飛騨金山のジュラ紀層について*

水谷伸治郎**

A Jurassic Formation in the Hida-Kanayama Area, Central Japan*

Shinjiro MIZUTANI**

(Abstract)

Dark gray or dark green siliceous shale exposed along a ravine of Mazegawa (Maze River) in the Hida-Kanayama area (137°10'E, 35°40'N) is found to contain abundant tests of radiolarians of Tithonian age. It is named the Mazegawa Formation. This report describes a brief review of previous works of the Mino area, the geology and lithostratigraphy of the Mazegawa Formation, and a relationship between a fossil age and an isotopic age together with the Paleontological description of radiolarian fauna. The results of the study are summarized as follows:

1) The Mino area, the Inner Zone of central Japan, has long been believed to be underlain by the Paleozoic group, mostly of Permian age, on the basis of fusulinid fauna in limestone sporadically found in a sedimentary complex composed of sandstone, shale, chert, limestone, and greenstone with a small amount of conglomerate. In the 1970s, conodont stratigraphy revealed that many of the chert formations are of Triassic age, and the complex ranges in age mainly from Permian to Triassic. Recent advances in laboratory techniques for extracting radiolarian tests from siliceous hard rocks, the use of the scanning electron microscope for identification of fossils, and the accumulation of deep-sea data have urged us to re-examine biostratigraphy of the sedimentary complex of this area. An extensive field investigation has led to the discovery of an astounding variety of radiolarians of Permian, Triassic and Jurassic types, and confirmed a widespread occurrence of the Jurassic formations in the Mino area (Fig. 1).

2) Among the Jurassic formations in the Mesozoic-Paleozoic sedimentary complex of the Mino area, the Mazegawa Formation occupies by far the uppermost part, assigned to the Tithonian, characterized by a radiolarian association called the *Mirifusus baileyi* Assemblage (MIZUTANI *et al.*, 1981). As shown in Fig. 2 and Fig. 3, the Mazegawa Formation is made up principally of siliceous shale with minor intercalations of manganiferous siliceous shale, the total thickness being 30 m or more. It is conformably overlain by black shale through a thin transitional part of finely bedded siliceous shale with black shale. Large amounts of big exotic blocks of sandstone and bedded chert are included in the black shale, which implies that the whole of the succession exposed along the Maze River forms part of an olistostrome formation.

3) The radiolarian taxa identified are as follows (see Fig. 9) ; *Archaeospongoprunum imlayi* PESSAGNO, *A.* sp., *Tritrabs* cf. *ewingi* (PESSAGNO), *Paronaella* sp., *Orbiculiforma sakaii* n. sp., *O.* (?) *kanayamaensis* n. sp., *Emiluvia* sp., *Praeconocaryomma* sp., *Pantanellium* cf. *riedeli* PESSAGNO, *P.* sp. A, *Tripocyclia blakei* PESSAGNO, *Acaeniotyle diaphorogona* FOREMAN, *Williriedellum* cf. *crystallinum* DUMITRICA, *Archaeodictyomitra* sp. A, *Hsuum maxwelli* PESSAGNO, *Parvicingula mashitaensis* n. sp., *Mirifusus baileyi* PESSAGNO, *Pseudodictyomitra minoensis* n. sp., *P. okamurai* n. sp., *P.* sp. A, *Spongocapsula* sp. A, *S.* sp. B, *S.* sp. C, *Xitus gifuensis* n. sp., *Protunuma fusiformis* ICHIKAWA and YAO, *Podobursa triacantha* (FISCHLI), *Eucyrtidium* (?) *ptyctum* RIEDEL and SANFILIPPO, *Pseudoeucyrtis* sp., *Napora* sp., and *Saitoum* sp.

---

* 本研究の一部は，日本古生物学会第124回例会(1979・10・20，名古屋)，日本地質学会第87年学術大会(1980・4・2，松江)，同第88年学術大会（1981・4・2，東京）にて発表.

** 名古屋大学理学部地球科学教室 Department of Earth Sciences, Nagoya University, Nagoya

1981年10月5日受理

4) Genus *Mirifusus* has, as described by PESSAGNO (1977a), a highly inflated postabdominal chamber in its central portion with a characteristic circumferential ridges and pore frame structure (Fig. 4 and Fig. 5). This morphological feature is very helpful in comparing the present material with those of the other areas, which were formerly described by RÜST (1885), HINDE (1902) and DEGL'INNOCENT (1927) from the Jurassic strata. By referring recent biostratigraphic works in California by PESSAGNO (1977a), in Europe by BAUMGARTNER *et al.* (1980) and from the ocean botton off the northwest coast of Africa by FOREMAN (1978), most of radiolarians listed above are correlated with those of the Kimmeridgian–Tithonian. According to PESSAGNO (1977a), who has established a late Jurassic to Cretaceous biostratigraphic zonation in the California Coast Ranges by integrating biostratigraphic data of radiolarians, *Buchia* (JONES *et al.*, 1969) and ammonite (IMLAY and JONES, 1970), the radiolarian assemblage including *Mirifusus baileyi* and *Eucyrtidium* (?) *ptyctum* is assignable to the early Tithonian (see Fig. 6). Presence of *Parvicingula mashitaensis* n. sp., *Acaeniotyle diaphorogona* FOREMAN, and *Xitus gifuensis* n. sp. shows that the Mazegawa Formation is younger than Kimmeridgian. It is concluded on the basis of these published data of biostratigraphy that the *Mirifusus baileyi* Assemblage of the Mazegawa Formation is referred to the Tithonian, probably to the early Tithonian.

5) Isotopic age determinations carried out for radiolaria-bearing siliceous shales of the Mazegawa Formation yield the Rb-Sr whole-rock isochron age of 128± 3 Ma (SHIBATA and MIZUTANI, 1980). The rectilinear plot as illustrated in Fig. 7 demonstrates that the total system of sediments was chemically closed with respect to these chemical species at that time. The K-Ar whole-rock ages for four samples on that isochron also show the same age. All these data do not represent the deposition age, but signify an end of chemical diagenesis. By taking a general view of the duration of chemical diagenesis into account, the deposition age dated by the fossils and the isotopic age are consistent with each other. On the other hand, one sample falling significantly off the Rb-Sr isochron plot, which has an older K-Ar age, indicates that detrital particles of much older ages are contained in the sediments. The high intial ratio of strontium isotopes (Fig. 7) also supports this inference.

6) Bio- and lithostratigraphic data so far described and radiolarian faunas recently reported strongly suggest that Jurassic siliceous shales are ubiquitously distributed in the Inner Zone of southwest Japan, i. e. in the Tamba, the Mino, the Ashio and the Yamizo areas. Occurrence of the Mazegawa Formation and of the other Jurassic strata has thrown a new light on the tectonostratigraphic problem pertaining to the Mesozoic history of the Japanese Islands.

ま え が き

岐阜県益田(マシタ)郡金山(カナヤマ)町付近には砂岩，頁岩，チャートを主とする西南日本内帯のいわゆる古期岩類に相当する地層が分布している．この古期岩類中には，多数の放散虫化石を含む暗緑色ないし黒灰色の珪質頁岩が挟まれていて，馬瀬川沿いにその好露出が見られる．

筆者および共同研究者は，1978年以来，この地域を含む美濃山地一帯の地質について生層序学的な観点から再検討をつづけている．この目的のために，筆者らが新しく直接の研究対象として選んだのは，放散虫化石およびそれを含む珪質頁岩の産状と分布であった．よく知られているように，走査型電子顕微鏡の応用，新しい化石分離法の開発，そして深海底ボーリングコアの検討，これらの研究の結果，微化石による生層序学は急速に進歩した．なかでも放散虫化石の研究は，PESSAGNO (1976, 1977a, b) の記載や DSDP の調査報告の公表とともに多大の関心を呼ぶようになった．とくに，白亜紀前期からジュラ紀，そして三畳紀にかけて，岩相層序が複雑で，従来，化石の産出が少ないとされていた変動帯の生層序の解析には，放散虫は見逃すことのできない重要な化石として注目を浴びるようになった．筆者は，これらの研究の背景となった知識と技術を1976–1977年の滞米中，テキサス大学ダラス分校や米国地質調査所 Menlo Park 支所において，また，1978年，カナダの British Columbia 大学で開かれた IGCP 珪

質堆積物シンポジウムの席上で学んだ．幸にも，1978-1979年度，文部省科学研究費(課題番号346046)の配布を受け，走査型電子顕微鏡(JSM-T20)を購入することができて，計画は軌道にのった．当時，大学院学生であった西山寛志，岡村行信らの諸氏と，筆者はこの新しい技術と手法，ならびに広範な知識の整理に全力を傾けた．その結果，興味ある事実が各地から次々と見い出されるようになった．なかでも，従来，“内帯古生層”とされてきた地域から数多くのジュラ紀の地層の存在が確かめられるようになったことは注目すべきことであろう(MIZUTANI *et al.*, 1981)．

第1図に示すように，現在，放散虫化石によって確認されているジュラ紀の地層の分布は，ほとんど中部日本の内帯の全域にわたっている．この報文で述べる飛騨金山地域のジュラ紀珪質頁岩は，それらのうちでも最も若い上部ジュラ系のものであり，放散虫化石ばかりでなく，同位体年代によってもその時代が検討された例として，多くの興味あるデータを提供する．ここでは，すでに発表した結果を一部に含め，その概要を報告する．

美濃地域のジュラ紀層に関するこれまでの研究

飛騨変成岩類と領家変成岩帯の間に位置する美濃地域には，非変成ないし弱変成の古期岩類が広く分布している．砂岩，頁岩，チャートを主とし，石灰岩や緑色岩，稀には礫岩を挟むこの古期岩類は，1950年代までは，全体として二畳系を主とする後期古生代の地層からなると考えられていた．それはOZAWA(1927)をはじめとする多くの人々の研究によって，この地域に点々と産する石灰岩体や石灰岩レンズに種々の紡錘虫化石が含まれていることが報告されていたからである．ひとつの例外は，脇水(1920)の述べた伊吹山東方“池田山塊”の妙ヶ谷の“シウドモノチス層”であった．ただ，この三畳系は分布が狭いことと露出がよくないため，その詳細については不明な点が多く，妙ヶ谷のみならずこの地域一帯の三畳系の研究については，脇水(1920)が“記して他日根本的に問題の三畳系を中心として池田山塊の地質地形を探究せんとする特志家の出づるを俟つ”と結んだまま，西田ら(1977)による*Araucarioxylon mineense*の発見まで約半世紀待たねばならなかった．しかし，わが国の三畳系については，これらとは別に1960年末から始まったコノドンドによる生層序の検討によってその研究は飛躍的に進み，各地で三畳紀チャートの存在が次々と明らかにされてきている．コノドンドに基づく数々の成果は，いわゆる“古生層”の再検討のきっかけを作り，多くの注目を集めているが，美濃地域においてもKOIKE *et al.*(1971)にはじまり，猪郷・小池(1975)，猪郷(1979)，松田(1980)によって各地から三畳系の存在が報告されている．

1951年，愛知県犬山市北方でアンモナイトが出たという情報が名古屋大学に入り，大きな話題となっていた．木村(1979)は次のように書いている(p.254)．——

“私がまだ名古屋大学の地球科学教室で勤務していたころ，大矢雅彦氏の紹介で，仙石さんという方がアンモナイトの化石をもって教室に見えられた．私がお会いしてお話を聞くと，その当時小学生であった息子さんが犬山近くの山で遊んでいたところ，化石をひろったのでもってこられたというわけである．(中略)その化石を拝見すると，まさしくアンモナイトである．いろいろ調べたり，専門家に教えてもらったりしているうちに，ジュラ紀，しかも後半のものらしいということになった．これは大変なことだと思ったのだけれど，その化石は拾ったもので，露頭から直接得られたものではない．何とか産出層を発見したいと思ったのだけれども，どうしてもわからない．ただ拾った場所があまり人が出入りしない場所なので，どうやらその付近に化石層があることは間違いないらしいと思っていた．”——

それまでは,西南日本内帯のこの地域にジュラ紀の地層が分布することはまったく知られていなかった(市川, 1951). 犬山のアンモナイトは直接露頭から得られたものではなかったが, きわめて重要な試料として地質学者の関心をひき, 松本(1953)はこれについて注記し, SATO *et al.* (1963) もこの産地を地図に示している. このアンモナイトは後に SATO (1974) によって検討され, *Choffatia* (*Subgrossouvria*) sp. と記載された. ジュラ紀中期から後期, 詳しくは Bathonian 後期から Oxfordian 前期にわたるものである. この化石は筆者の研究室に大切に保管され, ESN-70001 と登録番号が記録されている.

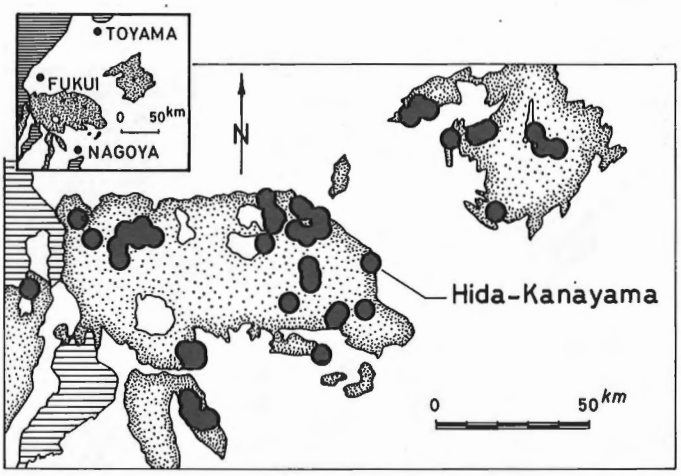
1954年, 犬山地域を卒業研究として調査していた当時の愛知学芸大学学生の井上は木曽川川畔のチャートの中から奇妙な団塊を見つけた. 彼はそれが炭酸塩鉱物の小球集合体からなり, その中にきわめて保存の良い放散虫化石が豊富に産することを検鏡し, 群集解析を試みた (INOUE, 1955). その形態から Spheroidea, Prunoidea, Discoidea, Cyrtoidea, Beroidea, others と放散虫を分類し, 頻度分布から, KOBAYASHI and KIMURA (1944) に記されている RÜST の資料を参考にして, 彼はその時代をジュラ紀と推定している. この放散虫群集は, その後, YAO(1972)によって研究が始められ, 次々と多くの成果を生みつつある(ICHIKAWA and YAO, 1976 ; YAO, 1979 ; YAO *et al.*, 1980).

1970年代になってもうひとつの注目すべき新しい事実が報告された. それは犬山地域の地質調査を行なっていた近藤と足立による材化石 *Taxaceoxylon* sp. と *Cupressinoxylon* sp. の発見である (西田ら, 1974 ; 近藤・足立, 1975). この材化石は, 上述のアンモナイトが出たといわれる地点に分布する砕屑岩相と同じ岩相の中から見い出されている. その地質時代は, 詳しくは時期を特定することはできないが, 明らかに中生代中期のものと考えられた. それまで, アンモナイトは産状についてやや不明な点があった. 放散虫の研究は, 世界的にもまだ十分には進んではいなかった. しかし, これらが示唆した犬山地域の地質時代についての確実性は, この材化石の発見によって一挙に高くなった.

犬山地域をはじめ, 美濃地域では, 広く分布する厚いチャート, そしてその間に発達する砕屑岩, このような組合せは最も一般的な岩相である. それらの分布および地質構造はかなり詳しく報告されていた (MIZUTANI, 1964 ; YOSHIDA, 1972). 加えて, すでに述べた三畳系のコノドントと材化石, これらの事実は美濃地域の砕屑岩相が従来考えられているよりずっと新しい時代のものである可能性が強いことを示している. そして以上述べた化石と同じような中生代中頃の化石が美濃山地の各地に広く産出する可能性が非常に大きい, と想像されるようになった. マンガンの炭酸塩, rhodochrosite, を主構成鉱物とする犬山の炭酸塩団塊－俗称マンガンノジュール－と同じものが見い出される期待もまた大きかった. 一方, すでに一部の珪質頁岩には多くの放散虫が含まれていることも知られていた. 放散虫の分離についての新しい手法が開発され (PESSAGNO and NEWPORT, 1972), 走査型電子顕微鏡がこの研究のために積極的に利用されはじめ, 微古生物学は飛躍的な進歩を遂げつつあった. DSDP の成果は次々と発表され, カリフォルニアの上部ジュラ系から白亜系にかけての PESSAGNO による放散虫の研究は1976, 1977年とつづけて公表された.

1977年, 棚橋は上麻生地域の砕屑岩相中にマンガンノジュールの含まれているのを見つけた. しかし, その中には放散虫は含まれていなかった(TANAHASHI, 1978). 翌年, 酒井は馬瀬川流域で同様なマンガンノジュールを見い出した. これにも放散虫はなかった. しかし, 彼はその近くで保存の良い多量の放散虫を含んだ凝灰質頁岩の薄層が珪質頁岩の中に挟まれているのを見つけ, その中に *Mirifusus baileyi* PESSAGNO があることを確かめた (SAKAI, 1979). こうして, 長い間, 手のつけられていなかった砕屑岩相, とくにその中に挟在する珪質頁岩と放散虫

による生層序の検討が開始され，郡上八幡地域（脇田・岡村，1979；岡村，1980；脇田，1981），伊吹山東方地域（棚瀬，1980）などで次々とジュラ紀のものと推定される放散虫が珪質頁岩から見い出されるようになった．木曽山地（Tsuji, 1981）にもジュラ系のあることは確実である．川口・柴田（1981），木戸・水谷(1981)，小嶋・足立(1981)，水谷ら（1981）の報告をまとめて示した第1図からわかるようにジュラ紀の放散虫を含む地層はこれらの地区，つまり美濃地域の全域にわたって産出することは，もはや疑ない事実と考えられるようになっている（Mizutani *et al.*, 1981）．



第1図　中部地方内帯の放散虫化石によって確認されたジュラ系の露出地点

Fig. 1. Jurassic formations in central Japan ; closed circles showing locations of exposures of the Jurassic formations dated by radiolarians (Mizutani *et al.*, 1981).

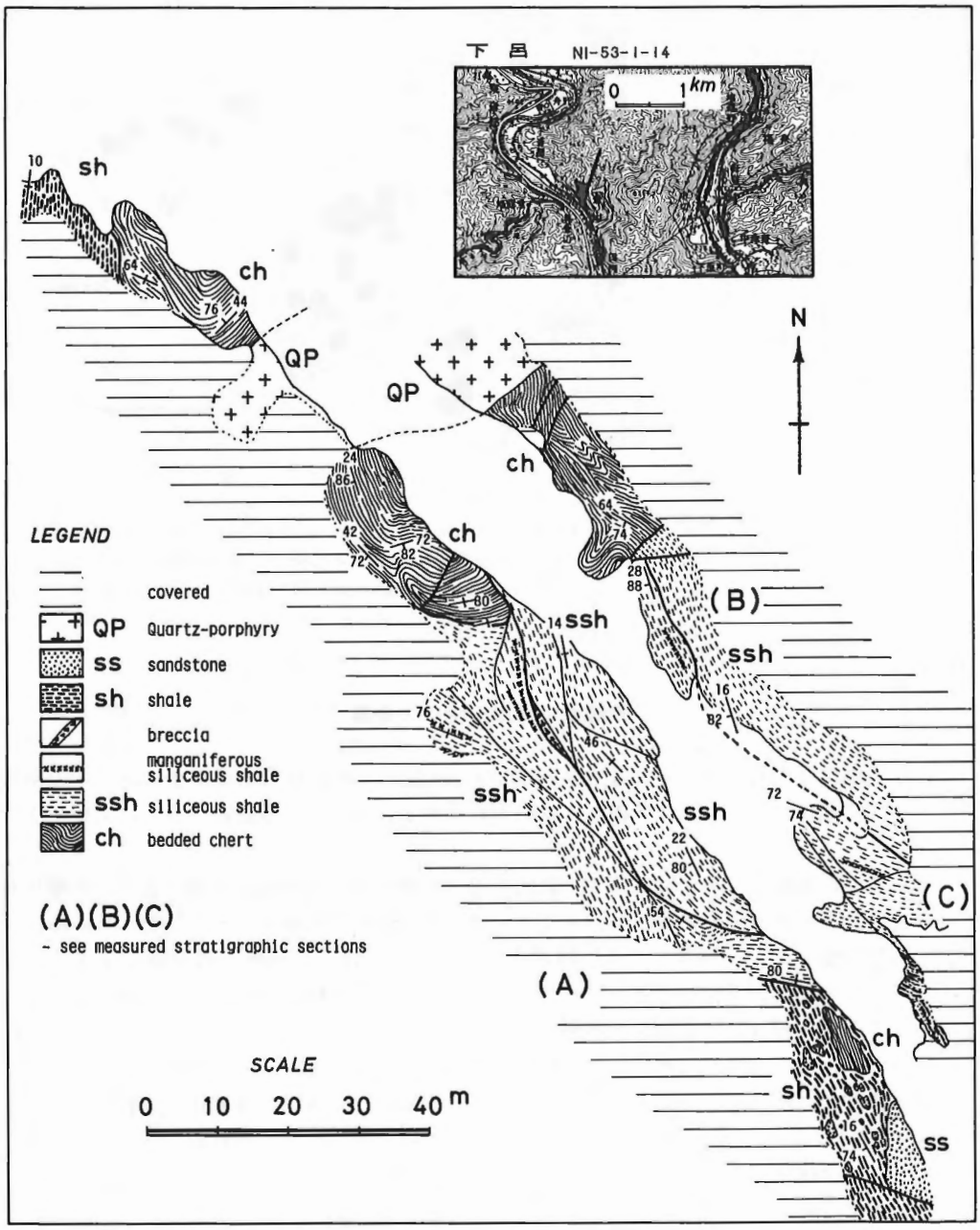
飛騨金山馬瀬川沿いの地質

岐阜県益田郡金山町は名古屋の北北東約60kmに位置し，国鉄高山線飛騨金山駅がその中央部にある．馬瀬川はこの町の北北西から益田川に合流し，流下して飛騨川，さらに木曽川となる．

馬瀬川沿いの地質図を第2図に示す．放散虫を含む暗灰色－暗緑色の珪質頁岩は，馬瀬川を挟んでその北東・南西両岸に露出し，ほとんどNNW-SSEの走向をとり，急斜している．この珪質頁岩は微弱な剝理面をもつが，塊状のものも多い．時には明瞭な層理面を示すことがあり，また部分的には珪酸分が多くなってチャートのような外観を呈するものもある．第2図に示したように珪質頁岩の分布する範囲内には小断層がいくつも認められるが，岩相と化石群集の類似性からみるとそれら断層による変位量はわずかなものと推定される．

この珪質頁岩に挟まれる，凝灰岩々片，火山岩々片を含んだ，厚さ約4 cmの放散虫岩の層理構造から推定すると，この珪質頁岩は南西方上位の累重関係にある．珪質頁岩はその上端で，厚さ数mmの黒色頁岩との指交関係をもつ細互層を経て，黒色頁岩層へと移化する．この黒色頁岩層は，地質図南西端付近に広く分布しているが，その中には大小さまざまな径をもち，形も不規則な砂岩ブロックが数多く含まれている．大きなチャートのブロック，径約10 cmのマンガンノジュールもまたその中に認められる．馬瀬川の南西岸に露出するこの黒色頁岩は，珪質頁岩とは断層で境されていて両者の直接の関係は不明であるが，この黒色頁岩の一部には上述の指交関係をもった珪質頁岩との細互層がその下部に見られるので，馬瀬川東岸で確認された連続関係（第2図および第3図，C参照）から推定して，下位の珪質頁岩（約30m）と上位の黒色頁岩（約10m）という層序がここでたてられる（第3図）．

珪質頁岩はその側方でチャートのブロックと接するが，その間は不連続で断層関係にある．地質図で示した地域の北西端にも，黒色頁岩が分布し，その中に砂岩やチャートのブロックが



第2図 飛騨金山地域奥金山付近の地質図

Fig. 2. Map showing distribution of the Mazegawa Formation at Okukanayama of the Hida-Kanayama area, central Japan.

