

北海道名寄地域産中期中新世植物化石群の古植生と古環境
Paleovegetation and paleoenvironment of middle Miocene fossil flora
from Nayoro area, Hokkaido, northern Japan

論文博士 (理学) 成田 敦史
Narita Atsufumi

本研究は北海道北部名寄地域^{なよろ}周辺から産出する新生代新第三紀中期中新世後期-後期中新世 (概ね 13-11Ma ; 1Ma は 100 万年前を指す. 以下同様) の葉化石を中心とした大型植物化石群について, その堆積環境や群集組成から古植生と古環境を復元することを目的としたものである. 復元された古植生を現在の植生や他地域の植物化石群の示す古植生と比較し, その生態的・時代的意義を検討するとともに古植生を取り巻く気候条件などの古環境も考察した. 日本の中期中新世後期の植物化石群については不明な点が多かったが, 中期中新世後期の名寄地域の植物化石群は, 落葉広葉樹針葉樹混交林植生を示し, 種レベルで後期中新世以降に認められる分類群を多く含み, 後期中新世の植物化石群と本質的に差が認められなかった. また, 名寄地域の植物化石群にはブナ属の *Fagus palaeojaponica* を優占種とする山地の極相林植生とカエデ属の *Acer subcarpinifolium* を特徴的に含む局地的な河畔林の双方を含み, それらが湿潤冷温帯気候下で存在していたことも明らかとなった. 北海道内の新第三紀の各植物化石群との比較から, 名寄地域の植物化石群に認められるような落葉広葉樹針葉樹混交林植生が中期中新世後期から前期更新世前期にかけて概ね継続して湿潤冷温帯気候下で存在していたことが示唆され, そのような植生を示す最も初期の植物化石群が名寄地域の植物化石群であることが明らかとなった.

研究背景と研究方法

現在の日本列島には豊富な種組成をもつ森林植生が存在するが, その成立過程の研究には課題が残されている. 現在の森林植生の起源を明らかにするためには, 新第三紀まで歴史的に遡って過去の植生の組成と周辺環境を解析する必要があることが指摘されてきた(棚井, 1992 など). そのため, 日本列島の新第三紀における植生変化は, 植物化石群に基づいて詳しい研究がなされており, Tanai (1961) でその大綱が示され, 順に相浦型^{あいのうら}, 阿仁合型^{あにあい}, 台島型^{だいじま}, 三徳型^{みつとく}, 新庄型^{しんじょう}, 明石型^{あかし}の 6 つの植物相型が提示された. 中でも中期中新世の日本とその周辺においては, 日本海の拡大と列島形成に伴う地理的変化, 全球及び地域的な規模で起こった気候変化を背景に, 植物相と植生が特徴的に変化した. すなわち, この時代は, それまで顕著であったユーラシア大陸の植物相との共通性が次第に失われる一方で, 現在の日本列島を特徴づける植生の一つである温帯性落葉広葉樹林の構成種あるいはその直近の祖先種が出現し, 地理的に定着を始めた過渡期としてとらえることができ, 日本列島の現在の植生の成立過程を明らかにする上で最も重要であると考えられてきた. その中で前期中新世後期-中期中新世前期には常緑樹を多く含む台島型植物群が, 後期中新世には落葉樹を主体とする三徳型植物群が存在していたことが明らかとなっている. しかしながら, 中期中新世には本邦全域にわたって植物化石の産出があまり期待できない海成層が発達するため, 台島型植物群と三徳型植物群の間の時代に相当する植生を議論するための情報が少なく, その過程については十分に明らかにされておらず, Tanai (1961) の植物相型では“空白期”となっていた.

