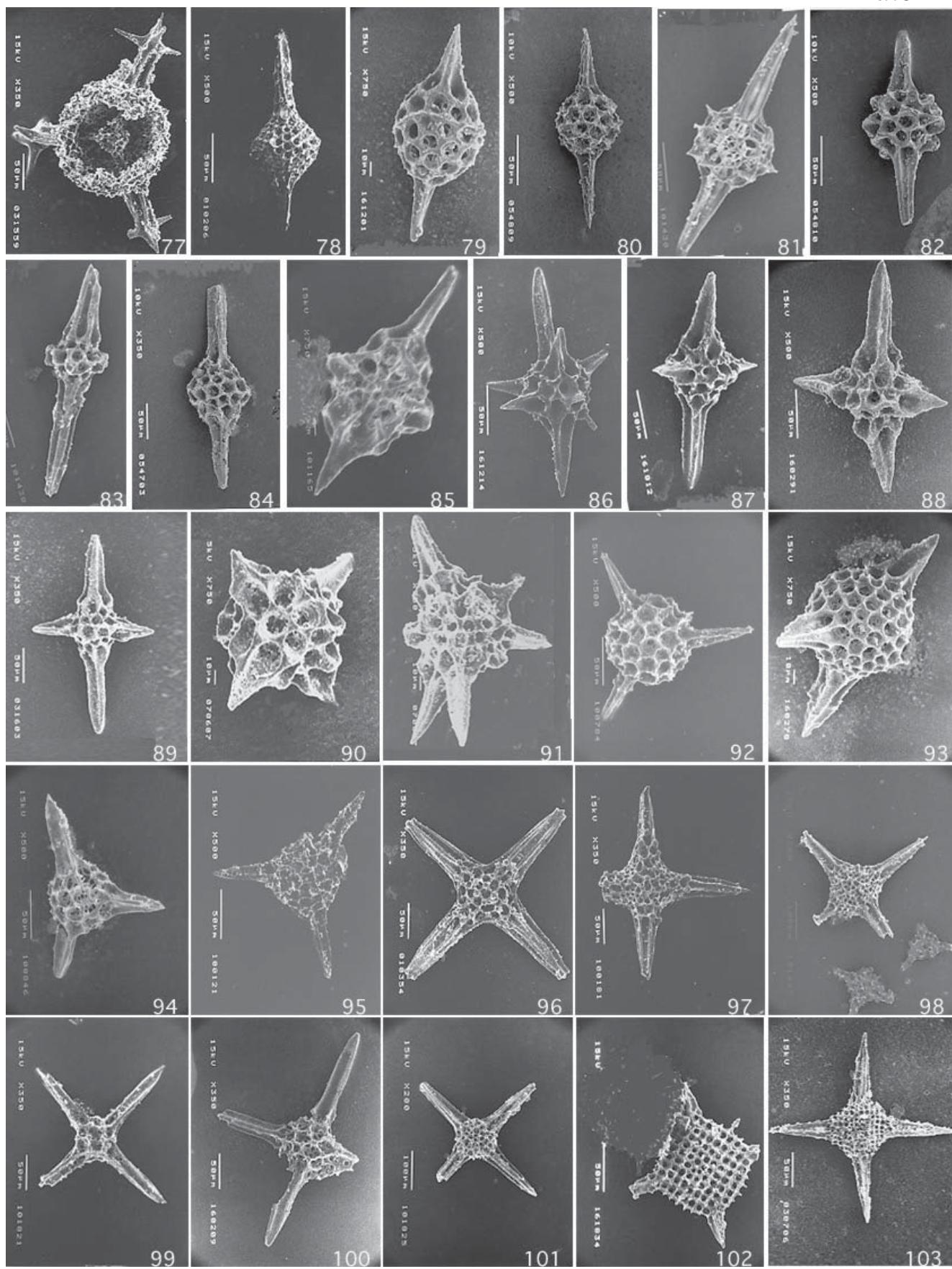


Plate 5

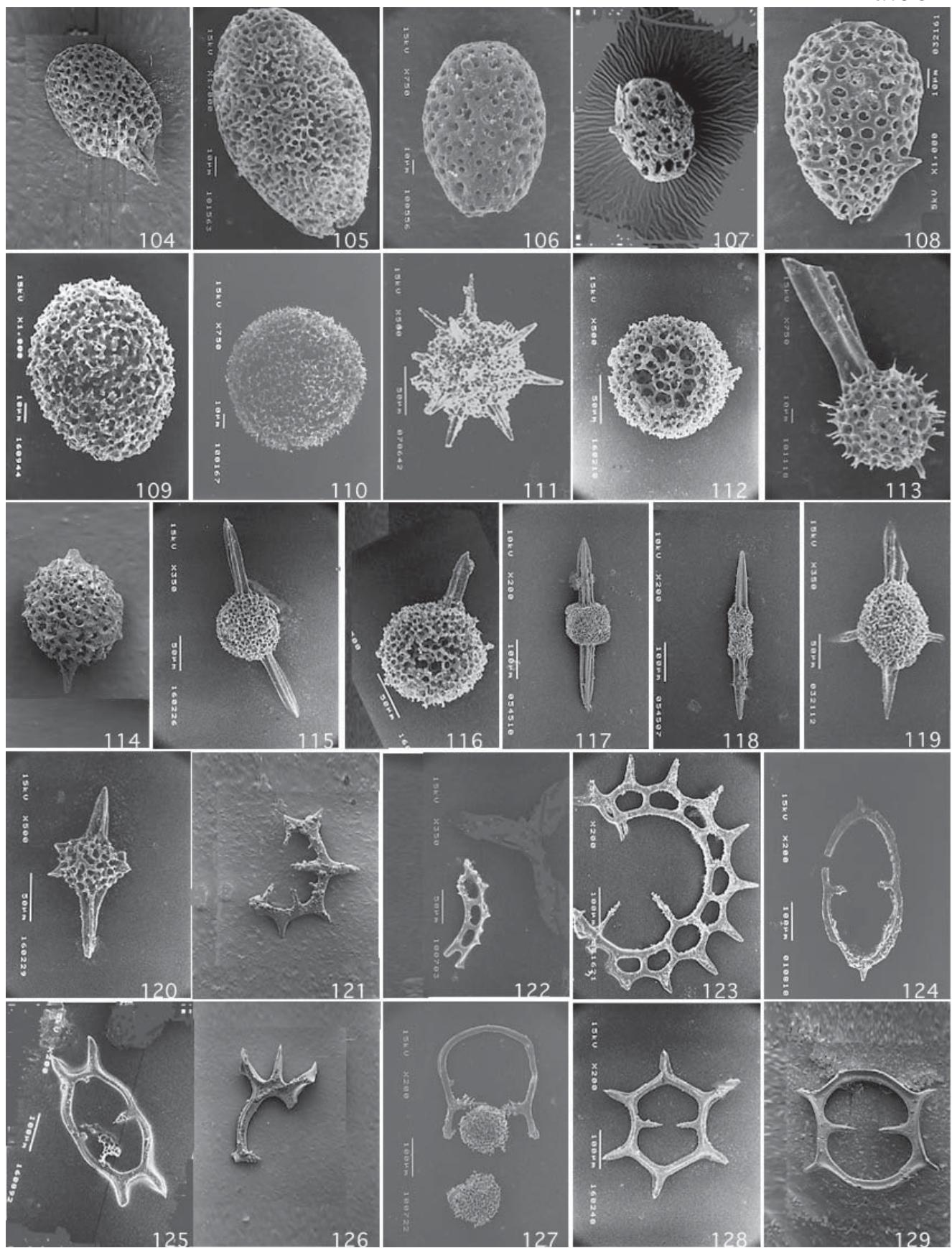


Plate 6

