百原 新*・吉川昌伸**: 蛇行河川内での大型植物化石群の堆積過程

Arata Momohara* and Masanobu Yoshikawa**: Sedimentary Process of Plant Macrofossil Assemblages in a Meandering Channel

要 旨 千葉県茂原市の国ができない。 か生時代終末から古墳時代初頭に埋積した蛇行河川の横断面を観察し、12の大型植物化石群の種構成、化石の形状と大きさ、堆積構造と堆積物の粒度組成を比較検討し、大型植物化石群の堆積過程を考察した。大型植物化石群は、攻撃斜面側へと蛇行河川が成長するに伴い側方付加することによって形成された細粒砂~極細粒砂主体の地層に含まれていた。河道内堆積物を構成する各単層は、下位の層の削剝面に始まる上方細粒化の堆積サイクルから構成されていた。単層の下部から中部への水流の営力低下にともなって、大型の種実類・木材片から葉や小型の種実類へと、堆積物にとりこまれる植物化石の形状と大きさが変化し、化石群の種構成が変化した。種実類サイズの平均とばらつきは、堆積物粒子の平均直径と淘汰度に対して正の相関があった。植物化石の運搬堆積様式を推定した結果、種実類は平均粒径 1.5~2.0 ф 前後の中粒砂と挙動し、匍行ないし躍動様式によって運搬された可能性が考えられ、葉は主に平均 3.1 ф 前後の細粒ないし極細粒砂と挙動し浮流様式により運搬された可能性が示された。植物化石群を構成する葉と種実類では種構成に大きな偏りが見られ、葉化石群はコナラ属アカガシ亜属を含む高木性の常緑広葉樹と針葉樹だけから構成される一方で、種実類は高木性の落葉広葉樹や低木が多く含まれていた。この原因として、高木性の常緑広葉樹と落葉広葉樹・低木間での器官の生産量の差が考えられた。キーワード:大型植物化石群、堆積構造、蛇行河川、タフォノミー、粒度組成

Abstract To clarify sedimentary process of plant macrofossil assemblages, we observed cross sections in a meandering channel buried between latest Yayoi and earliest Kofun Periods, Late Holocene, at the Kouseki Site, Chiba Prefecture, central Japan. We compared species compositions and shape and size of fossils with sedimentary structures and grain size distribution for 12 plant macrofossil assemblages and their sediments. Plant macrofossil assemblages were included in several beds composed mainly of fine to very fine sands accreted laterally to the concave bank of the meandering channel. Each bed in the channel fill deposits had washed out the lower beds and composed an upward fining sequence. With the decrease in water current force from the lower to the middle part of each bed, the shape and size of deposited plants changed, as from larger fruits and seeds. and woods to leaves and smaller fruits and seeds, which resulted in the change in species composition of fossil assemblages. Mean and standard deviation of fruit and seed size correlated with mean and standard deviation of sediment particles respectively. Fruits and seeds seemed to have been transported and deposited by surface creeping and/or saltation together with medium sands of ca. $1.5-2.0\phi$ in diameter. On the other hand, leaves were assumed to have been transported and deposited by suspension together with fine to medium sands of ca. 3.1ϕ in diameter. The species composition of leaves and that of reproductive organs in the whole fossil assemblages were quite different: leaves mainly consisted of evergreen broadleaved trees including Cyclobalanopsis and some conifers, but fruits and seeds included abundant deciduous broadleaved trees and shrubs. This bias may have resulted from the difference in the production of organs between evergreen broadleaved trees and deciduous broadleaved trees or shrubs.

Key Words: Grain size distribution, Meandering channel, Plant macrofossil assemblage, Sedimentary structure, Taphonomy

1. はじめに

植物化石群から古植生を復元するには、植物化石相そ

のものの分析だけではなく, 化石群のタフォノミーの解析が必要となる。大型植物化石のタフォノミーの研究に

^{*〒271} 千葉県松戸市松戸648 千葉大学園芸学部緑地・環境学科

Department of Environmental Science, Faculty of Horticulture, Chiba University, Matsudo 648, Chiba 271, Japan.

^{**〒 335} 埼玉県戸田市下前 1-13-22 (株)パレオ・ラボ

Paleo • Labo Co., Ltd., Shimomae 1-13-22, Toda, Saitama 335, Japan.

は、化石となる植物の生産、運搬・堆積、堆積後の続成作用の研究が含まれる(百原・南木、1988)。生産、運搬・堆積過程では、現在の水域で形成されつつある植物化石群と流域の植生との量的・質的対応関係について多くの研究が行われており(例えば Spicer & Wolf、1987)、植物の生育場所の違いと器官の形状によって運搬や分解のされやすさにちがいが生じることも実験的に明らかにされている(Ferguson、1985)。これらの研究からは、植物の器官の大きさや形状によって水流による堆積・運搬のされ方が異なり、その結果として植物化石群の種構成に差が生じることが予想される。しかしながら、過去の河川域で形成された植物化石群について、堆積物の粒度組成や堆積構造から、植物化石群の運搬堆積過程を議論した研究は少ない(例えば黒松・粉川、1986)。

黒松・粉川(1986)は、大阪府亀井遺跡の弥生時代から7世紀前半にかけての氾濫原堆積物で、堆積物中の礫、砂、シルトー粘土の粒子の割合と植物化石群の草本、木本それぞれの種数との関係を調べた。この結果、砂の量比が高くなるにつれて種数が増加するが、礫の量比が高くなると減少する傾向があることを明らかにし、種子や果実を含む大型植物化石群の形成は砂粒子の挙動と関係があることを示した。しかしながら、この研究では、時代と採取地点が異なる試料を同等に比較しており、化石群の供給源となった古植生が異なるだけではなく、河川の後背湿地と河道内の洪水堆積物といった堆積環境が大きく異なる化石群を同等に比較検討しており、同一の堆積環境下での水流による種子・果実粒子の選択の過程を反映していない可能性がある。植物化石の堆積物粒子

としての性質を明らかにするには、堆積環境が比較的一様で、水流の営力の差が見られる場所で植物化石群を比較する必要がある。

今回,千葉県茂原市の国府関遺跡で,蛇行河川の河道を埋積した砂層の中から弥生時代終末から古墳時代初頭の土器とともに大型植物化石密集層が見つかり,吉川ほか(1993)と百原(印刷中)によって大型植物化石群が記載され,古植生の復元が行われた。この遺跡では,採掘時のトレンチ断面で河道の中の植物化石群の堆積構造を観察することができ,含まれる大型植物化石の大きさや形状の異なる複数の化石群が同一の単層内で見つかった。そこで,本研究では,ほぼ一様の堆積環境で形成された大型植物化石群の種構成,植物化石の大きさ・形状,堆積構造,堆積物の粒度組成を比較することで,大型植物化石の堆積物粒子としての挙動を明らかにし,水流の営力の違いが植物化石群の種構成にどのような影響を与えるかについて議論する。

この研究の機会を与えていただいた國學院大學加藤晋平教授,国立歴史民俗博物館辻 誠一郎助教授,長生郡市文化財センターの皆様,粒度分析法について助言をいただくとともに遠心沈降式粒度分布測定装置を利用させていただいた日本大学遠藤邦彦教授,現地での調査を共同で行った小山修司氏に感謝します。

2. 試料と方法

国府関遺跡は、千葉県茂原市西部豊田川中流域の上総丘陵の開析谷内に位置する(図1)。この遺跡は弥生時代後期ないし古墳時代初頭の堅穴住居跡や土坑、自然流路からなり、自然流路からは大量の土器や木製品と共に植

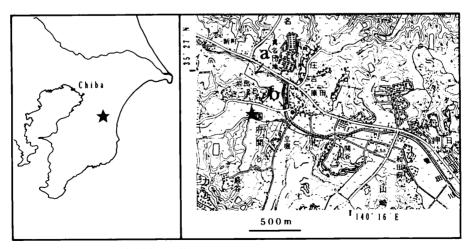


図1 国府関遺跡の位置

a-b は河床勾配の推定を行った区間。

Fig. 1 Locality map of the Koseki Site

a-b: sections where we measured stream gradient.

