

原 著

南澤 修¹・松本みどり²・百原 新³・山川千代美⁴：
古琵琶湖層群畑層から産出した前期更新世末の大型植物化石

Osamu Minamisawa¹, Midori Matsumoto², Arata Momohara³ and Chiyomi Yamakawa⁴: Plant macrofossil assemblage from the Hata Formation, Kobiwako Group, in the late early Pleistocene, Japan

要 旨 滋賀県高島市畑に分布し、前期更新世末頃に堆積したと考えられている古琵琶湖層群畑層（約74万年前）から大型植物化石を採取し、古植生ならびに古環境を考察した。落葉広葉樹17科20属23分類群、草本16科18属27分類群の主に種実類からなる大型植物化石群集を得た。針葉樹や常緑広葉樹は見られず、ハンノキの産出個数が全個数の36.7%と最も多かった。アゼスゲ節とシバズゲ節を含むスゲ属、ヒメジソ、エゴノキ属、キイチゴ属が比較的多かった。産出した分類群は1分類群を除いて現生種である。日本からの絶滅種として、サイクロカリア属の化石が見つかり、古琵琶湖層群での最も新しい層準からの産出になった。植物化石群包含層の岩相が塊状無葉理の有機質粘土層であることから、この植物化石群は河川の後背湿地で堆積し、比較的原地性が高く、堆積の場にはヒシ属などの水生植物とハンノキの湿地林が分布し、その周囲には落葉広葉樹が分布していたと考えられる。

キーワード：大型植物化石、古琵琶湖層群、前期更新世末、畑層

Abstract The vegetation and environment in the middle Pleistocene in and around Hata, Takashima City, Shiga Prefecture, central Japan were reconstructed based on a plant macrofossil assemblage from the Hata Formation, Kobiwako Group. This assemblage composed mainly of fossil fruits and seeds included 20 genera and 17 families of 23 deciduous broad-leaf tree taxa, and 18 genera and 16 families of 27 herbaceous taxa. Conifers and evergreen broad-leaf trees were absent, and *Alnus japonica*, the most dominant taxon, amounted to 36.7 % of the total. Other major components were *Styrax* sp., *Rubus*, *Mosla dianthera*, and *Carex* including sections *Carex* and *Praecoces*. *Cyclocarya*, the only extinct taxon from Japan among the total 50 taxa, occurred from the uppermost horizon in the Kobiwako Group so far reported. The sedimentary facies of the peaty silt including the fossil assemblage was without any ripples or lamina and indicated sedimentation of a relatively autochthonous assemblage in a stagnant water in the backmarsh of a river. Thus, aquatic vegetation of *Trapa* and wetland forests of *Alnus* must have occupied the backmarsh, surrounded by mesic deciduous broad-leaved forests.

Key words: Hata Formation, Kobiwako Group, late early Pleistocene, plant macrofossil

はじめに

滋賀県の近江盆地とその周辺の丘陵には、約400万年前から約40万年前にかけて堆積した古琵琶湖層群が分布している（橋本ほか、1998）。古琵琶湖層群は、積算層厚1500 m以上に及ぶ湖成ないし河成層で、100枚以上の火山灰層を挟み、約360万年間の古環境変化の歴史を連続して追うことができるため、新第三紀から第四紀にかけて

の植物相の変遷を探る上で極めて重要な地層群である。

古琵琶湖層群の地質層序や堆積相の研究は、Takaya (1963)、林 (1974)、Kawabe (1989) など数多くの研究がなされてきている。山崎ほか (1994) は古琵琶湖層群の連続した層序を確立し、湖南地域と湖西地域の層序関係の対比を行った。大型植物化石群の組成に関する研究は山川 (1993)、木田 (1997, 1998) などを除いて、それほど多

¹ 〒381-2283 長野県長野市丹波島 1-1-12 ミヤマ株式会社環境地質事業部 Miyama Co., 1-1-12 Tanba-jima, Nagano 381-2283, Japan

² 〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33 千葉大学理学研究科 (e-mail: midori@earth.s.chiba-u.ac.jp) Graduate School of Science, Chiba University, 1-33 Yayoi-cho, Inage, Chiba 263-8522, Japan

³ 〒271-8510 千葉県松戸市松戸 648 千葉大学園芸学研究科 Graduate School of Horticulture, Chiba University, Matsudo 648, Matsudo, Chiba 271-8510, Japan

⁴ 〒525-0001 滋賀県草津市下物町 1091 滋賀県立琵琶湖博物館 Lake Biwa Museum, 1091 Oroshimo, Kusatsu, Shiga 525-0001, Japan