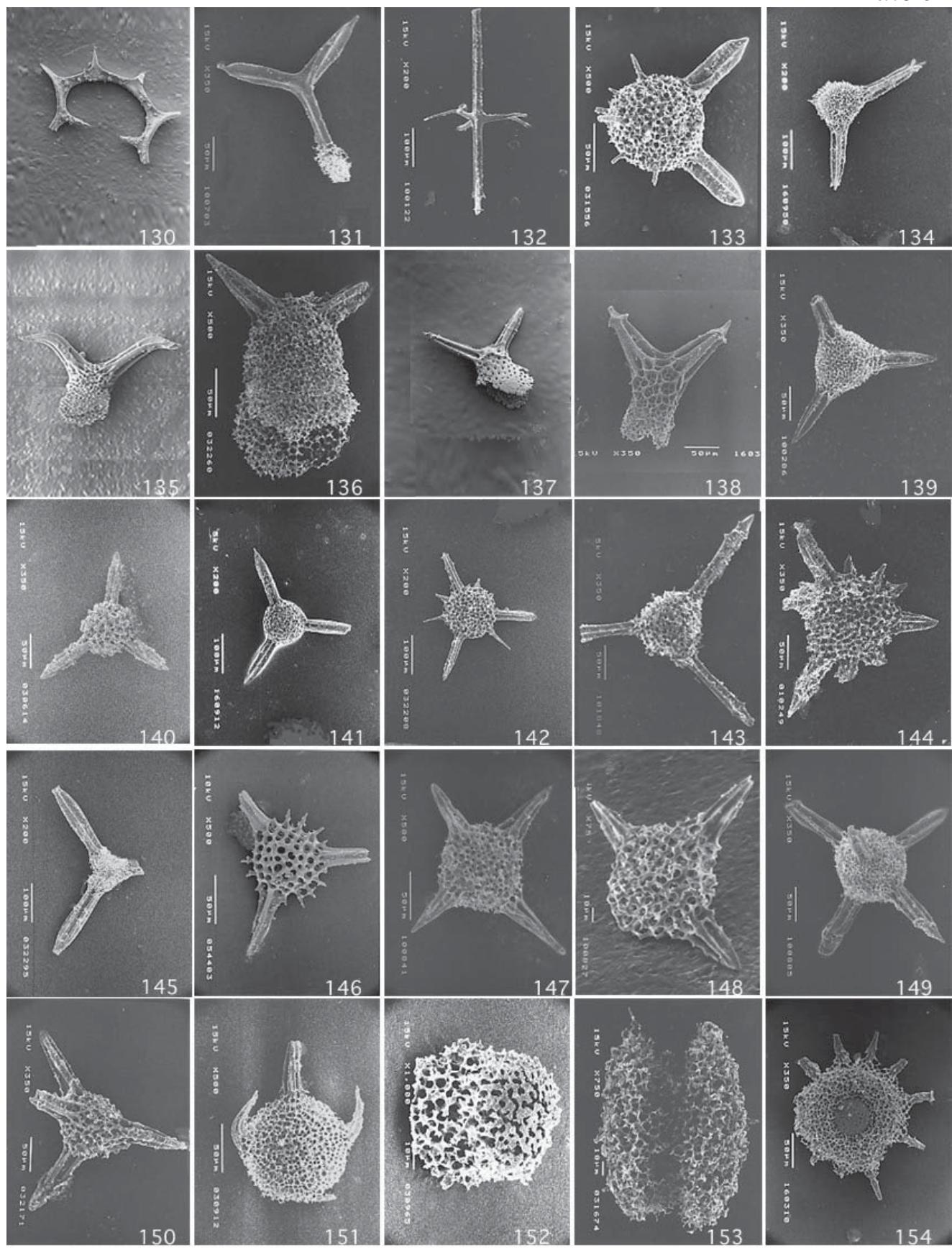


Plate 7

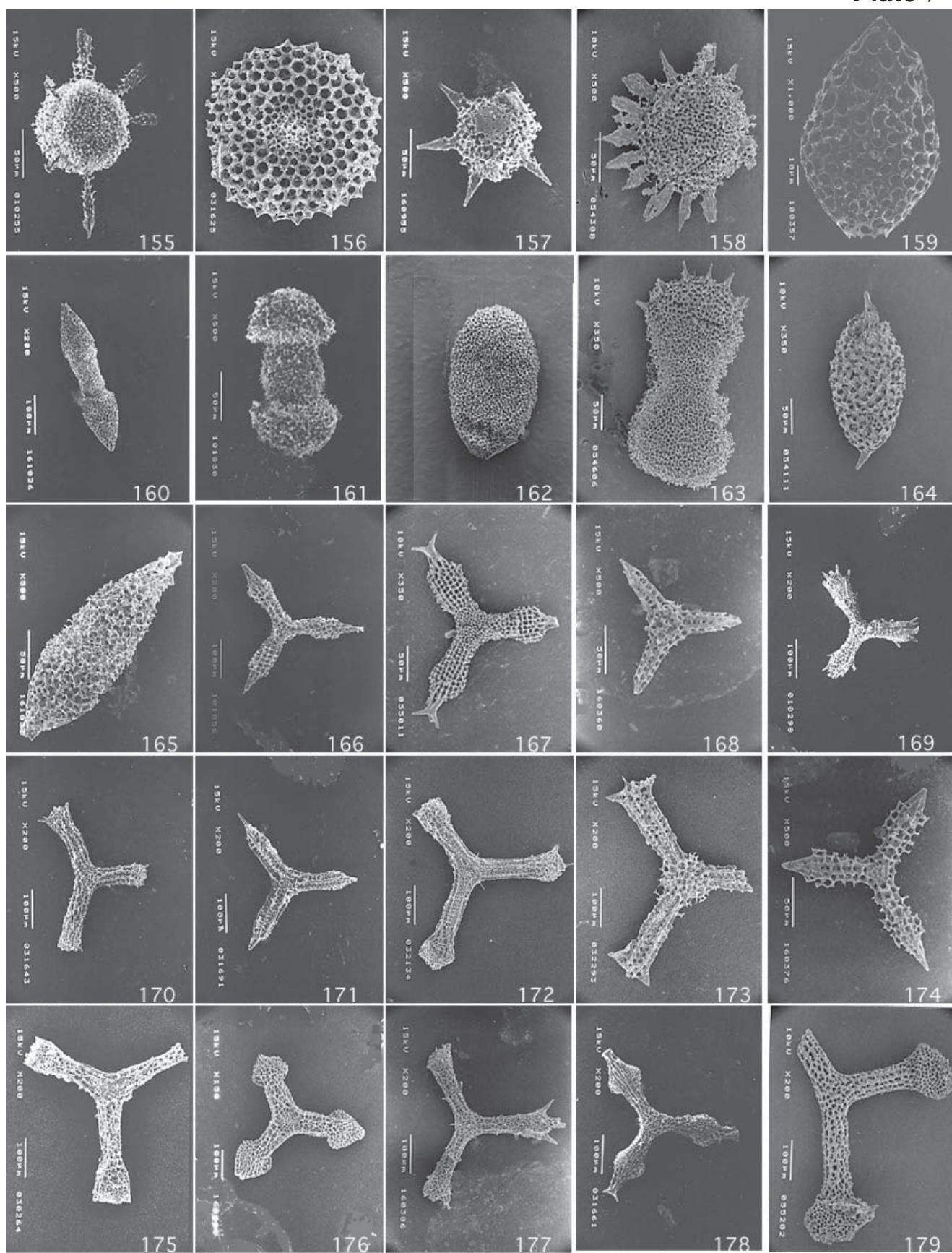


Plate 8

