

熊本県天草下島の西部に露出する上部白亜系姫浦層群の地質

山口弘幸*・小松俊文**・佐藤道孝**・長谷川四郎**・西 弘嗣***

*株式会社大和地質研究所・**熊本大学大学院自然科学研究科・***北海道大学大学院理学研究院自然史科学部門

Geology of the Upper Cretaceous Himenoura Group in the western part of Amakusa-shimajima Island, Kumamoto, Kyushu, Japan

Hiroyuki Yamaguchi*, Toshifumi Komatsu**, Michitaka Sato**, Shiro Hasegawa** and Hiroshi Nishi***

*Daiwa Geological Laboratory, Inc. 4-20-404 Naka-machi, Fukushima 960-8043, Japan (h-yamaguchi@leo-net.jp); **Graduate school of Science and Technology, Kumamoto University, Kumamoto 860-8555, Japan (komatsu@kumamoto-u.ac.jp, shiro@sci.kumamoto-u.ac.jp); ***Department of Natural History Sciences, Faculty of Sciences, Hokkaido University, Sapporo, 060-0810, Japan (hnishi@mail.sci.hokudai.ac.jp)

Abstract. The Upper Cretaceous Himenoura Group is composed of non-marine to marine fossiliferous clastic deposits, and is widely exposed on Shimajima, Amakusa Islands, western Kyushu, Japan. The Himenoura Group in this area is divided into the Hamasato, Yokohama, Ikusagaura, and Sakitsu Formations in ascending order. These formations are newly defined on the basis of the present study, and the Ikusagaura Formation is subdivided into the Kurosezaki Sandstone and Mudstone, Kotakahama Conglomerate and Sandstone, and Shimo Sandstone and Mudstone Members. The Hamasato and Yokohama Formations consist mainly of mudstone, sandstone, and gravelly sandstone containing abundant shallow marine and brackish-water molluscan fossils. The Ikusagaura and Sakitsu Formations are composed of alternating beds of sandstone and mudstone, thick sandstone, and conglomerate. The Ikusagaura Formation yields abundant brackish-water bivalves. The Sakitsu Formation is dominated by coarse sediment, and rarely contains marine bivalves.

The Himenoura Group yielded over 26 bivalve species belonging to 21 genera. The brackish-water bivalves are characterized by *Crassostrea*, *Corbula*, *Mesochione*, and *Leptosolen*, and the shallow marine bivalves consist of well-preserved *Glycymeris*, *Loxo*, *Apiotrigonia*, *Inoceramus*, and *Sphenoceras*. The geological age of the group is determined from age-diagnostic inoceramid species. The Hamasato Formation contains *Sphenoceras orientalis* (Sokolow) and *S. nagoi* (Matsumoto and Ueda), indicating lower Campanian deposition, while *S. schmidtii* (Michael) and *S. sachalinensis* (Sokolow) are found together in the upper parts of the Yokohama Formation, indicating middle Campanian deposition. The Ikusagaura Formation yields the brackish-water bivalve *Mesochione trigonalis*, corresponding to the middle to upper Campanian (-Maastrichtian?).

Key words: Amakusa-shimajima, bivalve, Campanian, Himenoura Group, stratigraphy, Kumamoto, Upper Cretaceous

はじめに

九州西部に露出する上部白亜系の姫浦層群は、非海成～海成の堆積物から成り、露頭状態が良く化石を豊富に産出することで知られている。熊本県天草地域における白亜系は、長尾（1922）によって研究が始められ、その後、数多くの地質学的な報告がなされてきた（長尾, 1924; 松下ほか, 1959; 波多江, 1959, 1960; 小原, 1960; Miki, 1972; 田代・野田, 1973; Tashiro, 1976, 1978; 田代・大塚, 1978; Tashiro *et al.*, 1980; Tashiro and Otsuka, 1980, 1982; 高柳・安田, 1980; 高井・佐藤, 1982; 吉田

ほか, 1985; 野田ほか, 1995; 豊原ほか, 2004; 熊谷・小松, 2004)。中でもアンモナイトやイノセラムスなどの大型化石と連続露頭を活かした古生物学および層序学的な研究は、古くから盛んに行われ、その結果として姫浦層群は、西南日本の上部白亜系を代表する地層として注目されてきた（Tashiro *et al.*, 1980; 松本ほか, 1982; Komatsu and Naruse, 2006; Komatsu *et al.*, 2008）。

長尾（1922）は、天草上島に分布する白亜系を姫浦層群と名づけ、天草地域における白亜系の地質学的な研究の基礎を築いた。その後、長尾（1924）や松下ほか（1959）、波多江（1959, 1960）によって天草下島の南部にも白亜

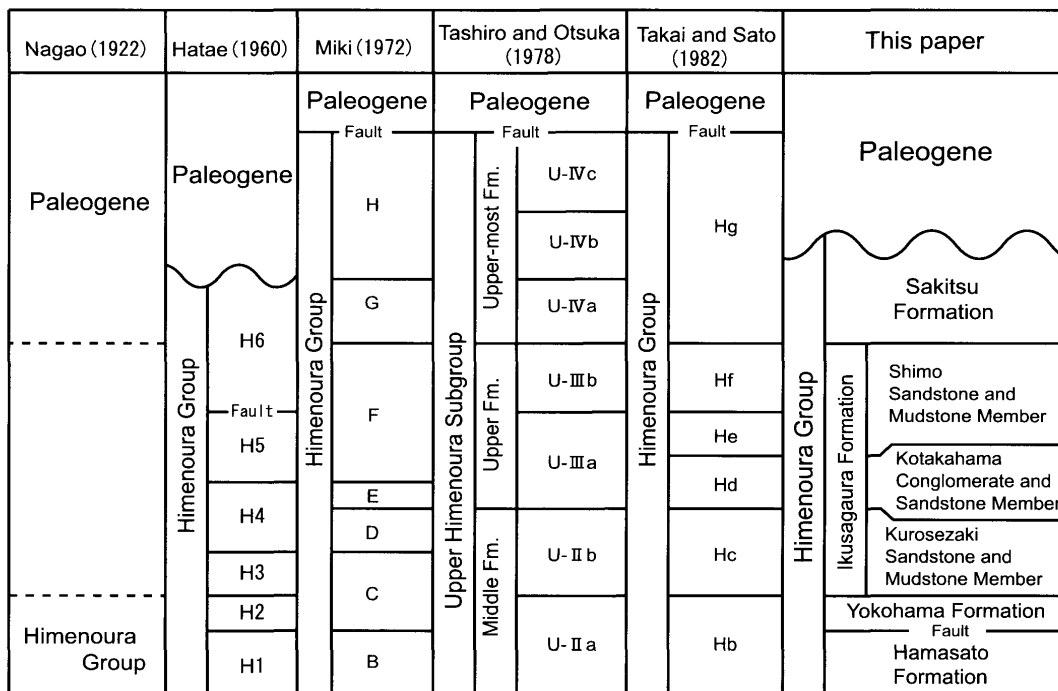


図1. 天草下島西部における姫浦層群の層序の比較.

系が露出することが報告され、それらの地層も姫浦層群に相当する事や、地域ごとの地質や層序の概略などが明らかにされた。アンモナイトやイノセラムス、三角貝などの化石については、植田・古川(1960)、Matsumoto and Ueda(1962)、田代・野田(1973)やTashiro(1976)、田代・大塚(1978)、Tashiro and Ostuka(1980, 1982)によって記載され、主にこれらのデータから生層序や地質時代が議論された。植田・古川(1960)は、天草上島に露出する姫浦層群のイノセラムス化石を調べ、*Inoceramus amakusensis* 帯と“*I. japonicus*”(=*I. higoensis* Noda, 1983)帯、*I. orientalis*(=*Sphenoceramus orientalis*)帯、*I. balticus*帯の4帯の存在を明らかにし、その後、田代・野田(1973)は、*I. amakusensis*帯と“*I. japonicus*”帯がサントニアン階に相当し、*I. orientalis*帯が下部カンパニアン階に相当することを示した。また、田代・野田(1973)は、天草下島の白亜系の最下部が天草上島に露出する姫浦層群の上半部に相当し、主部はそれより上位の層であることを明らかにした。さらに田代・野田(1973)は、天草上島と天草下島の姫浦層群では、ほぼ同時代の地層でも岩相や産出化石、地層の累重様式が異なることを指摘し、天草上島の白亜系を姫浦層群の下部亜層群、天草下島や鹿児島県甬島列島の白亜系を姫浦層群の上部亜層群と仮称して区別した。なお、Tashiro *et al.*(1980)や吉田ほか(1985)は、フィッシュントラック法による年代測定の結果と産出化石から天草下島の姫浦層群“上部亜層群”の最上部は古第三系であり、非海成層中に白亜紀—第三紀(K-T)境界を挟んでいる可能性を報告した。

天草下島に露出する姫浦層群の地質図は、田代・大塚

(1978)やTashiro and Otsuka(1980)、高井・佐藤(1982)、大塚・田代(2001)で作成された。しかし、これらのは多くは概略的な報告であり、詳細な地質図の作成や化石の産出層準、産出量、構成などを明確にした報告は少ない。また、地質や層序は、研究者によって層序区分に違いが見られる上に正式な地層の命名がなされておらず、地層境界の記載や模式地の定義がないため、研究者間での比較だけではなく、地域ごとの対比にも支障をきたしている(図1)。また、地質図の地層境界や岩相分布についても各研究者の間で相違が見られるが、これは露頭レベルでの詳しい記載が少ないため、現地で地層の境界を認識することが出来なかったために生じたことが予想される。さらに大型化石を用いた生層序学的な研究は、天草上島を中心に進められたため、天草下島に露出する姫浦層群の地質時代については、必ずしも詳しい議論がなされていなかった。その結果、本層群の時代論については、近年になって様々な問題が指摘されていた(豊原ほか, 2004; 熊谷・小松, 2004; 岩本ほか, 2008; 近藤ほか, 2008)。例えば、豊原ほか(2004)は、下島西部で姫浦層群の下部に相当する地層から、アルビアン期からコニアシアン期を指示する放散虫化石を報告し、姫浦層群最下部の地質時代やこの付近の地質を再検討する必要性を論じた。岩本ほか(2008)や近藤ほか(2008)では、大型化石に加えて放散虫や有孔虫などの微化石を調べた結果、天草上島と下島の層序対比や階レベルでの時代境界や地質時代を再検討する必要があることを報告している。

そこで本研究では、これらの問題を踏まえて天草下島西部に露出する姫浦層群の調査を行い、下島における本層群

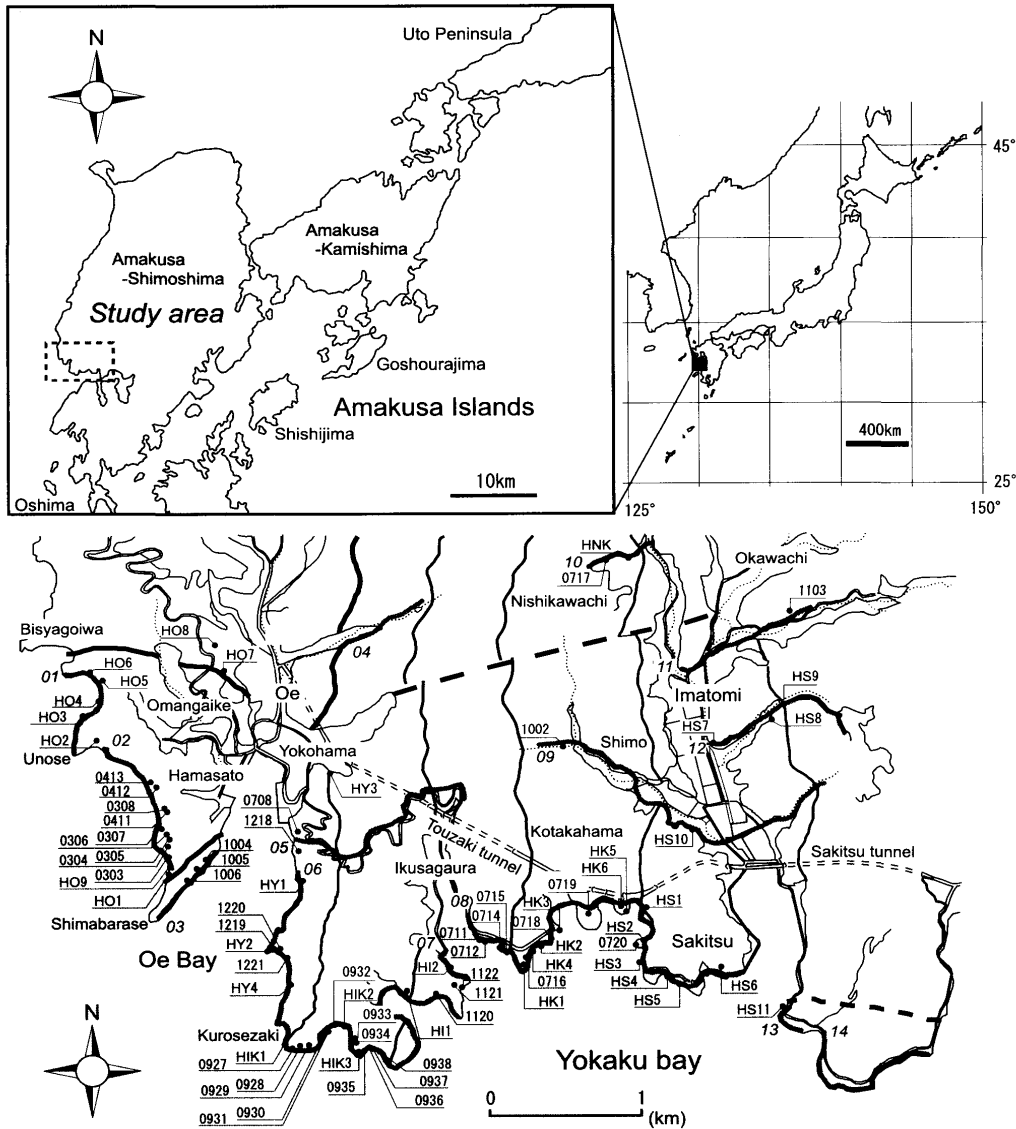


図2. 調査地域(熊本県天草下島南西部)の露頭位置図。数字(例 0303)やアルファベットと数字の記号(例 HO1)は露頭番号を表す。太い灰色の線および斜体の数字は柱状図を作成したルート。

