

# 大阪府下の窯跡出土埴輪の相互識別

三辻利一\*・吉田和美\*・大船孝弘\*\*・森田和伸\*\*\*

## 1 はじめに

埴輪をもつ古墳は多いが、埴輪はどこで作られたものかについては定説はない。また、各地に埴輪を焼成した窯跡も見つかっている。須恵器と同時に焼成した窯も知られている。これらの窯跡で焼成された埴輪がどこへ供給されていったかは古代史を考える上にも重要な問題であるが、これまでのところ殆んど解明されていないのが現状である。「埴輪の生産と流通」に関する研究もまた、外観上の観察を主体とする考古学的手法よりも、分析化学的手法による材質研究がより有効である。

近畿地方には古墳は多いが、とりわけ、奈良県下と大阪府下に集中する。奈良県下には埴輪を焼成した窯跡は見つかっていないが、大阪府下には北部の高槻市周辺に三島古墳群、生駒山系の西側の羽曳野市周辺に古市古墳群、南部の大阪湾に近い堺市周辺に百舌鳥古墳群の3大古墳群があり、それらの中にそれぞれ、新池窯、<sup>コンダ</sup>菅田白鳥窯・土師ノ里窯・野々上窯、梅町窯と埴輪を焼成した窯跡が発見されている。当然、これらの窯で焼成された埴輪は周辺の古墳に供給されているであろうが、その需要・供給の関係を胎土分析によって明らかにしようとするのが、この研究の目的である。この研究を遂行する上には、まず、前記の窯跡出土埴輪が相互識別できるかどうかが重要な問題となる。前報<sup>1)</sup>では Rb-Sr 分布図、K, Ca, Fe, Na 分布図などを使用して、これら窯跡出土埴輪の化学特性について報告したが、埴輪の移動に関する問題は古墳時代の考古学研究に大きな影響を与えるだけに、定量的に相互識別しておく必要がある。この点を重視して、今回は統計的手法を使って相互識別がどのように可能であるかについて論述した。

## 2 分析方法

須恵器同様、埴輪資料も粉碎したのち、直径 2 cm、厚さ 3 mm のペレットを作成した。蛍光X線分析法により、K, Ca, Fe, Rb, Sr の5元素を定量した。また、粉末試料の一部は京大原子炉で放射化分析した。Pn-1 照射穴（中性子束密度： $1.93 \times 10^{13} \text{n/cm}^2\text{-sec}$ ）で10分間照射し、1時間以上冷却したのち<sup>ガンマ</sup>γ線スペクトルを測定した。バックグラウンドを差し引いたピーク面積（カウント数）は冷却時間による放射能の減衰補正をしたのち、試料の単位質量当たりの放射能を求め、標準試料の放射能と比較した。同時に放射化した岩石標準試料 JG-1 を標準試料として Na を定量した。

---

\* 奈良教育大学化学教室：630 奈良市高畑町

\*\* 高槻市教育委員会：569 大阪府高槻市南平台5-21-1

\*\*\* 羽曳野市教育委員会：583 大阪府羽曳野市菅田

両法による分析値はいずれも JG-1 による標準化値で表示した。

窯間の相互識別、古墳出土埴輪の産地推定にはマハラノビスの汎距離を使用した。マハラノビスの汎距離の計算には日本電気製 PC-9801 Vm 2 型パソコンを使用した。

### 3 分 析 結 果

#### 3-1 窯跡出土埴輪の分析結果

分析した窯跡出土埴輪は新池窯 (15点)、梅町窯 (14点)、菅田白鳥窯 (18点)、土師ノ里窯 (14点)、野々上窯 (13点) の合計74点である。

表 1 各因子間の相関係数  
Table 1. Coefficient of correlation among K, Ca, Fe, Rb, Sr and Na indicators

|    | K | Ca   | Fe     | Rb     | Sr     | Na     |
|----|---|------|--------|--------|--------|--------|
| K  | — | 0.11 | - 0.05 | 0.51   | 0.17   | 0.35   |
| Ca |   | —    | 0.54   | - 0.23 | 0.93   | 0.75   |
| Fe |   |      | —      | - 0.37 | 0.39   | 0.34   |
| Rb |   |      |        | —      | - 0.23 | - 0.16 |
| Sr |   |      |        |        | —      | 0.87   |
| Na |   |      |        |        |        | —      |

はじめに、窯跡出土埴輪の全試料を使って各分析因子間の相関性を調べた結果を表 1 にまとめてある。便宜上、相関係数0.5以上をもって相関性があるとする、Kと Rb, Ca と Fe, Sr, Na, Sr と Na の間に正の相関性があることになる。相関性の高い複数の因子がある場合には、識別因子としてはそのうちのいずれかの一因子を抽出すればよい。Kと Rb では Rb 因子を採用した。表 2 に示すように、K 因子よりも Rb 因子の方が 3 母集団を相互識別する上に、正判別率が高かったからである。3 母集団とは地域によって分けられた三島群 (新池窯)、古市群 (菅田白鳥窯、土師ノ里窯、野々上窯)、百舌鳥群 (梅町窯) であり、この分け方の妥当性は前報<sup>1)</sup>の分布図からも十分理解できる。また、正判別率は次のようにして求めた。まず、全試料について三島群、古市群、百舌鳥群の重心からのマハラノビスの汎距離の二乗を計算し、もっとも近距離の母集団に各試料を配属させた。次に、各母集団の試料について、上の計算の結果、その母集団に配属させられた試料数をその母集団の全試料数で割って正判別率が求められた。例えば、表 2 によると、K 因子については三島群のものはわずか 7 % しか三島群に帰属しないのに対し、Rb 因子では 67 % が三島群に帰属した。全因子をみると、Ca と Sr 因子が高い正判別率を与えることが分かる。つまり、これらの母集団の埴輪を相互識別する上には Ca と Sr 因子がもっとも有効であり、K 因子がもっとも不利であることが理解できる。

表2 3母集団の埴輪の正判別率(%)

Table 2. Mutual discrimination among Mishima, Furuichi and Mozu groups by individual indicators

| 母集団名<br>因子名 | 三 島 群 | 百 舌 鳥 群 | 古 市 群 |
|-------------|-------|---------|-------|
| K           | 7     | 14      | 87    |
| Ca          | 67    | 71      | 93    |
| Fe          | 60    | 43      | 76    |
| Rb          | 67    | 50      | 73    |
| Sr          | 80    | 64      | 89    |
| Na          | 87    | 14      | 87    |
| Fe, Rb, Sr  | 100   | 79      | 98    |

