

# 胎土組成による土器の分類について

## ——考古学事例への多変量解析手法の応用——

佐藤元彦

研究報告や調査報告などに、遺物や遺構の計測値、関連諸科学による分析成果などを基礎資料とした、数値を多量に用いた分析を利用する機会が増えてきている。そのため、対象データの項目数が多岐にわたり、比較区分が多数になる場合などでは、従来の処理方法では対処しづらい場面や処理に時間のかかる場合も多くなり、研究の進捗を妨げる一因をなしているとも考えられる。質的なものを量的なデータから処理する手段としては、心理学や生物学、医学などで用いられている数量化理論とか多変量解析と呼ばれる統計手法が存在し、データ処理の作業を効率的に進めるための手段の一つとして用いられている。当事業団が実施した出土遺物の胎土分析データに接する機会に恵まれたので、本稿では多変量を対象とする統計手法を考古学の分野に利用する一例として、この胎土組成の成分分析値を対象にとりあげ、データ間の関連を調べ、組成値に基づく土器の分類を試みた。

### 1 はじめに

古代群馬の様相を復元する研究の一環として、出土土器と生産地との関わりが研究され、その基礎資料の一つとして土器の成分分析が実施されている。胎土分析データの集成は、大江正行氏をはじめ、木津博明氏や大西正広氏らの研究成果の一部である。資料の提供にとどまらず、貴重など助言をいただいた。事実誤認や認識のいたらぬ点はひとえに筆者の責めを負うべきところである。

処理に際しては、対象遺物に対する考古学的な評価や組成分析手法に関する技術的な評価等は加えず、成分分析でえられた数値を生のままですべて利用している。酸化物の体裁で記録されているそれぞれの元素の含有率の数値の組み合わせをワンセットとし、一連の数値群の変動をそれぞれの試料の個性と位置づけ、試料間の比較に用いた。このデータ処理により得られた結果を考古学や化学等の観点から評価することは筆者の手に余る仕事であり、その道の専門家による講評を得たい。データの処理に際しては、Apple 社の Macintosh と YHP 社の Apollo DN4500 を用いた。Macintosh は、表計算用の市販ソフトを用いてデータの集計とグラフ等の作図に利用した。統計処理の大半は Apollo 上で行なった。SAS や SPSS 等の統計処理用のパッケージを用いるべきではあるが、生憎と利用できる状況になく、処理用のソフトは BASIC で記述されたものを pascal<sup>(1)</sup> に移植して用いた。処理プログラムとのデータのやりとりに伴う前処理・後処理は sed や awk を用いたシェル・スクリプトを利用した。データ処理に用いたプログラムのデータ処理部のソースをリストとして付した。また、分析に用いた統計処理プログラムは当事業団のネットワーク上

に公開した。

## 2 対象データについて

今回用いたデータは、群馬工業試験所に依頼して実施された、土器などの9元素9項目に関する蛍光X線分析の計測値を基としている。入手した資料総数は947件に及び各時代の試料や県内各地の粘土等も含まれるが、このうちで成分項目が全て記録されている917件を対象とした。

対象としたデータ相互間の相関係数の平均値は約0.933、その標準偏差はおよそ0.087であった。一般に、相関係数が0.8を越える場合は、強い相関関係が認められると判断されるので、組成の相異はいたって微細なものと推測される。相関係数等の類似性指標を分類の基準とした多次元尺度法や、外的基準によらないクラスター分析等の、資料個々の類似性を指標に用いて類別を行なう場合は、各グループ間の格差が判別され難く、区分のための線引きが難しいことが予想される。因に「下牧小竹遺跡」で黒耀石の原産地推定を行なった際に用いられている基準データ18件の相関係数を調べたところ、その平均値は約0.682、標準偏差はおよそ0.299であった。データ間の相関程度も今回のデータより低く、データの散らばり具合もかなり大きい。

全データを非計量多次元尺度法により二次元平面上に配置した結果を図1に示す。位置の算出に際しては、標準化したデータ相互間の相関係数を基とするが、6次元程度の空間に配置すべき性質のデータを2次元に圧縮しており、データ間の類似関係を示す概念図・模式図である。突出した試料<sup>(2)</sup>が見受けられるものの、大部分は中心部に密集しているが、密集地帯の所々に空隙が生じている。成分構成比のパターンとその類似程度によりグループが存在すると考えられるが、機械的な類別は難しい。また各グループの領域が互いに重複していることも予想される。

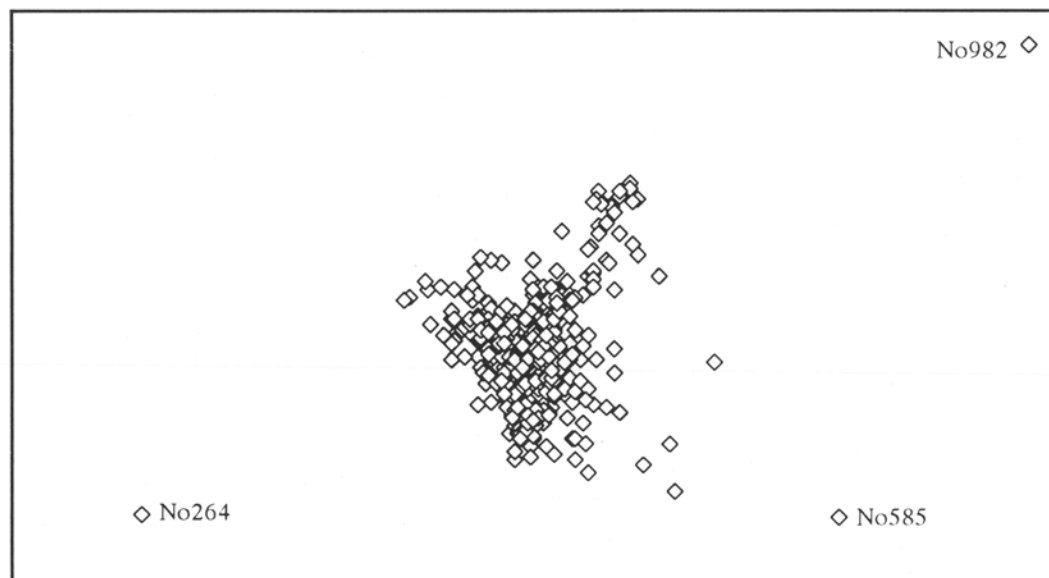


図1 分析試料917点の類似度に基づく分布

参考データではあるが、全データが同一の集団に属していると仮定し、データ個々について該当データを除いた残りの全データの平均値を期待値とする $\chi$ （カイ）二乗検定<sup>(3)</sup>をおこなったところ、総数の13%に相当する119件が5%の危険率で同一集団に属するとは考えられない値となった。また、得られた $\chi$ 二乗値の平均は3.91であった。自由度2の5%危険率の基準値は5.99<sup>(3)</sup>なので、この平均値からは、同一の集団ではないと断定できないが、なんらかの区分が可能であろう。考古学の見地からはおおまかな時代や種類・産地などに応じてグループを特定することも必要と考えられるので、成分値以外の外的基準を用いて処理対象を限定する必要がある。

### 3 基準データについて

図2は、データを縄文土器、弥生土器、埴輪、土師器、須恵器・瓦<sup>(4)</sup>に絞って、非計量多次元尺度法を用いて作成した分布図である。データ相互間の相関係数の平均値は約0.934、その標準偏差はおよそ0.069であった。各試料毎の組成パターンの疎遠・類似の程度が相互間の距離として表現されている。弥生土器がやや外れるものの、弥生土器、埴輪、須恵器・瓦は互いにかなり重複し合った分布をしている。この領域を含みながら縄文土器と土師器がその両側に分布している。それぞれの区分毎にある程度のまとまりを示し、更にそのまとまりの中を小区画に類別できると考えられるが、このレベルでも区分のための境界を定める基準を見いだしがたい。生の資料からグループを検出し、グループを意味づける方向での検証はいささか無理がある。そこで、グループに分ける基準として生産地を用いることとし、生産場所（窯）毎に基準・指標を作成し、この基準と試料を比較して帰属を判定する手法を用いることとする。基準資料としては、窯跡から採集された試料<sup>(5)</sup>を用いる。窯跡から採集された試料のデータを抽出したところ、須恵器及び瓦については105点が存在した。その他については、粘土や近代の試料を合わせても50点程度であった。須恵器および瓦以外についてはデータ量が不足するので、とくにことわりのない限り、須恵器と瓦

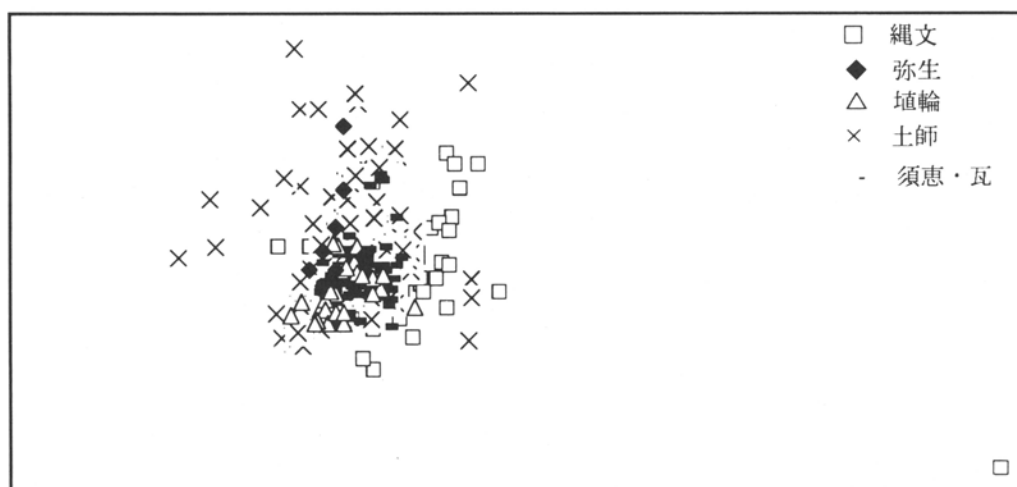


図2 類似度に基づく時代別の分布

に対象を限定して処理をすすめる。

917点の試料データの中から抽出した須恵器と瓦のデータ491点を、非計量多次元尺度法により二次元平面上に配置した結果を図3に示す。菱形が瓦の分布、×印が須恵器の分布を示す。相関係数の平均値は約0.958、標準偏差はおよそ0.058であった。

瓦は、大きく二分することが可能である。図の左下方は「中世瓦」の一群であり、中心部は「古代瓦」の一群である。両者の胎土組成の相異と、古代瓦と須恵器の胎土組成の類似性が認められる。右上方に単独で存在する瓦は日高遺跡から出土した資料であるが、他の瓦からは大きく隔たるものの須恵器の領域には収まる。左下方に単独で存在する×印は、熊野堂遺跡から出土した11世紀の試料であり、他の須恵器類と様相を異にしている。瓦の資料個々について、該当データを除いた残りのデータの平均値を期待値とする $\chi^2$ 乗検定を行なったところ、平均6.612の $\chi^2$ 乗値が得られた。自由度2の5%危険率の基準値は5.99なので、この平均値は基準値を上回っており、単一の集団で構成されるという仮定は棄却できる。須恵器の分布については、グループの存在が感じられるが、明瞭な区画は設定しがたい。須恵器の資料個々について、該当データを除いた残りのデータの平均値を期待値とする $\chi^2$ 乗検定を行なったところ、平均1.803の値が得られた。この場合の上側確率は4割程度であり、単一ではないという断定はできない。

窯跡から採集された試料は105点存在しており、その生産時期は6世紀から10世紀にわたっている。表1は判別対象のデータを11区分し、各窯跡群毎に集計したものである。表2と表3に窯毎の組成の特長を示す。窯跡群を単位として、その試料の成分毎の平均値が、資料全体での平均値に標準偏差を加えた値よりも大きな値を持つ場合に「値が高い」とし↑↑で示した。同様に、平

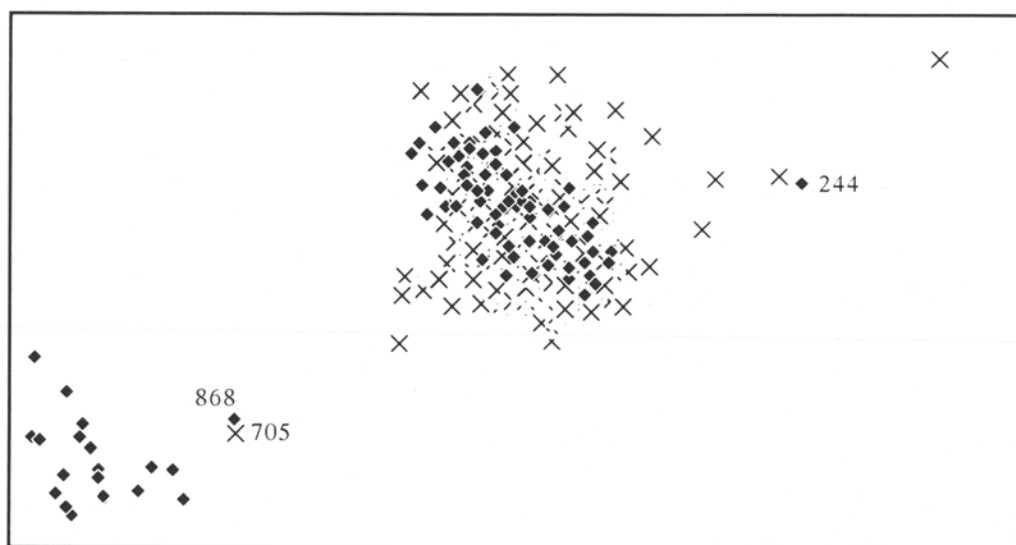


図3 須恵器および瓦の分布



均値から標準偏差を引いた値よりも小さな値の場合に「値が低い」とし↓で示した。その値と平均値の差が標準偏差の1割よりも大きい、標準偏差の値までは至らない場合に「比較的」という表現を用い、↑または↓で示した。成分毎のばらつきの判定にはその標準偏差の値を用いた。参考データではあるが、 $\chi^2$ 乗値の平均値の上側確率に基づき、5%以上の部分を「少ない・やや大きい・大きい」に3等分し、試料間のばらつきの評価に用いた。

美濃窯跡群試料は、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Sr/Rb}$ の値が低く、 $\text{K}_2\text{O}$ の値が高い。 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の値が比較的高く、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Ca/K}$ の値は比較的低い。また $\text{Al}_2\text{O}_3$ の値のばらつきは大きく、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Sr/Rb}$ の値のばらつきは小さい。試料間のばらつきがやや大きい。

