

# 徳島市庄・蔵本遺跡で検出された 弥生時代前期畝状遺構の堆積物・土壌観察

松田順一郎\*

\* 関西大学非常勤講師

## 1. はじめに

本稿の目的は、2012～2013年の庄・蔵本遺跡第27次発掘調査で検出された弥生時代前期中葉の畝状遺構（端野ほか 2015；以下報文と呼ぶ）を構成する堆積物と土壌の堆積相・微細形態観察を行ない、その生成を推測して、畑地であった可能性を検討することである。観察試料は、渡辺（2017）の軟X線画像観察と花粉分析に供された残余を徳島大学埋蔵文化財調査室よりご提供いただいた。本稿は発掘調査後に残された不攪乱試料と上述の文献に基づくもので、筆者は調査現地を実見していない。

## 2. 調査地とその周辺の地形・地質条件

観察試料が採取された第27次調査地は、南は眉山山脚を縁どる崩積・沖積緩斜面に隣接し、西を鮎喰川の沖積扇状地東縁辺の高まりに画された、吉野川右岸氾濫原の南縁部に位置する（図1）。眉山と

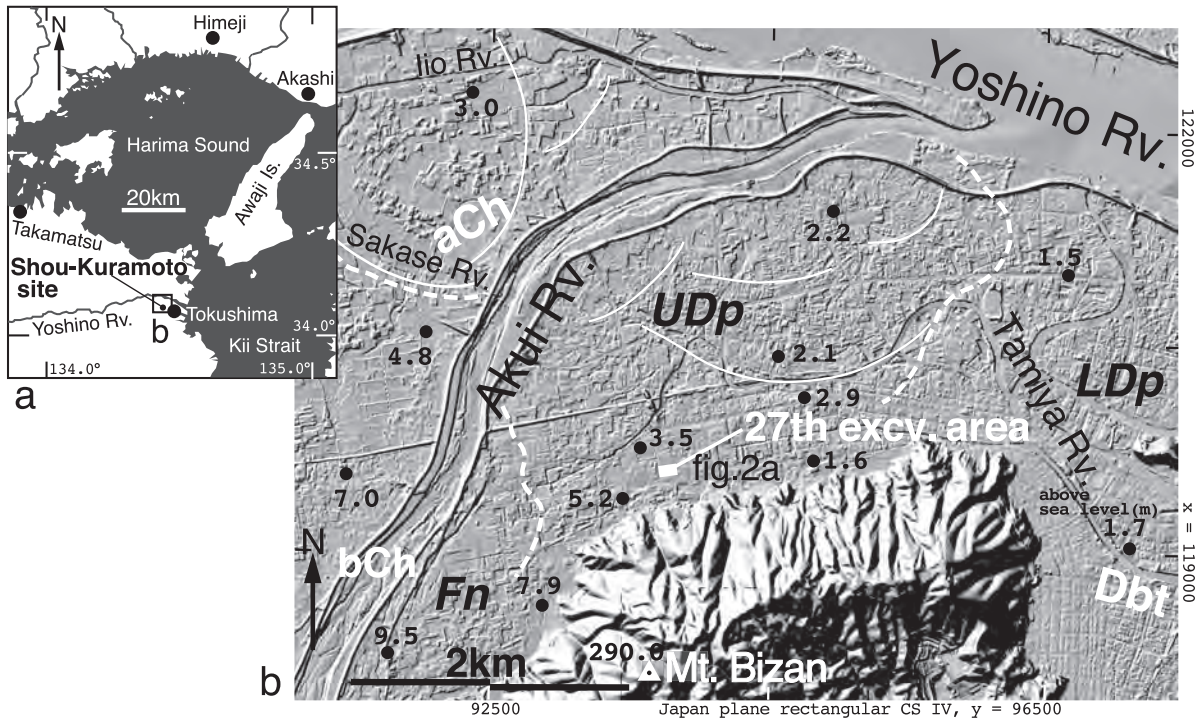


図1 庄・蔵本遺跡第27次（立体駐車場地点）調査地の位置と遺跡周辺の起伏陰影図

陰影図は web 地理院地図で作成し、平面直角座標系に変換。黒点の数値は標高（m）。斜体黒字記号は白破線で区切られる平野の微地形領域。Fn：沖積扇状地，UDp：上部三角州平野，LDp：下部三角州平野。白字記号は各地形領域の特徴的な河川極微地形。aCh：放棄流路縁，bCh：網状流路，Dbt：三角州分流路。

鮎喰川流域の基盤岩体は白亜系～古第三系の苦鉄質片岩，泥質片岩からなる．いっぽう吉野川流域北縁部の山地には白亜系和泉層群の砂岩・泥岩が分布する（牧本ほか 1995）．調査地の碎屑性堆積物にみられる岩石・鉱物組成の参考としたい．

ボーリング資料（例えば岩崎・須鎗 1987；黒田ほか 1971）から推測すると，吉野川下流域の流路・氾濫原は，完新世後半に海域を埋積し発達した三角州平野を構成する．吉野川と鮎喰川合流地点付近より上流側には，現地形の起伏に吉野川の流路変遷を示唆する，円弧状の放棄流路縁の形状が認められ（図 1 の aCh），この領域は同川の曲流路を主要な特徴とする上部三角州平野（UDp）である．合流地点より下流側の領域は，曲流する田宮川を主とする氾濫原の排水流路とともに，河口州によって分岐したと推測される三角州分流路あるいは放棄流路（Dbt）を特徴とする下部三角州平野（LDp）である．図 1 の範囲で吉野川沿いの氾濫原の平均勾配は約 0.6‰である．過去 3 千数百年間の吉野川の流路変遷・流路変更と氾濫のプロセスは調査地近傍にもおよんだと考えられる．

調査地付近の標高値に注意すると，北側に近接する放棄流路縁の高まりから南へ，調査地を過ぎ，上述した眉山山脚の堆積斜面縁辺までわずかに低下してゆく．この部分には平野南縁部の氾濫原，山地斜面，鮎喰川沖積扇状地斜面の一部を集水域とする排水流路が長期間存続してきた可能性は高い．調査地で検出された「旧河川 S263」（図 2 遺構平面図左下部）は，泥質堆積物で充填されていることから，そのような流路に合流していた放棄流路網の一部とも推測される．

築堤により固定されているが，鮎喰川の現河床にも見られる網状流路（bCh）を特徴とする同川の沖積扇状地面（Fn）は，2～3‰の緩勾配で，上流側の山間谷底平野の地形勾配と連続的である．沖積扇状地の堆積域は同川の左岸側に広いが，その扇端は，逆瀬川に重なる吉野川放棄流路縁に切られている（図 1b 左端）．鮎喰川の流域面積が吉野川の約 1/19 ということをもふまえると，同川の流出・土砂供給は，吉野川の地形プロセスに包摂されていったと考えられる．現地表面の起伏や後述する調査地の堆積相には，同川流路とその近傍での堆積作用の直接的な形跡はない．

現地表面の地形学的特徴が，遅くとも弥生時代前期以後の調査地付近における地形プロセスを示唆する，ということを前提に以上書き記した．

### 3. 分析・観察試料

分析・観察は，渡辺（2017）が軟X線画像観察と花粉分析に用いた 7 地点 7 試料のうち，図 2 に示す 5 地点 M1・M3・W1・W2・W-E の試料を対象とした（地点名は試料名を兼ねる）．M1・W1・W-E は推定畑地内，M3・W2 は畑地外として，堆積物組成，土壌の特徴を比較することを企図した．図 2 の地層断面図に示した試料採取層準は，断面図のスケールに合わせ渡辺（前掲）を修正した．6 層が畑地堆積物とみなされており，その層厚は報文地層断面図の一部の描画によると最大約 25cm である．

後述する土壌微細形態に関連する予備的な観察と分析を行なったので，以下に述べる．

#### (1) 試料の概観（図 3）

試料はいずれも幅 10cm，高さ 25cm，厚さ（奥行）約 1cm の板状で，花粉分析に供された部分を欠く．M1 の最上部，W-E の上端部にのみ中粒砂以細の砂が局在する以外は，塊状（壁状）の泥である．酸化鉄斑文・ノジュールが試料全体に分布する．過酸化水素水（3%）で発泡反応のある酸化マンガンは，長

径2mm以下、ほとんどは1mm以下で、ノジュールとしてのみ離散的に分布し、目視での占有面積は2%以下である。鉄・マンガン酸化物はともに5-4/6層境界より下に色濃く分布し、これを指標に分層された可能性がある。試料の湿色は、全体的には10YRで、還元色部分は7.5YR～2.5GY、4～6.5/1、鉄酸化色部分は7.5YR～2.5Y、5～6/3～4。暗色のノジュールは、7.5～5YR、1～3/1～2。容易に視認される幅1mm以上の根痕や棲管を充填する泥質堆積物は低彩度の還元色を呈する。粒団(ペッド)

