



Tokyo Gakugei University Repository

東京学芸大学リポジトリ

<http://ir.u-gakugei.ac.jp/>

Title	群馬県の白亜系戸倉沢層の軟体動物化石群集とそれに基づく手取層群との対比( fulltext )
Author(s)	松川,正樹; 柴田,健一郎; 小荒井,千人
Citation	東京学芸大学紀要. 自然科学系, 67: 45-53
Issue Date	2015-09-30
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2309/139352">http://hdl.handle.net/2309/139352</a>
Publisher	東京学芸大学学術情報委員会
Rights	

## 群馬県の白亜系戸倉沢層の軟体動物化石群集と それに基づく手取層群との対比

松川 正樹\*<sup>1</sup>・柴田健一郎\*<sup>2</sup>・小荒井千人\*<sup>3</sup>

環境科学分野

(2015年5月22日受理)

MATSUKAWA, M., SHIBATA, K., and KOARAI, K.: A Molluscan bivalve assemblage from the Cretaceous Tokurazawa Formation of Gunma Prefecture, Japan. *Bull. Tokyo Gakugei Univ. Div. Nat. Sci.*, **67**: 45-53. (2015) ISSN 1880-4330

### Abstract

The Lower Cretaceous Tokurazawa Formation in Gunma is known as the only formation which yields *Myrene tetoriensis* besides the Tetori Group in Hokuriku area, Japan. From the occurrence of *Myrene tetoriensis*, the Tokurazawa Formation was previously correlated to the Itoshiro Subgroup of the Tetori Group. Problems with the correlation of the Itoshiro Subgroup have recently been recognized, however, and a correlation of the Tokurazawa Formation with Tetori Group at the formation level is thus required. This paper attempts to correlate the Tokurazawa Formation to the time-equivalent formations of the Tetori Group.

The molluscan assemblage found in the upper member of the Tokurazawa Formation is the *Myrene tetoriensis* Assemblage and this assemblage is also found in the Tetori Group correspond to one of five molluscan assemblages in the group, and reflecting brackish to freshwater environments. In contrast, the lower member of the Tokurazawa Formation yielded a single belemnite, indicating an environmental change from marine to brackish contains through the Tokurazawa Formation, and representing a regressive sequence. This regression corresponds to the regression recognized between the second and the third transgressions of the Tetori Group. Based on the ammonite biostratigraphy, the geological ages of two these transgressions are during Tithonian to Berriasian for the second, and during Hauterivian to Barremian for the third. Therefore, the Tokurazawa Formation can be correlated to the Berriasian to Hauterivian stages. This stratigraphic correlation leads to the paleogeographical interpretation that a coastline existed on the east side of the bay during Early Cretaceous time, which opened to the north and was the depositional basin of the Tetori Group; This basin extended to the distribution area of the Tokurazawa Formation to the northeast. The bay was also influenced by a cold-water currents from the north.

**Keywords:** Tokurazawa Formation, Gunma Prefecture, Cretaceous, molluscan assemblage, *Myrene tetoriensis*

*Department of Environmental Sciences, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo 184-8501, Japan*

\*1 東京学芸大学 広域自然科学講座 環境科学分野 (184-8501 小金井市貫井北町4-1-1)

\*2 横須賀市自然・人文博物館 (238-0016 横須賀市深田台95)

\*3 慶應義塾湘南藤沢中高等部 (252-0816 藤沢市遠藤5466)

**要旨：** 群馬県北部の片品村に分布する戸倉沢層は、手取層群以外の地層としては*Myrene tetoriensis*を産出する唯一の地層である。そのため、この化石種を基に、戸倉沢層が手取層群の石徹白亜層群に対比されると解釈された。しかし、手取層群の石徹白亜層群を含む亜層群を地層の対比ツールとして使用することには問題点があり、離れた地域に分布する手取層群は層同士で対比することが求められている。本論文では、戸倉沢層と手取層群を構成する層同士の対比を試みる。戸倉沢層から産出する*Myrene tetoriensis*は、単一種からなる*Myrene tetoriensis*群集として区分される。そして、戸倉沢層は下部層から海生のbelemnite、上部層から汽水生の*Myrene tetoriensis*群集が産出するので、海性から汽水性の環境へ層序的に変化したことを示し、海退期の堆積相と解釈される。これは、手取層群の2番目と3番目の海進相の間の海退期の堆積相に相当する。手取層群における2番目と3番目の海進期の時代は、アンモナイトに基づき、Tithonian期～Berriasian期からHauterivian期～Barremian期の間の期間なので、2つの海進期の間の海退期はBerriasian期～Hauterivian期と解釈され、戸倉沢層はBerriasian期～Hauterivian期と解釈される。そして、当時の古地理は、手取層群を形成した北方に開いた湾の東側の海岸線が戸倉沢層の分布域まで延長されたことを示し、また、この湾は北方からの寒流の影響下であったと解釈される。