の模式地を設定した上で岩相層序区分を行い、イノセラムスや有孔虫などの化石を用いて地質時代や姫浦層群の分布について再検討することを目的とした。

地質概説

調査地域である羊角湾ようかくの北部には、上部白亜系の姫浦層群の連続露頭やその基盤岩にあたる変成岩類と古第三系の下島層群が露出し(波多江, 1959), 化石を多産することや露頭状態が極めて良いことから天草下島における姫浦層群の代表的な分布地とされてきた(Tashiro, 1976)。この地域の姫浦層群は、天草市の天草町大江から河浦町崎津にかけて露出し、下位より中粒～粗粒砂岩と泥岩の互層からなる浜里層(新称)と泥岩優勢の砂岩泥岩互層からなる横浜層(新称)、厚い粗粒砂岩をともない砂岩泥岩互層

を主とする軍ヶ浦層いくきがうら(新称)、砂岩礫岩層と泥岩からなる崎津層(新称)の4層に区分できる(図2-4)。また、軍ヶ浦層は下位から、泥岩優勢の砂岩泥岩互層と厚い砂岩の繰り返しからなる黒瀬崎砂岩泥岩部層(新称)、礫質粗粒砂岩や礫岩と砂岩泥岩互層の繰り返しからなる小高浜礫岩砂岩部層(新称)、泥岩優勢の砂岩泥岩互層と厚い泥岩や砂岩を挟む志茂砂岩泥岩部層(新称)の3部層に区別される(図1)。

姫浦層群の走向は、N10～20°Eで、天草町地域の大江湾東岸から河浦町地域では、約30°Eで傾斜する東上位の同斜構造である。一方で、天草町地域の大江湾西岸では、地層が30°Wで傾斜しており、背斜構造が発達する。また、調査地域の最西端にある天草町大江のビシャゴ岩付近では、南北方向に伸びる向斜軸が確認され(Loc. HO2; 以下、露頭位置については図2を参照)、その西翼部は

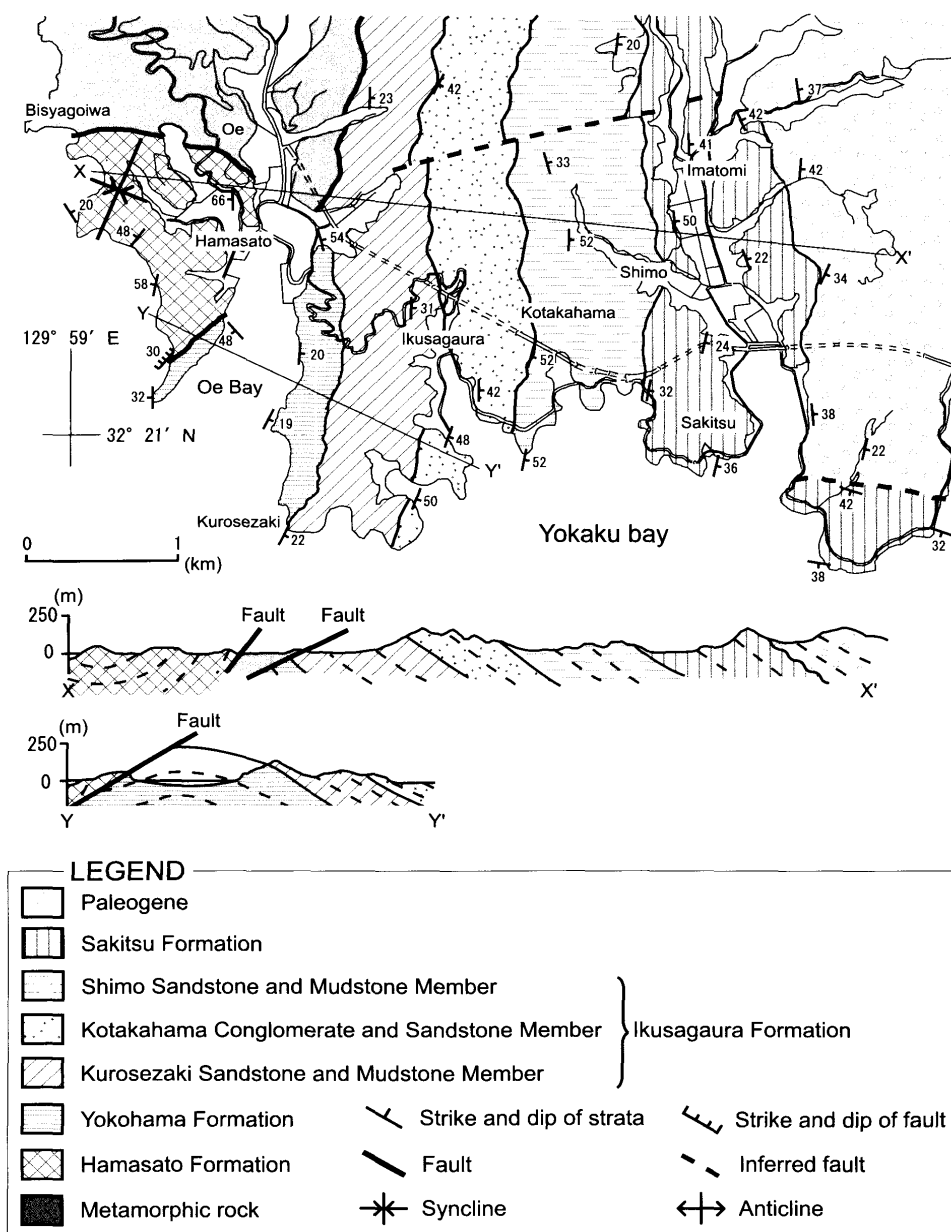


図3. 調査地域の地質図および地質断面図.

N20°Wで10~20°Eに傾斜している(図3). 調査地域の最下部層である浜里層は, 大江湾西岸からビシャゴ岩にかけて分布しており, 断層を介して上位の横浜層と接する(Loc. HO1). また, 姫浦層群の最上部は, 古第三系の下島層群によって不整合で覆われ, その層厚は少なくとも2400 m以上に達する. なお, 従来まで姫浦層群の上部とされていた地域からは, 古第三系を示す有孔虫化石が産出したため, これについては地質各説で述べる.

調査地域内における姫浦層群の基盤岩類は, 主に結晶片岩類や蛇紋岩, マイロナイト化した角閃岩からなり, 天草町大江の北西部に分布している(Locs. HO7-HO8). 基盤岩類と姫浦層群の関係は, 多くが断層であり(Loc. HO7), 本調査では不整合露頭を確認できなかったが, お方が池の北方約250 m付近で基盤岩の角閃岩類と姫浦層

群との不整合露頭が報告されている(豊原ほか, 2004). また, 武田ほか(2002)は, 本地域から北方に分布する高度変成岩類を天草マイロナイトと仮称し, この一部が姫浦層群によって不整合で覆われることを報告している.

姫浦層群の地質各説

浜里層(Hamasato Formation)〔新称〕

浜里層は, 天草下島の西部地域に露出する姫浦層群の最下部にあたり, 主として層厚1~3 mの砂岩と泥岩の互層から構成され, アンモナイトや二枚貝などの化石を多産する(図5, 表1). 本層は岩相と産出する化石の種構成から最下部と下部, 中部, 上部に区分される. なお, 浜里層は, 島原瀬において上位の横浜層と断層で接してお

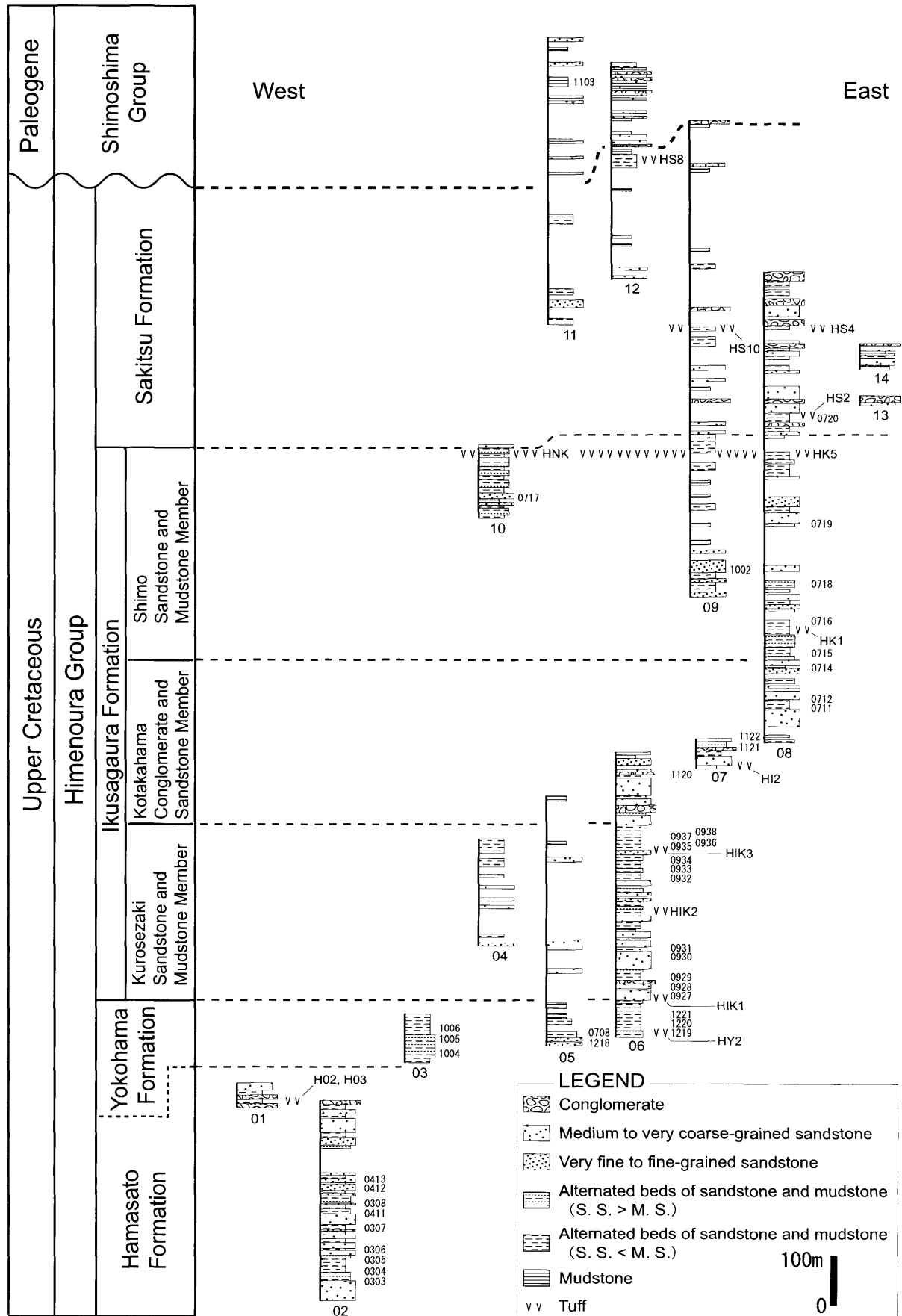


図 4. 天草下島西部地域の上部白亜系姫浦層群の柱状図. 柱状図の作成地点は図 2 を参照. S. S. : 砂岩, M. S. : 泥岩.

り (Loc. HO1), お万が池北方の Loc. HO7 やビシャゴ岩の東方約 350 m において基盤岩にあたる変成岩類と断層で接している (図 3).

1. 模式地

天草市天草町大江湾西岸, 島原瀬から鶴瀬までの海岸沿い (Loc. HO1-Loc. HO3).

2. 分布・層厚

天草町大江の南西部に分布し, 分布の南端は島原瀬, 北端はお万が池の北約 350 m, 西端はビシャゴ岩の東約 350 m である (図 2). 全層厚は不明であるが, 少なくとも 450 m 以上である.

3. 対比

浜里層は, 波多江 (1960) の H1 層, Miki (1972) の B 層, 田代・大塚 (1978) の U- II a 層下部から中部, 高井・佐藤 (1982) の Hb 層下部から中部に相当する (図 1).

4. 岩相

姫浦層群浜里層は, 砂岩と泥岩の互層からなり粗粒砂岩や礫質砂岩が特徴的な最下部, 泥岩が優勢で砂岩と泥岩の厚い互層からなる下部, 砂岩泥岩互層を主として厚い砂岩を挟む中部, そして礫質砂岩が優勢な上部の 4 つに分けられる. 浜里層を構成する砂岩は, アルコース質で石英や長石などの無色鉱物を主体としており, 灰白色や青灰色を呈す. 砂粒子は亜角から亜円形で, 下部と中部を除き淘汰は悪い. また, 浜里層最下部と上部に含まれる礫には, 亜円や円形の細～中礫が多く, 石英や長石の細礫のほか, チャートや砂岩, 泥岩などの堆積岩類と緑色片岩, 角閃岩などの変成岩類がある.

浜里層の最下部は, 主に粗粒から中粒あるいは細粒に級化する単層厚 4～5 m の砂岩からなり, 厚さ約 1～2 m の細粒砂岩層と厚さ 0.5～1 m の暗灰色泥岩を挟む. 中粒砂岩には, トラフ型斜交層理やチャンネル構造 (Loc. HO9) が観察される.

浜里層の下部は, 淘汰の良い極細粒～細粒砂岩と生物擾乱が発達した暗灰色泥岩の互層からなる. 泥岩層の単層厚は 2～3 m, 砂岩層は 5～80 cm で, 極細粒砂岩には, ハンモック状斜交層理 (HCS) や平行葉理, コンボリュート層理 (Loc. 0305) が観察され, まれに 2 m 程度の厚い層をなす癒着した HCS 砂岩 (Loc. 0303) も見られる (図 6A). また, 泥岩や HCS 砂岩からは, イノセラムスなどの海生の二枚貝化石が産出する (図 5-7).

