

八溝山地大子地域の足尾テレーンに見られる 3種類の中期-後期ジュラ紀泥質岩

中江 訓*

Satoshi NAKAE (2000) Three kinds of Middle to Late Jurassic pelitic rocks from the Ashio Terrane at the Daigo district in the Yamizo Mountains, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 51 (4), p.113-128, 6 figs, 1 table, 3 plates.

Abstract : Since 1930's, it has been well known that radiolarian fossils are preserved in pelitic rocks around the Yamizo Mountains, Ibaraki and Tochigi Prefectures, and recently many Middle and Late Jurassic radiolarians were obtained from the pelitic rocks in these mountains. Chronological data in the Yamizo Mountains by radiolarian fossils are being steadily accumulated, as the above, however there is few study focusing on the lithology of the radiolarian-bearing pelitic rocks or their stratigraphical horizon and structural position. Hence, the purpose of this paper is to describe age and lithology of the radiolarian-bearing pelitic rocks, followed by the previous report (Nakae and Takizawa, 1998), and to summarize the relation between their stratigraphy and structural position.

The results are as follows ; (1) three different kinds of pelitic rocks are distinguished based on the lithology and petrology, (2) these rocks are the upper Bathonian-Oxfordian, the Tithonian, and the upper Tithonian, respectively, and then (3) they are considered to be on the different stratigraphical horizons. Furthermore, the lack of the *Hsuum maxwelli* zone (equivalent to the Kimmeridgian) may be recognized by the aforementioned lithological and chronological evidence.

要 旨

茨城・栃木県境に位置する八溝山地周辺に露出する泥質岩には、放散虫化石が含まれていることが、1930年代より一般によく知られていたが、最近になって広い範囲の泥質岩から、中期-後期ジュラ紀を示す放散虫化石の産出が相次いで報告された。この様に八溝山地においても、放散虫化石による地質時代資料は着実に蓄積されつつあるが、化石を産出した泥質岩の岩相や層序的、あるいは地質構造的な位置付けに焦点を当てた研究報告は少ない。従って本論では、ジュラ紀放散虫化石を産出した泥質岩の岩質・岩相と周辺の岩相層序ならびに地質構造との関係について吟味・整理した。その結果、(1)岩質・岩相の異なる3種の泥質岩を識別し、(2)これらの泥質岩がそれぞれ Bathonian 統上部-Oxfordian 統, Tithonian 統, 及び Tithonian 統上部に対比され、そして(3)これらは異なる層序学的位置を占めることが明らかになった。さらにこの地域には、*Hsuum maxwelli* 帯 (放散虫化石帯) に相当する Kimmeridgian 統が欠如している可能性が指摘できる。

1. はじめに

陸上に露出している付加複合体の形成時期を推定する際には、まず海溝充填堆積物の地質時代を高精度に決定することが重要である。通常その時代決定には、微化石が数多く含有・保存されている泥質岩などの細粒碎屑岩を用いる。ところが実際には、泥質岩は陸源碎屑物の供給されうるすべての海洋底で堆積するので、多種多様な岩質・岩相を示し、またその産状も極めて変化に富む。従って付加複合体の泥質岩が、必ずしも海溝充填堆積物であるとの保証はない。このことから、対象とする泥質岩がその周辺地域においてどのような層準に位置付けられるのか、あるいは泥質岩の岩質・岩相の記載とともにどのような堆積環境を示しているのかを明確にしなければ、産出化石の指示する地質時代がどのような地質現象を表わしているのかを探ることはできない。

茨城・栃木県境に位置する八溝山地では、泥質岩中に放散虫化石が含まれていることが古くより知られていた (藤本, 1932 ; Kanomata, 1961)。その後、指田ほか(1982) 及び Sashida *et al.* (1982) によって、八溝山地の広い範囲にわたって泥質岩からジュラ紀の放散虫化石が産出す

*地質部 (Geology Department, GSJ)

Keywords : accretionary complex, Ashio Terrane, pelitic rock, radiolaria, biostratigraphy, Daigo district, Yamizo Mountains, Middle to Late Jurassic

ることが示され、さらに最近では鷺子山塊と鷺子山塊の泥質岩から、中期-後期ジュラ紀放射虫化石の産出が報告された(Sashida *et al.*, 1993; 堀, 1998; 堀・指田, 1998; 中江, 1999; 中江・滝沢, 1996, 1998)。この様に八溝山地においても、放射虫化石による地質時代資料は着実に蓄積されつつあるが、化石を産出した泥質岩の岩相や層序的、あるいは地質構造的な位置付けに焦点を当てた研究報告は少ない。

以上の状況から、本研究報告では先の報告(中江・滝沢, 1998)に続いて、ジュラ紀放射虫化石を産出した泥質岩の岩質・岩相と周辺の岩相層序ならびに地質構造との関係について吟味・整理することを目的とした。その結果、岩質・岩相の異なる3種の泥質岩を識別し、産出した放射虫化石によりそれらが異なる層序学的位置を占めることを明らかにした。さらにこれらの層準の異なる泥質岩が、構造的不連続面で境される可能性があることを指摘できる。なお本研究報告は、地質調査所の1/5万地質図幅「大子」地域の研究成果の一部である。

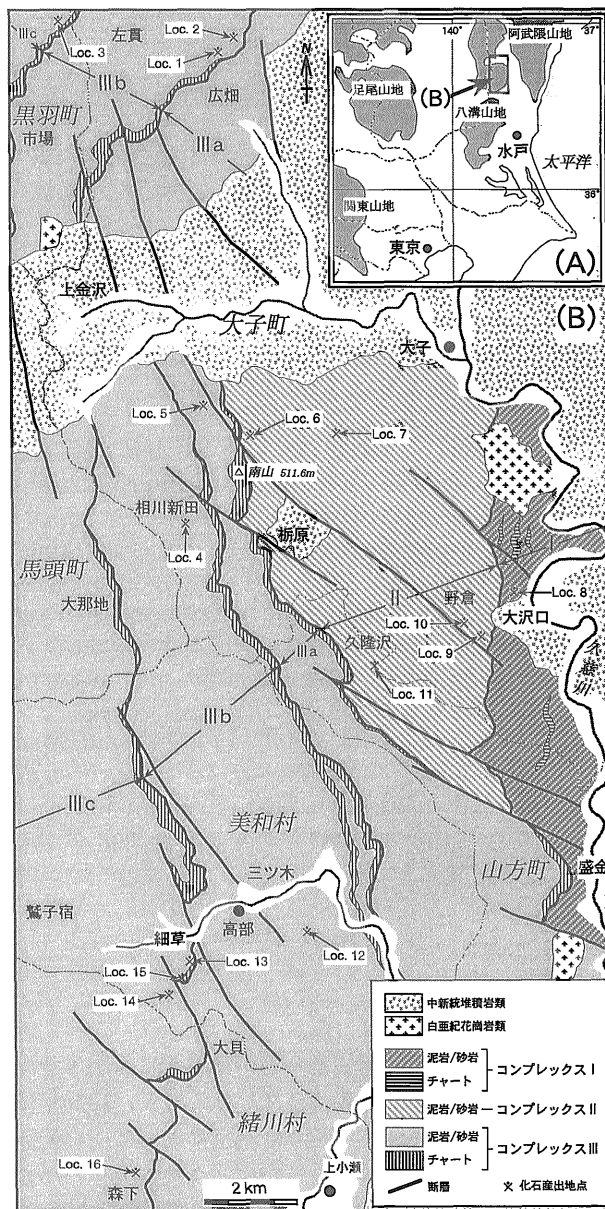
2. 地質概説

八溝山地は地形的に北から、八溝・鷺子・鷺足・筑波の4山塊に分けられている。これらの山塊には付加複合体からなる足尾テレーンが広く分布し、南端の筑波山塊にはその変成相とこれに貫入する花崗岩類が見られる。本報告で対象とした大子地域は、八溝山塊の南東端と鷺子山塊の東部に位置し、茨城県久慈郡大子町、那珂郡山方町・美和村・緒川村、及び栃木県那須郡黒羽町・馬頭町を含んでいる。八溝・鷺子両山塊の間(大子-上金沢周辺)と東端の久慈川流域には、付加複合体を不整合に覆う中新統堆積岩類が分布し、さらに付加複合体に貫入する白亜紀の花崗岩類が認められる(第1図)。

大子地域の付加複合体は、主に砂岩・泥質岩・層状チャートからなり、北部では北東-南西走向、中-南部では北北西-南南東走向を示し、ともに西方に傾斜している。岩相組合せ・地質時代・累積関係及び地質構造の特徴に基づいて、ここでは3つの構造層序単元に区分し、構造的低位(東側)より、コンプレックスI・II・IIIと仮称する(第1図)。

2.1 コンプレックスI

本地域東部で久慈川の西側に沿って、東西2-3km、南北約12kmにわたって分布している。下限は中新統に覆われ、上限はコンプレックスIIと衝上断層を境に接すると推定される。層厚は不明である。黒色シルト質泥岩と暗灰色塊状砂岩を主体とし、両者の互層と層状チャートを伴う。層状チャートの層厚は50-200m程度で、走向方向への連続性は乏しい。



第1図 大子地域の地質概略図と放射虫化石産出地点。
Fig. 1 Geologic map of the Daigo district and radiolarian fossil localities.

2.2 コンプレックスII

本地域中央部の大子-栃原-野倉にかけての、東西2-5km、南北約9kmの範囲に分布する。北側の大子周辺と西側の栃原周辺では、中新統に不整合で覆われる。下限はコンプレックスIと、上限はコンプレックスIIIと衝上断層で境されると考えられる。見掛けの層厚は最大で5,000m程度である。暗灰色の塊状砂岩を主体とし、黒色のシルト-砂質泥岩、砂岩泥岩互層を伴う。また灰緑色泥岩が多く含まれるのが特徴的である。

2.3 コンプレックスIII

本地域北西部の広畑-左貫-市場周辺の東西約6km・南

北約 5 km の範囲 (八溝山塊南東端) と、相川-大那地-高部-鷺子宿-森下周辺にかけての東西 5-12 km 以上・南北 25 km 以上の地域 (鷺子山塊東部) にわたって広く分布する。下限はコンプレックス II と衝上断層によって境されるが、本コンプレックスの分布は本地域外に及ぶので上限は不明。見掛けの層厚は 10,000 m 以上である。

暗灰色塊状砂岩を主体とし、砂岩泥岩互層・暗灰色-黒色シルト質泥岩・層状チャートを伴う。これらのうち層状チャートの層厚は 50-100 m 程度で、走向方向に 5-10 km 程度連続する。側方に連続して分布する層状チャートの存在が、本コンプレックスの特徴である。層状チャートは、基底部に珪質粘土岩を伴うことがあり、上位には珪質泥岩・泥質岩が分布する。この様に、下位から珪質粘土岩・層状チャート・珪質泥岩・泥質岩の順で整然と累重する岩相的・層序的特徴から判断すると、これらはチャート-碎屑岩シーケンス (松岡, 1984; 大塚, 1985) に相当すると見なされる。中江・滝沢 (1998) が指摘した様に、層状チャート直上の珪質泥岩・細粒泥岩とその見掛け上位の砂岩及び砂岩泥岩互層との間には、断層あるいは強く剪断された泥質岩が見られるのが一般的で、岩相が整合的に移化することを示す露頭は、現在のところ確認されていない。