### はじめに

白亜紀前期の日本列島は、アジア大陸の東端に位置していたと解釈され(松川ほか, 1987), 秩父帯と丹波—美濃—足尾帯の2つの付加体が縦列配列から並列配列に変化したことにより、西南日本内帯地域が陸化したと考えられている (Matsukawa et al., 1997)。これは、手取層群の海成層から陸水成層への時代的变化と西南日本外帯地域の山中白亜系や勝浦川盆地の下部白亜系の堆積盆地が形成し始めたことから示される。そのため、白亜紀前期のアジア大陸の東端は、手取層群の堆積盆地と西南日本外帯地域の堆積盆地の間には陸地が存在したと解釈されている。これの裏付けとして、両地域の軟体動物化石動物群の構成種が異なることがあげられている。従って、軟体動物化石動物群の構成種により前期白亜紀の東アジアの東端の古地理を推定することは可能である。

群馬県北部の片品川上流地域の片品村戸倉に分布する戸倉沢層 (= 戸倉層 in 戸谷ほか, 1965; 林ほか, 1965) (Hayama et al., 1969; 茅原, 1986) は、上越帯に含まれる白亜系で、基盤のオフィオライトや変成岩類を不整合で覆っていたと考えられている (竹之内, 1988)。戸倉沢層は、シジミ類化石 (*Myrene tetoriensis*) を産出し、手取層群に対比され、石徹白亜層群に相当する可能性が述べられている (林ほか, 1965)。さらに、戸倉沢層から産出する植物化石が手取層群の石徹白亜層群の植物群に共通するので、戸倉沢層は下部白亜系の石徹白亜層群に対比されると解釈されている (Kimura et al., 1979)。しかし、手取層群の石徹白亜層群をふくむ亜層群を地層の対比ツールとして使用することには問題点があり、離れた地域に分布する手取層群は層同士で対比することが求められている

(Matsukawa et al., 2006; 松川ほか, 2007)。従って、戸倉沢層と手取層群との対比の再検討が必要である。そこで、本論文では、戸倉沢層と手取層群を構成する層同士の対比を試みる。

Matsukawa and Ido (1993) は、手取層群から産出する非海生軟体動物化石が5つの群集に区分され、それらが汽水から淡水の環境を示す支持者として使用できることを述べた。そして、Matsukawa et al. (2006) は、手取層群から産出する非海生軟体動物化石の5つの群集の産出層準と手取層群を構成する層との関係を示した。従って、戸倉沢層から産出する*Myrene tetoriensis* Kobayashi and Suzuki, 1937を含む群集の特徴を把握し、その群集と手取層群の5つの群集と比較し、環境と産出層準を比較すれば、戸倉沢層産の環境が示され、さらに戸倉沢層と手取層群の層レベルでの対比が可能となる。そして、手取層群の各層がアンモナイトにより階レベルで西欧の標準層序と対比されていることから戸倉沢層の地質時代を推定することができる。これまで、このような解析と検討がされていないので、本論文では、上記の手順で検討する。

### 地質概略

戸倉沢層の模式地の群馬県片品村戸倉北東方では、戸倉沢層は斑礫岩—閃緑岩の複合岩体および流紋岩と断層で接し、第四紀火山岩に覆われる (茅原, 1986) (Fig. 1)。戸倉沢層は、岩相により下部層、中部層と上部層に区分される (戸谷ほか, 1965)。下部層は砂岩泥岩互層、塊状黒色泥岩からなり、中部層は一部礫質のアルコーズ質の白色砂岩、上部層は葉理をもつ砂岩泥岩互層からなる。下部層の最下部からbelemnite、上部層から*Myrene tetoriensis*が産出する。