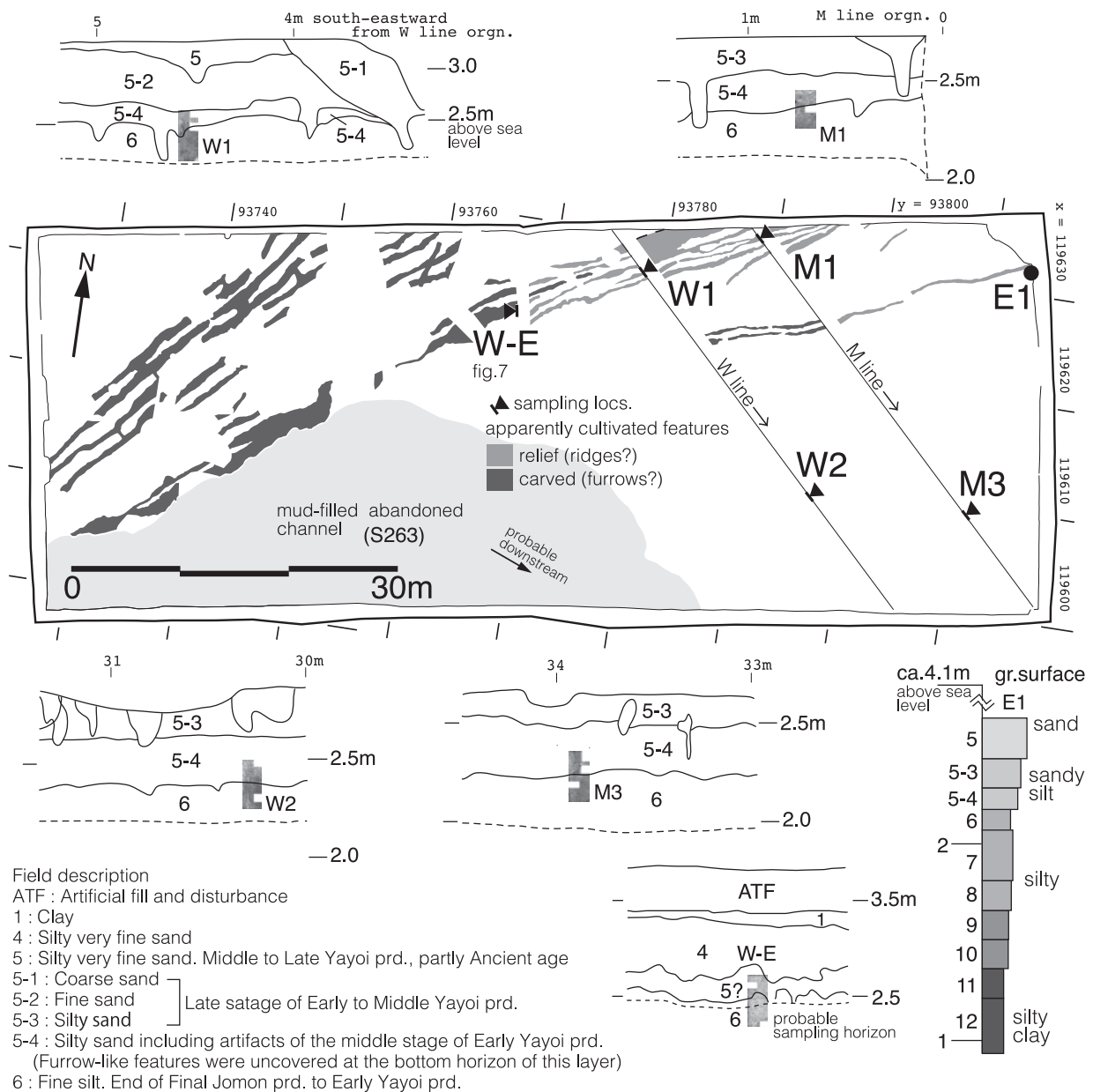


図2 庄・蔵本遺跡第27次調査、第2遺構面の畝状遺構の平面略図と不撈乱試料採取地点の位置

採取層準を示す局所断面図。平面略図とW-E地点断面図は端野ほか(2015)、M1・3、W1・2、E1地点の断面図は渡辺(2017)に掲載された断面図に基づく。地点名は試料名を兼ねる。左下地層の記載は両文献から簡略化して記載した。やや粗めに記載された傾向がある。試料W-Eの採取層準は端野ほか(前掲)に掲載された断面図に推測して当てはめた。報文の記載を解釈し、E1の柱状図で調査地における堆積層累重の上方粗粒化を示す。幅広ほど粗粒。各層の粒度は渡辺(前掲)の断面図の記載に基づく。

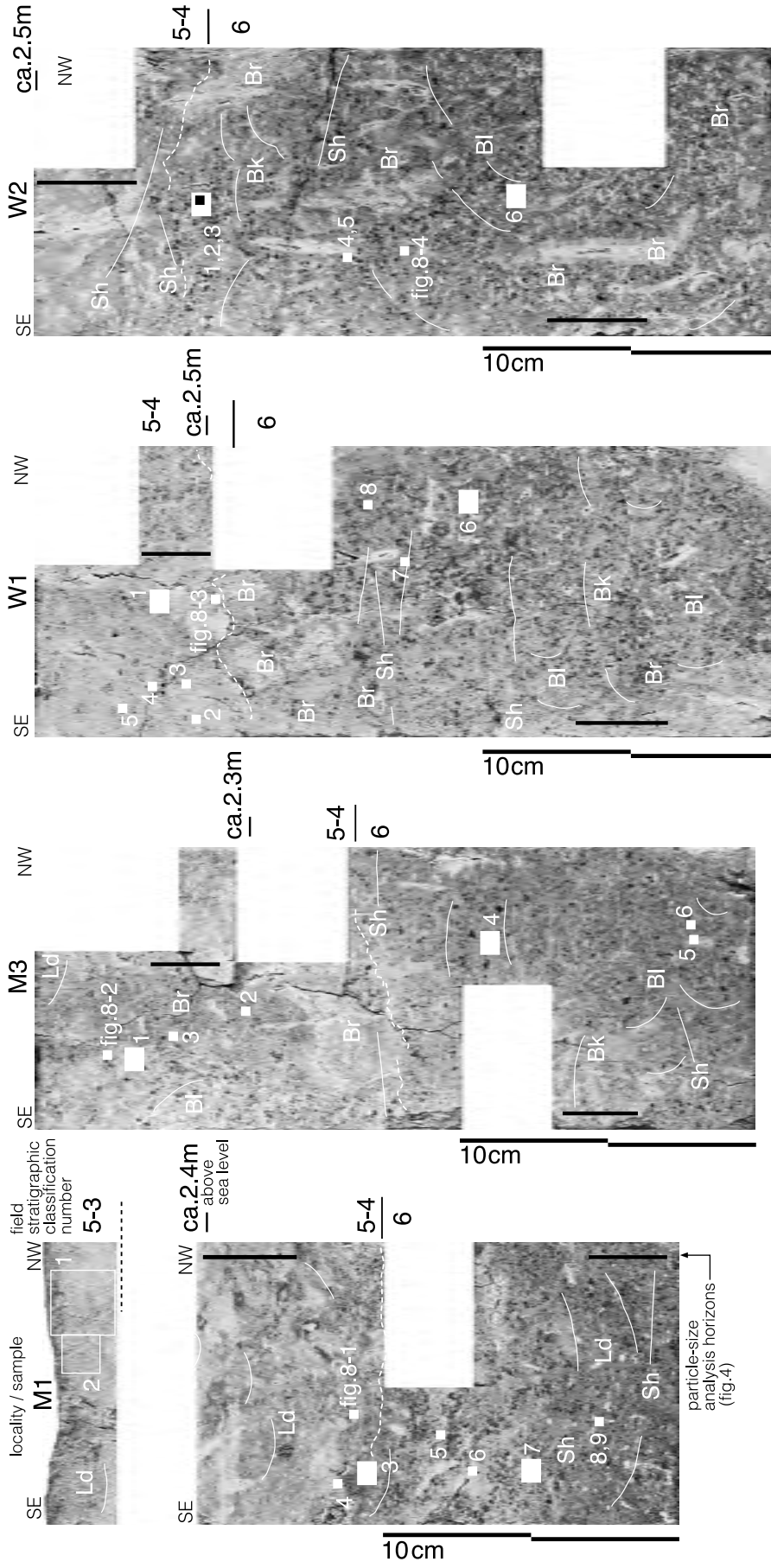


図3 不攪乱試料M1・3、W1・2の垂直断面写真

試料採取地点・層準は図2に示す。薄片顕微鏡写真(図5~8)の撮影位置、粒度分析(図4)試料採取層準(縦黒直線)、肉眼と画像観察でまとめられる変形構造の概形を加筆した。風光デジタル画像の赤・黄以外の領域(還元部分)に青を割り当て、明度を反転し、赤・黄より明るく表示した。各写真で暗色ほど酸化物(鉄、マンガン)が濃く、明色ほど還元を示す緑灰色が強い。黒色粒状部分にはごく少数の酸化マンガン/ジュールを含む。白破線は、発掘調査の記載に基づく5-3層・5-4層・5-6層間の境界線だが、粒度組成が異なる層界には見えない。Br: 棲管(粗大で目立つもののみ記載)。白実線で変形構造の一部のみトレース。Ld: 下凸の荷重構造, Sh: 上凸の座屈構造, Bk: せん断帯, Bl: 側方への瘤状の変形。

や人為的な攪乱による構成物質の不均質は視認できない。

### (2) 変形構造

試料には、土壌生成中に何らかの外力で生じたと考えられる変形構造が、不明瞭ながら認められる。これらは酸化・還元色の分布パターン、棲管や根痕の異常な屈曲、直線的な条痕ないしは切れ目として見え、それらを図3の試料写真上に加筆した。ここでは、下向きの応力によって押し下がり、その主応力に直交する塑性歪として現われた下凸の荷重変形パターン(Ld)、水平方向の圧縮応力で上方に弯曲した座屈状の変形パターン(Bk)、やや上下の広い範囲で水平1方向への応力で生じた曲げないし塑性流動による、横向き瘤状の変形パターン(BI、本パターン上辺ではBkと区別できない部分もある)、物質内部に想定される面(多くは水平~60°前後の斜面)の上下異方向の接線応力で生じた塑性(延性)せん断パターン(Sh、断面ではほぼ直線的な狭い帯状)、を区別した。変形の形状は、後述する薄片に見られる鉱物粒子、植物片などの配列・配向によっても確かめられるが、歪みはごくわずかで、応力が断面の前後方向に作用した場合にはほとんど認識できない。これらの変形構造は、地震動によって生じた可能性が高いが、成因、形成年代は試料範囲をこえた上位の地層精査が必要である。

### (3) 粒度分析

推定畑地遺構の作土と畑地外の表層堆積物、作土を覆う堆積物の粒径頻度分布(あるいは土性)を比較するため、各試料の上部(5-4層)と下部(6層)の堆積物を分取し、有機物、酸化鉄成分を分解・除去した後、砂を篩別法、シルト・粘土をピベット法で粒度分析を行なった。その結果を図4に示す。

