

岡山県牛窓町前島に分布する第三系の浅海古環境

山本 裕 雄*

Shallow Marine Paleoenvironment Reconstructed from the Tertiary Sediments in Maejima Island, Ushimado-cho, Okayama Prefecture, Southwest Japan

YASUO YAMAMOTO*

Abstract

The Maejima Formation is the Tertiary marine sediments distributed in Maejima Island, Ushimado-cho, southern Okayama Prefecture, and unconformably overlies the pre-Tertiary granitic rocks. This formation is subdivided into the Lower Conglomerate and Sandstone Member (>30m) and Upper Sandstone Member (ca. 30 m) on the basis of the lithofacies.

The litho- and bio-facies of the Maejima Formation indicate that the Lower Conglomerate and Sandstone Member and the Upper Sandstone Member were deposited in rocky nearshore waters affected by strong currents and in sandy ones affected by weaker currents, respectively. This vertical paleoenvironmental succession suggests the initial scantness and subsequent increase of terrigenous clastics supply during the deposition of the Formation.

The precise geologic age of the Maejima Formation is still uncertain, while this formation has been referred to the First Setouchi Supergroup (Miocene). The possibility that the Maejima Formation is the Paleogene is also pointed out, taking into account the molluscan assemblage from this formation and the latest geochronologic data of the Paleogene strata in adjacent areas.

Key words : Maejima, Ushimado-cho, Okayama Prefecture, shallow marine, paleoenvironment, First Setouchi Supergroup, Tertiary

はじめに

西南日本中軸部の瀬戸内海東部沿岸地域には、海成第三系が小規模に点在している (Fig. 1-A)。これらは、東海地方に分布する第三系 (瑞浪層群、一志層群など)、中国山地およびその山間盆地に分布する第三系 (備北層群、勝田層群など) とともに、いわゆる第一瀬戸内累層群 (笠間・藤田, 1957) を構成する中新統として一括されてきた (糸魚川, 1974など)。

大阪以西のいわゆる西部瀬戸内区に分布する海成“中新統”のうち、備北・勝田層群とよばれる地層の一部に関しては、近年浮遊性微化石などにもとづくより詳細な層序対比と地質年代に関する研究 (渡辺ほか, 1999; 山

本, 2000など) が進められている。またそれらの成果を受けて、各地域における中新世古環境の変化を、汎世界的な海水準の変動 (Haq et al., 1988など) や西南日本弧の急速な回転運動 (Hayashida et al., 1991など) といった大規模な地史事変と関連づける研究も、試みられるようになってきている (山本, 1999; 竹村・三宅, 2001など)。一方、瀬戸内海東部沿岸地域に分布する第一瀬戸内累層群の年代や古環境に関する報告は、東海地方や中国山地一円に分布する第一瀬戸内累層群と比較して、少ない状況にあった。

近年、瀬戸内海東部沿岸地域に分布する第一瀬戸内累層群のうち、兵庫県淡路島北部に分布する岩屋層と、香川県小豆島北西部に分布する土庄層群四海層から、始新

* 瀬戸内環境地質研究会。岡山大学理学部地球科学教室内。〒700-8530 岡山県津島中3丁目1-1

* Research Organization for Environmental Geology of Setouchi. c/o Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Okayama University; Tsushimanaka 3-1-1, Okayama, 700-8530 Japan

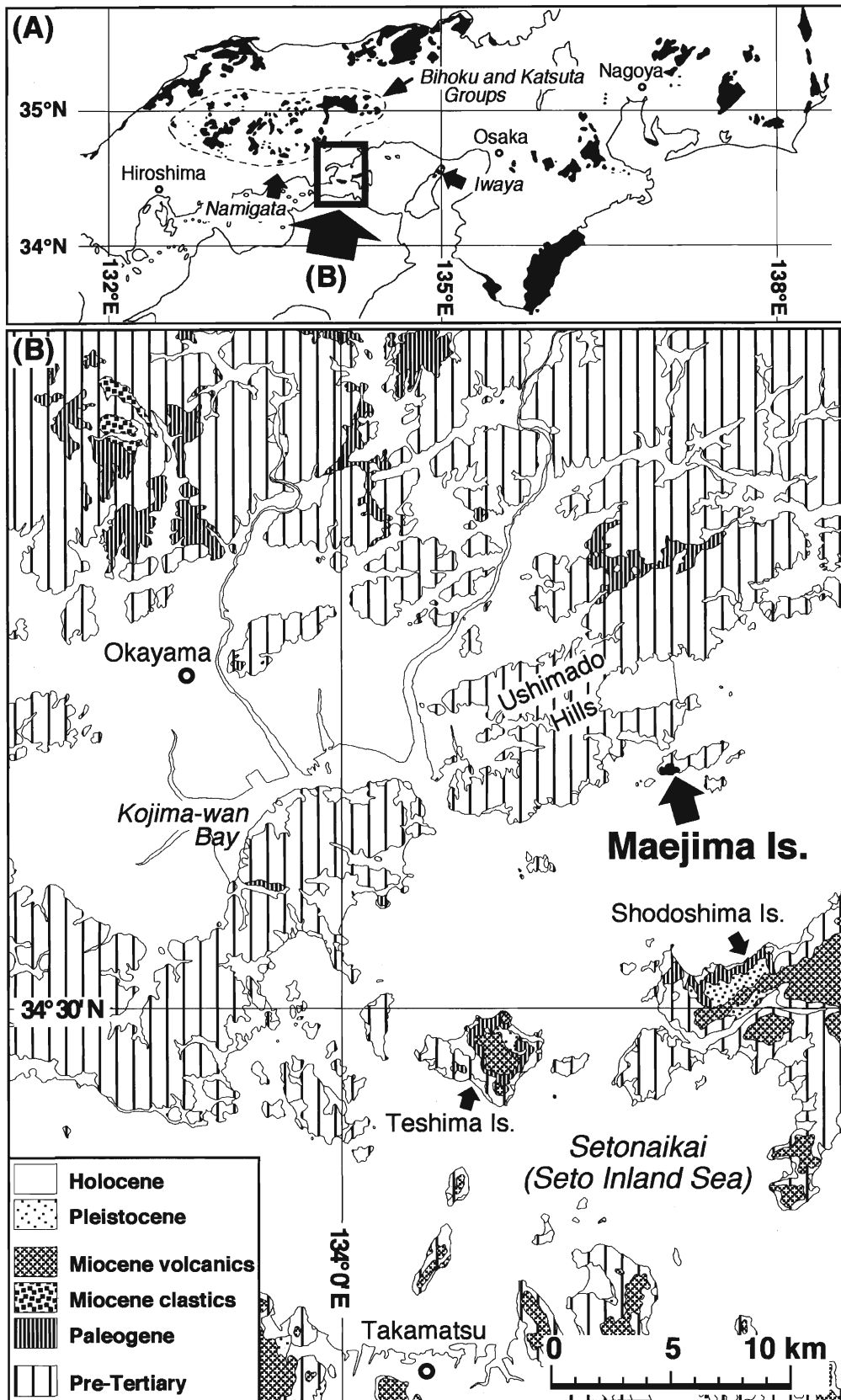


Figure 1. Index map of the study area.

(A) Distribution of the Miocene in southwest Japan, with the mapped area shown in Fig. 1-B (Modified from Itoigawa and Shibata, 1992).

(B) Distribution of the Tertiary in southern Okayama and northern Kagawa Prefectures (Compiled from Mitsuno and Sugita, 1979 and Hasegawa and Saito, 1989; partly modified after Teraoka et al., 1996 and Kurita et al., 2000).

世を示す浮遊性微化石の産出が報告されている（山本ほか，2000；栗田ほか，2000）。これらの海成第三系を中新統とする前提にもとづいて復元された従来の古地理（石田，1979；糸魚川・柴田，1992；吉田，1992；矢野ほか，1995など）に関しては，より確かな年代根拠と古環境復元にもとづいて，検証される必要がある。

上記の観点から，著者は瀬戸内海東部沿岸地域に分布する浅海成第三系を対象に，岩相層序，地質年代，古環境とその変遷に関する研究を行っている。瀬戸内海東部沿岸地域の中でも，岡山県南部～香川県北部の一帯には，海成中新統（今村，1966）および始新統（栗田ほか，2000）のほかに，古第三系の河川成礫層（いわゆる山砂利層：鈴木，1996など）や古第三紀および中新世火山岩類（松浦・妹尾，2000；巽，1983など）も点在しており，これらの層序関係を考える上で重要な位置を占めている（Fig. 1-B）。

本研究では，岡山県南東部の牛窓町前島に分布する第三系を対象に，岩相・化石相の詳細な記載と，それらにもとづく古環境変遷の復元を行った。また，それらが広域的な層序関係，対比および地質年代，ひいては第三紀古地理復元に与える制約に関するも若干の考察を行ったので，以下に報告する。

前島の地形概説，特に階段状地形について

前島は岡山県南東部の牛窓丘陵南方に位置し，本州とは幅約250mの狭水道（牛窓瀬戸）で境されている。前島の東部約3分の2の地域は，おもに花崗岩類からなる比較的急峻な地形を示しており，牛窓丘陵南部の地形的特徴に酷似している。標高（最大136.5m）や東北東-西南西方向に伸びる稜線の平行性などから考えても，前島は牛窓丘陵と対をなす地形要素であると判断される。

一方，第三系が分布する前島の西部約3分の1の地域は，東部とはかなり異なった地形的特徴を示す。最大標高は約72mで，北側（牛窓瀬戸側）の海岸近くには標高約20m，南海岸側（小豆島側）では5m，35m，55m，70mなどに開析度の低い緩斜面が認められ，南に向かって階段状に開いた独特の様相を呈している（Pl. 1, Fig. 1）。このような緩斜面は，付近の瀬戸内海沿岸地域にもしばしば認められ，海成段丘の可能性が指摘されている（建設省国土地理院，1983）。しかし標高5m，35m，55m付近の緩斜面に関しては，第三系の岩相境界や基底不整合面の緩傾斜部分とほぼ一致しており（後述），第三系の岩相・地質構造を反映した組織地形であると判断される。

前島南西海岸では，第三系からなる海食崖の下部に，隆起ノッチや海食洞がしばしば認められる（Pl. 1, Fig. 2）。これらの海食基準面は，現在の汀線より2m程度高く，ノッチの下には，草本が繁茂する土壌も認められる

