

百原 新*・南木睦彦**：大型植物化石群集のタフォノミー

Arata MOMOHARA* and Mutsuhiko MINAKI** :
Taphonomy of Plant Macrofossil Assemblages

1. はじめに

第四紀の古植物学は、植物化石群集からの古植生復元を中心に研究が進められてきた。その研究の多くは植物化石群集や化石フロラを記載し、その種構成を現在の植生にあてはめることで古植生を復元している。しかし、より詳細な古植生復元には、古植生の空間的分布や構成種の量的関係などが植物化石群集にどのように反映するかについての情報が必要となる。それには化石となる植物の生産からその運搬・堆積、堆積後の続成作用といった植物化石群集形成の全過程を詳しく追跡しなければならない。この種の研究は古生物学の様々な分野で発展してきており、古環境復元だけでなく古生物そのものやその生態を復元するために不可欠な研究領域として確立しつつある。このように生物やその生痕から化石が形成される全過程を総合的に研究する分野をタフォノミー (Taphonomy) という。この用語は EFREMOV (1940) の提唱による。

大型植物化石のタフォノミー研究は、すでに CHANEY (1924) によって重要な研究が行なわれたにもかかわらず、最近まであまり行なわれてこなかった。日本でも尾崎 (1969)、中西 (1984)、黒松・粉川 (1986) などの研究があるにすぎない。しかし最近では世界的に研究が増加し、重要な総説が書かれるようになった (BIRKS, 1980; BIRKS & BIRKS, 1980; SPICER, 1980; SCOTT & COLLINSON, 1983 a, 1983b; FERGUSON, 1985)。ここでは最近の研究を紹介し、日本の第四紀の古植生復元に適用する際の問題点を指摘する。

2. 大型植物化石群集形成過程の概要

大型植物化石のタフォノミー研究は、現生植物の運搬・堆積を調べて化石群集形成過程を復元したものと、化石群集からその形成過程を考察したものと大きく分けることができる。現生植物を扱ったタフォノミー研究は増加しているが(表1)、その結果を化石群集からの古植生復元に適用した研究は少ない。

現生の植物から分離した器官や組織(種実類、葉などやその破片)は堆積物に埋積し、時間が経過して「化石(fossil)」になるが、この「化石」になるまでの器官や組織を指す用語は決まっているわけ

*〒558 大阪市住吉区杉本3-3-138 大阪市立大学理学部生物学教室

Department of Biology, Faculty of Science, Osaka City University, Sugimoto, Osaka 558, Japan.

**〒673 神戸市西区学園西町3-1 流通科学大学

University of Marketing and Distribution Sciences, Gakuen-nishi-machi 3-1, Nishi-ku, Kobe 673, Japan.

