

ナガラ原東貝塚とマツノト遺跡における根成孔隙

佐々木長市
弘前大学
佐藤幸一
北里大学
徳永光一
岩手大学

SASAKI Choichi
University of Hirosaki
SATO Koichi
University of Kitasato
TOKUNAGA Koh-ichi
University of Iwate

ナガラ原東貝塚¹⁾ 土層において施肥として地表に撒布された現代稲（焼き粃殻）が、非人為的に1 m以上下方に移動し、埋蔵されている当遺跡IV層から出土した件に関し²⁾、土層中の根成孔隙が下層移動の要因であるかどうかを検証するために、マツノト遺跡も合わせて調査を行った。

1. 根成孔隙調査のための試掘坑と採土

(1) ナガラ原東貝塚

2003年11月23日、図1の平面図に示す位置に深さ約160cm、広さ約100cm四方の試掘坑を、重機により掘削した。掘削直後から、坑内に入り、層序画定の線引きと各層位の山中硬度測定を行った。その結果を図2に示す。さらに、各層位に形成されている根成孔隙のX線撮影用に、不攪乱試料土の採取を行った。ナイフ切出しによるブロック採土で、凡そ12×12×6 cmの大きさに採取した。これを気密容器に密閉格納し、実験室へ持帰った。各ブロックは、採土直後に石灰粉を地表面側に塗布して、上下方向をマークした。採土した層位は、Ⅱ（39～57cm）、Ⅲ上（57～75cm）、Ⅲ中（75～119cm）、Ⅳ（119～137cm）、Ⅵ（155～173cm）の各層から、ブロック2個ずつ行った。Ⅲ上は図2のⅢ層内の破線より上、Ⅲ中はⅢ層全厚の中央付近からの採土である。その他の層位は、各厚さの中央から採った。

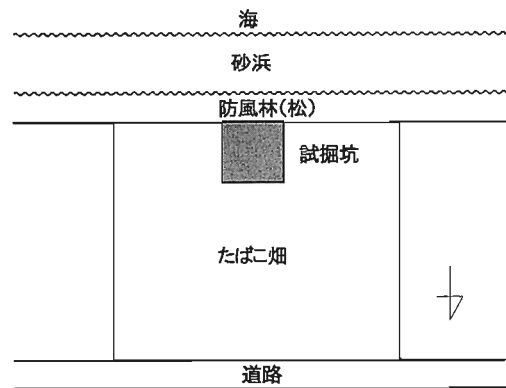


図1 ナガラ原東貝塚における調査位置

(2) マツノト遺跡

土壌調査は2004年10月29日～30日に実施した。調査は海側から山側に向かって左端の試掘トレンチ部分で行った。図3に示すように、調査深さ2.1mの範囲には、珊瑚礁などの海砂に由来した固結度の低い堆積層が厚く分布しており、ⅠからⅦ層に区分されている。この内、Ⅰ層目は地表部が剥離され厚さが0.12mであった。またⅢ層は欠落している。先住民の生活痕跡が確認される文化層はⅠ層とⅥ層である。そこで土壌の物理性と根成孔隙を確認するための採土は文化層を中心にⅡ層（20～40cm）、Ⅵ層（60～87cm）、マージ層（96～110cm）の3層で行った。採土に際しては、表層部分から下層部分までの各層が構造的でない非常にもろい砂であるため、少しの力が作用しても崩れてしまい、採土と整形が極めて困難な土であった。

2. 土壌の物理性

(1) ナガラ原東貝塚土壌

各層の基本的な物理性は、表1に示すように、含水比が12～32%で40～70cmの中層部がやや低い値であった。乾燥密度は1.28～1.41g/cm³で1層の表層部分とVI、マージ層の下層部分が高い値であった。土性は表層部のI層(深さ0～39cm)が現在畑で土壌化しているため粘土やシルトを含む粗砂質壤土であった。深さ39～119cmのII～III層は粘土とシルト組成が7～8%、細砂が3～5%

