模式露頭における下部更新統大桑層基底の不整合面と最下部の貝化石群集

The lower unconformity and molluscan fossils of the basal part of the early Pleistocene Omma Formation at its type section, Ishikawa Prefecture, central Japan

Abstract

北村晃寿*

Akihisa Kitamura*

1996年7月8日受付.

1997年3月21日受理.

* 静岡大学理学部地球科学教室.
Institute of Geosciences, Faculty of Science,
Shizuoka University, Shizuoka 422, Japan

The lower unconformity and molluscan fossils of the basal part of the early Pleistocene Omma Formation were recognized from new outcrops at its type locality, Ishikawa Prefecture, central Japan. The unconformity is marked by planar surface cut into silty fine sandstone of the underlying middle Miocene Saikawa Formation, and penetrated by marine rock-boring bivalve *Zirfaea* sp.

In the basal part of the Omma Formation, molluscan associations change upward from the cold-water *Clinocardium-Turritella* association, through the warm-water *Cycladicama* association, the cold-water *Acila insignis* association, and the warm-water *Acila divaricata-Limopsis* association, to the cold-water *Anadara-Clinocardium* association. This indicates that sea-level oscillations of glacio-eustatic origin are recognized in the basal part of the formation. In addition, the paleodepth in the study area reached under the warm Tsushima Current as a result of sea-level rise, such that the cold-water *Acila insignis* association appeared.

Key words: Omma Formation, Saikawa Formation, unconformity, rock-boring bivalve, molluscan fossil associations

はじめに

石川県金沢市大桑町の犀川河床は、下部更新統大桑層の模式地である。この大桑層と下位の犀川層（望月，1930）との境界は、工事前仮橋「めがね橋」の付近にあり、橋の下流側に大桑層が露出し、橋から50 m上流側に犀川層が露出している。大桑層は、鮮新-更新世の寒冷な海中気候下で生息していた動物群、「大桑-万願寺動物群」の代表的産地の1つであり、これまで多くの研究者によって古生物学的、層序学的研究がなされている（例えば、Kaseno and Matsuura, 1965; Ogasawara, 1977; 高山ほか, 1988; 大村ほか, 1989 など）。最近では、筆者らによって堆積シーケンスと貝化石群集の詳細な検討がなされた（北村・近藤, 1990）。その結果、寒暖両水系貝化石群集の交互出現と堆積シーケンスの密接な関連が指摘され、それらは前期更新世（140 万年前～100 万年前）に起きた約4 万年周期の水期-間氷期サイクルとそれに連動した氷河性海水準変動に起因すると解釈された（Kitamura et al., 1994）。これら大桑層に残された堆積学的・古生物学的記録は、海中気候の変化や海水準変動に対する浅海の堆積物と生物の応答様式を知る上で重要な学術的意義を持っている。

さて、1995 年秋、石川県から「めがね橋」の架け替え、ならびにそれに伴う周辺の河川敷整備と遊歩道新設の計画が発表された。この発表内容は、金沢大学理学部神谷隆宏・田崎和江両氏によって日本地質学会に連絡された。それに答え、

同学会から「大桑層の保全」に関して要望書が本誌（101 巻10 号）に提出された。その結果、石川県からの理解を得ることができ、既存の大桑層の全露頭を保存できる運びとなった。そして、「めがね橋」の架け替えに伴う工事によって、橋から10 m ほど上流側の犀川左岸（以下これを地点①（site 1）とする）と撤去された橋の直下（以下これを地点②（site 2）とする）に露頭が現われた（Fig. 1）。今回、筆者の調査により、地点①の露頭でこれまで確認できなかった大桑層基底の不整合面を詳細に観察でき、また地点②の露頭に見られる貝化石群集は、大桑層の他の層準とは異なる変遷様式を示すことが分かったので、ここに報告する。なお、地点①の露頭は工事の進行につれ埋積され消失したので、本報告は今後の研究に貴重な資料である。