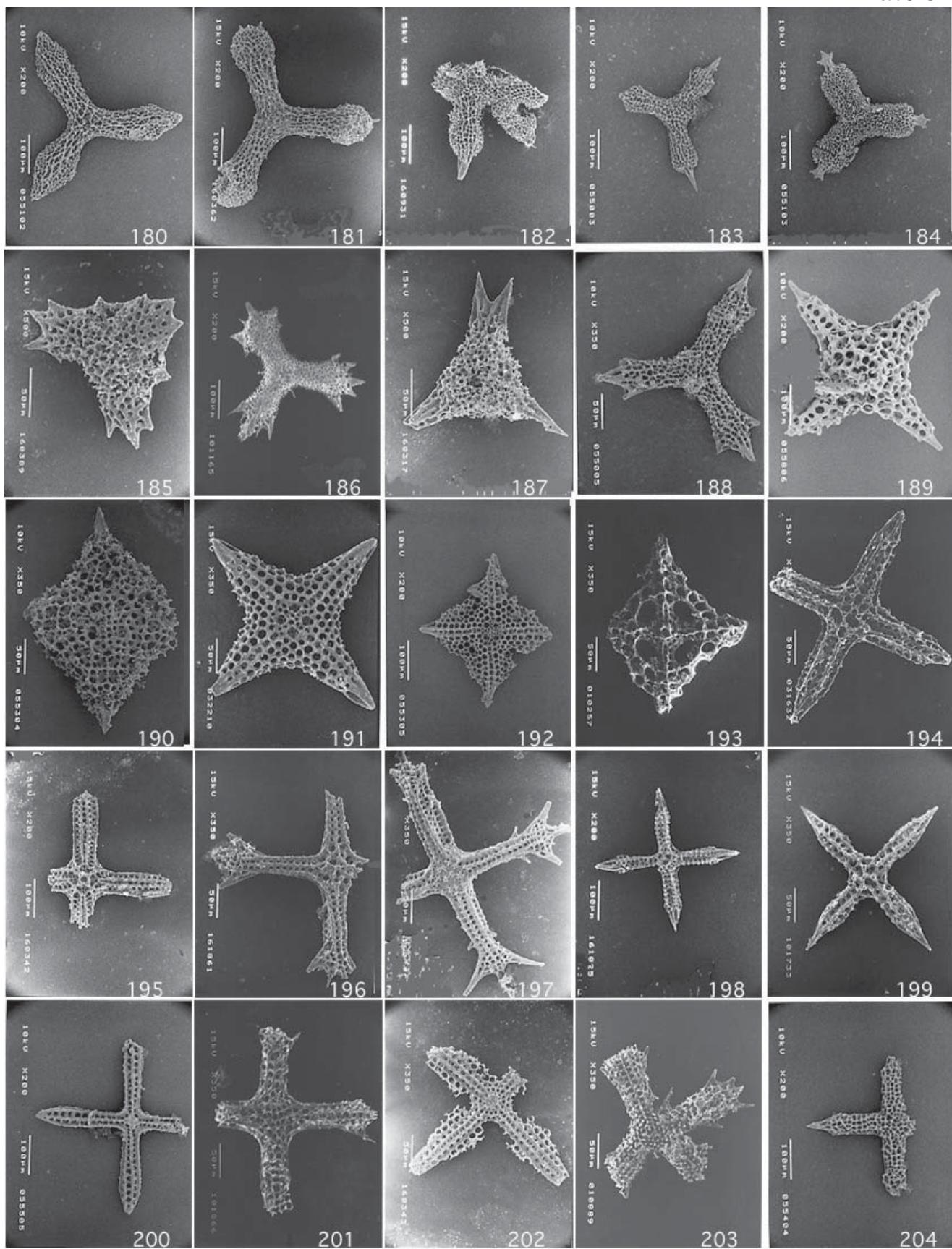


Plate 9

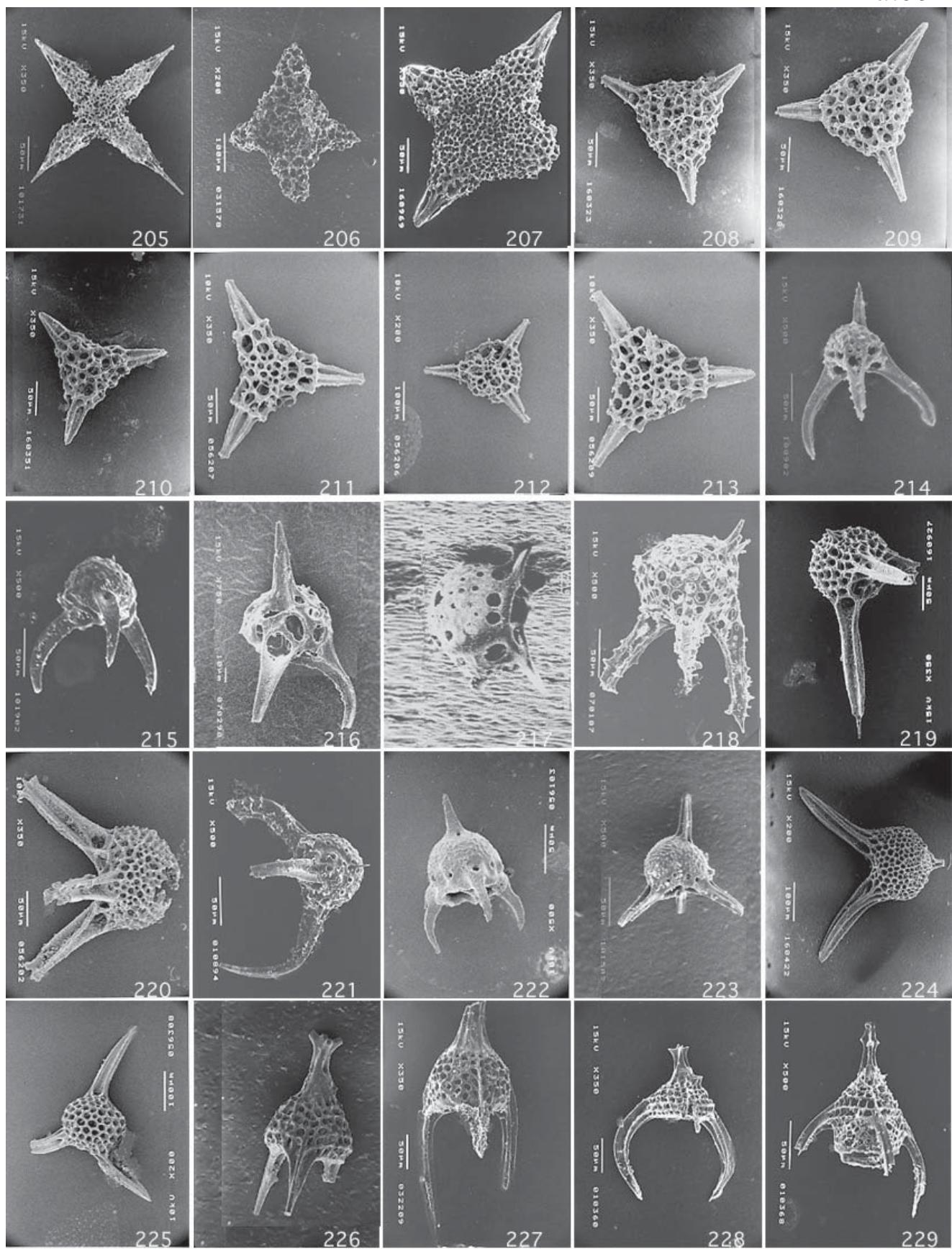


Plate 10