こともある。

地質概説

【先第三系】

前島西部の地質図をFig. 2に，地質断面図をFig. 3に示す。前島西部の先第三系基盤岩類は，主に後期中生代に貫入したと考えられる領家帯の粗粒～中粒の花崗岩類からなる（杵掛ほか，1979など）。随所に様々な大きさの塩基性岩ブロックを包有し，虎斑状の見かけを示すことがある（Pl. 1, Fig. 3）。前島南西端海岸部には，灰色～淡緑色が優勢な片麻状の斑れい岩が存在し，上記の塩基性岩ブロックを含む花崗岩類から漸移する様子を観察することができる。

また花崗岩類に貫入するアプライト質や安山岩質（角閃石ヒン岩）の岩脈が，前島の各所でしばしば認められる。岩脈の貫入方向は，花崗岩類に発達する節理群の方向（北北西-南南東および東北東-西南西走向）と調和的で，またこれらの岩脈および節理は，第三系に不整合で覆われる。したがって，これら節理や岩脈の方向に沿った弱線は，少なくとも第三系堆積当時には既に存在していたと考えられる。

【第三系】

前島南西海岸に露出する海成第三系の存在は，佐藤（1938）によって初めて報告され，糸魚川（1969，1983）はここから海棲軟体動物化石の産出を報告している。しかしながら，この第三系全体の岩相変化，古環境や年代に関する詳細な報告はなかった。本研究の結果，この第三系は全体が砂礫質の浅海成堆積物からなり，全層厚60mに達するものであることが明らかになった。本論ではこの第三系を，前島層（Maejima Formation）と新称する。なお，前島南西部においては，前島層よりも新しい火山活動の証拠は，確認されていない。

前島層は，おおむね南南東方向に5°以下で傾斜する同斜構造を示し，顕著な断層や褶曲構造も認められない。前島層の基底不整合面には，現在の海水面下から海拔高度60m付近にまで至る大きな起伏が存在し，緩傾斜の地層面に対して大きく斜交している（Fig. 3）。この大きな起伏をもつ不整合面は，3つの比較的緩傾斜の部分（標高5m，35m，55m付近）と，それらを境する急傾斜部からなり，全体として南西に開いた階段状の形態をなしている。おおむね東西走向にのびる不整合面の急傾斜部は，基盤の節理方向にある程度支配された不規則な形態を示し，直線状や円弧状には連続しない。

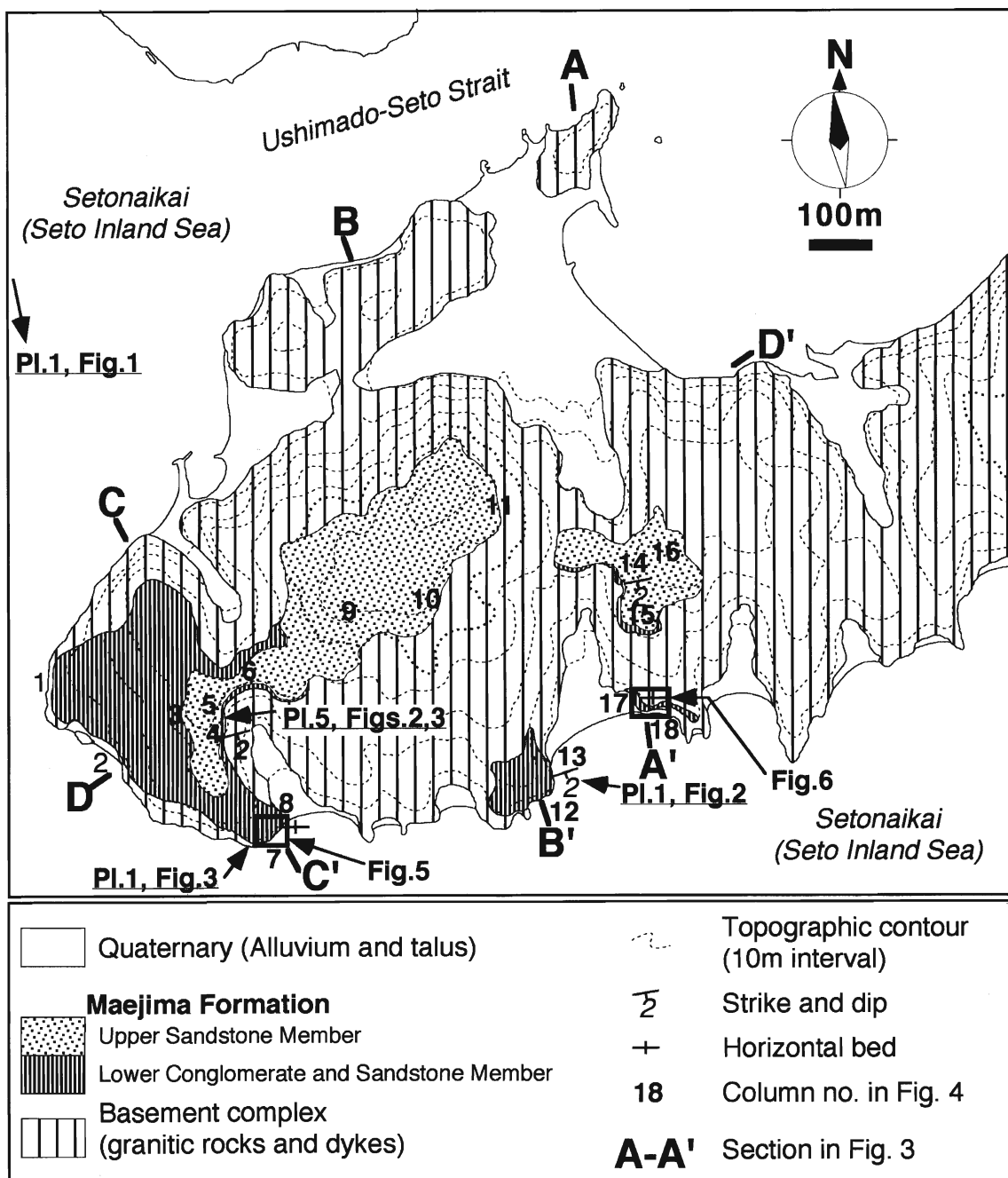


Figure 2. Geologic map of the western part of Maejima Island.

[第四系]

基盤岩類および第三系を局所的に覆って、礫質の崖錐・谷埋堆積物や砂礫質海浜堆積物が存在するが、分布はいずれも小規模である。

前島層の岩相層序

前島層 (Maejima Formation)

岡山県邑久郡牛窓町前島の南西部において、花崗岩類などを不整合で覆って分布する第三系碎屑岩類を、前島層と命名する。前島層の全層厚は60m以上で、下部礫岩砂岩部層および上部砂岩部層に区分される (Fig. 4)。後

述する両部層の模式地における層序を組み合わせたものを、前島層の模式層序とする。

下部礫岩砂岩部層 (Lower Conglomerate and Sandstone Member)

[模式地] 前島海水キャンプ場東側の崖 (Fig. 5の露頭)。
 [分布および層序関係] 前島南西部で、標高約30mの緩斜面 (南傾斜) よりも低所に分布する。南に傾斜した不整合面で、基盤の花崗岩類を覆う。

[層厚] 地上に存在する部分で約30mであるが、下限は海面下に存在するため、全層厚は不明である。

[岩相] 塊状の大～中礫岩、塊状および成層した中粒～

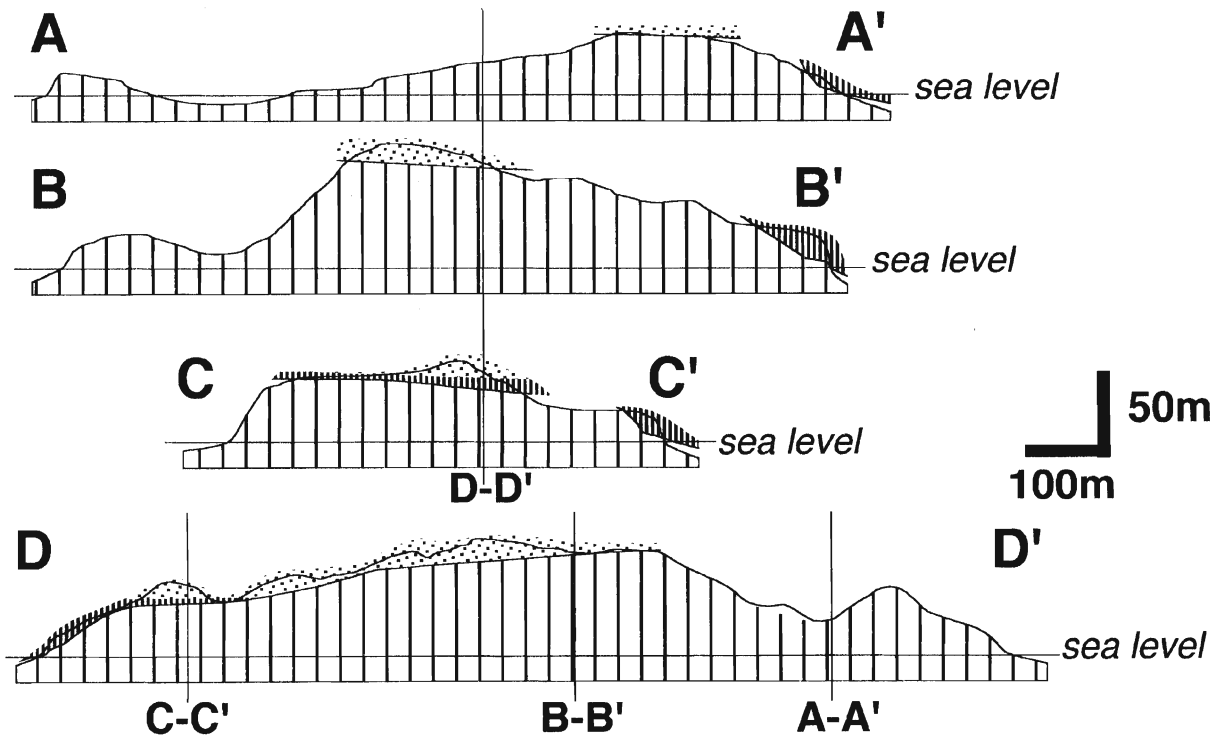


Figure 3. Cross sections of the western part of Maejima Island. See Fig. 2 for legend.

