

論 説

白亜系山中層群石堂層に含まれる石灰岩の岩相・生物相とその年代

猪瀬弘瑛・指田勝男

筑波大学大学院生命環境科学研究科

Lithofacies, biota and geological age of limestone blocks in the Ishido Formation of the Cretaceous Sanchu Group, Central Japan

Hiroaki Inose and Katsuo Sashida

Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan (hiroaki@geol.tsukuba.ac.jp, sashida@geol.tsukuba.ac.jp)

Abstract. Limestone blocks yielding corals, foraminifers and other fossils are embedded in the Lower Cretaceous Ishido Formation of the Sanchu Group. These limestone blocks also contain oncoids consisting of calcibionts. Limestones are lithologically classified into floatstone and mudstone. Occurrence of planktonic foraminifers such as *Globuligerina hoterivica* (Subbotina), *Hedbergella planispira* (Tappan), and *Globigerinelloides* aff. *blowi* (Bolli) indicates the age of limestone blocks as Early Aptian. Previously, a late Hauterivian to late Barremian age was assigned to the Ishido Formation based on ammonoids. This ammonoid age contradicts the age indicated by planktonic foraminifers. The depositional environment of these limestones is thought to be patch reef based on the oncoid facies and occurrence of microencruster, *Bacinnella*–*Lithocodium* association.

Key words: oncoid, limestone, foraminifer, radiolaria, Cretaceous, Sanchu Group

はじめに

関東山地北西部に位置する埼玉県秩父郡小鹿野町から長野県佐久市にかけ、長さ約40km、最大幅約6kmで白亜系が帯状に分布している。この白亜系について、Harada (1890) が最初の地質学的研究を行い、Yabe *et al.* (1926) は山中白亜系という名称を与えた。山中白亜系の層序については多くの研究があるが、Matsukawa (1983) は、下位から白井層、石堂層、瀬林層、三山層と区分し、一方、Takei (1985) は下位から石堂層、瀬林層、三山層と区分している。最近になってIchise (2008) は山中白亜系を下位から白井層、石堂層、三山層よりなる山中層群と同じく下位から砥沢層、大仁田層よりなる南牧層群に区分した。山中白亜系の年代についても多くの議論がなされているが、アンモナイト化石ではHauterivianからTuronianに対比されている(松川・富島, 2009など)。また、寺部・松岡(2009)やIba and Hirauchi (2009)らにより、地質学・古生物学に関する新しい研究資料が蓄積されている。

山中白亜系の石堂層には少なくとも2つの層準に石灰岩が含まれている。しかしながら、その岩相や詳細な年代、堆積環境、また周囲の砕屑岩との具体的な関係については十分に議論されていない研究がほとんどである。

筆者らは群馬県と長野県の県境付近に露出する山中白亜系石堂層に含まれる石灰岩について、堆積学および古生物学的検討を行った。その結果、この石灰岩からサンゴ、有孔虫、放散虫などの化石を得ることができた。また、石灰岩中に被覆微生物群集を伴う特徴的なoncoidが観察された。本小論ではoncoidについて詳細に検討するとともに、石灰岩の含有化石による年代、および石灰岩の堆積環境について議論する。

地質概説

群馬県と長野県の県境に分布する山中白亜系は、北側で秩父帯北帯の住居附沢層と不整合または断層で接し、分布域の北西側では新第三系内山層に不整合で覆われている。また南側では秩父帯南帯の乙父沢層および野栗沢層と不整合または断層で接している。長野県の四方原山では鮮新世(3.7 Ma)の年代を示す(兼岡ほか, 1993)四方原山安山岩と接しているが、安山岩との層序学的関係は露頭不良のため不明である。

山中白亜系の層序学的研究には、Matsukawa (1983) やTakei (1985) などの研究があるが、最近、Ichise (2008) は、長野県と群馬県の境にあたる十石峠地域の山中白亜系の層序を再検討した。本小論では山中白亜系の層序は

Ichise (2008) に従う。なお、Ichise (2008) の石堂層は Matsukawa (1983) など他の研究の瀬林層の一部を含んでいる。しかし、本研究で扱う石灰岩を産する層準は Matsukawa (1983) などの石堂層に含まれており後述する時代論等には影響しない。

石堂層からは山中白亜系の中でも特に軟体動物化石などが多産することもあり、様々な研究がなされてきた。例えば、Ito and Matsukawa (1997) は山中白亜系と銚子層群との堆積シーケンスを比較する中で石堂層の堆積環境を沖浜～沖浜と外浜との漸移帯と推定している。また、石堂層の年代についても議論が続いている。松川・富島 (2009) など、多くの研究がアンモナイト化石は Hautervian～Barremian の年代を示すとする一方で、Sashida *et al.* (1992) や Matsumaru *et al.* (2005) は石堂層上部の石灰岩中に産する有孔虫化石は Aptian 前期の年代を示すとしている。

前述の通り、石堂層には少なくとも2つの層準に石灰岩が含まれている。1つは Iba and Hirauchi (2009) が群馬県多野郡上野村乙父沢から報告した石堂層の基底礫岩の直上に観察される石灰岩である。これは層厚5.5mでチャート礫を含む石灰岩と石灰質砂岩が互層しており、現地性とされている。もう1つは藤本 (1938) や Sashida *et al.* (1992) などによって報告された石堂層上部の頁岩中に含まれるミクライト質の石灰岩である。Matsukawa (1983) は石堂層上部に含まれる石灰岩についてウニ、二枚貝、ウミユリ、石灰藻、有孔虫、放散虫を含むバイオミクライトとしている。本小論では比較的多くの地点に産する石堂層上部の石灰岩を扱う。現地調査で確認できた4地点の石灰岩について検討を行った。

石堂層上部の石灰岩

本研究で対象とする石灰岩は群馬県多野郡上野村から長野県南佐久郡佐久穂町にかけての4地点で採取された(図1)。地点1は佐久穂町の都沢沿いの露頭で Yamagiwa *et al.* (1998) の Loc. 5, 地点2は佐久穂町の新三郎沢沿いの露頭で Sashida *et al.* (1992) の SH-2, Yamagiwa *et al.* (1998) の Loc. 2, 地点3は佐久穂町の十石峠林道沿いの露頭で Yamagiwa *et al.* (1998) の Loc. 3, 地点4は上野村の八重小屋沢沿いの露頭で Ichise (2008) の 0815, Matsumaru *et al.* (2005) の Locality 7 にそれぞれ相当する。