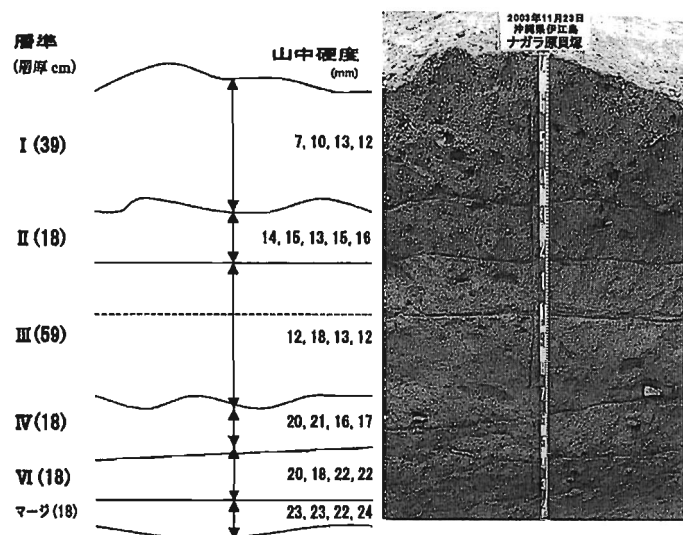


図2 ナガラ原東貝塚試掘坑断面写真および層序と山中心度測定値

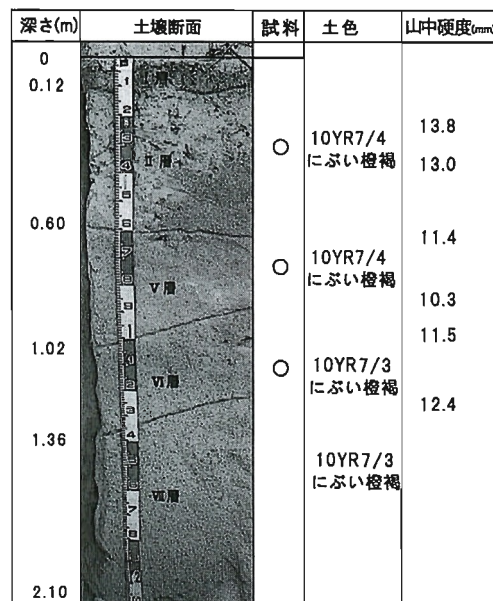


図3 奄美大島マツノト遺跡土壌断面

表1 ナガラ原東貝塚土壌の物理性

層位	深さ (cm)	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)	比重	粒度組成 (%)				土性*	採土時の三相分布 (%)		
					粘土	シルト	細砂	粗砂		固相	液相	気相
I	0～39	17.53	1.41	2.77	10.4	8.3	11.4	69.9	CoSL	50.1	24.8	25.0
II	39～57	12.84	1.33	2.80	5.8	1.6	5.0	87.6	LCoS	46.5	17.1	36.4
III (上層)	57～75	13.39	1.28	2.79	5.6	2.0	3.0	89.4	LCoS	45.0	17.2	37.8
III (中層)	75～119	14.08	1.24	2.80	6.2	1.9	2.7	89.2	LCoS	43.3	17.5	39.2
IV	119～137	17.97	1.35	2.80	7.5	7.3	12.3	72.9	LCoS	47.6	24.3	28.1
VI	137～155	32.45	1.39	2.77	9.2	9.6	73.9	7.3	FSL	45.3	45.3	9.3
マージ	155～173	32.68	1.39	2.77	9.4	10.2	78.0	2.4	FSL	48.0	45.5	6.5

表2 マツノト遺跡土壌の物理性

層位	深さ (cm)	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)	比重	土性* (国際法)	採土時の三相分布 (%)		
						固相率	液相率	気相率
II	20～25	9.08	1.29	2.81	S	45.0	11.5	43.6
	35～40	9.89	1.25	2.67	S	46.4	12.3	41.3
V	60～65	7.86	1.28	2.64	S	48.6	10.1	41.3
	82～87	9.06	1.23	2.70	S	46.7	11.2	43.2
VI	96～101	9.28	1.24	2.75	S	44.1	11.2	44.7

*国際法 (CoSL:粗砂質壤土、LCoS:壤質粗砂土、FSL:細砂質壤土、S:砂土)

