報 告

中新統赤平層群秩父町層から産するジュラ紀末～白亜紀放散虫

Latest Jurassic to Cretaceous radiolarians from the Miocene Chichibumachi Formation, Akahira Group, central Japan

松井久美子* 指田勝男** 上松佐知子**

Kumiko Matsui*, Katsuo Sashida**, and
Sachiko Agematsu**

2015年10月27日受付.

2016年4月6日受理.

* 東京大学大学院理学系研究科
Graduate School of Science, the University of Tokyo, Bunkyo-Ku, 113-0033, Japan

** 筑波大学生命環境系
Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan

Corresponding author: K. Sashida,
sashida@geol.tsukuba.ac.jp

Abstract: Latest Jurassic to Cretaceous radiolarians have been identified in coarse-grained sandstones from the Middle Miocene Chichibumachi Formation of the Akahira Group, which occurs in the Chichibu Basin, Saitama Prefecture, central Japan. The following radiolarians were identified: *Pseudodictyomitra lanceoloti* Schaaf, *Holocryptocanium barbu* Dumitrica, *Diacanthocapsa betica* O' Doherty, *Thanarla brouweri* (Tan), *Archaeodictyomitra* sp. A, *Archaeodictyomitra* sp. B, *Archaeodictyomitra*? sp., *Sethocapsa* sp. A, *Sethocapsa* sp. B, *Sethocapsa*? sp., and *Diacanthocapsa*? sp. Radiolarian-bearing sandstone is present at ca. 22 m above the level containing Middle Miocene *Paleoparadoxia tabatai*, which is a marine mammalian fossil. Radiolarians occur within the sandstone as isolated specimens, along with fragments of bivalves, foraminifers, plant fossils, and quartz grains, some of the radiolarian specimens appear to have been reworked from the Ishido Formation or younger formations of the Sanchu Cretaceous System that crops out to the northwest of the Chichibu Basin.

Keywords: Early Cretaceous, radiolarians, Middle Miocene, Chichibumachi Formation, Chichibu Basin, reworked fossil

はじめに

埼玉県秩父市の秩父盆地には新生代中新世の堆積岩類が分布し、これまでに多くの地質学的研究(Arai, 1960; 牧本・竹内, 1992; 秩父盆地新第三紀団体研究グループ, 1999; 高橋, 2008 など), 古生物学的研究(Ujiiie and Iijima, 1959; Kanno, 1960; 坂本, 1987 など)が行われてきた。秩父盆地

中新統からは *Paleoparadoxia* (藤本・坂本, 1978; 坂本, 1983b)をはじめ, クジラ(吉田, 1988), サメ(上野ほか, 1983 など), ウミガメ(坂本, 1983a), 魚類(上野・坂本, 1985)等, 多様な大型脊椎動物化石を産することが知られている。筆者らは秩父盆地の *Paleoparadoxia* を産する地層の年代, 堆積環境を考察するために, 秩父盆地内の同化石を産出する各地域の地質学的研究を行ってきた。今回, 秩父市大野原付近の荒川右岸河床に露出する赤平層群秩父町層(高橋, 2008)下部に相当する粗粒砂岩からジュラ紀末～白亜紀放散虫化石を得ることができた。本報告ではこれら放散虫化石について報告するとともに, 放散虫の由来について述べる。

地 質 概 説

秩父盆地は東西, 南北ともほぼ13 kmの四辺形を呈し, 構造的に規制を受けた構造盆地と考えられ, 中新統は先新第三系の基盤に囲まれて分布している(高橋ほか, 2005)。中新統は盆地の北縁および西縁でジュラ紀付加体の秩父系および山中白亜系を不整合に覆い, 盆地の南縁・東縁は秩父系あるいは三波川帯の結晶片岩類と断層で接している(高橋ほか, 2005)。

