

研究紀要

第20号

- 土器類の産地推定についての基礎的検討 大屋道則
- 方形周溝墓と土器Ⅲ 福田 聖
- 東国の古墳時代中期土器と韓半島系土器 坂野和信
- 官衙の門、居宅の門 田中広明
- 埋蔵文化財データベースの作成について 大屋道則 新屋雅明 橋本 勉
- 収蔵石製品の鋳物名の同定(1) 清水慎也 大屋道則

2005

財団法人 埼玉県埋蔵文化財調査事業団



1-5-muscovite

×1.5



2-10-muscovite



3-16-quartz・muscovite



4-9-quartz・pyrophyllite



5-12-pyrophyllite

×1.5



8-15-pyrophyllite



6-27-pyrophyllite

×1.5



7-11-pyrophyllite

×1.5



9-25-talc



10-28-talc



15-21-talc



11-3-talc



12-4-talc



16-13-talc



13-1-talc



14-14-talc



17-2-talc



18-26-actinolite



19-23-antigorite



20-22-clinocllore



21-17-jadeite



27-8-jadeite



22-6-jadeite

×1.5



23-19-jadeite



24-20-jadeite



25-18-jadeite



26-24-jadeite



28-7-jadeite

目次

口絵

序

〔論文〕

土器類の産地推定についての基礎的検討

—理論的背景の整備と研究史的課題の明確化—

..... 大屋 道則 (1)

方形周溝墓と土器Ⅲ —概観 その2— 福田 聖 (57)

東国の古墳時代中期土器と韓半島系土器

—地域社会の形成と韓半島系土器群の系譜— 坂野 和信 (77)

官衙の門、居宅の門 田中 広明 (103)

埋蔵文化財データベースの作成について

—遺物属性とカラー画像についての大規模データベース作成の実務—

..... 大屋道則 新屋雅明 橋本 勉 (115)

収蔵石製品の鉱物名の同定 (1)

—平行ビーム法を利用したX線回折による非破壊での鉱物の同定—

..... 清水慎也 大屋道則 (131)

土器類の産地推定についての基礎的検討

—理論的背景の整備と研究史的課題の明確化—

大屋 道則

要旨 土器類胎土の理化学的な分析による産地推定は、閉塞状態にある土器の型式論的研究に対して、重要な情報をもたらすはずのものである。例えばそれは、縄文土器の移動の問題であり、土師器の生産の同一性についての問題である。しかしながら、考古学研究者と自然科学者の協働が不完全な事による方法上の不備と、理論的な整備が不十分な事による概念操作の混乱、そして基礎的データの開示不足のために、現在までに十分な成果が得られていない。このような土器類の産地推定研究について、ここでは実際の分析に先きだつてその枠組みを検討し、また、理論的な整備を行いながら従来研究の問題点を明らかにしたうえで、今後進むべき方向を提示した。

はじめに

土器類の胎土を理化学的に分析し、その成分の特徴から当該土器類の産地を推定する研究（以下では「土器類の産地推定」と略記する）は、日本においては1970年頃から本格的に始められ、今日までおよそ30年余の歴史をもっている（註1）。しかしながら汎日本的視点で見渡せば、学問的な蓄積として後世まで残る研究体系は、三辻利一の一連の研究以外にはない（註2）。対象範囲を狭域に限定すれば、十余名の研究者によるいくつかの試みが散見できるものの、これらの多くは絶えず個別적であると共に、データの一般化や対比が不可能な状況にある。

埼玉県埋蔵文化財調査事業団では、2002年度から04年度にかけての緊急雇用創出事業で、2001年度までに埼玉県立埋蔵文化財センターに収蔵された資料20万点以上について、データベース化を実施した。この時、事業団設立以前に調査された遺物の中に、註記がはがれ落ちて、帰属が不明瞭となったものが含まれていたため、実務的側面から理化学的な「土器類の産地推定」の必要性が生じる事となった。そこで従来から委託分析の形で実施していた胎土分析を中心として、様々な方法の可能性を理論的に検討

したが、旧来の方法ではこれらの遺物について具体的な遺跡名を与えられる見通しは得られなかった。

蛍光X線分析装置をはじめとする近年の理化学分析機器は、卓上化と共に比較的安価になりつつある。これらを活用して大規模に実施されているのが、望月明彦に代表される黒曜石の産地推定である。全点分析をも躊躇せずに行われる黒曜石の産地推定は、石器研究者との協働も順調であり、一定の成果を収めているように見える。黒曜石という比較的均一な岩石と、土器類という複雑な人為的混合物との根本的な違いがあるとはいえ、このような黒曜石の産地推定と比較した時に「土器類の産地推定」研究の現状は、決して十分なものではない。

こうした背景の中で、2002年度から考古遺物の理化学的な成分分析を開始し、2003年度からは別府大学教授平尾良光氏の指導を受け、土器類の産地推定についての具体的な検討を行った。

今回は、「土器類の産地推定」の前提となる、理論的基盤と研究史について報告した。当該分野の研究を適切に遂行し、確固たるものにするためには、実用的な研究以前にこのような基礎的な検討が不可欠である（註3）。

1 産地推定の目的

「土器類の産地推定」に関する研究を行うにあたって、まず目的を明確にする必要がある。当該部門は学際的な試みであることから、以下のように問題点が整理できる。

- ①考古学の中では、土器類がどのような視点から取り扱われているのか
- ②土器類に対する考古学独自の方法では、どのような問題について、取り扱いが困難か
- ③その理由はなぜか
- ④自然科学のどのような方法から、考古学的方法の不足が補えるのか
- ⑤それはどのような原理に基づいているのか
- ⑥得られた結果によって、考古学自体にはどのような進展が見られるのか

現在の日本考古学における各分野の研究は、細分精緻化されている。この中で「土器類の産地推定」も、様々な仮説についての論議の一つとして、重要な役割を担い始めている。研究史の初期には条件の良い地域で結果を出せば事足りたが、現在では、条件が必ずしも良好でない、より一般的な場所についても、より厳密な産地の推定が求められ始めている。従って、「土器類の産地推定」が正しい効力を発揮するためには、上記の様な点の検討が必要である。少なくとも、土器を分析して産地の違いを表す元素や鉱物がわかればよいというだけの問題ではない。

1.1 日本考古学における土器研究の大別

日本考古学における土器研究は概ね以下の三項目に集約される。

- ①土器の製作技術研究
- ②土器の機能用途研究
- ③土器の型式論的分布論的研究

「土器類の胎土分析」は、これら三項目のいずれとも深く関わっているが、胎土分析の一部門である

「土器類の産地推定」については、特に型式論的分布論的研究との関係が緊密である。

1.2 土器の一生と考古学的方法の限界

産地推定研究的視点に基づいて描いた研究対象としての土器の一生は、例えば【①メルト→②鉱物→③原料→④材料→⑤製品→⑥帰属→⑦廃棄→⑧遺跡→⑨遺物→⑩情報】のように表現できる（第1-1図）（註4）。この土器の一生の中で、一般考古学の方法で良好に取り扱える範囲は、⑥帰属以降、及び④材料から⑤製品が作成される工程の技術的側面の一部と、⑤製品から⑥帰属に至るまでの集積された状況が具体的な遺跡として発見された場合などである。

従って、土器の製作技術研究的視点から見た場合には、③原料から⑤製品までについては、粘土採掘場所とこれに隣接した原料集積場所、製作工房、焼成遺構が一組で発見されない限り、考古学的方法では検証ができない。また、土器の機能用途研究的視点から見た場合にも、③原料から⑤製品に至る、土器の胎土が機能や用途に与える影響については、考古学的方法では検証ができない。更に、土器の型式論的分布論的研究においても、④材料から⑤製品に至る製作地については、考古学的方法では、検証ができない。

1.3 自然科学的方法の意義

以上のような点に関して、前二者の問題については、自然科学的方法による「土器類の胎土分析」が、後者の問題については、同じく「土器類の産地推定」が、考古学的方法の不足部分を補うことができる。

