

粒度組成に基づく土器胎土の定量的分類

—— 纏向遺跡出土土師器を例として ——

平 賀 章 三

(奈良教育大学地学教室)
(昭和55年1月21日受理)

序 論

考古遺物の産地系統を同定することは、それらを遺した人々の、経済的・文化的な拡がりを明らかにすることにつながっている。ひいては、相互交流の様相を認める手段でもある。ここに、数多の産地系統推定の試みがなされてきた所以がある。

より真実に近い産地同定を行なうためには、当該考古遺物の材質ならびに技法の両者に関して、より確実なデータを集積することが不可欠である。産地を材質の、あるいは技法の従属変数として理解しているかぎり、より不確実なデータに基づく結論は、事実上、無視されることになる。このことは、材質により推定された産地と、技法により推定された産地とが矛盾している場合、決定的な意味を有し、考古学に対するきわめて有用な情報を、見過すことになるからである¹⁾。

材質をより客観的に把握するために、従来適用されてきた方法としては、遺跡出土土器に限ってみても、鉱物組成を明らかにすることを目差した、偏光顕微鏡による薄片観察^{2)~8)}やX線粉末回折^{9)~16)}、あるいは化学組成を明らかにすることを目差した中性子放射化分析^{17)~25)}や蛍光X線分析^{23)~30)}等、種々の自然科学の方法が紹介・報告されている。技法をより客観的に把握するために適用された自然科学の方法は、材質に対する場合程おびただしくはないが、偏光顕微鏡によるモード測定法を応用した、胎土³¹⁾の粒度分析³²⁾等がある。これは、粒度組成の特徴から、混和材^{7), 31), 33), 34)}添加あるいは水簸の事実が、存在したか否かを解明しようとしたものである。

土器胎土の粒度組成は、素地³¹⁾作製の技法を反映しているのみならず、もちろんのこと材質そのものをも表わしている。今回、粒度組成に示される土器胎土の諸特徴に基づいて、その材質をより定量的に分類することを試みた。技法との係りをも考慮したデータ解析の手順とともに、その結果を報告する。

試料ならびに粒度分析方法

本研究に用いた試料土器は、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・時期および考古学的に推定されている産地系統等は、薄片製作の方法・原則とともに、別報³²⁾に詳しい。なお、検鏡薄片数は66枚である。

粒度分析の方法は、ポイント・カウンティング法によるモード測定法を、応用したものである。この詳細についても、別報³²⁾を参照されたい。なお、粒度の表記については、碎屑性堆積物に対するもの³⁵⁾に準じたが、シルトと粘土の区別は、顕微鏡下では実際上不可能なため、10×10倍で粒子と認められたものを前者、定かに判定できないものを後者と、便宜上認定し表現している。

粒度組成の解析方法と結果

胎土材質の本質的な特徴として粒度組成を見る場合、混入物⁷⁾による計数値への寄与を、除去することが原則として必要である。しかしながら混入物としての砂は、その定義からも明らかなように、一般的には相対頻度が低くなると考えられる。ただ粗粒の場合には、かなりの相対頻度をかせぐと期待されるので、かけ離れた粒度区分に出現する粗粒単一粒子についてのみ、積極的に混入物と識別し、これを除去することにした。

この予備作業を終えたものを基礎データとし、それを精査することにより、一先次の各グループに分類した。a) 1σ以内で、粘土・シルト・極細粒砂からより粗粒なものへと、単調に減少するもの、b) 2σまで考慮すれば単調に減少するもの、c) 2σまで考慮しても第二極大の存在するもの、d) 第三極大の存在するもの、である。なお1σは、計数誤差が計数値の平方根であるとの仮定のもとに、ある粒度区分の計数値(n_i)と、全計数値(N)との相関を考慮した次式：

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

により求めたものである。

上式から明らかなように、各粒度区分の相対頻度の誤差率、すなわち相対頻度の誤差を相対頻度で除した商は、計数値(n_i)が小さい程大きくなる。したがって、計数値が概して小さい粗粒部分の細かい特徴を精査するよりも、むしろ粘土・シルト・砂一三成分系として、各試料を眺めてみる方が有効であると思われる。このことは、とくにグループdに属する諸試料が、実際は、どのような特徴をもった素地を焼成したものかを判定しようとした場合、留意せざるを得ない点でもある。

