

論文

上部中新統土岐口陶土層堆積盆地とその周辺の古地形変化に伴う古植生の変化

百原 新*・齋藤 毅**

Change of paleovegetation caused by topographic change in and around a sedimentary basin of the Upper Miocene Tokiguchi Porcelain Clay Formation, central Japan

Arata Momohara* and Takeshi Saito**

Abstract

Species composition of plant macrofossil assemblages from the Tokiguchi Porcelain Clay Formation in Tajimi City, central Japan are compared on a stratigraphic basis. The formation was deposited in a fluvial environment in a sedimentary basin at about 10 Ma (early Late Miocene). The fossil assemblages always contained subtropical elements indicating warm climate. Cool temperate elements increased in the upper horizon, along with herbaceous taxa including annuals. This change is thought to reflect topographic changes in and around the sedimentary basin. During deposition of the lower horizon, plant macrofossils were derived from wetland vegetation and forests between the distal end of the fan and uplands along the sedimentary basin. The forest there was composed mainly of deciduous broad-leaved trees mixed with conifers and evergreen broad-leaved trees, and the herb layer was less developed. During deposition of the upper horizon, the drainage basin of the river expanded to include higher mountains, from which the cool temperate elements were derived. Active tectonism at this time increased disturbance, creating the habitat which enabled herbaceous plants (including annuals) to grow on the deposits of a large gravelly rivers.

Key words: annual plants, disturbance, early Late Miocene, herbaceous plants, palaeoclimate, palaeotopography, palaeovegetation, plant macrofossil assemblages, sedimentary basin

はじめに

中期中新世末から後期中新世初頭 (12~9 Ma) にかけて堆積したと考えられている (陶土団体研究グループ, 1999), 岐阜県南部に分布する土岐口陶土層と愛知県北部に分布する瀬戸陶土層からは, 保存状態のよい植物化石が多産する. これらの地層は Miki (1941) により「オオミツバマツ層 (*Pinus trifolia* bed)」と名付けられ, オオミツバマツ *Pinus trifolia* (Miki, 1939) とイチイヒノキ *Metasequoia disticha* を含む 83 種類の植物化石が記載された. その後 Miki (1952, 1955 a, b, 1956, 1957 など) は 116 種類の植物化石を報告した (三木, 1963). Ozaki (1991) は瀬戸陶土層から葉化石群を記載し, 陶土団体研究グループ (1999) は土岐口陶土層から新たに大型植物化石群を記載するとともに, それらを東海層群の層序の中に位置づけた.

一方, 土岐口陶土層と瀬戸陶土層の堆積環境や, 堆積盆地とその周辺の古地形は, 中山・陶土団体研究グループ (1989 a, b), 中山 (1991), Nakayama (1999), 實吉ほか (2000) に

よって復元された. しかしながら, これまでの陶土層の古植物学的, 堆積学的研究は, 堆積盆地とその周辺に分布する古地形と古植生との関係について明らかにしていない. 特に, 土岐口陶土層の堆積期から陶土層を覆う土岐砂礫層の堆積期へと堆積盆地とその周辺の古地形が大きく変化したと考えられており (中山・陶土団体研究グループ, 1989 b), それに伴う植生や植物相の変化が予想されるので, 大型植物化石群の種構成と堆積環境の層位変化を詳しく調べる必要がある.

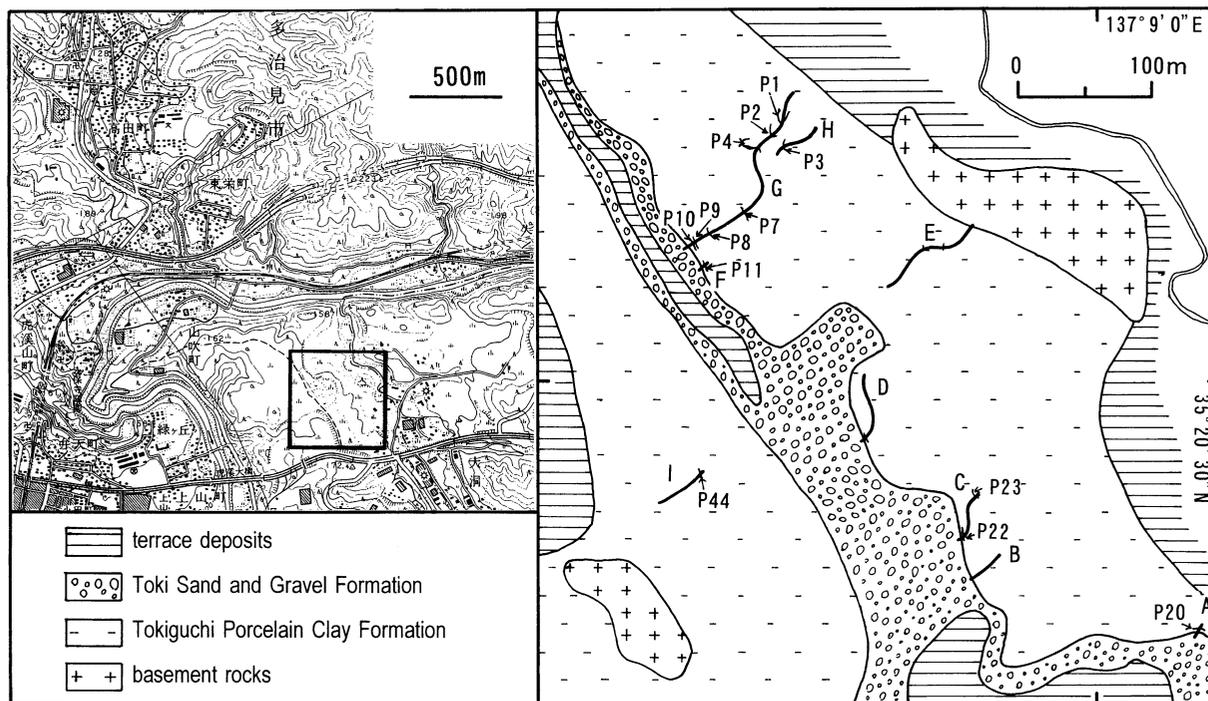
本研究では, 土岐口陶土層の分布域のうち大型植物化石群が豊富で, 露頭の連続がよく土岐口陶土層から土岐砂礫層への堆積環境の変化が連続的に追跡できる, 岐阜県多治見市大洞の菱屋鉦山 (図 1) で, 堆積盆地とその周辺の古地形や堆積環境の変化に伴う古植生と植物相の変化を明らかにする. これまでの陶土層の大型植物化石研究では主に木本植物相の記載だけが行われてきたが, 本研究では直径 0.25 mm 以上の微細な植物化石も拾い上げるとともに植物化石の産出量を検討し, 草本層を含めた古植生の復元を試みる.