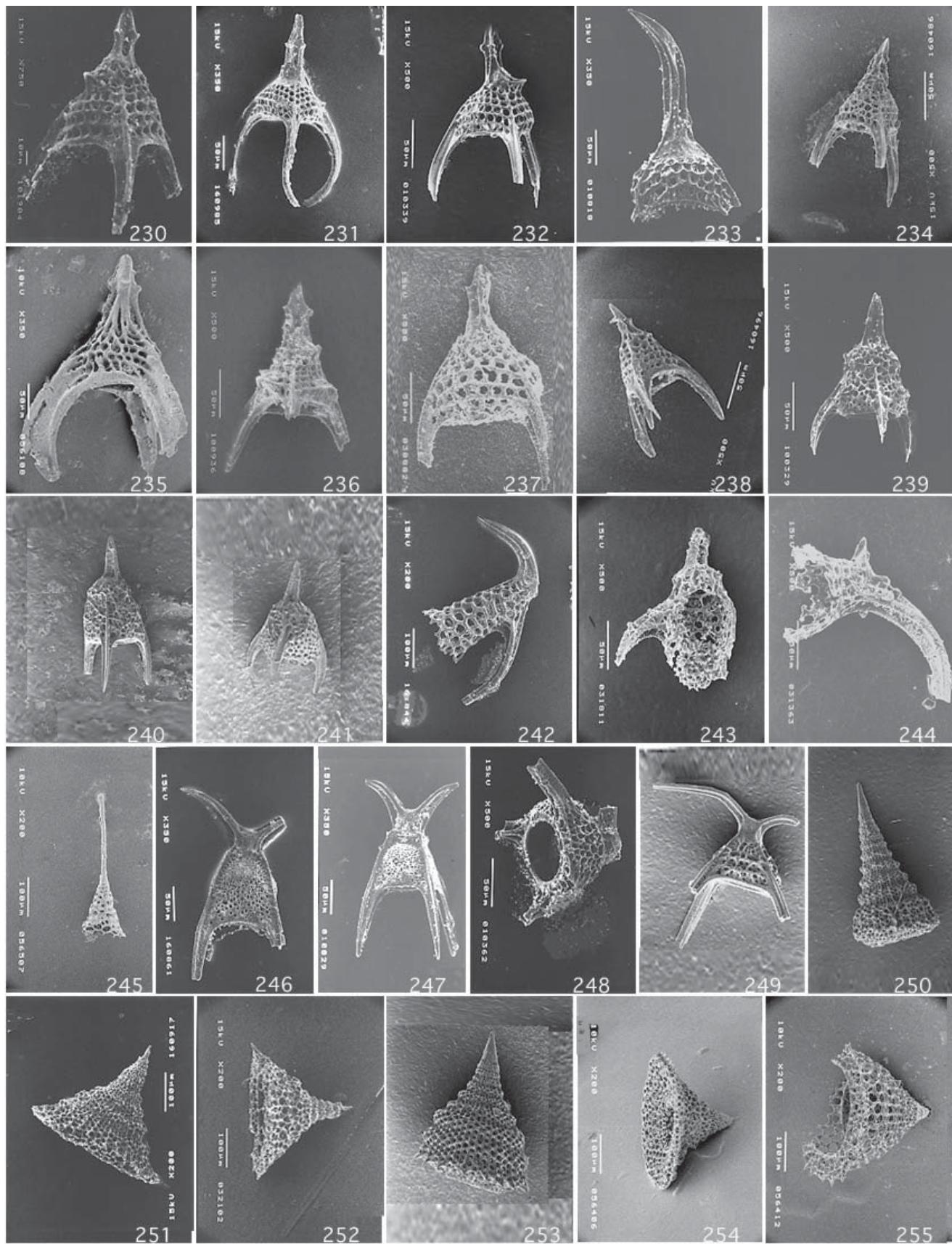


Plate 11

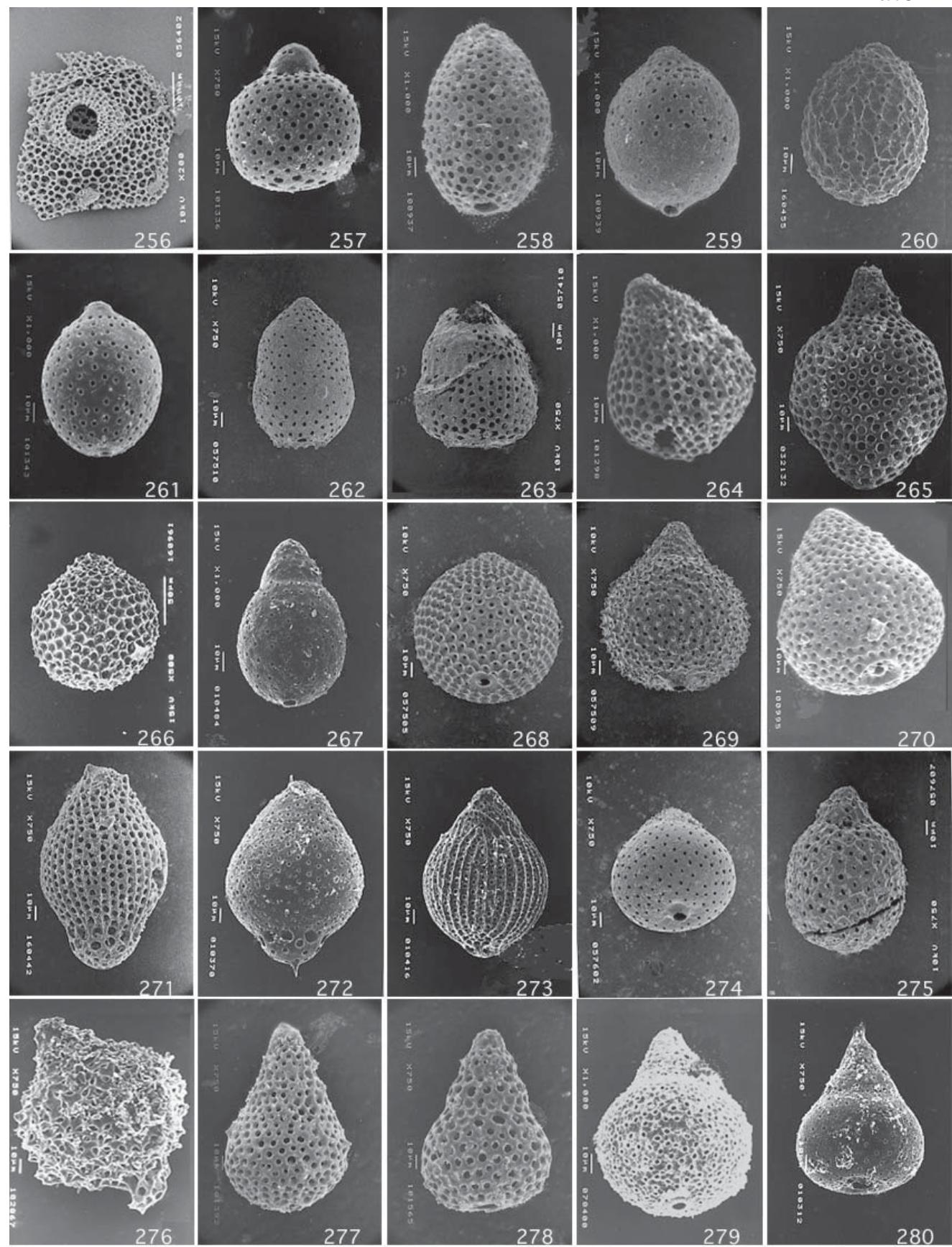


Plate 12