浜里層の中部は, 単層厚 0.2～2 m の暗灰色泥岩と厚さ 0.1～1 m の泥質細粒砂岩や 1～3 m の中粒～粗粒砂岩の互層からなり, 細粒砂岩と泥岩の細密互層には, レンズ状層理 (lenticular bedding) や波状層理 (wavy bedding), フレーザー層理 (flaser bedding) が観察され, 粗粒砂岩には級化構造やトラフ型斜交層理, 平板型斜交層理, マッドドレープ (mud drape) を伴う潮汐バンドル (tidal bundles) が観察される. また, これらの斜交層理の基底部には, 剥ぎ取り礫 (rip-up clast) をともなうチャンネル構造が発達する (Locs. 0308, 0412). 泥岩からはマガキ

の仲間である *Crassostrea* sp. などの汽水生の二枚貝化石を産する. なお, レンズ状層理や波状層理, フレーザー層理, マッドドレープを伴う潮汐バンドルは, 一般的に潮汐堆積物に特徴的な堆積構造であるため (Dalrymple, 1992; Reading and Collinson, 1996), 浜里層の中部は潮汐作用が卓越する汽水域で形成されたと考えられる.

浜里層の上部は, 主に礫質砂岩や粗粒砂岩と泥岩の互層からなり, 基質支持の礫岩を伴う. 礫岩は単層厚が 2～3 m であり, 石英と長石の細礫が多く, トラフ型斜交層理が発達する. 泥岩は厚さ 0.5～1 m で, まれにレンズ状層理が観察され, 植物片を含む. また, 厚さ 60 cm の白色～淡緑色を呈する珪質凝灰岩と, 厚さ約 20 cm の凝灰質砂岩を 2 層準で挟む (Locs. HO2, HO3).

5. 産出化石

浜里層の下部からは, アンモナイトや二枚貝, 巻貝, ウニなどの海生の化石が多産し, 浜里層の中部からは, 汽水生の二枚貝化石が産出する (図 5～7). 化石産地は浜里層の下部から中部が露出する島原瀬から西に約 200 m, 北方へ約 500 m にかけての地域であり, 化石を含む地層の層厚は, 200 m 以上におよぶ. 浜里層下部の砂岩では, 浅海生の二枚貝化石が多く, *Glycymeris amakusensis* Nagao や *Loxo japonica* (Amano), *Apiotrigonia postonodosa* Nakano, *Acila hokkaidoensis* (Nagao), *Brachidontes nankoi* Ichikawa and Maeda, *Yaadia* sp., *Nanonavis sachalinensis* (Schmidt), *Nucula* sp., *Malletia* sp., *Inoceramus cycloides* Wegner, *Inoceramus ezoensis* Yokoyama, *Inoceramus* sp., *Sphenoceramus* sp. が HCS 砂岩のラグ堆積物として産出する (Loc. 0303). これらの二枚貝化石の多くは, 離弁殻や破片殻からなり保存状態は悪く, 一般的に貝殻支持の状態に配列しており, 厚さ 10～30 cm のレンズ状の貝殻密集層を形成する.

生物擾乱が発達する暗灰色泥岩や砂質泥岩からは, 海生の二枚貝化石である *G. amakusensis* や *N. sachalinensis*, *Nippononectes tamurai* (Tashiro), *I. noceramus ezoensis*, *Sphenoceramus nagaioi* (Matsumoto and Ueda), *Sphenoceramus orientalis* (Sokolow), アンモナイトの *Glyptoceras* sp. や *Polyptychoceras* sp. を散在的に産する (Locs. 0304, 0305). また, 薄い砂岩層には, *G. amakusensis* の合弁殻が多く見られ, 密集または散在して産する. 散在的に産出する *G. amakusensis* は, 層理面に垂直な姿勢で殻の後背部を上に向けており, 自生産状を示しめしていると考えられる (図 6D; Loc. 0304).

浜里層の中部からは, *Crassostrea* sp. や *Ostrea* sp., *Septifer ushibukensis* Tashiro and Otsuka, *Corbula ushibukensis* Tashiro and Otsuka などの汽水生の二枚貝化石が多産する (Locs. 0306-0308, Locs. 0411-0413). これらの化石は, 合弁殻や保存状態の良いものが多く (Loc. 0412), 泥岩中で厚さ 10～20 cm のレンズ状の貝殻密集層を形成する. また, 粗粒砂岩層の侵食面上に形成された貝殻密集層では, ほとんどが離弁殻や破片殻からなり, *Crassostrea* sp. や *S. ushibukensis* の多くは, 殻表面が著し

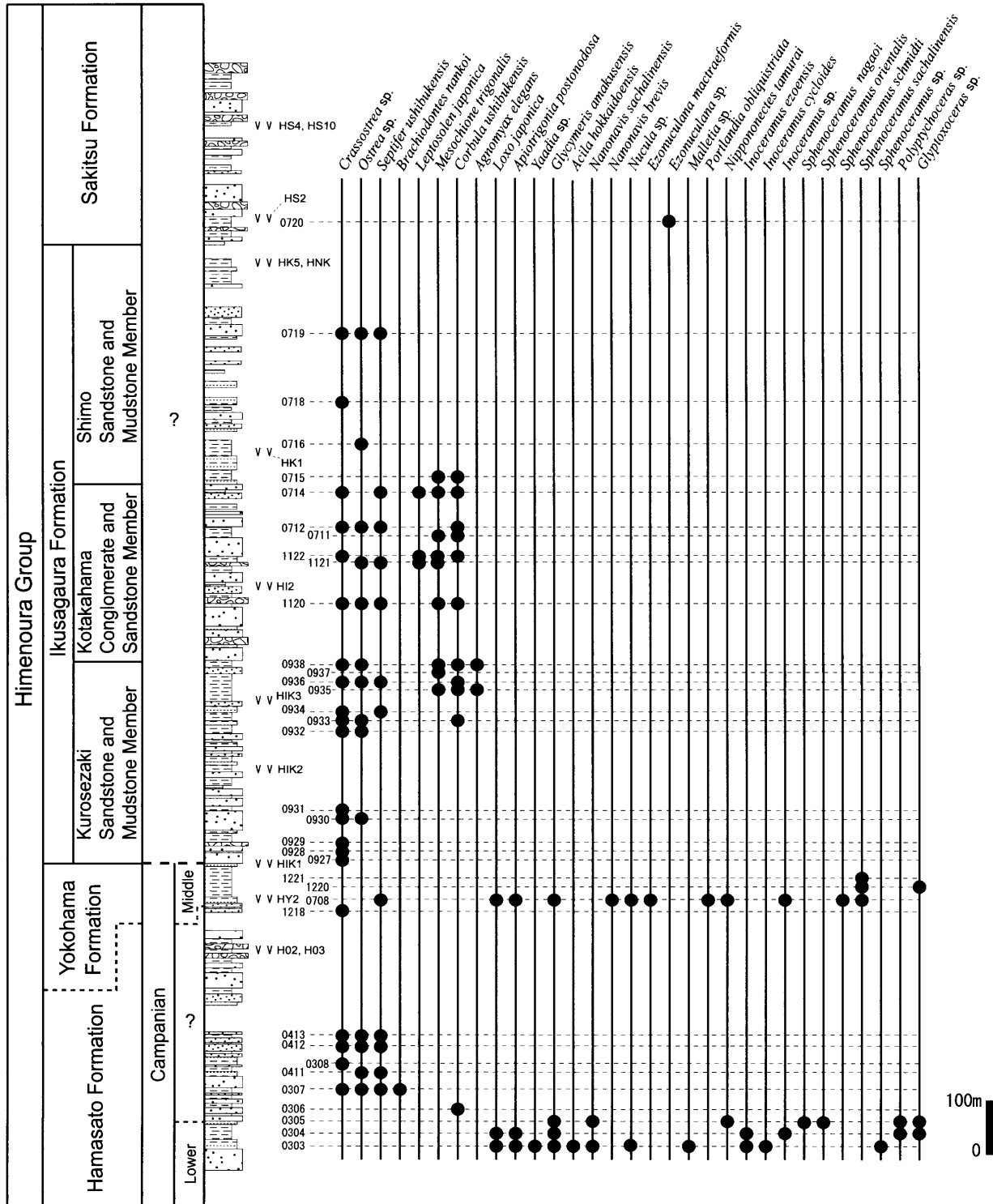


図5. 天草下島西部地域の姫浦層群から産出した軟体動物化石の産出層準. 左側から汽水性の二枚貝 (*Crassostrea* sp. ~ *Agonomyx elegans*), 浅海性の二枚貝 (*Agonomyx elegans* ~ *Sphenoceras* sp.), 残りがアンモナイト化石を示す.

く磨滅している (Loc. 0307).
 なお、浜里層下部からは、*Inoceramus balticus toyajoanus* Nagao and Matsumoto の産出報告があるが (田代・野田, 1973; Tashiro, 1976; 高井・佐藤, 1982), 本調査では採集することができなかった.

横浜層 (Yokohama Formation) [新称]

横浜層は、下島西部地域に分布する姫浦層群の下部の累層で、主に砂岩泥岩互層からなる (図4). 本層は島原瀬において下位の浜里層と断層で接しており、最上部の泥岩は、軍ヶ浦層基底部の層厚 4m の細粒砂岩で覆われる (Loc. HIK1). なお、横浜層の岩相は、浜里層の下部や中部と

表1. 天草下島西部地域の姫浦層群から産出した軟体動物化石のリストおよび化石産地.

| | Hamasato Formation | Yokohama Formation | Ikusagaura Formation | | | Sakitsu Formation |
|------------------------------------|------------------------|--------------------|--|--|-------------------------------------|-------------------|
| | | | Kurosezaki Sandstone and Mudstone Member | Kotakahama Conglomerate and Sandstone Member | Shimo Sandstone and Mudstone Member | |
| Bivalves | | | | | | |
| <i>Crassostrea</i> sp. | 0307, 0308, 0412, 0413 | 1218, 1004 | 0927, 0928, 0929, 0930, 0931, 0932, 0933, 0934, 0936, 0938 | 1120, 1122, 0712, 0714, 1002 | 0718, 0719 | |
| <i>Ostrea</i> sp. | 0307, 0411, 0412, 0413 | 1004 | 0932, 0933, 0936, 0938 | 1120, 1121, 0712, 1002 | 0716, 0717, 0719 | |
| <i>Septifer ushibukensis</i> | 0307, 0411, 0412, 0413 | 1004, 0708 | 0934, 0936 | 1120, 1121, 0712, 1002, 0714 | 0719 | |
| <i>Brachiodontes nankoi</i> | 0307 | | | | | |
| <i>Leptosolen japonica</i> | | | | 1121, 1122, 0714 | | |
| <i>Mesochione trigonalis</i> | | | 0935, 0937, 0938 | 1120, 1121, 1122, 0711, 1002, 0714 | 0715 | |
| <i>Corbula ushibukensis</i> | 0306 | | 0933, 0935, 0936, 0938 | 1120, 1122, 0711, 0712, 1002, 0714 | 0715 | |
| <i>Agnomyax elegans</i> | | | 0935, 0938 | 1002 | | |
| <i>Loxo japonica</i> | 0303, 0304 | 0708, 1006 | | | | |
| <i>Apiotrigonia postonodosa</i> | 0303 | 0708, 1006 | | | | |
| <i>Yaadia</i> sp. | 0303 | | | | | |
| <i>Glycymeris amakusensis</i> | 0303, 0304, 0305 | 0708, 1005, 1006 | | | | |
| <i>Acila hokkaidoensis</i> | 0303 | | | | | |
| <i>Nanonavis sachalinensis</i> | 0303, 0305 | | | | | |
| <i>Nanonavis brevis</i> | | 0708 | | | | |
| <i>Nucula</i> sp. | 0303 | 0708 | | | | |
| <i>Ezonuculana mactraeformis</i> | | 0708, 1218 | | | | |
| <i>Ezonuculana</i> sp. | | | | | | 0720 |
| <i>Malletia</i> sp. | 0303 | | | | | |
| <i>Potlandia obliquistriata</i> | | 0708 | | | | |
| <i>Nippononectes tamurai</i> | 0305 | 0708 | | | | |
| <i>Inoceramus ezoensis</i> | 0303, 0304 | | | | | |
| <i>Inoceramus cycloides</i> | 0303 | | | | | |
| <i>Inoceramus</i> sp. | 0304 | 1005, 1006 | | | | |
| <i>Sphenoceramus nagaoi</i> | 0305 | | | | | |
| <i>Sphenoceramus orientalis</i> | 0305 | | | | | |
| <i>Sphenoceramus schmidti</i> | | 1006 | | | | |
| <i>Sphenoceramus sachalinensis</i> | | 1219, 1220, 1221 | | | | |
| <i>Sphenoceramus</i> sp. | 0303 | | | | | |
| Ammonoids | | | | | | |
| <i>Polyptychoceras</i> sp. | 0304, 0305 | | | | | |
| <i>Glyptoxoceras</i> sp. | 0304, 0305 | 1220 | | | | |

極めてよく似ているが、産出する化石の種構成が異なっている。

1. 模式地

天草市横浜から黒瀬崎にいたる海岸沿い (Loc. 0708-Loc. HIK1)。

2. 分布・層厚

下島西部における横浜層は、天草町横浜と大江湾西岸の島原瀬 (Loc. HO1) より東方に分布し、この地域での分布の南端は黒瀬崎 (Loc. HIK1) で、北端は横浜 (Loc. HY3) である。下限が断層であるため全層厚は不明であ

るが、少なくとも 100m 以上である。

3. 対比

横浜層は、波多江 (1960) の H2 層、Miki (1972) の C 層下部、田代・大塚 (1978) の U-IIa 層上部、高井・佐藤 (1982) の Hb 層上部に相当する。

4. 岩相

本層は、主として黒色泥岩と暗灰色極細粒砂岩の互層からなる。横浜層を構成する砂岩は、主に極細粒～細粒砂岩からなり、青灰色または暗灰色を呈する。砂粒子は歪角から歪円形で淘汰は良い。