調査地域の層序と堆積相

調査地域の多治見市大洞菱屋鉦山 (図 1) に分布する土岐口陶土層は層厚 25~30 m で, 基盤岩である美濃帯のチャートを不整合に覆い, 中礫から大礫サイズの亜円礫によって構成される土岐砂礫層に覆われる (図 2). 調査地域の基盤岩は,

* 千葉大学園芸学部緑地・環境学科
Department of Environmental Science, Faculty of Horticulture, Chiba University, 648 Matsudo, 271-8510, Japan

** 名城大学理工学部環境創造学科
Department of Environmental Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Meijo University, Nagoya 468-8502, Japan



第1図 調査地域の位置と地質図

地質図の範囲を左図に示す。地質図には第2図の柱状図の作成地点(A~I)と大型植物化石群P1~P44の位置を示す。左図は国土地理院発行2万5千分の1地形図「土岐」をもとに作成。

風化が進み細かい節理のはいった白色チャートで、調査地域の南西部と北東部に残丘状の高まりを構成する(図1)。土岐口陶土層は、1片数kmの四角形の小陥没盆地内に分布する崖垂や扇状地、沼沢地に堆積した地層である(中山・陶土団体研究グループ, 1989b; 陶土団体研究グループ, 1999; 實吉ほか, 2000)。調査地域での土岐口陶土層の堆積相は、塊状泥層と、トラフ型斜交層理の発達した砂層、平行葉理が発達した泥と砂の互層、泥支持礫層、火山灰層に分けられる(図2)。

塊状泥層は厚さ1~3m、灰色のシルトないし粘土によって構成される。地点E, D, G, Iの陶土層の中部から上部では、直径数mmから数cmの木質の植物根がしばしば見られる。植物根は泥層の上部から下方へとほぼ垂直方向へ伸び、下方へと分枝する。地点Gの120m北西で、P7直下の泥層と同層準の泥層から採取した植物根は、針葉樹のものであった(能城同定)。根の上端は砂層によって切られていることが多く、地上部の樹幹は見られない。植物根が密集する塊状泥層の上部は有機質になり、褐色をおびることがある。この塊状泥層は、實吉ほか(2000)の堆積相Fm, Frに相当し、河川の後背湿地で浮遊・沈降により堆積したと考えられる。

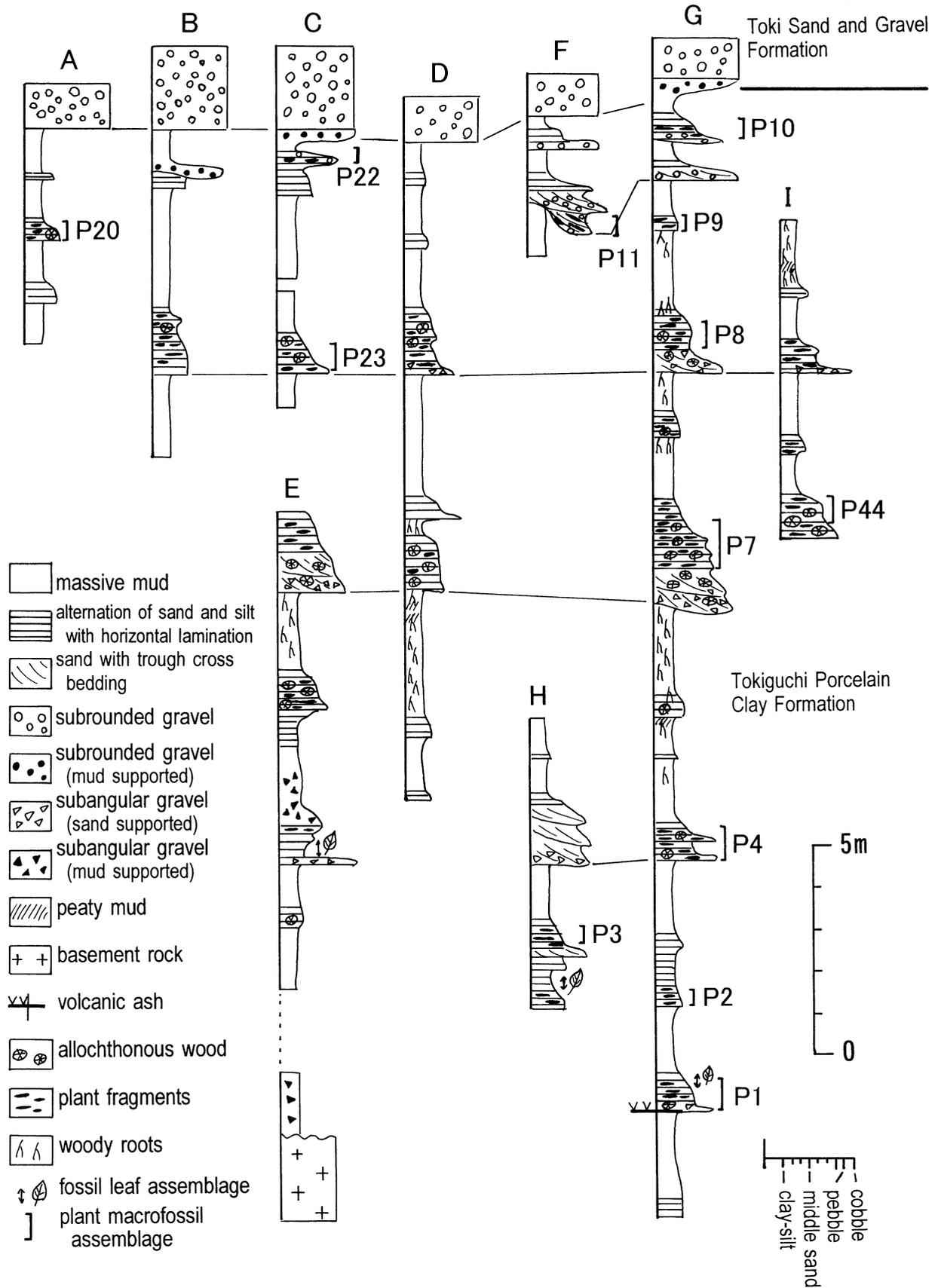
トラフ型斜交層理の発達した砂層は、下位の塊状泥層を浸食して堆積し、淘汰の良い中粒砂~極粗粒砂から構成される。砂層の最下部には細礫ないし小礫が含まれ、上方へと細粒化する。上方または側方に向かって、平行葉理が発達した泥と砂の互層へと変化する。材幹や枝、マツ属球果といった比較的大型の植物片がしばしば散在する。果実、種子、枝条、葉