この地域の石堂層は細粒砂岩と頁岩からなり(図2)、細粒砂岩にはハンモック状斜交層理が観察される場合がある。本小論で検討した4地点のうち、石灰岩と周囲の碎屑岩との境界が観察できるのは地点3のみである。ここでは、碎屑岩は東西方向の走向を示し、40度ほど南へ傾斜している(図1)。所々で露頭が欠如しているものの、層厚約10mの頁岩に約45mの細粒砂岩が重なり、その上位に約10mの頁岩が重なっている。上位に位置する頁岩の下部に石灰岩が含まれている(図2)。地点3の石灰岩は最大で直径約2mのブロックで石堂層の暗灰色頁岩と不規則な境界で接している(図3A)。石灰岩以外のブロックは観察されず、石灰岩ブロックの周辺でも頁岩の層理はほとんど乱されていない。石灰岩の風化面にはサンゴなどの生物遺骸粒子が観察された。

石灰岩体は各地点で断続的に露出し、地点2で最も広く、周囲の頁岩の走向方向に50m×傾斜方向に15mの範囲に分布している。分布が最も狭い地点1では2m×

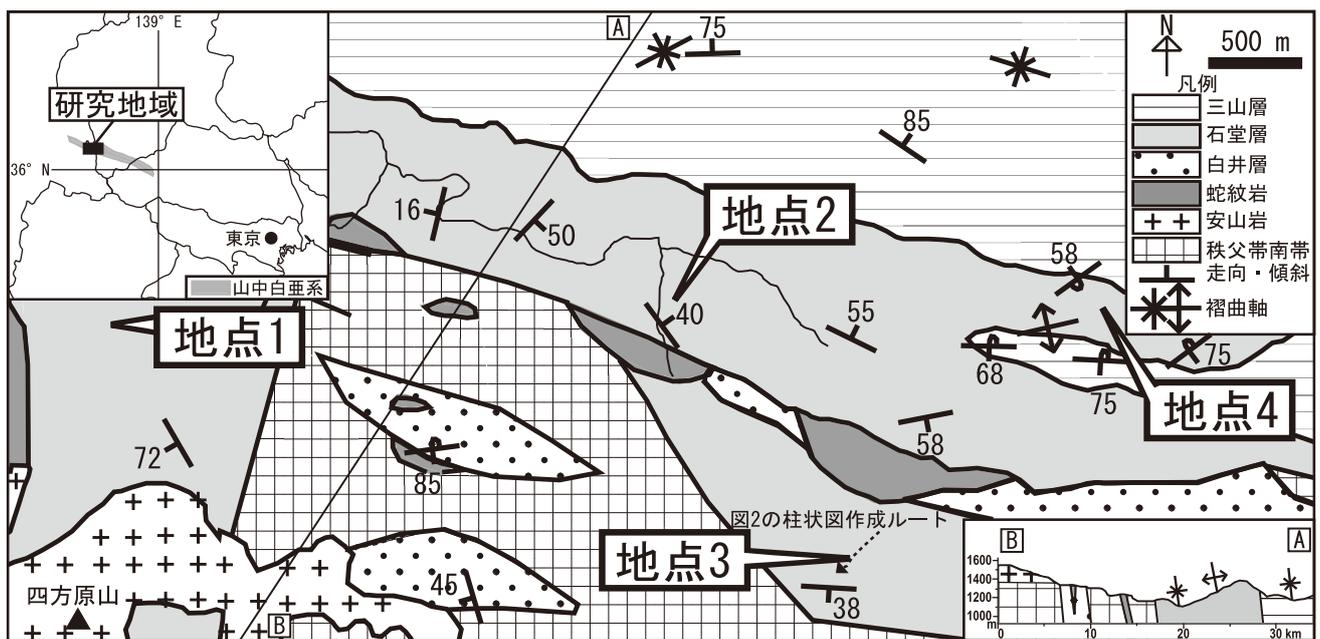


図1. 石堂層上部の石灰岩の産出地点と地質概略図。

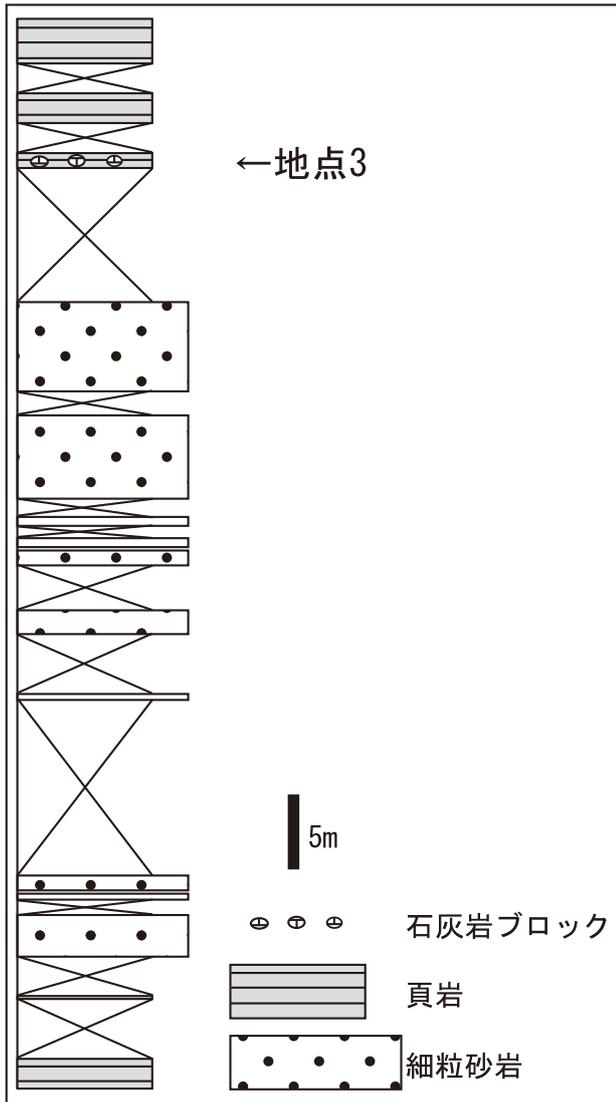


図2. 地点3付近の石堂層の柱状図.