くない。特に前期更新世以降の植物化石群の資料は少ない。本研究では、前期更新世末に堆積したと考えられている畑層に含まれる大型植物化石群を検討し、畑層堆積当時の古植生を復元することを目的とした。約74万年前は、更新世の前期と中期の境界(0.78 Ma)付近に位置し、古地磁気層序では松山逆磁極期からブリューヌ正磁極期へ移り変わる時期にあたり、古気候変動も10万年周期サイクルとなる重要な時期である。

日本の前期から中期更新世にかけての古植生の検討は、主に花粉化石群集によるものが多く(鈴木・那須, 1988)、原地性の高い大型植物化石群集の報告は極めて少ない。畑層の植物化石のこれまでの研究は、木谷ほか(1992)の花粉化石ならびにヒシ化石の報告と、畑層と同時異相の関係にある堅田層の花粉分析がある(岸, 1992)。大型植物化石についての検討は木田(1997, 1998)による堅田層からの予察的な報告のみである。畑層の大型植物化石群の報告は本研究が初めてとなる。

畑地域の地質および試料と方法

1. 畑層の地質概要

畑地域は、琵琶湖北西部にある高島市の標高300~400 mの山間小盆地に位置する(図1, 2)。この小盆地を埋めるように、しばしば炭質物を含む未固結のシルト層及

び砂層からなる畑層が分布している(図2)。畑層は、その層相や固結度から古琵琶湖層群の堅田層と対比した(Yokoyama et al., 1977; 図2)。木谷ほか(1992)は畑地区に分布する有機質粘土と泥炭層の互層に含まれるメタセコイア属の花粉化石からこの地域の地層を上部鮮新統とし、畑層と名づけた。吉岡(2001)は畑層から畑I・II火山灰層の2枚の火山灰層を見だし、それぞれ堅田丘陵に分布する栗原II・III火山灰層に対比した。畑II火山灰層から 0.74 ± 0.18 Maのフィッシュントラック年代値を測定し、畑層を堅田層の同時異相であるとした。

今回化石を採取したのは畑集落の入り口に架かる出合橋の西方約440 mの地点(東経 $135^{\circ} 55' 38''$, 北緯 $35^{\circ} 17' 41''$; 図1)の足谷川支流の河床に露出する有機質泥層である。この層準はヒシ化石が含まれることと、上部を礫層に覆われることから、木谷ほか(1992)の柱状図のNo. 5層準に相当すると考えられる。柱状図の火山灰層(図3)と、畑I・畑II火山灰層との直接的な対比はできなかったが、大型植物化石採集層準は層序学的に考えると畑I火山灰層の約50 m上位にあたると思われる。

2. 試料の処理方法

現地では有機質泥層、約 1200 cm^3 、約2 kgを採取した。試料は2%水酸化カリウム水溶液で軟化後に、2.0 mm、

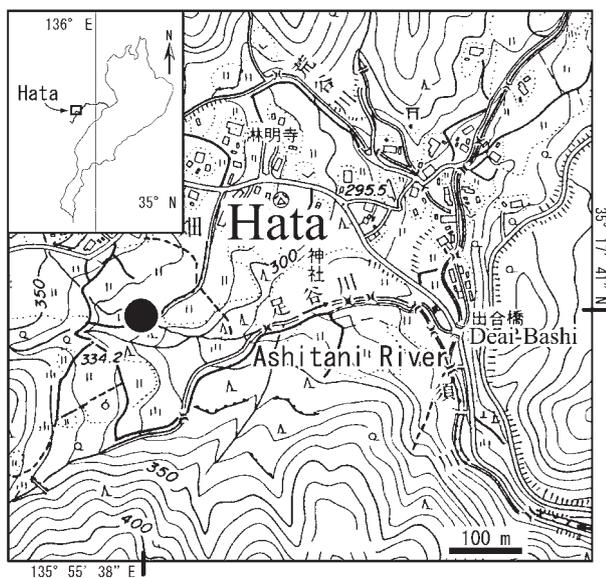


図1 畑地域の地形図と試料採取地点(図中の●印)(高島市発行1万分の1地形図「高島市全図1」を使用)。

Fig. 1 Locality map and sampling site (black circle)(adopted from the topographical map “Takashima” scale 1:10,000 published by Takashima city).

