Bulletin of the Mizunami Fossil Museum, no. 44, Special Volume (2018), p. 53–61, 6 figs., 1 table.
© 2018, Mizunami Fossil Museum

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

齊藤　毅・今泉なつみ

名城大学理工学部　〒 468-8502　名古屋市天白区塩釜口 1-501

Palynostratigraphic position of the pollen assemblage from the lower Miocene Yamanouchi Member, Akeyo Formation, Mizunami Group, Gifu, Japan

Takeshi Saito and Natsumi Imaizumi

Faculty of Science and Technology, Meijo University, Nagoya 468-8502, Japan <tsaito@meijo-u.ac.jp>

Abstract

The pollen assemblage of three samples from the lower part of the Yamanouchi Member, Akeyo Formation (Early Miocene), Mizunami Group, Gifu Prefecture, Japan, consists mainly of *Ulmus-Zelkova*, *Picea*, *Pinus*, *Tsuga*, *Liquidambar*, *Fagus*, *Quercus* (evergreen type), *Quercus* (deciduous type), *Juglans-Pterocarya*,*Carpinus-Ostrya* and others. The assemblage also includes warm elements such as *Keteleeria*, *Pseudolarix*, *Castanopsis* type, *Podocarpus* and *Reevesia*. The paleovegetation would have been warm temperate mixed forests of the deciduous and evergreen broad-leaved trees with conifers. The temperature appears to have been nearly same as today or slightly warmer. The precipitation would have been fewer than today to some extent. The pollen assemblage from the sediment deposited under the cold marine water indicates a warm temperate climate, suggesting that the discordance between marine and terrestrial paleoclimates. The pollen assemblages of the Setouchi Miocene Series of the Tono area are summarized and are correlated to NP-1, NP-2A, and NP-2B zones and subzones of Yamanoi (1992b). The pollen assemblages of the Yamanouchi Member and the correlatable Toyama Formation of the Iwamura Group are included in NP-2A subzone. Additionally, the boundary age between NP-1 and NP-2 is suggested to be 18.4 Ma.

Key words: Yamanouchi Member, Mizunami Group, pollen assemblage, marine and terrestrial paleoclimates, NP-2A subzone, Iwamura Group

はじめに

中国地方から中部地方にかけて“瀬戸内中新統”と呼ばれる地層群が分布しており，多数の動植物化石を産出することから多くの地質学的・古生物学的研究があり，糸魚川・柴田（1992）によって総括されている．本研究で対象とした岐阜県東濃地方の瀬戸内中新統は可児，瑞浪，岩村と 3 つの盆地に分かれて分布しており，瑞浪層群として一括される場合と，それぞれ別々の層群として扱われる場合がある．本論では，それぞれの関係を議論する部分が含まれるため，可児層群，瑞浪層群，岩村層群と区別して呼ぶことにする．

今回報告する花粉化石群集は，瑞浪層群明世層山野内部層から得られたものである．瑞浪層群からは多数の海生動物化石が産出し，とくに貝類化石について詳しい研究があり，古生態が議論されている（Itoigawa, 1960 など）．瑞浪層群の堆積時には明世層から亜熱帯性の明世動物群，宿洞層からは熱帯性の門ノ沢動物群が知られており，温暖な海洋環境が明らかにされている（糸魚川，1987; 小澤ほか，1995 など）．一方で，明世層中の戸狩部層と山野内部層の境界付近の層準には寒流系貝類の *Felaniella usta*（ウソシジミ）化石層が存在することから，この時期に一時的な海水温の低下があったことが指摘されている（糸魚川，1984 など）．また，Irizuki *et al.*（2004）は瑞浪層群と岩村層群の貝形虫を調べ，この層準を世界的な寒冷化イベント Mi1b（Wright *et al.*, 1992）と関連付けた．植物化石については Ina（1992）が大型植物化石を総括しており，瑞浪層群のすべての層について，気温と降水量を推定している．また，齊藤ほか（1995）は，宿洞層からマングローブ植物花粉を報告している．

2016 年 6 月から，瑞浪市土岐町天徳において瑞浪北中学校の敷地造成工事が始まった．この現場において，瑞浪層群明世層の戸狩部層上部～山野内部層中部が広い範囲で露出し，寒流系現生貝類の *Crenomytilus grayanus*（エゾイガイ）化石の密集部が *Felaniella usta* 化石層の約 30 cm 上位から発見された（安藤，2018; 安藤･糸魚川，2018）．このことは，この層準が寒流の影響下にあった可能性がさらに強くなったことを示している．



図 1. 試料採取地点．1/25000 地理院地図「瑞浪」（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”, the Geospatial Information Authority of Japan).

このような背景のもと，本研究では海洋環境と陸上環境を比較するため，造成工事現場において花粉分析用の試料を採取し，花粉化石の取り出しを試みた．その結果，山野内部層からは保存状態の良い花粉化石を取り出すことができた．本論では得られた花粉化石群集の概要を報告し，古植生・古気候と海洋気候との関係を議論する．また，これまで公表された東濃地方の瀬戸内中新統からの花粉化石データを整理し，山野内部層から得られた花粉群集の，日本の新第三紀花粉化石帯（山野井，1998; 齊藤，2008）の中での位置づけを考察する．

地質概要および試料採取地点

瑞浪層群は下位より土岐夾炭層，本郷層，明世層，宿洞層，生俵層からなる（糸魚川，1974; 入月・細山，2006; 安藤，2018 など）．土岐夾炭層はフィッション・トラック年代により約 20–18 Ma に堆積したと推定されている（笹尾ほか，2006）．また，本郷層から上位の堆積年代は，海生微化石および古地磁気層序のデータなどに基づいて入月･細山（2006）が整理しており，Grandstein *et al.*（2012）の年代値を考慮に入れると，本郷層がクロン C5En（18.7–18.1 Ma）の中，明世層がクロン C5Dr（18.1–17.5 Ma），宿洞層が 16.4 Ma である．また，生俵層は河邑ほか（2011）により 15.8–15.7 Ma の堆積物と考えられている．

