

## 第2章 楊家圈遺跡における水田遺構探査

宇田津徹朗（宮崎大学農学部）

### 1. はじめに

秦嶺山脈と淮河を結ぶ秦嶺淮河線は、中国における気候や植生、土性の境界になっており、その南側は、降水量、気温、土性ともに水田稲作に恵まれているのに対し、北側は、年間降水量が750mm以下のため、水田稲作を行うことは難しい環境である。

山東省の新石器時代の稲作遺跡として知られている楊家圈遺跡<sup>1)</sup>は、秦嶺淮河線の北およそ500kmに位置している（図6）。加えて、当該遺跡が山東龍山文化に帰属することを考慮すると、技術系譜の視点からは、イネは乾燥地に適応した華北の雑穀農耕技術で栽培されたと考えるのが自然であろう。そう仮定すると、水田稲作技術とともに長江流域から北上したイネは、その栽培技術から切り離され、新たな輪作作物として畑地で栽培されることになる。しかし、イネはアワやキビなどと比べると必要とする肥料分が多く、乾燥や低温にも弱い作物である。稲作が営まれたと推定されるヒブシサーマル期以降の気候の寒冷化を視野に入れると、安定した収量を確保する（特に全滅せずに翌年に栽培できる種子を確保する）という点では、深水栽培（湛水することにより気温低下の影響を小さくする栽培技術）に代表されるように、冷涼な気候に適用可能な要素を持つ水田稲作技術が選択・受容された可能性も否定できない。

そこで、2004年から実施された当該遺跡調査において、筆者は日本や中国で実績のあるボーリングとプラント・オパール分析による水田探査<sup>2),3),4),5)</sup>を遺跡周辺で実施し、遺跡の北側の水路周辺に1,000～3,000個/g密度でイネプラント・オパールを含み一定の広がりを持つ地層を確認することができた<sup>6),7)</sup>。日本の事例<sup>8),9)</sup>に照らすと、この結果は、水田遺構が検出された多くの事例と符合しており、ここで一定期間、水田稲作が営まれたことが推定された。また、地山層や層序の関係から、稲作が営まれた時代が山東龍山文化期である可能性が高いと考えられている<sup>6),7),10)</sup>。しかし、当時の調査は限定的であり、稲作が営まれていた範囲や立地については、追加調査による検討が待たれていた。

こうした中、2015年より日中共同研究として、遺跡の北側について、より広域な水田遺構探査を実施する機会を得ることができた。ここでは、その探査の概要と結果について報告する。なお、当該調査研究は、本研究はJSPS 科研費 JP16K45678の助成を受けた研究課題「東北アジア農耕伝播過程の植物考古学分析による実証的研究」（代表：宮本一夫）の一環として実施されたものである。

### 2. 調査の概要

#### 1) 遺跡の立地と調査区の設定

楊家圈遺跡は、烟台市の南西、山東省栖霞県に所在する大汶口文化から山東龍山文化にわたる遺跡である（図6）。遺跡は、氾濫原となる清水河の西の段丘上に立地しており、その南北には、清水河へ繋がる小さな谷がいくつも形成されている。2004年の生産遺構探査では、これらの谷によって形成された遺跡北側の段丘面に調査区を設定した（図7の点線の部分）<sup>6),7)</sup>。その主な理由は、日本での調査事例ならびに水田立地と比較し、水田が造成された可能性が高いこと、また、遺跡近傍であるの



図6 楊家圈遺跡の位置

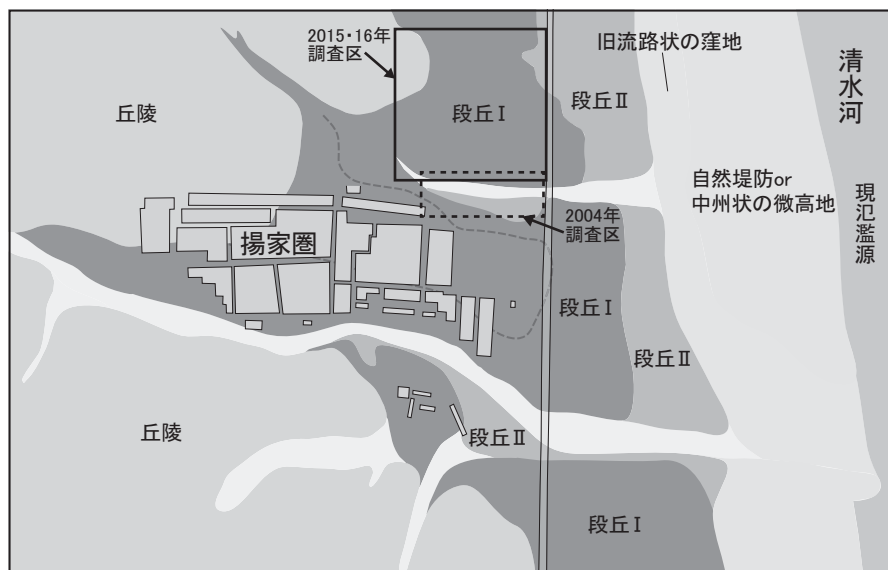


図7 楊家圈遺跡周辺の現地形と調査区の位置

で、これまでの発掘調査によって明らかにされた層序との比較で地層の年代決定が見込めることの2点である。今回の調査では、2004年の調査区に接続する形で、調査区北側の同一段丘面（2004年当時はリンゴ畑のため調査対象から除外したが、現在は畑地に転用されたことから調査可能となった）の東西南北おおむね200mの範囲（40,000m<sup>2</sup>）を新しい調査区として設定した（図7）。

生産遺構探査は、2015年11月と2016年11月に実施した。調査では、ボーリングによる試料採取と簡易的な埋蔵地形の調査を行った。

## 2) ボーリング地点の設定と分析試料の採取

生産遺構探査では、まず、設定した調査区にボーリングを打ち、地表から地山までの土壌を採取する。採取した土壌についてプラント・オパール定量分析を行い、イネのプラント・オパールが検出される地層とその範囲を明らかにする。その層と範囲が、イネが生産された遺構の包含層であり埋蔵域と推定される。

2004年の調査の結果、地山層とイネプラント・オパールが検出された地層が分布する標高が明らかとされている<sup>6)</sup>。それらを検討した結果、標高で概ね123～126mの範囲を中心に調査を行うことが適当であると判断された。新たに設定した調査区の地表は、リンゴ畑ならびに畑地への転用にともなって盛土されていることから標高が126mを超えている。したがって、従来、筆者らが使用している3mのハンドボーリングでは必要な試料採取を行うことが困難であった。そこで、今回、新たに4mのボーリングスティックを作製し、標高123m前後の土壌を確実に採取できるようにした。

図8は、調査区で実施したボーリング地点の配置を示したものである。ボーリング地点の配置については、調査区を南北および東西方向で覆う形で、地表面の比高差等を考慮しながら10～20m間隔で設定した。地形全体を見ると、調査区のほぼ中央、東西方向、図7に示した東側の河川方向へと伸びる谷が存在していたと考えられ、現在はほぼ水平に整地されている畑地の地下には、この東西方向の谷とその縁辺の小さな段丘が埋没していることが推定された。そこで、この谷を横断する南北方向を基本として、東西方向に3つのラインでボーリング地点を配置した。また、谷や地山の状況の把握ならびに現地の聞き取りで得られた整地状況の確認のために、上記の3つのライン以外にも10地点ほどを設定し、ボーリングを実施した。

ボーリングによる土壌採取は次のように行った。まず、土壌を採取する前に、土壌が格納されているボーリングスティックの先端50cm部分を撮影する（図9）。次に、土壌の色や粒度等を記録し分層を行う。その後、層名を記入したビニール袋に土壌を保存する。また、土壌の観察と比較から、地山層ならびに砂や砂礫など水の流れや洪水あるいは土石流などの影響を受けたと推定される地層の所在についても記録を行う。採取した土壌に土器片や紅焼土片、植物遺体が混入している場合には、その深さを記録し、検討に供した。