極粗粒砂岩、成層した細礫岩～石灰質礫岩などから構成され、それらが垂直・水平方向に複雑な岩相変化を示す (Pl. 2, Fig. 1)。露出が全くない層準も存在するため、完全な岩相区分とはならないが、下記の特徴的岩相が認識される (Fig. 4)。

岩相Lg1 (基質支持～礫支持大礫岩)

亜円礫～亜角礫を主体とする不淘汰大礫岩からなる。一般に基質支持で塊状無層理、無級化であるが、上部では上方粗粒化するとともに基質に乏しくなり、礫支持の亜角礫からなる岩相を示すようになる。基質は一般に石灰質に富んでおり、よくセメントされている。礫種は花崗岩や安山岩質岩脈に由来するものが主体であるが、花崗斑岩や流紋岩類に由来する亜円礫も含まれる (Pl. 2, Fig. 2)。

〔化石およびその産状〕 基質部分に、数mm以下の同定不能の二枚貝やフジツボなどの破片が含まれる (Pl. 2, Fig. 2)。最上部の著しく基質に乏しい部分では、わずかな礫の隙間に生砕屑物が密集する岩相を示す。

〔分布・厚さ〕 前島南西海岸の、標高5m以下の場所에만分布する。厚さは5m以上 (基底は海面下のため不明)。

〔分布形態・層序関係〕 基盤の花崗岩類が構成する高角度の不整合面から、くさび状にのびる分布

形態を示す (Fig. 5; Pl. 2, Fig. 1) 場所と、不規則な凹凸のある不整合面の凹んだ部分を埋める形で分布する場所 (Fig. 6) とがある。不整合面の凹みを埋める形で分布する部分では、基質は石灰質に乏しく、やや固結が弱い。

岩相Lss (成層砂岩および塊状砂岩)

低角度斜交層理～平行層理の発達する中粒～極粗粒砂岩 (Fig. 5) と、塊状の中粒～粗粒砂岩 (Fig. 6) からなる。成層砂岩の各単層は、厚さ10cm～40cm程度で側方連続性に乏しいレンズ状岩体として存在し、それぞれの基底侵食面は最大傾斜10°以下のゆるやかな盆状を示す。単層内のラミナは基底侵食面と調和的に発達し、前置面の傾斜方向は特定の方向に卓越せず、全方位に分散する。斜交層理砂岩は上方に向かって、粗粒化し、層理が低角度化するとともに、生砕屑物の含有量が増加し、平行層理が見られる石灰質極粗粒砂岩～細礫岩へと変化する (Pl. 2, Fig. 3)。平行層理部では、単層内部に級化構造が観察されることがある。最上部では、単層基底に中～細礫が配列するようになり、岩相Lscへと変化する。斜交層理砂岩の中に、最大50cmに達する花崗岩の角礫が孤立して含まれることがある (Pl. 3, Fig. 1)。

塊状砂岩は、淘汰がやや悪い粗粒～細粒砂岩からなり、不整合面の凹んだ部分を埋める形で分布

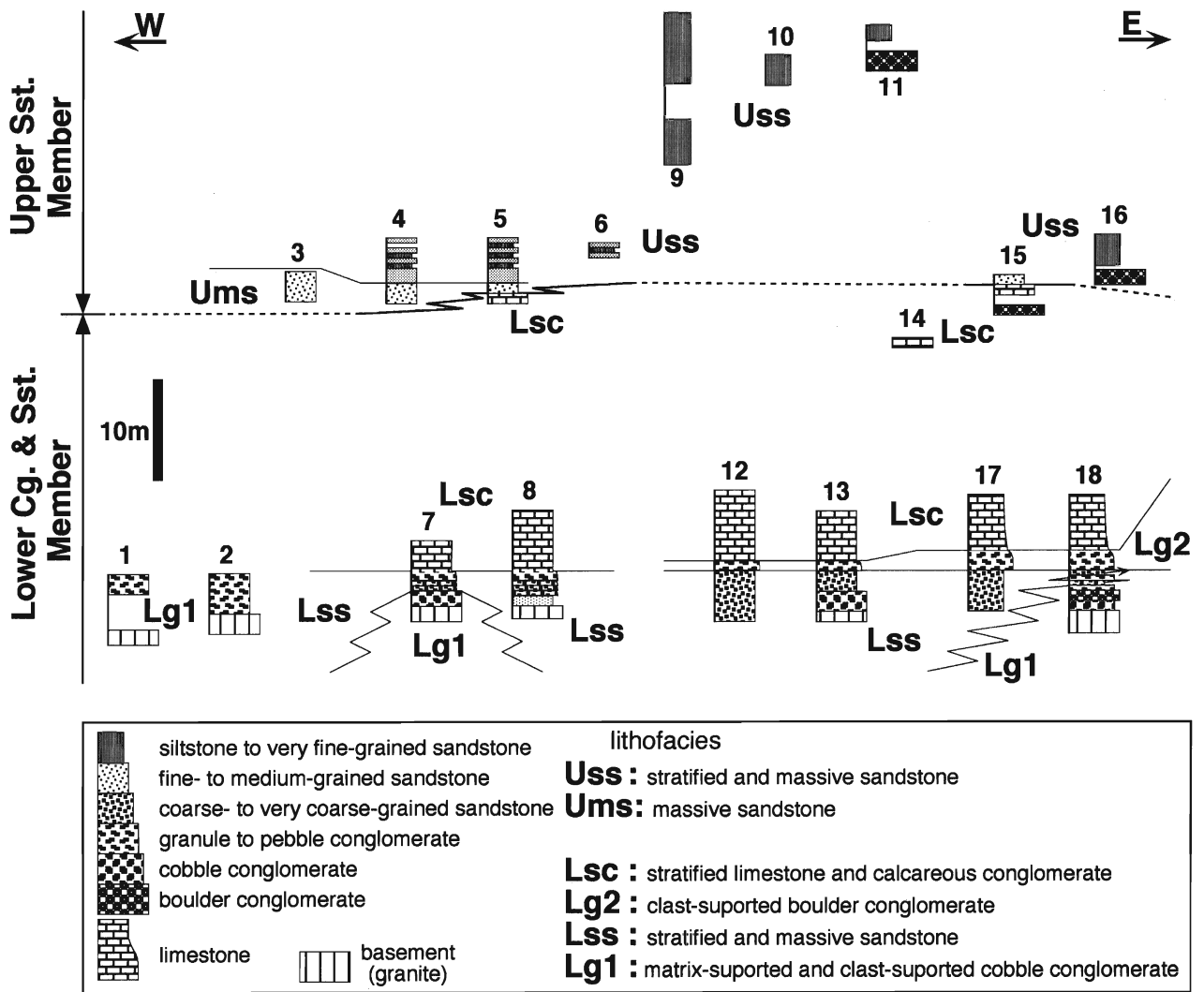


Figure 4. Columnar sections of the Maejima Formation. Localities of each column are shown in Fig. 2.

する (Fig. 6). 平行層理砂岩と同様, 上方に向かって粗粒化し, 最上部では細礫岩層と互層する岩相を示す.

[化石およびその産状] 離弁ながらほぼ完全個体の二枚貝 *Isognomon* sp. が, 殻の膨らみを上にした状態で, 成層砂岩単層の基底面に含まれる (Pl. 3, fig. 2). フジツボやコケムシなどの化石は, 著しく破碎された数mm~数cm程度の破片として, 単層内部に含まれる (Pl. 3, Fig. 2). 不淘汰塊状砂岩には, 高さ50cm, 幅2m程度のドーム状現地性紅藻類群体 (Pl. 3, Fig. 3) や, マット状の紅藻類群体と細礫岩がそれぞれ1cm程度の厚さで互層する岩相が含まれる. 生痕化石としては, 壁面が平滑で, 直径2cm程度, 長さが最大で2m以上に達する化石棲管が, 複雑に分岐しながら斜交層理のセットを貫いて多数発達している (Pl. 4, Fig. 1).

[分布・厚さ] 前島南西海岸の, 標高5m以下の

場所にもみ分布する. 厚さは5m以上 (基底は海面下のため不明).

[分布形態・層序関係] 基盤花崗岩類とアバット不整合の関係で接触し, 岩相Lg1とは指交関係にある. Lg1との指交境界部分では, 粗粒砂岩と中~大礫岩が互層する岩相を示す (Fig. 5; Pl. 4, Fig. 2)

岩相Lg2 (礫支持巨礫岩)

最大礫径3m程度に達する礫支持の巨~中礫岩からなり, 上方および基盤から遠ざかる方向に向かって, 細粒化する傾向が認められる. 基盤近傍の巨礫岩部は塊状であるが, 上方および基盤から遠ざかる方向に向かって, 弱く成層するようになる. 礫はほとんどが近傍に露出する花崗岩および岩脈類に由来する角礫からなる. Lg1と比較して, 全体に基質に乏しい岩相を示す (Pl. 4, Fig. 3).