不規則に含まれている．この黒色頁岩が珪質頁岩といかなる関係にあるかは，石英斑岩の岩脈がその間に貫入しているため，不明である．

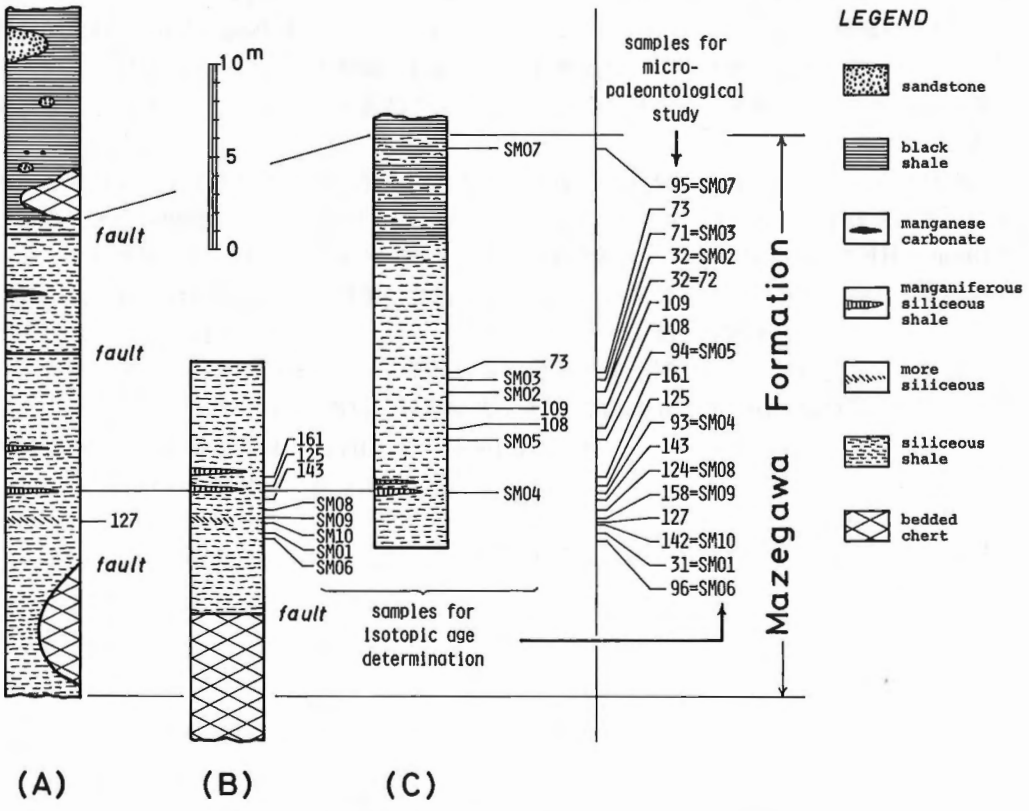
放散虫化石は珪質頁岩中に豊富に含まれている．この珪質頁岩は新鮮な面で，Rock-color chart(1975)に従うと，N3(dark gray)，N4-N5(medium gray)，5G4/1-5GY4/1(dark greenish gray）の色調を示すものが多く，時に5B5/1（medium bluish gray)，5G6/1（greenish gray）

を示す．これらの色は主として緑泥石によるものと考えられる．事実，放散虫殻の内部は細粒他形の緑泥石によってうめられていることが多い（Plate 55, fig. 3）．珪質頁岩の一部には菱形の炭酸塩鉱物が散点的に認められる（Plate 55, figs. 1 and 2）．X線回折で rhodochrosite の存在が確かめられていて，$MnCO_3$ が含まれていることは疑ない．珪質頁岩を構成する細粒鉱物は鏡下では判断がつきにくいが，X線で調べた結果を参考にすると，片状鉱物の多くはイライト，セリサイト，緑泥石であろう．この他にごくわずかに細粒の砕屑粒子が含まれている．それらの多くは石英で，時に斜長石，あるいは火山岩片である．珪酸鉱物は，放散虫殻とその内部，さらに基質の部分に認められる．多くは微粒他形の石英で，length-fast chalcedony である．

放散虫殻は稀に層理に垂直方向から圧縮されたように変形していることがあるが，外形を見る限り著しい変形は認められない．ただ時に Nassellaria の長軸方向が層理面にほぼ平行に配列していることがある．弱い流れのあったこと示しているのであろう．放散虫の全骨格が完全に残っているものは比較的少ない．

放散虫化石は，この珪質頁岩の各部に普遍的に含まれ，また，最上部の黒色頁岩との細互層部にも含まれている．黒色頁岩の部分には，砕屑性物質の量が珪質頁岩の中に比べて多いため，相対的に放散虫の量は少なくなり，同時にその殻の損傷度も大きい．これら放散虫の種類はきわめて豊富であるが，下位から上位にかけてその種類の出現頻度にとくに大きな変化は認められず，ひとつの群集と考えられる（第9図参照）．

以上述べたような特徴をもつ珪質頁岩を“馬瀬川層”と呼ぶ．模式地は，岐阜県益田郡金山



第3図　馬瀬川層の地質柱状図
Fig. 3.　Stratigraphic columns of the Mazegawa Formation.

町奥金山（1/5万，地形図“下呂”，第2図参照）である．馬瀬川層は第2図および第3図に示すように，上方へ黒色頁岩に変化し，その境界は明瞭であるが，下限は露頭の関係で明らかでなく，全層厚は30mあるいはそれ以上である．後述するように放散虫による生層序学的対比によれば，その地質時代は後期ジュラ紀で，放散虫化石の代表種は，*Parvicingula mashitaensis* n. sp., *Mirifusus baileyi* PESSAGNO, および *Eucyrtidium*（？）*ptyctum* RIEDEL and SANFILIPPO などである．

放散虫化石

馬瀬川層の珪質頁岩中に含まれる放散虫化石は，薄片を検鏡することによってその存在を確かめることができる（Plate 55, fig. 3 ; plate 56, figs. 1–4）．しかし，かなり経験があっても野外で，採取した標本に放散虫が含まれているかどうか，またその保存が良いかどうか，等はたとえルーペを使用しても判然としない場合が多い．DE WEVER *et al.*（1979）が解説しているように，実際には，多くの場合，弗化水素による溶蝕法が最もこの化石の存在を確かめるためには有効な方法である．

放散虫化石が含まれており，とくに保存の良さそうなものについては，次のような処理を行ない，放散虫殻を単体として取り出し，これを走査型電子顕微鏡によって観察する．分離方法は岩石試料の性質により必ずしも同じではないが，およそ次のような順に行なう．使用する薬品，器具は，弗化水素（HF），塩酸（HCl），ポリエチレンビーカー（1000ml），ガラスビーカー（200 ml），ガラス製ロート，ロート台，ガーゼ，ナイロン製メッシュ（bolting cloth），超音波洗浄器，エアバス等である．周知のように，弗化水素は毒性の劇薬とされていて，取扱いには注意を要し，ドラフト内で使用しなければならない．そして防護マスクやビニール手袋なども必要である．

岩石試料をハンマーで適当に砕き，約50ｇ（以下述べる値はすべて目安であって必ずしも正確を必要とするものではない）をポリエチレンビーカーに入れる．ここへ約900mlの水，次いで約100mlの HF を入れ，このまま一昼夜放置する．その後，うわずみを捨て水で稀釈する．ビーカーの中には岩石の破片，およびそれから分離した細粒の鉱物や化石の粉状体が残る．これを二段に用意したロートを用いて濾過する．上段のロートにはガーゼを，下段のロートにはナイロン製メッシュを濾紙の代りに用いる．現在，筆者が用いている下段のロートに用いるナイロンメッシュの開口幅は70μm（270 mesh，日本中野絹織製，白色）のものである．濾過してメッシュに残ったものをガラスビーカーへ移し，約100mlの水と10mlの HCl を混合した液中で10分ほど煮沸する．これを再び同じナイロンメッシュで濾し，粗粒部を超音波洗浄器にかける．約15分程たって後，これを同じナイロンメッシュで濾過し，メッシュに残ったものは，エアバスで乾燥する．時間を節約する場合には，HCl 処理，超音波洗浄を省略し，濾過過程の最後で，アルコールにて洗い，さらにそれをベンゾールで洗浄して，急速に乾燥試料を得る簡便法もある．しかし，きれいな化石個体は，やはり時間をかけた丹念な分離法によって得られる場合が多く，迅速簡便法はあまりすすめられない．なお，この過程で特定の岩石試料に使用したナイロンメッシュは，化石試料分離後は必ず捨てる．微小な化石個体が付着したまま残っていて，次の試料中の化石分離の際，混入するのを防ぐためである．

こうして得られた細粒の粉末の中には，化学的処理に耐えて残った珪酸殻からなる放散虫 Polycystida が含まれている．

このようにして分離した放散虫化石を走査型電子顕微鏡で観察し，その像を撮影する．馬

瀬川層には多数の放散虫化石が含まれていて，その種数はおそらく100種以上になると思われるが，現在までに同定された種類は次のようなものである．

Polycystida 目

Spumellariina 亜目

Archaeospongoprunum imlayi PESSAGNO

Archaeospongopurunum sp. A

Tritrabs cf. *ewingi* (PESSAGNO)

Paronaella sp.

Orbiculiforma sakaii n. sp.

Orbiculiforma (?) *kanayamaensis* n. sp.

Emiluvia sp.

Praeconocaryomma sp.

Pantanellium cf. *riedeli* PESSAGNO

Pantanellium sp. A

Tripocyclia blakei PESSAGNO

Acaeniotyle diaphorogona FOREMAN

Nassellariina 亜目

Williriedellum cf. *crystallinum* DUMITRICA

Archaeodictyomitra sp. A

Hsuum maxwelli PESSAGNO

Parvicingula mashitaensis n. sp.

Mirifusus baileyi PESSAGNO

Pseudodictyomitra minoensis n. sp.

Pseudodictyomitra okamurai n. sp.

Pseudodictyomitra sp. A

Spongocapsula sp. A

Spongocapsula sp. B

Spongocapsula sp. C

Xitus gifuensis n. sp.

Protunuma fusiformis ICHIKAWA and YAO

Podobursa triacantha (FISCHLI)

Eucyrtidium (?) *ptyctum* RIEDEL and SANFILIPPO

Pseudoeucyrtis sp.

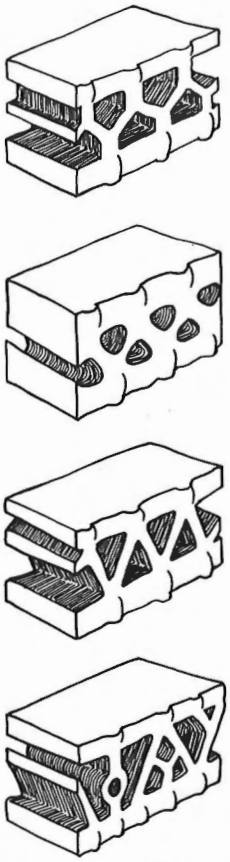
Napora sp.

Saitoum sp.

これらの化石種は，カリフォルニアから PESSAGNO(1977a)，ヨーロッパから BAUMGARTNER *et al.* (1980)，また大西洋深海底ボーリングについて FOREMAN (1978) が報告したものといくつかの共通種をもっている．

Mirifusus について

馬瀬川層の放散虫の中でその特徴が容易に識別され，出現頻度も割合に高く，さらに地質時



第4図 *Mirifusus* 属の外殻構造
Fig. 4. Pore frame structure of *Mirifusus*'s shell.

代の決定に役立つものとして，*Mirifusus baileyi* PESSAGNO がある．*Mirifusus* 属は PESSAGNO によって，1977年，新科 Parvicingulidae とともに，その中に含めて記載された．彼は走査型電子顕微鏡の優れた分解能と大きな焦点深度を利用して，放散虫化石の形態的特徴を洗い出し，それに基づいて新しい分類と命名を試みてきている．*Mirifusus* 属もそのようにして設定されたもので，HAECKEL (1887) の分類法では *Lithocampe* などがこれに含まれている．

その名称がラテン語 mirus（おどろくべき，けたはずれの）と fusus(紡錘）からとられているように *Mirifusus* は大きくふくれた紡錘形の回転楕円体のような形をしていて，放散虫の中ではその殻は大型の部類に属し，径は 400 μm 以上にもなる．殻室を区切る位置には，その周辺を取り巻いて，Parvicingulidae 科の特徴としてあげられている circumferential ridges が発達しており，それら ridges の間に規則的な pore frame が見られる．殻壁は2ないし3層からなるとされているが，筆者の検討結果でも BAUMGARTNER *et al.* (1980) の記載を読んでも，3層の発達は必ずしもすべての *Mirifusus* に認められるわけではない．

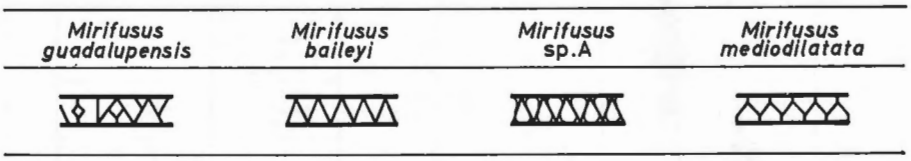
現在，*Mirifusus* 属には，*M. guadalupensis* PESSAGNO, *M. baileyi* P., *M. mediodilatatus* (RÜST)が記載されている(PESSAGNO, 1977a; BAUMGARTNER *et al.*, 1980)．また，*Lithocampe mediodilatata* RÜST (MOORE, 1973 ; RIEDEL and SANFILIPPO, 1974 ; FOREMAN, 1975, 1978) はこれに属する．

Mirifusus は大型球形に近い殻をもつこと，その殻壁をつくる pore frame の meshwork に特徴があることによって容易に他の Parvicingulidae と区別ができる．その構造が明瞭に示されている PESSAGNO (1977a) と BAUMGARTNER *et al.* (1980) の記載から上下一対の対応する circumferential ridge の間にみられる meshwork の形態を調べてみると第4図のようになる．PESSAGNO (1977a) はその進化系列において，*M. guadalupensis* から *M. baileyi* へと変ったであろうと述べているが，その系統的な変化は meshwork の構造からもまた理解できる．

すでに報告されているこの属の放散虫をこの meshwork にみられる形態によって整理してみると第5図のようになる．FOREMAN (1973) の Theoperid G. & Sp. indet. (FOREMAN, 1973; Pl. 12, fig. 2) はおそらく *Mirifusus mediodilatata* であろう．またMOORE(1973)の *Lithocampe mediodilatata* (Moore, 1973 ; Pl. 2, fig. 6) は *M. baileyi* の構造を有している．

一方，殻壁の層構造と pore frame の両者を細かく検討した BAUMGARTNER *et al.* (1980)

は形態的な部分的特徴を特別視することなく，*Mirifusus*（？）*mediodilatata* PASSAGNO と *M. baileyi* P. をあわせて *M. mediodilatatus*（RÜST）と一括する方が良いと主張している．BAUMGARTNER の主張が古生物学的に正しいか否かは別問題として，明らかな形態的な相違が殻の meshwork に認められているので，それに基づいて比較を試みると，BAUMGARNER の *Mirifusus mediodilatatus*（RÜST）（BAUMGARTNER *et al.*, 1980 ; Pl. 5, figs. 9 and 10）は，筆者がここで記した *mediodilatata* 型に，また BAUMGARTNER の *M. mediodilatatus*（RÜST）（BAUMGARTNER *et al.*, 1980 ; Pl. 5, fig. 11）は *baileyi* 型に属する．



Mirifusus guadalupensis
Pessagno(1977a)
Pl.10,figs.9-11.

Mirifusus guadalupensis
Baumgartner et al.
(1980)
Pl.5,figs.12-14.

Lithocampe mediodilatata
Moore(1973)
Pl.2,fig.6.

Lithocampe mediodilatata
Riedel and
Sanfilippo(1974)
Pl.7,figs.3,4.

Mirifusus baileyi
Pessagno(1977a)
Pl.10,figs.6-8.

Mirifusus mediodilatatus
Baumgartner et al.
(1980)
Pl.5,fig.11.

Lithocampe mediodilatata
Foreman(1975)
Pl.2k,fig.2.

Mirifusus
sp. A.
Pessagno(1977a)
Pl.10,figs.15,16.

Theoperid
G. & Sp. indet.
Foreman(1973)
Pl.12,fig.2.

Lithocampe mediodilatata
Riedel and
Sanfilippo(1974)
Pl.7,figs.1,2.

Mirifusus (?) mediodilatata
Pessagno(1977a)
Pl.11,figs.1,2.

"Lithocampe" mediodilatata
Pessagno(1977c)
Pl.9,fig.2.

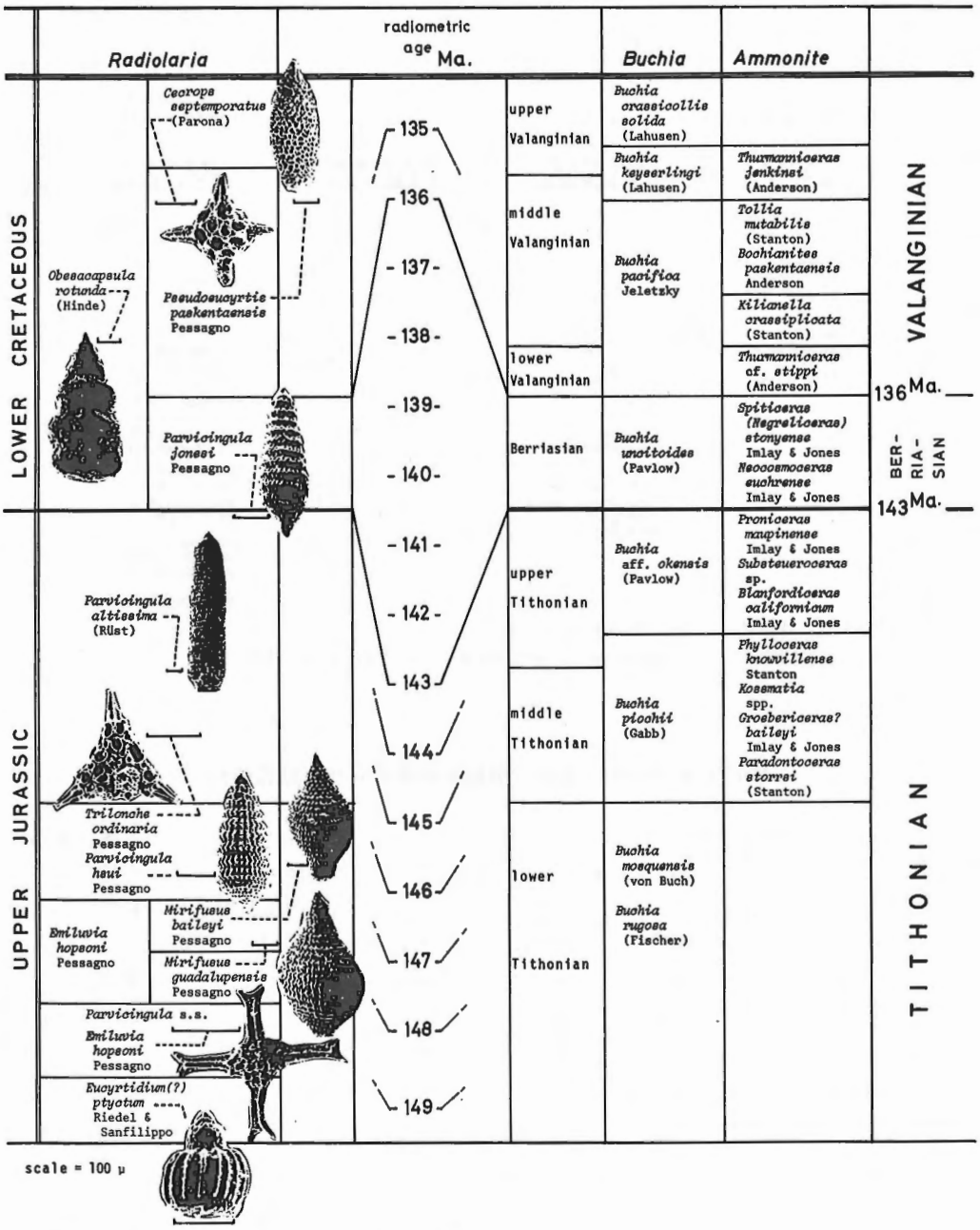
Mirifusus mediodilatatus
Baumgartner et al.
(1980)
Pl.5,figs.9,10.

第5図　外殻構造による *Mirifusus* の分類
Fig. 5. Classification of *Mirifusus* according to its pore frame structure.

Mirifusus baileyi を伴う放散虫群集の対比と地質時代

Mirifusus 属の形態的特徴について，前章ではかなり細かく述べた．それは，この属の特徴を描出しながら，それらが普通の光学顕微鏡でも観察することが可能であることを指摘し，それ故に，古い記載であっても図を注意深く観察することによってこの属に関して比較同定ができることを示したかったからである．例えば RÜST（1885）の原記載，*Lithocampe mediodilatata* は，まさに第4図に示したうちの *mediodilatata* 型である．これはスイス西部の Tithonian の Jasper に出ると RÜST(1885)は記している．また，HINDE(1902)はボルネオの River Badoengan から *Stichocapsa ovata* n. sp.（HINDE, 1902 ; Pl. 4, fig. 40）を記載しているが，これは *mediodilatata* 型または *baileyi* 型のいずれかで，*guadalupensis* 型ではないことがその図からわかる．彼は，それがスイスのジュラ系産 *Stichocapsa perpasta* と共存すると記していて，ヨーロッパとの生層序対比に手掛りを与えている．DEGL' INNOCENTI（1927）の *Lithocampe mediodilatata*（DEGL' INNOCENTI, 1927 ; Pl. 9, fig. 150）は明らかに *Mirifusus mediodilatata* そのものである．これはイタリア西北部 Canavese のアルプス，上部ジュラ系 Malm の赤色チャートから産するとされている．ZHAMOIDA(1972)はソ連東部の中生代放散虫生層序の研究をまとめたが，その中で *Stichocapsa ovata* HINDE（ZHAMOIDA, 1972, Pl. II, figs. 6 and 7 ; Pl.

III, fig. 3) が Iman 河上流 Nikolaevskaya Stratum, Khekhtsir の Krasnorechensk Series および Tetyukhe 河の Tetyukhinsk Series から産すると記載している．これらは ZHAMOIDA の考えによって上部三畳系の中に入れられているが，しかし，模式的に描かれた Tetyukhinsk Series の地質断面図 (ZHAMOIDA, 1972, p.22, fig. 5) からわかるように，二枚貝を産する上部三



第6図　カリフォルニアのジュラー白亜系の生層序

Fig. 6. Biostratigraphic correlation chart of the Jurassic-Cretaceous in the California Coast Ranges (based on the data by JONES *et al.*, 1969, IMLAY and JONES, 1970, and PESSAGNO, 1977a, 1977b.)

畳系石灰岩の上位に厚い砕屑岩相が重なり，その中に大小さまざまなレンズ状の石灰岩，石灰岩質角礫岩，凝灰岩が挟まれ，放散虫はこの中の珪質泥岩，もしくは頁岩から分離されている．したがって，ここでは放散虫を含む地層が上部三畳系と正常な累重関係にあるかどうかは疑問である．ZHAMOIDA の *Stichocapsa plicatoderma*（ZHAMOIDA, 1972 ; Pl. IV, fig. 9, Pl. VI, figs. 1 and 4）および *Stichocapsa ovatoidea*（Pl. VI, figs. 3, 5 and 6）は外形と大きさから推定すると *Mirifusus* に酷似する．そしてこれらはジュラ系と考えられている Erdagousk Series から産出している．市川ら（1980）が記しているように，ここから出る放散虫群集は美濃地域のそれによく似ていることが知られていて，岩相の特徴とともに今後の研究に大きな関心が持たれる．

以上の例から推定されるように，*Mirifusus* あるいはこれに相当する種属の出現時期はジュラ紀，おそらく後期ジュラ紀であることがわかる．しかしながら，本格的な放散虫によるジュラ系の分帯がはじめられたのはごく最近なので，それを参考にして馬瀬川層の地質時代を検討してみよう．PESSAGNO（1977a）はカリフォルニアの Coast Ranges で放散虫による分帯を試みたが，そこはすでに JONES *et al.*（1969）によって二枚貝 *Buchia* に基づく生層序がたてられており，さらに IMLAY and JONES（1970）により共存するアンモナイトを使って対比が行なわれていた．それらは第6図のようにまとめることができる．さて PESSAGNO（1977a）は彼の Text-fig. 3 で *Mirifusus baileyi* と共存する48種の放散虫をあげている．馬瀬川層において種まで同定されているものとの共通種をその中からひろってみると，*Archaeospongoprunum implayi, Tripocyclia blakei, Hsuum maxwelli, Mirifusus baileyi, Podobursa triacantha, Eucyrtidium*（？）*ptyctum* である．これらの種によって判断すると馬瀬川層は，PESSAGNO の分帯結果の Subzone 2B，すなわち，下部 Tithonian になる．

一方，BAUMGARTNER *et al.*（1980）の行なった放散虫による生層序の研究はヨーロッパの各地，すなわち南アルプス，トスカナ，シシリー，ルーマニア，東ギリシャのいわゆる Tethys 地域の上部ジュラ系について最近の考え方を明らかにしている．馬瀬川層には *Mirifusus guadalupensis* は産出せず，またカリフォルニアではこれと *M. baileyi* とは共存しないこと，さらにすでに論じたように BAUMGARTNER *et al.*（1980）の *M. mediodilatatus* としたものの一部には *M. baileyi* が含まれていることを考慮して，*M. guadalupensis* と共存せず *M. mediodilatatus* と共存する種をあげると，彼らの unitary association を表示した species range から16種を見い出すことができる．そのうち馬瀬川層のものとの共通種は *Eucyrtidium*（？）*ptyctum*, *Mirifusus mediodilatatus*（*M. baileyi*）および *Parvicingula mashitaensis* n. sp. と考えられる彼らの *Parvicingula boesii* group のものである．これら3種によって限定される地質時代は Tithonian となる．

微化石生層序について，最近新しく大きな手がかりを与えたのは深海底掘削計画の研究である．すでに触れたように，MOORE(1973)，FOREMAN(1973)，RIEDEL and SANFILIPPO(1974)，FOREMAN(1975)等の報告になる DSDP の資料は世界の陸域各地の岩石から得られた放散虫を検討するのに大いに役立っているが，その中でも Leg 41の資料はその地質時代の対比に重要な鍵となるものである．FOREMAN（1978）は Leg 41 の Hole 367 から24種の放散虫を報告している．その中の *Mirifusus mediodilatata s. l.* は *M. baileyi* を含むとされているが，これと共存する17種のうち，馬瀬川層の群集と共通のものは，*Hsuum* sp., *Podobursa triacantha, Pantanellium riedeli* を含むところの *Sphaerostylus lanceola* group, おそらく *Parvicingula mashitaensis* n. sp. を含むか，あるいはこれと酷似の *Mirifusus boesii, Mirifusus mediodilatata* である．この Hole 367 の地質時代は共存する有孔虫（KUZNETSOVA and SEIBOLD, 1978）と

nannofossil (CEPEK, 1978) から後期ジュラ紀とされている．また，これらの化石とは独立に，同地点に産出するアンモナイトの蓋の化石から上記放散虫の出た層準，Hole 367 の下部がドイツの Solenhofen やポーランドの Carpathians の上部ジュラ系と対比されている (RENZ, 1978).