月夜野窯跡群試料は、 $\text{TiO}_2$ の値が低く、 $\text{MgO}$ の値が比較的低い。試料間のばらつきが少ない。南比企窯跡群試料は $\text{K}_2\text{O}$ の値が低く、 $\text{SiO}_2$ の値は比較的高い。また $\text{SiO}_2$ の値のばらつきが小さい。試料間のばらつきは少ない。

藤岡窯跡群試料は、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の値が比較的低く、 $\text{TiO}_2$ の値が比較的高い。 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ の値のばらつきが大きく、 $\text{CaO}$ の値のばらつきは小さい。試料間のばらつきがやや大きい。

秋間窯跡群試料は、 $\text{Sr/Rb}$ の値が小さく、 $\text{Ca/K}$ の値が比較的低い。試料間のばらつきがやや大きい。

表1 窯跡群毎の成分値の平均値 註 AVは平均値 SDは標準偏差 Pは $\chi^2$ の上側確率

|        |    | $\text{SiO}_2$ | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{TiO}_2$ | $\text{CaO}$ | $\text{MgO}$ | $\text{K}_2\text{O}$ | $\text{Ca/K}$ | $\text{Sr/Rb}$ | $\chi^2$ | P   |
|--------|----|----------------|-------------------------|-------------------------|----------------|--------------|--------------|----------------------|---------------|----------------|----------|-----|
| 笠懸窯跡群  | AV | 63.46          | 22.98                   | 8.05                    | 1.03           | 1.19         | 0.74         | 1.44                 | 1.10          | 2.45           | 0.92     | 66% |
|        | SD | 2.55           | 2.29                    | 1.69                    | 0.11           | 0.34         | 0.28         | 0.27                 | 0.37          | 0.81           |          |     |
| 吉井窯跡群  | AV | 65.41          | 18.77                   | 5.56                    | 1.01           | 1.28         | 1.29         | 1.52                 | 1.27          | 2.34           | 1.85     | 43% |
|        | SD | 4.96           | 2.53                    | 1.93                    | 0.21           | 0.63         | 0.97         | 0.35                 | 1.00          | 0.63           |          |     |
| 月夜野窯跡群 | AV | 68.41          | 21.11                   | 3.80                    | 0.77           | 0.76         | 0.47         | 1.37                 | 0.78          | 2.06           | 0.59     | 78% |
|        | SD | 4.09           | 2.18                    | 0.98                    | 0.13           | 0.21         | 0.26         | 0.31                 | 0.22          | 0.62           |          |     |
| 秋間窯跡群  | AV | 70.31          | 19.85                   | 5.47                    | 0.99           | 0.45         | 0.93         | 1.62                 | 0.39          | 0.62           | 0.99     | 70% |
|        | SD | 4.07           | 2.83                    | 1.64                    | 0.13           | 0.13         | 0.26         | 0.31                 | 0.14          | 0.11           |          |     |
| 乗附窯跡群  | AV | 70.56          | 18.07                   | 4.85                    | 0.92           | 0.56         | 0.96         | 1.67                 | 0.51          | 1.12           | 0.95     | 65% |
|        | SD | 2.72           | 1.85                    | 1.31                    | 0.17           | 0.33         | 0.24         | 0.50                 | 0.44          | 0.65           |          |     |
| 新里窯跡群  | AV | 65.34          | 20.32                   | 4.69                    | 0.93           | 1.83         | 0.54         | 0.66                 | 3.86          | 5.48           | 0.92     | 72% |
|        | SD | 0.71           | 1.38                    | 0.36                    | 0.05           | 0.51         | 0.02         | 0.07                 | 1.29          | 2.14           |          |     |
| 太田窯跡群  | AV | 65.08          | 19.95                   | 7.52                    | 1.00           | 0.73         | 1.59         | 1.76                 | 0.58          | 1.47           | 0.58     | 75% |
|        | SD | 3.13           | 1.51                    | 1.09                    | 0.10           | 0.14         | 0.97         | 0.36                 | 0.09          | 0.26           |          |     |
| 中之条窯跡群 | AV | 63.37          | 22.20                   | 5.77                    | 1.02           | 0.80         | 0.88         | 0.90                 | 1.47          | 2.70           | 0.90     | 64% |
|        | SD | 2.11           | 1.93                    | 1.96                    | 0.30           | 0.14         | 0.49         | 0.64                 | 0.61          | 0.67           |          |     |
| 藤岡窯跡群  | AV | 68.85          | 17.72                   | 7.45                    | 1.11           | 0.85         | 0.92         | 1.35                 | 0.74          | 2.54           | 2.08     | 42% |
|        | SD | 4.79           | 3.98                    | 2.65                    | 0.21           | 0.05         | 0.27         | 0.37                 | 0.28          | 0.70           |          |     |
| 南比企窯跡群 | AV | 70.69          | 19.47                   | 5.05                    | 1.07           | 0.65         | 0.66         | 0.97                 | 0.84          | 2.41           | 0.66     | 74% |
|        | SD | 1.27           | 2.24                    | 0.98                    | 0.09           | 0.18         | 0.12         | 0.25                 | 0.40          | 0.76           |          |     |
| 美濃窯跡群  | AV | 72.08          | 20.98                   | 2.54                    | 0.87           | 0.22         | 0.56         | 2.15                 | 0.14          | 0.62           | 0.91     | 66% |
|        | SD | 3.48           | 3.25                    | 0.57                    | 0.09           | 0.14         | 0.19         | 0.29                 | 0.08          | 0.08           |          |     |
| 全試料    | AV | 67.87          | 20.32                   | 5.39                    | 0.94           | 0.82         | 0.81         | 1.44                 | 0.91          | 1.94           |          |     |
|        | SD | 4.37           | 2.77                    | 2.09                    | 0.17           | 0.47         | 0.48         | 0.45                 | 0.87          | 1.28           |          |     |

乗附窯跡群試料は、 $K_2O$  の値のばらつきが大きい。試料間のばらつきがやや大きい。

吉井窯跡群試料は、 $MgO$  の値が大きい。また  $SiO_2$ 、 $CaO$ 、 $MgO$ 、 $Ca/K$  の値のばらつきが大きい。試料間のばらつきがやや大きい。

太田窯跡群試料は、 $Fe_2O_3$ 、 $MgO$  の値が大きい。 $Al_2O_3$ 、 $Ca/K$ 、 $Sr/Rb$  の値は比較的低い。また  $MgO$  の値のばらつきは大きく、 $Al_2O_3$ 、 $Ca/K$  の値のばらつきは小さい。試料間のばらつきが少ない。

中之条窯跡群試料は、 $SiO_2$ 、 $K_2O$  の値が小さく、 $Al_2O_3$  の値が比較的高い。また  $TiO_2$ 、 $K_2O$  の値のばらつきは大きい。試料間のばらつきがやや大きい。

笠懸窯跡群試料は、 $Fe_2O_3$  の値が大きく、 $SiO_2$  の値は小さい。試料間のばらつきがやや大きい。

新里窯跡群試料は、 $CaO$ 、 $Ca/K$ 、 $Sr/Rb$  の値が大きく、 $K_2O$  の値は小さい。 $SiO_2$ 、 $Fe_2O_3$ 、 $TiO_2$ 、 $MgO$  の値は比較的低い。また、 $CaO$ 、 $Ca/K$ 、 $Sr/Rb$  の値のばらつきが大きく、その他の値のばらつきは小さい。試料間のばらつきがやや大きい。

基準資料を多次元尺度法古典解により二次元平面上に配置したものを図 4 に示す。相関係数の平均値は約 0.967、標準偏差はおよそ 0.026 である。窯毎にある程度のまとまりを示すものの、重複が著しい。また、成分値のばらつきや試料間のばらつきもあり、窯跡群単位の内部に小区画を想定する必要も感じられる。

表 2 平均値の傾向

|        | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | $TiO_2$ | $CaO$ | $MgO$ | $K_2O$ | $Ca/K$ | $Sr/Rb$ | $\chi^2$ |
|--------|---------|-----------|-----------|---------|-------|-------|--------|--------|---------|----------|
| 美濃窯跡群  | ↑       | ↑         | ↓↓        | ↓       | ↓↓    | ↓     | ↑↑     | ↓      | ↓↓      | ↓        |
| 月夜野窯跡群 | ↑       | ↑         | ↓         | ↓↓      | ↓     | ↓     | ↓      | ↓      |         | ↓        |
| 南比企窯跡群 | ↑       | ↓         | ↓         | ↑       | ↓     | ↓     | ↓↓     |        | ↑       | ↓        |
| 藤岡窯跡群  | ↑       | ↓         | ↑         | ↑       |       | ↑     | ↓      | ↓      | ↑       | ↑        |
| 秋間窯跡群  | ↑       | ↓         |           | ↑       | ↓     | ↑     | ↑      | ↓      | ↓↓      | ↓        |
| 乗附窯跡群  | ↑       | ↓         | ↓         | ↓       | ↓     | ↑     | ↑      | ↓      | ↓       | ↓        |
| 吉井窯跡群  | ↓       | ↓         |           | ↑       | ↑     | ↑↑    | ↑      | ↑      | ↑       |          |
| 太田窯跡群  | ↓       | ↓         | ↑↑        | ↑       | ↓     | ↑↑    | ↑      | ↓      | ↓       | ↓        |
| 中之条窯跡群 | ↓↓      | ↑         | ↑         | ↑       |       | ↑     | ↓↓     | ↑      | ↑       | ↓        |
| 笠懸窯跡群  | ↓↓      | ↑         | ↑↑        | ↑       | ↑↑    | ↓     |        | ↑      | ↑       | ↓        |
| 新里窯跡群  | ↓       |           | ↓         | ↓       | ↑↑    | ↓     | ↓↓     | ↑↑     | ↑↑      | ↓        |

表 3 標準偏差の傾向

|        | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | $TiO_2$ | $CaO$ | $MgO$ | $K_2O$ | $Ca/K$ | $Sr/Rb$ |
|--------|---------|-----------|-----------|---------|-------|-------|--------|--------|---------|
| 美濃窯跡群  | ↑       | ↑↑        | ↓↓        | ↓       | ↓     | ↓     | ↓      | ↓      | ↓↓      |
| 月夜野窯跡群 | ↑       | ↓         | ↓         | ↓       | ↓     | ↓     | ↓      | ↓      | ↓       |
| 南比企窯跡群 | ↓↓      | ↓         | ↓         | ↓       | ↓     | ↓     | ↓      | ↓      | ↑       |
| 藤岡窯跡群  | ↑↑      | ↑↑        | ↑↑        | ↑       | ↓↓    | ↓     | ↑      | ↓      |         |
| 秋間窯跡群  | ↑       | ↑         | ↑         | ↓       | ↓     | ↓     | ↓      | ↓      | ↓↓      |
| 乗附窯跡群  | ↓       | ↓         | ↓         | ↑       | ↑     | ↓     | ↑↑     |        |         |
| 吉井窯跡群  | ↑↑      | ↑         | ↑         | ↑       | ↑↑    | ↑↑    | ↑      | ↑↑     | ↓       |
| 太田窯跡群  |         | ↓↓        | ↓         | ↓       | ↓     | ↑↑    | ↑      | ↓      | ↓       |
| 中之条窯跡群 | ↓       | ↓         | ↑         | ↑↑      | ↓     | ↑     | ↑↑     | ↑      |         |
| 笠懸窯跡群  | ↓       |           | ↑         | ↓       | ↑     | ↓     | ↓↓     | ↓      | ↓       |
| 新里窯跡群  | ↓↓      | ↓↓        | ↓↓        | ↓↓      | ↑↑    | ↓↓    | ↓↓     | ↑↑     | ↑↑      |

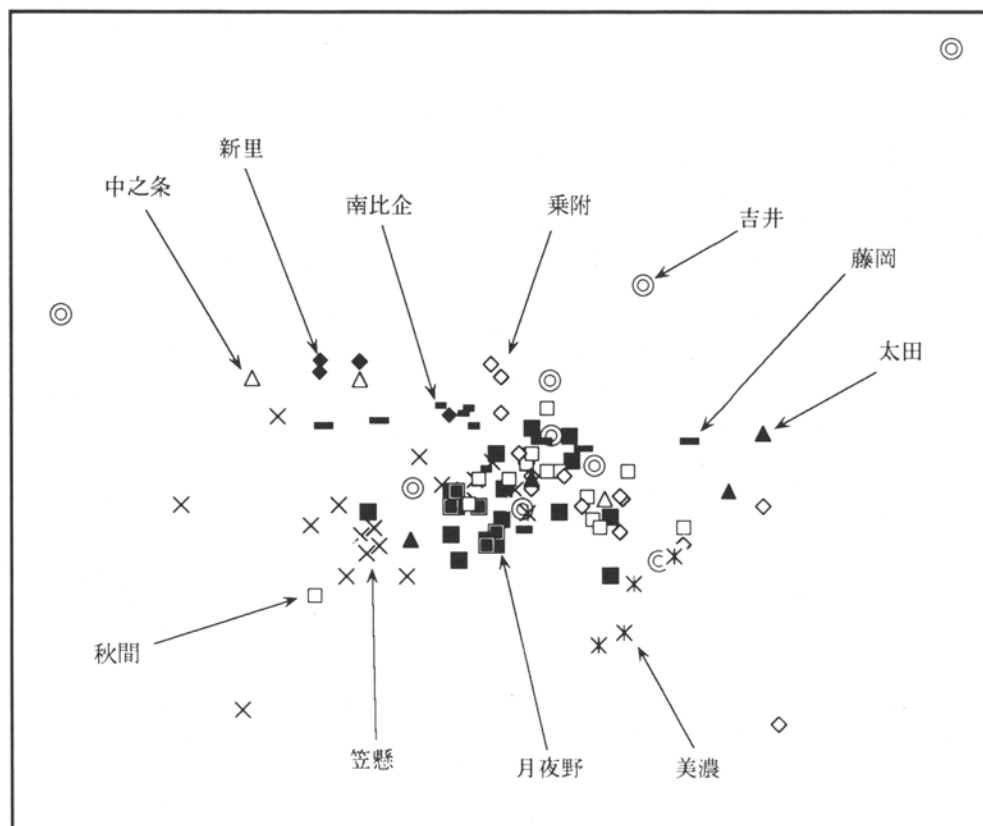


図 4 基準試料の窯毎の分布

表 4 基準試料11区分の自己分析結果

|           | 総 数  | 正 答 | 率    | 危険率   | 第 1 候 補 に 誤 認 さ れ た 窯 跡 群 |
|-----------|------|-----|------|-------|---------------------------|
| 笠 懸 窯 跡 群 | 17件  | 12件 | 71%  | 0.00% | 藤岡、南比企、太田、月夜野             |
| 吉 井 窯 跡 群 | 9件   | 5件  | 56%  | 0.06% | 乗附、新里、秋間                  |
| 月夜野窯跡群    | 23件  | 20件 | 87%  | 0.00% | 乗附、南比企                    |
| 秋 間 窯 跡 群 | 14件  | 12件 | 86%  | 0.00% | 乗附、太田                     |
| 乗 附 窯 跡 群 | 14件  | 6件  | 43%  | 0.09% | 美濃、藤岡、太田、南比企、月夜野、秋間       |
| 新 里 窯 跡 群 | 5件   | 4件  | 80%  | 0.03% | 中之条                       |
| 太田金山窯跡群   | 4件   | 3件  | 75%  | 0.28% | 笠懸                        |
| 中之条窯跡群    | 3件   | 2件  | 67%  | 2.33% | 月夜野                       |
| 藤 岡 窯 跡 群 | 4件   | 3件  | 75%  | 0.28% | 南比企                       |
| 南比企窯跡群    | 7件   | 7件  | 100% | 0.00% |                           |
| 美 濃 窯 跡 群 | 5件   | 5件  | 100% | 0.00% |                           |
|           | 105件 | 79件 | 75%  |       |                           |