などの小型の植物片を含むことは稀であるが、地点Fの砂層には、種実類の密集層(大型植物化石群P11)が含まれる。トラフ型斜交層理の発達した砂層は實吉ほか(2000)の堆積相Stに相当し、ベッドロードにより運搬、堆積した砂からなる河道内堆積物と考えられる。

平行葉理が発達した泥と砂の互層は、粗粒砂サイズからシルトサイズまで正級化するか、まれに逆級化する厚さ数cmから10cm前後の単層の繰り返しである。最も下位の地層では細礫を含むことがあり、上方へと細粒化し、塊状泥層へと漸移する。砂質部にはリップル葉理が見られ、材片や、果実、種子、枝条などの植物片の密集層が挟在する。シルトないし極細粒砂からなる泥質部では、広葉樹葉が密集することがある。實吉ほか(2000)の堆積相Fiに相当し、河川の洪水流によって後背湿地に堆積した堆積物だと考えられる。トラフ型斜交層理の発達した砂層から側方ないし上方へとこの堆積相に漸移することは、河道から後背湿地への洪水流の流速変化や、河道の移動に伴う上方への流速の減衰過程を示している。

泥支持礫層は、泥を基質とする不淘汰塊状の礫層である。陶土層の基盤に近いE地点では、垂角礫ないし角礫が泥層中に含まれ、土岐砂礫層の直下の塊状泥層には亜円礫が含まれる。土石流によって運搬、堆積したと考えられる。

土岐口陶土層の砂層や礫層に含まれる礫は、土岐砂礫層基底より約2m下位までは調査地域の基盤岩を構成するチャートと同じ種類の白色チャートの垂角礫ないし角礫で構成される。それよりも上位では亜角礫ないし亜円礫で構成され、黒や赤のチャートや砂岩、凝灰岩、濃飛流紋岩、ホルン



第2図 調査地域の地質柱状図

フェルス、花崗岩起源と考えられる長石や石英といった、土岐砂礫層を構成する礫と同じ種類の礫や砂粒子が白色チャートに混じるようになる。

火山灰層は地点 G の陶土層下部に分布し、厚さ 4 cm、白色、細粒である。この火山灰層のフィッシュトラック年代は、調査地域の西北西約 900 m の地点から採取された試料を用いて 9.7 ± 0.4 Ma の値が測定された (安藤ほか, 1999)。

試料と方法

調査地域の土岐口陶土層に含まれる 13 の大型植物化石群 (図 2) の種構成を調べた。大型植物化石群 P 11 はトラフ型斜行層理が発達する砂層中のもので、それ以外の化石群は平行葉理が発達した泥と砂の互層中のものである。化石群 P 11, P 22, P 10 以外の化石群の基質を構成する砂粒子は、角張った白色チャートだけから構成される。一方、化石群 P 11, P 22, P 10 を含む砂層は砂粒子の組成が多様で、白色チャート以外に赤色、黒色チャート、砂岩、凝灰岩、流紋岩、ホルンフェルス、長石、石英を含み、亜円礫が含まれる。

大型植物化石は、露頭で直接採取したほか、堆積物を 0.25 mm 以上の目の篩を用いて水洗篩分することによって得た。固結した有機質シルト (P 1, P 20) は 1% 水酸化カリウム溶液に浸して堆積物を柔らかくした後、水洗篩分を行った。堆積物の中で植物化石が密集する部分 200 cm³ をとり、0.25 mm 目と 0.5 mm 目の両方の篩を用いて水洗し、篩の上の残渣から実体顕微鏡下で植物化石を拾い上げ、各分類群の各部位ごとに個数を数えた。破片で産出した化石は、完全な形で単位堆積物あたり何個になるかを考慮して数えた。マツ科の針葉は、基部と先端のうち分類群の区別がつくほうの数で数え、ヒノキ科とスギ科の枝条の個数は長さ 1 cm 分を 1 個と数えた。植物化石の産出量は、堆積物 100 cm³ あたりに含まれる個数を自然対数に換算し、100 cm³ あたり 2 個以下を 1, 3~7 個を 2, 8~20 個を 3, 21~54 個を 4, 55 個以上を 5 と表示した (表 1)。さらに、化石群あたり 2000~9000 cm³ の堆積物 (表 2) を 0.5 mm 目もしくは 1 mm 目の篩で水洗し、新たに見つかった分類群を産出量 1 と表示した。拾い上げた化石は 70% エタノールに液浸し、千葉大学園芸学部保管している。