秩父盆地の新生界に関する層序学的研究は数多く行われている(早川, 1930; 井尻ほか, 1950; Arai, 1960; 高橋, 1992; 秩父盆地新第三紀団体研究グループ, 1999 など)。牧本・竹内(1992)は秩父盆地に分布する中新統全体を秩父盆地層群として, 下位より白砂層, 富田層, 子の神層, 小鹿野町層および秩父町層に区分し, 全層厚は2500 m～5500 mに達するとした。また高橋(2008)は牧本・竹内(1992)と同じ地層名を用い, 秩父盆地に分布する中新統を赤平層群とした。本報告では高橋(2008)の層序区分に従う。赤平層群は盆地の北側では南南東に, 西側では東に50°以下で傾斜し, 全体として南東に傾斜し, く字を描くような半盆地状構造を呈している(Fig. 1)。

放散虫を産する砂岩の岩相層序

筆者らが放散虫化石を得た砂岩は秩父市大野原の秩父鉄道大野原駅北西約1.5 kmに位置する荒川右岸の河床に露出する(Fig. 2)。この付近からは藤本・坂本(1978)や坂本(1983b)により *Paleoparadoxia tabatai* の全身骨格の産出が報告されており, 坂本(1983b)はこの骨格標本を大野原標本と命名した。なお, 北川ほか(2013)によるとその標本番号はSMNH Vef-33である。この化石産地周辺は牧本・竹内(1992)の秩父町層下部の砂岩・砂質シルト岩の分布域と

Fig. 1. Location map showing the Chichibu Basin (A) and a simplified geological map of the Akahira Group of the Chichibu Basin (B) (modified after Takahashi, 2008).

なっている。筆者らは *Paleoparadoxia* の産出層準を含め、約 34 m の岩相層準を検討した (Fig. 2)。地層全体の走向傾斜は N60°E, 20°E である。検討したセクションは全体的に細粒砂岩、シルト岩からなり、部分的に中粒砂岩、粗粒砂岩の薄層を挟む。大野原標本の骨格化石は下限から約 3 m のシルト岩からなる層準から産出した。この層準から約 21.8 m 上位には厚さ約 40 cm の粗粒砂岩が重なる。この砂岩 (OHN-06) には *Chlamys* sp., *Yoldia* sp., *Mitylus*? sp., *Lucinoma*? sp. 等の軟体動物化石が、また *Bolivina robusta* Brady, *Bolivina* sp., *Reophax* sp., *Nonionella* sp., *Nodosaria* sp., *Cibicides* sp. 等の有孔虫化石や木材化石片が含まれ、後述のように、量的には多くはないが、ジュラ紀末～白亜紀放散虫化石が含まれる。この粗粒砂岩の約 2 m～9 m 上位には中粒～細粒の砂岩とシルト岩の頻互層が重なる。この互層部には級化葉理や平行ラミナ等のタービダイト様堆積構造も認められる。

放散虫を含む砂岩 (OHN-06) は顕微鏡下では石英は円摩度が低く、淘汰も悪い。黒色泥岩の破片を含み、極細粒砂～シルトが基質となるワッケストーンに相当する (Fig. 3)。生物片粒子として、貝殻や木材の破片のほか、有孔虫や放散虫が認められる。放散虫は薄片写真 (Fig. 3) にも示すように、放散虫を含む礫が砂岩に含まれるのではなく、放散虫が単体で砂岩の構成粒子のひとつとして含まれているのがわかる。

Fig. 2. Lithostratigraphic column showing the levels at which radiolarian fossils (OHN-06) and *Paleoparadoxia* are found (as indicated by an X within a circle). c. = coarse-grained sandstone; m. = medium-grained sandstone; f. = fine-grained sandstone; s. = siltstone.

秩父町層の年代

秩父盆地の中新統は古くから多くの古生物学的研究が行われてきたが、浮遊性微化石による年代層序学的研究が少なく、年代についてはいくつかの問題が残されている (高橋, 2008)。

赤平層群基底の年代については、白沙層の凝灰岩質砂岩や子ノ神層の緑色砂質凝灰岩によるフィッシュトラック年代 (大平・秩父盆地固体研究グループ, 2006)、子ノ神層中の浮遊性有孔虫年代 (Ujiie and Iijima, 1959)、石灰質ナンノ化石年代 (高橋ほか, 1989)、小鹿野町層最下部珪長質凝灰岩についてのフィッシュトラック年代 (足立ほか, 1998) 等の資料から、前期中新世の末期であると考えられている (高橋, 2008)。