表1 潜在大型植物化石群集のタフォノミー研究

堆積環境	地域	文 献	部 位	内 容	結 論	主な過程 (図1参照)
河川	温帯	CHANNEY 1924	葉 種実類	セコイア林内の小河川のよどみの潜在化石群集と植生との量的関係。	潜在化石群集の種構成と堆積環境を化石群集にあてはめ、古植生復元に適用。	A1, W1 W2, D1
		尾崎 1969	葉	河川の上流から下流にかけての葉の群集の変化。ブナの葉の運搬距離。	葉は傷みはするものかなり運搬される。	W2, D1
		SPICER & WOLFE 1987	種実類 葉	河川の氾濫による潜在化石群集の堆積過程、植生との量的関係。	洪水による長距離運搬。相対量は必ずしも一致しないが、潜在化石群集は植生の種構成をよく反映する。	W2, D2
	寒帯	HOLYOAK 1984	種実類 葉	融水水による潜在化石の運搬。植生との量的関係。	植物の部位とその形態、生育場所によって潜在化石群集での産出傾向が異なる。融水水による長距離運搬。	本文 参照
湖沼	温帯	BIRKS 1973	種実類	植生との量的関係。池沼の縁辺から中央にかけての潜在化石の分布状況。	潜在化石群集と周囲の植生はよく対応する。多くの潜在化石は池沼の縁辺に堆積する。	A1, A3 W1, W3 D3, D4
		DRAKE & BURROWS 1980	葉 種実類	潜在化石の運搬過程。池沼内の位置と縁辺からの距離による潜在化石の分布。	池沼の縁辺のものが多いが長距離を運搬されたものも含まれる。	A1, A2 W1, W2, B D3, D4
		BURROWS 1980	葉	DRAKE & BURROWS (1980)の再評価。長距離運搬。	洪水や風による広葉樹の葉の長距離運搬。あまり傷まない。	A2, W2 B
		SPICER 1981	葉	葉の運搬と微生物による分解。植生との量的関係。化石群集の堆積物中の位置と群集組成との関係。	化石群集は lower leaf bed と upper leaf bed からなり前者は湖の周囲を取り囲む植生を反映、後者は水流により遠方から運搬されたものを含む。	A1, A2 W1, W2 D2, D3
	寒帯	GLASER 1981	種実類 葉	水河縁辺の湖沼での潜在化石の運搬堆積過程。雪上と湖底の群集を比較。	植生中の被度と生産量が大きく、冬期に雪に被われずに風散布されるもの、水に沈みやすいものなどが湖底の潜在化石群集中に多く含まれる。	本文 参照
水域一般	温帯	COLLINSON 1983	種実類 葉	小池沼と小河川の潜在化石群集を比較。周囲の植生との関係。	小池沼では水生植物が卓越、分解度や多様性は水深により異なる。小河川では遠方のものを含む。葉は分解されて残らない。	A1, W1 W2, D1 D3, D4
		FERGUSON 1985	葉	林床と水中での葉の運搬と分解過程を室内で条件を変えて実験。	葉の形態や質によって運搬や分解の程度が異なる。	A1, A3 W1, W2, W3 D3, D4
		SPICER 1977	葉	現生と化石の続成作用。現生と化石についてSEM及びX線分析を実施。	水成堆積物中の葉は数週間で鉄に富む無機物に被われ、これが微細構造を保存する印象化石のもとになる。	本文 参照
水河縁辺	寒帯	RYVARDEN 1971	種実類	水河が後退した地域での夏季の潜在化石の分散。	春期の融水水によって陸上の潜在化石が池沼に流入する。	本文 参照
		RYVARDEN 1975	種実類	RYVARDEN (1971)と同地域での冬季の分散。	潜在化石はあまり移動しない。	本文 参照
マンガロブ	熱帯	SCHIEHING & PFEFFER- KORN 1984	葉 種実類	河口デルタでの潜在化石群集形成過程(移動、分解)の地形による差異。	潜在化石は酸化環境ではきわめてすばやく分解され、急速に水域に運ばれて急速に埋没する場合にだけ残る。	本文 参照

ではない。たとえば“remains” (FERGUSON, 1985), “potential plant megafossils” (SPICER, 1980), あるいは「化石」と区別せず“plant macrofossils” (BIRKS, 1980) と呼ばれている。ここでは「化石」になるまでのものを、「化石」と区別して「潜在化石」と呼ぶ。水底にたまった植物片などは「潜在植物化石」である。

以下に大型植物化石群集形成過程を時間的に順を追って説明し、それぞれの研究例を紹介するとともに、その問題点を指摘する。

1) 潜在植物化石の生産

まず潜在植物化石群集を構成する分類群の各器官(葉や種実類など)の個体あるいは個体群ごとの生産量や生産時期が問題になる。各器官の生産量については現在の森林や草原の現存量や生産量の研究を通して、きわめて大量のデータが蓄積されている(たとえばTADAKI, 1977)。また種実類の生産量や次の節に述べる運搬過程に関しては、個体群生態学の見地からの研究例も多い(HARPER & WHITE, 1974; HARPER, 1977; 田川, 1977)。しかしながらタフノミーを意識した研究はほとんどなされていない。数少ない研究例としてHOLLYOAK(1984)は植生中の各分類群各器官の単位面積あたりの現存量を調べ、氾濫原の表層堆積物中の潜在植物化石群集におけるそれぞれの産出量との関係を定量的に比較し、植生が潜在植物化石群集にどのように反映するかを議論している。

2) 潜在植物化石の運搬過程

潜在植物化石の運搬過程のまず最初の段階は、潜在植物化石の母植物からの分離である。鈴木(1959)は、草本の葉は落葉せずにそのまま枯れるので化石になる機会が少ないことや、常緑樹と落葉樹は落葉の時期が違うので化石群集がどの季節に形成されるかによって二者の量的な比率が変化することを指摘している。さらに落葉樹には小枝ごと落葉するものや複葉のまま落葉するものがあり、これらの葉は運搬途中で各小葉に分離され、化石として埋没する機会が多くなるとしている。これは果実序を構成する果実の場合にも当てはまると考えられる。