[化石およびその産状] Lg1最上部と同様, 基質

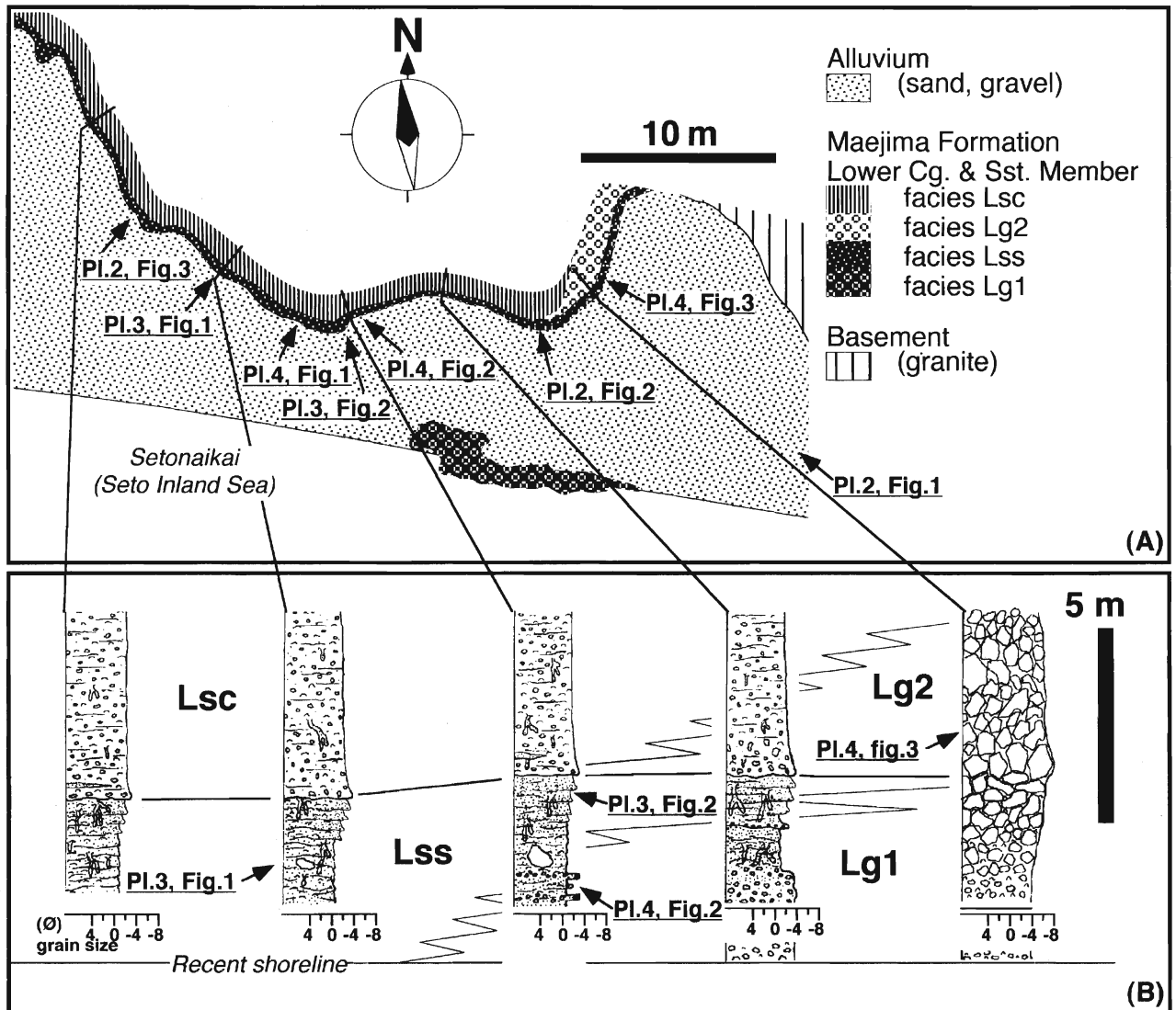


Figure 5. Route map of the south coast of Maejima Island (A) and detailed graphic columns (B) of the Lower Conglomerate and Sandstone Member of the Maejima Formation. Mapped area of (A) is shown in Fig. 2. Lithofacies division is same as for Fig. 4.

部分に細礫サイズの生砕屑物を多量に含む (Pl. 4, Fig. 3).

[分布・厚さ] 前島海水キャンプ場がある浜の東側の海食崖上部にのみ、分布が確認される。厚さは最大約10m。

[分布形態・層序関係] 層理面に対して 30° 以上の角度で急傾斜する不整合面に対して、アバット不整合で接しており、この不整合面から側方に向かってくさび状にのびる分布形態を示す (Fig. 5; Pl. 2, Fig. 1)。岩相Lg1およびLssを覆い、Lscとは指交関係にある。Lg1を覆う境界は、細粒物の洗い出しによる巨礫濃集層準として認識される (Fig. 5B; Pl. 2, Fig. 1)。

岩相Lsc (成層石灰質細礫岩)

様々な割合で生砕屑物を含む、よく成層した礫支持の石灰質礫岩・礫質石灰岩からなる。淘汰が悪く、粗粒砂～中礫サイズまでの粒子を含むが、細粒砂サイズ以下の粒子を全く欠く。生砕屑物粒子はほとんど円磨されていないが、基盤岩由来の砕屑物粒子はやや円磨されている。層理面は一般に不明瞭であるが、厚さ10～30cm程度のくさび状あるいはレンズ状の粗粒砂岩単層を挟んだり、厚さ10cm程度の級化構造を示す単層が認められることもある。生砕屑物の含有量は、西に向かってにわか増加し、調査地域西部では“貝殻石灰岩” (糸魚川, 1983) とよばれる岩相を示す。

鏡下観察による“貝殻石灰岩”の組織は、細礫～粗粒砂サイズの砕屑物粒子によって支持され、

基質は透明方解石で充填されている。碎屑物粒子のうち5~7割程度が生碎屑物からなり、3~5割程度が花崗岩質の碎屑物粒子によって占められる。生碎屑物のうち8割程度が、二枚貝・フジツボ・コケムシ類化石に由来する粒子によって占められ、腕足類・棘皮動物・底生有孔虫化石などを少量伴う。泥質粒子を全く欠き、oidなどの非生物骨格起源の炭酸塩粒子、海緑石やスメクタイトなどの自生鉱物も認められない。Folk(1959)の biosparrudite, Embry and Klován (1972) の skeletal rudstoneに分類される。

[化石およびその産状] 生碎屑物として、二枚貝、フジツボ、コケムシ群体系やカンザシゴカイ類などが多量に含まれるほか、腕足類 *Laqueus* sp., *Coptothyris grayi* (Davidson) や1cm程度のサメの歯の産出も確認されている。鏡下観察ではこれらのほか、底生有孔虫や棘皮動物の破片も少量認められる。岩相Lssに見られたものと類似したパイプ型化石棲管が見られるが、Lssのものと比較すると、パイプの直径は1~2cmとやや細い、長さも一般に10cm程度と短く、単層の上面で浸食・切断されていることが多い。

[分布・厚さ] 前島南西海岸の海食崖上部に、厚さ10m程度の分布が確認される。その上位層準は露出しないため、垂直的な連続性は不明であるが、標高30m付近の3地点でも、本岩相の小露出が確認された (Fig. 4の柱状図5・14・15)。

[分布形態・層序関係] 基盤の花崗岩類を不整合で覆う。また岩相Lssを浸食境界で覆い、Lg2とは側方に漸移する関係にある (Pl. 2, Fig. 1)。Lssを覆う部分では、それぞれ顕著な浸食基底をもつ層厚5~10cm程度の粗粒砂岩と石灰質細礫岩とが、互層する岩相を示す。高角度不整合面の近傍では、Lssは基盤に対して大きくアバットしながらほぼ水平に堆積しているのに対して、Lscは基盤地形を反映した傾斜を示し、Lssを浸食している (Pl. 5, Fig. 1)。

上部砂岩部層 (Upper Sandstone Member)

[模式地] 前島南西部の標高約35mの地形面から、吉田神社がある標高約70mの丘へ至る道沿い (Fig. 4の柱状図4・5・9, Pl. 5, Fig. 2)。

[分布および層序関係] 前島南西部の、標高約30mで南に傾斜する緩斜面から、標高約70mの緩斜面までの間に分布する。南に傾斜した不整合面で基盤を覆い、また標高約30mの緩斜面付近で、下部礫岩砂岩部層を整合関係で覆う。

[層厚] 現存する地層の厚さとしては約30mで、上限は

不明である。

[岩相] 塊状~弱く成層した中粒~細粒砂岩、砂質シルト岩などからなる。最下部には特徴的な岩相を示す塊状中粒砂岩 (後述Ums) が認められ、より上位層準に分布する砂岩・シルト岩 (後述Uss) と区分することができる。露出が限られるため、これらの垂直・水平方向への連続性は十分明らかでなく、基盤を直接覆う部分の岩相についても不明である。

岩相Ums (中粒砂岩)

比較的淘汰がよい中粒砂岩からなる。強い生物擾乱を受けており、堆積構造はほとんど保存されていない。Pl. 5, Fig. 2の露頭では、上面 (Ussとの境界) は幅3m、高さ50cm程度の非対称な高まりをつくっている。

[化石およびその産状] 破片となったコケムシ群体系化石が、印象として不規則に含まれる。生痕化石としては、直径1~2cm、長さ10cm内外の化石棲管が多数認められる。この化石棲管の周縁部は、泥質の外壁によって固められている点で、下部礫岩砂岩部層に発達するそれと異なる (Pl. 5, Fig. 3)。

[分布・厚さ] 前島南西部の標高35m付近に、厚さ最大2.5m程度の露頭が認められる。

[分布形態・層序関係] Lscを整合漸移の関係で覆う。Pl. 5, Fig. 2の露頭では、上方および露頭西方 (写真左方) に向かって、中粒砂粒子の含有量が増加するとともに、コケムシなどの化石破片が減少し、LscからUmsへと漸移する。

岩相Uss (平行層理~塊状砂岩およびシルト岩)

淘汰がやや悪い中粒砂岩~砂質シルト岩からなる。最下部では中粒砂岩と砂質シルト岩が、単層厚10~30cm程度で互層する岩相も認められる (Pl. 5, Fig. 2の上部)。砂岩には平行層理や低角度の斜交層理が認められることがある (Pl. 5, Fig. 2)。

[化石およびその産状] *Lucinoma* sp., *Mactra* sp., *Turritella* sp., *Acila* sp., *Fissidentalium* sp.などの軟体動物化石が、互層部の砂岩層基底に密集する産状を示す。シルト岩中には植物片の化石も含まれる。

[分布・厚さ] 前島南西部の標高35m~70mの一带において、小露出が断続的に認められる。厚さは最大30m程度である。

[分布形態・層序関係] 岩相Umsを覆う。Pl. 5, Fig. 2の露頭では、Umsの上面が形成する非対称な高まりに対して、Ussの平行層理がオンラップする状態で接触している。

