

瑞浪市化石博物館研究報告 第 50 卷, 第 3 号, 91–97, 3 figs., 2 tables.
Bulletin of the Mizunami Fossil Museum, vol. 50, no. 3, 91–97, 3 figs., 2 tables.
©2024, Mizunami Fossil Museum
Manuscript accepted on January 12, 2024; published on March 29, 2024.

岐阜県瑞浪層群(中新統)産パレオパラドキシア類全身骨格 (瑞浪釜戸標本) 包含堆積物からの花粉化石群集

齊藤 毅*

*名城大学理工学部 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501

Pollen assemblage from the paleoparadoxiid whole skeleton (“Mizunami-Kamado specimen”) bearing-sediments of the Miocene Mizunami Group, Gifu Prefecture, Japan

Takeshi Saito*

*Faculty of Science and Technology, Meijo University, 1-501 Shiogamaguchi, Tempaku, Nagoya, Aichi 468-8502, Japan
< tsaito@meijo-u.ac.jp >

Abstract

The pollen assemblage from the sediment sample containing the whole skeleton of a paleoparadoxiid (“Mizunami-Kamado specimen”), is mainly composed of *Pinus*, *Dacrydium*, *Quercus* (evergreen type) and others. This assemblage includes warm elements such as *Keteleeria*, *Pseudolarix*, *Quercus* (evergreen type), *Dacrydium*, *Liquidambar*, and *Reevesia*, many of them are now extinct in Japan. The assemblage is comparable with the pollen assemblages previously documented from the Shukunohora Formation, Mizunami Group, Gifu Prefecture, Japan. These assemblages correspond to the NP-2B pollen zone, indicative of the Middle Miocene climatic optimum. The paleovegetation is inferred to be evergreen conifer forests characterized by *Pinus* and *Dacrydium* with evergreen broad-leaved trees such as evergreen *Quercus* and deciduous broad-leaved trees. The paleoclimatic conditions are estimated to be about 21°C for the annual mean temperature with an annual precipitation of 1,500–1,800 mm. Similar pollen assemblages found in sediments containing *Paleoparadoxia* in Niigata and Okayama prefectures also represent the NP-2B pollen zone and include mangrove plant pollen fossils.

Key words: Shukunohora Formation, *Dacrydium*, mangrove, NP-2B pollen zone, Middle Miocene climatic optimum

1. はじめに

2022年6月、岐阜県瑞浪市釜戸町の土岐川河床でパレオパラドキシア類の全身骨格化石が発見された(安藤ほか, 2023; Fig. 1). 化石包含層は中新統瑞浪層群宿洞層と考えられており(安藤ほか, 2023, 2024 など), 骨格および包含層について、各分野の

研究が進められている。

筆者は花粉化石に基づいて古環境の解明に取り組んでおり、小論ではパレオパラドキシア類骨格を包含する母岩から採取された1試料について、産出した花粉化石群集を報告し古植生と古気候などを考察する。この地域全体についての花粉化石群集については研究途上であり、別の機会に報告する。

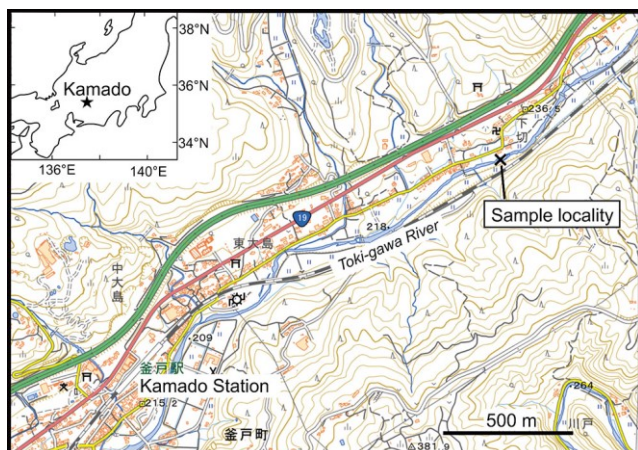


Fig. 1. 試料採取地点. 1/25,000 地理院地図「瑞浪」「武並」(国土地理院)に加筆して作成.

Fig. 1. Map showing the sample locality (adapted from the 1:25,000 GSI Maps “Mizunami” and “Takenami”, the Geospatial Information Authority of Japan).