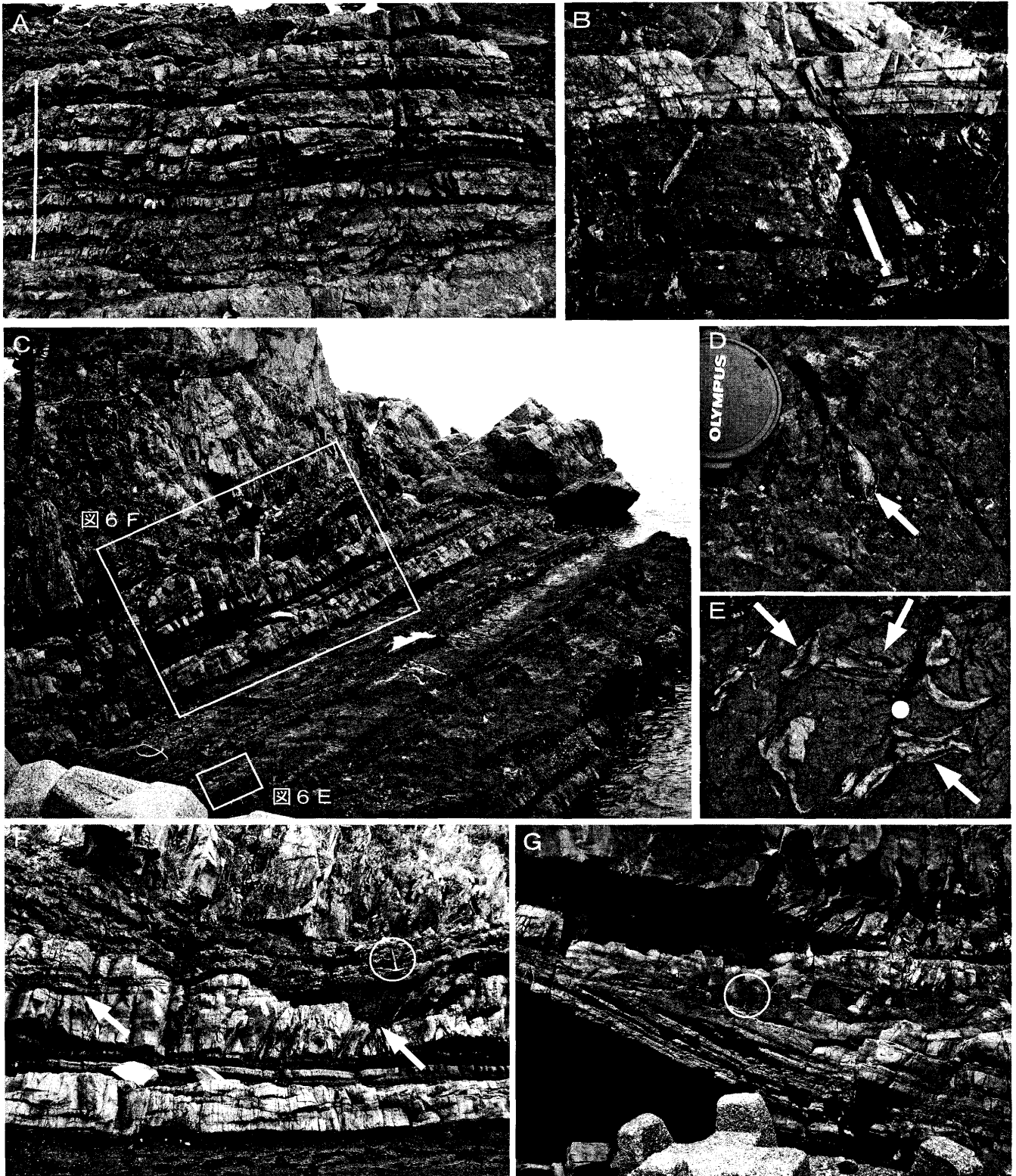


図6. 調査地域における堆積構造と化石の産状を示す露頭写真。A. 浜里層のハンモック状斜交層理砂岩 (Loc. 0306)。スケールは長さ1 m; B. 横浜層における HCS 砂岩と生物擾乱の発達した泥岩の互層 (Loc. HY2); C. 軍ヶ浦層小高浜礫岩砂岩部層の砂岩泥岩互層 (Loc. 0714); D. 浜里層における *Glycymeris amakusensis* の産状 (Loc. 0304)。合弁の *G. amakusensis* の接合面は、層理面に対して垂直な状態で保存されている (矢印)。写真は生物擾乱の発達した砂岩の層理面を示す; E. 軍ヶ浦層小高浜礫岩砂岩部層の泥岩における *Crassostrea* sp. のコロニーの産状 (Loc. 0714)。合弁の *Crassostrea* sp. は生息姿勢を保った状態で保存されている (矢印)。写真は生物擾乱の発達した砂岩の層理面を示す。スケールのコインは直径 23 mm; F. 軍ヶ浦層小高浜礫岩砂岩部層の砂岩泥岩互層 (Loc. 0714)。チャンネルを充填する堆積物が観察される (矢印)。スケールは丸印内のハンマー; G. 軍ヶ浦層志茂砂岩泥岩部層の斜交層理砂岩 (Loc. HK3)。潮汐バンドルが発達している。

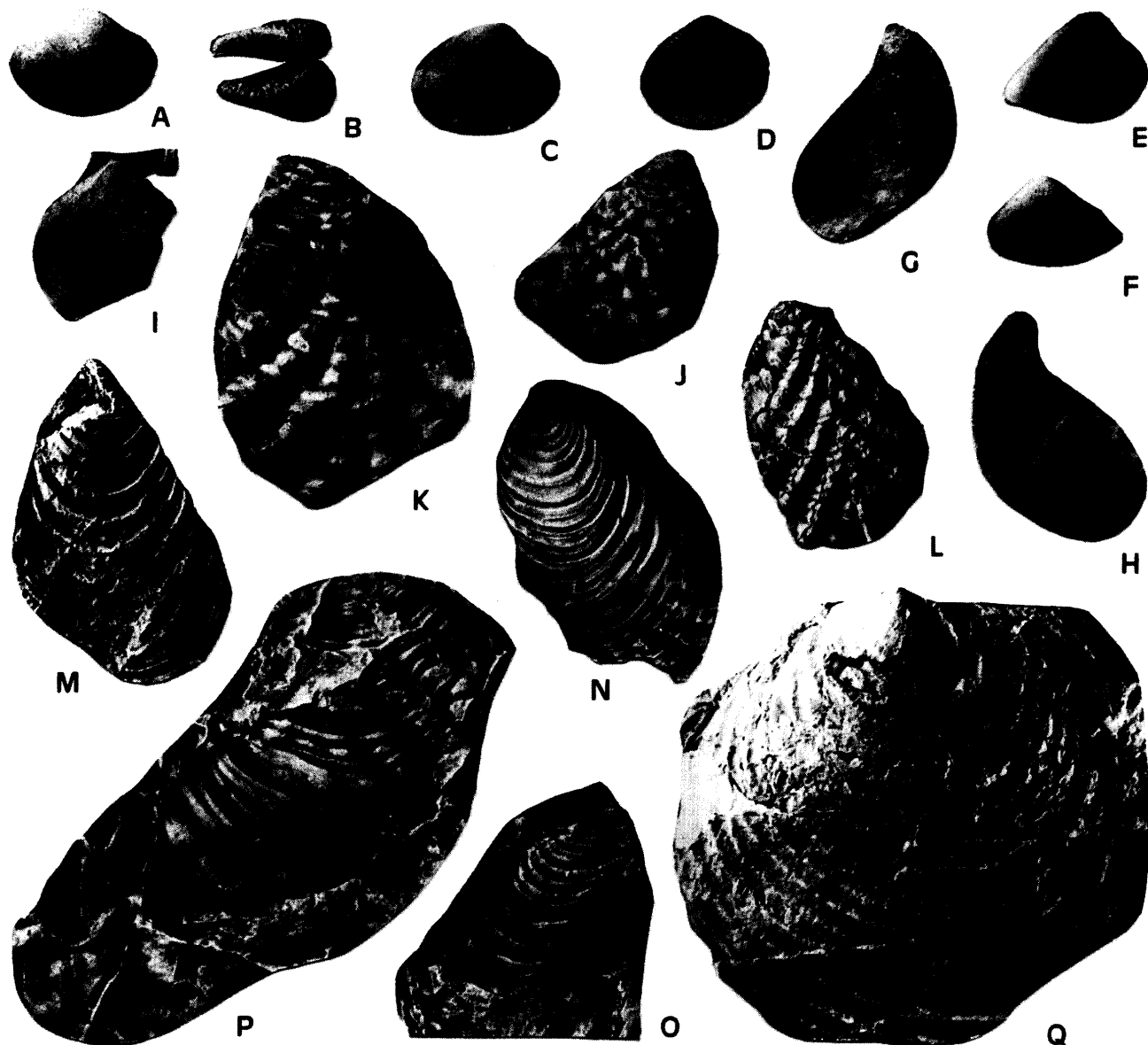


図7. 姫浦層群から産出した二枚貝化石。KMSPは熊本大学理学部の標本番号。A. *Ezonuculana mactraeformis* Nagao, KMSP-2601, 左殻外側のゴム型, $\times 1.5$, 横浜層, Loc. 1218; B. *Apiotrigonia postonodosa* Nakano, KMSP-2602, 開殻状態の合弁殻外側のゴム型, $\times 1.0$, 横浜層, Loc. 1218; C. *Loxo japonica* (Amano), KMSP-2603, 右殻外側のゴム型, $\times 1.0$, 横浜層, Loc. 0708; D. *Glycymeris amakusensis* Nagao, KMSP-2604, 左殻内側のゴム型, $\times 1.0$, 横浜層, Loc. 0708; E-F. *Mesochione trigonalis* Tashiro, $\times 1.0$, 軍ヶ浦層小高浜礫岩砂岩部層, Loc. 0714, 左殻外側 (E: KMSP-2605) および右殻外側 (F: KMSP-2606); G-H. *Crassostrea* sp., $\times 1.0$, 浜里層, Loc. 0308, 右殻外側のゴム型 (G: KMSP-2607) および右殻内側のゴム型 (H: KMSP-2608); I. *Nippononectes tamarai* Tashiro, KMSP-2609, 右殻外側のゴム型, $\times 1.0$, 浜里層, Loc. 0306; J-L. *Sphenoceramus sachalinensis* Sokolow, $\times 1.0$, 横浜層, 右殻外側 (J: KMSP-2610, Loc. 1219), 左殻外側 (K: KMSP-2611, Loc. 1220), 左殻外側 (L: KMSP-2612, Loc. 1221); M. *Sphenoceramus nagaoui* (Matsumoto and Ueda), KMSP-2613, 左殻外側のゴム型, $\times 1.0$, 浜里層, Loc. 0305; N-O. *Sphenoceramus orientalis* Sokolow, $\times 1.0$, 右殻外側 (N: KMSP-2614, 天草市牛深町大島) および右殻外側のゴム型 (O: KMSP-2615, Loc. 0305), 浜里層; P. *Sphenoceramus schmidtii* Michael, KMSP-2616, 右殻外側のゴム型, $\times 1.0$, 横浜層, Loc. 1006; Q. *Inoceramus cycloides* Wegner, KMSP-2617, 左殻外側, $\times 0.5$, 浜里層, Loc. 0303.

砂岩優勢の砂岩泥岩互層は、泥岩の単層厚が約 50 cm, 砂岩の厚さは 60 ~ 80 cm で、まれに厚さ 2 m 程度の中粒砂岩を挟む。これらの砂岩には、トラフ型斜交層理やハンモック状斜交層理 (HCS) が観察される。泥岩は主に生物擾乱が発達した暗灰色シルト岩からなり、この泥岩や砂岩からは汽水生の二枚貝化石が産出する。

暗灰色の泥岩が優勢な砂岩泥岩互層には、厚さ約 20 cm の HCS 砂岩が挟まれ (図 6B), 斜交葉理や平行葉理も観察される (Locs. HY4, 1006)。また、暗灰色の泥岩は、主に生物擾乱を受けた淘汰の悪い砂質泥岩からなり、アンモナイトや海生の二枚貝化石と放射虫化石を産するほか、植物片も多く含む。生痕化石は直径数 mm の *Phycosiphon* sp. や直

径 1 cm 程度の *Skolithos* sp. などが多い。この泥岩中には、厚さ約 2 m の砂岩層や厚さ 5 cm 程度の白色凝灰岩層が確認されるが、海岸付近でのみ露出しており、その連続性は悪い (Loc. HY2)。なお、横浜層の最上部における砂岩泥岩互層中の泥岩は、上位に向かって粒度がやや粗くなった後、軍ヶ浦層基底部の HCS が発達した細粒砂岩とその上位の粗粒砂岩で覆われている。そのため横浜層から軍ヶ浦層への岩相変化は、典型的な上方粗粒化を示している。

5. 産出化石

横浜層では汽水生や海生の二枚貝化石が多産する。海生の二枚貝については産出層準に加えて、砂岩から産する種と泥岩から産する種でその構成が異なっている (図 5)。大江湾両岸に露出する横浜層のうち、下位の層準からは、汽水生の二枚貝化石である *Crassostrea* sp. が産出し (Locs. 1004, 1218)、大江湾西岸からは、この種に加えて *Ostrea* sp., *S. ushibukensis* などが産出する (Loc. 1004)。さらにこれらの汽水生の二枚貝を産する地層の上位の極細粒砂岩からは、海生の二枚貝が多産し、大江湾西岸 (Loc. 1006) からは、*G. amakusensis* や *Sphenoceras schmidtii* (Michael), *Inoceramus* sp. が産出し、大江湾東岸 (Loc. 0708) では、*G. amakusensis*, *L. japonica*, *A. postonodosa*, *Nucula* sp., *Portlandia obliquistriata* (Amano), *N. tamurai*, *Inoceramus* sp. が産出する。さらにこれらの化石を含む砂岩を覆う泥岩からは、*Nanonavis brevis* Ichikawa and Maeda や *Sphenoceras sachalinensis* (Sokolow), *Ezonuculana mactraeformis* (Nagao) やアンモナイト化石の破片殻が散的に産出する。なお、西部地域の大江湾東岸 (Loc. 1221) では放射虫化石を産するが、保存状態は極めて悪い。また、大江地域の横浜南部の海岸露頭 (Loc. 0708) からは、*Inoceramus proximus* Tuomey や *S. sachalinensis* が報告されている (野田ほか, 1995)。

軍ヶ浦層 (Ikusagaura Formation) [新称]