ところで、素地作製段階において特別な技法が施されていない場合、胎土の粒度組成は、原材料したがってまた素地のそれを、直接的に反映している。識別され得る素地の種類としては、高純度の粘土からなるものと、不純物⁷⁾としての砂を多く含む、いわゆる砂質粘土からなるものとが期待される。このうちの前者、すなわち高純度の粘土からなる素地を、焼成したと考えられる試料のいくつかは、グループbに属しているであろう。しかしながら、圧倒的多数はグループaに属し、また逆に、すなわちグループaに属する試料のほとんどは、高純度の粘土からなる素地を焼成したものと、常識的にみなせるであろう。砂質粘土からなる素地を、焼成したと考えられる試料については、上記各グループのいずれにそのほとんどが属するかを、速断することはできない。また逆に、その試料が過半を占めるグループが一体どれかについても、確定することは困難である。

素地作製段階において施される技法のうちで、胎土の粒度組成に明らかな影響を及ぼすものとしては、混和と水簸の二つが考えられる。混和の工程を経た試料では、混和材としての砂の平均粒度付近に、第二極大が認められるであろう。したがって、これら試料の大多数はグループcに属し、また逆に、グループcに属する試料のほとんどは、混和材を用いた素地を焼成したものと、判断して差し支えない。水簸の工程を経た試料では、砂・シルト分が激減し、当該試料は、基本的にはグループaあるいはbに属すると考えられる。しかしながら、グループaはすでに、高純

度の粘土からなる素地を焼成したものが、ほとんどを占めるものとみなされている。もし、水簸の工程を経た試料がグループ a に含まれていたならば、その平均粒度組成は大きく影響を受けることになるので、別報³²⁾にて報告した規準に照らし、水簸の工程を経た試料と明らかに判断されたものは、これを除外することにした。

ここで、種々の素地したがってまた胎土の平均粒度組成を算出し、それに基づく分類を行なうために採用した解析方法は、次のとおりである。高純度の粘土からなる素地と、混和材を用いた素地のそれぞれは、すでに述べたようにグループ a と c に、それぞれ基本的に対応づけられている。砂質粘土からなる素地については、対応づけられるグループがいずれであるのか、定かではないが、その平均粒度組成に着目すれば、高純度の粘土からなる素地と、混和材を用いた素地との中間の特徴を示すものと期待される。したがって、各試料がそれら両グループの平均粒度組成から、どの程度隔たっているのか、換言すれば、いずれのグループにより近いのかを比較し、さらに、両グループからの距離を、それらの差とも比較した。その結果、グループ a に最も近い試料を、高純度の粘土からなる素地を特徴づけるもの (h)、グループ c に最も近い試料を、混和材を用いた素地を特徴づけるもの (t)、さらに両グループからの距離の差の方が最も小さい試料を、砂質粘土からなる素地を特徴づけるもの (s) として、あらたに各試料を三つのグループ h・t・s に分類しなおした。なおこの比較は、両グループのバラツキを考慮するため、各成分の母標準偏差で、規格化して求めた距離 (d_i):

$$d_i = \sqrt{\left(\frac{a_i - M_a}{\sigma_a}\right)^2 + \left(\frac{b_i - M_b}{\sigma_b}\right)^2 + \left(\frac{c_i - M_c}{\sigma_c}\right)^2}$$

ただし、 $a_i \cdot b_i \cdot c_i$ は、 i 試料の砂%・シルト%・粘土%、

$M_a \cdot M_b \cdot M_c$ は、あるグループの平均砂%・平均シルト%・平均粘土%、

$\sigma_a \cdot \sigma_b \cdot \sigma_c$ は、 $M_a \cdot M_b \cdot M_c$ それぞれの母標準偏差、である。

