手取層群の分布域中央部の層序と堆積環境の変遷 —非海生軟体動物化石群集に基づいて—

Stratigraphy and sedimentary environment of the Tetori Group in its central distribution based on nonmarine molluscan assemblages

Abstract

松川正樹*・中田恒介*

Masaki Matsukawa*
and Kosuke Nakada*

1999年1月11日受付.
1999年7月21日受理.

* 東京学芸大学教育学部理科教育学科.
Department of Science Education, Tokyo
Gakugei University, Koganei, 184-8501 Tokyo,
Japan

Nonmarine molluscan fossils are considerably abundant at many horizons of the Upper Jurassic to Lower Cretaceous Tetori Group. The typical section of the group in its central outcrop area (northern part of the Gifu Prefecture, central Japan) is composed mainly of nonmarine strata intercalated with marine beds. We, therefore, can recognize changes in sedimentary environments and molluscan assemblages of the Tetori Group through time, as influenced by transgression and regression phases.

The Tetori Group is lithologically divided into the Ushimaru, Mitarai, Otaniyama, Okurodani, Amagodani, Okura and Bessandani formations, in ascending stratigraphic order. The oldest succession of the group, consisting of the Ushimaru to Mitarai formations, shows estuarine, deltaic and shallow marine environments. The shallow marine Mitarai Formation bears ammonites of Callovian age and reflects the climax of transgression. Subsequently, the two younger successions of the Otaniyama to Okurodani formations and the Amagodani to Bessandani through Okura formations, reveal distributary bay and braided and meandering river environments, respectively.

Nonmarine molluscan assemblages occur in the Ushimaru Formation and in the succession of the Otaniyama and Okurodani formations, interbedded with shallow marine Mitarai Formation. Five assemblages of nonmarine molluscs are recognized: [1] *Ostreidae* gen. et sp. indet. - *Myrene* (*Mesocorbicula*) *tetoriensis*, [2] *Myrene* (*Mesocorbicula*) *tetoriensis*, [3] *Tetoria* (*T.*) *yokoyamai*, [4] *Sphaerium* sp. and [5] *Plicatounio* (*P.*) *naktongensis-Trigonioides* (*Wakinoa*) *tetoriensis*. These assemblages show various grades of brackish-to freshwater environments, and the species composition of each assemblage varies with salinity.

Based on the occurrence of these five molluscan assemblages, the Ushimaru Formation reflects more repeated environmental change than the succession of the Otaniyama to Okurodani formations. This indicates that there is repetition of numerous minor cycles of transgression and regression in transgression-phase, but smooth environmental changes in the regression-phase. We can recognize more precise environmental changes by using non-marine molluscan assemblages.

Key words: Tetori Group, sedimentary environment, nonmarine molluscs, assemblage, transgression, regression

はじめに

北陸、飛騨地方に分布する手取層群は、主として非海成層からなり、東アジアの中生代後期の代表的な非海成層である。非海生軟体動物、恐竜類、カメ類、翼竜類、魚類などの脊椎動物、車軸藻、陸生植物の化石を多産するので、同期の

非海成層の生物相を理解するための例として適している。しかし、手取層群の分布が散在し、地域ごとに層序区分と地層名が与えられていることと、累層間での確かな対比が示されていないことから、生物相の変遷・進化や古環境の変遷の考察は、累層より上位の亜層群レベルで議論されてきた(前田, 1961など)。手取層群は分布が広く、上部ジュラ系から下部

Fig. 1. Geological map of the Tetori Group in the Shokawa Village, Gifu Prefecture, central Japan.

Fig. 2. Geological profiles of the Tetori Group. Lines of section are shown in Fig. 1.

白亜系に及ぶので、生物相や堆積相が地域レベルの特徴を示すのか、手取層群全域に及ぶのか、また時代によるのかの判断が必要である。しかし、全域にわたり、累層間での確かな対比ができない現状では、まず、手取層群のほぼ完全な層序が揃っている地域で、生物相や堆積相の特徴をとらえ、それらの層序の変化を理解することが必要であろう。

Matsukawa and Ido (1993) は、手取層群の汽水から淡水の環境を示す二枚貝化石群集が5つに区分され、手取層群の堆積環境がさらに詳細に理解されることを示した。それに基づき、群集の層序の変化をとらえると、累層レベルで古環境の層序的変遷を理解できる(松川ほか, 1996; Matsukawa et al., 1997)。そのため、分布が散在している手取層群を累層間で対比すれば、手取層群の古環境の変遷を地域レベルと全域レベルで議論することが可能になると思われる。

岐阜県北部の荘川村には手取層群の下部から上部にいたる層序が認められ、その層序は、窟(1940)、前田(1952)、Hayami(1959)、公文・加納(1991)、岐阜県恐竜化学術調査推進委員会(1993)、松川ほか(1996)により研究されてきた。それらは、主に、層序区分や堆積環境を議論した研究で、本層群には海成層と非海成層が含まれ、海進と海退の堆積相の層序変化が認められることが示された。松川ほか(1996)は、荘川村に分布する手取層群中部の大谷山層から大黒谷層の二枚貝化石群集を解析した。そして、それらとMatsukawa and Ido (1993)により示された手取層群の汽水から淡水の環境を示す二枚貝化石群集とを比較し、この地域の手取層群中部の非海生二枚貝化石群集の層序的変遷を考察した。さらに、この変遷が、堆積相解析による三角州や浅海、湖沼や河川の堆積環境の層序的変遷(公文・加納, 1991)と調和的であることを示した。非海生二枚貝化石群集は、この地域では、手取層群下部の牛丸層にも認められる。したがって、海成層の御手洗層を挟んだ下位の牛丸層と上位の大谷山・大黒谷層の非海生二枚貝化石群集を解析することにより、この地域の非海生二枚貝化石群集の特徴とその層序的变化や堆積相で確かめられている海進と海退の解釈との議論が可能になる。し

かし、この問題については、これまで研究がされてこなかった。この論文では、荘川地域の層序と堆積相の特徴を示し、非海生二枚貝化石の層序的分布や群集構成の層序的变化をとらえ、その変化と海進と海退の関係について議論する。

層序記載

岐阜県北部、飛騨地方の庄川上流域の手取層群は、庄川、御手洗川、尾上郷川とその支流の大黒谷、アマゴ谷などに分布し、分布域の東で、花崗岩類と断層で接し、南西部では火山岩類に覆われる(Fig. 1)。この手取層群は、主に、礫岩、砂岩、泥岩からなり、下位より牛丸層、御手洗層、大谷山層、大黒谷層、アマゴ谷層、大倉層、別山谷層に区分される。これらの地層は、概ね東西方向に軸を持ち、西方にわずかにブランチする半盆地状の構造を呈する。そのため、東から西に上位の地層が見られる(Fig. 2)。以下に、これらの岩相層序記載を示す。

1. 牛丸層 (Ushimaru Formation)

〔定義〕 下部の軟体動物化石を含む黒色の泥岩層と砂岩泥岩互層と上部の細粒から中粒の砂岩からなる地層で、当地域の東部に分布する。

〔命名〕 窟(1940)

〔同義の地層〕 窟(1940)の牛丸層に、前田(1952)の牛丸層に、赤歩危層と御手洗層下部の礫岩と礫質砂岩層に、Hayami(1959)の牛丸層、野々俣層と御手洗層のM1に、公文・加納(1991)の牛丸累層、赤歩危累層と御手洗累層下部の砂岩層に相当する。

〔模式地〕 下部：牛丸、上部：御手洗川

〔層序関係〕 牛丸層の下部は花崗岩類による貫入または断層で接するため、下限は不明である。

〔分布〕 牧戸周辺の庄川と御手洗川沿いに分布する。

〔層厚〕 本層の下部が見られる牛丸では約400mが、上部の層序が見られる御手洗川では約600mが測定される。本層の分布と地質構造から全体の厚さを見積もると約1,000mが算出される。

Fig. 3. Map showing locations of the routes along which columnar sections were measured.