## 3. 試料の分析

採取した土壌試料は、以下に述べるプラント・オパール定量分析用試料に調整し、分析を行った。今回、分析に供した試料は、517試料である。

### 【プラント・オパール定量分析法】<sup>11)</sup>

プラント・オパール定量分析法は、土壌1gあたりに含まれる各種イネ科植物由来のプラント・オパールの数を求める方法である。主要な手順は図10のとおりである。

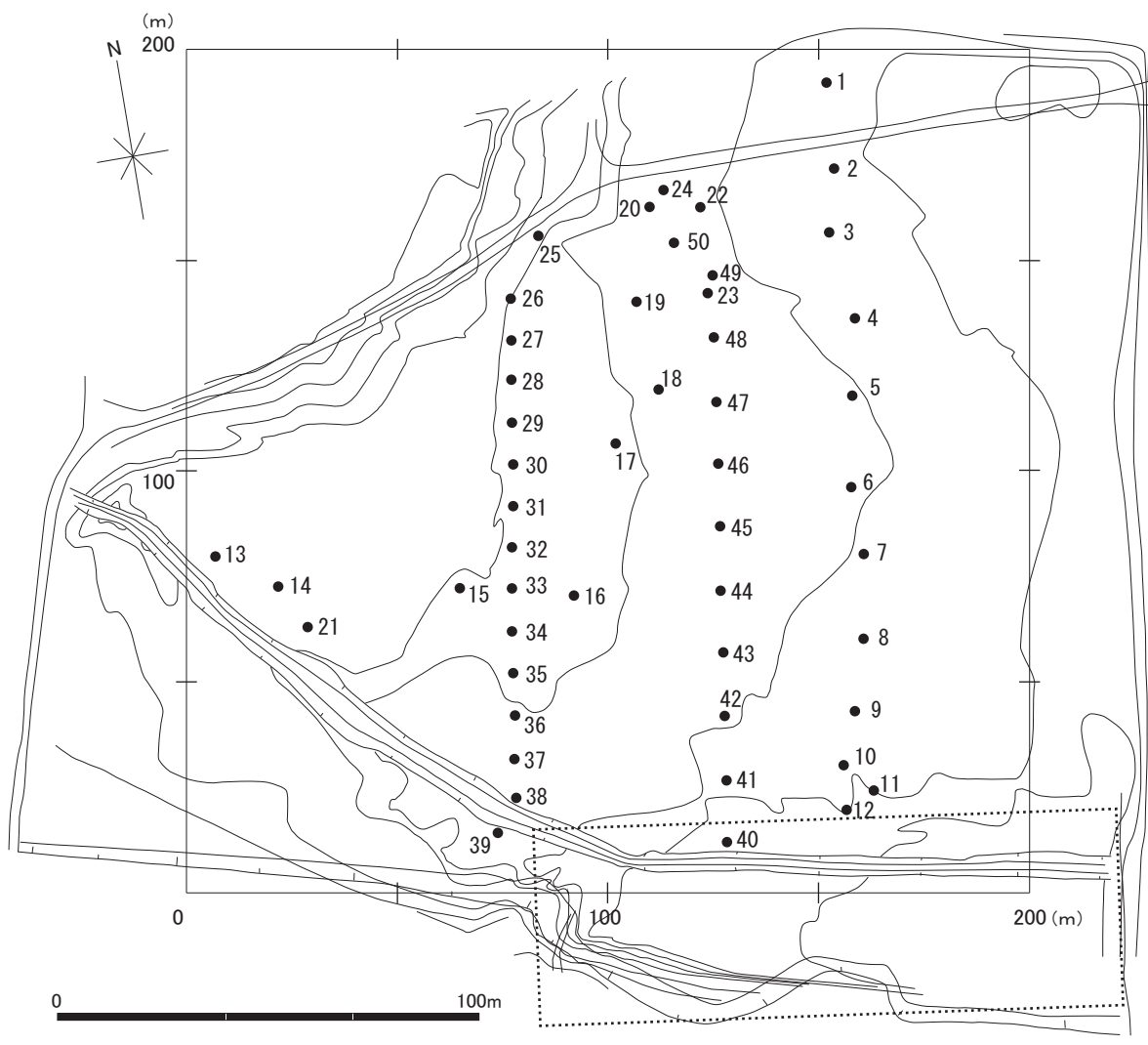


図8 ボーリング地点の配置

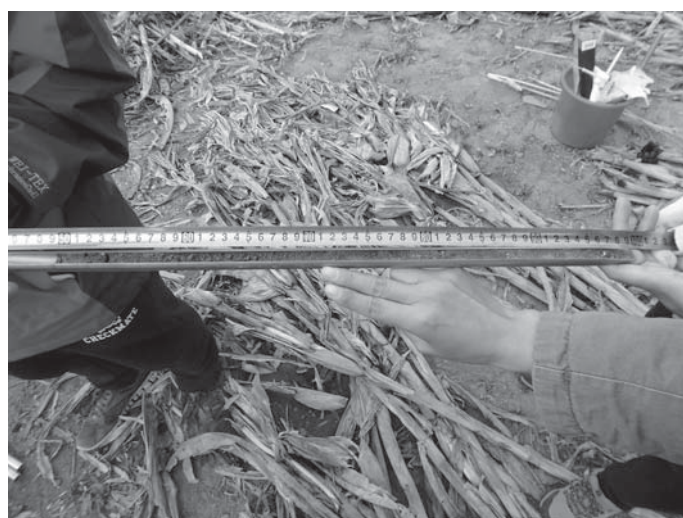


図9 ボーリング採取土壌の記録



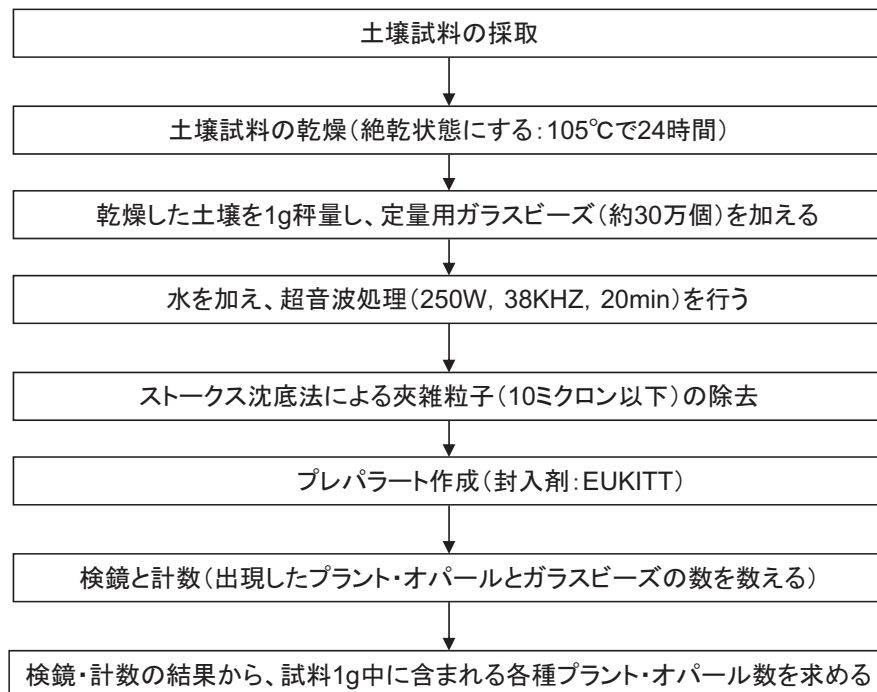


図10 プラント・オパール定量分析ダイアグラム

定量法には、ガラスビーズ法を用いる。ガラスビーズ法では、土壤 1 g 当たり約30万個のガラスビーズを混入する。混入するガラスビーズは、直径が機動細胞由来のプラント・オパールと同じ30～40ミクロンであり、組成も同じガラスである。そのため、ガラスビーズは、分析試料の調整作業にともなう物理的・化学的影響をプラント・オパールと同じように受けると考えることができる。したがって、土壤中のガラスビーズとプラント・オパールの数の比は、調整前と調整後で変化しないという仮定が成り立つ。

この仮定から、顕微鏡観察によって計数されたプラント・オパールの数とガラスビーズの数から、土壤 1 g に含まれる各種イネ科植物由来のプラント・オパールの量を算定することが可能である。

土壤にガラスビーズを混入した後は、水と水ガラスを加え、超音波（250W，38KHZ）を20分程度、照射する。水ガラスを混入するのは粒子を分散させ、超音波処理の効果を高めるためである。また、超音波を照射することにより、プラント・オパールに付着した粘土粒子を除去することができる。超音波を照射した後、ストークス沈底法により、10ミクロン以下の粒子を除去する。その後、試料を乾燥し、定量分析用試料とする。

検鏡用プレパラートは、封入剤に試料を展開し作成する。封入剤には、カナダバルサムなどいろいろなものがあるが、火山ガラスとほぼ同じ屈折率をもつオイキット（EUKITT）を用いる。オイキット中に試料を展開すると、火山ガラスが光学的にマスク（mask）される（見えにくくなる）ため、テフラ（tephra）が多い地域の分析では検鏡効率を高めることができる。また、プレパラート作成の際に障害となる120ミクロンを超える粒子が多数存在する場合には、120ミクロンのフィルターで除去を行う。

プラント・オパールの給源植物の同定（検出されたプラント・オパールがどの植物に由来するものかを決定する）は、光学顕微鏡を用い、100倍～400倍に拡大したプラント・オパールの大きさ、形状、裏面の模様などを総合して行う。

今回、定量を行ったイネ科植物は、イネ（*Oryza sativa* L.）、ヨシ属（*Phragmites*）、タケ亜科

(*Bambusoideae*)、ウシクサ族 (*Andropogoneae*)、キビ族 (*Paniceae*) である。

## 4. 結 果

### 1) ボーリング調査の所見とプラント・オパール分析から見た調査区の堆積状況と環境

ボーリング調査を行った結果、礫や砂が検出される地点や地層が多数確認され、当該調査区は、人為的な畑地造成や自然な土砂の堆積により谷が埋積されてきたと考えられる。

図11は、調査区の南西の角を起点として、調査区を南北方向200m (X (横) 軸)、東西方向200m (Y (縦) 軸) の座標を設定し (上図)、さらに標高を122~129m (Z 軸) として、分析を行った517の土壌の採取箇所 (地層) を3次元座標上に示した (下図) ものである。

