

## 陶邑窯跡群出土須恵器の化学特性 —各窯および地区毎の分析データから—

三辻利一・中村 浩・犬木 努

### 1. はじめに

「考古学」とは遺跡・遺物を通して過去を再現する歴史研究の学問分野である。地下に埋没していた遺跡や遺物が過去の人々の活動の残物であるという認識はビンケルマンによって、18世紀代後半になって初めて得られた。それまでは、地下から出土する遺物は美術品として興味を持たれていた。考古学は他の分野の学問研究に比べて、比較的新しい学問研究の分野である。遺跡・遺物の観察による比較法が研究方法の主体であった。しかし、肉眼観察による考古学研究には限界がある。19世紀代に著しく発展した自然科学の方法や考え方を考古学研究に導入するという考え方は19世紀末から20世紀初頭に出てきた。当時、発掘作業に「科学的発掘」という言葉が使われたことがそのことを物語る。さらに、20世紀から21世紀へと自然科学の方法の開発は著しく進み、考古学研究に自然科学の方法を導入することが当然であるという認識が普及するまでになった。「考古科学」という言葉が広く使われていることがそれを実証している。

自然科学の方法を最初に取り入れた考古学研究はイギリス、オックスフォード大学の研究者たちによる土器遺物の産地問題に関する研究である。エジプトを含めて地中海東部地域の遺跡から出土するギリシャ陶器がギリシャ本土のミケーネ産か、それともクレタ島産の陶器であるかを判断するため、発光分光分析法で陶器片を分析した。その結果、ギリシャ本土のミケーネ産の陶器が圧倒的に多いことを実証し、交易によって、ミケーネ地域から大量の陶器が地中海東部地域に供給されていたことを実証した。このことは、この時期には既にクレタ文明は衰退期に入っており、ギリシャ本土のミケーネ文明が繁栄していたことを示しており、歴史学者の見解と一致した。これを契機に自然科学の方法を取り入れた考古学研究が広まり、「考古科学」

という言葉が定着することになった。

一方、日本では第二次世界大戦後、荒廃した国土を再開発するため、各地で土木工事が進展し、それに伴って多数の遺跡が発掘された。その結果、膨大な量の土器遺物が出土した。土器遺物も当初は肉眼観察を中心に考古学研究は進められ、土器型式と土器が出土した層位との対比から、各地で土器編年が発表され、土器型式から、土器遺物が出土した層位の年代観が得られるところまで、日本の土器考古学は発展した。遺跡・遺物の年代観を得ることは考古学にとって最も重要なことである。

土器考古学の進展につれて、もう一つの問題が提起された。遺跡から出土する土器遺物は必ずしもその遺跡周辺で作られた土器ではなく、他の地域で作られた土器がその遺跡へ供給されたのではないか、そうであれば、その土器を作ったところはどこなのかという問題である。いわゆる土器遺物の産地問題である。産地問題の研究にも当初は肉眼観察による方法が適用された。しかし、肉眼観察による土器の産地推定法はこれまでのところ提示されていない。したがって、土器遺物の産地問題の研究を前へ進めることはできなかった。土器遺物の産地推定法を開発しない限り、土器遺物の産地問題に関する研究を前に進めることはできない。こうした背景から、自然科学の方法による土器遺物の産地推定法の開発研究が進められることになった。

土器の素材は粘土である。粘土は岩石が風化して生成したものである。岩石は日本各地に広く分布しているように、粘土も各地に広く分布しているが、その化学特性は調べられていない。各地の粘土試料を科学的に採集することすら困難である。したがって、土器遺物の産地問題を研究するには、粘土そのものはすぐには役に立たない。土器遺物を生産した場所が残っており、しかも、そこに、大量の土器遺物が残って

いる土器遺物を見つけ出すことが産地推定法を開発する上には不可欠である。幸運にも、この条件を備えた土器遺物が見つかった。それが「須恵器」である。

須恵器は、縄文土器や弥生土器のように、伝統的な方法で焼成された土器ではない。5世紀頃、朝鮮半島から導入された、高度の技法で製作された土器である。1000℃を越す高温で焼成するため、堅固な窯を構築することが必要であった。須恵器生産は平安時代には古代最大の窯業生産として発達した。その結果、全国各地に多数の須恵器窯跡が残ることになった。しかも、灰原を含めた窯跡には、大量の須恵器の破片が残っていた。各地の窯跡出土須恵器の化学特性を調べれば、須恵器産地推定法を開発する手がかりが得られるはずである。産地推定法を開発する上には、これほどの好条件を備えた土器遺物は他にはない。この考え方が全国各地の窯跡出土須恵器の分析化学的研究の根底にある。

古墳時代の5、6世紀代には、和泉陶邑には100基を超える窯跡が発見されている。これに対して、地方には、限られた地域に数基程度の窯跡しか発見されていない。しかも、全国各地の古墳からは多数の須恵器が出土している。これらの古墳出土須恵器の産地問題を研究するには、まず、古墳時代の窯跡出土須恵器の分析化学的研究を進め、その結果から須恵器産地推定法を開発しておくことが必要である。この研究の原点に古代最大の窯業生産地であった和泉陶邑窯出土須恵器の分析化学的研究がある。

本論文では、和泉陶邑の窯跡から出土した須恵器片、400点以上の分析データをまとめるとともに、陶邑周辺の遺跡出土須恵器の化学特性と対比し、陶邑産須恵器が供給されていたかどうかを確認した。

## 2. 分析方法

岩石や土器遺物の主成分元素の分析には蛍光X線分析法が、また、微量元素の分析には中性子放射化分析法が適している。微量元素Rb、Sr、Zr、Yは蛍光X線分析法でも容易に測定することができる。窯跡出土須恵器の化学特性が全く出されていない時点ではまず、主成分元素を分析してみる必要があると判断した。

岩石や土器遺物には多数の元素が含まれていることは周知の事実である。分析法としては同時多元素分析法が不可欠である。当初は多数の元素の中でどの元素に注目して分析作業を進めていくかは重要な研究課題であった。全国各地の窯跡出土須恵器の蛍光X線スペクトルの比較から、主成分元素K、Ca、微量元素Rb、Srが地域差を表す元素であることが研究の初期の段階で見つけられた。その結果、各地の窯跡出土須恵器の地域差はK-Ca、Rb-Srの両分布図上で目に見える形で表されることになった。土器は自然界に分布している粘土を素材としているから、不均質系試料であり、同じ窯跡出土須恵器試料でも分析値はばらつくので、地域差を目に見える形で表現できることは研究を進める上には不可欠である。

蛍光X線分析では、X線管球から発する1次X線で試料を照射すると、試料中に含まれている種々の元素から2次X線（蛍光X線と通称されている）が発光する。多数の元素を含む土器試料からは同時に多数の元素の蛍光X線が発光することになる。これらの蛍光X線は元素によってエネルギー（波長）が異なるので、蛍光X線束は波高分析器や分光結晶によって分光され、シンチレーションカウンターや比例計数管で検出されることになる。これらの元素の蛍光X線の強度は試料中に含まれている元素の含有量（原子数）に比例する。このことを確認するために、含有量既知の、複数の試料（標準試料）を使って、蛍光X線強度と含有量の関係を求める。これが検量線である。検量線が引かれると、未知試料の蛍光X線強度を測定し、検量線からその蛍光X線強度に対応する含有量を読み出すことができる。これが検量線法による元素分析法であり、分析化学分野では普遍的に使われている分析法である。

窯跡出土須恵器の分析化学的研究では窯跡出土須恵器試料自体が不均質系試料であるため、1点の試料の分析値で、その窯跡から出土する須恵器の化学特性を代替させることはできない。多数の試料を分析することになる。さらに、全国各地の多数の窯跡から出土する須恵器を分析することになると、膨大な量の須恵器片試料を分析しなければならない。このことを考慮にい

れると、窯跡出土須恵器の分析化学的研究には検量線法は適さない。もっと、簡便な方法で分析作業を進めなければこの研究を遂行することはできないと判断した。

検量線法に代わる方法として、適当な標準試料を決め、同じ日に測定した標準試料の蛍光X線強度で未知試料の蛍光X線強度を標準化する方法を考案した。標準試料として通商産業省・地質調査所で調整された岩石標準試料JG-1が選択された。地質調査所からは他にも岩石標準試料が調整されている。これらの標準試料を使い、蛍光X線強度（JG-1による標準化値で表示されている）と含有量の間の関係を求めたところ、直線性があることが確認された。この直線のY切片の値は小さいので、近似的にはJG-1による標準化値にJG-1の各元素の分析値（地質調査所から公表されている）を乗ずれば、%表示やppm表示による分析値を出すことができる。しかし、地域差の比較研究には、JG-1による標準化値のほうがはるかに便利なので、窯跡出土須恵器の分析化学的研究における分析法として、JG-1による標準化法が定着することになった。

### 3. 和泉陶邑における須恵器窯跡の分布

和泉陶邑は大阪府南部の泉北丘陵に位置し、大和政権の墳墓群である百舌鳥古墳群（大阪府堺市）と古市古墳群（同羽曳野市・藤井寺市）に隣接する。数km四方の地域内に800基を超える窯跡が発見されており、大阪府教育委員会によって発掘調査された。窯跡が分布する地域は谷筋によって八つの地区に分けられている。各地区の分布地図を図1に示す。

各地区には5世紀代から9世紀代までの須恵器窯跡が発見されているが、宮崎泰史氏によると、大野池地区には37基、光明池地区には100基、梅地区には118基、高蔵寺地区には152基、陶器山地区には87基の須恵器窯跡が発掘調査されている。このうち、5世紀代の窯跡は133基、6世紀代の窯跡は137基確認されており、陶邑窯跡群は古墳時代最大の須恵器窯跡群である。五つの地区について、窯跡出土須恵器の化学特性が異なるのかどうかの視点から分析データはまとめられた。

## 4. 分析結果

### (1) 陶邑窯跡群出土須恵器の化学特性

表1には大野池地区（ON）の窯跡出土須恵器の分析データをまとめてある。このデータから作成されたK-Ca、Rb-Srの両分布図を図2に示す。両分布図には比較対照の領域として陶邑領域が長方形で描かれているが、今回分析した全試料のほとんどを包含するように描かれた領域である。両分布図でこの領域が描けるということは陶邑産須恵器が長石系因子で一定の化学特性をもっていることを示している。この領域は定性的な領域しか示さないが、陶邑内の各地区の窯跡出土須恵器の化学特性に偏りがあるかどうかを見る上には役に立つ。また、他の地域の窯跡出土須恵器の化学特性と対比する上にも役に立つ。目にみえる形で地域差を表示できるということは地域差を比較する研究を進める上には重要なことである。図2をみると、大野池地区の窯跡出土須恵器は陶邑領域に均等に分布するのではなく、両分布図で陶邑領域の左下側に偏って分布していることがわかる。このことは陶邑内にも小さな地域差がある可能性を示唆している。また、KとCa、RbとSrは正の相関性をもって分布していることがわかる。

表2には、梅地区（TG）の窯跡出土須恵器の分析データをまとめてある。図3には、梅地区の窯跡出土須恵器の両分布図を示す。図2と比べると、梅地区の窯跡出土須恵器もK-Ca分布図では正の相関性をもって分布しているが、その分布位置は大野池地区の須恵器の分布に比べて、陶邑領域の右上側に偏って分布しており、大野池地区の須恵器の化学特性とは少し異なることがわかる。主成分元素でも陶邑窯跡群内に小さな地域差があるわけである。自然界に分布する粘土の不均質性に原因があるものと考えられる。他方、Rb-Sr分布図では陶邑領域全体に広がって分布しており、微量元素でも大野池地区の須恵器とは少し異なることがわかる。

ここで大野池地区の窯跡出土須恵器と梅地区の窯跡出土須恵器の相互識別を試みた。図4には、両者の2群間判別図を示す。両軸にとった $D^2$ （大野池）、 $D^2$ （梅）は今回分析した大野池地区と梅地区の窯跡出土須恵器の試料集団の重心からの統計学的距離（マハラノビスの汎距離）