2m程度の1ブロックのみが観察できるだけである。露頭規模で最大の岩体は地点2の8m×10m程度のものである。石灰岩は一般に黒色塊状であるが、地点2と4では厚さ5～10cmの平行層理が観察されることもある。この平行層理は周囲の頁岩の層理面とは斜交している。

研磨面や薄片を観察すると、地点2と3では、*Montivaltia* sp. など、横断面の直径が3cmくらいの単体サンゴの化石が見られる。また地点1と4では、*Stylosmilia shirakurai* Yamagiwa, Hisada and Tamura など、横断面の直径が1cm以下の群体サンゴの化石に加え、ウニの棘も含まれている(図3B, D)。サンゴやウニの棘は定向配列せず、自生の産状を示さない。また、二枚貝の *Lithophaga* sp. が地点2から得られた。石灰岩の薄片観察では、4地点全てにおいて、ミクライトの基質支持で、サンゴやウニの棘などの生物遺骸粒子を多く含んでおり、Embry and Klovan (1971) の石灰岩の分類によるフロートストーンが認め

られた(図3B)。また、地点2と4では生物遺骸などの粒子をほとんど含まないミクライト質のマッドストーンも少ないながらフロートストーンに混在して観察される(図3C)。平行層理の発達する石灰岩はフロートストーンからなっている。なお、Sashida *et al.* (1992) や Ichise (2008) は ooid グレイストーンが存在するとしているが、本研究では確認できなかった。

oncoid

全ての地点の石灰岩において、一部のサンゴを被覆する組織が観察された(図3B)。この組織の厚さは1cmを超えることがある。この組織はフロートストーン中に含まれているが、マッドストーン中には含まれていない。地点2の石灰岩について3.5cm×5cmの大型薄片を作成して観察した結果(図3E)、様々な被覆微生物が認められた。このような粒子を被覆する生物は自由生活をする石灰紅藻により形成される rhodoid と、紅藻以外の生物によって形成される oncoid に分けられる(Flügel, 2004)。本研究で観察された組織は石灰紅藻を含まないことから oncoid に分類される。

oncoid は一般に散在した産状を示すが、地点2と3では比較的密集する部分もある(図3D)。比較的密集する部分では oncoid が構成粒子の大部分を占める。oncoid の核となっているのはサンゴのみであり、一定方向への配列は認められない。これらのサンゴは横断面の直径が2～3cm で磨耗や破片化が認められないが、表面には微生物によって穿孔された、不規則な microboring が観察される(図3F)。基質、oncoid とも暗灰色を呈し、基質はミクライトからなっている。oncoid の大きさは3cm から10cm に達するが、地点2と3では大きく、地点1と4では小さい傾向がある。粒子の外形は滑らかで、球状～ローブ状であり、oncoid は互いに接触しない。

oncoid のラミナの内部は microboring によって多孔質になっているミクライト(微生物による組織を含む)が不連続に繰り返す同心円状の薄いラミナが発達している。薄片観察により、oncoid のラミナの内部に次のような微生物を確認した。内側に空洞が存在し、外側の壁が互いに結合した多数の小胞からなる、藻類と共生する有孔虫に分類される *Lithocodium aggregatum* Elliott (例えば Schmid and Leinfelder, 1996) (図3G) や、球状か半球状の小胞からなり、藻類(例えば Cherchi and Schroeder, 1985) もしくは有孔虫(例えば Schmid, 1996) に分類される *Koskinobullina socialis* Cherchi and Schroeder (図3I)、不規則なメッシュ状でシアノバクテリアの構造とされる(例えば Schmid and Leinfelder, 1996) *Bacinella irregularis* Radoičić (図3H) である。このうち *L. aggregatum* について、Schlagintweit *et al.* (2010) は詳細な記載をした。それによると、*L. aggregatum* は穿孔性の膨らんだ小