全般的な粒度組成は、砂は10%前後かそれ以下、シルトは50±3%、粘土は40±3%で、各量比

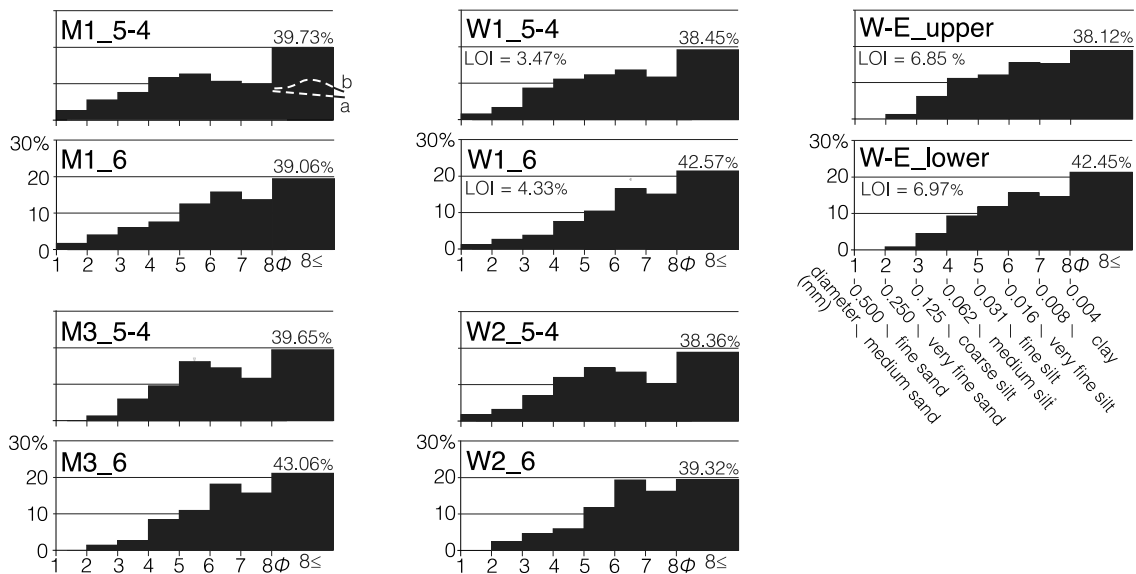
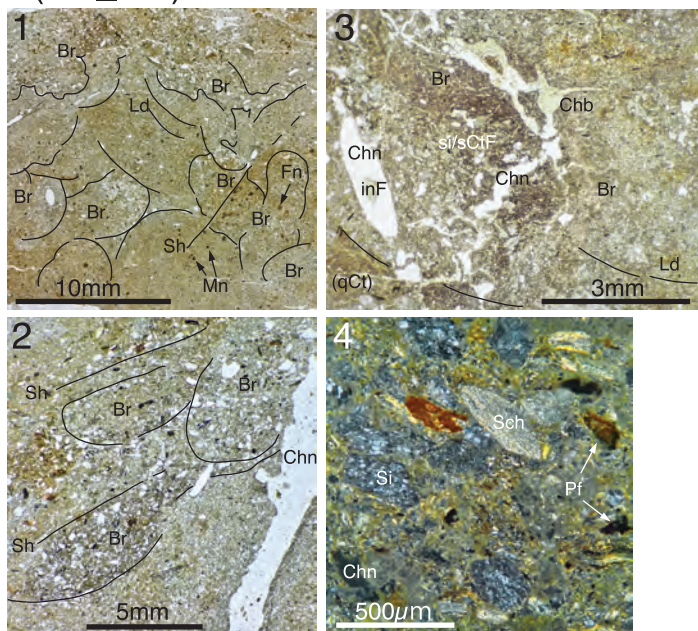
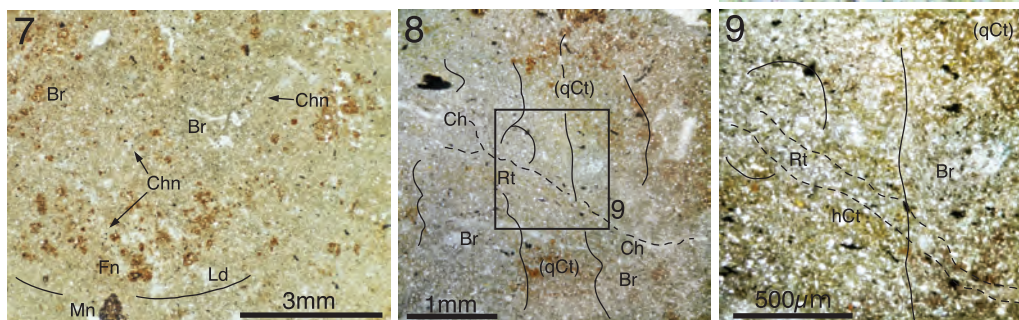
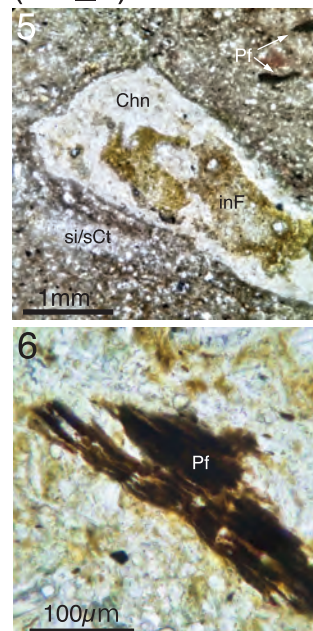


図4 試料M1・3、W1・2、W-Eの各上部(5-4層)と下部(6層)堆積物の粒径頻度分布を示すヒストグラム  
各粒径階の頻度は重量百分比、砂は篩別法、泥(シルト・粘土)はピベット法で計量・算出。粘土(粒径4μm以細)を2φ分の幅にまとめているが、経験的には1M\_5-4の破線aのように、より細粒の粒径階に頻度分布の裾が伸びるか、破線bのように、8φ以細のある粒径階に第二のモードが現れる。LOI:強熱減量比(有機炭素量比)、暗色の強い試料W-Eと、試料M1・3、W2を代表させた試料W1とを比較した。

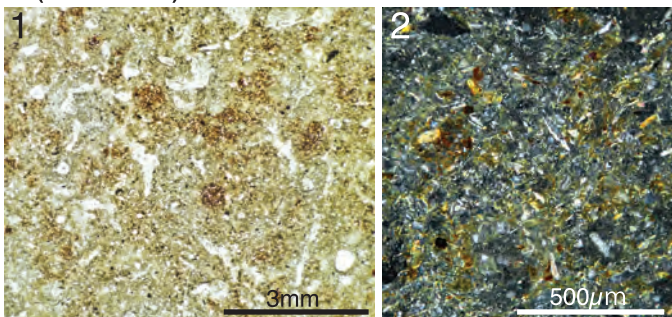
a (M1\_5-4)



(M1\_6)



b (M3\_5-4)



(M3\_6)

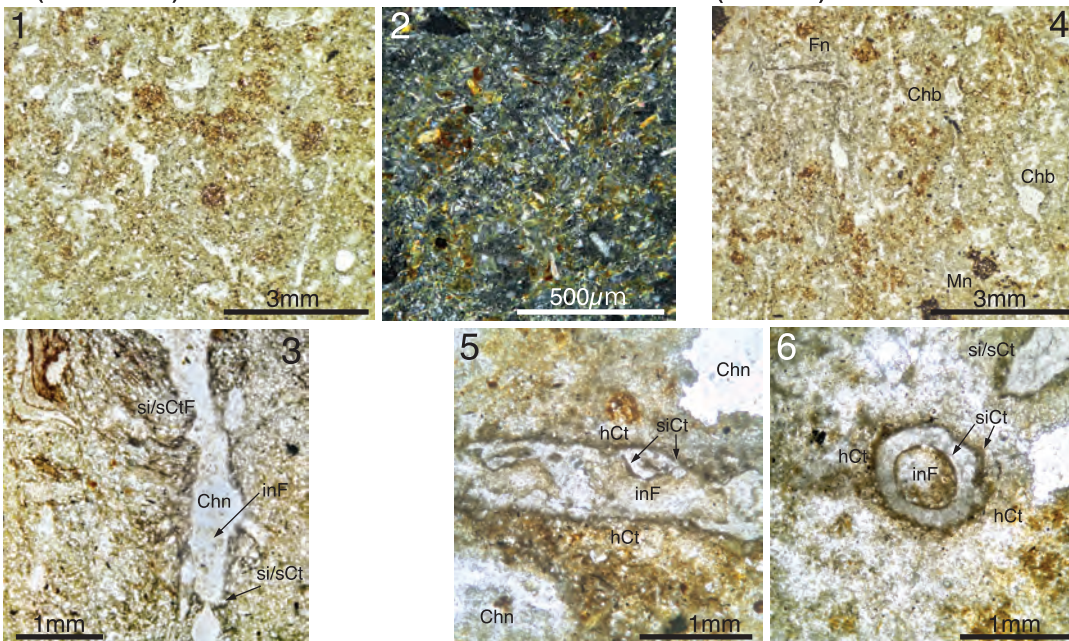


図5 試料 M1(a)、M3(b) の薄片顕微鏡写真

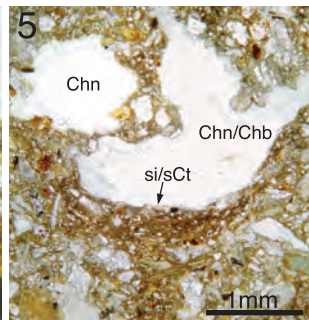
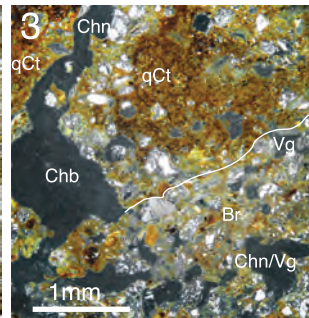
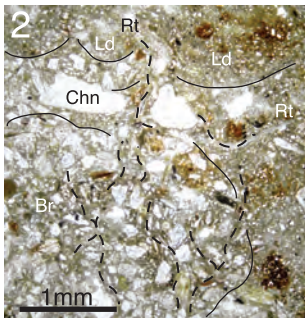
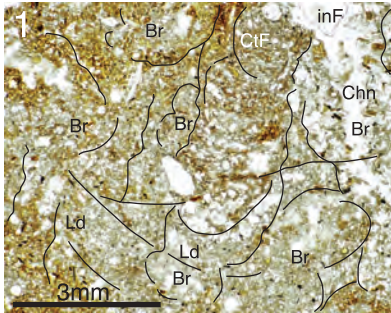
から堆積学的にはわずかに砂まじりの泥 (Folk 1954), 土壌学的にはシルト質粘土とシルトの境界付近 (Soil Science Division Staff 2018) に相当する。M1 の砂の量比は, 比較的大きいが顕著というほどではない。シルトの頻度分布は, 各試料ともに中・細粒シルトにあるモードが, 上位層準で粗粒側に 1  $\phi$  移動するか, モードより粗粒側の量比がやや増加する傾向がみられる。粘土の量比はほぼ同等とみなせる。