を用いて行なった。

さらに、種々の素地を特徴づけるより確な平均粒度組成を求めめるため、各試料について、グループ h・t・s からの距離を計算し、それらのうちで最小の距離を示したグループに、当該試料を分類しなおす作業を続けた。同様の作業を、帰属グループの変更が、全試料について行なわれなくなるまで繰り返し、その時点で、最終的なグループ H・T・S を確定した。得られた各グループの平均粒度組成を、その母標準偏差とともに、Table 1 および Fig. 1 に示す。

考 察

今回採用した、粒度組成の解析方法と結果の妥当性を検討するために、最終的に得られた種々の素地に対する各グループ、T・S・H・L に属する各試料が、最初の段階において、グループ a・b・c・d のいずれに属していたのかを示したのが、Table 2 である。最初、グループ a に属していた 17 試料のうち、59% の 10 試料までが、グループ H に属しているのは当然であり、グループ T に属する試料が皆無なもの、きわめて合理的である。また、最終的にはグループ S や L に属した試料も、いくつかあるが、砂質粘土からなる素地や、水簸の工程を経た素地が示す粒度

Table 1 GRAIN SIZE COMPOSITION FOR VARIOUS KINDS OF PASTE
FROM MAKIMUKU REMAINS

Kind of Paste	No. ¹⁾	Sand % ²⁾	Silt % ²⁾	Clay % ²⁾
Tempered Clay	20	27.22 (3.00)	11.74 (2.74)	61.04 (3.84)
Sandy Clay	30	16.17 (3.56)	14.77 (5.59)	69.06 (6.21)
High Purity Clay	14	5.96 (2.14)	17.70 (3.74)	76.34 (4.05)
Levigated Clay	2	1.20 (0.15)	11.65 (0.39)	87.15 (0.54)

1) Each figure shows the number of samples.

2) Each figure shows the average and standard deviation;
the latter is in parentheses.

Table 2 CORRELATION BETWEEN FINAL GROUPS FOR VARIOUS KINDS OF PASTE
AND INITIAL ONES

Initial Final	a	b	c	d	total
T	0 0	15.0 3 20.0	50.0 10 62.5	35.0 7 39.0	20
S	20.0 6 35.0	26.5 8 53.5	20.0 6 37.5	33.5 10 55.5	30
H	71.5 10 59.0	21.5 3 20.0	0 0	7.0 1 5.5	14
L	50.0 1 6.0	50.0 1 6.5	0 0	0 0	2
total	17	15	16	18	66

Each figure marked with circle shows the number of samples
that belong to each division.

Each figure at the top of each line shows the percentage of samples
that belonged to each initial group.

Each figure at the right of each column shows the percentage of samples
that belong to each final group.