ここで取り上げる「土器類の産地推定」は、土器類胎土の物質的な属性について、以下のような試みを実施するものである。

- ① 元素組成、化合物（鉱物・岩石）組成を抽

出する（土器類、原料、材料）。

- ②：土器類をこれらの組成から類型化する。
- ③：成分の類型を型式論的、分布論的に相対化し、その通時の変遷等も考慮し、製作に関連した単位や系統性を表す母集団を定義する。
- ④：類型と自然物との組成や分布の対比から具体的な原料を推定する。
- ⑤a：製作跡から検出した遺物を母集団として、製作地を定義する。
- ⑤b：類型の分布と原料の分布から製作された地域を想定する。
- ⑥：個別の試料を分析し、母集団への帰属を判定し、産地を推定する。

1.4 自然科学的方法の根拠と限界

このような試みが可能である自然科学的な根拠は、土器類の原料が主として堆積物から構成されており、日本は火山国であると同時に島国であり、細か

い地形が複雑に入り組み、比較的小さい地域毎に固有の堆積物が認められる事と、土器類が比較的低温で焼成されているために、土器類の胎土の中に原料の特徴が良好に残されている事による。

一方、自然科学的な方法の限界は、自然科学的な差異が測定可能な状況になければ、有効性が発揮できない点と、通常状況の中では、全ての試料を分析できない点である。

1.5 自然科学的成果からの考古学への寄与

製作地や原料の産地が推定できれば、出土地点との差として移動距離が求められ、具体的な土器の移動について言及が可能となる。土器は自立的には移動し得ないので、土器の移動から人の移動が類推でき、これによって遺跡相互の関連性にも言及が可能となる。

1.6 製作単位と移動に関する問題の構成

ここで「土器類の産地推定」に関する目的-必要性に関連して、問題の構成についてやや詳細な検討

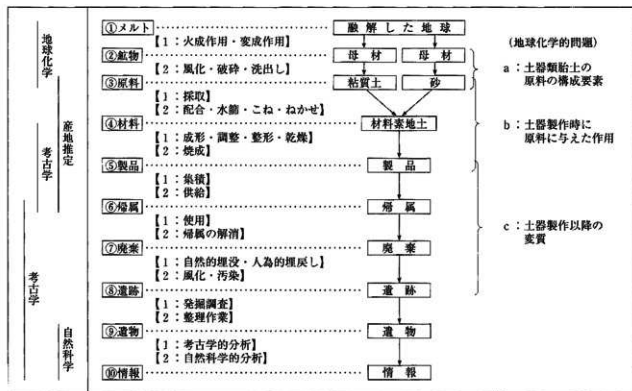


図1-1 土器の製作から分析に至るまでの流れ

をしておきたい。大塚達朗は、型式について以下のよう
に説明している（大塚2000）。

「発見された遺物それぞれは千差万別で多種多
様である。では、一個一個そのまま議論の組上
にのせるべきだろうか。それを実行することは
不可能である。そこで、何とかしてまとめて扱
えないか、という問題が出てくる。型式という
問題構成の基本は、このように対象をまとめて
扱うべき現実的要請から出てきているのであ
る。」（以下略）

「層位は存在論的に型式に先行し、型式は認識
論的に層位に先行し、かつ、相互に他を前提と
するという意味での循環関係にある」

大塚が説明するように、遺物に対する型式論的な
把握は、考古学的な脈絡の中で個別の遺物をまと
めて取り扱う一つの方法である。この方法が直接取り
扱える守備範囲は、文化的な事象に起因して遺物に
物質的な形態を伴って残された様々な属性である。
従って、そこから得られる事柄も、文化的な脈絡を
反映した事象に限定される。

ところで、考古学の研究の進展に伴って、遺物が
作られたまとまりや作られた場所を把握する必要が
生じた。それは、必ずしも遺物の全てが作られたと
ころで使われ、使われたところで廃棄されているわ
けではないことが予想できたからである。遺物が作
られたまとまりを把握する事は、分布論的にまとめ
た一群の遺物の中から複数の製作単位を見いだすこ
とにつながり、遺物が作られた場所を推定する事は、
結果として遺物の移動を明らかにする事となる。そ
して、遺物が作られた単位とその移動を論じること
は、その遺物が作られ、使われていた社会の中での
ものの移動のされ方や人の移動を論じる事であり、
即ち、社会の仕組みを説明する事につながる。「層
位」を「分布」という更に一般的な形に置き換えて

みるならば、大塚の議論の中から明らかなように、
型式論的には個々の遺物から製作者を客観的に弁別
することは不可能である（註5）。一方、技術・技法
論的には「癖」という範疇から、個人を識別する試
みがなされていないわけではないが、一群の遺物の中
から、特定の“癖”を識別することは可能ではあるが、
一群の遺物全てを“癖”によって分類することは困難
であるので、製作者を客観的に弁別する方法として
一般化する事はできない。更に、原料の産地を明ら
かにする方法は、それが遺跡として残されていない限
り、考古学独自の方法では不可能である。

このような状況の中で、遺物について、それが作
られたまとまりや作られた地域を把握するために、
型式や分布に次ぐ方法として、原料の差に着目して
これを理化学的な分析から得られた情報によって類
型化する試みである「土器類の産地推定」が利用さ
れる事となった。

1.7 考古学と自然科学

「土器類の産地推定」は、考古学と自然科学の学
際的な試みであり、そこから派生する問題について、
予め注目しておかなければならない。それは、理
化学的手法によって明らかにできるのはあくまでも成
分の同一性であり、そこから想定できる原料の同一
性、若しくは材料の同一性であって、これらは無前
提に土器の製作地や製作者（集団）の同一性に転化
するものではないという点である。考古学と自然
科学は異なった学的体系であるために、自然科学の範
疇を考古学の範疇に転化させることはできない。従
って、自然科学的な範疇によって括られた一群の遺
物は、考古学的な範疇においても同様に括られると
説明がしやすいという蓋然性から、考古学的な範疇
に対する自然化学的な範疇の対応関係が想定される
のであって、この点についての客観的な証明は困難
である。

2 産地推定の三要素

本章では、「土器類の産地推定」についての三要素すなわち、分析主体、分析対象、分析手段について検討した。

2.1 産地推定の主体

「土器類の産地推定」の主体は、これを実施する研究者であり、考古学研究者が自ら行う事もあれば、自然科学者が実施する場合もあり、本来は、両者の協働の元に行われる事が理想的である。考古学研究者が自ら理化学分析を行うと、自然科学的原理の理解不足により不完全な測定となりやすく、測定値の解釈も誤りやすい。その一方で自然科学者だけで分析を行うと、考古学研究者の問題意識から乖離した有用性の乏しい成果を生み出しやすい(註6)。本来は、考古学研究者、自然科学者双方が協力して、産地推定に関する基礎的な理論の整備を進めなければならなかったが、この様な努力は従来あまり為されてこなかった(註7)。

また個別の問題については、例えば分析手法がもつ固有の問題や、地球化学的に検討した場合に何が有効であるかと言った問題について、分析主体者が十分に理解している保証はない。分析者が自己の研究環境や能力に基づいて利用可能な分析手法に固執する傾向にある中で、利用可能な分析機器と、分析対象に対して最も効果的な分析方法とが必ずしも一致しないことにも十分に注意する必要がある。更に極論ではあるが、分析者が理化学的に適切な分析を実施しているという保障も明確ではない(註8)。そして考古学研究者は、これらの問題を総合的に評価できないので、分析者によって提示された資料について、手元の考古学的な情報と比較対照して、信じるか信じないかと言った二者択一の選択を行わざるを得ない、というところが現実的な状況である。

現在の「土器類の産地推定」に関する研究の中心

は、十余名程度の研究者である。主体者が考古学研究者の場合には、考古学的な取り扱いと自然科学的な取り扱いが渾然一体となっている事が多く、従って、異なった学的体系の範疇どうしをどのように対応させるかといった問題についての認識が欠如している事が一般的である。その結果、分析結果を概念化せずに考古学的な実体に直接結びつける事が行われてしまう。このような試みには発展の契機は内在していないと見るべきであろう。他方、主体者が自然科学者の場合には、考古学研究者のコメントや分析者のリコメントによって新しい方向性が導き出され、産地推定の方法が漸次進歩して行く、あるいは分析対象を選択して考古学的問題の本質に近づいて行くといった状況が殆ど認められない。