#### 4 判別方法について

グループ間の格差を強調し、所属の不明な資料の帰属を判定する手法としては、判別係数や判別距離を用いた判別分析が知られている。成分値によるグループを判定するための尺度としてこの判別分析が用いえるか否か、また判別基準として出土窯跡群を用いえるか否かを確かめるために、判別基準となる基準資料を再帰的にその基準座標で判別し、表 4 をえた。<sup>(7)</sup>

平均して75%の正答率が得られた。いいかえれば4点に1点は判定に誤りが生じているが、判別距離から判断される比定候補の第3順位までには概ね帰属する窯が選定されている。吉井窯跡群試料、乗附窯跡群試料の成績が低い<sup>(8)</sup>が、このレベルでも偶然にこうした結果がえられる危険率はいたって低い。中之条窯跡群資料および太田窯跡群資料、藤岡窯跡群資料については試料点数の不足が危険率に現われている。判定の傾向としては、吉井窯跡群試料が乗附窯跡群に誤認される傾向が認められる。同様に秋間窯跡群試料は乗附窯跡群に、乗附窯跡群試料は秋間窯跡群に誤認される傾向が認められる。これらのグループの領域はかなり重複していると考えられる。

判別の対象となる成分項目を限定して同様の分析を行なったところ、 $\text{SiO}_2$ と $\text{Al}_2\text{O}_3$ を除外した場合は平均74%の正答率をえた。Ca/KとSr/Rbの項目を除外して行なった場合は平均72%の正答率をえた。微量に含まれている成分の違いが、窯毎の相異をもたらしていると考えられるが、CaO値と $\text{K}_2\text{O}$ 値については二度づつ使用したことになり重みが増えられたと考えられる。また、Ca/K値とSr/Rb値は<sup>(9)(15)</sup>相関程度が高いので重みが増わったと考えられる。

以上の試験結果が得られた。Sr/RbとCa/Kの二項目とその他の項目とではその属する単位系が異なることもあり、Sr/RbとCa/Kの項目を除外して主要元素7項目を処理対象とし、判定精度を若干向上させれば使用にたえうと考えられる。

全体に成分値のばらつきや試料間のばらつきがやや大きく、各群の重複領域が多い傾向にあるので、群毎の分布領域を細分化することで判別成績の向上を試みた。笠懸窯跡群試料、月夜野窯跡群試料、乗附窯跡群試料および秋間窯跡群試料をそれぞれ三つのグループに細分し、吉井窯跡群試料を二つのグループに細分したところ、89%の正答率がえられた。判別結果を表5に示す。領域の区切り方については、正答率が向上する方向で収束する組み合わせを試行錯誤で選定した。窯跡群という区分に依拠した以外では、試料の考古学的な評価を用いた組み合わせは行っていない。また、この時の第1候補の判別距離は、最小0.624、最大19.376、平均5.101が得られた。基準試料の9割が10未満の判別距離内に収まり、基準試料の三分の二については判別距離が6未満<sup>(7)</sup>であった。

上記以外のグループについては構成数が少ないこともあり細分は見合わせた<sup>(7)</sup>が、サンプル数が十分であれば、細分化を行なうことで更に正答率が向上すると推測される。

## 5 再び基準データについて

窯跡群というグループの中に更に内部区分を設けたことにより、分析基準が変更されたので、あらためて各グループ毎に集計し直したものを表6～8に示す。以下はその概要であるが、ここで述べている大小・高低は本稿で用いた基準資料間に認められる相対的な評価である。

美濃窯跡群試料は、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、CaOの値が低く、 $\text{K}_2\text{O}$ の値が高い。試料間のばらつきがやや大きく、二分される可能性も<sup>(7)</sup>うかがえるが、サンプル数が不足しているので判断しがたい。また、碓

表 5 基準資料と判別結果

註 Ca/KとSr/Rbの値は $\chi^2$ 二乗値に含まれていない。

| 笠懸窯跡群 1                   |                  |                                |                                |                  |      |      |                  |      |       |                |     |        |        |        |
|---------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|-------|----------------|-----|--------|--------|--------|
|                           | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | χ <sup>2</sup> | P   | 第 1 候補 | 第 2 候補 | 第 3 候補 |
| 201 山際窯須恵高台付坏(8 C)        | 64.60            | 22.50                          | 7.45                           | 0.96             | 1.02 | 1.01 | 1.48             | 0.79 | 2.31  | 0.67           | 72% | 笠懸 1◎  | 笠懸 3◎  | 笠懸 2◎  |
| 202 山際窯須恵蓋(8 C)           | 62.70            | 24.40                          | 7.73                           | 0.93             | 0.97 | 0.62 | 1.34             | 0.83 | 3.17  | 0.60           | 74% | 笠懸 1◎  | 笠懸 2◎  | 笠懸 3◎  |
| 788 笠懸窯跡群女瓦(8 C中)         | 60.95            | 23.50                          | 5.72                           | 0.93             | 0.66 | 0.31 | 1.08             | 0.61 | 1.75  | 0.54           | 76% | 笠懸 1◎  | 中之条◎   | 月夜野 2◎ |
| 789 笠懸窯跡群女瓦(8 C中)         | 65.80            | 21.31                          | 4.78                           | 0.80             | 0.86 | 0.60 | 1.16             | 0.75 | 2.25  | 0.95           | 62% | 笠懸 1◎  | 月夜野 3◎ | 中之条◎   |
| 平均値                       | 63.51            | 22.93                          | 6.42                           | 0.91             | 0.88 | 0.64 | 1.27             | 0.75 | 2.37  | 0.69           | 71% |        |        |        |
| 標準偏差                      | 2.13             | 1.33                           | 1.41                           | 0.07             | 0.16 | 0.29 | 0.18             |      |       |                |     |        |        |        |
| 笠懸窯跡群 2                   |                  |                                |                                |                  |      |      |                  |      |       |                |     |        |        |        |
|                           | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | χ <sup>2</sup> | P   | 第 1 候補 | 第 2 候補 | 第 3 候補 |
| 394 山際A窯女瓦(8 C後半～9 C前半)   | 61.60            | 24.00                          | 8.85                           | 1.04             | 1.29 | 0.78 | 1.50             | 1.18 | 2.24  | 0.04           | 98% | 笠懸 2◎  | 笠懸 1◎  | 笠懸 3◎  |
| 396 山際B窯女瓦(8 C後半～9 C前半)   | 63.70            | 22.80                          | 8.10                           | 0.90             | 1.09 | 0.51 | 1.62             | 0.92 | 2.18  | 0.39           | 82% | 笠懸 2◎  | 笠懸 1◎  | 笠懸 3◎  |
| 397 山際B窯女瓦(8 C後半～9 C前半)   | 63.40            | 23.70                          | 8.71                           | 1.07             | 1.35 | 0.63 | 1.24             | 1.49 | 2.93  | 0.13           | 94% | 笠懸 2◎  | 笠懸 3◎  | 笠懸 1◎  |
| 398 山際C窯女瓦(8 C後半～9 C前半)   | 63.80            | 23.20                          | 10.40                          | 1.03             | 1.84 | 0.27 | 1.98             | 1.31 | 2.3   | 0.28           | 87% | 笠懸 2◎  | 笠懸 3   | 笠懸 1   |
| 399 山際D窯女瓦(8 C後半～9 C前半)   | 60.70            | 26.70                          | 8.52                           | 1.11             | 1.59 | 1.11 | 1.93             | 1.14 | 3.58  | 0.51           | 77% | 笠懸 2◎  | 笠懸 3   | 笠懸 1   |
| 400 山際D窯女瓦(8 C後半～9 C前半)   | 62.90            | 26.20                          | 8.60                           | 1.20             | 1.64 | 1.15 | 1.14             | 1.98 | 3.86  | 0.34           | 84% | 笠懸 2◎  | 笠懸 3◎  | 笠懸 1   |
| 401 山際D窯須恵器(8 C後半～9 C前半)  | 57.90            | 19.80                          | 11.00                          | 1.17             | 1.36 | 0.47 | 1.20             | 1.57 | 2.1   | 1.31           | 52% | 笠懸 2◎  | 笠懸 3   | 藤岡     |
| 402 山際道路端須恵器(8 C後半～9 C前半) | 63.90            | 21.00                          | 10.70                          | 1.05             | 1.62 | 0.57 | 1.40             | 1.58 | 3.73  | 0.63           | 73% | 笠懸 2◎  | 笠懸 3   | 藤岡     |
| 403 山際E窯女瓦(8 C後半)         | 61.20            | 26.50                          | 8.61                           | 0.97             | 1.13 | 1.14 | 1.55             | 1.02 | 3.16  | 0.45           | 80% | 笠懸 2◎  | 笠懸 1◎  | 太田◎    |
| 平均値                       | 62.12            | 23.77                          | 9.28                           | 1.06             | 1.43 | 0.74 | 1.51             | 1.35 | 2.90  | 0.45           | 80% |        |        |        |
| 標準偏差                      | 1.99             | 2.42                           | 1.10                           | 0.09             | 0.25 | 0.33 | 0.30             |      |       |                |     |        |        |        |
| 笠懸窯跡群 3                   |                  |                                |                                |                  |      |      |                  |      |       |                |     |        |        |        |
|                           | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | χ <sup>2</sup> | P   | 第 1 候補 | 第 2 候補 | 第 3 候補 |
| 392 山際A窯須恵坏(8 C後半～9 C前半)  | 65.90            | 23.90                          | 6.35                           | 1.14             | 1.04 | 0.84 | 1.52             | 0.94 | 1.45  | 0.65           | 72% | 笠懸 3◎  | 秋間 3◎  | 笠懸 1◎  |
| 393 山際A窯女瓦(8 C後半～9 C前半)   | 67.90            | 19.10                          | 6.92                           | 1.08             | 1.08 | 0.87 | 1.53             | 0.97 | 1.65  | 0.44           | 80% | 笠懸 3◎  | 藤岡◎    | 栗附 3◎  |
| 395 山際A窯男瓦(8 C後半～9 C前半)   | 64.50            | 22.10                          | 6.85                           | 1.16             | 0.80 | 0.70 | 1.14             | 0.97 | 1.51  | 0.22           | 89% | 笠懸 3◎  | 中之条◎   | 南比企◎   |
| 404 山際E窯須恵大甕(8 C後半)       | 67.40            | 19.90                          | 7.52                           | 1.02             | 0.86 | 1.04 | 1.74             | 0.69 | 1.44  | 0.30           | 86% | 笠懸 3◎  | 太田◎    | 秋間 3◎  |
| 平均値                       | 66.43            | 21.25                          | 6.91                           | 1.10             | 0.95 | 0.86 | 1.48             | 0.89 | 1.51  | 0.40           | 82% |        |        |        |
| 標準偏差                      | 1.54             | 2.17                           | 0.48                           | 0.06             | 0.14 | 0.14 | 0.25             |      |       |                |     |        |        |        |
| 吉井窯跡群 1                   |                  |                                |                                |                  |      |      |                  |      |       |                |     |        |        |        |
|                           | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | χ <sup>2</sup> | P   | 第 1 候補 | 第 2 候補 | 第 3 候補 |
| 98 多比良支群五反田窯須恵大甕(8 C)     | 67.30            | 17.70                          | 3.00                           | 0.74             | 0.53 | 0.83 | 2.13             | 0.33 | 1.4   | 0.23           | 89% | 吉井 1◎  | 栗附 2◎  | 月夜野 2◎ |
| 99 多比良支群青龍寺窯須恵壺?(8 C)     | 69.80            | 20.20                          | 3.30                           | 0.87             | 0.36 | 0.49 | 1.54             | 0.3  | 3.16  | 1.00           | 61% | 吉井 1◎  | 栗附 2◎  | 美濃◎    |
| 292 吉井窯跡群 2 号灰原須恵坏(9 C末)  | 71.30            | 17.00                          | 4.02                           | 0.95             | 1.39 | 0.82 | 1.55             | 1.19 | 2.65  | 0.32           | 85% | 吉井 1◎  | 栗附 3◎  | 笠懸 3◎  |
| 297 吉井窯跡群 2 号灰原須恵羽釜(9 C末) | 71.30            | 15.70                          | 4.25                           | 0.68             | 1.39 | 0.70 | 1.47             | 1.25 | 2.4   | 0.55           | 76% | 吉井 1◎  | 月夜野 2◎ | 月夜野 3◎ |
| 平均値                       | 69.93            | 17.65                          | 3.64                           | 0.81             | 0.92 | 0.71 | 1.67             | 0.77 | 2.40  | 0.52           | 77% |        |        |        |
| 標準偏差                      | 1.89             | 1.89                           | 0.59                           | 0.12             | 0.55 | 0.16 | 0.31             |      |       |                |     |        |        |        |

