

## 天草諸島大島に分布する上部白亜系姫浦層群の堆積環境と二枚貝化石群

熊谷太朗\*・小松俊文\*\*

\*京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻・\*\*熊本大学理学部地球科学科

## Depositional environments and bivalve assemblages of the Upper Cretaceous Himenoura Group, Oshima, Amakusa Islands, Kyushu, Japan

Taro Kumagae\* and Toshifumi Komatsu\*\*

\*Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, Kyoto University, Kyoto 606-8502 (kumagae-t@kueps.kyoto-u.ac.jp); \*\*Department of Earth Science, Kumamoto University, Kumamoto 860-8555 (komatsu@sci.kumamoto-u.ac.jp).

**Abstract.** The Upper Cretaceous Himenoura Group is exposed in Oshima, Amakusa Islands, Kyushu, southwest Japan. It is composed of inner shelf, shoreface, bay, and various tidal deposits, which are characterized by wave- and tide-dominated facies. In addition, abundant bivalve fossils are divided into five fossil assemblages and these correspond to each depositional facies: *Inoceramus* - *Sphenoceramus* - *Nanonavis sachalinensis* (inner shelf), *Glycymeris amakusensis* - *Loxo japonica* (shoreface), *Yaadia japonica* (shoreface), "*Ostrea*" sp. - *Septifer ushibukensis* (bay) and *Corbula ushibukensis* - *Crassostrea* sp. (tidal flat and tidal channel) assemblages. Characteristic species of these assemblages show autochthonous or indigenous mode of occurrences, and their habitats are reconstructed from the modes of occurrence, shell preservations and depositional facies. These assemblages can be considered as indicators of the Upper Cretaceous shallow-marine environments.

**Key words:** bivalve fossils, facies analysis, fossil assemblage, Himenoura Group, tide-dominated facies, Upper Cretaceous, wave-dominated facies

## はじめに

上部白亜系の姫浦層群上部亜層群は、主に熊本県の天草下島南西部と南東部や、その南方に位置する鹿児島県鹿島付近くに広く分布している(田代・野田, 1973)。本層群は非海成から海成の堆積物からなり、アンモナイトや二枚貝、巻貝など多くの軟体動物化石を産出することで古くから知られている(矢部, 1900; 江原, 1921; Yehara, 1923; 長尾, 1922, 1924; Nagao, 1930; 波多江, 1960; Ueda, 1962; Miki, 1972; 田代・野田, 1973; Tashiro, 1976; 田代・大塚, 1978; Tashiro *et al.*, 1980; 高井・佐藤, 1982)。

天草諸島下島の最南端にある牛深市大島には、姫浦層群上部亜層群下部の礫岩、砂岩、泥岩などが島の全域にわたって分布する(図1)。大島の地質については、波多江(1960)によって初めて白亜系の分布が明らかにされ、地質および層序の概略が示された。さらに、波多江(1960)は *Inoceramus* や *Glycymeris* などの二枚貝化石が多産することを報告し、9層準の化石密集層を識別した。また、田代・野田(1973)は、*Inoceramus* やその他の二枚貝化石の産出にもとづいて、他の地域に分布する姫浦層群との層序対比や地質時代について検討し、大島に露出する白亜系が姫浦層群上部亜層群の下部に相当することを明らかにした。

このように過去の研究によって地質や層序の概略は明らかになっているが、詳細な地質や層序の報告、あるいは堆

積学的な研究は少ないと言える。堆積学的な研究として Tashiro *et al.* (1980) は、姫浦層群上部亜層群全体の堆積システムを報告しており、その中で大島の姫浦層群も検討している。しかし、堆積構造などの具体的な記載はなく、堆積相解析や詳細な堆積環境の復元には至っていない。

古生物学的な研究は、Tashiro (1976) の詳細かつ包括的な分類学的記載があるものの、化石群の識別やその構成、化石の産状観察にもとづくタフオノミーなどについての研究は、課題として残っている。これに対して利光ほか(1990)は、鹿児島県甕島および天草下島の姫浦層群上部亜層群上部から産出する二枚貝化石の古生態および姫浦層群上部亜層群の古環境について議論し、特に生息姿勢を保持して産出するマガキ類化石 (*Crassostrea* sp.) の産状を報告した。しかし、この他の二枚貝の産状や保存状態は記載されておらず、古生態や生息環境については検討の必要がある。

そこで本研究では、堆積物の粒度や堆積構造、古流向などのデータにもとづく堆積相解析をおこない、大島に分布する姫浦層群の堆積環境を復元した。その上で採集された二枚貝化石についてその構成にもとづき化石群を識別し、産状や保存状態の観察からそれらの生息環境を推定した。その結果、姫浦層群の二枚貝化石には、後期白亜紀の堆積環境を検討する上で、環境の指標として重要な種が多数含まれていることが明らかになった。

化石76号

熊谷太朗・小松俊文

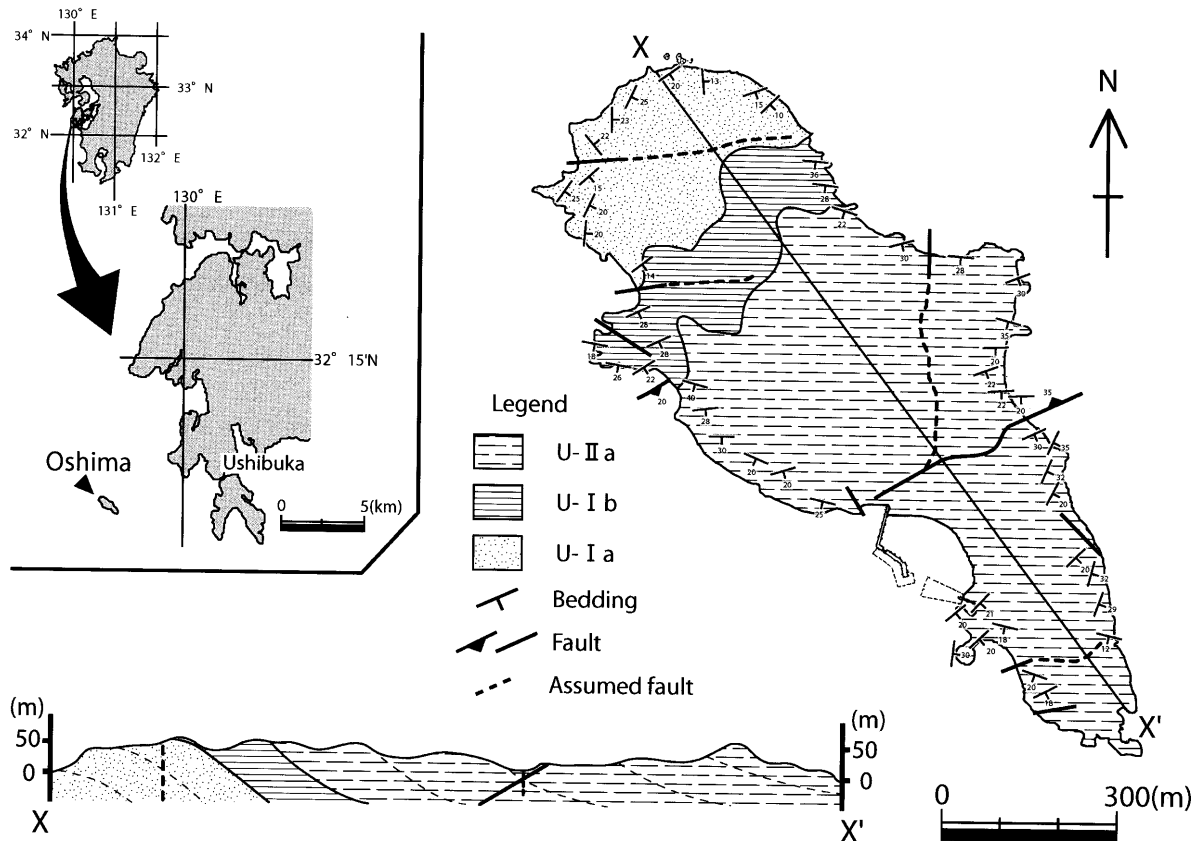


図1. 大島に分布する姫浦層群の地質図および地質断面図.