次に, Ca, Sr, Na の3因子の中では, Ca と Sr に比べて Na 因子は不利であるから, まず, Na 因子を除去した。Ca と Sr とでは特別な理由はないが, Rb 因子と同時に測定できるという利点をとって Sr 因子を採用した。この結果, Rb, Sr, Fe の3因子によりハラノビスの汎距離の二乗を計算することにした。なお, 3母集団について各因子の平均値と標準偏差を表3に示す。

表3 窯跡出土埴輪の分析データ(平均値と標準偏差)

Table 3. Analytical data on haniwa pottery from Mishima, Mozu and Furuichi groups

| 母集団名<br>因子名 | Rb          | Sr          | Fe         |
|-------------|-------------|-------------|------------|
| 三 島 群       | 0.499±0.053 | 0.253±0.048 | 1.92±0.349 |
| 百 舌 鳥 群     | 0.433±0.027 | 0.346±0.051 | 2.28±0.485 |
| 古 市 群       | 0.408±0.057 | 0.558±0.145 | 2.81±0.548 |

Rb, Sr, Fe の3因子による窯跡出土埴輪の相互識別における正判別率は表2に示してある。三島群の埴輪は完全に他の2母集団の埴輪から識別された。百舌鳥群の埴輪の正判別率は79%であった。三島群と誤判別されるものが含まれていた。また, 古市群の埴輪は98%の正判別率で他の2母集団の埴輪から識別された。百舌鳥群と誤判別されるものが含まれていた。

この結果, Rb, Sr, Fe の3因子によって, これら3母集団間の相互識別はかなり高い程度で可能であることが分かった。三島群と古市群間の相互識別は完全であったが, 百舌鳥群の一部に三島群と, また一部に古市群と誤判別される場合があることが分かった。このことは前報<sup>1)</sup>の Rb-Sr 分布図からも理解される。

そこで, これら3因子を使って行った2群間判別の結果を図示してみよう。

図1には三島群、古市群間判別における  $D^2_{(1)}-D^2_{(2)}$  分布図を示す。 $D_{(1)}$  は三島群の重心からのマハラノビスの汎距離であり、 $D_{(2)}$  は古市群の重心からのマハラノビスの汎距離である。中央に引かれた傾線は統計的に理想的な2群間の境界線である。そうすると、三島群のすべての試料は  $D^2_{(1)} < 10$  の領域に分布した。一方、古市群の試料も1点を除いてすべて  $D^2_{(2)} < 10$  の領域に分布した。筆者らはこれまで多数の窯跡出土須恵器を分析してきたが、一窯跡、または一窯跡群を考えた場合、殆んどの試料は  $D^2 < 10$  の条件を満たした。これらのことから、 $D^2 < 10$  を1母集団に所属するための経験的必要条件と考えている。これは遺跡出土須恵器、埴輪の産地推定を行う上には非常に厳しい条件である。とりあえず、この厳しい条件で産地推定された結果を考古学者に活用してもらいたいと筆者は考えている。なお、図1には百舌鳥群の埴輪もプロットしてある。三島群と古市群の間に分布し、三島群、古市群の埴輪胎土とは少し異なった化学特性をもつことを示す。

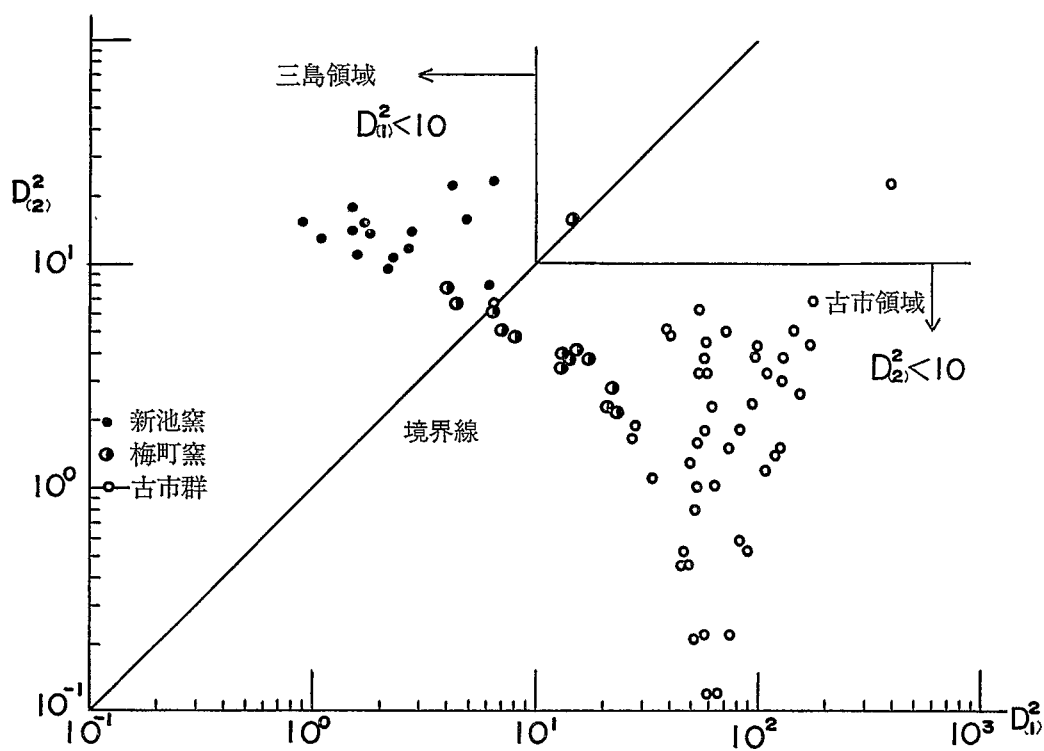


図1 三島群と古市群の埴輪の相互識別

Fig. 1. Mutual discrimination between Mishima and Furuichi groups

### 3-2 古墳出土埴輪の分析結果

三島群、および古市群内にある古墳から出土した埴輪の分析結果を  $D^2_{(1)}-D^2_{(2)}$  分布図上にプロットした結果を次に示す。

### 1) 今城塚古墳

真の継体天皇陵ではないかと云われている今城塚古墳出土埴輪の  $D^2_{(1)}-D^2_{(2)}$  分布図を図2に示す。いずれも境界線の三島側に分布する。14点中の9点は  $D^2_{(1)} < 10$  の領域に分布し、三島群産の埴輪であることを示す。5点は  $10 < D^2_{(1)} < 20$  の領域に分布する。一応、この5点の産地は保留しておくが、三島群産である可能性は高いとみられる。