## 吉井窯跡群 2

|                          | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | $\chi^2$ | P   | 第1候補  | 第2候補  | 第3候補  |
|--------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|-------|----------|-----|-------|-------|-------|
| 293 吉井窯跡群 2号灰原瓦(9 C末)    | 57.50            | 21.30                          | 7.45                           | 1.16             | 2.19 | 0.60 | 0.78             | 3.68 | 3.28  | 0.76     | 69% | 新里○   | 吉井 2  | 乗附 3  |
| 294 吉井窯跡群 1号窯須恵大形瓶(9 C末) | 61.80            | 18.00                          | 7.80                           | 1.17             | 1.51 | 2.50 | 1.55             | 1.28 | 1.71  | 2.16     | 34% | 吉井 2◎ | 乗附 3○ | 太田    |
| 295 吉井窯跡群 1号窯瓦(9 C末)     | 63.70            | 23.80                          | 6.70                           | 1.21             | 0.66 | 0.73 | 1.35             | 0.65 | 2.39  | 0.51     | 78% | 笠懸 3◎ | 秋間 3◎ | 秋間 2○ |
| 296 吉井窯跡群 1号窯須恵坏(9 C末)   | 60.30            | 18.00                          | 6.00                           | 1.20             | 1.73 | 3.23 | 1.62             | 1.41 | 1.85  | 0.35     | 84% | 吉井 2○ | 乗附 3  | 太田x   |
| 298 吉井窯跡群 2号窯瓦(9 C末)     | 65.70            | 17.20                          | 7.52                           | 1.15             | 1.76 | 1.67 | 1.71             | 1.35 | 2.23  | 0.94     | 63% | 吉井 2◎ | 乗附 3○ | 笠懸 3○ |
| 平均 値                     | 61.80            | 19.66                          | 7.09                           | 1.18             | 1.57 | 1.75 | 1.40             | 1.67 | 2.29  | 0.94     | 63% |       |       |       |
| 標準 偏差                    | 3.14             | 2.80                           | 0.73                           | 0.03             | 0.57 | 1.13 | 0.37             |      |       |          |     |       |       |       |

## 月夜野窯跡群 1

|                | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | $\chi^2$ | P   | 第1候補   | 第2候補  | 第3候補  |
|----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|-------|----------|-----|--------|-------|-------|
| 50 洞窯須恵坏(9 C)  | 68.60            | 18.40                          | 4.29                           | 0.82             | 0.70 | 1.12 | 1.49             | 0.62 | 1.79  | 0.22     | 89% | 月夜野 1◎ | 乗附 1◎ | 秋間 2◎ |
| 51 洞窯須恵大甕(9 C) | 65.70            | 18.70                          | 5.51                           | 1.02             | 0.48 | 0.97 | 1.36             | 0.47 | 0.86  | 0.23     | 89% | 月夜野 1◎ | 秋間 2◎ | 南比企◎  |
| 平均 値           | 67.15            | 18.55                          | 4.90                           | 0.92             | 0.59 | 1.05 | 1.43             | 0.55 | 1.33  | 0.23     | 89% |        |       |       |
| 標準 偏差          | 2.05             | 0.21                           | 0.86                           | 0.14             | 0.16 | 0.11 | 0.09             |      |       |          |     |        |       |       |

## 月夜野窯跡群 2

|                      | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | $\chi^2$ | P   | 第1候補   | 第2候補   | 第3候補   |
|----------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|-------|----------|-----|--------|--------|--------|
| 140 沢入A窯須恵坏(8 C中頃)   | 68.20            | 18.50                          | 2.42                           | 0.64             | 0.50 | 0.46 | 1.96             | 0.36 | 2.1   | 0.80     | 67% | 月夜野 2◎ | 吉井 1◎  | 美濃○    |
| 142 深沢C窯須恵器(10C中頃)   | 65.20            | 21.00                          | 2.94                           | 0.67             | 0.78 | 0.38 | 1.38             | 0.79 | 2.43  | 0.21     | 90% | 月夜野 2◎ | 吉井 1○  | 月夜野 3○ |
| 143 深沢C窯須恵坏(10C中頃)   | 66.10            | 23.00                          | 2.41                           | 0.66             | 0.90 | 0.43 | 1.46             | 0.84 | 3.24  | 0.25     | 88% | 月夜野 2◎ | 吉井 1○  | 月夜野 3○ |
| 144 深沢C窯須恵羽釜(10C中頃)  | 64.20            | 20.40                          | 3.04                           | 0.64             | 0.77 | 0.30 | 1.38             | 0.77 | 2.97  | 0.39     | 82% | 月夜野 2◎ | 吉井 1○  | 月夜野 3○ |
| 145 深沢C窯須恵羽釜(10C中頃)  | 66.00            | 20.30                          | 2.23                           | 0.62             | 1.05 | 0.40 | 1.46             | 0.99 | 3.04  | 0.39     | 82% | 月夜野 2◎ | 吉井 1○  | 月夜野 3○ |
| 165 深沢B窯須恵坏(10C前半)   | 67.00            | 22.00                          | 3.75                           | 0.89             | 1.06 | 0.31 | 1.24             | 1.14 | 1.94  | 0.03     | 99% | 月夜野 2◎ | 吉井 1◎  | 笠懸 1○  |
| 166 深沢B窯須恵甕(10C前半)   | 69.50            | 22.90                          | 4.64                           | 0.85             | 0.85 | 0.17 | 1.49             | 0.76 | 1.86  | 0.37     | 83% | 月夜野 2◎ | 月夜野 3◎ | 笠懸 1○  |
| 167 沢入A窯須恵大甕(8 C)    | 59.60            | 25.20                          | 4.53                           | 1.03             | 0.77 | 0.60 | 1.21             | 0.85 | 2.56  | 1.87     | 39% | 月夜野 2○ | 中之条○   | 笠懸 1○  |
| 168 須磨野A窯須恵器(10C前半)  | 69.90            | 22.00                          | 3.95                           | 0.78             | 1.02 | 0.06 | 1.64             | 0.83 | 1.69  | 0.19     | 91% | 月夜野 2◎ | 吉井 1○  | 月夜野 3○ |
| 169 須磨野A窯須恵羽釜(10C前半) | 71.60            | 21.40                          | 3.10                           | 0.78             | 1.01 | 0.07 | 1.64             | 0.82 | 1.4   | 0.37     | 83% | 月夜野 2◎ | 吉井 1○  | 美濃○    |
| 170 須磨野A窯須恵羽釜(10C前半) | 69.50            | 22.80                          | 3.90                           | 0.93             | 0.87 | 0.25 | 1.43             | 0.8  | 1.7   | 0.17     | 92% | 月夜野 2◎ | 吉井 1◎  | 月夜野 3○ |
| 171 須磨野A窯須恵羽釜(10C前半) | 69.90            | 24.50                          | 3.85                           | 0.93             | 1.01 | 0.39 | 1.43             | 0.93 | 1.58  | 0.57     | 75% | 月夜野 2◎ | 吉井 1○  | 月夜野 3○ |
| 平均 値                 | 67.23            | 22.00                          | 3.40                           | 0.79             | 0.88 | 0.32 | 1.48             | 0.82 | 2.21  | 0.47     | 79% |        |        |        |
| 標準 偏差                | 3.29             | 1.86                           | 0.82                           | 0.14             | 0.16 | 0.16 | 0.20             |      |       |          |     |        |        |        |

## 月夜野窯跡群 3

|                         | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | $\chi^2$ | P   | 第1候補   | 第2候補   | 第3候補   |
|-------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|-------|----------|-----|--------|--------|--------|
| 52 沢入窯須恵坏蓋(8 C)         | 70.60            | 18.40                          | 2.96                           | 0.67             | 0.57 | 0.76 | 1.75             | 0.43 | 1.92  | 0.28     | 87% | 吉井 1◎  | 月夜野 3◎ | 月夜野 2◎ |
| 53 沢入窯須恵大甕(8 C)         | 66.50            | 20.50                          | 5.14                           | 0.73             | 0.83 | 0.75 | 1.32             | 0.83 | 2.21  | 0.61     | 74% | 月夜野 3◎ | 笠懸 1◎  | 乗附 1◎  |
| 54 藪田遺跡月夜野窯跡群窯跡須恵坏(8 C) | 69.10            | 19.20                          | 4.29                           | 0.75             | 0.54 | 0.72 | 1.71             | 0.42 | 1.4   | 0.16     | 92% | 乗附 1◎  | 月夜野 3◎ | 月夜野 1◎ |
| 55 藪田遺跡月夜野窯跡群窯跡須恵坏(9 C) | 64.70            | 20.30                          | 4.94                           | 0.81             | 0.47 | 0.36 | 1.24             | 0.5  | 1.69  | 0.59     | 74% | 月夜野 3◎ | 乗附 1◎  | 月夜野 1◎ |
| 141 沢入A窯須恵坏(8 C中頃)      | 66.00            | 21.00                          | 5.19                           | 0.66             | 0.78 | 0.45 | 1.45             | 0.76 | 2.84  | 0.60     | 74% | 月夜野 3◎ | 乗附 1◎  | 乗附 1◎  |
| 160 沢入A窯須恵坏(8 C中頃)      | 69.10            | 24.00                          | 3.95                           | 0.71             | 0.58 | 0.43 | 0.88             | 0.87 | 1.76  | 1.07     | 59% | 月夜野 3◎ | 乗附 1○  | 笠懸 1○  |
| 161 沢入A窯須恵坏蓋(8 C中頃)     | 77.80            | 18.00                          | 3.50                           | 0.68             | 0.51 | 0.84 | 0.90             | 0.77 | 2.29  | 1.48     | 48% | 月夜野 3○ | 乗附 1○  | 秋間 2   |

|     |                |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |     |       |      |      |
|-----|----------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-------|------|------|
| 162 | 沢入A窯須恵坏蓋(8C中頃) | 77.40 | 17.50 | 2.76 | 0.62 | 0.48 | 0.41 | 0.56 | 1.14 | 2.5  | 2.43 | 30% | 月夜野3〇 | 乗附1  | 南比企  |
| 164 | 深沢B窯須恵坏(10C前半) | 71.50 | 22.90 | 4.55 | 0.94 | 0.99 | 1.31 | 1.31 | 1    | 1.29 | 0.81 | 67% | 月夜野3〇 | 笠懸3〇 | 南比企〇 |
|     | 平均値            | 70.30 | 20.20 | 4.14 | 0.73 | 0.64 | 0.63 | 1.24 | 0.75 | 1.99 | 0.89 | 64% |       |      |      |
|     | 標準偏差           | 4.68  | 2.20  | 0.91 | 0.10 | 0.18 | 0.21 | 0.39 |      |      |      |     |       |      |      |

秋間窯跡群 1

| 秋間窯群 Ⅰ |                   | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | χ <sup>2</sup> | P   | 第1候補 | 第2候補 | 第3候補 |
|--------|-------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|-------|----------------|-----|------|------|------|
| 406    | 八重巻窯須恵坏蓋(8C後半～9C) | 72.30            | 21.30                          | 4.43                           | 0.85             | 0.37 | 1.06 | 1.95             | 0.26 | 0.51  | 0.97           | 62% | 秋間1◎ | 乗附2◎ | 秋間2◎ |
| 407    | 八重巻窯須恵器(9C前半)     | 73.80            | 17.10                          | 5.05                           | 0.92             | 0.40 | 0.69 | 2.03             | 0.28 | 0.54  | 0.08           | 96% | 秋間1◎ | 乗附2◎ | 美濃◎  |
| 408    | 八重巻窯須恵器(9C後半)     | 71.60            | 19.00                          | 5.75                           | 1.01             | 0.73 | 0.89 | 1.57             | 0.64 | 0.75  | 0.43           | 81% | 秋間1◎ | 笠懸3◎ | 藤岡◎  |
| 409    | 日向窯須恵坏(8C初頭)      | 74.20            | 19.50                          | 3.95                           | 0.95             | 0.58 | 0.84 | 1.69             | 0.23 | 0.48  | 0.28           | 87% | 秋間1◎ | 乗附2◎ | 南比企◎ |
| 410    | 日向窯須恵坏(8C初頭)      | 74.60            | 15.10                          | 4.42                           | 0.93             | 0.45 | 0.82 | 2.19             | 0.28 | 0.79  | 0.65           | 72% | 乗附2◎ | 秋間1◎ | 美濃◎  |
| 411    | 苅稲窯須恵器(9C)        | 76.00            | 15.80                          | 3.83                           | 0.88             | 0.49 | 0.88 | 1.75             | 0.39 | 0.55  | 0.60           | 74% | 秋間1◎ | 乗附2◎ | 南比企◎ |
| 平均値    |                   | 73.75            | 17.97                          | 4.57                           | 0.92             | 0.50 | 0.86 | 1.86             | 0.35 | 0.60  | 0.50           | 78% |      |      |      |
| 標準偏差   |                   | 1.59             | 2.37                           | 0.72                           | 0.06             | 0.13 | 0.12 | 0.23             |      |       |                |     |      |      |      |

秋間窯跡群 2

| 秋間窯跡群 2 |                      |                                |                                |                  |      |      |                  |      |       |                |      |      |        |         |         |
|---------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|-------|----------------|------|------|--------|---------|---------|
|         | SiO <sub>2</sub>     | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | χ <sup>2</sup> | P    | 第1候補 | 第2候補   | 第3候補    |         |
| 7       | 苅稲 4 号窯須恵坏 (7 C)     | 66.90                          | 23.00                          | 4.48             | 1.09 | 0.46 | 1.69             | 1.19 | 0.53  | 0.78           | 0.58 | 75%  | 秋間 2 〇 | 月夜野 1 〇 | 中之条 〇   |
| 12      | 苅稲 2 号窯須恵坏 (8 ~ 9 C) | 68.90                          | 20.00                          | 4.76             | 0.89 | 0.30 | 1.14             | 1.75 | 0.24  | 0.46           | 0.02 | 99%  | 秋間 2 〇 | 乗附 1 〇  | 乗附 2 〇  |
| 413     | 苅稲窯須恵大甕 (9 C)        | 69.90                          | 19.80                          | 5.13             | 0.96 | 0.40 | 1.00             | 1.52 | 0.36  | 0.68           | 0.07 | 97%  | 秋間 2 〇 | 乗附 1 〇  | 月夜野 1 〇 |
| 415     | 苅稲窯女瓦 (9 C)          | 66.90                          | 18.90                          | 7.15             | 0.92 | 0.44 | 0.86             | 1.31 | 0.46  | 0.58           | 0.81 | 67%  | 秋間 2 〇 | 乗附 1 〇  | 太田 〇    |
| 416     | 苅稲窯女瓦 (9 C)          | 71.10                          | 20.70                          | 3.95             | 0.98 | 0.24 | 0.93             | 1.24 | 0.27  | 0.68           | 0.57 | 75%  | 秋間 2 〇 | 南比企 〇   | 乗附 1 〇  |
| 平 均 値   |                      |                                |                                |                  |      |      |                  |      |       |                |      |      |        |         |         |
|         | 68.74                | 20.48                          | 5.09                           | 0.97             | 0.37 | 1.12 | 1.40             | 0.37 | 0.64  | 0.41           | 81%  |      |        |         |         |
| 標 準 偏 差 |                      |                                |                                |                  |      |      |                  |      |       |                |      |      |        |         |         |
|         | 1.85                 | 1.55                           | 1.23                           | 0.08             | 0.09 | 0.33 | 0.23             |      |       |                |      |      |        |         |         |