北海道北部の名寄地域周辺には, 日本列島では例外的に中期中新世の陸成層が分布しており, 大型植物化石群が含まれている. それらのうち, 名寄地域西方^{びふか}の美深層湖南凝灰質砂岩泥岩部層から得られた植物化石群 (湖南植物群) と名寄地域東方のパンケ層から得られた植物化石群 (上名寄植物群^{かみなよろ}) を中心とし, 下川町東方のモサンル層の植物化石群, 美深町恩根内の植物化石群 (恩根内植物群), 美深町川西の植物化石群 (川西植物群) についても, 新たに地質調査と化石採集を行って総計 5000 点を越える大型植物化石を現地で採集し, 化石産出層の堆積環境や化石の産状を記録・解釈することで, 名寄地域の古植生を詳細に検討した. また, 化石葉の外部形態である

葉相観と気候との関係を用いた古気候解析法である CLAMP (Climate Leaf Analysis Multivariate Program) , 葉縁による古気温解析(LMA : Leaf Margin Analysis) , ならびに葉面積による古降水量解析 (LAA : Leaf Area Analysis) を行い、推定される古気候条件も考慮し、古植生を取り巻く古環境についても考察した。

湖南植物群の古植生と古気候

湖南植物群は、13Ma 前後の中期中新世後期の時代を示す美深層湖南凝灰質砂岩泥岩部層下部の平行葉理泥岩から産出した。湖南植物群は主に葉や翼果などの化石で 33 分類群から構成され、ブナ属のアケボノイヌブナ *Fagus palaeojaponica* を優占種とし、チドリノキ近縁種のムカシチドリノキ *Acer subcarpinifolium* を含むカエデ属、トウヒ属、カバノキ科 (ハンノキ属、カバノキ属) 、カツラ属、ヤナギ属などを伴う。湖南植物群は、その産状から異地性を示す化石群であり、堆積した湖盆背後の広範な植生を示している。構成種の近似現生種の多くが冷温帯林を中心に分布していることと堆積環境を併せて考えると、湖南植物群が落葉広葉樹の優占した冷温帯の落葉広葉樹針葉樹混交林植生を代表していると考えられる。組成的な特徴は東アジアの植生区分の北方落葉広葉樹混交林であることが明らかとなった。また、同層から産出した花粉化石群組成も概ねその推定と矛盾しなかった。

湖南植物群の各分類群の葉相観を用いた古気候解析の結果、CLAMP および LAA によって推定された降水量の値は、いずれも現在の北海道地方の降水量よりもやや大きな値となり、加えて年平均気温も現在よりもやや高い値を示した。このことから中期中新世後期の湖南植物群は現在の東北地方日本海側から北海道南部に類似した湿潤冷温帯気候条件の下で成立していたことが明らかとなった。

上名寄植物群及びその他の名寄地域の植物群の古植生・古環境

上名寄植物群は、11–12Ma ころの中期中新世後期–後期中新世の時代を示すパンケ層から産出した。パンケ層は一部に湖成堆積物を含む蛇行河川堆積物であり、パンケ層の 6 層準から葉や翼果、球果などの大型化石が 34 分類群確認された。パンケ層の堆積相と植物化石群の組成、化石の産状を基に上名寄植物群の示す古植生を復元したところ、①カツラ属やムカシチドリノキ *Acer subcarpinifolium* , トウヒ属が優占する河畔植生、②トクサ属やタケ亜科単子葉類、トウヒ属、ヤナギ属、ハンノキ属を主とする後背湿地植生、③カツラ属やヤナギ属、フジキ属が優占する湖岸植生、④湖周辺ではあるがアケボノイヌブナ *Fagus palaeojaponica* 優占の山地斜面のブナ林が強調された植生の 4 タイプの植生が認められた。

モサナル層の植物化石群や恩根内植物群、川西植物群など名寄地域のその他の植物化石群も上名寄植物群に類似した組成を示し、カツラ属やサワグルミ属、ドロノキ属、ヤナギ属、ムカシチドリノキ *Acer subcarpinifolium* などが優占する河畔植生を示しているものと判断される。

名寄地域の古植生とその意義

名寄地域の古植生は、異地性を示し、より広範な植生を反映していると考えられる湖南植物群や上名寄植物群の周辺植生の様相から判断すると、大局的にはアケボノイヌブナ *Fagus palaeojaponica* を優占種とし、トウヒ属などの針葉樹やカエデ属、カバノキ科などの落葉広葉樹を随伴する冷温帯の落葉広葉樹針葉樹混交林植生であったことが明らかである。また、そのような極相林植生の中にムカシチドリノキ *Acer subcarpinifolium* やカツラ属などを優占種とする河畔植生、トウヒ属やヤナギ属を優占種とする後背湿地植生、カツラ属やヤナギ属、フジキ属が優占する湖岸植生などの局地植生が点在していることが明らかとなった。