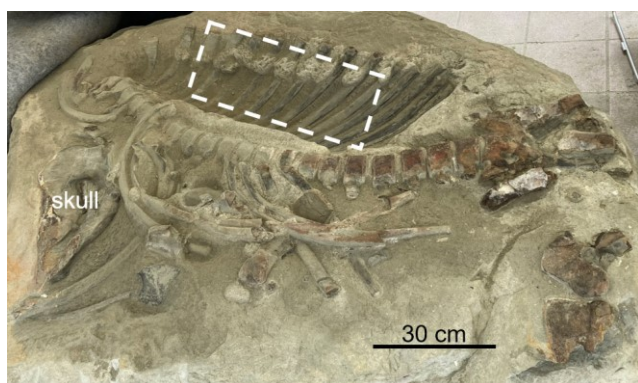


Fig. 2. 試料(KMD-1)採取箇所. 破線四角形で示す左肋骨付近から採取された.

Fig. 2. Photo showing the position of sample sediments (KMD-1, dotted square) near the left ribs.

2. 試料と花粉分析

試料は骨格のクリーニング作業中に得られた堆積物であり, 瑞浪市化石博物館より譲り受けた. 産出位置は左肋骨付近である(Fig. 2). 岩質はオリーブ色を呈した灰色の泥質細粒~中粒砂岩である. 試料 100 g 程度について次の手順で薬品処理等を行い, 観察用プレパラートを作製した.

①110°Cで 5 時間乾燥. ②鉄乳鉢で粉碎後, 250 μm 目開きの篩で粒度を調整し 85 g の試料とした. ③水酸化カリウム処理. ④フッ化水素酸処理. ⑤王水処理. ⑥アセトリシス処理. ⑦塩化亜鉛飽和水溶液による比重分離. ⑧グリセリンゼリーで封入.

観察は光学顕微鏡の 400 倍または 1000 倍で行い, 同定は属または科まで行った. 学名・和名表記は巴田・米倉(2009)に従った. また, 花粉形態が十分認識できるが, 現段階では同定できなかった花粉化石については「indeterminable pollen(未同定花粉)」とした.

3. 花粉分析結果

3.1. 産出花粉化石

Table 1 にこれまで同定した花粉と全花粉数に対する産出率を示す. 試料番号は KMD-1 とした. 主な産出花粉化石の光学顕微鏡写真を Fig. 3 に示す. いくつかの分類群について科レベルで説明を加える.

Pinaceae (マツ科): *Abies*, *Keteleeria*, *Picea*, *Pinus*, *Pseudolarix*, *Tsuga* を産出した. *Keteleeria*, *Pseudolarix* は現在日本には分布せず, *Keteleeria* は中国中部~南部と台湾の暖温帯に, *Pseudolarix* は中国南部の暖温帯に分布する. *Pinus* の産出率が今回の試料ではもっとも高い.

Podocarpaceae (マキ科): *Dacrydium* を高率に産出した. この属は現在日本に分布せず, ニュージーランド, ニューカレドニア, フィジーなどを経てフィリピン, タイ, 中国南部に分布する. 分布北限の中国海南島には *D. pectinatum* と *D. elatum* の 2 種が自生するが, 両者の花粉形態はやや異なり, *D. pectinatum* は気嚢の発達弱い(Yang et al., 2015). 今回多産した *Dacrydium* は *D. pectinatum* に類似する.

Cupressaceae (ヒノキ科): 指状突起の発達するスギ型の花粉と発達しないヒノキ型があるが, 今回の試料からはヒノキ型のみ産出であった.

Altingiaceae (フウ科): *Liquidambar* を産出した. この属は現在日本には分布せず, 中国中部~南部・台湾・小アジア・米国中南部・メキシコ・中央アメリカの暖温帯~亜熱帯に分布する

Fagaceae (ブナ科): *Castanopsis* type, *Fagus*, *Quercus* (evergreen type), *Quercus* (deciduous type) の 4 タイプを識別した. *Castanopsis* type には *Castanea* (クリ属), *Castanopsis* (シイ属), *Lithocarpus* (オニガシ属) が含まれる可能性がある. *Quercus* (evergreen type) の産出率が比較的高い.

Table 1. 花粉化石産出リストと産出率(%). #: 現在日本に分布しない分類群. *: 温暖要素.

Table 1. List of pollen taxa and percentage representation. #: taxon now extinct in Japan. *: warm element.