物化石が出土した((財)長生郡市文化財センター,1993)。 遺跡内の自然流路の分布を図2に、観察を行った露頭の 位置を図4に示す。観察を行った露頭(セクション1お よび2) には007流路と第1流路とよばれる自然流路の 横断面が見られた。このうち、007流路は地山の砂層(図 2 と図 4 の 4 層) を開析する幅 2.5m 以上, 深さ 3m 前後 の蛇行河川で、流路を埋積する砂層(3層)には弥生時代 終末から古墳時代初頭の土器や木製品、植物化石を多く 含む。図2の007流路の分布は、シルト主体の1層と2 層(図4)を掘り下げた際に最初に現われた河川成砂層の 分布, すなわち図4の3b層の上面が1層や2層に接す る部分の分布を表わしており、007流路が第1流路に移 行する際に最後に堆積した砂層の分布を示している。007 流路蛇行部南側では深さ 1m 以下のシュート・バーが認 められる。一方、007流路の堆積物の上位にある第1流 路の堆積物(1層)は、シルト~極細粒砂主体で分布は 007 流路とほぼ重なるが、地点 A 付近の蛇行部分の両側 がとぎれている (図2)。この部分は007流路から第1流

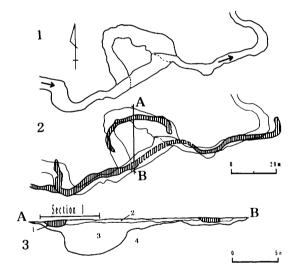


図 2 国府関遺跡の 007 流路と第一流路の分布と断面図 ((財)長生郡市文化財センター, 1993 をもとに作成)。1:007 流路, 矢印は古流向を示す。2:007 流路と第1 流路。3:流路の横断面, Section 1(図3,図4)の範囲を示す,1,2,3,4 はそれぞれ図4と図5の1,2,3,4 層に対応する。

Fig. 2 Location and cross section of Channel 007 and Channel 1 at the Koseki Site (following Chosei-Gunshi Cultural Property Center, 1993). 1: Channel 007, Arrows shows paleocurrent 2: Channels 007 (blank) and 1 (shaded) 3: Cross section of the channels, showing the position of Section 1 in Figs. 3 and 4. Numbers 1, 2, 3 and 4 correspond to Layers 1, 2, 3 and 4 in Figs. 4 and 5.

路へと流路が遷移する際にとりのこされた三日月湖だと 考えられている((財) 長生郡市文化財センター,1993)。

植物化石密集層の観察を行ったセクション1の写真を図3に,露頭断面図を図4に示す。堆積物試料はセクション1の地点1A,1B,1C,1D,1Eとセクション2の地点2の計6地点で、植物化石を含む層(S1,S2,S5,S6,S8,S9,S10,S11,S12,S13,S14,S16)を単層の下部、中部、上部に分けて採取したほか、その上下の堆積物(S3,S4,S7,S15)を採取した。このうち、3g層下部のS9,S13,S14と3g層中部のS8,S12は、それぞれ連続した同一層位の化石密集層から採取した。採取地点の地質柱状図を図5に示す。

試料の採取は以下の方法で行った。まず、植物化石群 の堆積構造を明らかにするために、露頭から堆積物のブ ロックを切り取り, 堆積物中に含まれる植物化石の形状 や配置を軟 X 線を用いて観察した。ここで軟 X 線を用 いた理由は、砂質で崩れやすいために露頭表面での堆積 構造の観察が困難なためと、厚みのある試料に軟 X 線 を照射することで、表面に露出した部分の形だけでは判 断できない化石の形態を透過像によって観察するためで ある。露頭断面で堆積構造を観察したのち、露頭から柱 状試料を切り取った。持ち帰った柱状試料を整形して露 頭面を平らにし,透明プラスチックケースをはめ込んで, 露頭面に対して水平な65mm×95mmの面をもつ、深さ 12mm の試料を切り取った。軟 X 線は、ソフテックス (株)製 Softex M-150W で、試料の露頭面に対して垂直 に 50kV, 2.5mA, 210 秒間の照射を行った。透過像を 観察した後、試料を壊して透過像と中に含まれる化石等 との対応関係を確認した。

植物化石群と粒度分析のための試料は、軟 X 線試料を切り取った部分と同じ葉理内の堆積物を分割することによって調整した。植物化石群試料は、堆積物 50cm³を層理面に水平に剝ぐようにして葉の破片を拾い集め、その残りを 0.25mm 目の篩で水洗して果実・種子、枝条を拾い上げて個数を数えた。植物の器官が破片で産出した場合は、その器官が完全な状態で何個分になるかを復元して数えたが、1 個分以下の破片の場合は 1 個として記録した。葉の化石は葉身の先端部と葉柄のついた葉身の基部をそれぞれ数えた(百原、印刷中)。

粒度分析は、有機物を取り除いた堆積物粒子について行った。堆積物 $20\sim200$ g を 1000cc のビーカーに入れ、水を加え分散し、傾斜法によって植物遺体を取り除いた後、 4.5ϕ の標準フルイを通して粗粒成分と細粒成分に分離した。粗粒成分については恒温乾燥機で 110° Cで乾燥し、標準フルイを $1/2\phi$ 間隔で 4.5ϕ (44μ m) まで重ねて振とうした。細粒成分の多い試料 (S1, S2, S3, S6,

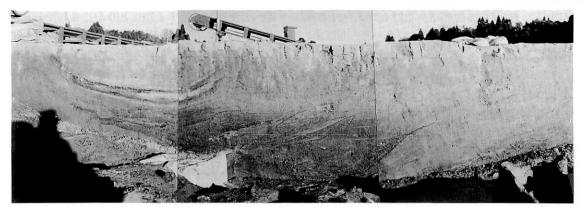


図3 国府関遺跡セクション1露頭写真 Fig. 3 Section 1 at the Koseki Site

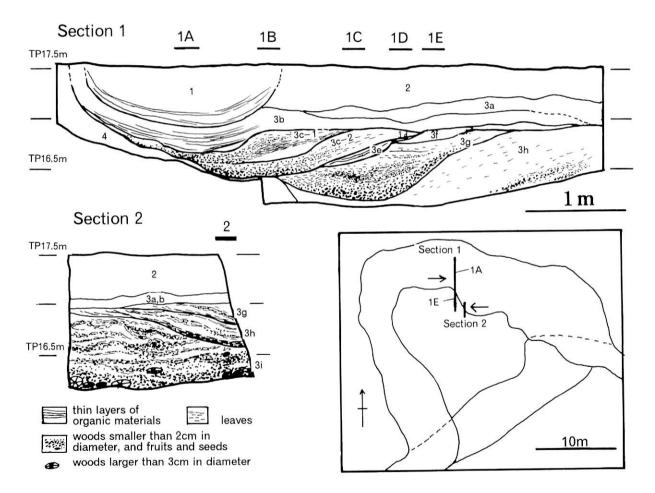


図 4 国府関遺跡セクション 1 とセクション 2 の露頭スケッチと位置図 1A~1E, 2 は試料採取地点を示し,図 5 の地質柱状図の地点と対応する.1,2,3a~3i, 4 は地層区分 1 層,2 層,3a 層~3i 層,4 層に対応する.位置図中の矢印はセクション 1,セクション 2 の露頭スケッチの視点を示す.