本コンプレックスでは、上記のチャート-碎屑岩シーケンス (あるいはこのシーケンスの繰り返し) と、その見掛け上位の砂岩及び砂岩泥岩互層が対になって分布するのが特徴である。従ってここでは、その対を 1 つの層序単位として亜コンプレックスとする。つまりチャート-碎屑岩シーケンスの基底部を境界として構造的下位より、III a・III b・III c の 3 つの亜コンプレックスに細分することができる。各亜コンプレックスでのチャート-碎屑岩シーケンスとその上位の砂岩・砂岩泥岩互層の層厚は、それぞれ最大 250 m 程度と 3000-5000 m 程度である。

3. 放散虫化石の産出地点

放散虫化石は大子町・山方町・美和村・緒川村・黒羽町の 16 地点 (20 試料) の泥質岩から得られた。第 2・3 図には産出地点とその周辺のルートマップを掲げる。各地点における産状を以下に記述する。

Loc. 1, 2 (大子町広畑 : DG11-02, DG13-01)

両地点は亜コンプレックス III b に含まれ、大子町広畑より北北東方の沢沿いに位置する (第 2 図 a)。この周辺では南東側から、砂岩泥岩互層を挟む砂岩、層状チャート、泥質岩の順に露出し、層理面は北東-南西ないし北北東-南南西走向で北西に傾斜する。これらの地層は級化層理から判断すると西上位である。放散虫化石を産出した岩石試料は、Loc. 1 では暗灰色で細粒均質な泥岩、Loc. 2 ではスレート劈開が発達する細粒の黒色泥岩である。なお、これらの泥岩は肉眼では碎屑粒子が殆ど確認でき

ないほど細粒なので、細粒泥岩と呼ぶことにする。

Loc. 3 (黒羽町市場 : DG15-05)

黒羽町市場より北北東に向かう大道沢の上流部に位置し、亜コンプレックス III c に含まれる (第 2 図 b)。この周辺では南東側に砂岩やシルト質泥岩が、北西側に層状チャートと細粒泥岩が露出する。層状チャートの層理面は北北東-南南西走向で西に傾斜するが、地層の上位方向は不明である。放散虫化石を産出した岩石試料は、層状チャートの見掛け上位に位置する暗灰色で均質な細粒泥岩である。

Loc. 4 (大子町相川新田 : DG18-01)

大子町相川新田の南南西約 600 m の沢沿いに位置し、亜コンプレックス III b に含まれる (第 2 図 c)。この周辺には砂岩が広く分布し砂岩泥岩互層や泥質岩も露出している。層理面は北西-南東走向が卓越し西に傾斜するが、Loc. 4 の近傍では走向が北東-南西方向に変化している。地層の上位方向は不明である。放散虫化石を産出した岩石試料は、シルト-細粒砂岩からなる葉理が発達する黒色泥岩である。なお、この様な泥岩を葉理質泥岩と呼ぶことにする。

Loc. 5, 6 (大子町南山周辺 : DG19-01, DG19-08)

両地点は、大子町於古鎚から南南西の南山 (標高 511.6 m) に至る林道沿いに位置する (第 2 図 d)。Loc. 5 は亜コンプレックス III a に、Loc. 6 はコンプレックス II に含まれる。この林道の周辺では、南山頂上付近に層状チャートが分布しているほか、砂岩泥岩互層と泥質岩が広く露出している。これらはおおよそ南北走向で西に傾斜するが、堆積構造から地層の上位方向が確認できる露頭では東上位を示す。放散虫化石が産出した岩石試料は両地点とも、弱い層理面劈開 (スレート劈開) が見られる黒色の葉理質泥岩である。

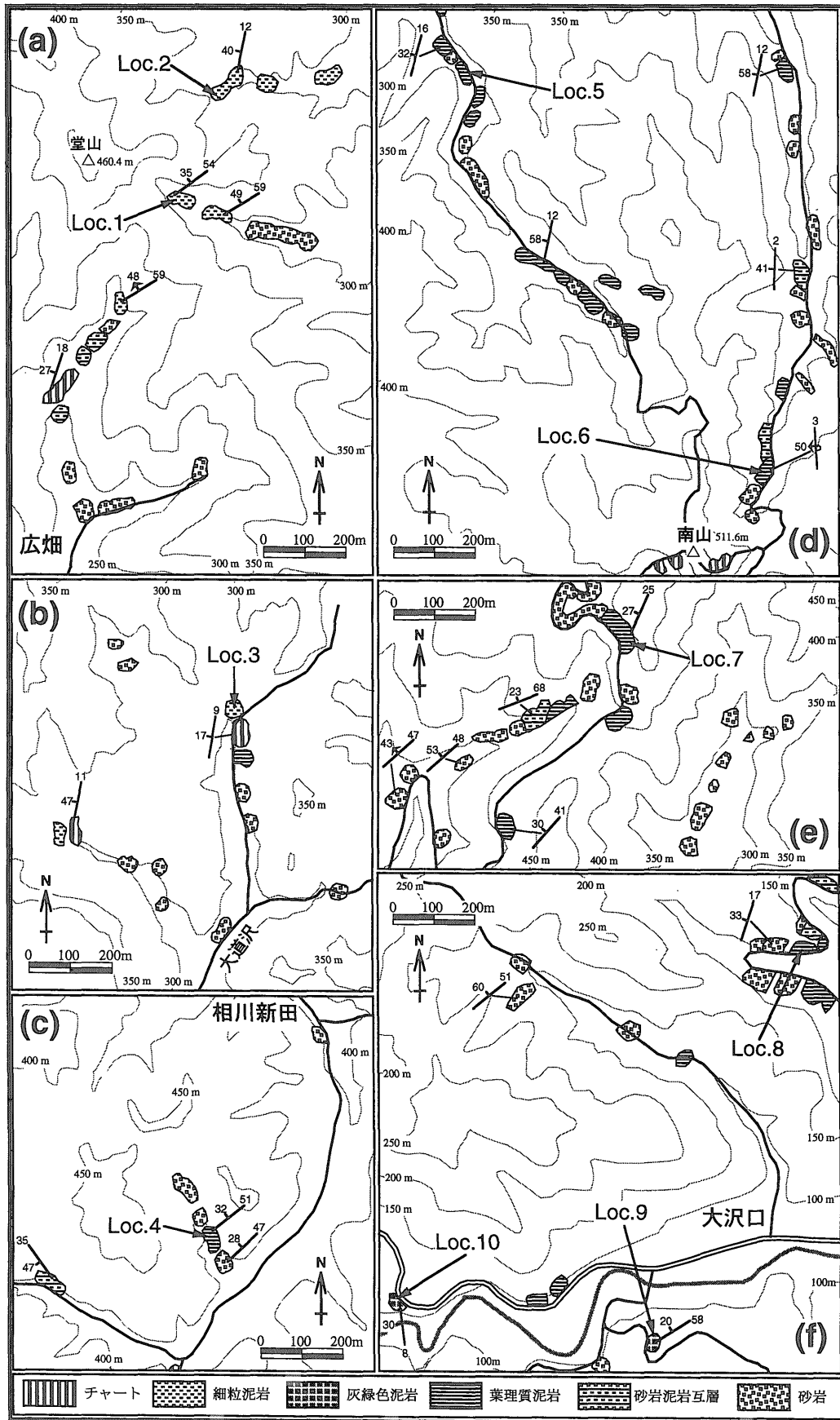
Loc. 7 (大子町大平 : DG21-05)

大子町大平から南方の切ノ草に至る林道沿いに位置し、コンプレックス II に含まれる (第 2 図 e)。この林道沿いでは砂岩、砂岩泥岩互層及び泥質岩が露出しており、層理面は北東-南西走向で西に緩く傾斜する。堆積構造が観察できた露頭では西上位を示す。放散虫化石が産出した岩石試料は、暗灰色のシルト質泥岩である。

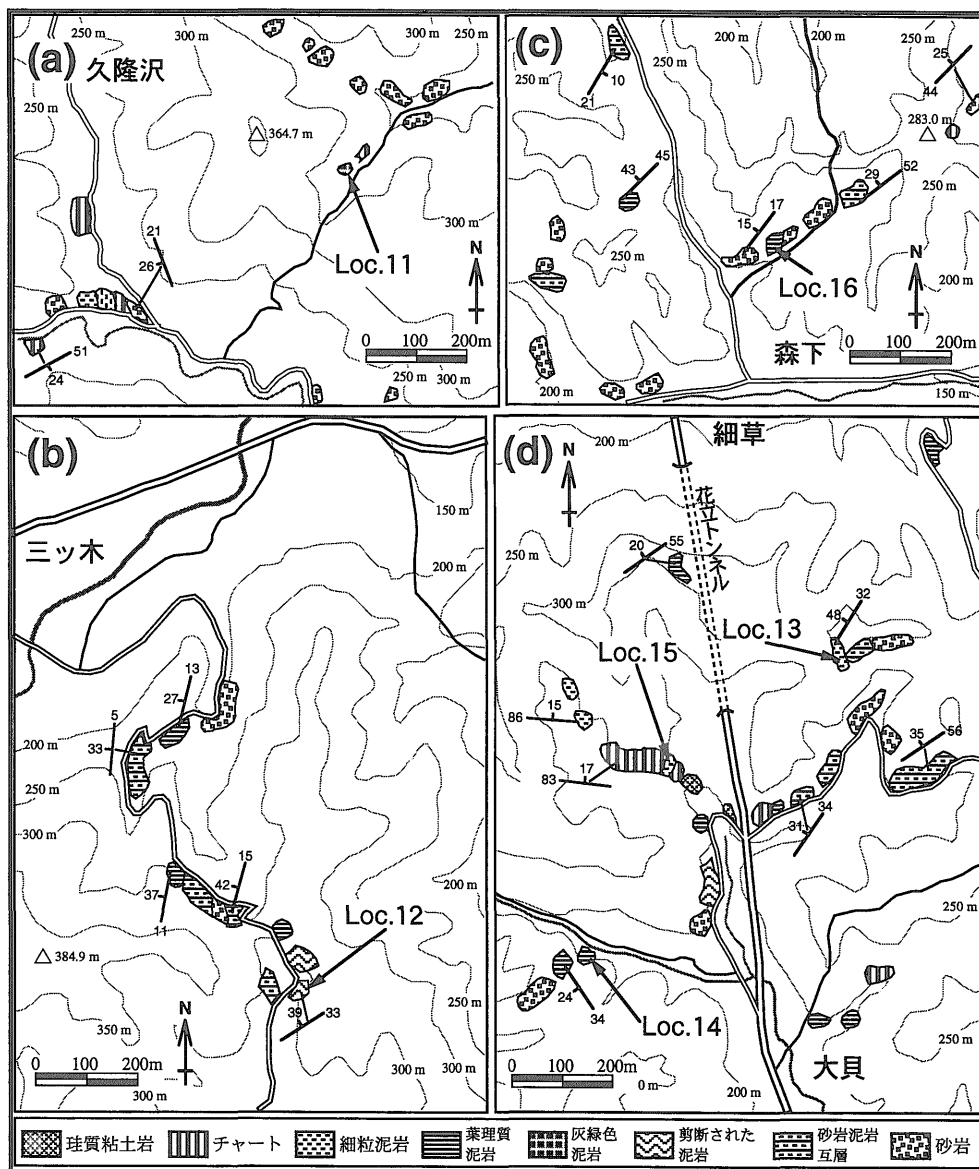
Loc. 8, 9, 10 (大子町大沢口-野倉 : DG30-03, DG31-02, DG32-03)