秩父町層下部の下半部はこれまで、^{なぐら}奈倉層と呼ばれ (Arai, 1960)、その分布域からは脊椎動物化石をはじめ、豊富な貝化石 (Kanno, 1960 など)、大型有孔虫 (福田, 1950) や浮遊性有孔虫 (Matsumaru et al., 1982; 高橋, 1992) 等が報告されている。今回検討を行った *Paleoparadoxia* や放散虫を産する層準は Arai (1960) の奈倉層に相当する。Matsumaru et al. (1982) は秩父町層より進化的出現が N.10 帯下限を規定する *Globorotalia peripheroacuta* が産することを、また炭木 (1981) は N.9 帯以上を指示する *Orbulina* 属の産出を報告した。高橋 (1992) は秩父町層について浮遊性有孔虫化石による検討を行い、赤平層群の上限は N.8 帯最上部

Fig. 3. Thin-section photomicrographs of coarse-grained sandstone (OHN-06) showing radiolarian specimens. Scale bars are 100 μ m long. The left- and right-hand photomicrographs were taken under plane- and cross-polarized light, respectively.

に相当するとした。一方、八木・石垣(1993)は有孔虫化石を検討し、進化的出現がN.9帯下限を規定する *Orbulina* 属が産出しないことから、秩父町層はN.8帯に相当するとした。Matsumaru et al.(1982)によるN.10帯下限を示す有孔虫の報告はあるものの、高橋(2008)は秩父盆地の中新統の上限は *Orbulina* Datum(15.1 Ma)より古いとしている。

放散虫化石と年代

上述の OHN-06 とした砂岩は手でほぐすことが可能なくらいに柔らかい。握り拳大の試料をほぐし、水洗し、平底蒸発皿に入れ、オープンで乾燥後に双眼実体顕微鏡下で観察を行った。放散虫を面相筆で拾い上げ、SEM(走査電子顕微鏡)で写真撮影を行い、鑑定を行った。

識別された放散虫は以下の通りで、比較的保存状態の良いものを Fig. 4 に示した。 *Pseudodictyomitra lanceoloti* Schaaf, *Holocryptocanium barbui* Dumitrica, *Diacanthocapsa betica* O' Dogherty, *Thanarla brouweri* (Tan), *Archaeodictyomitra* sp. A, *Archaeodictyomitra* sp. B, *Archaeodictyomitra*? sp., *Xitus clava* (Parona), *Sethocapsa* sp. A, *S.* sp. B, *Diacanthocapsa*? sp. 等である。 *Pseudodictyomitra lanceoloti* は中部太平洋から日本、ヨーロッパテチスにかけて広く知られ、Baumgartner et al.(1995)によれば UAZ 20-22、すなわち late Hauterivian～early Aptian までの産出レンジを持つとされている。しかし Baumgartner et al.(1995)による分帯は、上限が UAZ 22(early Aptian)であり、*P. lanceoloti* の消滅層準は early Aptian より上位である可能性がある。O'Dogherty(1994)はこの種を Squinabol(1904)による記載を優先し、*P. hornatissima* に含めており、その種の上限を Aptian の *Turbocapsula* 帯の上部を示す *costata* 亜帯(後期 Aptian)としている。したがって *P. lanceoloti* の生存期間は late Hauterivian～Aptian とするのが妥当と考える。 *Holocryptocanium barbui* は極東からヨーロッパテチスの最後期ジュラ紀(latest Tithonian)から後期白亜紀の前期(Cenomanian)まで産出する(Taketani, 1982; Baumgartner et al., 1995; Gorican, 1994 など)。 *Diacanthocapsa betica* は O'Dogherty(1994)により南スペインの Betic から最初に記載された放散虫で、Aptian の *Turbocapsula* 帯の指標種とされている。 *Thanarla brouweri* は O'Dogherty(1994)によると Barremian の後期から Albian 中期まで産出が知

られている。O'Dogherty(1994)が *T. brouweri* のシノニムとした、Pessagno(1977)によりカリフォルニアから報告された *T. conica* は late Valanginian から産出している。したがって *Thanarla brouweri* の産出レンジは late Valanginian まで下がると考えられる。 *Xitus clava* は世界各地から報告されており、O'Dogherty(1994)が示したレンジでは Barremian 後期から Aptian 後期まで産するとされている。