と少なく、粗砂が87～89%と組成の殆どを構成する壤質粗砂土であった。深さ119～137cmのⅣ層は粘土とシルト含量が約15%、細砂が12%、粗砂が73%の壤質粗砂土である。この層は同じ土性に区分されるⅡ、Ⅲ層の最下部層に位置する転移層と考えられる。深さ137～173cmにおけるⅥ、マージ層は粘土とシルトの含量が18～19%、細砂が73～78%と多く、粗砂が2.3～7.3%と少ない細砂質壤土であった。このように、Ⅵ層以深より、細砂と粗砂の割合が入れ替わりローム層になる。

以上の結果、ナガラ原東貝塚土壌は、土層構成を土性から判断すれば、深さ39～119cmのⅡ層～Ⅲ層が固結度の少ない砂質土層、深さ119cmから137cmのⅣ層が砂質土層であるが隣接層との転移層、そしてⅥ、マージ層が固結度を有する砂質ローム層であった。

(2) マツノト遺跡土壌

各層の基本的な物理性は、含水比が9～10%、乾燥密度が1.20～1.29g/cm³、土性が各層で粘土組成が5%以下の砂であった。採土時の間隙分布は、固相率44～48%、気相率41～44%でともに高く、液相率11～12%で少ない。

以上の結果、各層の土壌は、深さ20～110cmのⅡ～Ⅵ層において層間の差が少なく、固相率と気相率が大きく、固結度の小さい典型的な砂であった。

3. 根成孔隙の撮影方法

根成孔隙を求めるためのX線造影法は徳永の方法による乾燥法³⁾で行った。この乾燥法とは、4cm立方に切断・整形した試料土を、天面（地表側）以外を粘土でコーティングし、真空中に入れて試料内空気を抜き去り、天面から滴水して試料中の間隙^{*1}を総て水で飽和させる。その後、大気中にコーティング試料を取出し、天面の外周に粘土の小堤を回らし、堤内表面の水を除いて造影剤（油性液体）を湛え、卓上で放置し乾燥させる。試料間隙の水がコーティング面から蒸発するに従い、天面の造影剤が間隙に浸入する。乾燥に伴い脱水される間隙は、保水力の弱い大間隙、例えば根成孔隙のような太い穴から先に脱水される。それと共に造影剤が孔隙に浸入するから、この時X線撮影をすると、根成孔隙やその他の大間隙（存在すれば）の影像がえられる。乾燥を進め、何回か撮影を繰り返し、総ての根成孔隙が造影されたら、終了する。

この乾燥法が問題なく適用できて、根成孔隙が明瞭に造影されたのは、写真2、3に示すナガラ原東貝塚土壌のⅣ、Ⅵ層である。しかし、Ⅱ、Ⅲ層は適用不能であった。マツノト遺跡土壌もナガラ原東貝塚土壌のⅡ、Ⅲ層同様に固結度が緩いために適用困難であった。そこで、根成孔隙の造影結果についてはナガラ原東貝塚土壌について述べ、マツノト遺跡土壌については、推定考察を行う。

4. ナガラ原東貝塚土壌における根成孔隙の撮影結果

(1) 「重力・毛管力法」によるⅡ層の撮影

Ⅱ層がなぜ乾燥法の適用ができなかったのか。それは、間隙を水で飽和させた時に、崩れて形を失ったからである。Ⅱ層は砂含量が高く、飽水すると液状化（スレーキング現象）し、試料外周を覆うコーティング粘土層が立方体から球状に変形した。これは内部の試料土が、飽水により構造性を失い、液状化したので、薄い粘土被膜は内容物の形に応じて、球形を示したのである。対処として、外周のコーティング層を追加し、肥厚させて立方体に戻し、乾燥法を実施してX線造影した。結果は均

*1 間隙：土壌中の固相（土粒子など）を除く総ての空間を指し、その形態や大小を問わないで用いる総称とする。孔隙は細い円管状の間隙を指し、根成孔隙や虫穴などに用いる。粒間間隙は単粒や集合粒子相互のすきまを指す場合に用いる。

一な砂目模様が試料全面に現れ、根成孔隙は見出しえず、Ⅱ層試料土の構造破壊とともに消失したと判断された。図2の硬度測定値をⅡ層とⅣ、Ⅵ層について比べると、Ⅱ層が小さいことが判る。Ⅲ層になると更に硬度が低い。一般的に、内陸性砂土では平均硬度が20前後あるが、Ⅱ層の平均は15弱である。海岸砂丘の特性で、粘土分が極少のためと思われる。