Loc. 8 は、大子町大沢口より北方の仏沢に至る林道沿いに位置し、コンプレックス I に含まれる (第 2 図 f)。この林道沿いには砂岩、砂岩泥岩互層、泥質岩が北北東-南南西走向・西傾斜で露出している。放散虫化石を産出した岩石試料は、シルト質-砂質泥岩と細粒砂岩との薄互層からなる露頭のシルト質-砂質泥岩より採取した。

一方 Loc. 9 と 10 はコンプレックス II に含まれ、大子町野倉より東南東にそれぞれ 500 m と 1 km の地点である (第 2 図 f)。この周辺では泥質岩が多く露出し砂岩を伴



第2図 放射虫化石産出地点周辺のルートマップ(I).
 Fig. 2 Route maps around the radiolarian fossil localities (I).



第3図 放射虫化石産出地点周辺のルートマップ(II).
 Fig. 3 Route maps around the radiolarian fossil localities (II).

う。泥質岩ではシルト質な泥岩が卓越するが、葉理が見られず均質な灰緑色泥岩も認められる。放射虫化石を産出した岩石試料は細粒で葉理が見られない灰緑色の泥岩である。

Loc. 11 (山方町久隆沢 : d238c)

山方町久隆沢の南東約1kmの地点であり、コンプレックスIIに含まれる(第3図a)。この周辺では砂岩が卓越し泥質岩や砂岩泥岩互層が伴われる。放射虫化石が産出した岩石試料は均質でやや珪質な灰緑色泥岩である。

Loc. 12 (美和村三ツ木 : DG61-04)

美和村三ツ木の南南東方約1kmの道路沿いの地点であり、垂コンプレックスIII bに含まれる(第3図b)。この道路沿いには砂岩泥岩互層が多く露出し、砂岩や泥質岩も見られる。これらの層理面は、北東-南西走向・北西

傾斜を示す。放射虫化石が産出した岩石試料は、やや剪断を受けた黒色のシルト質泥岩である。

Loc. 13, 14, 15 (美和村細草-大貝 : DG63-05a, b, c, DG64-02a, b, c, DG64-04)

Loc. 13は美和村細草の南方約600mの道路沿いの露頭であり、垂コンプレックスIII cに含まれる(第3図d)。この道路沿いでは、東側から砂岩、砂岩泥岩互層、泥質岩が北東-南西走向・北西傾斜で露出する。また砂岩泥岩互層と泥質岩の間には、幅50cm-1m程度の断層破碎帯が見られる。放射虫化石を産出した岩石試料は、断層の北西側約50mに位置する層理面劈開(スレート劈開)が発達した暗灰色の細粒泥岩である。

Loc. 14は美和村大貝の北西約500mの地点であり、垂コンプレックスIII cに含まれる(第3図d)。この周辺に

は、砂岩と泥質岩が北西-南東走向・南西傾斜で露出する。放散虫化石は、弱い層理面劈開(スレート劈開)が発達した葉理質泥岩から産出した。

一方、Loc. 15は美和村大貝の北北西約600mの地点であり、花立トンネル南側入り口の西方に位置する(第3図d)。垂コンプレックスIII cに含まれる。この周辺の林道では南東側から、珪質粘土岩、層状チャート、泥質岩、層状チャート、泥質岩の順に露出し、層理面は北北西-南南東走向で北北東に緩く傾斜する。放散虫化石が産出した岩石試料は、見掛け上層状チャートに挟まれた、暗灰色の均質な細粒泥岩である。

Loc. 16(緒川村森下: DG68-01)

緒川村森下の北方約250mの地点であり、垂コンプレックスIII cに含まれる(第3図c)。この周辺では、砂岩、砂岩泥岩互層、泥質岩が北東-南西走向で西に緩く傾斜して露出している。放散虫化石が産出した岩石試料は、断層の近傍で剪断を受けた黒色のシルト質泥岩である。

4. 泥質岩の岩相及び岩質

放散虫化石を産出した泥質岩は、露頭での岩相や鏡下での岩質上の違いに基づいて、(1)暗灰色-黒色を呈する細粒泥岩、(2)黒色の葉理質泥岩及びシルト質ないし砂質泥岩、さらに(3)塊状の灰緑色泥岩の3種類に大別することができる。これらのうち、(1)の泥質岩が他のものに比較して細粒で、劈開の発達が強傾向にある。なお第4図に、それぞれの顕微鏡写真を示した。

4.1 細粒泥岩

露頭では、暗灰色-黒色の泥岩や、場所によってはやや珪質な暗灰色の泥岩として見られる。肉眼では碎屑粒子が殆ど確認できないほど細粒で、葉理があまり発達しない均質な泥岩であることから、細粒泥岩と呼ぶことにする。

細粒泥岩にはスレート劈開が発達することが多い。鏡下(第4図a)では、黒色の薄い筋やこれに伴う微細な粘土鉱物からなる定行配列が観察でき、これらがスレート劈開を形成していると考えられる。また放散虫化石がしばしば含まれるが、内部は再結晶石英で充填されるとともに、圧力溶解によって偏平化している。このため、化石の保存状態は良くないことが多い。圧力溶解やスレート劈開が発達していることから、細粒泥岩は続成過程などを通じて圧密と変形を受けていたと判断できる。

この細粒泥岩は、Loc. 1-3, 13, 15で見られ、特にLoc. 1-3と15の様に層状チャートの見掛け上位や層状チャートの近傍に露出する傾向がある(第2・3図参照)。この様な岩相的特徴と野外での産状から判断して、チャート-碎屑岩シーケンスにおける、層状チャートから珪質泥岩を経てその上位に累重する泥岩に位置づけられる。

4.2 葉理質泥岩

露頭では黒色ないし暗灰色を呈し、砂岩や砂岩泥岩互層を伴って露出する。やや粗粒な碎屑粒子を含むシルト質-砂質な泥岩であり、シルト-細粒砂岩からなる葉理が頻繁に観察される。従って、これらの泥質岩を総称して葉理質泥岩と呼ぶことにする。

葉理に平行な剝理性を示すことがあるが、細粒泥岩に比べるとその程度は弱い。鏡下では、泥質部は微細な粘土鉱物を基質とし0.02mm以下の碎屑粒子(主に石英)が散在していることが観察される。この部分には、径0.1mm程度の殆ど変形していない放散虫化石が含まれている(第4図bの中央部)。一方葉理は、石英・斜長石・カリ長石・雲母・岩片・不透明鉱物などの碎屑粒子からなる。これらの粒子は径0.1-0.3mm程度(最大0.5mm)で、円磨度が低く角ばった外形をなしている。碎屑粒子どうしがスタイロライトで接することがあるが、放散虫化石の外形や劈開が発達していないことから判断して、著しい溶解や変形は起こっていないと考えられる。

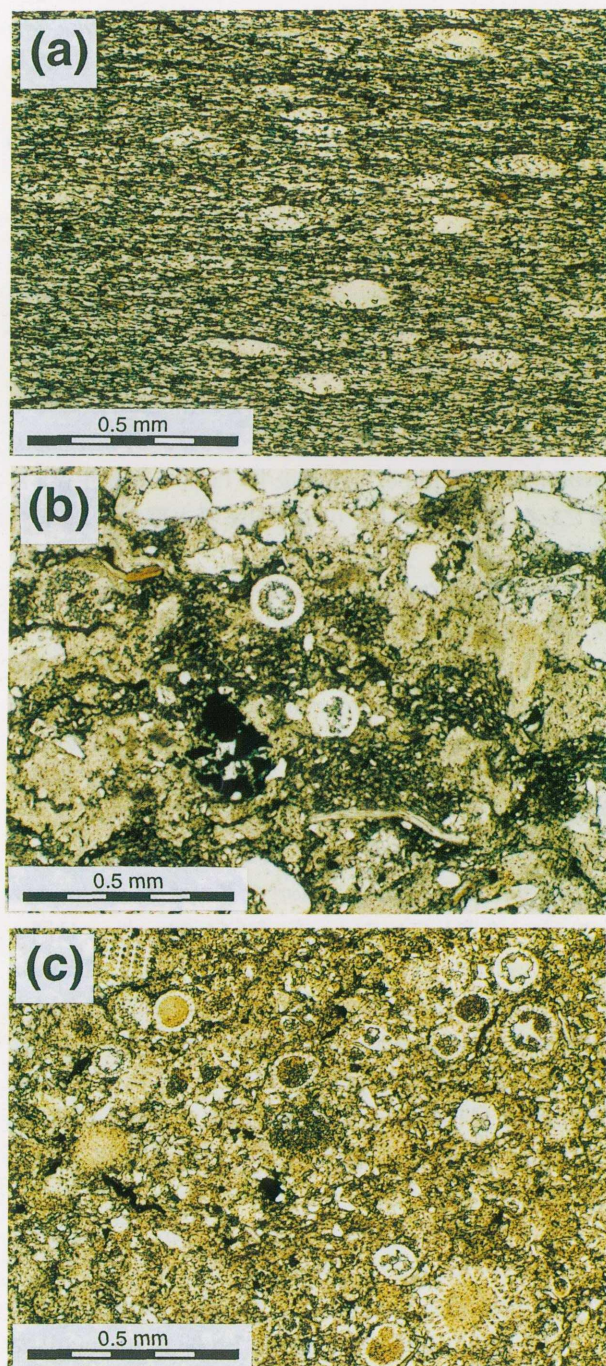
この葉理質泥岩はLoc. 4-8, 12, 14, 16で見られ、すべて砂岩及び砂岩泥岩互層が卓越して分布する地域に位置している(第2・3図参照)。中江・滝沢(1998)で報告されたジュラ紀末期放散虫化石を産出した泥岩は、この葉理質泥岩に含まれる。