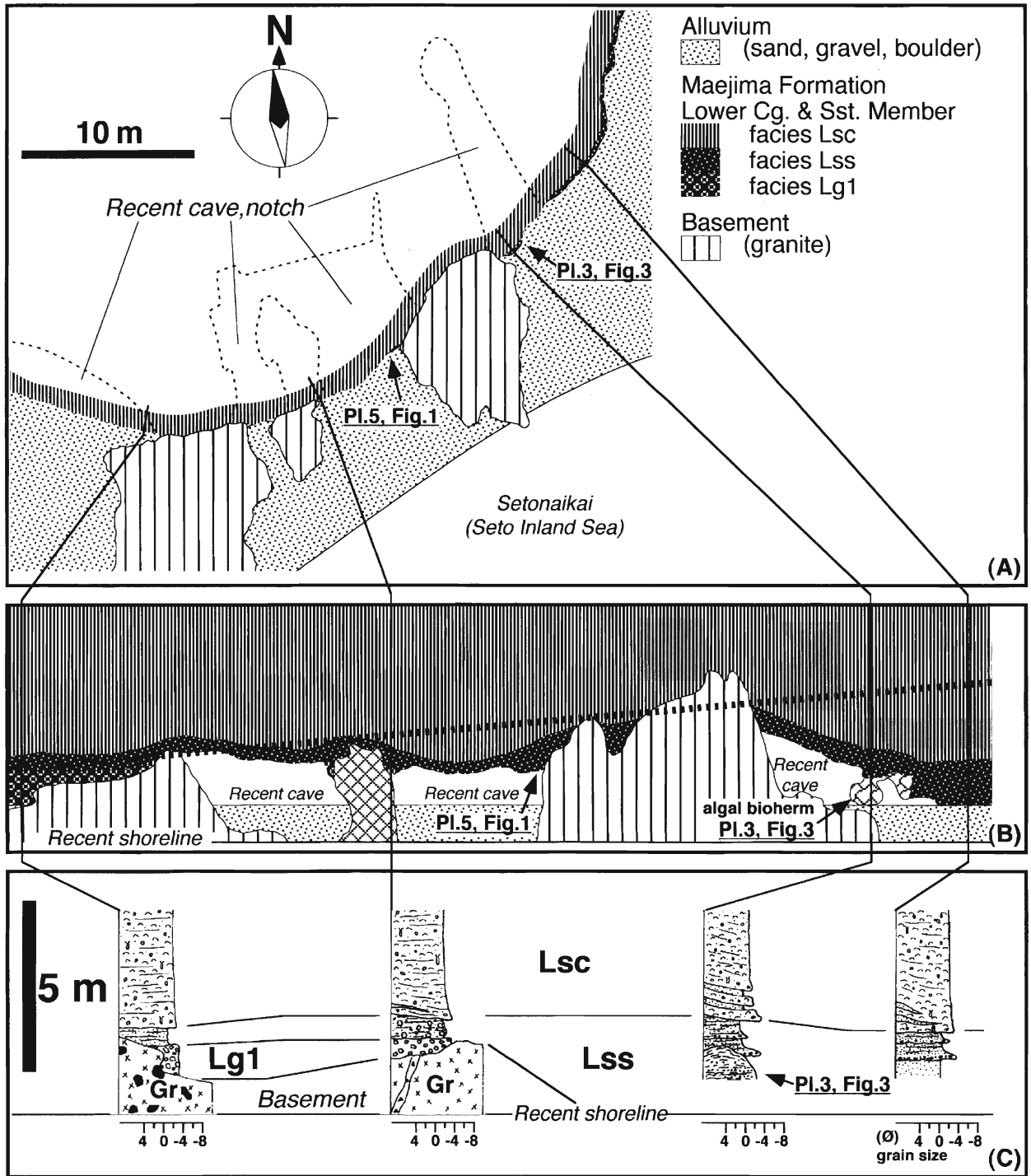


Figure 6. Route map (A), cross section (B) and detailed graphic columns (C) of the Lower Conglomerate and Sandstone Member of the Maejima Formation. Dashed line in (B) indicates the "buried abrasion platform". Lithofacies division is same as for Fig. 4.

考 察

浅海堆積環境とその変遷

前島層はそのほぼ全層準から海棲生物の化石を産することから、ほとんど全体が海成の堆積岩類からなると判断される。ここでは、前島層を構成する各岩相の特徴、それらの分布形態や他の岩相との層序関係、そして産出

化石および産状から、前島層堆積当時の古環境とその変遷について議論する。

[下部礫岩砂岩部層]

岩相Lg1には、浅海生物化石片が豊富に含まれるとともに、露頭付近には露出しない流紋岩類の垂円礫が含まれる。このことは、Lg1の構成礫が現在の分布域近傍の

みならず、ある程度の距離を運搬されてきたもの、おそらく調査地域北方（現在の牛窓丘陵）の流紋岩類分布域を通過してきた流れによって供給されたものであることを示している。粒度および塊状基質支持の構造をもあわせて考えると、岩相Lg1は浅海域に達した土石流などの堆積物であると判断される。

一方、岩相Lssに認められる低角度の斜交層理は、Leckie and Walker (1982) などによって記載・考察されている、スウェール状斜交層理と類似した特徴を示す。粗粒砂岩に認められる、波長の大きく特定の古流向を示さない堆積構造が形成されるためには、直進流・振動流の双方に、ある程度大きなエネルギーが必要であると考えられる。砂岩中に含まれる岩礁固着生物の化石破片や、殻湾曲の凸側を上にして層理面上に配列した二枚貝 *Isognomon* sp. の産状などをあわせて考察すると、岩相Lssは、波浪や潮汐に伴って複雑な流れが発生する、岩礁と隣接した極浅海域に堆積したものであると考えられる。50cm程度の花崗岩の角礫が砂岩中に含まれる事実は、Lss堆積域の近傍に基盤の急崖が存在したことを示している。

一方、Fig. 6の露頭で、起伏に富んだ不整合面を埋めて発達する岩相Lssは、塊状でやや淘汰の悪い中粒砂岩からなり、ドーム状やマット状の紅藻類群体化石を伴う。これらの事実は、Fig. 6の露頭のLssが、岩礁に起伏に保護されて、強い水流の影響を直接受けにくい状況で堆積したことを反映している。

Fig. 5の露頭では、岩相Lg1とLssとの指交境界部で、成層砂岩の層理面に沿って中～大礫が配列する、砂礫互層状の状態を観察することができる (Pl. 4, Fig. 2)、この礫岩はインプリケーションを示さず、Lssと同様の流れを反映した構造を示していると考えられる。これらのことは、土石流などによって供給されたLg1の構成礫が、極浅海における強い水流によって再移動し、より沖側の砂岩と互層する状態となったことを示している。またLssの最上部は生砕屑物を多量に含む石灰質極粗粒砂岩～細礫岩 (Pl. 2, Fig. 3; Pl. 3, Fig. 2) となり、Lg1の最上部は著しく基質が少ない巨礫岩となる。これらの垂直・水平的な岩相変化は、陸源性砕屑物供給の枯渇と、水流エネルギーの強化によるLg1からの細粒物の洗い出し・礫の沖側への再移動が、Lssの堆積末期に顕著に進行したことを示している。

Fig. 6露頭の前島層基底不整合面は大きな起伏を示すが、岩相Lssと岩相Lscとの境界層準の延長に、比較的緩傾斜の部分が観察される (Fig. 6-Bの破線)。この比較的緩傾斜の部分は、Fig. 5の露頭における同じ層準で考察された、陸源砕屑物供給の枯渇と水流エネルギーの強化に伴って形成された、“埋没海食台”ともいえる基盤浸食地形であると考えられる。森山ほか (1994a, 1994b)

は岡山県南西部の第三系浪形層を対象に、岩礁性の浅海環境を復元するとともに、基底不整合面に保存された同様の古地形を報告している。上記の考察は、このような不整合面形態の形成過程を、地層に記録された陸源砕屑物供給と水流エネルギー状態の変化から、具体的に説明するものである。

岩相Lg2は、Lg1に含まれていた流紋岩質の亜円礫を含まず、花崗岩および岩脈類に由来する亜角礫～角礫を主体とする。礫支持で分布形態は顕著なくさび状で、基盤の花崗岩と高角度の不整合面で接している (Pl. 4, Fig. 3)。これらの証拠は、この礫岩が近傍の基盤斜面の崩壊によって供給されたものであることを示している。この基盤斜面は、Lssの最上部層準堆積時に推定された海食台形成にともない、その背後に形成された海食崖様の古地形であると判断される。

Lscの“貝殻石灰岩”に含まれるフジツボやコケムシ群体などの化石は、いずれも固い底質が露出する浅海最上部の環境を示唆するものである。これらの化石は、ほとんどが著しく破碎された異地性の産状を示すが、より深い海の世界を示す化石の産出も認められない。また“貝殻石灰岩”が示す鏡下組織は、いずれも高い水流エネルギーの堆積環境を示すものである。海緑石などの自生鉱物が含まれないことは、堆積物中に酸素が十分供給される状態、すなわち水流循環がよく、かつ埋没速度が遅い環境であったことを示している。岩礁と隣接した極浅海域に堆積したLssを、上方粗粒化しながら覆うことから判断すると、Lscはさらに水流エネルギーの大きな環境で堆積したものであると考えられる。Fig. 6の露頭で認められる、Lsc下部が不整合面形態を反映した傾斜を示す構造 (Pl. 5, Fig. 1) は、海面上に露出する花崗岩基盤に対して打ち寄せた波浪によって形成されたものと予想され、砂質海浜の前浜堆積物に認められる、海側に向かって傾斜する構造に比較されるものといえる。

岩礁性のフジツボ、コケムシ群体など、表在固着生物の化石は、浅海最上部の固い底質が露出する生息環境から供給されたものであると考えられる (Bourgeois and Leithold, 1984)。汀線付近で堆積した前島層の岩相Lscに関しては、より浅い場所ではなく、ごく近傍に隣接する基盤露出や炭酸塩ハードグラウンド上に、これらの生物の生息環境を求める必要がある。

以上により岩相Lscは、岩礁～ハードグラウンド上の表在固着生物群集が、極浅海域の極めて強い水流エネルギーによって物理的に破壊され、生息域のごく近傍（あるいはほとんどその場）に集積したものであると考えられる。またこの岩相が、少なくとも10m以上の厚さで連続することは、少なくともその堆積期間中は、このような浅海環境が維持されていたことを示している。