最近，あらためて詳しく検討されたルーマニアのカルパチア・アルプスの研究によるとカリフォルニアの上部ジュラ系とまったく同じ放散虫群を含むチャート (jasper bed) は大型化石から Callovian 前期よりも古くなく，また Oxfordian 後期より若くはないという (BAUMGARTNER, 1980, p. 276)．その中には，*Archaeospongoprunum implayi, Hsuum maxwelli, Tripocyclia blakei, Podobursa triacantha, Eucyrtidium* (？) *ptyctum* が含まれており，また *Mirifusus mediodilatatus* と同時に *Mirifusus guadalupensis* も見い出されると記されている．つまり，最後の *M. guadalupensis* を除くと，馬瀬川層中の放散虫の中にはルーマニアの Callovian–Oxfordian の要素が含まれていることになる．ただ，*M. guadalupensis* はPESSAGNO (1977a) においても Kimmeridgian–Tithonian とみなされているので，この放散虫を欠く馬瀬川層は古くても Tithonian 下部と考えられよう．

なお，*Mirifusus* 属は含まないが，馬瀬川層の放散虫群集ときわめてよく似て，Tithonian と考えられているものが，カナダの Vancouver 島，Pacific Rim Complex (LANG and MULLER, 1975) から報告されている (MULLER, 1976)．この放散虫の鑑定は PESSAGNO によったと述べられているので，その結果はカリフォルニアの PESSAGNO (1977a) の報告と直接比較が可能と考えてよかろう．同定された種を列記すると，*Eucyrtidium* (？) *ptyctum, Praeconocaryomma mamillaria, P. magnimamma, Hsuum maxwelli, H. cuestaensis, H. obispoensis, Pantanellium riedeli, Archaeodictyomitra rigida, Parvicingula turrita, P.* sp., *Paronaella* sp., *Spongocapsula palmerae, Emiluvia* sp. である．これらはカリフォルニア，ヨーロッパなどの *Mirifusus* 属を含む群集の中に含まれているものと共通種が多い．しかし，にもかかわらず，Pacific Rim Complex からは *Mirifusus* 属は報告されていない．Pacific Rim Complex の生層序学上の位置は PESSAGNO (1977a) による Subzone 2A であると対比されている．すなわち，Kimmeridgian–Tithonian に相当する．

以上，*Mirifusus* 属を含む群集を中心にして生層序と地質時代の検討を試みたが，その結果は，多くの点で馬瀬川層の放散虫群集が上部ジュラ系のものであるという一致をみた．幅を広くとっても，おそらく Kimmeridgian–Tithonian の中に含まれるであろう．筆者は，次に述べる馬瀬川層に含まれる白亜紀型の放散虫から推察して，馬瀬川層は Tithonian のものと考える．おそらく，Tithonian 下部であろう．

馬瀬川層中の放散虫は，すでに公表されている世界各地の Tithonian あるいは Kimmeridgian–Tithonian の群集とすべての構成種が一致しているわけではない．例えば *Acaeniotyle diaphorogona* FOREMAN は，DSDP の Leg 20 のジュラ後期から白亜紀の Valanginian–Hauterivian にかけて産出するものである (FOREMAN, 1973)．*Parvicingula mashitaensis* n. sp. は，BAUMGARTER *et al.* (1980) の *Parvicingula boesii* (PARONA) に酷似するが，PARONA (1890) の原記載のそれとは頂角が *P. mashitaensis* においてもっと鋭く，それとは異なっている．BAUMGARTNER *et al.* (1980) はこれらを *P. boesii* group と一括して取り扱っていて，これが Oxfordian–early Hauterivian にわたって産すると記している．PESSAGNO (1977b) は，*P. boesii* が middle Tithonian–upper Valanginian に出ると述べ，また，FOREMAN (1975) は *Dictyomitra boesii* が Berriasian–Barremian の範囲にわたって認められると報告している．さらに，*Xitus* は PESSAGNO (1977b) によって設定された属であるが，カリフォルニアの

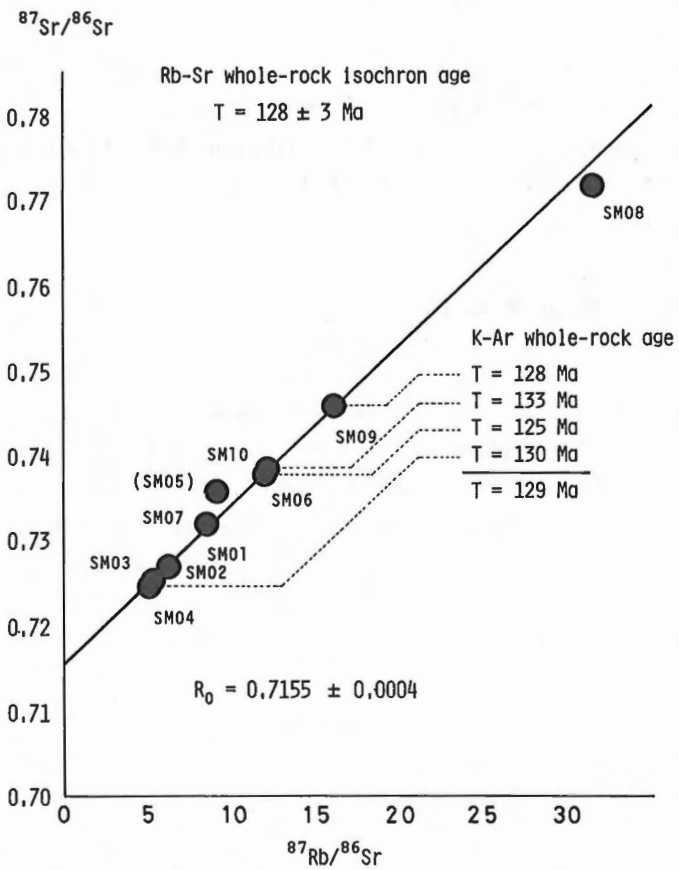
Coast Ranges では白亜系から記載されている.

以上，白亜紀に多産する放散虫の存在については次の二つの解釈が可能である．ひとつは馬瀬川層の放散虫群集は化石の再堆積，つまり Tithonian あるいは Kimmeridgian から Hauterivian までの化石の混合群集であるという解釈であり，他は，すべての放散虫化石が同時期のものでひとつの群集をつくるとするものである．最近，THIEDE (1981) は， DSDP のデータを整理して海洋底堆積物中の微化石が再堆積し，混合群集として時代の異なったものが共存して現われる例を示した．彼は古い時代には，そのような微化石の再堆積はほとんどなかったと書いているが，それは試料の質と量，そしてそれに帰因する生層序分帯の分解能によるのであって，決定的な理由があって導かれた結論とは思われない．それは，古い時代の化石については，その生存期間や分布範囲について確立した知識は乏しく，また当然のことながら，時代が古くなるに従って，誤差も大きくなり，この種の議論を精度をあげて進めることができなくなるからである．しかしながら，馬瀬川層の放散虫群集が，ジュラ紀から白亜紀中期にかけて，時代の異なった化石群の混合したものであるという可能性については，筆者は否定的である．何故ならば，1)白亜紀中期に出る放散虫化石が馬瀬川層には産出しないこと，もし混合群集ならば，もっと多量にその頃の化石が見い出されても良いはずである．2）馬瀬川層の放散虫の種類と産出頻度には，それほど変動はなく，比較的一様であって，不規則な混合状態を示していない．3）放散虫殻の再結晶の程度とその損傷度から判断して，特定の化石種が他に比べて著しく年代が経過したものであるとは考えられないこと，などの理由からである．ただし，馬瀬川層中の放散虫がある時代を代表するひとつの群集と判断するためには，わが国の研究の現状ではデータが少なく，さらに他地域からの研究結果が集積しない限り断定することはできない．しかし，TSUJI(1981)による木曽山地の研究結果などを参考にすると *Mirifusus baileyi* PESSAGNO を代表種とする放散虫群は中部地方の内帯各地に，ある時代を代表する群集として存在する可能性は大きい（MIZUTANI *et al.*, 1981).

同位体年代

放散虫などの浮遊性微生物による地質年代の対比は，それらが海流などによって他の地域に移動する速度に比べて繁殖速度がはるかに大きい，また，問題の生物が死滅した時刻とその後，堆積物の中に取り込まれた時刻の差は，地質学的時間に比べて無視しうるほど短い，という仮定の上に立っている．そしてこれらの微化石に基づくある地域の生層序区分は，別の化石によるその地域の生層序区分と組み合せ，各地でそれらを比較し，その作業を繰り返して，古典的に定義された地質時代の層序区分の模式地につなぐ，という方法によって最終的に確立される．いわゆる biostratigraphy の方法である．この方法は“順序型”変数を順序に視点をおいて並べるという作業を意味するものであって，決して年代を数値で与えるものではない．年代を数値で示すためにはどうしても放射性同位体を利用した年代決定法に頼らざるを得ない．従来迄，多くの火山岩，深成岩でその威力を発揮したこの年代測定法は，堆積岩については，その成功例は少い．それは次のような理由による．堆積岩に限らず，放射性同位体による年代とは，その同位体に関して問題の鉱物や岩石が化学的に閉鎖系になった時刻から現在にいたるまでの経過時間を意味している．したがって，もしそれ自身がすでに閉鎖系になっているような古い固体片が堆積岩の中に混入している場合には，全岩で測定した年代値は，古い固体片の年代に影響を受けるので，堆積した年代を直接表わすことにはならない．これに対して，自生鉱物の形成年代を求めて，それによって地層の形成年代に代えるという考え方がある．それは自生鉱

物の形成が完結する期間は，その地層が堆積してから現在にいたるまでの期間に比べて，はるかに短い時間であるという暗黙の仮定に立って進められる議論である．事実，この種の鉱物として用いられている海緑石を使った年代は比較的堆積年代に近い値を示している（OWENS and SOHL, 1973 ; HARRIS and BOTTINO, 1974 ; FITCH *et al.*, 1978 ; ODIN *et al.*, 1978 ; HARRIS and ZULLO, 1980）．しかし，古い時代のものになるとそれは若く出ることが多い（HURLEY *et al.*, 1960 ; LASKOWSKI *et al.*, 1980）．このような問題を精確に議論するためには，原理的に，地層の堆積した時刻，堆積岩が問題の同位体に関して閉鎖系となる期間，および堆積岩の全岩の同位体年代のすべてについて詳細なデータが必要である．また，Rb-Sr 全岩年代測定を試みた COMPSTON and PIDGEON (1962), BOFINGER and COMPSTON (1967), BOFINGER *et al.* (1970), GEBAUER and GRÜNENFELDER (1974), CORDANI *et al.* (1978) の報告をみても，さらに鉱物種レベルの問題がこれにかかわってくることが想像され，CLAUER (1979) がまとめているように，堆積岩の中に含まれている細粒鉱物の性質，つまりそれが砕屑性であるか，堆積時に化学的に水から沈澱したものか，運搬されてきた鉱物種が結晶構造を基本的に大きく変えることなく変化したものであるか，あるいはまた，あらたに新しい鉱物として再結晶したものかどうか，などの過程が同位体年代測定結果に大きく関係してくる，と考えられる．ここでは松本・柴田（1977）によってまとめられている地質年代を参考にしながら，馬瀬川層の同位体年代について考察してみよう．

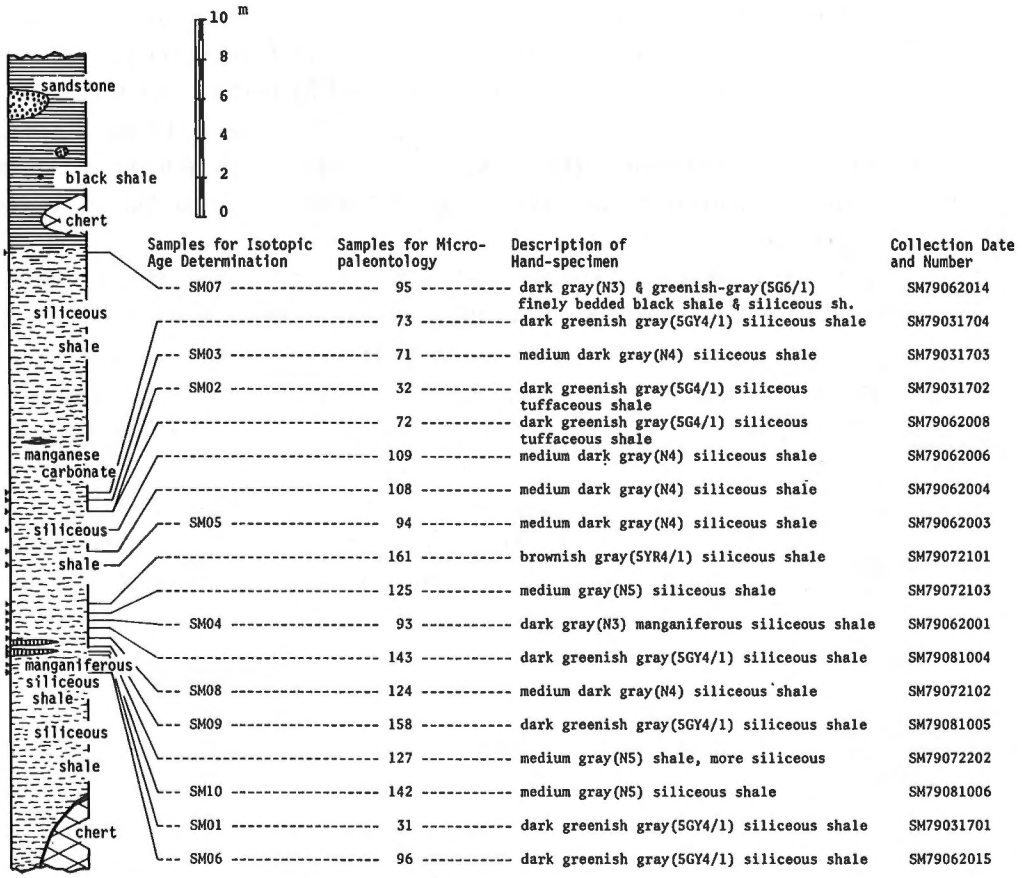


第7図　馬瀬川層の同位体年代
Fig. 7. Isotopic ages of the Mazegawa Formation (SHIBATA and MIZUTANI, 1980). See Fig. 8 for sample description.

第7図は SHIBATA and MIZUTANI (1980) による馬瀬川層珪質頁岩の Rb-Sr 全岩アイソクロン図であり，その年代は 128 ± 3 Ma である．$^{87}Rb/^{86}Sr$ のほぼ5から30の幅広い範囲にわたってこれら分析結果が示す直線性は，明らかにその時刻に問題の同位体が閉鎖系になったことを示している．SHIBATA and MIZUTANI (1980) はさらにこの馬瀬川層珪質頁岩の試料について K-Ar 同位体年代を測定した．Rb-Sr 全岩アイソクロンの直線上にのる5試料のうち4試料は，125, 128, 130, 133 Ma を示し，この結果もまた，この時刻に，K-Ar 系について同様に全体が開放系から閉鎖系になったことを物語っている．すでに述べたようにこれは馬瀬川層の堆積年代ではない．それが沈積し，固結して，全体として同位体が試料の大きさ（ほぼ握りこぶし大）以上に移動した

くなった時刻を示しているのである．そのような堆積岩とは一体どのような状態にあったのであろうか．十分に水が多く，流動体や塑性体として挙動する状態ではないであろう．そのような場合にはおそらく水を媒介として化学種が容易に移動すると想像されるからである．また，もし，海水が十分にあり，かつその海水と完全に化学種の交換平衡が成り立っていたとすると $^{87}Sr/^{86}Sr$ の初生比は，第7図に示したような0.7155というような高い値をとらず，その頃の海水の値として推定されている0.707前後（PETERMAN *at al.*, 1970）の値をとるであろう．馬瀬川層のアイソクロンに対する初生比は，堆積物が海水と非平衡のまま化学的に閉じられてしまったことを示している．おそらく，その時にはこの珪質頁岩はある程度，固結した状態になっていたであろう．堆積岩の固結，これは続成作用の問題である．

珪質堆積物の続成作用についてはシリカの鉱物学的変化を鍵にした多くの研究がなされ（水谷，1976），DSDP の結果（CALVERT, 1974；VON RAD and RÖSCH, 1974）などからもいくつかの例が知られている．非晶質珪酸が opal-CT を経て石英になる過程をひとつの物指として考えると，石英を含むチャートが深海底で形成されるのは40 Ma–100 Ma（SIEVER, 1979）ぐらいといわれている．しかし，カリフォルニアの Monterey shale(MURATA and LARSEN, 1975; MURATA and NAKATA, 1974；MURATA and RANDALL, 1975）はすでに十分固く，opal-CT を含み，その年代はほぼ20 Ma である．深海底の珪質堆積物も時に20 Ma 位の年代のものに



第8図　本報文で取扱った馬瀬川層岩石試料

Fig. 8.　Brief description of the rock specimens treated in this paper (cf. Fig. 7 and Fig. 9).

opal-CT が認められている（RIECH and VON RAD, 1979）．非晶質珪酸が opal-CT に変る期間があれば堆積物は十分固結した状態になるらしい．しかし，その期間は，問題の堆積物の経験する温度変化の歴史に依存している（MIZUTANI, 1970, 1977 ; UTADA, 1974 ; MURATA *et al.*, 1979）．深海底堆積物に比べてわずかではあるが，比較的高い温度を経験したと推定されるわが国の中新世の堆積物には明らかに自生鉱物としての石英が存在する（UTADA, 1965）．一方，これらの事実とは別に，十分に固結したという物理的状態が，ある化学種について閉鎖系であるか開放系であるかということとどのような関係があるかについては，まだわれわれはほとんど何も知らない．堆積物が沈積してから同位体について閉鎖系となる期間，そのように定義された“続成作用の時間”は，堆積年代が既知であれば計算することはできるが，実例についてはほとんど知られていない．また，熱エネルギーの出入を考慮すると，たとえ化学的環境や堆積物の化学組成がまったく同じであっても，原理的に，“続成作用の時間”は一義的には定まらない．ただ，上述したいろいろな報告から推定すると，海洋性珪質堆積物が経験するような物理的化学的環境下では，この“続成作用の時間”をほぼ20 Ma と見積もることは不自然な推定ではなかろう．そこで，ここではこの値を馬瀬川層の“続成作用の時間”とする．このように考えると

堆積年代＝“続成作用の時間”＋Rb-Sr 全岩アイソクロン年代

の式から，堆積年代は148 Ma となる．つまり，馬瀬川層は，誤差を考慮に入れると，今から，約１億5000万年前に海底に堆積したことになる．

この値は“続成作用の時間”と同位体年代から求めたもので，ジュラ紀とか白亜紀とかいうこととは関係はない．*Mirifusus baileyi*, *Eucyrtidium*（？）*ptyctum*, *Parvicingula mashitaensis* 等を含む地層が堆積した時代である．ここで ARMSTRONG and MCDOWALL (1974) によってまとめられた世界の地質区分の放射年代を参考にしてみよう．彼等によると白亜紀とジュラ紀の境界は143 Ma，そして Tithonian は143-150 Ma にわたる期間である（第６図参照）．馬瀬川層について SHIBATA and MIZUTANI (1980) が推定した堆積年代，約150 Ma は Lower Tithonian の時代に相当することになる．

中生代の同位体年代と生層序の関係を検討した時代尺度には，さらに VAN HINTE (1976) のまとめたものがあり，AGER (1981) はその値を用いている．この時代尺度のうち，とくに後期ジュラ紀の値は，AFANASSYEV (1979)，GYGI and MCDOWELL (1970) の海緑石についての測定結果，BORSI *et al.*(1966)の火成岩の年代を参照し，決定的なデータとして，三畳紀-ジュラ紀の境界値190-195 Ma，ジュラ紀-白亜紀の境界値を135 Ma としている．VAN HINTE(1976) の参照した研究結果は，その壊変定数として古い値を採用して計算しているので，そのまま数字の上で比較はできないが，後期ジュラ紀に相当する年代については数％ほど若く出ることを記憶に止めておけばよいであろう．VAN HINTE の尺度では馬瀬川層の堆積年代は Oxfordian となる．ただし，ギリシャの Kimmeridgian 上部と Portlandian（つまり Tithonian）中部の間にあると推定される花崗岩年代から得られた同位体年代は150 Ma と計算され（BORSI *et al.*, 1966），VAN HINTE (1976) の尺度から大きく外れている．この BORSI *et al.* (1966) の値を採用すると，馬瀬川層の年代は Tithonian という結果になる．

第７図の数値に対するもうひとつの解釈がある．それは，“続成作用の時間”は一義的には定められない，ということからこれを未知数とする見方である．そして，すでに世界各地から報告され，それらをまとめて作られた年代区分を既知の尺度とみなす見方である．もちろん，生層序による対比を信頼できるものと考えるわけである．換言すると，放散虫化石から得られた生層序区分を Tithonian と認め，地質区分年代から，その時代を 140-150 Ma と算定する．次式は，未知数を“続成作用の時間”としてこれを求める方法となる．すなわち

“続成作用の時間”＝堆積年代－Rb-Sr 全岩アイソクロン年代

から，馬瀬川層の“続成作用の時間”は12-22 Ma であることを知る．

以上述べたように馬瀬川層の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代に対する説明には，何を未知数にし，何を確定的な値とみるかによって，二つの異なった立場があるが，いずれをとっても誤差の範囲を考えると，相互に著しく矛盾したものではない．このことは同位体年代から推定した馬瀬川層の堆積年代が，ほぼ145 Ma であるとすることに強い積極的な支持を与える．

以上，同位体年代測定結果について，生層序学的な検討をもあわせて考察した．しかし SHIBATA and MIZUTANI (1980) の報告には，まだ説明不十分なまま残されている二三の測定結果が記されている．それは，堆積岩の同位体年代測定に関する共通の問題でもあるので，最後にそれに触れておこう．

Rb-Sr 全岩アイソクロン年代を示した第7図には，128 Ma の直線からやゝ外れる試料がひとつある．この試料 SM 05 は上記のアイソクロン年代測定の計算からは除外された．そして，さらに興味深いことには，この SM05 に対して行なわれた K-Ar 全岩年代は 157± 5 Ma という結果を示した．これらの測定結果は，このSM 05 が他のものと異なった試料であることを物語っている．おそらく，砕屑性物質，とくに古い砕屑性物質，そしてそれ自体がこれらの元素に関して閉鎖系となっていた砕屑性物質が混入しているためであろうと考えられる．さらにもうひとつ奇妙な例がある．第7図の Rb-Sr アイソクロン直線上の SM 02 について求めた K-Ar 年代が165± 4 Ma を示すことである．Rb-Sr 年代と K-Ar 年代との間のこの37 Ma の差は，おそらく上述した砕屑性物質の混入に起因していて，堆積岩の鉱物組成の均質性に関連する問題であろう．これらの例外的な測定結果があるにもかかわらず，Rb-Sr アイソクロンはみごとな直線性を示していて，大半の試料については ^{87}Sr と ^{86}Sr に関しては0.7155という初生比をもった均質化があったこともまた事実である．これらの結果の示す古い砕屑物の混入と均質性が，一般の細粒堆積岩の同位体年代についてどの程度のゆらぎを与えるかという点に関しては，今後さらに多くの事例について検討を続ける必要があろう．

生層序と同位体年代区分の議論を進めていく時，常に気づく興味ある事実がある．それは，第6図にも表現されているが，生層序区分の分解能が地質時代を通して一様ではないということである．ある時期には時代区分は著しく詳細で細かく，しかし別の時期には，化石による分帯はあまりにも茫然としていてその上下の地層の時代区分と必ずしも同一精度で議論することができない．第6図から理解できるように，白亜紀下部の Berriasian はそのような時期のひとつである．Tithonian-Berriasian の年代区分の関係は，この生層序学的問題，つまり化石による分帯区分の分解能の非一様性からくる問題とも関係している．これはジュラ紀と白亜紀との境界問題にも直接関係し，Tithonian という語が用いられるようになった経緯にもかかわる興味深い課題であるが，現在，われわれがもっているわが国のデータからこの疑問に直接答えることは難しい．