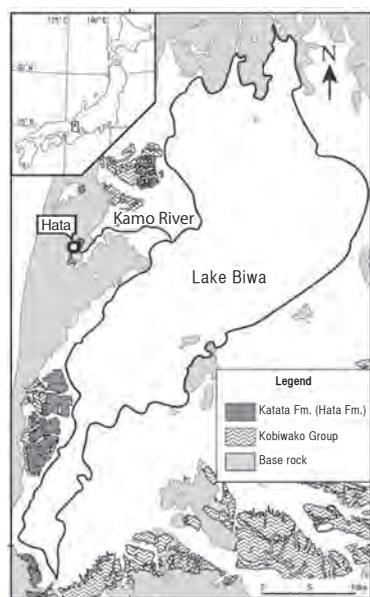


図2 古琵琶湖層群の分布および畑地区の位置(橋本ほか, 1998を基に作成)。

Fig. 2 Geological map and location of study area (based on Hashimoto et al., 1998).

1.0 mm, 0.5 mm のメッシュの篩に入れ、流水下で水洗し、篩に残った植物化石を双眼実体顕微鏡で、検出、同定し、数を数えた。産出した植物破片の総数が、完全な状態で何個分になるかを復元し、総産出数とした。復元が1個に満たない場合は、産出数は1個とした。標本はすべて滋賀県立琵琶湖博物館に収蔵されている。

結 果

検討できた植物化石は、17科20属23分類群からなる落葉広葉樹化石460個と16科18属27分類群からなる草本化石379個、合計33科38属50分類群の合計839個である。常緑広葉樹や針葉樹は産出しなかった(表1; 図4, 5)。

最も多く産出した種類は木本分類群ではハンノキ *Alnus japonica* で、果序鱗片が291個、果実が17個で合計308

個産出し、産出した全化石数の36.7%を占めている。次に多い種類はエゴノキ属 *Styrax* sp. の種子が49個(全化石数の5.8%)、キイチゴ属 *Rubus* sp. の核が43個(同5.1%)である。草本分類群では、ヒメジソ *Mosla dianthera* の果実が87個(同10.4%)、スゲ属 *Carex* sp. A の果実が72(同8.6%)と多い。

この植物化石群を構成する木本分類群を生育環境で分類すると、河川氾濫原などの湿地林を構成するハンノキ以外は、大部分が沢沿いの比較的湿潤な場所に生育する樹種によって構成されている。さらに、キイチゴ属 *Rubus* sp., ヤマグワ *Morus bombycis*, タラノキ *Aralia elata* といった、沢沿いなどの攪乱の多い開けた場所に生育する低木の産出量が多いことも特徴的である。一方、草本分類群には、コウホネ *Nuphar japonicum*, ヒシ属 *Trapa* sp., ヒルムシロ属 *Potamogeton* sp., オモダカ科 *Alismataceae*, ミクリ属 *Sparganium* sp. といった水生植物に加え、タデ属 *Polygonum* sp., シロネ属 *Lycopus* sp., イボクサ *Aneilema keisakkeisak*, スゲ属 *Carex* sp., ホタルイ属 *Scirpus* sp. といった湿地に生育する草本が多い。産出量は少ないが、シロカネソウ属 *Dichocarpum* sp. やミズ属 *Pilea* sp. といった林床に生育する草本も含まれる。産出した化石の大部分が、現在も日本に分布している分類群であるが、日本から消滅したサイクロカリア属 *Cyclocarya* sp. の果実が1個含まれていた。これは、古琵琶湖層群での最も新しい層準(畑I火山灰=栗原火山灰IIと対比より上位)からの産出である。木田(1997, 1998)によるサイクロカリア属の果実の堅田層からの報告は、栗原火山灰IIより下位からの報告である。以下に簡単に同定の根拠を述べる。

Family Juglandaceae

Genus *Cyclocarya* Iljinskaya

Cyclocarya sp.

標本番号: LBM0111000181

(図4-9)

果実2点: 側面の形は楕円形、頂部は鋭尖する。表面に頂部から基部へ縦に細かな条溝がある。大きさは高さ約3 mm, 幅約4 mm, 木質。本標本は半分は核が割れた状態であり、厚い隔壁と中央に2室が見られる。内室の形状やサイズに関しては圧縮変形を受けているため計測は難しい。

現生種 *Cyclocarya paliurus* Iljinskaya は、堅果を中心に翼が円盤状に伸びる形状をもつ。本標本は、内果皮のみ化石として残されているため、種までは特定できなかった。

また、コクサギ *Orixa japonica* の内果皮は、これまで鮮新・更新統からの報告はなく、本研究が最初の報告となる。種実類以外には、材(ケヤキ属 *Zelkova* sp.), 芽(フジ属