大桑層と犀川層の概要

模式地（金沢市大桑町犀川河床）の犀川層（Ogasawara, 1976, 1977）は層厚が200 m に達し、塊状シルト岩を主体とし、しばしば石灰質砂岩や石灰質ノジュールを挟む。同層の走向はほぼ東北東-西南西で、傾斜は北に傾き、その角度は20° 以下である。最上部からは貝化石（例えば、*Neverita kiritaniana* (Yokoyama), *Phos iwakianus* (Yokoyama)) を産し、これらは音川動物群を構成する種群である（Ogasawara, 1977）。また最近、高山ほか（1988）は、模式地の犀川層最上部（層厚約15 m）の岩相の記載と石灰質ナンノ

Fig. 1. Map showing the locality of two new outcrops of the basal part of the Omma Formation at the type section.

化石の検討を行っている。それによると、岩相の違いから同層最上部は下半部と上半部に分けられ、下半部は細礫をまばらに含む灰色砂質シルト岩で、石灰質ノジュールや炭質物や貝化石を散在する。一方、上半部は極細粒砂岩ないし細粒砂岩からなり、石灰質ノジュールや炭質物や貝化石を散在するが、下半部に比較して細礫が多い。そして、石灰質ナンノ化石の検討により、犀川層最上部の地質年代は 11.03-13.17 Ma と推定された (高山ほか, 1988)。

大桑層は層厚 210 m で、主に塊状細粒砂岩からなる。地層の走向はほぼ東西、傾斜は 10~16°N である。模式地を除く金沢市の浅野川以南に分布する大桑層基底の不整合については、粕野・松浦 (1964) と田中 (1970) が研究し、以下のことを明らかにしている。

- (1) 大桑層と下位層との境界は斜交不整合である。
- (2) 大桑層基底の不整合面には、生息姿勢を保持した穿孔貝 (*Zirfaea subconstricta* や *Pholadidea* sp.) の化石や穿孔貝がつくったと思われる砂管が観察される。
- (3) 南東および南西に向かって大桑層は下位の地層の上にアバットし、堆積の開始は金沢市山科地域の大桑層が最も早い。

これらのことから、彼らは浅野川以南に分布する大桑層の

堆積開始期には、北西~西側に傾いた基盤の上に、南東および南西に向かって、徐々に海進が進行したと結論した。

以前から露出していた模式地の大桑層最下部の岩相と貝化石群集については、Kitamura (1991) が詳細に報告している。それによると、この部分はシルト質極細粒砂岩からなり、この砂岩は上方に向かって粗粒化し、大桑層の基底 (後述する同層基底の不整合面) から約 11 m 上位で細粒砂岩に漸移する。また、基底より約 9 m 上位に厚さ 20 cm の白色細粒凝灰岩層 (Hasegawa (1979) の O1) を挟む。貝化石群集は、上方に向かって寒水系貝化石群集 *Acila insignis* 群集、暖水系貝化石群集 *Acila divaricata*-*Limopsis* 群集、寒水系貝化石群集 *Anadara*-*Clinocardium* 群集へと変遷する (Fig. 2)。

高山ほか (1988) と大村ほか (1989) に基づくと、大桑層の地質年代は石灰質ナンノ化石 *Gephyrocapsa* (large) の出現層準 (1.515 ± 0.025 Ma; Berger et al. (1994) のタイムスケールを採用) と Bruhnes/Matuyama 境界 (0.79 ± 0.005 Ma; Berger et al. (1994) のタイムスケールを採用) の間であることは確実である。したがって、大桑層と犀川層との間には約 1,000 万年の時間間隙が存在する。

Fig. 2. Columnar section of the uppermost part of the Saikawa Formation and the lowest part of the Omma Formation.