放散虫化石の由来

上述のように、放散虫はジュラ紀末から白亜紀にかけての時代を示すものである。また、この放散虫を含む砂岩は秩父町層下部に相当し、浮遊性有孔虫N.8帯の上部、すなわち中期中新世である。したがって、これらの放散虫は再堆積した二次化石と言える。

放散虫は珪質の殻をもつことから有孔虫等の石灰質殻をもつ微化石に比較し、風化に対して強く、再堆積を起こす可能性が高いということが、これまでに多くの研究者により指摘されている(中世古, 1984; 菅野, 1986)。陸源性砕屑岩中の放散虫化石の再堆積については北陸地方や東海地域の新第三系(菅野, 1986)、和泉山脈の上部白亜系(橋本ほか, 2001)、四国の下部白亜系(石田・橋本, 1991)等から報告されている。

高橋(2008)によると、秩父町層の堆積時期になると、堆積盆地は断層により分断され、傾動盆地として厚い地層が堆積した。秩父盆地の南縁および東縁は正断層により基盤と接し、主に崖錐角礫が堆積した。また、盆地の沈降に伴い、順次堆積物が堆積し、常に浅海の場を保ちつつ、3000 m 前後の厚い地層が堆積した。盆地の北西、北縁、西縁からは砂質シルトを主体とした堆積物が流入し、秩父盆地には内部浅海帯として砂質シルト岩が堆積した。

産出した放散虫の由来については単一の地質体からもたらされたものか、複数の地質体からのものなのか、十分な資料はない。上述のように、放散虫が示す時代は latest Tithonian～Cenomanian であり、これらが由来した地質体は最上部ジュラ系～上部白亜系であると考えられる。さらに、 *Diacanthocapsa betica* の産出により、その中には少なくとも Aptian の地質体が含まれると考えられる。

秩父町層の内部浅海帯としての堆積物は北、北西、西方からもたらされたと考えられることから(高橋, 2008)、この堆積物の後背地について見てみると、秩父盆地堆積盆の北西部

Fig. 4. Scanning electron microscope images of selected radiolarian fossils from coarse-grained sandstone (OHN-06). Scale bars are 100 μ m long. 1–2. *Pseudodictyomitra lanceoloti* Schaaf; 3–4. *Xitus clava* (Parona); 5. *Archaeodictyomitra* sp. A; 6. *Archaeodictyomitra* sp. B; 7 and 9–13. *Thanarla brouweri* (Tan); 8. *Archaeodictyomitra*? sp.; 14. *Diacanthocapsa*? sp.; 15–16. *Holocryptocanium barbui* Dumitrica; 17 and 19. *Sethocapsa* sp. A; 18. *Sethocapsa* sp. B; 20. *Sethocapsa*? sp.; 21–24. *Diacanthocapsa betica* O'Dogherty.

にはすでに山中白亜系が露出しており、白亜紀放散虫化石を含む堆積物の一部はここからもたらされた可能性が考えられる。山中白亜系についての層序学的研究は多数あるが、Matsukawa (1983) は下位から白井、石堂層、瀬林層、三山層と累重するとした。一瀬・久田 (2008) は白井層の年代を前期白亜紀 Hauterivian、石堂層の年代を Barremian ~ early Aptian、瀬林層を Aptian、三山層を late Aptian ~ Albian とした。山中白亜系からはこれまでに上川ほか (1988) が白亜系分布域の西域の群馬県多野郡上野村塩ノ沢北方の暗灰色頁岩から後期 Albian の放散虫を報告している。また川村・指田 (2004) は白亜系東縁域の小鹿野町田ノ頭付近の石堂層上部とした黒色頁岩から 22 属 30 種の放散虫を報告しその年代を中期 Aptian とした。さらに両神村日蔭付近の石堂層から Barremian 最末期 ~ Aptian 最初期に相当する 22 属 31 種からなる放散虫動物群を報告している。したがって、今回秩父町層から産出した放散虫の少なくとも一部は当時すでに露出していた石堂層あるいはより上位の山中白亜系からもたらされた可能性がある。