考古学研究者が現在おかれているような、二者択一的な状況から脱却し、改善点や齟齬の要因を明らかにすると共に、考古学的な有効性を得るための主体者の努力と協働が必要である(註9)。

2.2 産地推定の対象

ここで「土器類の産地推定」の対象として取り上げるものは土器類であり、土器類には、縄文土器、弥生土器、土師器、須恵器をはじめとして、土偶や埴輪などの土製品も含まれる。土器類は、天然に産出する鉱物、鉱物の集合体、鉱物の混合物(土、砂礫、粘質土(註10)、陶土等)を原料として、これに水を加えた時の可塑性を利用して成形され、乾燥を経た後に加熱によって焼結させたものである。通常の考古学的研究は、遺物の位置属性や形態属性などの人間によって付与された文化的属性、及びこれに自然的営力が作用したものを主たる対象としているが、産地推定では土器胎土の原料の差に起因した物質的属性が主たる対象となる。なお、土器胎土の物質的属性が対象であるとしても、何を目的とするかによって、注目すべき部分は異なる。

2.2.1 分析対象の自然科学的屬性

土器類の材料は、素地土（きじど）と呼ばれている適切に配合された粘質土であり、この素地土の原料は粘質土と砂と水である（表2-1）。一般的に土器は、主原料である粘質土に対して、補助的原料である砂粒を加えて作られたといわれている（註11）。主原料である粘質土がもつ特徴は可塑性と焼結性である。補助的原料である砂粒を添加する意味は、主原料がもつ実用上の問題点を改善する事にあり、それは、主原料の特徴を保持させつつ、粘性を調節して取り扱いを容易にし、かつ乾燥、焼結、使用時の収縮と膨張による破損を防ぐといったものである（註12）。材料としての素地土を構成する各原料の組成比は、土器の復元製作実験に基づく経験的な数値から、一般的には粘質土が60～100mass%、砂が0～40mass%程度の範囲であろうといわれている。そしてこれに適量の水が加わって素地土が作成されると考えられている。このように、本質的に由来の異なる複数成分の混合物であるという点が、土器類胎土の一つの特性となっている。一方、この特徴を徹視的に見てみるならば、混和材として混入された可視的な大きさの様々な鉱物粒子が、より細かい粒子である粘土鉱物粒子によって包み込まれ焼結されているという構造が理解できる。従ってそこからは、不均一であるというもう一つの大きな特徴が生じる。

次に、原料として使用されたであろう物質の分布上の特徴は以下のとおりである。粘土鉱物の大部分は、堆積した一次鉱物粒子が風化して生じた二次的鉱物である。従って、鉱物と水が存在するところの多くでは、絶えず粘土鉱物が生成していると考えて良い。ただし、土器製作に利用可能な程度に良質な粘質土が集積された状況が生じるためには、鉱物の微細な粒子が堆積し、これに適当な水分が長期間作用する必要がある。実際の土器製作に利用可能かど

表2-1 土器の材料と原料

分類	製品	材料	原料
土器類	縄文土器・弥生土器・土師器・須恵器・埴輪・瓦・その他の土製品	素地土	水
			粘質土
			砂

うかは別として、ローム層に恵まれた関東地方では、多くの場所でローム層からなる地山の下部に帯水した部分があり、これが粘質土化している（註13）。粘質土化しやすい土層が存在し、その土層の粘質土化が一定程度進むと、その部分が不透水層化することによって土層のより多くの部分が帯水し、それによって土層の粘質土化がより急速に進むと考えられる。このような成因から考えると、粘質土は比較的広い範囲に類似した物が分布している事が多い。また、粘土鉱物が各種鉱物の加水分解物である点から、土器製作時の加熱や埋没後の風化に対して、著しい変化をする事が予想できる。なお、粘質土の中には、風化しきれずに残された鉱物微粒子が多量に存在しており、これが粘質土の産地の識別に利用できることに注意が必要である。

砂は、岩石や鉱物粒子が機械的、物理的な破砕や風化と分級作用を受けることによって生成される。代表的な分級作用は風と水流であるが、日本の場合には水流による分級生成が一般的である。水流があれば分級作用が生じるので、恒常的な水流である河川にとどまらず、一時的な水流である雨水の流れた跡など、日常的なあらゆる場所から砂は採取可能である。

一時的な水流である雨水による分級作用の結果生じた砂は、その成分のほとんどが、狭域の表土に含まれている鉱物と岩石粒子の洗い出しに由来し、恒常的な水流である河川による分級作用の結果生じた砂は、その中に広域の周辺地質を反映した鉱物と岩石粒子が含まれる事が特徴である。従って、一時的な水流の結果生じた砂も、恒常的な水流の結果生じ

表2-2 土器類の生産と産地推定

名 称	生産集約性	生産跡	遺物の具体例	対比する母集団
窯業生産物	集約的	一般的	須恵器 埴輪 瓦	生産跡出土遺物
(集約的生産性)	集約的	まれ	土師器	
非窯業生産物	非集約的	ほぼ未検出	縄文土器	成分から設定
(非集約的生産性)				

た砂も範囲の差こそあれ、その鉱物学的・岩石学的な組成は、周辺の地質環境に規定される事となる。なおいずれの砂も、多数の異質な粒子（成分・粒径ともに）の集合体であり、この成分の差が、産地の識別に利用できることに注意が必要である。

土器の胎土について、それを構成している砂と粘質土をほぼ完全に分離することは、従来の技術では不可能であると言われていた（註14）。従って、どのような分析手法を用いたとしても、従来方法では、両者の混合物を分析する事となっていた（註15）。しかしながら、質の高い分析結果を得るためには、土器類の胎土に対して、粘質土と砂をある程度分別した上でそれぞれを分析するか、若しくは両者の混合物に対して、いずれかの特質を強く反映する分析方法を選択して適用する必要がある（註16）。

2.2.2 分析対象の考古学的属性

従来の「土器類の産地推定」の中で、自然科学者によって行われてきたもの幾つかは、考古学研究者との連携が不十分であった為に、計測によって数値化が可能な土器の自然科学的属性が重視される一方で、土器そのものの考古学的属性は省みられることが少なかった（註17）。土器類の考古学的属性は、推定する産地を規定する要因であり、従って分析手続きをも規定するものである。これを正しく把握し分類することが必要である。実際の分析にあたっては、類型化と比較を行うが、実体を想定した上で、どのように類型化を行うかと言うことや、個別の資料に先立って予め標準となるような類型が設定可能であるかということは重要な問題である。以下

ではこのような視点から、分析対象をまず大きく二つに類型化した（表2.2）。

【窯業生産物】

生産跡が比較的明瞭に遺存している土器類で、須恵器、埴輪、瓦等が該当する。どのような土器であっても系統的に製作されている以上、生産に関わった施設はかつて存在したはずであるが、この生産に関わった施設が堅牢で大規模な場合のみ、現在まで遺存し、調査によって検出が可能となる。須恵器、埴輪、瓦等はいずれも窯業生産物であって、窯を利用して大規模に製作された土器類である。窯業生産物の産地推定にあたっては、窯跡から検出した一括資料をもとにして、製作の一工程である焼成を共有している母集団が設定可能であり、これに対して未知試料を同定する事ができる（註18）。窯業生産物についての産地推定では、このような操作を行うので、先にも述べたように「土器類の製作地推定」が中心的な方法となる（註19）。

【非窯業生産物】

生産跡が不明瞭な土器類で、縄文土器や土師器などが該当する。これらは、野焼きやこれに類する方法で焼成されており、明確な遺構として遺存するような生産に特化した大規模な施設を使用していないために、焼成施設の検出は困難であるか、あるいは非常に希であり、通常は生産跡に伴う一括遺物を得る事が出来ない。つまり、未知試料を対比すべき、製作の特定段階を共有する事が明白な母集団は、考古学的方法論のみからは規定できない。そこで改善の策として、理化学分析による成分の同一性から