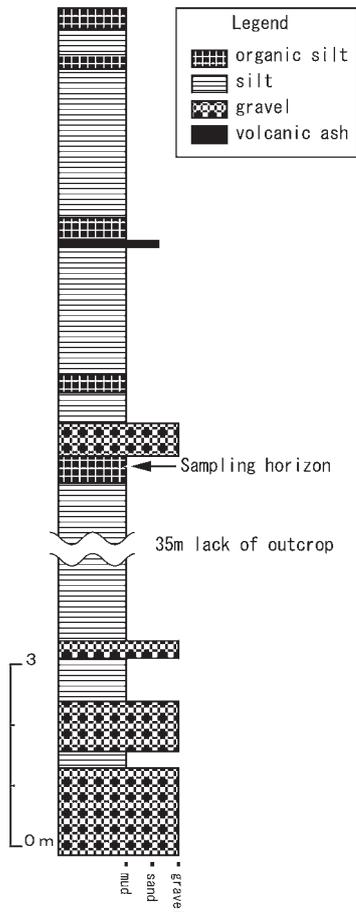


図3 畑層柱状図と足谷川河床の大型植物化石採集層準(木谷ほか, 1992を基に作成)。

Fig. 3 Columnar section of the Hata Formation showing the horizon of plant macrofossils at the bed of the Ashitani River (based on Kitani et al., 1992).

表 1 畑層の大型植物化石組成

Table 1 Plant macrofossil assemblage from the bed of the Hata Formation

Taxa	Part	Habitat	No.	Ratio (%)
Woody plants				
<i>Magnolia</i> sp.	seed	mesic	7	0.8%
Lauraceae	seed	mesic	2	0.2%
<i>Zelkova</i> sp.	wood	mesic	1	0.1%
<i>Morus bombycis</i> Koidz.	endocarp	mesic	7	0.8%
<i>Cyclocarya</i> sp.	fruit	mesic	1	0.1%
<i>Juglans</i> sp.	pseudocarp	mesic	1	0.1%
<i>Quercus</i> sp. subgen. <i>Lepidobalanus</i>	fruit	mesic	2	0.2%
Fagaceae	leaf	mesic	2	0.2%
<i>Alnus japonica</i> (Thunb.) Steud.	fruit	wetland	17	2.0%
	infructescence scale		291	34.7%
<i>Carpinus tschonoskii</i> Maxim.	fruit	mesic	1	0.1%
<i>Corylus</i> sp.	fruit	mesic	1	0.1%
<i>Styrax</i> sp.	seed	mesic	49	5.8%
<i>Symplocos</i> sp. sect. <i>Palura</i>	endocarp	mesic	15	1.8%
<i>Rubus</i> sp.	endocarp	dry-mesic	43	5.1%
<i>Cornus</i> sp.	endocarp	mesic	1	0.1%
<i>Celastrus</i> sp.	endocarp	mesic	1	0.1%
<i>Berchemia</i> sp.	endocarp	mesic	4	0.5%
<i>Orixa japonica</i> Thunb.	endocarp	mesic	1	0.1%
<i>Phellodendron</i> sp.	seed	mesic	2	0.2%
<i>Zanthoxylum piperitum</i> (L.) DC.	seed	mesic	1	0.1%
<i>Aralia elata</i> (Miq.) Seem.	endocarp	mesic	8	1.0%
<i>Callicarpa</i> sp.	endocarp	mesic	2	0.2%
<i>Wisteria</i> sp.	bud	mesic	-	-
Herbaceous plants				
<i>Nuphar japonicum</i> DC.	seed	aquatic	2	0.2%
<i>Dichocarpum</i> sp.	seed	mesic forest floor	3	0.4%
<i>Boehmeria</i> sp. A	fruit	mesic	2	0.2%
<i>Boehmeria</i> sp. B	fruit	mesic	1	0.1%
<i>Pilea</i> sp.	fruit	mesic forest floor	30	3.6%
Caryophyllaceae	seed	dry-mesic	14	1.7%
<i>Polygonum</i> cf. <i>pubescens</i> Blume	fruit	wetland	14	1.7%
<i>Polygonum</i> cf. <i>thunbergii</i> Sieb. et Zucc.	fruit	wetland	7	0.8%
<i>Rumex</i> sp.	fruit	mesic	2	0.2%
<i>Viola</i> sp.	seed	dry-mesic	12	1.4%
<i>Potentilla</i> sp.	fruit	dry-mesic	23	2.7%
<i>Trapa</i> sp.	fruit	aquatic	4	0.5%
Umbelliferae	fruit	dry-mesic	1	0.1%
Solanaceae	seed	dry-mesic	1	0.1%
Labiatae	fruit	dry-mesic	1	0.1%
<i>Mosla dianthera</i> (Buch.-Ham. Ex Roxb.) Maxim.	fruit	mesic	87	10.4%
<i>Lycopus</i> sp.	fruit	wetland	7	0.8%
<i>Lapsana</i> sp.	fruit	mesic	4	0.5%
Alismataceae	seed	aquatic	25	3.0%
<i>Potamogeton</i> sp.	fruit	aquatic	2	0.2%
<i>Aneilema keisak</i> (Hassk.) Hand.-Mazz.	seed	wetland	22	2.6%
<i>Cyperus</i> sp.	fruit	dry-mesic	19	2.3%
<i>Carex</i> sp. A	fruit	mesic-wetland	72	8.6%
<i>Carex</i> sp. B sect. <i>Carex</i>	fruit	wetland	6	0.7%
<i>Carex</i> sp. C sect. <i>Praecoces</i>	fruit	mesic	10	1.2%
<i>Scirpus</i> sp.	fruit	wetland	4	0.5%
<i>Sparganium</i> sp.	fruit	aquatic	4	0.5%
Total			839	100.0%