〔上部砂岩部層〕

Pl. 5, Fig. 2の露頭で観察される、下部礫岩砂岩部層の岩相Lscから上部砂岩部層の岩相Umsへと漸移する状態は、非石灰質の砂粒子供給が徐々に増加し、コケムシ群体などに由来する生砕屑物粒子が希釈される過程を示している。また岩相Ussに発達する、やや淘汰が悪く、平行層理が発達する細粒砂岩や砂岩シルト岩互層などは、下部礫岩砂岩部層を構成する各岩相と比較して、明らかに穏やかな水流エネルギーの環境を反映している。Ussから産出する*Lucinoma* sp., *Maetra* sp., *Turritella* sp., *Acila* sp., *Fissidentalium* sp.などからなる貝類化石群集は、亜浅海帯で砂質底の環境を示すものと考えられる(小笠原・増田, 1989など)。浅海砂質底の貝類化石群集や陸上植物の化石片は、非石灰質の砂粒子供給の回復に伴って、付近一帯が外洋の高い水流エネルギーに晒される岩礁性浅海から、砂州などを伴う多様な砂質浅海の環境へと変化したことを予想させる。Pl. 5, Fig. 2の露頭で岩相Umsの上面形態に認められる非対称な高まりは、沿岸砂州の形態を反映している可能性が指摘される。

以上により、下部礫岩砂岩部層から上部砂岩部層へと至る岩相・化石相の変化は、陸源砕屑物粒子供給量の回復に伴って、付近一帯が岩礁性浅海から砂質浅海の環境へと変化した過程を反映しているものと判断される。露出条件に限られるため、前島層の上部砂岩部層が構成する堆積システムを復元することは困難である。

前島層の貝類化石群集と地質年代

佐藤(1938)は前島層の下部を、前島の南東約8kmの小豆島北西部に分布する土庄層群や、北方約8kmの備前市佐山地下に分布する含貝化石第三系とともに、「第三系(中新統?)」とした。また糸魚川(1983)は、前島層を含む瀬戸内海東部沿岸地域の“中新統”産貝類化石群集が、“*Ostrea*”群集および*Maetra-Acila*群集によって特徴づけられ、中国地方の内陸部に分布する中新統備北・勝田層群から知られるものとは、異なることを指摘している。

糸魚川(1969)は「瀬戸内東部地域中新統の貝類化石群集」として、前島層の下部から*Ostrea-Balanus*群集の産出を報告している。本研究では、前島層下部礫岩砂岩部層から*Isognomon* sp.の産出を認めたが、*Ostrea* sp.(糸魚川, 1969)や“*Ostrea*” sp.(糸魚川, 1983)の産出は確認されなかった。また上部砂岩部層からは、*Lucinoma*, *Maetra*, *Turritella*, *Acila*, *Fissidentalium*などからなる貝類化石群集の産出が、新たに確認された。この群集は属構成から、糸魚川(1983)の*Maetra-Acila*群集に比較される。

“*Ostrea*”群集および*Maetra-Acila*群集に比較される

貝類化石群集は、兵庫県淡路島北部に分布する岩屋層、香川県小豆島北西部および豊島に分布する土庄層群、岡山県南西部に分布する浪形層などからも報告されており、前期～中期中新世の群集であるとされてきた(糸魚川, 1983; 水野ほか, 1990; 奥村・佐藤, 1999など)。しかしながら、この年代推定を支持する浮遊性微化石群集や放射年代値は、今日に至るまで報告されていない。

一方、山本ほか(2000)は神戸層群岩屋層から中～後期始新世の年代を示す石灰質ナンノおよび渦鞭毛藻類化石の産出を、栗田ほか(2000)は土庄層群四海層から始新世を示す渦鞭毛藻類化石群集の産出を、それぞれ報告している。これらの諸事実からは、糸魚川(1983)の“*Ostrea*”群集および*Maetra-Acila*群集が、古第三紀(中期始新世～前期漸新世)を特徴づける群集である可能性が指摘される。

著者は前島層から石灰質ナンノ化石の検出を試みているが、地質年代の決定に有効な群集の産出は、現在のところ確認していない。しかしながら、上記貝類化石群集の年代位置づけに関する近年の研究をふまえると、前島層も古第三系に対比される可能性が高い。今後は渦鞭毛藻類化石やストロンチウム同位体比の検討などによって、前島層など瀬戸内海東部沿岸地域に分布する浅海成第三系の地質年代を見直す必要性が指摘される。

第三紀古地理に関する諸問題

西南日本一円における中新統(備北・勝田層群)堆積当時の海陸分布を復元する試みが、数多くなされている。これら既存の古地理図の多くは、現在の紀伊水道付近から瀬戸内海東部沿岸地域を経て中国山地へと至る海域の広がりを表現している(糸魚川・柴田, 1992; 吉田, 1992; 矢野ほか, 1995など)。一方石田(1979)は、日本海側に向かって開いた中国山地一円の海域から連続する、瀬戸内海東部沿岸地域への湾入を想定している。このように、中新世における瀬戸内海東部沿岸地域の海域が、他の海域とどのように連続していたのかについては、一つの争点となっている。これらの古地理復元はいずれも、瀬戸内海東部沿岸地域に分布する海成第三系が、備北・勝田層群に対比される中新統であるとする考えが、重要な根拠となっている。

さらに、多井(1971)は“中新統”の基底高度分布にもとづいて、中新統堆積後の中国地方における構造運動像を示し、瀬戸内海沿岸地域には、東西に延長する顕著な沈降軸の存在を推定している。また、中国地方の山地地形に特徴的な小起伏面の形成時期と過程に関しては、海成“中新統”を堆積させた海進や、小起伏面を開析する河川成礫岩層(いわゆる山砂利層)との関係で、議論がなされている(たとえば小畑, 1991)。前島層など瀬戸内海東部沿岸地域に分布する海成第三系が、備北・勝

田層群に対比される中新統なのか、それとも古第三系に対比されるのかは、中新世古地理のみならず、これら中国地方における新生代地史上の多くの問題に関わる、重要な懸案といえる。

前島層の地質年代や古地理上の位置づけを考える上では、鈴木(1996)などが岡山県一円で記載している、古第三紀の河川成礫岩層(いわゆる山砂利層)との関係が注目される。鈴木(1996)はこれらの礫岩層の分布と古流向を追跡し、南に向かう古流系を復元している。これらに対して上田(1991)、西村・野崎(1997)、松本(1998)や瀬戸ほか(2000)はいずれも、中新統備北・勝田層群の堆積盆地が、北に向かって開いていたことを想定している。また矢野ほか(1994)は、岡山県南西部の浪形地域の「山砂利層」が、より下位の“中新統”浪形層を整合関係で被覆することから、これを浪形層の最上部層として位置づけ、「山砂利層」の少なくとも一部は、中新統備北層群に相当するものと考えた。一方寺岡ほか(1996)は、鈴木(1996)などによる凝灰岩のフィッシュトラック年代にもとづき、これらの「山砂利層」を一括して古第三系としている。

これらに対して、前島層の分布は局所的ながら、南に向かって開いた海岸線付近に堆積したことが、不整合面の形態から推定される。浪形層に関しても、南に向かって開いた岩礁性の浅海環境が復元されている(森山ほか, 1994a; 1994b)が、中新統を示す浮遊性微化石や放射年代は、今日に至るまで報告されていない。前島層と「山砂利層」との関係は不明であり、浪形層と「山砂利層」との関係に関しても問題点が残されているが、これらの地層がいずれも古第三系に対比されると考えた場合、岡山県南部における古第三紀の地形は、おおむね南に向かって開いていたと推定することが可能である。

以上のように、前島層など瀬戸内海東部沿岸地域に分布する海成第三系の地質年代は、第三紀における海陸分布の変化のみならず、後背山地(現在の牛窓丘陵や吉備高原一帯)の古地理変化について考える上でも、重要な意味をもつ。また前島層の浅海古環境に記録されている陸源性碎屑物供給の枯渇と回復の過程は、その供給源(後背地)における、浸食の状況を反映していることが予想される。西南日本における第三紀古地理はもちろんのこと、中国山地の小起伏面形成過程などについて見直す上でも、瀬戸内海東部沿岸地域の第三系と「山砂利層」とをリンクさせながら、地質年代や古環境に関する研究をすすめる必要性が指摘される。

結 論

1. 岡山県南東部の牛窓町前島で、花崗岩類を不整合で覆う第三系を、前島層と命名した。前島層は岩相にも

とづいて、下部礫岩砂岩部層(30m以上)と上部砂岩部層(約30m)とに区分される。

2. 岩相・化石相などから、下部礫岩砂岩部層は外洋の高い水流エネルギーに晒される岩礁性浅海の環境で、上部砂岩部層は砂州などを伴う砂質浅海の環境で、それぞれ堆積したものと推定される。この古環境の変化は、浅海域における陸源性碎屑物供給の枯渇と回復の過程を反映している。
3. 前島層そのものの年代を決定する上で直接的証拠を得ることはできなかったが、広域的な層序・古地理関係を考慮すると、古第三系に対比される可能性が高い。

謝 辞

牛窓前島における地質調査は、著者による大阪市立大学大学院理学研究科修士課程における研究の一部として、1995年に行われたものである。岡山大学理学部付属臨海実験所の方々には、用船や宿泊など、調査にあたって様々な便宜を計っていただいた。岡山大学助教授の鈴木茂之博士には、文献の入手などでお世話になった。大阪市立自然史博物館の中条武司博士からは、現地調査にて有益なご助言を賜った。元新潟大学理学部助教授の故上田哲郎博士には、病身を押しての調査・試料採取におつきあいいただき、貝類化石を同定していただいた上に、ご助言・激励までも賜った。論文として仕上げるに過程においては、株式会社蒜山地質年代学研究所でお世話になった。以上の方々に、心から感謝いたします。

文 献

- Bourgeois, J. and Leithold, E. L. (1984) Wave-worked conglomerates—Depositional processes and criteria for recognition. In, Koster, E. H. and Steel, R. J. (eds.): *Sedimentology of Gravels and Conglomerates*. *Canad. Soc. Petr. Geol. Mem.*, **10**, 331-343.
- Embry, A. F. and Klovan, J. E. (1972) Absolute water depth limits of Late Devonian paleoecological zone. *Geol. Rundsch.*, **61**, 672-686.
- Folk, R. L. (1959) Practical petrographic classification of limestones. *AAPG Bull.*, **43**, 1-38.
- Haq, B. U., Hardenbol, J. and Vail, P. R. (1988) Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. In, Wilgus, C. K. et al. (eds.), *Sea-Level Changes: An Integrated Approach*. *SEPM Spec. Pub.*, no. 42, 71-108.
- 長谷川修一・齊藤 実 (1989) 讃岐平野の生いたち—第一瀬戸内累層群以降を中心に—。アーバンクボタ, no. 28, 52-59.
- Hayashida, A., Fukui, T. and Torii, M. (1991) Paleomagnetism of the Early Miocene Kani Group in Southwest Japan and its implication for the opening of the Japan Sea. *Geophys. Res. Letters*, **18**, 1095-1098.

