

# 素地作製の技法解析

—モード測定法を応用した粒度分析から—

平賀章三

(奈良教育大学地学教室)

(昭和53年5月1日受理)

Analysis of the Technique on the Preparation of Paste  
—On the Basis of the Particle-size Analysis  
under the Application of a Modal Analysis by a Point-counting Method—

Shozo HIRAGA

(Department of Earth Science, Nara University of Education, Nara, Japan)

(Received May 1, 1978)

## Abstract

Particle-size analyses were carried out, under the application of a modal analysis by a point-counting method, with the purpose of making the technique clear on the preparation of paste, on the thin sections of Hajiki potsherds excavated from Makimuku remains in Nara. Based on the results, the following are concluded.

(1) One potsherd can be sufficiently represented by the only one its thin section, so far as one fixes his eyes upon the particles whose sizes are less than or equal to 1mm.

(2) It can be more objectively pointed out whether the techniques are adopted or not on the preparation of paste such as tempering and/or levigation, if one searches the results of particle-size analysis.

(3) The samples presumed archaeologically to have their origins in Yamato, are at least discriminated into the two subgroups. One group could rather be presumed to have Kawachi origin, and the other is specified by both no tempering sand and fine paste.

(4) Petrological studies on potsherds, mainly using polarization microscope, can reveal very effectively not only the quality of material but also the technique of production.

## 序 論

考古遺物の産地系統を明らかにすることから、当時の人々の経済的・文化的拡がり、はたまた交流の様相が浮彫にされる。この有用な情報を手にするために、たとえば土器についてはその形態・文様・製作技法・色調・胎土などについての肉眼的観察に基づいて(小笠原, 1973), 産地系統の推定が考古学者により行なわれてきた。

より客観的な推定を目差しては、すでに1933年 Buttler と Obenauer により岩石学的研究方法が適用され（佐原，1970c, 1971a, 1971b），また三辻ら（1976a, 1976b, 1976c, 1977）による須恵器産地分析の試みにおいては，分析化学的研究方法が導入されている．これらに代表される，自然科学的手法による土器のこれまでの研究は，主として材質を明らかにすることに力点が置かれていた．

土器の産地同定においてより真実に迫ろうとするならば，材質のみならず技法をもより客観的に解明する必要がある．試料土器が出土遺跡に固有な材質を有していないと判定された場合でも，もし技法が当該遺跡に固有なものであれば，民族学的事実として知られている（佐原，1970a）粘土の交易（原材料の輸入）が結論されるからである．すなわち，材質による検討のみから安易に製品土器の輸入を結論した場合と，まったく相反する結論もあり得るからである<sup>1)</sup>．

今回，土器製作の技法，とりわけ混和材（佐原，1970 a, 1970 b, 1972, 1974）を使用しているかどうか，水簸をしているかどうかなどの素地作製の技法を，より客観的に解明するために，土器薄片においてモード測定法を応用した粒度分析を行なったので報告する．

## 試 料

本研究に使用した試料土器は，大和平野東南部に位置する纏向遺跡出土の土師器65点で，奈良県立橿原考古学研究所より提供されたものである．器種・時期ならびに考古学的に推定されている産地系統などをまとめて，参考のために第1表に示す．

土器薄片の製作は，岩石試料の薄片を作る通常の方法で行なったが，試料土器を破壊することになるため，また試料土器は他の分析にも供されるため，きわめて限られた部分しか薄片にできなかった．少なくとも2 cm<sup>2</sup>以上の薄片面積は確保し，原則として一土器につき一薄片を準備したが，一土器を一薄片で代表させ得るかどうかの検討をするために，三試料については各二枚の薄片を製作した．

## 方 法

ある産地に特徴的な鉱物あるいは岩石が知られていても，それが粗粒であれば一薄片中に存在する確率（粒子数）は小さく，当該薄片にそのような粒子が存在していないことが本質の意味をもたなくなる．試料土器から多数の薄片を作ることが許される場合には，土器薄片の従来の岩石学的研究<sup>2)</sup>におけるように，材質の解明がより正確に行なわれようが，今回準備された薄片は，既述のように試料土器の一小部分でしかなかった．したがって，おのずと生ずる観察対象についての制約を考慮し，すなわち，土器のどの部分をとりても（土器全体が同じ素地で作られているとして）その土器を代表し得る諸性質に着目して，細粒部における粒度分布を解明するために，あらたに次の方法を採用した．