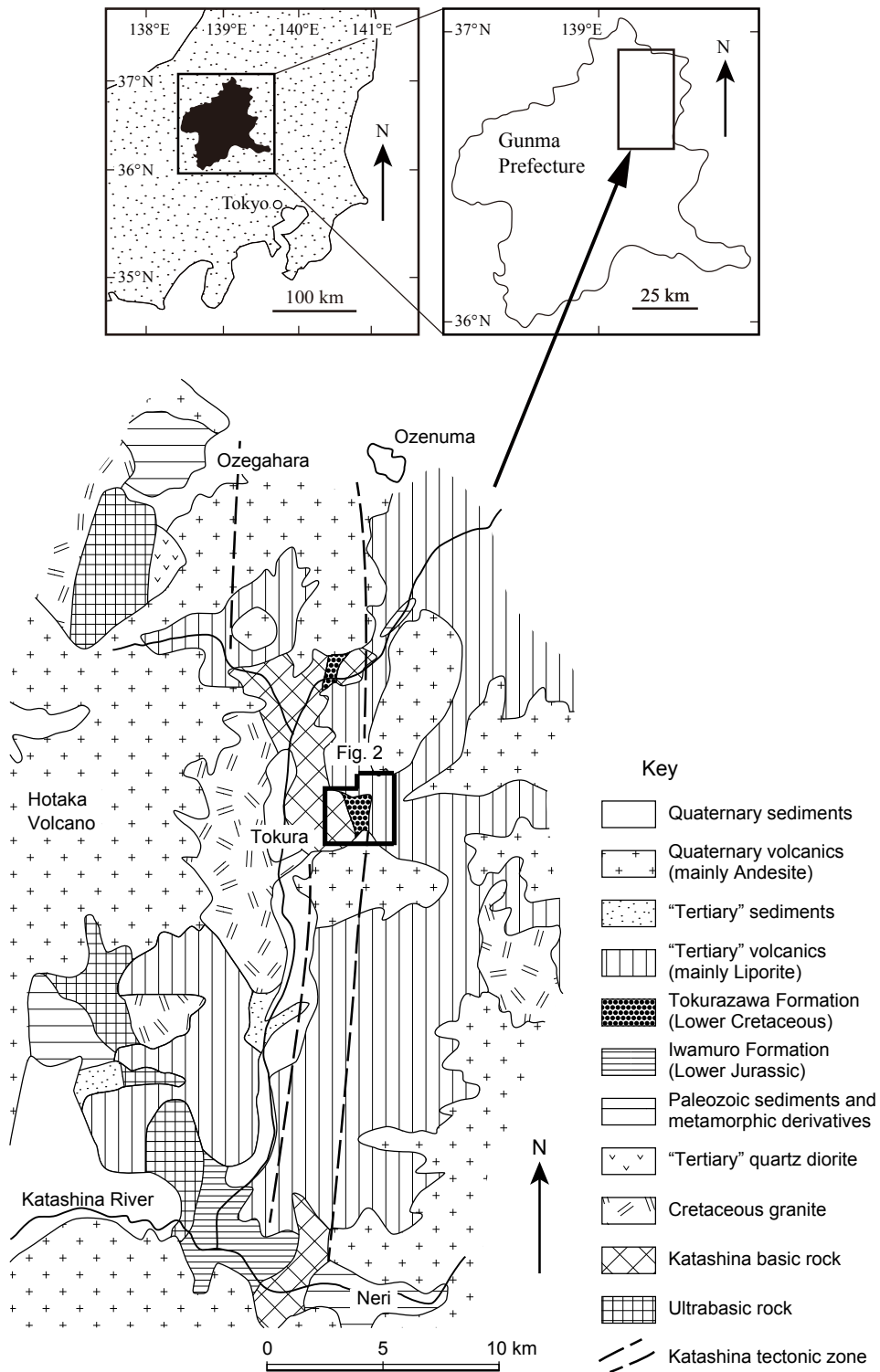


Fig. 1. Compiled geological map of the Tokura area in Katashina Village, Gunma Prefecture. Cited from Hayama et al. (1969).

戸倉沢層は、村山・河田 (1956) と戸谷ほか (1965) により戸倉層と命名されたものと同物異名である。戸倉層は、林ほか (1965) により *Myrene tetoriensis* を産出する本層にも使用された。しかし、その後、Hayama et al. (1969) は、戸倉層は、Kuno et al. (1954) により戸倉周辺に分布する「第三紀」火山岩類に戸倉層群として使用されたので、同一地名の地層単位と層

群単位への重複使用は避けることから、戸倉層を戸倉沢層へ変更した。本論文では、Hayama et al. (1969) に従い戸倉沢層を使用する。

Figs. 2 と 3 は、ウルシ沢に分布する戸倉沢層の柱状図と化石産出層準をそれぞれ示したものである。下位は、層厚130m程の塊状の中粒から粗粒のアルコーズ質砂岩からなる。円磨された細粒礫を含み、砂岩層は

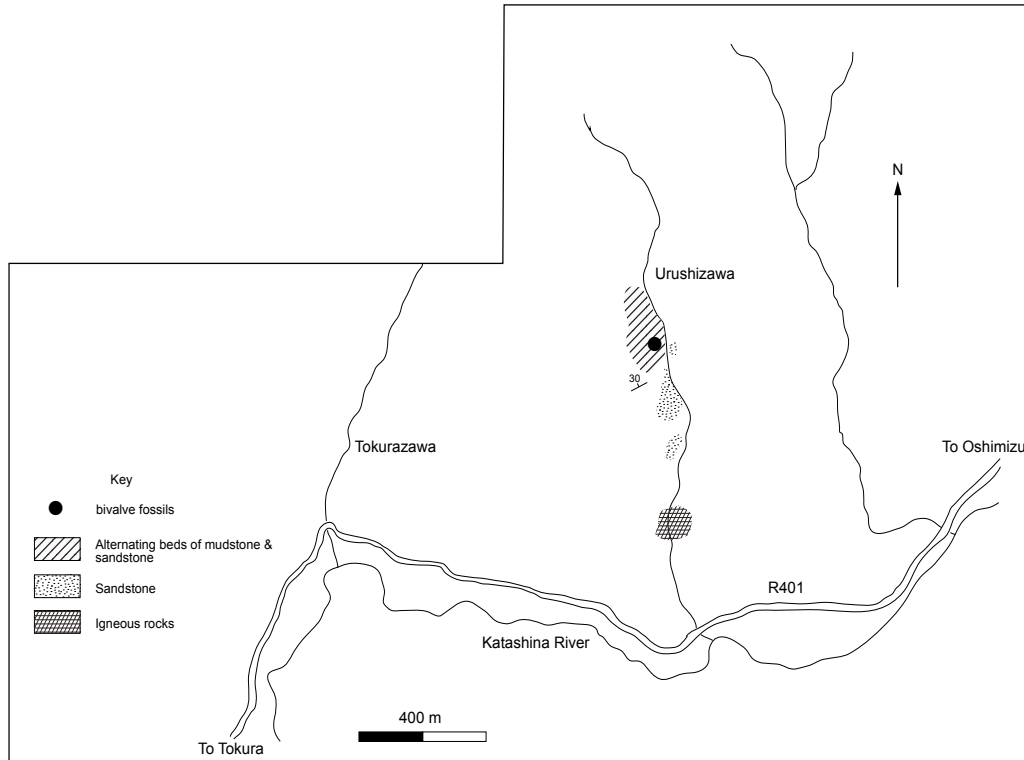


Fig. 2. Fossil locality of *Myrene tetoriensis* in Tokura area in Katashina Village, Gunma Prefecture.