- : no count

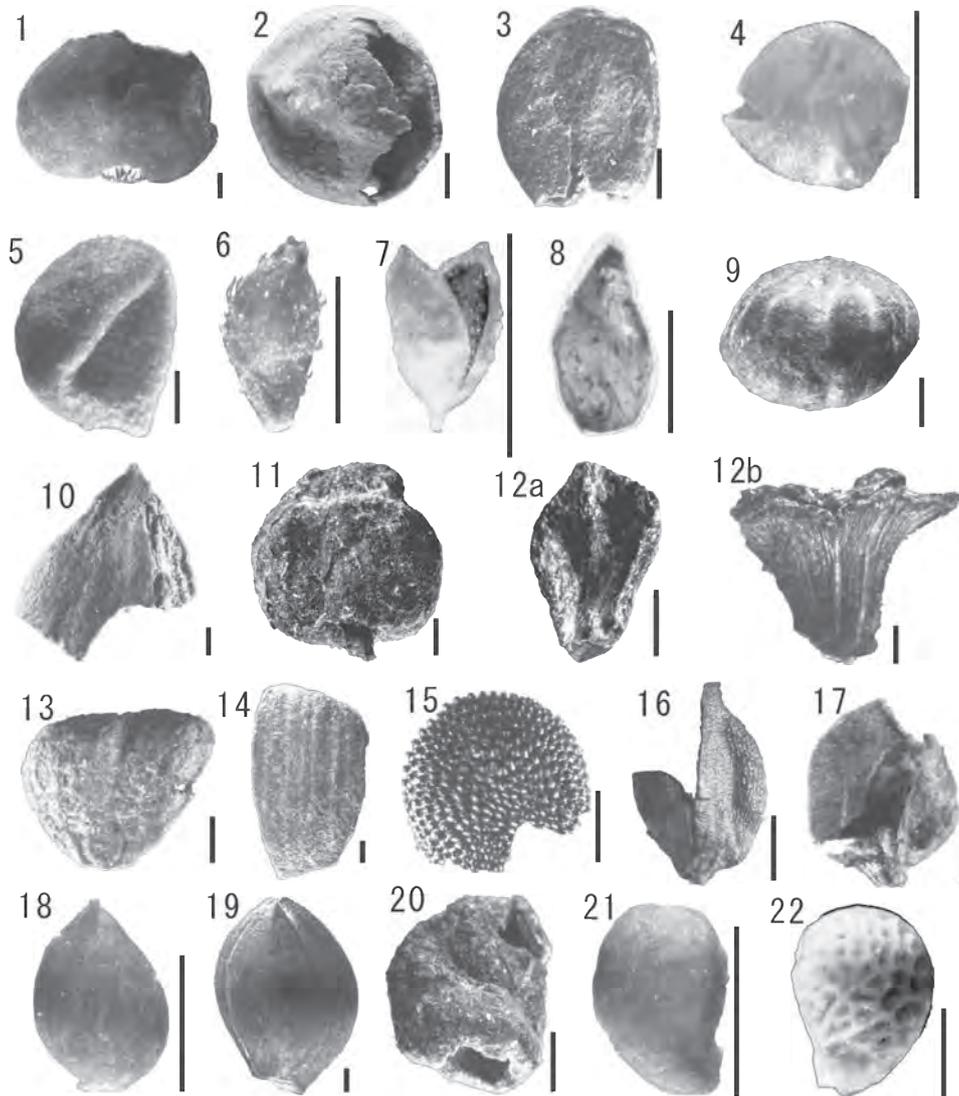


図4 畑層の大型植物化石 (1). — 1:モクレン属 (種子), 2:クスノキ科 (種子), 3:コウホネ (種子), 4:シロカネソウ属 (種子), 5:ヤマグワ (内果皮), 6:カラムシ属 A (果実), 7:カラムシ属 B (果実), 8:ミズ属 (果実), 9:サイクロカリア属 (果実), 10:クルミ属 (偽果), 11:コナラ属, コナラ亜属 (殻斗), 12a-12b:ハンノキ (12a:果実, 12b:果序鱗片), 13:イヌシデ (果実), 14:ハシバミ属 (果実), 15:ナデシコ科 (種子), 16:ポントクタデ比較種 (果実), 17:ミゾソバ (果実), 18:スミレ属 (種子), 19:エゴノキ属 (種子), 20:ハイノキ属, サワフタギ節 (内果皮), 21:キジムシロ属 (果実), 22:キイチゴ属 (内果皮). 標本番号 (LBM0111000173-195), スケールバー=1 mm.

Fig. 4 Plant macrofossils from the Hata Formation (1). — 1: *Magnolia* sp. (seed), 2: Lauraceae (seed), 3: *Nuphar japonicum* (seed), 4: *Dichocarpum* sp. (seed), 5: *Morus bombycis* (endocarp), 6: *Boehmeria* sp. A (fruit), 7: *Boehmeria* sp. B (fruit), 8: *Pilea* sp. (fruit), 9: *Cyclocarya* sp. (fruit), 10: *Juglans* sp. (pseudocarp), 11: *Quercus* sp., subgen. *Lepidobalanus* (fruit), 12a-12b: *Alnus japonica* (12a: fruit, 12b: infructescence scale), 13: *Carpinus tschonoskii* (cupule), 14: *Corylus* sp. (fruit), 15: Caryophyllaceae (seed), 16: *Polygonum* cf. *pubescens* (fruit), 17: *Polygonum* cf. *thunbergii* (fruit), 18: *Viola* sp. (seed), 19: *Styrax* sp. (seed), 20: *Symplocos* sp., sect. *Palura* (endocarp), 21: *Potentilla* sp. (fruit), 22: *Rubus* sp. (endocarp). Sample number (LBM0111000173-195). Scale bars = 1 mm.