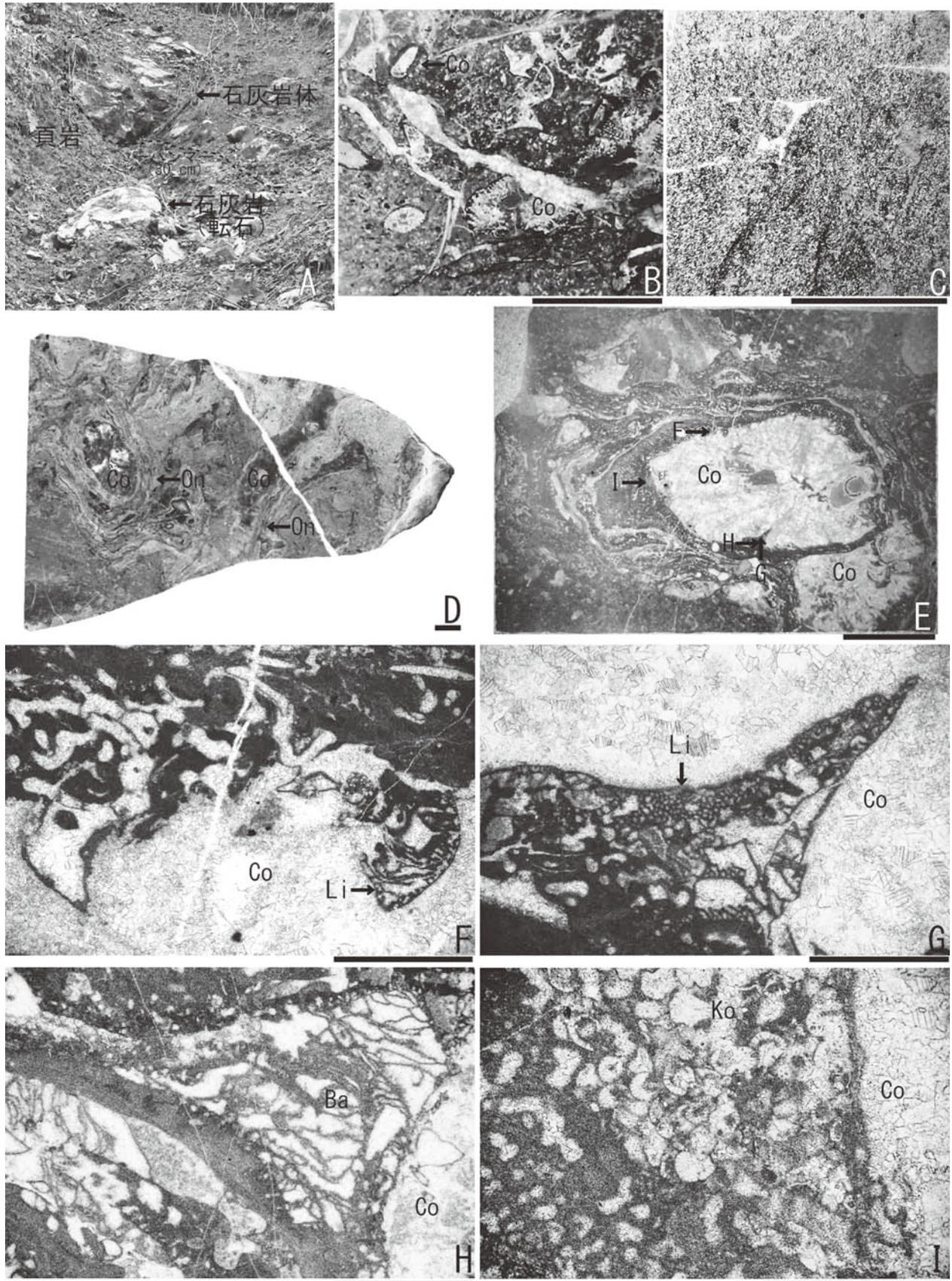


図3. 山中層群の石灰岩相。A. 異地性ブロックとしての産状。B. サンゴなどの生物遺骸粒子を含むフロートストーンの薄片写真。C. マッドストーンの薄片写真。D. 石灰岩の研磨面写真。サンゴ (Co) などの生物遺骸粒子と oncid (On) が確認できる。E. サンゴが核となった oncid。矢印が F-I の位置。F. microboring。G. *Lithocodium aggregatum* (Li)。H. *Bacinella irregularis* (Ba)。I. *Koskinobullina socialis* (Ko)。A は地点3, B, C は地点4。その他は全て地点2。スケールは B-E が 1 cm, F, G, H が 1 mm, I が 500 μ m。

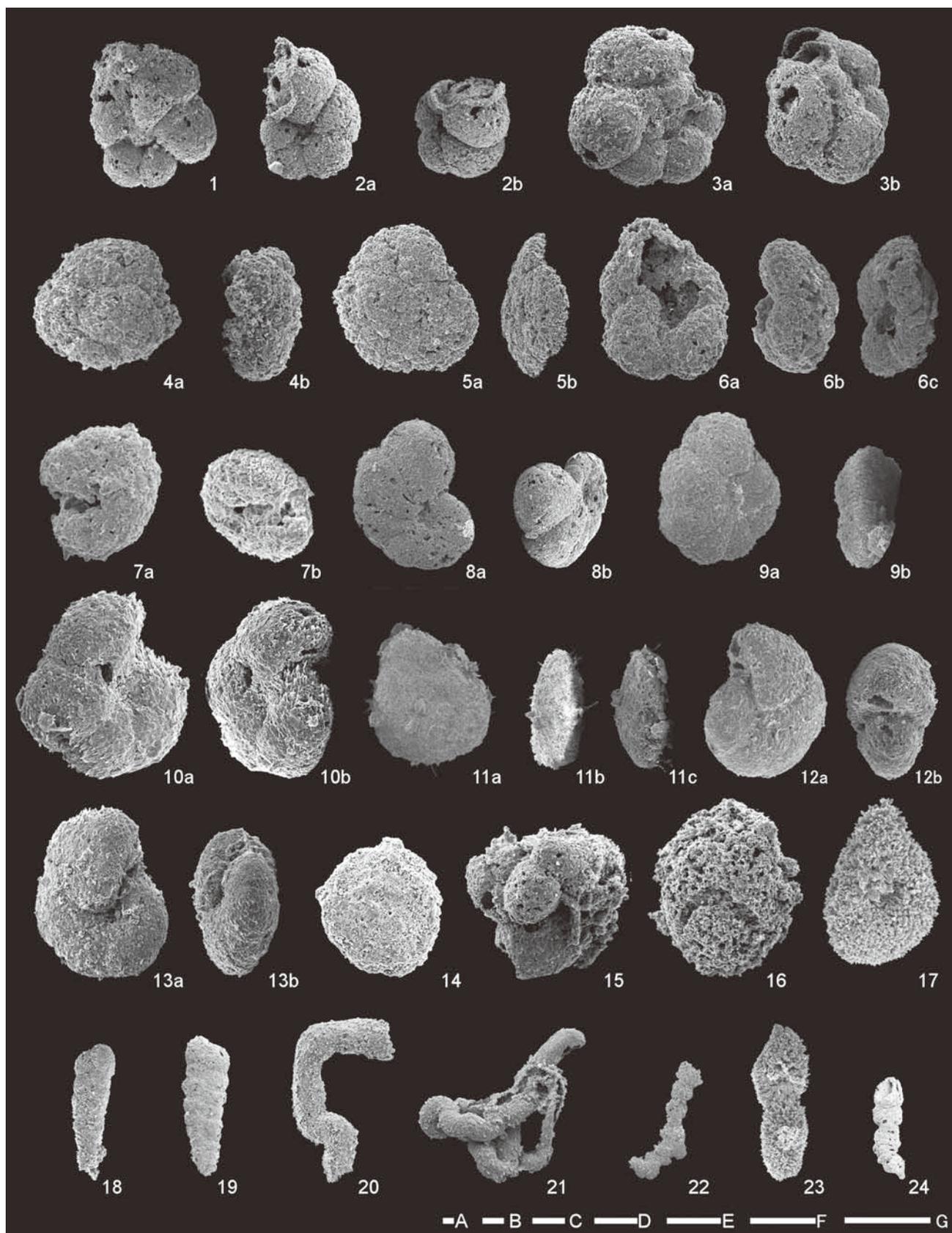


図4. 石灰岩から得られた有孔虫化石. 1-3. *Globigerinelloides* aff. *blowi*. 4-6. *Hedbergella planispira*. 7. *Globuligerina hoterivica*. 8-10. *Haplophragmoides* sp.. 11. *Haplophragmoides*? sp.. 12, 13. *Pullenia* sp.. 14. *Saccamia* sp.. 15. *Paratrochammides* sp.. 16, 17, 23, 24. Foraminifera gen. indet.. 18, 19. *Pseudobolivina* sp.. 20, 21. *Tolypammina* sp.. 22. *Bigenerina*? sp.. 5-7, 9, 11, 19, 24は地点4, 他は全て地点2から得られた. A-Gのスケールは全て100 μ m. Aは24, Bは18-20, 22, Cは11, Dは9, 23, Eは8, 21, Fは1-3, 5, 6, 10, 12, 13, 16, Gは4, 7, 14, 15, 17に適用.