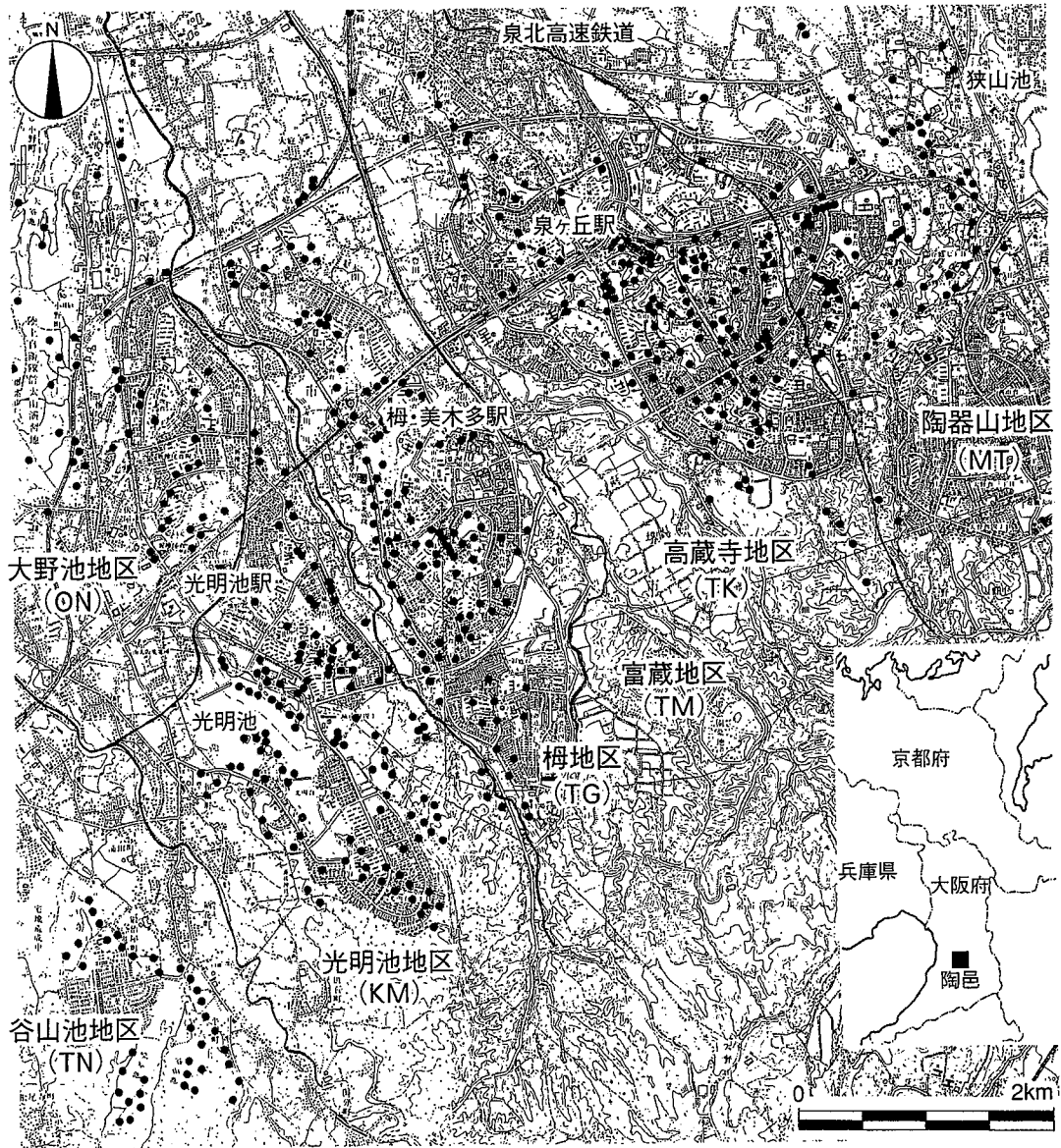


図1 陶邑窯跡群全体図

の二乗値である。全試料について両試料集団の重心からのマハラノビスの汎距離の二乗値が計算された。その結果をプロットしたのが図4である。中央に引かれた斜線は両群の重心から等距離にある点の軌跡で、理想境界線と呼ばれる。二つの試料集団の化学特性が同じである場合には、両群の試料集団は理想境界線上にまとまって分布し、全く区別することはできない。図4をみると、両群の試料集団は理想境界線に沿って分布するが、大野池地区の須恵器は境界線よりもやや大野池領域側に、また、梅地区の須恵

器は梅領域側に偏って分布し、両者の化学特性が同じではないことを示している。しかし、両者の試料群は明確には分離しない。相互識別が困難であることを示している。このことは両者の化学特性は必ずしも一致しないが、類似していることを示している。

表3には、高蔵寺地区(TK)の窯跡出土須恵器の分析データをまとめてある。図5には、高蔵寺地区の窯跡出土須恵器の両分布図を示す。K-Ca分布図では正の相関性をもって分布する。その分布位置は梅地区の窯跡出土須恵器に近い

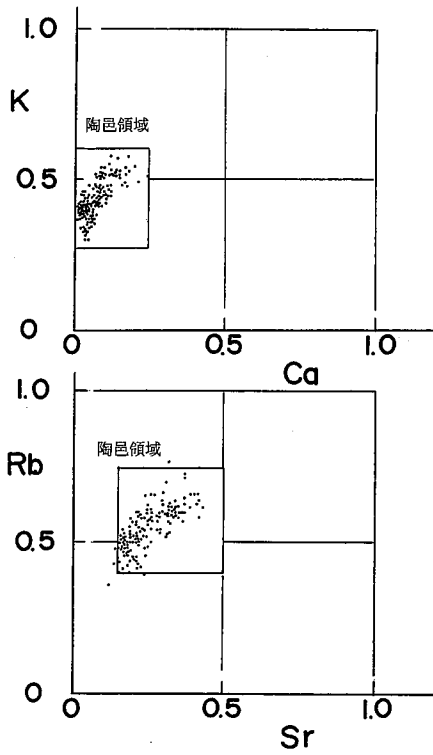


図2 陶邑（大野池地区）出土須恵器の両分布図

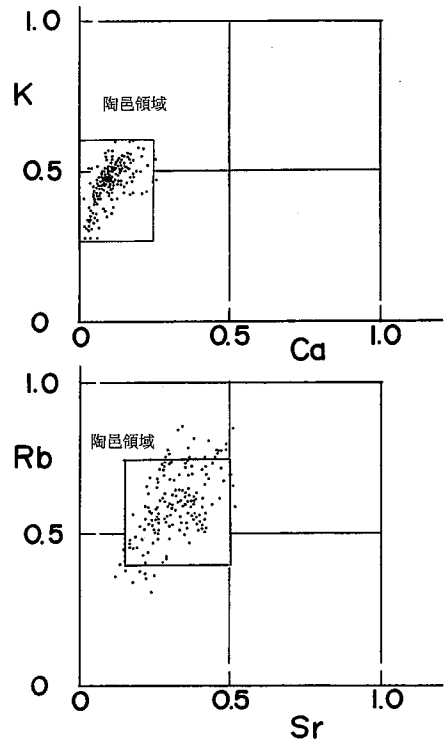


図3 陶邑（梅地区）出土須恵器の両分布図

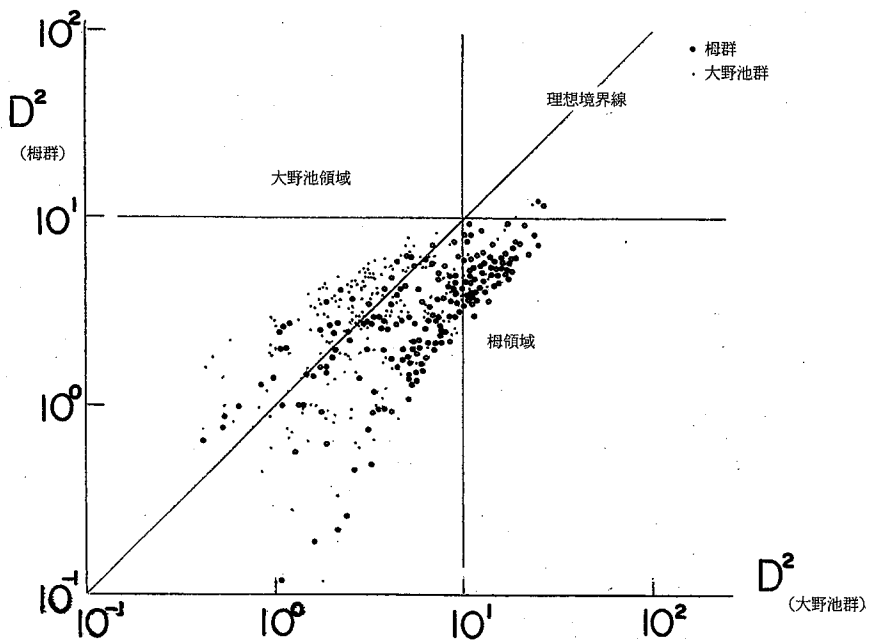


図4 梅群と大野池群の相互識別（K、Ca、Rb、Sr）

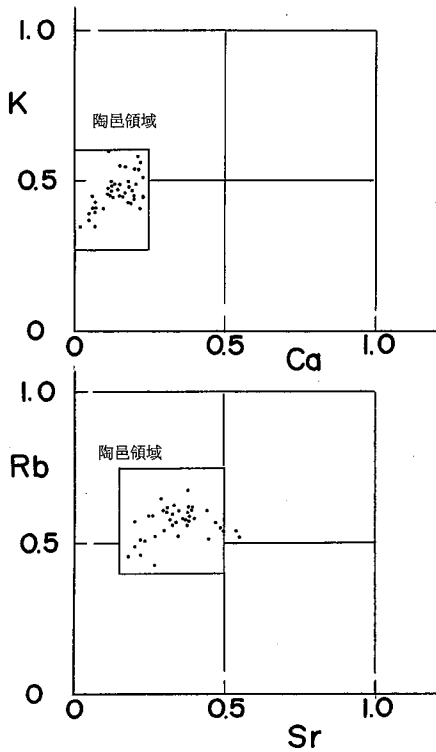


図5 陶器（高蔵寺地区）出土須恵器の兩分布図

が、柵地区の須恵器よりもやや右側に偏って分布しており、柵地区の窯跡出土須恵器の化学特性とも少し異なる。Rb-Sr分布図でも、大野池地区の須恵器の分布位置より、右側に偏って分布しており、微量元素でも化学特性は必ずしも一致しないことがわかる。柵地区と高蔵寺地区の須恵器の2群間判別図を図6に示す。両群の試料集団も理想境界線沿いに分布し、完全には分離しない。相互識別は困難である。柵地区の須恵器と高蔵寺地区の須恵器の化学特性も同じではないが、類似することは明らかである。

表4には、光明池地区（KM）の窯跡出土須恵器の分析データをまとめてある。図7には、光明池地区の窯跡出土須恵器の兩分布図を示す。大野池地区、柵地区、高蔵寺地区の窯跡出土須恵器に比べてK、Rbがやや多く、Ca、Srもやや多いことがわかる。高蔵寺地区と光明池地区の須恵器の相互識別を図8に示す。両群の試料集団は少し分かれて分布し、相互識別の可能性はあるが、完全には分離しない。やはり、両者の化学特性は類似することがわかる。

表5には、陶器山地区（MT）の窯跡出土須

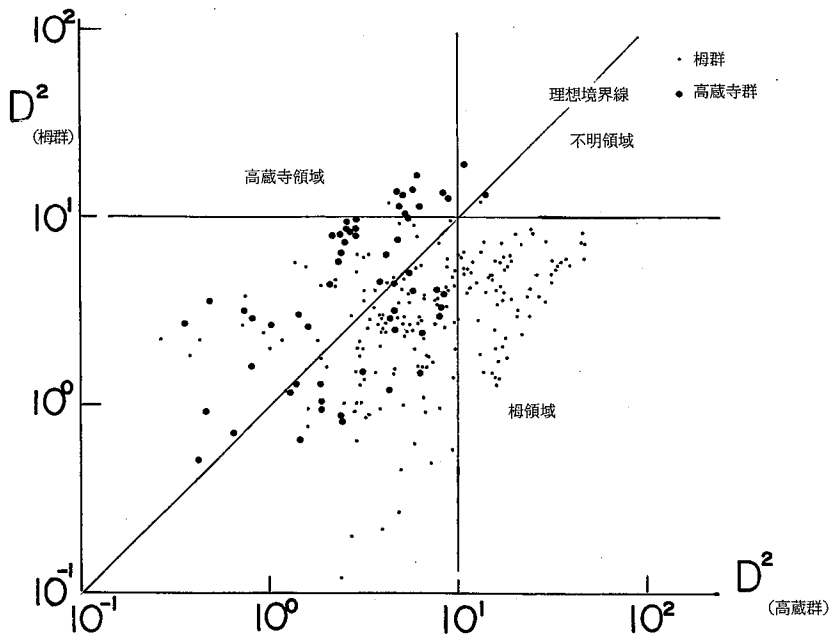


図6 柵群と高蔵寺群の相互識別 (K、Ca、Rb、Sr)

