

瑞浪市化石博物館研究報告 第 47 号, 111–123, 2 pls., 6 figs.

Bulletin of the Mizunami Fossil Museum, no. 47, 111–123, 2 pls., 6 figs.

©2020, Mizunami Fossil Museum

Manuscript accepted on November 10, 2020; online published on December 20, 2020

<http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:8EE846FE-0FB9-40EF-96B2-BF95DB364BB8>

## 市道戸狩・月吉線工事現場(瑞浪市明世町)に露出した瑞浪層群の地層

安藤佑介\*・星 博幸\*\*

\*瑞浪市化石博物館 〒509-6132 岐阜県瑞浪市明世町山野内 1-47

\*\*愛知教育大学自然科学系理科教育講座 〒448-8542 愛知県刈谷市井ヶ谷町広沢 1

## Outcrop of the Miocene Mizunami Group at the construction site of the Togari-Tsukiyoshi City Road in Akeyo-cho, Mizunami City, Japan

Yusuke Ando\* and Hiroyuki Hoshi\*\*

\*Mizunami Fossil Museum, 1-47 Yamanouchi, Akeyo-cho, Mizunami, Gifu, 509-6132, Japan

< tyuu-destiny53@hotmail.co.jp >

\*\*Department of Earth Science, Aichi University of Education, 1 Hirosawa, Igaya-cho, Kariya City, Aichi 448-8542, Japan

### Abstract

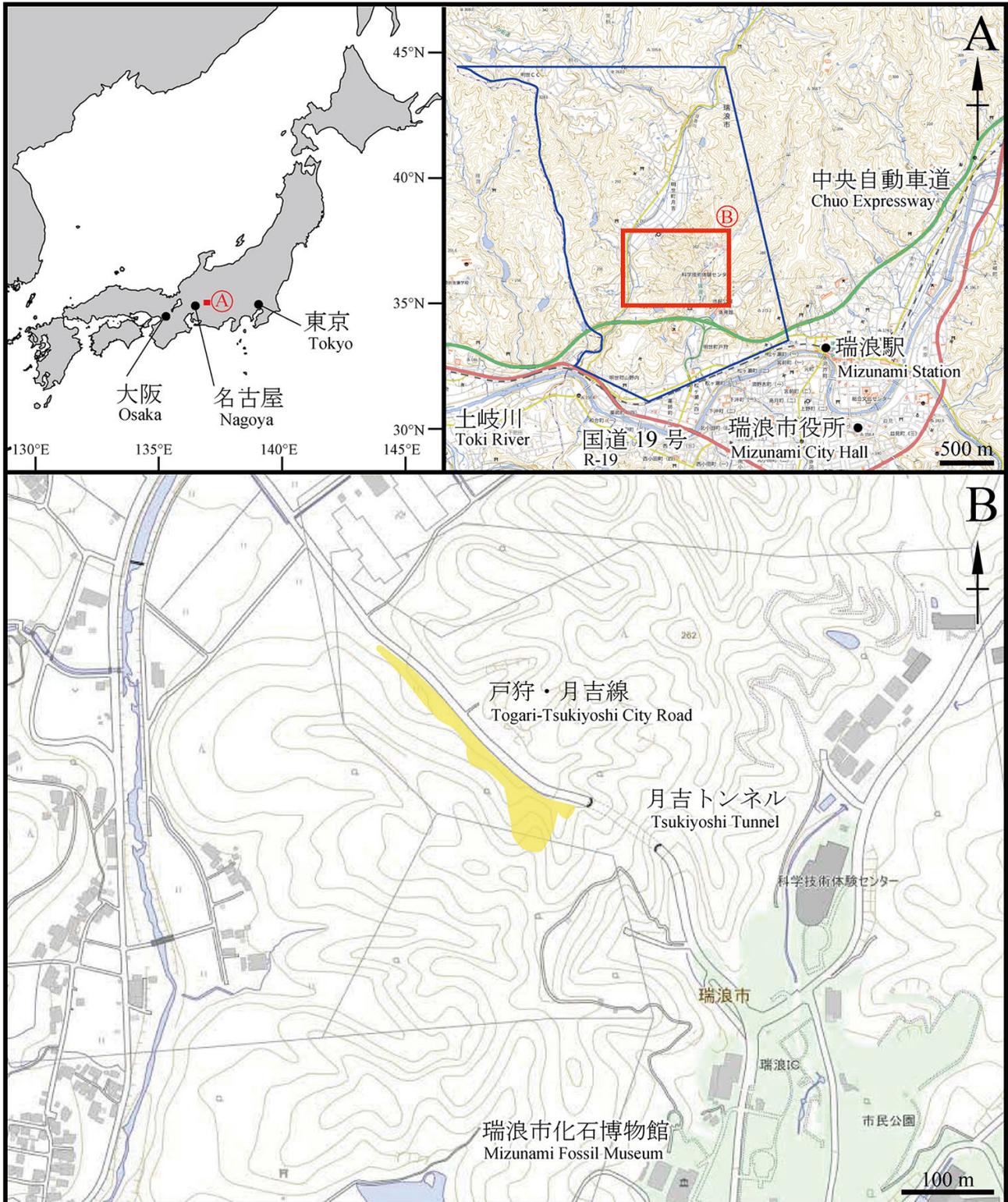
The Lower Miocene Togari and Yamanouchi members (ca 18 Ma) of the Akeyo Formation, Mizunami Group, were exposed at the construction site of the Togari-Tsukiyoshi Road in Akeyo-cho, Mizunami City, central Japan. Their lithologies are described. The Togari Member, 25 m thick, overlies the Toki Granite and consists mainly of tuffaceous sandstone with three tuff layers including Tu-tuff. The middle part of the member contains lenticular shell lens of *Crassostrea*. The lower part of the Yamanouchi Member consists mainly of tuffaceous silty sandstone. Pinniped fossils occur in the lowermost part of the member (20 cm above the boundary between Togari and Yamanouchi members). Measurements of the anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) suggest that a paleocurrent direction was NE–SW or NW–SE with an unknown upstream direction for the stratigraphic horizon just above the Togari/Yamanouchi boundary.