上方細粒化する。その上位に、黒色泥岩層と細粒砂岩層の互層が重なる。泥岩層は葉理が発達しており、厚さ20～30 cm程度である。一方、砂岩層は細粒で、植物化石の破片を含むことがある。この層序は、戸谷ほか(1965)の戸倉沢層の中部から上部に相当する。*Myrene tetoriensis*は、上部の最下部の2層準から産出する。化石を産する2つの層準のうち、下位の層準(1 in Fig. 3)は、砂岩泥岩互層の黒色泥岩層である。その層準より80 cm上位に位置する上位の層準(2 in Fig. 3)は、砂岩泥岩互層の泥質砂岩層である。

岩相の特徴に基づけば、林ほか(1965)が報告した*Myrene tetoriensis*の産出層準は、本論文で示す下位の層準(1 in Fig. 3)の可能性が高い。なお、Kimura et al. (1979)は、植物化石が上部層から産出することを記述したが、化石産地を示さなかった。そのため、植物化石の産出層準と*Myrene tetoriensis*の産出層準との関係は不明である。

#### 軟体動物化石群集の特徴

軟体動物化石は、厚さ20 cm程度の黒色泥岩層の中に厚さ1～2 cmで層状に配列する。例えば、長さ約20 cm×幅約10 cm×厚さ約5 cmの岩塊の表面に、合弁、右殻、左殻が密集する。殻は殆ど破壊されていない。

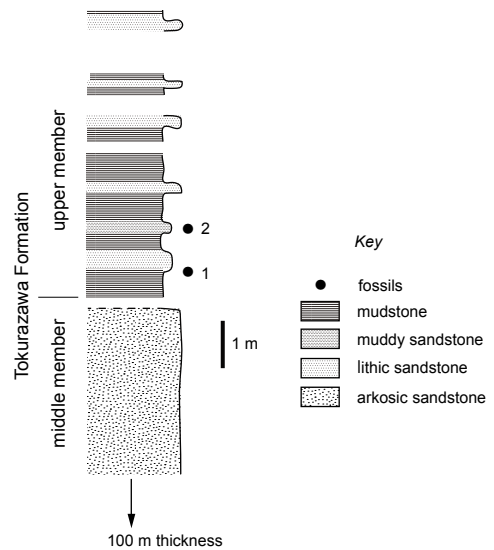


Fig. 3. *Myrene tetoriensis* bearing levels in the Tokurazawa Formation which measured section at Urushizawa Gorge in Katashina Village, Gunma Prefecture.

産出する軟体動物化石は全て*Myrene tetoriensis*に分類される(Fig. 4)。これは、*Myrene tetoriensis*群集として区分され、手取層群の*Myrene tetoriensis*群集(Matsukawa and Ido, 1993)に相当する。この群集は、Venice System(Oertli, 1964)の塩分濃度5%付近のoligohalineとmesohalineの中央付近に位置する(松川・中田, 1999)。そして、Ostreidae gen. et sp. indet. - *Myrene tetoriensis*群集が示す汽水性環境と*Tetoria yokoyamai*群集

