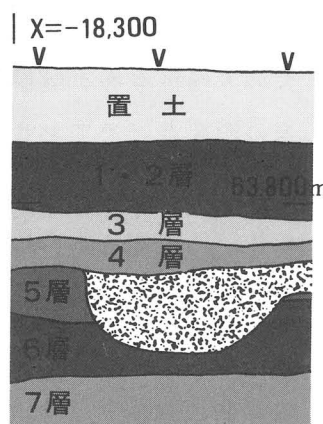


Ⅲ 出土試料の理化学的分析

1 第216次調査におけるプラント・オパール分析結果について

1991年3月5日に採取した試料の分析結果を、図87、表17・18で示す。

資料の採取地点は調査区北壁の東端から約11mの位置にあたる。層序は、上から整備の置土、旧耕土（1層）、床土1（2層）、床土2（3層）、奈良時代の遺物包含層（4層）、奈良時代整地土（5層）、古墳・弥生時代の遺物包含層（6層）、弥生時代遺物包含層（7層）である（図86）。6層と7層の境界には幅10cm、高さ5cm



ほどの部分的な高まりがみられる。最初に、図87で示したグラフについて、簡単に説明しておく。

1) layers : 試料採取地点の土層模式図。グラフ中央部 () 内の数字は土層番号。その左に示した小数字は、表層からの深さをcmで表わしたものの。

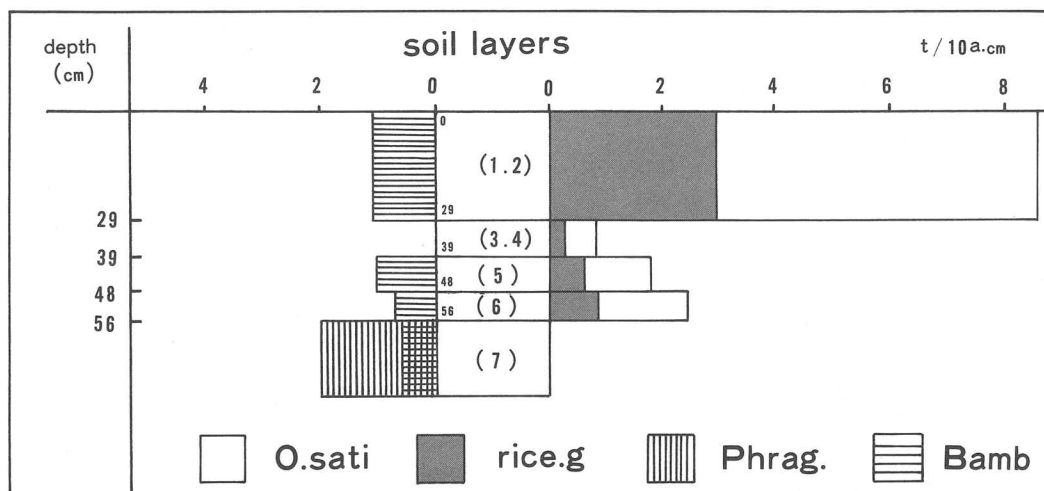


図87 プラント・オパール定量分析図

2) O. sati. : Oryza sativa. 栽培稲の地上部乾物重。

rice. g : Oryza sativa の穎果（粃）乾物重。

Phrag. : Phragmites communis. ヨシの地上部乾物重。

Bamb. : Bambaceae. タケ亜科の地上部乾物重。

各植物体重は、それぞれの植物により異なる珪酸体密度係数と、土壌中から検出された各植物に由来するプラント・オパールをもとに算出されたものである。

3) 土柱模式図の右側に栽培植物、同左側に野・雑草を示している。単位 t / 10a・cmはその土層の厚さ 1 cm、面積10a（1000 m²）に包含されるプラント・オパールの数から推定した各植物の乾物重を t（トン）で表わしたものである。たとえば、その土壌が10cmの厚みであると、グラフで表わされた値に10を乗じた量の植物体が堆積期間中に生産されたことになる。生産量が年間生産量でないことに注意されたい。