〔岩相と層序〕 本層は、大きく下部の黒色の泥岩層と砂岩泥岩互層と上部の細粒から中粒の砂岩の2層に区分される。下部の層序が見られる牛丸（柱状図番号1: Figs. 3, 4）では、最下部は軟体動物化石を含む厚さ50mの平行葉理が見られる黒色の泥岩層からなる。この上位に厚さ80mの泥岩の薄層を伴う層状の極細粒砂岩層が重なり、上位の厚さ80mの砂岩泥岩互層と軟体動物化石を含む黒色泥岩層に漸移する。そして、厚さ150mの灰色ないし黒色の細粒砂岩が重なる。この細粒砂岩は、一部アルコーズ質で、平行葉理が発達する白色や黒色の極細粒砂岩層を伴う。一方、上部の層序は、御手洗川沿いで見られ、厚さ400mの暗灰色の細粒砂岩層からなる。この砂岩は、一般的には塊状であるが、リップル、トラフ型斜交層理がしばしば見られる。また、この砂岩層の下部には平行葉理の発達する極細粒砂岩層から泥岩層が発達する。その泥岩層から軟体動物化石が産するが、化石が黄鉄鉱で置換されている場合が多く、保存も悪い。上部の砂岩層が卓越する部分の上部には泥岩層がしばしば挟まれる。その泥岩層にアンモナイトが産する。最上部の層序は松山谷で見られる。主に塊状の淘汰の良い灰色細粒ないし中粒砂岩層からなる。薄い細礫岩層がしばしば挟まれ、チャンネル構造を呈する。また、平行葉理が見られる黒色の砂質泥岩も挟まれる。この砂質泥岩には生痕化石が産出する。

〔産出化石〕 下部から二枚貝化石の *Myrene*

(*Mesocorbicula*) *tetoriensis*, *Tetoria* (*Tetoria*) *yokoyamai* などの corbiculids や ostreids が、最上部からアンモナイトの *Lilloetia*? sp. が産出する (Fig. 5; Table 1)。また、上部の砂岩層に挟まれる泥岩層に植物の葉化石が産する。今回筆者らにより牛丸層最上部とされた御手洗層の M1 (Hayami, 1959) から inoceramids が報告されている (Hayami, 1959)。

2. 御手洗層 (Mitarai Formation)

〔定義〕 主として黒色泥岩からなり、凝灰岩の薄層を挟む。アンモナイト、イノセラムスなどの海生の軟体動物化石を産する。

〔命名〕 窟 (1940)

〔同義の地層〕 窟 (1940) の野々俣層と御手洗層に、前田 (1952) の御手洗層の凝灰質頁岩、黒色頁岩層と黒色頁岩砂岩互層に、Hayami (1959) の御手洗層の M2 と M3 に、公文・加納 (1991) の御手洗累層の上部の黒色・塊状のシルト質泥岩に相当する。

〔模式地〕 松山谷

〔分布〕 手取層群分布域の東部の御手洗川で、牛丸層の西側に沿う狭い範囲に分布する。地層の水平方向の連続性は良い。

〔層厚〕 本層の分布範囲では、どこでも層厚約50mである。

Fig. 4. Columnar sections of the Tetori Group in the Shokawa Village, Gifu Prefecture, central Japan. Locations of numbered columns are shown on map of Fig. 3. Horizon numbers, suffix of locality numbers, are omitted.

Fig. 5. Map showing the fossil localities.

Table 1. List of molluscan fossils from the Ushimaru Formation of the Tetori Group in the Shokawa Village area, Gifu Prefecture, central Japan.

<i>Lilloetia</i> ? sp.	US-30
Ostreidae gen. et sp. indet.	US-21D, -21G, -21I, -21J
<i>Myrene</i> (<i>Mesocorbicula</i>) <i>tetoriensis</i> (Kobayashi et Suzuki)	US-10A, -10D, -10E, -11, -21A, -21B, -21D, -21E1, -21E2, -21F, -21G, -21I, -21J, -21L, -21N, -22, -23B, -23E, -23G, -23H, -23P, -23U, -23Y, -23AB
<i>Tetoria</i> (<i>Tetoria</i>) <i>yokoyamai</i> (Kobayashi et Suzuki)	US-10A, -10D, -10E, US-11, US-21A, -21B, -21D, -21F, -21G, -21I, -21J, -23B, -23H, -23L, -23N, -23P, -23U, -23AB
Gastropods gen. et sp. indet.	US-10A, -10D, -10E, -21E, -21F, -21G, -21I, -21J, -23E
	US-23G, -23H, -23L, -23N, -23P, -23U, -23Y, -23AB

Table 2. List of molluscan fossils from the Mitarai Formation of the Tetori Group in the Shokawa Village area, Gifu Prefecture, central Japan.

<i>Modiolus maedae</i> Hayami	Mt-1
<i>Pinna</i> sp.	Mt-4
<i>Inoceramus maedae</i> Hayami	Mt-4
<i>Entolium inequivalve</i> Hayami	Mt-9
<i>Tetorimya carinata</i> Hayami	Mt-1
<i>Thracia shokawaensis</i> Hayami	Mt-1

〔岩相と層序〕 本層は、主として層理の発達している黒色泥岩からなる。基底部は、円磨度と淘汰度の高い層厚の薄い細礫岩層からなり、チャート、砂岩、花崗斑岩などを含む。下部には厚さ約 40 cm のタマネギ状構造の見られるシルト岩層、中部と上部に凝灰岩の薄層が挟まれる。

〔下位との関係〕 下位の牛丸層最上部の砂岩層に本層基底部の細礫岩層が整合に重なることが松山谷で観察される。

〔産出化石〕 *Inoceramus maedae*, *Modiolus maedae*, *Pinna* sp., *Tetorimya carinata*, *Thracia shokawaensis* などの二枚貝化石を多産する (Table 2)。また、*Perisphinctes* sp., *Calliphyloceras* sp. が前田 (1952) により示され、*Lilloetia* sp. が Sato and Kanie (1963) より記載された。

3. 大谷山層 (Otaniyama Formation)

〔定義〕 主としてアルコーズ質砂岩からなり、しばしば泥岩の薄層を挟む。特に、上部では砂岩泥岩互層、泥質砂岩や細粒礫岩層の薄層を挟む。

〔命名〕 窟 (1940)

〔同義の地層〕 窟 (1940) の大谷山層と大黒谷層に、前田 (1952) の大谷山層に、公文・加納 (1991) の大谷山累層に、岐阜県恐竜化石学術調査推進委員会 (1993) の大谷山層にそれぞれ相当する。

〔模式地〕 下部：松山谷、上部：大黒谷

Table 3. List of fossils from the Otaniyama Formation of the Tetori Group in the Shokawa Village area, Gifu Prefecture, central Japan.

<i>Belemnitida</i> gen. et sp. indet.	Mt-6
<i>Mytilidae</i> gen. et sp. indet.	OK-52C, -52E
<i>Isognomon</i> sp.	OK-52A, -52B
<i>Entolium inequivalve</i> Hayami	Ot-12
<i>Ostreidae</i> gen. et sp. indet.	Mt-2A, Ot-13, Ot-21, Am-12 OK-52A, -52B, -52C, -52D, -52E, -52F, OK-63
<i>Exogyrinae</i> gen. et sp. indet.	Am-12, OK-19, OK-52A, -52C
<i>Nagdongia</i> sp.	Mt-2B, Ot-12
<i>Unionids</i> gen. et sp. indet.	Ot-12
<i>Myrene</i> (<i>Mesocorbicula</i>) <i>tetoriensis</i> (Kobayashi et Suzuki)	OK-11, OK-13, OK-17A, -17B, -17C, OK-19, OK-20, OK-21A, -21B, -21C, 21D, -22A, -22B, -23, -30, -51, -52D, -52E, -52F, -63, Mt-2A
<i>Tetoria</i> (<i>Tetoria</i>) <i>yokoyamai</i> (Kobayashi et Suzuki)	OK-52C, -52D, -52E, -52F
<i>Gastropods</i> gen. et sp. indet.	OK-52B, -52D, OK-64
<i>Charophyta</i> gen. et sp. indet.	Mt-2B

〔分布〕 調査地域の東部に広く分布する。御手洗川の御手洗層の北西側に沿い、また、大黒谷の下流や尾上郷川の中流に分布する。

〔層厚〕 本層の下部が見られる松山谷では約 350 m が、上部の層序が見られるコブ谷や大黒谷では約 300 m が測定される。全体の厚さは約 900 m が見積もられる。

〔岩相と層序〕 本層は主としてアルコーズ質砂岩からなる。下部の層序が観察できる松山谷では、御手洗層の黒色泥岩層に本層の淘汰の良い砂岩層が重なる。この砂岩層には石炭層や植物の破片の密集層が挟まれる。その上位では、斜交層理が見られる砂岩層中に細礫岩から砂岩をへて泥岩にいたる上方細粒化サイクルの繰り返しが見られ、チャンネル構造を呈する砂岩泥岩互層が挟まれる。これらの細礫を含む砂岩中に *Belemnitella* 属に含まれる可能性の高いベレムナイト（公文ほか、1994）や corbiculids が含まれる。さらに、その上位には小型の corbiculids や unionids の二枚貝、車軸藻の化石を産する含植物化石泥岩層が砂岩層中に挟まれる。上部の層序が見られる大黒谷では主としてアルコーズ質砂岩層からなり、細礫岩層、砂岩泥岩互層や泥岩層がしばしば挟まれる。下部の層序を主につくる砂岩層は、淘汰の良い細粒から粗粒からなり、しばしば斜交層理が見られる。上部の層序の下部層準では、*Nagdongia* sp. を含む unionids を産する厚さ約 10 cm の石炭質の泥岩層と *Entolium inequivalve* を産する厚さ約 10 cm の泥岩層が重なる。その層準の 30 m 上位の砂岩層中には ostreids の密集層が認められる。さらに、ostreids の密集層の上位 40 m の位置にある淘汰度・円磨度が非常に高いチャートの卓越する細礫から中礫岩層は、厚さ 3 cm から 5 cm を経て 1 m まで上方厚層化する。そして、その上位の大黒谷層との境界近くにある細礫岩層は、厚さ約 5 m で、チャートからなり、淘汰度・円磨度が非常に高い。最上部の本層から上位の大黒谷層への層序は、コブ谷で見られる。アルコーズ質砂岩層からなる本層から黒色泥岩層からなる大黒谷層への岩相変化が明瞭である。

