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-shimojima 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 Shimojima, 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 *Sphenoceramus*. The geological age of the group is determined from age-diagnostic inoceramid species. The Hamasato Formation contains *Sphenoceramus orientalis* (Sokolow) and *S. nagaoi* (Matsumoto and Ueda), indicating lower Campanian deposition, while *S. schmidti* (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-shimojima, 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). その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

Nagao (1922)	Hatae (1960)		Miki (1972)		Tashiro and Otsuka (1978)			Takai and Sato (1982)		This paper			
				Paleogene		Paleogene			Paleogene				
Paleogene	Paleogene			L		Em.	U-IVc		, aut	Paleogene			
1 aleogene		\sim	Himenoura Group	п		Upper Fm. Upper-most	U-IVb		Hg	\uparrow		$\sim\sim$	
		н		G	Upper Himenoura Subgroup		U-IVa	Group			Sakitsu Formation		
	Group	hop Fault H5		F			U-Ⅲb	noura (Hf	enoura Group	tusagaura Formation	Shimo Sandstone and	
	lra (U-Ⅲa	Hime	He				
	imenol			E					Hd			 Kotakahama Conglomerate and Sandstone Member 	
	Т			D		Ē	U-Ib		Hc	Ĕ		Kurosezaki	
		H3		С		Middle F					≚	Mudstone Member	
		H2					U-Ia				Yokohama Formation		
Group		Н1		В					Hb		Hamasato Formation		

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) 带, I. orientalis (=Sphenoceramus orientalis) 带, I. balticus 带 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甑島列島の白 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、フィッショ 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一第三紀(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性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)、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(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「荒浜礫岩 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部層に区分され 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 でに傾斜しており,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 万が池の北方約250m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1~3m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350m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,島原瀬から鵜瀬までの海岸沿 い(Loc. HO1-Loc. HO3).

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350m,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 450m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-IIa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4~5mの砂岩からなり,厚さ約1~2mの 細粒砂岩層と厚さ0.5~1m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2~3m,砂岩層は5~80cm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2m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 $0.2 \sim 2 \text{ m}$ の暗灰色泥岩と厚さ $0.1 \sim 1 \text{ m}$ の泥質細粒砂岩や $1 \sim 3 \text{ m}$ 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2~3m 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0.5~1m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60cmの白色~淡 緑色を呈する珪質凝灰岩と,厚さ約20cm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200m, 北方へ約500mにかけての地域であり、化石を含む地 層の層厚は、200m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 & 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 で配列しており、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 nagaoi (Matsumoto and Ueda), Sphenoceramus orientalis (Sokolow), アンモナイトのGhyptoxoceras sp. や Pohyptychoceras 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. ~ *Agnomyax elegans*), 浅海性の二枚貝 (*Agnomyax elegans* ~ *Sphenoceramus* 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.

\smallsetminus			lkus			
	Hamasato Formation	Yokohama Formation	Kurosezaki Sandstone and Mudstone Member	Kotakahama Conglomerate and Sandstone Member	Shimo Sandstone and Mudstone Member	Sakitsu Formation
Bivalves						
Crassostrea sp.	0307, 0308, 0412, 0413	1218, 1004	0927, 0928, 0929, 0930, 0931, 0932, 0933, 0934, 0936, 0938	1120, 1122, 0712, 0714, 1002	0718, 0719	
Ostrea sp.	0307, 0411, 0412, 0413	1004	0932, 0933, 0936, 0938	1120, 1121, 0712, 1002	0716, 0717, 0719	
Septifer ushibukensis	0307, 0411, 0412, 0413	1004, 0708	0934, 0936	1120, 1121, 0712, 1002, 0714	0719	
Brachiodontes nankoi	0307					
Leptosolen japonica				1121, 1122, 0714		
Mesochione trigonalis			0935, 0937, 0938	1120, 1121, 1122, 0711, 1002, 0714	0715	
Corbula ushibukensis	0306		0933, 0935, 0936, 0938	1120, 1122, 0711, 0712, 1002, 0714	0715	
Agnomyax elegans			0935, 0938	1002		
Loxo japonica	0303, 0304	0708, 1006				
Apiotrigonia postonodosa	0303	0708, 1006				
Yaadia sp.	0303					
Glycymeris amakusensis	0303, 0304, 0305	0708, 1005, 1006				
Acila hokkaidoensis	0303					
Nanonavis sachalinensis	0303, 0305					
Nanonavis brevis		0708				
Nucula sp.	0303	0708				
Ezonuculana mactraeformis		0708, 1218				
Ezonuculana sp.						0720
Malletia sp.	0303					
Potlandia obliquistriata		0708				
Nippononectes tamurai	0305	0708				
Inoceramus ezoensis	0303, 0304					
Inoceramus cycloides	0303					
Inoceramus sp.	0304	1005, 1006				
Sphenoceramus nagaoi	0305					
Sphenoceramus orientalis	0305					
Sphenoceramus schmidti		1006				
Sphenoceramus sachalinensis		1219, 1220, 1221				
Sphenoceramus sp.	0303					
Ammonoids						
Polyptychoceras sp.	0304, 0305					
Glyptoxoceras 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.砂粒子は亜角から亜円形で淘汰は良い.