**Key words:** Akeyo Formation, Togari Member, Yamanouchi Member, Early Miocene, local geology, anisotropy of magnetic susceptibility

### はじめに

2019年(令和元年)11月から2021年(令和3年)年にかけて、瑞浪市明世町を通る一級市道戸狩・月吉線の改良工事が実施され、工事に伴い瑞浪層群の地層が露出した(Figs. 1–4, Pls. 1, 2). 本地域は岐阜県指定天然記念物「明世化石」指定区域内であり(Fig. 1A), 工事は県の許可を得て実施される

とともに、地質や化石の調査が実施された。その結果、貝類や鰐脚類をはじめとする多くの化石が採取された。なお、現場の露頭には2020(令和2年)年10月26日よりモルタルが吹き付けられた。貴重な地質情報を記録に残すために、安藤(2018)と同様、本論では戸狩・月吉線工事現場(以下工事現場と称す)に露出した地層の記載を行う。あわせて、地層堆積時の古流向の推定に資するために行った帯磁率異方性調査の結果も示す。

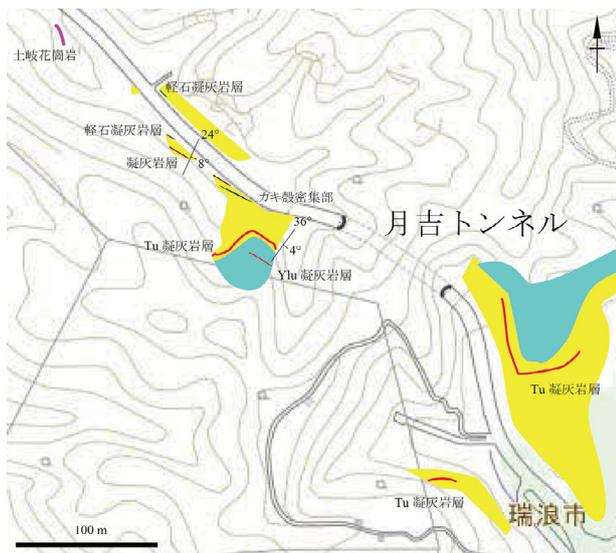


**Fig. 1.** 調査地域. **A**, 位置図. 青枠は、岐阜県天然記念物「明世化石」指定区域を示す; **B**, 詳細図. 地形図は、国土地理院発行 1:25,000 地形図「土岐」「瑞浪」「御嵩」「武並」を使用. 黄色は工事によって現れた露頭の範囲を示す.

**Fig. 1.** Locality. **A**, index map showing the construction site. The area of “Akeyo Kaseki” which is a natural treasure of Gifu Prefecture is outlined in blue; **B**, detail map. 1:25,000 scale topographic map “Toki”, “Mizunami” “Mitake” and “Takenami” published by the Geospatial Information Authority of Japan are used. The yellow shaded area indicates the outcrop of the Mizunami Group exposed by the construction.

## 露頭の位置

一級市道月吉・戸狩線の改良工事は、瑞浪市化石博物館の約 500 m 北方の月吉トンネル北(瑞浪市明世町月吉及び山野内地内)で実施された(Figs. 1, 2). 工事現場内で最も大きく尾根が掘削された箇所の緯度と経度はそれぞれ北緯 35°22'37.3", 東経 137°13'59.8"である. 地層は道路の南側の山を掘削した際に出現した(Figs. 2, 3).



**Fig. 2.** 調査地域周辺のルートマップ。地形図は、国土地理院発行 1:25,000 地形図「瑞浪」を使用した。黄色は戸狩部層、青色は山野内部層の分布を示す。

**Fig. 2.** Route map around the study area. The 1:25,000 scale topographic map “Mizunami” published by the Geospatial Information Authority of Japan is used. The yellow shaded areas indicate the Togari Member and the blue shaded areas indicate the Yamanouchi Member.

## 瑞浪層群について

藤田・生越(1950)によって定義された瑞浪層群は、土岐市から瑞浪市にかけて分布する下部～中部中新統であり、層厚は約 600 m である(糸魚川, 1974, 1980; Irizuki et al., 2004; 入月・細山, 2006). 瑞浪層群は、下位から土岐夾炭層, 本郷層, 明世層, 宿洞層, 生俵層からなり、明世層はさらに 下位から月吉部層, 戸狩部層, 山野内部層, 狭間部層に細分される(入月・細山, 2006). なお、前述の各部層の名称については暫定的に入月・細山(2006)に従う。本論で対象とする明世層の層序や年代については安藤(2018)に詳しい記載がある。あわせて、安藤ほか(2020)は、山野内部層最下部から産出した *Crenomytilus grayanus*(エゾイガ

イ)の殻のストロンチウム同位体分析から  $17.8 \pm 0.3$  Ma の年代値を得ている。

## 工事現場に露出した地層について

工事現場の瑞浪層群は、糸魚川(1980)をはじめこれまでに報告されている周辺の地質、岩相および産出化石の研究成果に基づくと、戸狩部層から山野内部層下部に相当する。工事現場で観察された地層の写真を Pls. 1–2 に、柱状図を Fig. 4 にそれぞれ示す。以下に各層の岩相および含まれる化石についてその特徴を記載する。

### 地層体名:土岐花崗岩

**露頭の記載:**工事現場の北方に露出した(露出地点の緯度、経度は、北緯 35°22'41.8", 東経 137°13'53.9"である。露頭の高さは約 1 m である(Pl. 1, fig. A)。なお、糸魚川(1980)の地質図にもこの付近に土岐花崗岩の分布が示されている。その南方に露出する瑞浪層群との関係は不明である。