図12は、図11に示した座標上に砂や礫が検出された地点を示したものである。上図は細砂~細礫までが検出された箇所、下図は粗砂と細礫のみの箇所である。標高125m~126mは近現代の整地を捉えたものであると考えられる。これより下の標高122~125mの状況に着目すると、谷の中央部分に粗砂や細礫がやや集中していること、細砂~細礫の地層の配置に水平方向の連続性が見られることが確認できる。

図13は、ヨシ属のプラント・オパールの検出状況を同様に3次元座標上に示したものである。上図は検出密度された全ての箇所、下図は土壌1g当たり3,000個以上の密度で検出された箇所を表している。ヨシ属はイネと同様に湿潤な環境を好む植物であることから、この図は湿潤な環境が存在した箇所の分布と見なすことができよう。図13からは、谷の中央から南側 (図では左側) は湿潤な環境が比較的安定して存在したこと、標高の低い早期の段階には谷の北側 (図では右側) にも湿潤な環境が存在したことが推定される。図14はヨシ属よりは乾燥した環境を好むウシクサ族の検出状況 (下図) をヨシ属の検出状況 (上図) とともに示したものである。ヨシ属の検出箇所ではウシクサ族も検出されており、湿地のようなヨシ属が優占するほどの環境は存在しなかったと言える。

また、図12と図13・図14を照合すると、細砂~細礫までの検出箇所とヨシ属の検出箇所は排他的であり、特に粗砂~細礫が検出された箇所からはヨシ属とウシクサ族の検出は極めて少なく、環境を大きく破壊するような谷の埋積が部分的に生じていたと考えられる。

以上の結果から、当該調査区に埋没している稲作に適した場所は、谷の中央から南側と北側の一部に存在したと推定される。また、谷はしばしば、粗砂~細礫によって埋積を受けており、こうした場所は、時間的にも空間的にもある程度限定的に分散して存在した可能性が高いと推定される。

### 2) イネプラント・オパールの検出状況について

採取土壌についてプラント・オパール定量分析を実施した結果、2004年の調査と同様に標高123m~126mの地層からイネやイネと同様の生育環境を好むヨシ属のプラント・オパールが検出された (図15)。わずかであるが、地表や地表下数十cmからイネが検出された地点があるが、これらは、1950年代以前には当該地域でも稲作が行われていたことや現在もわずかであるがイネを栽培していることから、リンゴ畑の敷き藁等に由来するものと考えられる。

図16~図18は、先に述べた谷を横断するように設定した3つのラインそれぞれについて、イネプラント・オパールが検出された地層と検出密度をまとめたものである。全体的には、前回の調査区に続くおよそ50mの範囲で、イネのプラント・オパールが一定の密度で集中して検出されていることが明らかである。それぞれについて見てみると、No.39~No.25のライン (図16) では、No.38とN.37、

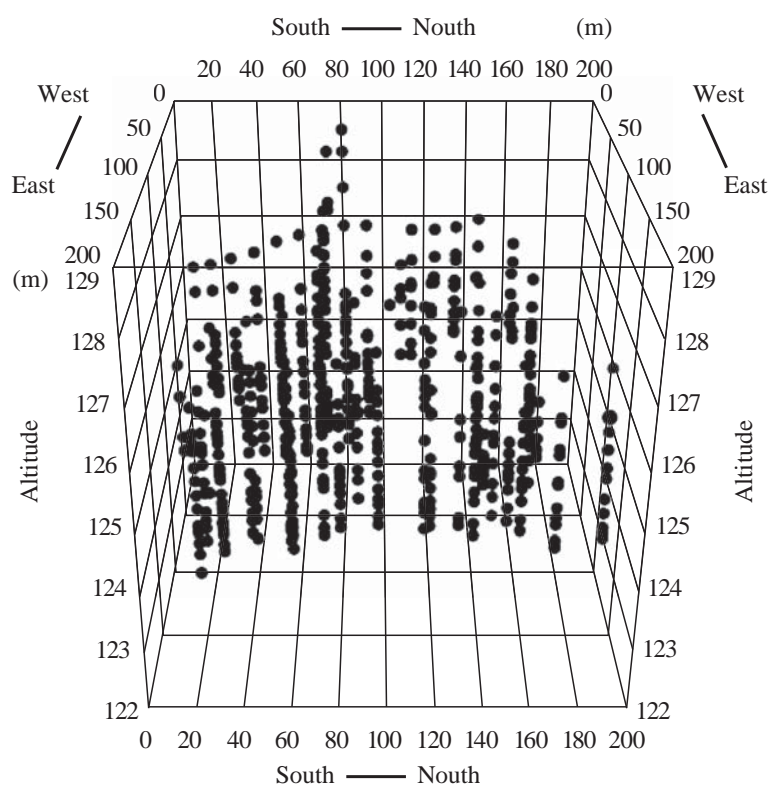
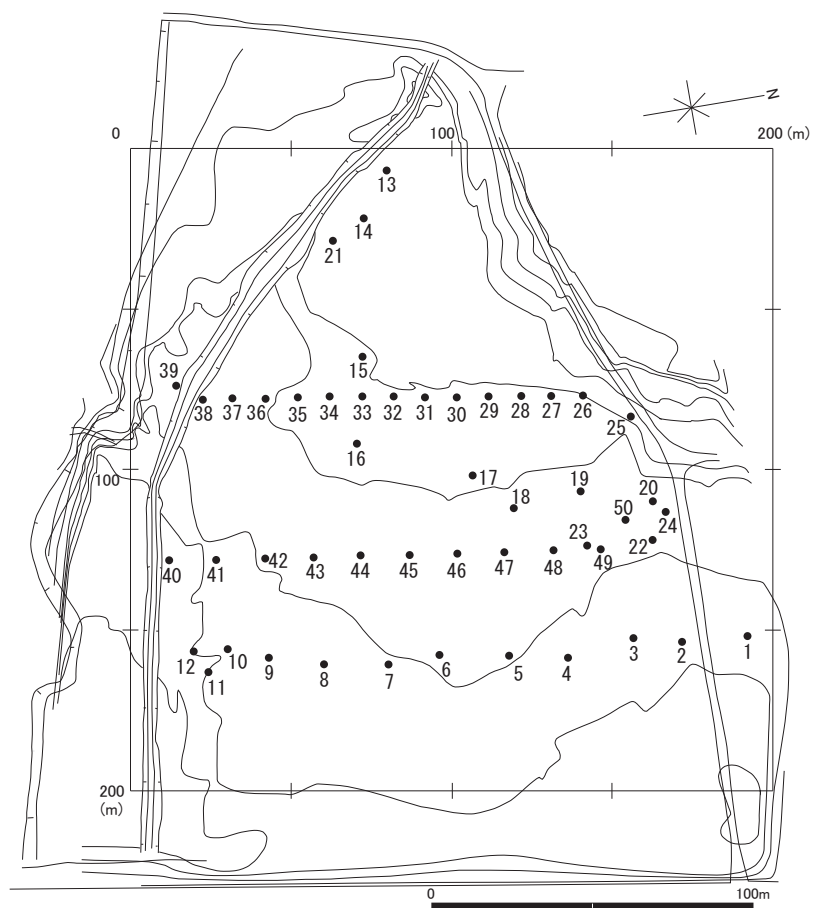


図11 試料採取箇所の3D分布

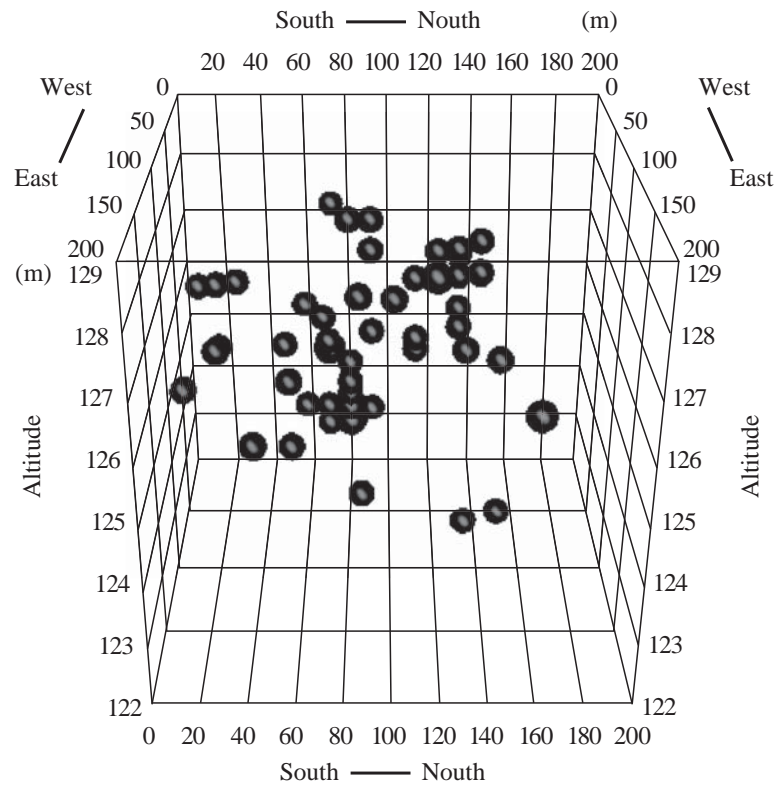
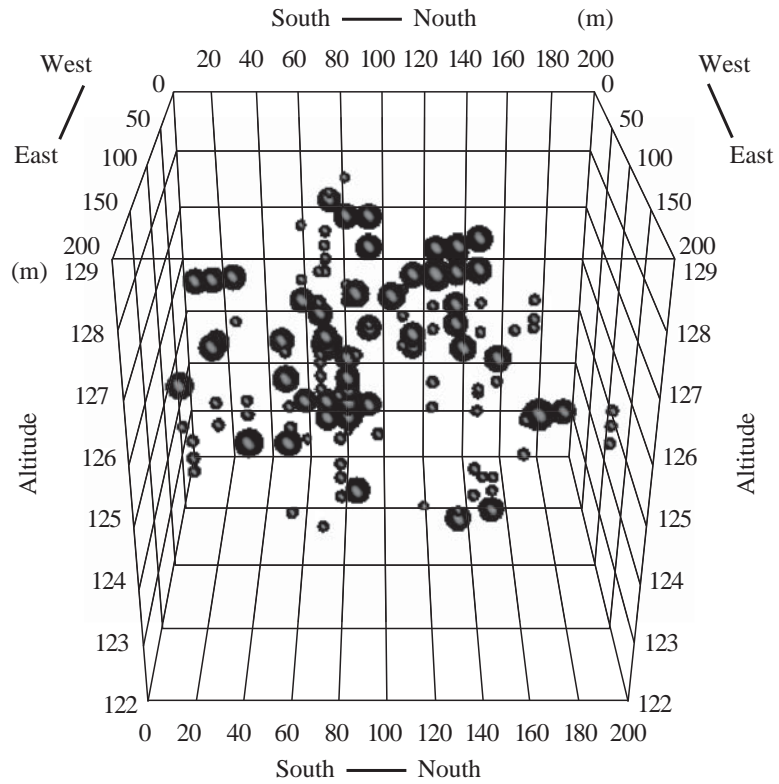