Wisteria sp.) が産出した。これらの他に、表1には含まれていないが、蘚類のシュート、棘、葉の破片、樹皮、昆虫などが産出した。

考 察

葉理の発達しない塊状の有機質泥層に含まれることから、この化石群は止水域で堆積したと考えられる。畑層は礫層

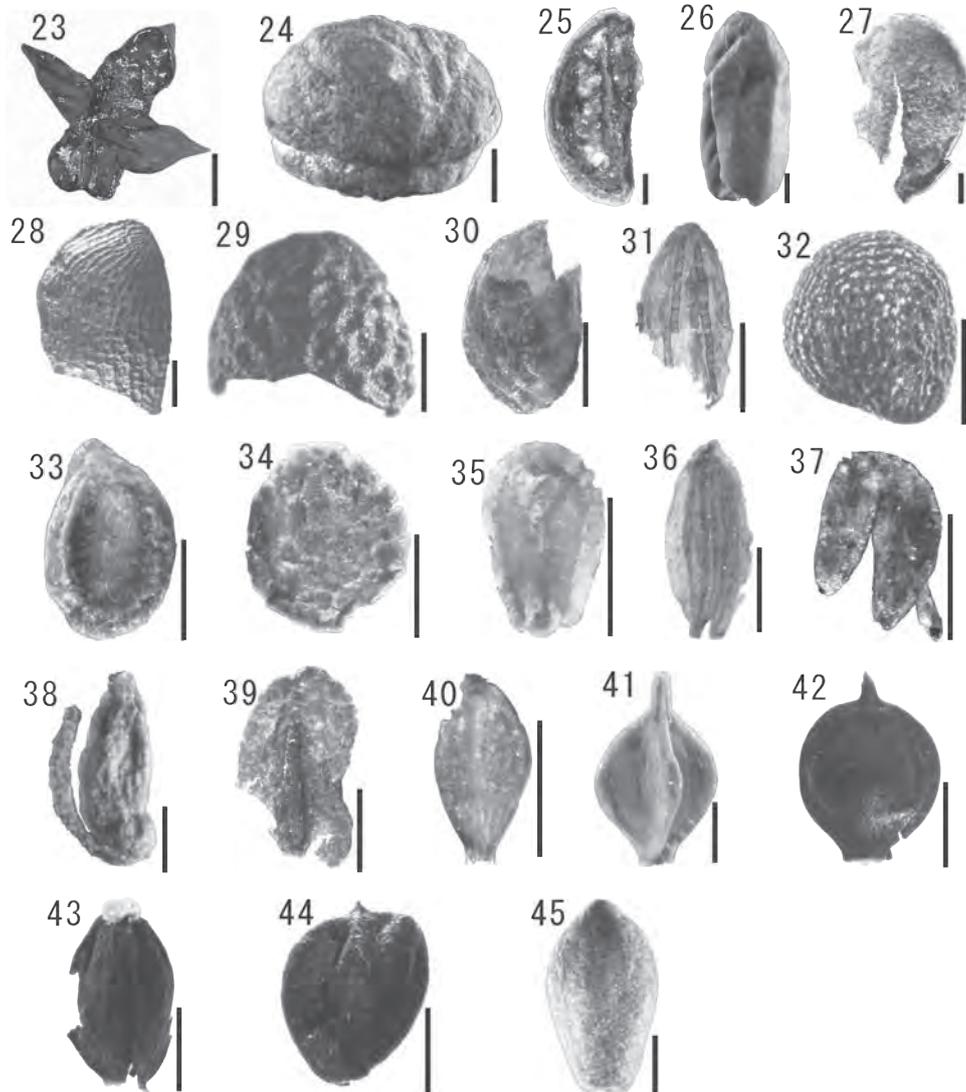


図5 畑層の大型植物化石 (2). — 23: ヒシ属 (果実), 24: ミズキ属 (内果皮), 25: ツルウメモドキ属 (内果皮), 26: クマヤナギ属 (内果皮), 27: コクサギ (内果皮), 28: キハダ属 (種子), 29: サンショウ (種子), 30: タラノキ (内果皮), 31: セリ科 (果実), 32: ナス科 (種子), 33: ムラサキシキブ属 (内果皮), 34: ヒメジソ (果実), 35: シロネ属 (果実), 36: ヤブタビラコ属 (果実), 37: オモダカ科 (種子), 38: ヒルムシロ属 (果実), 39: イボクサ (種子), 40: カヤツリグサ属 (果実), 41: スゲ属 A (果実), 42: スゲ属 B, アゼスゲ節 (果実), 43: スゲ属 C, シバスゲ節 (果実), 44: ホタルイ属 (果実), 45: ミクリ属 (果実). 標本番号 (LBM0111000196–218). スケールバー = 1 mm (23 以外), 10 mm (23).

Fig. 5 Plant macrofossils from the Hata Formation (2). — 23: *Trapa* sp. (fruit), 24: *Cornus* sp. (endocarp), 25: *Celastrus* sp. (endocarp), 26: *Berberchia* sp. (endocarp), 27: *Orixa japonica* (endocarp), 28: *Phellodendron* sp. (seed), 29: *Zanthoxylum piperitum* (seed), 30: *Aralia elata* (endocarp), 31: Umbelliferae (fruit), 32: Solanaceae (seed), 33: *Callicarpa* sp. (endocarp), 34: *Mosla dianthera* (fruit), 35: *Lycopus* sp. (fruit), 36: *Lapsana* sp. (fruit), 37: Alismataceae (seed), 38: *Potamogeton* sp. (fruit), 39: *Aneilema keisak* (seed), 40: *Cyperus* sp. (fruit), 41: *Carex* sp. A (fruit), 42: *Carex* sp. B, sect. *Carex* (fruit), 43: *Carex* sp. C, sect. *Praecoces* (fruit), 44: *Scirpus* sp. (fruit), 45: *Sparganium* sp. (fruit). Sample number (LBM0111000196–218). Scale bars = 1 mm (except 23), 10 mm (23).

