和歌山県有田川地域の外和泉層群二川層より産する上部白亜系サントニアン 階 – カンパニアン階軟体動物化石

御前明洋

北九州市立自然史·歷史博物館

Santonian–Campanian (Upper Cretaceous) molluscan fossils from the Futakawa Formation, Sotoizumi Group in the Aridagawa area, Wakayama, southwestern Japan

Akihiro Misaki

Kitakyushu Museum of Natural History & Human History, 2-4-1 Higashida, Yahatahigashi-ku, Kitakyushu, Fukuoka 805-0071, Japan (misaki_a@kmnh.jp)

Abstract. Upper Cretaceous molluscan assemblages are recognized from the Futakawa Formation at seven localities in the western part of the Aridagawa area, Wakayama, southwestern Japan. The assemblages contain ammonoids and inoceramids such as *Texanites (Plesiotexanites) kawasakii, Polyptychoceras (Polyptychoceras)* cf. *obstrictum, P. (Subptychoceras)* cf. *yubarense, Inoceramus amakusensis,* and *Sphenoceramus nagaoi,* and they suggest that the strata at these localities are correlated to the Santonian–lower Campanian. Results of this and previous studies in the Aridagawa area reveal the details of the Santonian to Campanian molluscan composition of the Sotoizumi Group in this area. The Santonian to lower Campanian ammonoid and inoceramid fauna of the Sotoizumi Group is similar to that of the Himenoura Group. These groups, in contrast to the Yezo Group, rarely contain *Tetragonites* and *Damesites* in the horizons with abundant specimens of *Gaudryceras, Texanites,* and *Polyptychoceras.*

Key words: ammonoids, Aridagawa area, Campanian, inoceramids, Santonian, Sotoizumi Group

はじめに

西南日本外帯の秩父帯に位置する和歌山県の有田川地 域には下部-上部白亜系が広く分布し, 西南日本におけ る代表的な白亜系分布地域の一つとして, 古くから産出 化石や層序についての研究がさかんに行われてきた(例 えば, Yokoyama, 1894; Yabe, 1915; 長尾, 1926; 中村, 1926; 井上, 1933a, b; 松本, 1947; 平山 · 田中, 1956a, b; 田中, 1985; 田代・川村, 1995; Komatsu, 1999). 最近で lt, Misaki et al. (2008), Misaki and Maeda (2009, 2010a, b), Misaki and Ohara (2011), Iba et al. (2011), Shigeta et al. (2012), 栗島ほか (2013) らにより, この地域に おいて比較的連続した層序を観察できるいくつかのルー トの存在が明らかにされるとともに、アルビアン階から マーストリヒチアン階の多様な大型化石の産出が報告さ れ,白亜紀の北西太平洋域の生物相やその変遷,古環境, 構造発達史などに関する様々な議論が行われている. 一 方で,地質構造が複雑なことや,地層の露出状況があま り良くないこと、一般的に化石の保存状態が良くないこ となどの影響のため,有田川地域の白亜系層序や産出化 石に関しては、まだ不明点も多い. これらの解明に向け、 さらなるデータの蓄積が必要である.

本研究により、有田川町下津野から徳田にかけての地 域(図1)に分布する外和泉層群二川層よりサントニア ン階-カンパニアン階下部(サントニアン階あるいは, カンパニアン階下部であり、どちらであるか決定できな い場合、本稿内では以下このように示す)の軟体動物化 石が多数採集された.これまで,同じ地層から産出した と思われる軟体動物化石のいくつかについては産出化石 リスト中に示されたことはあったが(平山・田中, 1956b; 小畠, 1999),本研究によって、より多くの種類の化石の 産出が明らかになるとともに詳細な産出地点が明らかに なったので、本稿ではこれらの軟体動物化石の主なもの を図示して報告を行う.また、有田川地域のサントニア ン階からカンパニアン階にかけての層序や含まれる軟体 動物群の特徴について議論を行う.なお、本研究で用い た化石は和歌山県立自然博物館(WMNH)に収蔵され ている.

研究史

有田川地域西部に位置する本調査地域周辺の地質については、平山・田中(1956b)によってその大枠が示されている.彼らは、本調査地域には主に外和泉層群の御

霊層と二川層が分布し、北東部の一部に金屋層が分布すると考えた.また、平山・田中(1956b)は、Yabe(1927)が金屋層から報告した"Sharpeiceras aff. naviculare" (Mantell)がRomanicerasである可能性があるという Matsumoto(1954)の指摘を引用し、金屋層はセノマニアン階からチューロニアン階に対比されると考えた.さらに、平山・田中(1956b)は、御霊層からInoceramus uwajimensis Yehara, Inoceramus (Sergipia) akamatsui Yehara (= Didymotis akamatsui (Yehara)), Polyptychoceras cf. obstrictum (Jimbo)などの産出を、二川層から Polyptychoceras cf. haradanum (Yokoyama), Inoceramus cf. ezoensis Yokoyama などの産出を報告し、それぞれコニアシアン階と、サントニアン階からカンパニアン階に

対比した. 彼らは, 金屋層, 御霊層, 二川層の関係は整 合と考えた.

小畠(1999),小原(2005), Misaki et al. (2008) は, 鷹巣池の北西に分布する砂岩(図1CのLoc. 4 of Misaki et al., 2008)より,セノマニアン階下部を示す二枚貝や アンモノイドを報告した.小畠(1999)は,化石を含む 砂岩を金屋層の一部とみなしたが,小原(2005)はこの 砂岩を御霊層(小原, 2005やMisaki et al., 2008は,吉松, 1999に従い御霊層を松原層に含めて記述)の礫岩に含ま れる巨大な礫であると考え,Misaki et al. (2008)は セノマニアン階の砂岩は御霊層の礫岩とは断層関係で あるとした.小畠(1999)は,本調査地域内の数地点 より産出した化石に,Polyptychoceras pseudogaultinum



図1. 調査地域の位置と化石産出地点、本研究では、Locs. T1-T7の二川層より軟体動物化石が得られた.