4) 水田址が埋蔵されている土層では O. sati. の値がピークを形成する場合が多い。土層の堆積状況により一概にいえないが、水田址の層位はこのピークと一致するのが通例である。

5) Phrag.（ヨシ）、Bamb.（タケ）の乾物重変遷はその地点における土壌水分分布状況の時代的変遷を知るうえに役立つ。ヨシは比較的水分の多い湿った環境に生育し、タケ（ササ）は比較的乾燥した環境下で繁茂する。両者の消長をみると、その地点の乾湿変化を推定できる。

表17 プラント・オパール定量分析結果

層名	植 物 体 乾 重 (t / 10a・cm)						
	イネ (O.sati.)	イネ粃 (rice.g.)	キビ族 (Pani.)	キビ族種実 (Pani.seed)	ヨシ (Phrag.)	タケ亜科 (Bamb.)	ウシクサ族 (Andoro.)
1・2	8.582	3.007	43.529	19.766	0.000	1.090	1.609
3・4	0.836	0.293	3.470	1.576	0.000	0.000	0.353
5	1.814	0.636	15.056	6.837	0.000	1.037	1.148
6	2.492	0.873	2.585	1.174	0.000	0.712	1.576
7	0.000	0.000	0.000	0.000	1.984	0.550	0.000

このグラフと、今回行なった定量分析（表17）、ならびにそれに基づく生産量推定（表18）の結果、以下のコメントができる。

(1) 1・2層および6層にイネ（*Oryza sativa*）の生産総量のピークが認められる。1・2層は近年のイネ生産によるものであるが、6層のピークは先史時代の稲作によるものと考えられる。

先史時代水田の年間籾収量を100kg/10aと仮定すると、6層で生産された稲籾生産総量は約7t/10aと推定されることから、6層が生産面として利用された期間は約70年と推定される。ただし、この試算は当時の収穫が穂首刈であったことを前提にしている。

(2) 7層からヨシ（*Phragmites*）が検出され、7層堆積時の環境がやや湿潤だったことを示唆しているが、その後はイネの出現とともにタケ類が増え、乾燥化の様相を示している。このような傾向は他の遺跡でも一般的に認められる現象であり、水田稲作の開始により水管理が行なわれた結果と考えられる。

(3) 分析結果からみるかぎり、5層でも比較的短時間ではあるが、稲作が行なわれた可能性が高いと判断される。

（宮崎大学農学部 藤原宏志）

表18 プラント・オパール分析による生産量推定結果

層名	深さ (cm)	層厚 (cm)	GB数/g	植物名	PO/GB	PO数/g	仮比重	PO数/cc	地上部乾重 (t/10a・cm)	種実重 (t/10a・cm)	種実生産総量 (t/10a)
1・2	0	29	299491	イネ	9/129	20895	1.397	29192	8.582	3.007	87.197
				キビ族	11	25538		35679	11.000	19.766	573.221
				ヨシ	0	0		0	0.000		
				タケ	7	16251		22705	1.090		
				ススキ	4	9287		12974	1.609		
3・4	29	10	299431	イネ	1/178	1682	1.691	2844	0.836	0.293	2.929
				キビ族	1	1682		2844	1.000	1.576	15.755
				ヨシ	0	0		0	0.000		
				タケ	0	0		0	0.000		
				ススキ	1	1682		2844	0.353		
5	39	9	303982	イネ	2/129	4713	1.309	6171	1.814	0.636	5.720
				キビ族	4	9428		12341	4.000	6.837	61.533
				ヨシ	0	0		0	0.000		
				タケ	7	16495		21597	1.037		
				ススキ	3	7069		9256	1.148		
6	48	8	298583	イネ	4/226	5285	1.604	8476	2.492	0.873	6.984
				キビ族	1	1321		2119	1.000	1.174	9.391
				ヨシ	0	0		0	0.000		
				タケ	7	9248		14832	0.712		
				ススキ	6	7927		12713	1.576		
7	56	.....	354354	イネ	0/174	0	1.406	0	0.000	0.000	.....
				キビ族	0	0		0	0.000	0.000	.....
				ヨシ	1	2037		2863	1.984		
				タケ	4	8146		11453	0.550		
				ススキ	0	0		0	0.000		