すでに述べた遺跡立地と, 粒径頻度分布から, 本試料の泥は, 低エネルギーの氾濫流 (Knighton 1998) で氾濫低地に堆積したと推測される。この氾濫低地とは, 氾濫原の最低所, ないしは浅い凹地で, 氾濫水位が低下しても比較的長期間滞水する flood basin (Bridge 2003) を指す。また, 試料上部がわずかながら粗粒化することは, 図 2 に示した垂直累重範囲での上方粗粒化と調和的で, 本調査地からいくらか距離をおいた流路の接近か, それにともなう自然堤防やクレバススプレーの拡大によって, 氾濫低地に供給される堆積物も粗粒化したと推測される (Bridge and Demicco 2008)。

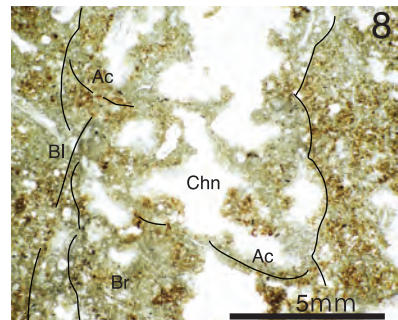
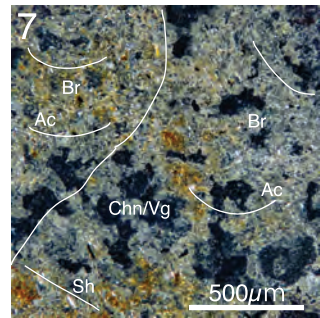
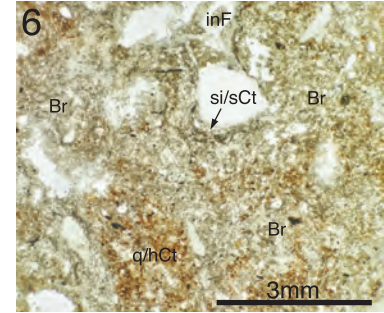
図 5 (つづき)

略記号は以下のとおり。Sd : 砂岩破片, Sch : 片岩破片, Ld : 荷重構造, Sh : せん断帯, Chn : チャネル孔隙, Chb : チェンバー孔隙, v : 孔隙 (不整形, 未分類), hCt : 準被覆, qCt : 偽被覆, cCt : 粘土被覆, siCt : シルト被覆, sCt : 砂被覆, inF : 孔隙充填物, CtF : 被覆性充填物, Rt : 根痕, Fn : 酸化鉄ノジュール, Mn : 酸化マンガンノジュール, Br : 棲管, Pf : 植物片, a1 : 試料最上部。肉眼では長径数 mm の砂からなる集塊とシルトからなる集塊がまだらに分布し, 耕作土の擾乱かとも見えたが, 上位のシルト質砂で充填された棲管が下位層に伸び, たがいに切り合っていた。画面上部には荷重構造をともなう塑性変形と局所的なせん断帯が見られる。画面上辺・下辺付近の水平方向の面状孔隙は, 試料成形と微化石分析試料採取時の歪みで生じたものである。変形や棲管を除けば, 本試料の基本的な土壌構造は, 本画像のスケールでは不明瞭だが, チャネルを主要な孔隙とし, 分離した粒団を欠く「チャネル微細構造」である。a2 : a1 の右隣, 右上がりのせん断帯と右下方へ変形した棲管。a1 の棲管と同様, 右上がりのせん断帯が認められる。棲管の充填物には植物片が白色の砂粒子部分にともない多く含まれるが, 炭片はほとんどない。画面右端のチャネル孔隙の右壁には砂質シルト被覆を残し, 左壁上部には侵食的な減耗部分が見られる。a3 : 画面左上隅から中央部にかけて弯曲した幅約 2mm の棲管を, やや大きな荷重構造でいちじるしく屈曲変形した 3・4 本のチャネル孔隙がトレースしている。チャネル内には部分的にシルト質粘土の充填物がみとめられる。これらのチャネル孔隙周辺から画面左下にかけての酸化鉄の沈着は, 左下隅の酸化部分とともに, 左端のやや太いチャネル孔隙の偽被覆とも見える。a4 : 中～細粒砂が比較的多い部分の砂粒は, 片岩 (Sch) とシルト岩 (Si) の岩片からなり, 後者が卓越する。岩片とファインマスに含まれる雲母粒子 (明色の短い針状) のクリスタリティク b- ファブリックのゆるやかに右下がりの配向は, おもに塑性変形の流線にあたる。XPL。a5 : 流失, 剥落, チャネルの重複などによって生じた不整形なチャネル内壁 (おもに下辺付近) にシルト・砂質の被覆がみとめられる。チャネル内部の充填物との間の空隙は, 充填後の乾湿の繰り返しや浸透水流で生じたと考えられる (本図 b5・6 も参照)。a6 : 比較的大きな植物片の画像。長径 1mm を超す植物片はなく, 500  $\mu$  m 前後もまれ。炭化物のように漆黒・硬質明瞭ではなく, 腐朽黒色化し, 酸化鉄で染色され中心部分はより暗色を増しているが, 縁辺は分解・腐植化で半透明褐色を呈する。炭化物は長径 10  $\mu$  m 以下の点状物として混在するようだがかなり少ない。中央部左下よりの黒色粒子は砂粒。OIL。図 8 も参照。a7 : 試料 M1 下部。6 層相当層準にも下凸の荷重構造がみとめられ, 不鮮明なチャネル孔隙が分布する。棲管部分には, 凝集体を示唆するような 1mm 前後のスケールで色調の不均質がみとめられるが, 粒団の発達はみとめられない。グラウンドマスはほとんど壁状である。a8 : 砂粒子・植物片の配列・配向から, 荷重構造内部のせん断応力による, 左下がりの流線をともなう変形が認められる。チャネル (根痕) を含む外側約 1mm 幅は灰色で, さらに外側に偽被覆状に酸化鉄が分布する。縦方向に幅 1mm 前後の棲管が 2・3 条推測される。a9 : a8 中央部の拡大写真。偽被覆より内側の還元部分でも酸化鉄は分布し, 不明瞭だが根痕外側に準被覆がみとめられる。b1 : 試料 M3 上部 (5-4 層) の孔隙分布密度が高いチャネル微細構造。チャネル以外の孔隙および粒団はみとめられない。上位層準から生物擾乱で移動した細粒砂～粗粒シルト粒子が比較的多く分布する。チャネルに対し, 酸化鉄の濃い部分は, 偽被覆状に分布するが明瞭ではなく, 形成時期と位置が異なるチャネル孔隙とそれらに付随する酸化鉄の準被覆・偽被覆が複層するかに見える。おもに古い棲管にともなう準被覆が新しいチャネル孔隙に切られているところが多く, 偽被覆領域は比較的少ないようである。本図 b3, 図 7b2・b4 参照。b2 : 主に針状。長粒形の雲母粒子のクリスタリティク b- ファブリックは, 弱い孔隙包圍状。塑性変形の応力に平行する線状パターン (画面下部のやや低角度右上がり) とともに, 全体に斜格子 (交差縞状) パターンがみとめられる。XPL。b3 : 画面中央, 縦方向に伸びる。幅約 1.5mm の孔隙内部のシルト質砂被覆性充填物を侵食的にチャネル孔隙が通過している。被覆性充填物の外側には希薄な準被覆をともなう。チャネル内部に疎らに充填物が散布する。孔隙の充填と新たな孔隙の重複は本図 a3, 図 7b2・b4 と同様。シルト質砂被覆はおおむね上方細粒化している。また灰色がかっており, 充填後の還元を示唆する。b4 : 試料 M3 下部 (6 層) のチャネル微細構造。垂直方向に伸びるチャネル孔隙が多く, 水平方向のチャネル孔隙やチェンバー孔隙もわずかにみとめられる。長径 0.5～2mm の比較的目標酸化鉄ノジュールは, 5-4 層・6 層の境界付近により下位に多く分布する。この上辺の高さは試料間で約 20cm の範囲で異なる。b5・6 : 極細粒シルト被覆をともなうチャネル孔隙内壁と孔壁から分離した充填物表面の縦断面と横断面。チャネル孔隙の外側は酸化鉄の準被覆だが, シルト被覆は灰色がかっており, 酸化鉄の還元・減耗を示唆する。

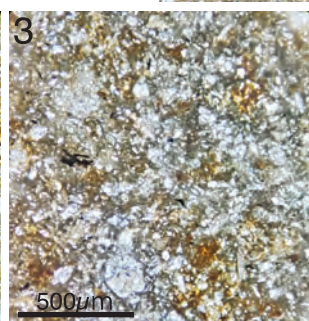
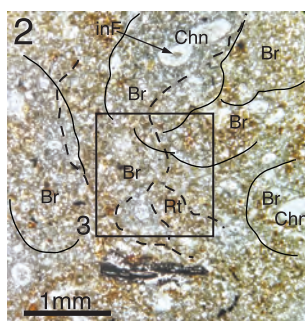
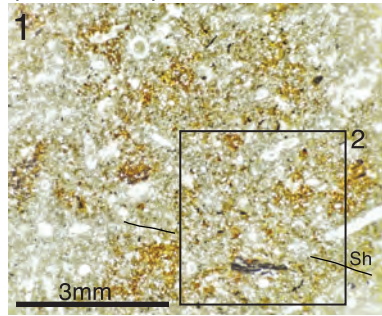
a (W1\_5-4)



(W1\_6)



b (W2\_5-4)



(W2\_6)

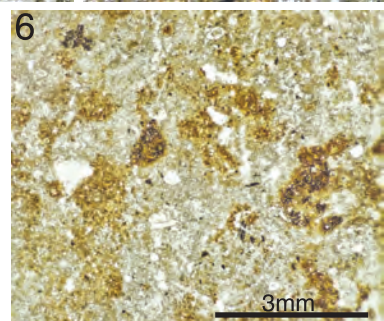
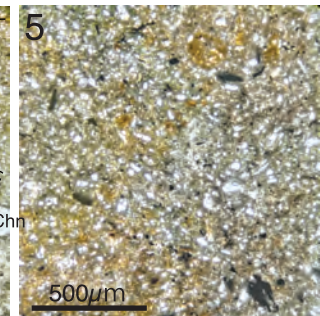
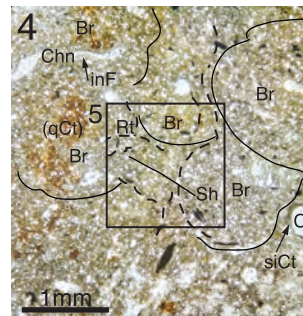