当該遺物を分類し、これをもとにして母集団を設定し、この母集団に対して未知資料を同定する事となる(註20)。非窯業生産物についての「土器類の産地推定」では、このような操作を行うので、窯業生産物のような「土器類の製作地推定」ではなく、「土器類の材料から見た類型化」、「土器類原料の産地推定」、「土器類の製作地域推定」となる(註21)。なお、非窯業生産物は、土師器のように生産物の規格性から考えて集約的な生産が予想される土器類と、縄文土器のように生産物の個別性から考えて、集約的な生産が行われていないと予想できる土器類に細分できる。前者を集約的生産性非窯業生産物とし、後者を非集約的生産性非窯業生産物とした。

2.3 産地推定の手段

「土器類の産地推定」の手段は、型式論と分布論からなる通常の考古学的研究法とは大きく異なり、主要な部分が理化学的な分析と数学的なデータ処理から構成されている。本来は、分析目的と分析対象の特質により分析対象への着眼点が決まり、分析対象への着眼点により分析手段が決定されることが理想的であるが、先にも述べたように、多くの自然科学者は自己の管理下にある分析装置の使用を基本とするために、従来の研究の中では、必ずしも理想的な分析手段が選択されていたわけではない(註22)。

2.3.1 分析方法の基本原則と分類

産地推定の対象は土器類であるが、土器類の胎土の差異は先にも示したように、材料である素地土の差異に由来する。素地土の組成は、素地土の原料である粘質土と砂の成分により規定され、粘質土と砂の成分は、そこに含まれている鉱物の種類と成分と量により決まる。鉱物の種類と量は、鉱物の供給源と運搬様式に制約され、鉱物の成分は、各々の鉱物がメルトから析出した時の原料と析出条件の差を表している。従って土器類の胎土の差異は、鉱物の供

給源と運搬様式、そして各鉱物がメルトから析出した時の原料と条件差にその起源を持つ事が予想できる(註23)。

鉱物がメルトから析出する際の元素の挙動は、二十世紀を通じて、地球化学が取り組んできた課題であり、Goldschmidtに始まり、Masonをへてその大要が記載され、小沼等の研究により原理の詳細が明らかにされた。また、増田等によって希土類元素の挙動の研究法も示された。土器類の産地推定は、鉱物の産地推定を基本原理の一つとしているので、これら二十世紀の地球化学が明らかにしてきた成果を十分に活用すればよい。

一方、産地推定の対象は土器類であるので、産地推定を成立させるためには、土器類の胎土に対して様々な分析手法を適用することとなる(註24)。以下では、

- ①分析前の成分抽出のしかた
- ②測定用の試料調整のしかた
- ③測定対象としての単位の選択
- ④比較対照の原理としての指標の選択
- ⑤指標として提示された数値の類型化

といった点から分析手段を分類した。

2.3.2 分析前の成分抽出

分析前の成分抽出については、特定成分の抽出を行わず胎土全体を分析する「全体法」と、一部の成分を抽出して分析する「抽出法」、更に分離は伴わないが成分毎に表出する「表出法」に分けた(表2-3)。

【成分抽出-全体法】

土器類の胎土の全成分を含んだ試料を分析する方法である。特定の成分の抽出操作をしないので非常に簡便であるが、原料である粘質土と砂の合計値を計測することになるので、これによって得られたデータは、特殊な成分が含まれている場合を除き、細

表2.3 分析前の成分抽出の分類

全体法	土器胎土の成分の全体を分析
抽出法	土器胎土の成分の一部を抽出して分析
表出法	土器胎土の成分の一部を表出して分析

部の議論には適さないし、一般的に原料の産地について言及することが難しい(註25)。

【成分抽出—抽出法】

土器類の胎土から、一部の成分を抽出して分析に供する方法である。理論的には、土器の胎土を構成している要素の中で、原料である粘質土と砂を区別して分析する方法が想定できる。現実的には、土器を粉碎して鉱物微粒子の混合物を得て、これに対して粒径、磁性、比重の差などに着目し(註26)、特定の特徴を持った鉱物を濃縮して分析する方法が実施されている。後者は上條朝宏に代表される方法である。全体法に比べてより厳密な分析が可能となるが、迅速かつ大量の試料の分析はやや困難である。また、上條のように物理的な粉碎の工程を経た場合には、鉱物や岩石の粒径や数量については不定となるので、粒径分布や数量組成などの値は、参考値となる。また、物理的に粉碎した場合、マトリクスと軽鉱物の分離が困難となる。

【成分抽出—表出法】

土器類胎土の特定成分に対して、これを抽出しないが、分析可能な状態に顕在化させる方法である。縄文土器の研究者が自ら行う胎土分析について、その殆どを占めるプレバート法がこれに該当する。

2.3.3 測定用の試料調整

土器類の分析上の特質が、1.3.1に示したように組成の不均一な点にあるとすれば、一方の分析機器の本質的な特徴は、均質なもののしか有効な分析対象になり得ないと言う点にある。そこで、土器の胎土を理化学分析する際には、不均一なものを均一化して測定しなければならないという矛盾が生じる。この

矛盾を解決するために、現在の分析では二つの異なった方法が採用されている。一つは、試料となる土器を分析機器に適した形に予め均一化処理する方法、つまり「均一化法」である。もう一つは、土器胎土を微視的に見て行き、一つ一つの鉱物粒子まで識別した上で、ほぼ組成が均一な鉱物粒子単位で測定する「均一粒粒子法」である(表2.4)。

【試料調整—均一化法】

均一化法は、土器の胎土が不均一であるという対象の特性と、分析装置で測定するためには一定量の均一な試料が必要であるという手法上の特性について、両者の矛盾を整合させるために、分析前に均一化を行う、若しくは分析後にデータを均一化する手法である。現在のところ、粉末均一化、融解均一化、溶解均一化、気化均一化(プラズマ均一化を含む)、累積均一化の五つの手法が実施されている。

粉末均一化は、蛍光X線用の加圧ペレットや、粉末X線回折用の試料調整で利用されているような、物理的な手法を用いた均一化である。試料の粒度や密度の再現性が厳密に必要な場合には問題があるが、そうでなければ、粉末化の工程は極めて簡便であり、調整した試料の保管も容易である。

融解均一化は、蛍光X線用のガラスビード法で利用されている方法である。一般的には、ビードサンブラー等を使用しなければならず、試料も吸湿しないように保管する必要がある。試料全体の均一性と融解過程での成分の揮発が、誤差要因である。

溶解均一化は、ICP発光分光分析の前処理として鉱物の弗酸溶解で利用されている。化学的な操作を必要とし、この際に汚染を避ける様々な対策が必要となる。試料は液体であり、原則として保管には難点がある。ごく僅かの試料によって計測が可能である反面、それだけ僅かの試料がはたして全体を代表しているかという問題がある。

表2-4 測定用の試料調整の分類

均一化法	不均一な土器胎土を均一化して分析	粉末均一化法 融解均一化法 溶解均一化法 気化均一化法 累積均一化法	土器胎土を粉砕して均一化 土器胎土を加熱融解して均一化 土器胎土を薬剤に溶解して均一化 土器胎土を加熱気化させて均一化 情報を累積して均一化
均一粒子法	成分が均一な、若しくは均等な微細な単位で分析	土器薄片プレバート法 抽出粒子プレバート法	土器断面をプレバート化 鉱物粒子を抽出・プレバート化

気化均一化は、レーザーアブレーション法によるICP質量分析で利用されている。前処理は必要ないが、再現性や定量法に関する問題が十分に解決されていない。

累積均一化は、不均一な情報を累積させて均一化を図るもので、EPMAやX線回折等で一定の面積範囲を走査する場合や、放射化分析で γ 線を計測する際に利用されている。前者の場合には試料表面形状やあるいは粒状性の整備が必要である。