馬瀬川層の地質学的問題

馬瀬川層の岩相およびその分布は第2図と第3図にまとめられている．それらを参考にしながら，美濃地域の他の例と比較し，馬瀬川層の地質学的な問題を整理しておこう．

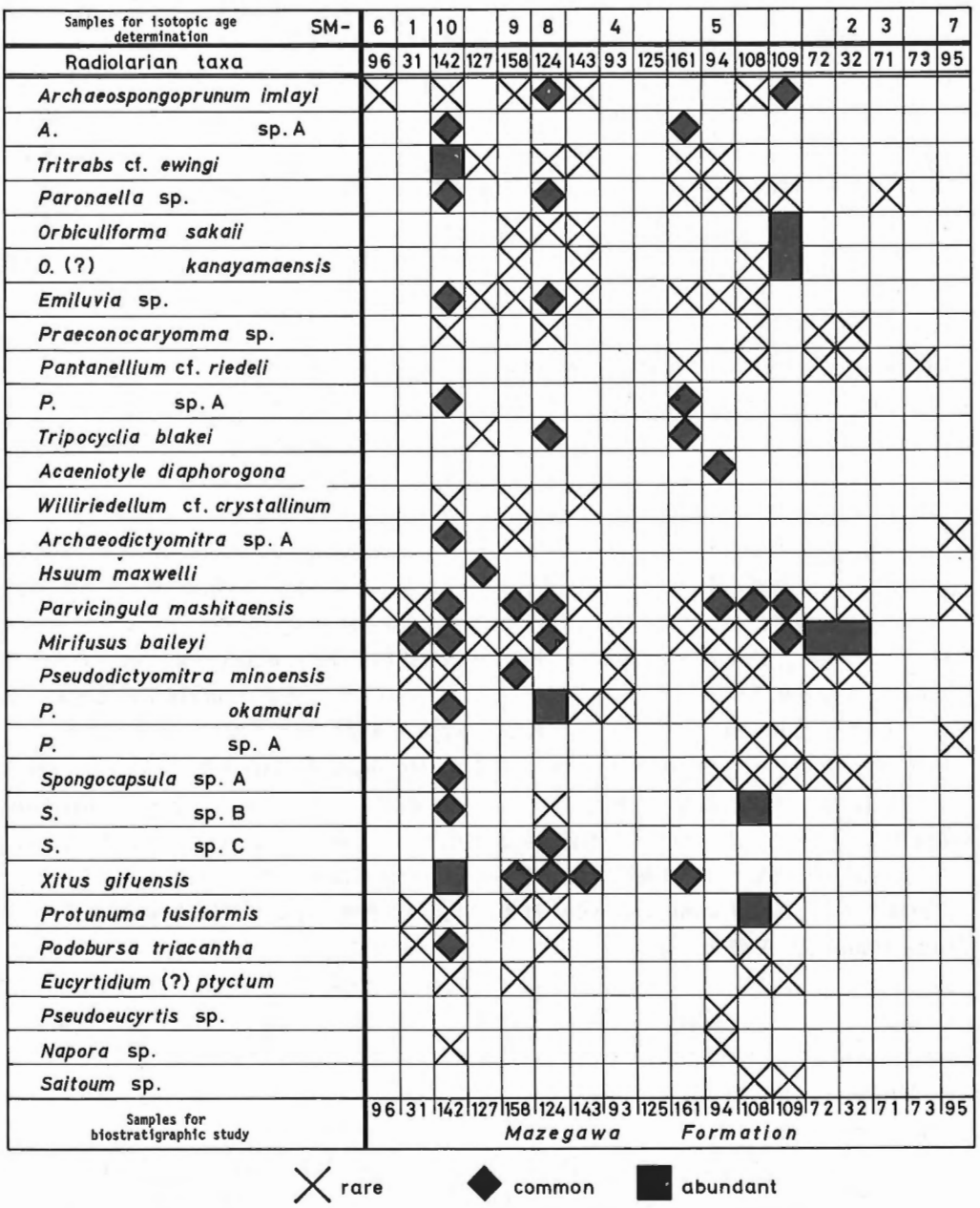
馬瀬川層は，すでに述べたように，層状に分布し，下部はチャートに接しているが，露頭で観察する限り，この両者の関係は不連続であって，その間には断層が存在する．しかし，その断層がいかなる性質をもったものか判然としない．断層による変位の結果，チャートが未固結，

あるいは半固結の珪質頁岩と接するようになり，その後何の変位も受けず現在にいたったのか，あるいはその後再び別の変位を受けて現在のような接触状態になったのか，あるいはまた，チャートも珪質頁岩も固結した後に断層によって両者が接するようになったのか，あるいはこのような運動が何回も，繰り返しあったのか，このような点に関しては，直接それを裏付ける事実はない．しかし，実験や経験によると，固結した地層，つまり充分に固く，脆性破壊を起す寸前まで，力学的に弾性体のように挙動する物体が，破断を伴って変動する時，多くの場合，その変位はまっすぐのびた不連続面を境界面として進行する．馬瀬川沿いの露頭で観察されるようなチャートと珪質頁岩の関係（第2図）が示す彎曲した境界は，両者がともに固結した状態で，断層によって相接するようになったものではない——もっと厳密にいえば，両者が固結した状態で断層によって相接するようになったと考えるにはあまりにも稀な場合である——ことを示している．すなわち，ここで見られるチャートと珪質頁岩の関係は，固結したチャートが未固結もしくは半固結の珪質頁岩と接するようになったことを暗示しているのである．露頭で見られるチャートの層内褶曲が，その時，同時に形成されたとするのはひとつの考え方であろう．

馬瀬川層は黒色頁岩と細かい互層をしながら上位の頁岩に漸移する．そして地質図に示したように，この上位の黒色頁岩の中には，大小さまざまな砂岩，チャート，マンガン・ノジュールのブロックが含まれている．これらは明らかに頁岩を基質としてそれらのブロックを礫として含む大規模な淘汰の悪い礫状岩である．生層序学的にみると，黒色頁岩は放散虫を含む上部ジュラ系の珪質頁岩から整合的に上位につづき，後期ジュラ紀ないしそれ以降の地層である．この中に含まれるチャートや砂岩の時代はまだ明らかではないが，チャートは美濃地域の三畳系のチャートにその岩相が酷似している．すなわち，三畳系と思われるチャートの大きなブロックが上部ジュラ系の頁岩の中に，礫状に含まれているのである．

以上述べたことをまとめてみると，未固結の堆積岩中にそれより古い——しかしずっと長い期間を隔てた古いものではなく，ごく近い昔の——堆積岩の層，もしくは岩塊が巨大な礫として含まれている，という関係が馬瀬川流域で見られることになる．層序学的ならびに堆積学的関係がさらに詳しく検討されたのは，郡上八幡（脇田・岡村，1979；岡村，1980）や美濃加茂（木戸・水谷，1981）の地域であるが，それらの結果を総合すると美濃地域にはほとんど全域にわたって，このような関係をもった堆積岩系が広く分布する可能性がきわめて大きい．すなわち，二畳系，三畳系の堆積岩体を大小いろいろな規模のオリストリスとして含むジュラ紀オリストストローム系がいわゆる美濃地域の実体を構成している，ということになる．もちろん，詳しくいえば，オリストリスとして，下部および中部ジュラ系も含まれているかも知れない．また，馬瀬川層自体がシート状の大きなオリストリスである可能性もまったくないわけではない．そして馬瀬川層の時代が後期ジュラ紀であることから考えると，最終的な全堆積岩系が現在示す分布状態とほぼ同じ状態になったのは白亜紀に入ってからのことであろう．しかし，この時代の確定と構造運動の終結に関しては，今後の研究にまたなければならない．

このような産状をなす堆積岩層についてはたとえその個々の層の中に化石が豊富に含まれていたとしても，それがいわゆる累重関係にないため，相互にどちらが古いか新しいかを野外の調査によって知ることはできない．また，ここで取り扱ったような放散虫化石，つまり，未だその生層序学的位置が確立していないような化石，を用いる限り，それによって層序を組立て，時代を決定することはできない．かといって，その化石を用いなければ他に古生物学上の手がかりがない以上，解決のための手がかりをみすみす失うことになる．このような制約条件に縛られながら，種数も個体数も莫大な数量をもったこの放散虫をどのように具体的に利用したら



第9図　馬瀬川層中の放散虫化石

Fig. 9. Radiolarian taxa in the Mazegawa Formation. See Fig. 8 for sample description.

よいか，これはわが国ばかりでなく，いわゆる変動帯地域の地質を調査し，その地史や地質構造発達史をひもとく時，共通の問題となるであろう．現在，最も一般的に用いられている方法は，いわゆる群集（Assemblage；HEDBERG, 1976）の設定とその解析である．すなわち，まず，ある岩石試料中に含まれる複数の放散虫種を同定する．そしてその放散虫とほぼ同種の放散虫の集合体がいくつかの別の地域の岩石試料からみつかった時，それらはひとつの群集を構成すると考える．放散虫の個体数があまりにも多いため，たったひとつの岩石試料から分離した少数の

放散虫群をある群集とみなすと混乱を起こすことがある．それは分離・同定の個体数に限りがあるため，再現性について大きな誤差を伴うことが避けられないからである．しかしながら，実際に，地質時代のある時間幅をとった時，いくつの群集が存在するのか，まったくわかっていない．同様に，何種類の種が共存すればひとつの群集が設定できたことになるか，も具体的にわかっていない．ただ，経験的に試行錯誤を繰り返しているだけである．そして，多くの場合，感覚的に形態的特徴の把握しやすい多産する特定の種を選び出して，それを中心にいくつかの群集をまとめあげていく．第9図に示した放散虫分布は馬瀬川層に含まれる放散虫化石が，ひとつの群集を構成すると考えた根拠を示すものであるが，同時に，そのように定めた内容のばらつきとひろがりの程度や限界を示すものでもある．極端な例としては試料番号125のように，同じ馬瀬川層の岩石であるが，放散虫の特徴種をほとんど含まないものも存在する．BAUMGARTNER *et al.* (1980) が unitary association としているものも，言葉は異なっているが，上述とよく似た考え方によっている．こうしてまとめられた群集は，個々独立に，散点的に空間座標の中に配置されているだけであって，それがどのような順序になっているかは群集をきめただけではわからない．順序を決定するのは，これらの群集の中に見い出されるかも知れない共通の種である．その共通種があれば，それを2つの異なった群集をつなぐ鎖とし，すでに認定されている群集をある順序に並べることができる．しかし，それでも，その結果は離散的である．しかも，両端が定ってもそのいずれが時代の古いものか，一義的にはきめられない．幸にも，馬瀬川群集については，すでに論じたように古典的な研究と比較できるような材料にも恵まれ，さらに，PESSAGNO (1977a)，FOREMAN (1978)，BAUMGARTNER *et al.* (1980) 等の最近の研究を対比に用いることができた．そして，これらとは独立に同位体年代の測定をも試み，その結果は，Rb-Sr アイソクロンと K-Ar 全岩年代両者に関して満足するものであった．代表的な種の名をとってこの後期ジュラ紀の群集を *Mirifusus baileyi* 群集とわれわれは呼んだ．馬瀬川流域で詳細に調査し，検討されてひとつの群集をなすであろうとされた *Mirifusus baileyi* 群集は，すでに述べたように木曽山地にも出ることが独立に知られるようになり，少なくとも中部地方の内帯では，生層序学的に意味をもった化石群集と考えられるようになった．美濃地域ではこの外に *Unuma echinatus* 群集と呼ぶべき群集，および *"Dictyomitrella"* sp. A -*Pantanellium* sp. A 群集と呼ぶべきものがあることが明らかになり，各地でそれらが次々と確認されるようになってきている．この3つの群集は，野外における直接の層序関係が明らかでないこと，ジュラ紀放散虫の生層序学的位置がまだ世界的に明確ではないこと，群集解析の性格上，順序付けは不可能であること，などの理由から実際には上下関係をつけることはできないが，*Mirifusus baileyi* 群集はすでに述べたことから上部ジュラ系のものと考えられ，残りの2つの群集はそれより新しいものでないことは明らかである．何故なら，白亜紀型の放散虫はそれらの中には見つかっていない．そしてまた DUMITRICA (1978)，DE WEVER *et al.* (1979)，PESSAGNO *et al.* (1979)，NAKASEKO and NISHIMURA (1979)，KOZUR und MOSTLER (1979)，DUMITRICA *et al.* (1980)，PESSAGNO and BLOME (1980) が記載した三畳紀の放散虫は，これらの群集のいずれにも含まれていないからである．つまり，*Unuma echinatus* 群集，*"Dictyomitrella"* sp.A-*Pantanellium* sp.A 群集はいずれも，中部，あるいは下部ジュラ系のものであろう．両群集にはいくつかの共通種が含まれているので，おそらく両者は本来隣接，あるいは近接していた地層の中に含まれていたものであろうと想像される．このような群集の新旧関係を決定するには層序関係がはっきりしている地域の生層学的研究を参照するか，もしくは，馬瀬川層で試みたように，まったく化石とは別に，同位体年代を求めてその結果を既知の年代尺度にあてはめるか，いずれかによらなければならないであろう．あるいは，群集解析をさらに詳しく綿密に進

めて，後期ジュラ紀の *Mirifusus baileyi* 群集からはじめて，順次，これより下に連続的につながる放散虫群集を設定していってもよいであろう．筆者ら（水谷ら，1981；MIZUTANI *et al.* 1981）が述べたように，少なくとも現在確定的な3群集，および不確かながらそれより古い2群集が美濃地域で認められている．YAO *et al.*（1980）の研究を参考にすると，後者の2群集のうちのひとつは前期ジュラ紀の可能性が強い．これらの時代論については，いずれも今後の課題である．厳密な地質時代を決定することは別の問題としても，馬瀬川層をはじめとして，ジュラ紀の地層が内帯の中・古生層地域に点々と不連続ながら広く分布することは明らかである．とくに馬瀬川層が上部ジュラ系であること，そしてそれが巨大なオリストローム系の一部を構成しているらしいこと，この新しく明らかにされた事実の持つ意義は大きい．それが一体，何を物語るか，それについては，今後の研究結果ともあわせて，後日稿をあらためて述べる予定である．

最後に，日本列島の他の地域との関係について簡単に触れておこう．本報文の前半で詳しく記述した放散虫化石，*Mirifusus baileyi* は大型で，しかもきわめて特徴的な殻壁構造を持ったものであった．これは走査型電子顕微鏡のなかった古い昔の不完全な記載にも充分表現されている特徴的な形態であり，古典的な研究との比較を行なう際，役立った．同様のことは一般の顕微鏡写真についても云える．すなわち，放散虫を含む岩石の薄片を注意深く観察するとこの *Mirifusus* 属は明瞭に識別できるのである(Plate 56, figs. 1–4)．具体的な例として，八溝山系の放散虫の研究を行なった KANOMATA (1960) の記載を検討してみよう．八溝山系には保存の良い放散虫が産することは以前から知られていて，KAWADA (1953) はそれを大きな根拠としてこれを含む地層をジュラ紀のものとしている．KANOMATA (1960) の記載は茨城県久慈郡大子町大平付近の dark green slate 中の放散虫についてなされたものであるが，彼の p.215, fig. 2–41, 42および Plate 2, figs. 16, 17は，疑もなく *Mirifusus* 属である．馬瀬川層の経験から推定すると *M. baileyi* のグループであることはまず間違いない．また，彼の Plate 2, fig. 1 は *Parvicingula* sp., Plate 2, fig. 11 は *Podobursa* sp., Plate 2, figs. 15, 18 は*Spongocapsula* sp. である．その他の放散虫を調べても，多くは *Mirifusus baileyi* 群集の放散虫と類似している．八溝山地の放散虫の研究はその後，公表されていないが，すでに報告されている KANOMATA (1961)，鈴木•佐藤 (1972) の研究を考えあわせると，八溝，鵜足の山塊は，岩相，地質構造とも西南日本の美濃地域のそれに酷似している．おそらく *Mirifusus baileyi* 群集をはじめ，ジュラ紀の他の群集もこの八溝山系に見い出されることであろう．また，八溝山系の地史も，美濃地域のそれに似た経過をとったものと推定される．

一方，西南日本の丹波帯では ISOZAKI and MATSUDA (1980) や竹村・中世古 (1981) の最近の研究によってジュラ系の分布することが明らかになっている．この地域でも，今後，まだまだジュラ系が各所から報告されることであろう．すなわち，丹波から美濃そして八溝にいたるいわゆる内帯の各地では，従来までの研究史のその延長にジュラ系の問題が共通にある．その分布と産状，そして時代論，これらの課題は，内帯の他の地帯との関係，さらに外帯との関係ともからんで，日本列島の形成史に最も重要な問題として発展していくであろう．

あ と が き

地層を研究するには3つの視点が必要である．それは lithostratigraphy, biostratigraphy そして chronostratigraphy と呼ばれている観方であって，岩相分布を示す地質図を作り，その地層に含まれる化石を検討し，地質年代を推定して形成された時刻を知る．こうして明らか

にされた地層の性質が地史をひもとく記録として直接役立つ．本報文で述べたことは，馬瀬川層と名づけた地層に関する岩相，化石，時代についてであった．放散虫化石を多量に含んだ後期ジュラ紀の珪質頁岩が岐阜県益田郡金山町馬瀬川の流域に露出する，これがこの小文のまとめである．ただ，この小さな事実が意味するところは大きく，さらに類似のジュラ系が各地に見い出され，広く分布するということになると，それはあらたに別の問題を投げかける．内帯各地に産するこれらのジュラ系は，三畳系や二畳系と密接に，しかし，複雑に関係しながら産出し，大小の規模をもち，さまざまな形態を示しつつ，全体としてはお互に強い近縁関係を有するかのようにみえる堆積岩類の集積体を作っている．このような堆積岩系は，累重関係を保持しながら時間の経過に従って形成された地層群が単純に変形してできた地質体ではなく，全体として，lithostratigraphy, biostratigraphy および chronostratigraphy の全要素を包み，変位・変形過程をも考慮に入れた tectonostratigraphy のユニットと呼ぶべき地質体を構成しているのである．このような地質体の研究は，構造地質学の新しい課題である．放散虫化石は，すでに知られているように，わが国各地に普遍的に，しかも多産する．これを有効に用いることによって約束される精度の高い生層序，さらにそれに基づいて明らかになるであろう地史が，今後いかなる方向に発展していくか興味深いものがある．馬瀬川層の研究は，このような問題をはらんだ地域の研究のひとつの例といえよう．

Appendix

Radiolarian remains commonly found in the Mazegawa Formation (Figs. 2, 3 and 8) comprise presumably more than 100 species, among which diagnostic ones tabulated in Fig. 9 are described below. MIZUTANI *et al.* (1981) collectively treated these radiolarians as the *Mirifusus baileyi* Assemblage after summarizing their radiolarian biostratigraphic studies in the Mino area, central Japan. Paleontological and biostratigraphic examination particularly by referring PESSAGNO (1976, 1977a, 1977b), FOREMAN (1978) and BAUMGARTNER *et al.* (1980) leads to the conclusion that in total this assemblage has a great affinity with the Tithonian (probably lower Tithonian) radiolarians.

The classification or phylogeny of the Mesozoic radiolaria is not established, and the arrangement of the paleontological description in the present appendix more closely follows the PESSAGNO's classification solely for the sake of convenience. All figures in the plates, selected from 2222 SEM photographs (dealing with 2076 individual tests of radiolarians) are numbered, for example, as 1234/567, whose numerator represents a sequential number of SEM photograph and the denominator indicates that of the rock specimen from which the fossil was extracted, both registered in the Rad File, Department of Earth Sciences, Nagoya University.

Taxonomic Description

Genus *Archaeospongoprunum* PESSAGNO, 1973

Type species : *Archaeospongoprunum venadoensis* PESSAGNO, 1973, p. 68, pl. 10, figs. 2, 3.

Archaeospongoprunum imlayi PESSAGNO
(Plate 57, Figs. 1,4)

Archaeospongoprunum imlayi PESSAGNO, 1977a, p.73, pl. 3, figs. 1-4.
Description : Test broadly ellipsoidal with fine polygonal spongy meshwork. Polar spines having five (?) longitudinal ridges and grooves. Length of main body of the test 120-125 μm, that of the spine 115-130 μm.
Sample : 4316/124, 5996/158.

Archaeospongoprunum sp. A
(Plate 57, Figs. 2, 3)

Description : Subspherical test with fine, polygonal meshwork, 125-140 μm in height, and 120-125 μm in diameter. Bipolar spines, one straight with four? ridges and alternating grooves (115 μm long), the other having twisted ridge-groove structure in much of the length of 110 μm.
Remarks : This species is characterized by having one spine twisted and the other straight, looking very much like *Archaeospongoprunum cortinaensis* PESSAGNO (1973, p. 60, pl. 9, figs. 4-6; 1977b, p. 29, pl. 1, fig. 8), but differs in having more spherical test than that of *A. cortinaensis*.
Sample : 5797/161, 6006/142.

Genus *Tritrabs* BAUMGARTNER, 1980
Type species : *Paronaella* (?) *casmaliaensis* PESSAGNO, 1977a, p. 69, pl. 1, figs. 6-8.

Tritrabs sp., cf. *T. ewingi* (PESSAGNO)
(Plate 57, Fig. 8)

Paronaella(?)*ewingi* PESSAGNO, 1971, p. 47, pl. 19, figs. 2-5.
Paronaella(?)*ewingi*(?)FOREMAN, 1973, p.262, pl. 8, fig. 1.
Paronaella(?) *ewingi* PESSANGO, 1977a, p.70, pl. 1, figs. 14, 15.
Tritrabs ewingi BAUMGARTNER, 1980, p.293, pl.4, figs. 5, 7, 17, 18.
Description : Three rays equally long, having longitudinal beams and diagonal bars. Ray tips composed of subglobular termination with many small short spines. Length of ray 230 μm.
Sample : 2408/94.

Genus *Paronaella* PESSAGNO, 1971
Type species : *Paronaella solanoensis* PESSAGNO, 1971, p. 48, pl. 10, figs. 2, 3.

Paronaella sp.
(Plate 61, Figs. 3, 4)

Description : Short and wide three rays covered with meshwork frames ; central area has a triangular pore frame. Length of ray from the center 135 μm. Spines are absent or destroyed in the present specimens. Tips become wider and semiglobular with thicker pore frame.
Sample : 4346/124, 5573/142.

Genus *Orbiculiforma* PESSAGNO, 1973
Type species : *Orbiculiforma quadrata* PESSAGNO, 1973, p.73, pl. 16, figs. 1–4, pl. 18, fig. 3.

Orbiculiforma sakaii n. sp.
(Plate 62, Figs. 1a,b,c,d, 2)

Description : Test slightly inflated disc-shaped, with small and shallow central cavity like a dimple. Diameter of main body, average of 7 specimens, 160 μm, and that of central cavity 20 μm. Meshwork of the test irregular, coarse, and of spongy nature. As shown in Pl. 62, Fig. 1c, the test thick and its peripheral part has a circumferential shallow groove, looking like a test composed of two divisions.
Measurement :

				diameter of test	diameter of central cavity
Holotype	5992/158, 5991/158, 5989/158, 5990/158	Pl.62	figs. 1a, 1b, 1c, 1d	161μm	23μm
Paratype	3737/109	Pl.62	fig. 2	165	23

Remarks : This species is similar to *Orbiculiforma lowreyensis* PESSAGNO (1977a) (p.74, pl. 3, figs. 15, 16 ; pl. 4, figs. 1–3), but differs from *O. lowreyensis* in having much smaller central cavity and rounded peripheral end. This species is named for Mr. Masao Sakai, who reported the geology of the Hida-Kanayama area in his B. Sc. Dessertation (1979) at Department of Earth Sciences, Nagoya University.
Occurrence : Abundantly found in siliceous shale of the Mazegawa Formation of upper Jurassic age together with *Orbiculiforma* (?) *kanayamaensis*, n. sp., *Parvicingula mashitaensis* n. sp., *Mirifusus baileyi* and so on. See Fig. 9.
Sample : 3737/109, 5989/158, 5990/158, 5991/158, 5992/158.

Orbiculiforma (?) *kanayamaensis* n. sp.
(Plate 62, Figs. 3, 4a, b, 5 ; Plate 64, Fig. 4)

Description : Test composed of two disc-shaped parts like a twin, 115–135 μm in diameter, the thickness of subindividual 40–50 μm, and whole thickness 75–110 μm. External surface shows slightly inflated convex form and bears irregularly but uniformly arranged pores ; pore size slightly increases in the peripheral part ; no peripheral spines.

Measurement :

				diameter of test	whole thickness of test
Holotype	5374/158, 5375/158	Pl. 62	figs. 4a,b	136μm	96μm
Paratype	3769/109	Pl. 64	fig. 4	115	79

Remarks : PESSAGNO (1973) described *Orbiculiforma vacaensis* (p.74, pl. 17, figs. 1–6), having a circumferential groove in its periphery, by which the main test seems to be divided into two subindividuals. In the present species, this is much more pronounced, and the test is separated into two subindividuals. Significance of this kind of morphology is utterly unknown. Although central cavity is lacking, the present specimens are tentatively described as *Orbiculiforma.* Name of the species is derived from Kanayama-cho, Mashita-gun, Gifu Prefecture.

Occurrence : *Orbiculiforma* (?) *kanayamaensis* and *O. sakaii* are commonly found in the Mazegawa Formation together with *Archaeospongoprunum imlayi, Parvicingula mashitaensis, Mirifusus baileyi* and *Protunuma fusiformis.*

Sample : 3769/109, 3772/109, 5374/158, 5375/158, 5491/143.

Genus *Emiluvia* FOREMAN, 1973, emend. PESSAGNO, 1977a

Type species : *Emiluvia chica* FOREMAN, 1973, p. 262, pl. 8, fig. 7.

Emiluvia sp.

(Plate 57, Fig. 9)

Description : Shell almost rectangle in shape, with four radiating spines, from each corner outwards, forming a cross. The outer layer of the shell showing pore frames with thick and massive nodes in a diagonal aspect interconnected with thinner bars. Spines have longitudinal grooves and ridges; the terminal portions of spines pointed. Total length, 410 μm ; length of spine 140–155 μm. This species is similar to *Staurosphaera antiqua* RÜST (1885, p.289, pl. 28, fig. 2) or *Emiluvia antiqua* PESSAGNO (1977a, p. 76, pl. 4, figs. 9–10) ; the shell of *Emiluvia antiqua,* however, lacking in massive nodes. In this respect, the present specimen resembles *Emiluvia chica* FOREMAN (1973, p.262, pl. 8, fig. 7) and *Emiluvia salensis* PESSAGNO (1977a, p.77, pl.5, figs. 9–11).

Samples : 4324/124.

Genus *Praeconocaryomma* PESSAGNO, 1976

Type species : *Praeconocaryomma universa* PESSAGNO, 1976, p.42, pl. 6, figs. 14–16.

Praeconocaryomma sp.

(Plate 58, Figs. 5)

Description : Test spherial, consisting of latticed shell with many equally spaced small

tubercles. Shell size : 200–210 μm. The present specimen resembles *Praeconocaryomma hexagona* (RÜST) (PESSAGNO, 1977a, p.77, pl. 5, figs. 13) ; original description by RÜST (1898 ; *Acanthosphaera hexagona*, p.12, pl. 3, fig. 10) illustrated many externally radiated spines from the main spherical shell. However, the present specimen totally lacking in such spines.

Sample : 4350/124.

Genus *Pantanellium* PESSAGNO, 1977a

Type species : *Pantanellium riedeli* PESSAGNO, 1977a, p.78, pl.6, figs. 5–11.

Pantanellium sp., cf. *P. riedeli* PESSAGNO

(Plate 63, Fig. 4)

Pantanellium riedeli PESSAGNO, 1977a, p.78, pl. 6, figs. 5–11.