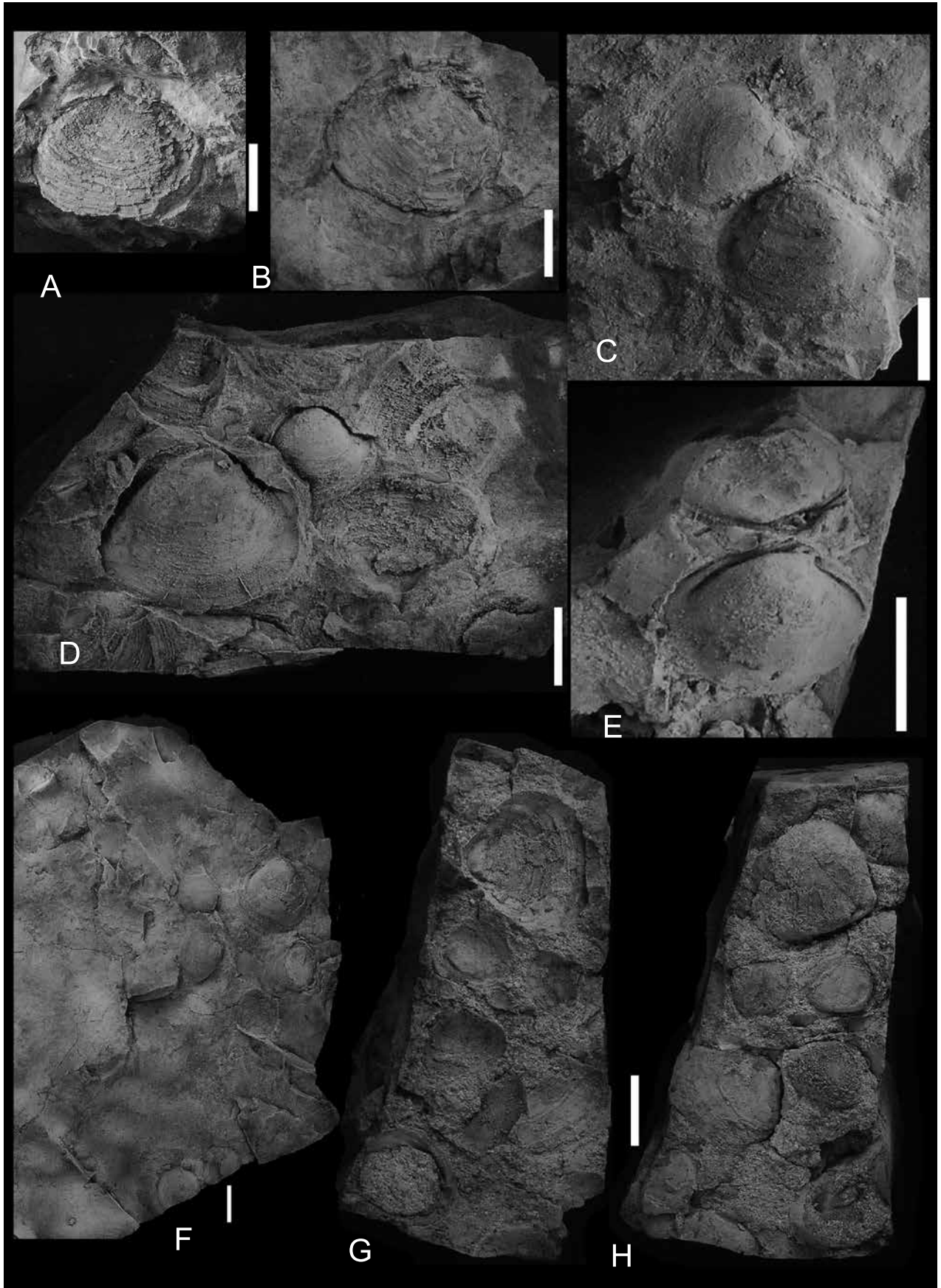


Fig. 4. Mode of occurrences of *Myrene tetoriensis* from the Tokurazawa Formation. A and B. Articulated valves showing co-joined valves; C. Articulated valves showing open valves; D. Disjoined valves; E. Internal mold of articulated valves showing open valves; F. bivalves to lie scattered; G and H. exclusive occurrence of bivalves. Scale bars show 1.5 cm for A and B, show 1 cm for C-H.

が示す淡水性環境との間の環境を生息域にすると解釈された(松川・中田, 1999)。従って、戸倉沢層の *Myrene tetoriensis* 群集は、手取層群の *Myrene tetoriensis* 群集と同様な汽水環境の生息域であったと考えられる。

単一種の遺骸個体集団の現地性程度を捉えるための指標として、離弁・合弁比率 (Ar), 左右貝殻比率, 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-Kaya, 1951; Lever, 1958; 下山, 1989; Shimoyama and Hamano, 1990; Shimoyama and Fujisaki, 1992)。離弁・合弁比率は、生存時の二枚貝の左右の貝殻が繋がっていた状態から、死亡後の殻の破壊作用の大きさを捉えようとしたものである。離弁率は貝殻の総個体に対する殻の離弁の比率で、その増大は破壊作用の進行を示す。これと正反対のものに合弁率がある。合弁率 (Ar) は貝殻の総個体数に占める合弁の個体数の比率で、合弁率=合弁の個体数/総個体数で表される。貝殻破片化率 (Fr) は対象となる種の貝殻総数に占める破片化した貝殻の割合を示す。それは、巻貝  $Fr = D/N$ , 二枚貝  $Fr = (DL+DR)/(L+R)$ , D: 破片化した貝殻総数, N: 総貝殻数, DL: 破片化した左殻数, DR: 破片化した右殻数, L: 左殻の総数, R: 右殻の総数で示される。左右殻共存率 (Cv) は、 $Cv = 1 - (|L-R|/N)$ , L: 左殻総数, R: 右殻総数, N: LとRのうち大きい方の数, で表される。Cv 値は最大値 1 から最小値 0 までの間で変化し、初期値は 1 である。従って、 $1 - Cv$  の値は貝殻拡散における異地性の程度と情報のロスの大きさを示す。

本層から得られた *Myrene tetoriensis* の標本は、長さ約 20 cm × 幅約 10 cm × 厚さ約 5 cm の岩塊 5 個分から、合弁殻が 25 個体、左右殻が繋がりが開いた殻が 3 個体、左殻が 23 個体、右殻が 34 個体得られた。これらの数値に基づき、合弁率 (Ar) と左右殻共存指数 (Cv) を算出し、0.25 と 0.90 が得られた。合弁率 (Ar) の値が 0 に近く、左右殻共存指数 (Cv) の値が 1.00 近くの高水準のものは、河川のような一方向の流れにより運ばれた群集の特徴を示す (Shimoyama and Fujisaki, 1992; 松川ほか, 1993)。従って、本層から産出する *Myrene tetoriensis* 群集の貝殻は、河川のような一方向の流れにより運ばれたことを示す。従って、戸倉沢層は、汽水の生息域に河川が流れ込む環境であったと解釈される。

また、戸倉沢層は下部層から海生の belemnite, 上部層から汽水生の *Myrene tetoriensis* 群集が産出するので、海性から汽水性の環境へ層序的に変化したことを示す。戸倉沢層は、海退期の堆積相と解釈される。