Taxa (分類群) / Sample (試料)	KMD-1
<i>Abies</i> (モミ属)	1.6
<i>Keteleeria</i> (アブラスギ属)##*	1.6
<i>Picea</i> (トウヒ属)	0.4
<i>Pinus</i> (マツ属)	21.0
<i>Pseudolarix</i> (イヌカラマツ属)##*	1.6
<i>Tsuga</i> (ツガ属)	0.8
<i>Dacrydium</i> (リムノキ属)##*	18.7
Cupressaceae (ヒノキ科)	2.0
<i>Liquidambar</i> (フウ属)##*	2.0
<i>Lagerstroemia</i> (サルスベリ属)*	1.2
<i>Caesalpinia</i> (ジャケツイバラ属)	0.4
<i>Ulmus-Zelkova</i> (ニレ属-ケヤキ属)	3.2
<i>Castanopsis</i> type (シイ属型)*	1.6
<i>Fagus</i> (ブナ属)	0.8
<i>Quercus</i> (evergreen type) (常緑型コナラ属)*	8.7
<i>Quercus</i> (deciduous type) (落葉型コナラ属)	1.2
<i>Carya</i> (ペカン属)#	5.6
<i>Cyclocarya</i> type (サイクロカリア属型)##*	2.0
<i>Juglans-Pterocarya</i> (クルミ属-サワグルミ属)	2.0
<i>Alnus</i> (ハンノキ属)	0.8
<i>Carpinus-Ostrya</i> (シデ属-アサダ属)	7.5
cf. Rhizophoraceae (ヒルギ科参照)	1.6
<i>Reevesia</i> (チャセンギリ属)##*	0.8
Ericaceae (ツツジ科)	0.4
<i>Ilex</i> (モチノキ属)	0.8
Indeterminable pollen (未同定花粉)	11.9
Total pollen count (同定花粉数)	252

Juglandaceae (クルミ科): *Carya*, *Cyclocarya* type, *Juglans-Pterocarya* を識別した. *Juglans* と *Pterocarya* は花粉形態からは区別することが難しいことがあり, *Juglans-Pterocarya* と表現した. これらのうち, *Carya*, *Cyclocarya* は現在日本に分布しない. *Carya* は米国, メキシコ, 中国の温帯~亜熱帯, *Cyclocarya* は中国中南部の暖温帯~亜熱帯に分布する. *Cyclocarya* は *Pterocarya* に類似するが齊藤・市谷(2007)と同様に, 孔 4 つのものを *Cyclocarya* type として区別した. *Carya* が比較的高率に産出した.

Rhizophoraceae (ヒルギ科): 熱帯~亜熱帯に分布するマングローブ植物である. *Bruguiera* (オヒルギ

属)あるいは *Ceriops* (コヒルギ属)に類似する花粉を 4 粒発見した. しかし, これらの属の花粉形態とはやや異なり, 赤道径より極軸がやや長く, 赤道方向に発達する内孔が細くみえる (Fig. 3j). 今のところ確実な同定にまで至っていないため, 本報告では cf. Rhizophoraceae と表現した.

Malvaceae (アオイ科): *Reevesia* を識別した. *Reevesia* は現在日本に分布せず, 台湾・中国南部・東南アジアなどの暖温帯~亜熱帯に分布する.

3.2. 花粉化石群集

パレオパラドキシア類骨格を含む母岩からの花粉化石群集の特徴は, *Pinus* と *Dacrydium* が優占することで特徴づけられる. 次いで *Quercus* (evergreen type), *Carpinus-Ostrya*, *Carya* の産出率が高い. 草本花粉は今のところ確認できていない. また, 同定された分類群の中に, 現在日本に分布していないものを多く含む (*Keteleeria*, *Pseudolarix* など Table 1 の#印). 暖温帯以南に主として分布する分類群 (*Dacrydium*, *Liquidambar* など Table 1 の*印)の産出率が高い.

4. 考察

4.1. パレオパラドキシア類骨格包含層の地質

パレオパラドキシア類の全身骨格化石が発見された露頭は, 糸魚川(1980)の地質図によれば沖積層で着色された場所である. しかし, 包含層の岩質および周辺の地質状況から, 化石包含層は瑞浪層群宿洞層と判断されている(安藤ほか, 2023, 2024 など). また, 包含層から産出した浮遊性有孔虫化石は, 包含層が宿洞層であることを示しており(入月ほか, 2024), 同産地から産出した貝化石のストロンチウム同位体年代は約 16.5 Ma を示している(荒岡ほか, 2024). ここでは花粉化石群集から, 包含層の地質が宿洞層であることについて, さらに検証する.