2 西隆寺跡から出土した土器に残存する脂肪の分析

動植物を構成している主要な生体成分はタンパク質、糖質（炭水化物）および脂質（脂肪・油脂）がある。これらの生体成分は環境の変化に対して不安定で、長期間地中に埋蔵されると圧力、水分などの物理的作用を受けて崩壊してゆくだけでなく、土の中に住んでいる微生物による生物的作用によっても分解してゆく。これまで生体成分を構成している有機質が完全な状態で遺存するのは、地下水位の高い低地遺跡、泥炭遺跡、貝塚などごく限られた場所にすぎないと考えられてきた。

最近、ドイツ新石器時代後期にバター脂肪が存在していたこと⁽¹⁾、古代遺跡から出土した約2千年前のトゥモロコシ種子⁽²⁾、約5千年前のハーゼルナッツ種子⁽³⁾に残存する脂肪の脂肪酸は安定した状態に保持されていることがわかった。このように脂質は微量ながら比較的安定した状態で千年・万年という長い年月を経過しても変化しないで遺存することが判明した⁽⁴⁾。

脂質とは、有機溶媒に溶けて、水に溶けない成分を指している。脂質はさらに構造的な違いによって誘導脂質、単純脂質、および複合脂質に大別される。これらの脂質を構成している主要なクラス（種）が脂肪酸であり、その種類、含量ともに脂質中では最も多い。脂肪酸には炭素の鎖がまっすぐに延びた飽和型と鎖の途中に二重結合をもつ不飽和型がある。動物は炭素数の多い飽和型の脂肪酸、植物は不飽和型の脂肪酸を多く持ち、さらに動植物の種ごとに固有の脂肪酸を持っている。ステロールについても、動物性のものはコレステロール、植物性のものはシトステロール、また、微生物はエルゴステロールというように動植物に固有の特徴がある。従って出土遺物の脂質の種類、およびそれらを構成している脂肪酸とステロールの組成と現生動植物のそれとを比較することによって、目に見える形では遺存しない原始古代の動植物を判定することが可能である。

この「残存脂肪分析法」を腐朽分解の進んだ、考古学的実証の困難な遺跡の解明に適用し、出土遺物に残存する脂肪を分析することによって、西隆寺跡から出土した土器の性格を解明しようとした。

1 土壤試料 (図88)

西隆寺は奈良時代に造営されたもので、その寺院の回廊の北東の隅から甕が出土した。甕内底部からは錢5点が底にほぼ接した状態で見つかっており（本書108頁図62・63）、この甕は胞衣壺と推定されている。遺構内での土壤試料採取地点を図88に示す。甕の外側の土で甕の底に接した部分のものを試料No. 1、同じく甕の外側の土で甕の側面に接した部分のものを試料No. 2、甕の外側の土で試料No. 2から少し離れた部分のものを試料No. 3、甕の内部の土で底からやや離れた部分のものを試料No. 4とNo. 5、甕の内部の土で錢に接した底の部分のものを試料No. 6とした。

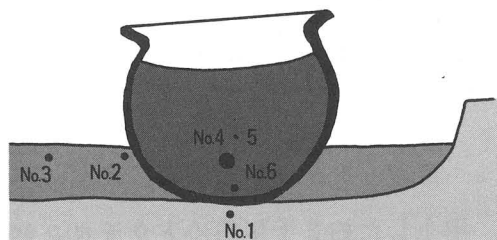


図88 土壤試料採取地点

2 残存脂肪の抽出 (表19)