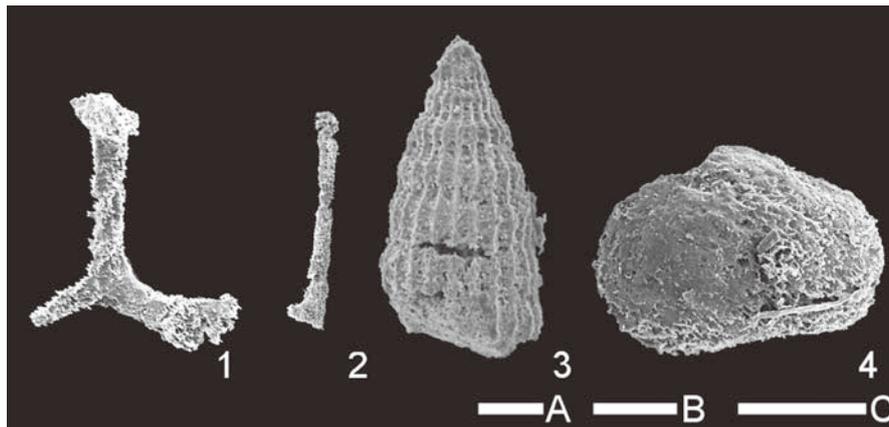


図5. 石灰岩から得られた海綿骨針, 放散虫, 貝形虫. 1. 海綿骨針 (4軸型). 2. 海綿骨針 (1軸型). 3. *Archaeodictyomitra* sp.. 4. *Ostracoda* gen.indet.. 3のみ地点4, 他は全て地点2から得られた. A-Cのスケールは全て100 μ m. Aは2, Bは4, Cは1,3に適用.

胞からなる euendolithic *Gomontia* stage と空間を充填する chasmoendolithic basal stage, 生物遺骸粒子を覆う層状の epilithic filamentous stage と粗粒方解石が充填した小胞からなる vesicular terminal stage の4ステージに区分される. この区分で vesicular terminal stage 以外の3ステージが本研究では確認された. これらの微生物はその構成要素から Leinfelder *et al.* (1993) によるヨーロッパの上部ジュラ系の *Bacinella* – *Lithocodium* 群集に相当すると考えられ, また *L. aggregatum*, *K. socialis*, *B. irregularis* は Shiraishi and Kano (2004) によって鳥巢層群の石灰岩からも報告されている.

微化石とその年代

地点2と4のフロートストーンに分類される石灰岩を小岩片に割り, 酢酸, 塩酸, フッ酸の混合液を用いて酸処理を行った. 酸処理後に270メッシュより粗粒の試料を双眼実体顕微鏡下で抽出したところ, 有孔虫, 放散虫, 海綿骨針, 貝形虫が得られた (図4, 5, 表1). 有孔虫では浮遊性の *Globuligerina hoterivica* (Subbotina), *Hedbergella planispira* (Tappan), *Globigerinelloides* aff. *blowi* (Bolli), 底生の *Haplophragmoides* sp., *Pullenia* sp., *Paratrochamides* sp., *Saccamia* sp., *Pseudobolivina* sp., *Tolypammina* sp., *Bigenerina?* sp. が得られた. このうち, 浮遊性の *Globu. hoterivica*, *He. planispira*, *Globi.* aff. *blowi*, 底生の *Ha.* sp., *P.* sp. は Sashida *et al.* (1992) でも報告されている. 放散虫の産出はきわめて少なく, 同定に至ったのは *Archaeodictyomitra* sp. 1個体のみであった. 海綿骨針は1軸型, 4軸型が得られた. 貝形虫は1個体のみが得られたが, 同定に至らなかった.

石堂層上部の石灰岩の年代についてはこれまでに Sashida *et al.* (1992) と Yamagiwa *et al.* (1998), および Matsumaru *et al.* (2005) で議論されている. Sashida *et al.* (1992)

表1. 石灰岩から酸処理によって得られた微化石とその産出地点.

種	地点2	地点4
<i>Globigerinelloides</i> aff. <i>blowi</i>	●	●
<i>Hedbergella planispira</i>	●	●
<i>Globuligerina hoterivica</i>		●
<i>Haplophragmoides</i> sp.	●	●
<i>Haplophragmoides?</i> sp.		●
<i>Pullenia</i> sp.	●	
<i>Saccamia</i> sp.		●
<i>Paratrochamides</i> sp.		●
<i>Pseudobolivina</i> sp.	●	●
<i>Tolypammina</i> sp.	●	
<i>Bigenerina?</i> sp.	●	
Foraminifera gen. indet.	●	●
海綿骨針(4軸型)	●	
海綿骨針(1軸型)	●	
<i>Archaeodictyomitra</i> sp.		●
Ostracoda gen. indet.	●	

は有孔虫の *Globu. hoterivica* と *He. planispira* の共産から Aptian 前期とし, Yamagiwa *et al.* (1998) は六射サンゴ群集から下部白亜系 (おそらく Barremian から Aptian 前期) に対比し, Matsumaru *et al.* (2005) は有孔虫の *Palorbitolina lenticularis* (Blumenbach) – *Iraqua simplex* Henson 群集を報告し, その年代を Aptian 前期としている.