湖南植物群や上名寄の異地性植物群の組成的な特徴や化石の産状から、アケボノイヌブナ *Fagus palaeojaponica* が当時の名寄地域の代表的な種であった可能性は極めて高い。同様に *F. palaeojaponica* が優占種となる植物化石群として北海道北東部の後期中新世の社名淵植物群や前期鮮新世の留辺蘂植物群、東北地方北

部の後期中新世の田山植物群がある。また、優占種ではなくとも普遍的に本種が含まれる化石群として、北海道東部の前期鮮新世の上里植物群や後期鮮新世の本別植物群、東北地方の後期中新世の宮田植物群や三途川植物群があり、中期中新世後期から鮮新世にかけて *F. palaeojaponica* は現在のブナ *F. crenata* のような生態的地位にあり、先行研究で指摘されていたように本種が当時の極相林の代表種であった可能性が考えられる。

また、名寄地域に見られた河畔の局地植生に着目すると、トウヒ属やカツラ属、サワグルミ属、ムカシチドリノキ *Acer subcarpinifolium* など、それらを構成していた分類群が、主に属レベルで現在の河畔の植生と類似する一方で、優占種や河畔植生中に含まれる各分類群の割合が現在の植生と異なる特徴が見られた。特に *A. subcarpinifolium* は名寄地域の複数の化石群中で優占種となっていた。現在の河畔林や溪畔林にチドリノキ *A. carpinifolium* がこれほど優占することは極めて稀である。本種とその近似現生種のチドリノキが同一種ではなく、単純比較が難しい部分もあるが、構成する分類群が似ていても植生の相観が異なっていたことが推定される。しかしながら、名寄地域の植物化石群の古植生が大局的には現在の北海道南部や東北地方、中部地方の植生に類似していることを踏まえると、生態的に現在の本州北部や北海道の植生に対比可能な群集が、少なくとも北海道においては中期中新世後期に成立していたことを示す。

名寄地域の植物化石群の時代的意義

名寄地域の植物化石群を大局的に捉えると、わずかに台島型の残存種を含むものの、アケボノイヌブナ *Fagus palaeojaponica* を優占種とし、トウヒ属などの針葉樹とカエデ属やカバノキ科などを随伴している組成を示し、Tanai (1961) の植物相型の三徳型に相当することが示唆される。そのような特徴を持った名寄地域の植物化石群の存在から Tanai (1961) で示されていた新第三紀の植物相型の“空白期”は少なくとも北海道では三徳型であることが明らかとなった。三徳型に含まれる構成種は、形態的には現生種と見分けが難しくなることが指摘されており、名寄地域の植物化石群の存在から、そのような“種の現代化”が中期中新世後期に遡ることができることを意味する。

名寄地域の植物化石群と同世代の中期中新世後期の日本列島の植物化石群は、その時代に海成層が発達するためあまり知られていないが、福島県只見や福井県の米ヶ脇などの海成層中の化石群がいくつか知られている(図1, 表1)。これらの化石群は名寄地域の化石群と同様、台島型の植物群よりも形態的に現生種により近い種から