化石の同定は千葉大学園芸学部および中国科学院昆明植物研究所所蔵の現生植物標本との比較により行ったほか、Miki (1952, 1955 a, b, 1956, 1957), 三木 (1963) の記載を参考にした。これまでに陶土層から記載されていなかった分類群や、三木が化石種として記載したのもでも現生分類群と形態が類似する場合は、現生分類群にあてはめた。形態が類似しているが多少の差があり、産出した化石と現生分類群の形態変異の比較検討がさらに必要なものについては、cf. をつけて近似種とした。種間の形態の区別が困難なイヌシデ、アカシデ、イワシデを含むイヌシデ型クマシデ属のように、対応する現生分類群が複数ある場合、そのうちの 1 分類群に代表させ、型 (-type) として表示した。なお、三木が記載した化石種の中には、記載文のないものや、1959 年以降の発表のものでホロタイプの標本指定がないものなど、国際植物命名規約

(Greuter, 1994) 上無効なものが多い。これらの化石種はクォーターションマークをつけて示した (表 1)。

結 果

13 の大型植物化石群から、樹木 124 分類群、籐本 18 分類群、草本 48 分類群の計 190 分類群が得られた (表 1)。これらの分類群のうち、セコイア *Sequoia sempervirens* はほぼすべての化石群で産出し、しかも産出量が多かった。セコイアは他の分類群に比べて破損が少なく、分枝した枝条の先に球果や雄花序がついた状態で産出した。8 以上の化石群に含まれ、化石群によっては 100 cm³ あたり 3 個以上含まれていた分類群は、高木性樹種ではフジマツ *Pinus fujii* とオオミツバマツ *P. trifolia* を含むマツ属複維管束亜属 *Pinus subgen. Diploxylon*, シキシマミズメ *Betula adstigmata*, イヌシデ型クマシデ属 *Carpinus tschonoskii* type, ムカシブナ *Fagus stuxbergi*, コナラ属クヌギ節 *Quercus cf. chenii*, リョウブ *Clethra barbinervis*, 低木性樹種ではクロモジ型クロモジ属 *Lindera umbellata* type, キイチゴ属 A および B *Rubus* sp. A, B, ドウダンツツジ属 *Enkianthus* sp., ハイノキ *Symplocos myrtacea*, ムラサキシキブ属 *Callicarpa* sp., 草本ではスゲ属アゼスゲ節 *Carex sect. Carex*, ヒゴクサ節型スゲ属 *Carex sect. Extensae* type, アブラガヤ型ホタルイ属 *Scirpus wichurae* type である。これらのほか、高木性針葉樹のアラスギ属 *Keteleeria* とイヌカラマツ *Pseudolarix amabilis* は一部の化石群で 100 cm³ あたり 8 個以上含まれていた。一方、多産はしないが 8 以上の化石群に含まれていた分類群は、高木性樹種のヒメシャラ *Stewartia monadelpha*, イヌマンサク *Fortunearia sinensis* と低木性樹種のシキシママンサク *Hamamelis parrotioidea*, アカメガシワ *Mallotus japonica*, ゴンズイ *Euscaphis japonica*, ザラミエゴノキ *Styrax rugosus*, 草本のオモダカ属 *Sagittaria* sp. である。

分類群の産出層位を比較すると、陶土層下部の化石群 P 1~P 44 だけに含まれる分類群は、木本 10 分類群、籐本 2 分類群と少ない。一方、陶土層上部の化石群 P 8~P 22 だけに含まれる分類群は木本 54 分類群、籐本 7 分類群、草本 35 分類群で、陶土層上部で新たに多くの分類群が出現したことを示している。コナラ属クヌギ節とフウ属 *Liquidambar* sp. は P 4 より上位の化石群にのみ産出する。ヤマグワ型クワ属 *Morus australis* type, エゴノキ *Styrax japonicus*, ツボスミレ型スミレ属 *Viola velecunda* type は P 20 より上位の 4 化石群すべてに含まれているが、それより下位の化石群ではみられない。化石群 P 11 は 130 分類群からなるが、このうち木本 25 分類群、籐本 2 分類群、草本 12 分類群がこの化石群だけに含まれる。この化石群は産出量の多い複数の分類群を含む他の化石群とは異なり、多くの分類群が少量ずつ産出する傾向がある。

今回産出した分類群を、現存する近縁種の分布の南限や北限の気温によって区分すると、Momohara (1994) の亜熱帯要素、暖温帯要素、中間温帯要素、冷温帯要素に分類できる。このうち、温量指数 120 (°C・month) の地域よりも南に分布