### 大島の姫浦層群の地質

大島に分布する姫浦層群上部亜層群は、層厚300m以上で、泥岩や砂岩、礫岩からなる。島の北部に泥岩が優勢なU-Iが分布し、中央から南部にかけて砂岩が優勢なU-IIaが広がる(田代・野田, 1973)。本研究では田代・野田(1973)の姫浦層群の層序区分(ユニット区分)に基本的に従い、まず下部をU-I, 上部をU-IIaに二分する。しかし、U-Iの下部に相当する堆積物の岩相が田代・野田(1973)とは異なり、明らかに砂岩優勢であったため、この層をU-Iaとし、その上位の泥岩優勢層を細分しU-Ibとした。地質構造は比較的単調で走向はN80°W~N80°Eであり、南に20~30°傾斜する南上位の構造を示す(図1)。また、全域にわたって走向N60°W~N85°Eの小断層が認められる。

U-Iaは層厚約50mで島の北西端部に分布し、主にハンモック状斜交層理が発達する細粒~中粒砂岩よりなる。U-Iaから産出する化石は少ないが、最下部の生物攪乱が発達した暗灰色泥岩には*Inoceramus* sp. や*Nanonavis* sp. が散在し、東海岸北部のLoc. 0312では*Corbula* sp. の密集層が認められる。また、U-Iaの最下部に相当するLoc. 0311からはアンモナイト化石である*Texanites* sp. が産出した。Toshimitsu(1988)は北海道の白亜系上部蝦夷層群におけるアンモナイトやイノセラムスの生層序を報告したが、その中で*Texanites* sp. は後期白亜紀サントニアン期後期~カンパニアン期最前期を示すアンモナイトとして挙げられている。

U-Ibは層厚約60mで島の北部に分布し、暗灰色を呈する砂質泥岩を主体とする。最下部は砂岩層を比較的多く挟み、厚さ0.3~2mのハンモック状斜交層理が発達する細粒砂岩と厚さ2~3mの暗灰色砂質泥岩の互層からなり、砂岩層には*Glycymeris amakusensis*が含まれる。本ユニットの主体である暗灰色砂質泥岩からは*Sphenoceramus orientalis*や*Nanonavis sachalinensis*等の二枚貝化石が豊富に産出する(図2; Locs. 0309, 0315)。

U-IIaは層厚約200mで島の中~南部に分布し、砂岩が卓越する最下部と下部、泥岩優勢の中部、砂岩優勢の上部に大別できる。最下部の厚さ約25mはハンモック状斜交層理やトラフ型斜交層理が発達する細粒~極粗粒砂岩が卓越し、西海岸の港から約200m西方では*Yaadia japonica*, *Glycymeris amakusensis*, *Loxo japonica*等が産出する(図2; Loc. 0303)。本ユニット下部の中粒~極粗粒砂岩層は厚さ約20mでトラフ型斜交層理が発達する。さらに上位には厚さ約20mで淘汰のよい黒色泥岩が分布し、ハンモック状斜交層理が発達する厚さ0.3~1.5mの細粒~中粒砂岩層を挟む。この黒色泥岩からは*Mesochione trigonalis*や*Corbula ushibukensis*などの二枚貝化石が産出する(図2; Loc. 0304)。U-IIaの上部は層厚85m以上でトラフ型斜交層理が発達する細粒~極粗粒砂岩層を主体とし、一部に碎屑岩、チャート、カキ化石などの細~小礫がレンズ状もしくは層状に挟まれる。また、暗灰色や暗黄色を呈する生物攪乱の著しい不淘汰な泥岩~細粒砂岩層がしばしば挟在し、これらには*Corbula*

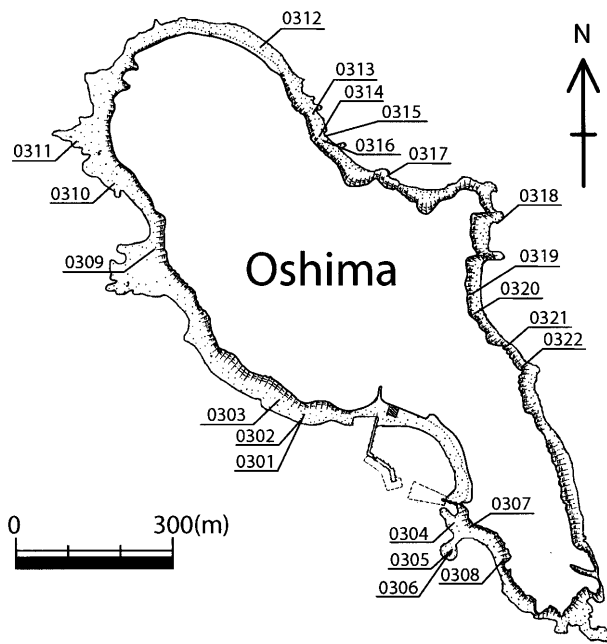


図2. 露頭位置図.

*ushibukensis*の密集層が含まれる。さらに、U-IIa上部は岩相および層厚が側方変化に富む特徴もある。

### 堆積相と堆積環境

大島に分布する姫浦層群について、100分の1スケールの柱状図を作成し、その岩相、粒度、堆積構造、古流向、産出化石などの詳細な観察にもとづいて堆積相解析をおこなった。その結果、堆積相1～7(図3, 4)が識別された。

#### 堆積相1

##### 1. 特徴

堆積相1は、砂質泥岩や泥質で生物攪乱の発達した極細粒～細粒砂岩よりなる。炭質物が多く含まれ、マガキの仲間である *Crassostrea* sp. や *Corbula ushibukensis* などの二枚貝化石、および *Thalassinoides* isp. などの生痕化石を豊富に産出する(図2; Loc. 0305)。生物攪乱を受けていない部分では、淘汰の悪い塊状泥岩(シルト岩)と極細粒～細粒砂岩がレンズ状～波状層理(lenticular-wavy bedding)をなしている。これらの砂岩層もしくは砂岩葉理には、しばしばカレントリップルや複合流リップル葉理(Harms, 1969; Yokokawa, 1995)が観察される。複合流リップル葉理は、リップル部の縦断面の形状が対称もしくは非対称であり、峰の頂部は丸みを帯びている。カレントリップルや複合流リップル葉理の前置面は、北東と南西の二方向の古流向を示すものが卓越するが、南東方向を示すこともある。堆積相1は堆積相2～4を伴う。

##### 2. 堆積環境

堆積相1は、潮上帯下部から潮間帯中部の干潟の堆積物

と考えられる。レンズ状～波状層理に含まれるカレントリップルや複合流リップルが示す二方向の古流向は、潮汐流の上げ潮と下げ潮の影響を示唆しており、複合流リップルは潮汐流と波浪の営力によって形成されたと考えられる。また、生物攪乱の発達が顕著であり、多量の炭質物や有機物に富むことは、干潟の底生生物活動が盛んであったことを示す。なお、西海岸南部で観察される炭質物や材、植物片を著しく多く含む堆積物は、潮上帯付近や干潟周辺の湿地で堆積した可能性がある(図2; Loc. 0305)。

#### 堆積相2

##### 1. 特徴

堆積相2は、堆積相1と同じく泥質で塊状の極細粒～細粒砂岩が主体であるが、堆積相1に比べてより砂質である。堆積相1と同じく顕著な生物攪乱が観察され、*Crassostrea* sp. のコロニーや *Corbula ushibukensis* などの二枚貝化石、*Thalassinoides* isp. などの生痕化石を含む。生物攪乱の影響が認められない層では、平行葉理やフレーザー層理が観察され、砂岩薄層にはカレントリップルを形成する低角の斜交葉理が見られる。堆積相2は堆積相1, 3, 4に伴って分布するが堆積相1からは漸移的に変化する。

##### 2. 堆積環境

堆積相2は、泥質潮汐干潟の堆積物(堆積相1)から漸移的に変化する。潮間帯下部の干潟から潮下帯の堆積物で普通に見られる平行葉理やフレーザー層理を伴うことから、潮間帯下部の干潟から潮下帯で形成されたと考えられる。また、生物攪乱の発達は干潟での活発な生物活動を示す。なお、マガキの仲間である *Crassostrea* 属の生態は、白亜紀においても現生種とほぼ同じである事が知られている(Komatsu et al., 2002; 小松, 2004)。従って自生産状である *Crassostrea* sp. のコロニーの産出は、堆積相2が汽水環境下の堆積物であることを示し、干潟周辺には淡水の流入があったことが伺える。

#### 堆積相3

##### 1. 特徴

堆積相3は、平板状斜交層理やトラフ型斜交層理が発達する中粒～極粗粒砂岩や礫質砂岩からなり、砂岩の淘汰は比較的悪い。基底面には明瞭な侵食面が観察され、左右非対称な下に凸の形状を示すか層理面とほぼ平行である。この基底面にはしばしばフルートキャストが観察され、東海岸のLoc. 0322では南西から北東への古流向を示す。これらの侵食面は淘汰の悪い細粒～小礫質砂岩で覆われ、砕屑岩やチャートの亜角礫～円礫、角礫～亜角礫の同時侵食礫、カキ化石の破片などを含む。なお、これらの侵食面を埋める粗粒堆積物は上方に細粒化する厚さ2～3.5 mのユニットを形成する。堆積相3は一般に、堆積相1や2の上位に重なり、再び堆積相1, 2によって覆われる。