Fig. 1. Maps showing the study area and fossil localities. In this study, Molluscan fossils were obtained from the Futakawa Formation at Locs. T1–T7.

(Yokoyama), *Gaudryceras* cf. *tenuiliratum* Yabe, *Texanites* (*Plesiotexanites*) cf. *kawasakii* (Kawada) などが含まれる ことも述べている.

Misaki and Maeda (2009)は、本調査地域の東隣(図 1B)に分布する鳥屋城層の調査を行い、同層がカンパニ アン階下部の上部からマーストリヒチアン階に対比され ることや、本調査地域に近い西部ほど鳥屋城層の下部の 層準が露出すること、鳥屋城層はその南西部に分布する 二川層とは断層関係であることを示した. Misaki and Maeda (2010b)は、本調査地域の南隣(図1B)に位置 する矢熊池周辺の地質が断層により4つのブロックに分 けられることや、各ブロックに分布する地層が、含まれ る軟体動物化石をもとにアルビアン階および、チューロ ニアン階からサントニアン階に対比されることを明らか にした.

有田川地域の本調査地域周辺以外に分布する外和泉層 群のサントニアン階からカンパニアン階については,掃 部・武富(1982),Yao(1984),掃部・中沢(1989)ら によるコニアシアン階-サントニアン階を示す放散虫群 集の報告や,平山・田中(1956a),田中(1985),田代・ 川村(1995),田代ほか(1995)らによるサントニアン 階やカンパニアン階を示す軟体動物の報告がある.最近 では,Misaki and Ohara(2011)や栗島ほか(2013)が, 本調査地域の約20km東に位置する沼谷周辺(図1A)に おいて,カンパニアン階下部を示す軟体動物群を報告し ている.

地質の概要と化石産出地点

有田川町下津野から徳田にかけての地域には,主に外 和泉層群の泥岩と砂岩および砂岩泥岩互層が露出し,ま れに礫岩も見られる(図1C).地層の走向は東西に近い 場合が多いものの,近接した露頭で,しばしば層理面の 走向,傾斜が大きく異なる(図1C).また,いくつかの 露頭では多数の断層や褶曲も観察される.このように, 激しい構造変形によりこの地域の詳しい地質構造は不明 である.

本研究で用いた化石は,Locs.T1-T7(図1C)に分布 する二川層の灰色泥岩より得られた.以下に,各地点の 地質の概要と産出化石(図2-4)についてまとめる.

Loc. T1

Loc. T1 (図1C) では, 強い生物攪拌を受けた灰色泥 岩の露頭が, 有田川町吉備庁舎の建設時に観察された. ここからは, イノセラムス類の *Inoceramus amakusensis* Nagao and Matsumoto や, 異常巻アンモノイドの *Polyptychoceras* sp. などが採集された (図4).

Loc. T2

県道22号敷設工事の際に現れた露頭である. 強い生物攪拌を受けた少し緑色がかった灰色泥岩が露出し, 数多くの小断層や褶曲が観察された. Loc. T2からは, *I. amakusensis*(図3L)や,アンモノイド類の *Texanites* sp., *Polyptychoceras*(*Polyptychoceras*) cf. *obstrictum*(図 3A-B), *Baculites* sp. などが採集された(図4).

Loc. T3

生物攪拌が比較的弱く葉理の残る灰色泥岩が露出する. Loc. T3 からは, *Inoceramus* sp. の殻の破片の他, アンモ ノイド類の Pachydiscidae gen. et sp. indet. や *Polyptychoceras* sp. などが採集された (図4). このほか Loc. T3 の灰色泥 岩には, ウミユリ類やブンブク類のウニ, 単体サンゴな ども含まれる.

Loc. T4

風化のため褐色を呈する泥岩が露出する. この泥岩は, 生物攪拌が比較的弱く葉理が残されている. Loc. T4から は, *P*. (*P*.) cf. *obstrictum*が採集された (図4).

Loc. T5

生物攪拌が比較的弱く葉理の残る灰色泥岩が露出す る.Loc.T5の150-300m南ではいくつかの断層を挟 みながら砂岩や砂岩泥岩互層も分布する.Loc.T5から は、アンモノイド類のGaudryceras sp.や、Texanites sp., Polyptychoceras sp.などが採集された(図4).このほか Loc.T5の灰色泥岩には二枚貝類のSolemya sp.やAcila sp., ブンブク類のウニや、単体サンゴなども含まれる. Solemya sp.は比較的豊富に産出し、両殻が保存されてい るものが多い.

Loc. T6

灰色泥岩が露出し、しばしば厚さ20 cm までの凝灰質 泥岩や砂質泥岩が挟まれる. 灰色泥岩は、生物攪拌が比 較的弱く葉理が残されている. Loc. T6の南側では、断層 を挟んで砂岩泥岩互層が露出する. Loc. T6の灰色泥岩か らは、以下に述べるような軟体動物のほか、ウミユリ類 や、ブンブク類のウニ、単体サンゴなどの化石が比較的 豊富に産出する. また、この灰色泥岩にはまれに石灰質 ノジュールが含まれ、このノジュールからは本調査地域 では例外的に変形の少ない化石が産出する(図2F-G, K-N, 3H-K).

Loc. T6からはイノセラムス類の Sphenoceramus nagaoi (Matsumoto and Ueda) (図3H-K) や, Inoceramus sp.の 殻の破片, アンモノイド類の Neophylloceras sp. (図2A), Gaudryceras tenuiliratum (図2B-C), Damesites sp. (図 2D), Yokoyamaoceras ishikawai (Jimbo) (図2F-H), Menuites sp. (図2E), Texanites (Plesiotexanites) kawasakii



図2. 調査地域の二川層より産出した正常巻アンモノイド類.