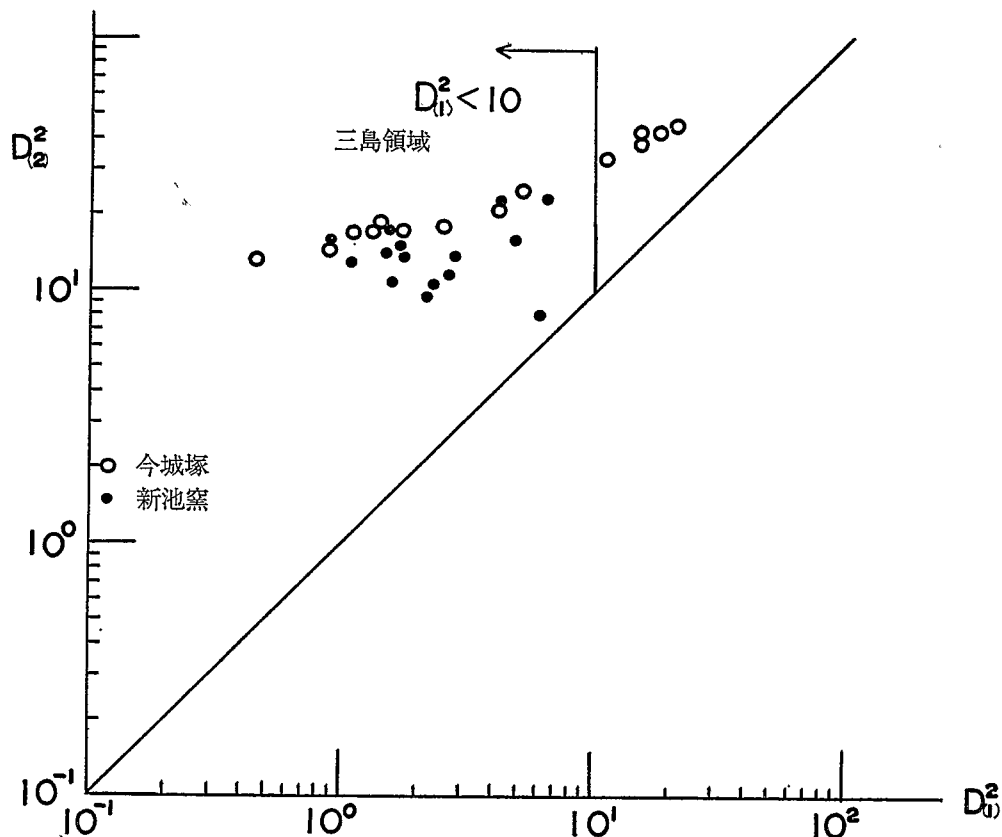


図2 今城塚古墳出土埴輪の産地推定

Fig. 2. Sourcing of haniwa pottery from Imashirozuka kofun

### 2) 屋神車塚古墳

図3に屋神車塚古墳の埴輪の  $D^2_{(1)}-D^2_{(2)}$  分布図を示す。2点を除く11点の試料は三島群側の  $D^2_{(1)} < 10$  の領域に分布しており、三島群産の埴輪とみられる。2点の埴輪の産地は保留する。

### 3) 継体陵古墳

図4に継体陵古墳出土埴輪の  $D^2_{(1)}-D^2_{(2)}$  分布図を示す。三島群側で  $D^2_{(1)} < 10$  の領域に分布する10点の試料は地元、三島群産の埴輪とみられる。 $D^2_{(1)}$  の値が14に近い1点の試料も三島群産の可能性は高い。しかし、境界線を乗り越えて古市群側に分布する2点の試料の産地は未定としておく。

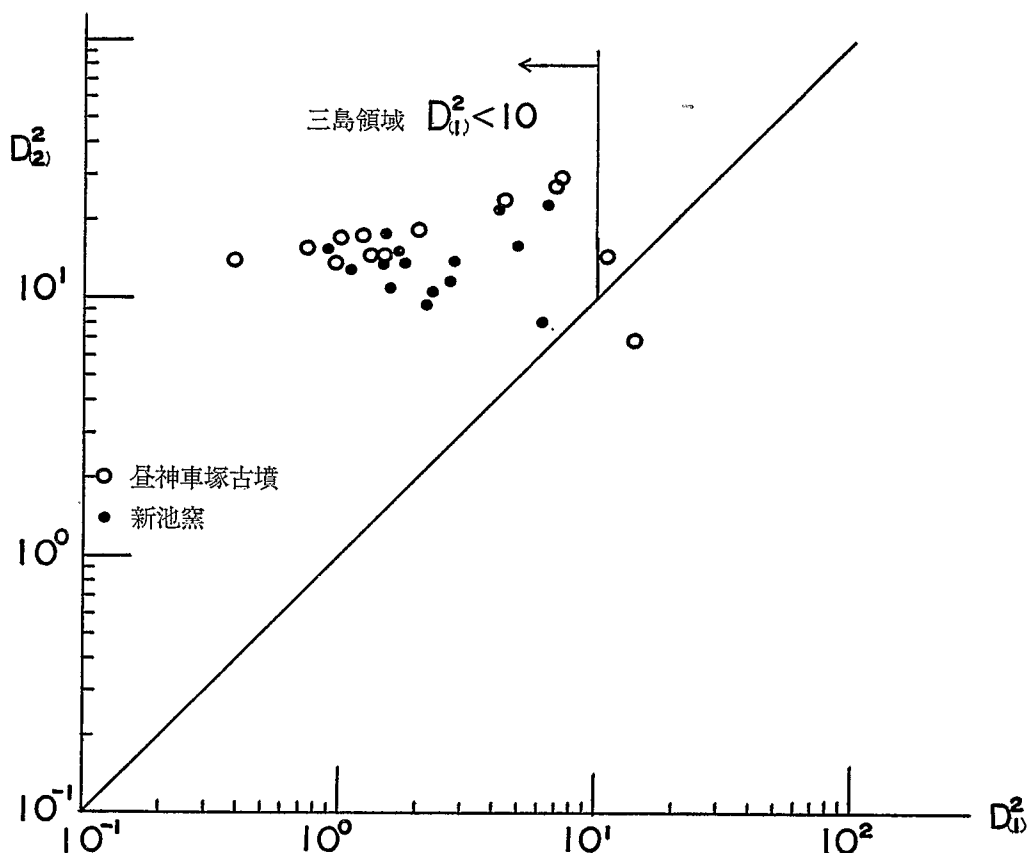


図3 昼神車塚古墳出土埴輪の産地推定

Fig. 3. Sourcing of haniwa pottery from Hirugamikurumazuka kofun

#### 4) 紅葦山古墳

図5に紅葦山古墳出土埴輪の  $D_{(1)}^2 - D_{(2)}^2$  分布図を示す。前記3基の古墳の埴輪とは違い、紅葦山古墳の埴輪は地元、三島群の領域には分布せず、古市群領域内に分布することが分かる。しかも、14点の試料はすべて  $D_{(2)}^2 < 10$  の領域に分布しており、古市群産の埴輪とみられる。古墳の埴輪は地元産であろうという予想に反し、別の古墳群内で作られた埴輪が初めて検出された訳である。言い換えれば、埴輪が移動する実例が初めて見い出されたことになる。今後、このような例が数多く見つければ、なぜ、埴輪は遠くから運び込まなければならないのかという理由を考えなければならない。同時に、このことは歴史研究に新たな材料を提供することになる。