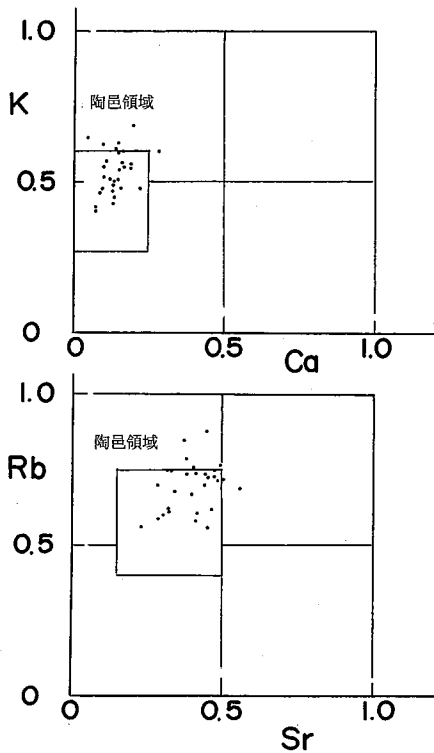


図7 陶器（光明寺地区）出土須恵器の両分布図

恵器の分析値を示す。図9には、陶器山地区の窯跡出土須恵器の両分布図を示す。図2と比べると、陶器山地区の窯跡出土須恵器の分布位置は大野池地区の窯跡出土須恵器の分布位置とは異なることがわかる。しかし、K-Ca分布図では高蔵寺地区、光明池地区の窯跡出土須恵器の分布位置と類似した位置に分布し、Rb-Sr分布図では光明池地区の窯跡出土須恵器の分布位置に類似した位置に分布する。図10に示す高蔵寺群と陶器山群間の2群間判別図でも、両者の相互識別は困難であることを示している。両者の化学特性は類似しているわけである。

以上の結果、陶器の各地区の窯跡出土須恵器は陶器領域にはまとまって分布するものの、陶器領域内での分布位置は微妙にずれており、各地区の窯跡出土須恵器の長石系因子にみられる化学特性は必ずしも同じではないことが示された。つまり、陶器内で微妙な地域差があることが明らかになったが、各地区間の須恵器の相互識別は困難であることも明らかになった。陶器で作られた須恵器はどの地区で作られた須恵器もその化学特性は類似しており、両分布図で陶

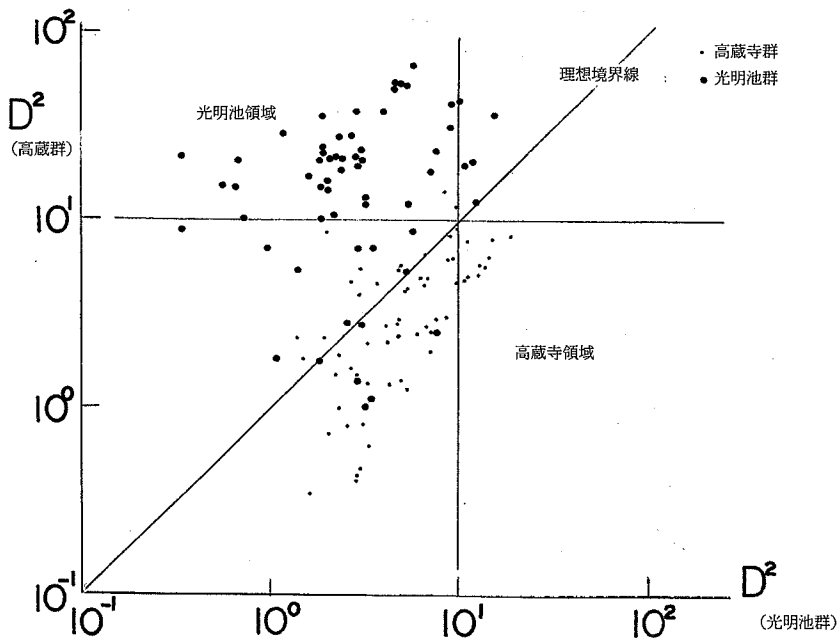


図8 高蔵寺群と光明池群の相互識別 (K、Ca、Rb、Sr)

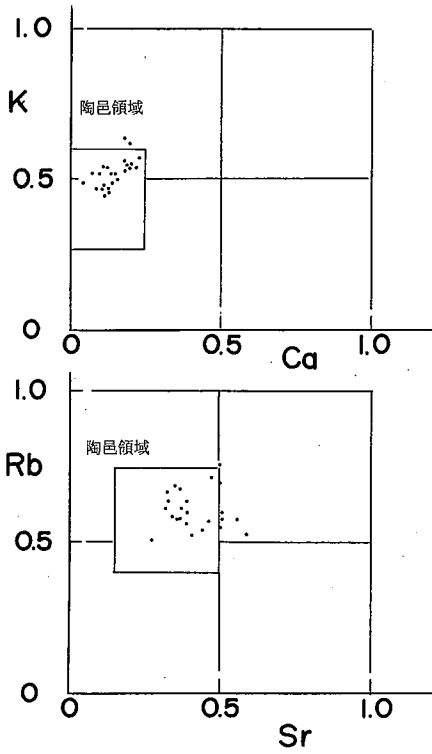


図9 陶器（陶器山地区）出土須恵器の両分布図

邑領域内にまとまって分布するというデータは重要である。他の地域の古墳時代の窯跡出土須恵器の分布領域との間に違いがあることが実証されれば、両分布図上で定性的な産地推定が可能となるからである。ここに「古墳時代の窯跡出土須恵器の化学特性の比較研究」が重要な研究課題として提示されることになった。

次に、各地区出土須恵器の両相関図を比較してみた。岩石や土器遺物（粘土）では、主成分元素K、Caはそれぞれ、微量元素Rb、Srに正の相関性があることが知られている。窯跡出土須恵器の相関図での分布の仕方は母岩の岩石種によって異なる。岩石種によって、岩石を構成する鉱物種が異なり、主成分元素と微量元素の相関性も鉱物の種類によって異なるからである。その結果、これらの岩石の風化によって生成した粘土にも、両相関図における分布の仕方が異なることが予想される。

図11には、大野池地区の窯跡出土須恵器の両相関図を示す。試料集団はK-Rb相関図では勾配（1：1）の直線の下側に正の相関性をもって分布することがわかる。また、Ca-Sr相関図で