新露頭における岩相と貝化石群集

今回現われた露頭のうち、地点①の地層が地点②の地層の下位にあたる。また、両地点間の露頭欠落分に相当する地層の厚さは約2mである。

地点①の露頭は、新しい橋の橋脚を固定するために、横12m、縦19m、深さ6mの方形に掘り込んだ壁に出ている(Figs. 3 & 4)。地層の厚さは9.5mで、露頭の基底より7.2m付近を境に上下2つの岩相に分けられる(Fig. 2)。後述するが、この2つの岩相の境界が大桑層基底の不整合面である。不整合面直下の堆積物は上方に向かって塊状中粒砂岩から塊状シルト質砂岩へと漸移する(Fig. 2)。砂岩は青緑色を呈し、その下部は炭質物を多く含む。また、ここには2枚の白色凝灰岩層が挟まれる(Fig. 2)。これらの凝灰岩層の走向・傾斜はN80°W・21°Nである。最下部に長径50cm以上の石灰質ノジュールが観察される。

一方、不整合面直上の堆積物は淘汰の良い塊状青緑色細粒砂岩からなり、貝化石密集層を2枚挟む。貝化石密集層の層厚はともに10cmで、基底は侵食面であり、*Glycymeris yessoensis* (Sowerby) や *Megacardita ommaensis* Ogasawara や *Cyclocardia ferruginea complexa* (Ogasawara) を産する。これらの貝化石は離弁で殻表を上にした姿勢をとる個体が多い。これら3種が大桑-万願寺動物群の特徴種であることから、筆者はこの淘汰のよい砂岩を大桑層と判断した。この砂岩の岩質は、大桑層中部の堆積サイクルの最下部や最上部を構成する淘汰のよい細粒砂岩によく似る。しかし、後者は *Felaniella usta* (Gould) を多産するのに対して、前者は貝化石をほとんど産しない点で大きな違いがある。

地点②では、従来の大桑層最下部の直下に層厚約1.7mの地層(大桑層)が現われた(Fig. 2)。この岩相は、上位に向かって青灰色細粒砂岩から青灰色極細粒砂岩へと漸移し、2枚の白色凝灰岩層を挟む。凝灰岩層の厚さは下位のものが

Fig. 3. Detailed map of the outcrop at site 1. The arrow indicates the direction in which the photograph was taken (Fig. 3).

1 cm 以下, 上位のものが 6 cm 以下である。青灰色細粒砂岩と極細粒砂岩はともに貝化石を散在的に含む。基底から上位 4.0 m から 5.0 m までの層準からは *Clinocardium fastosum* (Yokoyama) や *Acila insignis* (Gould) が産する (Fig. 2)。基底より上位 5.0~5.2 m の層準からは *Cycladicama cumingi* (Hanley) が合弁で産する (Fig. 2)。この *C. cumingi* の産出層準より上位の砂岩からは *A. insignis* や *Ennucula tenuis* (Montagu) が産する。

これらの貝化石は合弁の個体が多いことから、自生的な化石群と考えられる。そして、北村・近藤 (1990) や Kitamura (1991) による大桑層産貝化石群の群集区分に従うと、最下位の化石群は寒水系貝化石群集 *Clinocardium-Turritella* 群集, 中位の化石群は暖水系貝化石群集 *Cycladicama* 群集, 最上位の化石群は寒水系貝化石群集 *Acila insignis* 群集に区分される (Fig. 2)。

大桑層基底の不整合面

今回の調査で、地点①に見られる 2 つの岩相の境界付近を特に詳しく調べた。その結果、露頭面 1 で岩相境界面の直下から約 15 cm 下位までのシルト質砂岩中に、二枚貝 *Zirfaea* sp. が産することが分かった (Figs. 2, 5 & 6)。これらの個体は、前部の形態から判断すると、*Z. subconstricta* (Yokoyama) (和名: ニオガイモドキ) の可能性が極めて高い。しかし、いずれも後部が破損しており、種レベルでの同定はできない。

この *Z. sp.* の産出密度を調べたところ、岩相境界面と平行方向に 1 m, 境界面の下 15 cm までの露頭面 (0.15 m²) につき 4~5 個体であった。また、観察できた *Z. sp.* は合計 7 個体で、それらのすべてが生息姿勢を保持している。すなわち、合弁で前部を下に向けた姿勢で産する。それらの殻高はいずれも約 3.5 cm であり、殻内は細~小礫まじりの中粒砂岩で充填されている。また、2 個体は涙滴型の巣穴の底部から見

Fig. 4. Outcrop at site 1. White broken line shows the unconformity between the Omma and Saikawa formations.