均一化法の利点は、もともと不均一であり分析に適さなかった土器試料が均一化され、通常の分析機器で分析可能となる点であり、また原則として一試料を測定することで一試料の分析が成立し、比較的迅速かつ廉価な分析が可能となる。欠点は、均一化手順を実施するために、どのような成分がどのような形状でどの程度含まれているかという、多様性に富み差異化に最も適した微細で不均一な要素が全て捨て去られ、均一化されてしまい、平均値あるいは合計値として抽象化されてしまう点である。複数の原料を混合して用いている場合には(例えば、粘質土にロームや表土を混ぜて使っていた場合など)、均一化法では、胎土の類型化までは可能であるが、個別原料の推定を行うのは原理的に困難である(註27)。

【試料調整-均一粒子法】

均一粒子法は、試料である土器に対して均一化操作を行わず、何らかの方法を利用して一定組成を表す微細で均一な単位を表出し、この単位を個々に計

測又は計数するものである。土器の断面を調整し、断面に現れた岩石や鉱物を計量する方法、土器から抽出した岩石や鉱物を計量する方法、あるいはその固溶体組成を個別に測定し、統計的に表現する方法などが考えられる。利点は、均一化処理を経っていないので、不均一さそのものが産地を表す指標として利用できることになり、均一化法に比べて膨大な情報が得られる点である。原理的には、均一化法で得られる情報と同様なものが、胎土に含まれている全ての粒子について個別に得られる可能性がある。欠点は、土器胎土の中で成分が均一な単位は、通常は2mm以下の単一鉱物粒子なので、この微少な単位についての測定の反復となり、抽出する情報量を増やそうとするほど、作業量もこれに比例して膨大になる点である。更に、長石などのように帯帯構造によって、一つの粒子全体が必ずしも均一な組成を示さないものもある。

均一粒子法を試料の形状に着目して分類してみると、研究史の初期の段階から現在まで連続と続けられ、清水芳裕らに代表される土器薄片プレバート法(註28)と、上條に代表される粒子プレバート法をあげることができる。また、計測方法に着目してみると、粒子を種類別に数える粒子計数法と、粒子の成分を個別に測定する粒子成分法に分けられる。土器薄片プレバート法と粒子計数法を組み合わせた方法は、現在の縄文土器の産地推定で標準的に利用されており、そのデータは比較的豊富に報告されているが、抽出粒子プレバート法のデータは

表2.5 測定対象単位の分類

元素法	測定対象の元素の質と量を測定
化合物法	測定対象の化合物の質と量を測定
同位体法	測定対象の同位体の質と量を測定

少なく、粒子成分法の実用的なデータで、現在公表されているものはない(註29)。

2.3.4 測定対象単位

測定対象となる単位によって、元素法、化合物法、同位体法に分けられた。均一化法による機器分析では、元素組成が測定対象単位となっており、均一粒子法による土器薄片プレパレート法では、化合物(鉱物)が測定対象単位となっていた(表2.5)。

[対象単位—元素法]

測定対象に関して、元素の質と量を調べる方法である。蛍光X線分析やICP発光分光分析などが該当する。利点は、元素の種類は化合物に比べてはるかに少ないため、計測が比較的容易であり、精度が高くppmやppb程度の単位での計測も可能である。欠点は、分析対象中の各元素は、通常はそれぞれ固有の化合物を形成し、この化合物の構成成分としてのみ存在しているため、元素量のみでは鉱物の集合体としての胎土の実体に迫ることが困難な点である。また、胎土全体の元素組成は、原理的にクラーク数に近いものであり、極端な自由度はない。このような条件の中で、元素の量からなる指標をグラフの両軸にとったときに、土器の胎土成分が占めることのできる二次元の座標空間はごく限られており、この中で、産地についての同一の類型に属するものが収斂性を持ちつつ、異なる類型のものが座標空間上で異なった位置を明確に持つ必要がある。類型の数が限定的な窯業生産物では、三辻によって実用上の有効性が証明されているが、窯業生産物に比べれば遙かに類型の数が多い非窯業生産物についての有効性を主張することは原理的に難しい。

[対象単位—化合物法]

測定対象に関して、化合物の質と量を調べる方法である。偏光顕微鏡観察やX線回折法などが該当する。利点は、化合物の種類が同定できれば、土器の胎土に含まれている鉱物自体の特性を検討できるので、胎土の類型化に止まらず、原料の実体に迫ることが可能な点である。また、複数の原料を混合して材料が準備されていた場合でも、それぞれの原料を識別できる可能性がある点も重要である。欠点は、化合物の種類が多く、珪酸塩は基本的に固溶体を形成しており、同定と定量についてはかなりの困難が予想される点である(註30)。特に微細な粒子の珪酸塩についてその元素組成を迅速に精度よく定量する事は非常に困難である。なお、化合物法の応用例として、固溶体の質を一定程度反映して変化する物理的な量を計測する方法がある。屈折率の測定は、最も端的な例である。

[対象単位—同位体法]

測定対象に関して、同位体の質と量を調べる方法である。90年代以降、土器についても実施される機会が増えてきた。元素法の一例と考える事も可能であるが、自然界において鉱物中での元素組成と同位体組成は、異なる原理に規定されているため、独立した取り扱いを行った。未だ分析例が少なく、方法自体に対する評価は困難であるが、原理的に考えるならば、

① 岩石の年代の指標としての意味

② 鉱物の生成環境の指標としての意味

があげられる。従って、細かな成分の違いにとらわれずと表現できないような大規模な比較、例えば、ある土器が日本産であるか、大陸産であるかといった様な場合に利用できる可能性があるといわれている。これは、初期須恵器や韓式系の土器などの分析で有効な結果を導き出せる可能性がある(註31)。

表2-6 比較対照原理の分類

元素法	元素比法 固溶体組成法 主成分量比法 置換元素量比法 置換率法 不純物計測法 多変量解析法 希土類計測法	元素の比率で比較 固溶体組成を参考にして元素量で比較 端成分の量比で比較 端成分を置換する元素どうしの量比で比較 端成分とこれを置換する元素の置換率で比較 鉱物結晶粒子中に存在する不純物の種類と量で比較 鉱物を構成する多数の元素に対する多変量解析で比較 希土類元素を計量して比較
化合物法	鉱物比法 鉱物種法 特定鉱物組成法	鉱物の量比 (定量的) で比較 鉱物種の組合せ (定性的) で比較 特定鉱物の組成で比較
同位体法	同位体比法	同位体の比率で比較

2.3.5 比較対照原理

元素法、化合物法、同位体法の三つの方法によってそれぞれ得られるものは、元素組成、化合物組成(鉱物組成)、同位体比および、これらが一定の形で反映した数値であるが、この様な個別土器の組成を表す数値を産地推定につなげて行くためには、一定の指標を設定する必要がある。どのような原理に基づき、どのような具体的組合せによって分類の指標を得るかと言う問題は、自然科学的分析で考古学的試料を類型化する場合の、核心となる部分である。これについては、冒頭の1.4.1で既に述べたように既知の地球化学的原理に裏付けられた方法を採用する必要がある(表2-6)。

現在様々な方法による産地推定が行われているが、分析値を操作してグラフに表す場合、グラフの各軸に利用する指標については、何れの方法でも鉱物学的、あるいはもっと根元的に地球化学的な原理に基づいた説明が必要である(註32)。

【元素法—元素比法】

様々な元素の比率を指標として分類する方法であり、幅広く行われている。更に多くの方法に細分可能である。この中でも原理が明確なものとして、以下で説明する固溶体組成法や不純物計測法がある。また、多変量解析法も利用されている。更に今後は、

希土類計測法も実用化される可能性がある。

【元素法—元素比法—固溶体組成法】

造岩鉱物の中で、主要な珪酸塩鉱物はほぼ全て固溶体を形成している。この固溶体の組成は、固溶体が形成可能な成分の範囲内では、原料成分と生成時の環境条件に既定されているので、組成を調べることにより、産地を反映する分類が可能である。例えば、土器原料の粘質土中には、微細な長石が多数含まれているが、長石は複雑な固溶体組成を示し、主成分として、Ca、Na、Kを含むものがそれぞれ、アノサイト、アルバイト、カリ長石と呼ばれ、アノサイトからアルバイトまでの間の固溶体を斜長石、アルバイトからカリ長石の間の固溶体をアルカリ長石と呼んでいる。そしてそれぞれの端成分元素は同族元素によって一部置換されている(註33)。この固溶体組成を利用して成功を取めているのは、三辻による須恵器の産地推定である。そこでは、K、Ca、Rb、Srという指標が多変量解析で利用されている。これ以外にも、輝石や角閃石の $Mg/(Fe+Mg)$ 、磁鉄鉱の $Ti/(Fe+Ti)$ などが考えられる。