図6 試料 W1(a)、W2(b) の薄片顕微鏡写真



#### (4) 有機炭素量の推定

試料 W-E の堆積物は、他の試料にくらべ暗色であったため、試みに強熱減量 (図 4, LOI) で有機炭素量比を推定した。試料 W1 に M1・3, W2 を代表させ比較した。試料は粒度分析と同層準の試料を用いて, Gale and Hoare(1991) にしたがって 470°C で 24 時間, 電気炉で加熱し, 減じた重量比を測定した。両者の差は試料がごく小量で, 局所的な差を拾ったためとも思われるが, いずれにせよ有機質土というカテゴリーに達する量比ではない (例えば Vasilas *et al.* eds. 2018)。同高度に異なる地層が堆積していた可能性もある。

#### 4. 土壌微細形態

土壌微細形態の観察のため, 各試料のそれぞれ 2・3 か所から, 幅 4cm, 高さ 4~5cm の範囲で土壌を切り出し, 薄片を作成した。各薄片用試料は, 風乾後, シアノアクリレート接着剤を含浸させ, 一次研磨し, ガラス板に貼り付け, 約 40~20  $\mu$  m の厚さまで二次研磨した。検鏡は, 実体顕微鏡 (9~40 倍) と, 偏光器具を付加した生物顕微鏡 (40・100・400 倍) で行ない, 適宜デジタルカメラで撮影した。それらの撮影位置は, 図 3 と図 7a の試料写真上に付番して示し, 顕微鏡画像は, 図 5(M1・3), 図 6(W1・2), 図 7b(W-E) に集めて, 各写真に関して簡略なキャプションを付けた。以下にそれらを

図 6 (つづき)

略記号 Ac : 弓状フィーチャ, BI : 側方への瘤状の膨らみ変形。他は図 5 と同じ。a1 : 本試料上部 (5-4 層) では棲管が高密度に分布する。画面中央部右寄りの棲管内部は被覆性充填物で上方細粒化している。下凸の荷重構造が重なって見える。これらのベッドフィーチャを除けば, 幅 0.2~0.5mm のチャンネル孔隙が多く分布し, 基本的にはチャンネル微細構造をなす。a2 : チャンネル孔隙を残さない根痕 (破線)。幅 0.1mm 以下で, ファインマス中をなめらかに屈曲して束状に伸び, 網状パターンをなして密集する部分がしばしば観察される。高次の根系 (根系の末端部) によるものが多い。より幅広く変形し, 潰れたチャンネルもある (図 5a8)。0.3mm 以下の酸化鉄ノジュールが点在する。画面左下部は棲管。上部には下凸の荷重構造がみとめられる。a3 : 内壁両側が接合しない不整形なチャンネル孔隙とチェンバー孔隙 (左中上部) を棲管 (下部) が切っている。棲管内部にはチャンネル孔隙とバグ孔隙 (Vg) が多く, 充填物は排泄物を含むことを示唆している。上部の酸化鉄被覆は, 左上から伸びるチャンネルの準被覆が, このチャンネルと棲管付近の還元条件下で減耗した偽被覆とみなせる。XPL。a4 : 不整形なチャンネル下底の三日月形粘土質シルト被覆。チャンネルはやや灰色の酸化鉄の準被覆をとまう。チャンネル内部には, 充填物の残滓 (inF) がみとめられる。a5 : 不整形なチャンネル下底の三日月形砂質シルト被覆。被覆性充填物が下底から下方に伸びる古いチャンネル (画像の下辺部中央) 内におよんでいるように見える。空洞化した直径 4~5mm の棲管を充填したものと考えられる。a6 : 試料 W1 下部 (6 層) のチャンネル微細構造。2・3 種類のスケールで発達したチャンネルと根系のパターンが重複している。棲管が大きな領域を占め, その内側縁辺をトレースして伸びたチャンネルが多い。画面上部中央部のシルト被覆は, 幅 1.3mm の不整形なチャンネルに切られている。粒団の発達はない。a7 : 2 つの棲管内部の孔隙とクリスタリティク b- ファブリック。弓状, 孔隙包囲に配向する。左下隅はせん断帯の左上がりの配向をなす。a3 下部右寄りの棲管と同様, 孔隙はバグとチャンネルからなる。b- ファブリックはおもに棲管内部の弓状フィーチャの配向に一致するが, わずかに斜格子状のパターンがみとめられる。XPL。a8 : 棲管内部に発達した, 複合的・不整形なチャンネル。a7 のような孔隙が浸透水で侵食され, 孔隙が拡大したように見える。棲管の輪郭は, 部分的に残存する弓状フィーチャや酸化鉄の不明瞭な準被覆で認識できる。b1 : 試料 W2 上部 (5-4 層) のチャンネル微細構造。幅 0.5~0.2mm のチャンネル孔隙が全体に分布し, その伸長方向は多様である。b2 : b1 の部分拡大画像。棲管が密集し, それらと重複して根痕が全体に分布するチャンネル孔隙に接して, 還元を示唆する灰色の領域が多く分布する。いっぽう, 弱い酸化鉄の沈着を示す黄褐色 (比較的淡灰色) の領域と酸化鉄が濃集した暗い灰赤褐色 (暗灰色) の領域は, 孔隙に対して部分的な準被覆・偽被覆の位置を占める。b3 : b2 の部分拡大写真。棲管内部の緩やかに右下方に凸な弓状の濃淡が重なったベッドフィーチャがみとめられる。b4 : 上部 (5-4 層) と同じ微細形態の特徴を示す。この画像の棲管充填物中には炭化した植物片が多く含まれるが, 他の試料ではほとんど見られない。また植物片で漆黒を呈するものはわずかである (図 8 参照)。b5 : b4 の部分拡大写真。中粒・細粒シルト粒子が卓越する比較的均質なファブリックをなす。b6 : 試料 W2 下部 (6 層) のチャンネル微細構造。小さく屈曲しつつ垂直方向に伸びるチャンネル孔隙が多い。

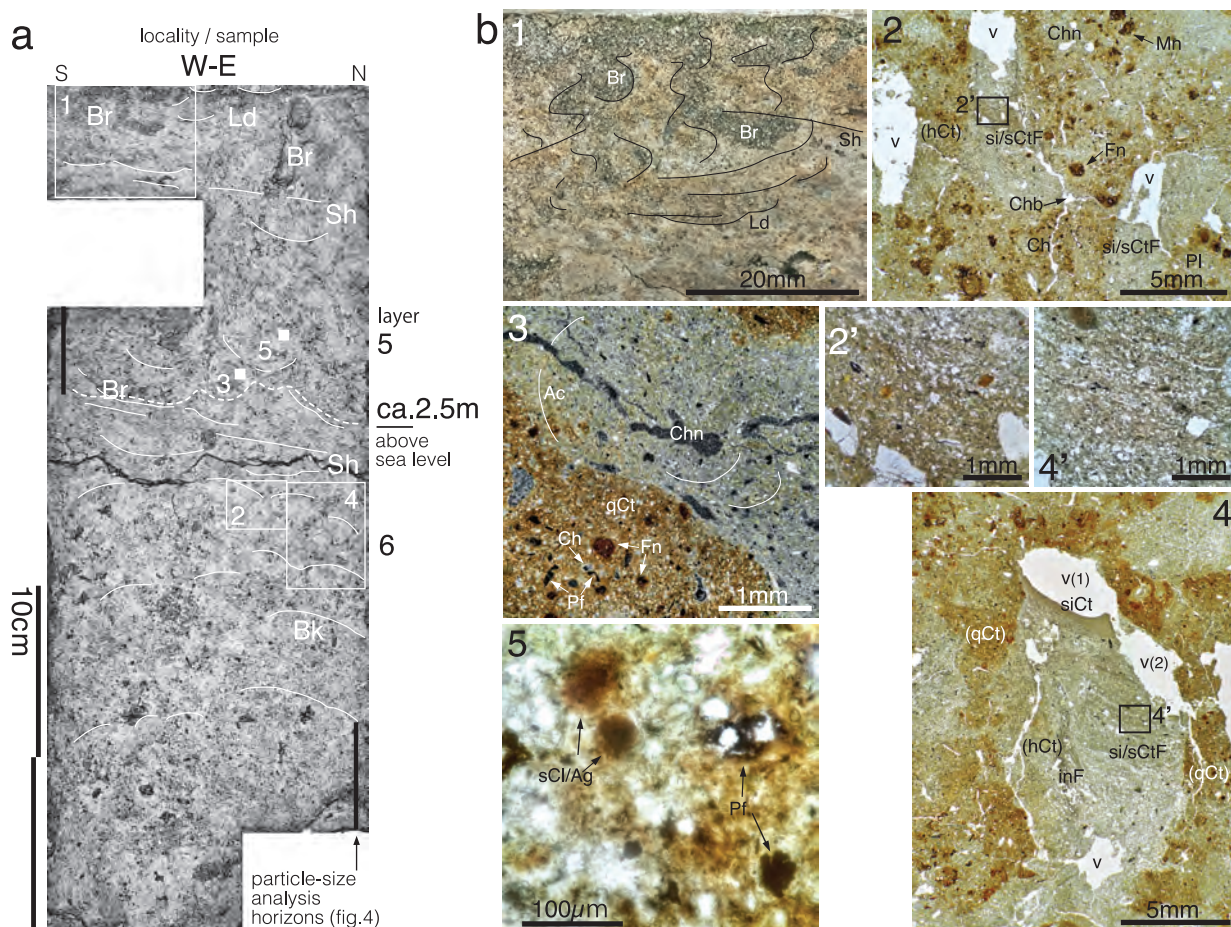


図7 試料 W-E の垂直断面写真 (a) と試料中・上部の薄片顕微鏡写真 (b)