〔下位との関係〕 下位の御手洗層との層序関係が観察される東部の松山谷では、御手洗層の黒色泥岩に本層の砂岩層が整合に重なる。

〔産出化石〕 二枚貝化石が、本層下部から *Nagdongia* を含む unionids が、中部から *Nagdongia* sp. を含む unionids,

Entolium inequivalve や ostreids が産出する。また、*Myrene* (*M.*) *tetoriensis*, *Tetoria* (*T.*) *yokoyamai* などの corbiculids や ostreids を本層最上部から産する（Table 3）。

4. 大黒谷層 (Okurodani Formation)

〔定義〕 下部は黒色泥岩層からなり、主部は砂岩泥岩互層、砂岩、泥質砂岩からなる。黒色泥岩層には、非海生の二枚貝や巻貝の化石がしばしば産する。

〔命名〕 窟 (1940)

〔同義の地層〕 窟 (1940) の尾上郷層に、前田 (1952) の大黒谷層に、公文・加納 (1991) の大黒谷累層とアマゴ谷累層の下部に、岐阜県恐竜化石学術調査推進委員会 (1993) の大黒谷層とアマゴ谷層の下部にそれぞれ相当する。

〔模式地〕 大黒谷

〔層厚〕 下部の黒色泥岩層の層厚は、30 m で、分布範囲内ではほとんど変化しない。しかし、主部層の層厚は、西では 200 m が、南では 300 m が、そして東では 450 m が見積もられ、分布範囲内で層厚変化する。

〔岩相と層序〕 本層は、下部の黒色泥岩層、主部の砂岩層と砂岩泥岩互層と最上部の砂岩層と泥岩層からなる。下部の黒色泥岩層は、葉理が発達しており、corbiculid や unionids の二枚貝や巻貝、植物の化石を産する。この黒色泥岩層は、水平方向への連続性が良く、鍵層として地層の対比に有効である。上位に重なる主部層は、砂岩層と砂岩泥岩互層からなる。砂岩層は、細粒から粗粒で、淘汰が良く、斜交層理がしばしば見られる。砂岩泥岩互層では、砂岩層に頻繁にチャンネル構造が発達し、砂岩層から泥岩層への上方細粒化や砂岩層の上方厚層化が認められる。恐竜、カメ、翼竜や魚類などの脊椎動物化石が産する（岐阜県恐竜化石学術調査推進委員会、1993; Cook et al., 1998）のは、この互層の砂岩層である。最上部の砂岩層は、粗粒で、淘汰が悪く、細礫から中礫岩を含む。特に、大黒ダム堰堤横で見られるこの礫岩の礫は円磨は良いが、淘汰は悪い。泥岩層にはチャンネル構造を伴う砂岩層の薄層が挟まれ、植物の葉体化石を産する。

〔下位との関係〕 下位の大谷山層との層序関係が観察される大黒谷上流と大黒谷-蛭ヶ野林道のルートでは、下位の大谷山層の粗粒砂岩層に本層の黒色泥岩層が整合に重なる。

〔産出化石〕 本層下部から *Myrene* (*M.*) *tetoriensis* や ostreids など、主部で *Nagdongia soni* や *Nippononaia*

Table 4. List of fossils from the Otaniyama Formation of the Tetori Group in the Shokawa Village area, Gifu Prefecture, central Japan.

<i>Modiolus</i> sp.	OK-13, Am-11
<i>Ostreidae</i> gen. et sp. indet.	OK-19,
<i>Unio</i> ? <i>ogamigoensis</i> Kobayashi et Suzuki	OK-17A1,
<i>Nagdongia soni</i> Yang	OK-24, Am-11
<i>Nagdongia</i> sp.	OK-31, Am-11
<i>Nippononaia tetoriensis</i> Maeda	OK-13, -17A1
" <i>Batissa</i> " <i>antiqua</i> Kobayashi et Suzuki	OK-11, -13, -51,
<i>Myrene</i> (<i>Mesocorbicula</i>) <i>tetoriensis</i> (Kobayashi et Suzuki)	OK-11, -13, -17A, -17B, -17C, -19, -20, -21A, -21B, -21C, -21D, -22A, -22B, -23, -30, -51, -53
	-54, -61, -62, Am-11
<i>Tetoria</i> (<i>Tetoria</i>) <i>yokoyamai</i> (Kobayashi et Suzuki)	OK-11, -17B, -17C, -21D, -22A, Am-11
<i>Sphaerium</i> <i>coreanicum</i> Kobayashi et Suzuki	OK-17A, -17B, -17C, -22B, -31, -55, Am-11
<i>Viviparus onogoensis</i> Kobayashi et Suzuki	OK-13, -17A, -17A2, -17B, -17C, -22B, -24, -31, -55,
<i>Micromelania</i> ? <i>katoensis</i> Suzuki	OK-13, -17A, -17B, -17C, -61, Am-11
Gastropods gen. et sp. indet.	OK-64
Charophyta gen. et sp. indet.	OK-24, -31

tetoriensis を含む unionids, charophytes の車軸藻の化石が産する (Table 4). また, 最上部から *Cladophlebis* や *Nilssonina* などの植物の葉体化石が産出する.

5. アマゴ谷層 (Amagodani Formation)

[定義] アルコズ質の淘汰の良い粗粒砂岩からなり, まれに細礫から小礫岩のオーソコーツァイト礫の薄層を含む.

[命名] 前田 (1952)

[同義の地層] 前田 (1952) のアマゴ谷層に, 公文・加納 (1991) のアマゴ谷累層の上部に, 岐阜県恐竜化石学術調査推進委員会 (1993) のアマゴ谷層の上部にそれぞれ相当する.

[模式地] アマゴ谷

[分布] 本地域中央で, 馬蹄型に分布する.

[層厚] 層厚は 200~250 m で, 分布範囲内での変化は少ない.

[岩相] 本層は, アルコズ質の淘汰の良い粗粒砂岩からなり, 塊状や厚層状構造を呈する. しばしば斜交層理が認められ, 植物の葉体や材木片の化石を産する泥岩層やシルト岩の薄層を伴う. 地層の水平方向の連続性は良く, 鍵層になる.

[下位との関係] 大黒谷層最上部の砂岩泥岩互層から本層基底部のアルコズ質の淘汰の良い粗粒砂岩へ漸次変化する. 両層の層序関係は整合である. しかし, アマゴ谷では, 大黒谷層最上部の黒色泥岩層がアマゴ谷層基底部の細礫から小礫岩のオーソコーツァイトを含む薄い礫層に削剥され, チャネル構造を呈する.

6. 大倉層 (Okura Formation)

[定義] オーソコーツァイト礫を含むアルコズ質の粗粒砂岩からなる.

[命名] 前田 (1952)

[同義の地層] 前田 (1952) の大倉層に, 公文・加納 (1991) の大倉累層に, 岐阜県恐竜化石学術調査推進委員会 (1993) の別山谷層下部にそれぞれ相当する.

[模式地] 大シウド谷から日照岳林道

[分布] 本地域の西部に広く分布する.

[層厚] 模式地のシウド谷から日照岳林道では約 300 m が, 本層と上位に重なる別山谷層への層序が観察できる海上谷では約 350 m が測定される.

[岩相と層序] 本層は, 円磨された淘汰の悪いオーソコー

ツァイト礫を含むアルコズ質の粗粒砂岩からなる. この砂岩層は, 塊状や厚層で, しばしば斜交層理が認められ, 植物片を含む泥岩層やシルト岩の薄層を伴う. オーソコーツァイト礫で特徴づけられる礫岩は, 主として中礫から大礫であるが, 場所によっては巨礫や細礫も見られる. それらの礫は, 良く円磨されている. 淘汰の程度は, サイズが大きくなるにつれて悪くなる傾向にある. オーソコーツァイト礫で特徴づけられる礫岩層は, 模式地の大シウド谷から日照岳林道では, 少なくとも 8 層準で見られ, それらの水平方向への連続性は悪い.

[下位との関係] 大シウド谷で, アルコズ質の淘汰の良い粗粒砂岩からなるアマゴ谷層に本層最下部のオーソコーツァイト礫が重なる. 下位のアマゴ谷層と本層は, 本層が礫岩層を幾層準にも含むことで区別される. 下位のアマゴ谷層との層序関係は, 整合である.

7. 別山谷層 (Bessandani Formation)

[定義] 砂岩泥岩互層とアルコズ質の粗粒砂岩層からなる. 砂岩泥岩互層の粗粒砂岩層は, しばしばレンズ状を呈する. また, アルコズ質の粗粒砂岩層は, 塊状で, まれに小礫のオーソコーツァイトを含む.

[命名] 前田 (1952)

[同義の地層] 前田 (1952) の別山谷層に, 公文・加納 (1991) の別山谷累層に, 岐阜県恐竜化石学術調査推進委員会 (1993) の別山谷層上部にそれぞれ相当する.

[模式地] 日照岳林道

[分布] 本地域の最も西部に分布する.