本研究で対象とした明世層は，下位より月吉部層，戸狩部層，山野内部層，狭間部層に細分されている（入月・細山，

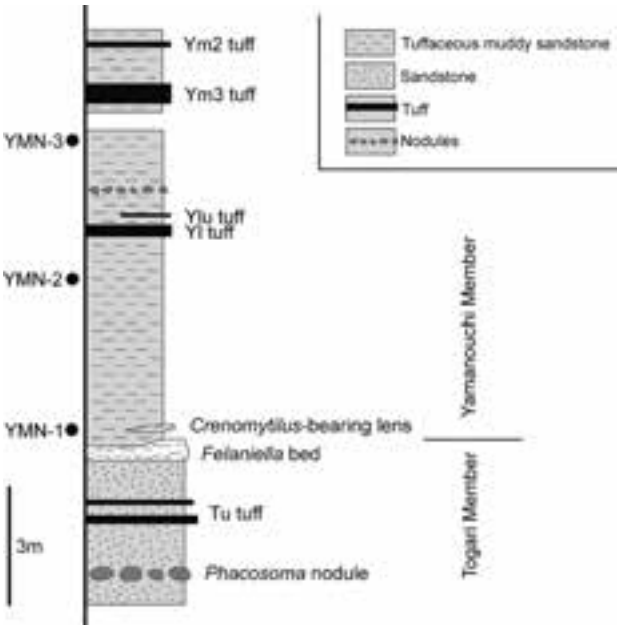


図 2. 地質柱状図（安藤，2018 を簡略化）と試料採取層準．
Fig. 2. Geologic column (simplified from Ando, 2018) showing the sample horizons.

2006; 安藤，2018）．各層の特徴は糸魚川（1980）にまとめられている．月吉部層は凝灰質の無層理泥質細粒砂岩を主体とし，*Cyclina japonica*（ヤマトオキシジミ）や *Vicarya yokoyamai*（ヨコヤマビカリア）など汽水性の貝類化石を産出する．戸狩層層は無層理および斜交葉理をもつ凝灰質砂岩を主体とし，石灰質ノジュールを多く含む．*Nipponomarcia nakamurai*（ナカムラスダレハマグリ）などの貝類化石を含み，上部に *Felaniella usta* が卓越する貝化石層を含む．山野内部層は無層理の凝灰質シルト岩～細粒砂岩で，球状のノジュールを含む．貝類化石群集として *Saccella-Cyclocardia* 群集や *Macoma-Lucinoma* 群集などを含む．狭間部層は軽石礫または，軽石凝灰岩と細粒凝灰岩～凝灰質泥岩との互層からなり化石は少ない．

瑞浪市土岐町天徳の瑞浪北中学校敷地造成工事現場では，図 2 に示したように，戸狩部層の上部～山野内部層の中部までが露出した（安藤，2018）．花粉分析用の試料として，戸狩部層から *Felaniella* 化石層を含む 5 試料，山野内部層から 9 試料を採取した．

花粉分析

試料は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．① 110℃ で 5 時間乾燥．②鉄乳鉢で粉砕後，250 μm 目開きの篩で粒度を調整．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．ただし，Cupressaceae に含まれることになった Taxodiaceae は花粉粒に指状突起があることで区別できるため，

“Taxodiaceae” type と表現した．また，花粉形態が十分認識できるが，現段階では同定が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．

花粉分析結果

戸狩部層からは保存状態の良い十分な量の花粉化石を得ることができなかった．一方，山野内部層からは保存状態の良好な花粉化石を多量に得ることができた．本論では，予察的に山野内部層から得られた 3 試料（図 2）の分析結果を示す．

産出花粉化石

表 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．また主要な分類群の花粉分析図を図 3 に，主な産出花粉化石の光学顕微鏡写真を図 4，5 に示す．いくつかの分類群について科レベルでまとめて説明を加える．

Pinaceae（マツ科）：*Abies*, cf. *Cathaya*, *Larix-Pseudotsuga*, *Keteleeria*, *Picea*, *Pinus*, *Pseudolarix*, *Tsuga* を産出した．*Larix* と *Pseudotsuga* の花粉形態は識別が困難であり，一括した．*Cathaya* の花粉形態は *Pinus* に類似し，Liu and Basinger（2000），Saito *et al.*（2000），齊藤ほか（2001）に詳しい花粉形態の記述がある．いくつかの花粉粒で *Cathaya* に同定されうるものがあったが，確実に同定するためには，走査型電子顕微鏡での観察が必要であり，今回は “cf.” をつけて表現した．また，保存状態などによって，属レベルの同定ができなかったものは Pinaceae とした．これらのうち，*Cathaya*, *Keteleeria*, *Pseudolarix* は現在日本には分布せず，*Cathaya* は中国中部の暖温帯に，*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*，*Tsuga*，*Picea* の産出率が比較的高いが，他の属の産出率は低い．

Cupressaceae（ヒノキ科）：“Taxodiaceae” type とその他の Cupressaceae を産出した．“Taxodiaceae” type は 2 ～ 3 タイプの形態がみられたが，今回は一括した．産出率は 1.5–5.7% である．

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．3.5–5.4% の比較的安定した産出率を示す．

cf. Hamamelidaceae（マンサク科）：Hamamelidaceae に属する分類群が有する網目装飾に類似した表面装飾をもつ花粉粒を cf. Hamamelidaceae とした．数タイプが含まれ，同定には詳細な検討が必要である．

Ulmaceae（ニレ科）：*Hemiptelea*, *Ulmus-Zelkova* を産出した．*Ulmus* と *Zelkova* は花粉形態からは区別することが難しく，*Ulmus-Zelkova* と表現した．これらのうち，*Hemiptelea* は現在日本には分布せず，中国北部と朝鮮半島の温帯に分布している．*Ulmus-Zelkova* は今回の全試料において，最大の産出率を示した（13.0–17.0%）．

Fagaceae（ブナ科）：*Castanopsis* type, *Fagus*, *Quercus* (evergreen type), *Quercus* (deciduous type) の 4 つのタイプを識別した．*Castanopsis* type には *Castanea*, *Castanopsis*,

表 1. 花粉化石リストと産出率（%）．

Table 1. List of pollen taxa and percentage representation.