なお固溶体組成法は以下に示すように、更に、主成分量比法、置換元素量比法、置換率法などに細分する事が可能である。

【元素法—元素比法—固溶体組成法—主成分量比法】

主成分量比法は、固溶体の各端成分を特徴付ける元素に着目して、その量比を利用するものである。先ほどの長石の例では、Ca、Na、Kの量比がこれに該当する。

【元素法—元素比法—固溶体組成法—置換元素量比法】

置換元素量比法は、固溶体の端成分を特徴付ける元素を置換している、それぞれの微量元素同士との比率を調べる方法である。数値的には、固溶体の端成分の組成比率に近いものが算出されるが、同一ではない。固溶体端成分の主成分元素どうしは、多くの要因に規定されて、大きな変動をすることは少ないが、これに比べると主成分元素を置換する微量元素どうしは自由度が高く、主成分元素に比べて変動が大きいことが知られている。変動が大きければ、地域による差を検出しやすい。長石のK・NaとCaを置換しているRbとSrに着目したものと、かつて三辻が使用していたRb/Sr法があげられる。

【元素法—元素比法—固溶体組成法—置換率法】

置換率法は、固溶体の端成分を特徴付ける元素と、これを置換している微量元素について、その置換率を求めるものである。先述した三辻の須臾器での手法は、K、Ca、Rb、Srについて多変量解析を実施しているため、事実上は主成分量比、置換元素量比、置換率の全てが勘案されている。

【元素法—元素比法—不純物計測法】

比較的純粋な結晶が得られる鉱物について、結晶中に微量存在する不純物の濃度を計測する方法である。未だ体系的に実施されていないが、普遍的に存在する石英粒子などで可能である。

【元素法—元素比法—多変量解析法】

様々な元素の含有量を多変量解析の手法で処理して、試料相互の近接性を測定し、類型化する手法である。複数の元素の含有傾向を統合して表す目的で使用される場合と、明確な原理を持たず多項目の計

測値を整理するために使用される場合がある。

多変量解析にあたっては、桁が異なっている各元素の存在量をどのように取り扱うかといった問題や、産地を反映せず、産地以外の他の要素で著しく変動する元素をどのように除外するかといった技術的な問題がある。従って、予め産地を反映する母集団を設定できる窯業生産物については一定の有効性があるが、産地を反映した母集団が設定できない非窯業生産物では問題点が多い。

【元素法—元素比法—希土類計測法】

鉱物の中には、希土類元素が微量含まれている。メルトから鉱物が析出する過程での様々な条件により、鉱物の中に取り込まれる希土類元素の量と、メルトに取り残される希土類元素の量が決定される。従って、鉱物中の希土類元素を定量すれば、各鉱物の生成過程の差が明らかになるので、その鉱物の産地を弁別することが可能となる。試料に含まれている希土類元素の量を、地球の原料物質を反映していると考えられているコンドライト隕石に含まれている希土類元素の量で除して規格化したグラフが、増田-Coryellプロットと呼ばれ、この形状を比較することとなる。また、CeとEuは、他の希土類元素に比して異常な値を示すことが多く、その原因は価数にあると考えられているため、CeとEuの量から、その鉱物がメルトから析出したときの酸化還元状態を推定することが可能となる。

従来は希土類元素を定量する手法に恵まれなかったために活用できなかったが、LA-ICPMSの普及で、今後測定例が増える可能性が高い。

【化合物法—鉱物比法】

鉱物の組成比に注目する方法である。例えば、偏光顕微鏡観察による土器胎土のモード分析として、岩石/石英/長石比を三角ダイヤグラムで検討する事などが該当する（古城1981）。鉱物を同定する際

表2-7 測定値処理法の分類

感覚処理法	グラフ上の打点を感覚的に自由な曲線でかくる	原始の方法、再現性なし、予備実験等
数値処理法	グラフ上の打点を数学的に定義可能な形態でかくる	暫定的方法、統計的な意味排除、直感的理解
統計処理法	数値を統計的に意味のある方法でかくる	一定基準で判定可能、再現性、非直感的

には、通常、特定の粒径に着目するが、この時にどのような粒径の鉱物を選択するかによって、得られる量比も異なる点に注意が必要である。

【化合物法—鉱物種法】

鉱物種の有無で分類する方法である。定性的な手法としては、土器片からプレパラートを作成し、偏光顕微鏡による観察で古くから実施されていた。前者同様に、注目する粒径によって得られる鉱物種が異なってくる。

【化合物法—特定鉱物組成法】

特定鉱物の組成で分類する方法で、土器胎土中から特定鉱物を抽出して、その組成を調べる方法である。固溶体としての長石に注目した場合、土器胎土全体のCa、Na、Kを定量すれば元素法であり、胎土中から長石を取り出してCa、Na、Kを計測すれば、化合物法の中の特定鉱物組成法である。大沢たちによって金雲母の分析例が示されたことがあるが、未だ実用化されていない（大沢他1983）。また、特殊な形態として、屈折率を測定する手法もある。

化合物法は非常に有効な方法であり、土器胎土の差異を表しやすい。化合物法を実施するにあたっては、鉱物種法で鉱物種の比較を行い、ついで鉱物比法で鉱物の量比を比べ、その後特定鉱物組成法で特定鉱物の元素組成について取り扱えば、順次詳細な比較へと進むことができる。

【同位体法—同位体比法】

胎土中の元素の同位体比を測定し分類する手法である。Sr同位体法（馬淵他1984）、Be同位体法（今村他1999）、Pb同位体法（坂本他2001）などが実施された事があるが、未だ実用化されていない。

2.3.6 測定値処理法

測定した結果は、一定の操作を経て数値として表現し、直感的な理解が得られるように二次元のグラフに記入することが一般的である（註34）。この際に、一つの土器類から一つの測定値を得て、記入する場合と、一つの土器類から複数の測定値を得てこれらを記入する場合と、一つの土器類から得られた複数の測定値に操作を加えてグラフ上の一つの点として表現する方法がある。また、グラフ上の打点をどのようにかくるかで、感覚的処理法、数学的処理法、統計的処理法に分けられる（表2-7）。

【測定値処理法—感覚的処理法】

グラフに記載された個別の値に対応する打点について、感覚的に曲線で括る方法である。単純な要素同士の暫定的な比較ならば問題は少ないが、多数の要素を分類する場合には、採用すべきではない。再現性が乏しく、厳密な検討には耐えない（註35）。

【測定値処理法—数学的処理法】

グラフ上の打点について、数学的に定義可能な方法で括る方法である。一般的には、二次元のグラフ上の個別の点について、一定の規則的な図形で括る事となる。統計的な意味を持たせることなく、暫定的に類型化を行う場合に便利である。

【測定値処理法—統計的処理法】

数値を統計的に処理する方法である。前者同様二次元のグラフに記載された個別の土器を表す点について、統計的に意味づけ可能な手法で一定範囲を括る方法である。未知試料がどの類型に帰属するかを決める際に、一定の基準で判定が可能となるが、直感的に理解しにくい場合が多い。

3 産地推定の論理構造

本章では、「土器類の産地推定」についてその論理構造を検討した。

3.1 土器類の産地推定の論理構造

土器類の胎土を実際に分析する前に、「土器類の産地推定」が、どのような論理構造を持っているかについて検討する必要がある。ここで注意しなければならないことは、「土器類の産地推定」のように複数の学問領域にまたがって論理を展開する場合には、一方の学問領域で議論を行い、続いてもう一方の学問領域に論理が移行する際に、しばしば意識的に、あるいは無意識的に大きな跳躍が行われる点である。単独の学問領域の中で論理が飛躍すれば一目瞭然であるが、学問の狭間でこれが行われた場合には気づかないで見逃してしまう事が多い。「土器類の産地推定」では、理化学分析と考古学的な分析の狭間で論理を展開することになるため、科学（学問）たり得る水準を維持するためには、議論の手続きを絶えず分析的に捉え返して、それが適切に行われていることを確認する必要がある。