Facies	Lithology	Sedimentary structures	Fossils	Environments	
1	Dark grey poorly-sorted sandy mudstone Very fine-fine sandstone with fragments of coaly plants	Lenticular bedding Combined flow ripple lamination Bimodal current ripple lamination Bioturbation	<i>Crassostrea</i> <i>Corbula</i> <i>Mesochione</i>	Supratidal - intertidal (Mud flat)	Tide-dominated environments
2	Poorly-sorted muddy very fine-fine sandstone	Flaser bedding Current ripple lamination Bioturbation	<i>Corbula</i> <i>Crassostrea</i>	Intertidal - subtidal (Sand flat)	
3	Medium-very coarse sandstone Poorly-sorted gravelly sandstone	Trough & planar cross-stratification Flute casts Channel	<i>Crassostrea</i>	Intertidal - subtidal (Tidal channel)	
4	Medium- coarse sandstone with mud drapes	Cross-stratification with reactivation surfaces Tidal bundle		Subtidal	
5	Black sandy mudstone with fragments of coaly plants Fine-medium sandstone	Hummocky cross-stratification Bioturbation	" <i>Ostrea</i> " sp. <i>Septifer</i> <i>Leptosolen</i>	Bay	Wave-dominated environments
6	Fine-very coarse sandstone	Hummocky & trough cross-stratification Bioturbation	Ammonites <i>Glycymeris</i> <i>Loxo</i> <i>Yaadia</i>	Shoreface	
7	Dark grey sandy mudstone Fine sandstone	Hummocky cross-stratification Bioturbation	Ammonites <i>Inoceramus</i> <i>Sphenoceramus</i> <i>Nanonavis</i>	Inner shelf	

図3. 堆積相の区分と推定された堆積環境および産出化石. 柱状図の凡例は図4を参照.

## 2. 堆積環境

堆積相3に認められる下に凸の形状を示す侵食面や同時侵食礫は、チャネルの侵食面に特徴的であり、平板状斜交層理やトラフ型斜交層理が発達する砂岩はチャネルを充填する堆積物である。さらに堆積相3は潮汐干潟の堆積物である堆積相1や堆積相2の上位に重なり、再び堆積相1, 2によって覆われることから、潮間帯～潮下帯付近の潮汐流路の堆積物であろう。しかし、東海岸中部のLoc. 0321, 0322 付近で上方細粒化を示すチャネル充填堆積物は、フルートキャストをとめない、干潟の堆積物と比べて著しく淘汰の悪い亜角礫岩で構成される。そのため干潟を縦断する河川の流路が分布していた可能性も考えられる。

## 堆積相4

### 1. 特徴

堆積相4は、斜交層理が発達した厚さ30～60cmの中粒～粗粒砂岩層で特徴づけられる。これらの斜交層理の前置面には、厚さ2～5mm程度の泥岩の薄層 (mud drape) が頻りに観察され、比較的密な部分と疎な部分が繰り返す (図5A)。泥岩薄層は前置面を形成する砂岩薄層を挟んで2枚セットになっている層も見られるが、脱水作用もしくは圧密によってフレーク状に変形している部分が多い (図5B)。また、これらの砂岩層には、しばしば明瞭な再活動面 (Nio and Yang, 1989) が観察され (図2; Loc. 0319), いくつかの露頭では再活動面を挟んで斜交層理の前置面の傾斜方向が変化し、北東傾斜と南東傾斜の層とが重なり合

う場合もある (図2; Loc. 0307)。また、これらの砂岩層の上面は幅10m以上の緩やかな上に凸の起伏を示し、その上位には波長3～5mのデューンが発達するが、生物攪乱によってこれらの構造は破壊されている場合が多い。堆積相4はしばしば堆積相1や堆積相2の上位に重なるが、堆積相4から堆積相2に側方変化する露頭も認められる。

### 2. 堆積環境

斜交層理の前置面に泥岩の薄層 (mud drape) を伴う砂岩層は、タイダルバンドル (tidal bundle) の特徴を示す。泥岩の薄層は満潮時と干潮時の水流の停滞期に水中に浮遊していた泥粒子が沈降して、前置面の上面が覆われることで形成され、タイダルバンドル本体は、一般に潮汐作用の大きい潮下帯で砂州やサンドウェーブなどの形成に伴って発達する (Nio and Yang, 1989)。また、これらのタイダルバンドルに伴う再活動面は、潮流の変化によって形成されたと考えられ、再活動面の直上や直下の古流向は上げ潮流や下げ潮流を反映している可能性が高い (Nio and Yang, 1989; Reading and Collinson, 1996)。タイダルバンドル上位のデューンは砂州本体の形成後に定常的な流れによって作られたのであろう。

## 堆積相5

### 1. 特徴

堆積相5は、厚さ1.5～2mの砂質泥岩層と、ハンモック状斜交層理 (HCS) が発達する厚さ0.3～2mの細粒～中粒砂岩

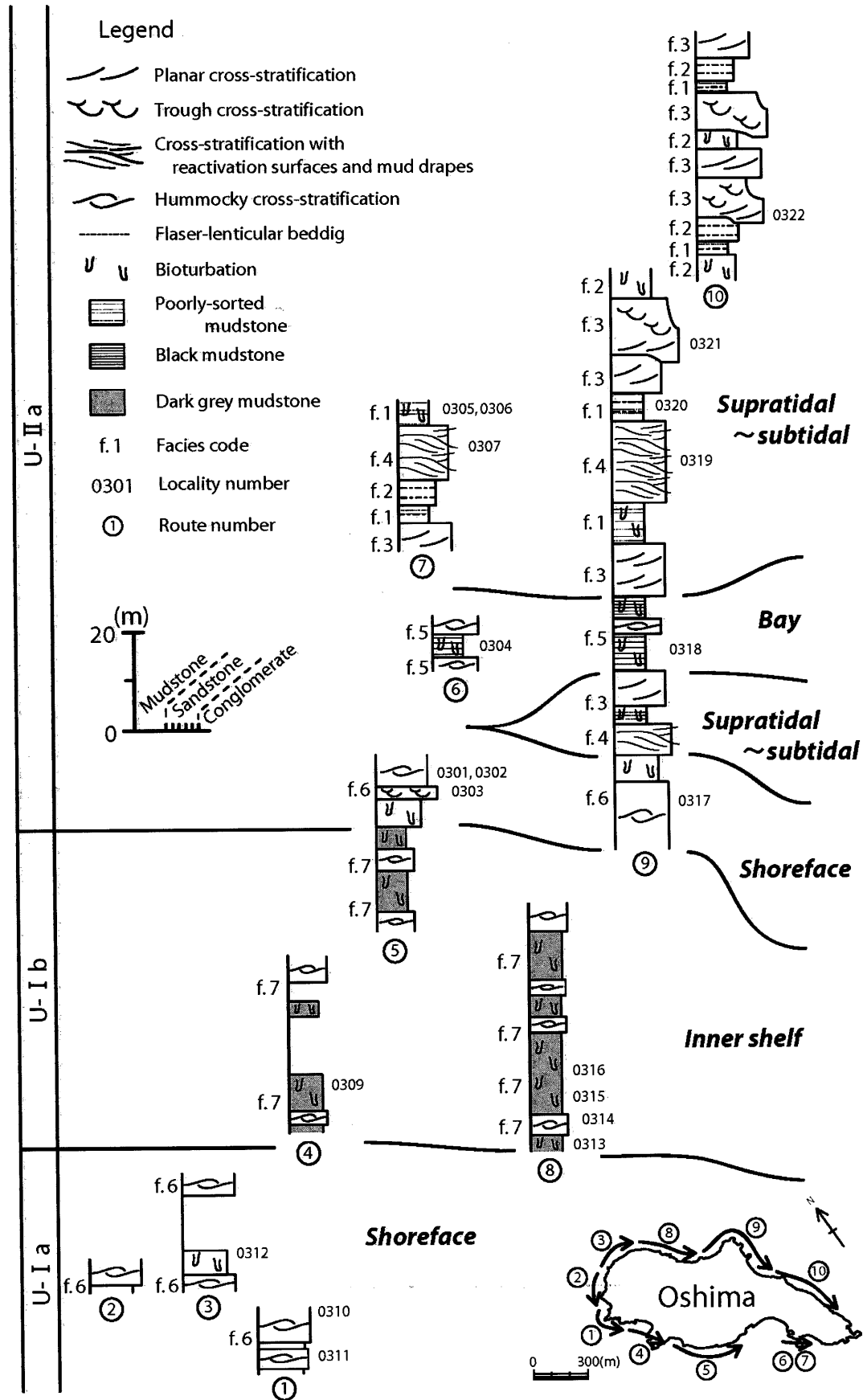


図4. 姫浦層群の柱状図. 露頭番号は図2, 堆積相区分は図3をそれぞれ参照.