Taxa（分類群）/ Sample（試料）	YMN-1	YMN-2	YMN-3
Abies（モミ属）	0.4	0.4	-
cf. *Cathaya*（ギンサン属）	0.4	1.9	0.8
Larix-Pseudotsuga（カラマツ属－トガサワラ属）	0.4	0.4	-
Keteleeria（アブラスギ属）*	0.8	0.8	1.5
Picea（トウヒ属）#	4.0	5.7	2.3
Pinus（マツ属）	9.1	8.4	5.4
Pseudolarix（イヌカラマツ属）*	2.4	-	0.4
Tsuga（ツガ属）	5.1	10.6	2.7
Pinaceae gen. indet.（マツ科属不明）	0.8	0.4	0.4
Podocarpus（イヌマキ属）*	0.8	-	0.4
Sciadopitys（コウヤマキ属）	-	0.4	-
"Taxodiaceae" type（“ スギ科 ” 型）	2.8	5.7	1.9
other Cupressaceae（その他ヒノキ科）	3.6	1.5	1.9
Ephedra（マオウ属）	0.4	-	-
Liquidambar（フウ属）*	5.1	3.4	5.4
cf. Hamamelidaceae（マンサク科）	4.0	0.8	1.9
Parthenocissus（ツタ属）	0.4	-	-
Rosaceae（バラ科）	0.8	-	-
Hemiptelea（ハリゲヤキ属）	1.2	0.4	0.4
Ulmus-Zelkova（ニレ属－ケヤキ属）	13.0	16.7	17.0
Castanopsis type（シイ属型）*	-	0.8	-
Fagus（ブナ属）	6.7	7.2	11.2
Quercus (evergreen type)（常緑型コナラ属）*	3.6	6.1	5.4
Quercus (deciduous type)（落葉型コナラ属）	5.9	3.0	12.4
Myricaceae（ヤマモモ科）	-	0.4	-
Carya（ペカン属）	2.4	4.6	1.9
Cyclocarya type（サイクロカリア属型）*	-	0.8	0.4
Juglans-Pterocarya（クルミ属－サワグルミ属）	5.5	3.0	6.9
Alnus（ハンノキ属）	3.2	1.1	1.2
Betula（カバノキ属)#	2.8	3.0	1.9
Carpinus-Ostrya（シデ属－アサダ属）	6.7	6.5	8.5
Corylus（ハシバミ属）	2.0	0.4	-
Acer（カエデ属）	0.8	1.5	0.8
Aesculus（トチノキ属）	0.4	-	-
Rutaceae（ミカン科）	0.4	-	-
Reevesia（チャセンギリ属）*	-	-	0.4
Tilia（シナノキ属）	-	0.8	0.8
cf. *Eucommia*（トチュウ属）	0.4	-	0.4
Lonicera（スイカズラ属）	-	-	0.4
Cyperaceae（カヤツリグサ科）	-	-	1.2
Poaceae（イネ科）	0.4	-	-
Fupingopollenites（フピンゴポレニーテス, 形態名）	-	-	0.4
Indeterminable pollen（未同定花粉）	3.6	3.4	3.5
Total warm elements（温暖要素合計)*	12.6	11.8	13.9
Total cool elements（寒冷要素合計)#	6.7	8.7	4.2
Total pollen count（同定花粉数）	253	263	259

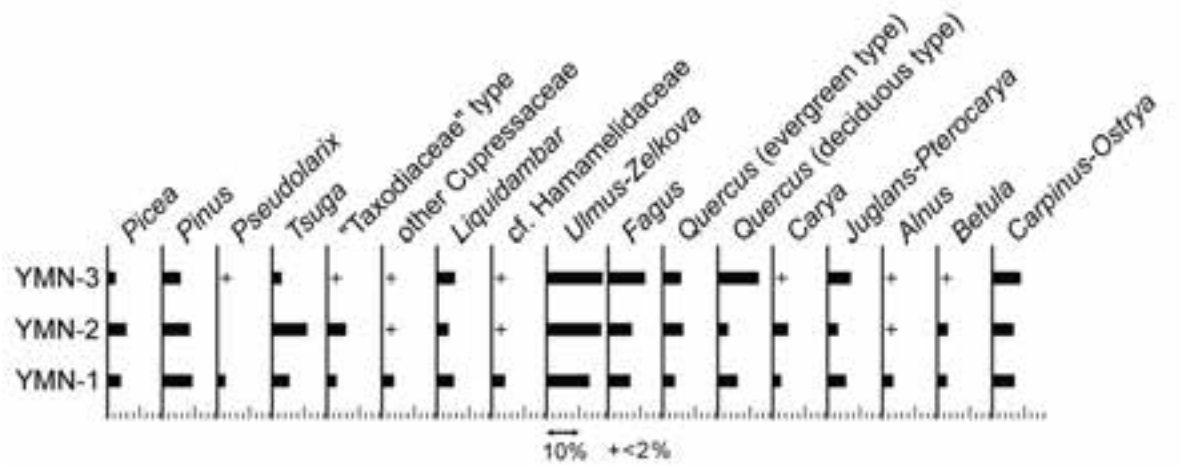


図 3. 主要分類群の花粉分析図.
Fig. 3. Pollen diagram of the selected taxa.

Lithocarpus が含まれる可能性がある．*Fagus*, *Quercus* (evergreen type), *Quercus* (deciduous type) の産出率が比較的高く，すべての試料で 3% 以上の産出率を示している．

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く，*Juglans-Pterocarya* と表現した．*Cyclocarya* は *Pterocarya* に類似するが齊藤・市谷（2007）と同様に，4 孔のものを *Cyclocarya* type として区別した．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．*Carya* と *Juglans-Pterocarya* が比較的高率に産出した．

Betulaceae（カバノキ科）：*Alnus*, *Betula*, *Carpinus-Ostrya*, *Corylus* を識別した．*Carpinus* と *Ostrya* は花粉形態からは区別することが難しく *Carpinus-Ostrya* と表現した．*Carpinus-Ostrya* は全試料で比較的高率に産出し（6.5–8.5%），*Betula* は下位 2 試料で産出率が比較的高い（2.8–3.0%）．

Malvaceae（アオイ科）：*Reevesia* と *Tilia* 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．両属とも産出率は低い．

Eucommiaceae（トチュウ科）：平滑な表面を持つ三溝孔型の花粉で，比較的大きな孔を持つものを cf. *Eucommia* とした．確実な同定には走査型電子顕微鏡での観察が必要であり，今回は “cf.” をつけて表現した．*Eucommia* は現在日本には分布せず，中国中部の暖温帯に分布する．産出率は低い．