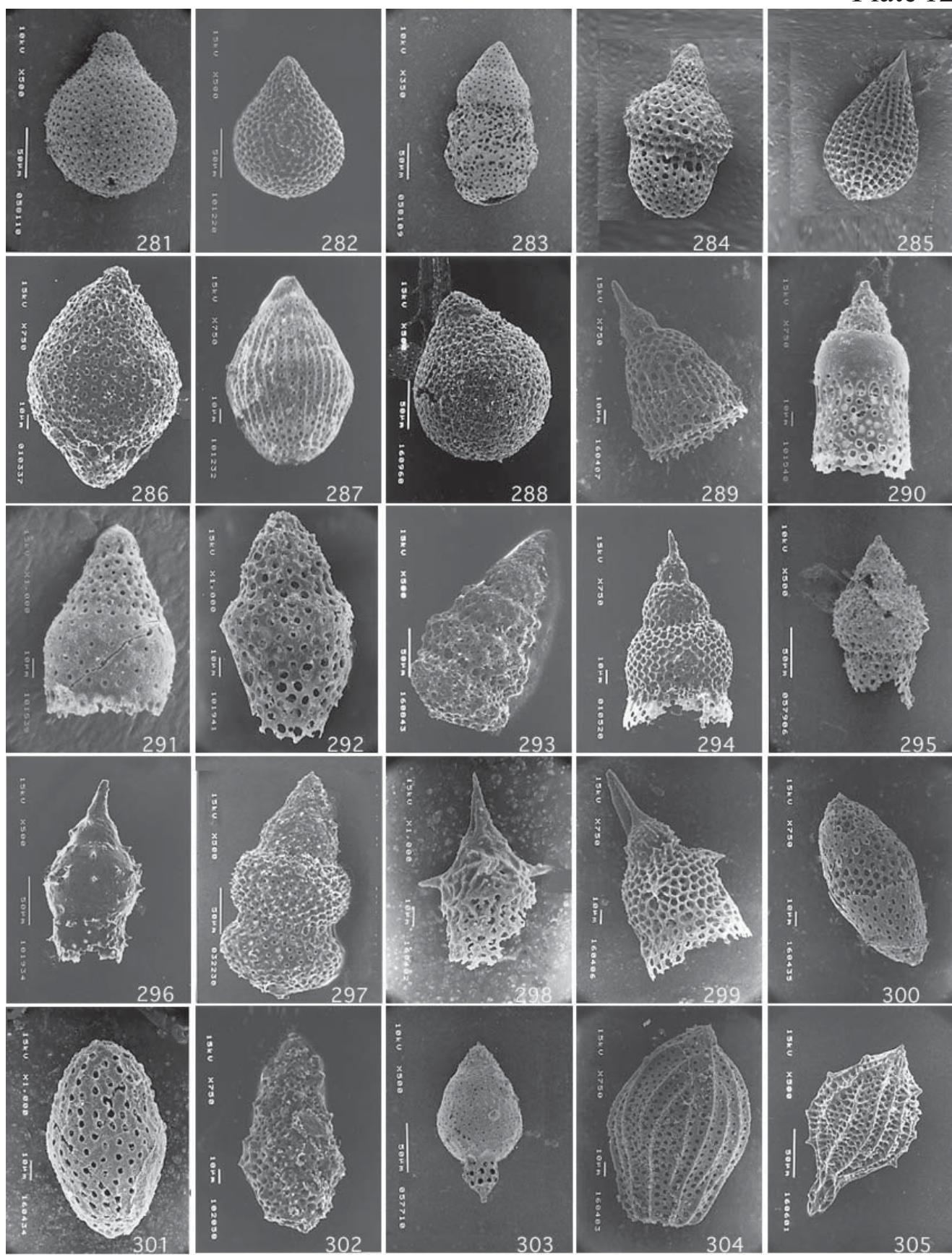


Plate 13

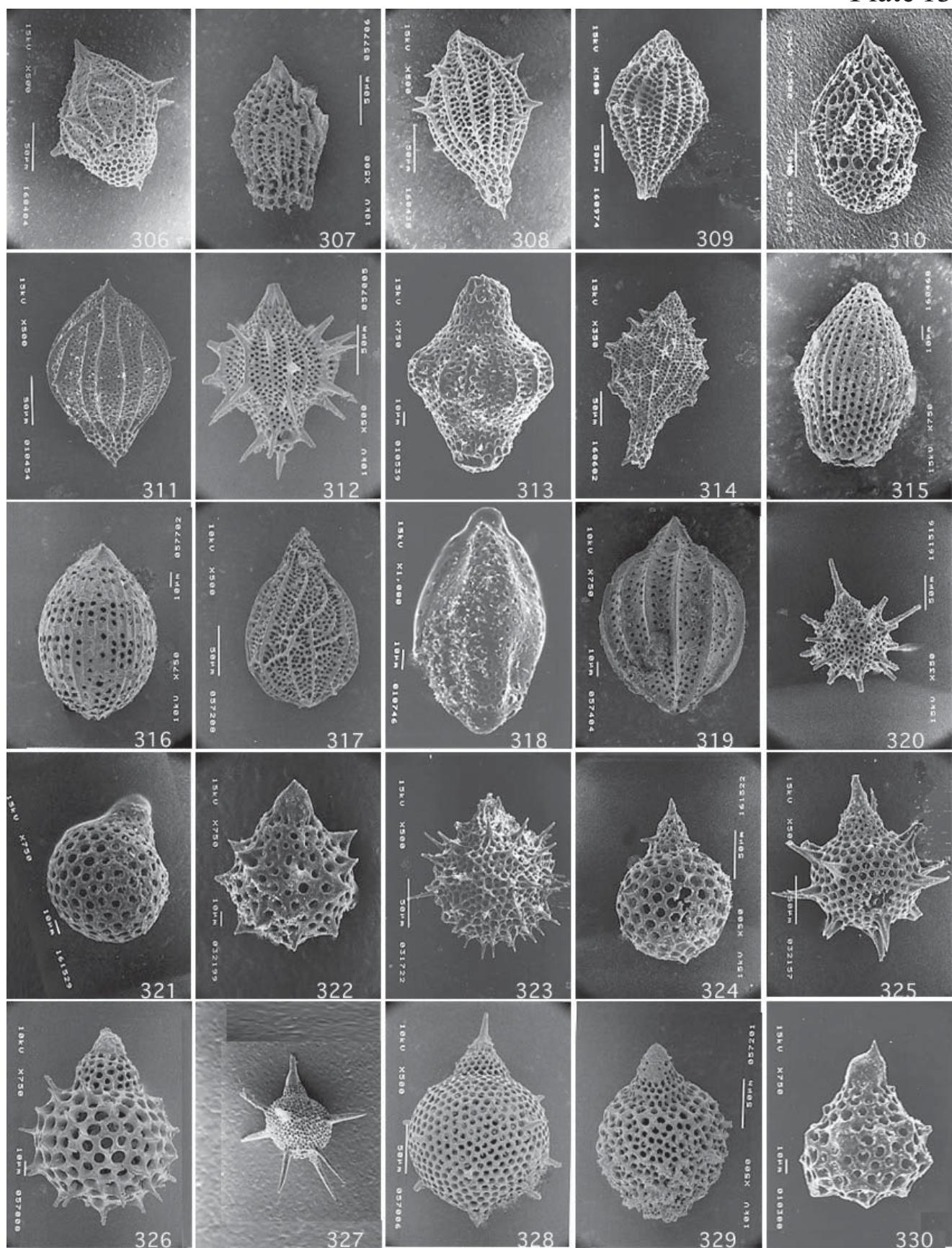


Plate 14