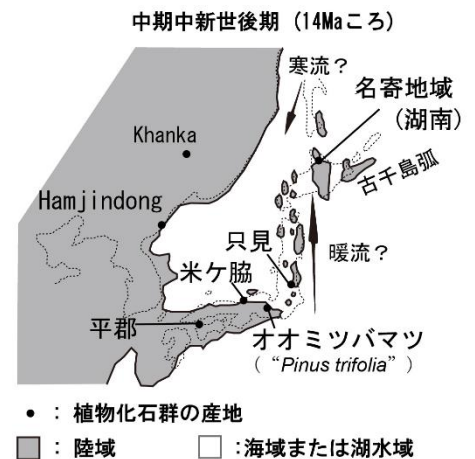


図1. 中期中新世後期の古地理と植物化石群。

表1. 中期中新世後期の日本海周辺の植物化石群。

植物化石群	湖南	只見	米ヶ脇	“オオミツバマツ”	平郡	Khanka	Hamjindong
地域	名寄(北海道)	福島県	福井県	岐阜県	山口県	ロシア沿海州	朝鮮半島北部
研究	本研究	植村 (2004)	植村・安野(1991)	Miki (1941) Tsukagoshi (2011)	植村 (2000)	Pavlyutkin (2005)	Huzioka (1972)
年代	13-14 Ma	13 Ma	13 Ma	12Ma	14-15 Ma	11-12 Ma	9.5-14 Ma
分類群の数 (種, 属, 科)	33 sp., 21 gen., 14 fam.	35 sp., 29 gen., 20 fam.	22 sp., 16 gen., 12 fam.	116 sp., 89 gen., 41 fam.	20 sp., 15 gen., 10 fam.	165 sp., 82 gen., 39 fam.	45 sp., 31 gen., 23 fam.
普遍的な分類群	<i>Fagus palaeojaponica</i> , <i>Picea</i> sp., <i>Acer subcarpinifolium</i> , <i>Betula protoglobispica</i>	<i>Machilus ugoana</i> , <i>Cyclobalanopsis natorsti</i> , <i>Betula protoglobispica</i>	<i>Fagus antipofi</i> , <i>Populus balsamoides</i> , <i>Ulmus longifolia</i>	<i>Pinus trifolia</i> , <i>Cunninghamia konishii</i> , <i>Fagus japonicoides</i>	<i>Alnus</i> sp., <i>Zelkova ungeri</i> , <i>Cyclocarya ezoana</i>	<i>Fagus chankaica</i> , <i>Metasequoia disticha</i> , <i>Taxodium dubium</i>	<i>Quercus miovariabilis</i> , <i>Liquidamber miosinica</i> , <i>Parrotia fagifolia</i>
特徴的な分類群							
常緑広葉樹の有無	×	○	○	○	○	×	○
含まれるブナ属 (<i>Fagus</i>)	<i>F. palaeojaponica</i>	<i>F. antipofi</i>	<i>F. antipofi</i>	<i>F. japonicoides</i>	none	<i>F. chankaica</i>	<i>F. antipofi</i> <i>F. protolongipetiolata</i>
植物相型	三徳型	台島・三徳混合型	阿仁合・台島 混合型	台島型?三徳型?	台島・三徳混合型	三徳型?	台島型
全緑葉率 (%)	16.0	47.0	28.6	35.5	32.1	17.2	15.8
LMAによる 年平均気温 (°C)	6.04	15.5	9.88	12.0	11.0	6.46	5.97
分類群数の影響に よるLMAの誤差(°C)	2.32	2.94	3.02	1.86	2.70	1.16	1.81

構成されている点では特徴が一致している。しかし、これらの化石群では常緑カシ類やクスノキ科を伴い、落葉広葉樹も暖温帯性のものが多く、台島型の様相を強く残しているものもある。加えて、名寄地域の植物化石群をほぼ同時代と考えられるロシア沿海州や朝鮮半島の植物化石群と比較すると、南方の化石群は明らかに台島型の組成を示しているものの、Khanka 植物群のような北方の化石群は、*Fagus palaeojaponica* に類似するブナ属やムカシドリノキ *Acer subcarpinifolium* を含むなど、名寄地域の植物群に共通する部分が認められる。また、LMA による古気温を比較すると、各化石群の地理的な位置関係と整合的で、北方ほど年平均気温が低いことが明らかになった(図1, 表1)。これらのことから、中期中新世後期に三徳型の植物群が出現したという事象は北方域に始まり、後期中新世にかけて南方に広がっていったという解釈が成り立つ。加えて、中期中新世後期の三徳型植物群の出現が、日本列島がほぼ現在の位置にまで移動を完了させたタイミングとほぼ合致することも示唆する。