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,×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,×1.0, 横浜層, Loc. 1218; C. Loxo japonica (Amano), KMSP-2603, 右殻外側のゴム型,×1.0, 横浜層, Loc. 0708; D. Glycymeris amakusensis Nagao, KMSP-2604, 左殻内側のゴム型,×1.0, 横浜層, Loc. 0708; E-F. Mesochione trigonalis Tashiro,×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.,×1.0, 浜里層, Loc. 0308, 右殻外側のゴム型(K: KMSP-2605)) および右殻外側(F: KMSP-2606); G-H. Crassostrea sp.,×1.0, 浜里層, Loc. 0308, 右殻外側のゴム型(K: KMSP-2607)) および右殻内側のゴム型(H: KMSP-2608); I. Nippononectes tamurai Tashiro, KMSP-2609, 右殻外側のゴム型,×1.0, 浜里層, Loc. 0306; J-L. Sphenoceramus sachalinensis Sokolow,×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 nagaoi (Matsumoto and Ueda), KMSP-2613, 左殻外側のゴム型,×1.0, 浜里層, Loc. 0305; N-O. Sphenoceramus orientalis Sokolow,×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(C: KMSP-2615, Loc. 0305), 浜里層; P. Sphenoceramus schmidti Michael, KMSP-2616, 右殻外側のゴム型,×1.0, 横浜層, Loc. 1006; Q. Inoceramus cycloides Wegner, KMSP-2617, 左殻外側,×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2m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散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 と泥岩から産出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 Sphenoceramus schmidti (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 Sphenoceramus sachalinensis (Sokolow), Ezonuculana mactraeformis (Nagao) やアンモナイト化石の破片殻が散在 的に産出する.なお、西部地域の大江湾東岸(Loc.1221) では放散虫化石を産するが,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 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2kmの黒瀬崎から 河浦町小高浜東約500mに至る海岸沿いで(Loc. KIK1~ Loc. HS1), 全層厚は約1200m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3m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. HII).

1. 模式地

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

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360m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7~25mの上方細粒化ユニット の繰り返しからなり、全層厚は、約140m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2~20m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、全般的に アルコース質で主に亜角や亜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 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220mで、 砂岩泥岩互層が卓越し、2~5m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1m



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6m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6m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1kmから軍ヶ浦南東約500m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10m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、多くは亜角や 亜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 程度の亜円礫 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5m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5m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. HI2 の砂岩泥岩互層には, 層厚約1m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0.5~2mの泥岩が砂質泥岩に粗 粒化した後,厚さ0.5~3m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2m泥岩は、崎津層の厚さ約6m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460m 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2~5mの泥岩優勢の砂岩泥 岩互層を主体とし、単層厚約2m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1m の黒色泥岩と厚さ約50cm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1~3m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 フ型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2~4mの泥岩は,古第 三系福連木層の厚さ約5m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 collactea (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).

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 collactea (Finlay), ×350, A. KMSP-2620; B. KMSP-2621; C. Acarinina sp., ×350, KMSP-2622; D. Subbotina sp., ×500, KMSP-2623; E-F. Bulimina truncana Gümbel, ×180 (E: KMSP-2624), ×200 (F: KMSP-2625); G. Globobulimina cf. ezoensis (Yokoyama), ×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、亜角や亜円形の石英 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10~30mの ユニットを形成する.ユニットの下部は、層厚6~20m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4~10m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1~1.5mの チャネル構造を伴い、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2~3m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1~3m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3m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30cm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350mで, 調査地域における崎津層上部の層厚は,250~300m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70mの波浪堆積物が上方 に粗粒化しながら厚さ約40m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7mの潮汐干潟堆積物が上方粗粒化し、厚さ約10m の潮下帯における潮汐チャ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"白亜系アルビアン ~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. nagaoi, S. orientalis, S. schmidti, 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. schmidti 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. schmidti 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. nagaoi 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, Sphenoceramus 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, Sphenoceramus 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 Sphenoceramus 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3cm以上のSphenoceramus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. Toshimitsu (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. Sphenoceramus 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 & Nanonavis brevis, Nippononectes 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 泥岩から頻繁に産する. 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 ザー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にのみ含まれている. 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の中期以降 の可能性がある. 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 児島県の甑島列島などで,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. nagaoi を産する浜里層がカ ンパニアン階下部であり, S. sachalinensis と S. schmidti 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魚貫崎や 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-Nb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-IVbとU-IVc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か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450m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もなう軍ヶ 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 砂岩泥岩五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 Sphenoceramus nagaoi 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散虫な 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. 鹿児島県甑島地域の 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 Sphenoceramus (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・小畠郁生・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・ 富田宰臣・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 Inoceranus 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. *Trasactions 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バ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. Trasactions 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"Sphenoceramus 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 境界付近の層位学的研究. 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-Shimojima 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-Shimojima 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-Shimojima, 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.
- 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.