土壤試料15~415gに3倍量のクロロホルム-メタノール(2:1)混液を加え、超音波浴槽中で30分間処理し残存脂肪を抽出した。処理液を濾過後、残渣に再度クロロホルム-メタノール混液を加え、再び30分間超音波処理をする。この操作をさらに2回繰り返して残存脂肪を抽出した。得られた全抽出溶媒に1%塩化バリウムを全抽出溶媒の4分の1容量加え、クロロホルム層と水層に分配し、下層のクロロホルム層を濃縮して残存脂肪を分離した。

残存脂肪の抽出量を表19に示す。抽出率は0.0007~0.0786%、平均0.0230%であった。この値は出土土器を胞衣壺と判定した平城京左京(外京)五条五坊十坪から出土した胞衣壺内土壤試料の平均抽出率0.0199%⁽⁵⁾とほぼ同率で、古墳時代の

表19 土壤試料の残存脂肪抽出量

試料No.	試料名	湿重量 (g)	全脂質 (mg)	抽出率 (%)
1	甕の外側の土 (下の土)	415.5	2.9	0.0007
2	甕の外側の土 (接した土)	229.6	2.1	0.0009
3	甕の外側の土 (離れた土)	326.5	4.9	0.0015
4	甕の内部の土 (底からやや遠い土)	124.1	14.7	0.0118
5	No. 4 と 同じ	43.2	19.2	0.0445
6	甕の内部の土 (底の土)	14.5	11.4	0.0786

胞衣壺と判定した平城京右京三条三坊一坪から出土した土師器試料の0.0039%⁽⁶⁾、出土土器を胞衣壺と判定した岡山県津寺遺跡から出土した土器および土壌試料の0.0028%⁽⁷⁾、出土土器を胞衣壺もしくは骨壺と判定した宮城県郷楽遺跡から出土した土器試料の0.0013%、土器内土壌試料の0.0062%⁽⁸⁾よりは高いものであった。

残存脂肪をケイ酸薄層クロマトグラフィーで分析した結果、脂肪は単純脂肪から構成され、遊離脂肪酸が最も多く、次いでグリセロールと脂肪の結合したトリグリセリド、ステロールエステル、ステロールの順に多く、微量の長鎖炭化水素も存在していた。

3 残存脂肪の脂肪酸組成 (図89)

分離した残存脂肪に5%メタノール性塩酸を加え、125°C封管中で2時間分解し、メタノール分解によって生成した脂肪酸メチルエステルをクロロホルムで分離し、ヘキサノール-エチルエーテル酢酸(80:30:1)またはヘキサノール-エーテル(85:15)を展開溶媒とするケイ酸薄層クロマトグラフィーで精製後、ガスクロマトグラフィーで分析した⁽⁹⁾。

残存脂肪の脂肪酸組成を図89に示す。残存脂肪から11種類の脂肪酸を検出した。このうちパルミチン酸(C16:0)、パルミトレイン酸(C16:1)、ステアリン酸(C18:0)、オレイン酸(C18:1)、リノール酸(C18:2)、アラキジン酸(C20:0)、エイコサモノエン酸(C20:1)、ベヘン酸(C22:0)、エルシン酸(C22:1)、リグノセリン酸(C24:0)の10種類の脂肪酸をガスクロマトグラフィー-質量分析により同定した。

6試料中、甕外試料である試料No.1~No.3と甕内試料である試料No.4~No.6は明らかな相違を示した。

試料No.1からNo.3はほぼ同じで、中級脂肪酸のパルミチン酸が約52~59%と最も多く、次いでパルミトレイン酸、ステアリン酸、オレイン酸の順に分布していた。これは植物腐植に多く由来する脂肪酸組成パターンを示している。一般に考古遺物にはパルミチン酸の分布割合が高い。これは長い年月の間にオレイン酸、リノール酸といった不飽和脂肪酸の一部が酸化されてパルミチン酸を生成するた

