

茨城県大子地域における中新世植物化石群

永戸秀雄

筑波大学大学院 地球進化科学専攻

Miocene floras in the Daigo area, Ibaraki Prefecture

Hideo Nagato

Doctoral Program of Earth Evolution Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba 305-8572, Japan (hideo.n.@rose.ocn.ne.jp)

Abstract. Plant-bearing terrestrial to shallow marine strata of Early to earliest Middle Miocene age are described from the Daigo area of Ibaraki Prefecture. They are divided into the Kitatake Formation (lower), which includes the Osawaguchi Tuff Member in its uppermost part, and the Asakawa Formation. A total of 54 species, in 26 families and 45 genera, are recognized from the two formations. They are composed mainly of deciduous dicots, associated with evergreen dicots, conifers, and herbaceous plants. Based on the floral composition and on components of evergreen and warm deciduous dicot elements, the plant assemblages are subdivided into three floras, which occur in the Kitatake Formation and the lower and upper parts of the Asakawa Formation, respectively. These three floras indicate upward warming from a warm-temperate climate to a warm-temperate to subtropical one, judged from the composition of evergreen and warm deciduous elements, and the percent of entire-margined dicot species. In addition to the floral characteristics, evidence from marine mollusks in the upper part of the Asakawa Formation and from radiometric ages indicate that these three floras represent floral and paleoclimatic changes during approximately 18 to 16 Ma, within the Daijima-type floras.

Key words: Miocene flora, Daijima-type flora, paleoclimatic, Kitatake Formation, Asakawa Formation, Daigo area, Ibaraki Prefecture.

はじめに

茨城県大子地域の第三系産植物化石の研究は、Nathorst (1888) が日本各地の新生界の植物化石を報告した中で、本地域西部の上金沢より *Comptoniphyllum japonicum* の新種を含む計9種類を記載したことに始まる。その後 Endo and Morita (1932) が、この上金沢産地から *Comptoniphyllum naumannii* Nathorst (*C. japonicum* は本種に含めた) と *Liquidambar formosana* Hance を記載し、大山 (1960) は上金沢周辺の地質概略を述べるとともに、25種類の植物化石を予察的に報告した。さらに、Tanai (1961) は日本の新第三紀植物群を総括し、大子地域の植物化石群(浅川植物群)に関しては、クスノキ科植物の温暖要素は乏しいものの、*Comptonia* (= *Comptoniphyllum*), *Quercus*, *Liquidambar* などの特徴種や植物群組成の一般的特徴から台島型植物群(藤岡, 1963; 藤岡・植村, 1979)に含められるとした。

本地域は、棚倉破砕帯の地質構造発達史の観点から新第三系についても、多くの地質学的・層序学的研究が行われている (Omori, 1958; 神谷, 1969; 大槻, 1975 など)。このうち、神谷 (1969) は、大子南部地域の第三系層

序とともに、植物や貝類化石の産出を総括し、この地域の植物化石群の変遷や“中期中新世”の海侵について述べている。同様の観点から、大槻 (1975)、高橋 (2001)、および Takahashi and Amano (1984) は、大子周辺の第三系層序や植物化石群の組成について言及している。問題となるのは、大子地域の植物化石群に典型的な台島型植物群とは多少異なり、台島型植物群よりも古い温帯性の阿仁合型植物群の要素を含む、「阿仁合型・台島型混合植物化石群」(鈴木, 1963, 1989)あるいは両型植物群の「混合型」(大山, 1960)が存在することである。しかし、Nathorst (1888) や Endo and Morita (1932) 以後の研究は、植物化石の産出リストが示されているのにとどまり、詳しい分類学的研究がなされていなかった。

最近、Horiuchi (1996) は大子地域の植物化石群を北田気層(北田気亜植物群)と浅川層(浅川亜植物群)にわけ、詳細な分類学的検討とともに、2つの亜植物群の組成的な特徴や植物群の示す古気候変遷を述べている。また、Horiuchi and Takimoto (2001) は、大子地域南部、犬吠峠の浅川層上部の植物化石群を報告し、77種におよぶ産出化石の分類学的検討を行った。しかし、Horiuchi (1996) では各化石産地の層序や産地ごとの化石群組成と産状の記

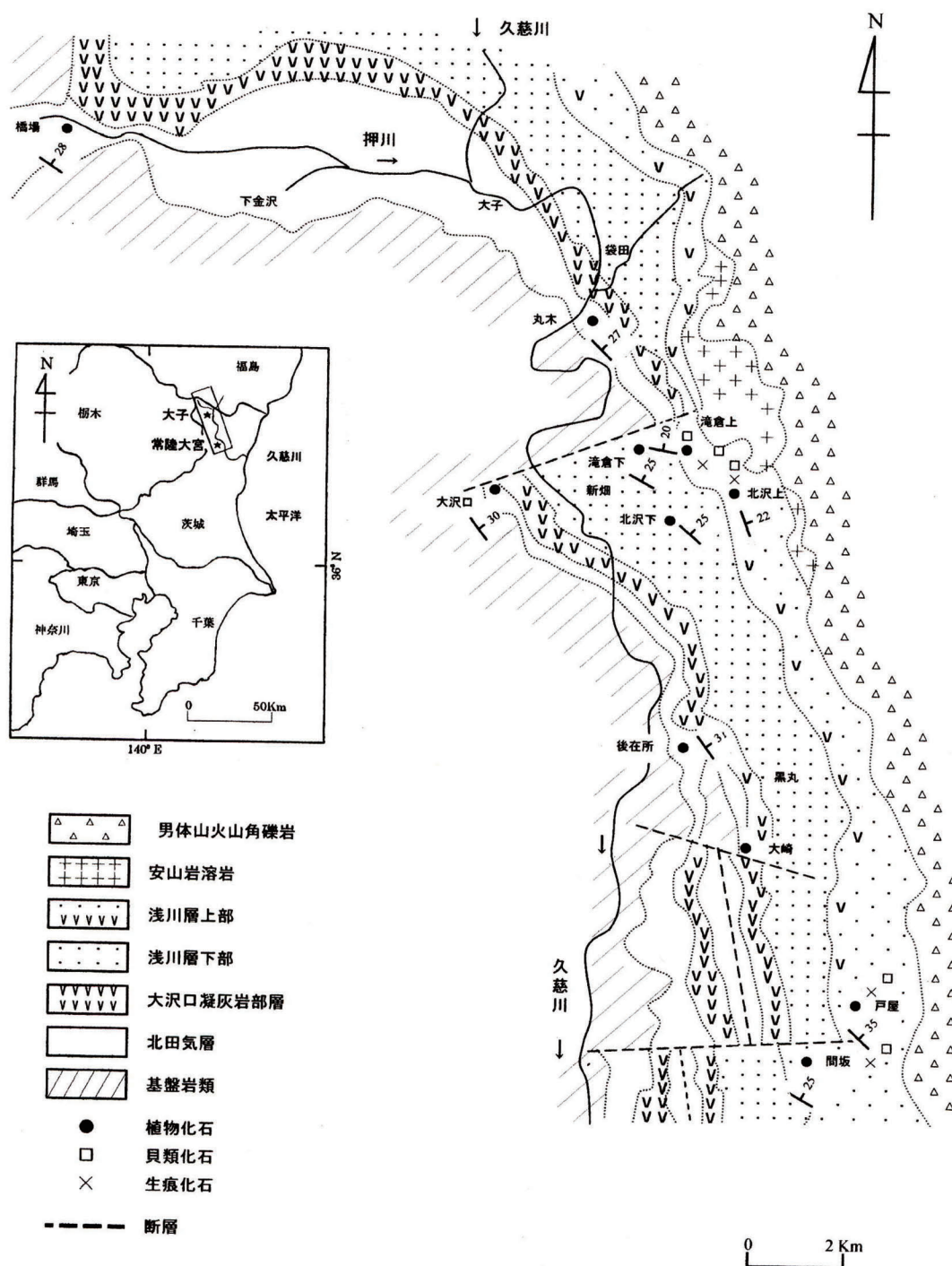


図 1. 化石産地と地質概略.