Fig. 2. Normally coiled ammonoids from the Futakawa Formation in the study area. A, *Neophylloceras* sp., WMNH-Ge-1140210369, from Loc. T6. B–C, *Gaudryceras tenuiliratum* Yabe, from Loc. T6. B, WMNH-Ge-1140210368. C, WMNH-Ge-1140210374. D, *Damesites* sp., WMNH-Ge-1140210405, from Loc. T6. E, *Menuites* sp., WMNH-Ge-1140210375, from Loc. T6. F–H, *Yokoyamaoceras ishikawai* (Jimbo), from Loc. T6. F–G, WMNH-Ge-1140210366. H, WMNH-Ge-1140210370. I, *Protexanites*? sp., WMNH-Ge-1140210376, from Loc. T7. J–N, *Texanites* (*Plesiotexanites*) kawasakii (Kawada), from Loc. T6. J, WMNH-Ge-1140210377, gum cast of external mould. K–L, WMNH-Ge-1140210378. M–N, WMNH-Ge-1140210371, gum cast of external mould. Scale bars are 20 mm.

(図2J-N), Nostoceratidae gen. et sp. indet. (図3G), Polyptychoceras (Subptychoceras) cf. yubarense (Shimizu) (図3C-D), Polyptychoceras sp., Baculites sp. (図3E-F) などが得られた (図4). 特に, S. nagaoi, G. tenuiliratum, T. (P.) kawasakii, P. (S.) cf. yubarense は,豊富に産出 する.

Loc. T7

生物攪拌が比較的弱く葉理の残る灰色泥岩が露出す る. Loc. T7からは、ブンブク類のウニや、アンモノイド 類の Yokoyamaoceras sp., Protexanites? sp. (図2I), Polyptychoceras sp.などが採集された(図4).

アンモノイド類とイノセラムス類

産出した主なアンモノイド類とイノセラムス類の特徴 を以下にまとめる.それぞれの産出地点は、図4の通り である.

アンモノイド類

Neophylloceras sp. (図2A) は密巻きで、わずかに屈曲 した密で細かな細肋が発達するなど、本属の特徴を良く 示す.しかし, 圧密の影響が強く種の同定はできない.
Gaudryceras tenuiliratum (図2B-C)は, 緩巻きでへそ
が広く, 頂部のとがったS字状の明瞭な細肋が発達する.



図3. 調査地域の二川層より産出した異常巻アンモノイド類とイノセラムス類.

^{Fig. 3. Heteromorph ammonoids and inoceramids from the Futakawa Formation in the study area. A–B,} *Polyptychoceras (Polyptychoceras)* cf. *obstrictum* (Jimbo), from Loc. T2. A, WMNH-Ge-1140210364, gum cast of external mould. B, WMNH-Ge-1140210367. C–D, *Polyptychoceras* (*Subptychoceras*) cf. *yubarense* (Shimizu), from Loc. T6. C, WMNH-Ge-1140210372. D, WMNH-Ge-1140210365. E–F, *Baculites* sp., from Loc. T6. E, WMNH-Ge-1140210381. F, WMNH-Ge-1140210379. G, Nostoceratidae gen. et sp. indet., WMNH-Ge-1140210361, from Loc. T6. H–K, *Sphenoceramus nagaoi* (Matsumoto and Ueda), from Loc. T6. H, WMNH-Ge-1140210362. I, WMNH-Ge-1140210380. J–K, WMNH-Ge-1140210382. L, *Inoceramus amakusensis* Nagao and Matsumoto, WMNH-Ge-1140210363, gum cast of external mould, from Loc. T2. Scale bar is 20 mm.

Fossils		T1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7
Ammonoids	Neophylloceras sp.							
	Gaudryceras tenuiliratum						•	
	Gaudryceras sp.							
	Damesites sp.							
	Yokoyamaoceras ishikawai						•	
	Yokoyamaoceras sp.							
	Menuites sp.							
	Pachydiscidae gen. et sp. indet.			•				
	Protexanites? sp.							
	Texanites (Plesiotexanites) kawasakii						•	
	<i>Texanites</i> sp.							
	Nostoceratidae gen. et sp. indet.						•	
	Polyptychoceras (Polyptychoceras) cf. obstrictum		•		•			
	Polyptychoceras (Subptychoceras) cf. yubarense						•	
	Polyptychoceras spp.							
	Baculites sp.							
Inoceramids	Inoceramus amakusensis							
	Inoceramus spp.							
	Sphenoceramus nagaoi							

図4. 各地点より産出したアンモノイド類とイノセラムス類のリ スト.

Fig. 4. List of ammonoids and inoceramids from each locality.

また,図2Bの標本は,失われている部分を復元すると直径が7-8cm程度の個体であるが,住房に幅広い肋が多数発達し,成年殻であることがわかる.採集された標本はいずれも圧密を強く受けているが,これらの観察結果は本種の特徴(Matsumoto, 1995)を良く表している.

Damesites sp. (図2D) は産出がまれで, 殻口近くの腹 面の断片の1標本のみ採集された. 殻口部の形態や, キー ルの存在, 殻の表面がほぼ平滑であることなどから本属 と判断される. 断片的な標本のため種の同定はできない.

Yokoyamaoceras ishikawai (図2F-H) は,広いへそを 持ち,螺管の断面形が楕円形で,屈曲した細かい肋と周 期的なくびれが発達する.これらは本種を特徴づける形 質である (Maeda, 1993).

Menuites sp. (図2E) は、中程度の巻きで、間隔の広い肋を持ち、へそのまわりと肩に突起がある. これらは本属の特徴を良く示すが (Matsumoto, 1955),保存が悪く種の同定は行えない.

Protexanites? sp. (図2I) とした標本は、キールの 脇, 肩, へそのまわりの片側3列の突起が確認でき、 Protexanitesに属すると考えられる.しかし、断片的な標 本であり、また、それほど大きく成長した螺管ではない ため Texanitesに属する種の未成年殻である可能性を完全 には除外できず、確定的ではない.