Description : Cortical shell subspherical with massive bipolar spines having three narrow ridges and three wide grooves ; one spine a little shorter and stouter than the other. Meshwork of the cortical shell composed of hexagonal and pentagonal pore frames. As described by PESSAGNO (1977a) this species bears superficial resemblance to *Sphaerostylus lanceola* reported by FOREMAN (1973, p. 258, pl. 1, figs. 7–11) and by RIEDEL and SANFILIPPO (1974, p. 780, pl. 1, figs. 1–3).

Sample : 5711/161.

Pantanellium sp. A

(Plate 58, Fig. 3 ; Plate 63, Fig. 5)

Description : Shell subspherical, composed of equally spaced pentagonal and hexagonal pore frame, with spinose nodes at pore frame vertices. Massive bipolar spines with three thick and wide ridges alternating with grooves. Cortical shell 75–88 μm. Shorter and a little thicker spine 90 μm, while longer and more slender spine 100 μm in length.

Remarks : This species is characterized by having uniformly spaced large pores of hexagonal or pentagonal shape, thick triradiate bipolar spines, and diagnostic nodes at vertices. PESSAGNO and BLOME (1980) described many species of Pantanelliinae ranging in age from upper Triassic to upper Jurassic, among which *Pantanellium sanrafaelense* PESSAGNO and BLOME (1980, p.245, pl.6, figs. 7, 8, 19, 24) has many morphological characters similar to those of the present species, especially in having prominent nodes at vertices. But *P. sanrafaelense* possesses more slender polar spines.

Sample : 3364/32, 6199/143.

Genus *Tripocyclia* HAECKEL, 1881

Type species : *Triactoma tithonianum* RÜST, 1885, p.289, pl. 28, fig. 5.

Tripocyclia blakei PESSAGNO
(Plate 57, Figs. 5, 6)

Tripocyclia blakei PESSAGNO, 1977a, p.80, pl. 6, figs. 15, 16.
Description : Test rounded and globular with uniform meshwork frames having circular to hexagonal pores. Three radiating short spines with longitudinal ridges and grooves. Diameter of the main globular test 175–180 μm, width of the spine at its base 55 μm, and length of spine 75–110 μm. This species differs from *Tripocyclia jonesi* PESSAGNO (1977a, p.80, pl.7, figs. 1–5) in having shorter spines.
Samples : 4366/124, 5779/161.

Genus *Acaeniotyle* FOREMAN, 1973
Type species : *Xiphosphaera umbilicata* RÜST, 1898, p.7, pl.1, fig. 9.

Acaeniotyle diaphorogona FOREMAN
(Plate 61, Figs. 1, 2)

Acaeniotyle diaphorogona FOREMAN, 1973, p. 258, pl. 2, figs. 2–5.
Description : Shell spherical with large porous nodes. Three spines, grooved and ridged, equal in length, extend radially. Diameter of shell 145–175 μm, length of spines 75–100 μm. The present specimens are similar to *Acaeniotyle* sp. A PESSAGNO (1977a, p.78, pl. 6, figs. 12, 13), but differ in having more inflated nodal parts and more slender spines.
Sample : 2383/94, 4228/94.

Genus *Williriedellum* DUMITRICA, 1970
Type species : *Williriedellum crystallinum* DUMITRICA, 1970, p. 69, pl. 10, figs. 60a, b, c, 62, 63.

Williriedellum sp. cf. *W. crystallinum* DUMITRICA
(Plate 58, Fig. 6 ; Plate 64, Figs. 5a,b)

Williriedellum crystallinum DUMITRICA, 1970, p. 69, pl. 10, figs. 60a, b, c. 62, 63.
Description : Shell globular, but its surface composed of numerous polygonal facets. Many pores, irregularly but uniformly distributed on the facets. Thorax, with thick porous wall, completely encased in the abdominal chamber ; opening distinct. Height of shell 115–135 μm ; diameter of shell 105–135 μm. Opening of thorax 20 μm. Polygonal facet size 20–25 μm in diameter. Diagnostic polygonal facets developed in the shell characterize this species and correlative with the type species described by DUMITRICA (1970).
Sample : 5339/158, 5532/143, 5535/143.

Genus *Archaeodictyomitra* PESSAGNO, 1976, emend. PESSAGNO, 1977b.
Type species : *Archaeodictyomitra squinaboli* PESSAGNO, 1976, p. 50, pl. 5, figs. 2-8.

Archaeodictyomitra sp. A
(Plate 58, Figs. 7-9)

Description : Test elongated conical, no apical horn, Costae distinct throughout the shell, and pores distributed in a single row longitudinally between the costae, and also arranged in a row latitudinally. Shell height 195-230 μm. Number of pores in a longitudinal row 17 -20, while 24 or so latitudinally.
Remarks : Constriction is poor, but the pores are arranged in pair like those of *Pseudodictyomitra* sp. A described in p. 179 and Plate 63, figs. 6, 7. Relationship among constriction, costae and paired arrangement of pores observed in these species possibly indicates a morphogenic lineage between genus *Archaeodictyomitra* and *Pseudodictyomitra*. *Archaeodictyomitra* sp. A or *Pseudodictyomitra* sp. A is commonly regarded as a species of a transitional group between these two genera.
Sample : 4459/142, 5415/158, 6046/142.

Genus *Hsuum* PESSAGNO, 1977a
Type species : *Hsuum cuestaensis* PESSAGNO, 1977a, p.81, pl.7, figs. 12-13.

Hsuum maxwelli PESSAGNO
(Plate 59, Fig. 5)

Hsuum maxwelli PESSAGNO, 1977a, p. 81, pl. 7, figs. 14-16.
Description : Test conical with discontinuous costae, which frequently form a low node at its medial portion. Two rows of pores distinct between costae. Height of the shell ranging in size 220-250 μm, maximum width 90-100 μm.
Sample : 5683/127.

Genus *Parvicingula* PESSAGNO, 1977a.
Type species : *Parvicingula santabarbaraensis*, PESSAGNO, 1977a, p. 86, pl. 9, figs. 11-13.

Parvicingula mashitaensis n. sp.
(Plate 57, Fig. 7 ; Plate 58, Figs. 1, 2; Plate 61, Fig. 7)

Description : Exclusive of last few postabdominal chambers, test form is conical ; cephalis smooth with irregularly spaced and sized pores. The cephalis usually elongated conical in shape, the apex angle ranging 32^0-42^0 (average of 24 specimens, 38^0) . Pores in frames of postabdominal chambers regularly arranged in three rows; two outer rows found on the edges of circumferential ridges bounding chambers ; middle row situated on concaved test wall with elliptical pores.

Measurement :

				Height	Width	Apex angle
Holotype	5385/158	Pl. 58	fig. 1	284μm	142μm	42°
Paratype	3451/108	Pl. 57	fig. 7	330	169	32°
	4348/124	Pl. 61	fig. 7	301	172	38°

Remarks : Although this species has a pore frame similar to that of *P. hsui* PESSAGNO (1977a, p.85, pl. 8, figs. 15, 16 ; pl. 9, figs. 1–5), *P. jonesi* PESSAGNO (1977b, p.48, pl. 8, fig. 14) or *P. citae* PESSAGNO (1977b, p.48, pl.8, fig. 19), it differs from all of them in having higher circumferential ridges ; furthermore, the conical form of the test is much more slender in the present species ; apex angle of conical cephalis is smaller in *P. mashitaensis* averaging 38°, while *P. hsui, P. citae,* and *P. jonesi* have a blunt apex (apex angle 50° or larger). *P. mashitaensis* differs from *Dictyomitra Boesii* PARONA (PARONA,1890, p.41, pl. 6, fig. 9) by its slender conical form, but very similar to *P. boesii* (PARONA) of BAUMGARTNER *et al.* (1980, p.58, pl.5, fig. 15; pl.6, fig.8). Under the name of *Parvicingula boesii* (PARONA) group, BAUMGARTNER *et al.* (1980) included various morphotypes of *Parvicingula* such as *Dictyomitra Boesii* PARONA (1890, p. 41, pl. 6, fig. 9), *D. boesii* PARONA (FOREMAN, 1975, p.613, pl. 2H, figs. 10, 11 ; pl. 7, fig. 9), *P. boesii* (PARONA) (PESSAGNO, 1977b, p.48, pl. 8, fig. 5) and *Mirifusus boesii* (PARONA) (FOREMAN, 1978, p. 746, pl. 2, fig. 6). *Parvicingula mashitaensis* may quite well be included in this *P. boesii* (PARONA) group. The specific name is derived from Mashita-gun, Gifu Prefecture, provincial name of the type locality of the Mazegawa Formation, central Japan.

Occurrence : This species is abundantly found in siliceous shale of the Mazegawa Formation, usually associated with *Paronaella* sp., *Orbiculiforma sakaii* n. sp., *O.* (?) *kanayamaensis* n. sp., *Emiluvia* sp., *Mirifusus baileyi, Pseudodictyomitra minoensis* n. sp. and *Eucyrtidium* (?) *ptyctum.*

Sample : 3451/108, 4332/124, 4348/124, 5385/158.

Genus *Mirifusus* PESSAGNO, 1977a

Type species : *Mirifusus guadalupensis* PESSAGNO, 1977a, p.83, pl. 10, figs. 9–14.

Mirifusus baileyi PESSAGNO

(Plate 60, Fig. 1) (cf. Plate 56, Figs. 1–4)

Lithocampe mediodilatata MOORE, 1973, p. 828, pl. 2, figs. 5, 6.
Lithocampe mediodilatata RIEDEL and SANFILIPPO, 1974, p. 779, pl. 7, figs. 3, 4.
Mirifusus baileyi PESSAGNO, 1977a, p. 83, pl. 10, figs. 6–8, pl. 11, figs. 9–11.
Mirifusus baileyi PESSAGNO, 1977b, p. 48, pl. 8, figs. 1, 8, 9, 26.
Mirifusus mediodilatatus BAUMGARTNER, DE WEVER and KOCHER, 1980, p. 56, pl. 5, fig. 11.

Description : Test large in size, highly inflated in the central portion which includes several postabdominal chambers. Meshwork structure between circumferential ridges of post-abdominal chambers is distinct ; massive nodes found on the circumferential ridges at vertices of frame bars. This species characterized by having a distinct triangular frame (see Figs. 4 and 5 in the text); *Lithocampe mediodilatata* RIEDEL and SANFILIPPO (1974, p. 779, pl. 7, figs. 3, 4) is referred to *M. baileyi*, but *L. mediodilatata* RIEDEL and SANFILIPPO

(1974, pl. 7, figs. 1, 2) is different from the present species in having a nearly hexagonal pore frame. In this respect, specimen of PESSAGNO (1977c, p. 948, pl. 9, fig. 2) and those of RIEDEL and SANFILIPPO (1974, p. 779, pl. 7, figs 1, 2) commonly have the pore frame similar to *M. mediodilatata* PESSAGNO (1977a, p.84, pl. 11, figs. 1–3), whereas meshowork structure of *M. mediodilatatus* (RÜST) of BAUMGARTER *et al.* (1980, p.56, pl.5, fig. 11) undoubtedly shows that their species is indentified as *M. baileyi*.
Sample : 4390/124

Genus *Pseudodictyomitra* PESSAGNO, 1977b
Type species : *Pseudodictyomitra pentacolaensis* PESSAGNO, 1977b, p.50, pl. 8, figs.3, 17, 23 ; pl. 12, fig. 10.

Pseudodictyomitra minoensis n. sp.
(Plate 58, Fig. 4 ; Plate 63, Figs. 9, 10)

Description : Shell moderate in size elongated conical or subcylindrical, 225 μm (average of 7 specimens) in height, ranging 215–230 μm. Cephalic part has a solid termination, but longitudinal plication extends much of the length of the shell. Usually, the first three or four segments are indistinct ; stricture becomes clear downward, and circular pores in pair are found in the strictured part. The last two chambers are smaller in size. Strictured girdle is clearly developed, and hence costae are not always continuous.
Measurement:

				Height	Width
Holotype	3293/31	Pl. 63	fig. 9	225μm	98μm
Paratype	4486/142 5985/158	Pl. 58 Pl. 63	fig. 4 fig. 10	215 230	97 112

Remarks : This species differs from *Pseudodictyomitra lodogaensis* PESSAGNO (1977b, p. 50, pl. 8, figs. 4, 21, 28) or *P.* sp. D PESSAGNO (1977b, p. 52, pl. 8, fig. 13) in having paired pores lying apart. The specific name is derived from the Mino area, central Japan.
Occurrence : Commonly found in siliceous shale and manganiferous siliceous shale of the Mazegawa Formation together with *Mirifusus baileyi, Parvicingula mashitaensis* n. sp., *Podobursa triacantha, Protunuma fusiformis* and *Pseudodictyomitra okamurai* n. sp. See Fig. 9.
Sample : 3293/31, 4486/142, 5985/158.

Pseudodictyomitra okamurai n. sp.
(Plate 60, Figs. 3–5)

Description : Shell elongated subconical, separated into equally-spaced eight to nine segments. Because of distinct development of strictured girdle, costae become so discontinuous that they form high nodes, around which small circular pores are arranged. Cephalic wall is smooth and has small circular pores irregularly arranged.

Measurement:

				Height	Width
Holotype	4338/124	Pl. 60	fig. 3	282μm	143μm
Paratype	4331/124	Pl. 60	fig. 4	258	138
	5572/142	Pl. 60	fig. 5	294	153

Remarks : This species is much like *Pseudodictyomitra* sp. C PESSAGNO (1977b, p. 52, pl. 8, fig. 6), but differs in having pores arranged around the basal high of the discontinuous costae. This species is named for Mr. Yukinobu Okamura, Geological Survey of Japan, for his contribution to the radiolarian biostratigraphy of the Mino area.

Occurrence : Abundantly found in siliceous shale and manganiferous siliceous shale of the Mazegawa Formation together with *Mirifusus baileyi, Parvicingula mashitaensis* n. sp., *Podobursa triacantha, Emiluvia* sp. and so forth. See Fig. 9.

Sample : 4331/124, 4338/124, 5572/142.

Pseudodictyomitra sp. A

(Plate. 63, Figs. 6, 7)

Description : Shell elongated conical. Cephalis is conical and devoid of horn ; test of postcephalic chambers is rather cylindrical with weak plications. Shell height 170–190 μm and maximum breadth 90–95μm. Diagnostic feature is systematic arrangement of moderate-sized circular pores, longitudinally as well as latitudinally.

Remarks : The present specimens do not have distinct costae nor strictures, but the pores are systemtically arranged ; in this respect this species is similar to *Pseudodictyomitra* on one hand, and the external shape and strictures show that it resembles *Archaeodictyomitra* on the other. *Archaeodictyomitra* sp. A described in p. 176 (Pl. 58, figs. 7–9) is similar to the present specimens except for the arrangement of pores. Although this species has not been treated in detail, it is tentatively classified here as *Pseudodictyomitra.* The upper Jurassic Mazegawa Formation yields abundant species of *Pseudodictyomitra* such as *P. minoensis* n. sp., *P. okamurai* n. sp. and *P.* sp. A, and *Archaeodictyomitra* sp. A. Probably, it was a stage of evolutionary radiation of these dictyomitrid radiolarians.

Sample : 3319/31, 3814/109.

Genus *Spongocapsula* PESSAGNO, 1977a

Type species : *Spongocapsula palmerae* PESSAGNO, 1977a, p.88, pl. 11, figs. 12–14, 16.

Spongocapsula sp. A

(Plate 57, Fig. 10 ; Plate 60, Fig. 2)

Description : Shell large subconical, 290–320 μm in height, with solid massive cephalic test wall. The postcephalic test is thick and composed of finely perforated wall, not strictured. The basal opening, 65 μm in diameter, distinct.

Remarks: The present species is distinguished from the other species by having a massive

and soild cephlic part, inflated postcephalic chambers, not strictured throughout the shell, and a distinct opening in the base.
Sample : 3298/108, 4420/142.

Spongocapsula sp. B
(Plate 57, Figs. 11, 12)

Description : Shell large, with six or more segments. Cephalic test wall is solid and massive with a few pores irregularly arranged. Stricture is not indistinct ; and the chamber size increases moderately. Shell height 300 μm, basal width 200 μm. Test wall very thick and finely and irregularly perforated. Basal opening clear, its diameter 55–80 μm.
Remarks : This species differs from *Spongocapsula palmerae* PESSAGNO (1977a, p.88, pl. 11, figs. 12–14, 16) in having more inflated chambers. In this respect, the present specimens resemble *S.* cf. *perampla* RÜST (Pessagno, 1977a, p. 90, pl. 11, fig. 15).
Sample : 3307/108, 4345/124.

Spongocapsula sp. C
(Plate 57, Fig. 13)

Description : Test large and elongated conical, devoid of horn. Cephalis conical imperforate. Wall of postabdominal chambers thick and porous. Test constricted in the distal portion of the main body. There are well-developed many thick tubercles along two circumferences in the upper part of the test. Height of the test 350 μm, diameter of tubercles 25 μm.
Remarks : Diagnostic feature having thick tubercles in the postabdominal chambers resembles those of *Novixitus mclaughlini* PESSAGNO (PESSAGNO, 1977b, p. 54, pl. 9, fig. 17), *N.* sp. A (PESSAGNO, 1977b, p.54, pl. 9, fig. 6), and *N.* sp. B (PESSAGNO, 1977b, p. 54, pl. 9, fig. 14). But the present specimen differs from these *Novixitus* sp. group in having more fine perforated wall.
Sample : 4364/124.

Genus *Xitus* PESSAGNO, 1977b
Type species : *Xitus plenus* PESSAGNO, 1977b, p. 55, pl. 9, figs. 15, 21, 22, 26; Pl. 12, fig. 15.

Xitus gifuensis n. sp.
(Plate 59, Figs. 1, 2a, b, 3, 4)

Description : Test subconical or campanelate with coarse meshwork consisting of thick but small massive tubercles interconnected by numerous short bars. Cephalis irregularly perforated and terminated with massive solid part. Stricture indistinct. Development of tubercles obscures the layered structure. Basal aperture distinct. Height of shell ranging 185–225 μm (average of 11 specimens, 196 μm), width of shell ranging 130–160 μm (average of 11 specimens, 148 μm).

Measurement:

				Height	Width
Holotype	6017/142	Pl. 59	fig. 3	195μm	142μm
Paratype	4445/142	Pl. 59	fig. 2a	184	158
	6007/142	Pl. 59	fig. 1	190	144

Remarks : The shell structure of this species is similar to *Xitus plenus* PESSAGNO (1977b, p.55, pl. 9, figs. 15, 21, 22, 26). *Xitus gifuensis* is distinguished from the other species of *Xitus* in its short and stout form. The specific name is derived from Gifu Prefecture.
Occurrence : Abundantly found in siliceous shale of the Mazegawa Formation. See Fig. 9.
Sample : 4445/142, 4446/142, 5937/142, 6007/142, 6017/142.

Genus *Protunuma* ICHIKAWA and YAO, 1976
Type species : *Protunuma fusiformis* ICHIKAWA and YAO, 1976, p. 116, plate 2, figs. 1–4.

Protunuma fusiformis ICHIKAWA and YAO
(Plate 63, Figs. 1, 8 ; Plate 64, Fig. 3)

Protunuma fusiformis ICHIKAWA and YAO, 1976, p. 116, plate 2, figs. 1–4.
Description : Shell inflated fusiform with distinct longitudinal plications. Test surface smooth, having minute numerous pores arranged irregulary between costae ; pores relatively distinct, dense, and a little larger in size in the lower half of the test. Length of shell 140–230 μm, maximum width 85–130 μm.
Sample : 3443/108, 3457/108, 6042/142.

Genus *Podobursa* WISNIOWSKI, 1889, emend. FOREMAN, 1973
Type species : *Podobursa Dunikowskii* WISNIOWSKI, 1889, p. 687, pl. 13, fig. 54.

Podobursa triacantha (FISCHLI)
(Plate, 59, Fig. 6)

Theosyringium acanthophorum RÜST var. *triacanthus* FISCHLI, 1916, p.47, fig. 38.
Theosyringium acanthophorum RÜST var. *tetracanthus* FISCHLI, 1916, p. 47, fig. 39.
Theosyringium acanthophorum RÜST var. *polyacanthus* FISCHLI, 1916, p. 47, fig. 41.
Podobursa triacantha FOREMAN,1973, p. 266, pl. 13, figs. 1–7.
Podobursa triacantha PESSAGNO, 1977a, p. 92, pl. 12, fig. 6.
Description : Main body of test having meshwork with a coarse tetragonal or hexagonal pore frames, continuously changing to the postcephalic chamber of a narrower cylindrical form. Lower postabdominal chamber smaller, its meshwork having subelliptical pore frames with solid termination. Three massive spines radially arranged on the main body of test. Size of the whole shell varies considerably ; length overall 290–470 μm, maximum width of the main body 120–200 μm.
Sample : 3471/108.

Genus *Eucyrtidium* EHRENBERG, 1847

Type species : *Lithocampe acuminata* EHRENBERG, 1844 (subsequent designation by FRIZZEL, 1951) (according to FOREMAN and RIEDEL, 1972, CATALOGUE of POLYCYSTINE RADIOLARIA, Ser. 1, vol. 1, part 1)

Eucyrtidium (?) *ptyctum* RIEDEL and SANFILIPPO

(Plate 64, Figs. la,b, 2)

Eucyrtidium ptyctum RIEDEL and SANFILIPPO, 1974, p. 778, pl. 5, fig. 7; pl. 12, figs. 14, 15.
Eucyrtidium (?) *ptyctum* PESSAGNO, 1977a, p. 94, pl. 12, fig. 7.
Eucyrtidium ptyctum BAUMGARTNER, DE WEVER and KOCHER, 1980, p. 53, pl. 3, fig. 13.

Description : Test composed of three segments. The third one inflated and largest, with distinct costae ; many circular pores are found at its termination as well as in the basal surface (see pl. 64, fig. 1b). Height of the shell, 105–120 μm ; maximum breadth, 90 μm. This species corresponding well with *Eucyrtidium* (?) *ptyctum* RIEDEL and SANFILIPPO (PESSAGNO, 1977a, p.94, pl. 12, fig. 7). The number of costae in the present specimens and Pessagno's one is 16, but *E. ptyctum* reported by BAUMGARTNER *et al.* (1980) has much wider spaced development of longitudinal plications, the number of costae in a test is 12 or so.

Sample : 3498/108, 3499/108, 5422/158.

Genus *Pseudoeucyrtis* PESSAGNO, 1977b

Type species : *Eucyrtis* (?) *zhamoidai* FOREMAN, 1973, p. 264, pl. 10, figs. 9, 10; pl. 16, figs. 1,2.

Pseudoeucyrtis sp.

(Plate 61, Figs. 5, 6)

Description : Test elongated spindle shaped, with solid horn and basal termination, having polygonal pore frame, gradually coarsening downward. Length, 310–350 μm, diameter of the medial part, 90 μm. *Eucyrtis micropora* (SQUINABOL) (FOREMAN, 1975, p. 615, Pl. 2I, figs. 2–5) looks like the present species in its external form, but differs in size of the pore frame. *Pseudoeucyrtis paskentaensis* PESSAGNO (1977b, p.59, pl.11, figs. 3, 4, 13, 14, 17, 18) has coarse pore frames with spinose nodes at vertices; its frame structure is similar to the present species. But there is a subtle difference in size and shape of pores. The present species has regularly arranged pores and is much larger in size in the lower half of the test. In this structural pattern of pore frame, the present species is very similar to *E. micropora* (SQUINABOL) (BAUMGARTNER *et al.*, 1980, p. 54, pl. 3, fig. 15), but the latter has a slightly strictured test.

Sample : 2353/94, 2389/94.

Genus *Napora* PESSAGNO, 1977a.

Type species : *Napora bukryi* PESSAGNO, 1977a, p.94, pl. 12, fig. 8.

Napora sp.
(Plate 59, Fig. 7)

Description : Cephalis with massive horn having minute subsidiary spines. Thorax large hemispherical with coarse polygonal pore frame. Diameter of the most inflated part of the test 160 μm. This species resembles *Napora bukryi* PESSAGNO (1977a, p. 94, pl. 12, fig. 8), but the former has more curved feet. *N. lospensis* PESSAGNO (1977a, p. 96, pl. 12, figs. 9, 10) differs from this specimen in having more inflated thorax with shorter and nearly straight feet. *N. lospensis* BAUMGARTNER *et al.* (1980, p. 57, pl. 3, fig. 4) looks very much like the present specimen. *Napora* spp. described by YAO (1979) include several species of this genus, among which his sample illustrated in Pl. 10, fig. 10 is similar to the present species in form, but smaller in size.
Sample : 2352/94.

Genus *Saitoum* PESSAGNO, 1977a
Type species : *Saitoum pagei* PESSAGNO, 1977a, p. 98, pl. 12, figs. 11–14.

Saitoum sp.

(Plate 63, Figs. 2, 3)

Description : Test small, hemispherical, having widely and irregularly spaced circular pores. Horn very short. Three feet sligtly curved, rather short in length. Maximum diameter of the spherical test, 85 μm ; height of cephalis, 85 μm ; length of feet, 60 μm. The present species is similar to *Saitoum pagei* PESSAGNO (1977a, p.98, pl. 12, figs. 11–14), but differs in having a shorter and less curved feet and in having a little larger test.
Sample : 3427/108, 3701/109.

Biostratigraphic Note

1) Shell of *Mirifusus* group is so large in size that it is readily broken and deformed during deposition and compaction. Moreoever, the skelton is frequently destroyed in a laboratory procedure for separation of radiolarian remains from rock specimen. It follows that fragments of the skelton are often encountered in HF-treated residues. As discussed in the text of this report (see Figs. 4 and 5), *Mirifusus* group can be discriminated by its prominent pore frame structure. Even in a small chip of the test wall, if it is well-preserved, the pore frame structure is clearly observed, providing a promising clue for identifying the specific characters. A close examination of many fragments of main bodies of *Mirifusus* reveals that the radiolarian assemblage of the Mazegawa Formation presumably carries *Mirifusus mediodilatatus* group (BAUMGARTNER *et al.* 1980), including M. (?) *mediodilatata* (RÜST) and *M.* sp. A PESSAGNO, as well as *M. baileyi* PESSAGNO; most abundant species among them is *M. baileyi*. But *M. guadalupensis* has not been found at all.