第1表つづき

taxa	plant part	P1	P2	P3	P4	P7	P44	P8	P23	P9	P20	P11	P22	P10
<i>Ehretia acuminata</i> R.Br. var. <i>obovata</i> (Lindl.) Johnst.	st										1	1		1
<i>Premna japonica</i> Miq.	f									1		1		
<i>Paulownia tomentosa</i> (Thunb.) Steuder	s							1				1		
<i>Viburnum dilatatum</i> Thunb. type	st			1		1		1	1	1	1		1	
<i>Viburnum furcatum</i> Bl.	st													1
<i>Viburnum odoratissimum</i> Ker. var. <i>awabuki</i> (K.Koch) Zabel	st				1							1		
<i>Viburnum plicatum</i> Thunb. var. <i>tomentosum</i> (Thunb.) Miq.	st							1				1		
<i>Weigela</i> sp.	s							1				1	1	1
Vines														
<i>Sargentodoxa cuneata</i> (Oliv.) Rehd. et Wils.	s											1		
<i>Stephania</i> sp.	s		1	1			1					1		
<i>Cocculus orbiculatus</i> (L.) Forman	s								1					
<i>Sinomenium acutum</i> (Thunb.) Rehd. et Wilson	s											1		1
<i>Actinidia arguta</i> (Sieb. et Zucc.) Planch.	s										1	1		
<i>Actinidia latifolia</i> (Gardn. et Champ.) Merr.	s	1		1								1		
<i>Actinidia polygama</i> (Sieb. et Zucc.) Planch. type	s	1						1		1		1		1
<i>Actinidia rufa</i> (Sieb. et Zucc.) Planch. type	s					1		1			1	1		1
<i>Actinidia</i> sp.	s		1	1								1		1
<i>Wisteria</i> sp.	f		1											
	b													
<i>Sabia japonica</i> Maxim.	st			1								1		1
<i>Ampelopsis glandulosa</i> (Wall.) Momiyama	s											1	1	
var. <i>heterophylla</i> (Thunb.) Momiyama														
<i>Cayratia albifolia</i> C.L.Li	s												1	
<i>Cayratia megasperma</i> Miki	s			1		1	1			1	1	1		
<i>Cayratia orbitalis</i> Miki	s		1	1	1		1					1		
<i>Vitis brachypoda</i> Miki	s		1											
<i>Vitis ficifolia</i> Bunge var. <i>lobata</i> (Regel) Nakai type	s		1	1	1			1				1		
<i>Vitis labruscoidea</i> Miki	s										1	1		
Herbs														
<i>Selaginella remotifolia</i> Spring	ms												1	
<i>Selaginella</i> sp.	ms												1	
<i>Fatoua villosa</i> (Thunb.) Nakai	s												1	
<i>Elatostema umbellatum</i> Blume var. <i>majus</i> Maxim. type	f												1	
<i>Pilea</i> sp.	f												1	
<i>Boehmeria japonica</i> (L.f.) Miq. var. <i>longispica</i> (Steud.) Yahara type	f												1	1
<i>Boehmeria nipponivea</i> Koidz.	f												1	
Urticaceae	f			1			1						1	
<i>Persicaria longiseta</i> (De Bruyn) Kitagawa type	f									1		1	1	1
<i>Persicaria scabra</i> (Moench) Mold. type	f											1		
<i>Ranunculus kazusensis</i> Makino	f											1		1
<i>Ranunculus</i> sp.	f									1	1			
<i>Dichocarpum nipponicum</i> (Fr.) W.T.Wang et Hisao type	s												1	
<i>Dichocarpum trachyspermum</i> (Maxim.) W.T.Wang et Hisao	s												1	1
<i>Nupher</i> sp.	s			1						1		1		
<i>Corydalis pallida</i> (Thunb.) Pers. type	s												1	
<i>Hypericum</i> sp.	s			1		1			1				1	1
<i>Triadenum japonicum</i> (Blume) Makino	s												1	
<i>Duchesnea indica</i> (Andr.) Focke	f											1		1
<i>Potentilla</i> sp.	f										1			1
<i>Euphorbia sieboldiana</i> Morr. et Decne. type	s											1		
<i>Euphorbia</i> sp.	s											1		
<i>Viola pumilio</i> W.Becker type	s													1
<i>Viola verecunda</i> A.Gray type	s										1	1	1	1
<i>Trapa mamillifera</i> Miki	f													1
<i>Trapa</i>	sp												1	
<i>Ludwigia</i> sp.	s											1		
<i>Solanum</i> sp.	s										1	1		1
<i>Trapella sinensis</i> Oliver	f										1			1
<i>Ajuga</i> sp.	f											1		1
<i>Mosla dianthera</i> (Hamilt.) Maxim.	f										1	1		1
<i>Mosla punctulata</i> (J.F.Gmel.) Nakai type	f													1
Labiatae	f													1
<i>Sambucus chinensis</i> Lindl.	st											1	1	1
<i>Sagittaria</i> sp.	f		1		1				1	1	1	1	1	1
<i>Potamogeton maackianus</i> Benn type	st											1		
<i>Potamogeton pusilla</i> L. type	st		1					1		1	1		1	1
<i>Carex maackii</i> Maxim. type	f											1		1
<i>Carex vesicaria</i> L. type	f													1
<i>Carex</i> sect. <i>Carex</i>	f	1	1		1	1		2	1	3	3	1	3	3
<i>Carex</i> sect. <i>Extensae</i> type	f	2	1	1	1	1		1	1	1	2	1	1	2
<i>Carex formosensis</i> Lev. et Van. type	f					1		1	1	1				1
<i>Carex</i> sect. <i>Praecocces</i>	f										1	1		
cf. <i>Cyperus</i> sp.	f				1				2					
<i>Scirpus mitsukurianus</i> Makino	f							1						1
<i>Scirpus wichurae</i> Bocklr. type	f	1			1	1	1	3	1	3	2			1
Cyperaceae	f		2		1									
<i>Tricyrtis</i> sp.	s									1	1			1
<i>Galeola septentrionalis</i> Reichb. fil.	s										1			