いわゆるポイントカウンター法で行なうモード測定では，定間隔の格子点にある鉱物種を鑑定

1) この間の事情については，詳細な考察結果（平賀，1978）を発表しているので参照されたい．

2) 既出の佐原の文献の他に佐原（1971 c, 1971 d）にも，土器の生産地決定を目的とした岩石学的研究が豊富に紹介されている．

第1表 分析試料の考古学的記載

試料番号	器種	時期 <sup>a)</sup>	産地系統 <sup>b)</sup>	備考	試料番号	器種	時期 <sup>a)</sup>	産地系統 <sup>b)</sup>	備考
1	パレス壺	2	東海○	器型は山陰か北陸風	33	シガの甗	2	近江?	色あいが河内と異なる
2	甗	2	大和		34	弥生型甗	2	大和	
3	庄内甗	2	大和		35	甗 A	1	大和	
4	安国寺壺	2	西瀬戸内?		36	弥生型甗底	2	大和	
5	ひさご壺	2	東海○		37	(河内) 甗	2	河内○	
6	てあぶり	2	大和		38	フナハシイロ甗	2	河内○	
7	パレス壺	4	東海?		39	壺	3	大和	
8	甗はけ	2	大和		40	甗 B	3	大和	
9	酒津甗	4	吉備?		41	ヤバネタタキ甗	3	大和	
10	縄文つき壺	4	駿河?		42	壺	2	大和	
11	縄文つき壺	3	駿河?	胎土からは不明	43	フナハシイロ甗	2	河内○	
12	川島型甗	2	播磨?		44	壺 E	3	大和	
13	大ぐるわ式壺	3	駿河○		45	壺(雲母ナシ)	2	大和	
14	あやすぎ入り壺	4	山陰?		46	壺 中型	2	大和	
15	S字甗	3	東海○		47	弥生型甗	2	大和	
16	土製支脚	4	山陰?		48	(河内) 甗		河内○	
17H	胎土の異なる甗	1	大和		河内のものに見える	49	(駿河) 壺		駿河?
17S	"	"	"			50	(河内) 甗	3	河内○
18	鉄かぶと鉢	4	大和			51	甗 C	3	大和
19	小型丸底壺	4	大和			52	小型丸底壺	4	大和
20	S字甗	2	東海○	53		小型鉢	4	大和	
21	庄内甗	3	大和	54		大型壺	4	大和	
22	(大和) 高杯	3	大和	55		土製支脚	4	山陰?	
23	甗 B	3	大和	56		ヤナガ壺	4	東海?	
24	パレス壺	2	東海○	57		つつみ型器台	4	山陰?	
25	S字甗底	2	東海○	断面黒いのが他と異なる		58	酒津甗	4	吉備?
26	S字甗口	2	東海○		59	パレス壺		東海○	
27	(大和) 壺	2	大和		60	ヤナガ壺	4	東海?	
28	S字甗口	2	東海○		61	つつみ型器台	4	山陰?	
29	S字甗胴	2	東海○		62	小皿	H	大和○	
30	(大和) 高杯	3	大和		63	小皿	H	大和○	
31	高杯	2	大和		64	瓦器 椀	H	大和○	
32	高杯	3	大和		65	瓦器 椀	H	大和○	

a) 1:纏向1式 2:纏向2式 3:纏向3式 4:纏向4式 H:平安  
 b) ○:確実 ?:不確実

し、その鉱物が占める格子点数を計数することにより各鉱物種出現の相対頻度を算出するが、鉱物種の代りに粒度を当てたわけである。薄片をポイントカウンターにセットして、格子間隔と走査線間隔は相等しい0.2mmで走査し、計数の打ち切りは、一定のトータルカウント数で行なう際の煩雑さを避けるため、主成分である粘土(後述)の計数値400をもってした。顕微鏡下で粘土であるかどうかの判定は実際上不可能なため、1/16mm以下の粒度については、10×10倍で観察し粒子と認められたものをシルト、そうでないものは粘土と便宜的に区別した。1/16mm以上の粒子については、粒度を判定し数取器で計数して行くと同時に、その鉱物種あるいは岩石種と円磨度も併せ記録するようにしたが、今回は粒度分析結果についてのみ報告する。

結 果

粒度分析結果に付随する誤差を見積ることは、粒度分布が unimodal なのか bimodal なのかを判定したり、他試料に対する結果と正当に比較したりするために不可欠なことである。本来ならば、同一薄片を多数回測定して統計処理を施す必要があるが、きわめて多数の分析を熟さねばならない考古試料にとっては、それは実際上不可能であり、便法として、計数値の平方根をもってその誤差と見做すことにした。この誤差は、各粒度の相対頻度 (%) の計算結果の誤差へと当然のこと伝播するが、それは、ある粒度の計数値 (n<sub>i</sub>) と全計数値 (N) との相関を考慮して、次式により算出した。

$$\sigma\left(\frac{n_i}{N} \times 100\right) = \left(\frac{n_i}{N} \times 100\right) \times \sqrt{\frac{1}{n_i} - \frac{1}{N}} \quad (1)$$

一土器を一薄片で代表させ得るかどうかの検討をするために、まず同一薄片を二度測定し(1)式により算出した誤差の何倍の範囲内で一致していると見做し得るか調べてみた。第2表に示したその結果から明らかなように、せいぜい 2σ も見積れば充分であることがわかる。同一個体からの二枚の薄片についての分析結果を示した第3表を見ると、試料1と試料1\* はきわめて良い一致を示し、試料2と試料2\* ではやや劣りながらも、粗粒砂以下の粒度においては上述の 2σ の範囲内で一致をみていることがわかる。試料 17H と試料 17S の一致はきわめて悪く、異質の胎

第2表 同一薄片の多重測定結果 (%)

試料番号		極粗粒砂	粗粒砂	中粒砂	細粒砂	極細粒砂	(全)砂	シルト	粘土
1*	1			0.6(0.4)	0.8(0.4)	1.8(0.6)	3.3(0.8)	14.6(1.6)	82.1(1.7)
	2			1.0(0.4)	2.0(0.6)	2.0(0.6)	5.0(1.0)	14.8(1.6)	80.2(1.8)
2*	1		2.5(0.7)	4.2(0.9)	1.0(0.5)	0.8(0.4)	8.6(1.3)	7.9(1.2)	83.5(1.7)
	2		2.6(0.7)	4.1(0.9)	2.6(0.7)	0.8(0.4)	10.0(1.3)	11.2(1.4)	78.7(1.8)
14	1	8.1(1.1)	10.9(1.2)	9.5(1.2)	3.5(0.7)	0.6(0.3)	32.6(1.9)	4.0(0.8)	63.4(1.9)
	2	7.1(1.1)	9.7(1.2)	6.8(1.0)	3.3(0.7)	0.3(0.2)	27.2(1.9)	3.5(0.8)	69.3(1.9)

( ) 内は 1σ を示す

第3表 同一個体の複数薄片の測定結果 (%)

試料番号	極粗粒砂	粗粒砂	中粒砂	細粒砂	極細粒砂	(全)砂	シルト	粘土
1			0.8(0.4)	1.0(0.5)	1.4(0.5)	3.2(0.8)	15.8(1.6)	81.0(1.8)
1*			0.6(0.4)	0.8(0.4)	1.8(0.6)	3.3(0.8)	14.6(1.6)	82.1(1.7)
2	4.5(0.9)	5.9(1.0)	3.1(0.8)	1.0(0.4)	0.2(0.2)	14.7(1.6)	6.9(1.1)	78.4(1.8)
2*		2.5(0.7)	4.2(0.9)	1.0(0.5)	0.8(0.4)	8.6(1.3)	7.9(1.2)	83.5(1.7)
17H			0.4(0.3)	3.5(0.8)	1.9(0.6)	5.8(1.0)	17.1(1.7)	77.1(1.8)
17S	1.3(0.5)	4.6(0.9)	6.7(1.0)	4.7(0.9)	5.4(0.9)	22.8(1.7)	9.8(1.2)	67.5(1.9)
26	3.7(0.8)	13.0(1.5)	1.7(0.6)	1.7(0.6)	0.4(0.3)	20.4(1.7)	5.2(1.0)	74.3(1.9)
28	3.3(0.8)	10.5(1.3)	4.1(0.8)	1.5(0.5)	1.5(0.5)	20.8(1.7)	5.5(1.0)	73.7(1.9)