Texanites (Plesiotexanites) kawasakii (図2J–N)は,緩 巻きでへそが広く,肋は直線的である.Loc.T6より様々 なサイズの標本が得られたが,未成年殻は正方形に近い 螺管断面形で,肋間隔が広く,キールの脇,肩,へその まわりの片側3列の突起がある (図2M–N).より大きい 個体では螺管断面は長方形に変化し,肋間隔はやや狭く なり,螺管側面に2列の突起が加わる (図2J–L).図2K– Lの標本は直径約10 cmの個体の住房であるが,この標 本では,へそのまわりの突起は肋方向に延び,より腹側 に近い部分が高くなっている.また,螺管側面の2つの 突起のうち,内側のものも肋方向に延びる.これらの観 察結果は,Matsumoto (1970)によって示された本種の 特徴を良く表している.

Nostoceratidae gen. et sp. indet. (図3G) は立体螺旋状 に巻くが,保存が悪く突起の有無などの特徴が良くわか らない.したがって,詳しい所属は不明である.

Polyptychoceras (P.) cf. obstrictum (図3A-B) とした標本は,まっすぐに伸びた数本の平行なシャフトからなり, 図3Aの標本ではシャフトは4本確認できる.間隔や強さが規則的で比較的間隔の狭い肋を持つことから P. (P.) obstrictumの可能性が高いと考えられるが,得られている標本が断片的で変形も激しいため確定的ではない.

Polyptychoceras (*Subptychoceras*) cf. *yubarense* (図3C-D) は,まっすぐに伸びた数本の平行なシャフトからな り,図3Cの標本ではシャフトは3本確認できる.殻表面 に発達する肋の形態は多様で,鋸歯状肋や複合肋も見ら れる.複合肋は本亜属の標徴であり,蝦夷層群で多産す る*P.* (*S.*) *yubarense* に似るが (Shimizu, 1935; 岡本ほか, 2013),変形が激しいため確実に本種であるかどうか判 断できない.

Baculites sp. (図3E-F)は、棒状の殻を持つ. 圧密の 影響が強いため表面装飾の観察は困難であるが、成長線 以外目立った装飾は確認できない. 変形が大きく種の同 定はできない.

イノセラムス類

Inoceramus amakusensis (図3L)は、殻高が10 cm を 超えるやや大型の標本も含め数個体得られた. 殻の外形 がいくぶん長方形に近く、表面装飾が、同心輪および幅 や間隔が不規則な同心状の起伏からなることなどから本 種と判断される (Nagao and Matsumoto, 1940).

Sphenoceramus nagaoi(図3H-K)は、石灰質ノジュー ル中から得られた比較的保存の良い標本も含まれ、翼が 良く残されたものもある(図3I). 成長軸の後方に沿っ て浅いへこみがあること,同心肋が発達すること,亜放 射状の肋は見られないことなどの特徴が認められ,近縁 の Sphenoceramus naumanniや Sphenoceramus orientalisと 区別できる (Noda, 1988; 松田・生形, 1999).

時代対比

調査地域内では, Texanitesや Polyptychocerasなどのア ンモノイドが多産し, Locs. T1–T7の7地点全てで, これ らのアンモノイドのいずれか, あるいは両方が確認され た. これらのアンモノイドは, 蝦夷層群や姫浦層群のサ ントニアン階からカンパニアン階下部にかけて豊富に産 出するグループである(例えば, Toshimitsu, 1988; 小玉 ほか, 2002; 岡本ほか, 2003; 山口ほか, 2008; 小城ほか, 2011). これらの産出化石よりLocs. T1–T7に分布する地 層はサントニアン階-カンパニアン階下部に対比され, これらの地点の位置する調査地域の北西部から南東部に かけての比較的広い範囲に, サントニアン階-カンパニ アン階下部が分布することがわかる. 時代対比について, より詳しい議論が可能な化石が得られた地点について以 下に述べる.

Locs. T1, T2の2地点では、イノセラムス類の Inoceramus amakusensis が産出した.本種は、これまで サントニアン階を特徴づけると考えられてきた種であり (例えば, Toshimitsu, 1988; 利光ほか, 1995), これに従 えばLocs. T1, T2の灰色泥岩は、サントニアン階に限定 されることになる.一方で,最近,炭素同位体比曲線を 用いた対比から, I. amakusensisの産出層準はコニアシア ン階からカンパニアン階下部に及ぶとする結果も得られ ている (Takashima et al., 2010; Hayakawa and Hirano, 2013;本田・平野, 2014). この炭素同位体層序で得られ た結果と,大型化石層序や古地磁気層序など他の生層序・ 年代層序との対応についてはさらなる検討が必要であり, 本論では詳細な議論は行わないが、この炭素同位体層序 にしたがうと、Loc. T1, T2はカンパニアン階下部に対 比される可能性もあるので、将来的には上述の対比は修 正されることも考えられる.

Loc. T6からは,種までの同定が可能な化石が多数産出 し,詳しい対比が可能である. Texanites (Plesiotexanites) kawasakiiは,蝦夷層群ではサントニアン階上部からカ ンパニアン階下部の下部にかけて産出することが知ら れている (例えば, Toshimitsu, 1988;利光ほか, 1995; Toshimitsu et al., 1998, 2007). さらに,Loc. T6からは イノセラムス類の Sphenoceramus nagaoiも得られた.本 種は,蝦夷層群や姫浦層群のカンパニアン階下部からの 産出例が多いが (例えば,Ueda, 1962; Noda, 1988;和 仁・平野, 2000,高橋ほか, 2003; Maeda et al., 2005;山口 ほか, 2008),サントニアン階の最上部からの産出も知ら れる(例えば,野田ほか,1996; Toshimitsu, 1988; 小城ほ か,2011). これらから判断すると,Loc. T6の灰色泥岩 はサントニアン階の最上部-カンパニアン階下部の下部 に対比される.