そこで、間隙の総てを水で飽和するのではなく、微細間隙のみ吸水させ、構造を壊さない状態で、造影剤を天面に点滴して浸透させる重力・毛管法を行った。点滴浸剂量が増加するにつれ、X線撮影を繰返した。この結果は、構造が破壊されず、乾燥法に比べ改善されたが、根成孔隙の姿に明瞭さが欠けるなどの問題が残った。

(2) 撮影の結果

1) 概況

撮影の結果を写真1～3に示す。写真1はⅡ層、写真2、3はⅣ、Ⅵ層の結果である。各層とも2、3個の試料を撮影したが、形態は類似しており、ここでは代表的なものを示した。なお、参考のためにⅣ、Ⅵ層の拡大写真を図版2（附図）として写真6、7に示した。

各写真とも上辺が天面である。縦横に走る黒帯や黒筋が、根成孔隙である。実体視影像是倍率2倍程度の簡易実体鏡で観察すると容易で、左右の写真が1枚に合致して奥行きのある像として観察できる（立体視）。各写真の右上に付いているスケールは1目盛1mm、縦線の太さが0.1mmである。この縦線より太い孔隙に入った水は重力で排水され易く、これより細い孔隙に入った水は、強い毛管力で保水されるようになる。

写真1に対し写真2、3は、黒帯像の形にかなりの相違がある。後者は帯の縁線が明瞭であり、孔隙の太さが明確である。これが、通常に造影された根成孔隙の形である。しかし、写真1では、帯の縁線が不規則に砂粒間に拡散しており、黒影化している造影剤の流路が全体として2、3本の带状影を形成している。これも後述するように、根成孔隙である。

2) 根成孔隙の特徴

逆順になるが、写真2、3から検討する。これらに見える黒帯や黒筋は前述のように、根成孔隙であり、根跡である。立体視すると黒帯も黒い丸棒状であることが判る。上下に走る太いものは、右上のスケールにより測ると、直径が2mmほどある。通常の田畑や火山灰土などに見られる根成孔隙直径に比べて約2倍も太い。写真4、5には岩手県北部火山灰層の代表的な根成孔隙像を示す。これらの写真倍率も写真1～3と同様に約1.4倍である。写真同士を比べれば、写真2～3の根成孔隙が、写真4～5のそれに比べて太いことが実感できる。写真のスケールによれば、写真4、5の孔隙直径は、1mm級ないし以下である。

写真2、3の孔隙の屈曲性は、イネ科植物根の作る根跡などに比べれば、曲がり強いが、写真4、5の根成孔隙などと同類、同等である。採土地点ではⅤ層が欠如していたが、Ⅳ、Ⅵ層は互いに類似した根成孔隙を形成させていることが、写真2、3の比較で判る。この類似性を生ずる原因については、後述する。

次に写真1について検討する。まず、上辺から大きい逆三角形の黒影が垂下しているのは、造影剤が上辺付近に滞留し、剤の飽和領域がこの形に拡大した姿である。この写真を平面視（2枚の写真として眺める）すると、巾3mmくらいの黒影が上下方向に左右と中央に3本並んでいる。この内、左端のものは立体視すると、コーティング左壁内面（試料左外周）沿いに膜状に拡がった造影剤の影であり、根成孔隙と関係ないことが判る。他の2本は縁が拡散しているが、太い根成孔隙沿いに造影剤が流下し、周辺にも拡散した状態であることが、立体視で観察される。写真2、3では根成孔隙周