述がないため、北田気層から浅川層への詳細な植物群の解析は困難で、Horiuchi and Takimoto (2001) の浅川層上部の植物化石群との層序的な比較も今後に残されていた。

茨城県大子周辺地域の植物化石群の変遷は、中新世初期から中期に至る温暖化傾向と台島型植物群との関係を考察する際の重要な資料の一つであり、本稿ではその組成的な特徴に基づく植物群の時代的変遷について議論する。

地質概説

本地域の新第三系は、東縁を棚倉破砕帯西縁断層、北縁を棚倉破砕帯に直交する断層によって区切られ、下位より南北にのびた緩い盆状構造を呈して分布し、下位の中生界八溝帯基盤岩を不整合に覆う(大槻, 1975)。本地域の中新統の地質学的研究は、Omori (1958) をはじめ、神谷 (1969) と佐藤 (1970) らにより層序が確立され、下位より金沢層、大沢口凝灰岩層、浅川層、滝倉層、男体山集塊岩層に区分

地質 系統	地 層		層厚	柱 状 図	主 な 岩 相	化石産地	年代	
中 新 統	男体山 火山角礫岩				火山角礫岩 (兩輝石安山岩) 安山岩溶岩			
	浅 川 層	上 部	640 m		砂岩泥岩頁岩互層 細粒白色凝灰岩	滝 倉 上 北 沢 上 間 坂 戸 屋	16.4 Ma	
			980 m		砂岩泥岩互層 (斜交層理を含む) 凝灰質砂岩泥岩互層 細粒白色凝灰岩 細粒中粒砂岩互層			
		下 部	420 m		砂岩泥岩互層 (斜交層理を含む)			滝 倉 下 北 沢 下
			1160 m		砂岩礫岩互層 火山礫凝灰岩 礫岩・砂岩互層 砂質凝灰岩			
					凝灰質砂岩 白色凝灰岩 凝灰質砂岩 軽石凝灰岩			
	大沢口凝灰岩部層		60 m ~ 320 m		中粒粗粒砂岩互層 (斜交層理を含む) 砂岩泥岩互層 細粒中粒砂岩互層	後 在 所 大 沢 口		
北 田 気 層	40 m		砂岩泥岩互層 細粒中粒砂岩互層 (鱗片状黒色泥岩・炭層を含む)	丸 木 大 崎 橋 場				
	460 m		砂岩泥岩互層 凝灰質砂岩 基底礫岩					
先 第 三 系				基盤岩類 (砂岩・頁岩・チャート)				

図2. 新第三系総合模式柱状図.

されている。大槻（1975）は、新第三系を八溝帯基盤岩類由来の基底礫岩を伴う北田気層、その上位に町附砂岩部層と大円地シルト岩部層からなる浅川層、さらにその上位に男体山火山角礫岩を定義した。最下部の北田気層は、安山岩質凝灰岩によって構成される非海成塊状粗粒砂岩を主とし、最上部はきわめて良好な鍵層となる珪長質火砕流を含む大沢口凝灰岩部層が占め、その上位に粗粒砂岩を主とした浅川層が累重している。なお、調査地域の新統は、大槻（1975）が述べたように、下位より大沢口凝灰岩部層を含む北田気層と浅川層に区分される。ただし、浅川層は下部の礫岩・砂岩泥岩互層と上部の白色凝灰岩を数枚挟んだ凝灰質砂岩泥岩互層に区分される（図1、2）。

北田気層

本層は八溝基盤岩由来のホルンフェルス礫を主体とする基底礫岩を伴い、黒色泥岩を含む砂泥互層を主とする。本層は下部から基底礫岩、礫を含む凝灰質砂岩、砂岩泥岩互層が繰り返す、一部に岩屑流礫岩を含む。さらに上部になると砂岩は斜交層理を呈する細粒・中粒砂岩と、これらと互層する泥岩が重なる（図2）。これらのうち、本層下部の鱗片状に割れる黒色泥岩から保存の良い植物化石が産出した。また斜交層理を呈した泥岩を含む砂岩層の一部

にカレントリップル構造が認められた。

大沢口凝灰岩部層

本部層は北田気層の最上部を占め、角閃石を含む石英安山岩質凝灰岩火砕流堆積物を主とする。本部層の層厚は最大で320 mである。本部層は基本的に下部から凝灰質砂岩、白色凝灰岩、上部になると斜交層理を呈した細粒砂岩へと変化する（図1）。

浅川層

本層下部は大規模なフォーセットバットを呈している礫岩・砂岩泥岩互層からなり、上部は白色凝灰岩や極細粒凝灰岩を数枚挟んだ凝灰質砂岩泥岩互層からなる（図2）。神谷（1969）は滝倉地域に見られる良好な帯緑白色凝灰岩を鍵層として、下位を浅川層、凝灰岩の上位から安山岩質集塊岩の下面までを滝倉層とし、佐藤（1970）もこの見解を支持している。しかし、神谷（1969）らの滝倉層は、限られた狭い範囲のなかで定義されたものであり、大子地域の南部から北部まで広く適用するには限界がある。そこで本論では、調査地域の北部と南部に共通して数枚の厚い白色凝灰岩が認識されること、これを境に上下の著しい岩相変化を伴わないことからすべて浅川層として一括し、

表 1. 産地別化石一覧表. 葉あるいは枝葉以外の産出部位は区別して表記した.