特集：干潟の自然、その過去と現在



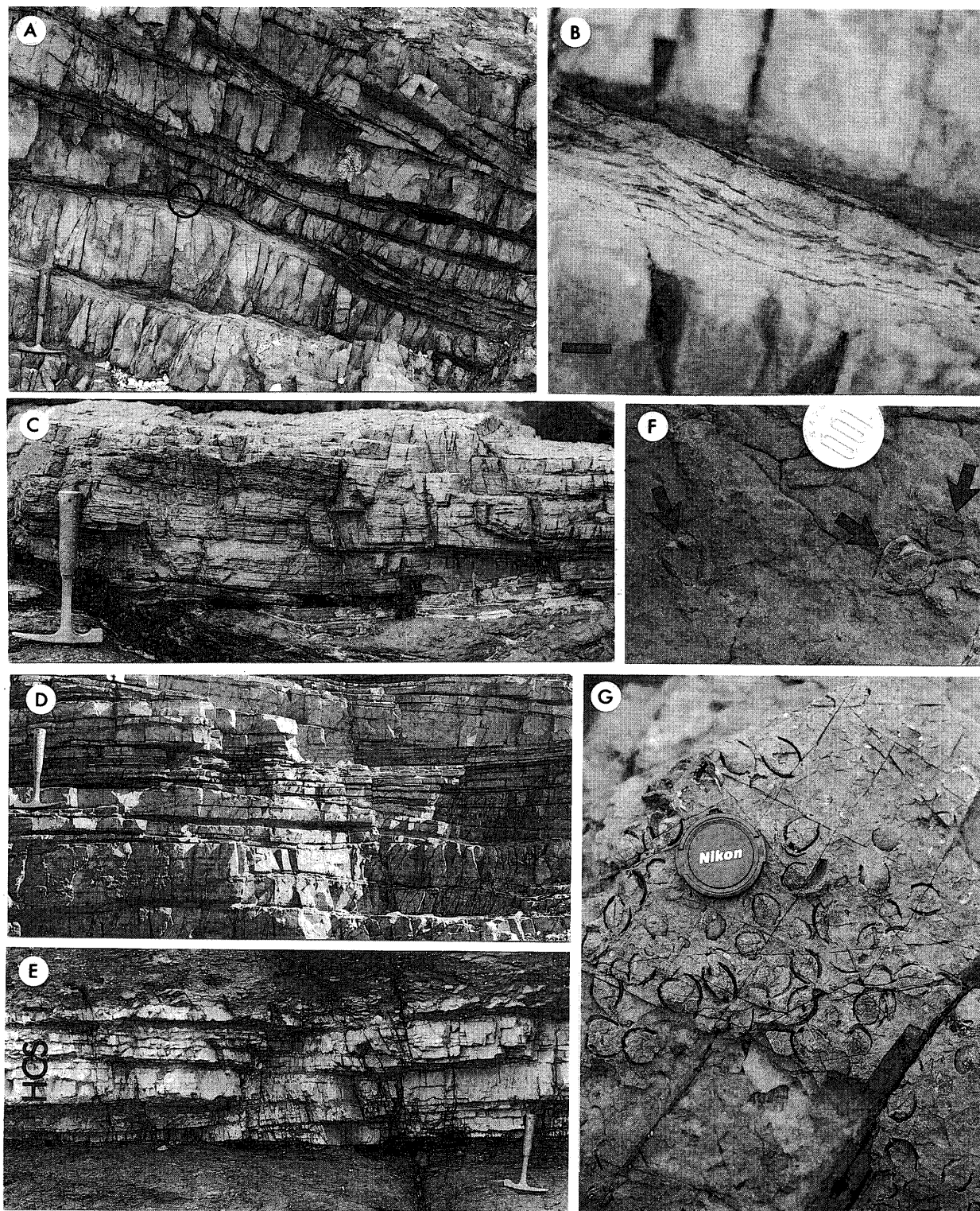


図5. A: タイダルバンドルを伴う斜交層理が発達する砂岩層(堆積相4, 図2; Loc. 0307). B: タイダルバンドル中の泥岩の薄層(mud drape). Aの黒円で囲った部分を拡大して撮影したもので, スケールバーは2cm. C: ハンモック状斜交層理が発達する砂岩層(堆積相5, 図2; Loc. 0304). D: ハンモック状斜交層理が発達する砂岩層(堆積相6, 図2; Loc. 0301). E: 暗灰色泥岩層とハンモック状斜交層理(HCS)が発達する砂岩層の互層(堆積相7, 図2; Loc. 0315). F: *Mesochione trigonalis*(黒色の矢印で示す)の産状. 層理面を撮影したもので(堆積相1, 図2; Loc. 0305). G: 生物攪乱を受けた砂岩層にパッチ状に密集する *Glycymeris amakusensis* の産状. 層理面を撮影したもので, 貝殻は溶脱されモールドとして観察される(堆積相6, 図2; Loc. 0302).

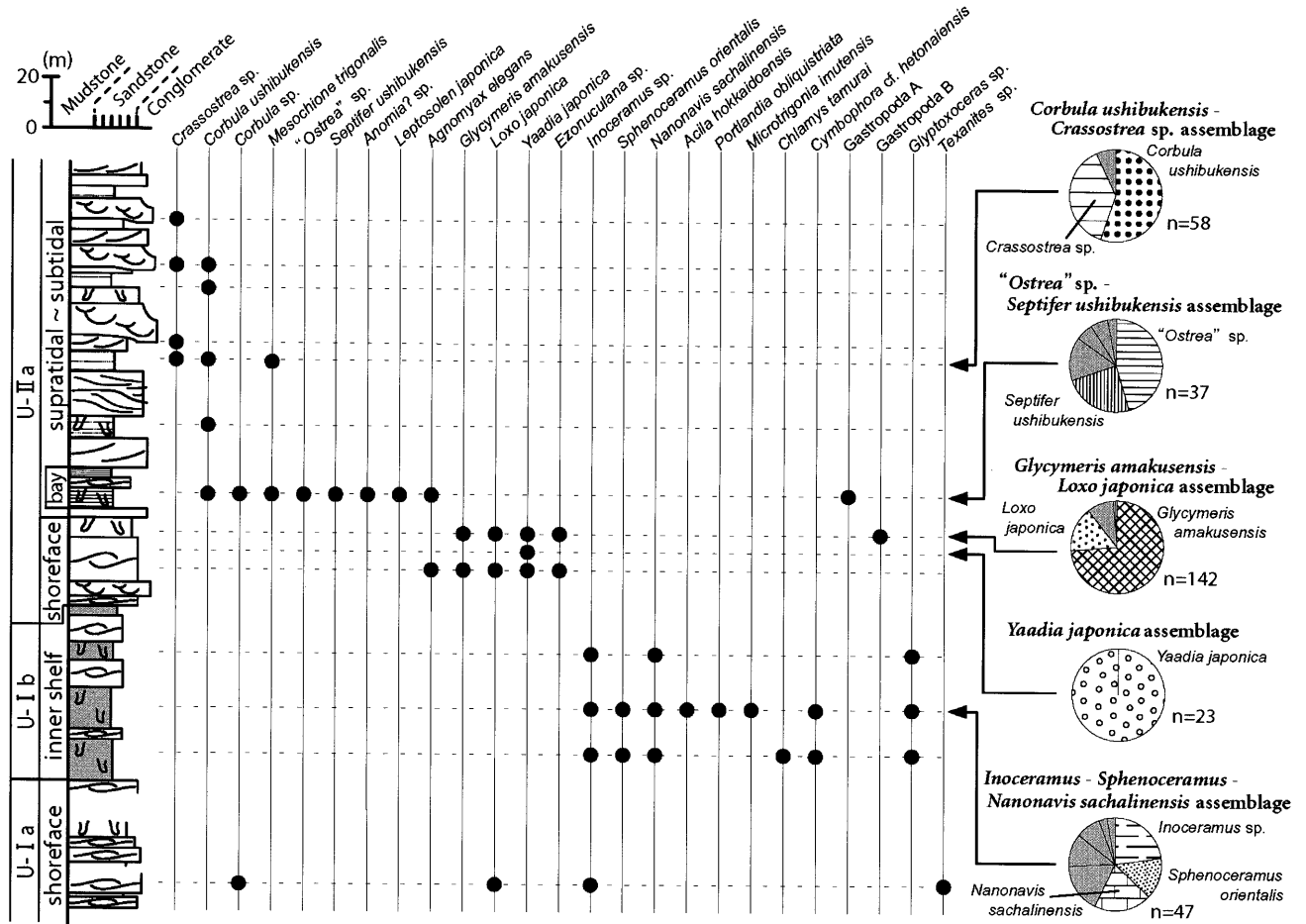


図6. 姫浦層群の総合柱状図および産出化石. 黒丸は産出層準を表す. 右の円グラフは化石群ごとの産出個体数と構成比を表す.

層 (図5 C) との互層からなる (図2; Locs. 0304, 0318). 泥岩は黒色で生物攪乱が認められ, 多量の炭化植物片や直径5~10cmの石灰質ノジュールを含む. HCS砂岩層の最上部の堆積構造は, 生物攪乱によって破壊されており見かけ上は塊状である. 砂質泥岩層には, 厚さ約20cmの貝殻密集層が挟まれ, イタボガキ科の "Ostrea" sp. などが含まれる. また, 泥岩中には生痕化石の *Thalassinoides* isp. が頻繁に観察される. 堆積相5はU-IIaの下部付近に優勢で, 層厚は約20mにおよび, 堆積相3の上位に重なり, 堆積相2や3の下位に位置する.