第2表 土岐口陶土層の大型植物化石群の種構成

大型植物化石群	P1	P2	P3	P4	P7	P44	P8	P23	P9	P20	P11	P22	P10
処理した堆積物量(10 ³ cm ³)	2	3	4	9	3	2.2	3	4.2	3.5	3	8	3	5
木本種数	20	31	48	29	25	22	34	29	23	35	87	41	35
藤本種数	2	6	7	2	2	2	3	0	2	5	14	1	5
草本種数	3	5	4	6	4	3	6	9	10	14	29	12	24
全種数	25	42	59	37	31	27	43	38	35	54	130	54	64
草本種数割合(%)	12	12	7	16	13	11	14	24	29	26	22	22	38
常緑広葉樹種数	3	2	7	3	1	1	0	1	0	0	5	3	2
亜熱帯要素種数	3	3	6	3	1	2	4	1	1	2	11	3	4
冷温帯要素種数	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	5	3	2
陽地性草本種数	0	0	1	0	1	0	0	1	1	4	12	3	9
林床草本種数	0	0	0	0	1	0	1	2	3	1	7	2	3
水湿地生草本種数	3	5	3	6	2	3	5	6	6	9	10	7	12
一年生草本種数	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	2	3

の北限がある亜熱帯要素の植物は、すべての化石群に含まれる(表2)。亜熱帯要素の植物は中国南部の温量指数 160 (°C・month) の地域を分布北限とするチャセングリ属 *Reevesia* sp. をはじめ、ウラジロエノキ属 *Trema* sp., オオイタビ型イチジク属 *Ficus pumila* type, オガタマノキ属 *Michelia* sp., ナンキンハゼ *Sapium sebiferum*, センダン *Melia azedarach*, チャンチンモドキ *Choerospondias axillaris*, シキシマハマナツメ *Paliurus nipponicus*, エゴハンノキ属 *Alniphyllum* cf. *eberhardtii*, ハマクサギ *Premna japonica*, サンゴジュ *Viburnum odoratissimum* var. *awabuki*, ハスノハカズラ属 *Stephania* sp., マタタビ属 *Actinidia latifolia*, シマサルナシ型マタタビ属 *Actinidia rufa* type の 14 分類群が含まれる。亜熱帯要素と暖温帯要素の植物のうち常緑広葉樹種は、マテバシイ属 *Lithocarpus*, イチイガシ *Quercus gilva* を含むコナラ属アカガシ亜属 *Q.* subgen. *Cyclobalanopsis*, オオイタビ型イチジク属, オガタマノキ属, ヒサカキ型ヒサカキ属 *Eurya japonica* type, ヤマビワ型アワブキ属 *Meliosma rigida* type, モチノキ型モチノキ属 *Ilex integra* type, ハイノキ *Symplocos myrtacea*, サンゴジュの 9 分類群が産出した。常緑広葉樹種は陶土層の下部の化石群 P1~P44 には必ず含まれていたが, 上部の化石群のうち P8, P9, P20 には含まれていなかった(表2)。一方, 冷温帯要素の植物は, P9 よりも下位の化石群にはヒメシャラだけが含まれているが, 陶土層最上部の化石群 P11, P22, P10 は 2~5 分類群の冷温帯要素の植物を含む(表2)。これらの化石群は, ヒメシャラ以外に, トウヒ属バラモミ節 *Picea* sect. *Picea*, マツ属単維管束亜属 *Pinus* subgen. *Haploxylen*, サワシバ *Carpinus cordata*, キハダ *Phellodendron amurense*, カジカエダ *Acer diabolicum*, オオバアサガラ *Pterostyrax hispidus*, オオカメノキ *Viburnum furcatum* を含み, 冷温帯要素の組成が多様である。

分類群の生活型に基づいて化石群の種構成を比較すると, 木本や藤本の種数の層位変化はないが, 草本の種数はより上位の化石群で増加する(表2)。草本の種数が全種数に占める割合は陶土層下部の化石群 P1~P44 で 7~16%, 陶土層上部の化石群 P8~P10 では 14~38% である。草本分類群を

生育環境ごとに分類すると, 陶土層下部の化石群では水湿地生以外の草本は少ない。草地や林縁などの比較的乾燥した明るい場所を好む分類群や, 林床に生育する分類群は, P9 よりも上位の化石群で多くなる。クワクサ *Fatoua villosa*, イスタデ型タデ属 *Persicaria longiseta* type, サナエタデ型タデ属 *P. scabra* type, イボビシ *Trapa mammilifera* を含むヒシ属, ヒメジソ *Mosla dianthera*, イヌコウジュ型イヌコウジュ属 *M. punctulata* type といった一年生草本は, P9 よりも上位の化石群にだけ含まれる。

考 察

土岐口陶土層は, 基盤ブロック群の隆起・沈降運動によって形成された 1 辺数 km 以内の小陥没盆地内で堆積した(陶土団体研究グループ, 1999)。堆積盆地内には, 縁辺の断層崖から内側の帯水域へと流れ込む小河川の河道と後背湿地がひろがっていた(中山・陶土団体研究グループ, 1989b; 實吉ほか, 2000)。土岐砂礫層基底から 2 m 下位までの陶土層中の砂礫は, 調査地域周辺の基盤を構成する白色チャートの亜角礫ないし角礫だけからなり, 堆積物が陥没盆地縁辺の断層崖や台地上からもたらされたことを示す。すなわち, この時代には比較的流域の狭い河川が堆積盆地へと流入し, 堆積盆地縁辺から内側へと扇状地が発達しており, その末端付近の河川の後背湿地で植物化石群が堆積したと考えられる。

一方, 土岐口陶土層最上部では礫の種類が多様で, 亜円礫が含まれることは, 堆積物が調査地域の堆積盆地から遠く離れた地域を含む河川の集水域から供給されたことを示す。この時代は, 土岐口陶土層の堆積盆地の埋積が終り, 土岐砂礫層の堆積期へと移行する時代だと考えられる。土岐砂礫層の堆積盆地は土岐口陶土層の堆積盆地よりも分布域が広く, 堆積盆地が連鎖的に繋がっており, それらを縫うような河川系が発達した。河川系の上流の山地と堆積盆地群との高度差が顕著になり, 土岐砂礫層を構成する粗粒の礫が供給された(中山・陶土団体研究グループ, 1989b)。土岐口陶土層の最上部の時代には, 複数の堆積盆地を覆う大河川の礫原が周囲に