以上をまとめると、本研究で化石が得られたLocs. T1-T7の地層はサントニアン階-カンパニアン階下部に対比 され、特にLoc. T6はサントニアン階の最上部-カンパ ニアン階下部の下部に限定される.調査地域からは、そ の他のアンモノイドも多数採集されたが(図4)、蝦夷層 群におけるそれらの産出層準もこの対比と調和的である (例えば、Matsumoto, 1959;棚部ほか, 1977;小玉ほか, 2002;岡本ほか, 2003).

考察

調査地域の地質

平山・田中(1956b)では,調査地域の北西部〜中央 部にはコニアシアン階に対比される御霊層が,本研究の Locs. T6, T7を含む南東部はサントニアン階からカンパ ニアン階に対比される二川層が分布するとされた.しか し,本研究により調査地域の北西部〜中央部からも多く の地点(Locs. T1-T5)でサントニアン階-カンパニア ン階下部の軟体動物化石が産出することが明らかになっ た.御霊層は砂岩主体,二川層は泥岩主体とされており (平山・田中,1956b),調査地域の北西部〜中央部には泥 岩の分布が多いことからも(図1C),調査地域の南東部 だけでなく北西部〜中央部の比較的広い範囲にも二川層 が分布すると考えられる.本研究で化石が得られたLocs. T1-T7の灰色泥岩は,全てこの二川層に所属すると判断 される.

一方で、本研究では発見されなかったが、平山・田中 (1956b)は本調査地域中央部に位置する鳥尾池の周辺よ り、 Inoceramus uwajimensisや Didymotis akamatsuiなど のコニアシアン階を示唆する化石の産出を報告している. 調査地域内の地層は、露頭ごとに層理面の走向、傾斜が 大きく異なり(図1C),また,いくつかの露頭では多数 の断層や褶曲も観察されるなど構造が複雑で、調査地域 の中央部には、サントニアン階-カンパニアン階下部の 地層とともに断片化したコニアシアン階の地層も分布す る可能性がある.本調査地域の南西に隣接する地域は, アルビアン階からサントニアン階にかけての地層が断層 を挟んで複雑に分布することが分かっており(Misaki and Maeda, 2010b), また, 調査地域の北東部からはセノマ ニアン階下部を示す軟体動物化石が見つかっていること からも (小畠, 1999; 小原, 2005; Misaki et al., 2008), 調 査地域内の地質構造は非常に複雑であると考えられる. 詳細な地質構造については、さらなる検討が必要である.

有田川地域のサントニアン階およびカンパニアン階と産 出化石

本研究では、サントニアン階-カンパニアン階下部の 軟体動物化石群が得られたが、有田川地域のサントニア ン階からカンパニアン階について考える上で、本調査地 域の南隣に位置する矢熊池周辺の地域と、東隣に位置す る鳥屋城山周辺の地域(図1B)は重要である. Misaki and Maeda (2010b)は、矢熊池周辺において、チュー ロニアン階からサントニアン階にかけての地層が連続し て露出するルートの存在を明らかにし、サントニアン階 の軟体動物化石を複数報告した(図5). Misaki and Maeda (2009)は、鳥屋城山周辺に分布する鳥屋城層を、 中井原シルト岩部層、長谷川泥質砂岩部層、伏羊砂岩部 層の3つに区分し、中井原シルト岩部層と長谷川泥質砂 岩部層の多くの層準より、カンパニアン階下部の上部か らカンパニアン階上部の多様な軟体動物化石を報告した (図5).

これらの地域以外では層序学的に連続して化石が得ら れるルートがほとんどなく,点在する産地からの記録に なるが,平山・田中(1956a),田代・川村(1995),田 代ほか(1995), Misaki and Ohara (2011),栗島ほか (2013) らが,本調査地域から10kmほど東の二川や 20kmほど東の沼谷などに露出する二川層より,カンパ ニアン階下部の軟体動物化石を報告している(図5). Misaki and Ohara (2011) は,沼谷周辺から,カンパニ アン階下部を示す Ainoceras kamuy Matsumoto and Kanie や Ainoceras paucicostatum Matsumoto and Kanie, Sphenoceramus nagaoi, Sphenoceramus orientalis (Sokolov), "Gigantocapulus" transformis (Dundo) などを採集して おり, この地点の二川層は, Sphenoceramus schmidti (Michael) や Gigantocapulus giganteus (Schmidt) などを 含む鳥屋城層中井原シルト岩部層下部のすぐ下位の層 準に当たると考えられる (Maeda et al., 2005; Misaki and Maeda, 2009; Misaki and Ohara, 2011).

本研究では、下津野~徳田に分布する7地点の二川層 よりサントニアン階-カンパニアン階下部の大型化石が 得られたが、南隣に位置する矢熊池周辺のサントニアン 階からは, Gaudryceras sp., Protexanites sp., Texanites sp., Polyptychoceras sp., Inoceramus amakusensis, Inoceramus higoensis Noda, Sphenoceramus sp. などの本 調査地域と良く似た軟体動物群が得られており(Misaki and Maeda, 2010b), これらの近接する地域に分布する 地層の層準はかなり重複する可能性がある(図5).また, 本調査地域のLoc. T6からは, S. nagaoiや, Texanites (Plesiotexanites) kawasakii, Polyptychoceras (Subptychoceras) cf. yubarense などが得られた. 含まれる化石から, Loc. T6の地層は, Misaki and Ohara (2011) が調査を行った 沼谷周辺の地層よりも下位に対比されるが(利光ほか, 1995)、両地点の地層からはサントニアン階とカンパニ アン階の境界付近の限られた層準から産出することが知



図5.日本のコニアシアン階からマーストリヒチアン階下部の大型化石帯(利光ほか,1995を簡略化)と有田川地域の外和泉層群より産出す る大型化石の比較.