Ld : 荷重構造, Bk : 座屈構造, Sh : せん断帯, Chn : チャネル孔隙, Chb : チェンバー孔隙, v : 孔隙 (不整形, 未分類), hCt : 準被覆, qCt : 偽被覆, siCt : シルト被覆, sCt : 砂被覆, CtF : 被覆性充填物, Ac : 弓状フィーチャ, Fn : 酸化鉄ノジュール, Mn : 酸化マンガンノジュール, sCl : 染色された粘土 (フロック), Ag : 凝集体, Pf : 植物片, Br : 棲管. 試料写真では暗色ほど酸化鉄が濃く, 明色ほど還元を示す緑灰色が強い. a : 数字は b の薄片画像の位置を示す. 試料下部に座屈構造, 中部にせん断帯を挟んで, 上部に荷重構造が分布する. b1 : 上位の砂 (5-3層) で充填された棲管と 5-4 層相当層最上部の昼光写真. 縦に伸びた 3 本の棲管は, 上下で歪み速度差をともなって往復した水平応力によって同期的に屈曲した変形状を示す. 下凸の荷重構造は上位の変形単位がより右側にずれるパターンを示す. b2 : 5 層最下部の土壌構造を示す薄片顕微鏡写真. 基本的には幅 0.5mm 以下の細密なチャネル孔隙が全体に分布し, まれにチェンバー孔隙をともなうチャネル土壌微細構造をなす. わずかに面状孔隙 (PI) が分布する. 幅 2.5mm 前後の粗大・不整形な孔隙 (v) は, それらの下方あるいは側方の還元色を呈する被覆性充填物 (CtF) の埋め残しで, より大きな孔隙があったことを示す. 充填物はシルト・砂の葉層から構成される (b2'). 上部の堆積ユニットに級化構造が認められる. 酸化鉄の分布域はこれらの孔隙にともなう準被覆をなす部分もあれば, 古い酸化鉄の準被覆あるいは偽被覆が孔隙に切られている部分もある. b3 : 還元色を呈するチャネル孔隙の密集領域を挟む酸化鉄の偽被覆 (qCt). 還元色部分のクリスタリチック b- ファブリックには弓状の配向がみとめられ, これが棲管であったことを示唆する. XPL. b4 : 古い偽被覆 (qCt) をともなう孔隙 (あるいは孔隙の密集領域) が, シルト・砂被覆性充填物 (CtF) で充たされ, その埋め残しの孔隙 v(1) が生じたと考えられる. 充填物はおおよそ上方細粒化する葉理からなり, 上端部はシルトの被覆で, 空隙を残す. その右側と上端の外側は侵食された偽被覆 (qCt) で, 左側は初生の偽被覆と考えられる. その後に v(2) が生じ, それらの内壁が破壊された. b4' は被覆性充填物の葉理を示す. b2' と同様, 下位の葉理を切って上位の堆積物が載る部分や, 級化した葉理が認められ, コンター状に重なる棲管充填物の弓状フィーチャとは異なる. 充填された初生の孔隙は, 稚ガニの棲管と考えられる. b5 : 左上の暗色集塊はおもに酸化鉄で染色された粘土と, ごくわずかな腐植物質からなる凝集体で, いわゆるフロックに相当する. 右・右下部の集塊は分解の進んだ植物片で, いずれも離散的に分布し, ペッド性はないが, マイクロマス中の腐植物質の量は他地点よりわずかに多い印象があり, 図 4 中に示したやや大きめ有機炭素量比に現れたと考えられる. OIL.

要約し、ガイドライン (Stoops 2003; 久馬・八木監修 1989) に沿い、土壌微細形態を記載する。

### (1) 微細構造のタイプ

基本的にチャンネル微細構造で、ごく部分的にチェンバー孔隙、まれにバグ孔隙をともなう (図 5 : a3・a7・b1, 図 6 : b1・b6)。チャンネルの分布パターンが偶然網目状な部分では誤認するおそれがあるが、分離したペッド (粒団) 発達はない。チャンネルの幅は  $500 \mu\text{m}$  以下で、まれに  $1\text{mm}$  前後の粗大なものがある。薄片上で垂直方向に  $2\cdot3\text{cm}$  以上伸びるものはまれで、多くは数  $\text{mm}$  以下。薄片に斜交・直交するものが多い。チャンネルの間隔は  $1/10\text{mm}$  オーダーで、密に分布する。孔壁は微細に凹凸をなす部分、強く屈曲する部分が多い。チェンバーは幅  $1\text{mm}$  以下。バグは幅  $500 \mu\text{m}$  以下。

### (2) グラウンドマス (ペドフィーチャ以外の基質構成要素)

c/f 境界は  $10 \mu\text{m}$ 。鏡下で明確に視認できる最小粒径を採った。c/f 比はおよそ 1:1 で、既述した粒度分析結果と照合できる。c/f 相対分布は、クローズ〜シングルスペース・ポーフィリック。

粗粒成分：鉱物質成分には、中粒砂以細の砂と  $10 \mu\text{m}$  までのシルトで、長石・黒色鉱物からなる片岩、雲母・緑泥石からなる片岩、粗粒シルト岩、泥岩の岩片などを含むが少量である (図 5 : a4)。ほとんどは石英・長石のシルト粒子で、輝石・角閃石・磁鉄鉱も認められる。片岩類は柱状、紡錘状、堆積岩は円・亜円状、鉱物粒子は角・亜角状をなす。

有機成分：粗粒成分に含まれる植物片は、ふつう長さ  $250 \mu\text{m}$  以下、 $500 \mu\text{m}$  以上のものはほとんどない。分布頻度は 5% 前後で、薄片全体に離散的に分布する。植物片は腐朽黒色化し、鉄酸化物でいくらか染色されている (図 5 : a6, 図 8)。植物片表面はセルロース分解後の腐植化を示し、内部はリグニン化し、フロバフェンを含有する組織を残す (Babel 1985; Stolt and Lindbo 2010 を参照)。炭化植物片は W2 で局所的に分布する (図 8 : 4)。

細粒成分 (マイクロマス) :  $10 \mu\text{m}$  以下の極細粒シルト・粘土は、灰色および黄〜にぶい赤褐色を呈し、比較的透明な粘土成分中に点状物を多数含んでいる。腐植と結びついた粘土が、マイクロ凝集体

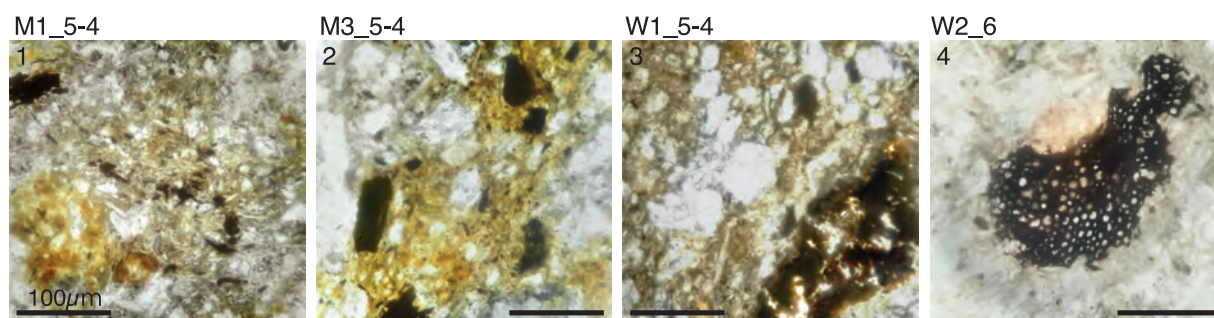


図 8 試料 M1・3, W1・2 の各上部 (5-4 層) 堆積物に含まれる植物片の混在・分解状態を示す薄片顕微鏡写真画像撮影位置は図 3 の試料写真中に示す。スケールバーはすべて  $100 \mu\text{m}$ 。OIL。植物片は全般に微小。  $500 \mu\text{m}$  をこえるものは、薄片中ではごくわずかで、ほとんどは数  $10 \mu\text{m}$  以下。画像 1〜3 は、極暗褐色を呈し、破片の輪郭 (破面) はボケ気味で、堆積物中に分散しており、非晶質細粒物質と結びついた凝集体の発達はない。画像 4 は、不完全ながら炭化したとみなせる漆黒の植物片で、輪郭はやや硬質な印象を受ける。組織形状を比較的良好に残す。試料 W2\_6 には比較的多数分布するが、他の試料ではひじょうにまれである。形状を確認できる植物片は長径  $10 \mu\text{m}$  までで、さらに微小な点状物は豊富にみとめられるが、微粒炭、有色鉱物粒子などの識別は光学顕微鏡観察の解像度をこえる。

(長径 250  $\mu$  m 以下)をなす部分がまれにある(図7 : b5). 植物表面に接する粘土は多少とも腐植色を呈し, その近傍の粘土は赤黄色の鉄酸化色を呈する部分が多い.

b- ファブリック: 直交ポーラ下で観察されるクリスタリティック b- ファブリックは, 5  $\mu$  m 以上の粗粒成分の特徴としても認められる. 針状, 紡錘状, 点状で, おもに淡黄色の偏光色を呈する雲母粒子の分布パターンによって確められる(図5 : a4・b2, 図6 : a7). 多くの部分では, 薄片全体に既述した変形構造の流線に沿う方向に配列・配向するが, 変形を免れたと考えられるグラウンドマスでは, 斜格子状(交差縞状)のパターンをなす. 孔隙包圍状, 粒子包圍状のクリスタリティック b- ファブリックもしばしば認められる.

### (3) ペドフィーチャ

準被覆・偽被覆: 濃淡の差はあれ, チャンネル・チェンバー孔隙は鉄酸化物の準被覆と偽被覆をともなう. これらの色調は, 鏡下では, 10YR4/4 ~ 2.5Y7/7. 孔隙の内壁を鉄酸化物自体が被覆する部分は認められない. 偽被覆の孔隙側の輪郭は明瞭だが屈曲している. 孔壁との間隔は多くの部分では 2mm 以下. 準被覆の外側に分布するところが多い. 隣接する偽被覆の孔隙側の減耗(還元)領域がつながった部分も多い(図6 : a3・a4・a5・a6, 図7 : b3・b4 など).