( ) 内は 1σ を示す

土と判定した方がふさわしい分析結果であるが、このことは考古学的にも示唆されていることであり、今回採用した分析方法の非力を示すものではない。なお、同一個体でありながら異なる番号を付して提供された試料26と試料28も  $2\sigma$  の範囲内で一致していることが確認された。以上のことから、1 mm 以下の粒度部分に着目している限り、一薄片で一土器を代表し得ると判断して差し支えないと思われる。

各試料の分析結果をその誤差 ( $1\sigma$ ) とともに図示すると第1図になる。

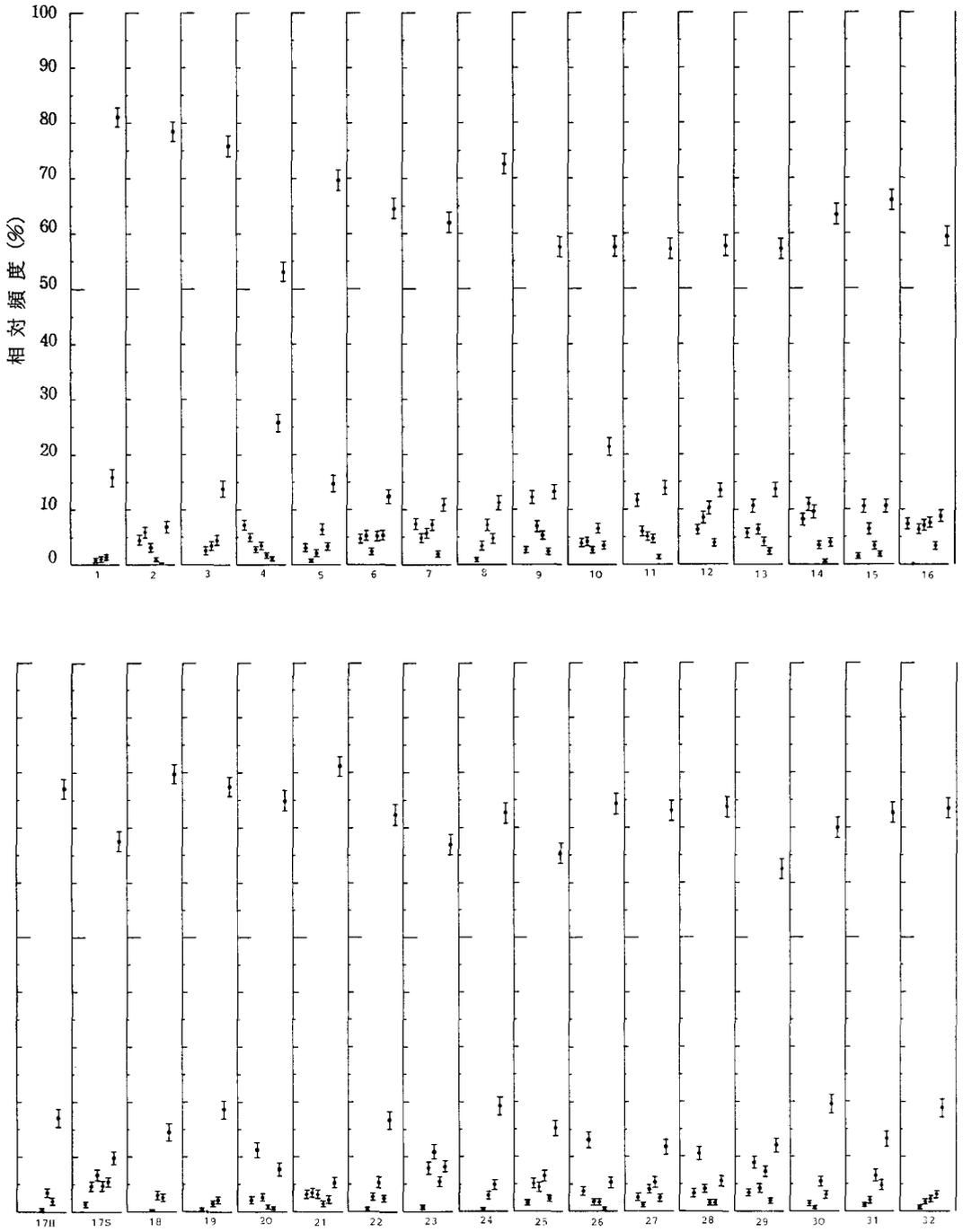
## 考 察

第1図に示した各試料の粒度分析結果から、当初の目的である素地作製の技法解析なかならず混和の有無の判定をするには、混和材と不純物あるいは混入物(佐原, 1972)との区別をしなければならない。不純物としての砂がもともと混和材としての砂を必要としない程に充分含まれている場合には、砂の相対頻度がかかなり高くなることはもちろんであるが、粘土堆積の性質上、細粒になるにつれ相対頻度が単調に増加すると考えても間違いないと思われる。混入物としての砂は、その定義からも相対頻度は少なく、粗粒であれば相対頻度をかなりかせぐとも考えられるが、かけ離れた粒度区分に出現する(たとえば試料63では、極粗粒砂の相対頻度4.4%は単一粒子でかせいでおりかつ粗粒砂の相対頻度が0である)ことなどから、混和材としての砂と区別し得ると思われる。逆に砂を混和した場合のことを考えてみると、混和材としての砂の平均粒度付近に第二極大の現われることが容易に納得される。以上の考察をもとに(分析誤差も考慮して)混和材を使用していない、すなわち単一の粘土あるいは二種以上の粘土調合のみで製作されたと積極的に判断された土器試料は、1・3・18・19・24・32・42・44・46・51・52・53・63・64・65の15試料であった。