図12 砂および礫の検出箇所の3D分布  
 上：細砂・中砂、粗砂・細礫の検出箇所（●小：細砂・中砂、大：粗砂・細礫）  
 下：粗砂・細礫の検出箇所

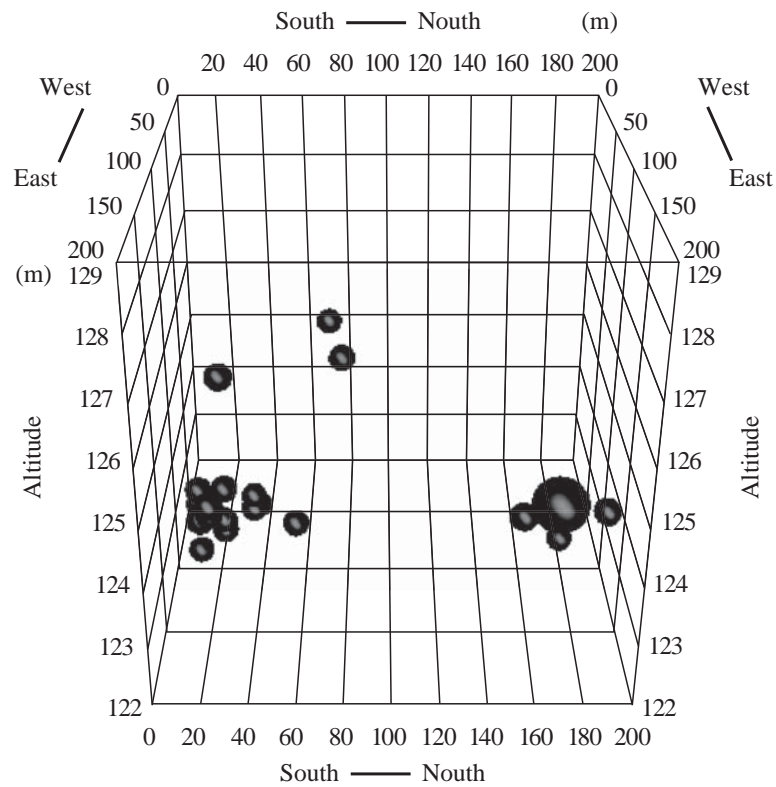
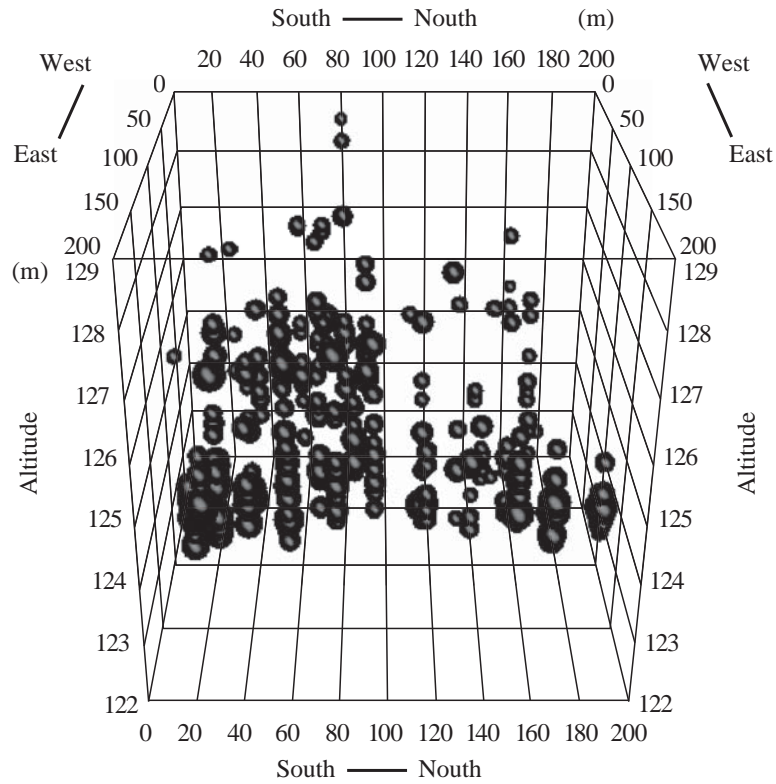


図13 ヨシのプラント・オパール検出箇所の3D分布  
 上：ヨシプラント・オパール (>0) 下：ヨシプラント・オパール (>3,000)