軍ヶ浦層は、下島西部地域の姫浦層群中部の累層で、主に礫岩、砂岩と砂岩泥岩互層からなる。軍ヶ浦層は岩相によって 3 部層に区分され、泥岩優勢の砂岩泥岩互層と厚い砂岩の繰り返しからなる黒瀬崎砂岩泥岩部層、礫質粗粒砂岩や礫岩が優勢で砂岩泥岩互層との繰り返しからなる小高浜礫岩砂岩部層、泥岩優勢の砂岩泥岩互層と厚い泥岩や砂岩を挟む志茂砂岩泥岩部層からなる (図 4)。

軍ヶ浦層の基底部は、横浜層の泥岩を整合で覆う厚さ 4~5 m の砂岩であり (Loc. HIK1)、軍ヶ浦層の最上部である厚さ約 2 m の泥岩は、崎津層の厚い礫質粗粒砂岩や礫岩によって整合に覆われる (Loc. HS1)。なお、凝灰岩層と炭層は、軍ヶ浦層全般で見られ、灰緑色~緑色の凝灰岩層が少なくとも 6 層準で観察された (Locs, HIK1, HIK2, HIK3, HI2, HK1, HK5)。このうち、Loc. HK5 で露出する凝灰岩層は、層厚が 50~150 cm で比較的連続性が良く、西川内付近 (Loc. HNK) でも分布が確認できたが、その他の凝灰岩層はいずれも厚さ 20~50 cm 程度で連続

性が悪いため、鍵層として用いることはできなかった。模式地は、天草市天草町大江横浜南方約 2 km の黒瀬崎から河浦町小高浜東約 500 m に至る海岸沿いで (Loc. KIK1~Loc. HS1)、全層厚は約 1200 m である。

黒瀬崎砂岩泥岩部層 (Kurosezaki Sandstone and Mudstone Member) [新称]

黒瀬崎砂岩泥岩部層は、軍ヶ浦層の下部層であり、主に泥岩優勢の砂岩泥岩互層と厚い砂岩からなる。黒瀬崎砂岩泥岩部層の下部は、厚い粗粒砂岩と砂岩泥岩互層の繰り返しからなり、上部は泥岩優勢の砂岩泥岩互層を主体として、厚い中粒~粗粒砂岩を挟む。なお、本部層最上部の層 S 厚約 3 m の泥岩優勢の砂岩泥岩互層は、小高浜礫岩砂岩部層の粗粒砂岩によって覆われる (Loc. HI1)。

1. 模式地

天草市天草町大江横浜南約 2 km の黒瀬崎から軍ヶ浦南西約 1 km にいたる海岸沿い (Loc. HIK1-Loc. 0938)。

2. 分布・層厚

天草町横浜東方に分布し、南端は黒瀬崎から軍ヶ浦南西海岸 (Loc. 0938) に露出し、ここから横浜北東方にかけて分布する。全層厚は約 360 m である。

3. 対比

黒瀬崎砂岩泥岩部層は、波多江 (1960) の H3 層と H4 層下部、Miki (1972) の C 層上部と D 層、田代・大塚 (1978) の U-IIb 層、高井・佐藤 (1982) の Hc 層に相当する。

4. 岩相

この部層の下部は、礫岩もしくは粗粒砂岩から中粒砂岩を経て砂岩泥岩互層に細粒化するユニットの繰り返しからなり、上部は泥岩優勢の砂岩泥岩互層が卓越し、厚い中粒~粗粒砂岩を挟む。

本部層の下部は、厚さ 7~25 m の上方細粒化ユニットの繰り返しからなり、全層厚は、約 140 m である。上方細粒化ユニットの下部は、層厚 5~15 m の淘汰の悪い中粒~粗粒砂岩からなり、ユニット上部は厚さ 2~20 m の泥岩優勢の砂岩泥岩互層からなる。なお、黒瀬崎砂岩泥岩部層の下部を構成する青灰色や灰白色の砂岩は、一般的にアルコース質で主に歪角や歪円形の石英や長石などの無色鉱物からなり、角閃石や黒雲母なども含む。また、粗粒砂岩には、級化構造やトラフ型斜交層理、平板型斜交層理が観察され、斜交層理の基底部にはソールマークやチャンネル構造、剥ぎ取り礫を伴う (Loc. 0928)。上方細粒化ユニットの上部を構成する泥岩優勢の砂岩泥岩互層は、単層厚約 50 cm の黒色泥岩と、厚さ約 30 cm の暗灰色細粒砂岩からなり、泥岩には極細粒砂岩の葉理が挟まれる。また、これらの砂岩や泥岩には、生物擾乱や汽水生の二枚貝化石も観察され、特に粗粒砂岩からは *Crassostrea* sp. の離弁殻や破片殻が多産する。

黒瀬崎砂岩泥岩部層の上部は、全層厚が約 220 m で、砂岩泥岩互層が卓越し、2~5 m 程度の中粒~粗粒砂岩を挟む。砂岩泥岩互層は泥岩優勢で、泥岩単層の厚さは 1 m

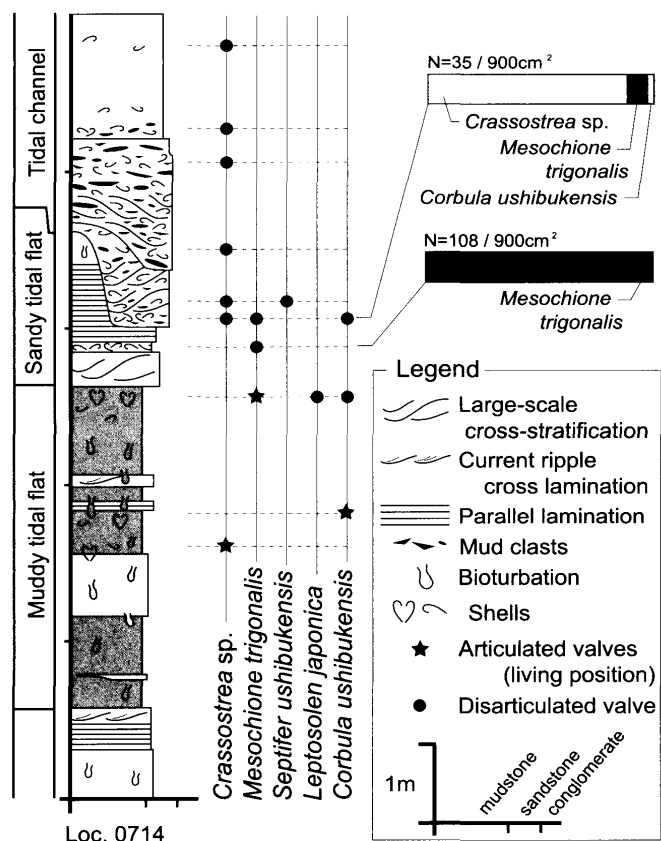


図8. 軍ヶ浦層小高浜礫岩砂岩部層の上部における岩相と軟体動物化石の構成 (Loc. 0714). 砂質干潟堆積物とチャネル充填堆積物で化石の種構成を検討した。

程度であり、砂岩の厚さは約30 cmである。暗灰色泥岩には *Thalassinoides* sp. などの生痕化石と植物片が多く含まれる。細粒砂岩は生物擾乱を受けているものの、稀に斜交層理やハンモック状斜交層理 (HCS) が観察される (Loc. HIK2)。中粒～粗粒砂岩は、本部層の下部と同様にアルコース質で石英や長石に富み、トラフ型斜交層理や平板型斜交層理、級化構造が観察され、チャネル構造を示す基底部には、しばしば剥ぎ取り礫が散在する。化石は、レンズ状層理や波状層理、フレーザー層理、マッドドレープをともなう潮汐バンドル、生物擾乱が発達する最上部の砂岩泥岩互層から汽水生の二枚貝化石を産する。

5. 産出化石

従来の研究では、黒瀬崎砂岩泥岩部層に相当する地層からの化石の報告はなかった。しかし、今回の調査によって、数層準から汽水生の二枚貝化石を採集した (図5)。黒瀬崎部層の下部の粗粒砂岩からは、カキの仲間である *Crassostrea* sp. と *Ostrea* sp. が多産し、コロニーや貝殻支持の密集層を形成する (Loc. 0930)。また、上部の泥岩や生物擾乱の発達した砂質泥岩からは、*Crassostrea* sp. や *Ostrea* sp. に加えて *S. ushibukensis* や *C. ushibukensis*, *Mesochione trigonalis* Tamura が豊富に産する (Locs. 0935 など)。

小高浜礫岩砂岩部層 (Kotakahama Conglomerate and Sandstone Member)

小高浜礫岩砂岩部層は、軍ヶ浦層の中部層で、中粒から礫質粗粒砂岩もしくは礫岩と砂岩泥岩互層の繰り返しからなる。なお、本部層の基底部である厚さ約6 mの粗粒砂岩は、下位の黒瀬崎砂岩泥岩部層の泥岩優勢の砂岩泥岩互層を整合で覆い、本部層最上部の粗粒砂岩は、志茂砂岩泥岩部層の厚さ約6 mの砂岩泥岩互層で覆われる (Loc. 0715)。

1. 模式地

天草市天草町軍ヶ浦南西約1 kmから軍ヶ浦南東約500 mにいたる海岸沿い (Loc. HII-Loc. 0714)。

2. 分布・層厚

調査地域では軍ヶ浦南方海岸 (Loc. 0938の東方) を南端とし、軍ヶ浦北方の尾根沿いに南北に分布する。全層厚は約340 mである。

3. 対比

小高浜礫岩砂岩部層は、波多江 (1960) のH4層上部とH5層下部、Miki (1972) のE層とF層下部、田代・大塚 (1978) のU-IIIa層下部、高井・佐藤 (1982) のHd層に相当する。

4. 岩相

本部層は、中粒～礫質粗粒砂岩もしくは礫岩から砂岩を経て砂岩泥岩互層に細粒化する小ユニットの繰り返しからなる。この部層の一つの上方細粒化ユニットは、厚さ約10 mで、黒瀬崎砂岩泥岩部層の上方細粒化ユニットと比べてやや薄い傾向にある。小高浜礫岩砂岩部層を構成する青灰色や灰色の砂岩は、アルコース質で、多くは歪角や歪円形の石英や長石からなり、黒色の岩片も含む。礫岩は基質支持で、礫は球形のものが多く、1 cm程度の歪円礫からなる。礫種は砂岩や黒色泥岩、チャートなどの堆積岩類と緑色片岩などの変成岩類からなる。

上方細粒化ユニットの下部は、厚さ約5 mの淘汰の悪い中粒～礫質粗粒砂岩からなり、これらの砂岩には、級化構造やトラフ型斜交層理が発達し、その基底部にはチャネル構造や泥岩の剥ぎ取り礫が観察される (図6C, F)。ユニットの上部は、厚さ約5 mの砂岩泥岩互層で構成され、厚さ約50 cmの暗灰色泥岩と灰色から暗灰色の極細粒から細粒砂岩からなる。また、これらの砂岩泥岩互層からは、汽水生の二枚貝化石が多産し (図5, 図6E), *Thalassinoides* sp. などの生痕化石や炭質物、植物片も多く含む。軍ヶ浦の南西にある Loc. HII2 の砂岩泥岩互層には、層厚約1 mの緑色で緻密な珪質凝灰岩が挟まれ、この凝灰岩には最大0.3 mm程度の長石や黒雲母が特徴的に含まれている。なお、小高浜礫岩砂岩部層の上部では、汽水生の二枚貝化石を含む厚さ0.5～2 mの泥岩が砂質泥岩に粗粒化した後、厚さ0.5～3 mの細粒砂岩やチャネルを充填する粗粒砂岩で覆われる典型的な上方粗粒化のユニットも観察される (Locs. 0712, 0714)。

5. 産出化石

小高浜礫岩砂岩部層は *Crassostrea* sp. や *Ostrea* sp., *S. ushibukensis*, *C. ushibukensis*, *Leptosolen japonica* Ichikawa and Maeda, *M. trigonalis* などの汽水生の二枚貝化石を産する (図 7E~F, 図 8; Locs. 0714, 1121 など). これらの化石は生物擾乱の発達した泥岩から産出し, 多くは離弁殻が層理面と水平に配列して貝殻支持の密集層を形成するが, *Crassostrea* sp. や *M. trigonalis*, *C. ushibukensis* については, 自生産状を示す場合もある (図 6E; Locs. 0711, 0714).

志茂砂岩泥岩部層 (Shimo Sandstone and Mudstone Member) [新称]

志茂砂岩泥岩部層は, 軍ヶ浦層の上部層で, 主に泥岩優勢の砂岩泥岩互層からなり, ときに厚い砂岩と泥岩を挟む. 本部層最下部の泥岩優勢の砂岩泥岩互層は, 下位の小高浜礫岩砂岩部層の粗粒砂岩を整合で覆い (Loc. 0715), 本部層最上部の厚さ約 2 m 泥岩は, 崎津層の厚さ約 6 m の礫質粗粒砂岩によって覆われる (Loc. HS1).

1. 模式地

天草市天草町軍ヶ浦南東約 500 m から河浦町小高浜東方約 500 m にいたる海岸沿い (Loc. 0715~Loc. HS1).

2. 分布・層厚

調査地域における志茂砂岩泥岩部層は, 河浦町小高浜から同町西川内にかけて南北に分布する. 全層厚は約 460 m 程度である.

3. 対比

本部層は, 波多江 (1960) の H5 層上部と H6 層下部, Miki (1972) の F 層中部~上部, 田代・大塚 (1978) の U-IIIa 層上部と U-IIIb 層, 高井・佐藤 (1982) の He 層と Hf 層に相当する.

4. 岩相

志茂砂岩泥岩部層は, 厚さ 2~5 m の泥岩優勢の砂岩泥岩互層を主体とし, 単層厚約 2 m の中粒から粗粒砂岩と泥岩を挟む. 泥岩優勢の砂岩泥岩互層は, 層厚が約 1 m の黒色泥岩と厚さ約 50 cm の暗灰色細粒砂岩からなり, ときおり挟まれる細粒砂岩と泥岩の細密互層には, レンズ状層理やフレーザー層理が発達する. なお, レンズ状層理や波状層理は, この部層の上部で特に顕著に見られる. 砂岩泥岩互層の泥岩は, カキなどの汽水生の二枚貝化石を産するほか (図 5), *Thalassinoides* sp. などの生痕化石を多数含む. 互層の細粒砂岩は, 淘汰が良く, 斜交葉理が観察され, カレントリップルを形成する.