4.3 灰緑色泥岩

均質な泥岩で、葉理質-シルト質泥岩に伴って露出する。露頭では緑色を帯びた灰色-暗灰色の泥岩として観察されるので、灰緑色泥岩と呼ぶことにする。

鏡下観察(第4図c)では、碎屑粒子として石英(径0.02-0.05mm)が多く見られるほか、斜長石(径0.02-0.05mm)や雲母類(長辺0.05-0.2mm)も含まれているのがわかる。また、保存良好の多量の放散虫化石が認められる。これらの碎屑粒子は、円磨度が低くシルト大以下である。さらに微細な粘土鉱物からなる基質中に散在し、明瞭な葉理をなすことは少ない。粘土鉱物の配列には弱い定行性が認められるところもあり、そのため露頭では弱い劈開として見られるが、これに対して碎屑粒子には定向配列が殆ど認められない。劈開の発達があまり顕著でないことと放散虫化石の外形が良く保存されていることから、灰緑色泥岩は、著しい圧密や変形を被っていないと考えられる。

この灰緑色泥岩は、Loc. 9, 10, 11で認められる。すでにSashida *et al.* (1993)が地質図に示した様に、砂岩及び砂岩泥岩互層が卓越する中に、灰緑色泥岩の分布が走向方向に追跡できる。



第4図 3種類の泥質岩の顕微鏡写真。(a)細粒泥岩：シルト大以上の碎屑粒子を殆ど含まない。再結晶した放射虫遺骸は圧力溶解によって扁平化し、スレート劈開に平行に配列している。(b)葉理質泥岩：細粒-中粒砂大の碎屑粒子を多く含む。非変形の放射虫遺骸が見られる。(c)灰緑色泥岩：シルト-極細粒砂大の碎屑粒子と保存良好の放射虫遺骸を多量に含む。
Fig. 4 Photomicrographs of three kinds of the pelitic rocks showing their petrological characteristics. (a) Fine-grained mudstones rarely include clastic grains coarser than silt. Recrystallized radiolarian remains are flattened and arranged parallel to slaty cleavages by pressure solution. (b) Laminated mudstones contain fine to medium sand grains and undeformed radiolarian remains. (c) Pale gray mudstones include silt to very fine sand grains and many well-preserved radiolarian remains.

5. 放射虫化石と地質時代

大子地域の泥質岩から採取した岩石試料(16地点, 20試料)より, 放射虫化石を抽出するために以下の手順で処理を行なった。泥質岩試料を約5%の弗化水素酸溶液に約10時間浸し, 水洗した後#200のふるいに残った残渣を採取する。次に約2%の弗化水素酸溶液に再度2-3時間浸し, 同様の手順で残渣を採取する。前後2回の作業で得られた残渣を混酸(塩酸:硝酸:水=1:1:1)溶液中で10-15分間煮沸し, 粘土鉱物や有機物を除去する。その後, 酸処理された残渣から実体顕微鏡下で放射虫化石を拾い出し, 走査型電子顕微鏡を用いて種の鑑定を行なった。

抽出された化石の保存状態は概して良くないが, 第1表に掲げた化石種を識別し, そのうち代表的な化石種の電子顕微鏡写真を図版1-3に示した。なお化石帯はMatsuoka (1995)を用い, 化石種の棲息期間は主にMatsuoka (1983, 1995)とAita (1987)に従い, そのうち代表的な種の棲息期間を第5図に示した。また化石帯名は以下の様に略記する。*Tricolocapsa plicarum* 帯= Tp 帯, *Tricolocapsa conexa* 帯= Tc 帯, *Stylocapsa* (?) *spiralis* 帯= Ss 帯, *Hsuum maxwelli* 帯= Hm 帯, *Loopus primitivus* 帯= Lp 帯。

産出した放射虫化石についてその指示年代を検討した結果, 先に識別した3種類の泥質岩ごとにそれぞれ一定の範囲内の時代幅を示すことが明らかになった。そこで以下に, 各泥質岩から産出した化石種の記載と指示年代を記述する。

5.1 細粒泥岩

この種類の泥質岩に含まれるのは, DG11-02, 13-01, 15-05, 63-05a-c, 64-04の7試料である。これらの多くの試料に *Archaeodictyomitra* 属, *Eucyrtidiellum* 属, *Stichocapsa* 属, *Tricolocapsa* 属の放射虫が含まれていることから, 少なくとも中期ジュラ紀以降の時代を示している。

亜コンプレックスIII b: DG11-02では, *Eucyrtidiellum ptyctum* と *Tranhsum maxwelli* が共産していることから, その時代は Tp 帯から Hm 帯までを示していると考えられる。しかし同時に, *Eucyrtidiellum nodosum* に類似する種が産出しているため, Tc 帯から Ss 帯を示す可能性もある。また DG13-01 から得られた *Archaeodictyomitra minoensis* の棲息期間は, 後期 Oxfordian-Tithonian に限られている (Gorican, 1994)。

亜コンプレックスIII c: DG63-05a, b, c は同一露頭の約1mの層準内から得られている。DG63-05aからは *Archaeodictyomitra apiarium*, *Stichocapsa robusta* と, *Tricolocapsa conexa* に類似した種などが得られている。これらが共通して生存した期間は Ss 帯の中頃である。

Radiolarian zone (MATSUOKA, 1995)	Middle Jurassic				Late Jurassic		
	Bal	Baj	Bat	Cal	OHF	Kim	Tit
	Lj	Tp	Tc	Ss	Hm	Lp	
<i>Tricolocapsa plicarum</i>							
<i>Eucyrtidellum ptyctum</i>							
<i>Tranhsuum maxwelli</i>							
<i>Protunuma turbo</i>							
<i>Tricolocapsa conexa</i>							
<i>Stichocapsa himedaruma</i>							
<i>Stylocapsa tecta</i>							
<i>Stichocapsa robusta</i>							
<i>Protunuma (?) ochiensis</i>							
<i>Cinguloturris carpatica</i>							
<i>Protunuma japonicus</i>							
<i>Archaeodictyomitra apiarium</i>							
<i>Stichocapsa naradaniensis</i>							
<i>Archaeodictyomitra minoensis</i>							
<i>Tricolocapsa yanoi</i>							
<i>Loopus primitivus</i>							
<i>Archaeodictyomitra excellens</i>							
<i>Eucyrtidellum pyramis</i>							

第5図 中期-後期ジュラ紀の代表的な放散虫化石の棲息期間。棲息期間は主に Matsuoka (1983, 1995) と Aita (1987) による。

Fig. 5 Stratigraphic distribution of selected Middle to Late Jurassic radiolarians. The range of each radiolarians is mainly compiled from Matsuoka (1983, 1995) and Aita (1987).

DG63-05b と c からは *Tricolocapsa conexa* と *Protunuma turbo* が産するほか、*Protunuma (?) ochiensis*, *Stichocapsa naradaniensis*, *Stylocapsa tecta* などに類似する種が共産する。このうち *Protunuma turbo* は Tc 帯に、*Stylocapsa tecta* は Tc 帯上部から Ss 帯下部に、そして *Stichocapsa naradaniensis* は Ss 帯上部から Hm 帯にかけて棲息していたので、これらの共存から DG63-05b と c は、Tc 帯上部から Ss 帯下部に対比されるであろう。

一方 DG64-04 からは、*Protunuma turbo*, *Tranhsuum maxwelli*, *Tricolocapsa plicarum* のほかに、*Dictyomitrella (?) kamoensis* と *Stichocapsa himedaruma* に類似した種が産した。このうち *Protunuma turbo* と *Stichocapsa himedaruma* (Bathonian 末期-Oxfordian) の共存から、Tc 帯の中頃を示している可能性がある。

以上の産出化石の指示する時代をみると、DG13-01 の黒色泥岩が新しい時代 (Oxfordian 後半以降) を示すが、ほかの試料は Tc 帯から Ss 帯 (Bathonian 後半-Oxfordian) までの範囲内を示している。

5.2 葉理質泥岩

この種の泥質岩に含まれるのは、DG18-01, 19-01, 19-08, 21-05, 30-03, 61-04, 64-02a-c 及び 68-01 の10試料である。これらの多くの試料に後期ジュラ紀を示唆する *Archaeodictyomitra* 属, *Eucyrtidellum* 属, *Parvicingula* 属, *Pseudodictyomitra* 属, *Stichocapsa* 属, *Tricolocapsa* 属の放散虫が含まれている。

■ コМПЛЕКС I : DG30-03 からは、*Pseudodictyomitra* 属と *Tricolocapsa* 属の種が産出したことから、その時代は後期ジュラ紀である可能性があるが、それより詳細な時代は不明である。

■ コМПЛЕКС II : DG21-05 からは、*Eucyrtidellum ptyctum* と *Protunuma japonicus* が産している。*Protunuma japonicus* は、Ss 帯に出現し Lp 帯において多く産出する (Matsuoka, 1986) ので、この試料は Lp 帯を示す可能性がある。

■ コМПЛЕКС III a : DG19-01 からは、*Archaeodictyomitra apiarium* と *Pseudodictyomitra* sp. C (Yao, 1984) の他に、*Archaeodictyomitra excellens* と *Loopus primitivus* に類似した種が産出している。*Archaeodictyomitra apiarium* は Oxfordian-Tithonian に、そして *Archaeodictyomitra excellens* は Tithonian 以降にその産出が限定され (Gorican, 1994), また *Loopus primitivus* は Kimmeridgian 後半-Tithonian に生存した種である。従って DG19-01 は、Hm 帯上部から Lp 帯に対比される。

■ コМПЛЕКС III b : DG18-01 からは時代決定に有効な種が産出していないが、DG61-04 からは Ss 帯-Lp 帯を示す *Cinguloturris carpatica* と *Parvicingula boesii* の他に、後期Oxfordian-Kimmeridgianを示す *Zhamoidellum ovum* (Gorican, 1994) に類似する種が共産している。従って、少なくとも Ss 帯上部から Hm 帯に相当する可能性がある。

■ コМПЛЕКС III c : 68-01 からは、*Cinguloturris carpatica* と *Parvicingula boesii* などの他に、*Protunuma japonicus* を産している。一方、DG64-02a, b, c は同一露頭内の層厚約 5 m の範囲内から採取されており、*Archaeodictyomitra apiarium*, *Mirifusus medioidilatatus*, *Ristola altissima*, *Pseudodictyomitra* sp. C (Yao, 1984) や、Kimmeridgian 末-Tithonian に生存したとされる *Loopus primitivus* (Matsuoka, 1995) に類似する種などが産出している。従ってこの露頭の泥岩は、Hm 帯上部から Lp 帯に対比される。

これらの葉理質泥岩のどの試料からも、*Tranhsuum maxwelli* や *Stylocapsa (?) spiralis* といった Hm 帯以前にその出現が限定される種が全く産出していない。このことから上記の試料の示す時代は Lp 帯 (Tithonian) に限定できる可能性が高いと考えられる。

5.3 灰緑色泥岩

この種の泥質岩はコンプレックス II に分布し、しばしば保存良好な放散虫化石が含まれる。藤本 (1932) は、大子町大平及び野倉付近から採取した試料 (暗緑色砂質頁岩) の薄片において放散虫化石を確認・記載し、その時代を三疊紀ないしジュラ紀と予想した。彼が採取したのはこの灰緑色泥岩であると考えられる。さらに Sashida et al. (1993) と堀 (1998) はこの灰緑色泥岩から、後期ジュラ紀末期の放散虫化石の産出を報告している。

灰緑色泥岩に含まれるのは、DG31-02, 32-03, d238c の3試料である。これらの試料からは、*Archaeodictyomitra*

八溝山地大子地域の中期-後期ジュラ紀泥質岩 (中江)

第1表 産出放射虫化石表.