上記試料中13試料(87%)までが考古学的に大和系統とされているものであり、粒度分析結果には各産地系統に特徴的な素地作製の技法が反映しているのではないかと考えられたので、全分析試料の過半を占める大和系統とされているものの特徴を見るべく、各粒度の相対頻度やその比の最小値・最大値・平均値などを算出してみた。第4表に示したその結果から、大和系統とされ

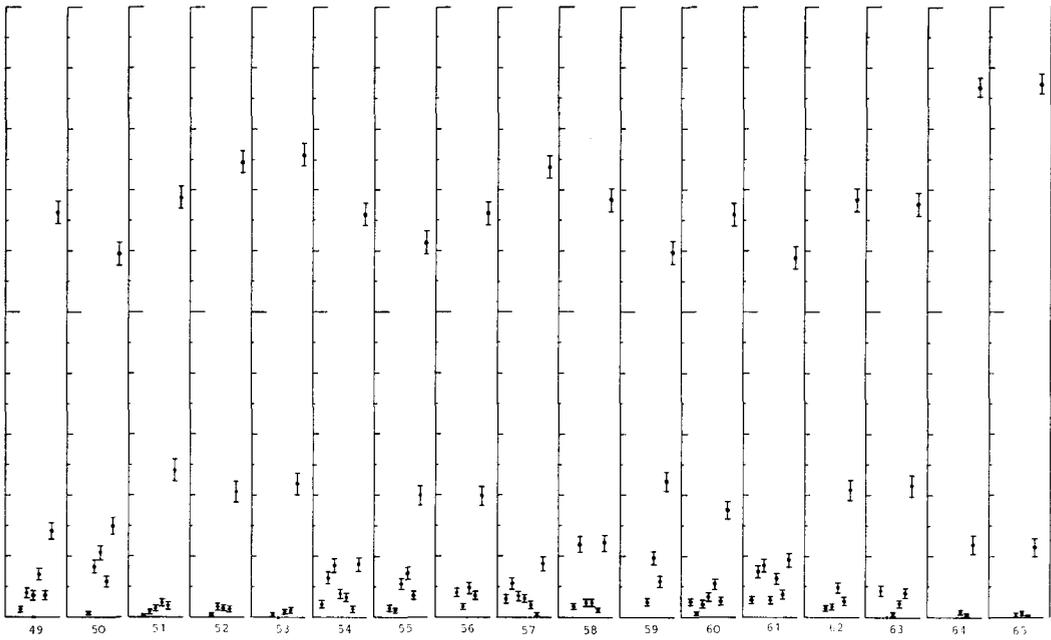
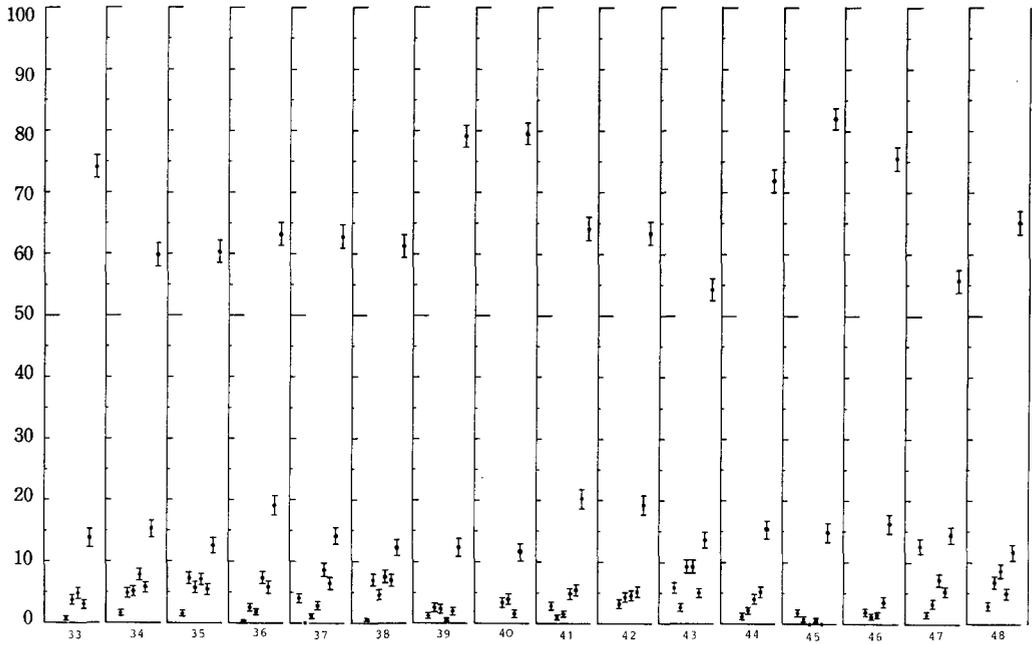
第4表 粒度分析結果の諸特性値

	砂(%)	シルト(%)	粘土(%)	砂/粘土	シルト/粘土	砂/シルト	粘土/シルト	シルト/砂	粘土/砂
最 小 値 (大和) (全体)	1.3	5.3	55.6	0.02	0.07	0.1	2.9	0.3	1.9
	1.3	4.0	53.1	0.02	0.06	0.1	2.1	0.1	1.7
最 大 値 (大和) (全体)	30.0	24.1	87.3	0.54	0.35	3.0	15.4	9.2	66.7
	32.6	25.7	87.3	0.60	0.49	8.2	16.0	9.2	66.7
平 均 値 (大和) (全体)	12.9	15.0	72.1	0.19	0.21	1.0	5.5	2.2	11.5
	17.3	14.3	68.4	0.27	0.21	1.5	5.6	1.5	7.8
標本標準偏差 (大和) (全体)	7.8	4.6	7.5	0.13	0.07	0.8	2.5	2.4	15.2
	8.7	4.8	8.1	0.16	0.08	1.3	2.9	1.9	11.9
変動係数(%) (大和) (全体)	60	31	10	69	34	81	46	110	130
	50	34	12	58	38	84	52	130	150