### 地層体名:瑞浪層群明世層戸狩部層

**露頭の記載:**工事現場で観察できる戸狩部層の露頭は約 25 m であり、糸魚川(1974, 1980)が記載した本部層の下部から上部が露出したと考えられる。工事現場内で見られる本部層の最下部は凝灰質シルト岩からなり(Pl. 1, fig. B), その上位には凝灰質砂岩層と凝灰質シルト質砂岩層が重なる(Pl. 1, fig. C)。これらの層には直径数ミリ～2 cm の軽石が大量に含まれ、特に最下部は軽石凝灰岩層となっている(Fig. 4 の軽石凝灰岩, Pl. 1, fig. C の黒矢印)。本層から上位にかけて地層中に巣穴化石が含まれるようになり(Pl. 1, fig. D), 巣穴化石中には形成主と思われる *Upogobia mizunamiensis* Karasawa(ミズナミアナジャコ)の腹部や尾扇が保存されていた(Fig. 5A)。凝灰質砂岩中にはノジュールが含まれ、*Nipponomarcia nakamurai* (Ikebe)(ナカムラスダレハマグリ)が多産する(Pl. 1, fig. E)。下部の凝灰質シルト質砂岩層からは *Menkrawia ishiiiana* (Yokoyama)(イシイビカリエラ)が多産する。

最下部から約 10 m 上位に層厚約 30 cm の凝灰岩層が見られる(Fig. 4 の凝灰岩, Pl. 1, fig. C の赤矢印, Pl. 1, fig. F)。この凝灰岩層の最下部には軽石が含まれ、級化構造や葉理が見られる。凝灰岩層の上位は、凝灰質砂岩と凝灰質シルト質砂岩の互層が続くが、約 6 m 上位の凝灰質シルト岩層中には大量の炭質物と *Crassostera* sp.(マガキ属の未定種)とみられるカキ殻が密集して含まれる(Fig. 6B, Pl. 1, figs. G, H)。このカキ殻密集部はレンズ状を呈するが、



**Fig. 3.** 工事現場および調査風景. **A**, 2020年2月18日撮影; **B**, 2020年6月30日撮影; **C**, 2020年8月30日撮影; **D**, 2020年9月30日撮影; **E**, 2020年10月24日撮影; **F**, 2020年10月24日撮影. **A**, **C**, **E**は工事現場の北側から, **F**は工事現場の南側から撮影した. **B**と**D**はドローンによる航空写真である.

**Fig. 3.** Field photographs at the construction site. **A**, February 18, 2020; **B**, June 30, 2020; **C**, August 30, 2020; **D**, September 30, 2020; **E**, October 24, 2020; **F**, October 24, 2020. **A**, **C** and **E** were taken from the north side of the construction site and **F** was taken from the south side. **B** and **D** are aerial photographs taken by a drone.