Fig. 5. Comparison of macrofossils of the Sotoizumi Group in the Aridagawa area with the macrobiostratigraphic zonations of the Coniacian to Lower Maastrichtian in Japan (simplified from Toshimitsu *et al.*, 1995).

られている S. nagaoi (例えば, Noda, 1988; 山口ほか, 2008; 小城ほか, 2011) が共通して見つかることから, これらの地層は比較的近い層準に相当することが示唆される.

以上のように,有田川地域では今のところサントニア ン階上部からカンパニアン階下部にかけて連続して観察 できる単一のルートは見つかっていないものの,国内で 設定されているサントニアン階からカンパニアン階の大 型化石帯(利光ほか,1995)の多くを含む様々な層準が 存在することがわかってきた(図5).これと同時に,こ れまでの研究や本研究によって多くのアンモノイド類や イノセラムス類が発見され,有田川地域のサントニアン 階からカンパニアン階の軟体動物群の構成も明らかに なってきた.本調査地域の二川層のすぐ上位の層準に当 たる沼谷周辺の二川層や,さらにそのすぐ上位に対比さ れる鳥屋城層の軟体動物群の特徴については,Misaki and Maeda(2009)(鳥屋城層)や栗島ほか(2013)(二川層 と鳥屋城層)が議論を行っている.

栗島ほか(2013)は、沼谷周辺の二川層からの産出化 石と他地域のカンパニアン階下部の産出化石を比較し, 同じ外和泉層群の鳥屋城層中井原シルト岩部層とは S. schmidtiの産出が少ないという点が共通する一方, 蝦 夷層群や姫浦層群と比べると, S. schmidti, S. nagaoi, S. orientalisなどの Sphenoceramus 属の産出が少ないと いう点が特異的であると考えた.しかし、鳥屋城層で は、古くから S. schmidtiの産出が複数の露頭から知ら れている(例えば, Yabe, 1927; 井上, 1933b; Nagao and Matsumoto, 1940; 平山・田中, 1956a). また, Misaki and Maeda(2009)が本種を報告した中井原シルト岩部層の 露出する5地点からは本種の標本が多数産出しており, Misaki and Maeda (2009) のLoc. 0101では, S. schmidti の化石が5個体以上, Loc. 0203では20個体以上確認さ れた. これらより, 鳥屋城層における S. schmidtiの産 出は決して少ないとは言えない. さらに, 二川層でも, S. schmidtiの産出が複数の研究によって示されている (平山・田中, 1956a; 田代・川村, 1995; 田代ほか, 1995). Sphenoceramusの他の種についても、Misaki and Ohara (2011) が沼谷周辺の二川層より S. nagaoiや, S. orientalis の産出を報告しており、本研究ではLoc. T6の二川層 にS. nagaoiが豊富に含まれることが明らかになった. したがって、蝦夷層群や姫浦層群で良く知られる Sphenoceramusの代表的な種が外和泉層群には少ないと いう栗島ほか(2013)が述べた特徴は、本層群に広く当 てはまるものではない.

本研究によって下津野~徳田に分布する外和泉層群か ら得られたサントニアン階–カンパニアン階下部の軟体 動物群および,それとほぼ同層準の矢熊池周辺の外和泉 層群に含まれるサントニアン階の軟体動物群(Misaki and Maeda, 2010b)を国内の他地域のものと比較すると,外 和泉層群のアンモノイド類やイノセラムス類の属や種 の構成は、Ueda (1962) や小城ほか (2011) などに よって示された姫浦層群の同層準のものと良く似てい る. さらに外和泉層群と姫浦層群のこの層準からは, Gaudryceras, Texanites, Polyptychocerasなどのアンモ ノイド類が豊富に見つかるにもかかわらず、蝦夷層群 ではこれらのアンモノイドとともに多産する Tetragonites や Damesites (例えば, 対馬ほか, 1958; Tanaka, 1963; Shigeta, 1989)の産出が非常に少ないのも特徴的である. 本研究では調査地域より産出した100個体以上のアンモ ノイド類の検討を行ったが, Tetragonitesは含まれず, Damesites sp. と判断された化石(図2D)が1点のみで あった. なお, Tetragonitesや Damesites などと同じよう に弱い表面装飾を持つ Neophylloceras (図2A) について は、本調査地域のLoc. T6より普通に産出する. ところ で,同じ外和泉層群においても,すぐ上位に対比される 沼谷周辺の二川層からは、栗島ほか(2013)が2個体の Tetragonites sp.の産出を報告しており、さらに上位のカ ンパニアン階下部の上部に対比される鳥屋城層中井原シ ルト岩部層上部からは Tetragonites popetensis Yabe が多産 する (Misaki and Maeda, 2009). このような, 国内の各 地域あるいは、外和泉層群内の各層準における軟体動物 群の特徴の違いが何に起因するかについては、古生物地 理や古環境、古生態、化石化過程の観点からさらなる検 討が必要である.

まとめ

1. 有田川地域の下津野~徳田の7地点より,サントニアン階-カンパニアン階下部の多様なアンモノイド類とイノセラムス類を報告した.

2. 岩相および産出化石より,本調査地域の北西部~ 南東部の比較的広い範囲に二川層が分布することが分 かった.

3. 本研究やこれまでの研究によって,有田川地域の外 和泉層群にはサントニアン階からカンパニアン階の様々 な化石帯に対比される多くの層準が存在することが示さ れるとともに,それらに含まれる軟体動物群の詳細が明 らかになってきた.

4. 外和泉層群と姫浦層群のサントニアン階からカン パニアン階下部に含まれるアンモノイド類やイノセラ ムス類の構成は良く似ている. Gaudryceras, Texanites, Polyptychocerasなどが多産する層準にTetragonitesや Damesitesが稀であるという特徴も両層群に共通する.