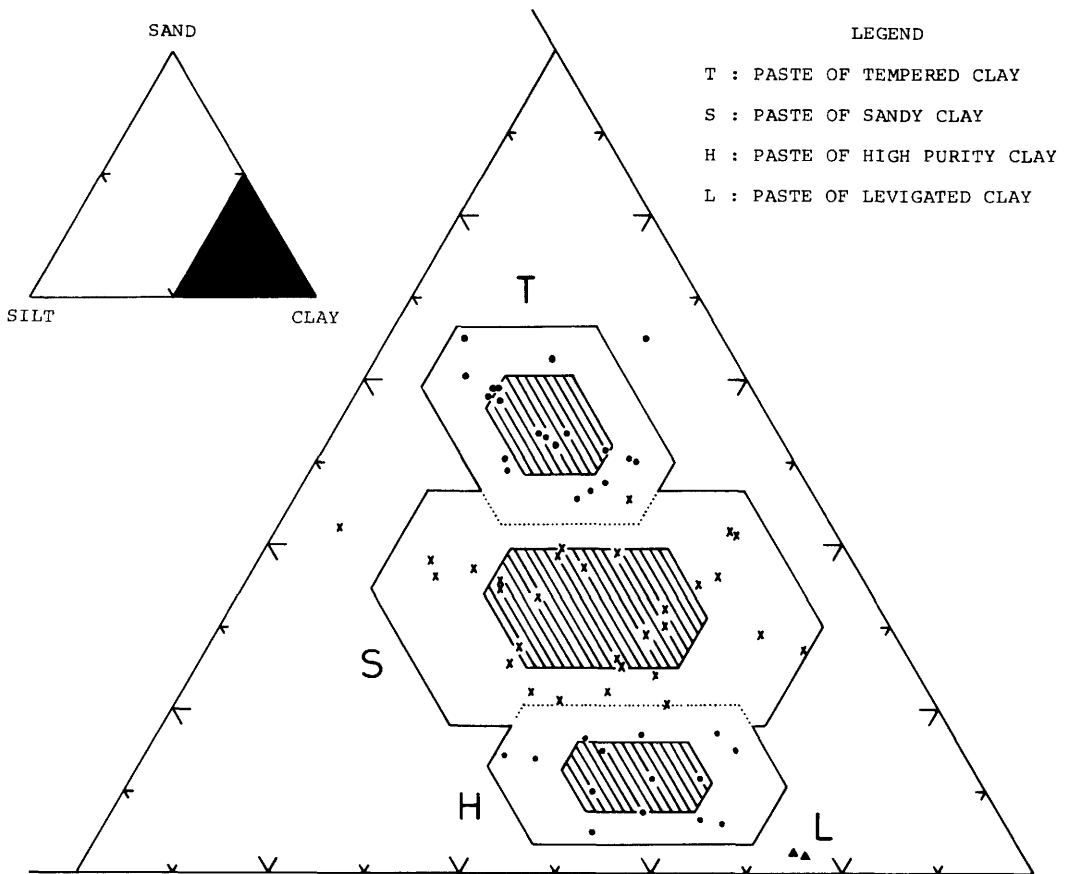


Fig.1 GRAIN SIZE COMPOSITION FOR VARIOUS KINDS OF PASTE FROM MAKIMUKU REMAINS

Black dots belong to T, which is assumed to be of tempered clay.

Crosses belong to S, which is assumed to be of sandy clay.

Small circles belong to H, which is assumed to be of high purity clay.

Triangles belong to L, which is assumed to be of levigated clay.

Each hatched hexagon shows once standard deviation, and each blank ones for twice.

組成として、グループ a の特徴は決して不合理なものではない。グループ b と d に属していた 33 試料については、付随する誤差を考慮すると、最終的にいかなるグループに属しても、その当否を問うことはできないだろうが、ただ、グループ b に属していた 15 試料の、グループ T・S・H・L への帰属の仕方は、きわめて説得的である。最後に、グループ c に属していた 16 試料について見ると、62.5% の 10 試料までが、グループ T に属しているのはこれまた当然であり、グループ H や L に属する試料も、きわめて合理的に皆無である。しかしながら、 2σ まで考慮してもなおかつ第二極大の存在した、グループ c に属していたいくつかの試料は、グループ S に属しており、この意味するところについては、後程さらに検討を加えたい。

以上見てきたように、今回採用した解析方法およびその結果は、妥当なものと判断される。そこで、分類された種々の素地をより簡単に識別するためには、どの粒度成分が有効であるのかを、見てみることにした。粘土%やシルト%では困難であるが、砂%に着目すれば、かなり有効に各グループを識別できることが、Fig. 1 より読みとれる。グループ識別の砂%による指標を、各グループの砂%のバラツキを考慮して求め、図示したのが Fig. 2 である。グループHとLの砂