Table 1 List of radiolarian fossils.

Complex	I		II				IIIa	III b				IIIc									
Locality No.	8	6	7	9	10	11	5	1	2	4	12	3	13	15	16	14					
Sample No.	DG90-03	DG19-08	DG21-05	DG31-02	DG32-03	d 286c	DG19-01	DG11-02	DG13-01	DG18-01	DG61-04	DG15-05	DG63-05a	DG63-05b	DG63-05c	DG64-04	DG68-01	DG64-02a	DG64-02b	DG64-02c	
Lithology	L	L	L	G	G	L	L	F	F	L	L	F	F	F	F	L	L	L	L	L	
<i>Archaeodictyomitra apiarium</i> (RUST)																					
<i>Archaeodictyomitra</i> aff. <i>apiarium</i> (RUST)																					
<i>Archaeodictyomitra</i> cf. <i>excellens</i> (TAN)																					
<i>Archaeodictyomitra minoensis</i> (MIZUTANI)																					
<i>Archaeodictyomitra</i> sp. A																					
<i>Archaeodictyomitra</i> sp. B																					
<i>Archaeodictyomitra</i> spp.																					
<i>Archaeodictyomitra</i> (?) sp.																					
<i>Archaeospongoprimum</i> cf. <i>imlayi</i> PESSAGNO																					
<i>Archicapsa</i> sp.																					
<i>Cinguloturris carpatica</i> DUMITRICA																					
<i>Dictyomitrella</i> (?) cf. <i>kamoensis</i> MIZUTANI et KIDO																					
<i>Eucyrtidiellum</i> cf. <i>nodosum</i> WAKITA																					
<i>Eucyrtidiellum ptyctum</i> (RIEDEL et SANFILIPPO)																					
<i>Eucyrtidiellum</i> cf. <i>pyramis</i> (AITA)																					
<i>Eucyrtidiellum</i> spp.																					
<i>Hsuum</i> spp.																					
<i>Loopus</i> cf. <i>primitivus</i> (MATSUOKA et YAO)																					
<i>Mirifusus mediodilatatus</i> (RUST)																					
<i>Pantanellium</i> (?) spp.																					
<i>Paronaella</i> (?) sp.																					
<i>Parvicingula boesii</i> gr. (PARONA)																					
<i>Parvicingula dhimenaensis</i> BAUMGERTNER																					
<i>Parvicingula mashitaensis</i> MIZUTANI																					
<i>Parvicingula</i> spp.																					
<i>Praeconocaryomma</i> spp.																					
<i>Protunuma japonicus</i> MATSUOKA et YAO																					
<i>Protunuma turbo</i> MATSUOKA																					
<i>Protunuma</i> spp.																					
<i>Protunuma</i> (?) cf. <i>ochiensis</i> MATSUOKA																					
<i>Pseudodictyomitra</i> sp. C sensu YAO																					
<i>Pseudodictyomitra</i> spp.																					
<i>Pseudodictyomitra</i> (?) sp.																					
<i>Ristola altissima</i> (RUST)																					
<i>Ristola</i> sp.																					
<i>Sethocapsa</i> cf. <i>uterculus</i> (PARONA)																					
<i>Sethocapsa</i> spp.																					
<i>Spongocapsula</i> spp.																					
<i>Stichocapsa</i> cf. <i>himedaruma</i> AITA																					
<i>Stichocapsa</i> cf. <i>naradaniensis</i> MATSUOKA																					
<i>Stichocapsa robusta</i> MATSUOKA																					
<i>Stichocapsa</i> spp.																					
<i>Stylocapsa</i> cf. <i>tecta</i> MATSUOKA																					
<i>Syringocapsa</i> spp.																					
<i>Tranhsuum maxwelli</i> gr. (PESSAGNO)																					
<i>Tranhsuum</i> spp.																					
<i>Tricolocapsa conexa</i> MATSUOKA																					
<i>Tricolocapsa</i> cf. <i>conexa</i> MATSUOKA																					
<i>Tricolocapsa plicarum</i> YAO																					
<i>Tricolocapsa</i> spp.																					
<i>Williriedellum crystallium</i> DUMITRICA																					
<i>Wrangellium okamurai</i> (MIZUTANI)																					
<i>Xitus gifuensis</i> MIZUTANI																					
<i>Xenorum</i> (?) sp.																					
<i>Zhamoidellum</i> cf. <i>ovum</i> DUMITRICA																					

F: fine mudstone, L: laminated mudstone, G: pale gray mudstone

属, *Cinguloturris* 属, *Loopus* 属, *Ristola* 属, *Pseudodictyomitra* 属, *Xitus* 属など, 後期ジュラ紀を示す化石種が多く産出している。

DG31-02と32-03からは, *Archaeodictyomitra apiarium*, *Archaeodictyomitra minoensis*, *Parvicingula mashitensis*, *Xitus gifuensis* などと, *Loopus primitivus* に類似した種が得られた。これらのうち *Archaeodictyomitra minoensis* の棲息期間は Oxfordian 後半 - Tithonian (Gorican, 1994), *Loopus primitivus* は Kimmeridgian 末 - Tithonian (Matsuoka, 1995) とされ, さらに Tithonian 後半に先祖型の *Eucyrtidiellum ptyctum* から派生した *Eucyrtidiellum pyramis* (Aita and Okada, 1986) に類似する種が, DG31-02 から得られている。一方 d238c からは *Pseudodictyomitra* sp. C (Yao, 1984) が産出した。

以上の産出化石より, 灰緑色泥岩は Lp 帯 (Tithonian) を示していると判断できる。また, 前述の葉理質泥岩とこの灰緑色泥岩はほぼ同様の化石種を含むことから, 顕著な時代差はないとみなされる。しかしながら葉理質泥岩には *Eucyrtidiellum ptyctum* が含まれるのに対し, 灰緑色泥岩のどの試料からも *Eucyrtidiellum ptyctum* は認められず, 代わりにその子孫型の *Eucyrtidiellum pyramis* に類似する種が産出している。このことを考慮すれば, 灰緑色泥岩の方が若干新しく Lp 帯の上部 (Tithonian 後半) を示す可能性がある。なお堀 (1998) はこれと同様の灰緑色泥岩の時代についてすでに詳細に考察し, その時代を Tithonian 後半としている。

6. 泥質岩の岩相層序と地質構造の関係

前章までに, 大子地域に分布する泥質岩の岩相的特徴と地質時代について述べてきたが, これまでにも大子地域及びその周辺での幾つかの研究報告において, 放散虫化石の産出やそれに基づく地質時代の議論がなされている (Sashida *et al.*, 1993; 堀, 1998; 中江, 1999; 中江・滝沢, 1996, 1998)。ここではこれらの報告と併せて, 本地域の付加複合体内部における泥質岩の層序的・地質構造的な位置付けを整理し, 検討する。

6.1 泥質岩の層序的位置

岩質・岩相の特徴によって識別した3種類の泥質岩とその地質時代との関係を, 本研究で得られた時代の他に, 上記の研究報告による時代資料と併せて第6図にまとめた。またこれには, 中江 (1999) が報告した珪質泥岩の地質時代も参考として示した。

珪質泥岩は Tp 帯 - Tc 帯 (Bajocian-Callovia), 細粒泥岩は Tc 帯 - Ss 帯 (Bathonian 後半 - Oxfordian), 葉理質泥岩は Lp 帯 (Tithonian), そして灰緑色泥岩は Lp 帯上部 (Tithonian 後半) を示し, これらの時代を比較するとこの順に若くなる傾向が読み取れる (第6図)。

次に各コンプレックスにおける泥質岩の分布を整理する。細粒泥岩はコンプレックス II を除く全てのコンプレックスに分布しているが, 放散虫化石による時代が得られたのは, 垂コンプレックス III b 及び III c のみである。細粒泥岩の分布は層状チャートの見掛け上位やその近傍に露出する傾向があり (第2図 a, b 参照), また Loc. 15 (第3図 d) の様に, 珪質粘土岩から層状チャートに連続する岩相層序のさらに上位に累重した泥岩も含んでいる。従ってこの細粒泥岩はチャート-碎屑岩シーケンスから構成される岩相層序単元 (以下 CCS と略記) に含まれると考えられる。なお垂コンプレックス III c では, チャート-碎屑岩シーケンス上部の珪質泥岩と細粒泥岩から放散虫化石が産出し, その時代はそれぞれ Tp 帯 - Tc 帯と Ss 帯に対比されている (中江, 1999)。

葉理質泥岩はすべてのコンプレックスに分布し, それぞれの時代を決定することもできた。灰緑色泥岩は, コンプレックス II に広く分布し放散虫化石も多産しているが, 他のコンプレックスでは僅かに分布する程度で放散虫化石を全く得ることができなかった。

これら葉理質泥岩と灰緑色泥岩は, 第1図の地質図によると, 砂岩及び砂岩泥岩互層が卓越する地域に分布している。さらに葉理質泥岩と周辺の砂岩・砂岩泥岩互層との関係は整合的である場合が多い (第2・3図参照)。灰緑色泥岩も同様に砂岩・砂岩泥岩互層と密接に伴って露出する。これらの露出状況からみると, これら2者の泥質岩は砂岩及び砂岩泥岩互層と共に1つの岩相層序単元 (以下 SSM と略記) を成していると考えられるが, 既述の様に灰緑色泥岩の方が若干新しい時代を示す可能性がある。