## 手取層群との対比

手取層群では *Myrene tetoriensis* 群集 (Matsukawa and Ido, 1993) は、九頭竜川地域の伊月層、白山地域の牛丸層、大黒谷層、飛騨古川地域の沼町層と太江層に認められる (Fig. 5)。このうち、大黒谷層より下位の太谷山層からの層序では、下位から belemnite を産する層準、Ostreidae gen. et sp. indet. - *Myrene tetoriensis* 群集の層準、*Myrene tetoriensis* 群集の層準が認められるので、海進期の堆積相と解釈されている (松川・中田, 1999)。また、太江層も下位の杉崎層も *Inoceramus maedae* を含むので、杉崎層から太江層への層序は、海進期の堆積相と解釈されている (松川ほか, 2007)。手取層群では、以下の 3 回の海進が確認されている。すなわち、最初の海進期は、九頭竜川上流地域の貝皿層が示す Bathonian 階から Callovian 階を経て Oxfordian 階への層序で示され、二番目の海進期は、九頭竜川上流地域の伊月層と荘川地域の御手洗層、飛騨古川地域の杉崎層が示す Tithonian 期 ~ Berriasian 期のもので、三番目の海進期は飛騨古川地域の稲越層で示される Hauterivian 期 ~ Barremian 期のものである。従って、太谷山層から大黒谷層への層序が示す海退相は、2 番目と 3 番目の海進期の間の海退相に相当する。

戸倉沢層が海退期の堆積相を示すこと。また、その下部層に belemnite を含み、上部に *Myrene tetoriensis* 群集を含む生層序学的特徴は、手取層群分布域の白山地域の大谷山層から大黒谷層への層序に類似する。さらに、飛騨古川地域の杉崎層から太江層への層序が海退期の堆積相を示す特徴に類似する。従って、戸倉沢層は、手取層群の白山地域に分布する太谷山層から大黒谷層への層序と、飛騨古川地域の杉崎層から太江層への層序に、対比できると解釈される。これは、手取層群における 2 番目と 3 番目の海進期の間の海退期の堆積相に相当する。手取層群における 2 番目と 3 番目の海進期の時代は、アンモナイトに基づき、Tithonian 期 ~ Berriasian 期から Hauterivian 期 ~ Barremian 期の間の期間なので、2 つの海進期の間の海退期は Berriasian 期 ~ Hauterivian 期と解釈される。

白亜紀前期の日本列島は、秩父帯と丹波—美濃—足尾帯の 2 つの付加体が縦列配列から並列配列に変化したことにより、西南日本内帯地域が陸化したと考えられている (Matsukawa et al., 1997)。そのため、手取層群は、アジア大陸東縁の太平洋に面する浅海域から北方に開いた湾の浅海から汽水域に、その後陸域に変化したと解釈されている。本研究では、戸倉沢層が手取層群における 2 番目と 3 番目の海進期の間の海退期の

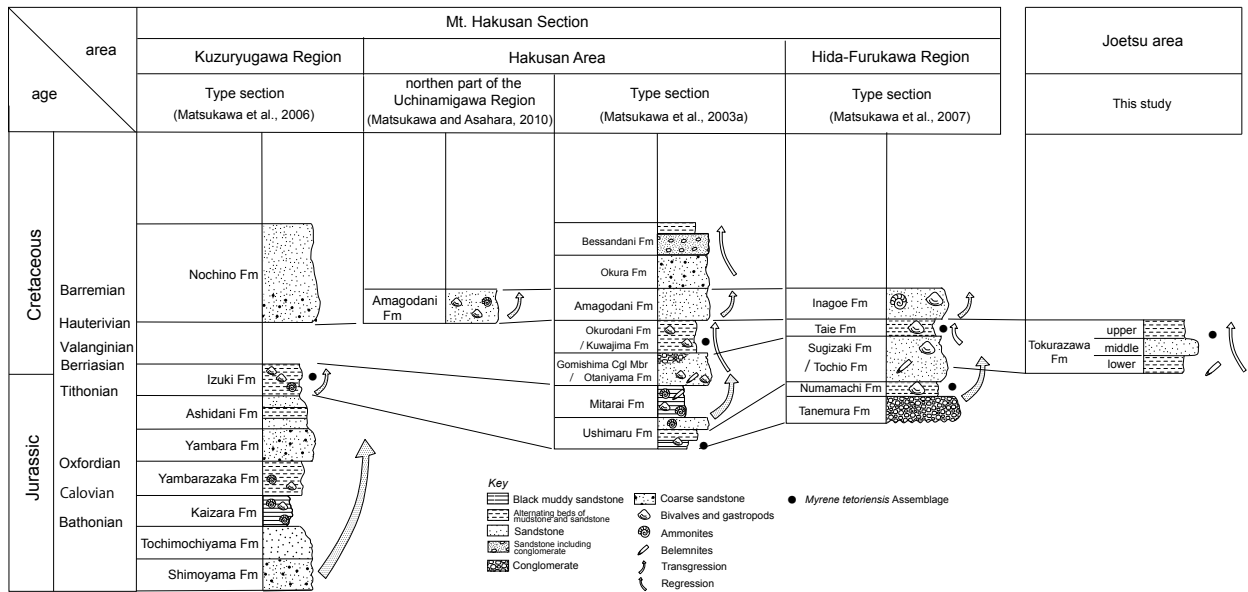


Fig. 5. Geological correlation between Tetori Group and Tokurazawa Formation. Geological columns came from Matsukawa and Asahara (2010).