#### 5) 山賀遺跡

山賀遺跡出土埴輪の  $D_{(1)}^2 - D_{(2)}^2$  分布図を図6に示す。7点の試料はすべて、古市群側で  $D_{(2)}^2 < 10$  の領域に分布し、地元、古市群産とみられる。

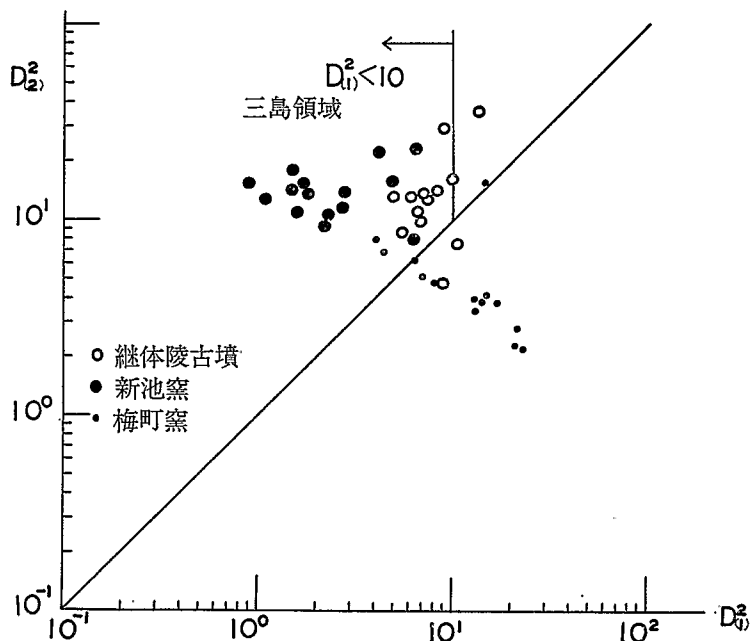


図4 継体陵古墳出土埴輪の産地推定

Fig. 4. Sourcing of haniwa pottery from Keitai's Emperor kofun

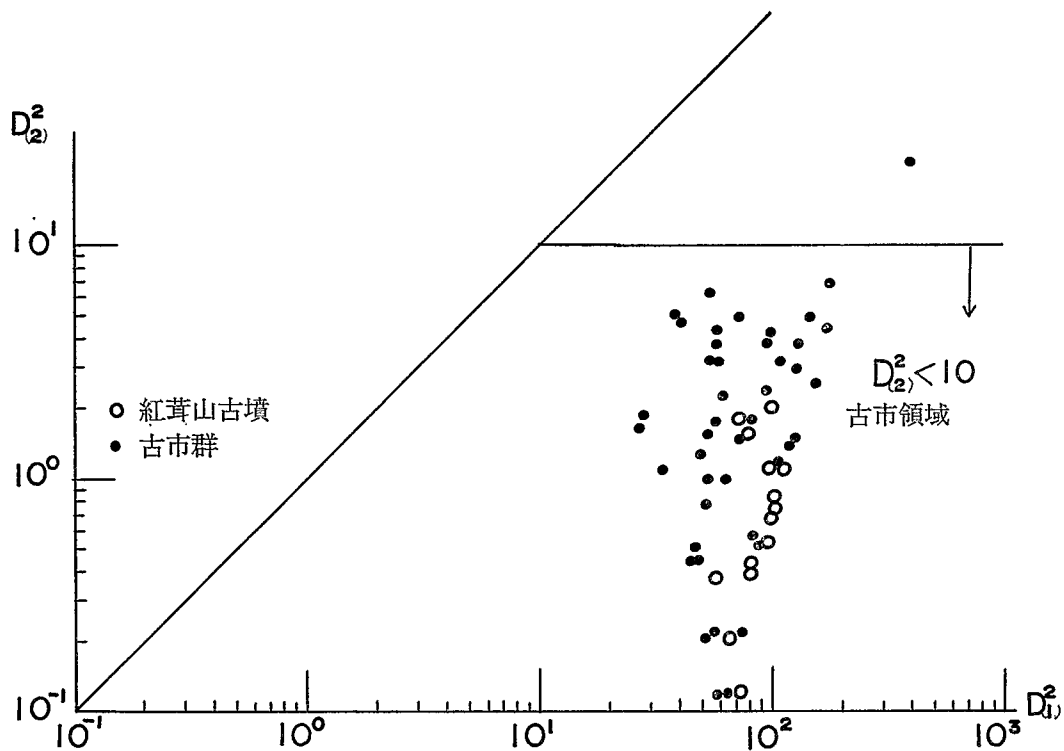


図5 紅茸山古墳出土埴輪の産地推定

Fig. 5. Sourcing of haniwa pottery from Benidakeyama kofun

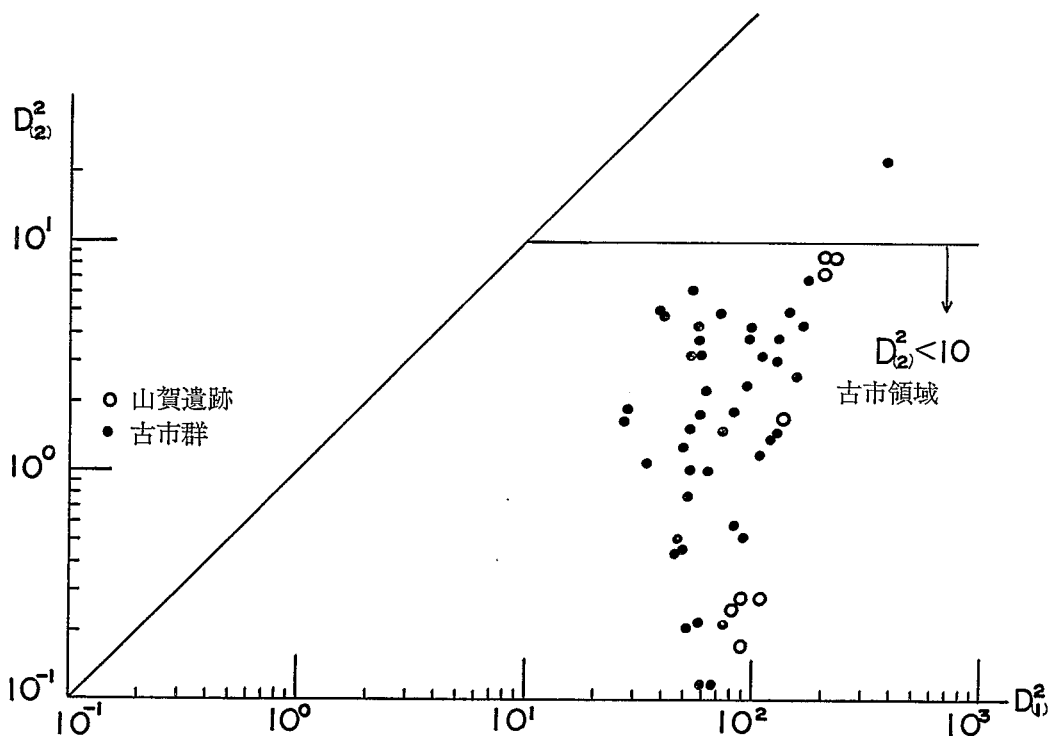


図6 山賀遺跡出土埴輪の産地推定

Fig. 6. Sourcing of haniwa pottery from Yamaga kofun

#### 6) 応神陵古墳

図7には応神陵古墳の埴輪の  $D_{(1)}^2 - D_{(2)}^2$  分布図を示す。12点の試料はすべて古市群側で、 $D_{(2)}^2 < 10$  の領域に分布し、地元、古市群産の埴輪であることを示す。

#### 7) 茶山古墳

$D_{(1)}^2 - D_{(2)}^2$  分布図を図8に示す。すべての試料は古市群側で、 $D_{(2)}^2 < 10$  の領域に分布し、地元、古市群産の埴輪であることを示す。

以上の結果は前報<sup>1)</sup>で作図法により推定した結果と一致する。前報の結果が統計的手法でも確認された訳である。

#### 8) 仁賢陵古墳

図9に仁賢陵古墳出土埴輪の  $D_{(1)}^2 - D_{(2)}^2$  分布図を示す。1点は三島群内に分布するが、他の多くは境界線上に百舌鳥群の埴輪と重なって分布する。この分布図だけをみると、仁賢陵古墳の埴輪は百舌鳥群と推定されよう。

しかし、ここで問題になるのは、仁賢陵古墳のすぐ側に古市群の野々上窯があることである。しかも、前報<sup>1)</sup>で述べたように古市群の中でも菅田白鳥窯と土師ノ里窯の埴輪胎土は類似するが、野々上窯の埴輪は Ca, Sr 量はやや少なく、異なる化学特性をもつことである。そのため、ここでは改めて、