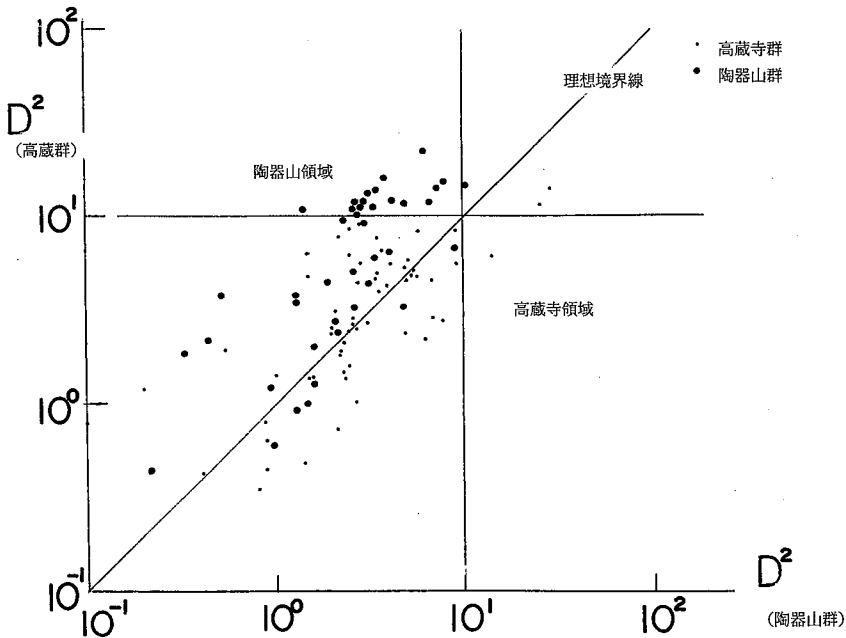


図10 高蔵寺群と陶器山群の相互識別（K、Ca、Rb、Sr）



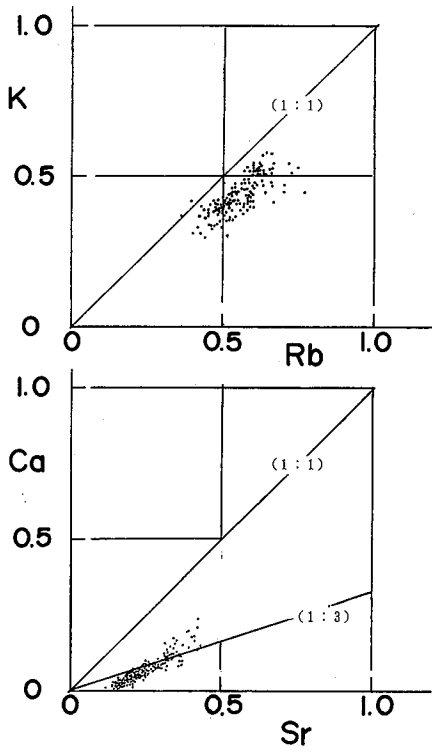


図11 陶器（大野池地区）出土須恵器の両相関図

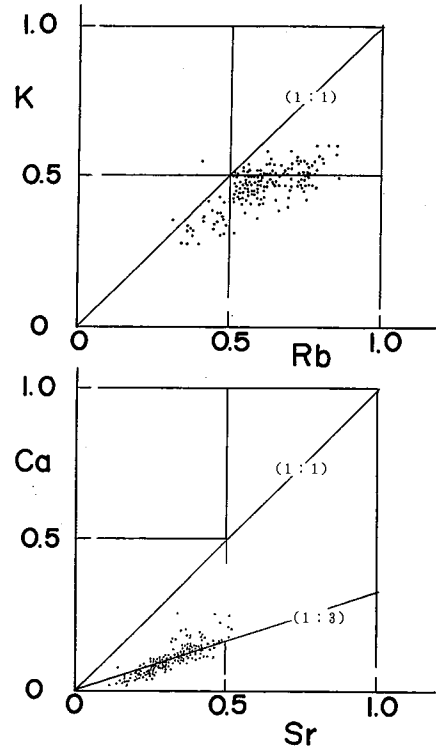


図12 陶器（梅地区）出土須恵器の両相関図

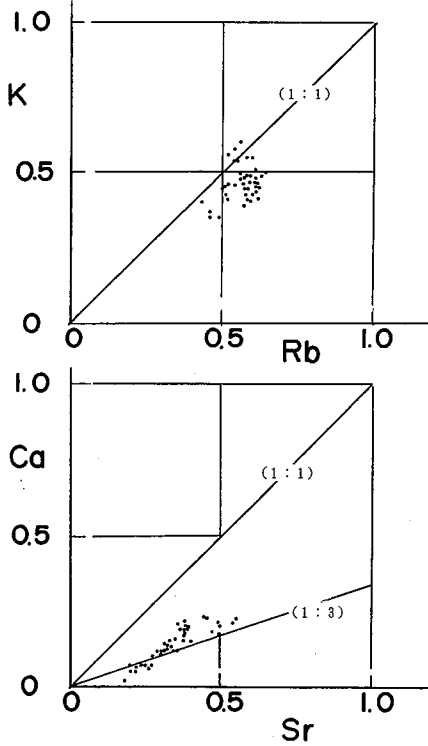


図13 陶器（高蔵寺地区）出土須恵器の両相関図

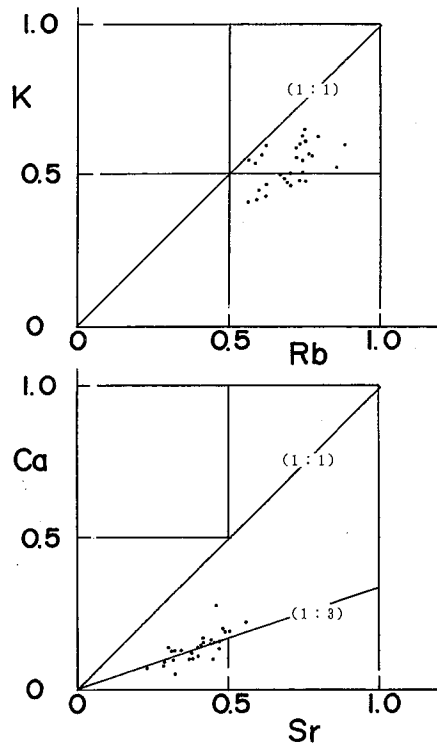


図14 陶器（光明池地区）出土須恵器の両相関図

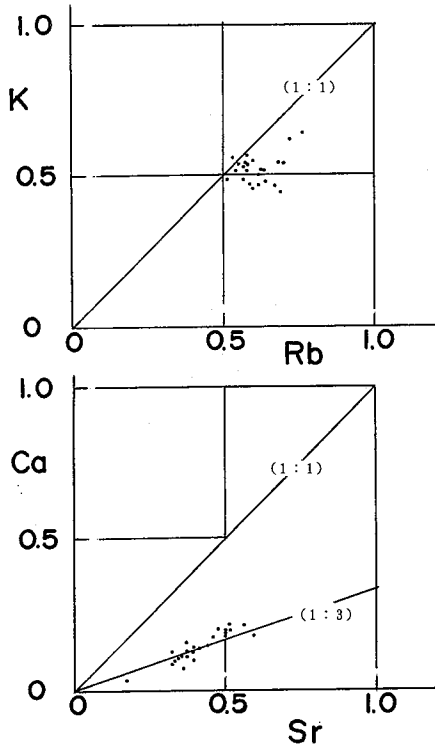


図15 陶邑（陶器山地区）出土須恵器の両相関図

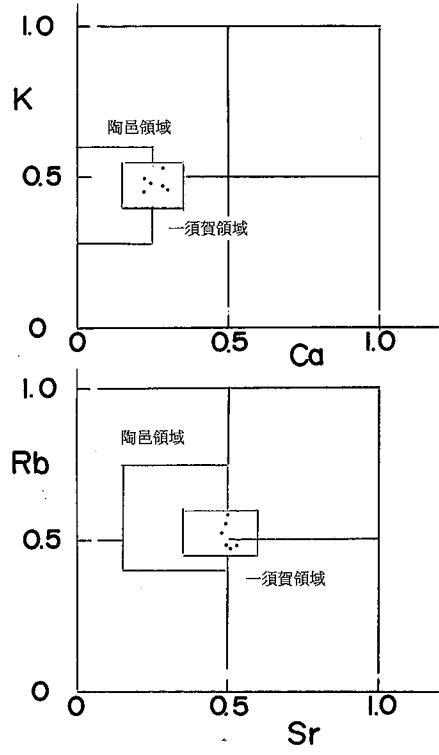


図16 一須賀2号窯跡出土須恵器の両分布図

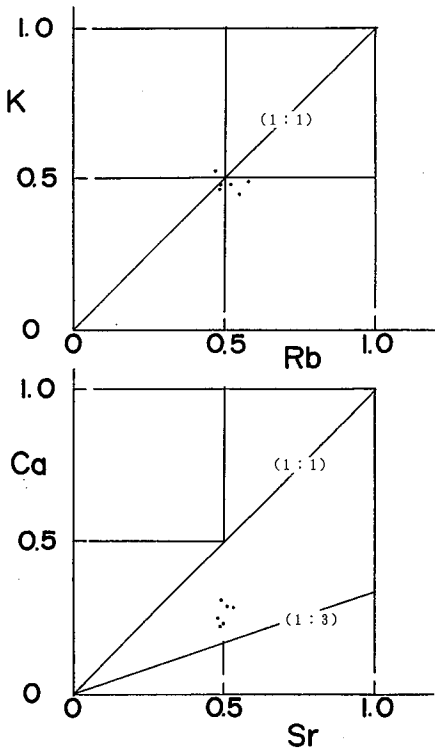


図17 一須賀2号窯跡出土須恵器の両相関図

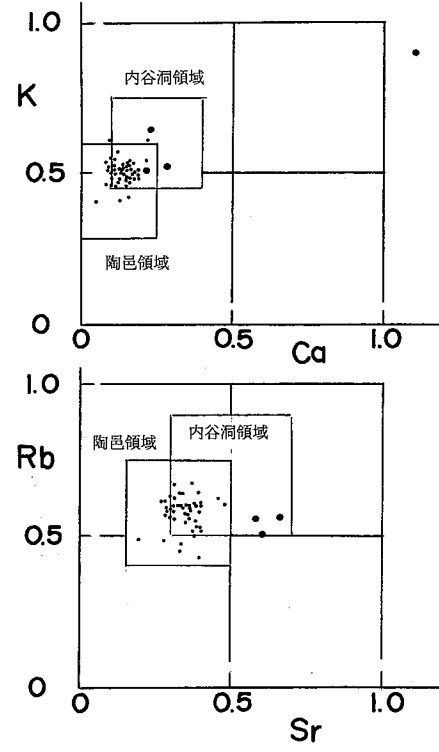


図18 大庭寺遺跡出土初期須恵器の両分布図

は、試料集団は勾配（1：3）の直線沿いに、正の相関性をもって分布することがわかる。K-Rbの相関性に比べて、Ca-Srの相関性が良好な点が注目される。

図12には、梅地区の窯跡出土須恵器の両相関図を示す。図11と同様、K-Rb相関図では、勾配（1：1）の直線の下側に正の相関性をもって分布し、Ca-Sr相関図では勾配（1：3）の直線沿いに正の相関性をもって分布することがわかる。ただ、両相関図における分布位置は必ずしも一致せず、微妙なずれがある。

図13には高蔵寺地区、図14には光明池地区、図15には陶器山地区の窯跡出土須恵器の両相関図を示す。K-Rbに相関性の良くないものもあるが、いずれの地区の試料集団もK-Rb相関図では勾配（1：1）の直線の下側に、また、Ca-Sr相関図では勾配（1：3）の直線沿いに分布するという共通点をもっていることがわかった。さらに、Ca-Srの相関性のほうがK-Rbの相関性に比べて良好な相関性をもつという共通点もわかった。このことは陶邑の窯跡出土須恵器は共通の母岩に由来する粘土を素材としていることを示している。両相関図における微妙なずれは母岩の化学特性の違いが原因であると考えられる。このように、各地区の窯跡出土須恵器の化学特性には微妙な違いがあるが、各地区の窯跡出土須恵器はK-Ca、Rb-Srの両分布図ではまとめて分布し、陶邑領域を形成することが明らかになった。その結果、両分布図上で、他の地域の窯跡出土須恵器の化学特性と定性的に比較することができる。この結果は重要である。各地の古墳・遺跡出土須恵器を両分布図上で陶邑領域に対応させることによって、陶邑産須恵器であるかどうかを定性的にでも判断できるからである。

ここで、陶邑周辺にある窯跡出土須恵器の化学特性と比較してみた。一須賀地区では初期須恵器を焼成した窯跡が4基発見されている。このうち、一須賀2号窯跡出土初期須恵器の両分布図を図16に示す。分析点数が少ないので、試料集団は小さくまとまって分布している。通常、数基程度の小規模な窯跡群出土須恵器はそれほど大きくばらつかない。狭い領域内の近接した場所で素材粘土を採取しているからである。陶

邑領域と比較すると、一須賀領域はCa、Srが少し多めで、分布領域は少しずれるので、陶邑産の須恵器とは識別できる可能性があることがわかる。もし、一須賀窯跡群の製品が近くの古墳へ供給されておれば、狭い一須賀領域に分布するので、両分布図上で容易に検出することができるはずである。図17には、一須賀2号窯跡出土須恵器の両相関図を示してある。K-Rb相関図では勾配（1：1）の直線沿いに分布し、Ca-Sr相関図では勾配（1：3）の直線の上側に分布し、陶邑の各地区の窯跡出土須恵器とは少し異なる相関性を示す。このことは一須賀窯群と陶邑窯跡群の須恵器の素材粘土の母岩の化学特性が異なることを意味する。

## （2）陶邑周辺の遺跡出土須恵器の産地問題

定性的な産地推定法が提示されたので、早速、陶邑周辺にある、古墳および古墳時代の遺跡から出土した須恵器の産地を両分布図上で探ってみた。陶邑の製品が供給されている可能性が高いと考えられたからである。

図18には、梅地区内にある大庭寺遺跡（大阪府堺市）から出土した初期須恵器の両分布図を示す。ほとんどの試料は陶邑領域内に分布している。しかも、陶邑領域内でも、梅地区の窯跡出土須恵器が分布した領域にほぼ対応する。3点の試料は両分布図で陶邑領域外に分布した。陶邑産の須恵器ではないことは明白である。図18には、比較対象の領域として、朝鮮半島、伽耶地域の高霊にある内谷洞窯跡群出土陶質土器の分析データを使い内谷洞領域を描いてある。3点の試料は両分布図で内谷洞領域に対応し、内谷洞窯跡群で作られた陶質土器である可能性がでてきた。5世紀代には、朝鮮半島、伽耶地域から多数の渡来人が河内地域に居住していた歴史的事実から、この結果は理解できる。

図19には、伏尾遺跡（大阪府堺市）出土須恵器の両分布図を示す。ほとんどの試料は陶邑領域に分布し、陶邑産須恵器が伏尾遺跡へ供給されていたことを示している。しかも、陶邑領域内でも、大野池地区の窯跡出土須恵器が分布した領域に分布し、大野池地区の窯跡から供給された須恵器であることを示している。この遺跡からも、1点、内谷洞窯跡群産の可能性がある

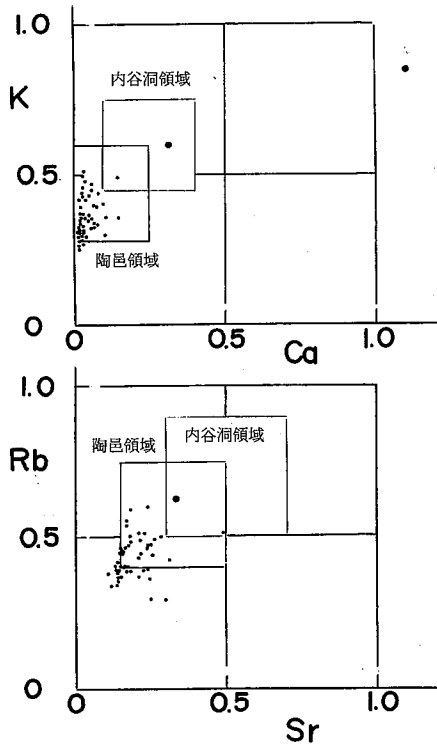


図19 伏尾遺跡出土初期須恵器の兩分布図

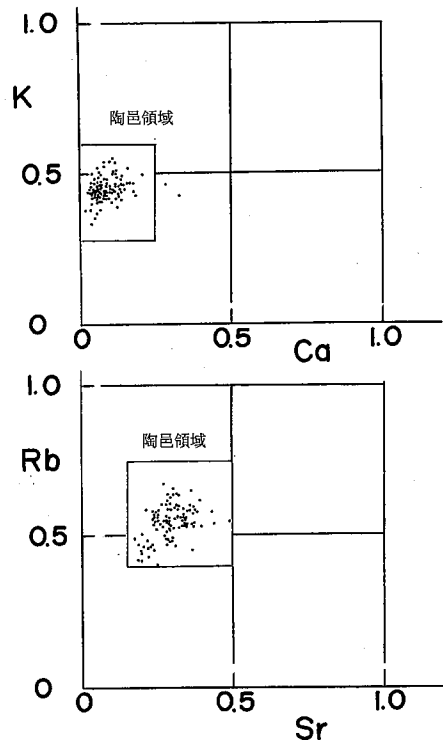


図20 小阪遺跡出土須恵器の兩分布図

陶質土器が検出されている。

図20には、小阪遺跡（大阪府堺市）出土須恵器の兩分布図を示す。ほとんどの試料は光明池地区や陶器山地区の須恵器の分布領域には対応しない領域に分布した。光明池地区や陶器山地区以外で作られた須恵器であると推定される。

このように、陶邑周辺の遺跡からは兩分布図上で陶邑領域に対応する須恵器が大量に出土していることが明らかになった。これらの遺跡から出土した須恵器は陶邑産であると推定される。兩分布図上で分布位置を対応させることによって、定性的な産地推定ができるわけである。

つぎに、大阪府藤井寺市にある野中古墳出土初期須恵器の分析データをみてみよう。図21には、故北野耕平氏が平成元年度に提供された野中古墳出土初期須恵器をエネルギー分散型の装置で測定した結果を示してある。ほとんどの試料は兩分布図でよくまとまって分布しており、同じ窯跡の製品であることを示している。その分布領域は図16に示した一須賀領域に対応し、一須賀窯跡の製品であることを示している。試料集団からずれて分布する2点の試料は兩分布