### 2. 堆積環境

ハンモック状斜交層理は, 暴風時の振動流や密度流によって形成され (Dott and Bourgeois, 1982), その上位に重なる生物攪乱の発達した泥岩は, 静穏時に浮遊している泥が堆積した後, 底生動物の活動によって攪乱が進んだと考えられる. HCS砂岩は外浜や内側陸棚の平穏時波浪作用限界深度と暴風時波浪作用限界深度の間で保存されると考えられるが, 比較的規模の大きい湖沼や内湾など静穏時の波浪の影響を受けにくい環境では, より浅い場所でも暴風時に形成された堆積構造が破壊されずに保存されることが知られている (Walker and Plint, 1992; 増田, 2001). 堆積相5は潮汐干潟の堆積物 (堆積相2) や潮汐流路の堆積物

(堆積相3) を伴う事から, 周辺に干潟が発達するエスチャリーやラグーンのような内湾的な環境を示すだろう.

### 堆積相6

#### 1. 特徴

堆積相6は, ハンモック状斜交層理 (HCS) や低角の斜交層理が発達する細粒~中粒砂岩を主とし, トラフ型斜交層理が発達する中粒~極粗粒砂岩を伴う. HCS砂岩層の厚さは1~5mであり, しばしばHCS砂岩層同士が癒着した特徴を示す (図2; Loc. 0301, 図5 D). 侵食面上は中粒~粗粒砂岩が優勢で, 良く円磨された細礫や貝殻片を伴う. また, Loc. 0303では, 侵食面上に厚さ5~15cmの貝殻密集層が発達する. HCSの葉理や侵食面の形態は, Cheel and Leckie (1993) の Isotropic HCS (等方性HCS; 増田, 2001) と一致する. なお, HCS砂岩層の上部付近は生物攪乱の発達によって塊状であり, このような砂岩からアンモナイトの *Texanites* sp. が産出する (図2; Loc. 0311). 堆積相6は内側陸棚の堆積物である堆積相7の上位に重なり, 堆積相3の下位に分布する.

#### 2. 堆積環境

ハンモック状斜交層理は, 暴風時の振動流や密度流に

特集「干潟の自然、その過去と現在」

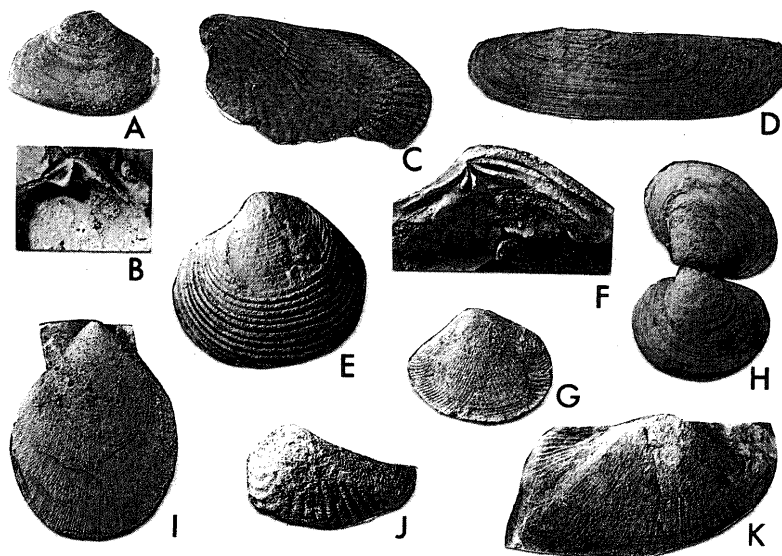


図7. 大島の姫浦層群から産出する二枚貝化石. A: *Corbula (Bicorbula) ushibukensis* Tashiro and Otsuka. Right valve,  $\times 1.25$  (図2; Loc. 0320). B: *Corbula (Bicorbula) ushibukensis* Tashiro and Otsuka. Right internal cast,  $\times 1.25$  (図2; Loc. 0320). C: *Septifer ushibukensis* Tashiro. Left external cast,  $\times 1.5$  (図2; Loc. 0304). D: *Leptosolen japonica* Ichikawa and Maeda. Left valve,  $\times 2.0$  (図2; Loc. 0304). E: *Loxo japonica* (Amano). Left external cast (KE2203),  $\times 1.0$ ; Loc. O3 (Tashiro, 1976). F: *Loxo japonica* (Amano). Right internal cast,  $\times 1.0$  (図2; Loc. 0302). G: *Acila (Truncasila) hokkaidoensis* (Nagao). Left valve,  $\times 1.5$  (図2; Loc. 0309). H: *Cymbophora* cf. *hetonaiensis* (Nagao and Otatsume). Gaping articulated valves (butterfly position),  $\times 1.0$  (図2; Loc. 0309). I: *Chlamys tamurai* Tashiro. Left external cast,  $\times 1.5$  (図2; Loc. 0315). J: *Microtrigonia imutensis* Tashiro. Left valve,  $\times 1.5$  (図2; Loc. 0309). K: *Nanonavis sachalinensis* (Schmidt). Right valve,  $\times 1.0$  (図2; Loc. 0309).

よって形成され、平穏時波浪作用限界深度と暴風時波浪作用限界深度の間で保存されるが (Dott and Bourgeois, 1982; Walker and Plint, 1992), 堆積相6のHCSは、平穏時に堆積する泥岩が認められないため、外浜環境下で堆積したと考えられる。

## 堆積相7

### 1. 特徴

堆積相7は、暗灰色泥岩を主体とし、ハンモック状斜交層理 (HCS) が発達する厚さ0.1~1.5mの細粒砂岩を挟む (図2; Loc. 0314, 図5 E)。泥岩はやや砂質で生物攪乱が発達する。U-Ibの主体であるLocs. 0309, 0315の泥岩層は厚さ約15mにおよぶ。この泥岩層中には、直径5~20cm, 厚さ3~5cm程の円盤~球状をなす石灰質ノジュールが多数含まれる。東海岸南部のLoc. 0313ではアンモナイトやオウムガイの化石が産出し、Loc. 0316ではウニの化石の密集部がパッチ状に認められる。堆積相7はU-Ibに特徴的で、層厚は約60mにおよび、堆積相6の上位に重なり、再び堆積相6で覆われる。

### 2. 堆積環境

暗灰色泥岩を主体とする堆積相7は、静穏時には浮遊泥が堆積し、暴風時にHCS砂が堆積する環境が考えられ、暴

風時波浪作用限界深度よりやや浅い内側陸棚環境が推定される。なお、堆積相7は堆積相5と岩相的な特徴は似ているが、植物片や炭質物が比較的少なく、堆積相7からは頭足類や棘皮動物などの海生生物の化石のみが産出する点で堆積相5とは異なる。

## 産出化石および化石群

大島に分布する姫浦層群には、二枚貝を主体として多くの軟体動物化石が産出し、これらの群集構成や化石の産状、保存状態は堆積相ごとに異なっており、5種類の化石群に区分される (図6)。内側陸棚の堆積物が卓越する堆積相7では *Inoceramus - Sphenoceramus - Nanonavis sachalinensis* 化石群、外浜堆積物が卓越する堆積相6では *Glycymeris amakusensis - Loxo japonica* 化石群と *Yaadia japonica* 化石群、内湾的な堆積物が卓越する堆積相5では “*Ostrea*” sp. - *Septifer ushibukensis* 化石群、干潟周辺の堆積物が卓越する堆積相1~4では *Corbula ushibukensis - Crassostrea* sp. 化石群が識別された。

なお、二枚貝化石の多くは殻が溶解しているため、シリコンゴムで型標本を作成して観察をおこない、産出個体数を数える際には、殻頂部が保存されている個体で殻サイズが5mm以上のものを対象とした。なお、化石群の構成は、



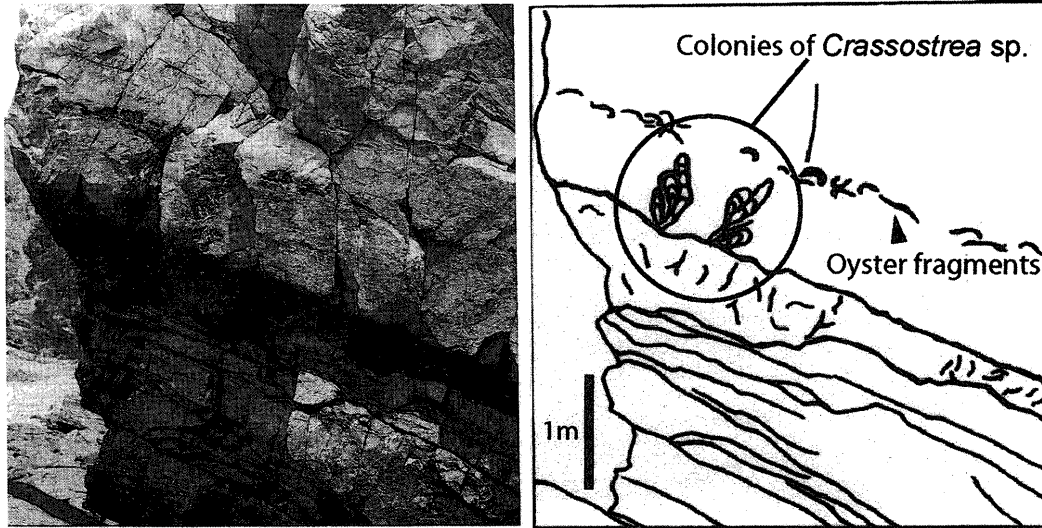


図8. カキのコロニーが観察される露頭(図2; Loc. 0306).