Fig. 4 Sketch and location map of Section 1 and 2 at the Koseki Site Numbers 1A-1E, and 2 show sampling localities. Numbers 1, 2, 3a-3i and 4 in the beds correspond to Layers 1, 2, 3a-3i and 4. Arrows in the location map show the viewpoint of the sketches of Sections 1 and 2.

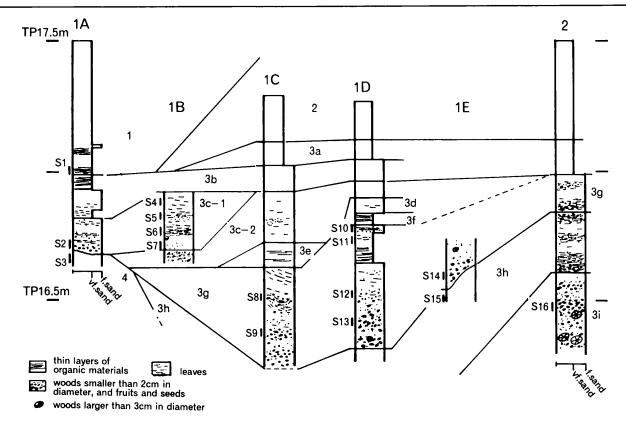


図5 試料採取地点(1A~2)の地質柱状図 S1~S16 は試料採取層準を示す。

Fig. 5 Columnar sections of the sampling sites (1A-2) S1-S16 show horizons of samples.

S8, S10, S11, S16) に関しては、島津遠心沈降式粒度分布測定装置により光透過法による粒度分析を行った。 測定結果から Friedman (1961) の積率法により平均粒径と淘汰度を算出した。計算式は、平均粒径 (mean diameter) が $\bar{\mathbf{x}} = (\Sigma f_i \mathbf{x}_i)/100$ であり、淘汰度(標準偏差、standard deviation)は $\sigma \phi = \sqrt{\Sigma (f_i (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})^2/100)}$ である。但し、 f_i : 各粒度階の重量%、 \mathbf{x}_i : 各粒度階の中央粒径値 (ϕ) , $\bar{\mathbf{x}}$: 平均粒径 (ϕ) とする。このうち、淘汰度は標準偏差を意味し、数値が 0 に近いほど粒径がよく揃っていることを示す。

堆積物の粒度と含まれる植物化石の大きさとの関係を明らかにするために、植物化石の直径を測定した。植物化石の形状が違うと運搬堆積時の挙動が異なると考えられるので、拾い上げた種実類のうち球形に近い形の植物化石、すなわち、短径の長径に対する割合が 1/2 以上の種実類を選び、長径を計測した。

さらに、葉と種実類といった形状の異なる大型植物化石が、それぞれどの粒度階の堆積物粒子と挙動を共にしていたかを検討した。堆積物は、一般に、匍行(surface creeping)、躍動(saltation)、浮流(suspension)といっ

た異なった様式で運搬堆積された粒子によって構成さ れ、それぞれの運搬様式に対応する粒子は、正規確率グ ラフ上での粒径頻度積算曲線の屈曲の変換点によって区 分される2つ以上の正規分布集団を構成する(井口・目 崎, 1974;井口ほか, 1977)。そこで井口ほか (1977) の 方法によって正規分布集団の分離を行った。つまり、各 堆積物の粒度分析から得られた粒径頻度積算曲線を正規 確率紙にプロットし、粒径頻度曲線の屈曲の変換点に基 づいて複数の集団に区分して各集団の構成割合を得た。 さらに分離した集団ごとに累積頻度を算定し、頻度に近 似する直線を求めた。この際に、粒径に対する累積頻度 の値が直線に沿って分布しないようであれば、もう一度 屈曲の変換点を検討し、同じ手順を繰り返した。最後に 各集団の構成割合で全集団の累積頻度を合成し、妥当性 を検討した。このようにして得た各粒子集団の構成割合 と,葉,種実類の含有量とを比較した。

3. 結果

1) 植物化石群含有層の堆積構造

セクション1 (図3, 図4, 図5) の007流路内堆積物

を構成する 3 層の上部は、下位より 3h, 3g, 3f, 3e, 3d, 3c-2, 3c-1, 3b, 3a の 9 層に区分され、3a 層以外は蛇行河川の堆積斜面側から攻撃斜面側へと付加されるように堆積している。このうち、3h 層、3g 層、3e 層、3c-2 層、3c-1 層は下位の層を浸食して堆積し、上方細粒化の 1 つの堆積サイクルを構成する単層であるが、3g 層と 3h 層の上部は不規則に粒度が変化し、複数の単層を含む可能性がある。3g 層、3c-2 層、3c-1 層と 3b 層はエプシロン

型の下底面を持ち,攻撃斜面側の単層ほど下底面が浅くなっている。セクション 2 (図 4) ではセクション 1 で見られる地層よりも下位の地層が見られ,3h層の下位に3i層が見られる。

もっとも下位の3i層は中粒砂〜細粒砂主体で厚さ70cm以上,下部は大型の種実類や木材片が密集する層(S16)を挟在し,直径3〜10cmの材幹も多く含まれる(図4,図5)。セクション2で3i層を覆う3h層は,細

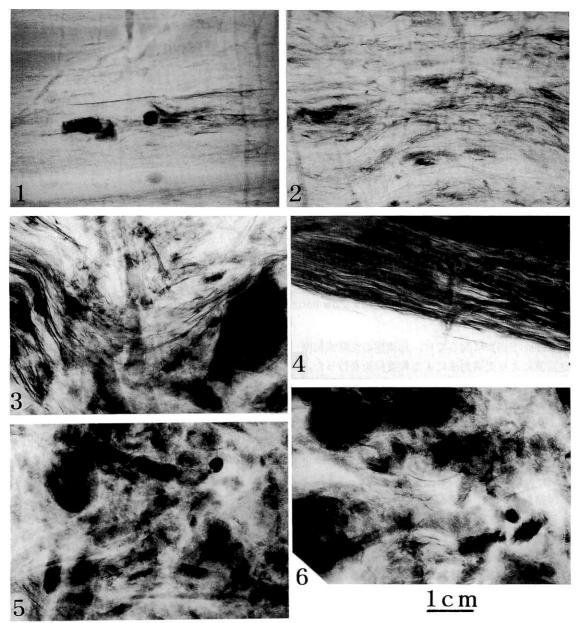


図 6 植物化石密集層の軟 X 線透過像

1:S11 (3g 層上部) 2:S5 (3c-1 層中部) 3:S8 (3g 層中部) 4:S6 (3c-1 層中部)