図で陶邑領域にも対応しない。陶邑産の須恵器でもない。そのうちの1点は兩分布図で伽耶地域の内谷洞領域に対応し、内谷洞窯跡群の陶質土器である可能性がある。

さらに、図22には、平成7年度に提供された試料の一部を波長分散型の装置で測定した結果を示してある。やはり、ほとんどの試料は一須賀領域によく対応しており、一須賀窯跡の製品であることを示している。平成7年度には200点を超す試料が分析されたが、ほとんどの試料は兩分布図で一須賀領域に分布した。一須賀窯から大量の初期須恵器が野中古墳に供給されていたことが明らかになった。

また、図23には、平成6年度に提供された、野中古墳の墳頂部から出土した15点の試料の兩分布図を示す。1点を除いてすべて、一須賀領域に分布しており、一須賀窯跡の製品であることを示している。このように、野中古墳から出土した初期須恵器はほとんどが一須賀窯跡の製品であった。陶邑産と推定される須恵器は1点も検出されなかったことは注目に値する。このことは何を意味するのであろうか？ 陶邑周辺

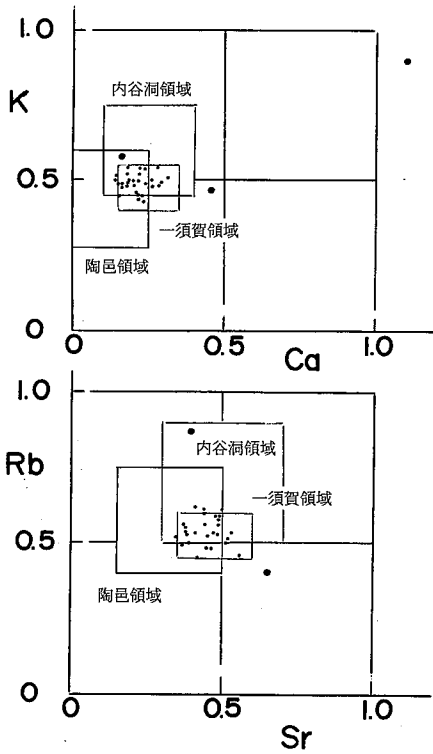


図21 野中古墳出土初期須恵器（平成元年度測定）の両分布図

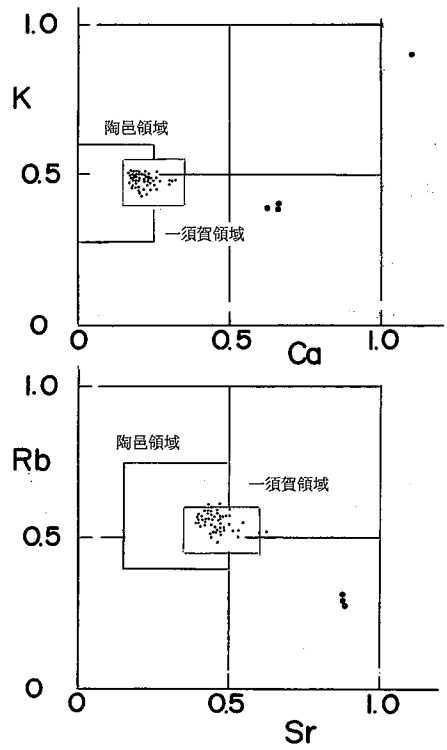


図22 野中古墳出土初期須恵器（平成7年度測定）の両分布図

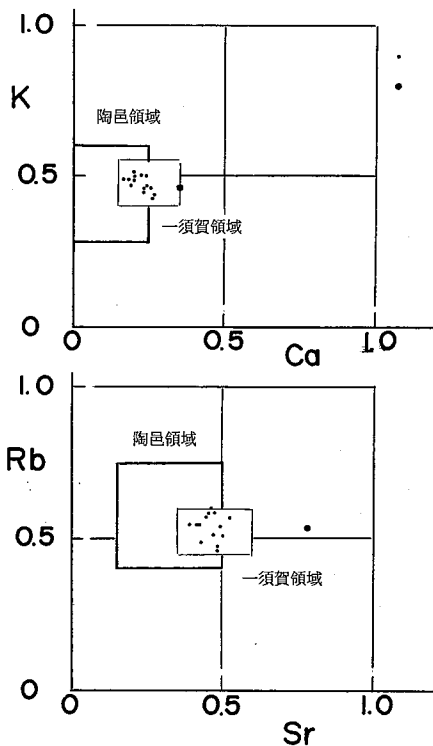


図23 野中古墳墳頂部出土初期須恵器の両分布図

須恵器は1点もなく、それに代わって、陶邑以外の特定の窯から大量に須恵器を供給された古墳・遺跡はこれまでのところ見つかっていない。野中古墳は特別な古墳である。また、ごく少数ではあるが、陶質土器の可能性のある土器も検出されたことも注目される。

陶邑周辺には多数の古墳や古墳時代の遺跡がある。これらの古墳・遺跡から出土した須恵器を分析していけば、古墳時代最大の須恵器生産地であった陶邑の須恵器が大量に検出されることが予想される。さらに、これらの須恵器の両分布図における分布位置から、陶邑のどの地区の窯跡で作られた須恵器が供給されていたかを土器型式とも併せて研究することもできるであろう。「新しい土器の考古学」研究は「陶邑産須恵器の伝播に関する研究」という新しい研究テーマを提供する。

もう一つの注目すべき点は陶質土器の可能性のある土器が検出されたことである。朝鮮半島、伽耶地域からの渡来人が陶邑周辺に居住していたという歴史事実から、その可能性は大きい。

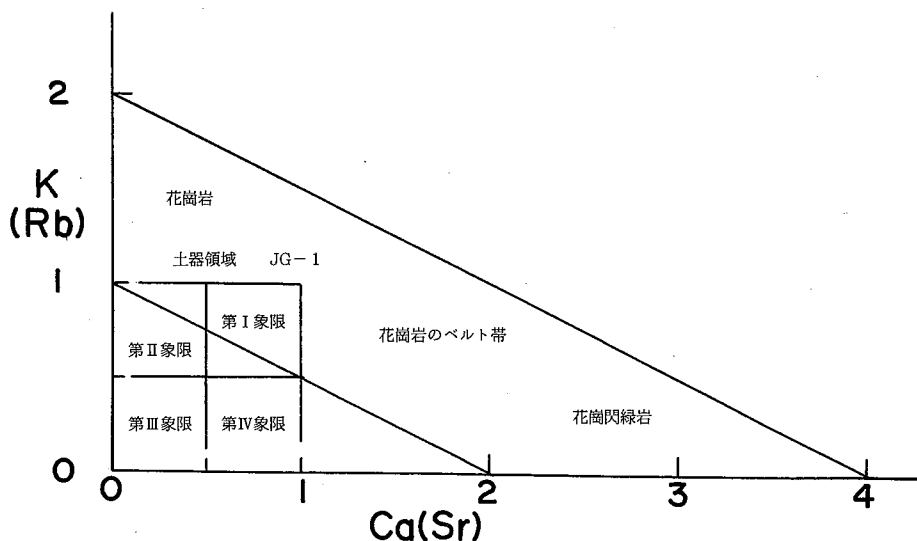


図24 花崗岩類のベルト帯と土器領域

陶邑周辺の遺跡から出土する陶質土器の考古科学的研究の今後にも期待がかかる。

### 5. 考察

今回、自然科学の方法で得られた陶邑の窯跡出土須恵器の分析データは古墳時代の須恵器の産地問題の研究に多くの情報を提供している。そのうちの幾つかの問題について考察した。

まず第1点は陶邑産須恵器がK-Ca、Rb-Srの両分布図で陶邑領域にまとまって分布し、陶邑領域を形成したことである。そこでまず、K、Ca、Rb、Srとはどんな元素なのかを考察しておくことが必要である。

地表近くで生成した火山岩についてはデイリーによって、玄武岩、安山岩、デイサイト、流紋岩の4種類に分類されているが、地下深くで生成した深成岩については玄武岩系と花崗岩系の岩石に大別される。いずれの岩石も主成分鉱物は長石類（斜長石とカリ長石を主体とする）、石英と雲母・角閃石・輝石などの鉄化合物であるが、岩石種によって鉱物の組成が異なる。玄武岩系の岩石は鉄化合物が比較的多く含まれ、黒色系の岩石であるのに対して、花崗岩系の岩石は鉄化合物が比較的少なく、石英、長石類を主体とした白色系の岩石である。さらに、最も重要な主成分鉱物である長石類は玄武岩系の岩石にはCaを含む斜長石が多く含まれているの

に対して、花崗岩系の岩石にはKを含むカリ長石が多く含まれていることである。さらに、微量元素Rb、Srは化学的性質がそれぞれ、主成分元素Ca、Kに類似している上に、イオン半径も類似している。そのためマグマから、鉱物の結晶が析出する際、Ca、Kが配置される結晶格子の位置に、それぞれ、Sr、Rbが一定の割合で配置されることになる。これが、微量元素Sr、Rbがそれぞれ、主成分元素Ca、Kと正の相関性を持つ理由である。母岩を構成した鉱物が残渣鉱物として粘土中に含まれているので、玄武岩系の岩石に由来する粘土と花崗岩系の岩石に由来する粘土では、K、Caさらに、Rb、Srの含有量に違いが出ることになる。つまり、粘土、したがって、粘土を素材とした土器遺物にも、これら4元素で地域差が生じることになる。このことを実証するためには、全国各地の粘土の分析化学的研究が必要であるが、全国的に粘土試料を採集することは不可能に近い。自然界に広く分布する粘土の分析化学的研究に代わりに、窯跡出土須恵器の分析化学的研究が行われたわけである。この研究を遂行する上には、行政発掘によって、全国各地で須恵器窯跡が発掘・調査され、各地の教育委員会が膨大な量の窯跡出土須恵器を保管していたことが役立った。これがなければ、自然科学の方法による須恵器の産地推定法は開発できなかったであろう。

他方、須恵器は1000°Cを超える高温で焼成するが、斜長石、つまり、Caを多く含む粘土は斜長石が比較的低温で融解するため、土器を硬く焼結する上に障害となる。全国各地の須恵器窯跡群の後背地を構成する岩石はCaが比較的少なく、Kが比較的多い花崗岩系の岩石である場合が多い。玄武岩系の岩石に由来する粘土は須恵器の素材とはならなかったのである。その例として、Caが異常に多く、Kが異常に少ない玄武岩系の岩石である斑禰岩を後背地にもつ生駒山西麓遺跡群内では、大量の縄文土器、弥生土器、土師器などの軟質土器を作ったにもかかわらず、須恵器窯跡は発見されていないことは、この遺跡群内に分布する粘土では須恵器を焼成することができなかったことを物語る。これらの事実から、窯跡出土須恵器の素材粘土は在地産であることが推察できる。

一方、花崗岩系の白色の岩石の中にも、斜長石(Ca)を比較的多く含む岩石もみつかった。花崗閃緑岩と呼ばれている。岩石学分野では花崗岩と花崗閃緑岩を併せて「花崗岩類」と呼んでいる。全国各地の花崗岩類を分析した結果、花崗岩類もK-Ca、Rb-Srの両分布図上で地域差があり、「花崗岩類のベルト帯」を形成することが実験データで示されている。花崗岩はベルト帯の左上の領域に、逆に、花崗閃緑岩はベルト帯の右下の領域に分布する。その中間の領域に分布する花崗岩類もある。「花崗岩類のベルト帯」と窯跡出土須恵器の分布領域(土器領域と呼ぶ)の関係を図24に示す。全国各地の須恵器のほとんどは「土器領域」に分布する。花崗岩に由来する粘土を素材とした窯跡出土須恵器は「土器領域」の第2象限から第3象限にかけて分布し、花崗閃緑岩に由来する粘土を素材とした窯跡出土須恵器は「土器領域」の第4象限から第3象限にかけて分布する。第1象限に分布する窯跡出土須恵器はほとんどない。窯跡出土須恵器の両分布図における分布に、後背地の花崗岩類が影響していることは明らかである。このようなデータから、花崗岩類や窯跡出土須恵器の地域差の原因は母岩である花崗岩類中の長石類にあると考えられている。したがって、須恵器工人は素材粘土を経験的に花崗岩系の岩石が分布する地域の粘土を選択したことが考え

られる。通常、須恵器窯跡は1基単独で存在する場合はほとんどない。多数の窯跡が集まって須恵器窯跡群を形成している。窯跡群周辺には高温で焼結する良質の粘土が分布しているからである。このことは良質の素材粘土を求めて、窯を設定したことを物語る。また、陶邑内でも、母岩の花崗岩類は均質ではなく、不均質系である。したがって、これらの花崗岩類に由来する粘土にも、微妙な地域差が生じたと考えられる。