露頭において層厚約30cmの部分から採取した個体数にもとづいて求められ、各層準における総産出数の過半数を占める種(単一もしくは複数)で化石群を代表させた(図6)。

#### *Corbula ushibukensis* - *Crassostrea* sp. 化石群(潮汐干潟～潮汐流路)

##### 1. 構成

*Corbula ushibukensis* - *Crassostrea* sp. 化石群は、*Corbula ushibukensis*と*Crassostrea* sp., *Mesochione trigonalis*からなる。*Corbula ushibukensis*と*Crassostrea* sp. によって化石群の構成の8割以上が占められるが(図6)、それぞれが単一種からなる含化石層や貝殻密集層を形成する場合が多い。

##### 2. 産状

*Corbula ushibukensis* - *Crassostrea* sp. 化石群は、潮汐干潟や潮汐流路の堆積物(堆積相1～3)から産出する。この化石群は、フレーザー～レンズ状層理の層理面上や生物攪乱の発達した砂岩や泥岩中で貝殻密集層を形成するか、生物攪乱の発達した砂岩や泥岩中で自生産状を保持して散在的に産出する。貝殻密集層は*Corbula ushibukensis*のみの離弁個体からなり、側方への連続性は悪く厚さは0～5cmと変化する。殻の保存状態は悪く、殻表面の成長線が磨耗されているものや、破片殻が多い。また、離弁殻は凸面を上に向けて配列していることも特徴的で、貝殻支持の密集層はそれらが重なり合って形成されている。

自生産状は特に*Crassostrea* sp. や*Mesochione trigonalis*に認められる。西海岸南部であるLoc. 0306の砂質干潟堆積物では、長さ90cm以上の*Crassostrea* sp. の合弁個体が横倒しのカキ殻を基礎にしてブーケ状のコロニーを形成しており、同層準で数株が観察された(図8)。*Mesochione trigonalis*は、産出量は非常に少ないものの、合弁殻の接合面が層理面に対して垂直な状態で殻の後背部から殻頂部を上方に向けている個体が潮汐干潟堆積物中で観察される(図2; Loc.

0305, 図5F;)。*Corbula ushibukensis*は必ずしも自生産状を示さないものの、堆積相1の泥質な潮汐干潟堆積物中で合弁殻が散在的に含まれる層準が比較的多く観察された(図2; Loc. 0320)。

#### “*Ostrea*” sp. - *Septifer ushibukensis* 化石群(内湾)

##### 1. 構成

“*Ostrea*” sp. 化石群は“*Ostrea*” sp., *Septifer ushibukensis*, *Agnomyax elegans*, *Anomia?* sp., *Leptosolen japonica*, *Corbula* sp. からなり“*Ostrea*” sp. と*Septifer ushibukensis*が最も優勢である(図6)。

##### 2. 産状

“*Ostrea*” sp. - *Septifer ushibukensis* 化石群は、生物攪乱が発達する内湾の堆積物(堆積相5)から産出し、貝殻密集層を形成する。この密集層は厚さ約20cmで貝殻支持であり、多量の炭化植物片を伴う。一般的に化石の保存状態は良いが、“*Ostrea*” sp. は表面が磨耗した破片殻や殻の縁辺が欠けた個体が多い。他の二枚貝は殻の凸面を上に向けている離弁殻が多いが開殻の合弁個体(butterfly position)も稀に認められる。なお、*Septifer ushibukensis*や*Agnomyax elegans*などは、圧密の影響で殻がつぶれているものの、放射状の肋や成長線は良く保存され、殻表面の装飾や殻縁辺部の保存状態は良く“*Ostrea*” sp. の保存状態とは対称的である。

#### *Glycymeris amakusensis* - *Loxo japonica* 化石群(外浜)

##### 1. 構成

*Glycymeris amakusensis* - *Loxo japonica* 化石群は*Glycymeris amakusensis*, *Loxo japonica*, *Agnomyax elegans*, *Ezonuculana* sp., *Yaadia japonica*と少量の所属不明の巻貝によって構成される。*Glycymeris amakusensis*と*Loxo japonica*が最も卓越しており、Loc. 0303の貝殻密集層では、これら

化石76号

熊谷太郎・小松俊文

の2種類でこの層準からの産出量の80%以上を占める(図6)。なお、Loc. 0302では*Glycymeris amakusensis*のみの産出となり、層理面200cm<sup>2</sup>あたりに65個体が数えられた。

## 2. 産状

*Glycymeris amakusensis* - *Loxo japonica*化石群は、主に外浜堆積物(堆積相6)から産出し、Locs. 0302, 0303, 0317で特徴的に観察される。この化石群の産状は、主に2つのタイプが識別され、HCS砂岩の基底部に貝殻密集層を形成するか、生物攪乱の発達した砂岩中で散在的もしくはパッチ状の貝殻レンズを形成する。HCS砂岩の基底部に見られる貝殻密集層は厚さ5~15cmで、ほとんどが離弁殻や破片殻からなり、HCS砂岩層のラグ堆積物として保存されている。殻の保存は悪く、多くの個体は成長線や肋、殻の縁辺部が磨耗している。これらの貝殻は一般的に貝殻支持の状態で配列している。

その一方で生物攪乱の発達した砂岩には、*Glycymeris amakusensis*や*Loxo japonica*の合弁殻が散在的に含まれており、殻の保存は良く、殻表面の細かい装飾も残されている。これらの合弁殻には接合面が層理面に対して垂直でかつ殻後背部を上方に向けている現地生産状の個体も多数観察された。また、現地生の*Glycymeris amakusensis*と*Loxo japonica*がパッチ状に密集して産出する層準もある(図5G)。なお、Loc. 0302では、*Glycymeris amakusensis*が層理面200cm<sup>2</sup>あたりに65個体認められ、そのうち56個体が合弁殻である。しかし、現地生産状の個体は少なく、多くは殻頂部を下に向けた状態で保存されている。同様の産状を示す*Glycymeris amakusensis*が堆積相7の砂質泥岩中(図2; Loc. 0314)でも観察され、400cm<sup>2</sup>あたりに12個体が合弁殻で殻頂部を下に向けた状態で保存されている。

## *Yaadia japonica*化石群(外浜)

### 1. 構成

*Yaadia japonica*化石群は*Yaadia japonica*のみからなり、他の化石を伴わない(図6)。

### 2. 産状

*Yaadia japonica*化石群は、外浜堆積物(堆積相6)から産出し、*Glycymeris amakusensis* - *Loxo japonica*化石群を含むHCS砂岩より粗粒な砂岩もしくは礫質砂岩から産出する。産状は*Glycymeris amakusensis* - *Loxo japonica*化石群と似ており、HCS砂岩の基底部にラグ堆積物として厚さ約3~5cmの貝殻密集層を形成するか、生物攪乱を受けた細粒~中粒砂岩層の上面に散在する。貝殻密集層中の個体には合弁殻も多く含まれ、通常は貝殻支持を示し、離弁殻は殻の凸面を上方に向けて配列している。殻の保存は悪く、殻の装飾や縁辺部は磨耗している。また、生物攪乱の発達した細粒~中粒砂岩層の上面では散在的に産出しており、離弁殻と合弁殻の両方が認められるが自生産状を示す個体は観察されない。なお、*Yaadia japonica*は外浜堆積物(堆積相6)

のやや粗粒な砂岩以外からは産出しない。

## *Inoceramus-Sphenoceramus* - *Nanonavis sachalinensis*化石群(内側陸棚)

### 1. 構成

*Inoceramus-Sphenoceramus* - *Nanonavis sachalinensis*化石群は、*Inoceramus* sp., *Sphenoceramus orientalis*, *Nanonavis sachalinensis*, *Acila hokkaidoensis*, *Cymbophora* cf. *hetonaiensis*, *Microtrigonia imutensis*, *Portlandia obliquistriata*, *Chlamys tamurai*等の二枚貝、アンモナイトの*Glyptoxoceras* sp. やオウムガイ等の頭足類、所属不明のウニや巻貝によって構成される。*Inoceramus* sp.や*Sphenoceramus orientalis*, *Nanonavis sachalinensis*が最も卓越する(図6)。