謝辞

九州大学総合研究博物館の前田晴良教授, 熊本大学の 小松俊文准教授には, 本研究をまとめるにあたり多くの

ご助言をいただいた. 京都大学の生形貴男准教授には, イノセラムス類の同定に関してご助言をいただいた.和 歌山県立自然博物館の小原正顕学芸員には、標本の登録 や博物館標本の観察に関して便宜をはかっていただいた. 査読者の西村智弘博士(むかわ町穂別博物館),和仁良二 准教授(横浜国立大学),編集長の佐藤たまき准教授(東 京学芸大学)には非常に有益なコメントをいただき本稿 を大幅に改善することができた.本地域で調査を行うに あたり, 化石採集の方法や化石産地の情報について, 〆 木廸子先生(有田市立宮原小学校、当時)には非常に丁 寧にご指導,ご助言をいただいた.以上の方々に厚くお 礼を申し上げる.また,本研究の開始当初における化石 採集地点への移動や試料の運搬などに関する両親の協力 に感謝する.本研究の費用の一部に, JSPS 科研費 25800290を使用した.末筆ではあるが、本調査地域の地 質や化石について多くのご助言、議論をしていただくと ともに、有田川地域の化石の収集に尽力された故門田英 夫先生(有田川町)に本稿を捧げる.

引用文献

- Hayakawa, T. and Hirano, H., 2013. A revised inoceramid biozonation for the Upper Cretaceous based on high-resolution carbon isotope stratigraphy in northwestern Hokkaido, Japan. *Acta Geologica Polonica*, **63**, 239–263.
- 平山 健・田中啓策, 1956a. 5万分の1地質図幅「動木」および同 説明書(京都一第89号). 37p. 地質調査所, 川崎.
- 平山 健・田中啓策, 1956b. 5万分の1地質図幅「海南」および同 説明書(京都一第88号). 62p. 地質調査所, 川崎.
- 本田豊也・平野弘道,2014. 北海道小平地域における上部白亜系 蝦夷層群の大型化石層序と炭素同位体比層序. 化石,(95),19– 37.
- Iba, Y., Mutterlose, J., Tanabe, K., Sano, S., Misaki, A. and Terabe, K., 2011. Belemnite extinction and the origin of modern cephalopods 35 m.y. prior to the Cretaceous-Paleogene event. *Geology*, **39**, 483–486.
- 井上重一, 1933a. 和歌山県有田川流域の地質(一). 地球, 19, 352–372.
- 井上重一, 1933b. 和歌山県有田川流域の地質(二). 地球, 19, 415-431.
- 掃部 満・中沢圭二, 1989. 和歌山県清水町東部の秩父累帯南帯 の地質. 地質学雑誌, 95, 45-61.
- 掃部 満・武富 浩, 1982. 紀伊半島西部有田川周辺の中生界の 層序. NOM, (9), 11-22.
- 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.
- 小城祐樹・小松俊文・岩本忠剛・高嶋礼詩・高橋 修・西 弘嗣, 2011. 天草上島東部に分布する上部白亜系姫浦層群の層序と詳 細な地質年代. 地質学雑誌, 117, 398–416.
- Komatsu, T., 1999. Depositional environments and bivalve fossil assemblages of the lower Cretaceous Arida Formation. *Journal of* the Geological Society of Japan, 105, 643–650.
- 栗島寛明・高橋昭紀・生野賢司・平野弘道, 2013. 和歌山県有田 川東部地域に分布する上部白亜系外和泉層群二川層の大型化石層 序. 三笠市立博物館紀要, 17, 1–15.
- Maeda, H., 1993. Dimorphism of Late Cretaceous false-Puzosiine ammonites, *Yokoyamaoceras* Wright and Matsumoto, 1954 and

Neopuzosia Matsumoto, 1954. Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series, (169), 97–128.

- Maeda, H., Shigeta, Y., Fernando, A. G. S. and Okada, H., 2005. Stratigraphy and fossil assemblages of the Upper Cretaceous System in the Makarov area, southern Sakhalin, Russian Far East. *National Science Museum Monographs*, (31), 25–120.
- 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, 1947. 西南日本外帯地質構造発達史に関する新知見― 和歌山県有田川流域の地質学的研究―. 九州大学理学部研究報告 (地質), 2, 1–12.
- Matsumoto, T., ed., 1954. *The Cretaceous System in the Japanese Islands*. 324p., Japanese Society for the Promotion of Scientific Research, Tokyo.
- Matsumoto, T., 1955. The bituberculate pachydiscids from Hokkaido and Saghalien. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series D, Geology*, 5, 153–184.
- Matsumoto, T., 1959. Zonation of the Upper Cretaceous in Japan. Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series D, Geology, 9, 55–93.
- Matsumoto, T., 1970. A monograph of the Collignoniceratidae from Hokkaido. Part IV. Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series D, Geology, 20, 225–304.
- Matsumoto, T., 1995. Notes on gaudryceratid ammonites from Hokkaido and Sakhalin. *Palaeontological Society of Japan, Special Papers*, (35), 1–152.
- Misaki, A., Kadota, H. and Maeda, H., 2008. Discovery of mid-Cretaceous ammonoids from the Aridagawa area, Wakayama, southwest Japan. *Paleontological Research*, **12**, 19–26.
- Misaki, A. and Maeda, H., 2009. Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Campanian–Maastrichtian Toyajo Formation in Wakayama, southwestern Japan. *Cretaceous Research*, **30**, 1398–1414.
- Misaki, A. and Maeda, H., 2010a. Two Campanian (Late Cretaceous) nostoceratid ammonoids from the Toyajo Formation in Wakayama, Southwest Japan. *In* Tanabe, K., Shigeta, Y., Sasaki, T. and Hirano, H., *eds.*, *Cephalopods-Present and Past*, 223–231. Tokai University Press, Tokyo.
- Misaki, A. and Maeda, H., 2010b. Stratigraphy of the mid- to upper-Cretaceous System in the Aridagawa area, Wakayama, Southwest Japan. *Island Arc*, **19**, 517–529.
- Misaki, A. and Ohara, M., 2011. Discovery of *Ainoceras* (Ammonoidea) from the Upper Cretaceous Futakawa Formation in the Aridagawa area, Wakayama, southwestern Japan. *Paleontological Research*, **15**, 240–246.
- 長尾 巧, 1926. 紀州有田郡中生層の或事実に就いて. 地質学雑誌, **33**, 378-84.
- Nagao, T. and Matsumoto, T., 1940. A monograph of the Cretaceous Inoceramus of Japan, Part II. Journal of the Faculty of Science, Hokkaido Imperial University, Series IV, 6, 1–64.
- 中村新太郎編, 1926. 日本化石産地表(二)和歌山県. 地球, 5, 527-532.
- Noda, M., 1988. Notes on Cretaceous inoceramids from Sakhalin, held at Tohoku University, Sendai. In Grant-Mackie, J.A., Masuda, K., Mori, K. and Ogasawara, K., eds., Professor Tamio Kotaka Commemorative Volume on Molluscan Paleontology, 137–175. Saito Gratitude Foundation (Saito Ho-on Kai), Sendai.
- 野田雅之・大塚雅勇・加納 学・利光誠一, 1996. 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. 1-63.
- 小畠郁生, 1999. 門田コレクションの意義. 大阪学院大学人文自 然論叢, (39-40), 13-25.
- 小原正顕, 2005. 和歌山県吉備町から産出した白亜紀セノマニア ン初期の二枚貝化石. 和歌山県立自然博物館館報, (23), 37-44.
- 岡本 隆・松永 豪・岡田基央, 2003. 北海道北西部羽幌地域に