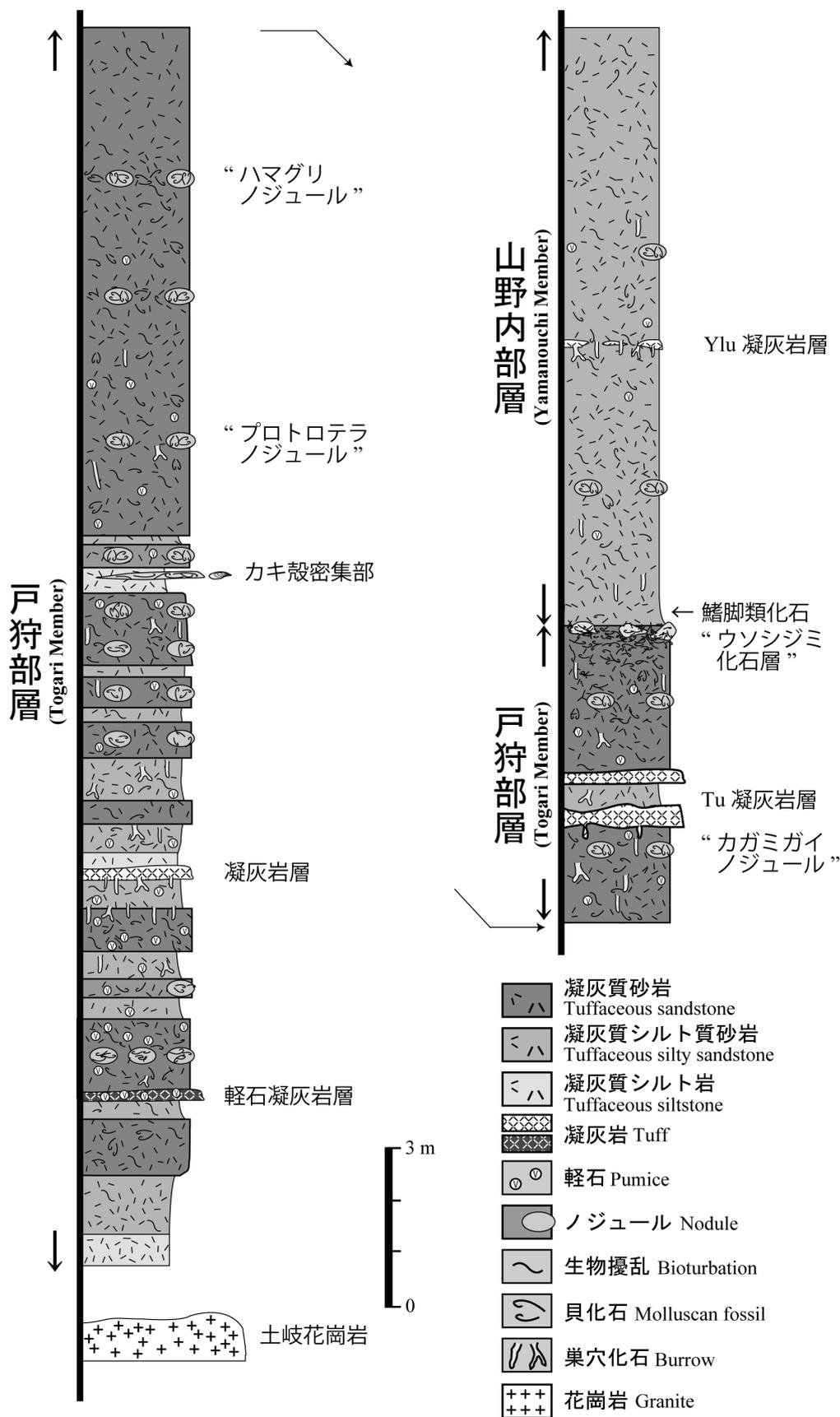


Fig. 4. 工事現場における柱状図.

Fig. 4. Detailed columnar section at the construction site.

比較的連続性が良く一部はノジュール化している。密集した大量のカキ殻の産出は、これまで瑞浪層群から公式な記録はないが、化石博物館には明世層から密集した状態で採取された *Crassostrea* sp. が収蔵されており、このようなカキ殻密集部から産出したものかもしれない。また、カキ殻密集部からは *Crassostrea* sp. に伴って *Rhizophorimurex* sp. (テングガイ属の未定種) や *Hiatula minoensis* (Yokoyama) (ミノイソシジミ) が産出した (Fig. 5C)。

カキ殻を含む層準の上位から凝灰質砂岩層が連続するが、その中でカキ殻を含む層準の上位約 3 m には、*Protorotella depressa* Makiyama (プロトテラ) を含んだノジュールが、その上位約 2 m には *Meretrix arugai* Otsuka (アルガハマグリ) と *Phacosoma kawagense* (Araki) (カワゲカガミガイ) の密集層が、さらにその上位約 2 m には *P. kawagense* を大量に含んだノジュールが観察される (Pl. 2, fig. 1)。これらの層準は、瑞浪市化石博物館東方のへそ山で観察される戸狩部層上部の“プロトテラノジュール”、“ハマグリノジュール”、“カガミガイノジュール” (例えば安藤, 2018) にそれぞれ相当すると考えられるが、工事現場ではノジュールが少なく化石は主に凝灰質砂岩中に密集する。“カガミガイノジュール”の約 4 m 上位には白色で極細粒の凝灰岩層が 2 層見られ、その特徴および上下関係からこの凝灰岩層は糸魚川 (1974) の Tu 凝灰岩層である (Pl. 2, figs. J, K)。

Tu 凝灰岩層の約 2 m 上位には、二枚貝の *Felaniella usta* (Gould) (ウソシジミ) が密集する“ウソシジミ化石層” (“*Felaniella bed*”) が見られる (Pl. 2, figs. K, L)。これは、広域的に見られる化石密集層であり、瑞浪市周辺では戸狩部層最上部の鍵層として用いられる (糸魚川, 1974; 入月・細山, 2006)。工事現場の東方約 1 km で 2016 年に実施された瑞浪北中学校敷地造成工事の際に見られた“ウソシジミ化石層”の大部分はノジュール化していたが (安藤, 2018)、工事現場ではノジュールの発達が比較的悪い。瑞浪層群では一般的に、この密集層を境に岩相が漸移的に変化し山野内部層になるとされているため (糸魚川, 1974, 1980; 入月・細山, 2006)、この化石層よりも上位が山野内部層である (Pl. 2, fig. K)。なお、Pl. 1, fig. F に示す凝灰岩層と Tu 凝灰岩において走向傾斜を測定した結果、それぞれ走向 N24°E、傾斜 8°SE、走向 N36°E、傾斜 4°SE であった (Fig. 2)。

**議論:** 本部層下部や中部で見られる凝灰岩層には名前が付けられておらず、また糸魚川 (1974) にも言及がないため、鍵層となるような広域的なものではないと考えられる。また、凝灰岩層最下部には多くの軽石が含まれ級化構造や葉理も見られるため、こ