種名	産地名	北田気層					浅川層				
		大崎	橋場	大沢口	丸木	後在所	下部		上部		
							北沢下	滝倉下	北沢上	滝倉上	戸屋 間坂
<i>Woodwardia</i> sp.		・	F	F	・	・	・	・	・	・	・
<i>Keteleeria ezoana</i>		A	・	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>K. ezoana</i> (果実)		F	・	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>Pinus miocenica</i>		C	・	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>Metasequoia occidentalis</i>		F	VA	・	VA	・	・	・	・	・	R
<i>M. occidentalis</i> (球果)		・	C	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>Actinodaphne</i> sp.		・	・	・	・	・	・	C	・	F	R
<i>Cinnamomum miocenium</i>		・	・	・	・	・	・	F	C	C	F
<i>Cinnamomum lanceolatum</i>		・	・	・	・	・	・	F	・	・	・
<i>Parabenzoin protopraecox</i>		・	・	・	R	・	・	・	・	・	・
<i>Lindera miyataensis</i>		・	・	・	・	・	・	F	・	C	C
<i>Machilus ugoana</i>		・	・	・	・	・	・	F	F	・	・
<i>Machilus</i> sp.		・	・	・	・	・	・	・	・	・	R
<i>Liquidambar miosinica</i>		C	A	・	C	・	VA	C	C	C	A
<i>L. miosinica</i> (果実)		・	F	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>Parrotia fagifolia</i>		C	F	・	C	・	R	・	C	・	・
<i>Eucommia japonica</i> (果実)		R	・	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>Zelkova ungeri</i>		A	C	・	A	・	R	・	・	R	R
<i>Ulmus longifolia</i>		・	・	・	C	・	・	・	・	・	・
<i>Ulmus</i> sp.		・	・	R	・	・	F	・	・	・	F
<i>Celtis nathorstii</i>		・	・	・	R	・	・	・	・	・	・
<i>Celtis</i> sp.		・	・	R	R	・	・	・	・	・	R
<i>Quercus miovariabilis</i>		VA	F	・	A	F	・	・	C	・	・
<i>Q. miovariabilis</i> (果実)		R	・	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>Alnus miojaponica</i>		・	A	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>Alnus usyuensis</i>		・	・	・	VA	・	C	・	C	C	・
<i>A. usyuensis</i> (果序)		・	F	・	F	・	R	・	・	・	・
<i>A. usyuensis</i> (花序)		・	・	・	F	・	・	・	・	・	・
<i>Betula uzensis</i>		F	・	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>Carpinus stenophylla</i>		VA	C	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>C. stenophylla</i> (果苞)		A	・	・	R	・	・	・	・	・	・
<i>Corylus macquarrii</i>		R	・	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>Ostrya shiragiana</i>		C	・	・	F	・	・	・	・	・	・
<i>Comptonia naumanni</i>		F	・	F	・	・	C	・	・	・	・
<i>Platycarya miocenica</i>		・	・	・	C	・	R	・	C	・	・
<i>Pterocarya japonica</i>		C	VA	・	A	・	・	・	C	・	R
<i>Cyclocarya ezoana</i>		C	・	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>C. ezoana</i> (翼果)		・	R	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>Diospyros miokaki</i>		C	F	・	F	・	・	・	・	・	C
<i>Stewartia submonadelpha</i>		・	A	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>Camellia protajaponica</i>		F	・	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>Populus aizwana</i>		・	A	・	・	・	・	A	F	C	A
<i>Salix parasachalinensis</i>		・	VA	C	C	C	・	VA	・	・	・
<i>Salix miosinica</i>		・	・	・	・	・	A	VA	・	・	VA
<i>Salix</i> sp.		・	・	・	・	・	・	・	C	A	A
<i>Salix</i> sp. (花序)		・	C	・	・	・	R	F	・	・	・
<i>Rhododendron protodilatatum</i>		・	・	・	・	・	・	・	C	・	・
<i>Tilia protajaponica</i>		C	・	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>Rosa usyuensis</i>		・	・	・	・	・	・	A	・	C	R
<i>Maackia onoei</i>		・	・	・	R	・	・	・	・	・	・
<i>Wisteria fallax</i>		C	・	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>Gleditsia miosinensis</i>		・	・	・	・	・	・	C	・	・	・
<i>Podogonium knorrii</i>		A	・	・	・	・	・	・	・	R	R
<i>P. knorrii</i> (豆果)		R	・	・	・	・	・	・	・	・	・
<i>Decodon</i> sp.		・	・	・	・	A	F	・	・	・	R
<i>Acer trilobatum</i>		・	・	・	R	・	・	・	・	・	・
<i>Acer ezoanum</i>		・	R	F	・	・	・	・	・	・	・
<i>Acer</i> sp. (果実)		・	・	・	・	・	・	・	・	・	F
<i>Alangium aequalifolium</i>		・	C	・	C	A	・	・	C	・	A
<i>Paliurus protonipponicus</i>		・	・	・	R	・	・	F	C	C	A
<i>P. protonipponicus</i> (果実)		・	・	・	・	・	・	・	・	・	R
<i>Osmanthus chanevi</i>		・	・	・	・	・	・	・	F	・	・
<i>Smilax trinervis</i>		・	・	・	・	・	・	・	F	・	C
<i>Hemitrapa borealis</i>		R	・	・	R	・	・	・	・	・	・
<i>Carex</i> sp.		・	VA	・	・	・	A	・	・	・	A
		22	17	7	20	4	11	11	14	10	9 17

VA: 51 個体以上 A: 21~50 個体 C: 6~20 個体 F: 3~5 個体 R: 2 個体以下

白色凝灰岩の下位を浅川層下部, 白色凝灰岩の上位から男
体山火山角礫岩の下位までを浅川層上部とした.

植物化石は下部の斜交層理を呈した砂岩泥岩互層と上
部の白色凝灰岩の上に重なる凝灰質砂泥互層から産出し
(図 2), 浅川層上部からは Noda *et al.* (1994) にも報告が
あるように, *Anadara cf. makiyamai*, *Siratoria siratoriensis*,
Paphia hirabayashii, *Hiatula minoensis* など, いわゆる 中期
中新世初期の門ノ沢動物群, または八尾ー門ノ沢動物群に
特徴的な種が産出する. 本層は下部から上部にかけて陸成
からデルタ, さらに海成への環境変化が認められ, 最上部
付近には浅海性貝類化石が産出する.

化石産地と層序的区分

本論での植物化石資料は, 大子周辺地域において新たに
採集した化石に基づいている. 化石産地は, 北田気層では
大崎, 橋場, 丸木, 大沢口, 後在所と浅川層下部では北沢下,
滝倉下, 浅川層上部では戸屋, 間坂, 北沢上, 滝倉上の各
地である. 浅川層上部の北沢上, 滝倉上, 戸屋からは貝類
化石も産出した (図 1).

北田気層からの植物化石の産地は, 5 ヶ所 (図 2, 3) で,
化石群集の多様性は高いが, 産地間で相互に組成的な共通
性があり, さらにすべて温暖種から構成されている. そこ