名寄地域の植物化石群のうち、湖南植物群と、その前後の時代の北海道内の植物化石群を CLAMP と LAA によって解析した結果、北海道では中期中新世から前期更新世前期を通して年平均気温が8-10°C程度の範囲内で、大きな変動は認められなかった。一方、年間降水量のデータについては、中期中新世前期から中期中新世後期、そして前期鮮新世へと、段階的な降水量の増加が示唆された。このような降水量の時代的な変化は、中新世以降に認められるアジアモンスーンとの関連を考察することができるが、今回の解析結果は必ずしも全てが冬季モンスーンの強化のタイミングとは一致しておらず(図2)、今後の検討課題として残された。ただし、中期中新世後期の名寄地域の湖南植物群、およびそれ以降の時代の北海道内の植物化石群とでは、大局的には概ね継続して湿潤冷温帯気候下にあったことは明らかである。これは本州の化石群から指摘されていた中期中新世以降の寒冷化の傾向が北海道では必ずしも顕著ではない可能性が考えられる(図2)。

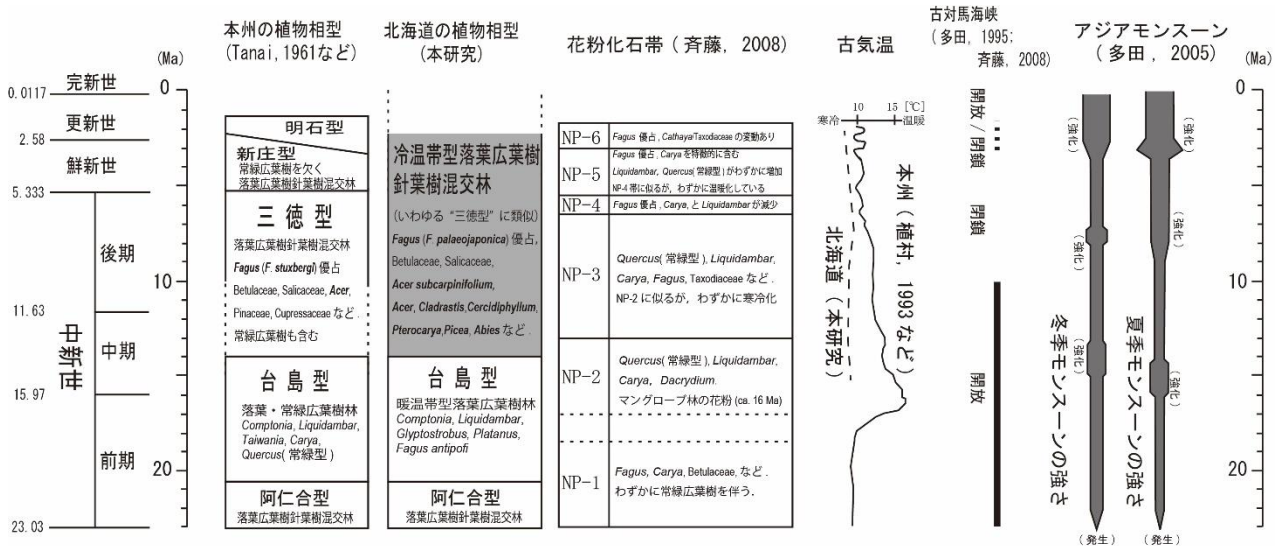


図2. 北海道と本州の新第三紀の植物相型と古環境。

一方、名寄地域の植物化石群を北海道内の中期中新世から前期更新世の化石群と比較したところ、中期中新世後期から前期更新世前期の化石群のいずれもブナ属やカバノキ科、カエデ属などの落葉広葉樹やトウヒ属などの針葉樹を含む冷温帯の落葉広葉樹針葉樹混交林の植生を示し、それらの多くの化石群でアケボノイヌブナ *Fagus palaeojaponica* またはムカシドリノキ *Acer subcarpinifolium*、あるいはその両者を含んでいた。そのような落葉広葉樹針葉樹混交林植生が中期中新世後期から少なくとも前期更新世前期まで継続して存在していた可能性が高いことが明らかとなった。以上より北海道では本州とは異なり、中期中新世後期以降、前期更新世前期まで概ね湿潤冷温帯気候下で、ブナ属やトウヒ属、カバノキ科、カエデ属等を含む冷温帯型の落葉広葉樹針葉樹混交林の植生が広がっていた可能性を強く示唆する(図2)。