れらの凝灰岩層は降灰ではなく、火山灰や軽石が流されて集積した可能性が高い。

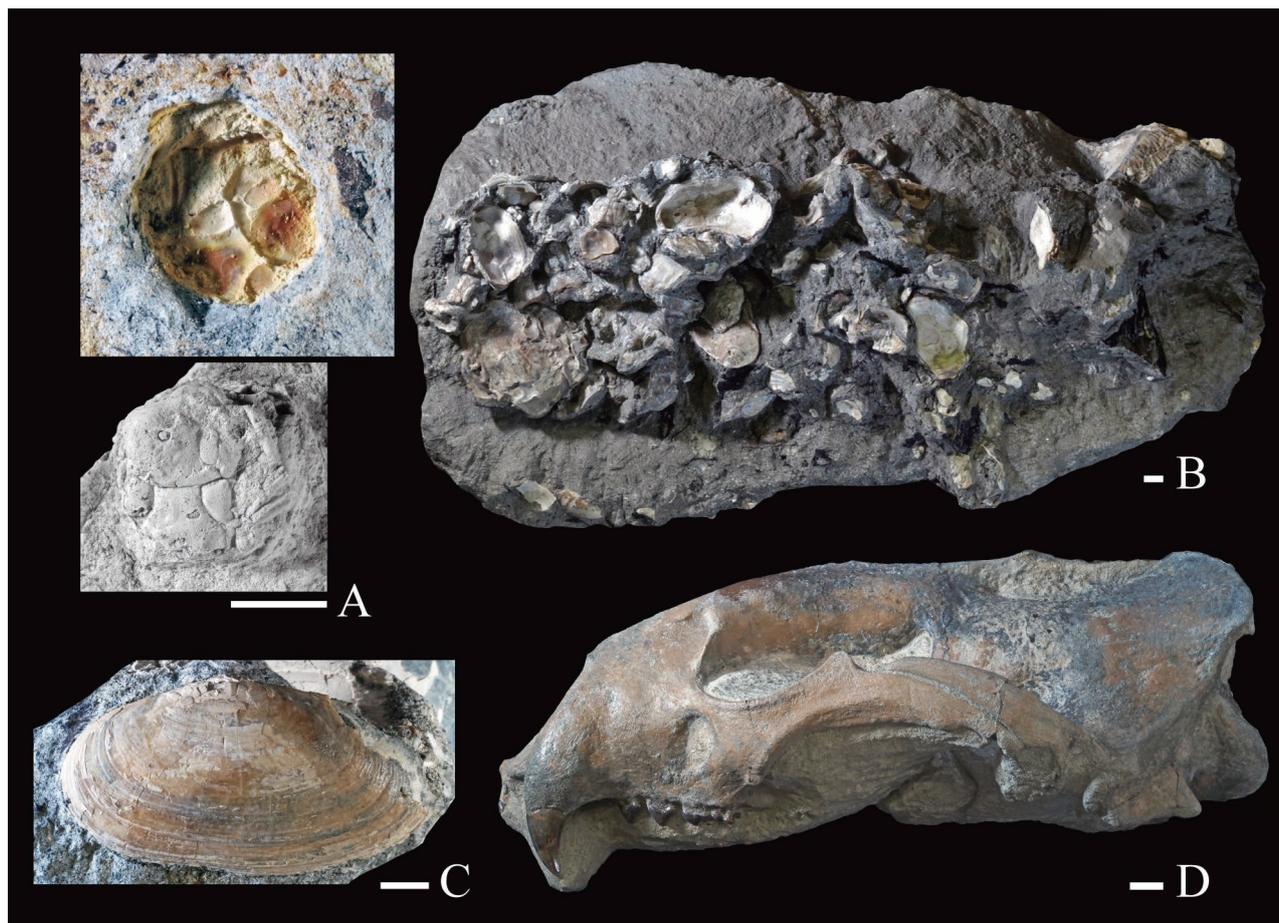
糸魚川 (1974, 1980) や糸魚川ほか (1981–1982) は、下位の月吉部層と本部層は漸移的に変化し、岩相の違いもほとんど見られないことを述べ、貝化石群集の違いによって 2 つの部層を区別している。糸魚川ほか (1981–1982) によれば、月吉部層は *Vicarya yokoyamai* Takeyama (ヨコヤマビカリア)、*Hiatula minoensis*, *Cyclina japonica* Kamada (ヤマトオキシジミ) が主に自生的に産出する点、戸狩部層は *Nipponomarcia nakamurai* と *Phacosoma kawagense* が主要な産出種である点をそれぞれの特徴としている。しかしながら、本調査により戸狩部層からも月吉部層に特徴な *H. minoensis* や月吉部層の主要な貝類化石群集である *Vicarya-Cyclina* 群集に含まれる *Menkrawia ishiiana* が産出した。また、カキ殻が密集する層準の岩相は月吉部層と非常に良く似ており、他生的産状であるが糸魚川ほか (1981–1982) は戸狩部層からも *V. yokoyamai* の産出を記載している。また、*Upogebia mizunamiensis* はこれまで月吉部層からのみ産出が知られていたが (Karasawa, 1989)、戸狩部層からも産出することが明らかになった。したがって、両部層の違いは岩相や産出する貝類化石の違いではなく、主要な貝類構成種の微妙な違いに限られる。そのため、月吉部層と戸狩部層は区別せず一つの地層体として扱った方がよいと考えられる。

#### 地層体名: 瑞浪層群明世層山野内部層

**露頭の記載:** 工事現場では、層厚約 12 m の地層が観察され、“ウソシジミ化石層”の上位から堆積物が細粒化し、凝灰質シルト質砂岩が優勢となる (Pl. 2, fig. M)。凝灰質シルト質砂岩層は無層理であり、生物擾乱や巣穴化石、貝化石が数多く見られる (Pl. 2, fig. N)。

特に、“ウソシジミ化石層”の上位 2 m の層準は貝化石が多く含まれ、本工事現場では *Saccella miensis* Araki (ミエゲンロクソデガイ)、*Acila submirabilis* Makiyama (マキヤマキララ)、*Cultellus izumoensis* Yokoyama (イズモノアシタガイ) が主に産出し、板鰓類 *Carcharhinus* sp. (メジロザメ属の未定種) が稀に産出した。また、“ウソシジミ化石層”の上位約 20 cm からは鰓脚類の化石が産出した (Figs. 4, 6D, Pl. 2, fig. O)。本化石については別稿にて報告予定である。

“ウソシジミ化石層”の上位約 6 m には生物擾乱の影響を受けた層厚約 10 cm の凝灰岩層が観察され (Pl. 2, fig. P)、その上下関係や層厚、粒度、色から Ylu 凝灰岩層であると考えられる。



**Fig. 5.** 産出した主な化石. **A**, 巣穴中に保存された *Upogebia mizunamiensis* Karasawa (ミズナミアナジャコ) とそのキャスト; **B**, *Crassostrea* sp. (マガキ属の未定種), MFM13001; **C**, *Hiatula minoensis* (Yokoyama) (ミノイソシジミ), MFM13011; **D**, 鰭脚類の頭蓋, MFM18009, 左側面観. スケールは 1.0 cm.