ま と め

中新統赤平層群秩父町層の粗粒砂岩からジュラ紀末 ~ 白亜紀を示す放散虫化石が得られた。この放散虫を含む砂岩は中期中新世の海生哺乳類である *Paleoparadoxia tabatai* を産出する層準より約 22 m 上位に位置する。この放散虫化石の一部は秩父町層堆積時にすでに陸上に露出していた山中白亜系石堂層あるいはそれより上位の山中白亜系からもたらされ、砂粒とともに、堆積岩の構成要素の一部として含まれた可能性が考えられる。

謝 辞

本報告を行うにあたり、国立科学博物館研究主幹・筑波大学教授の甲能直樹博士には様々な助言を頂くとともに、文献に関してご教示頂いた。また福島県立博物館の竹谷陽二郎博士には原稿の素稿を読んで頂き、有益なご助言を頂いた。本論文査読者の新潟大学の松岡 篤教授、編集委員の山形大学本山 功准教授には多くの有益なコメントを頂き、本稿を改善することができた。以上の方々に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 足立久男・竹越 智・岡野裕一・小幡喜一・村松敏雄・秩父盆地団体研究グループ (Adachi, H., Takekoshi, T., Okano, Y., Obata, K., Muramatsu, T. and Chichibu Basin Collaborative Research Group), 1998, 秩父盆地における新第三系下部層のフィッシュントラック年代。地球科学 (*Earth Sci. (Chikyu Kagaku)*), **52**, 408–411.
- Arai, J., 1960, *The Tertiary system of the Chichibu Basin, Saitama Prefecture, Central Japan, Part 1; Sedimentology*. Japan Soc. Prom. Sci., Tokyo, 1–122.
- Baumgartner, P. O., O'Dogherty, L., Gorican, S., Dumitrica-Jud, R., Dumitrica, P., Pillevuit, A., Urquhart, E. S., De Wever, P., Kito, N., Marcucci, M. and Steigner, T., 1995, Radiolarian catalogue and systematics of Middle Jurassic. In Baumgartner, P. O., O'Dogherty, L., Gorican, S., Urquhart, E., Pillevuit, A. and De Wever, P., eds., *Middle Jurassic to Lower Cretaceous Radiolaria of Tethys: Occurrences, Systematics, Biochronology*. Mémoires de Géologie (Lausanne), no. 23, 37–685.
- 秩父盆地新第三紀団体研究グループ (Chichibu Basin Neogene Collaborative Research Group), 1999, 秩父盆地に分布する新第三系最下部の層序と構造。地球科学 (*Earth Sci. (Chikyu Kagaku)*), **53**, 175–189.