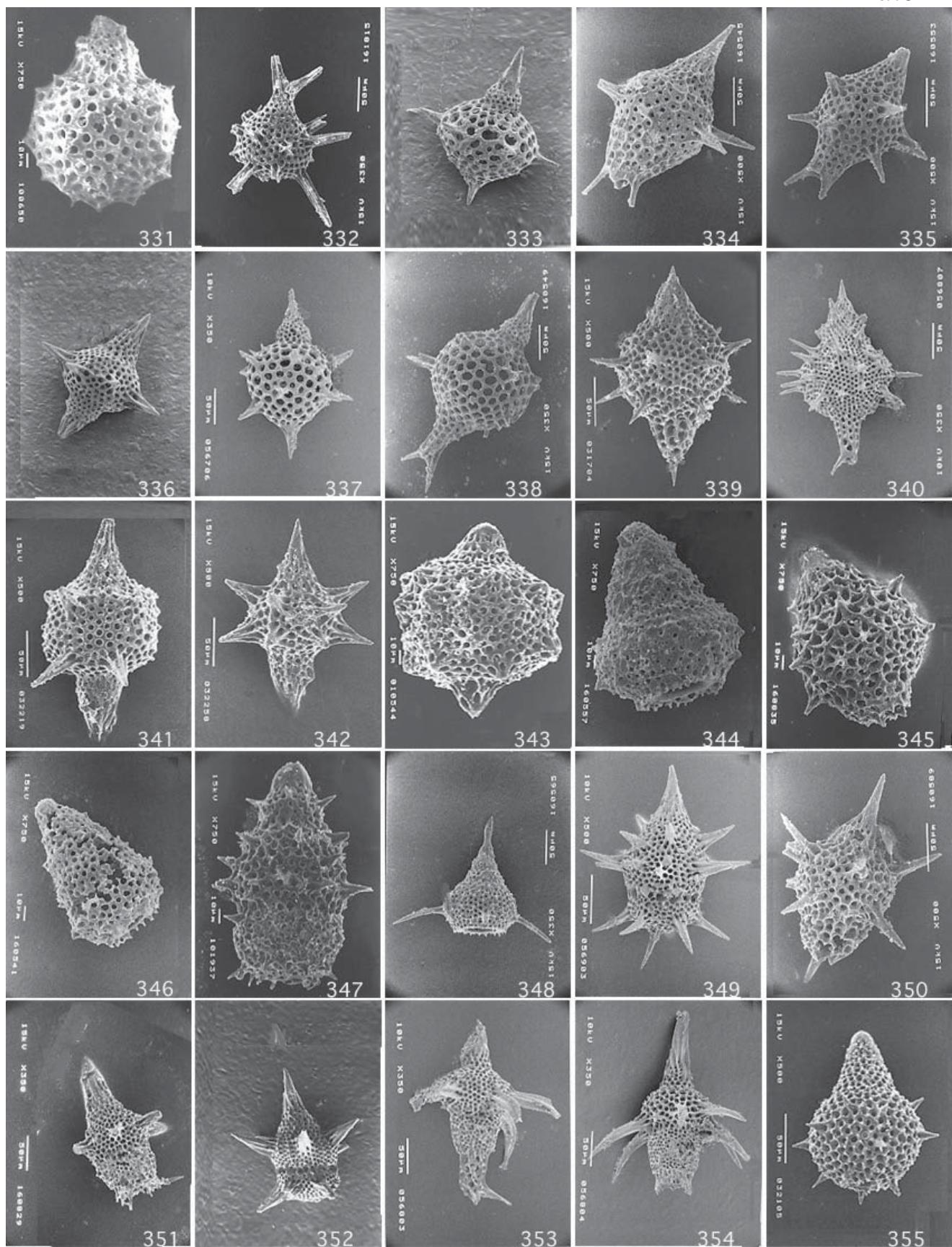


Plate 15

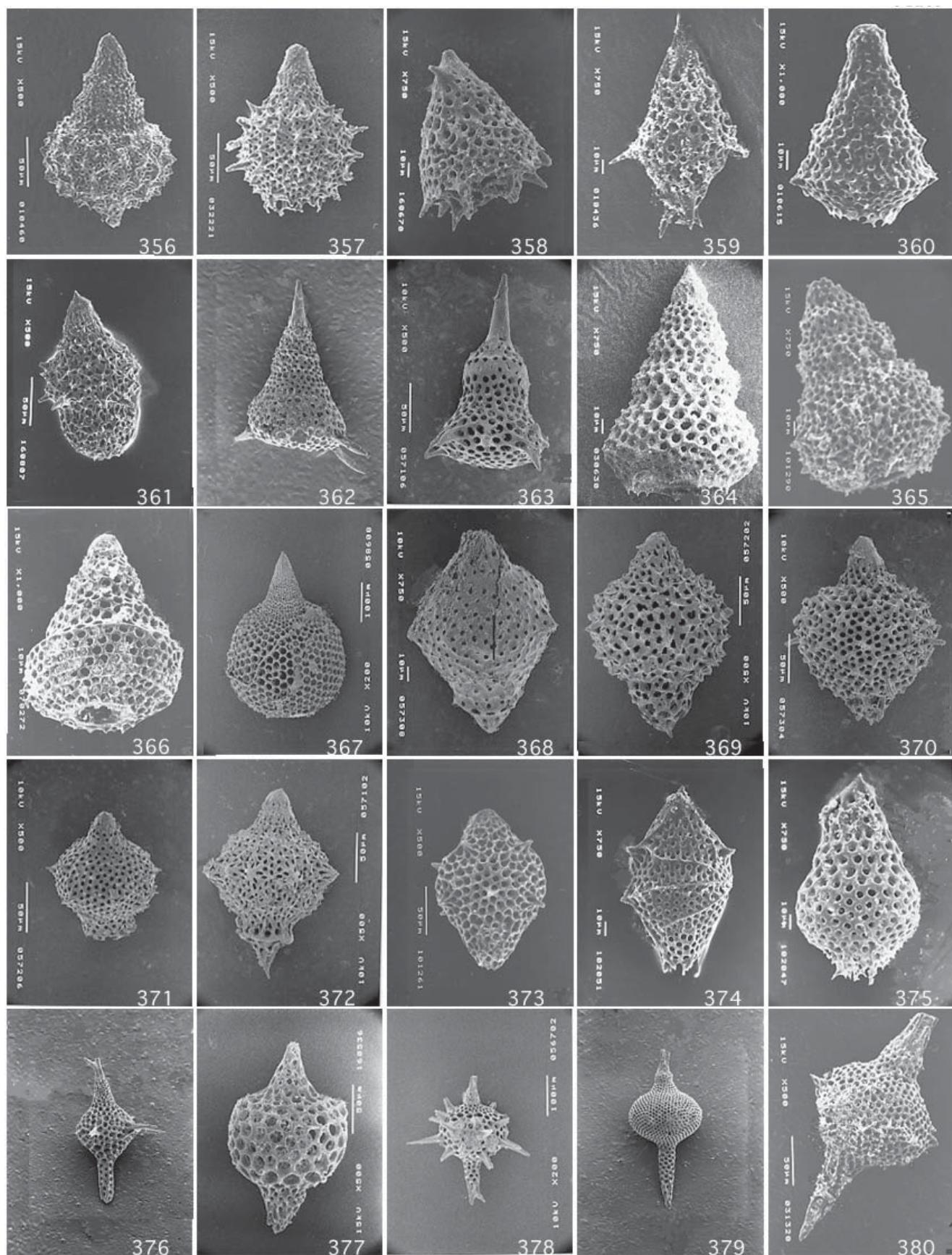


Plate 16