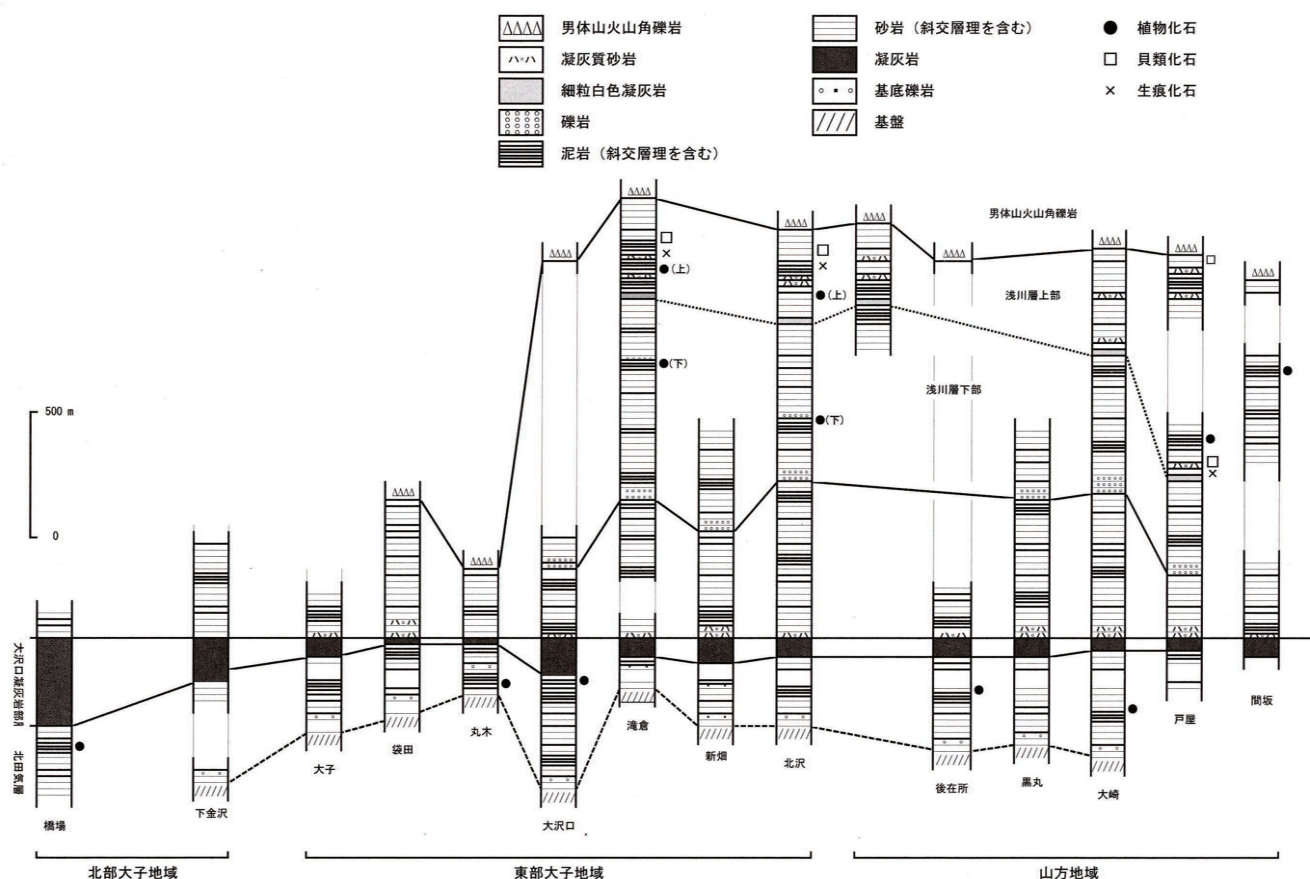


図3. 大子地域の新第三系柱状図。

で、これら北田気層中の5産地の植物化石は層序的に一括して取り扱った。また浅川層の植物化石は、最上部の4産地と下部の2産地では組成的な違いが明瞭なため、層序的にも2分した。その結果、本地域の植物化石群集は、層序的に大きく北田気層、浅川層下部、浅川層上部の群集の3つに区分できる(表1)。主要な化石産地(図1)における岩相と産状(図2)は次の通りである(表1)。

北田気層

1. 橋場

大子町上金沢橋場の押川南側の露頭で、この産地はNathorst (1888)と大山 (1960)により鎌倉館産化石として報告されている。この産地は八溝山地基盤由来の基底礫岩の上位に位置し、砂岩を主とした礫岩砂岩互層と凝灰質砂岩泥岩互層が繰り返す中の細粒・中粒砂岩互層から果実化石と共に植物化石が産出した。

2. 大崎

常陸大宮市山方の北の大崎町道左露頭で橋場産地と同じく基底礫岩の上位に位置し、泥岩を主とした細粒・中粒砂岩互層の葉理に並行して、果苞とともに細脈の保存状態の良い植物化石が産出した。

3. 丸木

大子町袋田の南の丸木林道左岸河床。八溝山地基盤由来

の基底礫岩の上位に炭層を挟む泥岩・細粒砂岩・中粒砂岩・礫を含む凝灰質砂岩、そして級化層理を呈する砂岩層が確認できる。これらのうち、薄い炭層の上位で細粒砂岩と中粒砂岩の間に挟まれた泥岩から球果状集合果や果序を含んだ植物化石と水生植物を含む水生の茎や多くの根の化石が混在して産した。

4. 後在所

常陸大宮市山方後在所で山方と大子町の境の尾根付近。ここではスランプ構造を呈した礫岩を含む中粒・細粒砂岩泥岩互層と、その上に部分的に砂岩泥岩互層含み斜交層理を呈する砂岩層が重なる。凝灰岩中に部分的に含まれた砂岩泥岩互層から植物化石が多産した。

浅川層下部

1. 北沢下

大子町西金湯沢から古分屋敷間の北沢公民館前の露頭。ここでは斜交層理を呈した砂岩泥岩互層・火山礫凝灰岩・礫岩が重なり、その上位にブーマシーケンスを呈する砂岩泥岩互層が繰り返し累重している。これらのうち斜交層理を呈した砂岩泥岩互層から植物化石が多産した。