### 2. 産状

*Inoceramus-Sphenoceramus* - *Nanonavis sachalinensis*化石群は内側陸棚堆積物(堆積相7)から産出し、Locs. 0309, 0315で特徴的に観察される。この化石群を構成する二枚貝は生物攪乱が発達した砂質泥岩中から散在的に産出し、一部は石灰質ノジュールに保存されている。二枚貝は離弁殻が多く、層理面に対して水平に配列する。また、少数ではあるが開殻状態の合弁殻(butterfly position)が殻の凸面を上に向けて産出する場合もある。殻の保存は良く、成長線や肋などの殻表面の装飾は残されている。*Inoceramus* 属に関しては、殻の殻頂部および縁辺部が欠損した個体や破片殻も多いが、合弁個体も多数認められる。なお、この化石群から自生産状を示す個体は得られなかったが、これらの化石の多くは内側陸棚堆積物中に限られて産出している。

## 堆積環境の変遷と二枚貝の生息環境

大島の姫浦層群で復元された堆積環境は下位より、外浜→内側陸棚→外浜→潮汐干潟周辺→内湾→潮汐干潟周辺と変化する(図4)。このうち外浜、内側陸棚、内湾環境は波浪が卓越する環境下の堆積物で特徴付けられ、干潟環境は潮汐流の影響を強く受けている(図3)。

U-Iaの外浜堆積物は、暴風時の堆積物であるHCS砂岩からなり、その上位には内側陸棚堆積物が重なる。内側陸棚堆積物からは、同相的(indigenous)な産状を示す二枚貝化石からなる*Inoceramus* - *Sphenoceramus* - *Nanonavis sachalinensis*化石群が産出する。なお、この化石群の分布は内側陸棚堆積物に限定されており、少なくとも生息環境として内側陸棚が考えられるが、これより深い環境にも生息していた可能性が高い。

内側陸棚堆積物の上位には、U-IIa最下部の外浜堆積物が重なり、この堆積物からは*Glycymeris amakusensis* - *Loxo japonica*化石群、*Yaadia japonica*化石群が識別され、*Glycymeris amakusensis*や*Loxo japonica*は自生産状を示す(図5G)。また、*Yaadia japonica*は自生産状を示さないが、外浜堆積物のごく限られた層準のみから産出し、保存状態

も良いため外浜環境で生息していたことが伺える。

これらの波浪堆積物に累重する潮汐干潟周辺の堆積物は、タイダルバンドルを伴う斜交層理が発達する砂岩、複合流リップルやカレントリップルの発達する砂岩や泥岩、生物攪乱の発達した砂質泥岩であり、主に潮下帯～潮間帯の堆積環境を示す。潮汐干潟の堆積物からは、*Corbula ushibukensis* - *Crassostrea* sp. 化石群が認識され、*Crassostrea* sp. や *Mesochione trigonalis* が生息姿勢を保持して産出する (図5F, 図8)。なお、*Corbula ushibukensis* は必ずしも自生産状を示さないが、合弁個体が散在して産出する層準が多数認められ、これは極めて現地性に近いと思われる。

これら潮汐堆積物は、HCS砂岩を伴う内湾成堆積物で覆われる。この堆積物には“*Ostrea*” sp. - *Septifer ushibukensis* 化石群が認められ、同相的な産状を示す *Septifer ushibukensis* や *Agnomyax elegans* などが含まれる。

内湾成堆積物の上位には、大島の姫浦層群最上部を構成する潮汐干潟周辺の堆積物が重なる。この堆積物は、潮上帯～潮間帯の炭質物に富む不淘汰な泥岩や砂岩、生物攪乱の発達した砂質泥岩、潮間帯～潮下帯の流路を充填する砂岩やタイダルバンドルが発達する砂岩からなり、これらが様々な厚さで不規則に繰り返し累重している (図4)。また、これらの潮汐干潟堆積物からは、自生産状や同相的な産状を示す二枚貝を豊富に含む *Corbula ushibukensis* - *Crassostrea* sp. 化石群が認められる。

潮汐卓越型環境を示す堆積物の特徴は、島の東側と西側で若干異なっている。島の東側では砂質な干潟堆積物や砂洲などを形成する潮下帯の堆積物が卓越するのに対して、西側では泥質な潮上帯下部～潮間帯の干潟堆積物が優勢である。また、河川の影響下で堆積したと考えられ、潮汐干潟や潮下帯に発達する流路を埋積する堆積物に観察されるフルートキャストは、南西から北東への古流向を示す。従って、姫浦層群堆積時の碎屑物の供給源は南西側にあったことが予想される。

また、化石の構成も島の東西で若干異なっており、東側では *Corbula ushibukensis* が卓越しており、この種のみで構成される貝殻密集層が頻りに挟まれる。*Crassostrea* sp. の産出量も東側で多い。これに対して *Mesochione trigonalis* は、島の東側では産出が認められない。Tashiro (1976) と Kozai (1989) は天草諸島下島の大江や軍ヶ浦地域に分布する姫浦層群のU-IIaとU-IIIaから *Corbula ushibukensis* を報告し、同地域においてTashiro (1976) は *Mesochione trigonalis* がU-IIaでは産出していないことを示している。この地域の堆積環境については、これまで検討されていないが、大江や軍ヶ浦地域では、時間的なずれによる出現時期の違いだけでなく、U-IIaとU-IIIaの堆積環境が若干異なっていたため、U-IIaから *Mesochione trigonalis* が産出しなかった可能性があるだろう。

### 白亜紀後期二枚貝の環境指標としての有効性

白亜紀後期カンパニアン期の地層や大島の姫浦層群と類

似した二枚貝化石を産出する地層は、日本各地に広く分布する (田代, 1993, 1994)。しかし、これらの地域では露頭状態が悪いため、堆積環境やタフオノミーの検討が困難な場合が多い。例えば、岩手県岩泉地域には上部白亜系沢廻層が分布する。加瀬ほか (1984) は、沢廻層の地質時代について議論し、産出するアンモナイトやイノセラムスなどが示す時代から、少なくとも下部層の地質時代はサントニアン期中部～カンパニアン期であるとしている。沢廻層から産出する *Protexanites fukazawai* や *Sphenoceramus orientalis* などは姫浦層群との共通種であり、他の二枚貝化石も共通種であるものが多い。下部層下部に相当する暗灰緑色塊状中粒砂岩に含まれるノジュールからは、*Sphenoceramus orientalis nagaoui* や *Leptosolen japonica* などの二枚貝化石が報告されている (加瀬ほか, 1984)。本研究結果では、*Sphenoceramus orientalis* の生息域は内側陸棚もしくはそれ以深であり、一方 *Leptosolen japonica* は汽水生二枚貝と共に内湾成堆積物のみから産出している。加瀬ほか (1984) では化石の産状が詳しく記載されていないため断定はできないが、化石化の過程で内湾から内側陸棚の堆積物が混在して堆積した可能性が考えられる。

田代 (1994) は、愛媛県宇和島地方に分布する上部白亜系宇和島層群から、*Loxo japonica* や *Glycymeris japonica* などを報告している。大島に分布する姫浦層群では、*Loxo japonica* の生息域は外浜に限定されるため、宇和島層群には外浜堆積物が含まれているか、外浜環境からこれらの化石が運搬されたことが伺える。また、宇和島層群上部亜層群からは、*Sphenoceramus orientalis nagaoui* や *Nanonavis sachalinensis* などの二枚貝化石が頁岩より産出する (棚部, 1972)。利光ほか (1995) によると、*Sphenoceramus orientalis* は白亜紀後期カンパニアン期を示すとされる。これらが産出する宇和島層群上部亜層群には、タービダイトやスランプ堆積物が卓越することから (棚部, 1972)、堆積環境として外側陸棚以深が示唆される。*Sphenoceramus orientalis* や *Nanonavis sachalinensis* の産出は、大島の姫浦層群では内側陸棚堆積物に限られるため、宇和島層群に内側陸棚周辺の堆積物が存在する可能性や、あるいは内側陸棚からより深い環境への堆積物の供給が考えられる。いずれにしても、大島の姫浦層群には内側陸棚以深の堆積物が分布しないため、*Sphenoceramus orientalis* や *Nanonavis sachalinensis* の生息域が内側陸棚からどの程度沖合まで広がっていたのかを内側陸棚以深の堆積物が分布する他の地域で検討する必要がある。

本研究では、大島の姫浦層群で産出する白亜紀後期二枚貝の生息域が干潟から内側陸棚まで広範囲の環境にわたって復元された (表1)。ここに復元された白亜紀後期二枚貝の生息域は、他地域における上部白亜系の堆積環境や堆積物の供給源、タフオノミーを考える上で重要な指標となるであろう。従って、露頭状態が悪いため堆積相解析による堆積環境の復元が不可能な地域でも、本研究で復元された白亜紀後期二枚貝の生息域の結果と、観察される産出化

表1. 推定される二枚貝化石の生息環境.