今回得られた群集では *Pinus*, *Dacrydium* に次いで *Quercus* (evergreen type) が優占する. このような花粉化石群集はこれまでに宿洞層から報告された花粉化石群集(山野井, 1992; 齊藤ほか, 1995)と類似する. また, 今回特徴的に高率に産出した *Dacrydium* の産出があるのは, 東濃地域の瀬戸内区中新統では宿洞層(山野井, 1992; 齊藤ほか, 1995)と上位の生俵層からである(此松, 1990). 花粉化石群集に加えて, 骨格包含層が砂岩であることを考慮すると, 主として泥岩からなる生俵層ではなく, 砂岩が主体の宿洞層と判断することは妥当である. ただし, 花粉化石群集からは生俵層の縁辺相である可能性も否定できない.



Fig. 3. 花粉化石の光学顕微鏡写真.

Fig. 3. Light micrographs of the pollen fossils. **a**, *Keteleeria*. **b**, *Pinus*. **c**, **d**, *Dacrydium*. **e**, *Liquidambar*. **f**, *Ulmus-Zelkova*. **g**, *Castanopsis* type. **h**, *Quercus* (evergreen type). **i**, *Reevesia*. **j**, cf. *Rhizophoraceae*. **k**, *Juglans-Pterocarya* (*Juglans* type). **l**, *Carya*. **m**, *Cyclocarya* type.

4.2. 古植生と古気候

花粉化石群集の特徴として *Pinus*, *Dacrydium*, *Quercus* (evergreen type) の高率な産出があり, *Carya*

などの落葉広葉樹を伴うことから, 堆積地周辺の古植生はこれらの常緑性針葉樹に常緑広葉樹と落葉広葉樹を交える森林があったと考えられる. 今回の

Table 2. *Dacrydium pectinatum* を含む熱帯山地多雨林の 3 つの自然保護区(中国海南島)における地形気候条件(Liu et al., 2021 を簡略化).

Table 2. Topographic and climatic characteristics of *Dacrydium pectinatum* communities in natural rain forests at three nature reserve areas in Hainan Island, south China (simplified and from Liu et al., 2021).

Nature reserve area	Elevation	Annual mean temperature	Annual precipitation
Bawangling	1,050–1,240 m	20.7°C	1,618 mm
Diaoluoshan	930–1,030 m	21.9°C	1,807 mm
Jianfengling	900–1,010 m	21.8°C	1,520 mm

試料ではとくに *Dacrydium* の高率な産出が特徴的である。 *Dacrydium* は前述のように水平分布としてはニュージーランドから中国南部に及ぶが、試みとして、分布の北限付近である熱帯域の中国海南島における生育環境から古気候を考察する。

Liu et al. (2021) は *Dacrydium pectinatum* を含む熱帯山地多雨林 (tropical mountain rainforest) がみられる海南島の 3 つの自然保護区で生態学的調査を行った。 Liu et al. (2021) に基づいて、3 地区での気候条件等を簡略化して Table 2 に整理した。これらの地区では *Dacrydium* 以外に Podocarpaceae, Lauraceae (クスノキ科), Fagaceae, Magnoliaceae (モクレン科), Hamamelidaceae (マンサク科), Theaceae (ツバキ科), Ulmaceae (ニレ科), Palmae (ヤシ科) などが観察されている。今回の花粉化石群集と比較すると、 *Dacrydium*, Fagaceae, Ulmaceae は共通であり、比較可能な森林植生と考えられる。

古気温について、Table 2 を参考に推定すると、年平均気温が 21°C 前後となる。低地の気温であれば現在の屋久島から奄美大島程度の亜熱帯気候となる。この古気温は想定しうる北限と考える。降水量は Table 2 から 1,500–1,800 mm 程度と推定する。伊奈 (2004) は宿洞層産の葉化石の全縁率から年平均気温 20.4°C を推定しており、本研究での推定値と同様な値となっている。