[層厚] 本層のさまざまな層準が火山岩類により覆われること, さらに下位から上位への連続層序が認められないことから, 本層の層厚を実測することはできない. 少なくとも下部と上部で, それぞれ, 約 300 m が測定される.

[岩相と層序] 下部で見られる砂岩泥岩互層は, 層厚変化に富み, 粗粒砂岩層が卓越し, 水平方向への連続性は悪い. 粗粒砂岩層は, しばしばレンズ状を呈し, まれに小礫サイズのオーソコーツァイト礫を含む. また, しばしば, 薄い炭層を挟む. 泥岩層中に植物葉体の化石が含まれる. 上部は, アルコズ質の粗粒砂岩層からなる. 塊状, 斜交層理や厚層理を呈する. また, まれに小礫サイズのオーソコーツァイト礫

を含む。

〔下位との関係〕 下位の大倉層のオーソコーツァイト礫を含むアルコーズ質粗粒砂岩から本層最下部の砂岩泥岩互層に漸次変化する。両層の層序関係は整合である。

8. 層序の議論

本地域の手取層群は、主に、礫岩、砂岩、泥岩からなり、窟（1940）により本地域のほぼ半分の地域の層序区分が示された。その後、前田（1952）により本地域全域の層序区分が示され、下位より牛丸層、赤歩危層、御手洗層、大谷山層、大黒谷層、アマゴ谷層、大倉層、別山谷層に区分された。窟は海成の泥岩層が2層存在すると考えたが、前田はそれらは断層により繰り返しているものであるとした。さらに Hayami (1959), 公文・加納 (1991), 岐阜県恐竜化石学術調査推進委員会 (1993), 松川ほか (1996) により層序区分の解釈が示されたが、基本的には前田 (1952) を踏襲するものである。その中で、松川ほか (1996) は、牛丸層と赤歩危層として区分されていた地層が灰色の細粒から中粒砂岩からなり、岩相は類似し2層に区分することが不可能なことから、両層を一括して牛丸層として扱うことを提案した。本論文でも岩相が類似する牛丸層と赤歩危層として区分されていた地層を牛丸層とする提案を踏襲する。

手取層群上部のアマゴ谷層、大倉層、別山谷層に区分されていた層序（前田, 1952; 公文・加納, 1991）は、アルコーズ質の淘汰の良い粗粒砂岩が卓越する。これは、赤岩亜層群を特徴づけるための良い指標となる。この層序は、層厚の水平方向への変化が認められるものの下部はアルコーズ質の淘汰の良い粗粒砂岩のみからなり、中・上部にはオーソコーツァイト礫が頻繁に含まれ、上部は砂岩泥岩互層がしばしば見られる。しかし、岐阜県恐竜化石学術調査推進委員会（1993）は、別山谷層を主に塊状の粗粒砂岩からなる下部層と、細粒砂岩と泥岩の互層からなり中～粗粒砂岩を伴う上部層で定義づけ、公文・加納（1991）の大倉層と別山谷層をあわせたものに相当するとした。この上部層の特徴は、公文・加納（1991）の別山谷層を示していると思われる。筆者らの観察によれば、大倉層と別山谷層に区分されていた層序の下部は、主として塊状の粗粒砂岩からなりオーソコーツァイト礫が含まれることで特徴づけられ、上部は砂岩泥岩互層や塊状の粗粒砂岩で特徴づけられる。そのため、下部層を大倉層に上部層を別山谷層とする区分の方が理解しやすい。したがって、筆者らは、当地域の手取層群を下位から牛丸層、御手洗層、大谷山層、大黒谷層、アマゴ谷層、大倉層、別山谷層に層序区分することを提案する（Fig. 6）。

前田（1961）によれば、手取層群は、西側の白山区と東側の神通区に分布する。白山区の手取層群は、下位から九頭竜亜層群、石徹白亜層群、赤岩亜層群と大道谷互層に区分される。九頭竜亜層群は基底礫岩からはじまり、上部層準に海成層が発達することで定義づけられ、石徹白亜層群は基底部の礫岩と主部の非海成層で特徴づけられ、赤岩亜層群は主部のアルコーズ質の粗粒砂岩と上部の砂岩泥岩互層からなる。これらの特徴に基づけば、ジュラ紀後期のアンモナイトを含む黒色泥岩層とその層に覆われる礫岩や砂岩層の層序で特徴づ

Age		Stratigraphic division		Environment	
Jurassic	Early Cretaceous	Tetori Group	Akaiwa Subgrp.	Bessandani Fm.	Braided to Meandering river
			Itoshiro Subgrp.	Okura Fm.	Braided river
Amagodani Fm.	Meandering river				
Callovian	Kuzuryu Subgrp.		Okurodani Fm. ●	Distributary bay	
			Otaniyama Fm. ●	Delta	
			Mitarai Fm. ★	Delta to shallow marine	
		Ushimaru Fm. ●	Estuary		

● Nonmarine bivalves bearing formation

★ Ammonites bearing formation

● Nonmarine bivalves bearing formation
★ Ammonites bearing formation

Fig. 6. Stratigraphic divisions of the Tetori Group in the Shokawa Village area, Gifu Prefecture, central Japan. Solid circles and star show occurrence of nonmarine bivalves and ammonites, respectively. Environmental interpretation modified from Kumon and Kano (1991).

けられる九頭竜亜層群に牛丸層と御手洗層が、九頭竜亜層群に重なる砂岩と非海生軟体動物化石を含む黒色泥岩層の層序で特徴づけられる石徹白亜層群に大谷山層と大黒谷層が、アルコーズ質の粗粒砂岩で特徴づけられる赤岩亜層群にアマゴ谷層、大倉層と別山谷層が相当する。前田（1952）と公文・加納（1991）は、アマゴ谷層が石徹白亜層群に含まれると解釈した。特に、前田（1952）は、アマゴ谷層と大倉層が不整合で境することをあげ、この不整合で石徹白亜層群と赤岩亜層群に区分されたとした。しかし、アマゴ谷層から大倉層への層序の岩相は、アマゴ谷層の粗粒砂岩層から大倉層の礫の卓越する粗粒砂岩層へ漸移すること、基底礫岩に相当する礫岩がないこと、この層序が見られる地域で走向・傾斜の変化がないことから、両層は整合関係にある。これは、公文・加納（1991）と岐阜県恐竜化石学術調査推進委員会（1993）とも同様である。したがって、アマゴ谷層から大倉層を経て別山谷層への層序は、整合一連である。赤岩亜層群が均質な粗粒砂岩と礫岩からなることで定義づけられる（前田, 1952）ので、アルコーズ質の淘汰の良い粗粒砂岩からなるアマゴ谷層は、赤岩亜層群に含める方が理解しやすい。

地質時代と堆積環境の概略

本地域の手取層群の地質時代は、アンモナイト *Lilloetia* sp. により御手洗層がジュラ紀のキャロビアン期に対比される（Sato and Kanie, 1963）。今回、牛丸層最上部からもアン

モナイトの *Lilloetia*? sp. を採集した。残念ながら, Sato and Kanie (1963) では, 御手洗層から産出した *Lilloetia* sp. の産地が図示されていないので, 筆者らの産地との関係については不明である。しかし, そのアンモナイトが筆者らの御手洗層の黒色泥岩層から得られたものであるならば, 少なくとも, 筆者らの牛丸層最上部から御手洗層への層序は, キャロビアン期に対比される。一方, Hayami (1959) の御手洗層の M2 (筆者らの御手洗層) から得られた二枚貝化石動物群は, スピッツベルゲンやシベリアなどのボレアル区のジュラ紀後期と白亜紀最前期のものに類似する (Hayami, 1959)。したがって, アンモナイトを含む海成の御手洗層を挟んで, 下位の牛丸層はキャロビアン期ないしそれより下位のバトニアン期が解釈される。また, 上位の大谷山層から別山谷層にいたる層序は, キャロビアン期から上位の白亜紀前期にいたる地質時代が考えられる。これは, 石徹白亜層群から赤岩亜層群に含まれる植物化石が白亜紀前期を示すとする解釈 (Kimura, 1975) から支持される。

牛丸層から御手洗層にいたる層序は三角州から沖浜への環境が, 大谷山層から大黒谷層の層序は三角州から湖ないし河川システムへの堆積相の変化が, そして, アマゴ谷層から別山谷層への層序では蛇行河川と網状河川システムの堆積相が解釈されている (公文・加納, 1991)。アンモナイトを含む海成の御手洗層を挟んで, 下位の牛丸層と上位の大谷山層と大黒谷層から非海生軟体動物化石が産出する。したがって, 牛丸層から御手洗層への海進相と, 御手洗層から大谷山層, 大黒谷層を経てアマゴ谷層から別山谷層への海退相が堆積相により解釈されている。

非海生軟体動物化石群集

手取層群の非海生軟体動物化石群集は種構成により汽水から淡水の環境を示す 5 つの群集に区分される (Matsukawa and Ido, 1993) ので, 海成層の御手洗層を挟んだ下位の牛丸層と上位の大谷山・大黒谷層の非海生二枚貝化石群集を解析することにより, この地域の非海生二枚貝化石群集の特徴とその層序的变化や堆積相で確かめられている海進と海退の解釈との議論が可能になる。