- 藤本治義・坂本 治(Fujimoto, H. and Sakamoto, O.), 1978, 秩父盆地第三系から発見されたパレオパラドキシア(予報). 秩父自然科学博研報(*Bull. Chichibu Mus. Natl. Hist.*), **18**, 1–10.
- 福田 理(Fukuda, O.), 1950, 埼玉県秩父郡原谷村木毛産の化石有孔虫群に就いて. 秩父自然科学博研報(*Bull. Chichibu Mus. Natl. Hist.*), **1**, 147–156.
- Gorican, S., 1994, Jurassic and Cretaceous radiolarian biostratigraphy and sedimentary evolution of the Budva Zone(Dinarides, Montenegro). *Mémoires de Géologie (Lausanne)*, no. 18, 120 p.
- 橋本寿夫・香西 武・石田啓祐(Hashimoto, H., Kozai, T. and Ishida, K.), 2001, 和泉山脈の和泉層群上部白亜系に混在する再堆積ジュラ紀・白亜紀前期放散虫. 大阪微化石研究会誌, 特別号(*News Osaka Micropaleontol., Spec. Vol.*), no. 12, 271–282.
- 早川千尋(Hayakawa, C.), 1930, 秩父盆地第三紀層について. 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **37**, 185–209.
- 茨木雅子(Ibaraki, M.), 1981, “Lepidocyclina”, *Miogypsina* 産出層準の浮遊性有孔虫群. 化石(*Fossils*), no. 30, 67–72.
- 一瀬めぐみ・久田健一郎(Ichise, M. and Hisada, K.), 2008, 秩父帯中帯. 日本地質学会編, 日本地方地質誌3: 関東地方(*Monograph on Geology of Japan, Vol. 3: Kanto*), 朝倉書店(Asakura Publ.), 84–87.
- 井尻正二・小川賢之輔・高沢松逸・和田 信(Ijiri, S., Ogawa, K., Takazawa, M. and Wada, N.), 1950, 秩父盆地の第三系. 国立科学博物館研報(*Bull. Natl. Sci. Mus.*), **3**, 29–35.
- 石田啓祐・橋本寿夫(Ishida, K. and Hashimoto, H.), 1991, 四国東部秩父累帯下部白亜系の放散虫群集とそのアンモナイトによる年代. 徳島大教養紀要(自然科学)(*Jour. Sci. Coll. Gen. Ed., Univ. Tokushima*), **25**, 23–67.
- 上川容一・岸田容司郎・海保邦夫・久田健一郎(Kamikawa, Y., Kishida, Y., Kaiho, K. and Hisada, K.), 1988, 関東山地の山中地溝帯白亜系からの放散虫化石の産出. 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **94**, 203–208.
- Kanno, S., 1960, *The Tertiary system of the Chichibu Basin, Saitama Prefecture, Central Japan, Part II; Paleontology*. Japan Soc. Prom. Sci., Tokyo, 123–396.
- 川村宜央・指田勝男(Kawamura, N. and Sashida, K.), 2004, 山中白亜系東縁部から産する白亜紀放散虫. 大阪微化石研究会誌, 特別号(*News Osaka Micropaleontol., Spec. Vol.*), no. 13, 167–180.
- 北川博道・坂本 治・長谷川善和(Kitagawa, H., Sakamoto, O. and Hasegawa, Y.), 2013, 埼玉県産出のパレオパラドキシア化石について. 埼玉県立自然の博物館研報(*Bull. Saitama Mus. Natl. Hist. N. S.*), **7**, 15–22.
- 牧本 博・竹内圭史(Makimoto, K. and Takeuchi, K.), 1992, 寄居地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)(*1:50000 Geological Map of the Yorii District*), 地質調査所(Geol. Surv. Japan), 136p.
- Matsukawa, M., 1983, Stratigraphy and sedimentary environments of the Sanchu Cretaceous, Japan. *Mem. Ehime Univ. Sci.*, **D, 9**, 1–50.
- Matsumaru, K., Matsuo, Y. and Kishi, R., 1982, Miocene foraminifera from the Chichibu Basin and the south Hiki Hill, Saitama Prefecture, Japan. *Jour. Saitama Univ. Fac. Educ. (Math. Natl. Sci.)*, **31**, 39–63.
- 中世古幸次郎(Nakaseko, K.), 1984, 放散虫化石の生層序における役割について. 地学雑(*Jour. Tokyo. Soc.*), **93**, 508–514.
- O'Dogherty, L., 1994, Biochronology and paleontology of Mid-Cretaceous Radiolarians from Northern Apennines(Italy) and Betic Cordillera(Spain). *Mémoires de Géologie(Lausanne)*, no. 21, 415p.