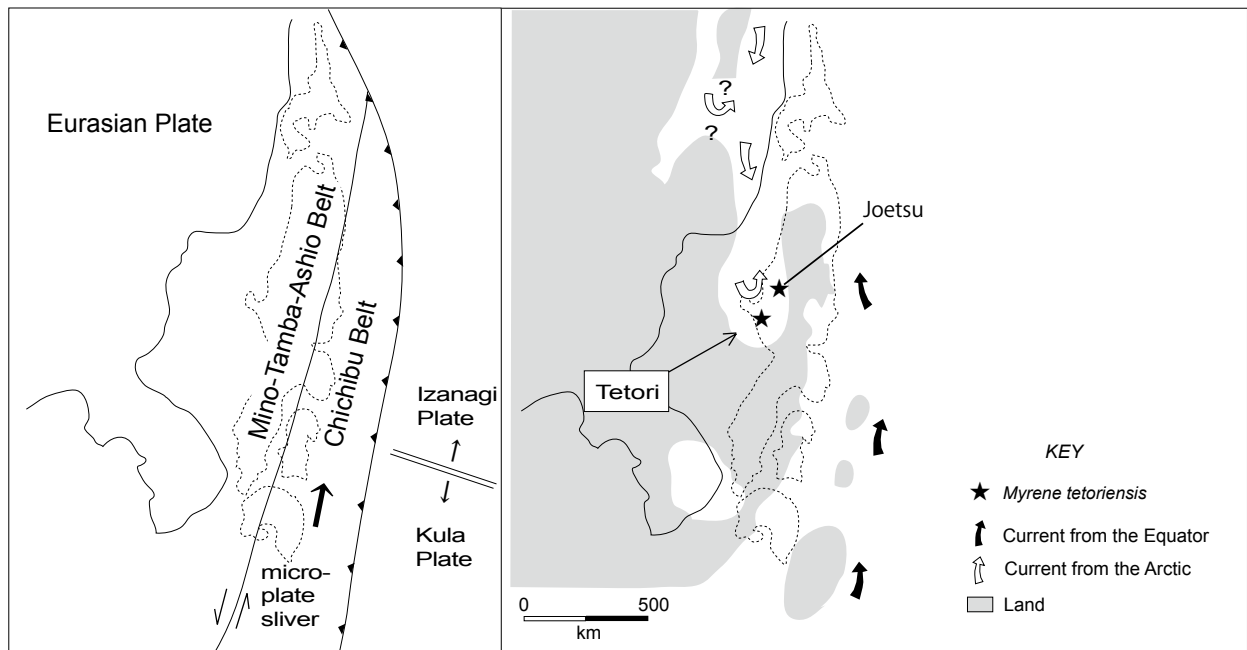


Fig. 6. Early Cretaceous basin development, geography and biogeography of *Myrene tetoriensis* in East Asia. Paleogeography and tectonic frame cited from Matsukawa et al. (1997).

堆積相であることが示されたので、この時期の古地理は手取層群の北方に開いた湾が戸倉沢層の分布域まで東方に延長されたことを表す (Fig. 6)。この北方に開く湾は、2番目の海進期の御手洗層と大谷山層下部から *Cylindrotheuthis* aff. *obeliscoides* に類似する belemnite などの種が、3番目の海進期の稲越層から中国黒龍江省の七虎林層と同じ動物群からなる海生二枚貝類が産出し、高緯度からの寒流の影響下にあったと解釈されている (Matsukawa and Fukui, 2009)。上越地域の戸倉沢層から belemnite の産出の報告 (林ほか, 1965) は、

この地域も高緯度からの寒流の影響下にあったことを示し、北方に開く湾の東側に位置していたとの解釈を支持する。

### 結論

1. 群馬県片品村戸倉に分布する戸倉沢層から産出する *Myrene tetoriensis* は、単一種からなる *Myrene tetoriensis* 群集として区分される。
2. この *Myrene tetoriensis* 群集は、手取層群の *Myrene*



*tetoriensis* 群集に相当し、汽水性と淡水性の中間の環境を示す。また、合弁率 (Ar) と左右殻共存指数 (Cv) に基づくと、この *Myrene tetoriensis* 群集の貝殻は、河川のような一方向の流れにより運ばれたことを示し、戸倉沢層が汽水と淡水の間の環境の生息域に河川が流れ込む環境であったと解釈される。

3. 戸倉沢層は下部層から海生の *belemnite*、上部層から汽水生の *Myrene tetoriensis* 群集が産出するので、海性から汽水性の環境へ層序的に変化したことを示し、海退期の堆積相と解釈される。これは、手取層群の2番目と3番目の海進相の間の海退期の堆積相に相当する。手取層群における2番目と3番目の海進期の時代は、アンモナイトに基づき、Tithonian期～Berriasian期からHauterivian期～Barremian期の間の期間なので、2つの海進期の間の海退期はBerriasian期～Hauterivian期と解釈され、戸倉沢層はBerriasian期～Hauterivian期と解釈される。そして、当時の古地理は、手取層群を形成した北方に開いた湾の東側の海岸線が戸倉沢層の分布域まで延長されたことを示し、また、この湾は北方からの寒流の影響下であったと解釈される。