1. 化石の産出層準

本地域で非海生軟体動物化石群集が産出する手取層群下部の牛丸層と中部の大谷山層・大黒谷層について, 層序と含化石層の調査および化石を採集した。牛丸層では下部から中部への層序が見られる 3 つのルート (柱状図番号 1, 2, 3: Fig. 4) で, 大谷山層上部から大黒谷層下部にかけての層序では 4 ルート (柱状図番号 6, 7, 8, 9: Fig. 4) で調べた。このうち, 牛丸層では保存の良い化石を含む 2 つのルートの 22 層準から, 大谷山層から大黒谷層にかけての層序では 3 ルートの 19 層準から採集した。

2. 採集方法

① 各調査地点において, 約 20 cm × 20 cm × 20 cm = 約 8,000 cm³ の岩塊を露頭より取り出し, その中に含まれる化石を全て採集した。

② この岩塊をクリーニングし, 二枚貝と巻貝の化石を取り

出した。

③ 二枚貝と巻貝の化石を種ごとに分類し, 各地点の各層準ごとの個体数を計数した。

3. 現地性の程度の把握

単一種の遺骸個体集団の現地性程度をとらえるための指標として, これまでに, 合弁率 (Ar), 貝殻破片化率 (Fr), 左右両殻共存比率 (Cv) などが提案されている (Martin-Kaye, 1951; Lever, 1958; 下山, 1989; Shimoyama and Hamano, 1988; Shimoyama and Fujisaki, 1992 など)。(これらは, 斧足類や腕足類の二枚の貝殻をつなぐ蝶番が切れてから以後の殻の挙動の左右差や貝殻総数に占める破損した貝殻の比率をとらえようとするもので, 浅海域では潮流や波の運動, それに生物擾乱作用 (bioturbation), 溶解や破壊によってそれらの値が変化することに基づく。これらは遺骸個体集団における情報ロスを把握する指標としても有効であることが, 浅海海洋域に生息する有殻軟体動物 (下山, 1989) を, 河川に生息する二枚貝類や巻貝 (松川ほか, 1993) を対象にして実証的に示されてきた。

Fig. 7 は, 各層準から産出する二枚貝化石の種数, 個体数, 合弁率 (Ar), 左右両殻共存指数 (Cv) を示したものである。牛丸層では 22 層準から非海生軟体動物化石が産出する。Cv の値は, 21 層準で, *Myrene* (*M.*) *tetoriensis* と *Tetoria* (*T.*) *yokoyamai* のいずれかの種が 0.7 以上の値を示し, 層序全体を通して高い。一方, Ar の値は, 18 層準で, いずれかの種の値が 0 である。Ar の最大値は, *Myrene* (*M.*) *tetoriensis* が 0.33 で, *Tetoria* (*T.*) *yokoyamai* が 0.25 で, いずれも低い。一方, 大谷山層から大黒谷層への層序では, 大谷山層は大黒谷層に比べて構成種数が多く, 産出個体数もやや多い。しかし, 合弁率 (Ar), 左右両殻共存指数 (Cv), 殻破片化率 (Fr) は, 両層とも同様な値を示す。すなわち, 合弁率 (Ar) は 0.0 から 0.3 の範囲に集中し低く, 左右両殻共存指数 (Cv) と殻破片化率 (Fr) はともに 0.5 から 1.0 の範囲に集中し高い。

牛丸層と大谷山層から大黒谷層への層序でのこれらの値は, 松山市郊外の国近川系の河川域における淡水生貝類の生貝と遺骸貝殻の比較による研究 (松川ほか, 1993) と Cv の理論的な研究 (Shimoyama and Fujisaki, 1992) に基づくと, 河川による一方向の流れで運ばれた群集の特徴を示す。牛丸層と大谷山層から大黒谷層にかけての層序が河川の影響をより強く受けたことを表わすと解釈される。

松川ほか (1993) は, 松山市郊外の国近川系の河川域における二枚貝の生貝集団と遺骸貝殻集団の優占順位を調べ, 生貝または遺骸貝殻のいずれかの総個体数の合計が 20 個体を越える 18 地点中の 14 地点で第 1 位の種が変わらないことを, また, いずれかの総個体数の合計が 20 個体以下の 6 地点でも第 1 位または第 2 位の種を保存していることを示した。牛丸層と大谷山層から大黒谷層にかけての層序が河川の影響をより強く受けていると解釈されるので, たとえ各層準における群集が異地性であると判定されても, それらの群集の優占順位の第 1 位と第 2 位の種は生貝集団の優占順位の第 1 位または第 2 位の種を示している可能性が高い。

Fig. 7. Stratigraphic change in : A) number of species ; B) number of individuals ; C) the articulation rate of shells (Ar); and D) the co-existence index of left and right valves (Cv), of molluscs from the section of Ushimaru Formation (US) and Otaniyama (OK-52 A to OK-52 F) and Okurodani (OK-20 to OK-31) formations.

4. 種構成とその特徴

牛丸層から産出する軟体動物化石は、二枚貝化石が3種、巻貝化石が1種である (Table 1)。保存の良い化石が産出する22層準の全てから *Myrene* (*M.*) *tetoriensis* が産出する (Fig. 8)。22層準のうち、下位の3層準 (US-23 B, -23 L, -21 A; Fig. 5 に示す。以下同様) では *Tetoria* (*T.*) *yokoyamai* が40%以上を占め卓越する。また、US-23 Uでも巻貝化石の産出を除けば、50%以上の産出が認められる。これらは、手取層群産の非海生二枚貝化石が構成種の組み合わせにより5つの群集 ([1] *Ostreidae* gen. et sp. indet. - *Myrene* (*Mesocorbicula*) *tetoriensis*, [2] *Myrene* (*M.*) *tetoriensis*, [3] *Tetoria* (*Tetoria*) *yokoyamai*, [4] *Sphaerium* sp., [5] *Plicatounio* (*Plicatounio*) *naktongensis*-*Trigonioides* (*Wakinoa*) *tetoriensis*) に区分 (Matsukawa and Ido, 1993) のうち、*Tetoria* (*T.*) *yokoyamai* 群集に相当する。また、上位の4層準 (US-21 D, 21 G, 21 I, 21 J) で *Ostreidae* gen. et sp. indet. を産出し、*Ostreidae* gen. et sp. indet. - *Myrene* (*M.*) *tetoriensis* 群集に相当する。さらに、下位の8層準 (US-23 E, 23 G, 23 H, 23 N, 23 P, 23 Y, 23 AB, 21 B) と上位の6層準 (US-21 E1, 21 E2, 21 F, US-10 A, 10 D, 10 E) では、*Myrene* (*M.*) *tetoriensis* が卓越し、50%以上の産出になる (ただし、最上位の US-10 E では巻貝化石を除いて計数した場合)。これらは、*Myrene* (*M.*) *tetoriensis* 群集に相当する。この群集の優占種の *Myrene* (*M.*) *tetoriensis* は、汽水生と解

釈されている *Ostreidae* gen. et sp. indet. - *Myrene* (*M.*) *tetoriensis* 群集で優占度が高く、淡水生と考えられる *Sphaerium* sp. 群集で優占度が低くなる。そのため、*Myrene* (*M.*) *tetoriensis* 群集の示す環境は、*Ostreidae* gen. et sp. indet. - *Myrene* (*M.*) *tetoriensis* 群集と *Sphaerium* sp. 群集の中間の環境を示唆する汽水性～淡水性と解釈されている。

一方、大谷山層から大黒谷層での層序では、二枚貝化石が10種、巻貝化石が3種産出する (Tables 3, 4)。このうち、二枚貝化石が大谷山層で7層準、大黒谷層で18層準から、巻貝化石が大谷山層で3層準、大黒谷層で10層準からそれぞれ産出する (Fig. 9)。各層準における種構成は、以下のとおりである。大谷山層は、下位の2層準 (OK-52 A, 52 B) で *Ostreidae* gen. et sp. indet. が卓越し、上位の4層準 (OK-52 C, 52 D, 52 E, 52 F) で *Myrene* (*M.*) *tetoriensis* が優占し、*Ostreidae* gen. et sp. indet. をわずかに産する。これは、*Ostreidae* gen. et sp. indet. - *Myrene* (*M.*) *tetoriensis* 群集に相当する。大黒谷層中・下部層 (OK-21 A, 21 B, 21 C, 21 D, -22 A, -23) では *Myrene* (*M.*) *tetoriensis* が卓越し、*Myrene* (*M.*) *tetoriensis* 群集に相当する。大黒谷層下部と上部 (OK-55, -31, -17 B, -22 B) では *Sphaerium coreanicum* と *Viviparus onogoensis* が卓越し、*Sphaerium* sp. 群集に相当する。また、大黒谷層中部 (OK-17 A1) には、*Nippononaia tetoriensis* と *Unio? ogamigoensis* が、大黒谷層上部 (OK-24) には *Nagdongia soni*, *Viviparus onogoensis* が産出し、

Fig. 8. Species composition and percentages of molluscs at each locality in the Ushimaru Formation.

Fig. 9. Species composition and percentages of molluscs at each locality in the Otaniyama and Okurodani formations.