5:S13 (3g 層下部) 6:S16 (3i 層下部)

Fig. 6 Soft X-ray photographs of plant macrofossil layers

1:S11 (upper part of 3 g) 2:S5 (middle part of 3c-1) 3:S8 (middle part of 3 g)

4:S6 (middle part of 3c-1) 5:S13 (lower part of 3g) 6:16 (lower part of 3i)

粒砂を主体とし,下部に葉と種実類の密集層を挟在する。 3g層は、3h層を削剝して覆い、セクション1では厚 さ約 45cm, 幅 240cm である。下部 15cm はもっとも粗 粒で中粒砂を含む細粒砂から構成され堆積構造は不明 瞭, 直径 20mm 以下の種実類や木材化石が密集する(試 料 S9、S13、S14)。中部では下部より細粒になるととも に葉理が顕著になり、 種実類や木材片よりも葉が目立つ ようになる(試料 S8, S12)。上部 20cm は極細粒砂層と シルト層の不規則な互層となって植物化石の薄層が葉理 を形成する (試料 S11, S10)。 地点 IC の 3g 層中部では コンボルート葉理が見られる (試料 S8, 図 6-3)。3g 層 の上位には、シルト主体の 3f と砂主体の 3d 層が 3g 層 を削り込んで堆積しているが、分布は極めて狭く、植物 化石もほとんど含まれない。さらに、3d層と3g層の一 部を削り込んで葉理の発達した細粒砂主体の 3e 層が重 なる。

3c-2層は3d,3e,3g層および4層を不整合に覆い,上位の3c-1層の前置面とは1A地点付近で境界が不明瞭となる。3c-1層,3c-2層ともに細粒砂主体で,葉や種実類の密集層を挟在し,全体的に葉理が顕著に見られる。1A地点の3c-1層の下底部には種実類主体の化石密集層 S2が見られるが,1B地点では下底部の植物化石を含まない細粒砂層(S7)の上に葉の密集層(S6)がのる。

3b層は3c-1層を一部整合に覆い、水平にひろく分布して3c-2,3f,3g,3h層を不整合に覆う。3b層は極細粒砂とシルトの互層からなり、1A地点付近では葉理が発達するが、1A地点からはなれるにしたがって堆積構造が不明瞭となって細粒化し、塊状でシルト主体の3a層に移行する。3b層は1A地点では有機質に富むシルトの薄層を挟在するが、種実類や葉化石はほとんどみられない。

3層の上位は、塊状で淘汰が悪い砂質シルト層からなる2層と、葉理がやや発達する極細粒砂〜シルト主体の1層に覆われる。2層は炭化物粒子を多く含み、植物の根に沈着して形成されたと考えられる酸化鉄が筋状に密集する。1層と2層の間には明瞭な不整合は形成されていないが、1層下部10cmでは2層を浸食して1層が堆積している。1層下部10cmは葉理がやや発達し、炭質物に富む層や灰の薄層が不規則に挟在する

露頭断面に水平な面の軟 X 線透過像 (図 6) では,3h 層下部の S16 (図 6-6),3g 層下部の S13 (図 6-5), S14,3c-1 層下部の S2 で,種実類による径 3mm から 14mm の円形の透過部や,枝や木材の破片による幅 3~7mm,長さ 10mm 以上の線形の透過部が密集して見られる。一方,3g 層下部の S9,3g 層中部の S8 (図 6-3), S12,3g 層上部の S11 (図 6-1) ではこれらの円形や線形の透過

部に加えて、葉の断面による幅 0.5mm 以下の微細な線状の透過部が見られ、3c-1 層中部の S6 (図 6-4)、上部の S5 (図 6-2)、3g 層上部の S11 では葉の断面による線状透過部だけになる。特に S6 ではこの線状透過部が水平に密集して分布しているが、密集部の下底は明瞭な境界で下部の砂層と接し、下部の砂には透過部は分布していない (図 6-4)。葉と種実類、枝、木材片の堆積構造は同じ堆積物 (図 6-3) の中でも異なり、葉は必ず層理面に対して水平に規則的に堆積するのに対し(図 6-2, 3, 4)、種実類、枝、木材片は明瞭な堆積構造を示さず長軸の方向は一定しない (図 6-3, 5, 6)。

葉や種実類、枝、木材片による明瞭な透過像のほか、層理面に対して垂直ないし60度以上の角度で下へとのびる幅3mm以下の線状のやや不明瞭な透過像がみられる(図6-1,2)。この透過像は地表により近いS5,S11,S10,S1では密に分布しているが、下へいくにつれて透過像の幅が小さく密度も低くなる傾向がある。この透過像に対応する部分には植物の遺体は必ずしも見られないが、下方に向かって分枝しているように見えること(図6-1)、周囲の鉄分が酸化して黄変していることから、過去の植物の根の跡だと考えられる。

2) 植物化石群の種構成

3層の大型植物化石群は910個の化石からなり、全部で木本45分類群(高木性樹種25分類群,低木および籐本20分類群)、草本33分類群が含まれる(百原,印刷中)。葉の産出は、イチイガシ Quercus gilva とツクバネガシ Q. sessilifolia を含むコナラ属アカガシ亜属Quercus subgen. Cyclobalanopsis が多く、3層の大型植物化石の21%に達するが、アカガシ亜属以外の常緑広葉樹葉や落葉広葉樹葉、針葉樹葉はそれぞれ約1%と極めて少ない。葉と芽を除くすべてが種子、果実、殻斗、雄花序、外頴といった生殖器官や種実類で、全個数の71%を占める。木本、低木および籐本、草本の種実類の個数割合はそれぞれ38%、31%、31%である。1層のS1はイネ外額25個だけから構成される。S1のイネの外額のうち、17個は炭化していた。

葉の化石は種実類に比べると分類群が限られている。 葉と種実類の両方が産出する分類群はアカガシ亜属とカ エデ属 Acer だけである。イチイガシとツクバネガシを 含むアカガシ亜属の葉は、種実類よりもはるかに多く産 出し、カエデ属は果実 6 個に対して葉の破片が 1 個産出 した。カヤ Torreya nucifera、モミ Abies firma、フジ Wisteria floribunda は、葉が産出するが種実類は産出し ていない。すなわち、葉の化石は高木性の常緑広葉樹や 針葉樹だけが産出し、髙木性の落葉広葉樹や低木では種 実類が多く含まれているものの対応する葉化石はほとん ど含まれていない。

3層内の単層のなかの位置による種数や個数の分布は、3g層、3c-1層ともに下部の化石群で個数が71~153個、分類群の数も31~44と多く、中部から上部の化石群へと個数、種数ともに減り、3g層上部のS11では7個体4種類しか含まれていない。3c-1層中部のS6は、コナラ属雄花序と芽、幼果実以外ではアカガシ亜属の葉だけから構成され、種構成がきわめて偏っている。