Fossils	Habitats
<i>Corbula ushibukensis</i> , <i>Mesochione trigonalis</i> , <i>Crassostrea</i> sp.	Intertidal
<i>Septifer ushibukensis</i> , <i>Agnomyax elegans</i> , <i>Anomia?</i> sp.	Bay
<i>Glycymeris amakusensis</i> , <i>Loxo japonica</i> , <i>Yaadia japonica</i> , <i>Ezonoculana</i> sp.	Shoreface
<i>Inoceramus</i> sp., <i>Sphenoceramus orientalis</i> , <i>Nanonavis sachalinensis</i> , <i>Cymbophora</i> cf. <i>hetonaiensis</i> , <i>Microtrigonia imutensis</i> , <i>Chlamys tamurai</i> , <i>Glycymeris amakusensis</i>	Inner shelf ~

石の保存状態や産状の情報を総合することで、堆積環境や堆積物の供給源を推定することが可能である。

### まとめ

1. 大島に分布する姫浦層群は、その岩相により、下位からU-Ia, U-Ib, U-IIaの3ユニットに区分される。
2. 調査地域内の姫浦層群は、7つの堆積相に区分される。堆積相1は潮上帯下部～潮間帯上部の泥質干潟、堆積相2は潮間帯中部～潮下帯上部の砂質干潟、堆積相3は潮間帯～潮下帯の流路、堆積相4は潮下帯の砂洲、堆積相5は内湾、堆積相6は外浜、堆積相7は内側陸棚と考えられる。
3. 調査地域内の姫浦層群は、内側陸棚から潮汐干潟周辺の堆積物で構成され、外浜→内側陸棚→外浜→潮汐干潟周辺→内湾→潮汐干潟周辺という堆積環境の変遷を記録しており、HCS砂岩で特徴づけられる波浪卓越型の内側陸棚～外浜の堆積物と潮汐卓越型の沿岸環境が繰り返している。
4. 調査地域内の姫浦層群からは、20属21種の二枚貝類、2属2種のアンモナイトと、若干の巻貝化石が産出し、特徴種や種構成にもとづき5つの化石群が区分された。*Inoceramus-Sphenoceramus* - *Nanonavis sachalinensis* 化石群は暴風時波浪限界付近の内側陸棚堆積物から産出し、*Glycymeris amakusensis* - *Loxo japonica* 化石群と *Yaadia japonica* 化石群は外浜堆積物中に認められる。“*Ostrea*” sp. - *Septifer ushibukensis* 化石群は内湾的な環境、*Corbula ushibukensis* - *Crassostrea* sp. 化石群は潮汐干潟周辺の堆積物から産出する。なお、これらの化石群を代表する特徴的な種は、全て現地性もしくは同相的な産状を示す。

### 謝辞

本研究をおこなうにあたって、熊本大学の豊原富士夫博士からは、姫浦層群の地質について数多くの有益な御意見を頂き、京都大学の前田晴良助教授にはアンモナイトを鑑定して頂いた。査読者である茨城大学の安藤寿男助教授と京都大学の成瀬元博博士からは、建設的な御指摘を頂き、本論を改善することができた。また、野外調査の折には、民宿さつき荘の砂月夫妻に長期にわたってお世話になった。以上の方々に厚く御礼を申し上げる。

### 文献

- Cheel, R. J. and Leckie, D. A., 1993. Hummocky cross-stratification. *Sedimentology Review*, **1**, 103-122.
- Dott, R. H. and Bourgeois, J., 1982. Hummocky cross-stratification: significance of its variable bedding sequences. *Geological Society of America Bulletin*, **93**, 663-680.
- Harms, J. C., 1969. Hydraulic significance of some sand ripples. *Geological Society of America Bulletin*, **80**, 363-396.
- 波多江信広, 1960. 天草下島南半部の地質と地質構造. 鹿児島大学理科報告, **9**, 61-105.
- 加瀬友喜・小島郁生・花井哲郎・川上雄司・柳沢忠昭・照井一明, 1984. 北部北上山地岩泉地溝帯, 沢廻層の時代. 岩手県立博物館研究報告, **2**, 164-177.
- 小松俊文, 2004. 日本の中生代汽水生二枚貝化石群に関する研究の現状—生息域と古生態の復元について—. 化石, (76), 76-89.
- Komatsu, T., Chinzei, K., Zakhera, M. S. and Matsuoka, H., 2002. Jurassic soft-bottom oyster *Crassostrea* from Japan. *Palaeontology*, **45**, 1037-1048.
- Kozai, T., 1989. A study of *Corbula* and *Nipponicorbula* (Bivalvia) from the Cretaceous of Japan. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan*, **153**, 36-47.
- 増田富士雄, 2001. ハンモック状斜交層理とその形成過程. 増田富士雄, 波浪堆積構造, 17-162. 堆積学研究会.
- Miki, T., 1972. Cretaceous-Tertiary unconformity in the western part of Amakusa-shimoshima. *Memoirs of the Faculty of Science of the Kyushu University, Series D, Geology*, **21**, 217-237.
- 長尾 巧, 1922. 天草の地質略報 (一). 地質学雑誌, **29**, 41-56.
- 長尾 巧, 1924. 天草に於ける白亜紀層と古第三紀層の境界に就いて. 地質学雑誌, **31**, 277-288.
- Nagao, T., 1930. On some Cretaceous fossils from the Islands of Amakusa, Kyushu, Japan. *Journal of the Faculty of Science of the Hokkaido Imperial University, Series 4*, **1**, 1-31.
- Nio, S. D. and Yang, C. S., 1989. *Recognition of tidally-influenced facies and environments. Short Course Note Series*, **1**, 230p., International Geoservices BV, Netherlands.
- Reading, H. G. and Collinson J. D., 1996. Clastic coasts. In Reading H. G., ed., *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*, 154-229. Blackwell Science, Oxford.
- 高井保明・佐藤博之, 1982. 魚貫崎及び牛深地域の地質 (阿久根地域の一部を含む). 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 87p., 地質調査所.
- 棚部一成, 1972. 宇和島地方の白亜紀層. 地質学雑誌, **78**, 177-190.
- Tashiro, M., 1976. Bivalve faunas of the Cretaceous Himenoura Group in Kyushu. *Palaeontological Society of Japan, Special Papers*, **19**, 1-102.
- 田代正之, 1993. 日本の白亜紀二枚貝相; Part 1: 秩父帯・“領家帯”の白亜紀二枚貝相について. 高知大学学術研究報告 (自然科学), **42**, 105-155.
- 田代正之, 1994. 日本の白亜紀二枚貝相; Part 2: 四万十帯, 飛騨・三郡帯, 東北・北海道の白亜系. 高知大学学術研究報告 (自然科学), **43**, 1-42.
- 田代正之・野田雅之, 1973. 九州のいわゆる姫浦層群の地質時代. 地質学雑誌, **79**, 465-480.
- 田代正之・大塚雅勇, 1978. 熊本県天草下島の白亜系と古第三系の境界付近の層位学的研究. 高知大学学術研究報告 (自然科学), **27**, 113-136.
- Tashiro, M., Taira, A. and Matsumoto, T., 1980. Biostratigraphy and depositional facies of the Cretaceous-Tertiary boundary strata in Amakusa-Shimoshima, Kyushu, western Japan. *Cretaceous Research*, **1**, 13-26.
- Toshimitsu, S., 1988. Biostratigraphy of the Upper Cretaceous Santonian Stage in northwestern Hokkaido. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series D, Geology*, **26**, 125-192.
- 利光誠一・加納 学・田代正之, 1990. 姫浦層群上部亜層群の化石カキ礁. 化石, (49), 1-12.
- 利光誠一・松本達郎・野田雅之・西田民雄・米谷盛壽郎, 1995. 本邦

- 上部白亜系の大型化石-微化石層序および古地磁気層序の統合に向けて. 地質学雑誌, **101**, 19-29.
- Ueda, Y., 1962. The type Himenoura Group, with palaeontological notes by T. Matsumoto and Y. Ueda. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series D, Geology*, **12**, 129-160.
- Walker, R. G. and Plint, A. G., 1992. Wave and storm-dominated shallow marine systems. In Walker, R. G. and James, N. P., eds., *Facies Models: Response to Sea Level Change*, 219-238. Geological Association of Canada, Stittsville, Ontario.
- 矢部長克, 1900. 天草の白亜紀層は「セノニアン」なるの徴あり. 地質学雑誌, **7**, 277-278.
- 江原眞伍, 1921. 九州の和泉砂岩層. 地質学雑誌, **28**, 389-398.
- Yehara, S., 1923. Cretaceous Trigonidae from south-western Japan. *Japan Journal of Geology and Geography*, **2**, 59-84.
- Yokokawa, M., 1995. Combined-flow ripples: Genetic experiments and applications for geologic records. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series D, Earth and Planetary Sciences*, **29**, 1-38.

(2004年3月30日受付, 2004年6月20日受理)