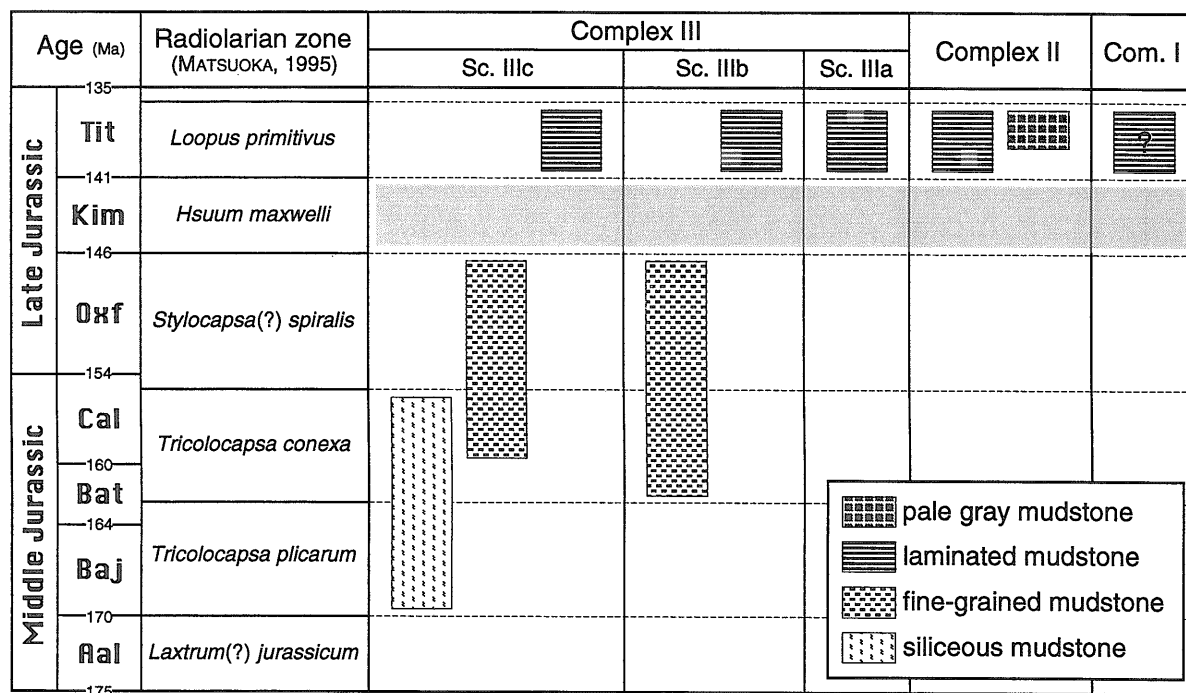
Sashida *et al.* (1993) は本地域に含まれる鷺子山塊北東域において, 詳細な地質図と放散虫化石に基づく時代及び地質構造の形成について考察している。彼らは灰緑色泥岩の見掛け上位に葉理質泥岩を挟む砂岩及び砂岩泥岩互層が累重し, さらに灰緑色泥岩の基底部に衝上断層の存在を推定した。しかしながら, 灰緑色泥岩の方が葉理質泥岩よりも時代的に新しいとすると, 灰緑色泥岩が葉理質泥岩の上位に位置することになり, Sashida *et al.* (1993) が示した層序関係とは矛盾することになる。

6.2 Hm 帯の欠如

ところで今回の検討の中で, Loc. 2 (DG13-01) の黒色細粒泥岩が Oxfordian 以降を示唆する程度で, それ以外に確実に Hm 帯 (Kimmeridgian) を示す放散虫化石を産した泥質岩はない (第6図参照)。ここでは上述の泥質岩の層序学的位置付けと併せて, この Hm 帯欠如の原因を指摘する。

(1) 化石帯の認定について

Hm 帯はその下限・上限をそれぞれ *Tricolocapsa conexa* と *Tranhsuum maxwelli* の消滅層準によって確定された



第6図 泥質岩の岩相と時代。細粒泥岩は Tc 帯-Ss 帯 (Bathonian 後半-Oxfordian), 葉理質泥岩は Lp 帯 (Tithonian), 灰緑色泥岩は Lp 帯上部 (Tithonian 後半) を示し, 泥質岩の時代はこの順に若くなる。さらに *Hsuum maxwelli* 帯の地層 (上部ジュラ系 Kimmeridgian: 網掛けの部分) が欠如している。亜コンプレックス III c の珪質泥岩の時代は, 中江 (1999) に基づく。siliceous mudstone: 珪質泥岩, fine-grained mudstone: 細粒泥岩, laminated mudstone: 葉理質泥岩, pale gray mudstone: 灰緑色泥岩。

Fig. 6 Lithology and age of the pelitic rocks. Three kinds of the pelitic rocks, fine-grained mudstone, laminated mudstone and pale gray mudstone, are of late Bathonian to Oxfordian, Tithonian, and late Tithonian in age, respectively. The *Hsuum maxwelli* Zone (equivalent to the Kimmeridgian: dark area) is not observed. Age of siliceous mudstone in the subcomplex IIIc is referred from Nakae (1999).

生存期間帯である (Matsuoka, 1995)。この化石帯には *Archaeodictyomitra apiarium*, *Cinguloturris carpatica*, *Eucyrtidiellum ptyctum*, *Mirifusus mediodilatatus*, *Ristola altissima* などが共産するが, これらすべては下位の Tp 帯あるいは Ss 帯から上位の Lp 帯にかけて長期にわたって生存した種である。これらに対し生存期間がほぼ Hm 帯内に限定されるのは, *Tricolocapsa yaoi* など極く僅かな種のみである (第5図参照)。つまり連続層序断面における検討でない場合, *Tricolocapsa yaoi* の産出や, あるいは *Tranhsuum maxwelli* と *Loopus primitivus* の共産などが見られる以外には, Hm 帯を認定することは不可能である。今回の検討では, 連続層序断面での試料採取ではないことと, さらに産出化石種数が著しく乏しいということから, Hm 帯を認定できなかつたと考えることもできる。

(2) 構造的不連続面

Hm 帯が欠如するもう1つの原因として考えられるのは, この層準が何らかの不連続面を形成しているとする可能性である。Tc 帯-Ss 帯を示す細粒泥岩と Lp 帯を示す葉理質泥岩及び灰緑色泥岩とは, 明瞭に岩質が異なっている (第4図参照)。既に述べた様に, 岩相層序学的に

も前者はチャート-碎屑岩シーケンスからなる層序单元 (CCS) の上部を構成し, 後者は砂岩及び砂岩泥岩互層とともに別の層序单元 (SSM) を構成していると考えられる。また中江・滝沢 (1998) が指摘した様に, 葉理質泥岩とチャート-碎屑岩シーケンスとの間に断層や強く剪断された泥岩が認められることも, 上記を支持している。この様に, Hm 帯に対比される層準付近で構造的な不連続面 (衝上断層) が形成され, その下位の岩相層序单元 (チャート-碎屑岩シーケンス) と上位の岩相的層序单元 (砂岩卓越層) に分断された可能性が示唆される。

7. 議 論

泥質岩の岩相・層序関係とその時代について検討した結果, これらの特徴から大子地域のコンプレックス, 特にコンプレックス III では CCS (細粒泥岩を含む) と SSM (葉理質泥岩を含む) に識別できた。そこで CCS と SSM の堆積造構環境について簡単に触れてみる。

CCS は, 下位より珪質粘土岩・層状チャート・珪質泥岩・細粒泥岩の順に整然と累重し, 上位の岩相ほどその時代が新しい (中江, 1999)。さらにその分布は, 走向方

向に5-10km程度連続している(第1図参照)。これらのことから、CCSが海洋プレート層序に相当する地史的要素を含んでおり、沈み込み付加作用に伴って形成された後期ジュラ紀の付加体堆積物であると判断できる。

一方、SSMは砂岩や泥質岩などの碎屑岩のみからなり、3000-5000mを越える非常に厚い見掛けの層厚をもっている。この起源としては、(1) CCSのより上位を占める海溝充填堆積物、あるいは(2) CCSからなる付加体上に発達する斜面堆積盆や前弧盆を埋積した堆積物の可能性がある。葉理質泥岩の時代がCCSの細粒泥岩より有意に新しいという点は、どちらの可能性とも矛盾はしない。しかしながら鈴木・佐藤(1972)が報告したOxfordianのアンモナイト化石の産出という事実は、(2)に否定的である。その理由として以下の事項が考えられる。鈴木・佐藤(1972)によるとアンモナイト化石は砂質葉理を含む黒灰色泥岩から産出し、(i)これは大子地域のSSMに含まれる葉理質泥岩に類似する。さらに(ii)産出地点(鶏足山塊西部:栃木県芳賀郡益子町大平)は、地理的に亜コンプレックスIII cの南方延長に相当する。(iii)これらより、アンモナイト化石を産出した泥岩は亜コンプレックスIII cのSSMに含まれ、その時代がOxfordianにまで遡る可能性がある。つまり(2)では、OxfordianにはSSMを堆積した斜面-前弧盆が形成されている必要があるが、このことは同時期にCCSによる付加体形成が進行中であることに矛盾するであろう。(1)では、OxfordianにはCCSの細粒泥岩が主に堆積していたが、同時に地域的により粗粒な碎屑物が流入し葉理質泥岩が堆積したとすることで説明できる。従って(1)の可能性がより妥当と思われる。

ところで(1)の「SSMはCCSのより上位を占める海溝充填堆積物」とみなした場合、Hm帯欠如という現象をどの様に捉えるべきであろうか。一般に海洋プレート層序は、下位の層状チャートから上位の碎屑岩まで大きな堆積間隙を置かず累積したとみなされている。この様な立場を取ると、Hm帯の層準が何らかの後生的な構造的不連続面であったことが必要となるであろう。

8. おわりに

はじめに指摘した様に、付加複合体の形成時期の推定には、海溝充填堆積物とみなされる泥質岩の堆積年代を用いるのが一般的である。本研究では大子地域において3種類の泥質岩を識別し、それぞれの時代を求めた。その結果、中期ジュラ紀のBathonian後半から後期ジュラ紀のTithonianに至る長期(約2500万年間)にわたる時代を得た。そのうちKimmeridgianを示唆する堆積物が欠如していることも確認した。さらに泥質岩の起源と欠如した堆積物の意義についても議論し、細粒泥岩はチャート-碎屑岩シーケンス(海洋プレート層序)の上部に位置し、海溝充填堆積物として付加体を形成したと考え

た。これに対し、葉理質泥岩も海溝充填堆積物とみなす方が妥当であるとしたが、斜面-前弧盆堆積物の可能性があることを完全には否定しきれていない。

本地域の付加複合体の形成時期を確定するにあたり、今後これらの泥質岩とともにその周辺に卓越する粗粒碎屑岩の堆積相解析を含めて検討する必要があることを指摘すると同時に、様々な泥質岩が全て海溝充填堆積物であることを実証するには幾つかの検討を重ねる必要があることを、本研究が示したことを強調しておく。