各植物化石群の種構成の類似度を調べるために、大型植物化石一覧表(百原、印刷中の第1表)をクラスター分析にかけた。まず、分類群の重複をさけるために、1つの分類群に対応する複数の器官を整理した。一覧表の

minimum sizes

分類群リストから不明の分類群、イヌシデ Carpinus tschonoskii 果実鱗片、コナラ属雄花序と芽、カエデ属葉とフジ属葉を削除した。カエデ属は翼果と種子を合計し、アカガシ亜属は、殻斗、堅果、幼果の個数を合計して1つの分類群にまとめ、イチイガシ、ウラジロガシQ. salicina、ツクバネガシはそれぞれ葉の基部と先端のどちらか多い方の個数をとり、完形の個数とあわせた。こうしてまとめた全79 分類群の各化石群での産出個数を相対優占度(%値)に換え、最近隣法(nearest neighbor clustering) によって樹状図(図7)を作成した。

図7は、3g層下部の化石群S9、S13、S14が互いによく類似しており、同じ単層の同一層準で組成がまとまっ

表 1 国府関遺跡の堆積物の粒度組成、堆積物を構成する正規分布集団の組成と各粒子集団の平均粒径 粒子集団の分離は井口ほか(1977)の方法で行い、粗粒成分より A, B, C 集団に区分した。S.D. は標準偏差。

Table 1 Grain size distribution, percent of the component population of sediments and mean diameters of each component population at the Koseki Site Component populations were separated into A, B and C populations based on the method by Iguchi *et al.* (1977). S. D.; standard deviation.

horizon	sample number		standard deviation	component population(%)		mean diameter of each population (ϕ)			
		(ø)	(φ)	A	В	C	A S. D.	B S. D.	C S.D.
Lower part of 1	s 1	4. 08	1. 23	1	65	34	1.8 0.6	3.4 0.5	5.4 1.2
Upper part of 3c-1	s4	3. 02	0. 62	3	93	4	2.0 0.8	3. 0 0. 5	* *
Middle part of 3c-1	s 5	3. 04	0. 61	1	96	3	1.5 0.6	3. 1 0. 5	* *
Middle part of 3c-1	s6	3. 21	0. 80	3	91	6	1.7 0.7	3.1 0.5	5. 3 1. 1
Lower part of 3c-1	s7	2. 95	0. 59	1	97	2	1.7 0.7	3. 0 0. 5	* *
Lower part of 3c-2	ε2	3. 11	0. 89	8	86	6	2.0 0.6	3. 0 0. 5	5.4 0.9
Upper part of 3g	s10	3. 40	0. 81	3	92	5	1.9 0.7	3. 3 0. 5	5.7 1.0
Upper part of 3g	s11	3. 87	0. 85	0	90	10		3.7 0.6	5.6 1.3
Middle part of 3g	s12	3. 03	0. 59	3	94	3	2.0 0.3	3, 1 0, 6	* *
Middle part of 3g	s8	3. 13	0. 79	4	90	6	1.7 0.6	3.1 0.6	5.0 0.9
Lower part of 3g	s9	2. 92	0. 70	9	88	3	1.8 0.5	3.0 0.6	* *
Lower part of 3g	s13	2. 87	0. 75	15	81	4	2.0 0.7	3. 0 0. 5	* *
Lower part of 3g	s14	2. 65	0. 83	12	85	3	1.5 0.7	2.8 0.7	* *
Upper part of 3h	s15	3. 03	0. 67	4	92	4	2.0 0.8	3.1 0.6	* *
Lower part of 3i	s16	2. 91	0. 96	15	79	6	1.8 0.9	3.0 0.6	5. 1 1. 1
4	s3	3. 53	0. 84	0	92	8		3. 3 0. 5	5.3 1.3

表 2 大型植物化石群を構成する植物化石のサイズと、最大、最小の植物化石の一覧 Table 2 Plant macrofossil size in each fossil assemblage and list of taxa with maximum and

sample	number	fruit an	d seed s	ize	taxa of maximum size	taxa of minimum size
number	counted	max. (mm) mi	n. (mm) me	an (mm)	_	
s1	0					
s10	9	4. 1	0.8	2. 1	Cannabis sativa(fruit)	Stellaria media (seed)
s11	3	1.4	0. 5	0.8	Eurya japonica(seed)	unknown seed
s5	16	5	0. 9	2. 3	Schizophragma hydrangeoides (fruit)	Stellaria alsine var undulata (seed)
s6	0					
s8	9	8. 4	1. 1	2. 9	Aphananthe aspera (stone)	Chenopodiaceae (seed)
s12	26	5. 1	0.6	2. 1	Carpinus tschonoskii (fruit)	<i>Hydrangea</i> (seed)
s2	61	13. 2	0.6	3. 1	Cyclobalanopsis (cupule)	<i>Pellionia</i> (fruit)
s9	58	14. 5	1	3. 7	Cyclobalanopsis (cupule)	Stellaria media (seed
s13	33	17	0. 9	4. 1	Cyclobalanopsis (nut)	Stellaria media (seed
s14	49	13	1	4. 2	Cyclobalanopsis (cupule)	<i>Boehmeria</i> (fruit)
s16	63	15	0. 9	4. 1	Cyclobalanopsis (nut)	Stellaria media (seed

ていることを示している。しかしながら、S9-S13-S14は、他の単層の下部に含まれる S2 や S16 とともに同じクラスターを構成し、同じ 3g 層の中部の化石群 S8、S12 や上部の化石群 S10 とは組成が異なる。すなわち、同一の単層内の化石群の組成はかならずしもまとまっておらず、むしろ別の単層の下部どうしといった単層内の位置が同じ化石群で組成が互いに類似している。

3) 堆積物の粒度組成

植物化石密集層とその前後の堆積物の平均粒径と淘汰 度を表1に、中粒砂以上、細粒砂、極細粒砂、シルト以 下の構成割合を図10に示す。3層を構成する砂層の粒度 組成は互いに比較的類似しており、平均粒径は 2.65φ か ら3.874、淘汰度は0.964から0.594の間の値を示す (表 1)。全体的には単層の下部から上部へと平均粒径が 小さくなる傾向があり、下部の化石群(S16, S14, S13, S9, S2) で 2.65φ から 3.11φ, 中部に位置する化石群 (S12, S8, S6, S5) で 3.03¢ から 3.21¢, 上部の S11 と S10 では 3.87¢ と 3.4¢ である。中粒砂以上の含有率は 中部と下部で差がみられ、下部は5.79~16.85%、中部で は1.48~2.97%と下部が多くなっている(図10)。一方, 極細粒砂以下の含有量は、中部以下では28~55%だった のが上部では70~89%と中部から上部へと多くなる(図 10)。淘汰度は下部の S16 と S2 がそれぞれ 0.96, 0.89 と 大きな値を示す以外は、0.59~0.85 の間で比較的淘汰が よく、層位による系統だった違いは見られなかった。 1層は平均粒径が 4.08 と 3 層の値よりも小さく, 淘汰度 1.23 と淘汰が悪い。