Ephedraceae（マオウ科）：*Ephedra* を識別した．現在日本には分布せず，南北アメリカ，南欧，北アフリカ，中央～西アジア，中国北部の乾燥地帯に分布する．産出率は低い．

***Fupingopollenites*（フピンゴポレニーテス）**：現在の植物との関連がよく分かっていない形態属で産出率は低い．

花粉化石群集

山野内部層下部の花粉化石群集の特徴は，全試料に共通して，*Ulmus-Zelkova* をもっとも高率に産出することである．3 つの試料間で花粉帯を区分するような大きな群集変化はなく，*Picea*, *Pinus*, *Tsuga*, *Liquidambar*, *Fagus*, *Quercus* (evergreen type), *Quercus* (deciduous type), *Juglans-Pterocarya*, *Carpinus-Ostrya* が安定して産出する．また，同定された分類群の中に，日本から絶滅した属を比較的多く含む．

暖温帯以南に主に分布する分類群（*Keteleelia*, *Liquidambar* など表 1 の * 印）を温暖要素とし，冷温帯以北に主に分布する分類群（*Picea*, *Betula*）を寒冷要素として産出率の合計を表 1 に示した．

考察

産出した花粉化石群集および貝類化石や地質の情報に基づいて，古植生，古気候，海洋気候との関係，日本の新第三紀花粉帯の中での位置づけを考察する．

古植生と古気候

花粉化石群集から，*Ulmus-Zelkova*, *Liquidambar*, *Faugs*, 落葉の *Quercus*, *Juglans-Pterocarya*, *Carpinus-Ostrya* などの落葉広葉樹に，常緑の *Quercus* などを交える植生が堆積地周辺に発達していたと考えられる．針葉樹の Pinaceae や Cupressaceae は広葉樹と混交していたか，標高の高いところに分布していたと考えられる．

このような古植生と，*Liquidambar*, *Quercus* (evergreen type) のような暖温帯以南に分布する分類群を安定して産出すること，同様に暖温帯以南に分布する *Keteleelia*, *Pseudolarix*, *Podocarpus*, *Reevesia* なども伴うことから，暖温帯の古気候が推定できる．ただし，冷涼な気候を示す *Picea* と *Betula* が YMN-1 および YMN-2 で比較的高率で YMN-3 で比較的低率の産出であることは，YMN-3 がやや温暖な気候を示している可能性もある．

今回得られた花粉化石群集は，明世層と対比される岩村層群遠山層の花粉群集（齊藤・諸星，1992）と類似している．齊藤・諸星（1992）は，岩村層群の花粉化石群集を最下部の 1 試料を除き，中国の長江流域の植生およびアメリカ合衆国東部の森林と比較し，現在とほぼ同じかやや温暖な気候で，降水量がいくぶん少なかった古気候を推定している．今回得られた花粉群集からも同様な古気候が推定できる．また，

Ina（1992）は明世層の大型植物化石から，当時の低地の年平均気温 13–16 ℃，年間降水量 800–1200 mm を推定しており，花粉化石からの推定と整合的である．

Crenomytilus grayanus（エゾイガイ）密集部との関係

試料 YMN-1 は寒流系二枚貝の *Crenomytilus grayanus*（東北以北に分布．波部, 1977）密集部と同層準のものである（図 2）．前述のように，下位の寒流系二枚貝 *Felaniella usta*（銚子以北に分布．波部，1977）化石層（*Felaniella* bed，図 2）から *Crenomytilus grayanus* 密集部の層準は，冷水塊の影響下にあったと考えられる．一方，花粉化石から推定できる陸上気候は暖温帯である．現在の日本の暖温帯を特徴づける照葉樹林の北限は, 太平洋側の海岸部では岩手県にまで及ぶ（服部ほか，2008）．このことは，この層準の古環境が，現在親潮影響下にある東北地方北部と同様と考えれば説明可能であるように見える．しかし，花粉化石から推定された古気温は現在と同じか，やや温暖であり，整合性がとれない．他の化石群も含めて今後詳細な検討が必要である．また，この層準は従前より議論されているデスモスチルス類の産出層準でもあり（糸魚川，1984; 山野井，1984 など），今後，総合的な解釈が必要である．

日本の新第三紀花粉帯との関係

山野井（1998）は日本の新第三紀花粉帯として NP-1 ～ NP-6 帯を設定した．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．今回山野内部層から得られた花粉群集を，Yamanoi（1992a）の花粉帯を区別する *Quercus* (evergreen type)+*Liquidambar*, *Carya*, *Fagus* を成分とする三角ダイアグラムにプロットしてみると，すべての試料が NP-3 帯の範囲に含まれる．しかし，上位の宿洞層から NP-2 帯の花粉群集が産出している（齊藤ほか，1995）ことから，NP-3 帯になるとは考えにくい．明世層に対比される岩村層群の花粉群集の研究（齊藤・諸星，1992）でも最下部を除き類似の花粉群集が報告され，NP-1 帯と NP-2 帯の移行帯か，NP-1 帯の南方型の可能性が示され，後者の可能性が高いと述べられている．本論では今回のデータおよびこれまで報告された東濃地方の瀬戸内中新統から得られた花粉化石や大型植物化石のデータも考慮して再検討を行い，この地域での NP-1 帯および NP-2 帯の関係を整理する．

Saito（1992）は，可児層群の最下部である蜂屋層の 2 層準から *Fagus* を 29.3–36.0% 含み，本論で山野内部層から報告したような温暖要素をほとんど含まない花粉群集を報告した．また，伊奈ほか（2007）は，蜂屋層の上位の中村層の 1 層準