また、今回のデータで陶邑産須恵器が陶邑周辺の遺跡に大量に供給されていることも明らかになった。陶邑産須恵器の伝播は単なる伝播ではなく、他の遺跡へ供給する目的をもって陶邑で大量に須恵器を生産した可能性が考えられる。ここに「陶邑産須恵器の生産・供給問題」という研究テーマが提示されることになった。「陶邑産須恵器の生産・供給問題」の研究は文字がなかった古墳時代の歴史を考える上に重要な役割をもっている可能性がある。土器型式も含めた考古学的研究として研究を推進することが必要である。

もう一つの問題は、陶邑周辺の遺跡からは大量の陶邑産須恵器に混ざって、朝鮮半島で作られた陶質土器と推定される土器が検出されたことである。考古学的な土器観察でも、陶質土器は大阪府内の遺跡からも出土するといわれてきた。陶質土器であるという科学的根拠を示さなければならない。そのためには、朝鮮三国時代の窯跡および遺跡・古墳出土陶質土器の考古学的研究が必要である。この研究は韓国の考古学者たちとの共同研究になる。新しい国際共同研究が古代史研究に役立つことが期待される。

野中古墳から大量の一須賀窯跡出土初期須恵器が出土したことは驚きであった。そのために、野中古墳出土初期須恵器を包含するようにして一須賀領域が描かれた。この領域に一須賀2号窯跡出土須恵器は包含された。本来、野中領域とすべきところであるが、生産地である窯跡を重視し、一須賀領域とした。同時に、陶邑産須恵器が一つも検出されなかったことも驚きであった。このような例は他にもある。九州北部地域の初期須恵器の窯跡である小隈窯跡の近くにある小隈1号墳(福岡県朝倉市)からは小隈窯跡産と推定される初期須恵器が大量に出土してい

るが、陶邑産須恵器は検出されていない。朝倉窯跡群周辺の古墳・遺跡からは多数の陶邑産須恵器が検出されているにもかかわらず、小隈古墳からは陶邑産の須恵器は1点も検出されていない。何故、小隈古墳からは陶邑産須恵器が1点も検出されないのかは興味深い問題である。

他方、一須賀古墳群にも一須賀窯の初期須恵器が検出されることが予想されるが、まだ、確認されていない。今後の課題である。野中古墳は古市墓山古墳の陪塚の一つである。野中古墳の被葬者は一須賀古墳群に埋葬されている人たちと深い関係のある人物であると推察される。また、出土した土器の中に、陶質土器の可能性のある土器が出土したことはこの被葬者は渡来系の人物である可能性を示唆しているのかもしれない。古墳・遺跡出土須恵器の考古学的研究はこれまでの考古学研究では得られていなかった、新しい情報を提供することは明らかである。

また、平成元年度にエネルギー分散型の装置で測定した結果と、平成7年度に波長分散型の装置で測定した結果が同じ結果を示していることは、完全自動式蛍光X線装置はいかに安定性がよく、かつ、再現性も良いかを示している。「土器遺物の伝播や生産・供給問題」の研究には長い年月が必要である。このような研究を推進する上には、データの再現性がよく、安定性のよい分析装置が不可欠である。完全自動式の蛍光X線分析は土器遺物の伝播や生産・供給問題の研究にいかに適した分析装置であるかを示している。行政発掘によって、膨大な量の土器遺物を発掘した日本では「土器遺物の伝播や生産・供給問題」の研究は不可欠である。この研究を推進する上には、完全自動式の蛍光X線分析装置も不可欠である。土器遺物の考古学的研究を進展させれば、日本の土器考古学研究は世界の土器考古学研究の先端を切ることになるであろう。21世紀、日本の土器考古学研究の大いなる発展を期待する。

## 6. 結論

1) 陶邑の各地区の窯跡出土須恵器の化学特性は同じではないが、その相互識別は困難であっ

た。しかし、陶邑産須恵器として、K-Ca、Rb-Srの両分布図上でまとまって分布し、陶邑領域を形成した。この結果を活用すれば、陶邑周辺にある古墳・遺跡から出土する須恵器の中から陶邑産須恵器を検出することができる。

2) 陶邑周辺の古墳時代の遺跡から、陶邑産須恵器が大量に検出された。このデータから、陶邑産須恵器の生産・供給問題の考古学的研究へと進展させることができる。陶邑産須恵器の生産・供給問題を解明することによって、古墳時代の歴史研究へと発展させることも可能である。

3) 陶邑周辺の遺跡から陶質土器と推定される土器も検出された。陶質土器に関する考古学的研究も必要である。今後の研究の発展が期待される。

4) 野中古墳から一須賀窯跡群で作られた大量の初期須恵器が検出された。野中古墳の被葬者は一須賀古墳群と深い関係にある人物であることを示している。

## 謝辞

陶邑産須恵器は日本の土器遺物の考古学的研究の原点になる研究材料である。この重要な試料を大量に提供して下さった大阪府教育委員会に対して深謝の意を表します。

また、野中古墳出土の初期須恵器を分析する上に、種々お世話になった故北野耕平氏に対しても厚くお礼申し上げます。先生のご尽力のお蔭でこの論文をまとめることができました。後に残された我々は日本の土器考古学研究を大きく推進させる責務をもつ。

## 参考文献

三辻利一2013『新しい土器の考古学』同成社

## 挿図出典

図1：大阪府教育委員会文化財保護課2005『陶邑・窯・須恵器 国重要文化財指定記念』文化財あれこれブックレットNo.1

図2～24：三辻作成



表1 陶器・大野池地区（ON）の窯跡出土須恵器の蛍光X線分析データ

窯跡名	試料番号	K	Ca	Fe	Rb	Sr	Na
ON-3	148	0.544	0.196	2.30	0.658	0.393	0.255
ON-3	149	0.406	0.080	2.03	0.569	0.252	0.141
ON-22-I	150	0.481	0.085	2.01	0.664	0.271	0.222
ON-22-I	151	0.394	0.058	1.98	0.557	0.214	0.155
ON-22-I	152	0.467	0.060	2.11	0.664	0.238	0.190
ON-22-II	158	0.377	0.056	2.01	0.565	0.198	0.138
ON-22-II	159	0.484	0.048	2.26	0.501	0.219	0.075
ON-22-II	160	0.480	0.156	3.08	0.574	0.315	0.212
ON-22-II	161	0.520	0.087	3.03	0.573	0.257	0.217
ON-22-II	162	0.507	0.241	2.26	0.643	0.422	0.193
ON-22-II	163	0.512	0.081	2.18	0.660	0.262	0.210
ON-22-II	164	0.483	0.175	2.77	0.586	0.345	0.208
ON-22-II	165	0.443	0.056	2.10	0.604	0.252	0.172
ON-22-II	166	0.311	0.035	2.38	0.425	0.182	0.110
ON-24	167	0.360	0.054	2.30	0.518	0.245	0.186
ON-24	168	0.386	0.032	3.21	0.484	0.171	0.098
ON-24	169	0.430	0.022	3.14	0.509	0.173	0.090
ON-24	170	0.403	0.011	3.02	0.477	0.141	0.049
ON-24	171	0.421	0.051	2.60	0.524	0.235	0.126
ON-24	172	0.385	0.043	2.68	0.468	0.187	0.117
ON-24	173	0.542	0.099	1.71	0.715	0.367	0.197
ON-24	174	0.381	0.055	2.48	0.512	0.208	0.170
ON-24	175	0.410	0.026	2.82	0.521	0.162	0.076
ON-24	180	0.457	0.083	2.47	0.566	0.321	0.213
ON-24	181	0.460	0.079	2.57	0.596	0.292	0.214
ON-24	182	0.465	0.117	2.32	0.596	0.314	0.210
ON-24	183	0.343	0.033	2.11	0.474	0.177	0.087
ON-26	184	0.578	0.122	2.39	0.636	0.344	0.243
ON-26	185	0.389	0.018	2.31	0.479	0.163	0.041
ON-26	186	0.444	0.073	2.02	0.590	0.284	0.165
ON-26	187	0.456	0.122	2.08	0.584	0.340	0.267
ON-26	188	0.538	0.092	2.39	0.604	0.317	0.225
ON-26	189	0.392	0.016	2.57	0.492	0.170	0.058
ON-26	191	0.391	0.015	2.56	0.501	0.166	0.051
ON-26	192	0.391	0.016	3.01	0.452	0.154	0.083
ON-26	193	0.402	0.012	3.64	0.431	0.141	0.068
ON-26	194	0.379	0.070	2.18	0.501	0.263	0.137
ON-26	195	0.478	0.117	2.12	0.574	0.365	0.279
ON-26	196	0.385	0.021	2.95	0.477	0.171	0.085
ON-26	197	0.422	0.014	3.06	0.506	0.168	0.076
ON-26	198	0.548	0.112	2.35	0.618	0.342	0.245
ON-26	199	0.403	0.021	2.67	0.503	0.196	0.140
ON-44	201	0.428	0.066	1.91	0.583	0.259	0.134
ON-44	202	0.408	0.091	2.27	0.539	0.279	0.156
ON-44	203	0.451	0.103	1.61	0.766	0.315	0.182
ON-44	204	0.376	0.037	2.61	0.476	0.244	0.112
ON-44	205	0.377	0.024	1.96	0.499	0.209	0.053
ON-44	206	0.509	0.098	1.78	0.726	0.372	0.182
ON-44	207	0.510	0.102	2.38	0.620	0.324	0.252
ON-44	208	0.510	0.139	2.52	0.616	0.341	0.212
ON-44	209	0.446	0.120	2.10	0.593	0.343	0.199
ON-34	215	0.523	0.085	1.79	0.648	0.371	0.184
ON-34	216	0.424	0.075	1.53	0.671	0.300	0.096
ON-34	217	0.529	0.137	1.89	0.748	0.419	0.254
ON-34	218	0.488	0.167	2.15	0.627	0.410	0.250
ON-34	219	0.404	0.043	2.65	0.499	0.181	0.124

窯跡名	試料番号	K	Ca	Fe	Rb	Sr	Na
ON-45	220	0.515	0.130	1.96	0.621	0.354	0.292
ON-45	221	0.525	0.150	1.75	0.617	0.429	0.402
ON-45	222	0.528	0.118	1.69	0.602	0.360	0.293
ON-45	223	0.529	0.138	1.38	0.620	0.392	0.324
ON-57	224	0.493	0.213	2.46	0.579	0.420	0.278
ON-57	225	0.366	0.048	2.17	0.535	0.192	0.112
ON-57	226	0.470	0.088	2.54	0.608	0.257	0.213
ON-57	227	0.473	0.078	1.84	0.627	0.304	0.221
ON-57	228	0.399	0.058	2.04	0.596	0.218	0.131
ON-57	229	0.435	0.078	2.13	0.528	0.292	0.245
ON-57	230	0.425	0.068	2.69	0.580	0.241	0.183
ON-57	231	0.506	0.086	2.88	0.626	0.253	0.251
ON-57	232	0.446	0.119	1.97	0.695	0.309	0.113
ON-58	233	0.464	0.096	2.63	0.562	0.254	0.194
ON-58	234	0.419	0.066	2.30	0.392	0.241	0.129
ON-58	235	0.475	0.075	2.01	0.543	0.292	0.237
ON-58	236	0.519	0.146	2.26	0.605	0.334	0.268
ON-58	237	0.391	0.028	2.96	0.436	0.161	0.111
ON-58	238	0.447	0.068	2.55	0.540	0.230	0.197
ON-61	243	0.450	0.100	2.45	0.534	0.322	0.264
ON-61	244	0.461	0.035	2.24	0.598	0.211	0.143
ON-61	245	0.401	0.038	1.78	0.565	0.205	0.119
ON-61	246	0.576	0.181	2.17	0.659	0.397	0.256
ON-61	247	0.419	0.073	1.85	0.599	0.265	0.217
ON-61	248	0.448	0.032	2.18	0.547	0.215	0.116
ON-61	249	0.420	0.080	1.90	0.587	0.293	0.220
ON-61	250	0.444	0.078	1.82	0.637	0.296	0.265
ON-61	251	0.526	0.183	2.17	0.658	0.414	0.228
ON-61	252	0.412	0.063	1.82	0.575	0.264	0.217
ON-65	253	0.392	0.041	2.40	0.584	0.230	0.128
ON-65	254	0.355	0.070	2.20	0.514	0.234	0.139
ON-65	255	0.409	0.039	1.94	0.519	0.212	0.107
ON-65	256	0.333	0.045	2.10	0.495	0.180	0.117
ON-65	257	0.302	0.053	2.96	0.416	0.216	0.101
ON-65	258	0.397	0.041	2.37	0.592	0.220	0.127
ON-65	260	0.414	0.053	2.90	0.456	0.237	0.164
ON-65	261	0.474	0.081	2.56	0.538	0.239	0.167
ON-65	262	0.341	0.033	2.18	0.462	0.177	0.105
ON-65	263	0.442	0.042	1.73	0.589	0.225	0.137
ON-65	264	0.475	0.110	2.07	0.605	0.344	0.267
ON-65	265	0.346	0.054	2.31	0.490	0.219	0.151
ON-65	266	0.340	0.049	2.81	0.469	0.188	0.142
ON-65	267	0.367	0.066	2.78	0.438	0.214	0.173
ON-65	268	0.331	0.026	2.74	0.416	0.166	0.083
ON-65	269	0.315	0.037	2.79	0.401	0.190	0.128
ON-65	270	0.330	0.029	2.15	0.459	0.175	0.066
ON-65	271	0.515	0.084	1.89	0.633	0.372	0.189
ON-65	272	0.359	0.044	1.99	0.520	0.203	0.110
ON-65	273	0.570	0.143	2.29	0.634	0.324	0.244
ON-220	275	0.386	0.021	2.67	0.534	0.192	0.090
ON-220	276	0.340	0.016	2.96	0.448	0.211	0.032
ON-220	277	0.449	0.025	2.62	0.547	0.189	0.112
ON-220	278	0.405	0.042	2.48	0.479	0.251	0.128
ON-220	279	0.397	0.030	2.59	0.524	0.193	0.118
ON-220	280	0.417	0.012	3.24	0.480	0.163	0.084
ON-222	281	0.431	0.032	2.36	0.515	0.169	0.099
ON-222	282	0.423	0.046	2.32	0.541	0.225	0.096
ON-222	283	0.445	0.045	2.73	0.432	0.216	0.122