ノジュール: 酸化鉄ノジュールは試料の全体に分布するが, 偽被覆内部の鉄酸化物分布領域にはとくに高密度に分布する. 長径 2mm 以下, 約 0.2mm までで, 7.5YR2 ~ 4/2 ~ 4 を呈する. 不整形で, 輪郭の一部が不鮮明あるいは減耗を示すものが多い(図5 : a7・b1・b4, 図6 : b6, 図7 : b7 など). 植物片に鉄酸化物が濃集した仮像ノジュールはまれに認められる. 核をもつものはない. 酸化マンガンノジュールは, 長径 2mm 以下, 不整形で酸化鉄ノジュールに比べてかなり少ない. 鉄・マンガン酸化物は 6 層により多く分布する.

孔隙内の土性被覆: 細・極細粒砂まじりのシルトが, 不鮮明な薄層組織(葉理構造)をなす被覆が, 孔隙の底にしばしば認められる. シルトと透明な粘土からなる被覆はまれである(図6:a4・a5・a6). 被覆物質の破片は認められない. チャンネル内壁全体に薄く分布し, 暗灰褐色を呈する鉄酸化物の準被覆をともなう細粒成分の被覆(図5 : a5・b3・b5・b6)が散見される. これらのほとんどには, 細粒成分の孔隙充填物がわずかに残存し散在する部分が多数ある. 内壁との境界付近が減耗され, 充填物がおよそ円筒状に残存する部分が局所的に認められる(図5 : b5・b6).

棲管充填物のペドフィーチャ: 薄片画像で被覆性充填物として示したものは, 幅 5 ~ 3mm のごく粗大な縦孔隙のほとんどの部分を, 薄層組織をなし上方へ順次充填した細粒砂~シルトである. その累重は上方細粒化(あるいは級化)している(図7 : b2・b4). 稚ガニ・エビ類など, 移動幅 5mm 以下の小型動物によって掘削された堆積物が棲管から排出され, 地表あるいは水底に開口していた棲管の充填物と考えられる. 薄片画像で棲管として示した部分では, 幅 7mm 以下, 2mm 以上の, 帯状~楕円状の領域に弓状フィーチャが認められる. 棲管の占める領域は大きく, いたる所に分布し, 切り合っている. 移動に伴って棲管を後方充填するミミズ類の棲管充填物と考えられる(図5 : a1・a2・a7・a9, 図6 : a1・b3 など). 充填された棲管をトレースした束状のチャンネルも多数見られる. このようなチャンネル周囲の減耗によって, 動物活動による移動物質中の直径 100 ~ 数 100  $\mu$  m 以上で球状の排泄物ペドフィーチャが, 不明瞭ながら認められる部分もある(図6 : a3・a7).

厳密には充填物ではないが, マイクロマスの連続的な分布形状で識別される高次(末端)の根系が

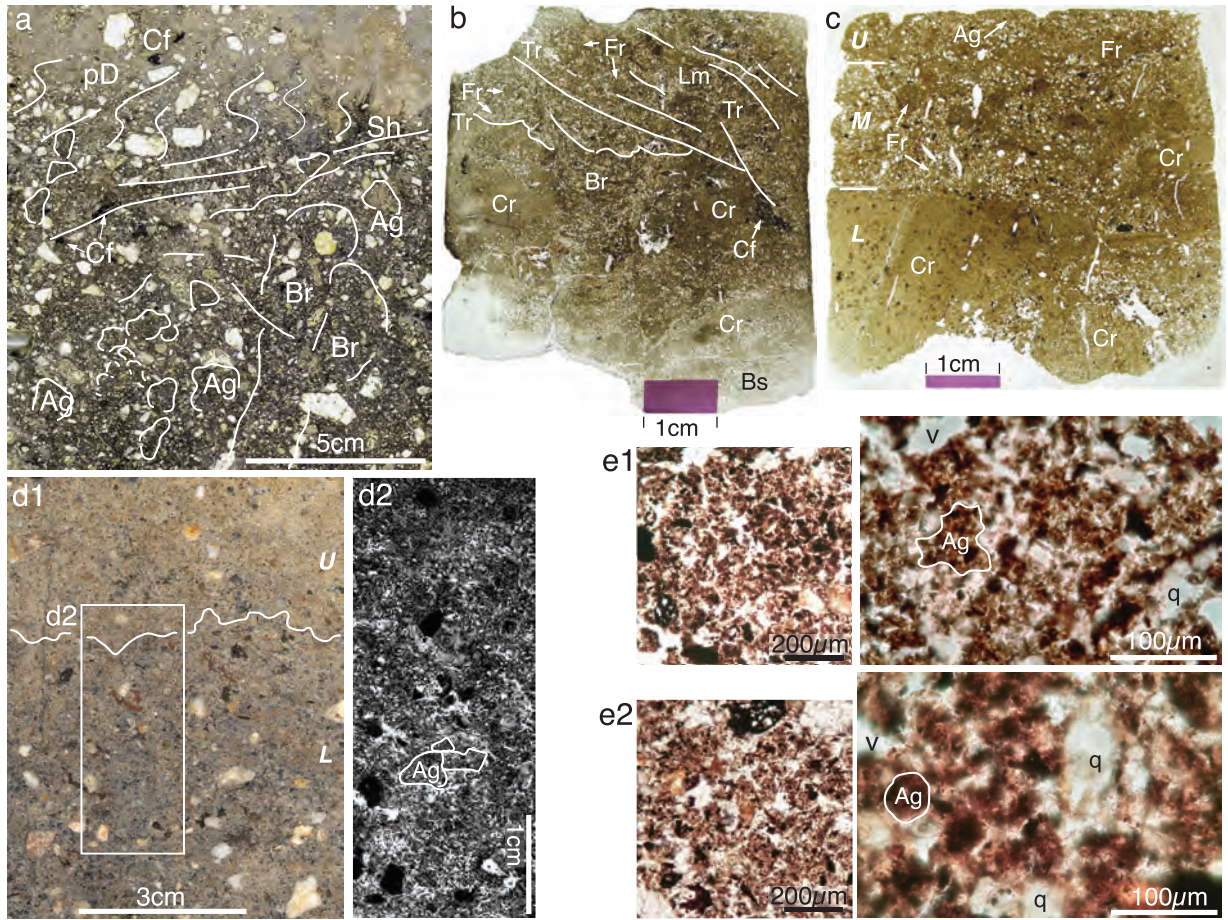


図9 埋没畑地土壌に見られる微細形態の例

a : 東大阪市布市遺跡, 鎌倉時代の畑地作土の薄片写真。有機物に富む砂質泥と砂の混層と排水のために掘削された溝列を充填し、その上を約20cmの厚さで覆う。画像上部はその上端。長径数mm~20mmの有機物に富む暗色泥質の凝集体(Ag, 人為ベッド)に挟まれるかたちで粗粒の砂・細礫が分布する。あるいは、凝集体に砂礫が付着しているようにも見える。凝集体は角のとれた垂角塊状。粗孔隙(長径0.5mm以上)は少ない。長径数mm以上の粗大な炭化植物片(Cf)が多い。幅2cm前後の棲管(Br)が点在する。作土は削平されず、泥層に覆われている。上面付近には、地震動による含水塑性変形(pD)とせん断帯(Sh)がみとめられる。b : 大阪府八尾市久宝寺遺跡, 古墳時代前期の畑地作土。下位のシルト質砂と上位の粘土質シルトを溝列掘削とともに混層した畑地作土。画像は溝の底部付近を充填する堆積物の薄片写真。基盤の砂質シルトの上に溝掘削で生じた土塊(クロッド, Cr)が載る。中央部を棲管(Br)が縦に伸び、その上端は溝充填時か畑地耕作期間に生じたいらしい、小さく起伏する截頭面(Tr)に切られている。その上位では下位の堆積物を切りつつ画面右上方に作土が付加されたことを示す右下がりの葉理状構造(Lm)がみとめられる。クロッドの隙間や截頭面より上位では、シルト質砂と、有機物に富む長径1~4mmで垂角塊状不整形の粘土質シルト土塊破片(Fr)が混ざり合っている。この層準では母材がさらに混合し有機物が加わった凝集体の発達はほとんどみとめられない。c : 京都府大山崎町山崎津跡, 江戸時代(18世紀)の犁耕起畑作土の薄片写真。L層準では、畑地造成初期に生じたクロッド(Cr)が分布するが、それらの間隙には上位層準と同じ堆積物が挟まっている。M層準では、シルト質極細粒砂~極粗粒砂に砂質シルト~シルトの破片(Fr)が混合する。これらの分布パターンから撥土板(へら)によって側方に排除された堆積物が画面右から左にやや上凸に積み重なっていることがわかる。d : 東大阪市楽音寺遺跡, 古墳時代前期から7・8世紀の堆積物研磨試料(屋光写真)。L層は粒団(マクロ凝集体)からなる古墳時代前期の畑地作土で、耕起溝列を下底にともなう。U層はその後の盛土。d2は、屋光写真の階調を反転し、赤色要素を高明度に処理した画像で、最も明るい部分は酸化鉄の付着した孔隙におよそ一致する。面状孔隙とバグ孔隙に隔てられた数mm以下の領域で、長径5mm以下の中間明度の灰色を呈する部分は相対的に細粒な堆積物からなり、垂角~垂円状の粗大なマクロ凝集体で、その中に暗灰色で腐植に富む長径3mm以下の一段階小さい凝集体が含まれる。その一部をトレース。L層上端付近には填圧によると考えられる水平方向の葉理状構造がみとめられ、U層は左下がりの斜面をなして付加されたいらしい。e : 静岡市手越向山遺跡, 弥生時代前期の畑地作土(e1, B層最上部に相当)とその母材の黒ボク土(e2)の大小マイクロ凝集体を比較した薄片写真。粗大なマイクロ凝集体(左列)では、畑地で面状・バグ孔隙がやや多い印象があるが、違いは不明瞭。より微細な凝集体(右列)では、母材の黒ボク土はバックング孔隙をとともう円みを帯びた凝集体、作土はバグ孔隙と狭いバックング孔隙をとともう不整形でサイズが揃わない凝集体が卓越し、耕作による変化と考えられる。vは孔隙、qは石英粒子。以下、参考文献 a : 松田 2001, b・c : 西村・南條 2003 ; 古閑 2003 ; 松田 2004, d : 五井・松田 2001, e : 松田 2011.

散見される(図5 : a9, 図6 : b2・b3・b4・b5). 幅数  $10 \mu\text{m}$  で, 既存のファブリックをほとんど変えず, 束状・樹枝状に伸長している.