も含まれるため (図3), 河川成と考えられ, 河川の氾濫原の後背湿地の沼沢地などで堆積したと考えられる。水域に生育するコウホネやヒルムシロ属, ヒシ属といった水生植

物が含まれることは, 木谷ほか (1992) が珪藻化石から推定した, 水深 1 m 程度の池沼という畑層の堆積環境とも矛盾しない。植物群は沼沢地とその周辺の湿地の植生を色濃

く反映していると考えられる。

古植生を復元すると、池沼の水域はヒシ属 (浮葉植物) やヒルムシロ属 (浮葉あるいは沈水植物) が生育し、池の縁にはミクリ属やコウホネなどの抽水植物が生え、その周囲にはハンノキ湿地林分布し、そこにはスゲ属やタデ属などの湿地性の草本が繁茂していたと考えられる。木本の種類が多く、林床性の草本も含まれることから、湿地周辺の森林から流されてきたと考えられる種実類も含まれている。それらの種組成を考えると、湿地林周辺にはコナラ亜属やブナ科、エゴノキ属を含む落葉広葉樹林が広がっていたと考えられる。産出した植物化石は、サイクロカリア属 *Cyclocarya* sp. を除いて、現在、日本の東北から九州にかけての温帯域や沢沿いや湿地などに分布しており、当時の気候は現在のこの地理的範囲内の気候に相当すると考えられる。サイクロカリア属に関しては、時代的にみて果実の形態が変化する層準である可能性が高く (百原, 2000), 今後詳細な検討が必要である。

木谷ほか (1992) は、畑層からメタセコイア属 *Metasequoia* のほかイチョウ属 *Ginkgo* やヌマミズキ属 *Nyssa*, フウ属 *Liquidambar* の花粉化石を報告している。花粉化石からは前期更新世末の古琵琶湖西岸域に、メタセコイア属が生育していた可能性が示唆される。しかし、本研究ではメタセコイア属をはじめ第三紀型植物群の大型植物化石は検出されなかったため、畑地区周辺に遺存的に生育していたこれらの分類群が、花粉化石にのみ反映されたことが示唆される。花粉化石群集より原地性の植生を反映している大型植物化石群集に基づく古環境復元では、山地性の植物は少なく、沼沢地周辺の群集が明らかになった。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり、滋賀県立琵琶湖博物館の布谷知夫氏には、材化石を同定していただきました。同博物館の里口保文氏には火山灰の同定ならびに層序に関してご助言をいただきました。元山口大学教授の石田志朗氏には、現地調査の際にご指導いただきました。同博物館地学研究室の高橋啓一氏をはじめ、学芸員の皆様には、施設の利用などに関してさまざまな便宜をはかっていただきました。国立科学博物館の植村和彦氏には植物化石に関してご助言

をいただきました。記して感謝いたします。

引用文献

- 橋本定樹・吉川周作・山崎博史. 1998. 古琵琶湖層群の地質図 (20万分の1). アーバンクボタ No. 37, 付図.
- 林 隆夫. 1974. 堅田丘陵の古琵琶湖層群. 地質学雑誌 80: 261-276.
- Kawabe, T. 1989. Stratigraphy of the lower part of the Kobiwako Group around the Ueno basin, Kinki district, Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University* 32: 39-90.
- 木田千代美. 1997. 古琵琶湖層群の植物相の変遷. 化石研究会誌 30: 7-12.
- 木田千代美. 1998. 植物相の変遷. アーバンクボタ No. 37: 12-15.
- 岸 英順. 1992. 古琵琶湖層群堅田累層の花分析にもとづく古気候変動. 瑞浪市化石博物館専報 No.19: 495-508.
- 木谷幹一・松原 久・植村善博. 1992. 滋賀県高島町畑にける古琵琶湖層群の層準と堆積環境. 第四紀研究 31: 113-116.
- 百原 新. 2000. 第三紀から第四紀への環境変化と植物相の変化. プランタ No. 69: 20-25.
- 鈴木敬治・那須孝悌. 1988. 日本の鮮新-更新統の植物化石による分帯. 地質学論集 No. 30: 714-737.
- Takaya, Y. 1963. Stratigraphy of the Paleo-Biwa Group and paleogeography of Lake Biwa with special reference to the origin of the endemic species in Lake Biwa. *Memoirs of the College of Science, University of Kyoto, Ser. B* 30: 81-118.
- 山川千代美. 1993. 愛知川化石林-その古環境復元の試み-. 琵琶湖博物館解説準備室研究報告 No. 1: 57-67.
- 山崎博史・吉川周作・林隆夫. 1994. 琵琶湖西岸, 古琵琶湖層群基底部コアの層序. 地質学雑誌 100: 361-367.
- Yokoyama, T., Takemura, K. & Matsuoka, K. 1977. Preliminary report on the Takashima Formation, uppermost part of the Kobiwako Group, Plio-Pleistocene sediments around Lake Biwa, Japan. *Paleolimnology of Lake Biwa and the Japanese Pleistocene* 5: 54-64.
- 吉岡敏和. 2001. 畑層. 「北小松地域の地質, 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅)」(木村克己ほか著), 74-75. 産総研地質調査総合センター, つくば.

(2008年8月13日受理)