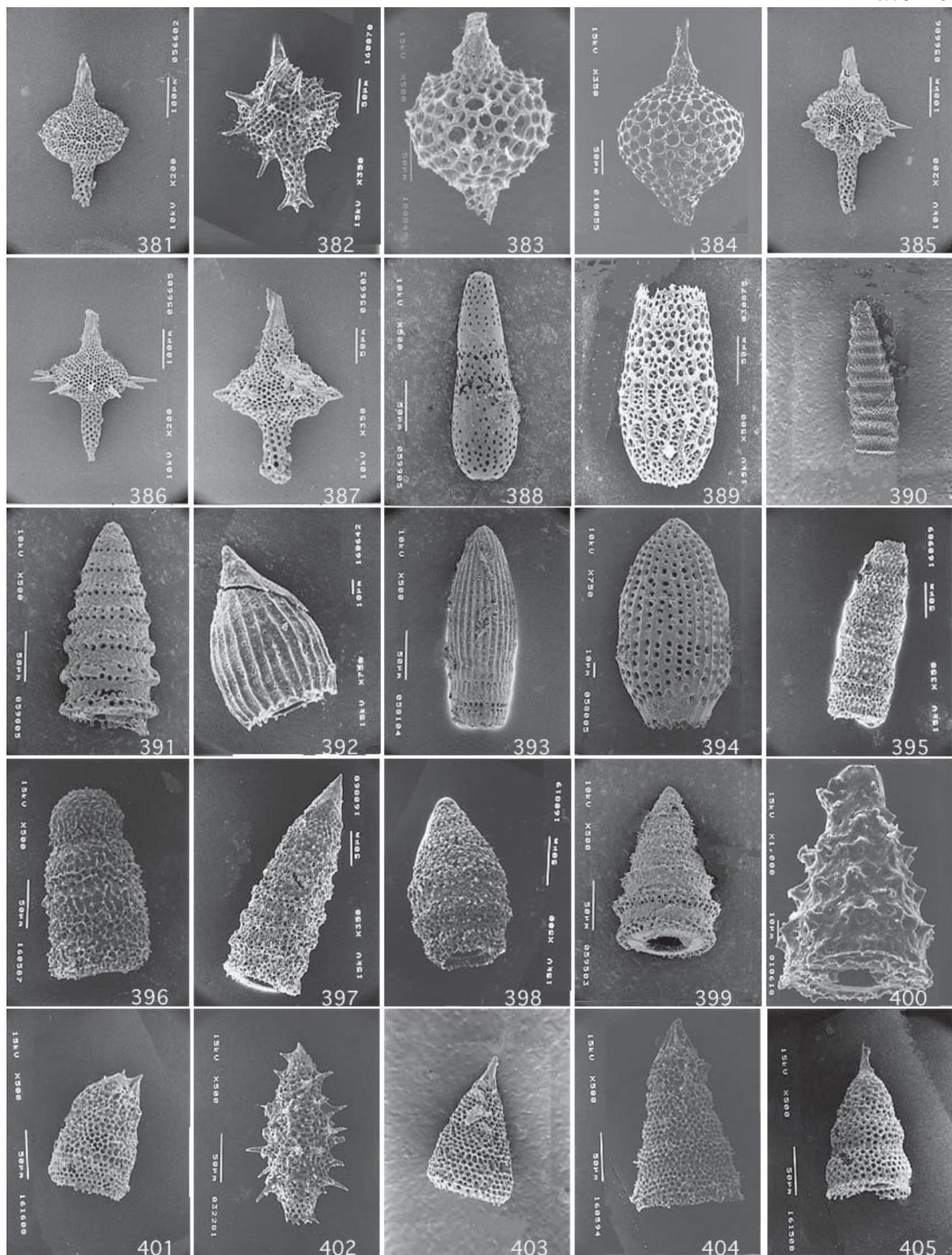


Plate 17

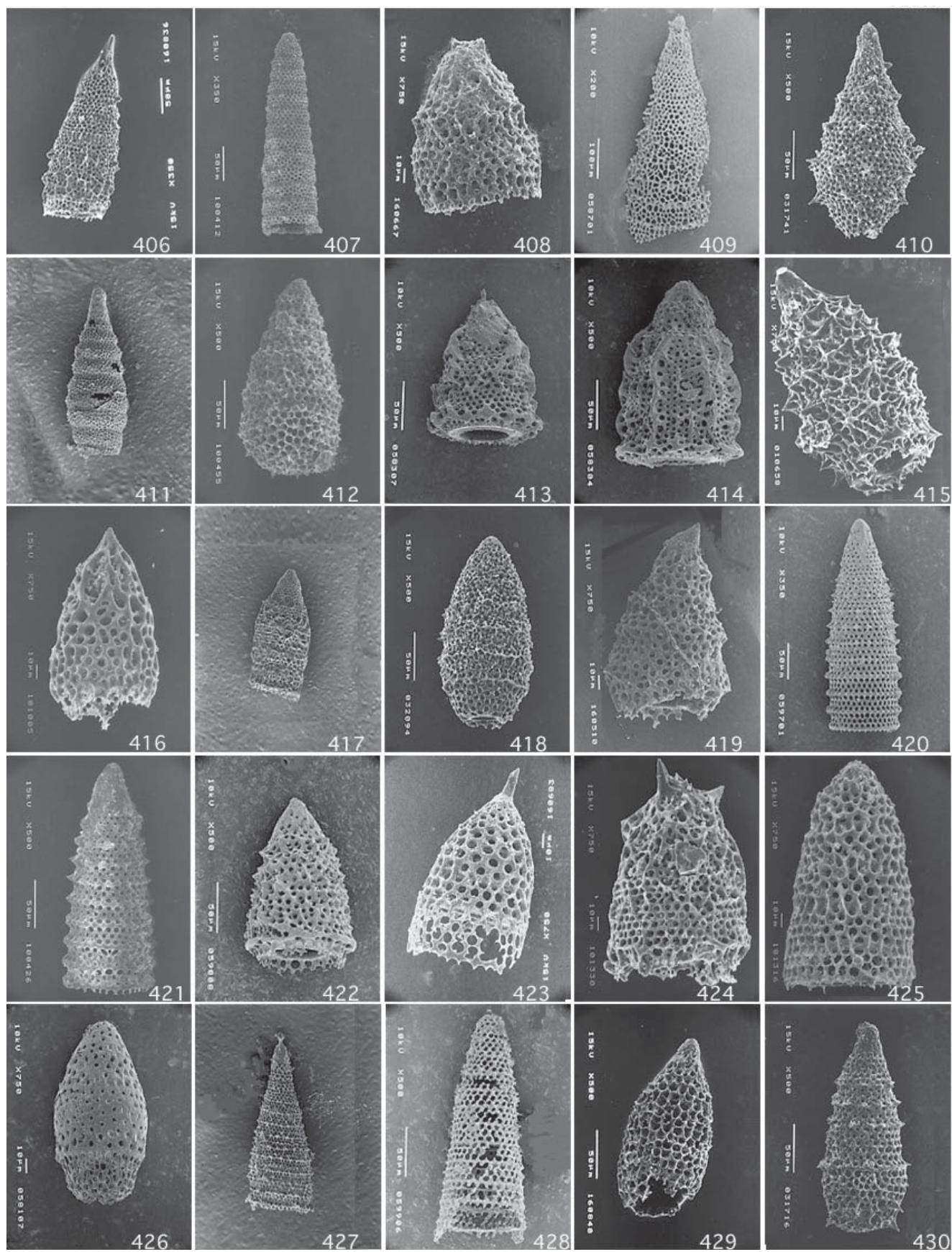


Plate 18