次の段階は、母植物から分離した潜在植物化石が水域に堆積して潜在植物化石群集が形成されるまでの移動の過程である。温帯地域の陸水域での主な過程を図1に示す。

母植物から分離し自然落下した潜在植物化石(図1のF)が母植物のすぐ下で埋積されたり、稀に母植物にくっついたまま埋積し、現地性の化石群集を形成することがある。埋没林や自生泥炭中の植物化石群集がこのような例である(図1のD5)。水河縁辺で植物群落がそのまま水河に埋積し、変化せずに数百年も氷の中で保存された化石群集(ELEVEN, 1978; BERGSMAN *et al.*, 1984)も同じ範疇に含まれる。

しかしほとんどの場合、潜在植物化石は母植物から分離後、多かれ少なかれ風(図1のA1, A2, A3)や水流(図1のW1, W2, W3)あるいは鳥などの動物(図1のB)によって運搬されてから堆積するので、形成される化石群集は異地性である。この複雑な運搬過程が植物化石群集からの古植生復元を

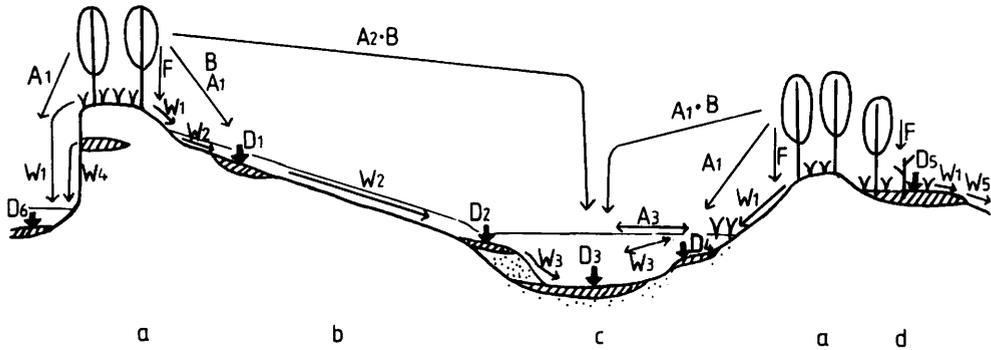


図1 温帯陸水域での潜在大型植物化石の運搬・堆積過程

a:陸域 b:河川 c:湖沼 d:湿地 :潜在大型植物化石群集あるいは大型植物化石群集 ←:運搬 ←:堆積

A1:風による短距離運搬 A2:風による長距離運搬 A3:水面に浮かんで主に風の力で移動 W1:水流によって地表面を運搬 W2:河川による運搬 W3:湖沼内での水流による移動 W4:水流による植物化石層の削剝, 移動 W5:水流による泥炭の削剝, 移動 B:鳥などによる運搬 F:自然落下 D1:河川での堆積 D2:河口デルタでの堆積 D3:湖沼中央部での堆積 D4:湖沼縁辺での堆積 D5:埋没林, 自生泥炭の形成 D6:植物化石の二次堆積

難しいものになっている。たとえば氾濫堆積物中の化石群集では異なった植生帯に生育する分類群が同じ化石群集に含まれることがしばしばある。この場合この2つの分類群が当時同じ植生帯に共存して生育していたのか、それとも別々の植生帯由来のものが運搬堆積過程で混じりあったのかがよく議論される(吉良, 1954; MINAKI *et al.*, 1981など)。この問題を解決するには植物化石群集が含まれる堆積物の堆積相と化石の保存状況, および当時の古地理などさまざまな問題を検討する必要がある。また実際にどの化石がどれだけ運搬されたか判断するには潜在植物化石の運搬過程についての研究も重要となる。潜在植物化石の運搬過程に関してはかなり精力的な研究がなされている。

河川の流入のない閉鎖系の湖沼では, 潜在植物化石のほとんどが湖沼内の水生植物や湖沼を直接取り囲む植物からもたらされる(図1のF, A1, W1)。しかも BIRKS (1973) の北米温帯域の複数の湖沼での研究によるとほとんどの潜在植物化石は湖沼縁辺に堆積してしまい(図1のD4), 風や水流などで運ばれやすい潜在植物化石が中央部の水深の深いところまで運搬される(図1のA1, A3, W3)。カラマツ属の葉は湖沼中央部でも見られたが, これは冬期に大量に落葉し氷の上を風によって運搬されたものが, 春に氷が融けて堆積したと推定している。このほか DRAKE & BURROWS (1980) は岸辺に植物が繁茂することにより, 潜在植物化石の湖沼中央部への移動が困難になるという“filtering effect”の存在を指摘している。

一方河川の流入がある開放系の湖沼では, 河川によって長距離を運ばれた潜在植物化石(図1のW2)が潜在植物化石群集中にしばしば含まれる。BURROWS (1980), DRAKE & BURROWS (1980), 尾