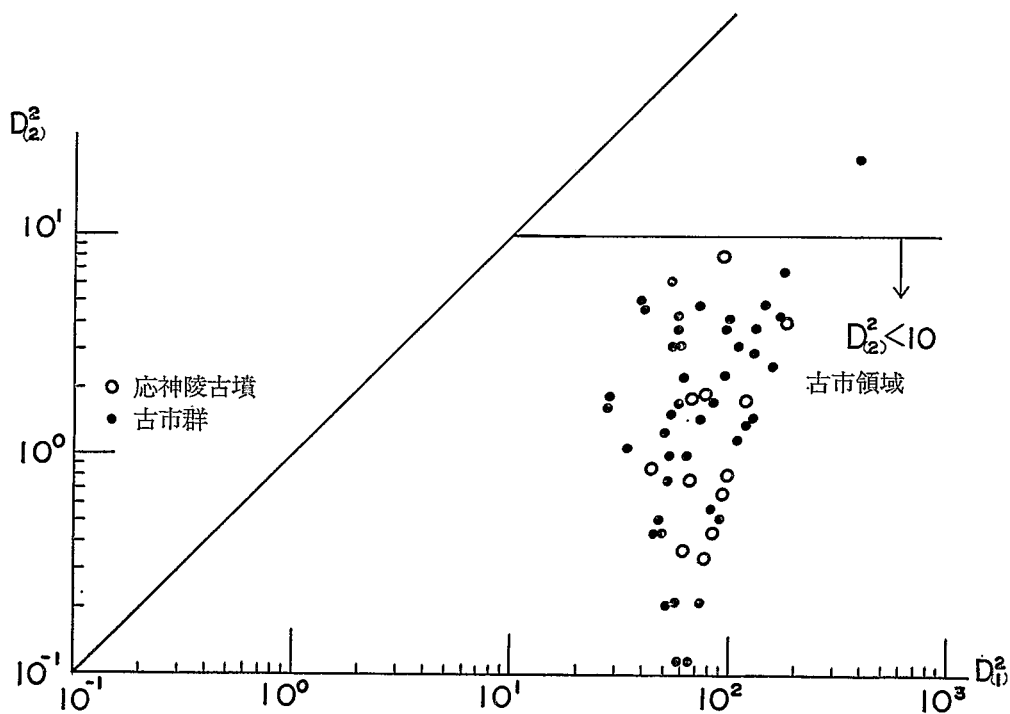


図7 応神陵古墳出土埴輪の産地推定  
Fig. 7. Sourcing of haniwa pottery from Ojin's Emperor kofun

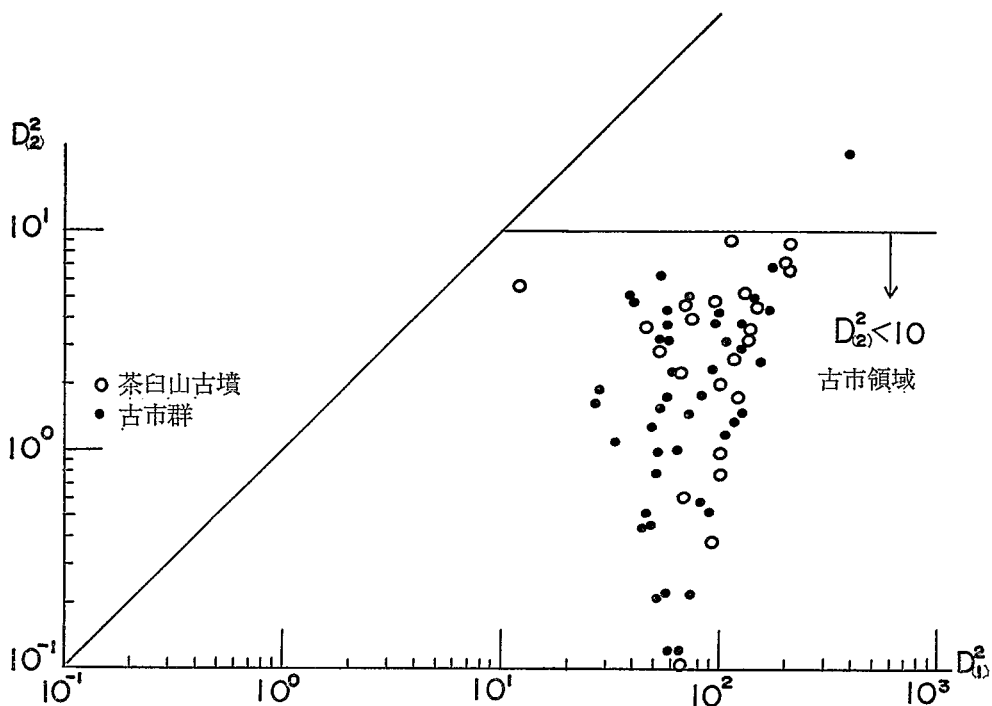


図8 茶山古墳出土埴輪の産地推定  
Fig. 8. Sourcing of haniwa pottery from Chayama kofun

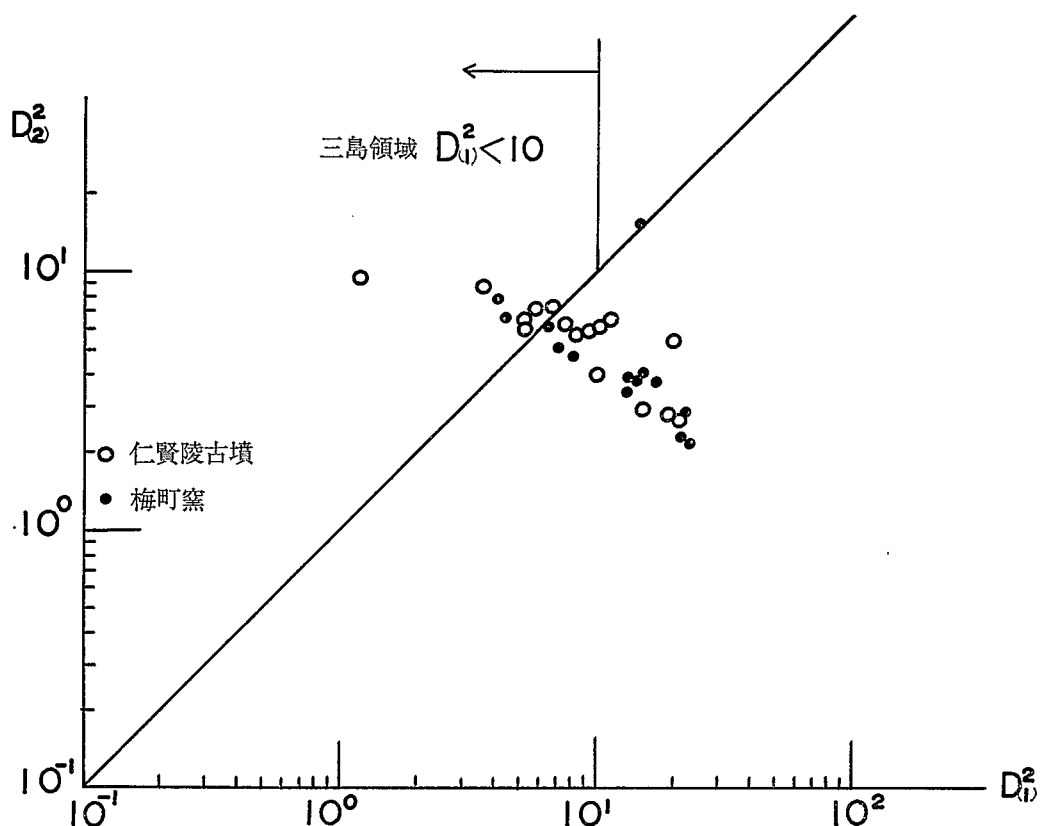


図9 仁賢陵古墳出土埴輪の産地推定

Fig. 9. Sourcing of haniwa pottery from Ninken's Emperor kofun

野々上窯と百舌鳥群（梅町窯）、三島群（新池窯）の相互識別から検討し直すことにした。

はじめに、三島群、百舌鳥群、野々上窯の3群間の相互識別を各因子ごとにマハラノビスの汎距離を使って行った結果を正判別率によって表4に示してある。K因子の正判別率が悪く、3群間の相互識別因子としては有効でないことを示す。残り5因子は有効であるが、ここでは蛍光X線分析による因子であるCa, Fe, Rb, Srの4因子による判別を試みた。その結果、3群間の相互識別は完全であることが分かった。その結果を $D^2_{(1)}-D^2_{(3)}$ 分布図として図10に示してある。 $D^2_{(3)}$ は百舌鳥群の重心からのマハラノビスの汎距離の二乗である。そうすると、三島群の埴輪はすべて、 $D^2_{(1)} < 10$ の領域に、また、百舌鳥群の埴輪はすべて、 $D^2_{(3)} < 10$ の領域に分布した。野々上窯の埴輪は右上部にこれら両群からずれて分布した。この分布図上に仁賢陵古墳出土埴輪をプロットしたのが図11である。3点は百舌鳥群内に分布したが、三島群領域に分布するものは境界線上に1点あるのみで、他の多くの埴輪は右上部にずれて分布した。この結果、仁賢陵の埴輪には三島群産のものはないとみてよいことが分かった。

そこで、次に仁賢陵の埴輪が野々上窯に帰属できるかどうかを検討した。図12には、百舌鳥群（梅

表4 三島群, 百舌鳥群, 野々上窯の埴輪の正判別率(%)

Table 4. Mutual discrimination among Mishima, Mozu and Furuichi groups by individual indicators

| 因子名 \ 母集団名     | 三 島 群 | 百 舌 鳥 群 | 野 々 上 窯 |
|----------------|-------|---------|---------|
| K              | 33    | 7       | 69      |
| Ca             | 73    | 57      | 85      |
| Fe             | 60    | 50      | 69      |
| Rb             | 73    | 64      | 100     |
| Sr             | 80    | 64      | 69      |
| Na             | 87    | 64      | 69      |
| Ca, Fe, Rb, Sr | 100   | 100     | 100     |