Fig. 5. Bedding plane view, showing *in situ* double valves of the rock-boring bivalve *Zirfaea* sp. penetrating into the Saikawa Formation. Pencil is 14 cm long.

つかった。その巣穴は最大直径約3cm, 長さ14cm以上で, 内部は細～小礫まじりの細粒～中粒砂岩によって充填されている。

この *Z. sp.* の見られる露頭面1では, 2つの岩相の境界は一見明瞭でないが, 約2m側方の露頭面2では, 下位のシルト質砂岩と上位の細粒砂岩の境界は明瞭で, シルト質砂岩の最上部には1個体の *Z. sp.* と小礫まじりの細粒～中粒砂岩によって充填された巣穴化石が認められる (Figs. 2 & 3)。また, 露頭面3では, シルト質砂岩の直上には直径3～4cm大の礫を主体とする厚さ約6cmの礫層が存在する (Figs. 2 & 3)。

さて, *Zirfaea* 属は, 泥岩や砂岩などに機械的に, 化学的に穿孔する二枚貝である (波部, 1977; 品田・天野, 1995)。よって, *Z. sp.* の産出は, 大桑層の堆積開始時には, すでに下位のシルト質砂岩が固結していたことを示唆する。したがって, 筆者はシルト質砂岩の上面を大桑層基底の不整合面と解釈した。シルト質砂岩の岩相は, 高山ほか (1988) が報告した犀川層最上部の岩相によく一致する。そのため, 堆積時代に関する検討は行っていないが, 岩相の類似性を根拠に, 筆者はシルト質砂岩を犀川層と判断した。これが正しいとすると, 大桑層の傾斜が10～16°Nであるのに対して, 犀川層の傾斜は21°Nなので, 両層間の不整合は斜交不整合と考えられる。

考 察

地点②の露頭とその上位の大桑層では, 貝化石群集が上方に向かって, *Clinocardium-Turritella* 群集, *Cycladicama* 群集, *Acila insignis* 群集, *Acila divaricata-Limopsis* 群集, *Anadara-Clinocardium* 群集へと変遷する (Fig. 2)。Kitamura (1991) と Kitamura et al. (1994) が推定した各貝化石群集の生息環境に基づくと, これらの貝化石群集の垂直的变化は, 寒水域の上部浅海帯 (水深: 低潮線下～50-60m)

Fig. 6. Fossil rock-boring bivalve *Zirfaea* sp.; a. dorsal view. b. left-valve exterior. ×1.

から暖水域の上部浅海帯を経て, 寒水域の下部浅海帯 (水深: 50-60m～100-120m) へと変化し, その後暖水域の上部浅海帯と下部浅海帯の境界付近を経て, 寒水域の上部浅海帯上部 (水深: 低潮線下～20-30m) へと変化したことを示す。つまり, 海水準の上昇に伴って海中気候は一旦温暖化してから寒冷化へと転じたのである。

このような環境変動を示す貝化石群集の変遷様式は, 模式地の大桑層の他の層準には見られないが, 金沢市夕日寺地域

(Fig. 1) に分布する大桑層中部の堆積サイクル2に見られる(北村, 1996; Kitamura et al., in press). ここでは, 海水準上昇に伴って暖水系貝化石群集の上位に寒水系種 *Turritella saishuensis saishuensis* と *C. fastosum* が出現し, その産出層準から暖水系浮遊性有孔虫 (*Globigerinoides ruber*) が産する. このことから, Kitamura et al. (in press) は, この寒水系貝化石群集は対馬海流の影響を受けない冷水域に生息していたと解釈した. このような寒水系貝類は, 現在の日本海の深度 150-200 m 以深に見られる(例えば, 土田・林, 1994).

今後, 大桑層最下部の浮遊性有孔虫の層位分布を検討する必要があるが, 群集の変遷様式の類似性から, *Acila insignis* 群集もまた対馬暖流の下に住む寒水系貝類群集と解釈される. この解釈が正しいとすると, 酸素同位体比記録との対比はできていないが, 上記の大桑層最下部の貝化石群集の変遷もまた氷河性海水準変動に起因すると考えられる.