崎(1969)は、葉が河川によってかなりの距離を移動することを指摘している。SPICER & WOLFE(1987)は湖に流入する河川のデルタ部の堆積物中の潜在植物化石(図1のD2)を詳しく調査し、洪水による長距離運搬の重要性を指摘している。長距離を運ばれた化石の保存状態はさまざまであるが、近距離運搬のものと比較して保存が悪いとは必ずしも言えない。SPICER(1980)は暴風雨時の洪水により長距離を運ばれて急速に埋積された場合には、きわめて保存状態がよいとしている。また一般に長距離運搬された化石は群集中に占める割合は低いと考えられるが、洪水により運ばれた場合には、遠距離から運ばれたものだけから化石群集が構成される場合もあると思われる。

河川による運搬以外の長距離運搬の要因として、風や海流、鳥類などの動物による運搬がある。風による葉の長距離運搬(図1のA2)はBURROWS(1980)によって報告されている。海流による種実類などの長距離運搬は古くから研究があり、最近では中西(1984)により総説されている。化石で明らかに海流による漂着と考えられるものとして、縄文時代前期の鳥浜貝塚から産出したヤシ科果実がある(上野ほか, 1987)。鳥獣による長距離運搬(図1のB)は、たとえばヘルムシロ属の核が渡り鳥に食べられて運ばれることが指摘されている(BIRKS *et al.*, 1973)。もちろん渡り鳥などの体表に付着して長距離を運ばれる可能性もあるだろう。

3) 潜在植物化石の堆積過程

潜在植物化石は植物が生育していた現地に堆積するか(図1のD5)、あるいは運搬されて河川の上流(図1のD1)、河口部のデルタ(図1のD2)、湖沼の縁辺(図1のD4)、湖沼の中央部(図1のD3)などの水底に堆積する。このさい、流水域か静水域かなどの堆積環境によって化石群集の内容が大きく変化すると一般に考えられている。しかしながら具体的に堆積環境を検討し、その中で潜在植物化石がどのように堆積し、その結果として化石が堆積物中にどのように含まれるかを検討した研究は少ない。

SPICER(1980, 1981)は小さな池にそそぎ込む河川が形成する河口デルタ付近の堆積物中の潜在植物化石群集を詳しく検討し、化石群集の組成と堆積環境に関して重要なモデルを提出している。彼はこの主に葉からなる潜在植物化石群集を、垂直方向に“lower leaf bed”と“upper leaf bed”に区分した。理論的には“lower leaf bed”は直接湖面に落下した潜在植物化石が湖底に堆積し埋積されたもので、この潜在植物化石群集は池沼を直接取り囲む植生を反映する。一方“upper leaf bed”は川の出口に堆積した潜在植物化石が埋積されたもので、直接風により運ばれた潜在植物化石と水流により運搬された潜在植物化石からなり、より遠方の植生や上流域の植生が反映される。二つのleaf bedは同時に形成されてゆくものなので、堆積物中の垂直方向の群集組成の差異は植生の時間的変化を示さない。むしろ組成の差異は湖沼周辺と遠方の植生の差異を示すことになる。一方、これらのleaf bedの群集組成はデルタ堆積物により池が埋積されるにしたがって変化していく。すなわち池が埋積するにしたがい“upper leaf bed”中にも遠方から流入する要素が少なくなる。このため植物化石群集の

水平方向の変化は、湖沼周辺の植生の地域的な差異を意味するのではなく、むしろ湖沼が堆積物によって埋積される過程の植生の時間的変化を意味することになる。

大型植物化石群集とそれを含む堆積物の岩相との関係を議論した研究は、BURROWS (1974), SPICER & HILL (1979), SCOTT & COLLINSON (1983a, 1983b), 黒松・粉川 (1986) がある。このうち黒松・粉川 (1986) は沖積層の氾濫堆積物の粒度組成と大型植物化石群集の種数との関係を調べた。この結果種数は砂の量比が高くなるにつれて増加し、礫の量比が増加するにつれて減少する傾向にあり、特に木本の種数はよく対応することがわかった。このことは潜在大型植物化石は堆積物粒子としての性格を持っており特に砂粒子の挙動と関係していることを示唆する。