山野井 (1998) などは日本の新第三紀花粉帯として NP-1~NP-6 を設定した。その後、齊藤 (2008) は改訂案を示し、世界的な気候変動との関連を示した。また、齊藤・今泉 (2018) は東濃地方の瀬戸内区中新統と花粉帯の対応を整理した。今回得られた花粉化石群集は花粉帯 NP-2 の上部にあたる花粉帯 NP-2B に対比される。花粉帯 NP-2B は、Itoigawa (1989) の提唱したトロピカルスパイクの層準 (約 1600 万年前) を含む、中期中新世の最温暖期 (Zachos et al., 2001 など) の層準

にあたるものである。また、パレオパラドキシア類全身骨格産出層準から産出した貝形虫、浮遊性・底生有孔虫化石推定された海洋環境は、強い暖流の影響を示しており (入月ほか, 2024), 陸上気候と整合的である。

4.3. *Paleoparadoxia* (パレオパラドキシア属) 産出層準の花粉化石

山野井 (1984) は当時までの *Desmostylus* (デスモスチルス属) と *Paleopaladoxia* の産出記録および古植物のデータを整理し、 *Paleoparadoxia* は熱帯~亜熱帯沿岸植物との関係が深いことを明らかにした。また、岡山県津山市の吉野層から発見された *Paleoparadoxia* の埋没層準の粗粒砂岩の花粉分析を行い、マツ科を除外した花粉化石群集として、 *Liquidambar* (26.5%), 常緑型 *Quercus* (23.5%), *Pasania* (= *Castanopsis* type, 18.5%), *Carya* (12.0%), *Dacrydium* (7.5%) などを報告した。さらに、マングローブ植物である *Rhizophora* (オオバヒルギ属, 0.5%) も認めた。今回の試料と割合は異なるものの類似した組成となっている。

また、 *Paleoparadoxia* の産出層準の花粉分析データとして、新潟県佐渡市の下戸層のデータを提示している (山野井, 1984)。これも同様に *Dacrydium* を含む花粉帯 NP-2B に対応する群集であり、その後同層からはマングローブ植物である *Kandelia* (メヒルギ属) (齊藤ほか, 2016) と *Avicennia* (ヒルギダマン属) (山野井, 2022) が発見された。

今回の試料からは確実なマングローブ植物の花粉化石は産出しなかった。しかし、約 2 km 北東の宿洞層からマングローブ植物花粉が発見されていることから (齊藤ほか, 1995), 今後、分析試料を増やせば、マングローブ植物の花粉化石が産出する可能性が高い。また、本試料には未同定花粉が多く含まれ、これまで報告のない亜熱帯あるいは熱帯性の植物も含まれている可能性がある。

5. まとめ

1. 岐阜県瑞浪市釜戸から産出したパレオパラドキシア類全身骨格を包含する堆積物から *Pinus*, *Dacrydium*, *Quercus* (evergreen type) の高率な産出で特徴づけられる花粉化石群集が産出した。その中には現在日本に分布しない分類群と温暖要素が多く含まれる。
2. 花粉化石群集はこれまで報告のある宿洞層のものと同様なもので中期中新世の最温暖期を含む花粉帯NP-2Bに対応するが、確実なマングローブ植物の花粉化石は今回みつからなかった。
3. 堆積地周辺には *Pinus* と *Dacrydium* の優占する常緑針葉樹と常緑・落葉広葉樹からなる森林があった。現在の *Dacrydium* を含む森林の立地する気候条件から、推定する古気温の最小値として年平均気温 21°C 前後、年降水量 1,500–1,800 mm 程度を推定した。
4. 他地域の *Paleoparadoxia* 産出層準においても、中新世の最温暖期を示す花粉帯NP-2Bの花粉化石群集が報告されている。また、マングローブ植物の花粉化石が見つかっている。

6. 謝辞

査読者の長谷川善和博士(横浜国立大学名誉教授, 群馬県立自然史博物館名誉館長)および山野井 徹博士(山形大学名誉教授)には、原稿の不備を指摘いただき、また建設的なコメントをいただいた。お礼申し上げます。