陶邑窯跡群出土須恵器の化学特性：三辻・中村・犬木

窯跡名	試料番号	K	Ca	Fe	Rb	Sr	Na
ON-222	284	0.482	0.070	2.38	0.572	0.281	0.21
ON-222	285	0.512	0.075	2.21	0.596	0.254	0.155
ON-222	286	0.417	0.023	2.67	0.505	0.159	0.081
ON-223	287	0.417	0.022	3.50	0.472	0.170	0.093
ON-223	288	0.304	0.033	2.30	0.440	0.190	0.086
ON-223	289	0.355	0.040	1.99	0.527	0.207	0.106
ON-223	294	0.422	0.058	2.23	0.547	0.260	0.166
ON-223	295	0.516	0.068	2.82	0.586	0.322	0.147
ON-223	296	0.416	0.028	2.54	0.514	0.209	0.096
ON-223	297	0.407	0.012	3.08	0.481	0.152	0.057
ON-18-II	455	0.419	0.104	2.38	0.529	0.323	0.272
ON-18-II	456	0.374	0.053	2.92	0.421	0.234	0.135
ON-18-II	457	0.442	0.091	2.41	0.522	0.308	0.266
ON-222	458	0.436	0.042	2.44	0.580	0.195	0.102
ON-222	459	0.382	0.040	2.65	0.448	0.202	0.098
ON-222	460	0.409	0.034	2.64	0.547	0.171	0.096
ON-221	461	0.384	0.024	3.34	0.402	0.157	0.052
ON-221	462	0.465	0.035	3.20	0.534	0.173	0.090
ON-221	463	0.433	0.038	3.30	0.504	0.159	0.095
ON-52	473	0.536	0.174	2.79	0.600	0.348	0.266
ON-52	474	0.524	0.127	2.76	0.609	0.317	0.239
ON-52	475	0.527	0.171	2.79	0.583	0.347	0.237
ON-53	479	0.374	0.038	2.58	0.451	0.205	0.088
ON-53	480	0.363	0.051	2.41	0.496	0.193	0.116
ON-53	481	0.439	0.107	1.77	0.599	0.294	0.171
ON-53	482	0.511	0.151	2.23	0.602	0.373	0.320
ON-53	483	0.517	0.114	2.33	0.622	0.319	0.275
ON-53	484	0.368	0.011	3.40	0.357	0.119	0.047

表2 陶邑・柵地区 (TG) の窯跡出土須恵器の蛍光X線分析データ

窯跡名	試料番号	K	Ca	Fe	Rb	Sr	Na
TG-35	488	0.509	0.171	2.28	0.628	0.323	0.121
TG-35	489	0.445	0.078	2.66	0.532	0.306	0.092
TG-35	490	0.447	0.098	1.79	0.737	0.353	0.142
TG-37	502	0.388	0.048	2.22	0.657	0.218	0.074
TG-37	503	0.398	0.056	2.11	0.689	0.228	0.091
TG-37	504	0.473	0.062	2.16	0.617	0.270	0.184
TG-37	505	0.428	0.098	2.43	0.686	0.296	0.168
TG-216	506	0.499	0.154	2.26	0.565	0.403	0.337
TG-216	507	0.504	0.151	2.43	0.572	0.384	0.347
TG-216	508	0.497	0.191	2.19	0.563	0.374	0.222
TG-216	509	0.540	0.142	1.95	0.625	0.382	0.283
TG-65	516	0.512	0.137	1.52	0.764	0.454	0.197
TG-65	517	0.491	0.076	2.42	0.734	0.280	0.093
TG-65	518	0.536	0.184	2.40	0.665	0.415	0.280
TG-65	519	0.522	0.143	1.52	0.784	0.461	0.225
TG-65	520	0.531	0.176	1.70	0.686	0.427	0.233
TG-65	521	0.498	0.077	2.33	0.762	0.286	0.084
TG-65	522	0.548	0.214	1.75	0.776	0.461	0.308
TG-16	523	0.574	0.102	2.10	0.853	0.328	0.154
TG-16	525	0.473	0.177	1.70	0.702	0.421	0.223
TG-16	526	0.563	0.170	1.43	0.798	0.492	0.240
TG-16	528	0.481	0.065	2.56	0.550	0.264	0.208
TG-64	529	0.552	0.089	1.36	0.727	0.370	0.266
TG-64	530	0.508	0.033	2.39	0.517	0.243	0.084
TG-64	531	0.480	0.082	1.61	0.644	0.282	0.176
TG-64	532	0.408	0.014	2.41	0.565	0.175	0.037
TG-85	533	0.324	0.033	2.14	0.379	0.203	0.140
TG-85	534	0.474	0.129	2.19	0.520	0.403	0.264
TG-85	535	0.506	0.143	2.14	0.524	0.419	0.244
TG-85	536	0.336	0.060	2.51	0.360	0.248	0.200
TG-85	537	0.281	0.061	2.43	0.355	0.218	0.148
TG-85	538	0.284	0.034	2.68	0.339	0.183	0.106
TG-85	539	0.327	0.054	2.99	0.371	0.216	0.132
TG-32	540	0.390	0.054	2.81	0.439	0.234	0.143
TG-32	541	0.471	0.141	2.04	0.746	0.355	0.228
TG-32	542	0.419	0.062	2.22	0.753	0.235	0.087
TG-32	543	0.507	0.105	1.79	0.647	0.333	0.242
TG-32	544	0.491	0.180	2.39	0.604	0.381	0.262
TG-32	545	0.544	0.108	2.27	0.638	0.391	0.197
TG-32	546	0.464	0.133	2.21	0.633	0.351	0.151
TG-32	547	0.362	0.062	3.39	0.307	0.241	0.149
TG-32	548	0.573	0.105	1.35	0.786	0.359	0.162
TG-32	552	0.504	0.079	1.67	0.655	0.264	0.105
TG-32	553	0.478	0.076	2.34	0.618	0.275	0.099
TG-30	554	0.513	0.125	1.90	0.756	0.417	0.230
TG-30	555	0.528	0.108	1.97	0.697	0.366	0.213
TG-22	556	0.337	0.031	2.01	0.450	0.178	0.103
TG-22	557	0.441	0.109	2.54	0.515	0.253	0.240
TG-22	558	0.454	0.079	2.31	0.574	0.235	0.160
TG-22	559	0.342	0.042	2.20	0.488	0.185	0.112
TG-22	560	0.333	0.034	2.47	0.454	0.149	0.111
TG-22	561	0.346	0.055	2.07	0.457	0.188	0.174
TG-33	562	0.602	0.174	1.39	0.781	0.486	0.349
TG-33	563	0.451	0.051	2.16	0.537	0.226	0.144

陶邑窯跡群出土須恵器の化学特性：三辻・中村・犬木

窯跡名	試料番号	K	Ca	Fe	Rb	Sr	Na
TG-33	564	0.595	0.118	1.50	0.823	0.384	0.201
TG-33	566	0.522	0.097	2.09	0.636	0.346	0.257
TG-33	567	0.362	0.104	2.69	0.484	0.258	0.107
TG-33	568	0.475	0.109	1.47	0.572	0.417	0.235
TG-33	569	0.425	0.047	2.41	0.530	0.201	0.108
TG-214	570	0.520	0.105	2.30	0.560	0.589	0.178
TG-214	571	0.503	0.157	2.46	0.550	0.383	0.367
TG-214	572	0.465	0.073	2.66	0.548	0.244	0.230
TG-214	573	0.557	0.092	1.94	0.627	0.306	0.238
TG-214	574	0.434	0.106	2.06	0.542	0.288	0.236
TG-62	575	0.478	0.100	1.86	0.558	0.335	0.246
TG-62	576	0.501	0.098	1.57	0.597	0.314	0.177
TG-62	577	0.543	0.089	2.43	0.702	0.279	0.177
TG-62	578	0.460	0.043	2.55	0.590	0.231	0.071
TG-21	579	0.487	0.093	1.83	0.704	0.332	0.132
TG-21	580	0.459	0.105	2.48	0.736	0.278	0.101
TG-21	581	0.480	0.112	1.61	0.647	0.357	0.278
TG-21	582	0.475	0.175	1.94	0.646	0.335	0.221
TG-21	583	0.489	0.122	1.58	0.634	0.356	0.254
TG-19	584	0.493	0.125	1.82	0.856	0.344	0.113
TG-19	585	0.366	0.085	2.56	0.415	0.286	0.270
TG-19	586	0.305	0.035	2.25	0.469	0.165	0.117
TG-19	587	0.313	0.043	2.28	0.484	0.166	0.107
TG-19	588	0.351	0.089	2.57	0.408	0.276	0.237
TG-19	589	0.307	0.027	2.43	0.378	0.155	0.060
TG-19	590	0.322	0.021	3.12	0.359	0.119	0.074
TG-44-2	591	0.423	0.153	2.23	0.613	0.357	0.175
TG-44-2	592	0.467	0.144	2.38	0.611	0.325	0.175
TG-44-2	593	0.537	0.255	2.05	0.622	0.465	0.187
TG-44-2	594	0.527	0.135	1.56	0.755	0.359	0.215
TG-44-2	595	0.429	0.208	2.24	0.612	0.368	0.184
TG-44-2	596	0.517	0.234	2.24	0.676	0.480	0.253
TG-44-2	597	0.427	0.177	2.20	0.606	0.381	0.158
TG-68	598	0.541	0.170	1.76	0.773	0.456	0.282
TG-68	599	0.600	0.179	1.28	0.847	0.512	0.343
TG-68	600	0.513	0.163	1.75	0.778	0.466	0.221
TG-68	601	0.518	0.063	2.68	0.562	0.300	0.192
TG-68	602	0.423	0.066	3.55	0.426	0.213	0.150
TG-68	603	0.465	0.105	2.01	0.542	0.341	0.253
TG-40	604	0.511	0.034	1.56	0.675	0.260	0.074
TG-40	605	0.505	0.086	1.82	0.754	0.299	0.173
TG-40	606	0.488	0.090	1.73	0.740	0.312	0.170
TG-40	607	0.472	0.090	1.83	0.596	0.350	0.181
TG-44-1	608	0.473	0.256	2.61	0.758	0.337	0.090
TG-44-1	609	0.470	0.253	2.07	0.660	0.511	0.229
TG-44-1	610	0.503	0.208	2.37	0.587	0.521	0.373
TG-44-1	611	0.430	0.096	2.01	0.591	0.286	0.117
TG-44-1	612	0.429	0.202	2.87	0.500	0.349	0.114
TG-44-1	613	0.454	0.098	2.55	0.556	0.264	0.098
TG-222	614	0.419	0.061	2.30	0.504	0.261	0.157
TG-222	615	0.378	0.034	2.23	0.457	0.169	0.084
TG-222	616	0.467	0.091	2.68	0.554	0.283	0.284
TG-222	617	0.430	0.062	3.28	0.467	0.245	0.210
TG-222	618	0.418	0.058	1.67	0.479	0.296	0.170