2. 滝倉下

大子町頃藤川下から奥丸をすぎた北東の北側の露頭で、礫岩と砂岩泥岩互層が繰り返し斜交層理を呈した砂岩泥

表 2. 大子植物群の組成

Pteridophyta (シダ植物門)	<i>Platycarya miocenica</i> Hu et Chaney
Family Blechnaceae (シシガシラ科)	<i>Pterocarya japonica</i> (Tanai) Uemura
<i>Woodwardia</i> sp.	<i>Cyclocarya ezoana</i> (Tanai et N. Suzuki) Wolfe et Tanai
Coniferophyta (針葉樹門)	Family Ebenaceae (カキノキ科)
Family Pinaceae (マツ科)	<i>Diospyros miokaki</i> Hu et Chaney
<i>Keteleeria ezoana</i> Tanai	Family Theaceae (ツバキ科)
<i>Pinus miocenica</i> Tanai	<i>Stewartia submonadelpha</i> Tanai et Onoe
Family Taxodiaceae (スギ科)	<i>Camellia protojaponica</i> Huzioka
<i>Metasequoia occidentalis</i> (Newberry) Chaney	Family Salicaceae (ヤナギ科)
Angiospermae (被子植物亜門)	<i>Populus aizuana</i> Huzioka et K. Suzuki
Dicotyledoneae (双子葉類)	<i>Salix parasachalinensis</i> Tanai et N. Suzuki
Family Lauraceae (クスノキ科)	<i>Salix miosinica</i> Hu et Chaney
<i>Actinodaphne</i> sp.	<i>Salix</i> sp.
<i>Cinnamomum miocenium</i> Morita	Family Ericaceae (ツツジ科)
<i>Cinnamomum lanceolatum</i> (Unger) Heer	<i>Rhododendron protodilatatum</i> Tanai et Onoe
<i>Parabenzoin protopraecox</i> (Endo) Tanai	Family Tiliaceae (シナノキ科)
<i>Lindera miyataensis</i> Huzioka et Uemura	<i>Tilia protojaponica</i> Endo
<i>Machilus ugoana</i> Huzioka	Family Rosaceae (バラ科)
<i>Machilus</i> sp.	<i>Rosa usyuensis</i> Tanai
Family Hamamelidaceae (マンサク科)	Family Fabaceae (マメ科)
<i>Liquidambar miosinica</i> Hu et Chaney	<i>Maackia onoei</i> Matsuo
<i>Parrotia jagifolia</i> (Goeppert) Heer	<i>Wisteria fallax</i> (Nathorst) Tanai et Onoe
Family Eucommiaceae (トチュウ科)	<i>Gleditsia miosinensis</i> Hu et Chaney
<i>Eucommia japonica</i> Tanai (果実)	<i>Podogonium knorrii</i> A. Braun
Family Ulmaceae (ニレ科)	Family Lythraceae (ミソハギ科)
<i>Zelkova ungeri</i> (Ettingshausen) Kovats	<i>Decodon</i> sp.
<i>Ulmus longifolia</i> Unger	Family Trapaceae (ヒシ科)
<i>Ulmus</i> sp.	<i>Hemitrapa borealis</i> (Heer) Miki
<i>Celtis nathorstii</i> Tanai et Onoe	Family Aceraceae (カエデ科)
<i>Celtis</i> sp.	<i>Acer trilobatum</i> (Sternberg) Al. Braun
Family Fagaceae (ブナ科)	<i>Acer ezoanum</i> Oishi et Huzioka
<i>Quercus miocariabilis</i> Hu et Chaney	Family Alangiaceae (ウリノキ科)
Family Betulaceae (カバノキ科)	<i>Alangium aequalifolium</i> (Goeppert) Krysh. et Borsuk
<i>Alnus miojaponica</i> Tanai	Family Rhamnaceae (クロウメモドキ科)
<i>Alnus usyuensis</i> Huzioka	<i>Paliurus protonipponicus</i> K. Suzuki
<i>Betula uzensis</i> Tanai	Family Olacaceae (モクセイ科)
<i>Carpinus stenophylla</i> Nathorst	<i>Osmanthus chaneyi</i> Matsuo
<i>Corylus macquarrii</i> (Forbes) Heer	Monocotyledoneae (単子葉類)
<i>Ostrya shiragiana</i> Huzioka	Family Liliaceae (ユリ科)
Family Myricaceae (ヤマモモ科)	<i>Smilax trinervis</i> Morita
<i>Comptonia naumanni</i> (Nathorst) Huzioka	Family Cyperaceae (カヤツリグサ科)
Family Juglandaceae (クルミ科)	<i>Carex</i> sp.

岩互層か植物化石が産出した。

浅川層上部

1. 間坂

常陸大宮市山方の東の間坂の林道北側露頭で砂岩を主とする斜交層理を呈した泥岩・中粒砂岩互層から植物化石が産出した。

2. 戸屋

常陸大宮市山方の北東の諸沢戸屋の林道左側露頭で凝灰質砂岩を主とする斜交層理を呈した砂岩・細粒中粒砂岩互層、凝灰質砂岩が繰り返す層準から植物化石が産出した。

3. 北沢上

大子町西金北沢公民館から北に向かった沢の滝倉付近の白色凝灰岩の上位で凝灰質砂岩と砂泥互層の繰り返す黒色泥岩から植物化石が産出した。さらに、その上位の白色凝灰岩を挟んだ砂泥互層から海成と考えられる大型で密集した砂管状の生痕化石が確認され、そのさらに上位から八尾一門ノ沢動物群に特徴的な貝類化石を産出した (図3)。

4. 滝倉上

大子町西金の滝倉公民館の町道北側露頭で白色凝灰岩の上位で砂岩泥岩互層を主とした中粒砂岩に挟まれた層厚約2mの細粒砂岩・泥岩互層の炭質シルト岩か植物化

石が産出した。さらに、その上位から海生貝類化石が産出した。

植物化石群の組成

北田気層と浅川層から採集した化石標本のうち、葉身が2/3の以上、または上部、基部、葉脈、葉縁鋸歯、葉柄などの特徴を基に種属などが同定できる標本を1個体として、これまでに総計2459点を検討した。その結果シダ植物の1科1属1種、針葉樹の2科3属3種、被子植物50種のうち、2種(2科2属)は単子葉類、残りは双子葉類である(表1, 2)。

同定した50種のうち、シダ植物の *Woodwardia*、単子葉類の *Carex* および *Smilax* は草本の生活型である。また、双子葉類の *Hemitrapa* は果実のみで葉などの栄養器官が不明であるが、現生 *Trapa* と同様、水生の草本と考えられる。残り46種は木本である。針葉樹3種は *Metasequoia* が落葉、*Keteleeria* と *Pinus* が常緑の針葉樹である。木本の双子葉類(広葉樹)は、*Actinodaphne*、*Cinnamomum*、*Machilus*、*Camellia*、*Osmanthus* 属の計7種が常緑、残り36種は落葉樹で、落葉広葉樹が優勢である。なお、単子葉類の2種は落葉、シダ植物の *Woodwardia* は常緑である。

広葉樹33種のうち、全縁葉は15種(*Actinodaphne* sp., *Cinnamomum miocenium*, *C. lanceolatum*, *Parabenzoin protopraecox*,