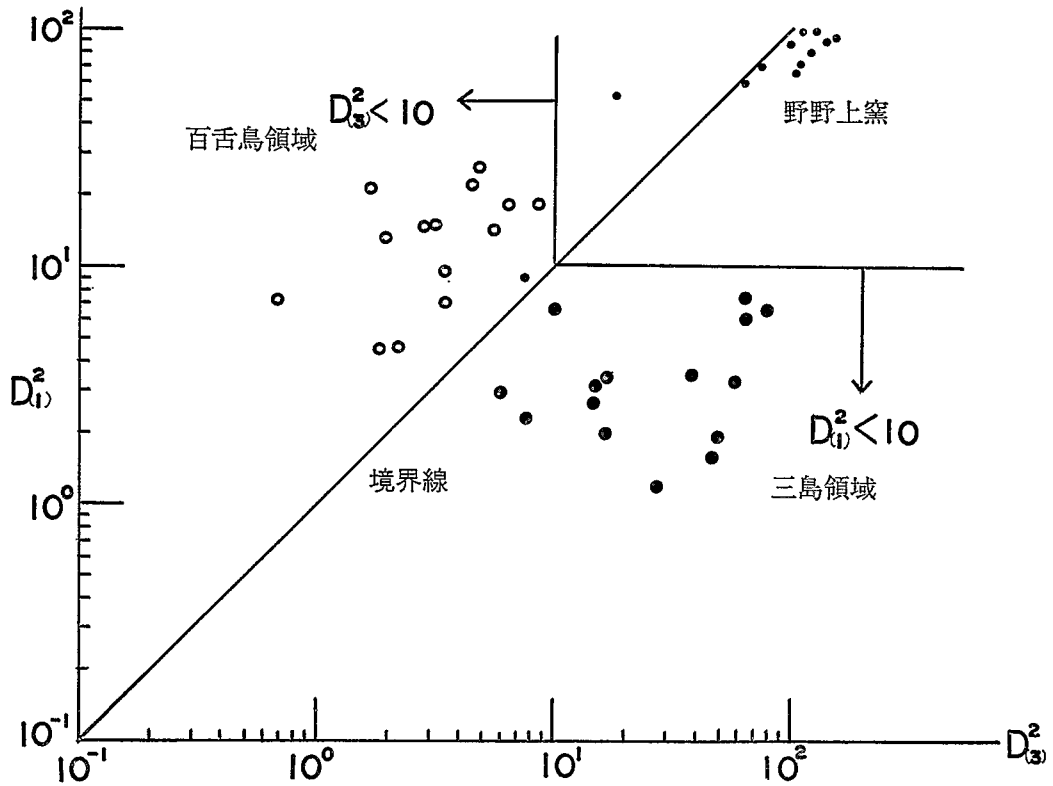


図10 三島群, 古市群, 野々上窯の埴輪の相互識別

Fig. 10 Mutual discrimination among Mishima, Furuichi and Nonoue groups

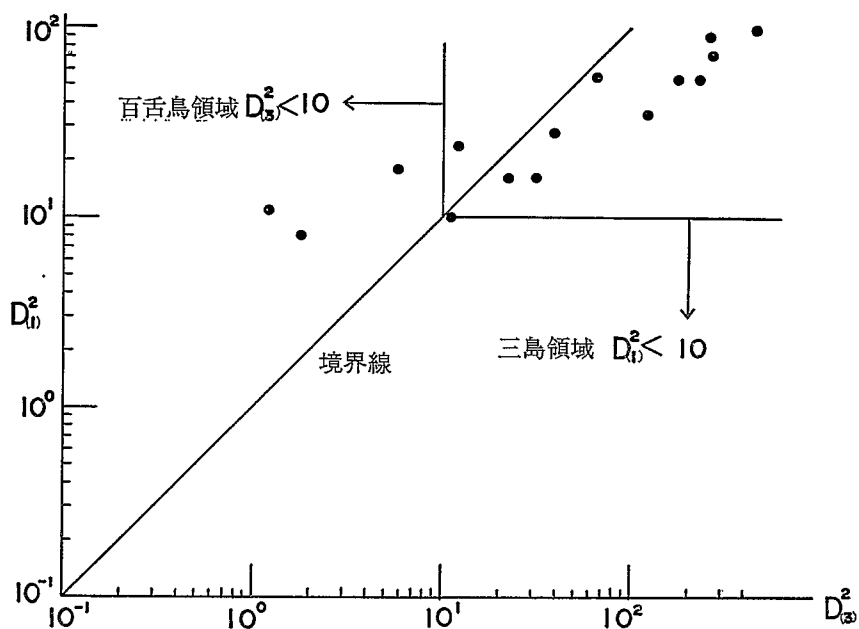


図11 Ca, Fe, Rb, Sr の4 因子による仁賢陵古墳出土埴輪の産地推定 (1)

Fig. 11. Sourcing of haniwa pottery from Ninken's Emperor kofun by Ca, Fe, Rb and Ss (1)