これに対し, Obata *et al.* (1976, 1984), Matsukawa (1983), Matsukawa (1988), Matsukawa *et al.* (2007), 寺部ほか (2007), 松川・富島 (2009) は *Simbirskites* sp., *Barremites difficilis* (d'Orbigny), *B.* aff. *stretostoma* (Ulig), *Heteroceras* aff. *astieri* d'Orbigny などのアンモナ

イトを石堂層から報告し, Hauterivian ~ Barremian または Barremian のみの年代を示すとした。

本研究による *Globu. hoterivica* と *He. planispira* の共産は Caron (1985), Sliter (1989) によるそれぞれの生存期間から Sashida *et al.* (1992) で指摘されているように Aptian 前期の年代を示すと考えられる。

従って, 本研究により, 浮遊性有孔虫による Aptian 前期という時代論を複数の岩体で確認できたことになる。扱う化石によって, 石灰岩を含む石堂層の年代が異なっていると認められる。

oncoïd などによる石灰岩の堆積環境の推定

Flügel (2004) は上部ジュラ系の oncoïd に関する研究をまとめ, oncoïd を含む石灰岩の特徴と堆積環境との関係を明らかにした。この中で oncoïd の堆積環境は潮間帯, 外洋につながったラグーン, プラットフォーム上のパッチリーフ, バックリーフ, 礁縁, 上部斜面, 海盆, 遠洋のプラットフォームの8つに区分されている。oncoïd を含む石灰岩の特徴と堆積環境の対応関係は, 上部ジュラ系以外でも広く認められることから (Flügel, 2004), 下部白亜系の山中層群の石灰岩に適用してもよいと考えられる。ただし, 日本のような変動域の石灰岩にプラットフォームの存在を前提にすることは適切でないと考えられるため, プラットフォーム上のパッチリーフについては, 以降単にパッチリーフとして表記する。

山中層群石堂層の石灰岩の oncoïd などの特徴を満たす堆積環境を Flügel (2004) と比較する。石堂層上部の oncoïd を含む石灰岩の堆積組織はフロートストーンであり, ラグーン, パッチリーフ, 海盆の環境で観察される。有孔虫などの生物遺骸粒子は, 潮間帯と遠洋のプラットフォームの環境で共産する。有孔虫や造礁生物の化石はパッチリーフの環境で共産する。単純な型をなす oncoïd は全ての環境で観察される。oncoïd の卓越するサイズが 3 cm 以上であるのは, 潮間帯, ラグーン, パッチリーフ, 海盆といった環境である。oncoïd の成長様式が同心円状やローブ状からなるのは, 潮間帯, ラグーン, パッチリーフの環境である。oncoïd の基本タイプが骨格質であるのは潮間帯, ラグーン, パッチリーフ, 礁縁の環境である。oncoïd のラミナは上部斜面以外の環境で観察される。ラミナがミクライトと被覆生物からなるタイプ4はパッチリーフ, バックリーフ, 礁縁の環境で観察される。生物が石灰質微生物と後生動物で構成されるのは, パッチリーフとバックリーフの環境である。穿孔は, 潮間帯, ラグーン, パッチリーフ, 礁縁の環境で観察される。サンゴが核になっているのはラグーン, プラットフォーム上のパッチリーフ, バックリーフ, 礁縁の環境である。以上の特徴は卓越するサイズがやや大きいものの, パッチリーフの特徴とほとんど一致しており, 石堂層上部の oncoïd を

表2. Flügel (2004) によって示されたプラットフォーム上のパッチリーフにおける oncoïd 石灰岩の特徴と石堂層上部の石灰岩との比較。ラミナのタイプの1はミクライトのみ, 2はスーパーライトのパッチを伴うミクライト, 3はミクライトとスーパーライトのラミナ, 4は被覆生物を伴うミクライト, 5は網目状である。

研究 特徴	本研究	Flügel (2004)の プラットフォーム上の パッチリーフ
堆積組織	フロートストーン	ワックスストーン バックストーン フロートストーン
共産粒子	生物遺骸	生物遺骸, ペロイド
共産化石	有孔虫, 放散虫 貝形虫, サンゴ 海綿, ウニ 二枚貝	有孔虫 造礁生物
	型	単純
卓越サイズ	>30 mm	単純, 多様 2->10 mm
成長様式	同心円状, ローブ状	同心円状, 放射状 ローブ状
oncoïd の 特 徴	基本タイプ	骨格質
	ラミナ	有
	タイプ	4
	生物構成	石灰質微生物 後生動物
	穿孔	有
	核	サンゴ
		骨格質>非骨格質 混合型
		有無両方
		1 2 4 5
		石灰質微生物 高多様性の後生動物
		有
		サンゴ, 海綿 二枚貝, 棘皮動物

含む石灰岩はパッチリーフで堆積したと推定される (表2)。

露頭で確認される石灰岩の岩体が小規模でその分布も散在していること, サンゴが多く含まれることから, 石灰岩は造礁性サンゴからなる小規模なパッチリーフで堆積したと考えられる。oncoïd を含む岩相は生物遺骸粒子の多いフロートストーンであり, 含まない岩相は生物遺骸粒子の少ないマッドストーンである。Flügel (2004) による微岩相タイプと堆積深度の対応関係によれば, これらの岩相はオンコイドフロートストーンと狭在するミクライトに相当し, ラグーンや潮間帯といった比較的lowエネルギーの堆積環境が推定される。

最近, Rameil *et al.* (2010) はオマーンに分布する Aptian 階の石灰岩中の *L. aggregatum* - *B. irregularis* 群集について産状と環境の関係を明らかにした。それによると oncoïd という産状は中程度のエネルギーレベルで, 堆積速度・栄養状態・酸素濃度・アルカリ度が中程度とされている。これはパッチリーフと推定した堆積環境と矛盾しない。さらに, 石灰岩から得られた被覆微生物の *L. aggregatum* - *B. irregularis* 群集は Schlagintweit *et al.* (2010) などによると静穏時波浪限界以浅に生息していたとされており, Rameil *et al.* (2010) によるオマー

ンのAptian階の研究ではこの被覆微生物群集による oncoïd は潮汐の支配的な環境で普遍的にみられるとされている。これらは oncoïd の特徴に基づいて推定したパッチリーフという堆積環境と矛盾しない。

石灰岩相と碎屑岩相との関係

石堂層上部における石灰岩相と碎屑岩との関係を検討する。

まず堆積場について考察する。石灰岩の周囲の石堂層にはハンモック状斜交層理がしばしば観察される細粒砂岩と頁岩が卓越しており、沖浜～沖浜と外浜との漸移帯で堆積したと推定されている (Ito and Matsukawa, 1997)。しかし、今回得られた石灰岩はパッチリーフで堆積したと推定され、頁岩から推定される堆積環境が異なること、また、頁岩中にブロックとして含まれていることから異地性であると考えられる。異地性ブロックとして石灰岩が含まれることから、頁岩から推定される沖合～沖合と外浜との漸移帯と石灰岩から推定されるパッチリーフという二つの堆積場は比較的近かったと推察される。