3.1.1 理化学的分析と考古学的分析

「土器類の産地推定」は、前半の理化学的分析過程と、後半の考古学的分析過程からなっている。前半の理化学的分析過程は以下の様である。

①理化学的成分分析

土器自体（又は原料と想定される自然物や遺物として検出した材料等）の物質的構成要素に關して、

- a 元素組成
- b 化合物組成（鉱物組成）
- c 同位体組成
- d 粒子形状組成（註36）

の情報について、いずれか一つ以上を直接的数値、あるいは間接的数値、もしくは数学的に表

現できる形態（註37）で抽出する段階である。分析は試料毎に行うため、得られる結果もまた試料毎のものである。従ってこの段階では、試料から得られた情報は個別に存在しており、相互の関連性については一切検討されていない。また、抽出した情報は同一条件の下での再現性と、他者との客観的な比較が必要となるので、これが可能な形でなければならない。

②理化学的成分類

先に得られた試料毎（土器類の個体毎）の個別の情報について、試料相互（土器類相互）の関連性を検討・提示する段階である。通常は一定の客観的な基準を示した上で類型化する事となる。従って、同じ情報に対して同一の基準を適用した場合は、万人によって同一の分類がでなければならない。この条件が満たされていることが、分類に際しての最低限の客観性の保証となる。

以上が、未知試料を分類する場合の、理化学的分析過程の基本的な段階である。注意しなければならないのは、この過程では原則として考古学的な契機が分析値に影響を与えていない点である。従って、胎土分析に関する理化学的分析の結果によって得られるものは、

- ・個別試料自体の理化学的な情報
- ・試料群の理化学的同一性

である。

一方、後半の考古学的解釈過程では、前半の理化学的分析過程で得られた個別試料の情報や試料群の同一性に関する説明を元にして、考古学的な解釈を行う事となる。この過程は対象とした試料の性質、必要とする情報、研究者の考え方等の諸条件によって様々な方法で行われているが、おおよそ四つの段階に分けて考えることができる。

③産地に関する母集団の定義

窯業生産物については、分布論的に括ることができ生産跡出土の試料から母集団を作成し、更に理化学的な成分の違いから、この母集団を再構成する事が可能なので、二種類の母集団が定義できる(註38)。一方、非窯業生産物については、理化学的な成分分析の結果から得られた諸類型について、成分の同一性=材料の同一性から母集団を作成し、更に原料の同一性という視点で集約して母集団を作成することができる。従って、前者同様二種類の母集団が定義できる。

④地質学的な産地の推定

先に得られた母集団の成分についての理化学的特徴と、砂や粘質土の成分についての理化学的特徴を照合して、原料を推定する段階である(地質学的産地)。

⑤考古学的な産地の推定

先に得られた母集団の考古学的な分布について検討し、母集団が具体的に製作された地域を推定する段階である。製作跡から出土した遺物で母集団を定義した窯業生産物では、製作地は明らかである。一方、非窯業生産物については、製作跡が明らかではないので、遺物の分布と原料の分布、そして通時的変遷から、製作された場所を一定の地域として推定することとなる。これは先の地質学的産地に対して考古学的産地とする事ができる。

⑥未知試料の産地の推定

先に得られた母集団を基準として、未知試料の帰属を判定し、未知試料の地質学的産地と考古学的産地を推定する段階である。窯業生産物では、製作地や原料産地の推定を行い、非窯業生産物では、製作地域や原料産地の推定をする

こととなる(註39)。

この様に分析の後半は、考古学的な解釈を中心とした産地の定義と産地の推定が行われる。しかしながら先にも指摘したように、自然科学的な情報に対する考古学的な解釈であるから論証は原理的に不可能であり、それ故に様々な問題が生じることとなる。従って、結果の確からしさは、蓋然性と整合性によって支持されるものである。土師器については、型式論的研究の行き詰まりから、ここ二十年来、この様な研究が必要とされているが、現在までのところ公表された成功例はない。また④については、現在までの研究の中では、厳密に胎土と原料との対応関係が証明された例に乏しい。縄文土器研究者が、自身で偏光顕微鏡を使って胎土分析を行う際の基本的な方法である。遺跡周辺の地質環境に対して極端に異質な土器類を見いだすことは可能とされているが、特定の地質環境の中で更に細かい地域を製作地域として認定する試みには、成功していない。近年は、型式変化の説明など、かなり踏み込んだ議論がなされているが、そこで示される製作地域は限定性に乏しく、その論理的基盤は脆弱である。③については、

- ・ 予め選定した試料が、特定の生産に関する遺構(群)を代表しているか
- ・ 同一の分析値を示す土器が帰属するような生産に関する遺構は他にないか

などの留意点があり、母集団の信憑性には、常に注意しなければならない。三辻による須恵器の産地推定はこの類型に属するが、これまでの研究実績から考えると、三辻が設定した指標で見た場合、同一の指標の中に相当の距離を隔てた複数の窯跡が存在する例が少なからずあり、若干の混乱を招いているようである。しかし汎日本的規模での大別という点では、概ね妥当性のある結論が導かれているといえる。

4 用語の定義

本章では、「土器類の産地推定」について、用語を定義した。

4.1 用語の定義

石器の場合、原料と材料と製品である石器の三者の間には、原則として成分の大きな変化は認められない(註40)。これに対して土器類は、原料が粘質土と砂の二種類(あるいは水の三種類)からなり、これらの混合物が素地土と呼ばれる土器類の材料であり、更にこの素地土を成形、焼成して製作され、なおかつそれが風化した後に遺物として発見される。つまり、材料は混合された結果としてあるので元の原料と同一成分ではなく、製品は焼成された結果としてあるので元の材料と同一成分ではなく、遺物も風化の影響を受けているので元の製品と同一成分たり得ない。更に、石器石材の原産地に比べれば、粘質土や砂の産地は集約的ではなく、砂は河川で観察する限り、総体としての成分は地点毎に連続的に変化している様に見える。

この様に、複雑な条件の中で土器類の胎土を分析し、「産地」に対して言及しているにも関わらず、土器類の産地推定研究において「産地」という表現は、具体的かつ体系的な定義を行うことなく用いら

れてきた。以下では論理的な記述を行うために、それぞれの用語を定義した。

4.1.1 広義の「産地」

考古学の通常の脈絡の中で、「産地」は既に多用されている。ここで、「産地」という言葉が表す意味について、大きな変更を主張すると混乱が生じるので、「産地」と言う用語については、従来どおり土器類が作られた場所や地域について、厳密な限定を伴わずに指し示すものとした。従って、厳密な議論の場合には、「産地」という用語は単独では使用しない。

4.1.2 「同一成分遺物群」

理化学的分析の結果を比較対照して得られた類型は、同一の成分を示す土器類のまとまりであり、この様に同一の成分からなるまとまりを、「同一成分遺物群」とした。

なお、厳密に考えるならば、土器類の成分として化合物や鉱物を検出・比較した場合、複数の遺物から定性的に同一な成分が認定できる場合と、定量的にも同一な成分が認定できる場合が考えられる。前者を定性的同一成分遺物群とし、後者を定量的同一成分遺物群とする。定量的同一成分遺物群は、同一組成の素地土が使用されていると考えられる遺物群

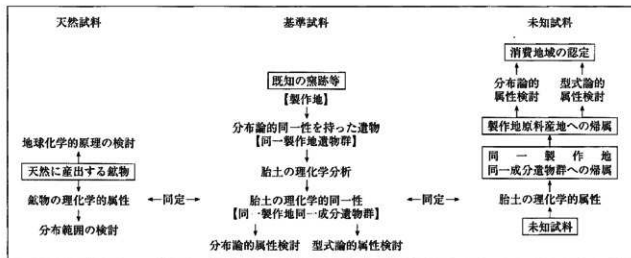


図4-1 窯業生産物の産地推定

である。

4.1.3 「同一原料遺物群」と「原料産地」

ある遺物群が同一の成分からなり、その成分が特定の原料と一致するならば、それらは、「同一原料遺物群」として括ることが可能である。同一原料遺物群に対して成分が一致した原料の所在地を「原料産地」と定義した。