## 5. 考察

試料の観察結果から, 5-4層・6層を構成するわずかに砂混じりの泥は, 低エネルギーの氾濫流によって氾濫低地の広い範囲に堆積したと考えられる. 初生の堆積構造は, 主に生物擾乱によって失われている. 試料の高さをこえる垂直範囲で, 鉱物質碎屑物は緩やかに上方粗粒化しているが, 両層の粒度組成の差はわずかで漸移的である. ほぼすべての植物片は泥の浮流に随伴するサイズで異地性であり, 微化石も同等であろう. このような化石相は, 運搬流路から氾濫原まで再堆積をくりかえした堆積物中のタフノミーではしばしば生じる (Martin 1999). 累重速度は年代値がないので不明だが, 薄片観察でも, 地表面の土壤生成を示唆する形跡(根系の上端形状, 腐植の蓄積と凝集体の発達など)は試料範囲にはなく, 堆積物はすくなくとも直上の砂層まで, 著しい堆積機構の変化や時間間隙をとまわず堆積したと考えられる.

土壤構造は, おもに根系発達によるチャンネル微細構造で, 粒団はなく, 軟X線写真で視認されたという小粒状構造(渡辺 2017)は存在しない. 第1遺構面までの土壤断面が不明だが, 試料範囲は土壤層位 BC 層の様態を示す.

鉄酸化物の準被覆・偽被覆の状態から, 試料より上位に想定される降雨浸透と流出の短期的な乾湿のくりかえしだけでなく, 酸化鉄の減耗が生じるような, 1・2週間あるいは季節的な地表面の水没と土壤の飽和が推測される (Vepraskas 2001; Lindbo *et al.* 2010). チャンネル・チェンバー孔隙に見られるシルトを主とする被覆は, 第1遺構面層準の人間活動による裸地化, 地表物質の擾乱に起因して生じたと考えられる (Deák *et al.* 2017). 畑地作土上面とみなされている 5-4/6 層境界付近以下の酸化鉄・酸化マンガンノジュールは, 地表面直下が好氣的条件となった期間にも酸化・還元状態が続いた自由地下水面変動を示唆し, 第1遺構面付近かそれ以上の層準が地表面であった時期に生じた可能性が高い.

以上のように, 畑地耕作の形跡は試料堆積物・土壤に認められない. 第1遺構面層準での人間活動が始まるまで, 調査地では間欠的に乾燥するが, 湿潤な地表に, 根茎を伴わない散漫な草本植生が分布していたと推測される. このような地表条件の耕起で生じる土塊は, 気相を欠き, 乾燥すると硬化して栽培に適さない. さらに畑地を想定する妨げとなるのは, 畝が機械化された農地並に長い. 畝が比較的広く分布するにもかかわらず, 考古学的な農地研究の基本要素とみなされる農地と非農地の境界, 農地組織を構成する区画 (Gleason 1994) を示す特徴がない. 耕作の下底がほとんど確認されておらず, 「ごく短期間の耕作」(渡辺 前掲)の可能性と, 畝の広い分布, 6層の最大層厚すなわち耕作深 25cm のスケールとは不調和なこと, などである. 畝の分布パターンは, 地下水位変動にともなう酸化物ノジュールの縞模様や, 氾濫低地水域の汀線付近に側方付加された堆積層の水平断面が, 差別的に掘削されたのではないかと想像される.

参考のため, 並列する作土下底の溝や, 畝の起伏をとまなう畑地遺構で認められた土壤微細形態と堆積構造の事例を図9に示した. これらを含め, これまでに研究された埋没畑地土壤の特徴として, 作土土性を整えるための砂・泥の混合(多くの場合, その場での掘削・混層)と, 農地への再分布, 亜円～角状の粒団(あるいは凝集体)・土塊(おもに母材からなる)の形成, 母材の作土化および耕作にと

もなう孔隙の増減と孔隙タイプの変化, 粗孔隙内壁のシルト～極細粒砂の被覆, あるいは孔隙の充填, 既存の粒団・被覆・孔隙の断片, 棲管の減少, 比較的多量の炭片の混入, などが知られている(例えば, Lewis 2012; Deak *et al.* 前掲; 須永 2011; 宮路・平山 2002)。これらの畑地土壌の特徴が, 農地放棄後に異なる土壌生成, 生物擾乱に上書きされたとしても残存し, 土壌ファブリックの「異常」(anomaly: Lewis 前掲)として出現することを期待したが, 認識されなかった。なお必須の検証作業として, 本遺跡第20次調査で検出された畑地遺構(中村 2009)の堆積物・土壌との比較が求められる。

謝辞 本研究の試料をご提供いただいた徳島大学埋蔵文化財調査室, その便宜を図っていただいた渡辺正巳氏に感謝いたします。

## 参考文献

- 岩崎正史・須鎗和己(1987)表層地質。「土地分類基本調査 徳島」。徳島県農林水産部, 簿冊 pp.16-22, 表層地質図裏面。
- 久馬一剛・八木久義訳監修, 平山良治・田村憲司・三浦憲蔵・中井信・山本真也・三浦覚訳(1989)「土壌薄片記載ハンドブック」。博友社, 176p。(原著: Bullock *et al.* 1985)
- 黒田和男・村上敏夫・塚脇裕次(1971)「土地分類基本調査 川島」。経済企画庁, 簿冊 pp.9-13, 表層地質図。
- 五井若葉・松田順一郎(2001)「楽音寺遺跡第1・2次発掘調査報告書」。(財)東大阪市文化財協会, pp.19-40。
- 古閑正浩(2003)「山崎津跡第15次調査(7YYMS-YS地区)発掘調査報告」(大山崎町埋蔵文化財調査報告書第26集)。大山崎町教育委員会, pp.4-13。
- 須永薫子(2011)埋没畑遺構土壌の理化学性と微細形態学的特徴。地球環境, vol.16, no.2, 107-114。
- 中村豊(2009)第2章 西病棟建設に伴う埋蔵文化財発掘調査の成果。国立大学法人徳島大学埋蔵文化財調査室年報1, pp.11-28。
- 西村歩・南條直子編著(2003)「久宝寺遺跡竜華地区発掘調査報告書V—大阪竜華都市拠点土地区画整理事業(都市機能更新事業)に伴う発掘調査」。(財)大阪府文化財センター, pp.28-56。
- 端野晋平・三阪一徳・脇山佳奈・山口雄治(2015)庄・蔵本遺跡第27次調査(立体駐車場地点)の成果。国立大学法人徳島大学埋蔵文化財調査室 紀要1, pp.43-97。
- 牧本博・利光誠一・高橋治・水野清秀(1995)「20万分の1地質図幅 徳島(第2版)」
- 松田順一郎(2001)大阪府布市遺跡の中世畑地耕作土にみられた微細堆積相。日本文化財科学会第18回研究発表要旨集, pp.56-57。
- 松田順一郎(2004)古墳時代と江戸時代の畑地堆積物堆積構造の比較—大阪府久宝寺遺跡, 京都府山崎津跡の事例。日本文化財科学会大21回大会発表要旨集, pp.62-63。
- 松田順一郎(2011)附編4畑地作土と推定される堆積物の微細堆積相。篠原和大編著「手越向山遺跡の研究」。静岡大学人文学部考古学研究室, 六一書房, pp.146-156。

- 宮路淳子・平山良治 (2002) 弥生時代前期の畑の土壌微細形態学的解析 — 福岡県三沢蓬ヶ浦遺跡の例. 日本文化財科学会第 19 回大会研究発表要旨集, pp.164-165.
- 渡辺正巳 (2017) 庄・蔵本遺跡における耕作土壌の自然科学分析. 国立大学法人徳島大学埋蔵文化財調査室 紀要 3, pp.101-121.
- Babel, U. (1985) Basic organic components. In Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G., and Tursina, T. (1985) *Handbook for Soil Thin Section Description*. Waine Research Publication, pp.74-87.
- Bridge, J.S. (2003) *Rivers and Floodplain: Forms, Processes, and Sedimentary Record*. Blackwell, pp.260-279.
- Bridge, J.S. and Demicco, R.V. (2008) *Earth Surface Processes, Landforms and Sediment Deposits*. Cambridge University Press, pp.435-438.
- Deák, J., Gebhardt, A., Lewis, H., Usai, M.R. and Lee, H. (2017) Soil disturbed by vegetation clearance and tillage. In Nicosia, C. and Stoops, G. (eds.) *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. Wiley, pp.233-264.
- Folk, R.L. (1954) The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *The Journal of Geology*, 62, 344-359.
- Gale, S.J. and Hoare, P.G. (1991) *Quaternary Sediments*. Belhaven Press, pp.262-264.
- Gleason, K.L. (1994) To bound and to cultivate: an introduction to the archaeology of gardens and fields. In Miller, N.F. and Gleason, K.L.(eds.) *The Archaeology of Garden and Field*. University of Pennsylvania Press, pp.1-24.
- Knighton, D. (1998) *Fluvial Forms and Processes: A New Perspective*. Arnold, pp.141-150.
- Lewis, H. (2012) *Investigating Ancient Tillage : An Experimental and Soil Micromorphological Study* (British Archaeological Report S2388). Archaeopress, pp.11-31.
- Lindbo, D.L., Stolt, M.H., and Vepraskas, M.J. (2010) Redoximorphic features. In Stoops, G., Marcelino, V., and Mees, F. (eds.) *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Elsevier, pp.129-147.
- Martin, R.E. (1999) *Taphonomy: A Process Approach*. Cambridge University Press, pp.93-104.
- Soil Science Division Staff (2018) *Soil Survey Manual*. United States Department of Agriculture, pp.199-131.
- Stolt, M.H. and Lindbo, D.L. (2010) Soil organic matter. In Stoops, G., Marcelino, V., and Mees, F. (eds.) *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Elsevier, pp.369-396.
- Stoops, G. (2003) *Guideline for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*. Soil Science Society of America, 184p.
- Vasilas, L.M., Hurt, G.W., and Berkowitz, J.F. (eds.)(2018) *Field indicators of hydric soils in the United States : A Guide for Identify and Delineating Hydric soils* (ver.8.2). United States Department of Agriculture, pp.39.
- Vepraskas, M.J. (2001) Morphological features of seasonally reduced soils. In Richardson, J.L. and Vepraskas, M.J. (eds.) *Wetland Soils : Genesis Hydrology, Landscapes and Classification*. Lewis Publishers, pp.163-182.