秋間窯跡群 3

| 秋間窯群 3            |                  |                                |                                |                  |      |      |                  |      |       |                |     |      |      |      |  |
|-------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|-------|----------------|-----|------|------|------|--|
|                   | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | χ <sup>2</sup> | P   | 第1候補 | 第2候補 | 第3候補 |  |
| 405 八重巻窯女瓦(7 C後半) | 71.60            | 20.50                          | 6.50                           | 1.03             | 0.61 | 0.53 | 1.32             | 0.64 | 0.72  | 2.05           | 36% | 秋間3〇 | 笠懸3〇 | 秋間1〇 |  |
| 412 苅稻窯須恵坏(9 C)   | 61.60            | 26.30                          | 8.95                           | 1.38             | 0.38 | 0.88 | 1.70             | 0.31 | 0.64  | 2.65           | 27% | 秋間3〇 | 笠懸3〇 | 太田   |  |
| 414 苅稻窯須恵大甕(9 C)  | 65.00            | 20.90                          | 8.21                           | 1.03             | 0.51 | 0.82 | 1.42             | 0.5  | 0.58  | 0.32           | 85% | 秋間3〇 | 太田   | 笠懸3〇 |  |
| 平均 値              | 66.07            | 22.57                          | 7.89                           | 1.15             | 0.50 | 0.74 | 1.48             | 0.48 | 0.65  | 1.67           | 43% |      |      |      |  |
| 標準 偏差             | 5.08             | 3.24                           | 1.26                           | 0.20             | 0.12 | 0.19 | 0.20             |      |       |                |     |      |      |      |  |

乗附窯跡群 1

| 乗附窯跡群 1 |                    | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | χ <sup>2</sup> | P   | 第1候補 | 第2候補  | 第3候補  |
|---------|--------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|-------|----------------|-----|------|-------|-------|
| 97      | 乗附・観音山窯須恵大甕(8C)    | 69.80            | 17.70                          | 4.07                           | 0.70             | 0.60 | 1.02 | 1.74             | 0.45 | 1.02  | 0.71           | 70% | 乗附1〇 | 月夜野1〇 | 月夜野3〇 |
| 497     | でいせいじNo.2男瓦(10C前)  | 66.60            | 21.10                          | 5.82                           | 0.90             | 0.45 | 1.18 | 1.16             | 0.46 | 0.97  | 0.64           | 73% | 乗附1〇 | 秋間2〇  | 中之条〇  |
| 500     | でいせいじNo.6須恵甕(10C前) | 69.60            | 21.80                          | 4.00                           | 0.82             | 0.33 | 0.90 | 1.29             | 0.31 | 0.85  | 0.57           | 75% | 乗附1〇 | 月夜野3〇 | 秋間2〇  |
| 平均値     |                    | 68.67            | 19.26                          | 5.84                           | 0.90             | 0.44 | 0.78 | 1.29             | 0.45 | 0.78  | 0.64           | 73% |      |       |       |
| 標準偏差    |                    | 1.79             | 6.90                           | 2.60                           | 0.35             | 0.16 | 0.31 | 0.48             |      |       |                |     |      |       |       |

## 乗附窯跡群 2

|                              | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | $\chi^2$ | P   | 第1候補 | 第2候補  | 第3候補 |
|------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|-------|----------|-----|------|-------|------|
| 203 乗附窯跡群(南陽台)須恵坏(8 C)       | 75.20            | 16.20                          | 2.75                           | 0.99             | 0.29 | 1.28 | 2.25             | 0.14 | 0.51  | 0.43     | 81% | 乗附2◎ | 秋間1◎  | 美濃◎  |
| 204 乗附窯跡群(南陽台)須恵坏(8 C)       | 69.60            | 20.60                          | 4.26                           | 0.96             | 0.52 | 0.77 | 1.64             | 0.36 | 1     | 0.90     | 64% | 乗附2◎ | 秋間1◎  | 秋間2◎ |
| 418 小塚窯須恵坏(9 C)              | 70.20            | 15.70                          | 5.61                           | 0.87             | 0.61 | 0.97 | 1.85             | 0.45 | 1.15  | 0.59     | 74% | 乗附2◎ | 月夜野1◎ | 秋間1◎ |
| 419 小塚窯須恵坏(9 C)              | 69.30            | 17.50                          | 6.45                           | 0.78             | 0.44 | 0.98 | 2.78             | 0.22 | 1     | 1.50     | 47% | 乗附2◎ | 秋間1◎  | 秋間3  |
| 420 小塚窯女瓦(9 C)               | 72.70            | 16.60                          | 4.25                           | 0.81             | 0.35 | 0.64 | 1.96             | 0.24 | 0.78  | 0.10     | 95% | 乗附2◎ | 秋間1◎  | 美濃◎  |
| 421 小塚窯女瓦(8 C)               | 71.60            | 18.80                          | 3.75                           | 0.88             | 0.36 | 0.83 | 1.53             | 0.32 | 0.75  | 0.35     | 84% | 乗附2◎ | 秋間2◎  | 秋間1◎ |
| 499 でいせいじNo.5須恵瓶?(7 C後半)     | 75.40            | 17.00                          | 3.12                           | 0.82             | 0.19 | 0.38 | 1.71             | 0.13 | 0.47  | 0.99     | 61% | 乗附2◎ | 秋間1◎  | 美濃◎  |
| 502 でいせいじNo.9須恵大甕(7 C後半~8 C) | 73.10            | 17.20                          | 5.20                           | 0.82             | 0.31 | 1.11 | 2.13             | 0.18 | 0.48  | 0.19     | 91% | 乗附2◎ | 秋間1◎  | 秋間2◎ |
| 平 均 値                        | 72.14            | 17.45                          | 4.42                           | 0.87             | 0.38 | 0.87 | 1.98             | 0.26 | 0.77  | 0.63     | 80% |      |       |      |
| 標準偏差                         | 2.38             | 1.57                           | 1.26                           | 0.07             | 0.13 | 0.28 | 0.40             |      |       |          |     |      |       |      |

## 乗附窯跡群 3

|                         | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | $\chi^2$ | P   | 第1候補 | 第2候補 | 第3候補 |
|-------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|-------|----------|-----|------|------|------|
| 417 小塚窯須恵坏(9 C)         | 66.90            | 18.00                          | 7.25                           | 0.97             | 1.18 | 1.17 | 1.15             | 1.41 | 1.82  | 0.29     | 87% | 藤岡◎  | 乗附3◎ | 笠懸3◎ |
| 498 でいせいじNo.3須恵甕(8~9 C) | 68.40            | 17.60                          | 5.35                           | 1.27             | 1.07 | 1.09 | 1.18             | 1.2  | 2.45  | 0.12     | 94% | 乗附3◎ | 南比企◎ | 藤岡◎  |
| 501 でいせいじNo.8須恵大甕       | 69.40            | 17.20                          | 6.02                           | 1.26             | 1.11 | 1.07 | 1.08             | 1.25 | 2.4   | 0.07     | 96% | 乗附3◎ | 藤岡◎  | 南比企◎ |
| 平 均 値                   | 68.23            | 17.60                          | 6.21                           | 1.17             | 1.12 | 1.11 | 1.14             | 1.29 | 2.22  | 0.16     | 92% |      |      |      |
| 標準偏差                    | 1.26             | 0.40                           | 0.96                           | 0.17             | 0.06 | 0.05 | 0.05             |      |       |          |     |      |      |      |

## 新里窯跡群

|                        | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | $\chi^2$ | P   | 第1候補 | 第2候補 | 第3候補  |
|------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|-------|----------|-----|------|------|-------|
| 146 鶴ヶ谷窯須恵台付長頸壺?(7 C末) | 66.60            | 18.40                          | 5.30                           | 1.02             | 0.92 | 0.50 | 0.77             | 1.59 | 1.78  | 0.32     | 85% | 中之条◎ | 南比企◎ | 月夜野1◎ |
| 147 鶴ヶ谷窯須恵須恵小形甕(7 C末)  | 65.00            | 21.30                          | 4.60                           | 0.90             | 2.08 | 0.55 | 0.64             | 4.53 | 7.24  | 0.08     | 96% | 新里◎  | 月夜野2 | 中之条   |
| 148 鶴ヶ谷窯須恵小形甕(7 C末)    | 65.00            | 21.30                          | 4.50                           | 0.90             | 2.05 | 0.55 | 0.64             | 4.33 | 6.59  | 0.08     | 96% | 新里◎  | 月夜野2 | 中之条   |
| 149 鶴ヶ谷窯須恵甕(7 C末)      | 65.00            | 19.30                          | 4.37                           | 0.89             | 2.09 | 0.55 | 0.68             | 4.17 | 5.85  | 0.08     | 96% | 新里◎  | 吉井2  | 吉井1   |
| 150 鶴ヶ谷窯須恵広口甕(7 C末)    | 65.10            | 21.30                          | 4.66                           | 0.93             | 2.00 | 0.56 | 0.57             | 4.7  | 5.96  | 0.08     | 96% | 新里◎  | 中之条  | 月夜野2  |
| 平 均 値                  | 65.34            | 20.32                          | 4.69                           | 0.93             | 1.83 | 0.54 | 0.66             | 3.86 | 5.48  | 0.13     | 94% |      |      |       |
| 標準偏差                   | 0.71             | 1.38                           | 0.36                           | 0.05             | 0.51 | 0.02 | 0.07             |      |       |          |     |      |      |       |

## 太田金山窯跡群

|                 | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | $\chi^2$ | P   | 第1候補 | 第2候補 | 第3候補 |
|-----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|-------|----------|-----|------|------|------|
| 20 吉沢窯須恵坏(9 C)  | 64.30            | 21.70                          | 7.64                           | 1.09             | 0.74 | 2.75 | 1.91             | 0.54 | 1.51  | 0.64     | 73% | 太田◎  | 秋間2  | 秋間3  |
| 21 吉沢窯須恵坏(9 C)  | 67.00            | 18.50                          | 6.91                           | 0.96             | 0.85 | 2.03 | 2.19             | 0.54 | 1.1   | 0.30     | 86% | 太田◎  | 笠懸3◎ | 藤岡◎  |
| 22 龜山窯須恵大甕(6 C) | 68.00            | 18.90                          | 6.51                           | 0.87             | 0.53 | 0.94 | 1.42             | 0.51 | 1.69  | 1.06     | 59% | 乗附1◎ | 秋間2◎ | 太田◎  |
| 391 吉沢窯須恵坏(8 C) | 61.00            | 20.70                          | 9.00                           | 1.08             | 0.81 | 0.65 | 1.52             | 0.71 | 1.58  | 0.53     | 77% | 笠懸3◎ | 秋間3◎ | 太田◎  |
| 平 均 値           | 65.08            | 19.95                          | 7.52                           | 1.00             | 0.73 | 1.59 | 1.76             | 0.58 | 1.47  | 0.63     | 73% |      |      |      |
| 標準偏差            | 3.13             | 1.51                           | 1.09                           | 0.10             | 0.14 | 0.97 | 0.36             |      |       |          |     |      |      |      |



## 中之条窯跡群

|                      | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | $\chi^2$ | P   | 第1候補  | 第2候補  | 第3候補 |
|----------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|-------|----------|-----|-------|-------|------|
| 81 中之条町天代瓦窯1号窯女瓦(8C) | 62.10            | 23.90                          | 7.26                           | 1.25             | 0.71 | 0.65 | 0.55             | 1.72 | 3.14  | 0.64     | 73% | 中之条◎  | 南比企◎  | 笠懸3◎ |
| 82 中之条町天代瓦窯1号窯女瓦(8C) | 65.80            | 22.60                          | 3.55                           | 0.68             | 0.97 | 1.44 | 1.64             | 0.78 | 1.93  | 0.50     | 78% | 月夜野3◎ | 笠懸1◎  | 乗附1◎ |
| 83 中之条町天代瓦窯1号窯女瓦(8C) | 62.20            | 20.10                          | 6.49                           | 1.14             | 0.73 | 0.55 | 0.50             | 1.92 | 3.04  | 0.48     | 79% | 中之条◎  | 月夜野1◎ | 南比企◎ |
| 平 均 値                | 63.37            | 22.20                          | 5.77                           | 1.02             | 0.80 | 0.88 | 0.90             | 1.47 | 2.70  | 0.54     | 76% |       |       |      |
| 標 準 偏 差              | 2.11             | 1.93                           | 1.96                           | 0.30             | 0.14 | 0.49 | 0.64             |      |       |          |     |       |       |      |

## 藤岡窯跡群

|                    | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | $\chi^2$ | P   | 第1候補 | 第2候補  | 第3候補 |
|--------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|-------|----------|-----|------|-------|------|
| 212 鉦沢窯須恵蓋(8~9C)   | 65.70            | 22.70                          | 6.85                           | 1.28             | 0.87 | 0.68 | 0.94             | 1.07 | 2.15  | 3.17     | 21% | 笠懸3◎ | 南比企◎  | 乗附3◎ |
| 213 金山瓦窯須恵環(8~9C)  | 64.10            | 18.30                          | 11.35                          | 1.31             | 0.85 | 0.68 | 1.13             | 0.88 | 1.92  | 2.87     | 24% | 藤岡◎  | 秋間3◎  | 太田   |
| 790 藤岡窯跡群女瓦(8C中~後) | 74.40            | 13.08                          | 5.79                           | 0.93             | 0.90 | 1.13 | 1.74             | 0.52 | 2.6   | 3.01     | 22% | 藤岡◎  | 秋間1◎  | 乗附3◎ |
| 791 藤岡窯跡群女瓦(8C中~後) | 71.20            | 16.78                          | 5.79                           | 0.93             | 0.79 | 1.17 | 1.58             | 0.5  | 3.5   | 0.52     | 77% | 藤岡◎  | 月夜野1◎ | 秋間2◎ |
| 平 均 値              | 68.85            | 17.72                          | 7.45                           | 1.11             | 0.85 | 0.92 | 1.35             | 0.74 | 2.54  | 2.39     | 30% |      |       |      |
| 標 準 偏 差            | 4.79             | 3.98                           | 2.65                           | 0.21             | 0.05 | 0.27 | 0.37             |      |       |          |     |      |       |      |