2) Radiolarian zonation described by PESSAGNO (1977a) shows that 48 species are associated with *Mirifusus baileyi* PESSAGNO in the California Coast Ranges, among which *Archaeospongoprunum imlayi* PASSAGNO, *Tripocyclia blakei* PESSAGNO, *Hsuum maxwelli* PESSAGNO, *Mirifusus baileyi* PESSAGNO, *Podobursa triacantha* (FISCHLI), and *Eucyrtidium* (?) *ptyctum* RIEDEL and SANFILIPPO are also found in the Mazegawa Formation. According to his text-figure 4 (PESSAGNO, 1977a, p. 64–65), radiolarian association of these species correponds to the *Mirifusus baileyi* subzone or 2B (lower Tithonian).

3) In their summarization of the radiolarian species in the Alpine Tethys region, BAUMGARTNER *et al.* (1980) presented a species range chart and listed 30 species for their unitary association analysis, in which we can find following three species is common with those of the radiolarian assemblage in the Mazegawa Formation; *Eucyrtidium* (?) *ptyctum* RIEDEL and SAFILIPPO, *Mirifusus mediodilatatus* group (including *M. baileyi* PESSAGNO), and *Parvicingula boesii* group (*Parvicingula mashitaensis* n. sp. described in this paper is obviously included in this group). On condition that these occur not associated with *Mirifusus guadalupensis* PESSAGNO, co-existence of three species said above is restricted to their Zone C (middle and early Tithonian) (BAUMGARTNER *et al.*, 1980, p. 40, 41, table 3).

4) On the other hand, BAUMGARTER (1980, p. 276) described that Jasper Beds of the Romania Carpathians contain radiolarian fauna such as *Eucyrtidium ptyctum* RIEDEL and SANFILIPPO, *Hsuum* aff. *maxwelli* PESSAGNO, *Mirifusus mediodilatatus* (RÜST), *M. guadalupensis* PESSAGNO, *Podobursa triacantha* (FISCHLI), *Parvicingula boesii* (PARONA), *Sphaerostylus lanceola* (PAROMA) group (presumably including *Pantanellium riedeli* PESSAGNO and its affinities), *Tripocyclia blakei* PESSAGNO, *Archaeospongoprunum imlayi* PESSAGNO. By referring a personal communication from DUMITRICA in 1978, it is stated that "the Jasper Beds are not older than early Callovian and not younger than late Oxfordian ; most probably they are restricted to a middle Callovian–Oxfordian age." *Mirifusus guadalupensis* representing an older portion of the Jasper Beds, the other fauna are thought to be indicative of Oxfordian age. The faunal association of the Jasper Beds of the Romania Carpathians thus suggests that the radiolarian assemblage of the Mazegawa Formation may be correlative possibly with the Oxfordian.

5) As already described, the Mazegawa Formation contains many radiolarian species with a younger aspect such as *Acaeniotyle diaphorogona* FOREMAN, *Pseudodictyomitra minoensis* n. sp., *P. okamurai* n. sp., *Spongocapsula* spp. and *Xitus gifuensis* n. sp. Is there possibility that the Mazegawa Formation is composed of reworked sediments of different ages, as is recently discussed by THIEDE (1981) for Cenozoic ocean bottom sediments of the central Pacific area ? Judging from the state of preservation of radiolarian tests observed under the optical microscope and scanning electron microscope, there is no significant difference of preservation, recrystallization or disruption among the radiolarian species. Heterogeneity of species distribution within the Mazegawa Formation illustrated in Fig. 9 is not explained by such reworking process. It is believed, therefore, that the radiolarian fauna of the Mazegawa Formation represents one single assemblage. Although the association of above-said species cannot be correlated with any biostratigraphic data to date, it is highly probable that the radiolarian assemblage of the Mazegawa Formation

is assigned to the early Tithonian.

Acknowledgements

This work could not have been possible without helps of many persons ; among them, I am specially grateful to Dr. K. SHIBATA of Geological Survey of Japan, who carried out isotopic age determinations on siliceous shales of the Mazegawa Formation and offered many instructive discussion on the isotopic ages, and to Mr. Y. OKAMURA of Geological Survey of Japan, who helped me in my field work as well as in the laboratory work, when he was a graduate student of Department of Earth Sciences, Nagoya University. Dr. K. NAKASEKO of Osaka University and Dr. E. A. PESSAGNO, Jr. of University of Texas at Dallas, gave me fruitful suggestions on radiolarian paleontology and biostratigraphy, for which I would like to record my sincere thanks. This study was partly defrayed by the Grant-in -Aid for Scientific Research of the Ministry of Education (No. 346046) ; a new scanning electron microscope (JSM-T20) for micropaleontological works could be purchased from this fund.

引 用 文 献

AFANASSYEV, G. D. (1970), Certain key data for the Phanerozoic time-scale. *Eclogae geol. Helv.*, **63**, 1-7.

AGER, D. V. (1981), Major marine cycles in the Mesozoic. *J. Geol. Soc.*, **138**, 159-166.

ARMSTRONG, R. L. and MCDOWALL, W. G. (1974), Proposed refinement of the Phanerozoic time scale. *Abs. Int. Mtg. Geochron. Cosmochron. Isotope Geology* (Paris).

BAUMGARTNER, P. O. (1980), Late Jurassic Hagiastridae and Patulibracchiidae (Radiolaria) from the Argolis Peninsula. *Micropaleontology*, **26**, 274-322.

———, DE WEVER, P. and KOCHER, R. (1980), Correlation of Tethyan late Jurassic-early Cretaceous radiolarian events. *Cah. Micropal.*, **1980, 2**, 23-72.

BOFINGER, V. M. and COMPSTOM, W. (1967), A reassessment of the age of the Hamilton Group, New York and Pennsylvania, and the role of inherited radiogenic Sr^{87}. *Geoch. Cosmoch. Acta*, **31**, 2353-2359.

———,——— and GULSON, B.L (1970), A Rb-Sr study of the lower Silurian stage Circle Shale, Canberra, Australia. *Geoch. Cosmoch. Acta*, **34**, 433-445.

BORSI,S., FERRARA, G., MERCIER, J. et TONGIORGI, E. (1966), Age stratigraphique et radiométrique Jurassique supérieur d'un granite des zones internes des Hellénides. *Rev. Geograph. Phys. Geol. Dynam. Ser. 2*, **8**, 279-287.

CALVERT, S. E. (1974), Deposition and diagenesis of silica in marine sediments. *Intern. Assoc. Sediment., Sp. Publ.*, **1**, 273-299.

CEPEK, P. (1978), Mesozoic calcareous Nannoplankton of the eastern North Atlantic, Leg 41. Lancelot, Y., Seibold, E. *et al., Init. Rept. Deep Sea Drilling Project, Leg 41*, vol. 41, 667-687, Washington, D. C., U. S. Govt. Print. Office.

CLAUER, N. (1979), A new approach to Rb-Sr dating of sedimentary rocks. *Lectures in Isotope Geology*, ed. by E. Jäger and J. C. Hunziker, 30-51. Springer.

COMPSTON, W. and PIDGEON, R. T. (1962), Rb-Sr dating of shales by the total-rock method. *J. Geophys. Res.*, **67**, 3493-3502.

CORDANI, U. G., KAWASHITA, K. and FILHO, A. T. (1978), Applicability of the rubidium-strontium method to shales and related rocks. Contrib. Geol. Time Scale, ed. by G. V. Cohee, M. F. Glaessner and H. D. Hedberg, *AAPG Studies in Geology*, no. 6, 93-117.

DEGL' INNOCENTI, G. (1927), Le radiolarie dei diaspri di Rivara Canavese. *Boll. Soc. Geol. Italiana*, **46**, 141

-170.

DE WEVER, P., SANFILIPPO, A., RIEDEL, W. R. and GRUBER, B. (1979), Triassic radiolarians from Greece, Sicily and Turkey. *Micropaleontology*, **25**, 75-110.

DE WEVER, P., RIEDEL, W., BAUMGARTNER, P., DUMITRICA, P., BJORKLUND, K., CAULET, J. P., DROBNE, K., GRANLUND, A., KOCHER, R. and SCHAAF, A. (1979), Current Radiolarian investigations in Europe. *Ann. Soc. Geol. Nord.* **98**, 205-222.

DUMITRICA, P. (1970), Cryptocephalic and cryptothoracic Nassellaria in some Mesozoic deposits of Romania. *Rev. Roum. Geol. Geophys. Geogr., Ser. Geol.*, **14**, 45-124.

——— (1978), Triassic Palaeoscenidiidae and Entactiniidae from the Vicentinian Alps (Italy) and eastern Carpathians (Romania). *D. S. Inst. Geol. Geofiz.*, **64**, 39-54.

———, KOZUR, H. and MOSTLER, H. (1980), Contribution to the radiolarian fauna of the middle Triassic of the southern Alps. *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, **10**, 1-46.

FISCHLI, H. (1916), Beitrag zur Kenntniss der fossilien Radiolarien in der Riginagelfluh. *Mitt. Naturwiss. Gesel.*, Winterthur, **11**, 44-47.

FITCH, F. J., HOOKER, P. J., MILLER, J. A. and BRERETON, N. R. (1978), Glauconite dating of Palaeocene -Eocene rocks from East Kent and the time-scale of Palaeogene volcanism in the North Atlantic region. *J. Geol. Soc. Lond.*, **135**, 499-512.

FOREMAN, H. P. (1973), Radiolaria from DSDP Leg 20. Heezen, B. C., MacGregor, I. D., *et al., Init. Rept Deep Sea Drilling Project*, vol. 20, 249-305, Washington, D. C., U. S. Govt. Print. Office.

——— (1975), Radiolaria from the North Pacific, Deep Sea Drilling Project, Leg 32. Larson, R. L., Moberly, R. *et al., Init. Rept. Deep Sea Drilling Project*, vol. 32, 579-676, Washington, D. C., U. S. Govt. Print. Office.

——— (1978), Mesozoic Radiolaria in the Atlantic Ocean off the northwest coast of Africa, Deep Sea Drilling Project, Leg 41. Lancelot, Y., Seibold, E., *et al., Init. Rept. Deep Sea Drilling Project* vol. 41, 739-761, Washington, D. C., U. S. Govt. Print. Office.

——— and RIEDEL, W. (1972), Catalogue of Polycystine Radiolaria, Ser. 1, Vol. 1, Part. 1, American Museum of Natural History.

GEBAUER, D. and GRÜNENFELDER, M. (1974), Rb-Sr whole rock dating of late diagenetic to anchimetamorphic, Palaeozoic sediments in southern France (Montagne Noire). *Contrib. Mineral. Petrol.*, **47**, 113-130.

GYGI, R. A. and MCDOWELL, W. (1970), Potassium-Argon ages of glauconites from a biochronologically dated upper Jurassic sequence of northern Switzerland. *Eclogae geol. Helv.*, **63**, 111-118.

HAECKEL, E. (1881), Entwurf eines Radiolarien-Systems auf Grund von Studien der Challenger-Radiolarien. *Jena. Z. Naturwiss.*, **15**, 418-472.

——— (1887), Report on the Radiolaria collected by H. M. S. Challenger during the years 1873-76. *Rept. Sci. Reslt. Voyage H. M. S. Challenger, Zool.*, **18**, 1-1803.

HARRIS, W. B. and BOTTINO, M. L. (1974), Rb-Sr study of Cretaceous lobate glauconite pellets, North Carolina. *Geol. Soc. Am., Bull.*, **85**, 1475-1478.

——— and ZULLO, V. A. (1980), Rb-Sr glauconite isochron of the Eocene Castle Hayne limestone, North Carolina. *Geol. Soc. Am., Bull.*, **91**, 587-592.

HEDBERG, H. D. (ed.) (1976), International stratigraphic guide. 200 pp., John Wiley & Sons, N. Y.

HINDE, G. J. (1902), Description of fossil Radiolaria from the rocks of central Borneo, obtained by Prof. Dr. G. A. F. Molengraaff in the Dutch exploring expedition of 1893-94. in Molengraaff, G. A. F., Geological Explorations in central Borneo. *Soc. Promotion, Sci., Explorat. Dutch Colon.*, 1-56.

HURLEY, P. M., CORMIER, R. F., HOWER, J., FAIRBAIRN, H. W. and PINSON, W. H., Jr. (1960), Reliability of glauconite for age measurement by K-Ar and Rb-Sr methods. *Am. Ass. Petrol. Geol., Bull.*, **44**, 1793-1808.

市川浩一郎（1951），中生代の地史，地団研普及講座，第2号，38pp.

ICHIKAWA, K. and YAO, A. (1976), Two new genera of Mesozoic cyrtoid radiolarians from Japan. *Progress in Micropaleontology*, 110-117.

市川浩一郎・島津光夫・石原舜三・植村武・大槻憲四郎（1980），シホテアリン南部の地質，地球科学，**34**, 218-231.

猪郷久治・小池敏夫（1975），上麻生礫岩の地質時代ならびに美濃山地における三畳紀コノドントの新産出地点，地質雑，**81**, 197-198.

猪郷久治(1979)，美濃帯東部のコノドントによる層序ならびに地質構造の再検討，鹿沼茂三郎教授退官記念論文集，103-113.

IMLAY, R. W. and JONES, D. L. (1970), Ammonites from the *Buchia* zones in northwestern California and southwestern Oregon. *U. S. G. S. Prof. Paper*, **647-B**, B1-B59.

INOUE, S. (1955), Geological structure of the Unuma and adjacent districts. B. Sc. Dissert., Aichi Gakugei Univ., 23 pp.

ISOZAKI, Y. and MATSUDA, T. (1980), Age of the Tamba group along the Hozugawa "Anticline", western Hills of Kyoto, southwest Japan. *J. Geosci., Osaka City Univ.*, **23**, 115-134.

JONES, D. L. BAILEY, E. H. and IMLAY, R. W. (1969), Structural and stratigraphic significance of the *Buchia* zones in the Colyear Springs-Paskenta area, California. *U. S. G. S. Prof. Paper*, **647-A**, A1-A24.

KANOMATA, N. (1960), A Radiolarian fauna at Odaira, Ibaraki Prefecture, Japan. *J. Coll. Arts, Sci., Chiba Univ.*, **3**, 213-220.

———— (1961), The geology of the Yamizo, Torinoko and Toriashi Mountain Blocks and their geologic age. *J. Coll. Arts, Sci., Chiba Univ.*, **3**, 351-367.

KAWADA, K. (1953), Geological studies on the Yamizo, Torinoko and Toriashi Mountain Blocks and their neighbourhood in the northeastern Kwanto District. *Sci. Rept. Tokyo Bunrika Daigaku*, Sec. C, **2**, 217-307.

川口一郎・柴田　賢（1981），養老山地中部ジュラ紀珪質泥岩－その年代について－．日本地質学会第88年学術大会講演要旨，153.

木戸　聡・水谷伸治郎(1981)，美濃加茂市北方の美濃帯中生層について，日本地質学会第88年学術大会講演要旨，151.

木村敏雄(1979)，日本列島－その形成に至るまで－(II，上)，245-578，古今書院，東京.

KOBAYASHI, T. and KIMURA, T. (1944), A study on the radiolarian rocks. *J. Fac. Sci., Imp. Univ., Tokyo, Sec.* II, **7**, 75-178.

KOIKE, T., IGO, H., TAKIZAWA, S. and KINOSHITA, T. (1971), Contribution to the geological history of the Japanese Islands by the conodont biostratigraphy. Part II. *J. Geol. Soc. Japan*, **77**, 165-168.

小嶋　智・足立　守（1981），高山市東部の中・古生層，日本地質学会第88年学術大会講演要旨，150.

近藤直門・足立　守（1975），犬山市北方の中生層－とくに坂祝礫岩について．地質雑，**81**，373-386.

KOZUR, H. und MOSTLER, H. (1979), Beiträge zur Erforschung der mesozoischen Radiolarien. Teil III : Die Oberfamilien Actinommacea HAECKEL 1862 emend., Artiscacea HAECKEL 1882, Multiarcusellacea nov. der Spumellaria und triassische Nassellaria. *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, **9**, 1-132.

KUZNETSOVA, K. I. and SEIBOLD, E. (1978), Foraminifers from the upper Jurassic and lower Cretaceous of the eastern Atlantic (DSDP Leg 41, sites 367 and 370). Lancelot, Y., Seibold, E. *et al.*, *Init. Rept. Deep Sea Drilling Project, Leg 41.*, vol. 41, 515-537, Washington, D. C., U. S. Govt. Print. Office.

LANG, A. H. and MULLER, J. E. (1975), The geology of Long Beach segment, Pacific Rim National Park and its approaches. *Geol. Survey, Canada, Miscel. Rept.* **24**, 56 pp.

LASKOWSKI, T. E., FLUEGEMAN, R. H. and GRANT, N. K. (1980), Rb-Sr glauconite systematics and the uplift of the Cincinnati arch. *Geology*, 8, 368-370.

松田哲夫(1980), 岐阜県赤坂石灰岩からペルム紀型, トリアス紀型コノドント化石混在群集の発見, 地質雑, **86**, 41-44.

松本達郎 (1953), ジュラ紀, 地史学 (下), 325-377, 朝倉書店, 東京.

————・柴田 賢 (1977), 顕生時代の年代尺度, 科学, **47**, 407-412.

MIZUTANI, S. (1964), Superficial folding of the Paleozoic system of central Japan. *J. Earth Sci., Nagoya Univ.*, **12**, 17-83.

————(1970), Silica minerals in the early stage of diagenesis. *Sedimentology*, **15**, 419-436.

水谷伸治郎(1976), ケイ酸鉱物とケイ質堆積物, 科学, **46**, 420-428.

MIZUTANI, S. (1977), Progressive ordering of cristobalitic silica in the early stage of diagenesis. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **61**, 129-139.

水谷伸治郎・服部 勇・足立 守・脇田浩二・岡村行信・棚瀬大爾・吉村美由起・木戸 聡・川口一郎・小嶋 智(1981), 美濃地域のジュラ系, 日本地質学会第88年学術大会講演要旨, 152.

MIZUTANI, S. HATTORI, I., ADACHI, M., WAKITA, K., OKAMURA, Y., KIDO, S., KAWAGUCHI, I. and KOJIMA, S. (1981), Jurassic formations in the Mino area, central Japan. *Proc. Japan Acad.*, **57**, 194-199.

MOORE, T. C., Jr. (1973), Radiolaria from Leg 17 of the Deep Sea Drilling Project. Winterer, E. L., Ewing, J. *et al.*, *Init. Rept. Deep Sea Drilling Project*, vol. 17, 797-869, Washington, D. C., U. S. Govt. Print. Office.

MULLER, J. E. (1976), Cape Flattery Map Area (92C), British Columbia. *Geol. Survey, Canada Paper* **76-1A**, 107-112.

MURATA, K. J. and NAKATA, J. K. (1974), Cristobalitic stage in the diagenesis of diatomaceous shale. *Science*, **184**, 567-568.

———— and LARSON, R. R. (1975), Diagenesis of Miocene siliceous shales, Temblor Range, California. *J. Res. U. S. Geol. Survey*, **3**, 553-566.

———— and RANDALL, R. G. (1975), Silica mineralogy and structure of the Monterey shale, Temblor Range, California. *J. Res. U. S. Geol. Survey*, **3**, 567-572.

————, DIBBLEE, T. W., Jr. and DRINKWATER, J. L. (1979), Thermal effects of large bodies of intrusive serpentinite on overlying Monterey shale, southern Diablo Range, Cholame area, California. *U. S. G. S., Prof. Paper*, **1082**, 1-8.

NAKASEKO, K. and NISHIMURA, A. (1979), Upper Triassic Radiolaria from southwest Japan. *Sci. Rept. Coll. Gen. Educ. Osaka Univ.*, **28**, 61-109.

西田 誠・足立 守・近藤直門(1974), 犬山市北方域のいわゆる古生層より産出した材化石とその地質学的意義, 植物研究雑誌, **49**, 265-272.

————・————・阿部 宏 (1977), 岐阜県関ヶ原町北方の"古生層"より産出した材化石 *Araucarioxylon* について, 植物研究雑誌, **52**, 33-38.

ODIN, G. S., CURRY, D. and HUNZIKER, J. C. (1978), Radiometric dates from NW European glauconites and the Palaeogene time-scale. *J. Geol. Soc. Lond.*, **135**, 481-497.

岡村行信 (1980), 郡上八幡北方地域の地質. 名大・理・地球, 修士論文, 53 p.

OWENS, J. P. and SOHL, N. F. (1973), Glauconites from New Jersey-Maryland coastal plain : their K-Ar ages and application in stratigraphic studies. *Geol. Soc. Am., Bull.*, **84**, 2811-2838.

OZAWA, Y. (1927), Stratigraphical studies of the Fusulina limestone of Akasaka, Province of Mino. *J. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Sec. II*, **2**, 121-164.

PARONA, C. F. (1890), Radiolarie nei noduli selciosi del calcare giurese di Cittiglio presso Laveno. *Boll. Soc. Geol. Italiana*, **9**, 1-46.

PESSAGNO, E. A., Jr. (1971), Jurassic and Cretaceous Hagiastridae from the Blake-Bahama Basin (Site 5A, JOIDES Leg 1) and the Great Valley Sequence, California Coast Ranges. *Bull. Am. Paleontology*, **60**, 1-83.

——— (1973), Upper Cretaceous Spumellariina from the Great Valley Sequence, California Coast Ranges. *Bull. Am. Paleontology*, **63**, 49–102.

——— (1976), Radiolarian zonation and stratigraphy of the upper Cretaceous portion of the Great Valley Sequence, California Coast Ranges. *Micropaleontology Sp. Pub.*, no.2, 95 pp.

——— (1977a), Upper Jurassic Radiolaria and radiolarian biostratigraphy of the California Coast Ranges. *Micropaleontology*, **23**, 56–113.

——— (1977b), Lower Cretaceous radiolarian biostratigraphy of the Great Valley Sequence and Franciscan complex, California Coast Ranges. *Cushman Found. Foram. Res., Sp. Publ.*, no. 15, 87 pp.

——— (1977c), Radiolaria in Mesozoic Stratigraphy. A. T. S. Ramsay (edit.) *Oceanic Mircopaleontology*, Vol. 2, 913–950.

——— and NEWPORT, R. L. (1972), A technique for extracting Radiolaria from radiolarian cherts. *Micropaleontology*, **18**, 231–234.

———, FINCH, W. and ABBOTT, P. L.(1979), Upper Triassic Radiolaria from the San Hipolito Formation, Baja California. *Micropaleontology*, **25**, 160–197.

——— and BLOME, C. D. (1980), Upper Triassic and Jurassic Pantanelliinae from California, Oregon and British Columbia. *Micropaleontology*, **26**, 225–273.

PETERMAN, Z. E., HEDGE, C. E. and TOURTELOT, H. A. (1970), Isotopic composition of strontium in sea water throughout Phanerozoic time. *Geoch. Cosmoch. Acta*, **34**, 105–120.

RENZ, O. (1978), Aptychi (Ammonoidea) from the late Jurassic and early Cretaceous of the eastern Atlantic, DSDP site 367. Lancelot, Y., Seibold, E. *et al.*, *Init. Rept. Deep Sea Drilling Project*, *Leg 41*, vol. 41, 499–513, Washington, D. C., U. S. Govt. Print. Office.

RIECH, V. and VON RAD, U. (1979), Silica diagenesis in the Atlantic Ocean : diagenetic potential and transformations. in M. Talwani, W. Hay and W. B. F. Ryan (eds.) *Deep Drilling Results in the Atlantic Ocean*, M. Ewing Ser. 3, Am. Geophys. Union, 315–340.

RIEDEL, W. R. and SANFILIPPO, A. (1974), Radiolaria from the southern Indian Ocean DSDP leg 26. Davies, T. A. *et al.*, *Init. Rept. Deep Sea Drilling Project*, Vol. 26, 771–813, Washington, D. C., U. S. Govt. Print. Office.

Rock-Color Chart Committee (1975), Rock-color chart. Geol. Soc. America.

RÜST, D. (1885), Beiträge zur Kenntniss der fossilen Radiolarien aus Gesteinen des Jura. *Palaeontographica*, **31**, 269–321.

———(1898), Neue Beiträge zur Kenntniss der fossilen Radiolarien aus Gesteinen des Jura und der Kreide. *Palaeontographica*, **45**, 1–67.

SAKAI, M. (1979), Geology of the northwestern part of Kanayama-cho, Mashita-gun, Gifu Prefecture. B. Sc. Dissert. Nagoya Univ., 36 pp.

SATO, T. (1974), A Jurassic ammonite from near Inuyama, north of Nagoya. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, N. S. no.96, 427–432.

———, HAYAMI, I., TAMURA, M. and MAEDA, S. (1963), The Jurassic. Takai, F., Matsumoto, T. and Toriyama, R. (eds.) Geology of Japan, 79–98, Univ. Tokyo Press, 279 pp., Tokyo.

SHIBATA, K. and MIZUTANI, S. (1980), Isotopic ages of siliceous shale from Hida-Kanayama, central Japan. *Geoch. J.*,**14**, 235–241.

SIEVER, R. (1979), Plate-tectonic controls on diagenesis. *J. Geol.*, **87**, 127–155.

鈴木陽雄・佐藤　正 (1972), 鶏足山地からジュラ紀菊石の産出, 地質雑, **78**, 213–215.

竹村厚司・中世古幸次郎(1981), 丹波帯中央部から三畳紀ジュラ紀放散虫化石, 日本地質学会第88年学術大会講演要旨, 154.