ところで, この貝化石群集の変遷が見られる層準には, 3枚の凝灰岩層が挟まれている. これらを使えば, 1回の氷期-間氷期サイクル期間内に3枚の時間面を設定できる. 大桑層中部には11の堆積シーケンスがあるが, これほど多くの時間面がある堆積シーケンスはない. したがって, 今後他の地域(例えば, 浅野川以北)の大桑層でこれら3枚の凝灰岩層を認定できれば, これまでにない高い時間分解能で1回の氷期-間氷期サイクルに伴う温暖化や寒冷化に対する貝類の応答様式を解明できる.

以上のように, 模式地の大桑層基底の不整合面の特徴は, 浅野川以南に分布する同層基底の不整合面の特徴(粕野・松浦, 1964; 田中, 1970)と全く同じであることが分かった. また, 凝灰岩層 O1 よりも下位に基底の不整合面があるので, 浅野川以南地域で模式地は最も堆積開始時期の早かった地域といえる. そして今回の調査で, 大桑層最下部の岩相や貝化石群集を観察でき, 堆積物試料も採取できた. よって, 今後これらの堆積物試料について微化石層序学的研究を行い, その結果とこれまでの研究結果を統合すれば, 大桑層に保存されている地質記録をより古い時代まで遡れる. そして, 大桑層の下位に位置する地層, 例えば, 富山県水見市に分布する上部鮮新-下部更新統十二町層(Hasegawa, 1979; 高山ほか, 1988; Arai et al., 1991)との対比ができれば, 間氷期ごとに対馬海流が流入するようになった年代を決定できる可能性も十分ある. 対馬海流は日本海とその周辺域の環境や生物分布に強い影響を与えた(例えば, Oba et al., 1991; Tada, 1994など). それゆえ, 対馬海流の流入開始期の年代決定は, 日本海とその周辺域の第四紀環境変動史や海況変動に対する海洋生態系の応答様式の理解にとって大変重要な意味を持つ.

謝辞 金沢大学理学部神谷隆宏助教授, 大村明雄教授, 金沢大学小西健二名誉教授からは, 新露頭の情報を提供していただいた. 京都大学理学部地質学鉱物学教室の伊藤泰弘氏からは *Z. subconstricta* についてご教示をいただいた. 以上の方に感謝の意を表する. そして, 学会からの要望に快く応じて下さった石川県にお礼を申し上げます.