## 埼玉南比企窯跡群

|                   | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | $\chi^2$ | P   | 第1候補 | 第2候補  | 第3候補  |
|-------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|-------|----------|-----|------|-------|-------|
| 205 将軍沢窯須恵環(8C)   | 69.30            | 20.60                          | 5.36                           | 1.14             | 0.89 | 0.60 | 0.71             | 1.47 | 3     | 0.14     | 93% | 南比企◎ | 乗附3◎  | 中之条◎  |
| 206 将軍沢窯須恵環(8C)   | 70.60            | 17.80                          | 7.06                           | 1.08             | 0.82 | 0.61 | 0.82             | 1.16 | 3.45  | 0.86     | 65% | 藤岡◎  | 南比企◎  | 乗附3◎  |
| 207 将軍沢窯須恵蓋(8C)   | 72.10            | 19.70                          | 4.83                           | 1.18             | 0.73 | 0.57 | 0.77             | 1.11 | 2.55  | 0.06     | 97% | 南比企◎ | 乗附3◎  | 藤岡◎   |
| 208 赤沼11号窯須恵環(8C) | 70.30            | 20.90                          | 4.14                           | 1.15             | 0.38 | 0.54 | 0.82             | 0.52 | 2.95  | 0.45     | 80% | 南比企◎ | 秋間2◎  | 月夜野1◎ |
| 209 赤沼11号窯須恵環(8C) | 71.80            | 16.00                          | 5.05                           | 0.94             | 0.55 | 0.71 | 1.17             | 0.54 | 1.67  | 0.84     | 66% | 南比企◎ | 月夜野1◎ | 秋間2◎  |
| 210 比砂田沼須恵環(8C)   | 71.80            | 18.50                          | 4.65                           | 0.96             | 0.51 | 0.90 | 1.20             | 0.5  | 1.64  | 0.10     | 95% | 南比企◎ | 秋間2◎  | 月夜野1◎ |
| 211 比砂田沼須恵環(8C)   | 68.90            | 22.80                          | 4.26                           | 1.04             | 0.67 | 0.70 | 1.33             | 0.58 | 1.62  | 0.88     | 64% | 南比企◎ | 笠懸3◎  | 秋間2◎  |
| 平 均 値             | 70.69            | 19.47                          | 5.05                           | 1.07             | 0.65 | 0.66 | 0.97             | 0.84 | 2.41  | 0.47     | 79% |      |       |       |
| 標 準 偏 差           | 1.27             | 2.24                           | 0.98                           | 0.09             | 0.18 | 0.12 | 0.25             |      |       |          |     |      |       |       |

## 美濃窯跡群

|                             | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Ca/K | Sr/Rb | $\chi^2$ | P   | 第1候補 | 第2候補 | 第3候補  |
|-----------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------|------------------|------|-------|----------|-----|------|------|-------|
| 287 岐阜県須衛古窯址天狗谷古窯環蓋(8C後半)   | 74.80            | 17.10                          | 2.85                           | 0.74             | 0.46 | 0.29 | 2.21             | 0.28 | 0.69  | 1.25     | 54% | 美濃◎  | 乗附2◎ | 秋間1◎  |
| 288 岐阜県須衛古窯址天狗谷古窯環蓋(7C後半)   | 69.20            | 22.50                          | 2.25                           | 0.86             | 0.15 | 0.65 | 2.34             | 0.1  | 0.53  | 0.35     | 84% | 美濃◎  | 乗附2◎ | 月夜野2  |
| 289 岐阜県須衛古窯址天狗谷古窯(8C後半)     | 72.80            | 22.70                          | 2.75                           | 0.94             | 0.15 | 0.49 | 1.63             | 0.13 | 0.62  | 0.27     | 87% | 美濃◎  | 秋間1◎ | 乗附2◎  |
| 290 岐阜県須衛古窯址天狗谷古窯灰軸環蓋(10C)  | 75.80            | 18.00                          | 1.70                           | 0.96             | 0.14 | 0.58 | 2.33             | 0.09 | 0.56  | 1.03     | 60% | 美濃◎  | 乗附2◎ | 秋間1◎  |
| 291 岐阜県須衛古窯址天狗谷古窯灰軸環蓋(7C後半) | 67.80            | 24.60                          | 3.13                           | 0.83             | 0.18 | 0.80 | 2.22             | 0.12 | 0.72  | 1.59     | 45% | 美濃◎  | 乗附2◎ | 月夜野2◎ |
| 平 均 値                       | 72.08            | 20.98                          | 2.54                           | 0.87             | 0.22 | 0.56 | 2.15             | 0.14 | 0.62  | 0.90     | 64% |      |      |       |
| 標 準 偏 差                     | 3.48             | 3.25                           | 0.57                           | 0.09             | 0.14 | 0.19 | 0.29             |      |       |          |     |      |      |       |

素の量に比較して、アルミニウムの量が多めと考えられる。

月夜野窯跡群試料 1 は、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  の値が比較的低い。 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  の値のばらつきが小さい。試料間のばらつきは少ない。また硅素の量に比較して、アルミニウムの量と鉄の量が少なめと考えられる。

表 6 平均値の傾向

月夜野窯跡群試料 2 は、 $\text{MgO}$  の値が低い。また、県内試料としては  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の値が低い。試料間のばらつきは少ない。また、硅素の量に比較して、鉄の量が少なめと考えられる。月夜野窯跡群試料 3 は、 $\text{TiO}_2$  の値が低い。 $\text{SiO}_2$  の値のばらつきが大きい。試料間のばらつきがやや大きい。

南比企窯跡群試料は、 $\text{K}_2\text{O}$  の値が低く、 $\text{SiO}_2$  の値が比較的高い。また、酸化鉄の量に比較して酸化チタンが少なめと考えられる。全体にばらつきは少なめであり、 $\text{SiO}_2$  の値のばらつきは小さい。試料間のばらつきは少ない。

藤岡窯跡群試料は、 $\text{CaO}$  の値のばらつきが小さく、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$  の値のばらつきが大きい。試料間のばらつきが大きく、二分されることも考えられるが、サンプル数が少ないので判断をひかえる。また、硅素の量に比較して、鉄の量が多めと考えられる。

秋間窯跡群試料 1 は、 $\text{SiO}_2$  の値が高い。また、県内試料

|          | $\text{SiO}_2$ | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{TiO}_2$ | $\text{CaO}$ | $\text{MgO}$ | $\text{K}_2\text{O}$ |
|----------|----------------|-------------------------|-------------------------|----------------|--------------|--------------|----------------------|
| 笠懸窯跡群 1  | ↓              | ↑                       | ↑                       | ↓              | ↑            | ↓            | ↓                    |
| 笠懸窯跡群 2  | ↓↓             | ↑↑                      | ↑↑                      | ↑              | ↑↑           | ↓            | ↑                    |
| 笠懸窯跡群 3  | ↓              | ↑                       | ↑                       | ↑              | ↑            | ↑            |                      |
| 吉井窯跡群 1  | ↑              | ↓                       | ↓                       | ↓              | ↑            | ↓            | ↑                    |
| 吉井窯跡群 2  | ↓↓             | ↓                       | ↑                       | ↑↑             | ↑↑           | ↑↑           | ↓                    |
| 月夜野窯跡群 1 | ↓              | ↓                       | ↓                       | ↓              | ↓            | ↑            |                      |
| 月夜野窯跡群 2 | ↓              | ↑                       | ↓                       | ↓              | ↑            | ↓↓           |                      |
| 月夜野窯跡群 3 | ↑              |                         | ↓                       | ↓↓             | ↓            | ↓            | ↓                    |
| 秋間窯跡群 1  | ↑↑             | ↓                       | ↓                       | ↓              | ↓            | ↑            | ↑                    |
| 秋間窯跡群 2  | ↑              |                         | ↓                       | ↑              | ↓            | ↑            | ↓                    |
| 秋間窯跡群 3  | ↓              | ↑                       | ↑↑                      | ↑↑             | ↓            | ↓            |                      |
| 乗附窯跡群 1  | ↑              | ↓                       | ↑                       | ↓              | ↓            |              | ↓                    |
| 乗附窯跡群 2  | ↑              | ↓↓                      | ↓                       | ↓              | ↓            | ↑            | ↑↑                   |
| 乗附窯跡群 3  |                | ↓                       | ↑                       | ↑↑             | ↑            | ↑            | ↓                    |
| 新里窯跡群    | ↓              |                         | ↓                       | ↓              | ↑↑           | ↓            | ↓↓                   |
| 太田窯跡群    | ↓              | ↓                       | ↑↑                      | ↑              | ↓            | ↑↑           | ↑                    |
| 中之条窯跡群   | ↓↓             | ↑                       | ↑                       | ↑              |              | ↑            | ↓↓                   |
| 藤岡窯跡群    | ↑              | ↓                       | ↑                       | ↑              |              | ↑            | ↓                    |
| 南比企窯跡群   | ↑              | ↓                       | ↓                       | ↑              | ↓            | ↓            | ↓↓                   |
| 美濃窯跡群    | ↑              | ↑                       | ↓↓                      | ↓              | ↓↓           | ↓            | ↑↑                   |

表 7 標準偏差の傾向

|          | $\text{SiO}_2$ | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{TiO}_2$ | $\text{CaO}$ | $\text{MgO}$ | $\text{K}_2\text{O}$ |
|----------|----------------|-------------------------|-------------------------|----------------|--------------|--------------|----------------------|
| 笠懸窯跡群 1  | ↓              | ↓                       | ↑                       | ↓              | ↓            |              | ↓                    |
| 笠懸窯跡群 2  | ↓              | ↑                       |                         | ↓              | ↑            | ↑            | ↑                    |
| 笠懸窯跡群 3  | ↓              |                         | ↓↓                      | ↓              | ↓            | ↓            | ↓                    |
| 吉井窯跡群 1  | ↓              | ↓                       | ↓                       | ↓              | ↑↑           | ↓            | ↑                    |
| 吉井窯跡群 2  | ↑              | ↑                       | ↓                       | ↓↓             | ↑↑           | ↑↑           | ↑                    |
| 月夜野窯跡群 1 | ↓              | ↓↓                      | ↓                       | ↑              | ↓            | ↓            | ↓↓                   |
| 月夜野窯跡群 2 | ↑              | ↓                       | ↓                       | ↑              | ↓            | ↓            | ↓                    |
| 月夜野窯跡群 3 | ↑↑             |                         | ↓                       | ↓              | ↓            |              | ↑                    |
| 秋間窯跡群 1  | ↓              |                         | ↓                       | ↓              | ↓            | ↓            | ↓                    |
| 秋間窯跡群 2  | ↓              | ↓                       | ↑                       | ↓              | ↓            | ↑            | ↓                    |
| 秋間窯跡群 3  | ↑↑             | ↑                       | ↑                       | ↑              | ↓            | ↓            | ↓                    |
| 乗附窯跡群 1  | ↓              | ↑↑                      | ↑↑                      | ↑↑             | ↓            |              | ↑↑                   |
| 乗附窯跡群 2  | ↓              | ↓                       | ↑                       | ↓              | ↓            |              | ↑                    |
| 乗附窯跡群 3  | ↓↓             | ↓↓                      | ↓                       | ↑              | ↓            | ↓            | ↓↓                   |
| 新里窯跡群    | ↓↓             | ↓                       | ↓↓                      | ↓              | ↑↑           | ↓            | ↓↓                   |
| 太田窯跡群    | ↑              | ↓                       |                         | ↓              | ↓            | ↑↑           | ↑                    |
| 中之条窯跡群   | ↓              | ↓                       | ↑↑                      | ↑↑             | ↓            | ↑            | ↑↑                   |
| 藤岡窯跡群    | ↑↑             | ↑↑                      | ↑↑                      | ↑↑             | ↓↓           | ↓            | ↑                    |
| 南比企窯跡群   | ↓↓             |                         | ↓                       | ↓              | ↓            | ↓            | ↓                    |
| 美濃窯跡群    | ↑              | ↑                       | ↓                       | ↓              | ↓            | ↓            |                      |

としては $K_2O$ の値が高い。全体に値のばらつきが少なめである。試料間のばらつきは少ない。

秋間窯跡群試料 2 は、県内試料としては $CaO$ の値が低い。鉄の量に比較してチタンが少なめと考えられる。試料間のばらつきは少ない。 秋間窯跡群試料 3 は、 $Fe_2O_3$ 、 $TiO_2$ の値が高い。 $SiO_2$ の値のばらつきが大きい。試料間のばらつきがやや大きい、これはNa412の試料が他と異なる事に由来しているとも考えられるが、1 および 2 に含まれないものの集合という意味合いの方が強いと考えられる。

乗附窯跡群試料 1 は、特に特長はないが、チタンおよび珪素の量に比較して、鉄の量が多めと考えられる。 $Al_2O_3$ 、 $Fe_2O_3$ 、 $TiO_2$ 、 $K_2O$  の値のばらつきが大きい。試料間のばらつきは少ない。

乗附窯跡群試料 2 は、 $Al_2O_3$ の値が低く、 $K_2O$  の値が高い。また、県内試料としては $CaO$  の値が低い。試料間のばらつきは少ない。

乗附窯跡群試料 3 は、 $TiO_2$ の値が高い。また  $Al_2O_3$ 、 $K_2O$  の値が比較的低い。 $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $K_2O$  の値のばらつきが小さい。試料間のばらつきは少ない。

吉井窯跡群試料 1 は、 $CaO$ の値のばらつきが大きい。試料間のばらつきは少ない。

吉井窯跡群試料 2 は、 $TiO_2$ の値が低く、 $CaO$ 、 $MgO$ の値が比較的高い。 $TiO_2$ の値のばらつきが小さく、 $CaO$ 、 $MgO$  の値のばらつきが大きい。試料間のばらつきはやや大きい。これはNa295 およびNa293の試料が残りと異なる事に由来している。また、珪素の量に比較して、アルミニウムの量が少なめと考えられる。

太田窯跡群試料は、 $Fe_2O_3$ 、 $MgO$ の値が高く、 $SiO_2$ の値が比較的低い。 $MgO$ の値のばらつきが大きい。試料間のばらつきは少ない。珪素の量に比較して、アルミニウムの量が少なめと考えられる。

中之条窯跡群試料は、 $SiO_2$ 、 $K_2O$  の値が低い。 $Fe_2O_3$ 、 $TiO_2$ 、 $K_2O$  の値のばらつきが大きい。試料間のばらつきがやや大きい、これはNa82の試料が他の2点と異なることに由来している。