7. 引用文献

- 安藤佑介・楓 達也・合田隆久・水野利之. 2024. パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本の発見・発掘・剖出の記録. 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 1–12.
DOI: 10.50897/bmfm.50.3_1
- 安藤佑介・楓 達也・北川博道・合田隆久・甲能直樹. 2023. 瑞浪層群宿洞層(岐阜県瑞浪市釜戸町)よりパレオパラドキシア科の全身骨格の発見. 化石 113: 1–2.
DOI: 10.14825/kaseki.113.0_1
- 荒岡大輔・吉村寿紘・中島 礼. 2024. パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本産地から産出した貝化石のストロンチウム同位体年代(予察). 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 13–16.
DOI: 10.50897/bmfm.50.3_13
- 伊奈治行. 2004. 岐阜県の中新世瑞浪層群明世層宿洞砂岩相の植物化石. 瑞浪市化石博物館研究報告 31: 73–76, 5 pls.
- 入月俊明・林 広樹・辻本 彰. 2024. パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本産地の瑞浪層群宿洞層から産出した貝形虫化石と有孔虫化石. 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 81–89.
DOI: 10.50897/bmfm.50.3_81
- 糸魚川淳二. 1980. 瑞浪地域の地質. 瑞浪市化石博物館専報 1: 50 p.
- Itoigawa, J. 1989. Tropical spike in early Middle Miocene (ca. 16 Ma) of Southwest Japan. Proc. International Symposium on Pacific Neogene Continental and Marine Environment (Nanjing): 19–26.
- 此松昌彦. 1990. 瑞浪層群の花粉化石集団と古環境変遷. 日本地質学会第 97 年学術大会講演要旨: 196.
- Liu, H., H. Liu, Y. Chen, Z. Xu, Y. Dai, Q. Chen, and Y. Ma. 2021. Identifying the patterns of changes in α - and β -diversity across *Dacrydium pectinatum* communities in Hainan Island, China. Ecology and Evolution 11: 4616–4630.
DOI: 10.1002/ece3.7361
- 齊藤 毅. 2008. 日本の新第三紀花粉化石群集と地球環境変遷. 分類 8(1): 31–37.
DOI: 10.18942/bunrui.KJ00004872192
- 齊藤 毅・市谷年弘. 2007. 鳥取県人形峠層辰巳峠部層(上部中新統)の花粉群集と気候変動. 日本花粉学会会誌 53(1): 29–39.
DOI: 10.24524/jjpal.53.1_29
- 齊藤 毅・今泉なつみ. 2018. 下部中新統瑞浪層群明世層山野内部層から産出した花粉化石群集の花粉層序学的位置. 瑞浪市化石博物館研究報告 44(特別号): 53–61.
- 齊藤 毅・山野井徹・諸星富士子・柴田 博. 1995. 岐阜県瑞浪層群明世層“宿洞砂岩相”(中新統)からのマングローブ植物花粉の発見. 地質学雑誌 101(9): 747–749.
DOI: 10.5575/geosoc.101.747
- 齊藤 毅・山野井 徹・岡戸祐樹・小林巖雄・神蔵勝明・渡邊剛忠・市橋弥生・糸魚川淳二. 2016. 佐渡島に分布する下戸層(下部/中部中新統)の花粉化石(予報): とくにマングローブ化石 *Kandelia* の産出について. 調査研究報告書 佐渡の自然史 4: 57–68.
- 巴田 仁・米倉浩司. 2009. 高等植物分類表. 北隆館. 東京. 189 p.
- 山野井 徹. 1984. デスモスチルスと古植物. デスモスチルスと古環境 地団研専報 28: 25–34.
- 山野井 徹. 1992. 中部日本における中期中新世初期の花粉群集. 瑞浪市化石博物館研究報告 19: 103–112.

- 山野井 徹. 1998. 日本列島の誕生と植生の形成. 安田喜憲・三好教夫(編), 図説日本列島植生史. 朝倉書店. 東京. p. 12–24.
- 山野井 徹. 2022. 佐渡の下戸層(下部中新統上部)産の花粉化石—熱帯的マングローブ植物の存在—. 調査研究報告書 佐渡の自然史 7: 1–9.
- Yang, S., Z. Zheng, L. Mao, D. K. Ferguson, K. Huang, B. Chen, and P. S. Ranhotra. 2015. Selected pollen grains from tropical Hainan Island, south China: An identification key to Quaternary pollen. *Review of Palaeobotany and Palynology* 222: 87–103.
DOI: 10.1016/j.revpalbo.2015.07.011
- Zachos, J., M. Pagani, L. Sloan, E. Thomas, and K. Billups. 2001. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science* 292: 686–693.
DOI: 10.1126/science.1059412