**Fig. 5.** Fossils from the present study area. **A**, *Upogebia mizunamiensis* Karasawa preserved in the burrow and its cast; **B**, *Crassostrea* sp., MFM13001; **C**, *Hiatula minoensis* (Yokoyama), MFM13011; **D**, Skull of the Pinnipedia, MFM18009, left lateral view. Scale bars = 1.0 cm.

**議論:** 工事現場では、“ウソシジミ化石層”から Ylu 凝灰岩層を経てその上位約 6 m の地層が観察され、山野内部層の下部が露出したことになる。工事現場の本部層は、糸魚川(1980)や安藤(2018)が市内他所で記載したものとほぼ同じ岩相的特徴を有する。しかしながら、工事現場の地層にはノジュールがほとんど見られない。また、地層見学地の地層や瑞浪北中学校敷地造成工事現場に露出した地層には、Ylu 凝灰岩層直下に 20–40 cm の層厚をもつ YI 凝灰岩層が確認されたが(安藤, 2018 の Fig. 8), 工事現場では確認できなかった。YI 凝灰岩層は層厚が安定している Tu 凝灰岩層や Ylu 凝灰岩層に比べ、場所により層厚が安定していない(安藤, 2018)。YI 凝灰岩層は、葉理が発達するなどの岩相的特徴から降下火山灰ではなく流れ込みの地層であると推定される。YI 凝灰岩層が工事現場で観察されない

のは、本地域が YI 凝灰岩層を形成した流れの範囲外に位置するためであると考えられる。

これまで、“ウソシジミ化石層”からその上位 1 m 以内の層準からは海生哺乳類化石や陸生哺乳類化石が多く産出しており(デスモチルス研究委員会, 1952; 亀井・岡崎, 1974; Tomida, 2012; 木村ほか, 2018 など), 本露頭においても“ウソシジミ化石層”の上位約 20 cm の層準から鰭脚類のまとまった化石が産出した。安藤(2018)が指摘するように、戸狩部層と山野内部層の境界付近から山野内部層最下部にかけては、ボーンベッドとは言い切れないものの脊椎動物化石が多産する可能性が極めて高い。

#### 山野内部層最下部の帯磁率異方性

前述の鰭脚類化石は比較的まとまって産出した

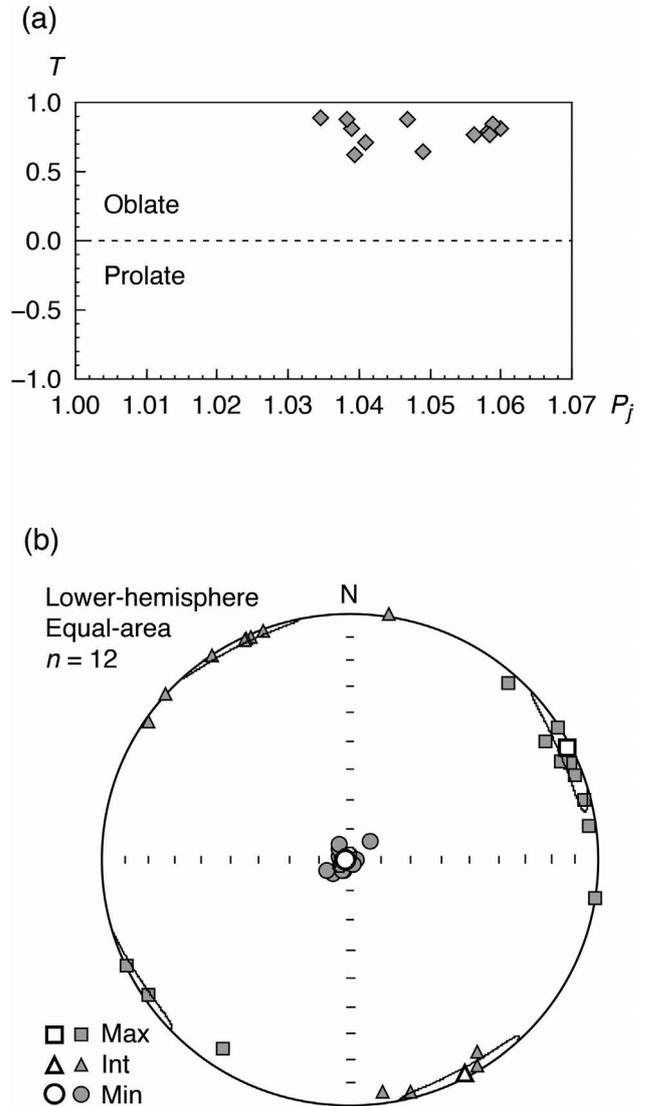
にも関わらず、各部位は関節して産出しておらず、水流により堆積場まで運搬された可能性が高い。そこで、鰭脚類化石産出層準の堆積時の古流向推定に資する情報を得るために、化石産出地点から凝灰質シルト質砂岩を採取し、その帯磁率異方性を調査した。帯磁率異方性を利用した古流向推定は世界中で数多く行われているが、筆者らが知る限り瑞浪層群からは研究事例報告がない。この推定方法の原理については Tarling and Hrouda (1993) や 徐・久光 (1998) を参照されたい。

**調査方法:** 岩石試料採取には内径 25 mm のダイヤモンドビットを装着したバッテリードリルを使用し、直径 25 mm、長さ 5–10 cm の定方位コアを 6 本採取した。コアの定方位付けには磁気コンパスを使用した。コアを愛知教育大学の実験室にて岩石カッターで切断し、高さ 22 mm の円柱状試験片を 1 本のコアから 2 ないし 3 個作成した。各コアから 2 個の試験片を任意に選び(合計 12 個)、それらの帯磁率を測定した。測定には AGICO 社製帯磁率計(モデル MFK1-FA)を使用し、測定周波数 976 Hz、スピンモードで行った。測定データ解析には AGICO 社製ソフト(Anisoft v.5.1.08)を使用した。