4) 堆積後の続成作用

堆積物中の潜在植物化石の多くは続成作用を受け、変形・変質したり一部あるいは全部が消失したりする。この結果として保存されたものが化石になる。この続成作用の過程は複雑であり、堆積時およびその後の化石を取りまく環境や、化石の種類によって変化する。例をあげると、SPICER (1977) は、条件によっては葉が微生物の活動によって数週間以内に鉄に富む無機物におおわれることがあり、そのような時に葉化石の微細構造が保存されるのであろうとしている。またエノキの果実化石は堆積物の状態により残る部位が異なる。エノキは核果であるが泥炭層中では硬い内果皮が溶けてなくなり、薄い種皮のみが残る。一方石灰岩地帯の洞窟堆積物や貝塚などの石灰分に富む環境では、内果皮がよく保存される。洞窟堆積物などでエノキだけが報告されることがあるが、これは続成作用によって他の化石が溶けてなくなり、エノキだけが溶けずに残った可能性がある。

時代が古くなればなるほど化石は堆積物の圧力を受け圧縮、変形する。KOKAWA (1958, 1963など) はミツガシワ種子を用いた一連の研究で、この変形の程度によって種子が堆積した時代を決定しようとした。一方この続成作用による変形は第四紀を通じた真の形態変化とも解釈されており (BIRKS & BIRKS, 1980), 続成作用による変形と、真の形態変化を区別することの困難さを示している。

5) 化石の二次堆積

二次堆積 (図1のD6) の問題も植物化石群集を扱う際に無視できない。図1のW4, W5に示したように水流によって植物化石層や泥炭が削剝され、ブロックごと移動して埋積したり、洗い出された化石が、当時生育していた植生由来の潜在植物化石と混じって堆積することがある。しかしながら化石群集中の二次化石を見わけるのは非常に困難な場合が多く、大型植物化石では実際にそれと指摘し報告した例は少ない。最終氷期の水河による堆積物中の二次化石について KARROW *et al.* (1977) や WARNER & BARNET (1986) による報告がある。これらは最終氷期に無植生あるいはツンドラ植生であった場所で摩滅した材化石が産出し、その材化石の放射性炭素年代を測定した結果、二次化石であることが確認できた例である。またヨーロッパの第三系や第四系からは石炭系由来の大胞子の二次化石が産出する (DIJKSTRA, 1950)。これらはかなり保存のよい場合も多く、当初は二次化石と気づかれ

ずにミズニラ属などの名で報告されていた。日本では木材化石群集で群集組成から二次化石の可能性が指摘された例がある (鈴木・能城, 1987)。

3. 大型植物化石群集形成過程の気候帯による違い

前節では温帯域を中心に大型植物化石群集形成過程を時間的な経過に沿って見た。一方、気候帯によって化石群集形成にかかわる要因が変化することを BIRKS (1980) が指摘している。第四紀の大きな環境変動を通じて気候要因が周期的に変動したわけだから、この時代の化石群集の形成過程を考える際にこの指摘はきわめて重要である。以下に各気候帯ごとの大型植物化石群集形成過程の特徴を簡単にまとめ、日本の第四紀植物化石群集を理解する際の問題点についてのべる。

1) 温 帯 域

前節で述べたように閉鎖系の湖沼の場合、化石群集は一般に現地性が高い。一方開放系の湖沼では、湖沼への潜在植物化石の流入は河川による運搬が大きな役割をし、この場合は河川流域の川べりの植生が潜在植物化石群集中に卓越する (FERGUSON, 1985)。

2) 寒 帯 域

寒帯域では化石群集の形成過程が温帯域とは異なる (BIRKS, 1980)。寒帯域でのタフォノミー研究は最終氷期の植物化石群集形成過程の復元を目的に行なわれた。HOLYOAK (1984) が述べるように春期から夏期にかけて融氷水が地表を流れることにより陸上の潜在植物化石がかなり池沼にもたらされる。GLASER (1981) は春期から夏期に潜在植物化石を載せた雪のブロックが池沼に流れ込んで、それが融けることで潜在植物化石が湖沼にもたらされることを指摘している。したがって寒帯域の場合、水域から遠く離れた陸上植生由来の潜在植物化石が潜在植物化石群集中に多く含まれることになる。またこの地域では、雪や氷におおわれる時期やそれが融ける時期が場所によって異なり、それによって化石群集の組成が大きく左右される。たとえば氾濫原に生育する植物の潜在化石は春の最初の融氷水により下流に流され、一方遅くまで残雪の下にある植物の潜在化石は融氷のあとまで残りあまり運搬されない (RYVARDEN, 1971, 1975; GLASER, 1981)。