Fig. 10. Presumed salinity ranges of nonmarine bivalve species from the Tetori Group. Classification of marine and terrestrial waters according to Venice System (Oertli, 1964); fresh water: 0–0.5‰, oligohaline: 0.5–5‰, mesohaline: 5–18‰, brachyhaline: 18–30‰, and euhaline: 30–40‰.

Plicatounio (P.) *naktongensis* – *Trigonioides* (W.) *tetoriensis* 群集に相当する。これらの群集はそれらを構成する属に含まれる各種が東アジアで淡水性を示すと解釈されている地層から産出するので、淡水性を示すと考えられる。

5. 非海生軟体動物化石群集に基づく生息環境の塩分濃度の推定

Füsić (1993) は、ドイツの中生代の化石群集の構成種とそれらの現生の近縁種を比較し、現生のさまざまな地域の群集構成や産状から、化石群集が示す塩分濃度に関して Venice System (Oertli, 1964) をもちいて推定した。そして、*Myrene estremadurae* の生息環境は、oligohaline 下限から mesohaline の中ほどまでで、*Myrene hannovarana*/*Jurassicorbula viriati* 群集はほぼ mesohaline の範囲を推定した。さらに、*Unio* 類と *Viviparus* 類は淡水 (fresh water) および oligohaline 下部に、カキ類は mesohaline から brachyhaline に、*Isognomon promytiloides* は brachyhaline に生息していたことを示し、これらの軟体動物化石類の生息環境の塩分濃度値を読みとった。そこで、これらを基に手取層群の非海生軟体動物化石種の生息環境の塩分濃度を推定すると、*Myrene* (M.) *tetoriensis* は、ほぼ oligohaline と mesohaline を、*Unio?* *ogamigoensis* と *Viviparus onogoensis* は淡水および oligohaline 下部を、*Ostreidae* gen. et sp. indet. は mesohaline から brachyhaline を、*Isognomon* sp. は brachyhaline を示す。一方、現生の *Corbicula japonica* では、低塩分は致死要因とならないが、高塩分耐性は約 21‰ とされている (山室, 1996)。さらに、特定の種が生息する塩分の範囲は、その種が耐えることのできる塩分の範囲よりも狭いのが普通である。したがって、手取層群の非海生軟体動物化石各種の生息環境の塩分濃度は、推定した範囲より狭く、低塩分側に位置していたと推定される。また、汽水域の

二枚貝には、広い塩分耐性を持つ広塩性の種と、狭い塩分耐性しかもたない狭塩性の種とが知られ、このうち狭塩性の種には低い塩分にすむ低鹹性汽水種と、高い塩分にすむ高鹹性汽水種がある (山室, 1996)。*Tetoria* (T.) *yokoyamai* は、*Ostreidae* gen. et sp. indet. と *Unio?* sp. と共産するので、広塩性種であると解釈できる。また、*Myrene* (M.) *tetoriensis* は、Füsić (1993) に基づけば、ほぼ oligohaline と mesohaline を示すと解釈できる。しかし、現生の特定の種が生息する塩分の範囲は、その種が耐えることのできる塩分の範囲よりも狭いのが普通であることから考えると、oligohaline と mesohaline の範囲を若干淡水側へ移動させた塩分の範囲を推定することができる。また、これらは、*Unio?* sp., “*Battisa*” *antiqua* と共産する (Matsukawa and Ido, 1993) ことから、淡水域にも分布していた可能性が高いと考えられる。

二枚貝が生息するために適応できる塩分濃度の範囲は、属レベルならば大きな差のない場合が多い。しかし、極めて近縁でありながらもまったく違う塩分に適応しているものもあるので、注意が必要である (Raup and Stanley, 1971)。そこで、種ごとに推定された生息できる塩分の範囲が適当なものであるかを、検証しなければならない。

底生生物の種の多様性は、塩分が 5‰ を示すあたりで最小になるということが知られている (例えば, Hudson, 1963)。Fig. 10 は、このような事実によく一致する。すなわち、5‰ 付近に広塩性の 2 種、*Myrene* (M.) *tetoriensis*, *Tetoria* (T.) *yokoyamai* しか分布しない領域があり、それより低塩分側には *Unio?* *ogamigoensis*, *Viviparus* 類などが分布し、高塩分側には *Ostreidae* gen. et sp. indet., *Isognomon* sp. などが分布する。

したがって、Matsukawa and Ido (1993) により区分された 5 つの群集は汽水域から淡水域の環境を示すと解釈されているので、Venice System (Oertli, 1964) と対応させれば、*Ostreidae* gen. et sp. indet.–*Myrene* (M.) *tetoriensis* 群集は mesohaline に、*Myrene* (M.) *tetoriensis* 群集は塩分濃度 5‰ 付近に、*Tetoria* (T.) *yokoyamai* 群集は oligohaline に、*Sphaerium* sp. 群集と *Plicatounio* (P.) *naktongensis*–*Trigonioides* (W.) *tetoriensis* 群集は fresh-water に相当すると考えられる。

6. 非海生軟体動物化石群集の層序的変遷

本地域の手取層群では、全般的には、牛丸層は汽水域の環境が、大谷山層から大黒谷層中部は汽水域～淡水域の環境が、大黒谷層上層部は淡水域の環境が示唆される (Table 5)。しかし、これらの環境変化を群集の層準レベルでの変化を見ると、牛丸層の下部では、*Tetoria* (T.) *yokoyamai* 群集と *Myrene* (M.) *tetoriensis* 群集が交互に 3 回ずつ繰り返す、上部では *Myrene* (M.) *tetoriensis* 群集と *Ostreidae* gen. et sp. indet.–*Myrene* (M.) *tetoriensis* 群集が 2 回ずつ繰り返す (Fig. 11)。一方、大谷山層から大黒谷層への層序では、下位から上位にかけて *Ostreidae* gen. et sp. indet.–*Myrene* (M.) *tetoriensis* 群集から *Myrene* (M.) *tetoriensis* 群集を経て *Plicatounio* (P.) *naktongensis*–*Trigonioides* (W.)

Table 5. Species composition of the five bivalve assemblages found in the Ushimaru, Otaniyama and Okurodani formations of the Tetori Group in the Shokawa Village area, Gifu Prefecture, central Japan, and their depositional environments. Five assemblages after Matsukawa and Ido (1993).

	Assemblage	Environment	Taxa	Localities
(1)	Ostreidae gen. et sp. indet. – <i>Myrene (Mesocorbicula) tetoriensis</i> Assemblage	brackish water	Ostreidae gen. et sp. indet. <i>Myrene (Mesocorbicula) tetoriensis</i>	US-21D, -21G, -21I, -21J OK-52A, -52B, -52C, -52D, -52E, -52F
(2)	<i>Myrene (Mesocorbicula) tetoriensis</i> Assemblage	intermediate environment between (1) and (3)	<i>Myrene (Mesocorbicula) tetoriensis</i>	US-23E, -23G, -23H, -23N, -23P, -23Y, -23AB, -21B, -21E1, -21E2, -21F, -10A, -10D, -10E OK-20, -21D, -21C, -21B, -21A, -22A, -23, -10A, -10D
(3)	<i>Tetoria (T.) yokoyamai</i> Assemblage	intermediate environment between (2) and (4)	<i>Tetoria (T.) yokoyamai</i> <i>Unio?</i> sp. <i>Batissa' antiqua</i> <i>Myrene (Mesocorbicula) tetoriensis</i>	US-23B, -23L, -23U, -21A
(4)	<i>Sphaerium</i> sp. Assemblage	highly probable freshwater	<i>Sphaerium</i> sp.	OK-17B, -22B, -31, -55
(5)	<i>Plicatounio (P.) naktongensis</i> – <i>Trigonioides (Wakinoa) tetoriensis</i> Assemblage	freshwater	<i>Nagdongia soni</i> <i>Nippononaia tetoriensis</i> <i>Viviparus onogoensis</i>	OK-17A1, -24

tetoriensis 群集に移行する。このことは、牛丸層の群集の層序的变化がより淡水性と汽水性の中間の環境から汽水性への環境を幾度か繰り返しながら上位の海成の御手洗層に移行するのに対して、大谷山層から大黒谷層への層序で見られる群集では汽水性から淡水性へスムーズに移行していると解釈できる。したがって、非海生軟体動物化石群集の層序的な出現に基づくと、牛丸層では層序的に鹹度の程度を波動させながら、より鹹度の高い環境に変化したと解釈できる。一方、大谷山層から大黒谷層への層序ではスムーズに鹹度の低い環境に変化したと考えられる。これは、海進期にはより低次オーダーの海進と海退を繰り返しながら進行するのに対して、海退期ではスムーズに環境が変化すると解釈できる。非海生軟体動物化石群集を用いると、精度の高い、環境変化の読みとりが可能であることを示す。これは、堆積相解析による海進と海退の解釈（例えば、公文・加納, 1991）よりさらに詳細な環境変化の読みとりが可能になったことを意味する。