図版 1 X線造影による根成孔隙像（立体視像）—ナガラ原東貝塚の3層位—

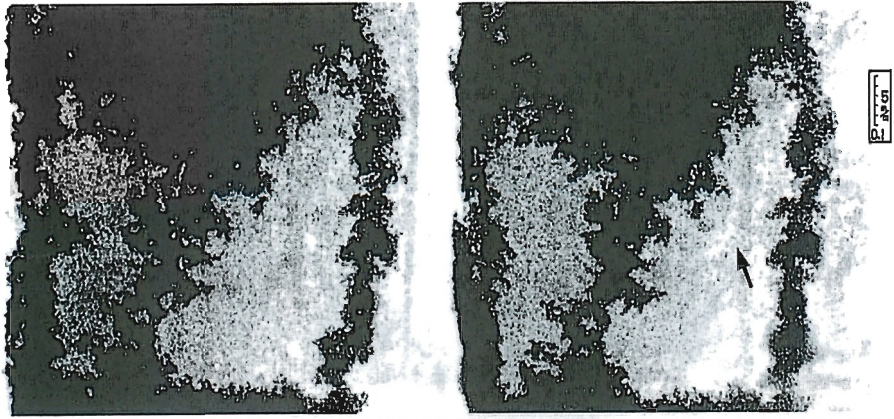


写真 1
II層

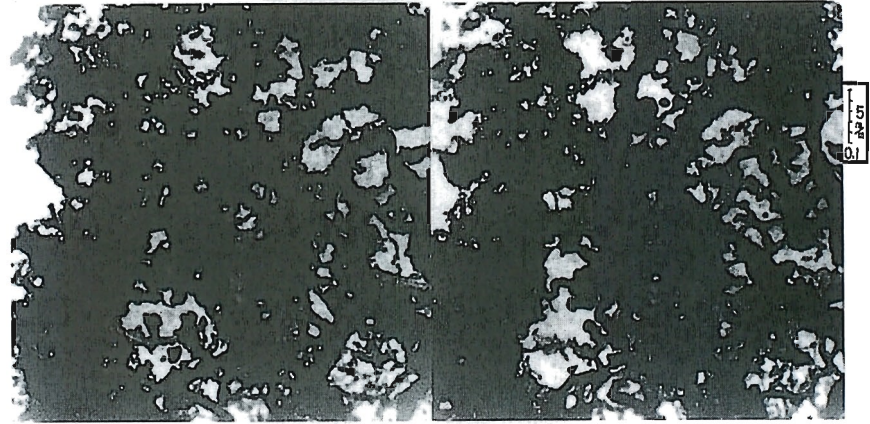


写真 2
IV層

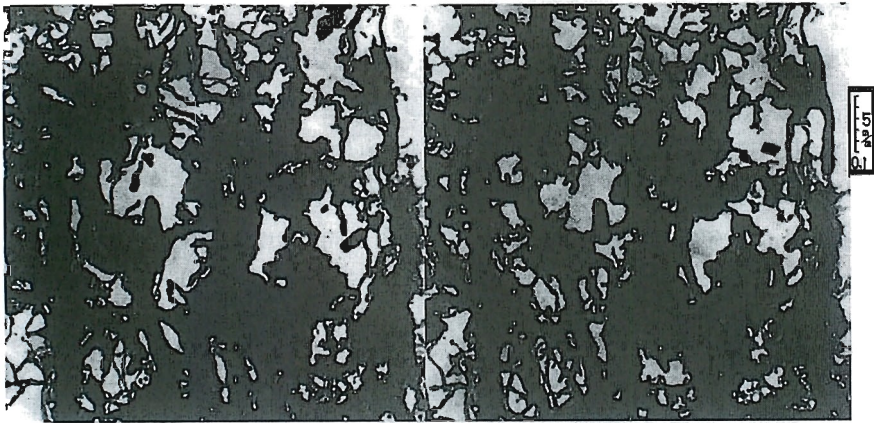


写真 3
VI層

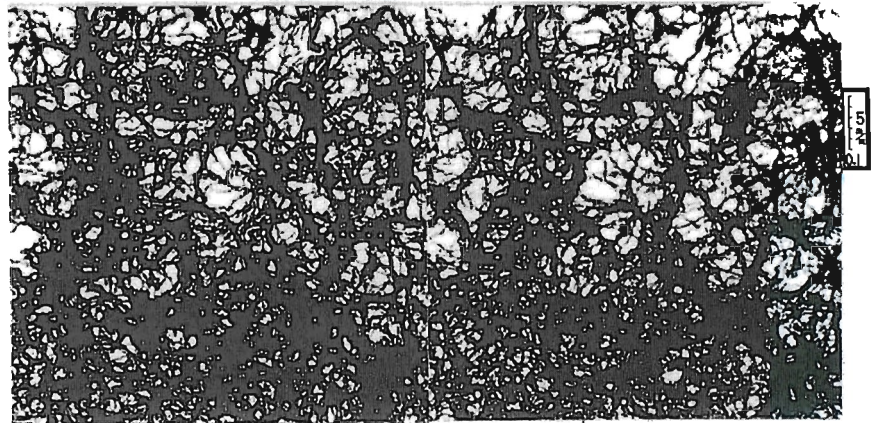


写真 4
澁民火山灰土



写真5
外山火山灰土

辺の間隙が真空飽和により、水で充満しているから、剤の拡散が起こらず、孔隙内だけに剤が流れ、鮮明な形に写る。写真1では水の充満が不完全なので、拡散を生じるのである。