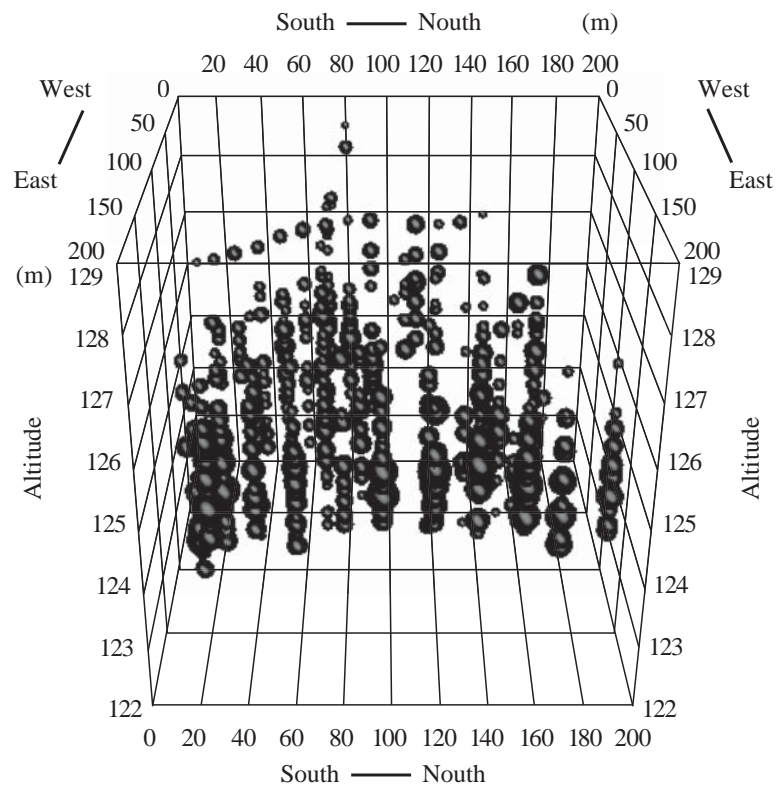
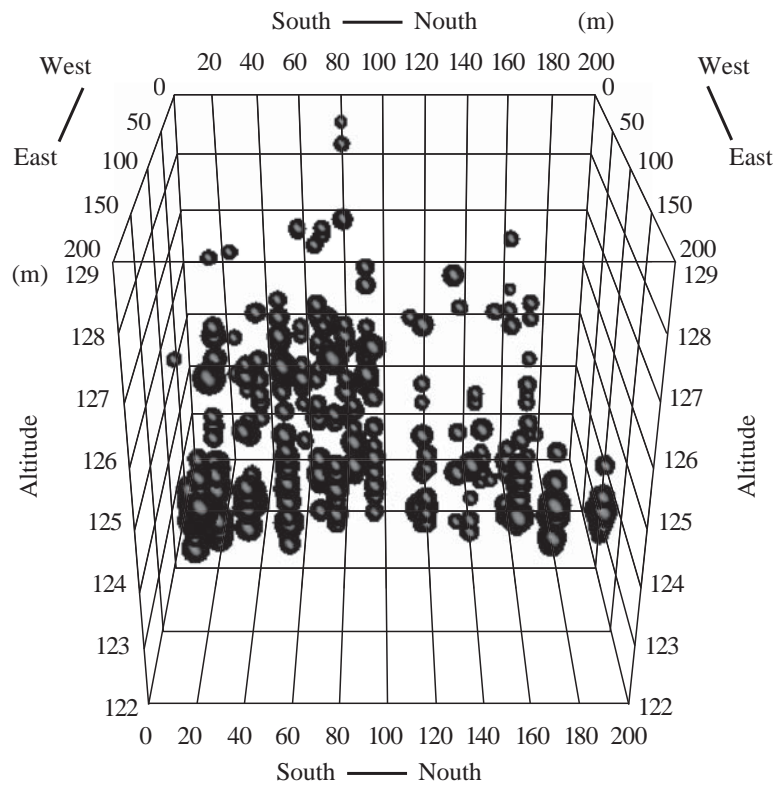
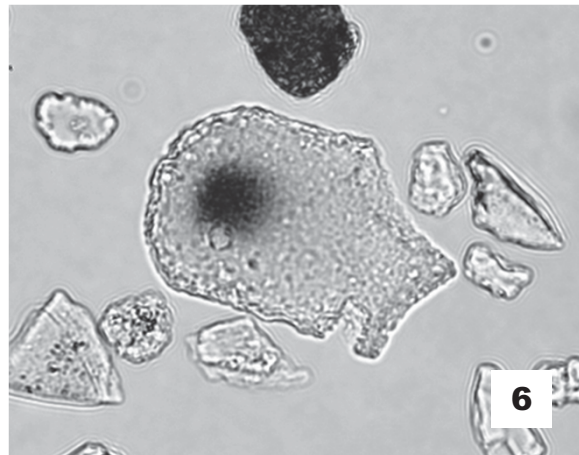
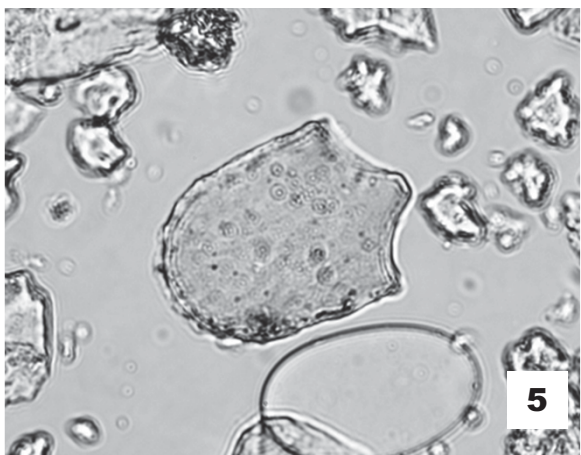
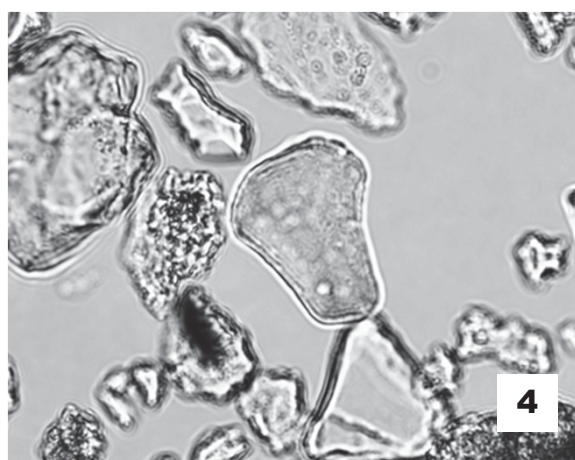
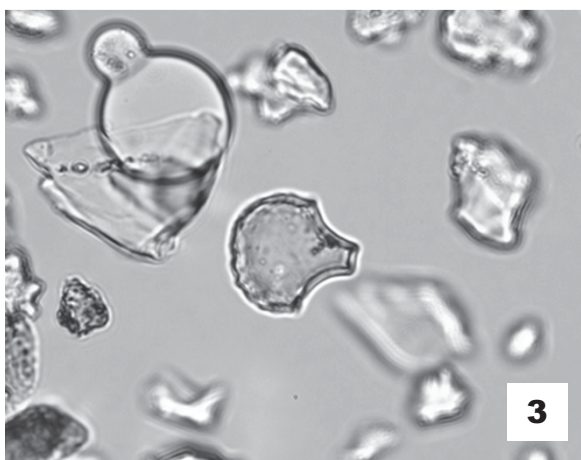
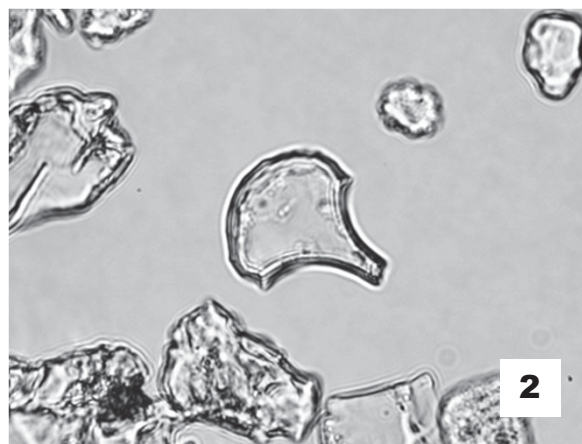
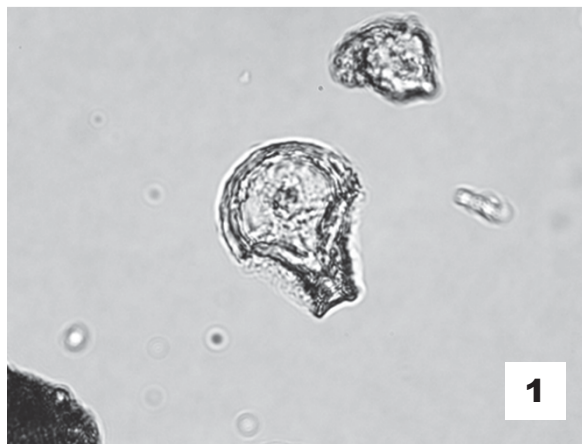


図14 ヨシ（上）とウシクサ族（下）のプラント・オパール検出箇所の3D分布



50μm

図15 検出されたプラント・オパール  
 1～3：イネ (*Oryza sativa* L.)  
 4：ウシクサ族 (*Andropogoneae*)  
 5, 6：ヨシ属 (*Phragmites*)

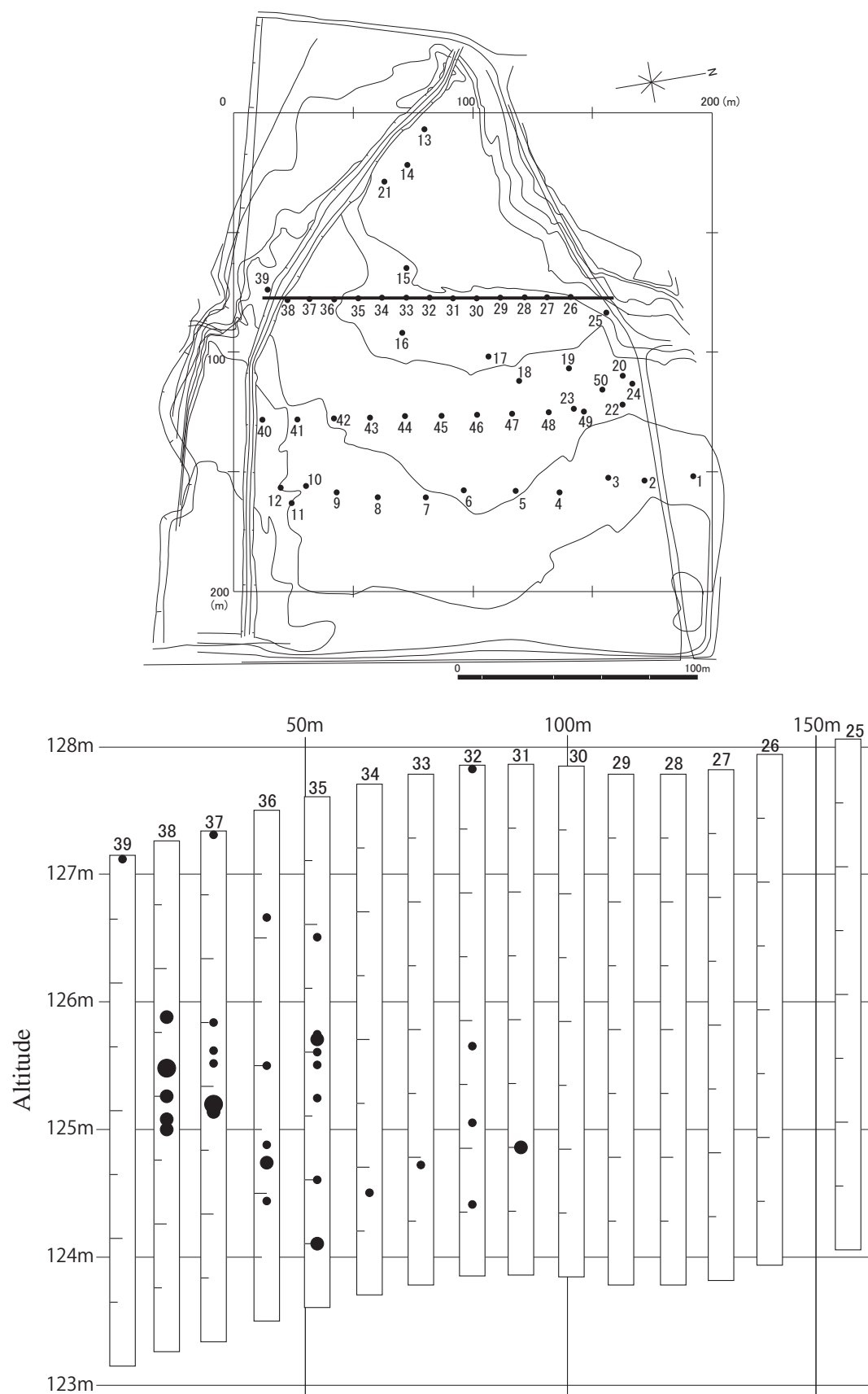


図16 イネプラント・オパール検出箇所の3D分布  
(●：小：1,000未満 中：1,000~3,000 大：3,000以上)