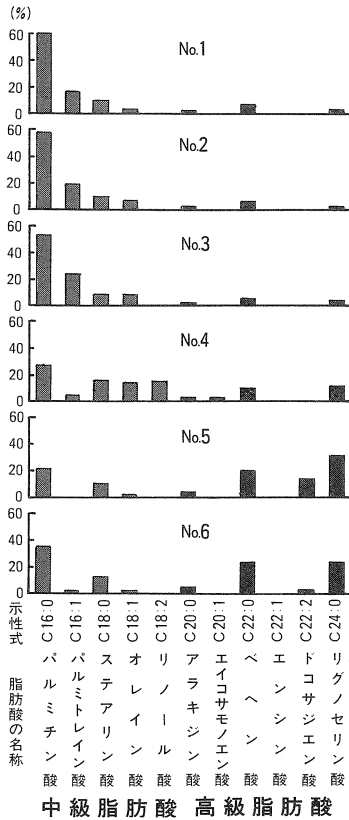


図89 残存脂肪の脂肪酸組成

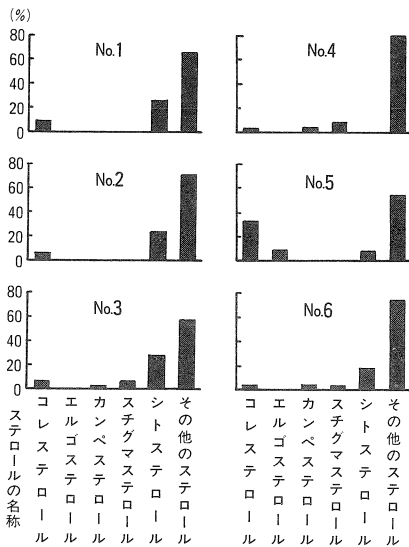


図90 残存脂肪のステロール組成

めで、主として植物遺体の土壌化に伴う腐植物から来ていると推定される。また高等動物、特に臓器、脳、神経組織、血液、胎盤に特徴的にみられるベヘン酸、リグノセリン酸などの高級脂肪酸は試料No. 1 ~ No. 3 で約 8 ~ 10% と比較的少なかった。

試料No. 4 からNo. 6 は動物性脂肪が残存していることを示唆する脂肪酸組成パターンであった。試料No. 4 は他の試料No. 5、No. 6 とは多少異なる脂肪酸組成パターンを示した。最も多く分布していたのはパルミチン酸で約27%、次いでステアリン酸、オレイン酸、リノール酸がほぼ同程度分布していた。ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸の分布割合は植物脂質にはない脂肪酸パターンで、血液成分に近いと考えられる。高級脂肪酸であるベヘン酸、リグノセリン酸は各々10%前後分布していた。試料No. 5 とNo. 6 はほぼ同じで、典型的な動物性脂肪が残存する谷状の脂肪酸組成パターンを示した。特にベヘン酸、リグノセリン酸などの高級脂肪酸の含量は両者の合計で約45~50%という高いものであった。しかしNo. 5 とNo. 6 では高級脂肪酸に少し違いがあり、No. 5 はドコサジエン酸を多く含んでいた。

以上のことから甕内の土壌試料には動物性遺体が残存していた可能性が高い。

4 残存脂肪のステロール組成 (図90・表20)

残存脂肪のステロールをヘキサノーエチルエ

ーテル酢酸（80：30：1）を展開溶媒とするケイ酸薄層クロマトグラフィーで分離・精製後、ピリジン-無水酢酸（1：1）を窒素気流下で反応させてアセテート誘導体にしてからガスクロマトグラフィーにより分析した。残存脂肪の主なステロール組成を図90に示す。残存脂肪から5～26種類のステロールを検出した。このうちコレステロール、エルゴステロール、カンペステロール、スチグマステロール、シトステロールなど7種類のステロールをガスクロマトグラフィー-質量分析により同定した。