写真1では、根成孔隙はこの2本だけなのか。写真の中に矢印を一つ入れてある。その先に、太さ1mmぐらいの白みがかった帯が弧を描いて見える。これを立体視すると、造影剤が未浸入の根成孔隙であり、径0.1mmぐらいの分岐が2、3本出ていることが判る。径1mmの太い孔隙は矢印の下方、試料土下端付近まで延びているが、造影されていないので、明確には判明しない。剤未浸入の根成孔隙と思われるものは、他にも観察されるが、明瞭さが乏しい。

以上のように、写真1では、根成孔隙の形態は不明瞭であったが、孔隙の存在は検証されたといえよう。

3) III層の根成孔隙について

IV層の根成孔隙を形成した根系は、III層が地表を形成する時代の地被植生によるものである。根成孔隙の固有形態を決める根系の主要分布層（地表直下で根群が濃密に分布する範囲）の厚さ D_0 は草、木本を通して概括すると、 $D_0=50\sim 100\text{cm}$ である。この D_0 は重要な尺度になる。

砂丘堆積の進行と共に、地表はIV層上面から上方に離れて行くが、上方 D_0 以内に地表が存在する間は、その間の地被根系がIV層の根成孔隙を形成するのである。その同じ根系は当然、III層にも根成孔隙を造っている。図2によると、III層の厚さは約60cmで、 D_0 以内であるから、III層の堆積が進む期間中、地被根系の主要分布層はIV層まで根を届かせていたことが判る。同一の根系がIII層とIV層に伸長して根成孔隙を創るとすれば、両層の孔隙は全く同一のパターンになるであろう。

砂丘の風成堆積は更に進み、地表はIII層上面からも離れて、II層、I層を形成する。地表から下方にとった D_0 の位置はIV層に届かなくなるが、III層には届く。この時、地被種が変わり、根系も変化していると、IV層には見られず、III層に固有の根跡がIII層にのみ複合されて行く。地被植生が常に漸変することを前提にすると、この異種複合の含有割合は、IV層と同一根系を共有する時間の短い、III層上方になるほど高まる。そして、IV層上面から D_0 を超える上部層位では、ついに同一根系を共有する時代が無くなるので（ D_0 を超える深い根系部分の影響を無視する前提で）、根成孔隙はIV層と共通性が全く無くなる。

このような根成孔隙の生成過程から判断すると、III、IV層は全く同一の孔隙ではありえない。しかし、層序的にIII、IV層間の距離が D_0 以内であるから、両層の孔隙は、同一根系を共有することにより形成された部分が、全層に貫徹して存在する。

したがって、撮影困難なIII層の根成孔隙は、IV層と類似した特徴を持つことが推定される。即ち、

太い孔隙の可能性が考えられる。また、Ⅱ層の実験により、砂層であっても根成孔隙は形成可能であることが推定されている。

つぎに、Ⅳ層とⅥ層の根成孔隙の類似性について触れる。このことは、写真2、3の解説で指摘したが、Ⅴ層が欠落した不整合断面では、上述してきた根成孔隙の連続的変化の論理は、単純には適用できない。しかし、写真の実態として類似性が検証された限り、Ⅴ層が欠落せずに存在していた時代にⅣ、Ⅴ、Ⅵの3層の合計層位厚は D_0 以内であり、それゆえに類似孔隙像になったと考えられる。

このⅣ層とⅥ層の孔隙比較は、Ⅲ層孔隙をⅣ層から類推する重要な補完資料になる。

5. マツノト遺跡における根成孔隙

ナガラ原東貝塚Ⅳ層から出土した現代稲（焼き粃殻）の移動要因として、土層中の根成孔隙によるものかどうかを検証するために、鹿児島県大島郡笠利町に位置するマツノト遺跡についても調査を行った。