文 献

- Arai, K., Konishi, K. and Sakai, H., 1991, Sedimentary cyclicity and their implications of the Junicho Formation (late Pliocene-early Pleistocene), central Honshu, Japan. *Sci. Rep., Kanazawa Univ.*, **36**, 49-82.
- Berger, W. H., Yasuda, M. K., Bickert, T., Wefer, G. and Takayama, T., 1994, Quaternary time scale for the Ontong Java Plateau: Milankovitch template for Ocean Drilling Program Site 806. *Geology*, **22**, 463-467.
- 波部忠重, 1977, 日本産軟体動物分類学. 二枚貝綱 / 掘足綱. 北隆館, 東京, 372 p.
- Hasegawa, S., 1979, Foraminifera of the Himi Group, Hokuriku Province, central Japan. *Sci. Rep., Tohoku Univ.*, 2nd Ser. (Geol.), **49**, 89-163.
- 粕野義夫・松浦信臣, 1964, 金沢市周辺の大桑層(鮮新統)にみられる不整合と穿孔貝生痕. *地質雑*, **70**, 565-571.
- Kaseno, Y. and Matsuura, N., 1965, Pliocene shells from the Omma Formation around Kanazawa City, Japan. *Sci. Rep., Kanazawa Univ.*, **10**, 27-62.
- Kitamura, A., 1991, Paleoenvironmental transition at 1.2 Ma in the Omma Formation, Central Honshu, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Jpn.*, n.s., **162**, 767-780.
- 北村晃寿, 1995, 日本海第四紀堆積物のシーケンス層序学的解析への生層序学の貢献-時間面としての暖流系種の消長-. *地質学論集*, no. 45, 110-117.
- 北村晃寿, 1996, 対馬海流の流入量の時代変遷. 日本古生物学会 1996 年々会講演予稿集, 103.
- 北村晃寿・近藤康生, 1990, 前期更新世の氷河性海水準変動による堆積サイクルと貝化石群集の周期的変化-模式地の大桑層中部の例-. *地質雑*, **96**, 19-36.
- Kitamura, A., Kondo, Y., Sakai, H. and Horii, M., 1994, 41,000-year orbital obliquity expressed as cyclic changes in lithofacies and molluscan content, early Pleistocene Omma Formation, Central Japan. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **112**, 345-361.
- Kitamura, A., Kimoto, K. and Takayama, T., in press, Reconstruction of the thickness of the Tsushima Current in the Japan Sea during the Quaternary from molluscan fossils. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*
- 望月勝海, 1930, 金沢市付近の最近の地史(摘要). *地質雑*, **37**, 491-510.
- 日本地質学会, 1995, 石川県知事に対する「大桑層模式地の露頭保全に関する要望書」提出について. *地質雑*, **101**, 843.
- Oba T., Kato, M., Kitazato, H., Koizumi, I., Omura, A., Sakai, T. and Takayama, T., 1991, Paleoenvironmental changes in the Japan Sea during the last 85,000 years. *Paleoceanography*, **6**, 499-518.
- Ogasawara, K., 1976, Miocene Mollusca from Ishikawa-Toyama area, Japan. *Sci. Rep., Tohoku Univ.*, 2nd Ser. (Geol.), **46**, 33-78.
- Ogasawara, K., 1977, Paleontological analysis of Omma Fauna from Toyama-Ishikawa area, Hokuriku Province, Japan. *Sci. Rep., Tohoku Univ.*, 2nd Ser. (Geol.), **47**, 43-156.
- 大村一夫・伊藤 孝・政枝 宏・檀原 徹, 1989, 石川県金沢市に分布する大桑層の地磁気層序. 松尾秀邦教授退官記念論文集, 111-124.
- 品田やよい・天野和孝, 1995, 更新世前期の大桑・万願寺動物群中の岩石穿孔性二枚貝化石群集. *化石*, **58**, 10-19.
- Tada, R., 1994, Paleooceanographic evolution of the Japan Sea. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **108**, 487-508.
- 高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗・佐藤時幸・亀尾浩司, 1988, 日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序, その2, 北陸堆積盆地. *石油技協誌*, **53**, 9-27.
- 田中謙一, 1970, 金沢周辺の大桑砂岩層(鮮新統)基底の不整合について. *地質雑*, **76**, 115-130.
- 土田英治・林 育夫, 1994, 日本海西部海域における浅海帯下部と漸深海帯貝類の特性. *日水研報告*, **44**, 81-129.

(要 旨)

北村晃寿, 1997, 模式露頭における下部更新統大桑層基底の不整合面と最下部の貝化石群集. 地質雑, 103, 763-769. (Kitamura, A., 1997, The lower unconformity and molluscan fossils of the basal part of the early Pleistocene Omma Formation at its type section, Ishikawa Prefecture, central Japan, 103, 763-769.)

下部更新統大桑層の模式露頭(石川県金沢市大桑町犀川河床)に現われた新露頭によって, これまで確認できなかった同層基底の不整合面と最下部の貝化石群集を観察できた. 不整合面には岩石穿孔性二枚貝 *Zirfaea* sp. の体化石と巣穴化石が産し, これは大桑層の堆積開始時に下位のシルト質細粒砂岩(中部中新統犀川層)が固結していたことを意味する. また貝化石群集の変遷様式は, 大桑層最下部の堆積時に1回の氷河性海水準変動があり, この時の海水準上昇に伴って研究地域が一時的に対馬海流の影響が及ばない水深にまで達したことを示唆する.