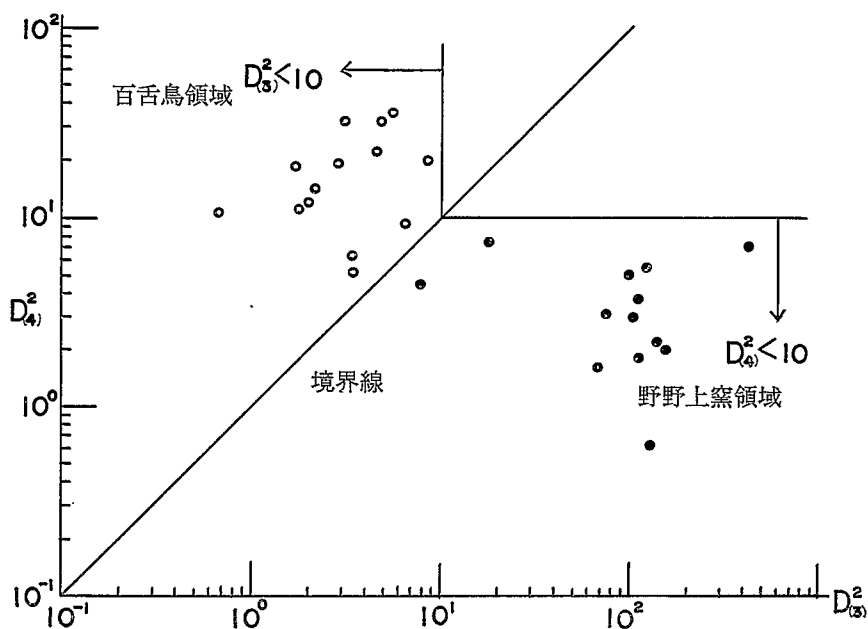


図12 百舌鳥群と野々上窯の相互識別

Fig. 12. Mutual discrimination between Mozu group and Nonoue kiln

町窯)と野々上窯の埴輪の2群間判別を Ca, Fe, Rb, Sr の4因子で行った結果を示してある。 $D^2_{(4)}$ は野々上窯の重心からのマハラノビスの汎距離の二乗である。そうすると、両群の埴輪は各々、 $D^2 < 10$ の条件を満たしていることが分かる。次に、この分布図上に仁賢陵の埴輪を分布させたのが図13である。図12と比較してみれば分かるが、野々上窯産の可能性が強い埴輪は野々上窯側で、 $D^2_{(4)} < 15$ の領域に分布した7点のみである。右上方にずれて分布した5点の埴輪は野々上窯とはいえない。産地未定としておく。また、百舌鳥群側で、 $D^2_{(3)} < 10$ の領域に分布した3点の埴輪は百舌鳥群産の可能性が強い。この結果、仁賢陵古墳には、すぐ近くにある野々上窯産の埴輪が検出されたといえよう。それと同時に、百舌鳥群産の埴輪も検出されたことになり、多元供給であったことを示した。

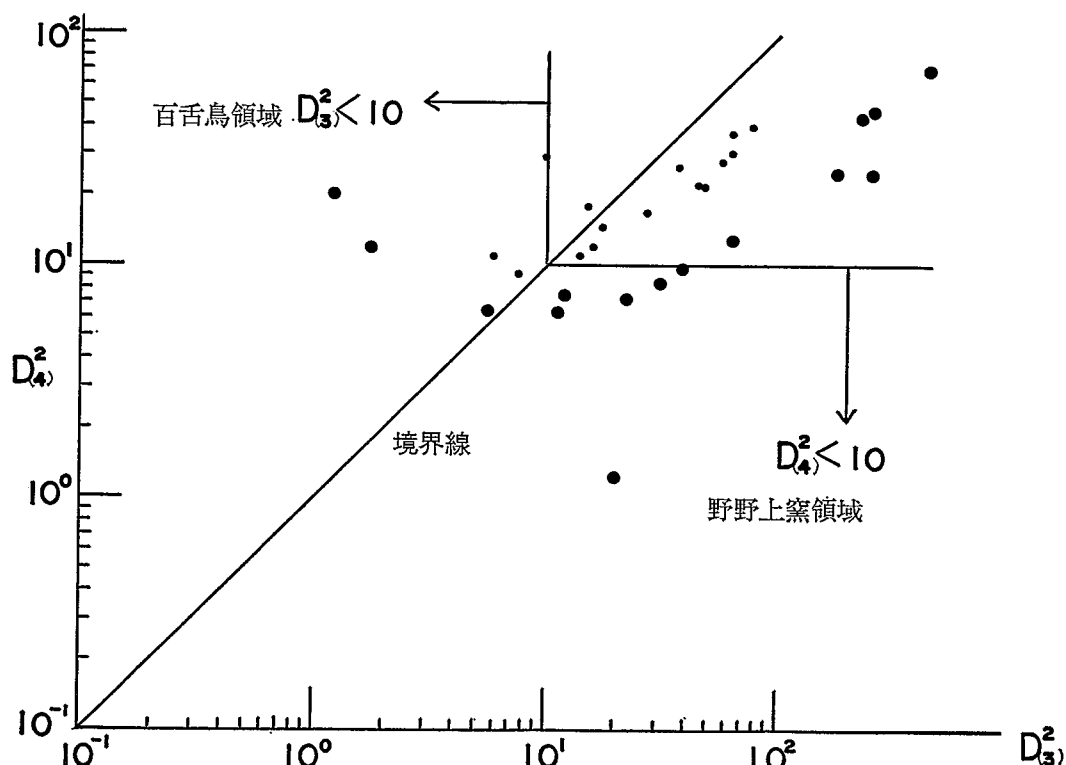


図13 Ca, Fe, Rb, Sr の4因子による仁賢陵古墳出土埴輪の産地推定(2)

Fig. 13. Sourcing of haniwa pottery from Ninke's Emperor kofun  
Ca, Fe, Rb and Sr

#### 4 ま と め

1) 三島古墳群、古市古墳群および百舌鳥古墳群産埴輪の相互識別が Fe, Rb, Sr の3因子によって可能であることが明らかになった。

2) 三島古墳群内の今城塚、昼神車塚、継体陵古墳の埴輪は地元の新池窯産であった。しかし、紅茸山古墳の埴輪は古市古墳群内の菅田白鳥・土師ノ里窯からの搬入品であった。

- 3) 古市古墳群内の山賀遺跡，応神陵，茶山古墳の埴輪は菅田白鳥，土師ノ里窯産であった。
- 4) 古市古墳群内の仁賢陵古墳の埴輪は野々上窯および百舌鳥群古墳内の梅町窯産のもの他に産地不明のものも含んでいた。多元供給であった。

## 文 献

- 1) 三辻利一・山本成顕・中橋賢人・大船孝弘・西口陽一（1984） 埴輪の蛍光X線分析（第1報）.  
X線分析の進歩 XVI：91—100.

# **Mutual Discrimination among Shinike, Umemachi and Furuichi Kilns Using Mahalanobis' Generalized Distances**

Toshikazu MITSUJI\*, Kazumi YOSHIDA\*, Takahiro OHFUNE\*\*  
and Kazunobu MORITA\*\*\*

\* Nara University of Education, Takabatake cho, Nara

\*\* Board of Education, Takatsuki city,

\*\*\*Board of Education, Habikino city

It is well known that there are three groups of ancient tomb sites called as Mishima, Mozu and Furuichi kofunguns in Osaka prefecture and that they have respectively the Haniwa kilns called as Shinike, Umemachi and Kondahakucho. In the previous paper, we reported that the Haniwa pottery from these kilns could be discriminated by the indicators such as Rb, Sr, and Na. In this paper we calculated Mahalanobis' generalized distance from the respective mother groups using three element such as Rb, Sr and Fe. Therefore, it was confirmed that the mutual discrimination among Shinike, Umemachi and Kondahakucho kilns was complete. This method was applied to sourcing the Haniwa pottery excavated from Imashirozuka, Hirugamikurumazuka, Keitai's Emperor, Benidakeyama, Yamaga, Ojin's Emperor, Chayama kofuns.