- 今村外治 (1966) 岡山県津高町日応寺より *Miogypsina kotoi* Hanzawa の発見と岡山市周辺のいわゆる第三系の地質時代. 岡山大理学部地学研報, no. 1, 1-10.
- 石田志朗 (1979) 第一瀬戸内の古地理試論. *NOM (News of Osaka Micropaleontologists)*, no. 7, 1-18.
- 糸魚川淳二 (1969) 瀬戸内東部地域中新統の貝化石群集. 化石, no. 17, 50-55.
- 糸魚川淳二 (1974) 瑞浪層群と第一瀬戸内累層群. 瑞浪市化石博研報, no. 1, 353-364.
- 糸魚川淳二 (1983) 瀬戸内東部沿岸地域の中新世軟体動物群集. 瑞浪市化石博研報, no. 10, 29-39.
- 糸魚川淳二・柴田 博 (1992) 瀬戸内区の中新統古地理 (改訂版). 瑞浪市化石博研報, no. 19, 1-12.
- 笠間太郎・藤田和夫 (1957) 日本の新生代の堆積区とその変遷(1) —瀬戸内地質区の特性と変遷—. 新生代の研究, nos. 24-25, 518-526.
- 建設省国土地理院 (1983) 沿岸海域基礎調査報告書 (西大寺地区), 55p.
- 栗田裕司・松原尚志・山本裕雄 (2000) 香川県小豆島の第三系土庄層群四海層の渦鞭毛藻化石年代 (始新世) とその意義. 日本古生物学会第149回例会講演予稿集, 5-7.
- 沓掛俊夫・端山好和・本間弘次・政岡邦夫・宮川邦彦・仲井 豊・山田哲雄・吉田 勝 (1979) 小豆島および讃岐東部の領家帯. 地質学論集, no. 17, 47-67.
- Leckie, D. A. and Walker, R. G. (1982) Storm- and tide-dominated shorelines in Cretaceous Moosebar-Lower Gates Interval—Outcrop equivalents of deep basin gas trap in western Canada. *AAPG Bull.*, **66**, 138-157.
- 松本俊雄 (1998) 広島県油木町付近の備北層群. 日本地質学会第105年学術大会講演要旨, 7.
- 松浦浩久・妹尾 護 (2000) 山陽地方の古第三紀火成活動. 日本地質学会第107年学術大会講演要旨, 240.
- 光野千春・杉田宗満 (1979) 10万分の1岡山県地質図. 内外地図株式会社.
- 水野清秀・服部 仁・寒川 旭・高橋 浩 (1990) 明石地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅説明書), 地質調査所, 90p.
- 森山和道・矢野孝雄・沖村雄二・瀬戸浩二 (1994a) 不整合面に残された古地形—岡山県南西部に分布する中新統浪形層の層序—. 地球科学, **48**, 453-466.
- 森山和道・矢野孝雄・沖村雄二・瀬戸浩二 (1994b) 不整合面に残された海食地形の形成過程—岡山県南西部, 中新統浪形層の基底不整合面—. 地球科学, **48**, 509-520.
- 西村年晴・野崎誠二 (1997) 津山盆地における勝田層群の層序と古流向. 日本地質学会第104年学術大会講演要旨, 333.
- 小畑 浩 (1991) 中国地方の地形. 古今書院, 東京, 262p.
- 小笠原憲四郎・増田孝一郎 (1989) 東北地方新第三系貝類化石の古水深指標とその適用. 地質学論集, no. 32, 217-227.
- 奥村 清・佐藤昭義 (1999) 瀬戸内海小豆島及び豊島の土庄層群について. 鳴門教育大研究紀要, 自然科学編, no. 14, 1-14.
- 佐藤源郎 (1938) 7万5千分の1地質図幅「西大寺」および同説明書. 地質調査所, 54p.
- 瀬戸浩二・矢野孝雄・松本俊雄・山本裕雄・中野雄介・藤井 健 (2000) 中国山地ジオトラバース—中新統 (備北層群および相当層) の堆積環境変化—. 日本地質学会第107年学術大会見学旅行案内書, 日本地質学会第107年年会準備委員会, 3-24.
- 鈴木茂之 (1996) 古第三系“山砂利層”の堆積相と古地理. 堆積学研究会1996年秋季研究集会講演要旨, 11-12.
- 多井義郎 (1971) 中新世以後における中国地方の地殻変動について—Structure Contour Mapを中心として—. 広島大教養紀要III (自然科学), **5**, 25-34.
- 竹村厚司・三宅 誠 (2001) 岡山県高山市地域からの中新世放散虫化石の産出. 兵庫教育大研究紀要, no. 21, 23-30.
- 巽 好幸 (1983) 小豆島の火山地質—瀬戸内火山岩類の噴出環境—. 地質雑, **89**, 693-706.
- 寺岡易司・松浦浩久・牧本 博・吉田史郎・神谷雅晴・広島俊男・駒澤正夫・志知龍一 (1996) 20万分の1地質図「高梁」. 地質調査所.
- 上田哲郎 (1991) 広島県三次・庄原地域の中新統備北層群—軟体動物化石群集と古環境—. 地質雑, **97**, 279-295.
- 渡辺真人・三宅 誠・野崎誠二・山本裕雄・竹村厚司・西村年晴 (1999) 岡山県高山市地域の備北層群, および津山地域勝田層群から産出した中新世珪藻化石. 地質雑, **105**, 116-121.
- 山本裕雄 (1999) 広島県庄原市, 西城川河床における中新統備北層群の岩相と石灰質ナンノ化石. 地球科学, **53**, 202-216.
- 山本裕雄 (2000) 石灰質ナンノ化石からみた中国地方中部における中新世海進. 日本地質学会第107年学術大会講演要旨, 34.
- 山本裕雄・栗田裕司・松原尚志 (2000) 兵庫県淡路島北部の第三系岩屋層から産出した始新世石灰質ナンノ・渦鞭毛藻化石とその意義. 地質雑, **106**, 379-382.
- 矢野孝雄・森山和道・沖村雄二・瀬戸浩二 (1994) 吉備高原と“山砂利問題”. 地球科学, **48**, xx-xxxii.
- 矢野孝雄・瀬戸浩二・吉富健一 (1995) 瀬戸内中新統浪形層と笠岡市立カプトガニ博物館. 日本地質学会第102年学術大会見学旅行案内書, 日本地質学会第102年年会準備委員会, 113-131.
- 吉田史郎 (1992) 瀬戸内区の発達史—第一・第二瀬戸内海形成期を中心として—. 地調月報, **43**, 43-67.

(2001年7月11日受付)

(2001年10月19日受理)

Plate 1

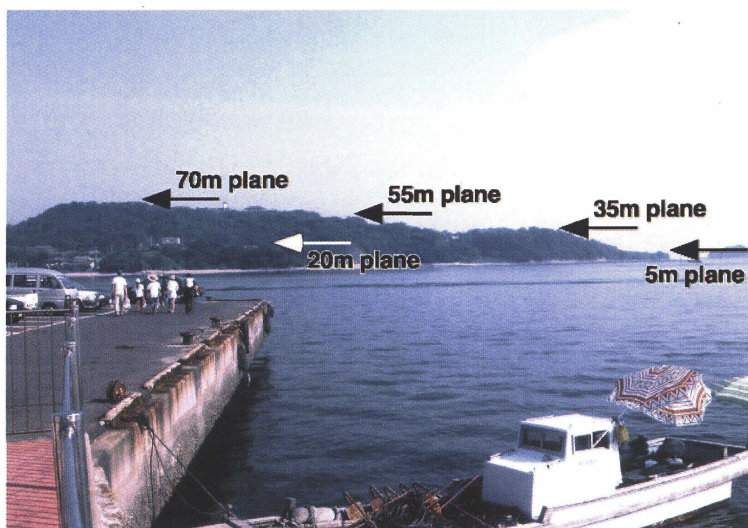


Figure 1

A landscape of the western part of Maejima Island, showing especially the gently dipping planes (arrows) and slopes. View direction is shown in Fig. 2



Figure 2

Recent (A) and rised (B) sea caves on the south coast of Maejima Island, which erode into a sea cliff composed of conglomerate and sandstone of the Maejima Formation. Location is shown in Fig. 2.

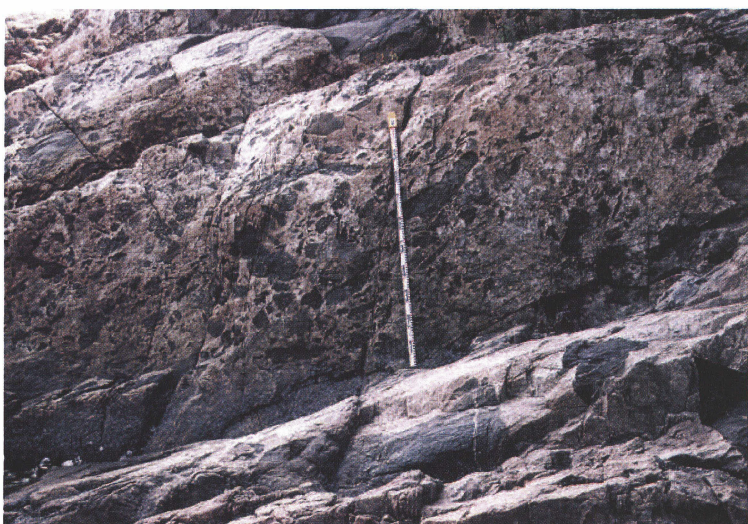


Figure 3

Lithology of the pre-Tertiary granite with numerous mafic inclusions (black patches). The tape measure is 1 m long.