- 大平寛人・秩父盆地団体研究グループ(Ohira, H. and Chichibu Basin Collaborative Research Group), 2006, 秩父盆地北縁における新第三系下部層のFT年代. 地球科学(*Earth Sci. (Chikyu Kagaku)*), **60**, 325–331.
- Pessagno, E. A., 1977, Lower Cretaceous radiolarian biostratigraphy of the Great Valley Sequence and Franciscan Complex, California Coast Range. *Cush. Found. Foram. Res., spec. Publ.*, **15**, 1–87.
- 坂本 治(Sakamoto, O.), 1983a, 秩父盆地の中新統産出のウミガメ化石. 埼玉県立自然史博研報(*Bull. Saitama Mus. Natl. Hist.*), **1**, 1–10.
- 坂本 治(Sakamoto, O.), 1983b, 秩父盆地産パレオパラドキシア骨格化石の産出について. 埼玉県立自然史博研報(*Bull. Saitama Mus. Natl. Hist.*), **1**, 17–26.
- 坂本 治(Sakamoto, O.), 1987, 秩父盆地産海生哺乳類とその産出状況. 日本産海生哺乳類化石の研究(文部省総研報告)(*Report of Grant-in-Aid for Scientific Research by Japan Society for the Promotion of Science, Integrated Research A*, no. 61304010), 12–14.
- Squinabol, S., 1904, Radiolarie cretacee degli Euganei. *Atti. Mem. R. Accad. Sci. Lett. Arti Padova, n. Ser.*, **20**, 171–244.
- 菅野耕三(Sugano, K.), 1986, 放散虫化石の再堆積の問題について. 大阪微化石研究会誌, 特別号(*News Osaka Micropaleontol., spec. Vol.*), no. 7, 131–139.
- 高橋雅紀(Takahashi, M.), 1992, 中部日本の新第三紀テクトニクスにおける中新世秩父盆地の地質学的位置. 埼玉県立自然史博研報(*Bull. Saitama Mus. Natl. Hist.*), **10**, 29–45.
- 高橋雅紀(Takahashi, M.), 2008, 第三系, 秩父盆地. 日本地質学会編, 日本地方地質誌3: 関東地方(*Monograph on Geology of Japan, Vol. 3: Kanto*), 朝倉書店(Asakura Publ.), 143–152.
- 高橋雅紀・長濱浩幸・田中祐一郎(Takahashi, M., Nagahama, H. and Tanaka, Y.), 1989, 石灰質ナノ化石からみた秩父盆地新第三系最下部の地質年代. 化石(*Fossils*), no. 46, 1–9.
- 高橋雅紀・林 広樹・笠原敬司・井川 猛・中川 卓・須田茂幸(Takahashi, M., Hayashi, H., Kasahara, K., Ikawa, T., Nakagawa, T. and Suda, S.), 2005, 関東平野下に伏在する中新世ハーフグラベン群—地表地質からみた地下地質構造の新たな視点—. 防災科学技術研究所報告(*Rep. Natn. Res. Inst. Earth Sci. Disaster Prev.*), **67**, 13–28.
- Taketani, Y., 1982, Cretaceous radiolarian biostratigraphy of the Urukawa and Obira areas, Hokkaido. *Sci. Rep., Tohoku Univ., 2nd ser. (Geol.)*, **52**, 1–75.
- 上野輝弥・小野慶一・坂本 治(Ueno, T., Ono, K. and Sakamoto, O.), 1983, 秩父盆地産出中新世板類化石. 埼玉県立自然史博研報(*Bull. Saitama Mus. Natl. Hist.*), **1**, 27–36.
- 上野輝弥・坂本 治(Ueno, T. and Sakamoto, O.), 1985, 秩父盆地で発見された中新世のサワラ属魚類化石. 埼玉県立自然史博研報(*Bull. Saitama Mus. Natl. Hist.*), **3**, 49–53.
- Ujiiie, H. and Iijima, H., 1959, Miocene foraminifera from the Akahira Group, Saitama Prefecture, Japan. *Bull. Chichibu Mus. Natl. Hist.*, **9**, 69–94.
- 八木信幸・石垣武久(Yagi, N. and Ishigaki, T.), 1993, 秩父盆地の新第三系秩父町層群から産出する小型有孔虫化石群集. 山梨大教育研報(*Bull. Fac. Educ. Yamanashi Univ.*), **44**, 55–60.
- 吉田健一(Yoshida, K.), 1988, 秩父盆地のクジラ化石について. 日本産海生哺乳類化石の研究(文部省総研報告)(*Report of Grant-in-Aid for Scientific Research by Japan Society for the Promotion of Science, Integrated Research A*, no. 61304010), 51–53.

科学論文では、学説の検証可能性を保証することが重要です。そのため、地質学雑誌掲載論文には、重要な証拠となった試料がどこで得られたかを示しているものがあります。言うまでもないことですが、見学や採取を行う場合、各自の責任において地権者や関係官庁への連絡と許可の取得の必要があることにご注意下さい。詳しくは、以下のサイトをご覧ください。

<http://www.geosociety.jp/publication/content0073.html>

一般社団法人日本地質学会