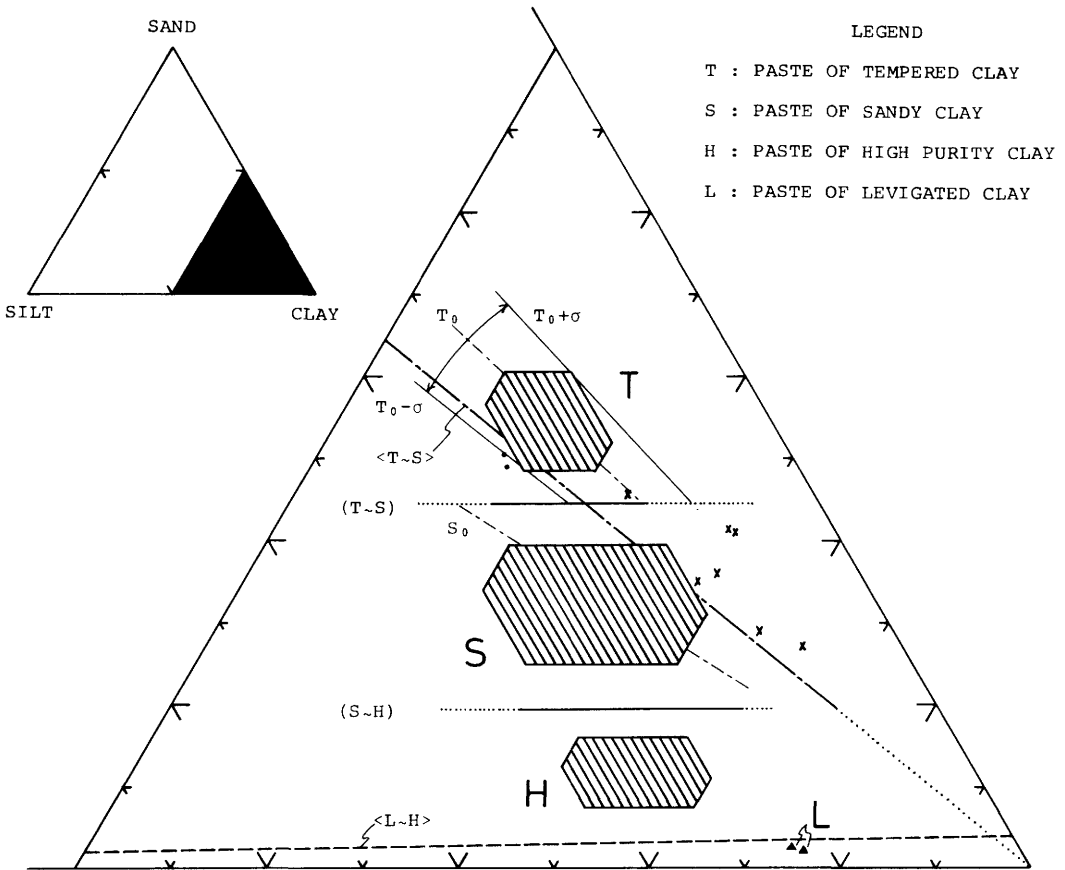


Fig.2 DISCRIMINATION AMONG VARIOUS KINDS OF PASTE FROM MAKIMUKU REMAINS

(T-S) and (S-H) show the boundaries between T and S, and S and H respectively, based on the average sand % and their standard deviations.

T_0 and S_0 show the average T.I. ($=\ln(\text{sand \%}/\text{silt \%})$) for T and S respectively.

$T_0+\sigma$ and $T_0-\sigma$ show the $\pm 1\sigma$ deviation of T.I. for T.

<T-S> and <L-H> show the boundaries between T and S, and L and H respectively; the former based on the average T.I. and their std. dev., and the latter based on the average L.I. ($=\ln(\text{clay \%}/\text{sand \%})$) and their std. dev.

See also the footnote for Fig.1.

%による境界は、Fig. 2では図示していないが、これは、水簸指数(L. I.)^{a)} による識別の方が、さほどの差異はないものの、より有効であると判断されたからである。すなわち、砂%による識別では、両グループから2 σ 強のところに境界が引かれ、L. I. によれば、3 σ 弱のところが境界となる^{b)} からである。

- a) 別報³²⁾ では水簸を施したか否かの指標として、(粘土%/砂%)を用いたが、比であることと分布のパターンを考慮して、本報告ではその自然対数を採用し、水簸指数と呼ぶことにした。
- b) この境界も、両グループのL. I. のバラツキを考慮して、求めたこともろんである。