**結果:** 帯磁率異方性の大きさを表すパラメーターである  $P_j$  (corrected anisotropy degree; Jelinek, 1981) と帯磁率異方性の形を表すパラメーターである  $T$  (shape parameter; Jelinek, 1981) の関係を見ると (Fig. 6a), すべての試験片は扁平型 (oblate) の領域にプロットされた。帯磁率楕円体の最大軸 ( $K_{\max}$ ), 中間軸 ( $K_{\text{int}}$ ), 最小軸 ( $K_{\min}$ ) は明瞭に分かれ、傾動補正後に最大軸と中間軸はほぼ水平、最小軸はほぼ鉛直であった (Fig. 6b)。最大軸と中間軸の方位はそれぞれ NE–SW, NW–SE であった。

**議論:** 砂岩やシルト岩の場合、帯磁率楕円体の形状は測定試料に含まれる強磁性碎屑粒子 (磁鉄鉱など) の平均的なファブリックを反映しており、帯磁率楕円体の最大軸、中間軸、最小軸の方向はそれぞれ強磁性碎屑粒子の平均的な長軸、中軸、短軸の方向に一致すると考えられる (Tarling and Hrouda, 1993; 徐・久光, 1998)。その前提に従うと、鰭脚類化石産出層準の平均的なファブリックは扁平な碎屑粒子が層理面に平行に配列することで特徴づけられ、碎屑粒子の平均的な長軸と中軸の方向がそれぞれ NE–SW, NW–SE であると解釈される。一般に碎屑粒子のオリエンテーションは、長軸が流れに平行に配列した場合と、長軸が流れに直交して配列した場合がある (例えば、横川, 1998)。そのため、この層準は NE–SW または NW–SE に平行な流れのもとで堆積した可能性が高いが、流れの向きは不明である。今回の測定結果だけからこの層準の古流向を

推定することはできないが、今後、化石の産状や配列方向などもあわせて検討することによって古流向を推定できると考えられる。



**Fig. 6.** 鰭脚類産出層準 (Pl. 2, fig. O) の帯磁率異方性の調査結果. (a) 帯磁率異方性の大きさを表すパラメーター  $P_j$  (corrected anisotropy degree) と帯磁率異方性の形を表すパラメーター  $T$  (shape parameter) の関係. (b) 帯磁率楕円体の最大軸 ( $K_{\max}$ ), 中間軸 ( $K_{\text{int}}$ ), 最小軸 ( $K_{\min}$ ) の下半球等積投影. グレー印は試験片方位, 白印は平均方位. 平均方位の周囲の楕円は 95% 信頼限界を示す.

**Fig. 6.** Anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) of sediments from the horizon bearing Pinniped fossils (Pl. 2, fig. O). (a) Plot of  $T$  (shape parameter) against  $P_j$  (corrected anisotropy degree). (b) Lower-hemisphere equal-area projection of the maximum ( $K_{\max}$ ), intermediate ( $K_{\text{int}}$ ) and minimum ( $K_{\min}$ ) axes of AMS. Gray symbols represent specimen's AMS directions, and open symbols represent the site-mean AMS direction, with ellipses showing the area of 95% confidence.

## 謝 辞

瑞浪市建設部土木課の方々には調査について理解をいただくと共に工事の資料などを提供していただいた。工事施工業者である有限会社瑞明建設には現地での調査に便宜を図っていただくとともに航空写真を提供していただいた。瑞浪市化石博物館の柄沢宏明博士には本研究についてご支援いただくとともに産出した十脚類化石の同定と本論執筆についてご助言いただいた。瑞浪市化石博物館館長の和田光浩氏、瑞浪市陶磁資料館館長の遠藤三知郎氏および学芸員の砂田普司氏、教育委員会スポーツ文化課の神戸雅大氏には調査について様々な支援をいただいた。愛知教育大学学生の上原菜月氏には帯磁率異方性調査の試料採取を手伝っていただいた。René H. B. Fraaije 博士(Oertijd-museum, the Netherlands)とStephen K. Donovan 博士(Manchester, England)には英文要旨を校閲していただいた。島根大学の入月俊明博士には査読を通じて有益なコメントをいただいた。以上の方々に厚くお礼申し上げます。なお、本研究の一部にJSPS 科研費(17K95680)を使用した。