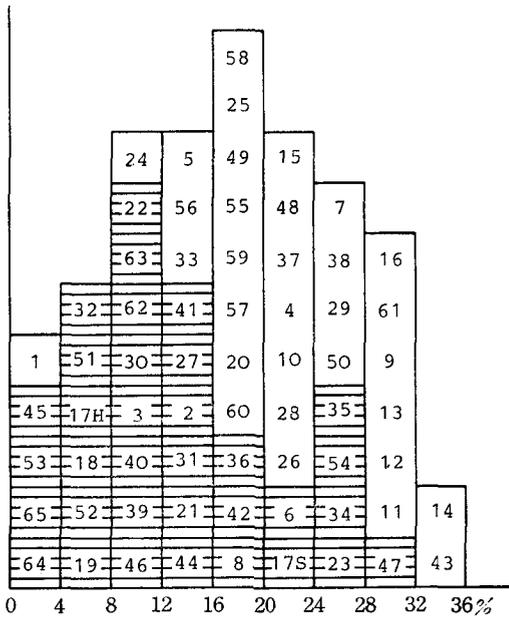
第1図 纏向遺跡出土

各粒度分析結果において、右端の粘土から左へ順にシルト・極細粒砂・

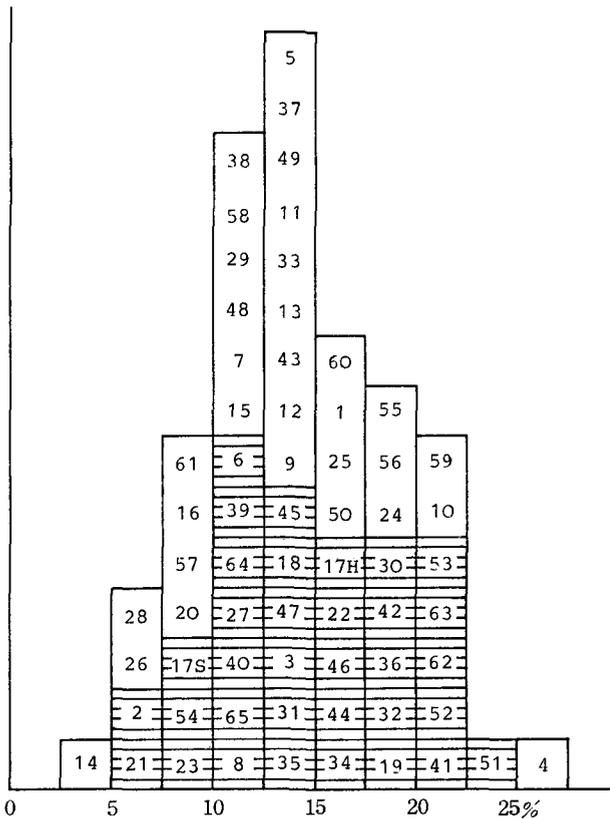


土師器の粒度分布

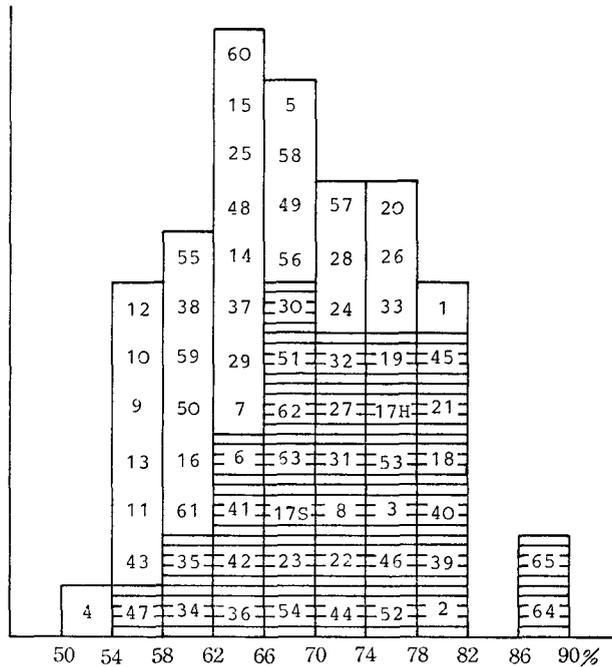
細粒砂・中粒砂・粗粒砂・極粗粒砂・細礫を示し、誤差は1σで示してある。



**第2図** 砂含有率の度数分布図  
 数字は試料番号を示し、影を付したものは考古学的に大和系統とされているものである。



**第3図** シルト含有率の度数分布図  
 数字は試料番号を示し、影を付したものは考古学的に大和系統とされているものである。



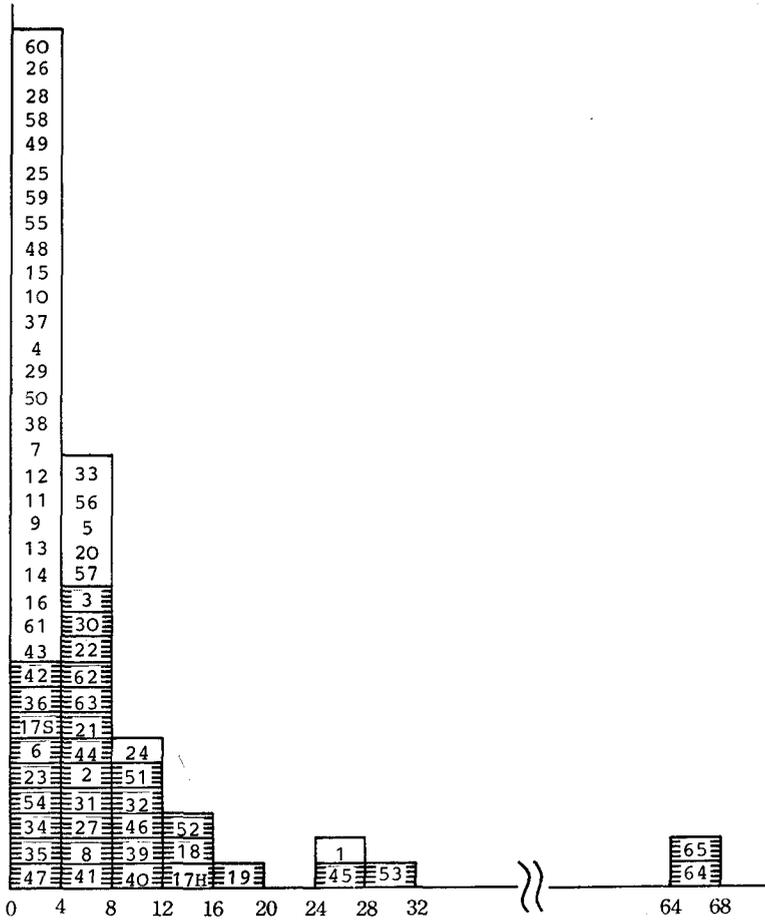
第4図 粘土含有率の度数分布図

数字は試料番号を示し、影を付したものは考古学的に大和系統とされているものである。

ているものは他系統のもの比べて砂が少なく、精選されたきめ細かい粘土が用いられていたと明らかに判断される。このことをより明瞭に把握するために、砂・シルト・粘土の各含有率に対する、全分析試料の分布のパターンを図示したのがそれぞれ第2・3・4図である。

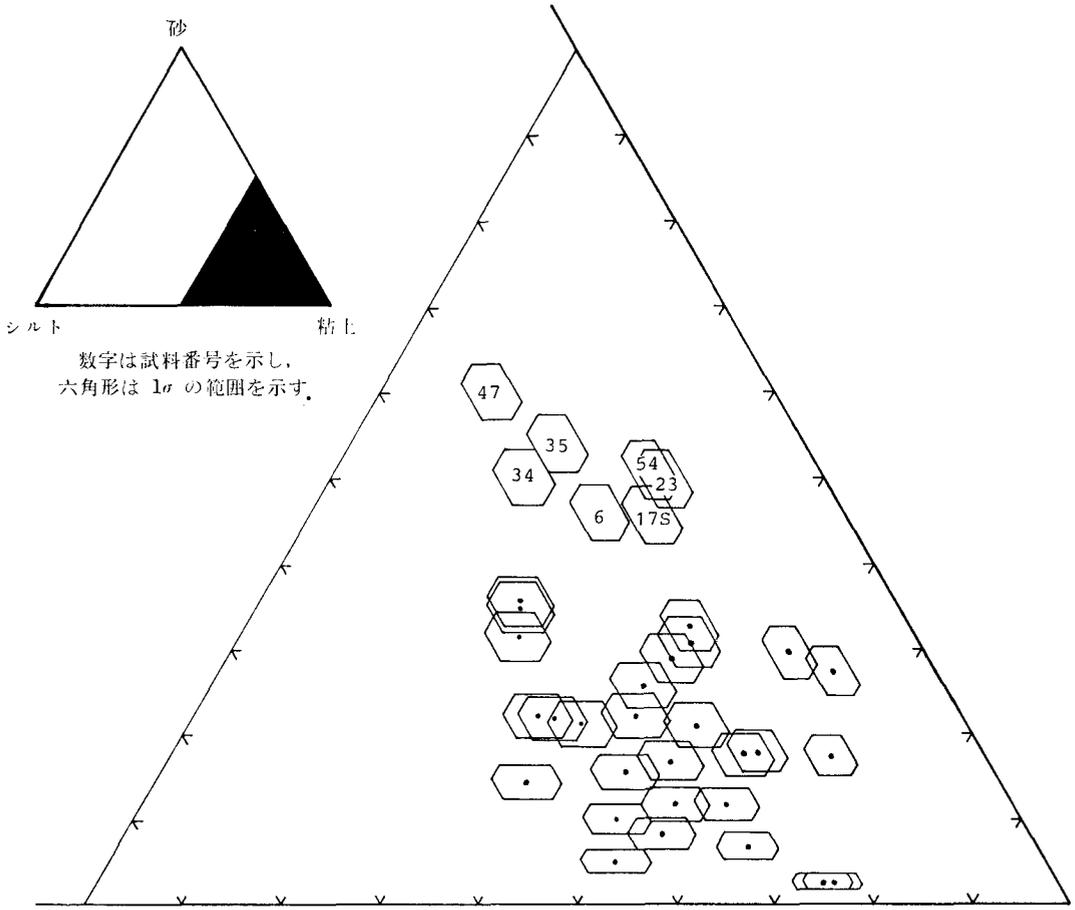