広がっていたが、調査地の堆積盆地は引き続き小凹地として残存し、大河川の後背湿地となって洪水によってもたらされた土流堆積物や陶土が堆積したのだろう。この層準では、土岐口陶土層と土岐砂礫層が同時異層として分布すると考えられる。

植物化石は砂や礫粒子の生産の場から堆積の場までに広がる河川流域の植生からもたらされるので、植物化石群の種構成は河川の集水域の古地形の変化を反映する。植物化石群 P 9, P 20 よりも下位の化石群は、陥没盆地縁辺の台地上から扇状地上、扇状地末端の後背湿地までの植生からもたらされたと考えられる。植物化石群の堆積の場である河川後背湿地には、スゲ属やアブラガヤ型ホタルイ属などのカヤツリグサ科とオモダカ属からなる抽水草本ないし湿生草本群落が発達していた。セコイアは、木本の中でもっとも産出量が多く、破損の少ない状態で産出したこと、塊状泥層に針葉樹の根の化石が含まれることから、湿生草本群落が分布する過湿な場所で湿地林を形成していたと考えられる。

この時代の扇状地上から堆積盆地縁辺の台地上には、ムカシブナ、コナラ属クヌギ節、イヌシデ型クマシデ属、ヒメシヤラ、リョウブなどの落葉広葉樹を主体とし、針葉樹のイヌカラマツ、アブラスギ属や常緑広葉樹のコナラ属アカガシ亜属を交える森林が分布していた。球果と葉が同時に産出しないことの多いマツ属とツガ属は、堆積の場から離れた台地上にのみ分布していたのだろう。河川沿いの林縁はキイチゴ属やヒサカキ属、ハイノキ、ムラサキシキブ属からなる低木群落とツヅラフジ科、マタタビ属、ブドウ科といったつる植物のマンツ群落に被われていた。陽地性の草本や林床草本が少ないことは、水湿地生草本群落が分布する沼沢地以外の場所では林冠の鬱閉した森林が発達し、林縁にも低木やつる植物が繁茂したことで林床は暗く、草本層が発達しなかったことを物語っている。

一方、土岐口陶土層最上部の大型植物化石群 P 11, P 22, P 10 は、広い集水域をもつ大河川の溪谷、礫原と、堆積の場である河川後背湿地の植生を反映している。これらの化石群で産出量の比較的多い植物は陶土層下部でも産出するので、河川流域の低地域に成立した森林の種構成は、陶土層下部の時代と大きな差はなかったと考えられる。しかしながら、亜熱帯要素の植物とともに多種多様な冷温帯要素の植物が含まれることは、河川の集水域が広がったことでより高い標高域に生育する植物の遺体が調査地域にもたらされたことを示す。山地帯から亜高山帯下部にかけての急斜面や尾根上に分布するサワラ、ヒノキ、トウヒ属バラモミ節、マツ属単維管束亜属といった針葉樹の産出は、標高が高く険しい山地が河川の集水域に存在していたことを物語っている。

河川の礫原は洪水が頻繁に起こる場所であり、そこに成立する植生は頻繁に大規模な攪乱を受ける。河川の礫原には、植生遷移が進むと消滅するクワクサやタデ属、イヌコウジュ属といった一年生草本や、カラムシ属、キジムシロ属など乾燥した明るい場所に生育する草本が生育していた。攪乱を頻繁にうける河畔林や溪畔林の林床は明るく、草本層が発達し、クラマゴケやトウゴクサバノオ、キランソウ属などが生育し

ていたと考えられる。草本の種類は、遠方由来の礫を含まない化石群 P 23, P 9, P 20 でも多く、P 9 と P 20 には一年生草本が含まれていた。このことは、河川の流域が拡大する少し前に、堆積盆地周辺で攪乱環境が卓越しはじめたことを示している。すなわち、はじめは降水量の増加や断層運動の活発化などによって調査地の堆積盆地とその周辺で地表の攪乱が激しくなり、その後、大河川の礫原が調査地付近に広がるようになったと考えられる。

亜熱帯要素の植物がすべての化石群に含まれることから、土岐口陶土層の下部から最上部までの気温は様に温暖だったと考えられる。一方、陶土層の上部に常緑広葉樹を含まない化石群があるので、冬の気温が若干低下した時代があるかもしれない。しかしながら、山地帯に分布する冷温帯要素の植物の産出量は、堆積の場に近い低地帯に分布する亜熱帯要素の植物と比較すると、河川の集水域の古地形や堆積環境の影響を受けやすい。陶土層最上部の化石群で冷温帯要素の植物が増えたのは、気候の寒冷化というよりも、集水域の拡大や山地の隆起といった河川上流域の古地形変化の結果であろう。

ま と め

岐阜県多治見市大洞の菱屋鉱山で、後期中新世初期に生じた土岐口陶土層から土岐砂礫層への堆積盆地とその周辺の古地形の変化と関連させて、土岐口陶土層に含まれる 13 の大型植物化石群の種組成の変化を追跡した、その結果、次のことが明らかになった。