各試料中のステロール組成をみると、動物由来のコレステロールは試料No. 1～No. 4とNo. 6の試料で約2～8%分布していた。通常一般的な植物腐植土中にはコレステロールは4～8%含まれている。試料No. 5ではコレステロールは約32%という高率で分布していた。植物由来のシトステロールは試料No. 1からNo. 3では約24～28%分布し、試料No. 5で約7%、No. 6で約17%分布していた。しかし、試料No. 4では全く検出されず、コレステロール以外のその他のステロールが約90%近くを占めていた。その他のステロールの大部分は動物性ステロールと推定される。現在更に検討を加えているところである。

土壌試料のコレステロール（動物質）とシトステロール（植物質）の分布比を表20に示す。一般に動物遺体の存在を示唆するコレステロールとシトステロールの分布比の指標値は土壌で0.6以上、土器・石器・石製品で0.8～23.5をとる。⁽¹⁰⁾^(11・12) 試料No. 1からNo. 3ではその値が0.2～0.3で動物遺体の存在を示唆するものではなかった。試料No. 5はその値が38.5という非常に高いものであった。試料No. 6は甕内底部土壌であるにもかかわらず分布比が0.2と低く、動物性脂肪の存在を示す脂肪酸の結果とは一致しなかった。これは試料No. 6が銭のあった底の部分の土壌で、その上面の試料No. 4、

No. 5との間に粘土層があるので、その影響があるのかもしれない。

表20 試料に分布するコレステロールとシトステロールの割合

試料 No.	コレステロール(%)	シトステロール(%)	コレステロール/シトステロール
1	8.05	26.08	0.31
2	5.51	23.99	0.23
3	6.30	28.32	0.22
4	2.10	—	—
5	31.59	6.91	38.50
6	3.35	16.99	0.20

5 脂肪酸組成の数理解析 (図91)

残存脂肪の脂肪酸組成をパターン化し、重回帰分析により各試料間の相関係数を求め、この相関係数を基礎にしてクラスター分析を行なって各試料間の類似度を調べた。同時に平城京左京（外京）五条五坊十坪から出土した胞衣壺試料、平城京右京三条三坊一坪から出土した土師器試料および人間の胎盤試料に残存する脂肪酸の類似度とも比較した。

各試料間の脂肪酸組成の類似度をパターン間距離にして表した樹状構造図を図91に示す。試料No. 1、No. 2、

No. 3と平城京右京三条三坊一坪から出土した土師器壺試料は相関行列距離が0.2以内でA群を形成した。試料No. 4は人間の胎盤試料、平城京左京（外京）五条五坊十坪から出土した胞衣壺および胞衣壺内底部土壌試料とともに相関行列距離0.2以内でB群を形成した。試料No. 5とNo. 6は同じく相関行列距離0.2以内でC群を形成した。このことから試料No. 4採取位置に胎盤様のものが存在していた可能性がある。従って、出土土器試料は胎盤を埋納していた胞衣壺である可能性が高い。

6 脂肪酸組成による種特異性相関 (図92)

残存脂肪の脂肪酸組成から種を特定するために、中級脂肪酸（炭素数16のパルミチン酸から炭素数18のステアリン酸、オレイン酸、リノール酸まで）と高級脂肪酸（炭素数20のアラキジン酸以上）との比をX軸に、飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸との比をY軸にとり種特異性相関を求めた。この比例配分によれば、第1象限の原点から離れた位置に高等動物の血液、脳、神経組織、臓器等に由来する脂肪、第1象限から第2象限の原点から離れた位置にヒト胎盤、第2象限の原点から離