第2～4図から、あらたに二つのことがらが浮彫にされた。一つは、第1図からも十分に推測され得たことであるが、試料64・65に対する水簸の可能性である。水簸の工程を経ると、砂・シルト分は減少し相対的に粘土が増加するが、減少の程度は、砂がシルトをはるかにしのぐと考えられ、したがって、“粘土/砂”の相対頻度比が、水簸の有無の判定をするための有効な指標を提供すると思われた。試料64・65に対するこの値は66.7となり、水簸の工程を経たと判定するに充分であろうが、他試料との比較のため、第5図に度数分布図を示しておいた。

二つめは、第2図から直接的に読み取れることであるが、大和系統とされているものが、少なくとも二つのグループに分けられるということである。これをより詳細に示すために、砂・シルト・粘土の各含有率を三角ダイアグラムにプロットしたのが第6図である。考古学的に他系統とされている試料についても、系統毎に同様のダイアグラムを描いてみると、大和系統とされているものの一方のグループは、河内系統とされているものと同じ粒度組成を有していることが明らかとなり、その様子は、第6図を第7図と比較すれば一目瞭然である。しかも、試料17S・34・47にいたっては、第1表に示されている如く考古学的にも河内系統である可能性が示唆されていたものであり、より客観的にその推定の正当性を保証し得たと思われる。試料6・23・35・54も考古学的には大和系統とされているが実は河内系統のものであるかもしれない、という可能性を指摘することもできるが、粒度分析結果のみからの速断は避けておく。