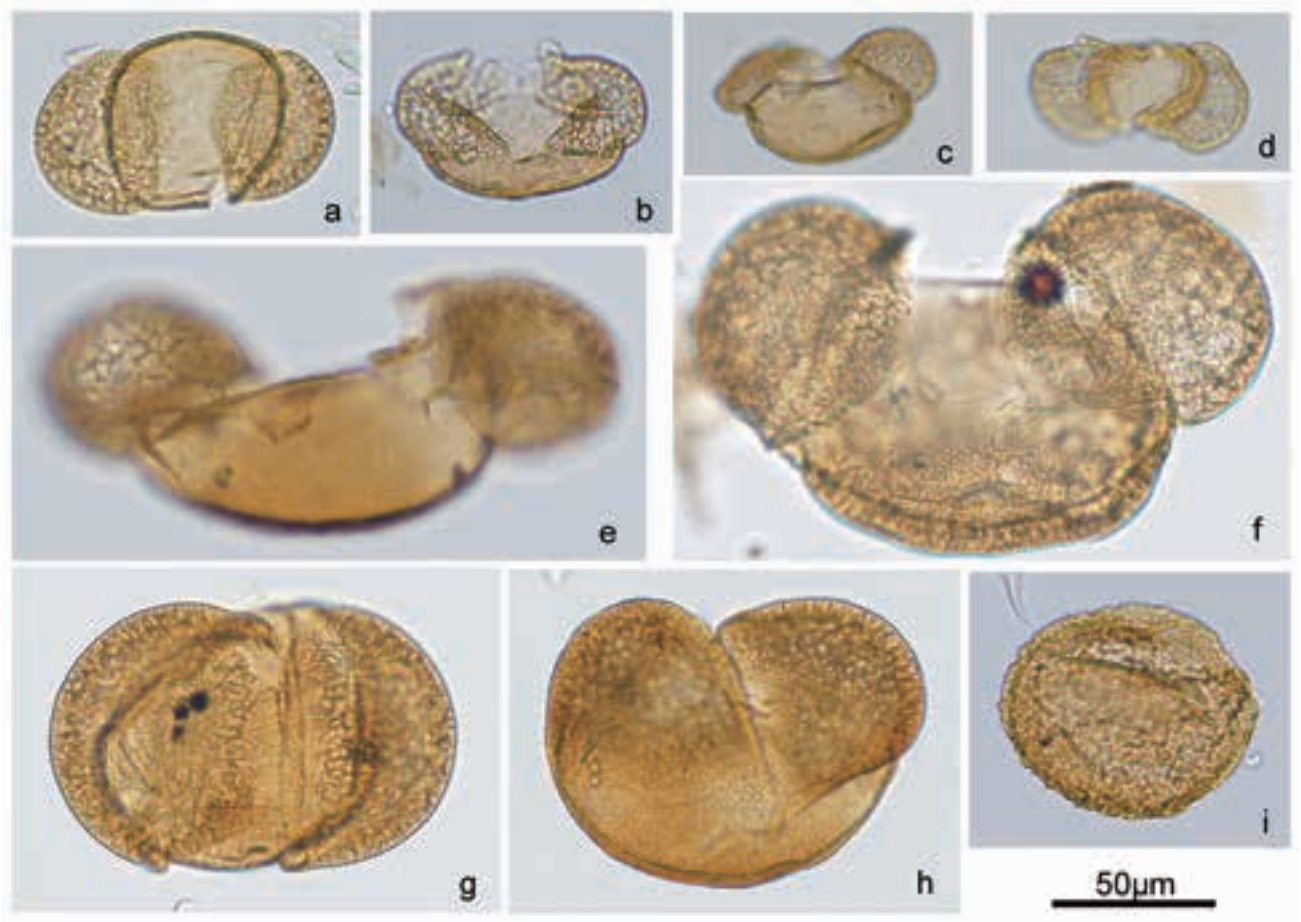


図 4. 花粉化石の光学顕微鏡写真（その 1）．
Fig. 4. Light micrographs of the pollen fossils (part 1). a: ***Pinus*** (YMN-2), b: **cf. *Cathaya*** (YMN-3), c: ***Pseudolarix*** (YMN-3), d: ***Podocarpus*** (YMN-3), e: ***Keteleeria*** (YMN-1), f: ***Abies*** (YMN-1), g, h: ***Picea*** (YMN-2), i: ***Tsuga*** (YMN-2).

から *Fagus* を 29.2％含み，温暖要素として *Pseudolarix*, *Castanopsis* type, *Liquidambar* を 6%以上含む花粉群集を報告し，ほぼ同層準から産出する大型植物化石群を阿仁合型植物群の南方型と考えた．断片的データではあるが，これらの花粉群集は *Fagus*, *Carya*, Betulaceae などが優占し，常緑広葉樹花粉をほとんど含まない NP-1 帯に対比される．この地域では，*Quercus* が含まれていないという特徴もある．

NP-2 帯は，*Quercus* (evergreen type), *Liquidambar* といった温暖要素や *Carya* などが優占し，*Dacrydium*（リムノキ属）を伴う特徴がある．これに確実に対比される花粉化石群集はいわゆるトロピカルスパイク（Itoigawa, 1989）の層準である宿洞層の花粉群集である（山野井，1992; 齊藤ほか，1995）．*Quercus* (evergreen type), *Castanopsis* type, *Liquidambar* などの温暖要素が優占し，*Dacrydium* を伴い，産地によってはマングローブ植物花粉を高率に産出する．

今回分析した明世層山野内部層は，年代的に中村層と宿洞層に挟まれる．花粉群集は典型的な NP-2 帯の花粉群集とは異なり，温暖要素の産出はあるものの産出率は宿洞層の花粉群集に比べて低く，明確な温暖要素は今回の 3 試料では 11.8–13.9％と多くない．また，岩村層群遠山層からの花粉群集も層準により多少差があるものの，温暖要素が優占することはない．