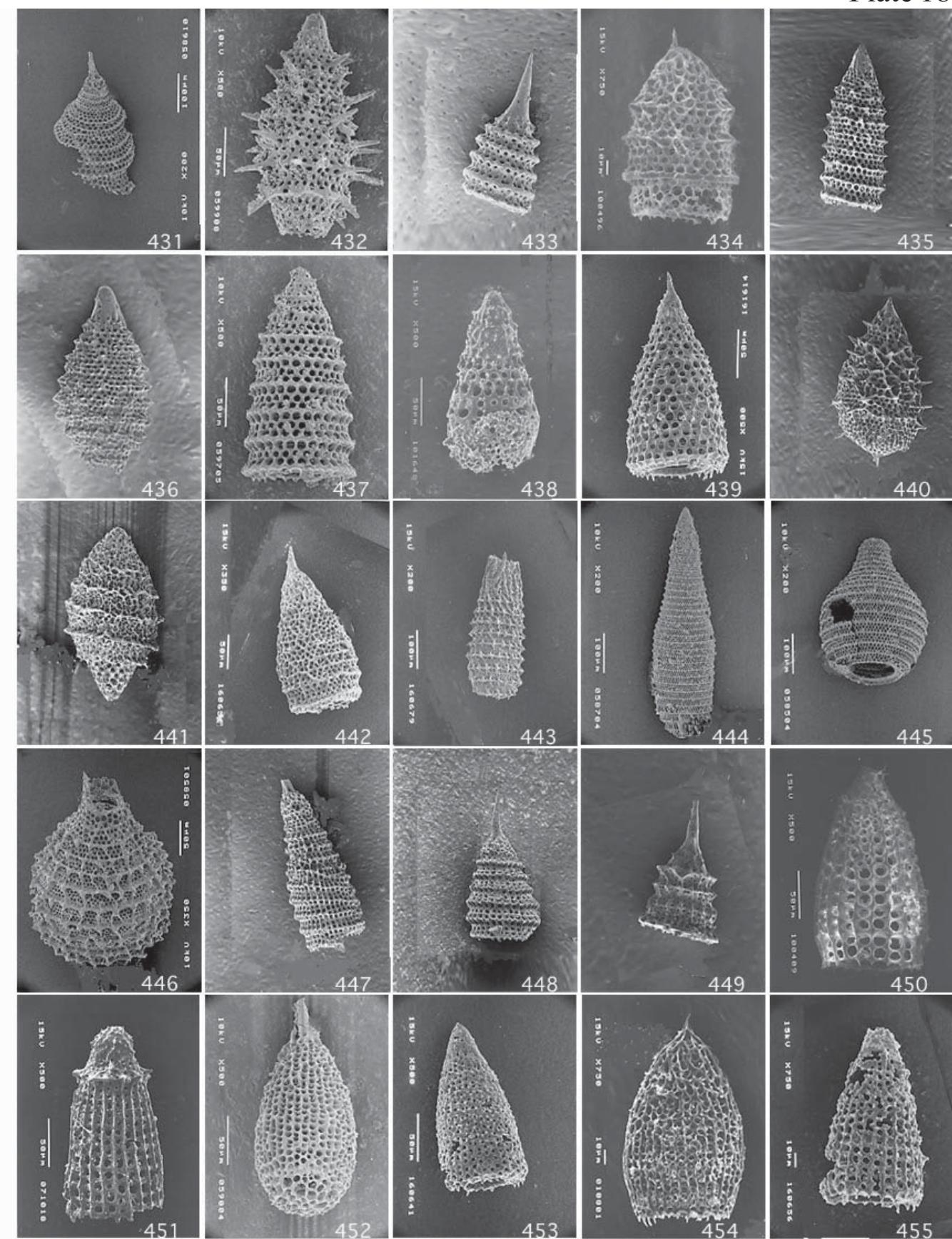


Plate 19

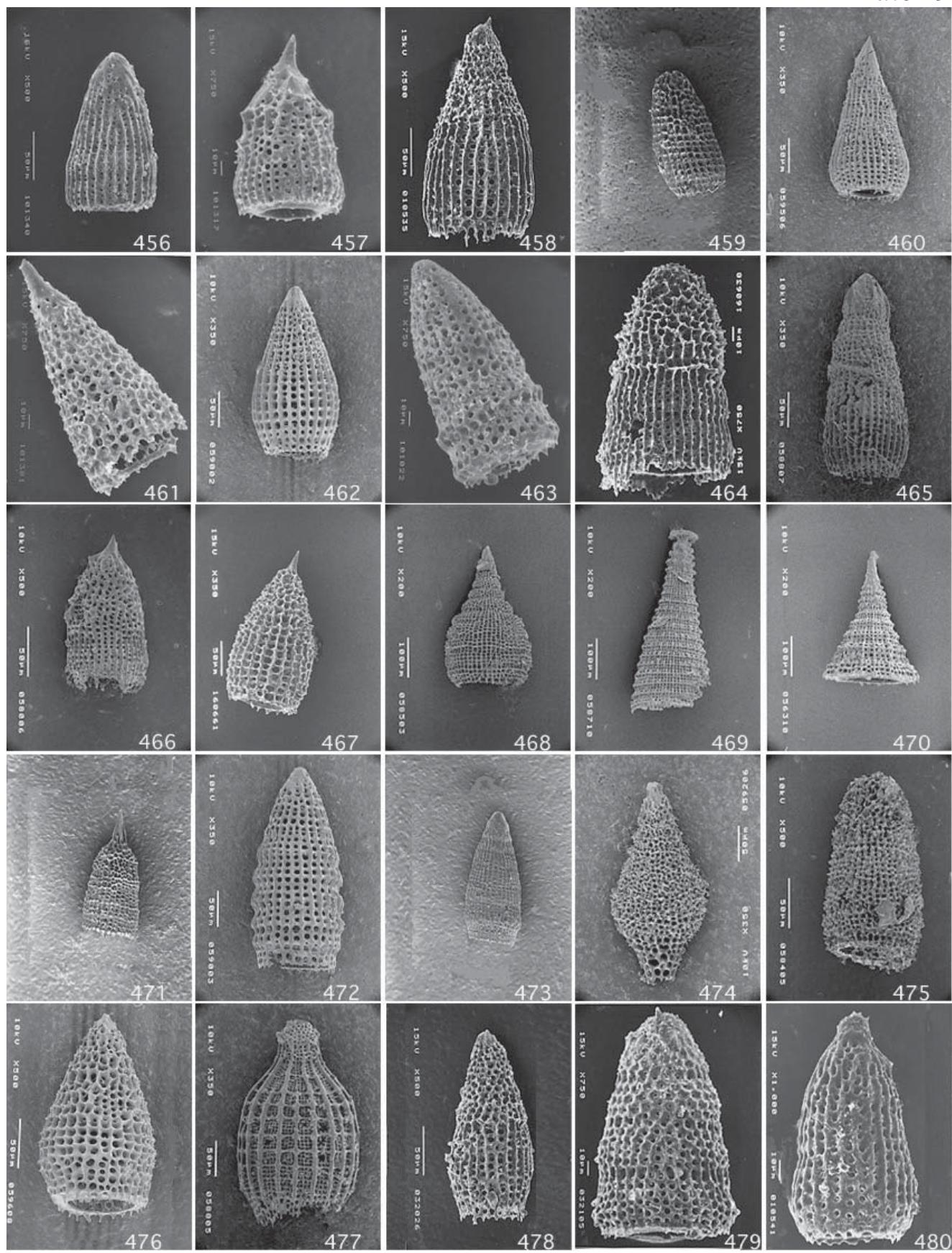


Plate 20