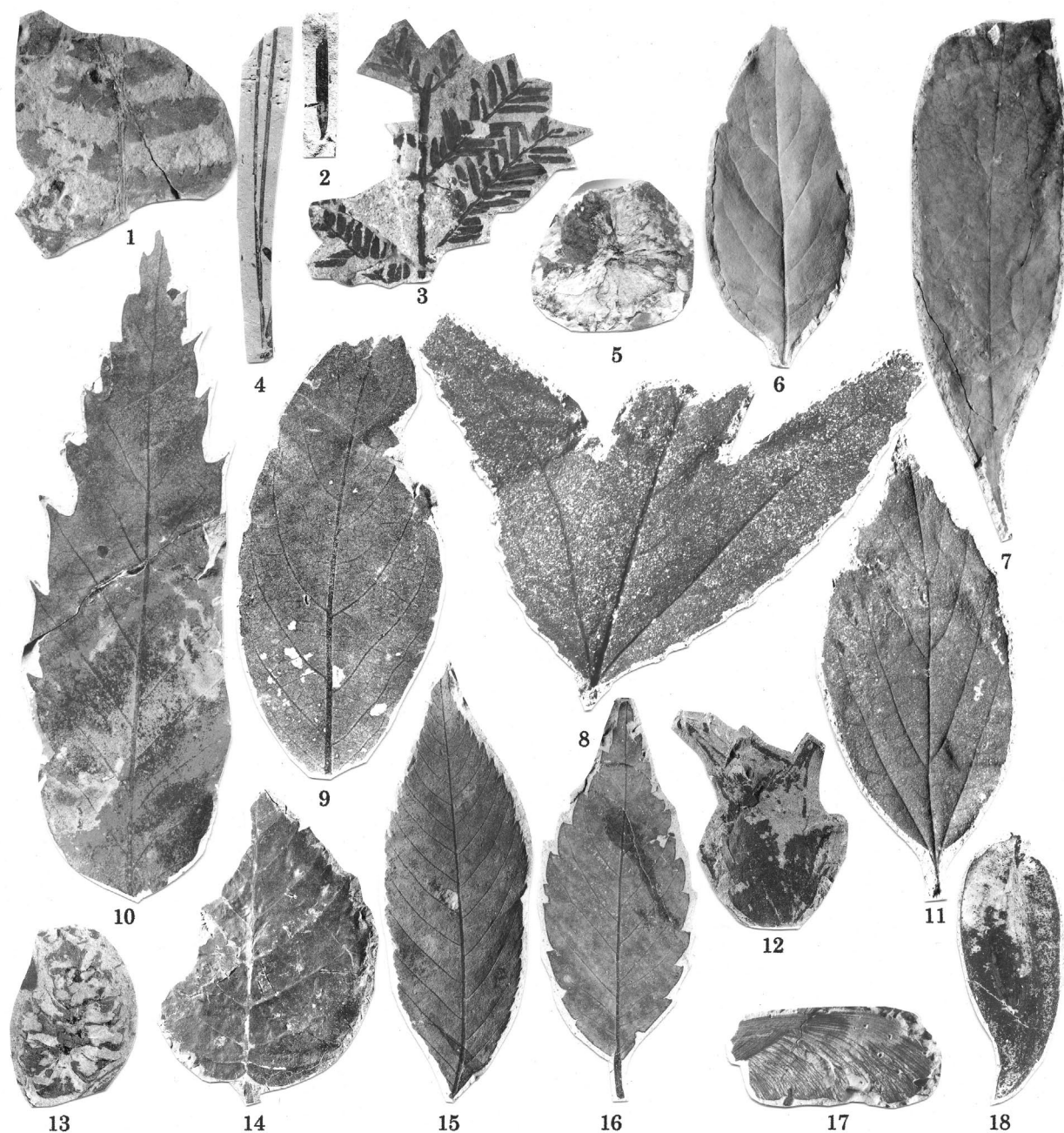


図4. 北田気層・浅川層から産出する植物化石（倍数を示したものを以外は全て原寸大．種名に続き，産地名，登録番号を示した．IGUTは筑波大学地球科学系の登録略号）．1. *Woodwardia* sp., 橋場, IGUT 50501 ($\times 1.5$); 2. *Keteleeria ezoana* Tanai, 大崎, IGUT 50502; 3. *Metasequoia occidentalis* (Newberry) Chaney, 丸木, IGUT 50503; 4. *Pinus miocenica* Tanai, 大崎, IGUT 50504; 5. *Liquidambar miosinica* Hu and Chaney (果実), 戸屋, IGUT 50505 ($\times 1.5$); 6. *Linderia miyataensis* Huzioka et Uemura, 戸屋, IGUT 50506; 7. *Machilus ugoana* Huzioka, 戸屋, IGUT 50507; 8. *Liquidambar miosinica* Hu and Chaney, 丸木, IGUT 50508; 9. *Diospyros miokaki* Hu and Chaney, 大崎, IGUT 50509; 10. *Quercus miovariabilis* Hu and Chaney, 大崎, IGUT 50510; 11. *Parrotia fagifolia* (Goepfert) Heer, 丸木, IGUT 50511; 12. *Hemitrapa borealis* (Heer) Miki, 丸木, IGUT 50512; 13. *Alnus usyuensis* Huzioka (球果状集合果), 丸木, IGUT 50513 ($\times 2.0$); 14. *Alnus usyuensis* Huzioka, 丸木, IGUT 50514; 15. *Carpinus stenophylla* Nathorst, 大崎, IGUT 50515; 16. *Zelkova ungeri* (Ettingshausen) Kovats, 大崎, IGUT 50516; 17. *Acer* sp. (果実), 間坂, IGUT 50517; 18. *Eucommia japonica* Tanai (果実), 大崎, IGUT 50518 ($\times 2.0$).

Linderia miyataensis, *Machilus ugoana*, *Machilus* sp., *Diospyros miokaki*, *Maackia onoei*, *Wisteria fallax*, *Podogonium knorrii*, *Decodon* sp., *Alangium aequalifolium*, *Smilax trinervis*) である．

それらのなかで北田気層では39種が認められ多様な種構成はカバノキ科（4属6種），ニレ科（3属5種），ク

ルミ科（3属3種），マメ科（3属3種）である．この層準は阿仁合型植物群に産する *Alnus usyuensis*, *Hemitrapa borealis*, *Acer ezoanum* などが産出し，さらに阿仁合型植物群と台島型植物群の両者に産する *Metasequoia occidentalis*, *Zelkova ungeri*, *Pterocarya japonica* などが多産する落葉広