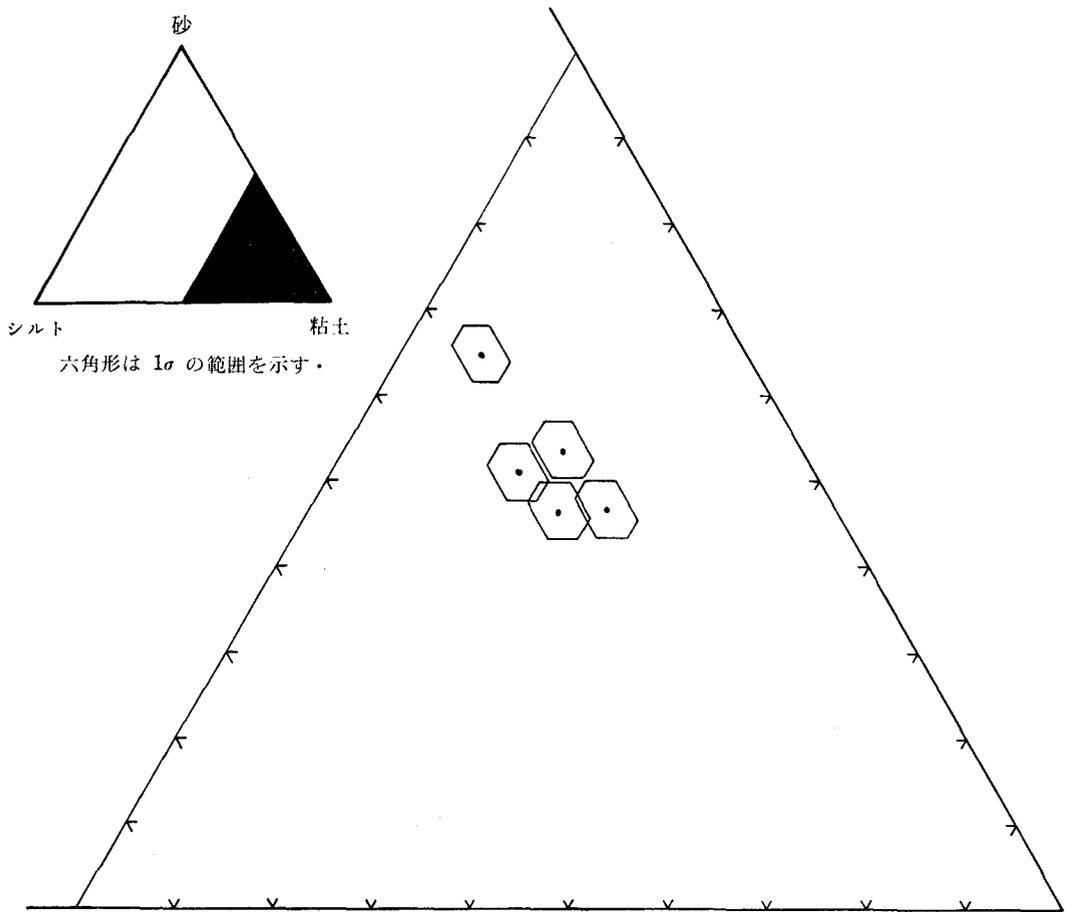


第5図 “粘土/砂” 含有率比の度数分布図

数字は試料番号を示し、影を付したものは考古学的に大和系統とされているものである。



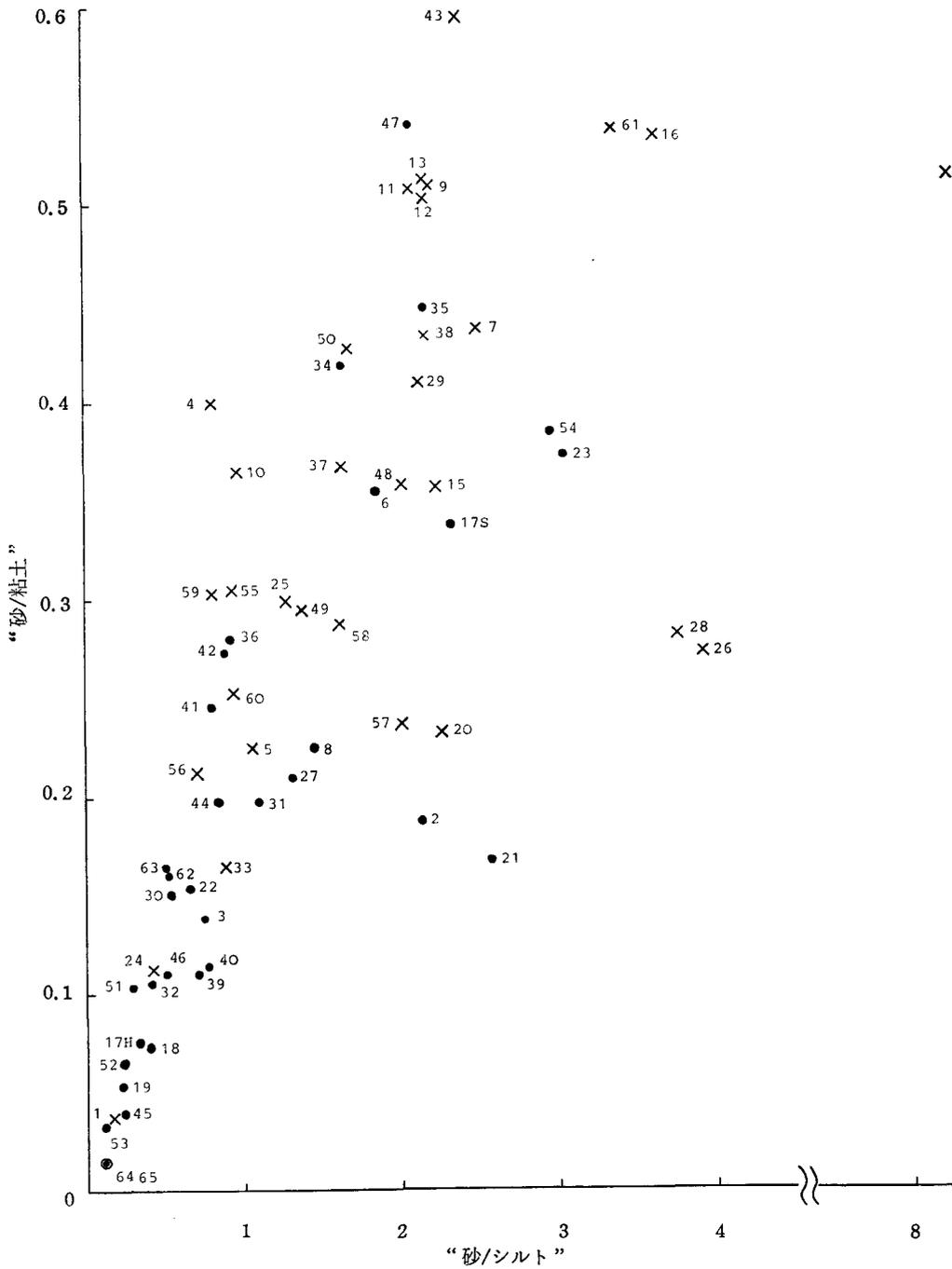
第6図 “大和”の粒度組成分布図



第7図 “河内” の粒度組成分布図

既述のように、混和の有無は粒度分析結果を第1図の如く図示することにより判定されるが、付随している誤差の影響を考えると<sup>3)</sup>、砂粒分布の細かな特徴を精査するよりもまず全砂含有率をもとに見当をつけておく方が良いと思われる。“砂/シルト”の相対頻度比が有効な指標を提供すると考えられ、この値が1以上であればほぼ確実に混和の事実を指摘し得るだろう。今回分析した全試料の素地作製の技法に関する分布を見るべく、この比を水籤の有無判定の有効な指標である“粘土/砂”の相対頻度比と組み合わせて二次元散布図を描くことを考えたが、第4表に示されているように後者の変動係数がきわめて大きいため、その逆数を軸に第8図として示した。

3) 相対頻度の誤差を相対頻度で除した商を誤差率とみると、計数值 ( $n_i$ ) が小さい程誤差率は大きくなること (1)式より自明である。



第8図 “砂/シルト” — “砂/粘土” 散布図

数字は試料番号を示し、丸印で表わしたものは考古学的に大和系統とされているものである。

## 摘 要

土器製作の素地作製段階における技法を解析するために、纏向遺跡出土土器薄片下において、ポイントカウンター法によるモード測定法を応用した粒度分析を行なった結果、次のことが明らかになった。

- (1) 粗粒砂以下の粒度部分に着目している限り、一土器を一薄片で代表させ得る。
- (2) 粒度分析結果を検討することにより、混和の有無ならびに水簸の有無など素地作製の技法をより客観的に指摘し得る。
- (3) 考古学的に大和系統とされているものは少なくとも2グループに区別され、一方はむしろ河内系統と見做されるのが妥当であり、他方は砂を混和材として含まずきめ細かい胎土を特徴としている。
- (4) 主として偏光顕微鏡による土器の岩石学的研究は、従来の材質の解明のみならず、技法の解析にもきわめて有効である。