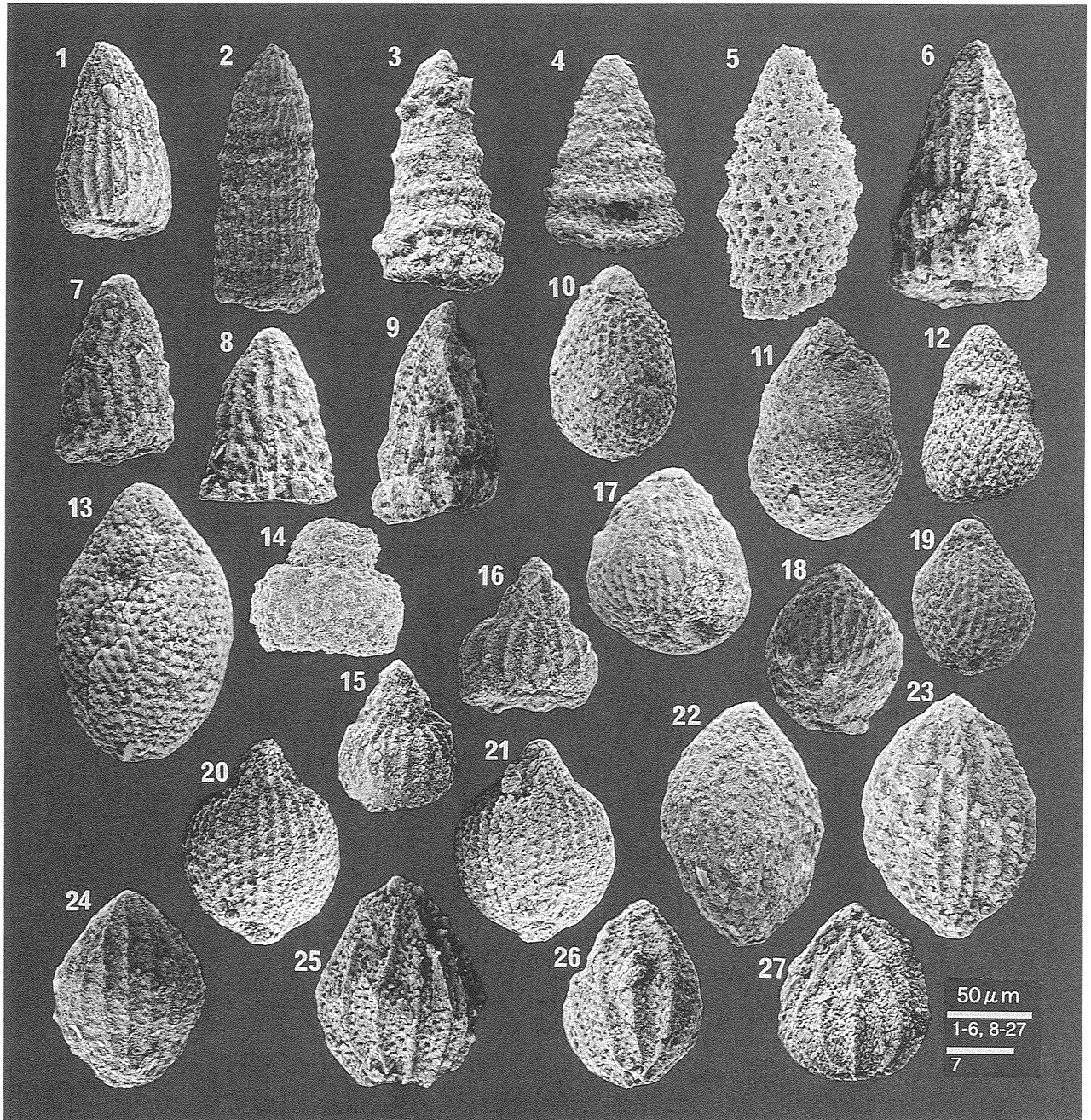
謝辞 脇田浩二博士(国際協力室)には本稿の査読をして頂いた。滝沢文教博士(元地質部、現応用地質)及び堀常東博士(筑波大学地球科学研究科)には、現地調査の際にご協力頂いた。鎌田祥仁博士(山口大学理学部)には、放散虫化石の酸処理・抽出作業の一部をお願いした。また本研究に用いた岩石薄片は、野神貴嗣技官ならびに大和田朗技官(地質標本館)の製作によるものである。以上の方々に感謝いたします。

文 献

- Aita, Y. (1987) Middle Jurassic to Lower Cretaceous radiolarian biostratigraphy of Shikoku with reference to selected section in Lombardy Basin and Sicily. *Tohoku Univ., Sci., Rep. (Geol.)*, **58**, 1-91.
- Aita, Y. and Okada, H. (1986) Radiolarians and calcareous nannofossils from the uppermost Jurassic and Lower Cretaceous strata of Japan and Tethyan region. *micropaleontology*, **32**, 97-128.
- 藤本治義 (1932) 関東地方の地質. 中興館, 278p.
- Gorican, S. (1994) Jurassic and Cretaceous radiolarian biostratigraphy and sedimentary evolution of the Budva Zone (Dinarides, Montenegro). *Memoires de Geologie (Lausanne)*, no.18, 177p.
- 堀常東 (1998) 八溝山地鷺子山塊大平地域より産出するジュラ紀最末期放散虫化石とその古生物地理的意義—*Vallupus* テリトリ—の時空分布に関する一考察—. 地質雑, **104**, 233-242.
- 堀常東・指田勝男 (1998) 八溝山地鶏足山塊の中生界. 地学雑誌, **107**, 493-511.
- Kanomata, N. (1961) The geology of the Yamizo, Torinoko and Toriashi mountain blocks and their geologic age. *Jour. Coll. Art. Sci., Chiba Univ.*, **3**, 351-367.
- Matsuoka, A. (1983) Middle and Late Jurassic radiolarian biostratigraphy in the Sakawa

- and adjacent areas, Shikoku, Southwest Japan. *Jour. Geosci. Osaka City Univ.*, **26**, 1-48.
- 松岡 篤 (1984) 高知県西部秩父累帯南帯の斗賀野層群. *地質雑*, **90**, 455-477.
- Matsuoka, A. (1986) *Tricolocapsa yaoi* Assemblage (Late Jurassic radiolarians) from the Togano Group in Shikoku, Southwest Japan. *Jour. Geosci. Osaka City Univ.*, **29**, 101-115.
- Matsuoka, A. (1995) Jurassic and Lower Cretaceous radiolarian zonation in Japan and in the western Pacific. *Island Arc*, **4**, 140-153.
- 中江 訓 (1999) 放散虫化石帯の欠如から推定される構造的不連続面: 八溝山地チャート-碎屑岩シーケンスでの例. 日本地質学会第106年学術大会講演要旨, 90.
- 中江 訓・滝沢文教 (1996) 八溝山地ジュラ紀堆積岩コンプレックスの層序・地質構造—「大子」図幅地域—. 日本地質学会第103年学術大会講演要旨, 102.
- 中江 訓・滝沢文教 (1998) 鷲子山塊の足尾帯碎屑岩から産出したジュラ紀末期放散虫化石. 大阪微化石研究会誌, 特別号, no.11, 147-157.
- 大塚 勉 (1985) 長野県美濃帯北東部の中・古生界. *地質雑*, **91**, 583-598.
- 指田勝男・猪郷久治・猪郷久義・滝沢 茂・久田健一郎・柴田知則・塚田邦治・西村はるみ (1982) 関東地方のジュラ系放散虫化石について. 大阪微化石研究会誌, 特別号, no.5, 51-66.
- Sashida, K., Igo, Hy., Igo, Hh, Takizawa, S. and Hisada, K. (1982) On the occurrence of Jurassic radiolarians from the Kanto region and Hida mountains, central Japan. *Ann. Rep. Inst. Geosci. Univ. Tsukuba*, no.8, 74-77.
- Sashida, K., Igo, Hy. and Sato, T. (1993) Late Jurassic radiolarians from the Yamizo mountains. *Ann. Rep. Inst. Geosci. Univ. Tsukuba*, no.19, 33-42.
- 鈴木陽雄・佐藤 正 (1972) 鷲足山塊からジュラ紀菊石の産出. *地質雑*, **78**, 213-215.
- Yao, A. (1984) Subdivision of the Mesozoic complex in Kii-Yura area, Southwest Japan and its bearing on the Mesozoic basin development in the Southern Chichibu Terrane. *Jour. Geosci., Osaka City Univ.*, **27**, 41-103.

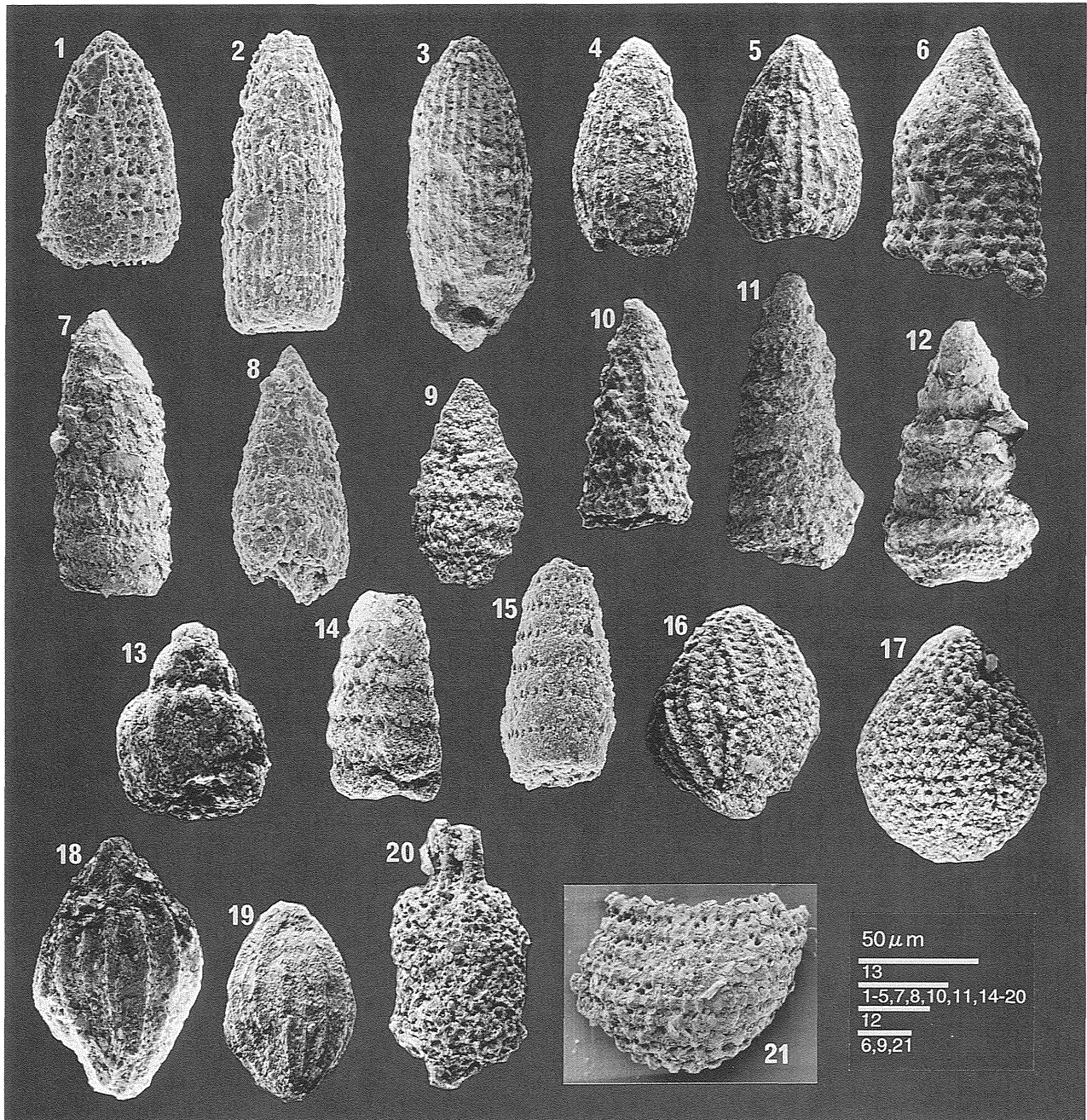
(受付: 1999年11月8日; 受理: 2000年1月19日)



図版1 細粒泥岩から産出した放射虫化石

Plate 1 SEM-photos of radiolarian fossils from the fine grained mudstones.