志茂砂岩泥岩部層を構成する白色から灰白色の中粒~粗粒砂岩は, アルコース質で淘汰は悪く, 主に亜角から亜円形の石英や長石からなり, 岩片も多く含まれる. これらの砂岩層は, 一般に級化構造をなし, 波長 1~3 m 程度のデューンを形成する. デューンの内部構造には, トラフ斜交層理や平板型斜交層理が発達する. 砂岩層の基底部には, 小規模なチャネル構造が見られ, 泥岩の剥ぎ取り礫やフルートキャストを伴う (Locs. HK1, HK3). ま

た, 潮汐堆積物が発達し, 粗粒砂岩には稀にマッドドレープを伴う潮汐バンドルが観察される (図 6G; Locs. HK3, HK4). 凝灰岩層は小高浜から崎津にいたる海岸沿いの 2 層準で確認され (Locs. HK1, HK5), それらは珪質で灰緑色を呈するシルトサイズの粒子からなる.

5. 産出化石

志茂砂岩泥岩部層の下部では, *M. trigonalis* と *C. ushibukensis* が泥岩中から産出し, 自生産状を示す個体も観察される (Loc. 0715). 志茂部層上部では, *Crassostrea* sp. や *Ostrea* sp., *S. ushibukensis* が泥岩優勢の砂岩泥岩互層から産出し (Loc. 0719), 厚さ数 cm のレンズ状の密集層を形成する.

崎津層 (Sakitsu Formation) [新称]

崎津層は天草下島西部地域の姫浦層群最上部の地層で, 砂岩または礫岩と泥岩優勢の砂岩泥岩互層からなり, 凝灰岩層が 3 層準で確認される (Locs. HS2, HS4, HS8, HS10; 図 4). 崎津層の下部は砂岩泥岩互層に加えて厚い礫岩や砂岩が特徴的で, 上部では礫岩層の挟みが少ない. 崎津層の最上部に特徴的な層厚 2~4 m の泥岩は, 古第三系福連木層の厚さ約 5 m の基底礫岩によって覆われている (Loc. HS9).

なお, 本調査では, これまで姫浦層群の上部とされていた今富の北東約 500 m (Loc. 1103) の泥岩から *Acarinina collectea* (Finlay) や *Subbotina* sp. などの浮遊性有孔虫化石や *Bulimina truncana* (Gümbel) や *Brizalina striatella* (Cushman), *Globobulimina* cf. *ezoensis* (Yokoyama) などの底生有孔虫化石が産出することを確認した (図 9). これらの有孔虫化石は, 古第三系の志岐山層から産出することが報告されている (Murata, 1961; 安田, 1984). さらに安田 (1984) は, 産出する浮遊性有孔虫化石から志岐山層を Berggren (1969) の Zone P. 10~P. 11 に対比し, 中部始新統の下部を示すことを述べている. したがって, 従来, 姫浦層群の最上部とされていた今富から小島間の山間部の地層は, 始新統の志岐山層に相当すると考えられる.

1. 模式地

天草市河浦町崎津における海岸沿い (Locs. HS1- HS6) と, 河浦町今富南東約 500 m の山間部 (Locs. HS7- HS9).

2. 分布・層厚

調査地域の崎津層は, 河浦町崎津海岸を南端として北方の今富や大川内にかけて分布するほか, 崎津トンネル南方の海岸沿いにも露出する. 本層は上位の下島層群によって不整合で覆われるため, その削剥量によって層厚に地域差が生じているが, 本調査地域では層厚が 550~650 m 程度である.

3. 対比

崎津層は, 波多江 (1960) の H6 層上部, Miki (1972) の G 層と H 層下部, 田代・大塚 (1978) の U-IVa 層と U-IVb 層下部, 高井・佐藤 (1982) の Hg 層下部に相当する.

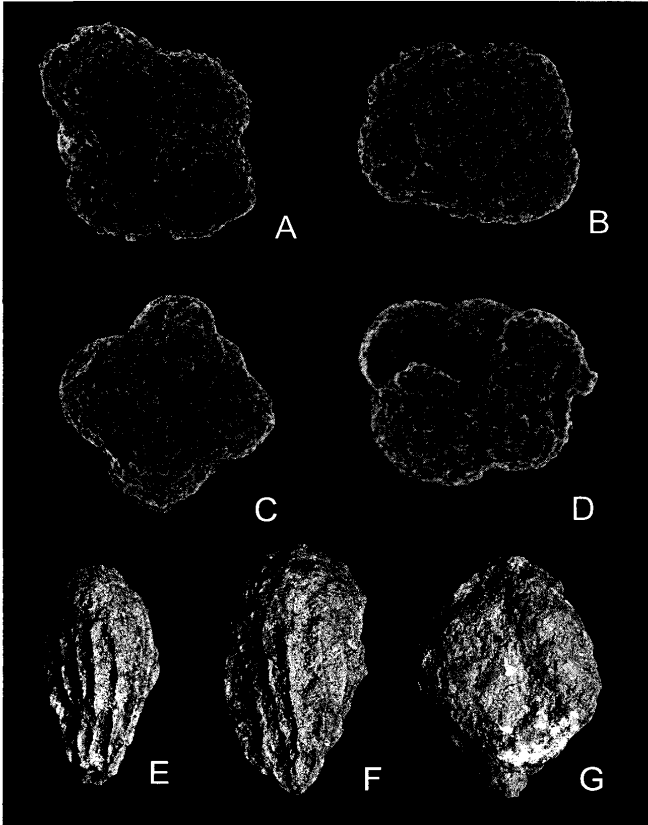


図9. 古第三系志岐山層から産出した有孔虫化石 (Loc. 1103).
 A-B. *Acarinina collectea* (Finlay), $\times 350$, A. KMSp-2620; B. KMSp-2621; C. *Acarinina* sp., $\times 350$, KMSp-2622; D. *Subbotina* sp., $\times 500$, KMSp-2623; E-F. *Bulimina truncana* Gumbel, $\times 180$ (E: KMSp-2624), $\times 200$ (F: KMSp-2625); G. *Globobulimina* cf. *ezoensis* (Yokoyama), $\times 200$, KMSp-2626.

4. 岩相

崎津層は、砂岩または礫岩と泥岩優勢の砂岩泥岩互層で構成され、上方細粒化ユニットの繰り返しからなる下部と、泥岩優勢の砂岩泥岩互層を主とし、厚い砂岩や礫岩を挟む上部に分けられる。礫岩は基質支持で、主に5~20 cm程度の球型や円盤型の礫が多く、礫種は下部で花崗岩などの火成岩類や泥質片岩などの結晶片岩類とチャート、砂岩、泥岩が卓越し、上部では石英や長石、砂岩の細礫が多い。また、稀に観察される礫支持礫岩には、覆瓦構造や礫の定向配列が観察され、礫の長軸が層理面に対して5~10°ほど傾いた状態で配列している (Locs. HS5, HS6 など)。砂岩は一般的に白色のアルコース質で、歪角や歪円形の石英や長石などの無色鉱物からなり、本層の下部では淘汰が悪い。泥岩優勢の砂岩泥岩互層は、単層厚約50 cmの灰色や暗灰色の泥岩と厚さ約10 cmの暗灰色や青灰色の細粒砂岩からなる。

崎津層の下部の上方細粒化ユニットは、礫岩や粗粒砂岩から泥岩優勢の砂岩泥岩互層に変化し、厚さ10~30 mのユニットを形成する。ユニットの下部は、層厚6~20 mの砂岩もしくは礫岩の繰り返しからなり、ユニット上部は厚

さ4~10 mの暗灰色泥岩あるいは泥岩優勢の砂岩泥岩互層からなる。ユニット下部の礫岩や砂岩は、深さ1~1.5 mのチャンネル構造を伴い、級化構造やトラフ型斜交層理を示す。また、トラフ型斜交層理は、波長2~3 mのデューンを形成する。上方細粒化ユニットの上部を構成する泥岩優勢の砂岩泥岩互層は、細粒砂岩や砂質泥岩および暗灰色の泥岩からなり、淘汰の悪い砂質泥岩や泥質砂岩には、レンズ状層理やフレーザー層理が発達し、まれにカレントリップルが観察される。泥岩は暗灰色でレンズ状の中粒~粗粒砂岩が挟まれ、この砂岩には斜交層理が観察される。また、泥岩優勢の砂岩泥岩互層からは、保存状態の悪い海生の二枚貝化石や放散虫化石を産する。

一方、崎津層の上部は、泥岩優勢の砂岩泥岩互層を主体とし、厚い細粒~中粒砂岩を挟む。砂岩は層厚約1~3 mで、まれに斜交層理が観察される。なお、この砂岩は、淘汰が非常に良く、浜里層や横浜層に特徴的な海生の二枚貝化石を産するHCS砂岩と極めて良く似ている。

珪質凝灰岩層は3層準で確認される。このうち崎津層下部の凝灰岩は (Loc. HS4)、層厚約3 mで灰緑色~淡緑色を示し、淘汰が良く、円磨度の低い長石や黒雲母などを特徴的に含んでおり、側方への連続性は比較的良いが、その他の淡緑色凝灰岩は、層厚が約30 cmと薄く側方への連続性も悪い。なお、崎津層下部の層厚は、約350 mで、調査地域における崎津層上部の層厚は、250~300 m程度である。

5. 産出化石

西部地域の崎津西方 (Loc. 0720) で *Ezonuculana* sp. などの二枚貝化石や放散虫化石を産するが、保存状態は極めて悪い。

潮汐および波浪卓越型の堆積環境

姫浦層群の堆積環境については、近年になって飛躍的に研究が進み、堆積相解析を用いた堆積環境の復元が天草上島東部や牛深市大島で行われている (熊谷・小松, 2004; 小松, 2004; 佐藤ほか, 2005; Komatsu and Naruse, 2006; Komatsu *et al.*, 2008)。天草上島の龍ヶ岳地域に露出する姫浦層群樋島層の下部 (サントニアン階) では、基盤岩を侵食した谷地形を埋積する河川や内湾成の堆積物とこれを覆う陸棚斜面の堆積物が報告され (Komatsu and Naruse, 2006; Komatsu *et al.*, 2008)、樋島層の中部では海底チャンネル (submarine channel) に伴う自然堤防 (levee) とその周辺の堆積物が卓越していたことが明らかになっている (佐藤ほか, 2005)。一方で天草下島南西にある大島では、陸棚の堆積物が分布し、波浪堆積物からなる外浜や内側陸棚の浅海環境と潮汐堆積物を主とする潮上帯から潮下帯にかけて発達した潮汐平底 (潮汐干潟) や潮汐流路などの極浅海の環境が広がっていたことが報告されている (熊谷・小松, 2004; 小松, 2004)。

本調査地域に露出する姫浦層群の堆積環境は、主に波浪

卓越型と潮汐卓越型の沿岸環境からなっており、大島に露出する姫浦層群と極めてよく似ている。波浪卓越型の環境を示す堆積物は、HCS 砂岩や HCS 砂岩と泥岩の互層、これらの堆積物に挟まれる斜交層理砂岩や厚い泥岩などであり、アンモナイトや二枚貝などの海生化石を多産することで特徴づけられる。斜交層理砂岩を伴う厚い HCS 砂岩は、静穏時の波浪限界以浅の環境である外浜で堆積したことを示し、HCS 砂岩と泥岩の互層は、静穏時の波浪限界と暴風時の波浪限界の間で形成されたと考えられている (Walker and Plint, 1992; Reading and Collinson, 1996)。

潮汐卓越型の環境を示す地層は、潮汐バンドルやマッドドレープを伴う斜交層理砂岩とこれらを伴う生物擾乱の発達した砂岩や泥岩、およびチャンネル充填型の礫岩や砂岩、泥岩であり、汽水生の二枚貝化石を多産する。潮汐バンドルやマッドドレープを示す砂岩は、潮間帯下部や潮下帯に発達する潮汐砂州を形成し、これらの堆積物に挟まれるチャンネル充填堆積物は、おそらく潮汐流路 (tidal channel や tidal creek) を埋積したものである (Dalrymple, 1992)。このような砂質の潮汐堆積物に挟まれる泥質堆積物には、レンズ状層理や波状層理が観察されるが、その多くは強い生物擾乱によって乱されている。この泥質堆積物は、マガキ類 (*Crassostrea* sp.) のコロニーや多くの汽水生の二枚貝化石を含むこと、また潮下帯の堆積物を伴うことから、淡水の流入がある潮間帯付近の潮汐平底堆積物と考えられる (図 6C, F, 図 8)。なお、この堆積物を削り込むチャンネルのうち礫岩や淘汰の悪い礫質砂岩で埋積されている堆積物は、干潟に流入する河川の堆積物である可能性が高いだろう。また、保存状態の悪いカキ化石と泥岩の同時礫で充填されているチャンネルも潮間帯の潮汐平底堆積物中でしばしば観察された。

これらの潮汐堆積物と波浪堆積物は、各々あるいは両方の堆積物によって、上方細粒化もしくは上方粗粒化を示すユニットを形成している。例えば大江湾の東部における横浜層から軍ヶ浦層の分布域では (Loc. 1220~Loc. 0928)、複数のユニットからなる厚さ約 70 m の波浪堆積物が上方に粗粒化しながら厚さ約 40 m の潮汐堆積物に変化している。また、軍ヶ浦の小高浜部層上部では (Loc. 0714)、層厚約 7 m の潮汐干潟堆積物が上方粗粒化し、厚さ約 10 m の潮下帯における潮汐チャンネル堆積物に変化する様子が観察される (図 8)。なお、波浪堆積物は、浜里層の下部や横浜層、崎津層の上部で発達し、浜里層中部や軍ヶ浦層では主に潮下帯から潮間帯の汽水成の潮汐堆積物からなるユニットが繰り返している。

現在の沿岸環境では、一般的に潮汐か波浪のどちらかの影響によって堆積のメカニズムが支配されているケースが多いが、姫浦層群が堆積した環境では、潮汐と波浪の両方の作用が影響していたことが考えられる。良く似た例は、アメリカ東部に露出する中部デボン系のマハタンゴ層 (Mahantango Fm.) で報告されており、同一堆積