次に年代について考察する。Sashida *et al.* (1992) は石灰岩中の有孔虫化石の示す Aptian 前期という年代と周囲の碎屑岩のアンモナイトの示す Hauterivian～Barremian という年代の差異について考察し、地点2の周辺でアンモナイトなどの重要な示準化石が報告されていないことを根拠に、模式地である間物沢地域と地点2付近とは同じ石堂層であっても年代が異なっている可能性を提示している。さらに reef breccia モデルとして、リーフが物理的に破壊されたものが土石流もしくはタービダイトによって石堂層の碎屑岩の堆積場に運ばれたとするモデルを提示している。

しかし、本研究で地点2に加えて地点4からも Sashida *et al.* (1992) が報告した有孔虫と同様の Aptian 前期の群集が得られた。さらに Matsumaru *et al.* (2005) が地点4および Iba and Hirauchi (2009) が報告した乙父沢の現地性石灰岩から Aptian 前期の有孔虫の *Palorbitolina lenticularis* – *Iraqa simplex* 群集を報告していることを考え合わせると、離れた3地点の石灰岩中の有孔虫年代が一致することになる。乙父沢の石灰岩は地点2と4の石灰岩より下位であり、Hauterivian～Barremian というアンモナイトの年代との差異はさらに大きいことになる。さらなるデータの蓄積が必要であるが、現時点においては、石堂層の石灰岩がほぼ同時代の Aptian 前期の間に形成されたとし、石灰岩中の有孔虫と碎屑岩中のアンモナイトが示す年代が山中白亜系全域で異なると解釈するほうがより適切であると考えられる。上部白亜系の生層序については利光ほか (1995) などによって大型化石層序と微化石層序との対応関係が比較的良く検討されているものの、下部白亜系については同様の検討は進んでいない。

このことが、有孔虫とアンモナイトとが異なる年代を示す原因となっている可能性があり、今後検討していく必要があると考えられる。

以上から石堂層上部に石灰岩ブロックが含まれるプロセスを推定する。沖合～沖合と外浜との漸移帯で碎屑岩が堆積していたころ、その付近にあったパッチリーフで石灰岩体が Aptian 前期に形成された。形成から間もなく石灰岩体がなんらかの理由で崩壊し、碎屑岩の堆積場に移動したものと推定される。この移動をもたらした営力としては、Sashida *et al.* (1992) の提案する土石流もしくはタービダイトの可能性が考えられるものの石灰岩以外のブロックが観察できなかったことから、このことについても今後検討していく必要があると考えられる。

他の層準・地域との比較

石堂層からは Iba and Hirauchi (2009) が乙父沢の現地性石灰岩を報告している。この石灰岩は石堂層の基底礫岩の直上にあり、ウーイドやペロイド、チャート礫を含む、bioclastic – peloidal ワッケストーンであるとされている。本研究で扱った石灰岩は石堂層上部のものであり、この石堂層最下部の石灰岩とは層準が異なっている。堆積環境としては Iba and Hirauchi (2009) では浅海とされているだけであるが、ウーイドやペロイド、チャート礫が含まれていることから高エネルギーの環境が示唆され、石堂層上部の石灰岩とはやや異なった環境ではないかと推察される。

層準や岩相が異なることから、まず高エネルギー環境で小規模な石灰岩が堆積した後に、再び石堂層上部に異地性ブロックとして供給された石灰岩が堆積したと考えられる。よって、石灰岩の由来として石堂層の堆積時に少なくとも2回にわたって石灰岩が形成されたか、もしくは元々一連の石灰岩として形成されたものが現地性石灰岩として保存された層準と後に移動して再堆積した層準が観察されるかの2つの可能性が考えられる。しかし、2つの層準の石灰岩の岩相が異なることから、2回にわたって形成された可能性が高いと考えられる。

また、ヨーロッパの上部ジュラ系～下部白亜系と共通の被覆微生物が得られたことは、ヨーロッパの上部ジュラ系～下部白亜系の被覆微生物群集に相当するものが (Leinfelder *et al.*, 2002)、日本においてこれまで知られていた後期ジュラ紀～前期白亜紀 Berriasian (Shiraishi and Kano, 2004) だけでなく、少なくとも前期白亜紀 Aptian 前期まで存在したことを示すと考えられる。

まとめ

- 1) 山中層群石堂層上部の石灰岩は頁岩中に異地性ブロックとして含まれる。

- 2) 石灰岩の堆積組織はフロートストーンとマッドストーンからなっている。
- 3) この石灰岩中にサンゴ, 有孔虫, 放散虫などのほか, サンゴを核とし, 被覆微生物群集を伴う oncoïd が観察された。
- 4) 石灰岩中の有孔虫から石灰岩の形成年代は Aptian 前期と判断され, 碎屑岩中のアンモナイトによる Hauterivian ~ Barremian とは異なることが再確認された。下部白亜系の大形化石層序と微化石層序との対応関係の検討があまり進んでいないことが原因だと考えられる。
- 5) oncoïd の特徴などから, 石灰岩の堆積環境はパッチリーフであったと推定される。
- 6) ヨーロッパの上部ジュラ系~下部白亜系の被覆微生物群集に相当するものが, 日本において少なくとも Aptian 前期まで存在したと考えられる。

謝辞

神流町恐竜センターの佐藤和久学芸員, 久保田克博博士には, 現地調査の際にお世話になった。株式会社吉本には社有地内の調査を許可していただいた。福井県立恐竜博物館の佐野晋一主任研究員, 宮城教育大学の川村寿郎教授には丁寧な査読していただき, 本稿は大幅に改善された。「化石」編集委員長の静岡大学の生形貴男准教授には, 査読に関しての助言をいただいた。以上の方々には深く感謝いたします。