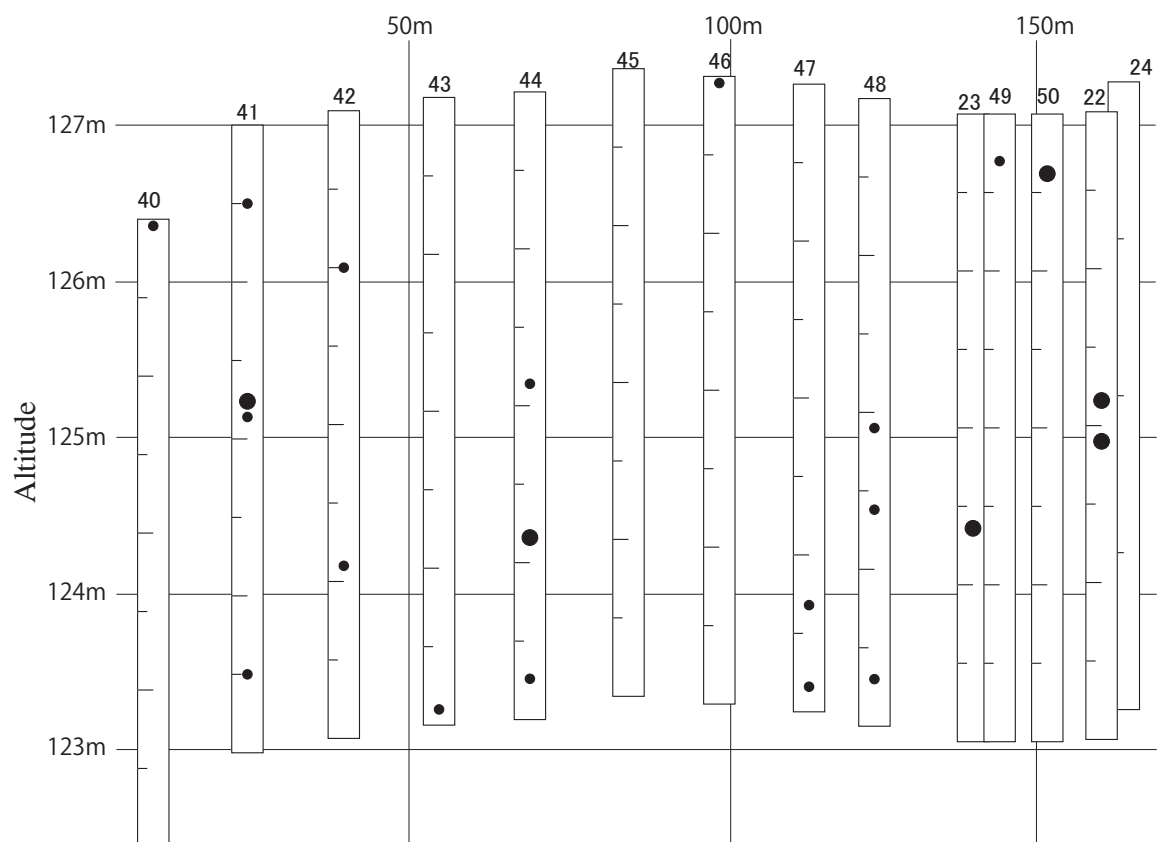
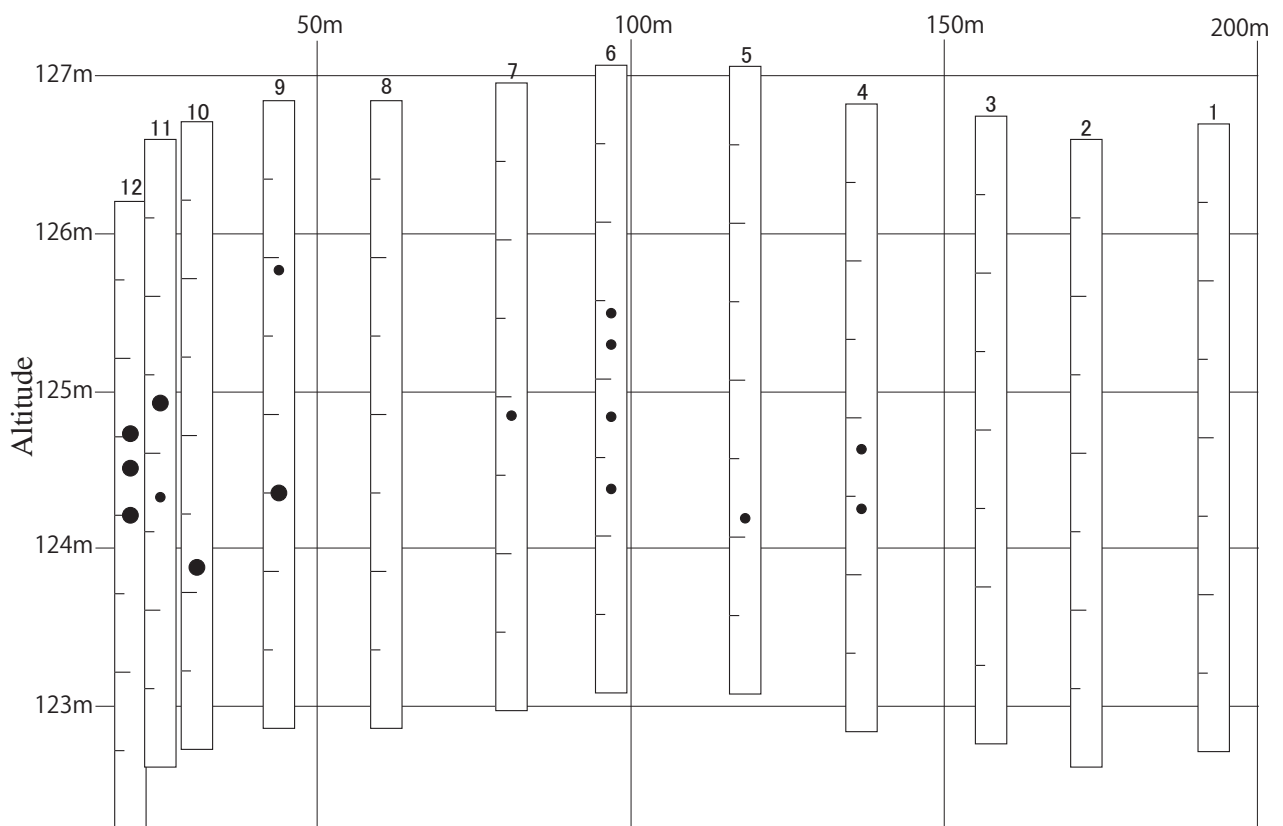
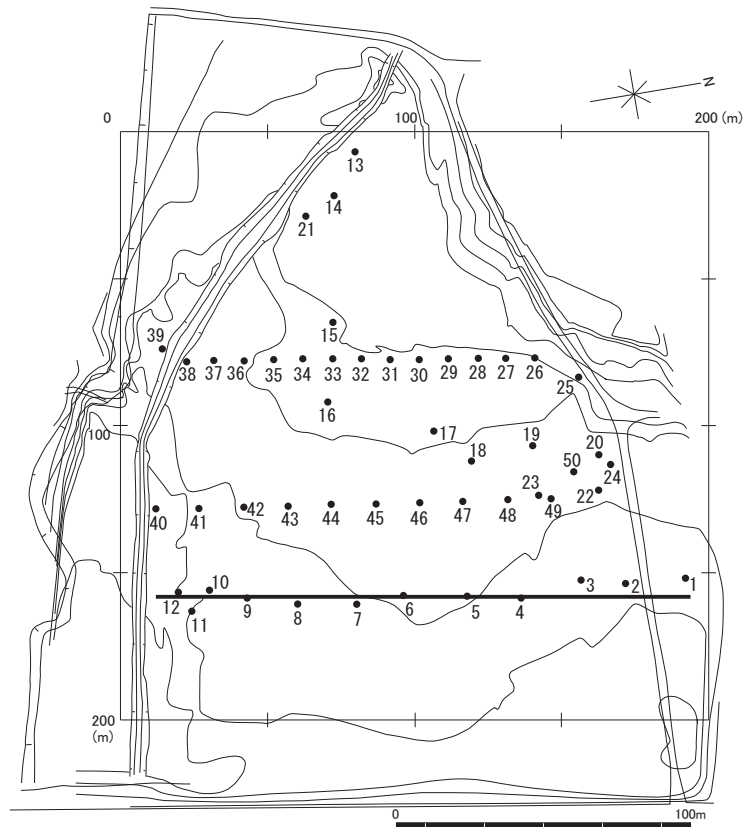