堆積物を構成する粒子の正規分布集団の分離の結果を表1に示す。S3とS11以外は3つの集団から構成され、粗粒成分からA集団、B集団、C集団とここでは仮称する。一方、S3とS11はB、Cの2集団からなり、A集団を欠く。各集団の平均粒径はA集団が1.5~2.0φの中粒砂、B集団は2.8~3.7φの細粒ないし極細粒砂、C集団は5.0~5.7φの中粒シルトである。なお、C集団の平均粒径については主に4φ以下の細粒成分から構成されることから、4.5φ以下の粒度分析を行っていない試料(表1で*で示した試料)では算定していない。

4) 堆積物の粒度組成と植物化石の大きさ

化石群に含まれる種実類の大きさは、単層下部の化石群では平均で $4.2 \sim 3.1 \text{mm}$ ($-1.85 \phi \sim -1.35 \phi$) と大きく、単層中部および上部の化石群では平均 $2.9 \sim 0.8 \text{mm}$ ($-1.29 \phi \sim 0.42 \phi$) と小さい(表 2)。アカガシ亜属の葉が卓越する S6 とイネ外頴破片から構成される S1 には、球形に近い形の生殖器官は含まれていない。各化石群で最大径をもつ分類群は、S10 のアサ Cannabis sativa 以外は木本である。下部の化石群では $13 \sim 17 \text{mm}$ の大きさの

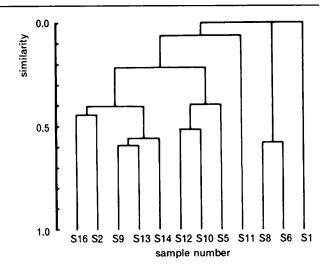


図 7 国府関遺跡の大型植物化石群の種構成の類似 度を示す樹状図

Fig. 7 Dendrogram showing similarity of species composition among plant macrofossil assmblages at the Koseki Site

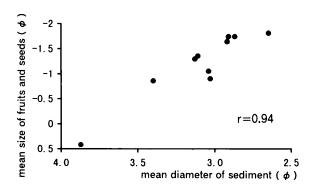


図8 堆積物の平均粒径と種実類の平均サイズとの関係 Fig. 8 Relationships between mean diameter of sediments and mean size of fruits and seeds

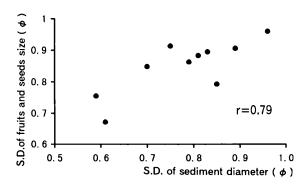


図9 堆積物の淘汰度(標準偏差)と種実類サイズの 標準偏差との関係

Fig. 9 Relationships between standard deviations of sediment diameter and those of fruits and seeds size

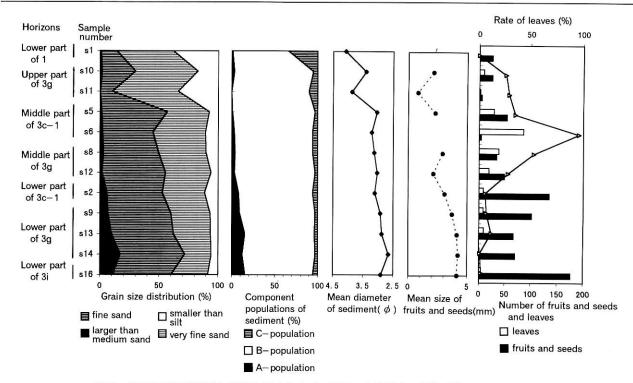


図10 堆積物の粒度組成と植物化石のサイズ,器官の含有割合の層位変化 種実類,葉の個数はそれぞれ堆積物 $50 \mathrm{cm}^3$ 中に含まれる個数を示す。中粒砂以上,細 粒砂,極細粒砂,シルト以下の範囲はそれぞれ、 2ϕ (0.25mm)以上, 3ϕ (0.125mm) 以上 2ϕ 未満, 4ϕ (0.0625mm) 以上 3ϕ 未満, 4ϕ 未満.

Fig. 10 Stratigraphical changes in grain size distribution and size and composition of plant organs

The number of fruits and seeds and leaves is that in 50 cm³ sample. Grain sizes such as larger than medium sand, fine sand, very fine sand, smaller than silt correspond to larger than 2ϕ (0.25 mm), less than 2ϕ more than 3ϕ (0.125 mm), less than 4ϕ , respectively.

アカガシ亜属の殻斗や堅果が最大で、中部から上部の化石群では最大径が1.4~8.4mm と小さくなる。一方、最小径をもつ分類群はS12 のアジサイ属 Hydrangea 以外はすべて草本で、コハコベ Stellaria media やノミノフスマS. alsine var. undulata といったハコベ科の植物が多い。各化石群での最小の化石は径0.6mm から1mm の間で層位による系統だった差は見られない(表2)。

堆積物の粒径と植物化石の大きさとの関係を図8と図9に示す。堆積物の平均粒径と植物化石の大きさの平均値は強い正の相関関係があり、平均粒径が大きくなるにつれて堆積物に含まれる植物化石が大きくなる(図8)。一方、堆積物の淘汰度と植物化石の大きさの標準偏差も正の相関関係を示し、堆積物の粒度が揃っていればいるほど含まれる植物化石の大きさも揃っている(図9)。

5) 堆積物の粒度組成と植物化石の器官の含有割合 図 10 では,単層の下部から上部への堆積物の粒度組成 の変化と対応させて,葉と種実類の個数割合,種実類の 大きさを比較している。細粒砂,中粒砂の含有割合の多い単層下部を構成する植物化石群(S16, S14, S13, S9, S2)では種実類を非常に多く含み,葉の割合は12%以下である。単層の中部の化石群 S12, S8, S6, S5 では,中粒砂以上の粒子の含量が減少し,葉の割合が28~96%と葉を多く含むようになる。さらに,極細粒砂とシルトの含量の多い3g層上部のS11とS10では,葉,種実類ともに個数が少なくなる。

3層の堆積物の構成集団の割合と葉,種実類個数との相関関係を調べた結果では(表3),種実類は中粒砂クラスに平均をもつA集団との正の相関が高く,葉は細粒ないし極細粒砂クラスに平均をもつB集団との正の相関がA集団やC集団に比べて相対的に高い。すなわち,種実の多い試料(S16, S14, S13, S9, S2)ではA集団の割合が8~15%と比較的高く,B集団の発達が相対的に悪い。一方,葉の割合が高い試料(S12, S8, S6, S5, S11, S10)ではB集団が90%以上と卓越しA集団は4%以下と少ない(表1,図10)。

表3 種実類と葉の個数と堆積物を構成する正規分 布集団との相関関係

数字は堆積物 50cm³あたりの種実類と葉の個数(図 10) と各集団の頻度(表 1) との相関係数(r 値)を示す。

Table 3 Correlation coefficients of the number of fruits and seeds and that of leaves against percent of component populations in the sediments

Correlation coefficients are calculated between the number of fossils per 50 cm³ sediment (Fig. 10) and percent of each component (Table. 1).

component population	fruits and seeds	leaves
A-population	0. 72	-0. 40
B-population	-0. 67	0. 40
C-population	-0. 21	0.04