TANAHASHI, M. (1978), Triassic-Jurassic bedded chert in the Mino Terrain, Gifu Prefecture, central

Japan. M. Sc. Dissert., Nagoya Univ., 45 pp.

棚瀬大爾 (1980), 岐阜県関ヶ原地方の地質. 名大・理・地球 修士論文, 50 pp.

THIEDE, J. (1981), Reworking in upper Mesozoic and Cenozoic central Pacific deep-sea sediments. *Nature*, **289**, 667-670.

TSUJI, T. (1981), Geological study of the northern part of Kiso Village, Kiso district, Nagano Prefecture, central Japan. B. Sci., Dissert., Nagoya Univ. 22 pp.

UTADA, M. (1965), Zonal distribution of authigenic zeolites in the Tertiary pyroclastic rocks in Mogami district, Yamagata Prefecture. *Sci. Papers, Coll. Gen. Educ. Univ. Tokyo*, **15**, 173-216.

——— (1974), An interpretation of the types of alteration in the Neogene sediments relating to the intrusion of volcano-plutonic complexes, correlating to the calculated temperature patterns. *Sci. Papers, Coll. Gen. Educ. Univ. Tokyo*, **24**, 65-77.

VAN HINTE, J. E. (1976), A Jurassic time scale. *Am. Ass. Petrol. Geol., Bull.*, **60**, 489-497.

VON RAD, U. and RÖSCH, H. (1974), Petrography and diagenesis of deep-sea cherts from the central Atlantic. *Intern. Ass. Sediment. Sp. Pub.*, **1**, 327-347.

脇水鉄五郎 (1920), 美濃のシウドモノチス層, 地質雑, **27**, 1-9.

脇田浩二 (1981), 福井・岐阜県境付近の左門岳累層とそこに産する放散虫化石. 日本地質学会第88年学術大会講演要旨, 149.

———・岡村行信 (1979), 岐阜県郡上八幡の北方地域における中古生層, 日本地質学会第86年学術大会講演要旨, 145.

WISNIOWSKI, T. (1889), Beitrage zur Kenntniss der Mikrofauna aus den oberjurassischen Feuersteinknollen der Umgegend von Krakau. *Jb. Kais. Konig. Geol. Reichs.*, **38**, 657-670.

YAO, A. (1972), Radiolarian fauna from the Mino belt in the northern part of the Inuyama area, central Japan. Part 1. Spongosaturnalids. *J. Geosci., Osaka City Univ.*, **15**, 21-64.

——— (1979), Radiolarian fauna from the Mino belt in the northern part of the Inuyama area, central Japan. Part II. Nassellaria 1. *J. Geosci., Osaka City Univ.*, **22**, 21-72.

———, Matsuda, T. and Isozaki, Y. (1980), Triassic and Jurassic radiolarians from the Inuyama area, central Japan. *J. Geosci., Osaka City Univ.*, **23**, 135-154.

YOSHIDA, S. (1972), Configuration of Yamaguchi zone — analytical study on a fold zone. *J. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Sect. II*, 18, 371-429.

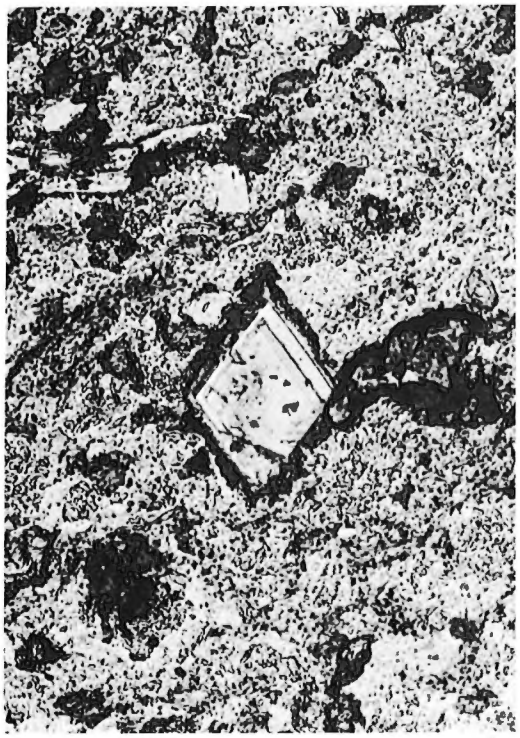
ZHAMOIDA, A. I. (1972), Biostratigraphy of the Mesozoic siliceous strata of the east of the USSR. *Nedra* N. S., **183**, 1-199.

Plate

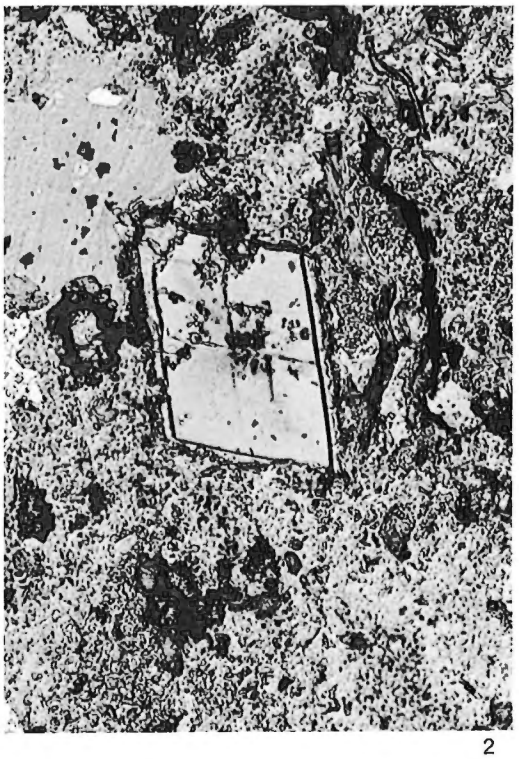
Plate 55

Fig. 1. and Fig. 2. Photomicrograph of euhedral carbonate mineral in manganiferous siliceous shale of the Mazegawa Formation (rock specimen : SM04=93). × 210, one polar ····· p.153

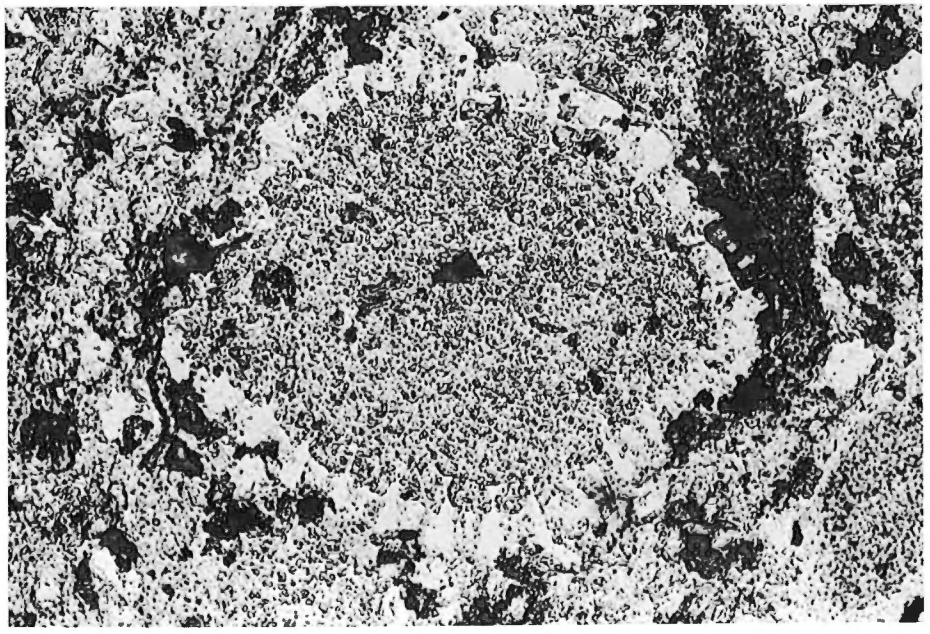
Fig. 3. Photomicrograph of radiolarian skelton filled with cryptocrystalline aggregate of silica, chlorite and illite (rock specimen : SM04=93) . × 210, one poloar p.153



1



2

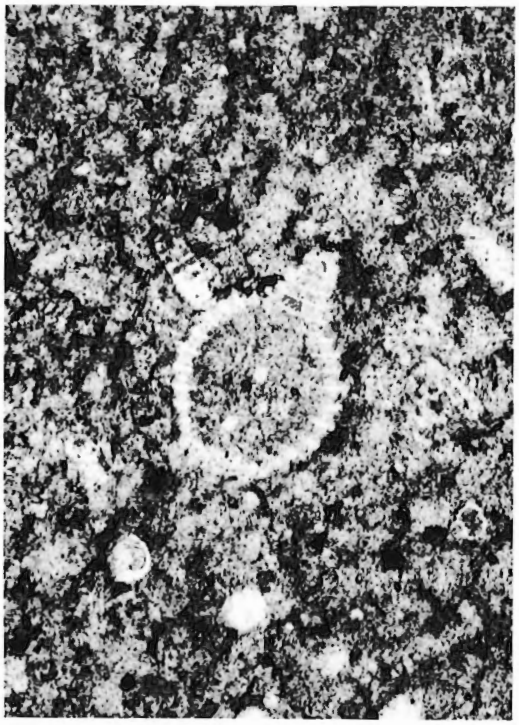


3

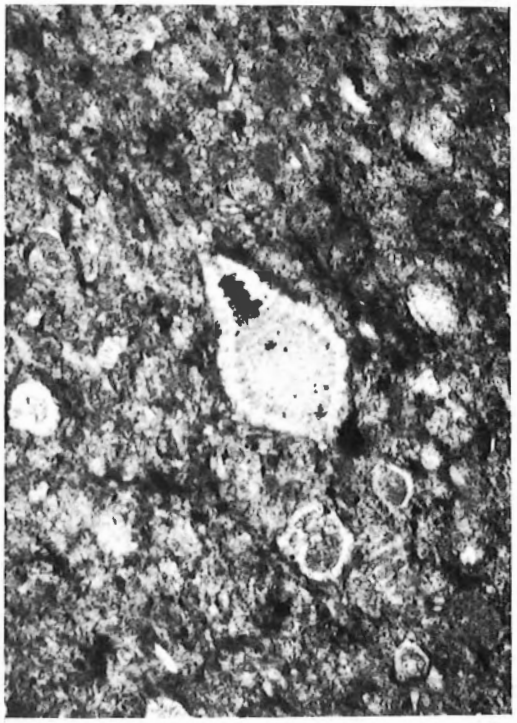
Plate 56

Fig. 1, Fig. 2 and Fig. 4. Photomicrograph of radiolarian test (*Mirifusus baileyi*? PESSAGNO) in siliceous tuffaceous shale (rock specimen : SM02=32). × 68, one polar ····· p.177

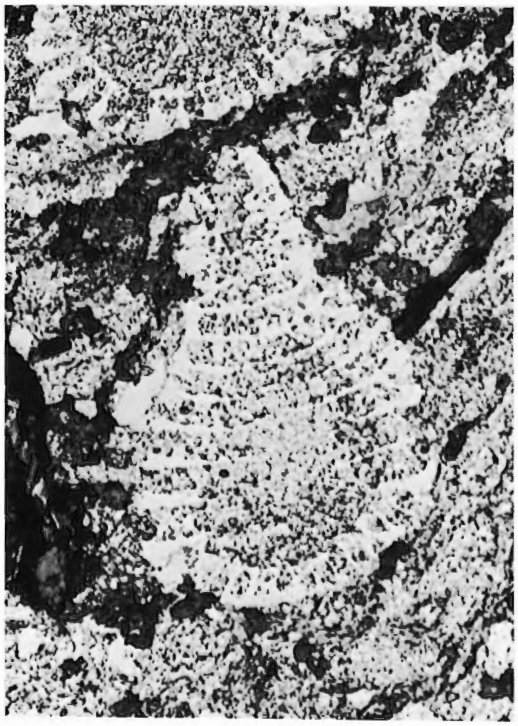
Fig. 3. Photomicrograph of radiolarian test (*Mirifusus baileyi* PESSAGNO) in manganiferous siliceous shale (rock specimen : SM04=93). × 174, one polar ····· p.177



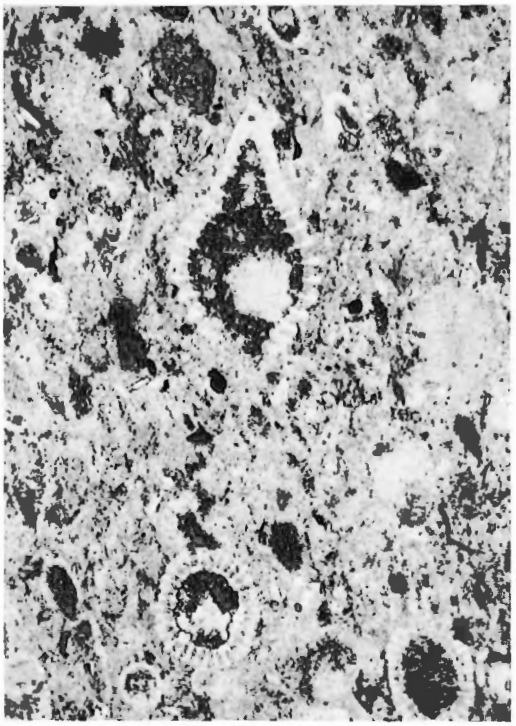
1



2



3



4

Plate 57

Fig. 1. *Archaeospongoprunum imlayi* PESSAGNO, 4316/124, × 109 ·····p.171
Fig. 2. *Archaeospongoprunum* sp. A, 5797/161, × 109 ·····p.171
Fig. 3. *Archaeospongoprunum* sp. A, 6006/142, × 109 ·····p.171
Fig. 4. *Archaeospongoprunum imlayi* PESSAGNO, 5996/158, × 190 ·····p.171
Fig. 5. *Tripocyclia blakei* PESSAGNO, 5779/161, × 109 ·····p.175
Fig. 6. *Tripocyclia blakei* PESSAGNO, 4366/124, × 109 ·····p.175
Fig. 7. *Parvicingula mashitaensis* n. sp., paratype, 3451/108, × 109·····p.176
Fig. 8. *Tritrabs* sp., cf. *T. ewingi* (PESSAGNO), 2408/94, ×109 ·····p.171
Fig. 9. *Emiluvia* sp., 4324/124, × 84 ·····p.173
Fig. 10. *Spongocapsula* sp. A, 3298/108, × 109 ·····p.179
Fig. 11. *Spongocapsula* sp. B, 4345/124, × 109 ·····p.180
Fig. 12. *Spongocapsula* sp. B, 3307/108, × 109 ·····p.180
Fig. 13. *Spongocapsula* sp. C, 4364/124, × 109 ·····p.180

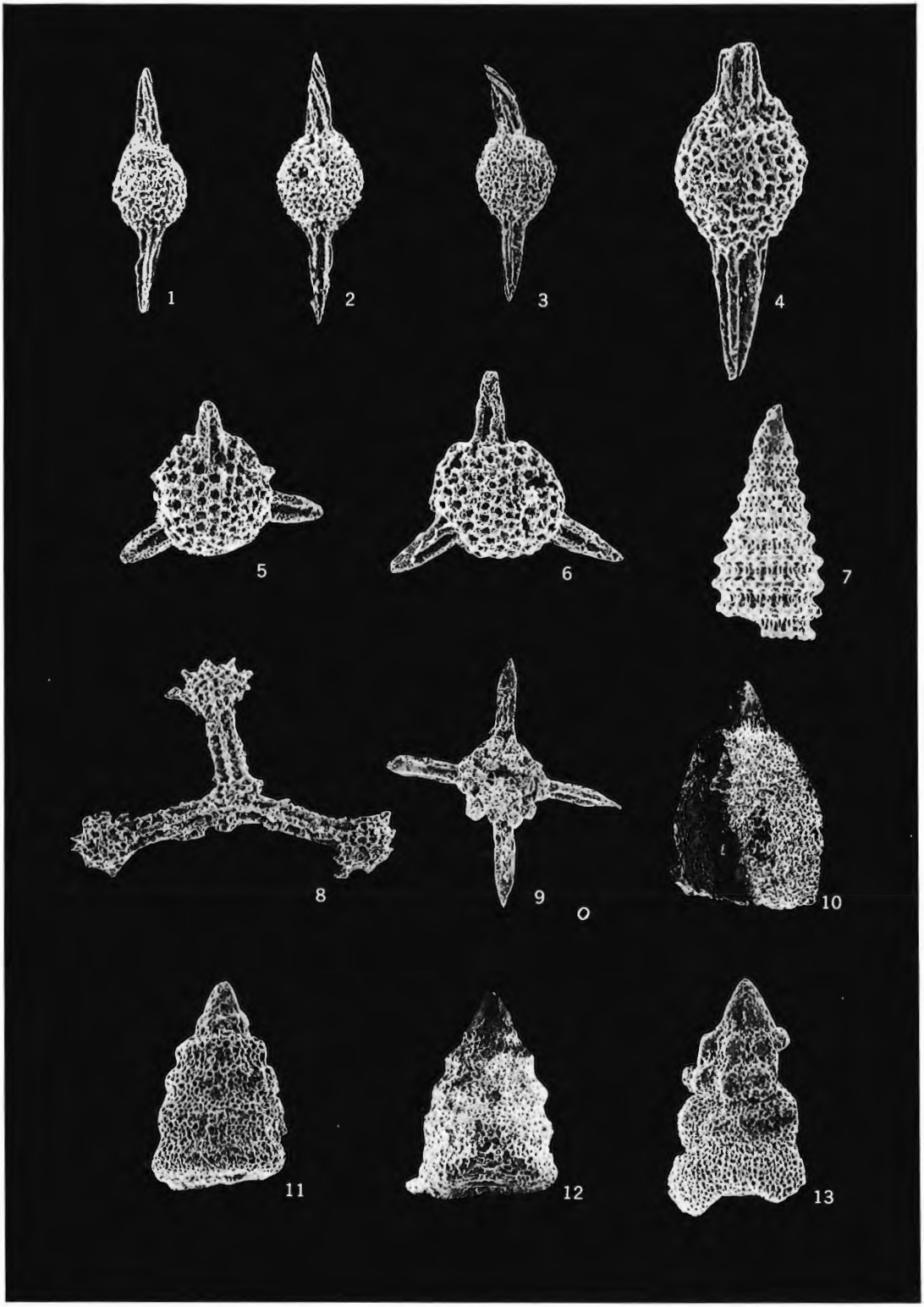

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

Plate 58

Fig. 1. *Parvicingula mashitaensis* n. sp., holotype, 5385/158, × 190 ····· p.176
Fig. 2. *Parvicingula mashitaensis* n. sp., 4332/124, × 190 ····· p.176
Fig. 3. *Pantanellium* sp. A, 6199/143, × 190 ····· p.174
Fig. 4. *Pseudodictyomitra minoensis* n. sp., paratype, 4486/142, × 190 ····· p.178
Fig. 5. *Praeconocaryomma* sp., 4350/124, × 190 ····· p.173
Fig. 6. *Williriedellum* sp., cf. *W. crystallinum* DUMITRICA, 5339/158, × 260 ····· p.175
Fig. 7. *Archaeodictyomitra* sp. A, 4459/142, × 190 ····· p.176
Fig. 8. *Archaeodictyomitra* sp. A, 6046/142, × 260 ····· p.176
Fig. 9. *Archaeodictyomitra* sp. A, 5415/158, × 260 ····· p.176

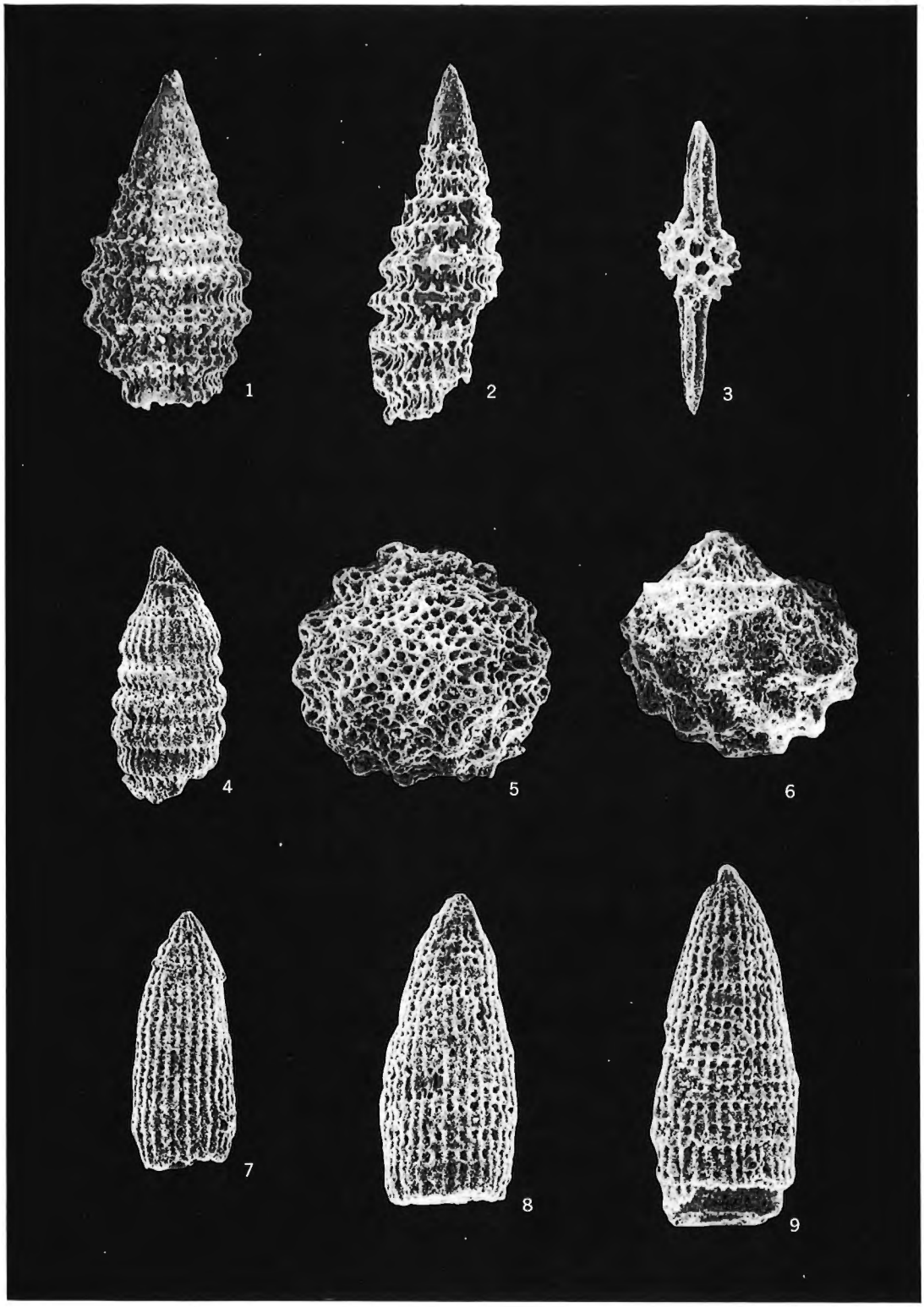

1
2
3
4
5
6
7
8
9

Plate 59

Fig. 1. *Xitus gifuensis* n. sp., paratype, 6007/142, × 190 ····· p.180
Fig. 2a. *Xitus gifuensis* n. sp., paratype, 4445/142, × 190 ····· p.180
Fig. 2b. *Xitus gifuensis* n. sp., paratype, 4446/142, × 190. Lower oblique view of Fig. 2a ····· p.180
Fig. 3. *Xitus gifuensis* n. sp., holotype, 6017/142, × 190 ····· p.180
Fig. 4. *Xitus gifuensis* n. sp., 5937/142, × 209 ····· p.180
Fig. 5. *Hsuum maxwelli* PESSAGNO, 5683/127, × 190 ····· p.176
Fig. 6. *Podobursa triacantha* (FISCHLI), 3471/108, × 190 ····· p.181
Fig. 7. *Napora* sp., 2352/94, × 190 ····· p.183