文献

- Caron, M., 1985. Cretaceous planktic foraminifera. In Bolli, H. M., Saunders, J. B. and Perch-Nielsen, K., eds., *Plankton Stratigraphy*, 17–86. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cherchi, A. and Schroeder, R., 1985. *Koskinobullina socialis* Cherchi and Schroeder, 1979: a colonial microfossil *incertae sedis* (algae?) from Jurassic-Cretaceous of the mediterranean region. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, **23**, 361–374.
- Embry, A. F. and Klovan, J. E., 1971. A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, **19**, 730–781.
- Flügel, E., 2004. *Microfacies of Carbonate Rocks*. 976p., Springer, Berlin.
- 藤本治義, 1938. 關東山地の鳥ノ巣統に就て。地質学雑誌, **45**, 478–481.
- Harada, T., 1890. *Die japonischen inselen, eine topographisch geologische Übersicht*. 126p., Paul Parey, Berlin.
- Iba, Y. and Hirauchi, K., 2009. The Early Cretaceous *in situ* shallow-marine carbonates containing typical Tethyan biota in the Ishido Formation, Kanto mountains, central Japan. *Journal of the Geological Society of Japan*, **115**, V–VI.
- Ichise, M., 2008. Stratigraphy of Lower Cretaceous System in the Jikkoku Pass Area, Western Kanto Mountains, Japan. *Earth Evolution Sciences, University of Tsukuba*, **2**, 39–65.
- Ito, M. and Matsukawa, M., 1997. Diachronous evolution of third-order depositional sequences in the Early Cretaceous forearc basins: shallow marine and paralic successions in the Sanchu and Choshi

- Basins, Japan. *Memoirs of the Geological Society of Japan*, **48**, 60–75.
- 兼岡一郎・河内晋平・長尾敬介, 1993. ハヶ岳東方地域の第三紀及び第四紀火山の活動時期—K-Ar年代測定からの推定—。日本火山学会1993年度秋季大会講演予稿集, 76.
- Leinfelder, R. R., Nose, M., Schmid, D. U. and Werner, W., 1993. Microbial crusts of the Late Jurassic: Composition, palaeoecological significance and importance in reef construction. *Facies*, **29**, 195–230.
- Leinfelder, R. R., Schmid, D. U., Nose, M. and Werner, W., 2002. Jurassic reef patterns: the expression of changing globe. In Kiessling, W., Flügel, E. and Golonka, J., eds., *Phanerozoic Reef Patterns*. Society for Sedimentary Geology, Special Publication, **72**, 465–520.
- Matsukawa, M., 1983. Stratigraphy and sedimentary environments of the Sanchu Cretaceous, Japan. *Memoirs of the Ehime University, Natural Science, Series D (Earth Science)*, **9** (4), 1–50.
- Matsukawa, M., 1988. Barremian ammonites from the Ishido Formation, Japan—supplements and faunal analysis. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, (149), 396–416.
- Matsukawa, M., Obata, I. and Sato, K., 2007. Barremian ammonite fauna of the lower Ishido Formation, eastern part of the Sanchu Cretaceous, Japan. *Bulletin of Tokyo Gakugei University, Natural Sciences*, **59**, 77–87.
- 松川正樹・富島耕太郎, 2009. 山中白亜系の層序と堆積環境に関する Matsukawa (1983) 以後の研究の評価。東京学芸大学紀要自然科学系, **61**, 119–144.
- Matsumaru, K., Yoshida, A. and Hayashi, A., 2005. Orbitolinid Foraminifera from the Lower Aptian Ishido Formation of the Sanchu Cretaceous System, Kanto Mountains, Central Japan. *Journal of the Palaeontological Society of India*, **50**, 55–60.
- Obata, I., Matsukawa, M., Tanaka, K., Kanai, Y. and Watanabe, T., 1984. Cretaceous cephalopods from the Sanchu area, Japan. *Bulletin of the National Science Museum, Tokyo, Series C*, **10**, 9–37.
- Obata, I., Matsukawa, M., Tsuda, H., Futakami, M. and Ogawa, Y., 1976. Geological age of the Cretaceous Ishido Formation, Japan. *Bulletin of the National Science Museum, Tokyo, Series C*, **2**, 121–138.
- Rameil, N., Immenhauser, A. and Warrlich, G., 2010. Morphological patterns of Aptian *Lithocodium-Bacinella* geobodies: relation to environment and scale. *Sedimentology*, **57**, 883–911.
- Sashida, K., Igo, H., Adachi, S. and Ito, S., 1992. Foraminifers from the “Torinosu Limestone” embedded in the Ishido Formation of the Sanchu Cretaceous System, Kanto Mountains, Central Japan. In Ishizaki, K. and Saito, T., eds., *Centenary of Japanese Micropaleontology*, 273–280. Terra Scientific Publishing Company, Tokyo.
- Schlagintweit, F., Borner-Arnal, T. and Salas, R., 2010. New insights into *Lithocodium aggregatum* Elliott 1956 and *Bacinella irregularis* Radoičić 1959 (Late Jurassic-Lower Cretaceous): two ulvophyceean green algae (?Order Ulotrichales) with a heteromorphic life cycle (epilithic/euendolithic). *Facies*, **56**, in press.
- Schmid, D. U., 1996. Marine mikrobolithe und mikroinkrustierer aus dem Oberjura. *Profil*, **9**, 101–251.
- Schmid, D. U. and Leinfelder, R. R., 1996. The Jurassic *Lithocodium aggregatum-Troglotella incrustans* foraminiferal consortium. *Palaeontology*, **39**, 21–52.
- Shiraishi, F. and Kano, A., 2004. Composition and spatial distribution of microencrusters and microbial crusts in upper Jurassic-lowermost Cretaceous reef limestone (Torinosu Limestone, southwest Japan). *Facies*, **50**, 217–227.
- Sliter, W. V., 1989. Biostratigraphic zonation for Cretaceous planktonic foraminifers examined in thin section. *Journal of Foraminiferal Research*, **19**, 1–19.
- Takei, K., 1985. Development of the Cretaceous Sedimentary Basin of the Sanchu Graben, Kanto mountains, Japan. *Journal of Geosciences*,

Osaka City University, **28**, 1–44.
寺部和伸・松岡 篤, 2009. 関東山地秩父累帯の山中白亜系瀬林層より産出したバレミアン期テチス型二枚貝群集. *地質学雑誌*, **115**, 130–140.
寺部和伸・佐藤和久・松岡 篤, 2007. 山中白亜系に関する層序の再検討. *日本地質学会第114年学術大会講演要旨*, 218.
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.
Yabe, H., Nagao, T. and Shimizu, S., 1926. Cretaceous mollusca from

the Sanchu Graben in the Kwanto Mountainland, Japan. *Science Report of the Tohoku Imperial University. 2nd Series, Geology*, **9**, 33–76.

Yamagiwa, N., Hisada, K. and Tamura, M., 1998. Early Cretaceous hexacorals from the western part of the Sanchu Area, Kanto Mountains. *Bulletin of the National Science Museum, Tokyo, Series C*, **24**, 51–66.

(2009年12月28日受付, 2010年9月18日受理)