## 謝 辞

本研究は文部省科学研究費特定研究「古文化財」の「畿内における考古遺物の材質の研究（研究代表者：奈良教育大学教育学部教授、梅田甲子郎）」の一端として行なったものである。貴重な考古試料を快く提供された奈良県立橿原考古学研究所・伊達宗泰次長ならびに石野博信課長を初め、折りにふれ実り多い討論の相手を務めていただいた同研究グループの諸氏に対し厚く感謝する。奈良国立文化財研究所・秋山隆保技官には、有益な文献の御教示をいただき、また奈良教育大学地学教室・土田栄子嬢には、データの整理から図表の作成にいたるまで献身的な協力を受けた、ここに記し両氏に対する御礼に替えたい。

## 文 献

- 平賀章三（1978）：土器産地同定における考古学と自然科学——思考実験的アプローチ——。奈良教育大学古文化財教育研究報告，第7号，61-67。
- 三辻利一・武内孝之・中村 浩・桂川秀嗣・平賀章三・梅本秀樹（1976 a）：須恵器産地分析に関する基礎研究 第一報 大阪陶邑窯跡(1)。奈良教育大学古文化財教育研究報告，第5号，17-38。
- ・武内孝之・平賀章三・桂川秀嗣・藤井繁治・梅本秀樹（1976 b）：須恵器産地分析に関する基礎研究 第二報 野中古墳，および，平城宮跡出土須恵器について。奈良教育大学古文化財教育研究報告，第5号，39-47。
- ・平賀章三・北 定男・中川良美（1976 c）：須恵器産地分析に関する基礎研究 第三報 須恵器の化学組成と焼成温度。奈良教育大学古文化財教育研究報告，第5号，49-61。
- ・森島久伸・平賀章三（1977）：須恵器産地分析に関する基礎研究（第4報）朝鮮，大阪陶邑，北九州 出土須恵器の相互識別。奈良教育大学紀要，第26巻 第2号，107-123。
- 小笠原好彦（1973）：土器と産地分析——奈良時代の土器を中心に——。考古学と自然科学，第6号，26-30。
- 佐原 真（1970 a）：土器の話(1)。考古学研究，第16巻 第4号，107-124。
- （1970 b）：土器の話(2)。考古学研究，第17巻 第1号，93-101。
- （1970 c）：土器の話(3)。考古学研究，第17巻 第2号，86-96。

- (1971 a) : 土器の話(4). 考古学研究, 第17巻 第4号, 81-90.
- (1971 b) : 土器の話(5). 考古学研究, 第18巻 第1号, 53-64.
- (1971 c) : 土器の話(6). 考古学研究, 第18巻 第2号, 70-80.
- (1971 d) : 土器の話(7). 考古学研究, 第18巻 第3号, 87-95.
- (1972) : 土器の話(8). 考古学研究, 第18巻 第4号, 89-102.
- (1973) : 土器の話(10). 考古学研究, 第20巻 第3号, 67-82.