3) 熱 帯 域

この地域のタフォノミー研究は COHEN & SPACKMAN (1972) と SCHEIHING & PFEFFERKORN (1984) のマングロープでの研究例がある。これらの研究は石炭紀の大型植物化石群集形成過程の復元を目的に行なわれた。熱帯域の特徴は酸化的環境では生物による分解がきわめて速いことである。SCHEIHING & PFEFFERKORN (1984) のオリノコ川デルタのマングロープ林での研究によると植物の地上部は母植物の近辺の土壌中ではほとんど保存されない。また沖積堤では一年の半分は乾燥するので潜在植物化石はほとんど残らない。一方、湖沼内やデルタの流路のように乾燥することがない所では潜在植物化石がよく保存される。すなわちこの地域で潜在植物化石が残るためには急速に水域に運ばれ、急速に埋没する必要がある。

4) 日本の氷期—間氷期変動と化石群集形成要因の変化

以上のように気候帯によって化石群集形成にかかわる要因は大きく変化する。次に日本では氷期—間氷期の気候変動の中で化石群集形成にかかわる要因が変化したかどうかについて考察する。

たとえば大阪層群では、温暖期である海成層から植物化石群集がよく見つかる。この場合、化石群集は河川によって長距離を運搬された潜在植物化石と沿海域の植生由来の潜在植物化石が混合されて形成されたと考えられる。一方寒冷期の淡水成層では、化石群集は河成の氾濫堆積物の砂層中にレンズ状に入っているか、やや小規模な湖沼に堆積した泥炭層中の化石群集であったりする。寒冷期の場合、前者では長距離を運搬された化石も含まれていると考えられるが、後者では現地性がきわめて高い場合もある。このように、温暖期と寒冷期の化石群集の違いは背後の植生の違いだけでなく、堆積環境の違いも大いに反映している。

日本列島における化石群集形成にかかわる要因の変化を考える際に従来のタフォノミー研究から学ぶべき点は多い。たとえば最終氷期のような寒冷期には、寒帯域の場合と同様の要因が働いていた可能性が高い。しかしながら日本列島は地形が急峻であり、火山活動が盛んである。また日本海側では現在世界的にも類例がないほどの積雪がみられる。これらがどのように化石群集形成に影響するかは未解明であり今後取り上げられるべき問題であろう。

4. お わ り に

化石群集から古植生を復元する上での問題の他にも、タフォノミー研究から得られた古植物学研究上の重要な教訓がある。SPICER(1980, 1981)は、化石の形態の時間的空間的变化から種の系統進化を論じる際に無視できない問題を提示している。彼によると遠いところから風によって池沼へ直接運搬される葉は、小型の陽葉が卓越するという。すなわち運搬過程で選択されることで、ある大きさの葉だけが残りこれが化石群集を構成する。このことから、ある種類の葉の大きさが異なる化石群集が存在した場合、葉の大きさが違う個体群が本当に存在したのか、それとも堆積環境の違いによりこのような差異が生じたのかを疑ってみる必要が生じる。

近年の第四紀の大型植物化石群集の研究では、大型植物化石群集を定量的に表現することが普通になっている。しかしながら潜在植物化石群集と植生との量的な対応関係がわかっていないために、化石群集の定量的なデータを生かしてきれていない。このようなことからタフォノミー研究の重要性が増している。従来の研究は表層の潜在植物化石群集と周辺の植生を直接比較するのにとどまることが多く、そのあいだの過程はたいてい推測によっている。生産量や、運搬の具体的な過程など情報が不足している過程が多い。化石群集の定量的データから化石群集の形成過程をふまえて古植生を復元できるのは、まだまだ先になりそうである。しかしタフォノミーは化石群集を理解するための最も基礎的な課題であり、それから得られる知見はすでに述べてきたように多様な価値を持つ。地道ではあるが今後進めていかなければならない研究分野である。