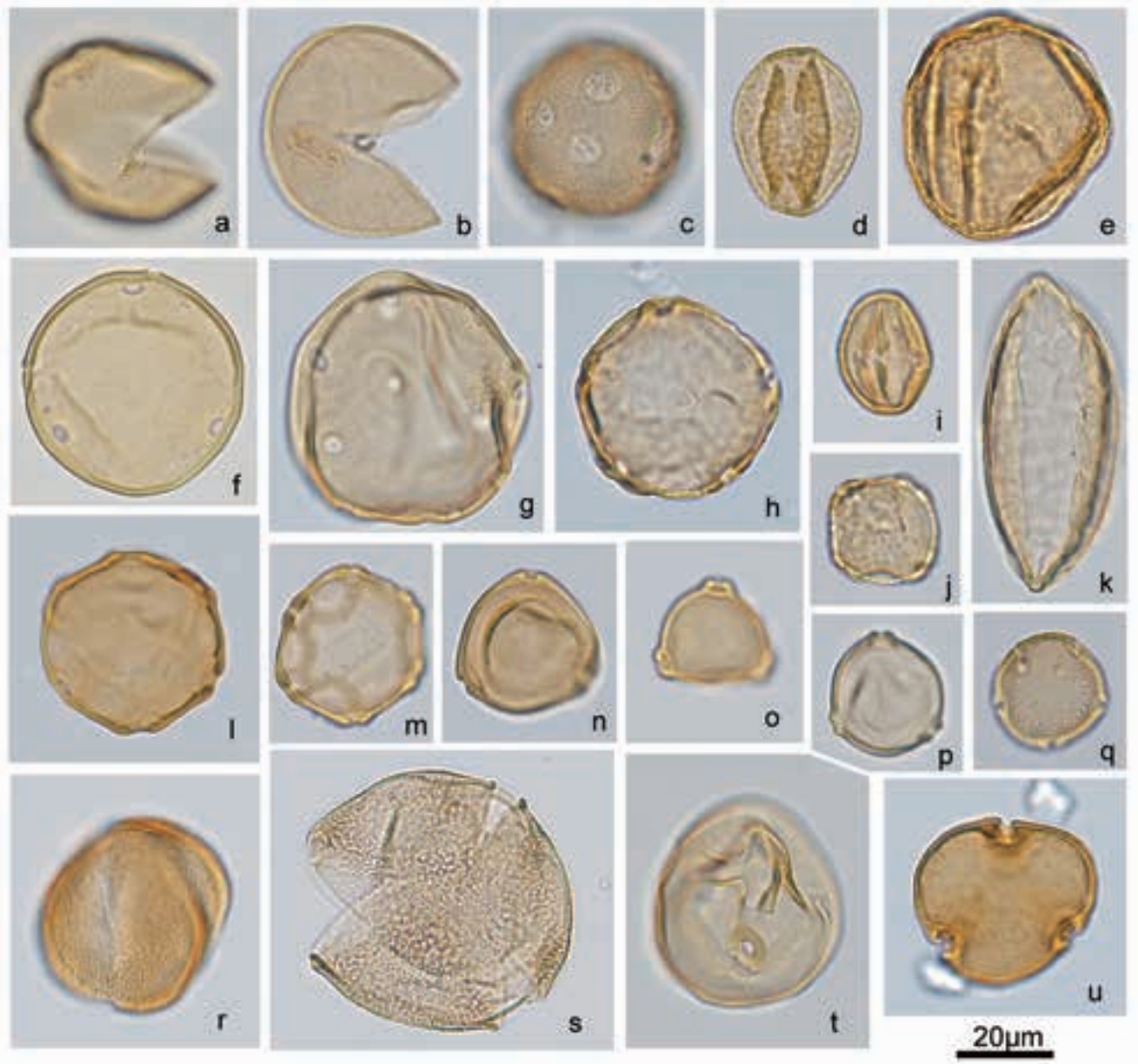


図 5. 花粉化石の光学顕微鏡写真（その 2）.

Fig. 5. Light micrographs of the pollen fossils (part 2). a: **“Taxodiaceae” type** (YMN-3), b: **“Taxodiaceae” type** (YMN-1), c: ***Liquidambar*** (YMN-3), d: ***Quercus*** (deciduous type) (YMN-3), e: ***Fagus*** (YMN-2), f: ***Carya*** (YMN-2), g: ***Juglans-Pterocarya*** (YMN-1), h: ***Ulmus-Zelkova*** (YMN-2), i: ***Qurcus* (evergreen type)** (YMN-3), j: ***Hemiptelea*** (YMN-1), k: ***Ephedra*** (YMN-1) , l: ***Juglans-Pterocarya*** (YMN-2), m: ***Alnus*** (YMN-2), n: ***Corylus*** (YMN-1), o: ***Betula*** (YMN-1), p: ***Carpinus-Ostrya*** (YMN-1), q: ***Reevesia*** (YMN-3), r: ***Acer*** (YMN-1), s: ***Fupingopollenites*** (YMN-3), t: **Poaceae** (YMN-1), u: ***Tilia*** (YMN-2).

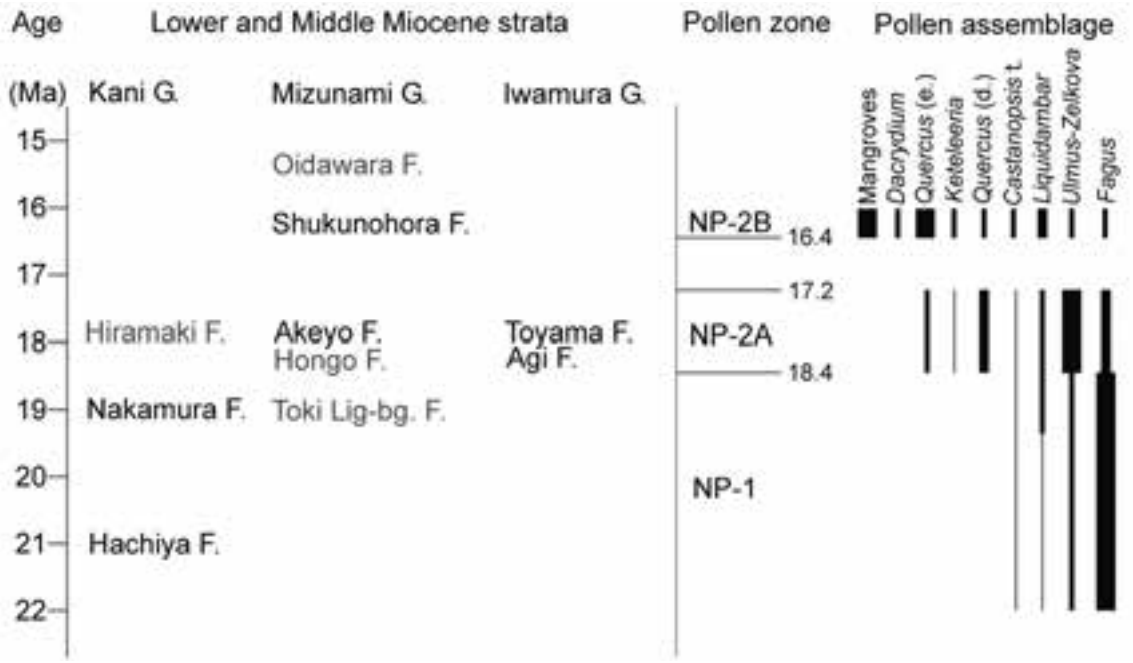


図 6. 東濃地方の瀬戸内中新統の層序学的な概略位置，新第三紀花粉帯との対比案，この地域での花粉化石の模式的な層序分布．花粉化石の報告論文がない地層については，灰色文字で示した．