図17 イネプラント・オパール検出箇所の3D分布  
(●：小：1,000未満 中：1,000～3,000)





No.36～No.31でイネプラント・オパールがほぼ水平に検出されている。特に、No.38とNo.37では、検出密度が日本で水田検出の目安とされる3,000～5,000個/gを超える値（表2、表3）を示す地層が水平に分布しており、水田と推定される。また、No.36～No.31についても、検出密度は3,000個/g未満（表4）とそれほど高くはないが、水平な分布から、利用期間の短い水田であった可能性は十分あると言えよう。

No.40～No.24のライン（図17）は、高い検出密度の地層は少ないものの、標高122～123mで水平にイネが検出（No.43とNo.44、No.47とNo.48）されている。また、2004年の調査区から最も離れた谷の対岸側に相当するNo.47～No.24で、イネの存在が確認されている。特に、No.22地点では標高123m以下の地層で比較的高い密度でイネが検出されており、谷の対岸側にも水田が存在した可能性が示唆される。

No.12～No.1のライン（図18）は、No.12～No.9で、イネプラント・オパールが比較的高い密度で検出されている（表1）。特に、No.12～No.10は水平にイネが検出されており、水田である可能性が高い。また、当該ラインでは、検出密度は高くないものの、谷の中央部分に相当するNo.6～No.4ではほぼ水平にイネが検出されており、利用期間が短い水田の存在の可能性が考えられる。

## 5. 考察およびまとめ

### 1) 水田遺構の埋蔵域について

先に述べた図16～図18のイネの検出結果を図11と同じ3次元座標上に示したものが図19である。また、図20はイネの検出状況（上図）とヨシ属の検出状況（下図）を比較したものである。これらを見ると、調査区内に散在する湿潤な環境において、イネが栽培されていたことが推定される。特に、イネプラント・オパールの検出密度と検出された地層の標高の関係に着目すると、図21に示すように、調査区南側において2カ所に水田が埋蔵されている可能性が極めて高いと推定される。また、水田遺構が検出できる可能性は低いものの、先の2カ所に準ずるものとして北側に1カ所、谷の中央部分に4カ所が挙げられる。なお、発掘調査の候補という点では、2004年の調査区と接している調査区南側の2カ所を含む範囲が時代の決定という点でも適していると判断される。

### 2) 水田立地と推定される稲作について

今回の水田遺構探査の結果、No.37およびNo.38など、土壌1g当たり5,000～7,000個の密度でイネプラント・オパールが検出される地点が検出され（表2、表3）、また、それらの地層が水平に堆積していることから、安定した水田による稲作が営まれた箇所が遺跡の近傍に立地していたと推定される。しかし、砂や礫の分布や環境の指標となるプラント・オパールの分布を総合して見ると、水田の広がりには限定的で、利用期間にもバラツキが存在していたことが推定される。

詳細は発掘調査を待つよりないが、現段階では、遺跡の北側の谷が埋積してゆく過程において出現する小さな段丘面などの稲作適地に水田を造成して稲作が営まれていた可能性が高いと考えられる。特に、灌漑水路については、この調査区においては、南側の候補地を除くと、その存在の可能性は低く、水路がなく湧水などを利用した日本の坂元A遺跡<sup>8)</sup>のような水田であった可能性も視野にいれておく必要があると考える。

表 1 プラント・オパール定量分析結果 (No.12)

Soil Layer	Depth (cm)	Alutitude (m)	O.sativa	Phrag.	Bamb.	Andoro.	Pani.
1	0	125.21	0	0	0	2,769	0
2	43	124.78	0	0	0	2,989	0
3	60	124.61	0	0	0	2,941	0
4	72	124.49	0	0	0	2,930	0
5	100	124.21	0	0	0	0	0
6	122	123.99	0	0	0	1,960	0
7	147	123.74	1,797	3,594	0	9,883	0
8	170	123.51	4,237	3,390	0	3,390	0
9	200	123.21	1,698	4,245	12,734	0	0
10	211	123.10	0	1,830	0	10,979	0
11	230	122.91	0	979	0	16,647	979
12	250	122.71	0	3,166	0	3,166	0
13	283	122.38	0	0	0	4,012	0

(個/g)

表 2 プラント・オパール定量分析結果 (No.37)

Soil Layer	Depth (cm)	Alutitude (m)	O.sativa	Phrag.	Bamb.	Andoro.	Pani.
1	0	126.35	603	603	0	2,411	0
2	50	125.85	0	0	0	0	0
3	128	125.07	0	0	0	2,450	0
4	150	124.85	688	688	0	2,065	0
5	171	124.64	900	0	0	1,799	0
6	181	124.54	975	0	0	2,924	0
7	190	124.45	0	0	0	1,169	0
8	214	124.21	7,295	912	0	3,647	0
9	220	124.15	1,763	0	0	588	0
10	227	124.08	0	0	0	0	0
11	250	123.85	0	0	0	0	0

(個/g)

表 3 プラント・オパール定量分析結果 (No.38)

Soil Layer	Depth (cm)	Alutitude (m)	O.sativa	Phrag.	Bamb.	Andoro.	Pani.
1	0	126.26	0	688	0	1,376	0
2	45	125.81	0	0	0	0	0
3	122	125.04	0	1,473	0	2,947	0
4	137	124.89	1,392	2,784	0	2,088	0
5	155	124.71	0	0	0	0	0
6	178	124.48	5,911	2,217	0	1,478	0
7	200	124.26	2,778	694	0	1,389	0
8	217	124.09	4,321	0	0	1,728	0
9	226	124.00	1,733	0	0	0	0

(個/g)

表 4 プラント・オパール定量分析結果 (No.36)

Soil Layer	Depth (cm)	Alutitude (m)	O.sativa	Phrag.	Bamb.	Andoro.	Pani.
1	0	126.45	0	0	0	1,775	0
2	66	125.79	0	0	0	991	0
3	83	125.62	549	0	0	1,099	0
4	115	125.30	0	1,618	0	3,236	0
5	200	124.45	640	1,279	0	3,198	0
6	220	124.25	0	0	892	892	0
7	234	124.11	0	1,542	0	2,312	0
8	261	123.84	552	1,104	0	1,104	0
9	275	123.70	2,766	1,383	0	1,383	0
10	306	123.39	961	961	0	961	0
11	330	123.15	0	0	0	2,621	0
12	355	122.90	0	0	0	3,454	0

(個/g)