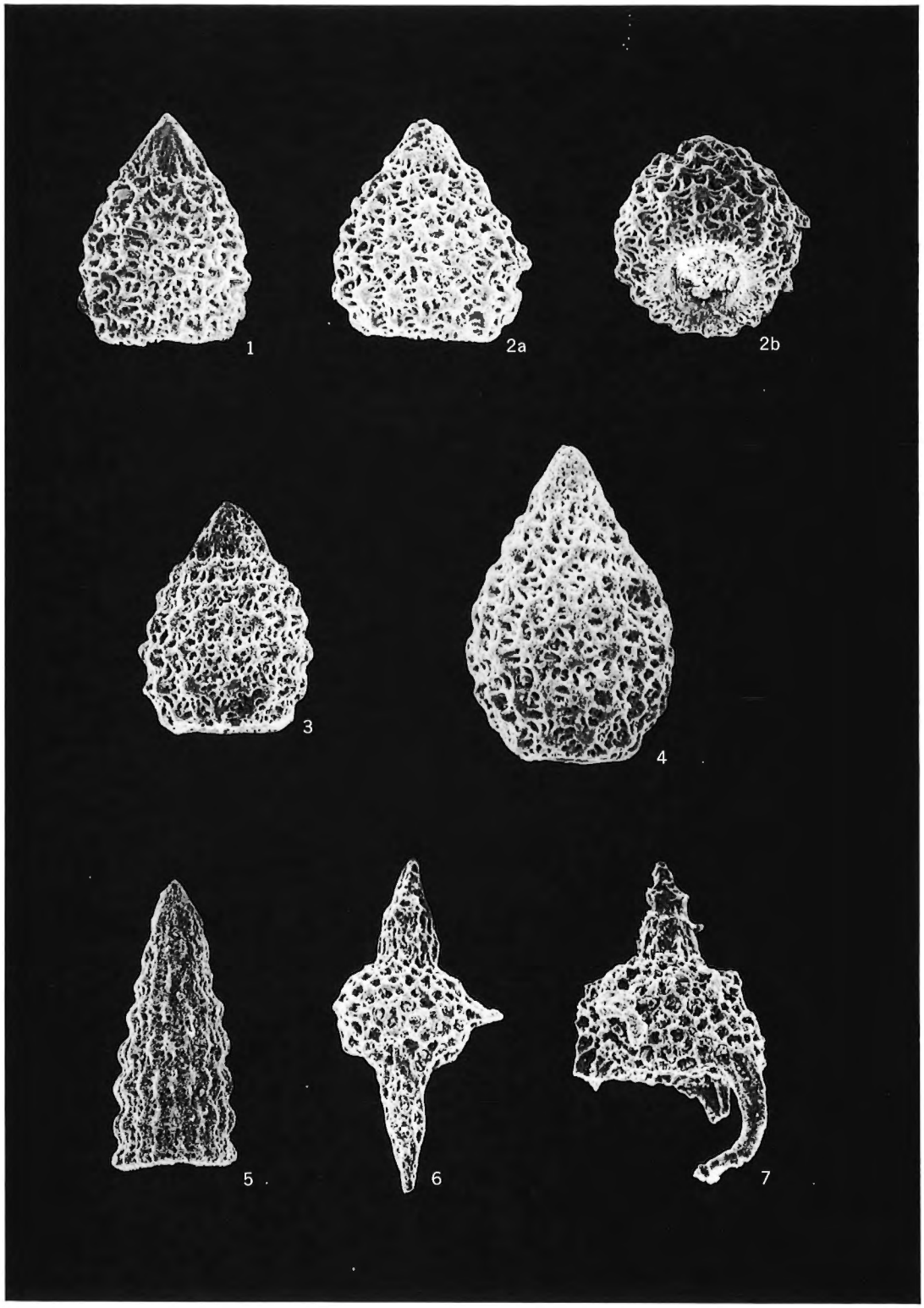

1
2a
2b
3
4
5
6
7

Plate 60

Fig. 1. *Mirifusus baileyi* PESSAGNO, 4390/124, × 165 ·····p.177
Fig. 2. *Spongocapsula* sp. A, 4420/142, × 190 ·····p.179
Fig. 3. *Pseudodictyomitra okamurai* n. sp., holotype, 4338/124, × 209 ·····p.178
Fig. 4. *Pseudodictyomitra okamurai* n. sp., paratype, 4331/124, × 209 ·····p.178
Fig. 5. *Pseudodictyomitra okamurai* n. sp., paratype, 5572/142, × 209 ·····p.178

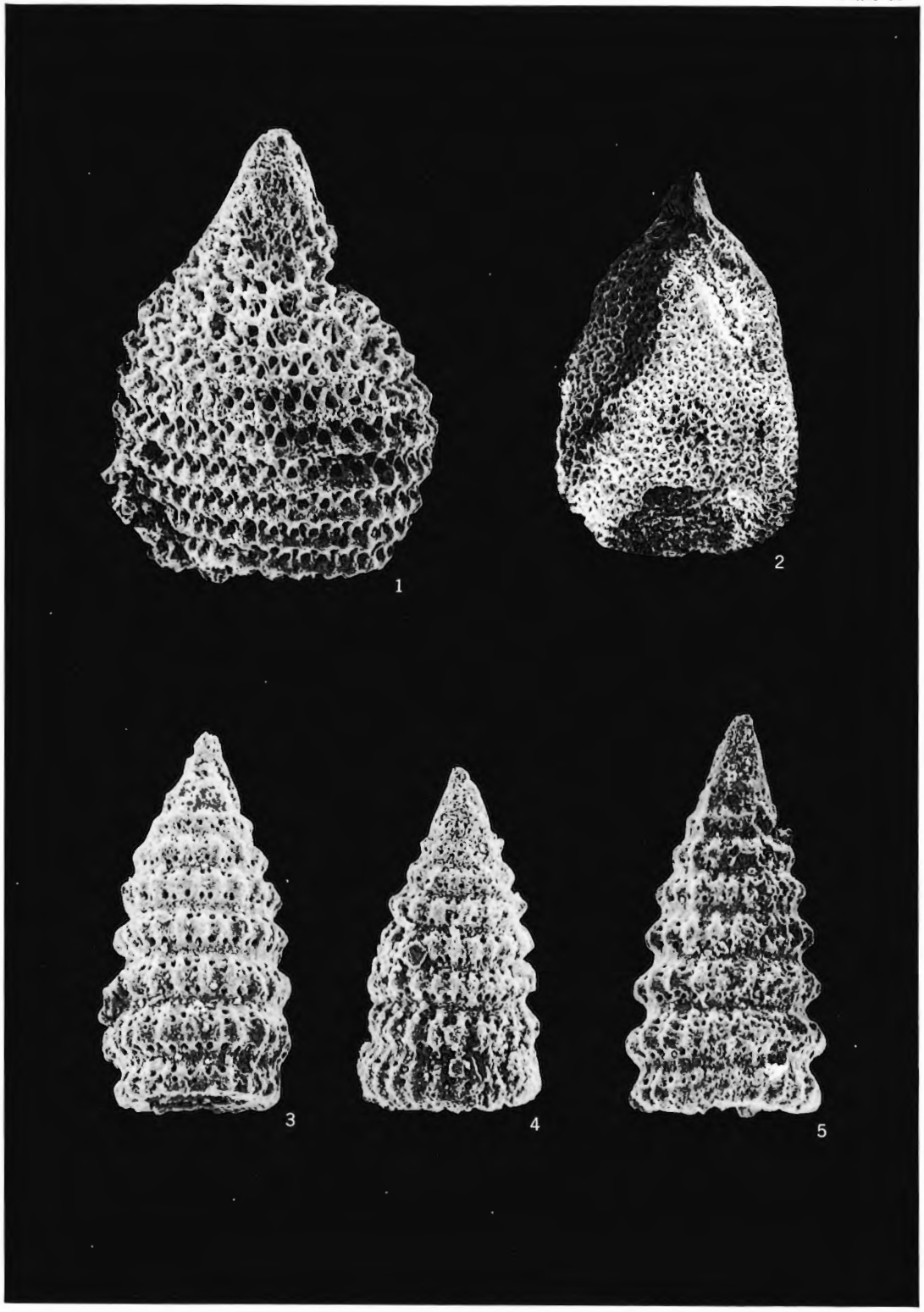

1
2
3
4
5

Plate 61

Fig. 1. *Acaeniotyle diaphorogona* FOREMAN, 4228/94, × 209 ····· p.175
Fig. 2. *Acaeniotyle diaphorogona* FOREMAN, 2383/94, × 209 ····· p.175
Fig. 3. *Paronaella* sp., 5573/142, × 209 ····· p.172
Fig. 4. *Paronaella* sp., 4346/124, × 209 ····· p.172
Fig. 5. *Pseudoeucyrtis* sp., 2353/94, × 209 ····· p.182
Fig. 6. *Pseudoeucyrtis* sp., 2389/94, × 209 ····· p.182
Fig. 7. *Parvicingula mashitaensis* n. sp., paratype, 4348/124, × 209 ····· p.176

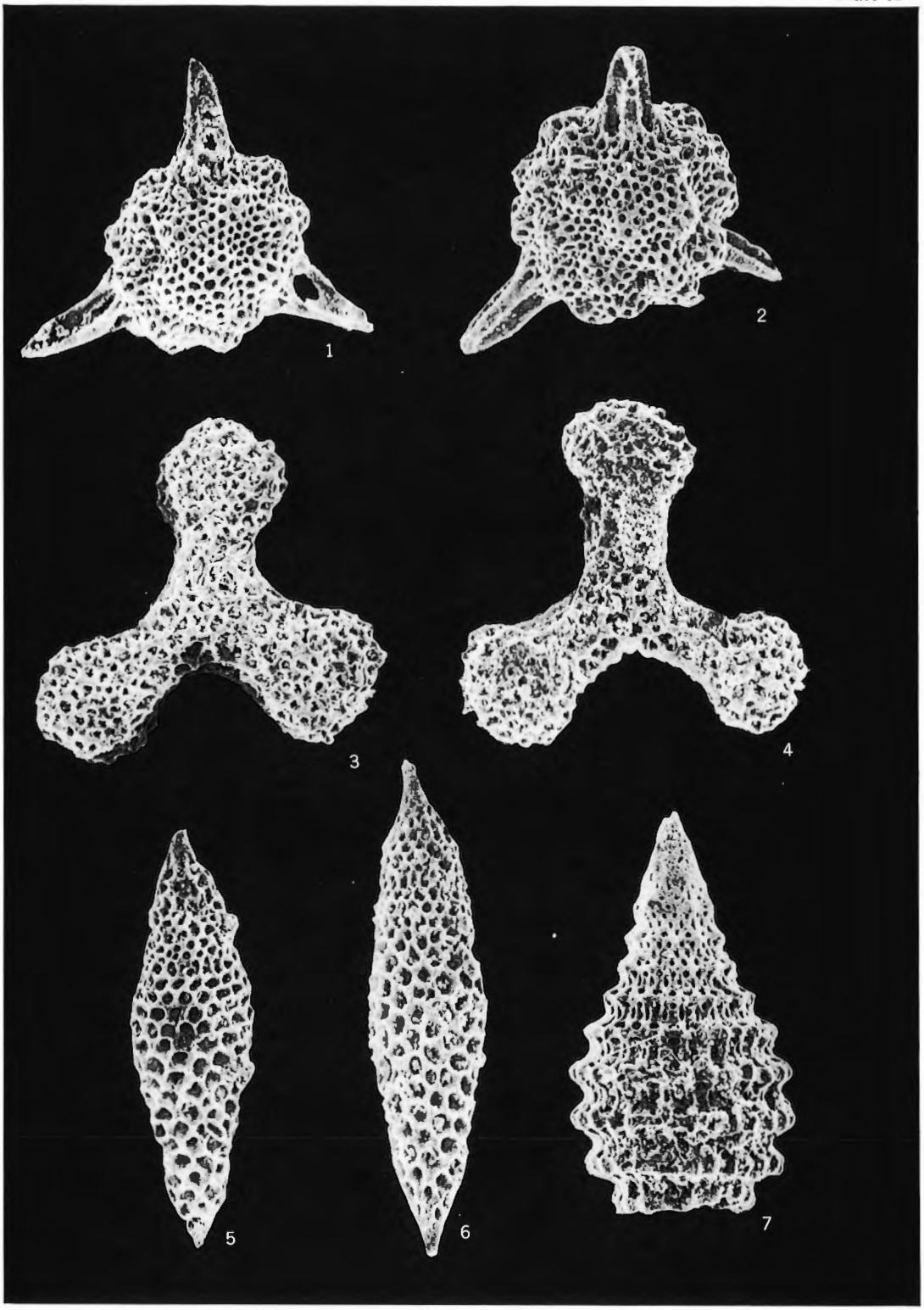

1
2
3
4
5
6
7

Plate 62

Fig. 1a. *Orbiculiforma sakaii* n. sp., holotype, 5992/158, × 260. Nearly lateral view of Fig. 1d ····· p.172

Fig. 1b. *Orbiculiforma sakaii* n. sp., holotype, 5991/158, × 260. Oblique view of Fig. 1d ····· p.172

Fig. 1c. *Orbiculiforma sakaii* n. sp., holotype, 5989/158, × 260. Upper oblique view of Fig. 1d ····· p.172

Fig. 1d. *Orbiculiforma sakaii* n. sp., holotype, 5990/158, × 260. Nearly axial view p.172

Fig. 2. *Orbiculiforma sakaii* n. sp., paratype, 3737/109, × 260 ····· p.172

Fig. 3. *Orbiculiforma* (?) *kanayamaensis* n. sp., 3772/109, × 260. Oblique view (see also Plate 64, fig. 4) ····· p.172

Fig. 4a *Orbiculiforma* (?) *kanayamaensis* n. sp., holotype, 5374/158, × 260. Upper lateral view of Fig. 4b ····· p.172

Fig. 4b. *Orbiculiforma* (?) *kanayamaensis* n. sp., holotype, 5375/158, × 260. Lateral view of Fig. 4a ····· p.172

Fig. 5. *Orbiculiforma* (?) *kanayamaensis* n. sp., 5491/143, × 260 ····· p.172

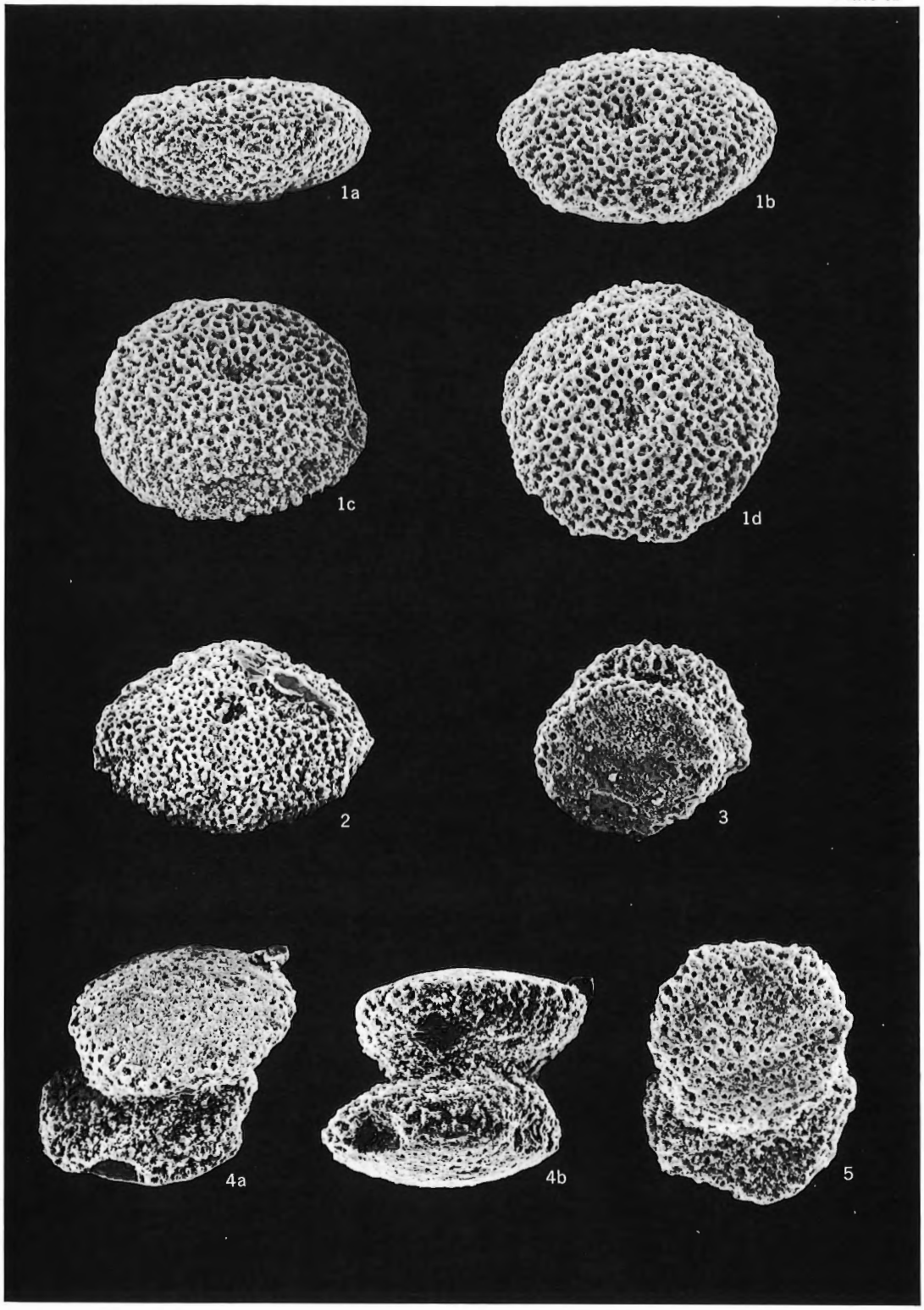

1a
1b
1c
1d
2
3
4a
4b
5

Plate 63

Fig. 1. *Protunuma fusiformis* ICHIKAWA and YAO, 6042/142, × 260 ·····p.181
Fig. 2. *Saitoum* sp., 3701/109, × 260 ·····p.183
Fig. 3. *Saitoum* sp., 3427/108, × 260 ·····p.183
Fig. 4. *Pantanellium* sp., cf. *P. riedeli* PESSAGNO, 5711/161, × 260 ·····p.174
Fig. 5. *Pantanellium* sp. A, 3364/32, × 260 ·····p.174
Fig. 6. *Pseudodictyomitra* sp. A, 3319/31, × 260 ·····p.179
Fig. 7. *Pseudodictyomitra* sp. A, 3814/109, × 260·····p.179
Fig. 8. *Protunuma fusiformis* ICHIKAWA and YAO, 3457/108, × 260 ·····p.181
Fig. 9. *Pseudodictyomitra minoensis* n. sp., holotype, 3293/31, × 260 ·····p.178
Fig. 10. *Pseudodictyomitra minoensis* n. sp., paratype, 5985/158, × 260 ·····p.178

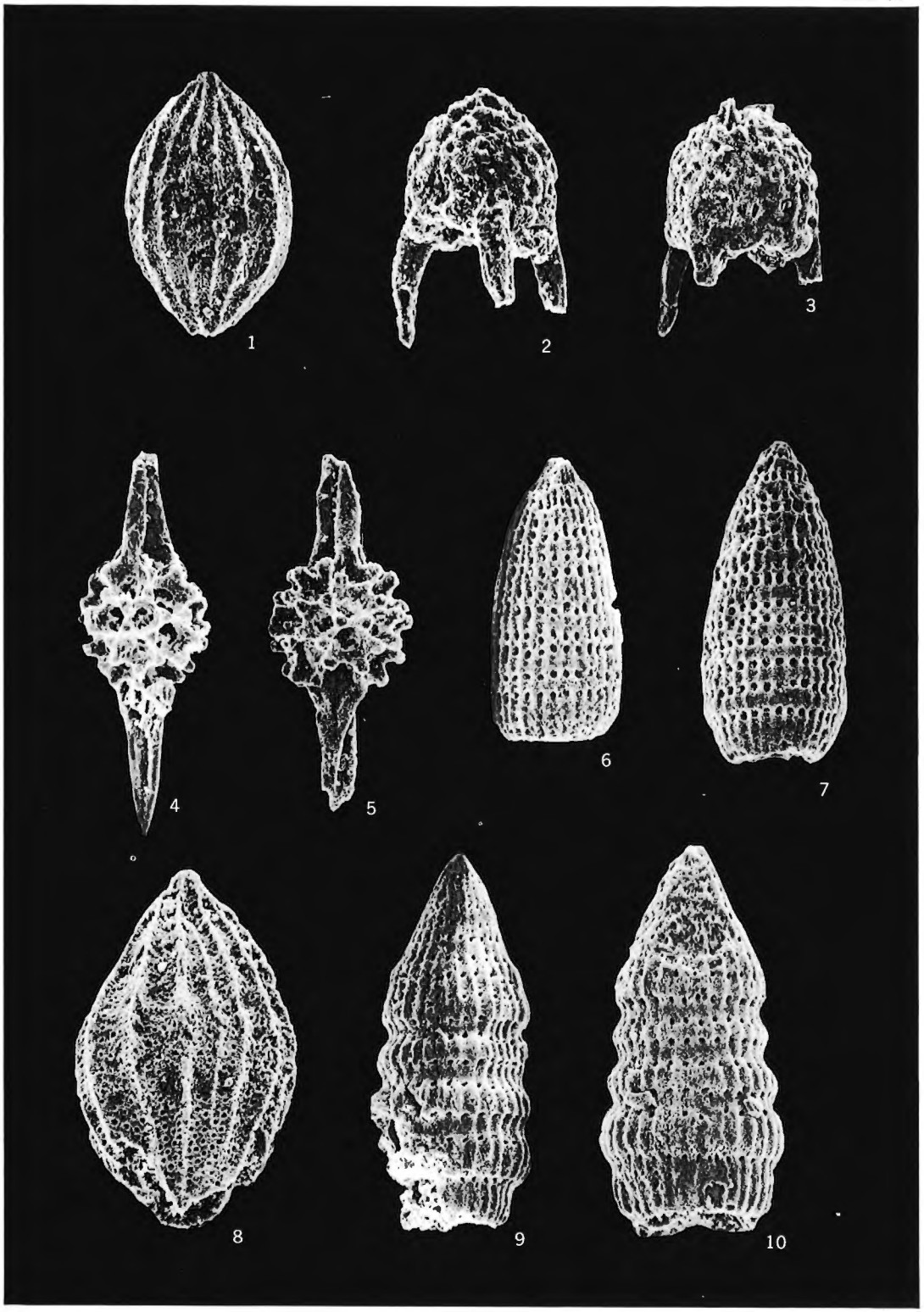

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Plate 64

Fig. 1a. *Eucyrtidium* (?) *ptyctum* RIEDEL and SANFILIPPO, 3498/108, × 390.
Lateral view ····· p.182

Fig. 1b. *Eucyrtidium* (?) *ptyctum* RIEDEL and SANFILIPPO, 3499/108, ×390.
Lower oblique view of Fig. 1a ····· p.182

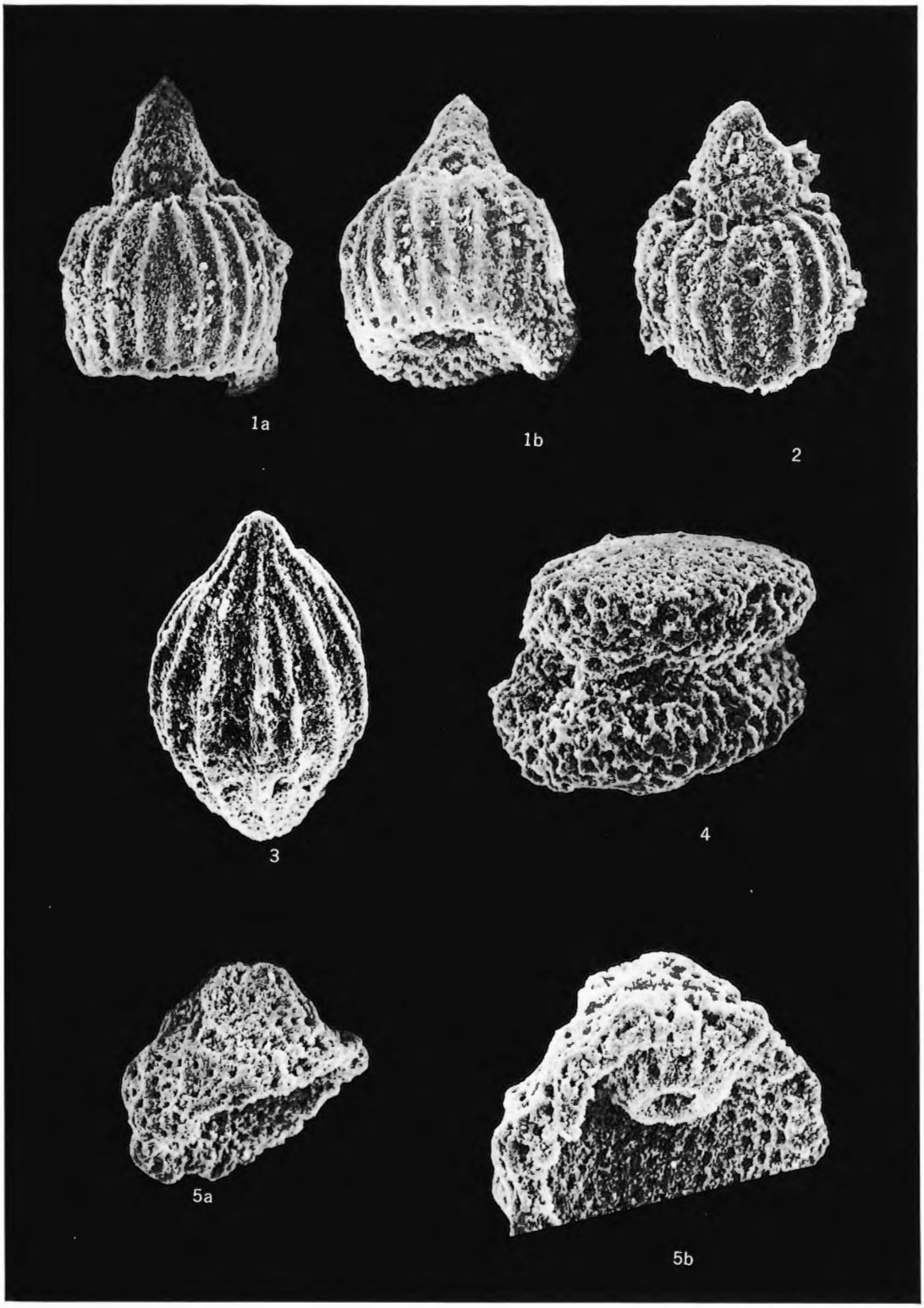
Fig. 2. *Eucyrtidium* (?) *ptyctum* RIEDEL and SANFILIPPO, 5422/158, × 390 ····· p.182

Fig. 3. *Protunuma fusiformis* ICHIKAWA and YAO, 3443/108, × 390 ····· p.181

Fig. 4. *Orbiculiforma* (?) *kanayamaensis* n. sp., paratype, 3769/109, × 390,
Lateral view (see also Plate 62, fig. 3) ····· p.172

Fig. 5a. *Williriedellum* sp., cf. *W. crystallinum* DUMITRICA, 5532/143, × 390.
Lateral view of Fig. 5b ····· p.175

Fig. 5b. *Williriedellum* sp., cf. *W. crystallinum* DUMITRICA, 5535/143, × 500.
Lower oblique view of Fig. 5a ····· p.175


1a
1b
2
3
4
5a
5b