### 謝辞

小島郁生博士 (国立科学博物館名誉会員) には原稿を読んで頂きご討論頂いた。また、中馬慎二氏 (東京パワーテクノロジー株式会社尾瀬林業事務所) には現地の調査に関して便宜を頂いた。これらの方々に御礼申し上げます。本研究には学術研究助成基金助成金基盤研究 (C) 15L05328 (松川正樹) を使用した。

### 引用文献

- 茅原一也, 1986. 戸倉沢層. 第1章中・古生界, 3. 上越帯, 日本の地質「関東地方」編集委員会編, 日本の地質3 関東地方, 共立出版, 58.
- 林信吾・神沢憲治・木崎喜男・大竹忍・武井明朔・戸谷啓一郎・山下昇, 1965. 片品川上流地域で発見した“手取統”. 地質学雑誌 71, 76-77.
- Hayama, Y., Kizaki, Y., Aoki, K., Kobayashi, S., Toya, K., Yamashita, N., 1969. The Joetsu Metamorphic Belt and its Bearing on the Geologic Structure of the Japanese Islands, Memoirs of the Geological Society of Japan. Recent Progress in the Studies on the Historical Development of the Metamorphic Belts in Japan.

- Memoir of the Geological Society of Japan, no. 4, 61-82.
- Kimura, T., Saito, S., Tojo, T., 1979. Early Cretaceous plants from the Tokurazawa Formation, Gumma Prefecture, in the Inner Zone of Northeast Japan. Transaction and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, n.s. 114, 87-96.
- Kuno, H., Yamasaki, M., Seki, Y., Matsui, T., Shimizu, J., 1954. Geology of Ozegahara and surrounding area. Science Report of the Ozegahara Moor, Tokyo, 68-77, with 1 map.
- Lever, J., 1958. Quantitative beach research I. The “left-right phenomenon”: sorting of lamellibranch valves on sandy beach. *Bastria* 22, 22-68.
- Martin-Kaya, P., 1951. Sorting of lamellibranch valves on beach in Trinidad. *B. W. I. Geological Magazine* 88, 432-434.
- 松川正樹・浅原拓麻, 1999. 石川・福井県境の打波川流域に分布する手取層群の層序: 白山地域と九頭竜川地域の対比. 東京学芸大学紀要 自然科学系 62, 119-130.
- Matsukawa, M., Fukui, M., 2009. Hauterivian – Barremian marine molluscan fauna from the Tetori Group in Japan and late Mesozoic marine transgressions in East Asia. *Cretaceous Research* 30, 615-631.
- 松川正樹・福井真木子・小荒井千人・浅倉努・青野宏美, 2007. 手取層群で確認された三番目の海進相 - 岐阜県飛騨市古川町周辺に分布する手取層群に基づいて. 地質学雑誌 113, 417-437.
- 松川正樹・樋口素子・山本哲也・井戸和彦, 1993. 河川域の貝類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——. 地質学雑誌 99, 643-657.
- Matsukawa, M. and Ido, K., 1993. Nonmarine molluscan communities and palaeoecology in the Jurassic-Cretaceous Tetori Group, Japan. *Cretaceous Research* 14, 365-381.
- Matsukawa, M., Ito, M., Nishida, N., Koarai, K., Lockley, M.G. and Nichols, D.J., 2006. The Cretaceous Tetori biota in Japan and its evolutionary significance for terrestrial ecosystems in Asia. *Cretaceous Research* 27, 199-225.
- 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—. 地質学雑誌 105, 817-835.
- Matsukawa, M., Takahashi, O., Hayashi, K., Ito, M. and Kononov, V.P., 1997. Early Cretaceous paleogeography of Japan, based on tectonic and faunal data. *Memoir of the Geological Society of Japan*, no. 48, 29-42.
- 松川正樹・梁承栄・小島郁生, 1987. 日本産と韓国産の恐竜足跡の比較研究. 地学雑誌 96, 312-314.
- 村山正郎・河田清雄, 1956. 巖岳. 5万分の1地質図説明書, 地質調査所, 27p.

- 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.
- 竹ノ内耕, 1988. 新潟県水無川変成岩類の構成と変形相. *地質学雑誌* 94, 479-491.
- 戸谷啓一郎・端山好和・林信悟・神沢憲治・木崎喜雄・大竹忍・高橋洌・高橋武夫・武井暁朔・山下昇, 1965. 片品川上流の中生層について—UMP-B帯上越先第三系グループ中間報告 2— (演旨), *地質学雑誌* 71, 375.
- 下山正一, 1989. 化石貝殻集団の初期情報と再構成. *ベントス* 37, 11-34.
- Shimoyama, S., Fujisaki, H., 1992. A new interpretation of the left-right phenomenon during spatial diffusion and transport of bivalve shells. *Journal of Geology* 100, 291-304.
- Shimoyama, S., Hamano, T., 1990. The effect of oxygen-deficient water on the molluscan thanatocoenosis in Hakata bay. In Robba, R. ed. *Proceeding of the Dourth Symposium on Ecology and Paleontology of Benthic communities*, Museo Regionale di Scienze Naturali-Torino, 753-772.