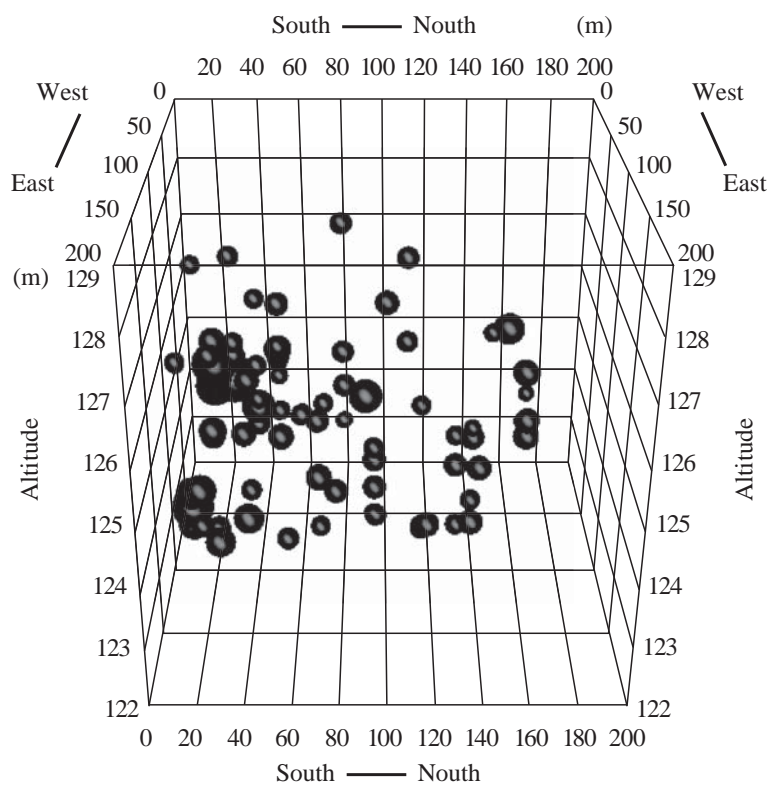
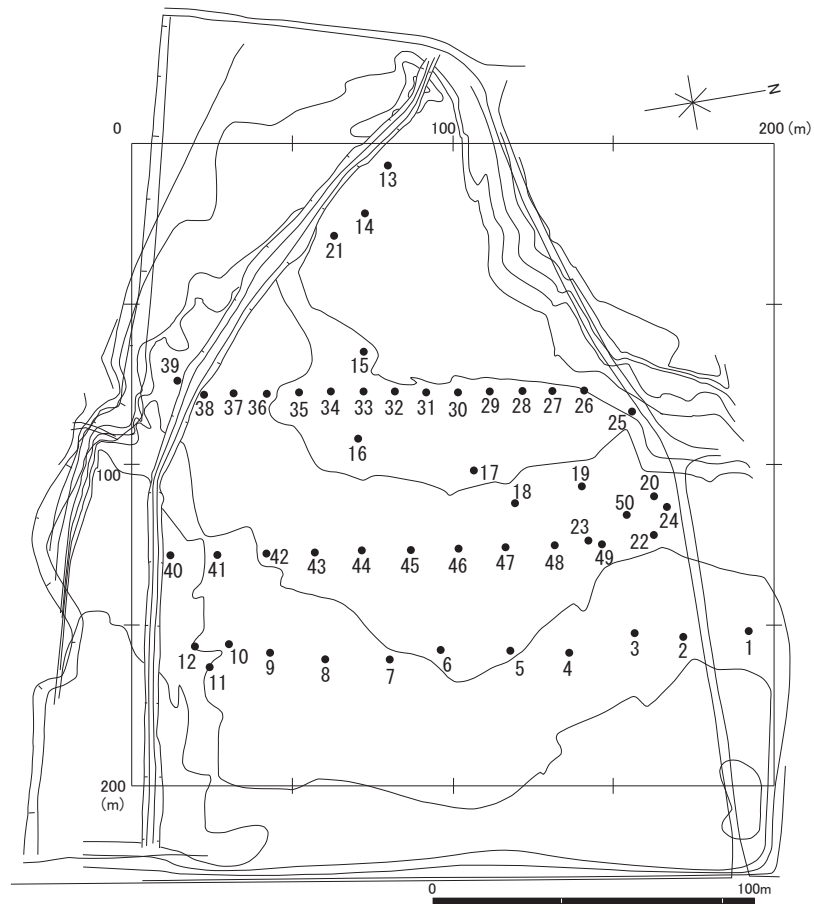


図19 イネプラント・オパール検出箇所の3D分布

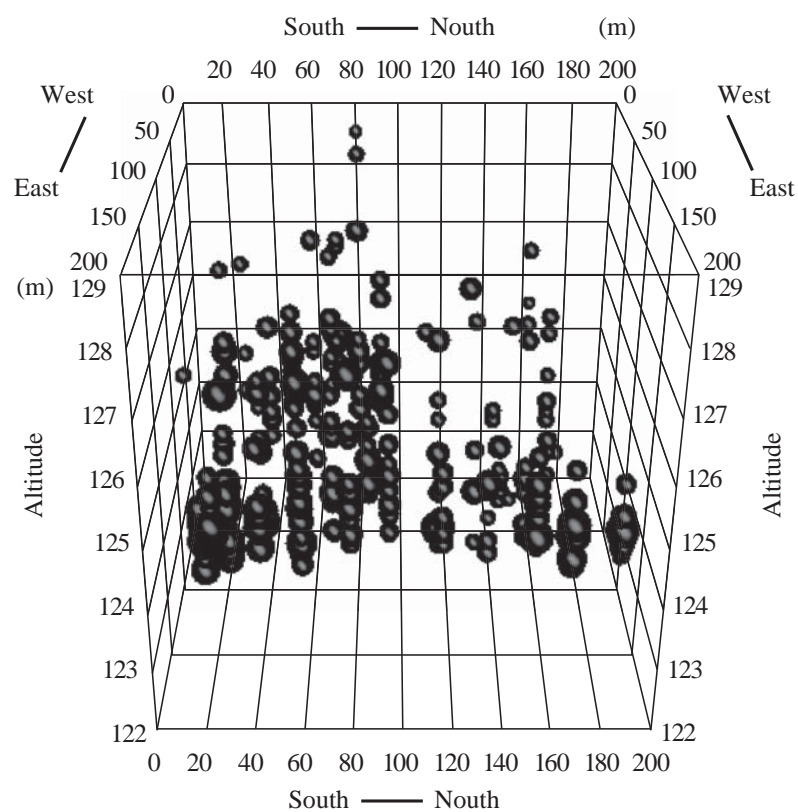
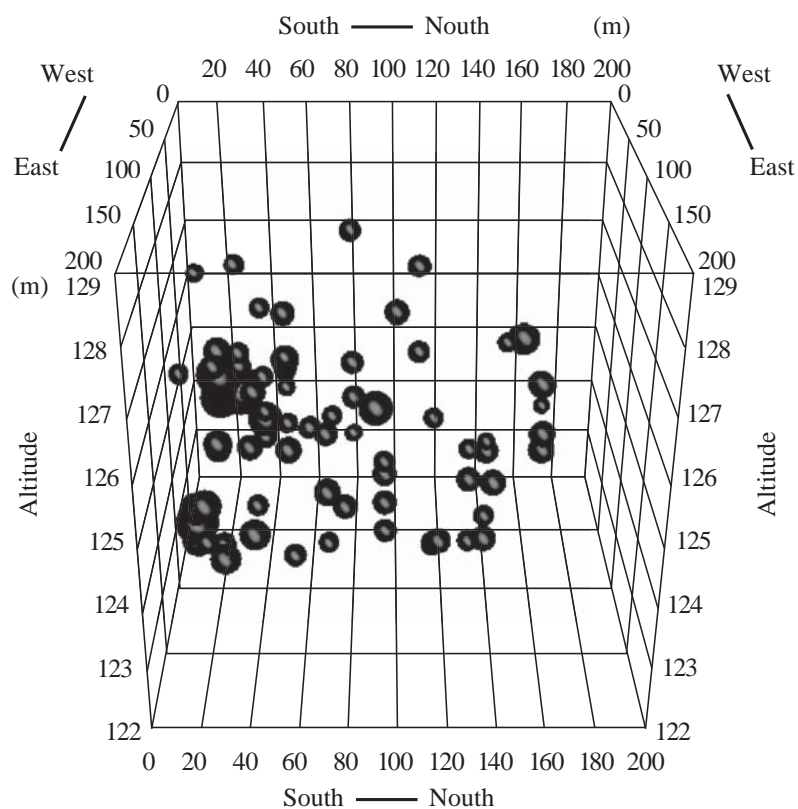


図20 イネ（上）とヨシ属（下）のプラント・オパール検出箇所の3D分布



図21 水田遺構の推定埋蔵域

#### 【引用文献】

- 1) 山東省文物考古研究所, 北京大学考古実習隊:「山東棲霞楊家圈遺址発掘簡報」, 史前研究1984年第3期, 1984
- 2) 宇田津徹朗, 王 才林, 柳沢一男, 佐々木章, 鄒 江石, 湯 陵華, 藤原宏志: 中国・草鞋山遺跡における古代水田址調査(第1報) - 遺跡周辺部における水田址探査 -, 日本文化財科学会誌, 第30号: 23-36, 1994
- 3) 王 才林, 宇田津徹朗, 藤原宏志, 佐々木章, 湯 陵華, 藤原宏志: 中国・草鞋山遺跡における古代水田址調査(第2報) - 遺跡土壌におけるプラント・オパール分析 -, 日本文化財科学会誌, 第30号: 37-52, 1994
- 4) 宇田津徹朗, 湯陵華, 王才林, 鄭雲飛, 佐々木章, 柳沢一男, 藤原宏志: 中国・草鞋山遺跡における古代水田址調査(第3報) - 広域ボーリング調査による水田遺構分布の推定 -, 日本文化財科学会誌 43: 51-66, 2002
- 5) 藤原宏志: プラント・オパール分析法の基礎的研究(3) - 福岡・板付遺跡(夜臼期)水田および群馬・日高遺跡(弥生時代)水田におけるイネ(*O.sativa*L.)生産総量の推定 -, 日本文化財科学会誌, 第12号: 29-42, 1979
- 6) 樂豊実, 靳桂云, 王富強, 宮本一夫, 宇田津徹朗, 田崎博之:「山東栖霞楊家圈遺址稲作遺存的調査和初步研究」, 考古, 2007年第12期: 78-84, 2007
- 7) 宮本一夫 編:「日本水稻農耕の起源地に関する総合的研究」, 九州大学大学院人文科学研究院考古学研究室, PP133, 2008



- 8) 宮崎県都城市教育委員会 「横市地区遺跡群 馬渡遺跡（第2次調査）・坂元 A 遺跡」 都城市文化財調査報告書第55集 pp25, 2001
- 9) 藤原宏志, 杉山真二: プラント・オパール分析法の基礎的研究 (5) - プラント・オパール分析による水田遺構の探査 -, 日本文化財科学会誌, 第17号, P73-8, 1984
- 10) 宮本一夫: 「農耕の起源を探る イネの来た道」, 吉川弘文館, PP254, 2009
- 11) 宇田津徹朗: 「プラント・オパール分析」, 『環境考古学マニュアル』松井章 編, 同成社: 138-146, 2003