1. 大型植物化石群には樹木 124 分類群、籐本 18 分類群、草本 48 分類群の計 190 分類群が含まれていた。このうち、木本 54 分類群、籐本 7 分類群、草本 35 分類群は陶土層の上部であらたに出現した分類群である。
2. 亜熱帯要素の植物はすべての大型植物化石群に含まれるが、冷温帯要素の植物はより上位の化石群で多く含まれていた。
3. 草本の種数はより上位の化石群で多かった。陶土層の下部では水湿地生以外の草本は少ないが、陶土層の上部では草地や林縁などの比較的乾燥した明るい場所を好む分類群や、林床に生育する分類群、一年生草本が増加した。
4. 陶土層の下部は陥没盆地縁辺の断層崖や台地上からもたらされたと考えられる白色チャートの亜角礫ないし角礫だけから構成されるが、土岐口陶土層最上部では礫の種類が多様で亜円礫が含まれ、調査地域の堆積盆地から遠く離れた地域を含む河川の集水域から堆積物が供給されたことを示す。
5. 植物化石群の種構成は河川の集水域の古地形の変化を反映していた。陶土層の下部の化石群は、陥没盆地縁辺の台地上から扇状地上、扇状地末端の河川後背湿地までの植生からもたらされたと考えられるが、土岐口陶土層最上部の化石群は、広い集水域をもつ大河川の溪谷、礫原と、堆積の場である河川後背湿地の植生を反映してい

る。河川の集水域が広がったことでより高い標高域に生育する植物の遺体が調査地域にもたらされた。河川の礫原は洪水のたびに頻繁に大規模な攪乱を受け、一年生草本や乾燥した明るい場所に生育する草本の生育立地になっていたと考えられる。

謝 辞

本調査地の植物化石研究は、産業技術総合研究所地質調査総合センター水野清秀氏による露頭の発見、紹介に始まる。多治見市菱屋鉱山には鉱山内での調査と試料採取に多大な便宜を計っていただいた。筑波大学水理実験センター池田 宏博士、上武大学伊勢屋ふじこ博士、鳥根大学大学院實吉玄貴氏、中嶋雅宏氏には現地調査を通じて貴重な助言をいただいた。玉川大学増田大輔氏には現地での試料採取を手伝っていただいた。森林総合研究所の能城修一博士には材化石を同定していただいた。鳥根大学中山勝博博士には、堆積相や植物化石のタフノミー、植物の生態について現地でも有意義な議論をしていただいた。これらの方々に感謝いたします。

文 献

- 安藤善之・塚腰 実・中山勝博・鹿野勤次・安井謙介・實吉玄貴・館野満美子, 1999, 中新統土岐口陶土層から産出したオオミツバマツ球果化石の密集層とその保存処理過程, 岐阜県博物館調査研究報告, **20**, 17-22.
- Greuter, W. et al. eds., 1994. International code of botanical nomenclature (Tokyo Code), Koeltz, Koenigsten. [大橋広好訳, 1997, 国際植物命名規約(東京規約), 津村研究所, 茨城, 247 p.]
- Miki, S., 1939, On the remains of *Pinus trifolia* n. sp. in the Upper Tertiary from Central Honsyu in Japan, Bot. Mag. Tokyo, **53**, 239-246, pl.4.
- Miki, S., 1941, On the change of flora in Eastern Asia since Tertiary period (I). The clay or lignite beds flora in Japan with special reference to the *Pinus trifolia* beds in Central Hondo, Jap. Jour. Bot., **11**, 237-303, pls.4-7.
- Miki, S., 1952, *Trapa* of Japan, with special reference to its remains, J. Inst. Polytech. Osaka City Univ. ser. D, **3**, 1-29, pls. 1,2.
- Miki, S., 1955 a, Nut remains of Juglandaceae in Japan, J. Inst. Polytech. Osaka City Univ. ser. D, **6**, 131-144, pls. 1-3.
- Miki, S., 1955 b, Seed remains of Vitaceae in Japan, J. Inst. Polytech. Osaka City Univ. ser. D, **7**, 247-271. pl. 1.
- Miki, S., 1956, Endocarp remains of Alangiaceae, Cornaceae and Nyssaceae, J. Inst. Polytech. Osaka City Univ. ser. D, **7**, 275-295, pl. 1.
- Miki, S., 1957, Pinaceae in Japan, with special reference to the remains, J. Inst. Polytech. Osaka City Univ. ser. D, **8**, 221-272, pls. 1-10.
- 三木 茂, 1963, 瀬戸, 多治見地方でオオミツバマツと伴う植物遺体, 日本鉱物趣味の会創立 31 周年記念地学研究特集号, 80-93.
- Momohara, A., 1994, Floral and paleoenvironmental history from the late Pliocene to middle Pleistocene in and around central Japan, Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol., **108**, 281-293.
- 中山勝博, 1991, 瀬戸市北部の新第三系瀬戸陶土層の堆積過程, 地質学雑誌, **97**, 945-958.
- Nakayama, K., 1999, Sand- and mud-dominated alluvial-fan deposits of the Miocene Seto Porcelain Clay Formation, Japan, Spec. Publ. Int. Ass. Sediment., **28**, 393-407.
- 中山勝博・陶土団体研究グループ, 1989 a, 岐阜地方の小陥没盆地と陶土, 地団研専報, **36**, 237-246.
- 中山勝博・陶土団体研究グループ, 1989 b, 瀬戸層群の堆積盆地, 地球科学, **43**, 392-401.
- Ozaki, K., 1991, Late Miocene and Pliocene floras in central Honshu, Japan, Bull. Kanagawa Pref. Mus. Nat. Sci. Spec. Issue., 244 p.
- 實吉玄貴・中山勝博・塚腰 実, 2000, 河川堆積層における植物片の堆積過程-岐阜県多治見市小名田の中新統土岐口陶土層の大型植物化石の例-, 地球科学, **54**, 127-143.
- 陶土団体研究グループ, 1999, 断層境界を伴う多数の基盤ブロックからなる内陸盆地-岐阜県多治見市周辺の東海層群堆積盆地-, 地球科学, **53**, 291-306.

(受付: 2001 年 12 月 10 日, 受理: 2001 年 12 月 17 日)