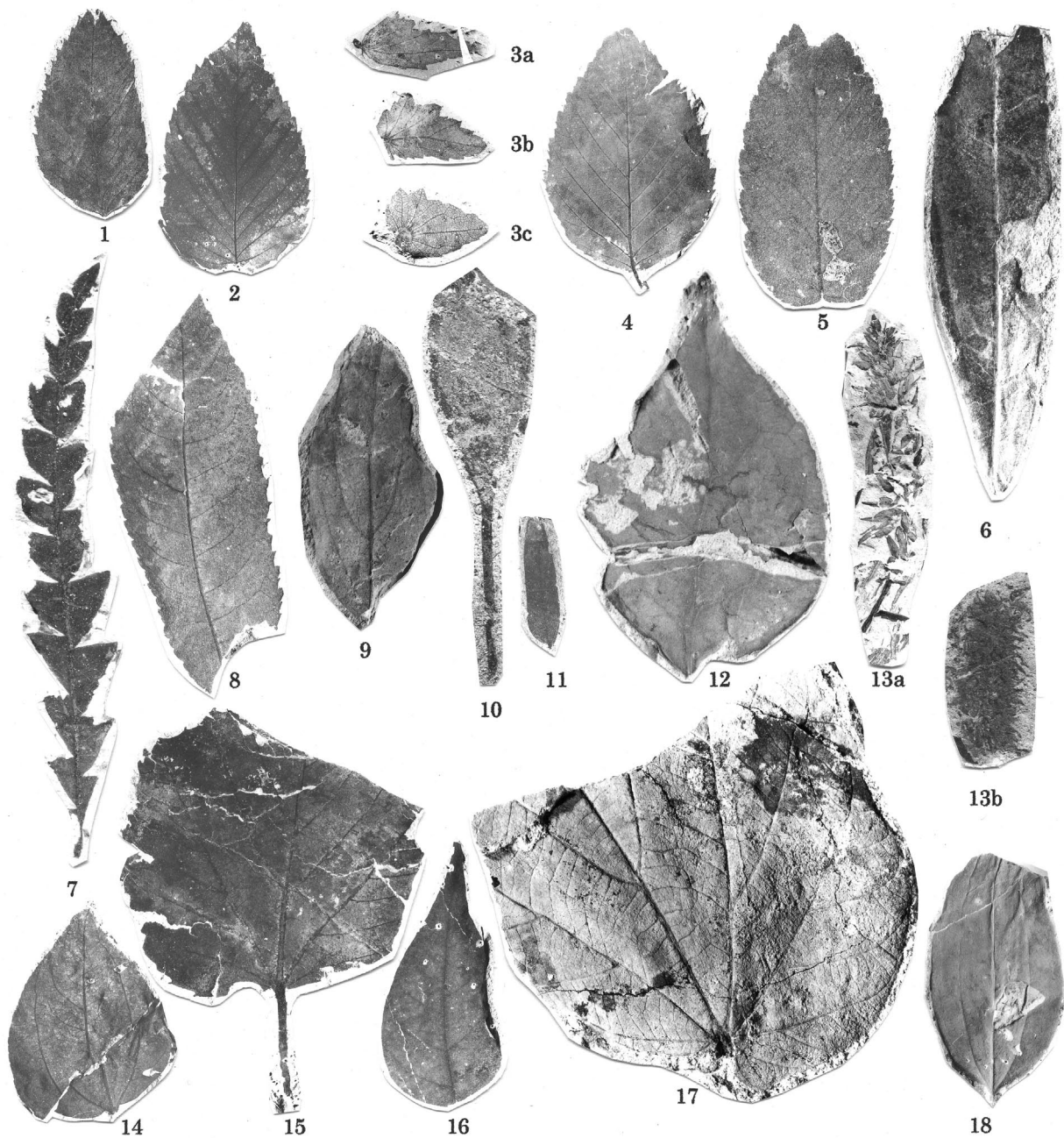


図5. 植物化石 (続き, 倍数を示したもの以外は原寸大). 1, 2. *Carpinus stenophylla* Nathorst, 大崎, IGUT 50519, 50520; 3a, 3b, 3c. *Carpinus stenophylla* Nathorst (果苞), 大崎, IGUT 50521, 50522, 50523; 4, 5. *Ostrya shiragiana* Huzioka, 大崎, IGUT 50524, 50525; 6. *Salix* sp., 北沢, IGUT 50526; 7. *Comptonia naumannii* (Nathorst) Huzioka, 橋場, IGUT 50527 ($\times 1.5$); 8. *Pterocarya japonica* (Tanai) Uemura, 大崎, IGUT 50528; 9. *Cinnamomum miocenium* Morita, 戸屋, IGUT 50529; 10. *Podogonium knorrii* A. Braun (豆果), 大崎, IGUT 50530 ($\times 2.0$); 11. *Podogonium knorrii* A. Braun, 大崎, IGUT 50531; 12. *Populus aizuana* Huzioka et Suzuki, 戸屋, IGUT 50532; 13a. *Salix* sp., 橋場, IGUT 50533; 13b. *Salix* sp., 北沢, IGUT 50534; 14. *Paliurus protonipponicus* K. Suzuki, 間坂, IGUT 50535; 15. *Tilia protojaponica* Endo, 大崎, IGUT 50536; 16. *Wisteria fallax* (Nathorst) Tanai et Onoe, 大崎, IGUT 50537; 17. *Alangium aequalifolium* (Goeppert) Krysht. et Borsuk, 間坂, IGUT 50538; 18. *Smilax trinervis* Morita, 戸屋, IGUT 50539.

葉樹の優勢な組成である。 *Alnus usyuensis* は砂泥互層に挟まれた黒色泥岩から葉に伴って雌雄花 (果) 序を産した。これら北田気層のすべての産出種から計算される全緑葉率は20%である (Wolfe, 1979)。

浅川層下部では18種が認められ多様な種構成はクスノ

キ科 (3属3種), ヤナギ科 (3属3種) である。この層準からは *Liquidambar miosinica* が多産し、滝倉下において *Salix miosinica*, *Populus aizuana* や *Salix parasachalinensis* とその果序が大量に産出する。さらに、ここでは *Rosa usyuensis*, *Gleditsia miosinensis* など随伴した。これら

浅川層下部のすべての産出種から計算される全緑葉率は 29% である。

浅川層上部では 29 種が認められ多様な種構成はクスノキ科 (5 属 5 種), ニレ科 (3 属 3 種), ヤナギ科 (3 属 3 種) である。この層準の各産地からは亜熱帯要素の *Paliurus protonipponicus* が多産するが、カバノキ科と *Comptonia naumanni* は産出していない。特に、浅川層上位においては常緑樹の *A. oishii*, *C. miocenum*, *C. lanceolatum*, *L. miyataensis*, *Machilus ugoana* を産した。これら浅川層上部のすべての産出種から計算される全緑葉率は 42% である。

考察

北田気層上部を占める大沢口凝灰岩部層は、広域的な火砕流堆積物の特徴を示す。この凝灰岩層をもたらした火山活動は、栃木県茂木地域に求められるので、本部層は、山ノ内層 (石塚・星, 1997) に対比されると考えられる。この山ノ内層の K-Ar 年代値は、16.9~16.6 Ma に集中することから (高橋, 2001), 大沢口凝灰岩部層の年代も 16.8 Ma 前後と考えられる。一方、浅川層の貝類化石群集は、本地域南方の常陸大宮市山方里前の玉川層から記載された貝類群集に類似する。この対比の結果と、浅川層が下位の非海成層である北田気層から漸移し、デルタから浅海に至っていることを考慮すると、この層準は、いわゆる中期中新世初期の海進期に対応すると考えられる。本邦の新第三紀年代学の総括 (例えば、斎藤, 1999) によると、これらの八尾一門ノ沢動物群の年代は、16.4~15.0 Ma の範囲にあると解釈され、本地域の海成層のはじまりを 16.4 Ma と見積もることが可能である。

北田気層の岩相と化石組成と産状からあわせて判断すると、本層は河川から湖沼成で高木を含む落葉広葉樹の卓越した温暖で多湿環境下で堆積し、低地植生を反映した植物化石群を産するものと考えられる。また、この層は破損した葉化石が少なく *Carpinus stenophylla* などは果苞を多産する。これら北田気層の植物化石が泥岩・細粒中粒砂岩互層の平行葉理の岩相から産することから、移動運搬の少ない化石群集で、堆積場周辺の低地植生を反映したものと考えられる。浅川層の下部層準は、河川からデルタに至る堆積場で河畔の植生を反映した植物群を示している。浅川層上部では常緑樹を産し、亜熱帯要素の強い海洋の影響を受けていたものと判断される。Wolfe (1979) や Wing and Greenwood (1993) によると、被子植物の広葉樹 (木本) の全緑葉率と年平均気温との間には、高い相関関係にあることが指摘されている。本論では、北田気層の全緑葉率は 20% (Wolfe, 1979), 浅川層下部では 29%, 浅川層上部では 42% である。また、Horiuchi (1996) の示した全緑葉率は、北田気層で 27%, 浅川層で 40% であるが、それらの化石産地は詳しく示されていない。この Horiuchi (1996) の報告と本論の全緑葉率とは違いがあるが、Horiuchi and Takimoto (2001) では浅川層の上

部の 1 産地から 77 種が採集され、その全緑葉率は 43% で、これは本論の浅川層上部 (4 産地) の全緑葉率 42% と一致する。

本地域の北田気層と浅川層は、火山碎屑岩、湖沼・河川性堆積物など多様な堆積相からなる地層で、一般に植物化石群は特定の種が多産して随伴種が少ない。このような、特定の種が多産する堆積物中に認められる化石群ではか全緑葉率が低くなる可能性があるとされている (Wolfe, 1979)。