笠懸窯跡群試料 1 は、特に特長はないが、

表 8 基準試料20区分の自己分析結果

|          | 総数   | 第 1 候補合致 |      | 危険率   | 誤認されたグループ |
|----------|------|----------|------|-------|-----------|
| 笠懸窯跡群 1  | 4 件  | 4 件      | 100% | 0.00% |           |
| 笠懸窯跡群 2  | 9 件  | 9 件      | 100% | 0.00% |           |
| 笠懸窯跡群 3  | 4 件  | 4 件      | 100% | 0.00% |           |
| 吉井窯跡群 1  | 4 件  | 4 件      | 100% | 0.00% |           |
| 吉井窯跡群 2  | 5 件  | 3 件      | 60%  | 0.12% | 新里、笠懸 3   |
| 月夜野窯跡群 1 | 2 件  | 2 件      | 100% | 0.25% |           |
| 月夜野窯跡群 2 | 12 件 | 12 件     | 100% | 0.00% |           |
| 月夜野窯跡群 3 | 9 件  | 7 件      | 78%  | 0.00% | 吉井 1、乗附 1 |
| 秋間窯跡群 1  | 6 件  | 5 件      | 83%  | 0.00% | 乗附 2      |
| 秋間窯跡群 2  | 5 件  | 5 件      | 100% | 0.00% |           |
| 秋間窯跡群 3  | 3 件  | 3 件      | 100% | 0.00% |           |
| 乗附窯跡群 1  | 3 件  | 3 件      | 100% | 0.00% |           |
| 乗附窯跡群 2  | 8 件  | 8 件      | 100% | 0.00% |           |
| 乗附窯跡群 3  | 3 件  | 2 件      | 67%  | 0.72% | 藤岡        |
| 新里窯跡群    | 5 件  | 4 件      | 80%  | 0.00% | 中之条       |
| 太田窯跡群    | 4 件  | 2 件      | 50%  | 1.40% | 乗附 1、笠懸 3 |
| 中之条窯跡群   | 3 件  | 2 件      | 67%  | 0.72% | 月夜野 3     |
| 藤岡窯跡群    | 4 件  | 3 件      | 75%  | 0.05% | 笠懸 3      |
| 南比企窯跡群   | 7 件  | 6 件      | 86%  | 0.00% | 藤岡        |
| 美濃窯跡群    | 5 件  | 5 件      | 100% | 0.00% |           |
|          | 105件 | 93件      | 89%  |       |           |

鉄の量に比較してチタンが少なめと考えられる。全体に値のばらつきが少なめである。試料間のばらつきは少ない。

笠懸窯跡群試料 2 は、 $\text{SiO}_2$  の値が低く、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$  の値が高い。試料間のばらつきは少ない。

笠懸窯跡群試料 3 は、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の値が比較的高い。 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の値のばらつきが小さい。試料間のばらつきは少ない。

新里窯跡群試料は、 $\text{K}_2\text{O}$  の値が低く、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の値が比較的低い。県内試料としては  $\text{CaO}$  の値が高い。 $\text{CaO}$  の値のばらつきが大きく、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  の値のばらつきは小さい。試料間のばらつきが少ないが、No146 の試料は他とやや異なると考えられる。また、珪素の量に比較して、鉄の量が少なめと考えられる。

図 5 は、判別時にえられたグループ毎の基準座標を多次元尺度法古典解により平面化した、グループ相互間の類似関係を示す模式図である。図中表示した矢印は、該当するグループに最も近いグループを指し示している。基準座標間の相互距離をもとに分類すると、新里窯跡群試料は他から孤立し、吉井窯跡群試料 2 と笠懸窯跡群試料 2 は他からやや離れている。残りはほぼ一群をなし、その中は南比企窯跡群試料を含む一群、藤岡窯跡群試料を含む一群、乗附窯跡群試料 2・

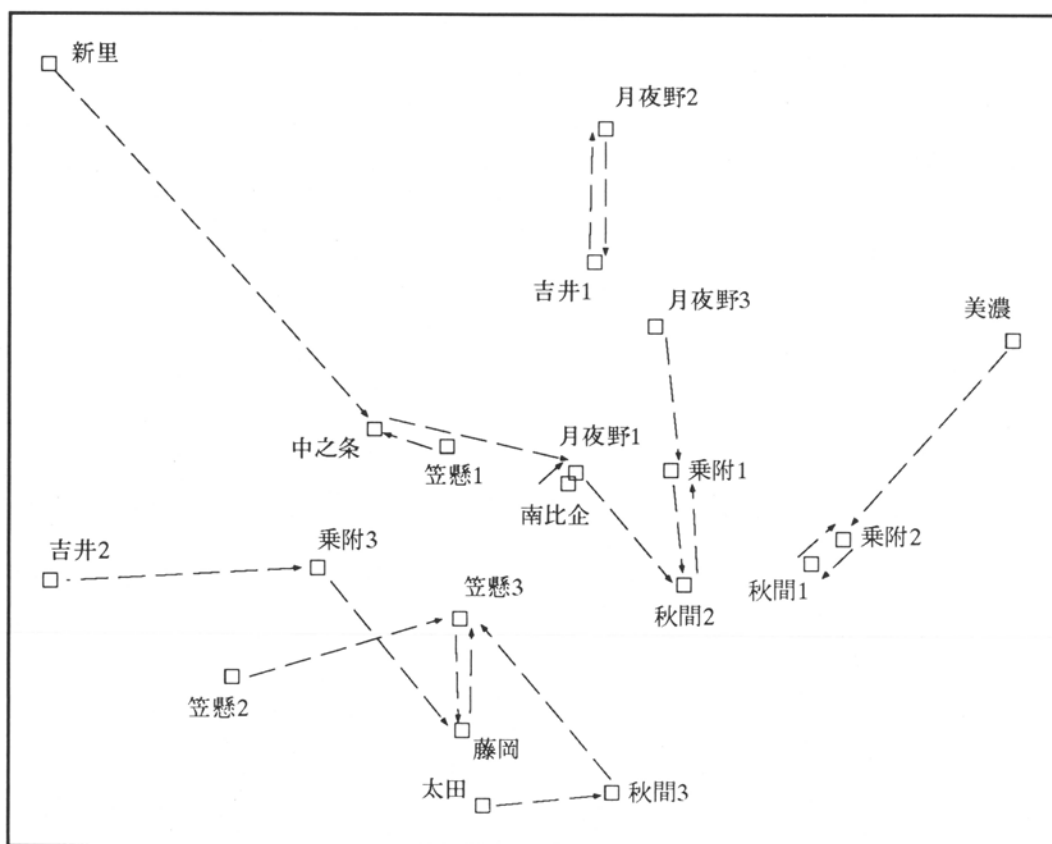


図 5 グループ間の類似度

秋間窯跡群試料1、月夜野窯跡群試料2・吉井窯跡群試料1とに区分される。太田窯跡群試料と美濃窯跡群試料も概ねこの領域に含まれる。

南比企窯跡群試料を含む一群では、乗附窯跡群試料1と秋間窯跡群試料2がかなり近く一群をなし、月夜野窯跡群試料1と月夜野窯跡群試料2がやや近いところに位置する。他に中之条窯跡群試料、笠懸窯跡群試料1、南比企窯跡群試料も含まれる。

藤岡窯跡群試料を含む一群では、笠懸窯跡群試料3と藤岡窯跡群試料が比較的近く、他に秋間窯跡群試料3と乗附窯跡群試料3が含まれる。

乗附窯跡群試料と秋間窯跡群試料に顕著であるが、出土窯跡群の共通する一群を細分化して得られたグループは、共通する窯跡群に属するグループとよりも他の窯跡群から出土したグループとの間により近い傾向が存在する。胎土の構成元素による区分は、地理上の位置に基づく区分とは必ずしも一致しないと考えられる。

## 6 窯跡群について

余談ではあるが、胎土組成に基づく土器分類により得られたグループ間の関係に基づけば、各窯跡群の関係について以下の記述が行なえる。秋間窯跡群と乗附窯跡群は相互にかなり類似した性質が認められる。また両者とも、県内土器としては美濃窯跡群に類似した部分と、笠懸窯跡群や藤岡窯跡群に類似した部分、月夜野窯跡群に類似した部分の三要素を含んでいる。月夜野窯跡群は、吉井窯跡群に類似した部分と乗附・秋間窯跡群に類似した部分の二つの要素が含まれている。笠懸窯跡群は、藤岡窯跡群に類似した部分と中之条窯跡群に類似した部分に別れ、藤岡寄りの中にはやや独特な要素も含まれている。吉井窯跡群は、月夜野窯跡群に類似した部分と、乗附窯跡群に似ているが他と若干様相を異にする部分の二要素が含まれている。

これらの関連を窯跡群の消長と関連づけて考察することも考えられるのだが、相関の程度はそれだけでは因果関係を意味しないので、憶測の域を出ない。しかしながら、これらの類似が素材となる粘土などの原材料とその用い方に由来することは間違いないであろう。また、年代観<sup>(12)</sup>からグループの構成をながめると興味深い点がある。吉井窯跡群試料と笠懸窯跡群試料には若干未分離の部分もあるが、この二群と月夜野窯跡群試料については、ほぼその年代観による区分に近い区分となるのだが、乗附窯跡群試料と秋間窯跡群試料については判別分析で得られた区分と製作時期とがきれいにマッチしない。秋間窯跡群および乗附窯跡群の製品の特質に帰着するのであろうか。

## 7 まとめにかえて

基準試料20グループに基づいて須恵・瓦等のデータを判別分析にかけたところ、元資料に産地推定のあった305件中の103件については判別結果の第1候補が共通した。また第1候補から第3候補までを含めると、産地の推定があったデータの6割にあたる183件について、元資料の記載と

比定候補が共通する結果となった。また以下の23点の資料<sup>14</sup>については非常に大きな判別距離が得られた。試料番号236、日高遺跡水溜出土須恵環。試料番号244、日高遺跡154溝出土男瓦。試料番号304～318、国分寺中間地域B区1溝出土瓦。試料番号775、国分寺中間地域C区41号住居出土羽釜。試料番号866～869、国分寺中間地域B区1溝出土瓦。試料番号781、藤岡市塚原古墳群出土須恵甕。

図6は横軸にCaO、縦軸にFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の値をとって、各グループ毎の平均値を表示したものである。角度にして45度ほどふってながめると、図5に良く似た分布が得られる。判別分析の指標に用いたグループを区分する要因として、この二つの成分が上位に位置していると考えられるが、CaOとFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の相異が何を意味するのであるかは筆者の知識を越え、判然としない。表9は、基準資料の各成分間の関係を相関係数で表現したものである。珪素とアルミニウム、鉄、カルシウムの間にはそれぞれマイナスの相関が認められる。マグネシウムは鉄やチタンとの間にややプラスの相関を感じさせるが、概ね他の成分の増減との関連は認められない。鉄とチタンの間にはかなりプラスの相関が認められる。また、カリウムはカルシウムとの間にややマイナスの相関が感じられるが、概ね他の成分の増減との関連は認められない。以上の<sup>15</sup>関連から、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とCaOの値を用いることで、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>の傾向はあらかじめ推測がつくと考えられることが

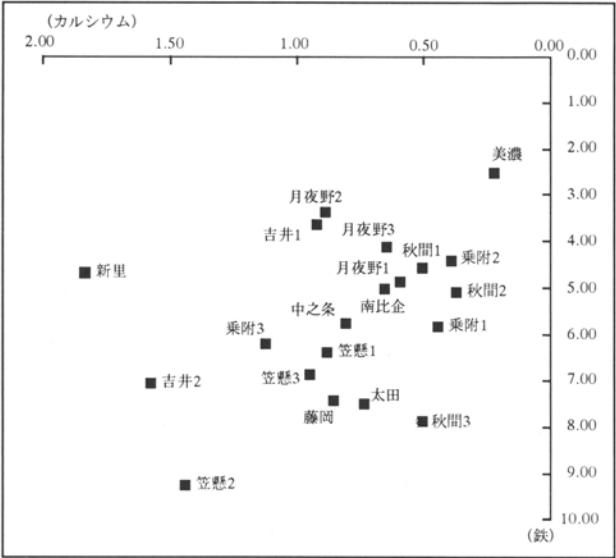


図6 基準試料20区分のFe-CA分布

表9 基準試料の成分間の相関係数

|                                | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO          | MgO        | K <sub>2</sub> O |
|--------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|--------------|------------|------------------|
| SiO <sub>2</sub>               |                  | -0.6                           | -0.6                           | -0.4             | -0.5         | -0.1       | 0.3              |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | -0.5<br>-0.7     |                                | 0.2                            | 0.2              | 0.2          | -0.2       | -0.2             |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | -0.5<br>-0.7     | 0.5<br>0.0                     |                                | 0.6              | 0.4          | 0.2        | -0.1             |
| TiO <sub>2</sub>               | -0.2<br>-0.5     | 0.5<br>0.0                     | 0.7<br>0.5                     |                  | 0.3          | 0.3        | -0.3             |
| CaO                            | -0.3<br>-0.6     | 0.5<br>0.0                     | 0.6<br>0.2                     | 0.5<br>0.1       |              | 0.1        | -0.4             |
| MgO                            | 0.2<br>-0.3      | 0.2<br>-0.4                    | 0.5<br>0.0                     | 0.5<br>0.1       | 0.3<br>-0.1  |            | 0.2              |
| K <sub>2</sub> O               | 0.5<br>0.1       | 0.2<br>-0.4                    | 0.2<br>-0.3                    | -0.1<br>-0.5     | -0.2<br>-0.5 | 0.5<br>0.0 |                  |

右上 標本の相関係数  
 左下 母集団の相関係数 95%信頼区間

参考になるのではないだろうか。また、成分項目の組み合わせをкаえて正答率をチェックした結果からも、硅素とアルミニウムの影響力はそれほど強くないといえる。カルシウムと鉄について、マグネシウムやカリウムの含有量がグループの区分に影響していると考えられる。

判別分析は、資料個々の相異を問題にするのではなく、グループ間の相異を基準とするので、その判定精度は基準として設定したグループの区分精度に依存する。本稿では窯跡群という単位（産地に基づく区分）が互いに独立し、相互に異なる基準となりうるという仮定を想定した。しかし、図5に見られる如く、秋間窯跡群試料と乗附窯跡群試料の間に顕著な、出土窯跡群の違いを越えた類似性も存在している。窯跡群単位での分離が難しいという傾向が群馬の特性であるとも考えられるが、胎土組成の観点からは、窯跡群という地理的な区分に優先する区分の存在を予想することができる。素材となる粘土の素性や作成の用具・手順・工程といった技法や焼き物の種類に依存した分類を基準とした場合の方がより素直な判定結果が得られるという感触がある。