7. 海進と海退の解釈と精度とその意義

当地域の手取層群は、牛丸層から御手洗層への海進と大谷山層から大黒谷層への海退が解釈される。アマゴ谷層から別山谷層への層序も河川系の堆積相を示すので、海退の環境がほぼそのまま維持されていたと解釈される。アンモナイトにより牛丸層上部から御手洗層の層序はキャロビアン期が示されるので、それより上位の大谷山層から別山谷層にいたる層序は、キャロビアン期から上位の白亜紀前期にいたる地質時代が考えられる。白亜紀前期の東アジアでは、オーテリビアン期後期からバレミアン期へとアルビアン期前期の海進が解釈されている（Matsukawa and Obata, 1992; Matsukawa et al., 1993）。しかし、大谷山層から別山谷層にいたる層序が白亜紀前期の少なくともオーテリビアン期後期からバレミアン期までに達している可能性が高いので、当地域の手取層群では海退を示すことになる。これは、美濃・丹波・足尾帯の

付加帯と秩父帯の付加帯の直列配置が横ずれ運動により並列配置したことにより、手取層群分布域が陸化したとする解釈（Matsukawa et al., 1998）に調和的である。

海進と海退の原因として、世界的規模の海水面の上下運動が考えられている（例えば、Haq et al., 1987）。しかし、東アジアでは広域的に認められるオーテリビアン期後期からバレミアン期の海進が世界的規模の海水面変動と比較されたとしても、少なくともこの地域を含む手取地域では海退を示すので、手取地域では世界的規模の海水面変動との比較はできないことを意味する。

堆積環境と堆積盆地の変遷

牛丸層から御手洗層への層序は、下部の砂岩層と非海生軟体動物化石群集を含む泥岩層と上部のアンモナイトを含む海成層で特徴づけられ、海進の堆積相である。この地域の手取層群が花崗岩類を不整合で覆う（神谷・原山, 1982）ことから、花崗岩類を基盤とする手取層群の盆地の沈降によりこの層序が形成されたと解釈できる。牛丸層下部に非海生軟体動物化石群集が含まれること、非海生軟体動物化石の高い値の左右殻共存指数（Cv）と低い値の合弁率（Ar）が河川による一方向の流れを示すこと、さらに、古流向が南東方向からの運搬を示す（Matsukawa et al., 1997）ことから、牛丸層の堆積盆地は南東にある山地から供給を受けたもので、デルタないしその周辺であったと推定される。牛丸層に見られる斜交層理、チャンネル構造、細礫岩の薄層はデルタ中の河川の流路と解釈できる。牛丸層では、下部の22層準で *Tetoria (T.) yokoyamai* 群集から *Myrene (M.) tetoriensis* 群集を経て *Ostreidae* gen. et sp. indet. 群集にいたる3回の変化が認められ、下部の上位層準に向かって、*Ostreidae* gen. et sp. indet. 群集が卓越する。これらの群集は、汽水の塩分濃度を示していると考えられるので、淡水から汽水への環境変化の

Fig. 11. Environmental changes, based on paleontological interpretation, of the Totori Group in the Shokawa Village area, Gifu Prefecture, central Japan. Sedimentary environments based on facies analysis by Kumon and Kano (1991). A = Ammonites; O = Ostreidae gen. et sp. indet. - Myrene (*Mesocorbicula*) *tetoriensis* Assemb.; M = *Myrene* (*Mesocorbicula*) *tetoriensis* Assemb.; T = *Tetoria* (*Tetoria*) *yokoyamai* Assemb.; S = *Sphaerium* sp. Assemb.; and P = *Plicatounio* (*Plicatounio*) *naklongensis*-*Trigonioides* (*Wakino*) *tetoriensis* Assemb.

繰り返しを表す。そして、上位への *Ostreidae* gen. et sp. indet. 群集の卓越は、御手洗層への海進を示す。上位の御手洗層はアンモナイトを含む海成層で特徴づけられるので、さらに海進が進み、深度が増大し、堆積盆地が拡大したと解釈できる。黒色泥岩層から産する二枚貝化石の殻の破壊が少ないこと、合併や自生の産状を示すものがある（前田, 1952）ことから、沖合い（offshore）の穏やかな流れのない沖合いの海底環境が解釈されている（Hayami, 1959）。御手洗層の基底には円磨度と淘汰度の高い細礫岩層があり、チャート、砂岩、花崗斑岩などを含む。御手洗層の古流向も牛丸層と同様に南東方向からの運搬を示す（Matsukawa et al., 1997）ので、御手洗層の堆積盆地は南東からの供給を受けたと解釈される。手取層群では御手洗層や御手洗層に対比される貝皿層（本地域より南西方の九頭竜川沿いの地域に分布）にはテチス型やボレアル型のアンモナイトが産出（Sato, 1962）し、これらの地域が低緯度地域と高緯度地域からの2つの海流の影響を受けたと考えられている（Matsukawa et al., 1997）。そして、このことから、御手洗層と貝皿層を含む手取層群の堆積盆地がかつての太平洋に面し、その盆地の西側にはアジア大陸が存在していたと解釈されている（Matsukawa et al., 1997）。一方、牛丸層から御手洗層の堆積物は南東から運ばれたことを示すので、この盆地の東側に後背地が推定される。しかし、その後背地の山地は島嶼であったと考えられる（Matsukawa et al., 1997, 1998）。

大谷山層から大黒谷層への層序は、海退相を示す。大谷山層は、淘汰の良い砂岩層に見られる斜交層理、細礫岩から砂岩をへて泥岩にいたる上方細粒化サイクルの繰り返し、チャネル構造、corbiculids や unionids の非海生二枚貝化石を産する含植物片化石泥岩層、また、unionids の非海生二枚貝化石を産する石炭質の泥岩層、海生の *Entolium inequivalve* を含む泥岩層や汽水生の ostreids の密集層から、大谷山層下部はデルタないしその周辺の分流湾であったと推定される。

大黒谷層下部の corbiculids や unionids の非海生二枚貝や巻貝、植物葉体の化石を産する黒色泥岩は湖沼を示し、主部の礫岩やチャネル構造から河川流路が推定される。北西からの運搬を示す古流向が認められる（Matsukawa et al., 1997）ことから、大黒谷層の堆積物は北西方向の現在のアジア大陸側からもたらされたと解釈できる。これは、下位の牛丸層から御手洗層への層序が示す古流向とは180度異なり、アジア大陸側からの河川の影響が大きく及ぶように変化したことを示す。公文・加納（1991）により、蛇行河川や直立樹幹や Rootlet の産出から蛇行河川の後背湿地が解釈されており、さらに暗赤色に風化するシルト岩から陸上の堆積も示唆されている。脊椎動物化石（岐阜県恐竜化石学術調査推進委員会, 1993; Cook et al., 1998）は河川堆積物中に含まれる。

アマゴ谷層から大倉層、別山谷層への層序は、アルコーズ質の砂岩層からなる。全般的に塊状ではあるが、斜交層理やチャネル構造が見られ、また水平方向への連続性の悪いオーソコーツァイト礫の層から河川流路と、砂岩層の層厚が上側に凸型をなし側方に徐々に薄くなる特徴から河川州（inter-channel）（Miall, 1996）での堆積であると解釈できる。

公文・加納（1991）により、網状河川堆積相と蛇行河川堆積相が示されている。北西からの運搬を示す古流向が認められる（Matsukawa et al., 1997）。オーソコーツァイト礫が卓越することと古流向からこの礫の後背地をアジア大陸内に求める解釈がある（例えば、公文・加納, 1991）。しかし、大礫や巨礫を運搬する営力からすると、平・松尾（1983）が解釈したように当地域の近隣の北西方の後背地（現在の日本海に位置する程度の距離）に供給源を求める方が考えやすいだろう。特に、最上部の別山谷層は、砂岩層で特徴づけられる網状河川と砂岩泥岩互層の蛇行河川の2つの層相が存在すると解釈できる。これは、この地域の赤岩垂層群の堆積盆地が後背地に近接した位置で形成された網状河川と後背地から離れて堆積物の供給量の少ない蛇行河川により形成されたことを示し、盆地内での河川形態と後背地の様相がしばしば変化していたことを示すと解釈できる。これは、この地域の堆積盆地が、海退期の最後に河川堆積相で埋められたことを示す。

結 論

手取層群の古環境変遷の地域と全域での議論を可能にするために、手取層群の下部から上部にいたる層序が最も発達する岐阜県北部の荘川村で、岩相層序と非海生二枚貝群集の層序の変遷を検討した。その結果、以下のことが結論づけられる。

(1) 当地域の手取層群は、下位から牛丸層、御手洗層、大谷山層、大黒谷層、アマゴ谷層、大倉層、別山谷層に層序区分される。これらの各層は、互いに整合関係で接する。この層序を全域で一般的に受け入れられている垂層群レベルに区分すると、九頭竜垂層群に牛丸層と御手洗層が、石徹白垂層群に大谷山層と大黒谷層が、赤岩垂層群にアマゴ谷層、大倉層と別山谷層が相当する。