おける上部白亜系層序の再検討. 地質学雑誌, 109, 363-382.

- 岡本 隆・岡田基央・小泉 翔, 2013.後期白亜紀異常巻アンモ ナイト Polyptychocerasの殻装飾に関する理論形態学的研究.化石, (94), 19–31.
- Shigeta, Y., 1989. Systematics of the ammonite genus *Tetragonites* from the Upper Cretaceous of Hokkaido. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, (156), 319–342.
- Shigeta, Y., Misaki, A. and Ohara, M., 2012. Gaudryceras tombetsense Matsumoto, a Maastrichtian ammonoid from the Aridagawa area, Wakayama, southwestern Japan. Paleontological Research, 16, 244–251.
- Shimizu, S., 1935. The Upper Cretaceous ammonites so-called Hamites in Japan. Proceedings of the Imperial Academy Tokyo, 11, 271–273.
- 髙橋昭紀・平野弘道・佐藤隆司,2003. 北海道天塩中川地域上部 白亜系の層序と大型化石群の特性. 地質学雑誌,109,77-95.
- Takashima, R., Nishi, H., Yamanaka, T., Hayashi, K., Waseda, A., Obuse, A., Tomosugi, T., Deguchi, N. and Mochizuki, S., 2010. High-resolution terrestrial carbon isotope and planktic foraminiferal records of the Upper Cenomanian to the Lower Campanian in the Northwest Pacific. *Earth and Planetary Science Letters*, 289, 570–582.
- 棚部一成・平野弘道・松本達郎・宮田雄一郎, 1977. 北海道小平 地域の上部白亜系層序. 九州大学理学部研究報告(地質学), 12, 181-202.
- Tanaka, K., 1963. A study on the Cretaceous sedimentation in Hokkaido, Japan. Report of the Geological Survey of Japan, (197), 1–120.
- 田中啓策, 1985. 地質調査所所蔵の本邦産白亜紀化石. 地質ニュース, (371), 56-63.
- 田代正之・川村喜一郎, 1995. 秩父帯南帯(三宝山帯)の解釈― 高知物部・佐川地域と紀州清水町付近を例として―. 高知大学学 術研究報告, 44, 11-25.
- 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 (Michae, 1899)" について.高知大学学術研究報告, 44, 27-46.
- 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.

- Toshimitsu, S., Hasegawa, T. and Tsuchiya, K., 2007. Coniacian– Santonian stratigraphy in Japan: a review. *Cretaceous Research*, 28, 128–131.
- Toshimitsu, S., Maiya, S., Inoue, Y. and Takahashi, T., 1998. Integrated megafossil-foraminiferal biostratigraphy of the Santonian to lower Campanian (Upper Cretaceous) succession in northwestern Hokkaido, Japan. *Cretaceous Research*, **19**, 69–85.
- 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.
- 対馬坤六・田中啓策・松野久也・山口昇一, 1958. 5万分の1地質 図幅「達布」および同説明書(旭川―第38号). 66p. 地質調査 所,川崎.
- Ueda, Y., 1962. The type Himenoura Group, with palaeontological notes by Matsumoto, T. and Ueda, Y. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series D, Geology*, **12**, 129–178.
- 和仁良二・平野弘道,2000. 北海道北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.
- Yabe, H., 1915. Notes on Some Cretaceous fossils from Anaga on the island of Awaji and Toyajo in the province of Kii. Science Reports of Tohoku Imperial University, Second Series, 4, 13–24.
- Yabe, H., 1927. Cretaceous stratigraphy of the Japanese Islands. Science Reports of Tohoku Imperial University, Second Series, 11, 27–100.
- 山口弘幸・小松俊文・佐藤道孝・長谷川四郎・西 弘嗣,2008. 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. 化 石,(84),18-36.
- Yao, A., 1984. Subdivision of the Mesozoic complex in Kii-Yura area, southwest Japan and its bearing on the Mesozoic basin development in the southern Chichibu terrane. *Journal of Geosciences, Osaka City University*, 27, 41–103.
- Yokoyama, M., 1894. Mesozoic plants from Kozuke, Kii, Awa, and Tosa. Journal of the College of Science, Imperial University, Tokyo, Japan, 7, 201–231.
- 吉松敏隆, 1999. 秩父帯. アーバンクボタ, (38), 16-19.

(2016年4月26日受付, 2016年7月8日受理)