また、一点の試料のどの部分をサンプルとして分析してもその結果は大差ないという仮定も未検証のままに用いてしまった。測定誤差や素地土、胎土の均質性の程度によっては、この論証自体が成立しない危険を秘めていることは否めない。吉井窯跡群試料2に区分したNa294、新里窯跡群試料に区分したNa146、中之条窯跡群試料に区分したNa82、藤岡窯跡群試料に区分したNa212およびNa213などはそのグループからだいぶ外れている。これらに近いデータが更に増えれば、新たなグループの設定<sup>(16)</sup>を考慮すべき程の値といえる。仮にこれらの試料の値が何らかの誤差によって生じたと仮定した場合、その結果が誤謬率11%としてあらわれたと考えられる。本稿で用いた判別方式の誤差に関する目安と考えられる<sup>(17)</sup>。試みに各グループの平均値を成分毎にその1割だけ増減させて判別を行なったところ以下の結果が得られた。一つの成分項目を変更しただけでは、新里窯跡群試料・太田窯跡群試料・美濃窯跡群試料については変化が見られなかった。乗附窯跡群試料1を除いた残りのグループでは硅素の値が変動すると他のグループに判別される場合が存在した。乗附窯跡群試料1については、成分の増減により秋間窯跡群試料2ないしは月夜野窯跡群試料1に判別される結果が得られた。

データの読み取りに際して、土器片の地中での経時変化については、土器が包含されていた付近の土壤成分やその辺りの水系の成分などと出土資料の成分との間に何らかの関連がないことを仮定した。イオンの拡散速度や地質変化のスケールには及ばないであろうが、生産・使用の時期から、千年二千年といったスパンで地中に保管されていたことの及ぼす影響についていささか気になる点である。

窯跡群という単位を、端に立地が近接するのみにとどまらず、存在様式なり作業形式といった何らかの共通するパターンによって他と分別されるものと考えるとき、胎土成分による分類はその構成要素のごく一部をなすものでしかない。或いはその結果に過ぎない。産地を特定し製品の流通を把握するという目的のためには、逆説的でもあり、また考古学的なアプローチが難しいことも予想されるが、窯跡群の「文化」を特長づける観点からデータを判別することが最良と考え

られる。たとえば胎土に関する色調や粒状といった観察項目、プロポーションや形状、技法などに関連する項目等も数量化理論等に基づいてデータ化し、これらも含め総合して統計処理することでその目的を果たせるのではないだろうか。

## 註

- (1) 多次元尺度法、判別分析を用いたが、いずれも奥村晴彦氏のアルゴリズムを用いた。参照したプログラムの出典は参考文献にまとめた。多次元尺度法は、与えられた資料間の類似の程度を相互間の距離に置き換えた仮想の地図を作成する手法である。重判別分析は、グループ別に与えられた基準となる資料からグループ毎に分布の中心を求め、それらの中心と判別すべき資料との遠近の程度から帰属すべきグループを判定する手法である。
- (2) 赤城村中畦遺跡出土縄文土器、富士見村皆沢焼原料、藤岡市緑埜遺跡粘土の3点である。
- (3) データの項目は9項目あるが、値が5以下になる項目を一つにまとめ、全体で3項目として検定を行なったが、 $\chi^2$ 乗検定により得られたデータは参考値に留まる。
- (4) 処理能力の関係から、須恵器と瓦はその一部（基準資料として用いた試料）を用いた。
- (5) 他の窯で生産された製品が搬入されたケースを否定できないが、その窯跡から出土した遺物がその窯の特長を示すと考える。本稿においては、窯跡から出土した試料をもってその窯の製品として扱った。窯の特長として記述された部分は、厳密にはその窯跡から採集された一群の試料の特性を意味する。
- (6) 窯の名称は『月夜野古窯跡群』の記述にもとづいたが、太田金山窯跡群は太田窯跡群に略した。また、表や図の表示においては窯跡群等の記載を略し地名部分を用いた。またグルーピングの適否の目安として県外の試料群を利用した。
- (7) 判別手段としては、マハラノビスの汎距離を用いた重判別分析を使用した。比定候補は、判定距離の小さな方から第3順位までを記載した。正答率の算出に際しては、本来所属する窯が第1順位に判定された場合を正答とした。  
自己分析によりえられた結果からは、判別距離が20未満の窯が比定されるべき候補と考えられるが、産地の不明な資料に適用する場合は10以下に限定するべきであろう。また、判別距離が100以上になる場合は、候補の中に比定すべき窯が含まれていないと考えられる。20以上の場合でも、疑われるべきであろう。  
判別距離が100以上の場合には候補名の後に×印を付けた。判別距離が50以上100未満の場合は×印を、判別距離が10を越え20未満の場合は○印を、判別距離が10以下の場合に◎印を付け、判別の確度を示した。
- (8) 危険率として、発生確率と出現度数をもとにして得られた確率を用いた。  
 $P(r) = nCr(\text{発生確率})^r$   $n$  はデータ数、 $r$  は帰属する窯が第1候補に選定されたデータの数。
- (9) この関係については既に三辻利一氏の指摘するところである。本稿においては、現在主として用いられている Sr/Rb 値の使用を避けたが、データ処理上の問題に由来するもので他意はない。多変量解析手法を用いることにより、指標を二つの要素に限定する必要がなく、また Sr/Rb 値の示す傾向はCa値とK値により得られると考える。元素比を解析に用いた場合と用いない場合のいずれでもほぼ同様の傾向が得られている。また本稿で用いたセットとは異なる元素のセットを用いて処理することも可能である。
- (10) これまでの他の作図時と異なり、データの標準化と相関係数による距離の算出は行わず、座標間の相互距離をそのままデータとした。
- (11) 作図にはある程度の誤差がふくまれているため、類似関係の記述は座標間の距離を相互に比較して行なった。表示された図上の距離と本文の記述が一致しない場合があるが、本文の記述を参考とされたい。
- (12) 各試料の年代観は、使用した分析リストに付記された年代観に基づいている。
- (13) 笠懸窯跡群試料1は8世紀前半、笠懸窯跡群試料2および3は8世紀後半から9世紀前半、吉井窯跡群試料2は9世紀末、月夜野窯跡群試料1は9世紀、月夜野窯跡群試料2は10世紀前半、月夜野窯跡群試料3はほぼ8世紀の試料群と考えられる。少なくともこれらの試料にかんしては、その構成元素について相異が存在すると考えられる。
- (14) このうち国分寺中間地域の瓦については、その生産時期の違いに起因を求めるべきであろうか。
- (15) 本文中に記述した成分間の関連は、基準試料間に認められるものであり、試料全体を対象とした場合には様相が異なる。殊に鉄とチタンの相関は基準試料間のみ認められる特性であり一般性は低い。試料全体に共通して認められる関連としては以下のものがあげられる。珪素と鉄のマイナスの相関、カルシウムと Sr/Rb の相関、カリウムと Sr/Rb のマイナスの相関。当然ではあるが Ca/K と Sr/Rb の相関も認められる。また、アルミニウムは他の成分と無相関の傾向がある。
- (16) 個々の試料に関して言えば、これらの試料が帰属するグループを新たに設定した場合、その影響により現状のグループ構成に変更が生じることもありうる。
- (17) データ処理に際してデータの基準化・標準化処理やマハラノビスの汎距離を用い、分析データに元素比を用いず組成を用いたことや、独立性の検定を特に行なっていないことに対処した。



## 参考文献

- 奥村晴彦 「多次元尺度法Ⅰ 古典解」 『THE BASIC』 №15 技術評論社 1984  
「多次元尺度法Ⅱ 非計量多次元尺度法」 『THE BASIC』 №16 技術評論社 1984  
「マハラノビスの汎距離、判別分析、次元数の検定」 『THE BASIC』 №33 技術評論社 1986  
『C言語による最新アルゴリズム事典』 技術評論社 1991  
P. G. ホーエル 『初等統計学 原書第4版』 培風館 1985  
大村 平 『統計のはなし 一基礎・応用・娯楽一』 日科技連出版社 1985  
『多変量解析のはなし』 日科技連出版社 1985  
柳井晴夫、岩坪秀一 『複雑さに挑む科学 多変量解析入門』 講談社 1986年  
豊田秀樹他 『原因をさぐる統計学 共分散構造分析入門』 講談社 1992年  
友廣哲也他 『下牧小竹遺跡』 (財)群馬県埋蔵文化財調査事業団 1992年  
大江正行、中沢 悟他 『月夜野古窯跡群』 月夜野町教育委員会 1982年  
三次利一 『古代土器の産地推定法』 ニュー・サイエンス社 1983年  
『山隅窯出土須恵器、埴輪の蛍光X線分析』 『山隅窯跡群の調査』 九州大学文学部考古学研究室 1990年

## 補足リスト 重判別分析主ルーチン

```
FUNCTION jacobi : buffervv ;
  LABEL 3600 ;
  LABEL 3900 ;
  VAR i,k,k1,k2,k3,k4          : integer32 ;
      buff,d,e,a,a1,a2,a9,c,s,t,v1,v2 : double ;
      vv                        : buffervv ;
  BEGIN
    a := 0 ;
    for k1 := 1 to k9 do
      BEGIN
        for k2 := 1 to k9 do
          BEGIN vv [k1,k2] := 0 ; a := a + sqr (aa [k1,k2]) ; END ; {for k2}
          vv [k1,k1] := 1 ;
        END ; {for k1}
        e := sqrt (a / k9) / 100000 ;
        3600 :
          a9 := 0 ;
          for k3 := 1 to (k9 - 1) do
            for k4 := (k3 + 1) to k9 do
              BEGIN
                a := abs (aa [k3,k4]) ;
                if a > a9 then BEGIN a9 := a ; k1 := k3 ; k2 := k4 ; END ;
              END ; {for k4}
            if a9 <= e then goto 3900 ;
            a := aa [k1,k2] ; d := aa [k1,k1] - aa [k2,k2] ; s := 1 ;
            if d < 0 then s := -1 ;
            t := -2 * a / (d + s * sqrt (sqr (d) + 4 * sqr (a))) ;
            c := 1 / sqrt (1 + sqr (t)) ; s := t * c ;
            for k := 1 to k9 do
              BEGIN
                a1 := aa [k,k1] ; a2 := aa [k,k2] ;
                aa [k,k1] := a1 * c - a2 * s ; aa [k,k2] := a1 * s + a2 * c ;
                v1 := vv [k,k1] ; v2 := vv [k,k2] ;
                vv [k,k1] := v1 * c - v2 * s ; vv [k,k2] := v1 * s + v2 * c ;
              END ; {for k}
            for k := 1 to k9 do
              BEGIN
                a1 := aa [k1,k] ; a2 := aa [k2,k] ;
                aa [k1,k] := a1 * c - a2 * s ; aa [k2,k] := a1 * s + a2 * c ;
              END ; {for k}
            goto 3600 ;
          3900 :
            a2 := aa [k1,k1] ; k2 := k1 ;
            for k := (k1 + 1) to k9 do
              if aa [k,k] > a2 then BEGIN a2 := aa [k,k] ; k2 := k ; END ;
              buff := aa [k1,k1] ; aa [k1,k1] := aa [k2,k2] ; aa [k2,k2] := buff ;
              for k := 1 to k9 do
                BEGIN
                  buff := vv [k,k1] ; vv [k,k1] := vv [k,k2] ; vv [k,k2] := buff ;
                END ; {for k}
              END ; {for k1}
            jacobi := vv ;
          END ; {jacobi}
        PROCEDURE get_sum ;
          VAR k,k1,k2,i,j,n : integer32 ;
              y1,y2,z1,z2 : double ;
              a,v          : double ;
              vv            : buffervv ;
```

```

BEGIN
  for k1 := 1 to k9 do
    for k2 := 1 to k1 do
      BEGIN
        a := 0; i := 0;
        for j := 1 to j9 do
          BEGIN
            y1 := yy [j,k1]; y2 := yy [j,k2];
            for n := 1 to nn [j] do
              BEGIN
                i := i + 1; a := a + (xx [i,k1] - y1) * (xx [i,k2] - y2);
              END; {for n}
            END; {for j}
            aa [k1,k2] := a; aa [k2,k1] := a;
          END; {for k2}
          vv := jacobi;
        for k2 := 1 to k9 do
          BEGIN
            a := sqrt (aa [k2,k2]);
            for k1 := 1 to k9 do tt [k1,k2] := vv [k1,k2] / a;
          END; {for k2}
        for k1 := 1 to k9 do
          BEGIN
            z1 := m * zz [k1];
            for k2 := 1 to k1 do
              BEGIN
                z2 := m * zz [k2]; a := 0;
                for j := 1 to j9 do a := a + nn [j] * (yy [j,k1] - z1) * (yy [j,k2] - z2);
                aa [k1,k2] := a; aa [k2,k1] := a;
              END; {for k2}
            END; {for k1}
          for k1 := 1 to k9 do
            for k2 := 1 to k9 do
              BEGIN
                v := 0;
                for k := 1 to k9 do v := v + aa [k1,k] * tt [k,k2];
                vv [k1,k2] := v;
              END; {for k2}
            for k1 := 1 to k9 do
              for k2 := 1 to k9 do
                BEGIN
                  a := 0;
                  for k := 1 to k9 do a := a + tt [k,k1] * vv [k,k2];
                  aa [k1,k2] := a;
                END; {for k2}
              vv := jacobi;
              prn_eigen (vv);
            END; {get_sum}
          for k := 1 to k9 do
            BEGIN
              z := 0; i := 0;
              for j := 1 to j9 do
                BEGIN
                  y := 0;
                  for n := 1 to nn [j] do
                    BEGIN i := i + 1; y := y + xx [i,k]; END; {for n}
                    yy [j,k] := y / nn [j]; z := z + y;
                  END; {for j}
                zz [k] := z / i9;
              END; {for k}
            END; {find_mean}
          PROCEDURE find_mean;
          VAR i,j,k,n : integer32;
              y,z : double;
          BEGIN
            for k := 1 to k9 do
              BEGIN
                z := 0; i := 0;
                for j := 1 to j9 do
                  BEGIN
                    y := 0;
                    for n := 1 to nn [j] do
                      BEGIN i := i + 1; y := y + xx [i,k]; END; {for n}
                      yy [j,k] := y / nn [j]; z := z + y;
                    END; {for j}
                  zz [k] := z / i9;
                END; {for k}
              END; {find_mean}
            END; {get_sum}
          END; {find_mean}

```