1. で述べたように、X線撮影用採土は、試料が極めて固結度の低い砂であるために、縦横10cm、深さ6cmの大きさに採取したブロック試料の現場からの運搬と実験室内の整形段階でかなりの部分が崩壊してしまい、徳永のX線造影法に準拠した試料調製³⁾が困難であった。そのため残存した試料片で撮影を試みたが十分な結果が得られなかなので本報告書ではX線造影写真を割愛した。しかし、残存した試料片における影像から判断すると、鮮明な根成孔隙の確認は困難であったが断片的に根成孔隙が確認された。この確認されたⅡ層～Ⅵ層における根成孔隙の形態は、前年度に調査をした沖縄のナガラ原貝塚土壌の根成孔隙の形態に類似していた。調査土壌の周辺にはソテツやリュウゼツランそしてススキなど豊かな植生が分布していた。これらの植生状況から判断して深さ1m前後までは現植生の根系範囲と考えられる。目視での根系分布量は、上・中層部において量は少ないが確認された。しかし、2m付近の深部においては確認が困難であった。

以上の結果、マツノト遺跡における根成孔隙の分布は、沖縄伊江島のナガラ原貝塚土壌に準じた分布状況と推定される。

6. 現代イネの下降移動について

今回の調査と実験からは、根成孔隙の存在を検証し、あるいはその存在を推定したがその形態は、通常のものより直径が2倍程度大きい特徴が見られた。具体的にはその太さは直径2mm程度であり、これでイネの子実や粃を移動させるには、やや不足と考えられる。しかし、今回はナガラ原東貝塚土層のⅡ、Ⅳ、Ⅵ層について2、3個の試料を撮影したに止まるので、今後の調査でより太い孔隙が見出される可能性は残されている。

現時点では、木下氏の指摘²⁾のように、土壌亀裂、根成孔隙、動物生痕などの土壌間隙を総括的に移動経路と考えておくことが妥当と思われる。

(参考文献)

- (1) 木下尚子 2003 「先史琉球の生業と交易」平成11～13年度科学研究費補助金基盤研究(B)(2) 研究成果報告書、p 1-22.
- (2) 木下尚子 2003 「遺物包含層における現代イネ混入の検討」考古学研究室報告第38集、熊本大学考古学研究室、p55-62.
- (3) 徳永光一 1995 「土壌間隙のX線立体造影法」畑地農業振興会、東京、p 1-239.