4. 考察

3i 層から 3b 層までの堆積構造は、蛇行河川の堆積斜 面で堆積物が側方付加 (lateral accretion) すると同時に 攻撃斜面を侵食して川の中心が外側へ移動するという、 蛇行河川の成長の過程を示している。図2や図4の断面 図からは,007 流路蛇行部の深さはもともと 3m だった のが、3i 層堆積以前にはすでに深さ 1m ほどになり、3i 層から1層へと流路が徐々に浅くなって蛇行河川が消失 する過程が追跡できる。蛇行が外側へと発達すると同時 に 3i 層から 3b 層へと堆積面の下底が浅くなり単層の厚 さも薄くなっていくのは、流水の営力が低下していった ためであろう。単層下部に含まれる植物化石を比較する と, 3i 層で大型の材が含まれていたのが, 3g から 3b 層 へと種実化石程度の大きさしか堆積しないようになり、 3a 層では極細粒砂主体で肉眼で認識できる化石を含ま なくなったのも水流の営力低下に伴う現象と考えられ る。この水流の営力低下は、シュート・バーの発達や河 道の位置の変化によって蛇行部が流路としての機能を 徐々に失っていったことを示している。3b層から2層 の分布は水平に広く連続しており、007流路が蛇行河川 としての機能を失い, 氾濫堆積物が蛇行部の内側を広く 覆うようになった。最終的には外側のわずかなくぼみに 三日月湖が取り残されて1層が堆積した。3層から産出 する土器の様式には層位によって差が見られない((財) 長生郡市文化財センター、1993)ことは、弥生時代終末 から古墳時代初頭の比較的短い間に3層が堆積したこと を物語っている。

3h 層より上位の各単層が下位の地層の削剝面に始まる上方細粒化の堆積サイクルを構成していることは露頭

観察と粒度分析結果から明らかで、これは各単層が水流 営力低下の過程で堆積していったことを意味する。種実 類が多い単層の下部では砂と種実類が混在して堆積構造 を示さないことからは、水流営力の低下に伴って砂の堆 積後に比重の軽い種実類(木から落下直後のシラカシ種 子で約1.24g/cm³)が堆積したわけではなく, 種実類と 砂が同時に堆積したことを示す。一方、葉は単層の中部 でラミナ状の明瞭な堆積構造を示し、水流営力の低下に 伴って選択的に堆積したと考えられる。種実類の大きさ も堆積物粒子とともに水流の営力の影響を受けており, 単層の下部から上部へと水流営力が低下するにつれて, 堆積物にとりこまれる化石の大きさが小さくなった。水 流による淘汰の結果、堆積物の粒度組成が似かよった異 なる単層の同じ位置の化石群の種構成が類似する一方 で、単層の下部から上部へと堆積環境が変化することで 植物化石が選択を受け、化石群の種構成が大きく偏った と考えられる。

直線の河道での砂粒子の運搬堆積様式は、河道の水 深,河床勾配と粒径が決まると, Bagnold (1966) のダイ アグラムに基づいて推定することができる。ただし、井 口ほか (1977) は Bagnold (1966) のダイアグラムの掃 流域と浮流域の移行部 (threshold-full development) を 躍動様式とし、匍行-躍動-浮流を区分しているので, ここでは井口ほか(1977)の区分に従う。露頭断面の各 単層の垂直方向の厚さから推定した当時の007流路の最 高水深は、3g 層堆積時では約75cm、3c-1 層堆積時では 水深約30cm だったと考えられる。当時の河床勾配は不 明なので、現在の豊田川の護岸されていない部分(図1 の地点 a-b 間) の勾配の値 (0.0014) を使って Bagnold (1966) のダイアグラムで検討すると, もっとも粗粒の A 集団は水深が 1~6cm では匍行, 3~28cm では躍動, 15~28cm以上では浮流する。したがって,水深30 ~75cmではA-C集団すべてが浮流様式で運搬された と推定される。しかしながら、007流路内の堆積物の粒 径頻度積算曲線が3つの正規分布集団に分離されること は、3つの異なった運搬堆積様式が存在し、それぞれの 集団が各運搬堆積様式に対応していることを意味する。 そこで、開析谷谷底面の埋積が進んだ現在よりも当時の 007 流路の勾配は小さかったと考え、さらに蛇行河川内 では水流営力が相対的に小さい堆積斜面側で堆積したこ とを考慮すると、水深 30~75cm でも匍行ないし躍動で 運搬された砂粒子が含まれる可能性が示される。最も粗 粒なA集団が匍行ないし躍動で運搬堆積したと考える と、B集団とC集団は浮流様式で運搬されたことにな り, C 集団についてはシルト以下と細粒であることから ウォッシュ・ロードに由来する可能性もある。一方,種

実類と葉で堆積構造が異なっていることは、それぞれが別の様式によって運搬堆積したことを意味する。種実類がA集団と正の相関関係があり、葉はB集団との正の相関がA,C集団に比べて相対的に高いことから、種実類は平均粒径1.5~2.0φ前後の中粒砂と挙動し、匍行ないし躍動様式によって運搬堆積した可能性が考えられ、葉は主に平均3.1φ前後の細粒ないし極細粒砂と挙動し浮流様式により運搬堆積した可能性が推測される。単層の下部から中部への水流の営力低下にともなって匍行ないし躍動成分が少なくなり浮流成分が多くなったために、種実類から葉へと選択的に堆積物にとりこまれる化石の形状が変化したと考えられる。

1層の化石群は三日月湖で堆積した細粒の堆積物に含まれていて原地性が高いと考えられるが、このような堆積物に普通含まれる湿地性の草本の種子が見られず、イネの外頴だけが含まれていた。このイネの外頴の多くは炭化しており、1層の堆積物には灰の薄層が挟在する。1層と同時異相と考えられる2層には、古墳前期の住居跡が検出されており((財) 長生郡市文化財センター、1993)、この三日月湖は集落の中に位置していたと考えられることから、1層の堆積には人為の影響が強く示唆される。

水流による植物化石の淘汰の過程は、堆積物のシルト と砂、礫の量比による違いが黒松・粉川 (1986) によっ ても議論されたが, 本研究では同一単層内で, 同じ砂質 の堆積物でも粒度の微妙な違いによって含まれる植物の 形状や大きさが異なっていた。黒松・粉川(1986)が扱っ た植物化石群は、河川の後背湿地や土坑内に堆積したシ ルト主体の堆積物と、溝に堆積した砂主体の堆積物に含 まれる。後背湿地や土坑内の化石群ではカヤツリグサ科 などの水生植物や水湿地性の草本が大半を占め、種あた りの産出個数が多い割に種数は少ない。一方、溝に堆積 した化石群では木本、草本ともに種数が多いだけではな く, 個数に比べて種数が多く, 草本も湿地性のものから 林床や乾燥した草原に生育する植物を含み多様である。 化石群の種構成を考慮すると,後背湿地や土坑内の化石 群は原地性が高く, 増水時でも遠方から植物遺体が供給 されない環境下で周囲の植物から種子や果実が供給され たが, 溝内の砂質堆積物は異地性が高く, 洪水時に河川 流域から運搬された植物化石が堆積することで形成され たことになる。この場合, 堆積物の粒度組成による植物 化石群の種構成の違いは, 堆積時の水流の営力の違いが もたらす淘汰を意味するのではなく、堆積の場の違いに よる化石群の供給源の違い、もしくは増水時に砂ととも に異地性の植物遺体が供給されたかどうかを反映してい る。