Fig. 6. Schematic, stratigraphic position of the Setouchi Miocene Series in the Tono district; proposed correlation to the Neogene pollen zones; and schematic stratigraphic distribution and abundance of the selected pollen taxa in the area. The pollen assemblage is unknown from the stratigraphic units printed in gray. G. = Group, F. = Formation, Toki Lig-bg. F. = Toki Lignite-bearing Formation, *Quercus* (e.) = *Quercus* (evergreen type), *Quercus* (d.) = *Quercus* (deciduous type), *Castanopsis* t. = *Castanopsis* type.

前述の内容を整理すると，山野内部層と遠山層の花粉群集は下位の蜂屋層や中村層の花粉群集と比べ，温暖要素の産出率が比較的多い点および *Quercus* を普通に含む点で異なる．また，上位の宿洞層と比べると，*Dacrydium* を伴わず温暖要素の産出率が少ない点で異なる．これらのことから，山野内部層と遠山層の花粉群集は NP-1 帯と典型的な NP-2 帯の移行期と考えるのが妥当である．

Yamanoi（1992b）は韓国の中新統の花粉分析結果から，NP-2 帯を下部の A 亜帯と上部の B 亜帯に区分しており，B 亜帯をトロピカルスパイクの層準に，A 亜帯はそれより前の冷涼要素が多く含まれる層準としている．そして，水野ほか（1994）では山口県西部に分布する西市層の花粉群集と貝類化石の産出層準などを考慮して対比し，明世層下部は，NP-2A 亜帯となることを示唆している．NP-2 帯は台島型植物群に対応するものであり（山野井，1998），明世植物群が台島型植物群に対比されていることから（伊奈，1981），山野内部層と遠山層の花粉群集は NP-2 帯，そのうちの下部である NP-2A 亜帯に対比されるものとする．以上のことを総合し，年代値とともに整理し，この地域での花粉層序を提案する（図 6）．

NP-1 帯には蜂屋層と中村層の花粉群集が含まれ，特徴は前述のとおりである．下限の年代は不明で，上限は可児層群の中村層と平牧層の間，瑞浪層群の土岐夾炭層と本郷層の間に引くことができる．また，齊藤・諸星（1992）は岩村層群阿木層最下部に *Picea* の優占する，それより上位とは異なる 1 試料を報告しており，阿木層最下部とそれより上位の岩村層群との間も，NP-1 帯の上限となるかもしれない．中村層の年代は多数のフィッション・トラック年代および K-Ar 年代に基づき，19.6–18.4 Ma と推定されている（鹿野，2003）．また，中村層と対比されている土岐夾炭層のフィッション・トラック年代も笹尾ほか（2006）によって詳しく検討されており，年代値と既存研究を総合し，最下部の礫岩層を除く同層の堆積年代を約 20–18 Ma としている．土岐夾炭層の上位の本郷層の古地磁気がクロン C5En（18.7–18.1 Ma）であることを考慮し（入月・細山，2006），本論では NP-1 帯の上限値として 18.4 Ma を提案する．この値は Yamanoi（1992a）が設定した NP-1 帯と NP-2 帯の境界 18.5–17 Ma の中に含まれる．

NP-2A 亜帯には岩村層群の最下部を除く大部分と今回報告した明世層山野内部層の花粉群集が含まれる．NP-1 帯で優占していた *Fagus* の産出率はやや低率になり，代わって，*Quercus* を普通に産出するようになる．*Keteleelia* が産出し始めるのも特徴的である．NP-2B 亜帯との違いは，A 亜帯では *Fagus* が比較的高率に産出すること，*Dacrydium* を産出しないこと，*Quercus*（evergreen type）の産出率が比較的低いことが挙げられる．NP-2B 亜帯との境界は岩村層群と宿洞層の間になり，岩村層群の上限として入月・細山（2006）に図示され，Grandstein *et al.* (2012) によって示されたクロン C5Dn の上限値 17.2 Ma を採用すれば，17.2–16.4 Ma 間となる．

NP-2B 亜帯は宿洞層の花粉群集が含まれ，特徴は前述のとおりである．図 6 において，マングローブ植物花粉を図示し

たが，すでに述べたように，その産出は分析地点により異なる．この地域での上限は今のところ不明であるが，宿洞層の上位の生俵層からは *Dacrydium* の産出が報告されており（此松，1990），少なくとも生俵層上限の 15.7 Ma までは続く．

まとめ

1．瑞浪層群明世層山野内部層下部から主として *Ulmus-Zelkova*, *Picea*, *Pinus*, *Tsuga*, *Liquidambar*, *Fagus*, *Quercus* (evergreen type), *Quercus* （deciduous type), *Juglans-Pterocarya*, *Carpinus-Ostrya* からなる花粉群集が産出した．また，*Keteleeria*, *Pseudolarix*, *Castanopsis* type, *Podocarpus, Reevesia* などの温暖要素を伴う．

2．花粉化石群集からは落葉広葉樹と常緑広葉樹の混交林に針葉樹を伴う暖温帯の古植生が考えられ，現在とほぼ同じかやや温暖で，降水量はやや少なかったと考えられる．

3．海洋気候では冷水塊の影響が考えられる層準でも，陸上気候は温暖な古気温が推定され，海洋気候と陸上気候には，ずれがあることが明らかになった．

4．東濃地方の瀬戸内中新統から産出する花粉化石群集を整理して，NP-1 帯，NP-2A 亜帯，NP-2B 亜帯に対比した．山野内部層および対比される岩村層群の花粉群集は NP-2A 亜帯に位置づけられ，これまで幅のあった NP-1 帯と NP-2 帯の境界年代として 18.4 Ma を提案した．

謝辞

瑞浪市化石博物館の安藤佑介学芸員には，調査露頭の案内と地質の情報を提供いただいた．査読者の山形大学名誉教授の山野井　徹氏，編集担当の瑞浪市化石博物館の柄沢宏明学芸員，安藤佑介学芸員には，原稿の不備を指摘していただいた．名城大学の兵藤みのり氏，森　百合子氏には，試料の薬品処理を手伝っていただいた．以上の方々に深謝する．

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・糸魚川淳二．2018. 瑞浪北中学校敷地造成工事現場に露出した明世層中の *Crenomytilus*（エゾイガイ）密集部から産出した貝類化石．瑞浪市化石博物館研究報告 44, 特別号 : 13–24.