図版 2 (附図) ナガラ原東貝塚Ⅳ, Ⅵ層位のX線造影による根成孔隙の拡大影像

写真 6
Ⅳ層

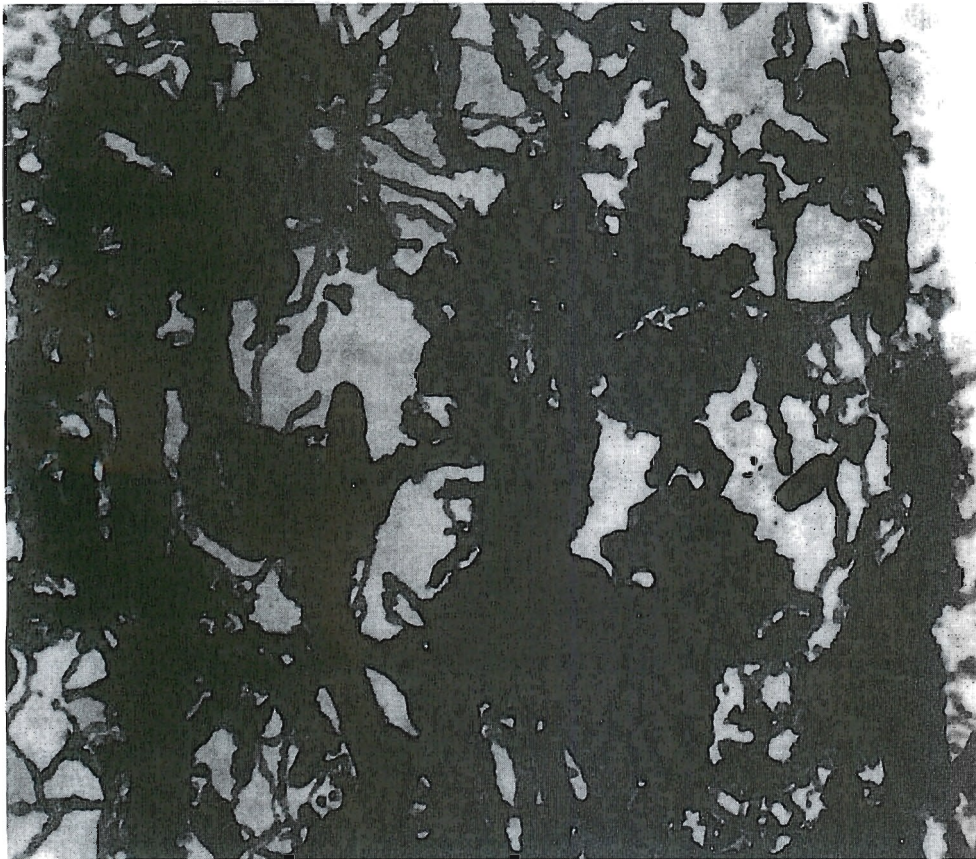
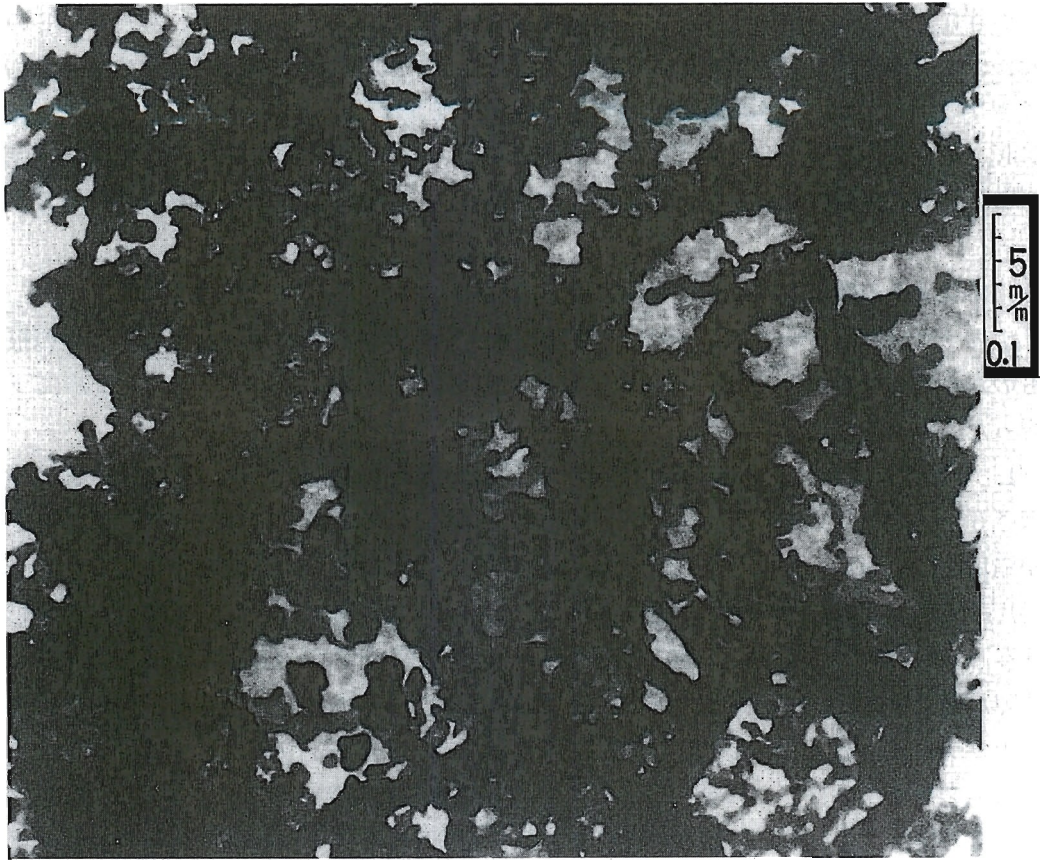


写真 7
Ⅵ層