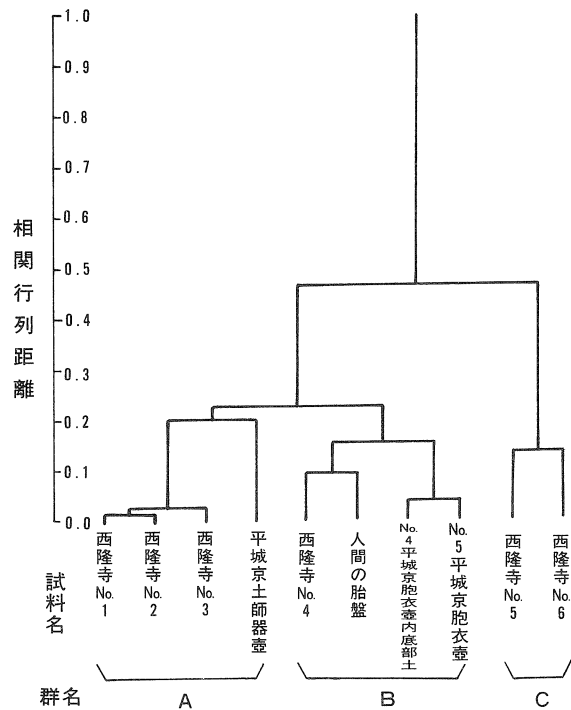


図91 残存脂肪の脂肪酸組成樹状構造図

れた位置に高等動物の体脂肪、骨油に由来する脂肪がそれぞれ分布する。第2象限から第3象限にかけての原点付近に植物と微生物、原点から離れた位置に植物腐植、第3象限から第4象限に移る原点から離れた位置に海産動物が分布する。

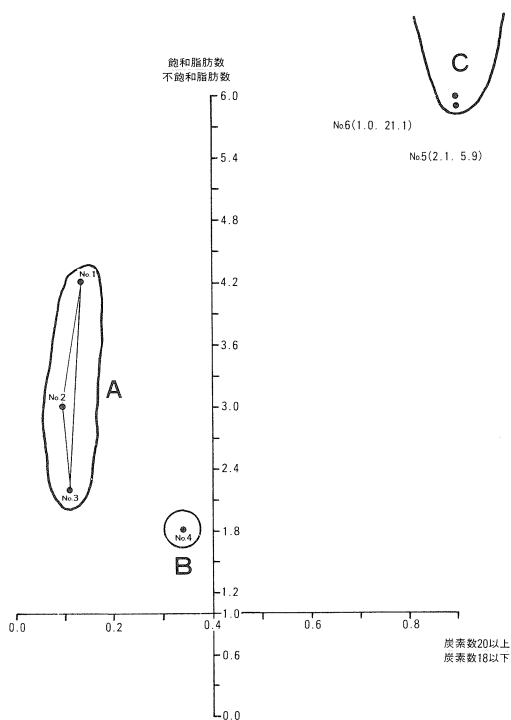


図92 残存脂肪の脂肪酸組成による種特異性相関

7 総括

以上、西隆寺跡から出土した土器に残存する脂肪の分析を行なった。残存する脂肪酸の分析および数理解析の結果、試料No. 4、No. 5、No. 6には動物性脂肪が残存している可能性が強い。特に試料No. 4には胎盤様のものが残存していた。またステロールの分析と数理解析の結果試料No. 4とNo. 5の位置には動物性脂肪が多量に残存していた可能性が強い。これらの成績からこの出土土器には胎盤に類する動物性遺体が埋納されていたと判定した。

現在、更に免疫試験により胎盤の確認を行なっている。

〔(株)ズコーシャ 中野寛子、明瀬雅子、長田正宏 帯広畜産大学 中野益男、福島道広〕

土壌試料の残存脂肪から求めた相関図を図92に示す。試料No. 1、No. 2、No. 3はA群を形成し、第2象限の原点から離れた位置に分布した。この群は動物性脂肪の存在を示唆する位置に分布していることになり、植物腐植を示す位置とは一致しなかった。これは土壌の特性と関係するのかもしれない。試料No. 4は単独でB群を形成し、第2象限の原点から少し離れた動物性脂肪の位置に分布した。試料No. 5とNo. 6はC群を形成し、第1象限の原点から遠く離れた位置に分布した。従っていずれの試料も第1、第2象限内に分布し、試料中には動物性脂肪が含まれていたことがわかる。