3層の化石群全体で葉化石と種実化石の種構成が著し く異なる原因として、植物の器官の大きさや形状による **堆積過程の違いだけではなく、分類群による器官の生産** 量の違いや分解のされやすさがかなり影響していると思 われる。高木性の常緑広葉樹の葉だけが葉化石群で卓越 して, 落葉広葉樹や低木の葉が種実類と比較してほとん ど見られなかった理由として,次の3つが考えられる。 ①落葉広葉樹葉は常緑広葉樹葉にくらべて物理的化学的 に弱く, 親植物から分離後, 運搬時や堆積後に分解され て残りにくい。②ツクバネガシ、イチイガシといった極 相林を構成する常緑髙木は大型の種子を少数つける一方 で、低木性樹種と落葉髙木の多くは一般に種子生産量が 多い先駆性樹種で、単位面積当たり生産される葉の量に 対する種子の量が常緑髙木よりも相対的に多い。③髙木 と低木では、低木の方が単位面積あたりの葉の生産量が 少ないために, 葉化石群に含まれにくい。

全体的には、葉化石群でも種実化石群でも、高木樹種 の中ではアカガシ亜属が最も多く産出した。採取層準は 大型植物化石と少し異なるが、同地点で行われた花粉化 石群の分析結果(吉川ほか、1993)でも、3層で採取され たすべての化石群でアカガシ亜属が樹木花粉の60 ~70%を占めていた。これらの結果からは、007流路の 流域にはアカガシ亜属が優占する常緑広葉樹林が成立し ていたと考えて間違いはないだろう。しかしながら、ア カガシ亜属とその他の樹種との古植生中の量比といった より詳細な古植生復元を行う場合、葉化石群、種実化石 群, 花粉化石群のうち, どの化石群での量比を優先させ るかによって異った古植生が復元される。最近の完新世 の植生史研究では、1つの層準からできるだけ多くの器 官を取りだして結果を相補ぎなうことが普通に行われる ようになった。これらの情報を生かすには、現在形成さ れつつある化石群での種構成と実際の植生の種構成を, 種実類、葉、花粉といった器官別に比較検討し、堆積環 境を考慮した上で総合化する研究が必要である。

引用文献

Bagnold, R. A. 1966. An approach to the sediment transport problem from general physics. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 422-I: 1-37.

Ferguson, D. K. 1985. The origin of leaf assemblages-New light on an old problem. Rev. Palaeobot. Palynol., 46: 117-188.

Friedman, G. H. 1961. Distinction between dune, beach and river sands from the textural characteristics. Jour. Sed. Petro. 31: 514-529.

井口正男・磯部豊彦・河村和夫. 1977. 沖積河川におけ

る河床砂れきの粒度組成について(III). 筑波大学水理実験センター報告, No.1:1-15.

井口正男・目崎茂和. 1974. 沖積河川における河床砂れ きの粒度組成について(II). 地理学評論, 47:545-556.

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ー本文編」, 339-388. 大阪府教育委員会・大阪文化財センター, 大阪.

百原 新. 印刷中. 弥生時代終末から古墳時代初頭の房 総半島中部に分布したイチイガシ林. 千葉大学園芸 学部学術報告, No.51.

百原 新・南木睦彦. 1988. 大型植物化石群集のタフォノ

ミー. 植生史研究, No.3:13-23.

Spicer, R. A. & Wolf, J. A. 1987. Plant taphonomy of late Holocene deposits in Trinity (Clair Engle) Lake, northern California. Paleobiology, 13: 227-245.

吉川昌伸・関本勝久・鈴木 茂・百原 新. 1993. 埋土 の形成と自然環境の分析. 「(財) 長生郡市文化財センター調査報告第15集千葉県茂原市国府関遺跡 群」、46-74. (財) 長生郡市文化財センター、千葉.

財団法人長生郡市文化財センター. 1993. (財)長生郡市 文化財センター調査報告第 15 集 千葉県茂原市国 府関遺跡群. 332pp. 図版 1-86. (財)長生郡市文化財 センター, 千葉.

(1996年12月11日受理)

書評(新刊紹介): Jansonius, J. & McGregor, D. C. (eds.). 1996. Palynology: principles and applications. 1330pp. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation. ISBN 0-931871-03-4.

100 人を越える著者による総説集で、Vol. 1. (Principles)、Vol. 2 (Applications)、Vol. 3 (New directions, other applications and floral history) の全 3 巻からなる。内容はパリノロジー全般にわたり、大学院生および研究者・技術者向けのテキストとして書かれたものである。

Vol. 1 (Principles) では、パリノモルフの形態および分類が主な内容で、次の14 章から構成されている。1. Introduction, 2. Nomenclature and taxonomy: systematics, 3. Palynological techniques-processing and microscopy, 4. Archean and Proterozoic paleontology, 5. Acritarchs, 6. Dinoflagellates, 7. Green and bluegreen algae, 8. Spores, 9. Pollen, 10. Fungi, 11. Chitinozoa, 12. Scolecodonts, 13. Miscellaneous, 14. In situ pollen and spores in plant evolution.

Vol. 2 (Applications) は、主としてパリノロジーの層序学への応用、とくに生層序を中心とした内容になっている。古生代から新生代までを扱っているが、古生代から新生代古第三紀までに多くの頁を使っている。第四紀に関する内容は約60ページである。次の各章からなる。15. Introduction to biostratigraphy and time scales, 16. Paleozoic phytoplankton, 17. Chitinozoan biostratigraphy and palaeoecology, 18. Paleozoic spores and pollen, 19. Mesozoic-Tertiary dinoflagellates, acritarchs and prasinophytes, 20. Mesozoic-Tertiary spores and pollen, 21. Aquatic Quaternary, 22. Non-aquatic Quaternary.

Vol. 3 (New directions, other applications and floral history) は、前半でパリノロジーの新しい方向性をさぐ

り、後半は主に古生代および中生代の植生史を扱っている。次のような章立てになっている。23. New frontiers in palynology, 24. Personal computers in palynology, 25. Analytical biostratigraphy and correlation, 26. Palynofacies, 27. Fecal pellets, 28. Palynomorphs in ores and petroleum, 29. Vegetational history, 30. Modern dinoflagellate cysts and their biological affinities. 31. Dinoflagellate cyst ecology: modeling and geological applications, 32 Economic applications of palynology: examples.

この本は、古生代および中生代のパリノロジーを専門としている研究者に特に有用である。新生代の研究者にとっても、パリノモルフに関する基礎知識や新しい技術の習得に役立つ。また、古生代および中生代のパリノロジーを概観するのにも都合がいい。ただし、概観するなら Traverse (1988) の Paleopalynology のほうがわかりやすいかもしれない。第四紀に関する内容が少ないこと、パリノモルフの散布やタフォノミーについてほとんど言及されていない点は、既刊のテキスト類との重複を避けたためであろうか。

全体の印象としては、著者が多いせいかややまとまりのない感じが否めない。また、1330ページと大部であるために3巻に分冊されているが、索引が Vol. 3にしかないのは使いにくい。各論文の引用文献の前に"List of taxa"という項目があり、論文中に出てきた分類群が再録されているのは便利である。

DTP (デスクトップパブリッシング) によりコストダウンに成功し、本の代金を US100\$ におさえてあり大変