以上のような植物化石組成の特徴から、今回扱った群集を下部より北田気層、浅川層下部、浅川層上部の 3 層準に区分することができた。また、これらの化石群全体をみると、中間温帯から暖温帯を強く示す多様な落葉広葉樹で特徴づけられている。日本の前期中新世植物群に知られている阿仁合型植物群および台島型植物群と今回の植物化石群を比較すると、冷温帯の要素を指示する種が欠けており、阿仁合型から台島型への移行でも、さらに混合型でもなく、むしろ台島型植物群に相当するものと判断される。また群集全体としては、湖沼などの陸成から河川〜デルタ〜浅海へと堆積場が変化する中で、その最終期に亜熱帯的海洋の侵入による植生変化を強く反映したものであると思われる。

神谷 (1969) は茨城県久慈川北部の中新統植物化石群から推定される堆積当時の古気候は、温暖化傾向があると述べている。鹿野・柳沢 (1989) は台島型植物群が 22 Ma 頃に出現し 14~13 Ma まで認められる一方、阿仁合型植物群が 19~18 Ma 頃と 16~15 Ma 頃の少なくとも 2 層準にわたり認められると指摘している。本地域の浅川層植物化石群の下部と上部で、それぞれ河川性の温暖群集と、沿岸性の温暖性から亜熱帯性群集が認められたことは、神谷 (1969) が本地域の浅川層で下部から上部に向かって温暖化傾向が認められ、その原因が少なくとも浅川層堆積時の海侵に関係していると指摘したこと整合的である。また、本地域の浅川層上部の植物化石組成は、Horiuchi and Takimoto (2001) の大子地域南部の犬吠峠から報告した浅川層上部の植物化石群と非常に類似している。さらに、鹿野・柳沢 (1989) の指摘した古気候の変遷を考慮すると、この植物化石群が温暖帯のものだけからなり、さらに時代とともに温暖化が認められること、また北田気層上部の地質年代が 16.8 Ma 前後であることなどから、ほぼ 18~16.4 Ma 頃の温暖化期に相当するものと判断される。

まとめ

- (1) 茨城県大子周辺地域の第三系の新第三系の層序学的研究を行い、大沢口凝灰岩部層を含む北田気層と浅川層に区分し、さらに浅川層を上部と下部に細区分した。
- (2) 岩相對比と化石組成に基づいて化石産地を大きく北田気層、浅川層下部、浅川層上部の 3 つの層準に分け、北田気層は後背地の植生に左右される陸成層、そして浅

川層上部は海洋環境を強く反映した場、さらに浅川層下部を北田気層の陸域から浅川層上部の浅海へと推移する堆積環境を反映した群集と解釈した。

(3) 植物化石群は北田気層が中間温帯、浅川層は暖温帯から一部亜熱帯へ変化し、特に浅川層最上位の一部では亜熱帯的海洋の影響を受けていたものと判断した。

謝辞

本論を作成するにあたり、野外調査・原稿の査読・貝類化石の同定など多方面に亘り始終ご指導を頂いた筑波大学大学院生命環境科学研究科、小笠原憲四郎博士に深く感謝する。さらに野外調査において有益なご助言を頂いた筑波大学大学院生命環境科学研究科、小川勇二郎博士、古植物に関してご指導頂いた国立科学博物館、植村和彦博士、野外調査において有益な助言を頂いた筑波大学大学院生命環境科学研究科、菊池芳文博士、前茨城県立水戸農業高等学校長、二階堂章信氏に深く感謝する。

文献

- Endo, S. and Morita, H., 1932. Notes on the genera *Comptoniophyllum* and *Liquidambar*. *Science Reports of the Tohoku Imperial University, Second Series*, **15**, 41-53.
- Horiuchi, J., 1996. Neogene floras of the Kanto District. *Science Reports of the Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Section B*, **17**, 109-208.
- Horiuchi, J. and Takimoto, H., 2001. Plant mega-fossils from the late Early to early Middle Miocene Asakawa Formation at Inuboe Pass, Ibaraki Prefecture, Kanto District, Japan. *Bulletin of Ibaraki Nature Museum*, (4), 1-32.
- 藤岡一男, 1963. 阿仁合型植物群と台島型植物群. 化石, (5), 39-50.
- 藤岡一男・植村和彦, 1979. 中新世中期、台島階における *Comptonia-Liquidambar* forest. 秋田大学鉱山学部地下資源研究施設報告, (45), 37-50.
- 石塚 治・星 博幸, 1997. 栃木県茂木地域に分布する前・中期中新世火山岩類の K-Ar 年代. 地質学雑誌, **103**, 946-970.
- 鹿野和彦・柳沢幸夫, 1989. 阿仁合型植物群及び台島型植物群の年代. 地質調査所月報, **40**, 647-653.
- 神谷英利, 1969. 茨城県久慈川流域北部の第三系とくにその層相変化について. 地質学雑誌, **75**, 157-170.
- Nathorst, A. G., 1888. Zur fossilen Flora Japan's. *Palaeontologische Abhandlungen*, **4**, 197-250.
- Noda, H., Kikuchi, Y. and Nikaido, A., 1994. Middle Miocene molluscan fauna from the Tamagawa Formation in Ibaraki Prefecture, northern Kanto, Japan, Arcid-Potamid Fauna in the Tanakura Tectonic Zone. *Science Reports of the Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Section B*, **15**, 81-102.
- 大槻憲四郎, 1975. 棚倉破砕帯の地質構造. 東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告, (76), 1-71.
- Omori, M., 1958. On the Geological history of the Tertiary System in the southwestern part of the Abukuma Mountainland, with special reference to the geological meaning of the Tanakura Sheared Zone. *Science Reports of the Tokyo Kyouiku Daigaku, Section C*, **6**, 55-116.
- 大山年次, 1960. 茨城県上金沢中新世植物群豫報. 東北大学(地質学)理科報告, 特別号, (4), 488-490.
- 斎藤常正, 1999. 最近の古地磁気層序の改訂と日本の標準微化石層準. 石油技術協会誌, **64**, 1-15.
- 佐藤 修, 1970. 茨城県大子一山方地域に分布する新第三系の変質. 新潟大学理学部地質鉱物学教室研究報告, (3), 45-66.
- 鈴木敬治, 1963. 植物化石よりみた東北日本新第三系一中新統下部層と植物化石群一. 化石, (5), 63-77.
- 鈴木敬治, 1989. 東北本州弧南部における中～下部中新統の植物化石層位. 地質学論集, (32), 197-205.
- Takahashi, H. and Amano, K., 1984. Miocene transgression in and around the Tanakura Shear Zone. *Bulletin of the College of General Education, Ibaraki University*, (16), 149-162.
- 高橋宏和, 2001. 新生代軟体動物古生物学の最近の進展と課題, 棚倉破砕帯の Arcid-Potamid 群集. 生物科学, **53**, 168-177.
- Tanai, T., 1961. Neogene floral change in Japan. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series IV*, **11**, 119-398, pls. 1-32.
- Wing, S. L. and Greenwood, D. R., 1993. Fossils and fossil climate: the case for equable continental interiors in the Eocene. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, **341**, 243-252.
- Wolfe, J. A., 1979. Temperature parameters of humid to mesic forests of Eastern Asia and relation to forests of other regions of the Northern Hemisphere and Australasia. *United States Geological Survey Professional Paper*, **1106**, 1-37.