Grandstein F. M., J. G. Ogg, M. Schmitz, and G. Ogg. 2012. The Geologic Time Scale 2012: 1176 pp., Elsevier, Amsterdam.

波部忠重．1977. 日本産軟体動物分類学．二枚貝綱／掘足綱 : 372 p．図鑑の北隆館.

服部　保・南山典子・松村俊和．2008. 北限と上限の照葉樹林の種組成と種多様性の比較．植生学会誌 25(1): 25–35.

伊奈治行．1981. 瑞浪層群の化石―1．可児・瑞浪盆地の植物．瑞浪市化石博物館専報 2: 20 p., 40 pls.

Ina, H. 1992. Miocene vegetational and climatic history of the eastern part of the Setouchi Geologic Province, Japan. The Journal of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University 39: 47–82, 5 pls.

伊奈治行・齊藤　毅・川瀬基弘・王　偉銘．2007. 岐阜県南部の下部中新統中村層から産した *Liquidambar*（フウ属，マンサク科）の葉，果実および花粉化石．地質学雑誌 113(10): 542–545.

入月俊明・細山光也．2006. 瑞浪層群宿洞層と生俵層―熱帯浅海から最大海進期の海成層―．In: 日本地質学会（編），日本地方地質誌 4 中部地方 : 370–371，朝倉書店.

Irizuki, T., K. Yamada, T. Maruyama, and H. Ito. 2004. Paleoecology and taxonomy of Early Miocene Ostracoda and paleoenvironments of the eastern Setouchi Province, central Japan. Micropaleontology 50(2):105–148.

Itoigawa, J. 1960. Paleoecological studies of the Miocene Mizunami group, central Japan. The Journal of Earth Sciences, Nagoya University 8(2): 246–300, 5 pls.

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 1: 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 1: 50 p.

糸魚川淳二．1984. 軟体動物化石から見たデスモスチルス類の生息古環境．地団研専報 28: 35–43.

糸魚川淳二．1987. 西南日本および朝鮮半島の中新世前・中期軟体動物化石群．島根大学地質学研究報告 6: 29–38.

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.

糸魚川淳二・柴田　博．1992. 瀬戸内区の中新世古地理（改訂版）．瑞浪市化石博物館研究報告 19: 1–12.

河邑圭太・須藤 斎・柳沢幸夫．2011. 岐阜県瑞浪地域中部中新統生俵層の珪藻化石年代層序．Diatom 27: 17–32.

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 Y.-S., and J. F. Basinger. 2000. Fossil *Cathaya* (Pinaceae) pollen from the Canadian High Arctic. International Journal of Plant Sciences 161(5): 829–847.

Saito, T. 1992. Pollen morphology and species-level distinction of the genus *Fagus* from the Hachiya Formation (Lower Miocene), Mizunami Group, Japan. The Journal of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University 39: 31–46, 7 pls.

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.

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.

齊藤　毅・諸星富士子．1992. 岐阜県の中新統岩村層群の花粉分析学的研究．瑞浪市化石博物館研究報告 19: 113–124, 2 pls.

齊藤　毅・百原　新・山川千代美．2001. 古琵琶湖層群甲賀累層（鮮新統）より *Cathaya* (Pinaceae) 花粉の発見．地質学雑誌　107(10): 667–670.

Saito, T., W.-M. Wang, and T. Nakagawa. 2000. *Cathaya* (Pinaceae) pollen from Mio-Pliocene sediments in the Himi area, central Japan. Grana 39 (6): 288–293.

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累層“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.

笹尾英嗣・岩野英樹・檀原 徹．2006. 岐阜県東濃地方に分布する瑞浪層群土岐夾炭層の凝灰質砂岩のフィッション・トラック年代．地質学雑誌 112(7): 459–468.

鹿野勘次．2003. 岐阜県美濃加茂盆地の下部中新統・瑞浪層群のフィッション・トラック年代．美濃加茂市民ミュージアム紀要 2: 1–8.

水野篤行・山野井　徹・福冨孝義．1994. 本州西部の下部中新統西市層：その化石海生貝類群・花粉群と年代論，関連する古地理的問題．北九州市自然史博物館研究報告 13: 37–49.

小澤智生・井上恵介・冨田　進・田中貴也・延原尊美．1995. 日本の新第三紀暖流系軟体動物群の概要．化石 58: 20–27.

巴田　仁・米倉浩司．2009. 高等植物分類表：189 p., 北隆館.

Wright, J. D., K. G. Miller, and R. G. Fairbanks. 1992. Early and middle Miocene stable isotopes: implications for deep water circulation and climate. Paleoceanography 7(3): 357–389.

山野井　徹．1984. デスモスチルスと古植物．地団研専報 28: 25–34.

山野井　徹．1998. 日本列島の誕生と植生の形成．In: 安田喜憲・三好教夫（編），図説日本列島植生史 : 12–24．朝倉書店.

Yamanoi, T. 1992a. Miocene pollen stratigraphy of Leg l27 in the Japan Sea and comparison with the standard Neogene pollen floras of northeast Japan. In: Pisciotto, K. A. *el al*. (ed.), Proc. ODP. Sci. Results 127/128: 471–491.

Yamanoi, T. 1992b. The palyno-flora of early Middle Miocene sediments in the Pohang and Yangnam Basins, Korea. In: K. Ishizaki and T. Saito (eds.), Centenary of Japanese Micropaleontology: 473–480. Terra Scientific publishing Company, Tokyo.

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.

2017 年 11 月 12 日　原稿受理