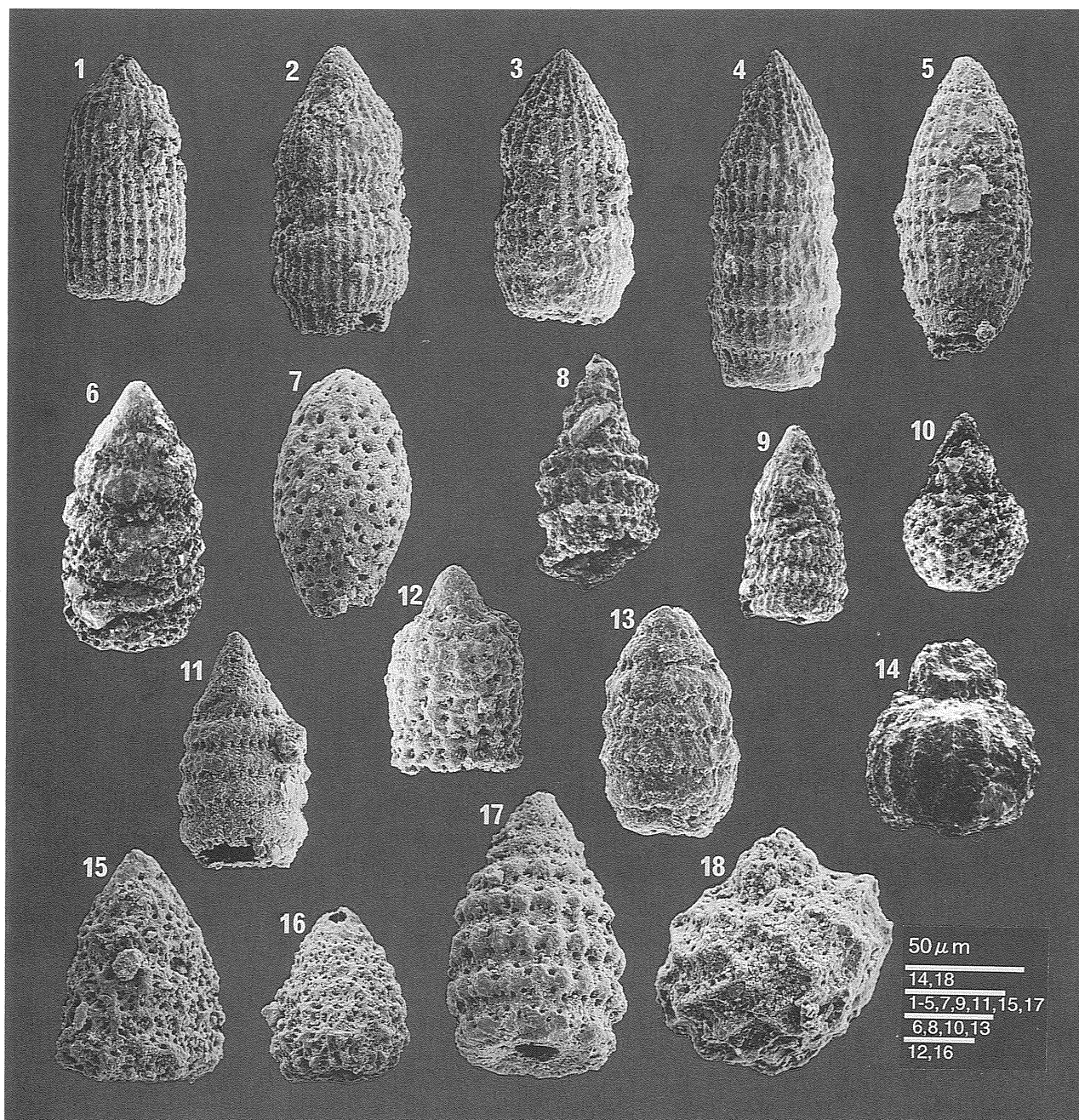
- | | |
|---|---|
| 1. <i>Archaeodictyomitra apiarium</i> (RÜST) : DG63-05a | 15. <i>Eucyrtidiellum ptyctum</i> RIEDEL et SANFILLIPO : DG63-05c |
| 2. <i>Archaeodictyomitra</i> cf. <i>excellens</i> (TAN) : DG63-05c | 16. <i>Eucyrtidiellum ptyctum</i> RIEDEL et SANFILLIPO : DG63-05a |
| 3. <i>Dictyomitrella</i> (?) cf. <i>kamoensis</i> MIZUTANI et KIDO : DG63-05b | 17. <i>Tricolocapsa conexa</i> MATSUOKA : DG63-05b |
| 4. <i>Dictyomitrella</i> (?) cf. <i>kamoensis</i> MIZUTANI et KIDO : DG64-04 | 18. <i>Tricolocapsa conexa</i> MATSUOKA : DG63-05c |
| 5. <i>Parvicingula dhimenaensis</i> BAUMGARTNER : DG11-02 | 19. <i>Tricolocapsa conexa</i> MATSUOKA : DG63-05c |
| 6. <i>Tranksumum maxwelli</i> gr. (PESSAGNO) : DG64-04 | 20. <i>Tricolocapsa plicarum</i> YAO : DG64-04 |
| 7. <i>Tranksumum maxwelli</i> gr. (PESSAGNO) : DG63-05a | 21. <i>Tricolocapsa plicarum</i> YAO : DG64-04 |
| 8. <i>Tranksumum maxwelli</i> gr. (PESSAGNO) : DG63-05a | 22. <i>Protunuma</i> sp. : DG63-05b |
| 9. <i>Tranksumum maxwelli</i> gr. (PESSAGNO) : DG64-04 | 23. <i>Protunuma</i> (?) cf. <i>ochiensis</i> MATSUOKA : DG63-05c |
| 10. <i>Stylocapsa</i> cf. <i>tecta</i> MATSUOKA : DG63-05c | 24. <i>Protunuma</i> (?) cf. <i>ochiensis</i> MATSUOKA : DG63-05c |
| 11. <i>Stichocapsa</i> cf. <i>naradaniensis</i> MATSUOKA : DG63-05c | 25. <i>Protunuma turbo</i> MATSUOKA : DG64-04, |
| 12. <i>Stichocapsa</i> cf. <i>himedaruma</i> AITA : DG64-04 | 26. <i>Protunuma turbo</i> MATSUOKA : DG63-05b |
| 13. <i>Stichocapsa robusta</i> MATSUOKA : DG63-05a | 27. <i>Protunuma</i> sp. : DG64-04 |
| 14. <i>Eucyrtidiellum</i> cf. <i>nodosum</i> WAKITA : DG11-02 | |



図版2 葉理質泥岩から産出した放射虫化石。

Plate 2 SEM-photos of radiolarian fossils from the laminated mudstones.

- | | |
|---|--|
| 1. <i>Archaeodictyomitra apiarium</i> (RÜST) : DG19-01 | 12. <i>Cinguloturris carpatica</i> DUMITRICA : DG68-01 |
| 2. <i>Archaeodictyomitra</i> cf. <i>excellens</i> (TAN) : DG19-01 | 13. <i>Eucyrtidiellum ptyctum</i> RIEDEL et SANFILLIPO : DG21-05 |
| 3. <i>Archaeodictyomitra</i> sp. A : DG64-02a | 14. <i>Pseudodictyomitra</i> sp. C sensu YAO (1984) : DG64-02c |
| 4. <i>Archaeodictyomitra</i> sp. B : DG64-02c | 15. <i>Pseudodictyomitra</i> sp. C sensu YAO (1984) : DG19-01 |
| 5. <i>Archaeodictyomitra</i> sp. B : DG68-01 | 16. <i>Protunuma</i> sp. : DG61-04 |
| 6. <i>Ristola altissima</i> (RÜST) : DG64-02a | 17. <i>Zhamoidellum</i> cf. <i>ovum</i> DUMITRICA : DG61-04 |
| 7. <i>Loopus</i> cf. <i>primitivus</i> (MATSUOKA et YAO) : DG64-02c | 18. <i>Protunuma japonicus</i> MATSUOKA et YAO : DG21-05 |
| 8. <i>Loopus</i> cf. <i>primitivus</i> (MATSUOKA et YAO) : DG19-01 | 19. <i>Protunuma japonicus</i> MATSUOKA et YAO : DG68-01 |
| 9. <i>Parvicingula boesii</i> gr. (PARONA) : DG61-04 | 20. <i>Archaeospongoprimum</i> cf. <i>inlayi</i> PESSAGNO : DG64-02b |
| 10. <i>Parvicingula dhimenaensis</i> BAUMGARTNER : DG68-01 | 21. <i>Mirifusus mediodilatatus</i> (RÜST) : DG64-02a |
| 11. <i>Cinguloturris carpatica</i> DUMITRICA : DG61-04 | |



図版3 灰緑色泥岩から産出した放射虫化石。

Plate 3 SEM-photos of radiolarian fossils from the pale gray mudstones.

- | | |
|--|---|
| 1. <i>Archaeodictyomitra apiarium</i> (RÜST) : DG32-03 | 10. <i>Sethocapsa</i> cf. <i>uterculus</i> (PARONA) : DG31-02 |
| 2. <i>Archaeodictyomitra minoensis</i> (MIZUTANI) : DG32-03 | 11. <i>Pseudodictyomitra</i> sp. C sensu YAO (1984) : DG32-03 |
| 3. <i>Archaeodictyomitra minoensis</i> (MIZUTANI) : DG32-03 | 12. <i>Ristola</i> sp. : DG32-03 |
| 4. <i>Archaeodictyomitra minoensis</i> (MIZUTANI) : DG32-03 | 13. <i>Pseudodictyomitra</i> sp. C sensu YAO (1984) : d238c |
| 5. <i>Archaeodictyomitra</i> sp. A : DG32-03 | 14. <i>Eucyrtidiellum</i> cf. <i>pyramis</i> (AITA) : DG31-02 |
| 6. <i>Cinguloturris carpatica</i> DUMITRICA : DG31-02 | 15. <i>Xitus gifuensis</i> MIZUTANI : DG32-03 |
| 7. <i>Archicapsa</i> sp. : DG32-03 | 16. <i>Xitus gifuensis</i> MIZUTANI : DG32-03 |
| 8. <i>Parvicingula mashitaensis</i> MIZUTANI : DG31-02 | 17. <i>Wrangellium okamurai</i> (MIZUTANI) : DG32-03 |
| 9. <i>Loopus</i> cf. <i>primitivus</i> (MATSUOKA et YAO) : DG31-02 | 18. <i>Williriedellum crystallium</i> DUMITRICA : DG32-03 |