窯跡名	試料番号	K	Ca	Fe	Rb	Sr	Na
TG-67	619	0.553	0.150	1.88	0.721	0.410	0.244
TG-67	620	0.536	0.134	1.81	0.748	0.378	0.231
TG-67	622	0.553	0.165	2.19	0.739	0.439	0.338
TG-67	623	0.560	0.157	1.57	0.722	0.467	0.231
TG-211	624	0.508	0.118	2.14	0.745	0.302	0.130
TG-211	625	0.458	0.159	2.64	0.700	0.374	0.168
TG-211	626	0.468	0.104	2.66	0.724	0.269	0.087
TG-211	627	0.457	0.085	1.80	0.771	0.301	0.100
TG-211	628	0.458	0.084	1.78	0.779	0.300	0.129
TG-47	630	0.371	0.038	1.53	0.483	0.210	0.111
TG-47	631	0.439	0.074	1.77	0.583	0.255	0.154
TG-47	632	0.510	0.085	1.64	0.612	0.284	0.168
TG-47	633	0.433	0.066	1.92	0.508	0.256	0.179
TG-47	634	0.445	0.054	1.59	0.571	0.256	0.160
TG-47	635	0.470	0.057	1.65	0.553	0.255	0.159
TG-21-1	636	0.382	0.115	2.20	0.467	0.371	0.238
TG-21-1	637	0.408	0.128	1.89	0.539	0.357	0.226
TG-21-1	638	0.362	0.050	1.82	0.588	0.217	0.081
TG-21-1	639	0.433	0.153	2.01	0.532	0.410	0.287
TG-21-1	640	0.420	0.065	1.71	0.547	0.263	0.153
TG-36	641	0.478	0.100	2.57	0.530	0.295	0.216
TG-36	642	0.507	0.115	1.62	0.725	0.350	0.196
TG-36	643	0.468	0.112	2.33	0.677	0.316	0.210
TG-36	644	0.453	0.154	1.98	0.569	0.356	0.233
TG-36	645	0.478	0.194	1.98	0.548	0.421	0.269
TG-36	646	0.465	0.084	1.95	0.736	0.283	0.115
TG-72	647	0.519	0.124	2.41	0.594	0.312	0.302
TG-72	648	0.438	0.083	1.36	0.573	0.141	0.157
TG-72	649	0.469	0.079	2.21	0.588	0.263	0.174
TG-72	650	0.494	0.100	2.54	0.600	0.347	0.227
TG-72	651	0.428	0.061	1.88	0.513	0.256	0.148
TG-62	652	0.484	0.103	1.55	0.587	0.414	0.266
TG-62	653	0.550	0.145	1.91	0.726	0.421	0.249
TG-62	654	0.503	0.108	1.52	0.600	0.440	0.290
TG-62	655	0.576	0.217	1.74	0.697	0.508	0.233
TG-62	656	0.451	0.074	1.96	0.579	0.319	0.186
TG-62	657	0.455	0.113	1.92	0.611	0.327	0.147
TG-203	658	0.421	0.168	1.87	0.651	0.317	0.135
TG-203	659	0.309	0.065	2.30	0.516	0.215	0.106
TG-203	661	0.377	0.078	2.36	0.553	0.218	0.110
TG-203	662	0.282	0.024	2.64	0.398	0.141	0.036
TG-203	663	0.406	0.111	2.22	0.597	0.304	0.159
TG-203	664	0.478	0.098	2.10	0.723	0.273	0.132
TG-203	665	0.505	0.104	2.48	0.679	0.259	0.158
TG-35	666	0.452	0.109	2.09	0.520	0.363	0.235
TG-35	668	0.475	0.109	2.52	0.511	0.336	0.211
TG-35	670	0.545	0.114	1.59	0.812	0.427	0.237
TG-35	671	0.508	0.151	1.91	0.619	0.380	0.301
TG-35	672	0.483	0.090	2.85	0.635	0.234	0.115
TG-35	673	0.579	0.197	2.15	0.624	0.413	0.260
TG-220	674	0.520	0.142	2.34	0.591	0.373	0.234
TG-220	675	0.502	0.140	2.17	0.513	0.421	0.322
TG-220	676	0.544	0.135	2.25	0.560	0.388	0.322
TG-220	677	0.453	0.059	2.38	0.407	0.223	0.102
TG-220	678	0.521	0.127	2.47	0.541	0.400	0.299
TG-220	679	0.514	0.146	2.10	0.523	0.417	0.304
TG-220	680	0.520	0.149	2.01	0.541	0.400	0.307

表3 陶邑・高蔵寺地区（TK）の窯跡出土須恵器の蛍光X線分析データ

窯跡名	試料番号	K	Ca	Fe	Rb	Sr	Na
TK-315	62-1204	0.561	0.220	2.70	0.524	0.546	0.507
TK-315	62-1205	0.540	0.202	2.64	0.541	0.496	0.483
TK-315	62-1206	0.576	0.214	2.45	0.537	0.539	0.518
TK-316	62-1209	0.451	0.150	2.01	0.677	0.375	0.135
TK-316	62-1210	0.478	0.122	2.09	0.567	0.336	0.171
TK-237	62-1211	0.480	0.182	2.57	0.573	0.473	0.356
TK-237	62-1212	0.547	0.168	2.04	0.582	0.495	0.388
TK-230	62-1213	0.492	0.146	2.72	0.577	0.397	0.336
TK-230	62-1214	0.539	0.209	2.72	0.546	0.487	0.358
TK-73	61-1046	0.453	0.156	1.95	0.611	0.351	0.250
TK-73	61-1047	0.492	0.130	2.34	0.632	0.327	0.293
TK-73	61-1048	0.449	0.128	2.05	0.581	0.317	0.242
TK-73	61-1049	0.483	0.118	2.24	0.611	0.302	0.288
TK-73	61-1052	0.513	0.227	2.38	0.611	0.438	0.333
TK-73	61-1053	0.468	0.190	2.35	0.586	0.378	0.272
TK-87	61-1056	0.499	0.121	2.65	0.645	0.290	0.240
TK-87	61-1057	0.432	0.191	2.06	0.575	0.372	0.199
TK-87	61-1058	0.410	0.216	2.090	0.620	0.377	0.227
TK-87	61-1059	0.470	0.143	2.33	0.615	0.311	0.228
TK-87	61-1060	0.491	0.206	2.61	0.580	0.364	0.231
TK-87	61-1061	0.395	0.069	2.98	0.433	0.273	0.188
TK-306	61-1062	0.501	0.178	1.93	0.556	0.376	0.349
TK-306	61-1063	0.411	0.068	1.62	0.589	0.248	0.132
TK-306	61-1064	0.406	0.065	1.65	0.592	0.263	0.141
TK-306	61-1065	0.385	0.051	2.21	0.571	0.195	0.143
TK-306	61-1066	0.347	0.070	2.18	0.493	0.198	0.147
TK-85	61-1071	0.443	0.196	1.93	0.607	0.389	0.251
TK-85	61-1072	0.473	0.119	2.56	0.608	0.306	0.286
TK-85	61-1073	0.546	0.148	2.73	0.603	0.334	0.284
TK-85	61-1074	0.445	0.204	2.05	0.616	0.385	0.236
TK-85	61-1075	0.461	0.172	2.34	0.569	0.379	0.211
TK-85	61-1076	0.428	0.192	1.98	0.604	0.379	0.210
TK-85	61-1077	0.462	0.120	2.60	0.539	0.299	0.285
TK-85	61-1078	0.431	0.072	2.69	0.512	0.235	0.154
TK-38	375	0.598	0.116	2.25	0.560	0.325	0.224
TK-38	376	0.452	0.234	2.11	0.509	0.447	0.162
TK-38	377	0.412	0.100	1.99	0.516	0.273	0.114
TK-38	378	0.350	0.023	2.22	0.460	0.182	0.047
TK-38	379	0.372	0.051	2.30	0.463	0.221	0.102
TK-38	380	0.459	0.118	2.20	0.524	0.348	0.215
TK-38	381	0.451	0.057	2.45	0.513	0.218	0.123

表4 陶邑・光明池地区 (KM) の窯跡出土須恵器の蛍光X線分析データ

窯跡名	試料番号	K	Ca	Fe	Rb	Sr	Na
KM-28	309	0.565	0.169	2.02	0.605	0.416	0.277
KM-28	310	0.430	0.130	1.81	0.621	0.320	0.093
KM-28	311	0.654	0.046	1.39	0.753	0.325	0.299
KM-28	312	0.549	0.165	1.64	0.739	0.438	0.285
KM-28	313	0.600	0.280	1.82	0.622	0.460	0.181
KM-28	314	0.490	0.128	1.59	0.681	0.340	0.147
KM-28	315	0.597	0.161	1.72	0.733	0.467	0.302
KM-28	317	0.420	0.076	1.33	0.591	0.285	0.159
KM-28	318	0.592	0.197	1.67	0.717	0.482	0.301
KM-30	319	0.475	0.221	1.59	0.692	0.555	0.253
KM-30	321	0.564	0.192	1.53	0.774	0.488	0.278
KM-30	322	0.518	0.097	1.71	0.851	0.368	0.187
KM-30	323	0.539	0.154	2.55	0.581	0.407	0.206
KM-30	324	0.411	0.073	2.49	0.561	0.230	0.063
KM-30	325	0.553	0.100	2.10	0.563	0.453	0.294
KM-30	326	0.511	0.123	1.93	0.743	0.380	0.186
KM-30	329	0.450	0.135	2.35	0.596	0.298	0.186
KM-30	330	0.569	0.109	1.69	0.762	0.400	0.267
KM-30	331	0.474	0.129	2.21	0.623	0.318	0.206
KM-115	332	0.626	0.101	1.57	0.792	0.379	0.261
KM-115	333	0.608	0.136	1.41	0.752	0.474	0.333
KM-115	334	0.475	0.095	2.02	0.747	0.316	0.189
KM-115	335	0.564	0.191	1.73	0.724	0.502	0.330
KM-115	336	0.505	0.152	1.44	0.703	0.438	0.236
KM-115	337	0.604	0.152	1.46	0.879	0.445	0.250
KM-115	338	0.499	0.135	2.07	0.672	0.396	0.213
KM-115	341	0.482	0.155	1.72	0.731	0.448	0.255
KM-115	342	0.473	0.092	1.76	0.702	0.285	0.166
KM-115	343	0.628	0.147	1.74	0.741	0.408	0.308

表5 陶邑・陶器山地区 (MT) の窯跡出土須恵器の蛍光X線分析データ

窯跡名	試料番号	K	Ca	Fe	Rb	Sr	Na
MT-28	298	0.536	0.111	1.59	0.677	0.368	0.186
MT-28	300	0.637	0.180	1.47	0.764	0.498	0.347
MT-28	301	0.483	0.113	2.11	0.639	0.332	0.199
MT-28	302	0.494	0.043	2.01	0.509	0.268	0.065
MT-28	303	0.539	0.198	1.74	0.704	0.499	0.262
MT-28	304	0.519	0.099	1.74	0.637	0.388	0.211
MT-28	305	0.463	0.129	1.57	0.604	0.393	0.201
MT-28	306	0.621	0.201	1.54	0.720	0.472	0.231
MT-28	307	0.468	0.087	1.81	0.668	0.326	0.187
MT-28	308	0.445	0.116	1.58	0.693	0.349	0.113
MT-5	345	0.557	0.182	2.20	0.531	0.590	0.494
MT-5	346	0.537	0.197	2.42	0.552	0.501	0.442
MT-5	347	0.544	0.118	1.78	0.582	0.369	0.284
MT-5	349	0.524	0.152	2.60	0.541	0.436	0.376
MT-5	350	0.541	0.221	2.41	0.576	0.511	0.389
MT-5	351	0.501	0.157	1.90	0.616	0.366	0.181
MT-5	352	0.567	0.232	2.37	0.576	0.557	0.424
MT-85	354	0.473	0.113	2.05	0.592	0.342	0.157
MT-85	355	0.474	0.131	3.04	0.615	0.320	0.194
MT-85	359	0.520	0.073	2.18	0.584	0.364	0.314
MT-9	371	0.520	0.144	2.07	0.629	0.412	0.297
MT-9	372	0.493	0.144	2.13	0.565	0.388	0.278
MT-9	373	0.547	0.196	2.13	0.602	0.509	0.384
MT-9	374	0.525	0.181	2.20	0.566	0.457	0.346