盆地内で潮汐堆積物が波浪堆積物に側方変化する様子や両堆積物が繰り返し露出することが詳しく述べられている (Prave *et al.*, 1996)。Leckie and Walker (1982) では、数 km オーダーで礫質なストーム堆積物が潮汐堆積物に側方変化する様子がカナダの白亜系を例に示された。また、潮位差が大きく、強い潮汐流が卓越することで知られている現在の黄海沿岸でも、その沖合いでは波浪の影響が海底面に及んでいることが報告されている (Milliman *et al.*, 1989; Wang and Aubrey, 1987)。従って、同一堆積盆地内や狭い海域で波浪卓越型と潮汐卓越型の海域が認められるケースは、比較的普通に起こりえる現象だと思われる。なお、姫浦層群の下位にある“中部”白亜系アルピアン～セノマニアン階の御所浦層群でも、汽水成の潮汐堆積物と波浪堆積物が何度も繰り返す累重パターンが報告されており (Komatsu, 1999; Komatsu and Maeda, 2005)、九州北部に露出する古第三系の芦屋層群でも潮汐卓越型と波浪卓越型の堆積物が繰り返すことが述べられている (Sakakura, 2002; 坂倉, 2004)。このことは白亜紀中期から後期、そして古第三紀にかけての東アジア沿岸の一角では、潮汐作用と波浪作用の両方が卓越した海域が長期間に渡って広がっていた可能性を示唆するだろう。

Sphenoceramus などの二枚貝化石による 地質時代と問題点

本研究では、21 属 26 種の二枚貝化石が得られた (図 5, 図 7, 表 1)。産出化石の多くは、*Crassostrea* sp. や *Corbula ushibukensis*, *Mesochione trigonalis* などの汽水生の二枚貝化石と、*Glycymeris amakusensis*, *Loxo japonica*, *Apiotrigonia postonodosa*, イノセラムスなど海生の二枚貝化石であり、イノセラムス化石は浜里層や横浜層の露出する大江湾の両岸 (Locs. 0305, 1221 など) から産する。イノセラムス化石のうち *Sphenoceramus* 属は、*S. nagaoui*, *S. orientalis*, *S. schmidtii*, *S. sachalinensis* の 4 種が産出している。

Sphenoceramus 属は日本やサハリンの上部白亜系におけるイノセラムスの生層序を考える上で重要なグループである (Nagao and Matsumoto, 1940; 利光ほか, 1995)。中でも *Sphenoceramus naumanni* (Yokoyama) や *S. orientalis*, *S. schmidtii* は重要で、*S. orientalis* は前期カンパニアン期を示し (Toshimitsu, 1988; 利光ほか, 1995)、*S. schmidtii* の生存期間は前期カンパニアン期後期からマーストリヒシアン期に及ぶとされている (野田ほか, 1995; 安藤ほか, 2001)。北海道の上部蝦夷層群から産出する *S. nagaoui* は、*S. naumanni* とともに産することが報告されており、その生存期間は少なくともサントニアン期後期から前期カンパニアン期に及ぶ (利光, 1985; 野田ほか, 1995; 和仁・平野, 2000)。一方、*S. sachalinensis* は北海道の上部蝦夷層群最上部やサハリンに分布する上部蝦夷層群あるいは函淵層群の北方延長層であるクラスノヤルカ層から産出すること

が報告されており (Nagao and Matsumoto, 1940; 小玉ほか, 2002; 高橋ほか, 2003), クラスノヤルカ層ではカンパニアン期中期を示すアンモナイトの *Canadoceras kossmati* Matsumoto と *S. sachalinensis* や *S. schmidti* が共産している (小玉ほか, 2002).

しかし, *Sphenoceras* 属が地質時代の指標として重要であることが多くの研究者に指示されている一方で, このグループの分類学的な問題も数多く指摘されている (加納ほか, 1989; 田代ほか, 1995; 松田・生形, 1999). 田代ほか (1995) は, 北海道やサハリンで産する *S. schmidti* と西南日本の鳥屋城層や和泉層群, 姫浦層群で報告された *S. schmidti* では殻の膨らみや殻後縁部の特徴に若干の違いが認められることを指摘しており, 西南日本産の種については, その生存期間もマーストリヒチアン期に達することを報告している. さらに田代ほか (1995) では, *S. schmidti* に限らず, *Sphenoceras* に属する種の分類や生存期間を再検討する必要性を強く述べている. 松田・生形 (1999) は, このような問題を取り上げて *Sphenoceras* 属の肋の形態や密度などに注目し, *S. naumanni* や *S. orientalis*, *S. schmidti* の成長に伴う殻装飾の変化を調べ, 肋密度の種内および種間変異を明らかにし, 殻サイズが 3 cm 以下の *S. orientalis* の場合は *S. naumanni* や *S. schmidti* との識別が難しいことを述べている. なお, 本研究では, これらの問題を考慮して殻サイズが 3 cm 以上の *Sphenoceras* 属をサンプルとして扱った. また, *S. schmidti* については田代ほか (1995) で報告されている西南日本産型の殻形態を示す種 (田代ほか, 1995 の “*S. schmidti*”) であることを確認したものの, “*S. schmidti*” が *S. schmidti* と別種である可能性については, 現在のところ明らかにされていないため, 本論では両者を区別せず *S. schmidti* とした. 従って, 本論では野田ほか (1995) や田代ほか (1995) に従い, *S. schmidti* の生存期間を前期カンパニアン期後期からマーストリヒチアン期としている.

本調査地域では, *S. orientalis* と *S. nagaoi* が浜里層から共産し, *S. sachalinensis* と *S. schmidti* が横浜層から産出する. Tshimitsu (1988) や高橋ほか (2003) による北海道の白亜系の調査では, *S. orientalis* と *S. schmidti* の生存期間は一部重なるものの, 後者は前者より遅れて出現することを明らかにした. 姫浦層群では両者の生存期間は重複しないので, *S. orientalis* を産する浜里層は, 下部カンパニアン階上部の下部であり, *S. schmidti* と *S. sachalinensis* を産する横浜層は下部カンパニアン階上部の上部 (=カンパニアン階中部) と考えられる. *Sphenoceras* 属以外の二枚貝化石で詳しい地質時代を議論できる種は少ないが, 浜里層下部から産する *Inoceramus cycloides* や *I. ezoensis* は, サントニアン階上部からカンパニアン階の中部に特徴的である (野田ほか, 1995). また, 横浜層から産する *Portlandia obliquistriata* や *Nanonavis brevis*, *Nipponoctes tamurai*, *S. sachalinensis*, *Apiotrigonia postonodosa*, *Loxo-*

japonica は, 愛媛県の松山や西条の周辺と香川県の塩入や塩江周辺に露出する和泉層群のカンパニアン階からも産出しており (田代, 1993), 北海道の函淵層群のカンパニアン階でも *N. brevis* が産する (田代・山本, 1980; 田代, 1994).

汽水生の二枚貝である *Mesochione trigonalis* は, 浜里層や横浜層, 天草上島や宇土半島の姫浦層群からは産出しておらず, 軍ヶ浦層の黒瀬崎砂岩泥岩部層から初めて産出し, 小高浜礫岩砂岩部層や志茂砂岩泥岩部層の泥岩や砂質泥岩から頻りに産する. 汽水生の二枚貝は, 塩分や pH などの水質や堆積環境によって生息域が規制されているため, 化石の産出も岩相や堆積相に支配されるケースが多い. 実際に浜里層や横浜層, 軍ヶ浦層から産する汽水生の二枚貝は, 潮汐バンドルやレンズ状層理, 波状層理, フレーザ層理が発達する潮汐堆積物やこれらに挟まれる生物擾乱の発達した堆積物中のみ含まれている. ところが, 浜里層から軍ヶ浦層の潮汐堆積物から産する汽水生二枚貝化石の構成は, ほとんど変わっていないのに対して, *M. trigonalis* だけは浜里層や横浜層に認められず, その初産出は軍ヶ浦層の下部にある. 従って, *M. trigonalis* の出現は, 横浜層の堆積後, すなわちカンパニアン期中期以降の可能性もある. なお, Tashiro (1976) でも *M. trigonalis* の出現は, U-IIb (軍ヶ浦層黒瀬崎砂岩泥岩部層相当層) 以降とされており, 本調査の結果と矛盾していない.

崎津層からは今のところ時代決定に有効な化石が産出していない. しかし, 河浦町崎津の西方 (Loc. 0720) では, 保存不良ながらも放散虫化石や海生の二枚貝化石が産出しているため, 今後もさらに探求するべきである.

隣接する地域との対比

姫浦層群の分布地は, 熊本県の天草諸島や宇土半島, 鹿児島県の甕島列島などで, 南北 120 km 以上に及んでいる. このうち詳細な地質図が作成され, 層序や地質時代が検討されているのは, 天草上島の東岸である (植田・古川, 1960; 田代ほか, 1986). 天草下島については, 天草上島の姫浦層群と岩相が全く異なることや, 天草上島には露出していない上位の地層が分布することから, 天草下島でも模式的な層序を確立した上で天草上島の層序と対比することが試みられてきた (田代・野田, 1973; Tashiro, 1976). また, 波多江 (1959, 1960) や田代・大塚 (1978), 高井・佐藤 (1982) などは, 天草下島のいくつかの地域で地質や層序の検討を行っている. しかし, 地質構造が複雑なことや岩相の側方変化などによって地域ごとに産出化石の構成や岩相が異なっているため, 隣接する地域との対比が必ずしも上手くできていない. また, 地質時代の指標として有効な化石を産出する地域が限られていることも混乱の原因となっている. 例えば, 波多江 (1960) や高井・佐藤 (1982) は, 天草下島南部の地質図を作成し, 下島中央で南北に発達する一町田向斜を中心に本調査地

域と東部地域で同じ地層が露出することを報告しているが、下島東部地域の北部では、地質時代の指標になる化石が乏しいことや、対比された岩相ユニットの厚さやその特徴が全く異なっているため、対比の精度について疑問が残る。そのため、ここでは詳細な地質図や岩相層序が作成され、地質時代を検討する上で重要と考えられる地域について我々の予察的な調査結果を踏まえて対比を行う。

天草上島東岸に露出する姫浦層群の地質や層序については、Ueda (1962) や Tashiro (1976)、田代ほか (1986) によってまとめられた。田代ほか (1986) は、姫浦層群を下部の樋島層と上部の阿村層に区分し、樋島層を 3 部層に区分した上で樋島層の下部層からサントニアン期を示す *Inoceramus amakusensis* Nagao and Matsumoto を報告している。また、岩本ほか (2008) は、樋島層上部層と阿村層の有孔虫化石や放散虫化石を調べた結果、サントニアン階とカンパニアン階の境界が阿村層の下部か樋島層の最上部にあることや、サントニアン階～カンパニアン階の中部に特徴的な *Dictyomitra koslovae* 群集帯とカンパニアン階上部を示す *Amphipyndax tylotus* 群集帯の境界が阿村層上部層の上部にあることを明らかにしている。一方で天草下島では、*S. orientalis* と *S. nagaii* を産する浜里層がカンパニアン階下部であり、*S. sachalinensis* と *S. schmidtii* が共産する横浜層は、カンパニアン階中部である。そのため、天草下島の浜里層と横浜層は、天草上島の阿村層の下部から上部の下半部に概ね対比される。

軍ヶ浦層に相当する地層は、天草下島東部の^{ふかみ}深海町周辺に露出することが報告されている (田代・大塚, 1978; 高井・佐藤, 1982)。しかし、この付近から産出する化石の構成は、本調査地域の軍ヶ浦層と異なっており、岩相の変化や層厚も一致していない。例えば深海地域から産出する化石は、天草下島西部の軍ヶ浦層に特徴的な *M. trigonalis*, *C. ushibukensis*, *Crassostrea* sp., *Septifer ushibukensis* などの汽水生二枚貝化石に加えて、*N. brevis*, *G. amakusensis*, *L. japonica*, *Inoceramus ezoensis* などの海生の二枚貝化石が多産しており (Tashiro, 1976; 田代・大塚, 1978; 高井・佐藤, 1982)、海生化石を多く含む点で深海地域の地層は軍ヶ浦層と異なっている。なお、予察的な報告ではあるが、深海湾南岸の泥岩からは、ヨーロッパの上部サントニアン階を定義する *Dicarinella asymetrica* Sigal などの有孔虫化石が産出しているため、本調査地域に露出する姫浦層群よりも下位の地層が露出している可能性が高い。すなわち、天草下島の中央を南北に分布する一町田向斜を挟んで東部と西部に露出する地層が必ずしも同時代の地層とは限らない可能性がある。

田代・大塚 (1978) や高井・佐藤 (1982) によると崎津層に相当する地層は、天草下島の羊角湾の南部から^{おにきさき}魚貴崎や天草下島南西の久玉地域に露出する。久玉地域には田代・大塚 (1978) の岩相ユニット U-III と U-IV が露出し、姫浦層群の上部から最上部が分布することが示されている。田代・大塚 (1978)、Tashiro and Otsuka (1980, 1982)

は、礫岩層を伴う砂岩頁岩互層をユニット U-IV b とし、このユニットから *Glycymeris japonica* Tashiro, *Nanonavis turgida* Tashiro, *S. ushibukensis*, *Anomia (Paraplacuna) reticularis* Tashiro and Otsuka, *Clisocolus japonica* Tashiro and Otsuka, *Crassatella* (?) sp. aff. *Crassatella* (?) *protracta*, *Agnomyax elegans* Tashiro, *Amakusatapes ovatus* Tashiro and Otsuka などを報告している。地質時代については、*Paraplacuna* がイギリスの暁新統から産出し、*Crassatella* (?) *protracta* はマダガスカル^のダニアン階から産出することを述べた上で、姫浦層群の最上部である U-IV b と U-IV c が古第三系の可能性を示唆している (Tashiro *et al.*, 1980; Tashiro and Otsuka, 1980, 1982)。なお、本調査地域で田代・大塚 (1978) のユニット U-IVb に対比される地層は、おそらく崎津層の上部と考えられる。崎津付近の崎津層と久玉地域の U-IVb の両層は、礫岩層を伴う砂岩泥岩互層であり、下部に泥岩優勢の砂岩泥岩互層が発達し、中部に薄い砂岩層と泥岩層からなる互層が発達することを特徴としている。久玉地域における予察的な調査では、これらの互層を形成する砂岩は、HCS の発達した細粒砂岩が生物擾乱の著しい砂岩を主体とすることが明らかになったため、崎津地域と久玉地域では、堆積環境についても類似していた可能性がある。また、層厚についてはそれぞれの地域内で側方変化があるものの、両地域の層厚は共に 450 m 程度である。しかし、崎津層から産出する放散虫化石や海生の二枚貝化石は、産出量が少なく保存状態も悪いため、崎津層の堆積した時代については今後も検討を要するだろう。なお、本調査地域では、田代・大塚 (1978) の U-IVc に相当する地層は露出していない。