Plate 2

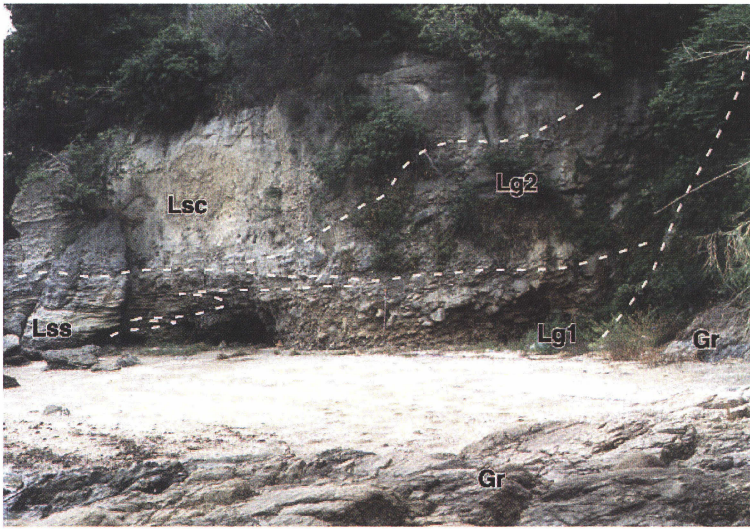


Figure 1

A distant view of the type outcrop of the Lower Conglomerate and Sandstone Member of the Maejima Formation. The tape measure is 1 m long. Location is shown in Fig. 5-A.

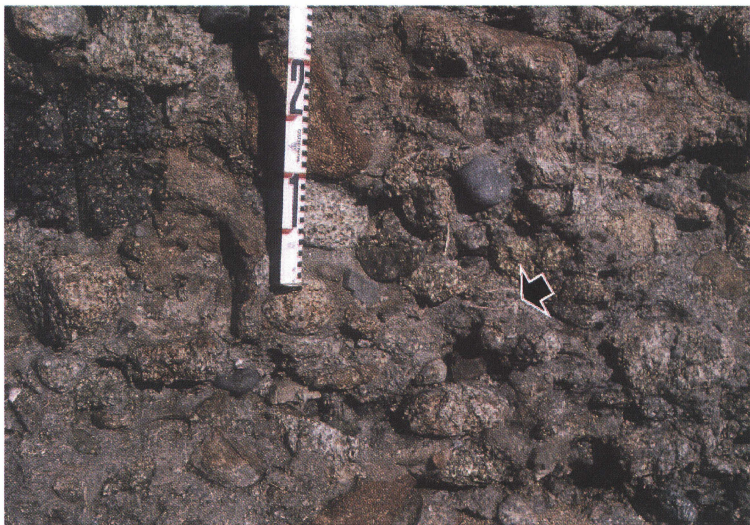


Figure 2

A close view of the lithofacies Lg1. Arrow points to a bivalve fragment. Location is shown in Fig. 5-A.



Figure 3

Vertical change of the lithofacies from Lss to Lsc. The tape measure is 1 m long. Location is shown in Fig. 5-A.

Plate 3



Figure 1

Granite rubble in the lithofacies Lss.

The white pen is 10 cm long. Location is shown in Fig. 5-A.



Figure 2

Mode of occurrence of granule-sized bioclastics (barnacles, bryozoans, brachiopods and others) and a bivalve shell (*Isognomon* sp.; arrow) oriented convex-up. The cigarette box is 7 cm high. Location is shown in Figs. 5-A and 5-B.

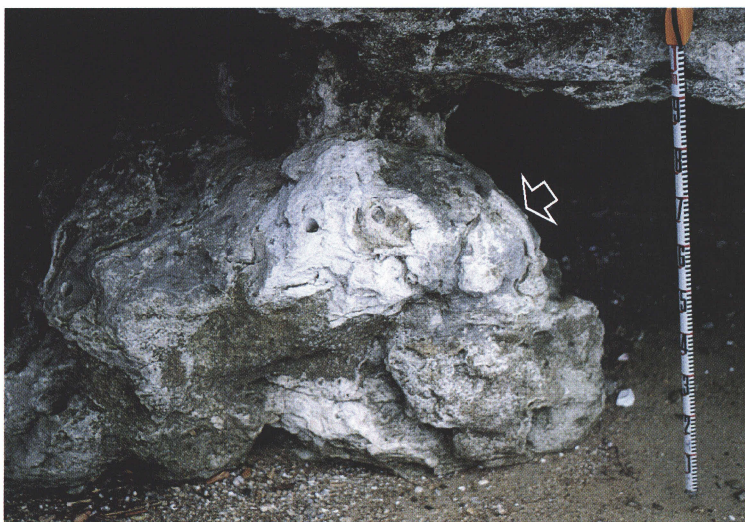


Figure 3

Algal bioherm in the lithofacies Lss. Dark part in the background is Recent sea cave. Location is shown in Figs. 6-A to 6-C.

Plate 4

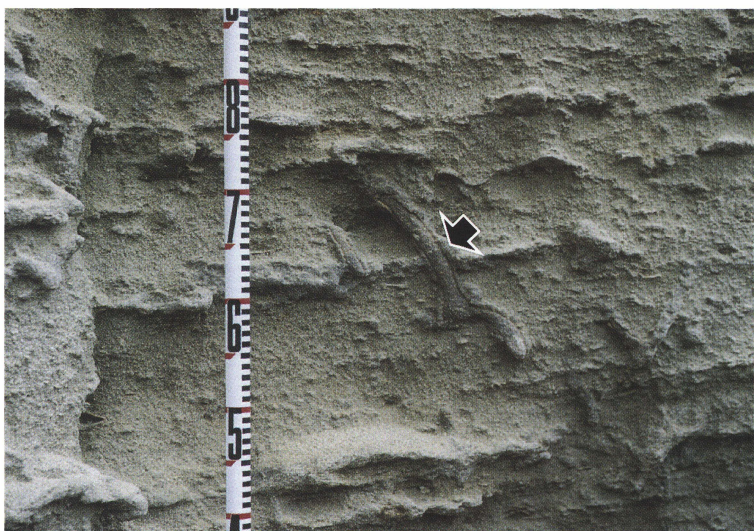


Figure 1
A burrow in the lithofacies Lss (arrow).
Location is shown in Fig. 5-A.

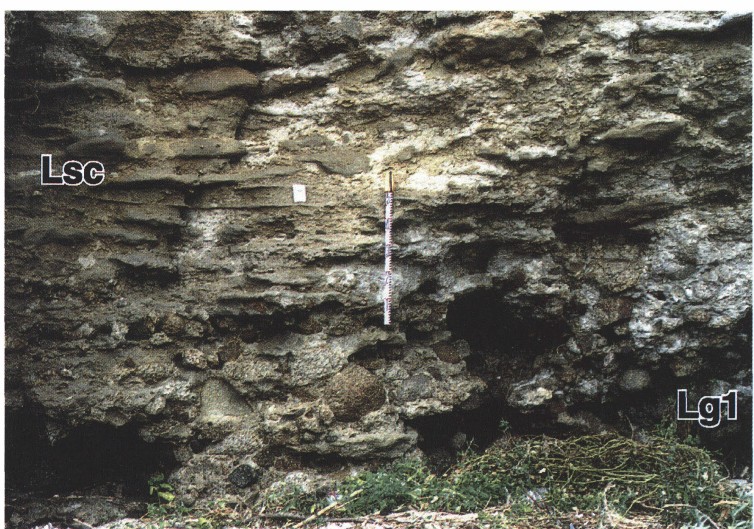


Figure 2
Alternating part of the lithofacies Lg1 and Lsc.
Location is shown in Figs. 5-A and 5-B.



Figure 3
A close view of the lower part of the lithofacies Lg2. Arrow pointing numerous bivalve fragments in the matrices of the boulder conglomerate. The cigarette box is 7 cm high. Location is shown in Figs. 5-A and 5-B.

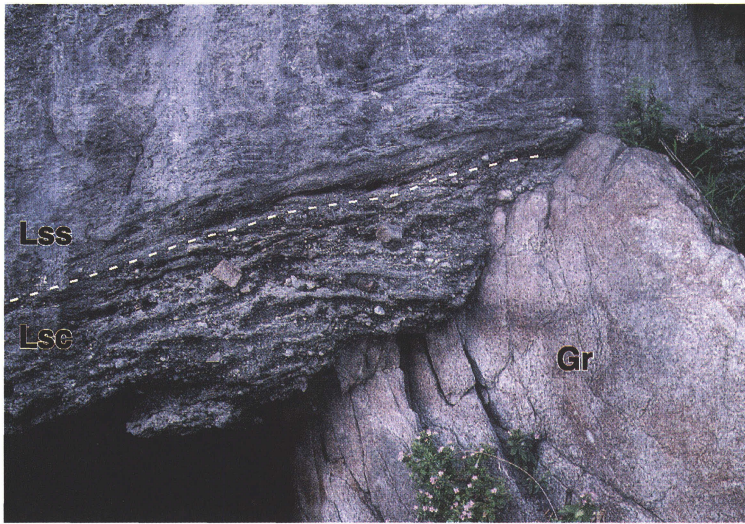


Figure 1

An oblique contact between the lithofacies Lss and Lsc. Almost horizontally stratified Lss is truncated by Lsc which is dipping along the relief of unconformity surface between granite (Gr). Location is shown in Figs. 6-A and 6-B.

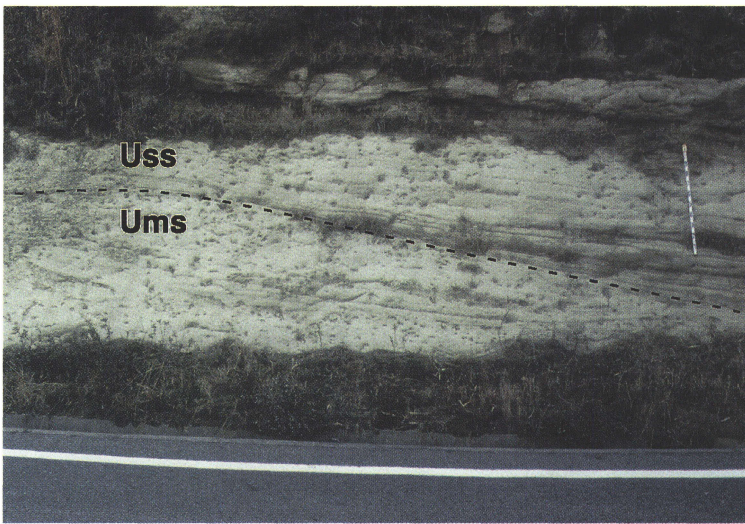


Figure 2

A view of the type outcrop of the Upper Sandstone Member of the Maejima Formation. The tape measure is 1 m long. Location is shown in Fig. 2.



Figure 3

A burrow in the lithofacies Ums. The cigarette box is 7 cm high. Location is shown in Fig. 2.