最初グループcに属していたもので、最終的にはグループSに帰属することになった試料については、二通りの解釈を下すことができる。すなわち、第二極大を有するような特徴を示す、砂質粘土が実際に存在するという解釈と、きわめて高い砂%を示すわけではないが、やはり混和を施されたものであるという解釈の、二つである。両者の可否を判断するために、当該6試料についてはもう一度、基礎データの検討を行なった。いずれの試料も極小は極細粒砂、第二極大は粗粒砂(1試料のみ極粗粒砂)の粒度区分にあり、したがって後者の解釈の方が、より望ましく思われた。そこで、別報³²⁾にて報告した混和の指標を若干修正し、すなわちその自然対数をもって定義した、混和指数(T. I. $\equiv \ln(\text{砂}\%/\text{シルト}\%)$)により、グループTとSの識別を試みてみた。両グループにおけるT. I. のバラツキを考慮して求めた、両者の境界を、両グループに対する平均T. I. と、グループTにおけるその $\pm 1\sigma$ とともに、Fig. 2に示してある。

当該6試料のうち5試料までが、境界よりも高いT. I. を示したことから、混和の事実を指摘するには、T. I. の方が砂%よりも、有効であると思われる。しかしながら、より高いT. I. を示しつつも、グループSに帰属した諸試料等については、粒度組成のみからの速断を避け、さらに別の角度³⁶⁾からも、混和の事実は検討されるべきであろう。今後より簡便に粒度組成を調べることを保証するため行なった、混入物除去の影響は、最終的な各グループの平均粒度組成に対して、ほとんど認められなかったことを、最後に付言しておく。

摘 要

種々の素地を相互識別する指標を得るために、土器胎土を粒度組成に基づき、定量的に分類した。用いた試料は、纏向遺跡出土の土師器65点、66薄片で、これらは、きわめて変化に富む製作時期・産地系統を示すものである。

計数に付随する誤差および誤差率を考慮すると、粗粒部分で粒度区分を細分するよりもむしろ、粘土・シルト・砂一三成分系として各試料をみなす方が、实际的であり、それでまた充分である。

各試料を三成分系として解析を行なった結果、識別されたグループは次の通りである。すなわち、水簸を施した粘土からなる素地(L)、高純度の粘土からなる素地(H)、砂質粘土からなる素地(S)、および混和を施した粘土からなる素地(T)の四種である。

相互識別の指標としては、砂%がかなり有効である。グループLとHの識別に関しては、砂%よりも水簸指数の方が望ましい。グループTとSの識別に関しては、砂%よりも混和指数の方が望ましいかもしれない。

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。

奈良教育大学地学教室宇宙物理学研究室・野村勉助教授には，データ解析にあたってマイクロコンピューター使用の便宜をはかっていただいた。また地学団体研究会京都支部奈良班の諸氏には，口頭発表の機会を与えていただきしかも有益な御教示を得ることができた。これらの方々なくしては，とうてい本研究をまとめることはできなかったであろう。ここに記し，衷心よりの御礼に替えさせていただく。

文 献

- 1) 平賀章三（1978）：奈良教育大学古文化財教育研究報告，第7号，61-67。
- 2) 佐原 真（1970）：考古学研究，第17巻，第2号，86-96。
- 3) 佐原 真（1971）：考古学研究，第17巻，第4号，81-90。
- 4) 佐原 真（1971）：考古学研究，第18巻，第1号，53-64。
- 5) 佐原 真（1971）：考古学研究 第18巻，第2号，70-80。
- 6) 佐原 真（1971）：考古学研究，第18巻，第3号，87-95。
- 7) 佐原 真（1972）：考古学研究，第18巻，第4号，89-102。
- 8) 清水芳裕（1977）：考古学と自然科学，第10号，45-51。
- 9) 田窪 宏・梅田甲子郎（1969）：考古学と自然科学，第2号，28-41。
- 10) 市川米太（1971）：考古学と自然科学，第4号，8-15。
- 11) 市川米太（1972）：奈良教育大学古文化財教育研究報告，第1号，8-15。
- 12) 沢田正昭（1972）：考古学と自然科学，第5号，91-99。
- 13) 久保武治・関本松生・市川米太（1975）：奈良教育大学古文化財教育研究報告，第4号，7-13。
- 14) 久保武治・三輪光晴・白柏忠士・市川米太（1976）：奈良教育大学古文化財教育研究報告，第5号，1-7。
- 15) 久保武治・芝崎清治・白柏忠士（1977）：奈良教育大学古文化財教育研究報告，第6号，9-15。
- 16) 平賀章三（1979）：奈良教育大学古文化財教育研究報告，第8号，1-10。
- 17) 三辻利一（1972）：考古学と自然科学，第5号，59-67。
- 18) 三辻利一（1973）：奈良教育大学古文化財教育研究報告，第2号，27-31。
- 19) 三辻利一・武内孝之・小山睦夫・市川米太・梅田甲子郎・大沢真澄・柏谷英雄・奥田 潤
栗岡誠司（1973）：考古学と自然科学，第6号，43-51。
- 20) 三辻利一（1976）：考古学と自然科学，第9号，65-76。