引用文献

- BERGSMA, B.M., SVOBODA, J. & FREEDMAN, B. 1984. Entombed plant communities released by a retreating glacier at central Ellesmere Island, Canada. *Arctic*, 37: 49-52.
- BIRKS, H.H. 1973. Modern macrofossil assemblages in lake sediments in Minnesota. "Quaternary Plant Ecology" (eds. BIRKS, H.J.B. & WEST, R.G.), 173-189. Blackwell Sci. Pub., Oxford.
- . 1980. Plant macrofossils in Quaternary lake sediments. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 15: 1-60.
- BIRKS, H.J.B. & BIRKS, H.H. 1980. *Quaternary Palaeoecology*. 289 pp. Edward Arnold, London.
- , DAVIS, J.H.C. & DODD, J. 1973. Discussion on plant macrofossil assemblages. "Quaternary Plant Ecology" (eds. BIRKS, H.J.B. & WEST, R.G.), 191. Blackwell Sci. Pub., Oxford.
- BURROWS, C.J. 1974. Plant macrofossils from Late-Devensian deposits at Nant Ffrancon, Caernarvonshire. *New Phytol.*, 73: 1003-1033.
- . 1980. Long-distance dispersal of plant macrofossils. *New Zealand J. Bot.*, 18: 321-322.
- CHANEY, R.W. 1924. Quantitative studies of the Bridge Creek flora. *Am. Jour. Sci.*, 8: 127-144, pls. 5-6.
- COHEN, A.D. & SPACKMAN, W. 1972. Methods in peat petrology and their application to reconstruction of paleoenvironments. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 83: 129-142.
- COLLINSON, M.E. 1983. Accumulations of fruits and seeds in three small sedimentary environments in southern England and their paleoecological implications. *Annals of Botany*, 52: 583-592.
- DIJKSTRA, S.J. 1950. Carboniferous megaspores in Tertiary and Quaternary deposits of S.E. England. *Annals and Mag. Nat. History*, 3, Ser. 12: 865-877.
- DRAKE, H. & BURROWS, C.J. 1980. The influx of potential macrofossils into Lady Lake, north Westland, New Zealand. *New Zealand J. Bot.*, 18: 257-274.
- EFREMOV, J.A. 1940. Taphonomy: New branch of paleontology. *Pan-American Geologist*, 74: 81-93.
- ELVEN, R. 1978. Subglacial plant remains from the Omnsbreen glacier area, south Norway. *Boreas*, 7: 83-89.
- FERGUSON, D.K. 1985. The origin of leaf-assemblages —New light on an old problem. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 46: 117-188.
- GLASER, P.H. 1981. Transport and deposition of leaves and seeds on tundra: A late-glacial analog. *Arctic and Alpine Research*, 13: 173-182.
- HARPER, J.L. 1977. *Population Biology of Plants*. 892 pp. Academic Press, London.
- & WHITE, J. 1974. The demography of plants. *A. Rev. Ecol. Syst.*, 5: 419-463.
- HOLYOAK, D.T. 1984. Taphonomy of prospective plant macrofossils in a river catchment on Spitsbergen. *New Phytol.*, 98: 405-423.
- KARROW, P.F., HARRISON, W. & SAUNDERSON, H.C. 1977. Reworked Middle Wisconsinan(?) plant fossils from the Brampton Esker, southern Ontario. *Can. J. Earth Sci.*, 14: 426-430.
- 吉良竜夫. 1954. 植物遺体による過去の気候の推定法についての2, 3の問題. *日本生態学会誌*, 4: 45-50.

- KOKAWA, S. 1958. Some tentative methods for the age-estimation by means of morphometry of *Menyanthes* remains. J. Inst. Polytech. Osaka City Univ. Ser. D, 9: 111-118.
- . 1963. New localities of fossil *Menyanthes* in Japan with reconsideration of its morphometric value distribution. J. Biol. Osaka City Univ., 14: 97-105, pls. 1-2.
- 黒松康悦・粉川昭平. 1986. 亀井遺跡出土の大型植物遺体。「亀井(その2), 近畿自動車道天理~吹田線建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書—本文編」, 339-388. 大阪府教育委員会・大阪文化財センター.
- MINAKI, M., MATSUOKA, K. & KOKAWA, S. 1981. Pleistocene plant fossils of Gojōyama, western part of the Nara Basin, central Japan. The Quaternary Research (Daiyonki-Kenkyu), 20: 21-29.
- 中西弘樹. 1984. 海流散布植物とその分布圏の意義. 月刊地球, 6: 113-119.
- 尾崎公彦. 1969. 早川および酒匂川における植物葉の運搬距離の観察. 横浜国大自然科学研究報告, Sec. II, 15: 95-108, pl. 8.
- RYVARDEN, L. 1971. Studies in seed dispersal I. Trapping of diaspores in the alpine zone at Finse, Norway. Norw. J. Bot., 18: 215-226.
- . 1975. Studies in seed dispersal II. Winter dispersed species at Finse, Norway. Norw. J. Bot., 22: 21-24.
- SCHEIHING, M.H. & PFEFFERKORN, H.W. 1984. The taphonomy of land plants in the Orinoco delta: a model for the incorporation of plant parts in clastic sediments of Late Carboniferous age of Euramerica. Rev. Palaeobot. Palynol., 41: 205-240.
- SCOTT, A.C. & COLLINSON, M.E. 1983a. Investigating fossil plant beds, Part 1: the origin of fossil plants and their sediments. Geology Teaching, 7: 114-122.
- & ———. 1983b. Investigating fossil plant beds, Part 2: methods of palaeoenvironmental analysis and modelling with suggestions for experimental work. Geology Teaching, 8: 12-26.
- SPICER, R.A. 1977. The pre-depositional formation of some leaf impressions. Palaeontology, 20: 907-912.
- . 1980. The importance of depositional sorting to the biostratigraphy of plant megafossils. "Biostratigraphy of Fossil Plants" (eds. DILCHER, D.L. & TAYLOR, T.N.), 171-183. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg.
- . 1981. The sorting and deposition of allochthonous plant material in a modern environment at Silwood Lake, Silwood Park, Berkshire, England. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap., 1143: 77 pp.
- . & HILL, C.R. 1979. Principal components and correspondence analyses of quantitative data from a Jurassic plant bed. Rev. Palaeobot. Palynol., 28: 273-299.
- . & WOLFE, J.A. 1987. Plant taphonomy of late Holocene deposits in Trinity (Clair Engle) Lake, northern California. Paleobiology, 13: 227-245.
- 鈴木敬治. 1959. 古植物生態学の諸問題—天王寺植物化石群とその古植物生態学的研究—。地団研専報, 9: 48 pp., 5 pls. 地学団体研究会.
- 鈴木三男・能城修一. 1987. 北江古田遺跡の木材遺体群集。「北江古田遺跡発掘調査報告書(2)」, 506-556. 中野区・北江古田遺跡調査会.