(2) 御手洗層を挟み、下位の牛丸層と上位の大谷山層と大黒谷層から非海生軟体動物化石が産出する。Matsukawa and Ido (1993) により区分された5つの群集が認められる。5つの群集により淡水から汽水性の生息環境が推定される。非海生軟体動物化石群集の層序の出現に基づく、牛丸層では層序的に鹹度の度を波動させながら、より鹹度の高い環境に変化したと解釈できる。一方、大谷山層から大黒谷層への層序ではスムーズに鹹度の低い環境に変化したと考えられる。これは、海進期にはより低次オーダーの海進と海退を繰り返しながら進行するのに対して、海退期ではスムーズに環境が変化すると解釈できる。非海生軟体動物化石群集を用いると、精度の高い、環境変化の読みとりが可能である。これは、堆積相解析による海進と海退の解釈よりさらに詳細な環境変化の読みとりが可能になったことを示す。

(3) 牛丸層から御手洗層への層序は、海進相で、デルタないしその周辺から、沖合いの環境が解釈される。大谷山層から大黒谷層への層序は、海退相を示す。デルタ周辺から湖沼や河川流路の環境が示される。アマゴ谷層、大倉層と別山谷層は、北西側から運搬された河川流路と河川州の堆積相が解釈される。特に、最上部の別山谷層は、網状河川と蛇行河川の2つの層相が存在し、堆積盆地内での河川形態と後背地の

様相がしばしば変化していたことを示すと解釈できる。

謝 辞

本論文に関して、小島郁生（大阪学院大学）、伊藤 慎（千葉大学）、林 慶一（東京学芸大学附属高校）の各博士には粗稿を読んで御討論いただいた。特に、伊藤 慎博士には、現地で堆積相について御教示いただいた。小荒井千人氏（東京学芸大学）には、現地調査や室内で御協力いただいた。これらの方々に厚く感謝する。本研究に当たり、文部省科学研究費補助金基盤研究C（課題番号 06640603：1994-1996、課題番号 11833003：1999-2000）と日本学術振興会日韓科学共同研究費（1997-1998）を使用した。

文 献

- Cook, E., Isaji, S. and Manabe, M., 1998, Preliminary results of a taphonomic study of a vertebrate accumulation from the Tetori Group (Lower Cretaceous) of Japan. *Paleontol. Res.*, **2**, 47-52.
- Füsiich, F.T., 1993, Palaeoecology and evolution of Mesozoic salinity-controlled benthic macroinvertebrate associations. *Lethaia*, **26**, 327-346.
- 岐阜県恐竜化石学術調査推進委員会, 1993, 恐竜化石学術調査報告書, 46 p.
- Hayami, I., 1959, Late Jurassic Hipodont, Taxodont and Dysodont pelecypods from Makito, central Japan. *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, **30**, 135-150.
- Haq, B.V., Hardenbol, J. and Vail, P.R., 1987, Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, **235**, 1156-1166.
- Hudson, 1963, The recognition of salinity-controlled mollusc assemblages in the Great Estuarine Series (Middle Jurassic) of the Inner Hebrides. *Palaeontology*, **6**, 318-326.
- 窟 由之, 1940, 飛騨国庄川上流牧戸付近の手取統に就て. 地質雑, **47**, 499-505.
- 神谷久美子・原山 智, 1982, 岐阜県大野郡荘川村牧戸苦鉄質複合岩体の地質と岩石. 地質雑, **88**, 249-269.
- Kimura, T., 1975, Note on Early Cretaceous floras of Japan. *Bull. Tokyo Gakugei Univ., ser. IV*, **27**, 218-257.
- 公文富士夫・加納和巨, 1991, 庄川上流, 岐阜県荘川地域の手取層群. 平成3年度科学研究費補助金（一般研究C）研究成果報告書研究代表者公文富士夫, 2-37.
- 公文富士夫・梅澤貴司・西川 徹・松澤孝芳, 1994, 岐阜県荘川村の手取層群からのベレムナイト化石の産出とその意義. 日本地質学会第101年大会演旨, 95.
- Lever, J., 1958, Quantitative beach research I. The "left-right Phenomenon": sorting of lamellibranch valves on sandy beach. *Bastria*, **22**, 22-68.
- 前田四郎, 1952, 岐阜県庄川上流地域の手取統の層位学的研究. 地質雑, **58**, 145-153.
- 前田四郎, 1961, 手取層群の地史学的研究. 千葉大文理紀要, **3**, 369-426.
- Martin-Kaye, P., 1951, Sorting of lamellibranch valves on beaches. In Trinidad, B.W.I. *Geol. Mag.*, **88**, 432-434.
- 松川正樹・樋口素子・山本哲也・井戸和彦, 1993, 河川域の貝殻遺骸集団の情報ロス—松山市郊外国近川水系の淡水貝群集と遺骸貝殻集団の比較を基にして—. 地質雑, **99**, 643-657.
- Matsukawa, M. and Ido, K., 1993, Nonmarine molluscan communities and palaeoecology in the Jurassic-Cretaceous Tetori Group, Japan. *Cret. Res.*, **14**, 365-381.
- Matsukawa, M., Ito, M., Hayashi, K., Takahashi, O., Yang, S. Y. and Lim, S. K., 1998, Evaluation of nonmarine bivalves as chronological indices, based on examples from the Lower Cretaceous of east Asia. *New Mexico Mus. Nat. Hist. Sci. Bull.*, **14**, 125-133.
- Matsukawa, M., Kalinin, J. A., Futakami, M. and Chen, P. J., 1993, Paleogeography and paleocurrents of the Barremian strata in Japan, NE China and Sikhote-Alin (Russia). *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleoecon.*, **105**, 71-81.
- 松川正樹・川島和桐・小荒井千人, 1996, 岐阜県北部の手取層群中部の非海生軟体動物化石群集と化石化過程. 東京学芸大紀要, 第4部門, **48**, 101-113.
- Matsukawa, M. and Obata, I., 1992, Correlation of nonmarine and marine formations in the Lower Cretaceous of Japan: a contribution to nonmarine formations in Asia. In Mateer, N. J. and Chen, P. J., eds., *Aspects of Nonmarine Cretaceous Geology*, China Ocean Press, 78-93.
- Matsukawa, M., Takahashi, O., Hayashi, K., Ito, M. and Kononov, V. P., 1997, Early Cretaceous paleogeography of Japan, based on tectonic and faunal data. *Mem. Geol. Soc. Japan*, **48**, 29-42.
- Miall, A. D., 1996, *The geology of fluvial deposits*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 582 p.
- Oertli, H. J., 1964, The Venice System for the classification of marine waters according to salinity. *Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli*, **33** (Supplement), 611.
- Raup, D. M. and Stanley, S. M., 1971, *Principles of paleontology*. Freeman and Co., San Francisco, 481 p.
- Sato, T., 1962, Études biostratigraphiques des ammonites du Jurassique du Japon. *Mém. Soc. Géol. France*, **94**, 1-122.
- Sato, T. and Kanie, Y., 1963, *Lilloetia* sp. (Ammonite Callovoenne) de Mitarasi au assis de Tetori. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, N.S., **49**, 8.
- 下山正一, 1989, 化石貝殻集団の初期情報と再構成. 日本ベントス, **37**, 11-34.
- Shimoyama, S. and Fujisaki, H., 1992, A new interpretation of the left-right phenomenon during spatial diffusion and transport of bivalve shells. *Jour. Geol.*, **100**, 291-304.
- Shimoyama, S. and Hamano, T., 1988, The effect of oxygen-deficient water on the molluscan thanatocoenosis in Hakata bay. In Robba, R., ed., *Proceedings Fourth Symposium Ecology Paleoeology Benthic communities*, Museo Regionale di Scienze Naturali-Torino, 753-772.
- 平 朝彦・松尾秀邦, 1983, 白山山地の手取層群に関する2・3の知見. 石川県白山自然保護センター研報, **9**, 1-11.
- 山室真澄, 1996, 第6章 感潮域の底生生物. 西条八束・奥田節夫編「河川感潮域—その自然と変貌」, 名古屋大学出版会, 151-172.

(要 旨)

松川正樹・中田恒介, 1999, 手取層群の分布域中央部の層序と堆積環境の変遷—非海生軟体動物化石群集に基づいて. 地質雑, 105, 817-835 (Matsukawa, M. and Nakada, K., 1999, Stratigraphy and sedimentary environment of the Tetori Group in its central distribution based on nonmarine molluscan assemblages. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 105, 817-835)

岐阜県北部には, 上部ジュラ系から下部白亜系の手取層群の下部から上部にいたる層序がある. 手取層群は, 牛丸層, 御手洗層, 大谷山層, 大黒谷層, アマゴ谷層, 大倉層, 別山谷層に区分される. 牛丸層から御手洗層は三角州から浅海の環境が, 大谷山層から大黒谷層は三角州から湖が, そして, アマゴ谷層から別山谷層は河川が解釈されている. 御手洗層を挟み, 下位の牛丸層と上位の大谷山層と大黒谷層から非海生軟体動物化石が産出し5つの群集が認められ, 淡水から汽水性の生息環境が推定される. これらの群集によると, 牛丸層では鹹度の度を波動させながら高い鹹度の環境に, 大谷山層から大黒谷層ではスムーズに低い鹹度に変化したと考えられる. これは, 海進期にはより低次オーダーの海進と海退を繰り返しながら進行するのに対して, 海退期ではスムーズに環境が変化すると解釈できる. これらの群集を用いると, 精度の高い, 環境変化の読みとりが可能である.