まとめ

- 1) 天草下島西部に分布する姫浦層群は、岩相により下位から中粒～粗粒砂岩と泥岩の互層からなる浜里層 (新称)、泥岩優勢の砂岩泥岩互層からなる横浜層 (新称)、砂岩泥岩互層を主として厚い粗粒砂岩をとまなう軍ヶ浦層 (新称)、砂岩礫岩層と泥岩からなる崎津層 (新称) の 4 層よりなる。さらに、軍ヶ浦層は下位から、泥岩優勢の砂岩泥岩互層と厚い砂岩の繰り返しからなる黒瀬崎砂岩泥岩部層 (新称)、礫質粗粒砂岩や礫岩が優勢で砂岩泥岩互層との繰り返しからなる小高浜礫岩砂岩部層 (新称)、泥岩優勢の砂岩泥岩互層と厚い泥岩と砂岩を挟む志茂砂岩泥岩部層 (新称) の 3 部層に区分される。
- 2) 堆積物は、主に潮汐バンドルやマッドドレープで特徴づけられる潮汐堆積物と HCS 砂岩や HCS 砂岩と泥岩の互層を主とする波浪堆積物からなっており、波浪堆積物は浜里層の下部や横浜層、崎津層の上部で卓越し、潮汐堆積物は浜里層の上部や軍ヶ浦層に特徴的である。
- 3) 本調査地域の姫浦層群からは、少なくとも 21 属 26 種の二枚貝化石と 2 属 2 種のアンモナイトが産出する。姫浦層群の地質時代は、浜里層から横浜層にかけ

て *Sphenoceras nagaai* や *S. orientalis*, *S. sachalinensis*, *S. schmidti* が産することから、カンパニアン階の下部～中部に相当する。

4) 天草下島に分布する姫浦層群は、これまで西部地域と東部地域で同じ地層あるいは同じ岩相ユニットとして対比されていたものでも岩相や地質年代が全く異なっている可能性があるため、地域ごとに有孔虫や放射虫などの微化石を検討した上で、地質図や層序を再検討する必要がある。

謝辞

本研究を行うにあたって、熊本大学の豊原富士夫博士からは、本調査地域の基盤との不整合露頭や変成岩類について貴重なご助言を頂き、熊本大学自然科学研究科の石田直人博士には、微化石の試料採集に同行して頂いた。野田雅之博士には、イノセラムス化石の分類や白亜系の生層序、対比、研究史などに関連した多くの有益な御助言を頂いた。査読者である産業技術総合研究所の利光誠一博士と徳島県立博物館の辻野泰之博士からは、上部白亜系大型化石の生層序や対比について重要なご意見を頂き、本論を改善することができた。また、野外調査を行う際に、河浦町の西村材木店には宿泊施設を提供して頂いた。

文献

- 安藤寿男・友杉貴茂・金久保勉, 2001. 北海道中頓別地域における上部白亜系～暁新統函淵層群の岩相層序と大型化石. 地質学雑誌, **107**, 142-162.
- Berggren, W. A., 1969. Cenozoic chronostratigraphy, planktonic foraminiferal zonation and the radiometric time scale. *Nature*, **224**, 1072-1075.
- Dalrymple, R. W., 1992. Tidal depositional systems. In Walker, R. G. and James, N. P., eds., *Facies models: Response to sea level change*. 3rd ed., 195-218. Geological Association of Canada, Stittsville, Ontario.
- 波多江信広, 1959. 熊本県天草下島における上部白亜系と古第三系との境界について. 鹿児島大学理科報告, **8**, 101-111.
- 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**, 61-107.
- 岩本忠剛・小松俊文・高橋 修・高嶋礼詩・西 弘嗣, 2008. 熊本県上天草上島に分布する上部白亜系姫浦層群の複合生層序と地質時代. 日本古生物学会 2008 年例会講演予稿集, 12.
- 加納 学・利光誠一・田代正之, 1989. 鹿児島県甕島地域の姫浦層群の層序と堆積相. 高知大学学術研究報告, **38**, 157-172.
- 小玉一人・前田晴良・重田康成・加瀬友喜・竹内 徹, 2002. ロシア・サハリン州南部ナイバ川(内淵川)流域に分布する白亜系上部の化石層序と古地磁気層序. 地質学雑誌, **108**, 366-384.
- Komatsu, T., 1999. Sedimentology and sequence stratigraphy of a tide- and wave-dominated coastal succession: the Cretaceous Goshoura Group, Kyushu, southwest Japan. *Cretaceous Research*, **20**, 327-342.
- 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: 天草地域の白亜系から産出する二枚貝の生息域とジュラ紀～白亜紀マガキ類の古生態について. 化石, (76), 76-89.
- Komatsu, T. and Maeda, H., 2005. Stratigraphy and fossil bivalve assemblages of the mid-Cretaceous Goshoura Group, southwest Japan. *Paleontological Research*, **9**, 119-142.
- Komatsu, T. and Naruse, H., 2006. Transgressive progression from siliciclastic shelf to basin environment within the Cretaceous Himenoura Group. *Field Excursion Guidebook, ISC 2006 Fukuoka Japan*, FE-B9, 14p.
- Komatsu, T., Ono, M., Naruse, H. and Kumagae, T., 2008. Upper Cretaceous depositional environments and bivalve assemblages of far-east Asia: the Himenoura Group, Kyushu, Japan. *Cretaceous Research*, **29**, 489-508.
- 近藤謙介・小松俊文・岩本忠剛・高嶋礼詩・西 弘嗣・高橋 修, 2008. 熊本県天草市牛深町に分布する上部白亜系姫浦層群の地質時代. 日本古生物学会 2008 年例会講演予稿集, 12.
- 熊谷太朗・小松俊文, 2004. 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. 化石, (76), 63-75.
- 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. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **66**, 138-157.
- 松田昌之・生形貴男, 1999. 白亜紀二枚貝 *Sphenoceras* (イノセラムス科) の殻彫刻の変異. 静岡大学地球科学研究報告, **26**, 1-15.
- 松本達郎・小島郁生・田代正之・太田喜久・田村 実・松川正樹・田中 均, 1982. 本邦白亜系における海生・非海生層の対比. 化石, (31), 1-26.
- Matsumoto, T. and Ueda, Y., 1962. The Type Himenoura Group -appendices, palaeontological notes. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series D, Geology*, **12**, 161-178.
- 松下久道・高井保明・高橋良平・浦田英夫・岩橋 徹・小原浄之助・富田幸臣・太田一也, 1959. 天草下島における白亜系と古第三系の境界について. 有孔虫, (10), 30-33.
- Miki, T., 1972. Cretaceous-Tertiary unconformity in the western part of Amakusa-Simosima. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series D, Geology*, **21**, 218-237.
- Milliman, J. D., Qin, Y. and Park, Y. H., 1989. Sediments and sedimentary processes in the Yellow and East China seas. In Taira A. and Masuda, F., eds., *Sedimentary facies in the active plate margin*, 233-249. Terra Scientific Publishing, Tokyo.
- Murata, S., 1961. Paleogene microbiostratigraphy of north Kyushu, Japan. *Bulletin of the Kyushu Institute of Technology*, (8), 1-90.
- 長尾 巧, 1922. 天草の地質報略(一). 地質学雑誌, **29**, 41-56.
- 長尾 巧, 1924. 九州に於ける白亜紀層と古第三紀の境界に就いて. 地質学雑誌, **31**, 277-288.
- Nagao, T. and Matsumoto, T., 1940. A monograph of the Cretaceous *Inoceramus* of Japan. *Journal of the Faculty of Science of the Hokkaido Imperial University, Series 4*, **6**, 1-64.
- Noda, M., 1983. Notes on the so-called *Inoceramus japonicus* (Bivalvia) from the Upper Cretaceous of Japan. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan. New Series*, **142**, 354-365.
- 野田雅之・大塚雅勇・加納 学・利光誠一, 1995. 九州御船層群ならびに姫浦層群より産出する白亜紀イノセラムス. 大分地質学会誌特別号, **2**, 1-95.
- 小原浄之介, 1960. 天草下島の古第三系・白亜系の砂岩(その2). 有孔虫, (11), 15-24.
- 大塚雅勇・田代正之, 2001. 天草地質図. 御所浦町全島博物館構想推進協議会.
- Prave, A. R., Duke, W. L. and Slattery, W., 1996. A depositional model for storm- and tide-influenced prograding siliciclastic shorelines from the Middle Devonian of the central Appalachian foreland basin, USA. *Sedimentology*, **43**, 611-629.
- Reading, H. G. and Collinson, J. D., 1996. Clastic coasts. In Reading, H. G., ed., *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraph*, 154-229. Blackwell Science, Oxford.
- Sakakura, N., 2002. Taphonomy of the bivalve assemblages in the upper part of the Paleogene Ashiya Group, southwestern Japan. *Paleontological Research*, **6**, 101-120.
- 坂倉範彦, 2004. 潮汐環境の堆積物: 日本の干潟の理解に向けて. 化石, (76), 48-62.

- 佐藤 壮・熊谷太朗・永田紘樹・小野麻依子・小松俊文, 2005. 白亜系姫浦層群の海底レビィーからオーバークンク堆積物に含まれる二枚貝化石群. 三笠市博物館紀要, (9), 1-10.
- 高井保明・佐藤博之, 1982. 魚貫崎及び牛深の地質. 地域地質研究報告, 5 万分の 1 地質図幅, 地質調査所, 87p.
- 高橋昭紀・平野弘道・佐藤隆司, 2003. 北海道天塩中川上部白亜系の層序と大型化石群の特性. 地質学雑誌, **109**, 77-95.
- 高柳洋吉・安田尚登, 1980. 姫浦層群より浮遊性有孔虫の産出. "Cretaceous", (3), 15p. 文部省科学研究費補助金総合研究 (A), 334043.
- 武田賢治・西村祐二郎・板谷徹丸・早坂康隆, 2002. 九州西部, 野母半島・天草下島に産する高度変成岩類. 日本地質学会第 109 年学術大会講演要旨, 170.
- Tashiro, M., 1976. *Bivalve fauna of the Cretaceous Himenoura Group in Kyushu*. Palaeontological Society of Japan, Special Papers, **19**, 102p.
- Tashiro, M., 1978. On some interesting bivalves from the Cretaceous Himenoura Group in Kyushu. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, **110**, 319-329.
- 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, **42**, 104-155.
- 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, **43**, 1-42.
- 田代正之・前田晴良・利光誠一・早川浩司・加納 学・新川直子, 1995. 西南日本の上部白亜系から産する "*Sphenoceras schmidti* (Michael, 1899)" について. 高知大学学術研究報告, **44**, 27-46.
- 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的研究. 高知大学学術研究報告, **27**, 113-134.
- 田代正之・山本勝吉, 1980. 本邦産のいわゆるナノナビス (白亜紀二枚貝) とその生存期間. 高知大学学術研究報告, **29**, 1-12.
- Tashiro, M. and Otsuka, M., 1980. Bivalve fossils from the uppermost formation of the upper Himenoura Subgroup in Amakusa-Shimajima island, Kyushu (Part1). *Memoir of the Faculty of Science, Kochi University Series E, Geology*, **1**, 41-57.
- Tashiro, M. and Otsuka, M., 1982. Bivalve fossils from the uppermost formation of the upper Himenoura Subgroup in Amakusa-Shimajima island, Kyushu (Part2). *Memoir of the Faculty of Science, Kochi University Series E, Geology*, **3**, 7-22.
- Tashiro, M., Taira, A. and Matsumoto, T., 1980. Biostratigraphy and depositional facies of the Cretaceous-Tertiary boundary strata in Amakusa-Shimajima, Kyushu, western Japan. *Cretaceous Research*, **1**, 13-26.
- 田代正之・谷内康浩・岡村 真・安田尚登・前田晴良, 1986. 天草・姫浦層群下部亜層群の堆積環境に関する研究. 高知大学学術研究報告, **35**, 151-179.
- 利光誠一, 1985. 北海道羽幌川上流地域白亜系の生層序と堆積相. 地質学雑誌, **91**, 599-618.
- 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・松本達郎・野田雅之・西田民雄・米谷盛寿郎, 1995. 本邦上部白亜系の大化石-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.
- 豊原富士夫・村田正文・小松俊文, 2004. 天草下島からの“中部”白亜系の発見とその構造発達史上の問題点. 日本地質学会第 111 年学術大会講演要旨, 54.
- Ueda, Y., 1962. The type Himenoura Group. *Memoirs of the Faculty of Science of the Kyushu University, Series D, Geology*, **12**, 129-160.
- 植田芳郎・古川允凡, 1960. 天草上島の姫浦層群. 九州大学理学部研究報告 (地質), **5**, 14-35.
- 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*. 3rd ed., 219-238. Geological Association of Canada, Stittsville, Ontario.
- Wang, Y. and Aubrey, D. G., 1987. The characteristics of the China coastline. *Continental Shelf Research*, **7**, 329-349.
- 和仁良二・平野弘道, 2000. 北海道西部古丹別地域の上部白亜系大型化石層序. 地質学雑誌, **106**, 171-188.
- 安田尚登, 1984. 熊本県天草下島古第三系の微化石層序. 日本の古第三系の生層序と国際対比. 文部省科学研究費補助金総合研究 (A), 89-94.
- 吉田三郎・田代正之・大塚雅勇・中里浩也, 1985. 熊本県天草下島の姫浦層群上部亜層群の地質の再検討. 化石, (38), 17-22.