## 引用文献

- 安藤佑介. 2018. 瑞浪北中学校敷地造成工事現場で観察された中新統瑞浪層群の露頭. 瑞浪市化石博物館研究報告 44, 特別号: 1-11.
- 安藤佑介・荒岡大輔・吉村寿紘・西本昌司・中島礼. 2020. 下部中新統瑞浪層群明世層産二枚貝 *Crenomytilus grayanus* (エゾイガイ) のストロンチウム同位体年代. 瑞浪市化石博物館研究報告 47: 89-93.
- デスモスチルス研究委員会. 1952. 岐阜県土岐地方におけるデスモスチルスの再発掘と産出層準について. 地質学雑誌 58: 144.
- 藤田和夫・生越 忠. 1950. 岐阜県瑞浪町北方の新生代層の岩相的分類—濃尾地方新生代層の地質学的研究(第1報). 地質学雑誌 56: 481-492.
- 入月俊明・細山光也. 2006. 瑞浪層群明世層と産出化石—古伊勢湾の浅海相と明世動物群—. In 日本地質学会(編), 日本地方地質誌 4 中部地方. 東京. p. 368-369.
- Irizuki, T., K. Yamada, T. Maruyama, and H. Ito. 2004. Paleocology and taxonomy of Early Miocene Ostracoda and paleoenvironments of the eastern Setouchi Province, central Japan. *Micro-paleontology* 50(2): 105-147.
- 糸魚川淳二. 1974. 瑞浪層群の地質. 瑞浪市化石博物館研究報告第1号 —瑞浪層群の地質と化石—: 9-42.
- 糸魚川淳二. 1980. 瑞浪地域の地質. 瑞浪市化石博物館専報 第1号: 1-50.
- 糸魚川淳二・柴田 博・西本博行・奥村好次. 1981-1982. 瑞浪層群の化石 2. 貝類(軟体動物). 瑞浪市化石博物館専報 第3号: 3-A, 1-52; 3-B, 1-330.
- Jelinek, V. 1981. Characterization of the magnetic fabric of rocks. *Tectonophysics* 79: T63-T67.
- 亀井節夫・岡崎美彦. 1974. 瑞浪層群の哺乳動物化石. 瑞浪市化石博物館研究報告第1号 —瑞浪層群の地質と化石—: 263-292.
- Karasawa, H. 1989. Decapod Crustaceans from the Miocene Mizunami Group, Central Japan Part 1. Superfamily Thalassinoidea, Leucosioidea and Grapsidoidea. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum* 16: 1-28.
- 木村敏之・安藤佑介・安藤瑚奈美・楓 達也・服部創紀・村宮悠介. 2018. 瑞浪北中学校敷地造成工事現場の下部中新統瑞浪層群明世層よりヒゲクジラ類化石 2 標本の産出. 瑞浪市化石博物館研究報告 44, 特別号: 43-51.
- 徐 垣・久光敏夫. 1998. 帯磁率異方性を用いた堆積構造解析. In 公文富士夫・立石雅昭(編), 新版 碎屑物の研究法. 地学団体研究会. p. 266-272.
- Tarling, D. H., and F. Hrouda. 1993. *The Magnetic Anisotropy of Rocks*. Chapman and Hall, London. 217 p.
- Tomida, Y. 2012. New species of *Alloptox* (Lagomorpha, Ochotonidae), first record of the genus in Japan, and subgeneric distinction. *Paleontological Research* 16: 19-25.
- 横川美和. 1998. 堆積粒子の配列が語るもの. *地球科学* 52: 370-377.

**Plate 1.**

**Fig. A–H.** 工事現場の露頭写真. **A**, 土岐花崗岩(2020年3月20日撮影); **B**, 工事現場で見られた戸狩部層最下部の凝灰質シルト岩層(赤矢印)(2020年6月28日撮影); **C**, 戸狩部層下部の露頭. 青矢印は凝灰質シルト質砂岩層, 黄矢印は凝灰質砂岩層, 赤矢印は凝灰岩層, 黒矢印は軽石凝灰岩層を示す(2020年3月20日撮影); **D**, 戸狩部層下部の巣穴化石(2020年5月8日撮影); **E**, 戸狩部層下部の *Nipponomarcia nakamurai* を多産するノジュール(2020年3月20日撮影); **F**, 戸狩部層中部の凝灰岩層(2020年5月8日撮影); **G**, カキ殻密集部(2020年6月28日撮影); **H**, カキ殻密集部近影(2020年6月28日撮影).

**Fig. A–H.** Field photographs showing the outcrop at the construction site. **A**, Outcrop of the Toki Granite in March 20, 2020; **B**, Outcrop of tuffaceous siltstone bed of the lowermost part of the Togari Member (red arrow) in June 28, 2020; **C**, Outcrop of the lower part of the Togari Member in March 20, 2020. The blue arrows indicate the horizon of tuffaceous silty sandstone bed. The yellow arrows indicate the horizon of tuffaceous sandstone bed. The red arrow indicates the horizon of tuff bed. The black arrow indicates the horizon of pumice tuff bed; **D**, Burrows from the lower part of the Togari Member in May 7, 2020; **E**, A calcareous nodule containing abundant *Nipponomarcia nakamurai* from the lower part of the Togari Member in March 20, 2020; **F**, A tuff bed from the middle part of the Togari Member in May 7, 2020; **G**, *Crassostrea*-bearing lens in the middle part of the Togari Member in June 28, 2020; **H**, Close-up view of a *Crassostrea*-bearing lens (red arrow) in June 28, 2020.

Plate 1



**Plate 2.**

**Fig. I-P.** 工事現場の露頭写真. **I**, ハマグリ密集層(赤矢印はノジュール)(2020年6月28日撮影); **J**, Tu凝灰岩層(赤矢印)(2020年9月28日撮影); **K**, Tu凝灰岩層～山野内部層下部(赤矢印は“ウソシジミ化石層”)(2020年9月28日撮影); **L**, “ウソシジミ化石層”の転石(2020年9月5日撮影); **M**, 山野内部層下部の露頭(2020年9月28日撮影); **N**, 山野内部層下部の貝類化石(2020年9月28日撮影); **O**, 鰭脚類化石産出層準(2020年9月11日撮影), 赤矢印は鰭脚類化石; **P**, Ylu凝灰岩層(赤矢印)(2020年9月28日撮影).

**Fig. I-P.** Field photographs showing the outcrop at the construction site. **I**, *Meretrix*-bearing horizon in the upper part of the Togari Member in June 28, 2020. The red arrow indicates a nodule; **J**, Tu tuff bed (red arrows) in the upper part of the Togari Member in September 28, 2020; **K**, Stratigraphic succession from the Tu tuff bed to the lower part of the Yamanouchi Member in September 28, 2020. The red arrow indicates a “*Felaniella* bed”; **L**, Boulder coming from a “*Felaniella* bed” in September 5, 2020; **M**, Outcrop of the lower part of the Yamanouchi Member in September 28, 2020; **N**, Molluscan fossils from the lower part of the Yamanouchi Member in September 28, 2020; **O**, Horizon bearing pinniped fossils (red arrows) in September 11, 2020; **P**, Ylu tuff bed (red arrow) in September 28, 2020.

Plate 2