- TADAKI, Y. 1977. Forest Biomass. "Primary productivity of Japanese forests —Productivity of terrestrial communities—" (eds. SHIDEI T. & KIRA T.), JIBP Synthesis, 16: 39-64.
- 田川日出夫. 1977. 群落の構造. 「植物生態学講座 2, 群落の組成と構造」(伊藤秀三編著), 112-192. 朝倉書店. 東京.
- 上野 晃・森川正和・網谷克彦・入江文敏・畠中清隆. 1987. 1985年度調査概報. 「鳥浜貝塚. 1985年度調査概報・研究の成果—縄文時代を主とする低湿地遺跡の調査 6—」, 160 pp. 福井県教育委員会・福井県立若狭歴史民族資料館.
- WARNER, B.G. & BARNETT, P.J. 1986. Transport, sorting, and reworking of late Wisconsinan plant macrofossils from Lake Erie, Canada. *Boreas*, 15: 323-329.

(1988年5月20日受付)

〔書 評〕

TRAVERSE, A. 1988. *Paleopalynology*. 600 pp. Unwin Hyman, London.

数年前に刊行が予定されていたものであるが、何度か刊行予定を遅らせて先頃ようやく日の目を見た。古くは Brandon lignite の micropaleontology や、Great Bahama Bank での花粉の動態研究で知られる著者は、現生から古生代にわたる古花粉学、花粉の堆積学など、花粉学全般にわたって幅広い活動をしてきた米国を代表する花粉学者である。花粉分析のテキストブックは今までにかなりのものが刊行されてきたが、BIRKS, H.J. B. & BIRKS, H.H. の Quaternary Palaeoecology や MOORE, P.D. & WEBB, J.A. の An Illustrated Guide to Pollen Analysis のように第四紀を主とする新しい時代や現生を対象としたものが多かった。本書はもちろん、的確な現生の花粉形態、花粉の動態、第四紀花粉学の章も含んでいるが、何といても下記の目次から知られるような著者の幅広い知識に支えられた先カンブリア時代以降の古花粉学と花粉学の基礎的研究が詳細に、かつ理解しやすくまとめられているところに最大の特徴がある。室内での技術論についても標本の意義をわきまえた的確なもの判断され、かつて Handbook of Paleontological Techniques でも紹介された花粉化石の単体標本の作成法が、新しい技術も取り入れて紹介されてもいる。

Contents: 1 What paleopalynology is and is not. 2 Why one "does" paleopalynology and why it works. 3 The natural history of palynomorphs. 4 Spore/pollen basic biology. 5 Spore/pollen morphology. 6 Stratigraphic palynology-Precambrian, Cambrian, and Ordovician. 7 Silurian palynology. 8 Devonian palynology. 9 Carboniferous-Permian palynology to the end of the "Paleophytic". 10 Permo-Triassic spores/pollen. 11 Triassic-Jurassic palynology. 12 Late "Mesophytic" "non-pollen" palynomorphs. 13 Jurassic-Cretaceous palynology: end of the "Mesophytic" Advent and diversification of angiosperms. 14 Paleogene palynology. 15 Neogene palynology. 16 Holocene interglacial palynology. 17 Production, dispersal, and sedimentation of spores/pollen. 18 Some factors affecting practical applications of paleopalynology.

(辻 誠一郎)