- 21) 三辻利一・武内孝之・中村 浩・桂川秀嗣・平賀章三・梅本秀樹 (1976) : 奈良教育大学古文化財教育研究報告, 第5号, 17—38。
- 22) 三辻利一・武内孝之・平賀章三・桂川秀嗣・藤井繁治・梅本秀樹 (1976) : 奈良教育大学古文化財教育研究報告, 第5号, 39—47。
- 23) 三辻利一・平賀章三・北 定男・中川良美 (1976) : 奈良教育大学古文化財教育研究報告, 第5号, 49—61。
- 24) 三辻利一・森島久伸・平賀章三 (1977) : 奈良教育大学紀要, 第26卷, 第2号, 107—123。
- 25) 三辻利一・円尾好宏・喜多孝行・新浜夕起子・西岡淑江 (1978) : 奈良教育大学紀要, 第27卷, 第2号, 45—61。
- 26) 三辻利一・赤阪賀世子・小池 進・工藤雅樹・渡辺泰伸 (1977) : 奈良教育大学古文化財教育研究報告, 第6号, 17—30。
- 27) 長友恒人・吉田武男・市川米太 (1977) : 奈良教育大学古文化財教育研究報告, 第6号 1—7。
- 28) 三辻利一 (1978) : 考古学と自然科学, 第11号, 49—69。
- 29) 長友恒人 (1978) : 考古学と自然科学, 第11号, 71—83。
- 30) 長友恒人・芝崎清治 (1978) : 奈良教育大学古文化財教育研究報告, 第7号, 15—19。
- 31) 佐原 真 (1970) : 考古学研究, 第16卷, 第4号, 107—124。
- 32) 平賀章三 (1978) : 奈良教育大学紀要, 第27卷, 第2号, 99—113。
- 33) 佐原 真 (1970) : 考古学研究, 第17卷, 第1号, 93—101。
- 34) 佐原 真 (1974) : 考古学研究, 第20卷, 第3号, 67—82。
- 35) Wentworth, C. K. (1922), *Journal of Geology*, Vol. 30, 377—392.
- 36) Shepard, A. O. (1965), "Ceramics for the Archaeologist", 5th ed., Carnegie Institution of Washington, Washington, D. C., 156—168.

**A Quantitative Classification of Fired Paste
Based on the Grain Size Composition
— In the Case of Potsherds from Makimuku Remains —**

SHOZO HIRAGA

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

(Received January 21, 1980)

A quantitative classification of the fired paste was carried out, based on the grain size composition, with the object of finding indices for mutual discrimination among various kinds of paste. 65 samples, from which 66 thin sections were analysed, are Hajiki potsherds excavated from Makimuku remains in Nara. These samples show the great variety of the time of production and of the origin presumed archaeologically.

It is more practical to regard each sample as three component system of clay, silt and sand, than to subdivide the class of grain size in the coarser or sand part, taking account of the error and their rates which are incidental at the time of point-counting. And that suffices to characterize various kinds of paste.

As a result of analysing each sample of three component system, four kinds of paste were discriminated. They are as follows: the paste of levigated clay (L), the one of high purity clay (H), the one of sandy clay (S), and the one of tempered clay (T).

As the index for mutual discrimination, sand% has the effectiveness considerably. On the discrimination between L and H, levigation index ($=\ln(\text{clay\%/sand\%})$) is preferable to sand%. On the case between T and S, tempering index ($=\ln(\text{sand\%/silt\%})$) may be so.