4.1.4 「同一製作地遺物群」と「製作地」

生産に関する場所の典型的な例は、須臾器や埴輪などの窯跡であり、このような生産に関する場所から検出した遺物について、分布論的に定義できた一定の遺物のまとまりを「同一製作地遺物群」とした。また、この時の具体的な遺構や遺構の一部、または遺構の集まりなどについて「製作地」と定義した(註41)。

4.1.5 「同一製作地同一成分遺物群」と「製作地原料産地」

特定の「同一製作地遺物群」を特徴づける分析値が求められた場合、この分析値によって具体的に再定義された「同一製作地遺物群」について、特に「同一製作地同一成分遺物群」とした。また、これが差異化できる根拠を概念的に「製作地原料産地」とした。例えば同じ窯跡から検出した埴輪群が、理化学分析の結果によって二種類の胎土の異なった類

型に分かれれば、一つの「同一製作地遺物群」が二つの「同一製作地同一成分遺物群」からなるということになる。

4.1.6 「窯業生産物」と「非窯業生産物」の産地

窯業生産物については前述の通り、生産に関連する遺構から検出した遺物について「同一製作地遺物群」として把握し、その遺構を「製作地」として認定した。更にこれを元にして、理化学分析を行い、その結果から再度類型化を実施して、産地推定のための母集団である「同一製作地同一成分遺物群」を作成し、「同一製作地同一成分遺物群」に対応する実体を概念的に「製作地原料産地」と定義した。

しかし、非窯業生産物については前提としての製作跡が検出できないため「同一製作地遺物群」の認定が不可能である。従って、土器類の胎土を理化学分析し、その結果について成分に関するまとまりによって得られた類型から「同一成分遺物群」を、その中でも特に土器の原料との関係が明白なものについては、「同一原料遺物群」をそれぞれ作成し、「同一原料遺物群」に対応する実体を概念的に、「原料産地」と定義した。

4.1.7 「製作地域」

窯業生産物では、考古学的に「製作地」が定義で

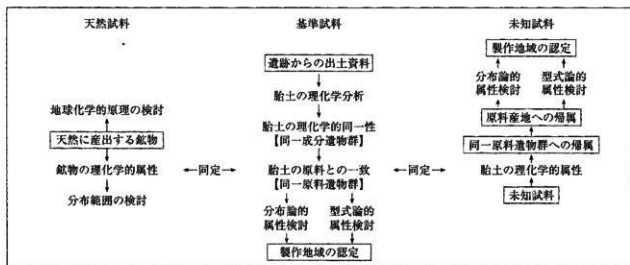


図4-2 非窯業生産物の産地推定

表4-1 産地に関する用語の定義

産地	遺物が作られた場所や地域について、厳密な限定を伴わずに指し示す
同一成分遺物群	胎土が同一成分と考えられる遺物群
同一原料遺物群	胎土が同一原料から構成されていると考えられる遺物群
同一製作地遺物群	製作地から検出した、分布論的に定義できる一定の遺物のまとまり
同一製作地同一成分遺物群	同一製作地遺物群の中で同一成分からなるもの
原料産地	同一原料遺物群と成分が一致した原料の所在地
製作地	製作に関する工程の一部を反映した遺構や遺構の一部、遺構の集まり
製作地原料産地	同一製作地同一成分遺物群と成分が一致した原料の産地
製作地域	同一成分遺物群や同一原料遺物群が製作されたと考えられる地域
分布域	原料の面的な広がり
産出地	原料が採取できる特定地点

きた。非窯業生産物についても、これに対応する概念として、理化学的成分で定義された類型について、再度考古学的に定義した上で、その類型の分布や原料の分布域から想定した、製作されたと考えられる地域について「製作地域」と定義した(註42)。

先に1.1で指摘したように、土器胎土の理化学的な分析によって成分の同一性を捉えることができるが、そこから想定できるのは、土器の材料や原料の同一性であって、これが無前提に製作地や製作者集団の同一性に転化するものではない。もちろん製作地遺物群は、製作に関する遺構から出土した遺物について規定したものであるから、製作地や製作者集団に結びつけることが可能であるが、これに対して、同一成分遺物群、同一原料遺物群は、どちらも考古学的な類型化を経っていないので、製作地や製作者集団に直接結びつけることができない。しかし、産地推定の成果を元にして、生産や流通の問題を論じるためには、これらの胎土の成分のみから類型化された同一成分遺物群、原料との対比を行った同一原料遺物群について、考古学的な操作を経て、製作地や製作者集団に結びつける必要がある。

具体的には、再度、考古学的手法で類型化する必要がある。例えば、理化学分析の結果として同一成分遺物群として抽出したある土器群について、型

式論的な検討を加えた場合に他と差異化でき得る一定の類型として把握し、考古学的に設定した類型と、胎土の成分から設定した類型の対応関係を認定した上で、分布論的検討を加え、その類型がおよそ排他的に出土する集落を検出するか、若しくは当該類型が出土土器全体に占める割合が高まる地域を見だし、そしてその地域が、原料の分布域や産出地と矛盾がなければ、一定の仮説として「製作地域」を認定することが可能となる。

「製作地域」は、明確な遺構を前提にして定義していないので、この様な定義の性質上、厳密な限定性を持たない。

4.1.8 原料の「分布域」と「産出地」

土器類の胎土をより詳しく分析してゆけば、原理的には、原料である粘質土と砂の産地に結びつくはずである。土器類の製作時にその原料として利用された可能性がある粘質土や砂について、その成分に関して一定の理化学的な定義で括れるものが存在している場所の面的な広がりを「分布域」とした。また、その原料が具体的に採取可能な特定地点を「産出地」とした。ただし、土器薄片プレバート法による縄文土器の産地推定で、地質図に描かれた特定の地質条件と胎土中の岩石を結びつける考え方が実施されているが、これは原料の分布域とは呼ばない。

5 産地推定の分析操作

本章では「土器類の産地推定」についての具体的な操作について記述した(表6-1)。

5.1 産地推定の具体的な操作

「土器類の産地推定」の具体的な操作は、窯業生産物と非窯業生産物では異なるので、以下に順次説明した。

5.1.1 窯業生産物の製作地の具体的な推定手続き

まず①成分分析を行う。この段階は、-1試料準備、-2試料調整、-3成分同定、-4成分計数に分けられる。

-1試料準備は、分析に供する土器を選定する作業である。遺跡から発見された全ての土器片を分析対象とすることは不可能であるため、何らかの基準で選定を行う必要がある。この時の土器の選定は、通常は考古学的な基準に基づいて実施する。

-2試料調整は、選定された土器に対して、測定できる形状に調整する作業である。例えば蛍光X線分析の一例では、表面除去、荒削り、稜片除去、粉碎、加圧成形、といった順序となる。分析結果に影響を与える様な汚染をさけること、必要があれば、Fe、Mn、Ca等による埋没中の汚染を除去すること、全試料を同一条件で調整すること等が必要である。

-3成分同定は、固有の方法で試料を構成する成分を同定する作業である。機器分析の場合、通常、この作業は分析機械と連動している電算機によって行われる。結果については、校正が必要な場合がある。

-4成分計数は、同定した成分の量を計測する作業である。特に成分計数にあたっては、他者と比較できる形で最終的な数値を明らかにすることが重要である。そのためは、機械の調子や、ドリフトなどから生じる誤差を補正することと、機械固有の値を他者と比較可能な値に変換することが必要である。通常は標準試料をほぼ同時に計測し、標準試料の計測値で被験試料の計測値を補正することによって、

この問題を解決している(註43)。

続いて、②成分分類を行う。

-1成分分類は、一定の成分に着目して、対象を分類する。注目する成分によって対象の別れ方が異なる点に注意しなければならない。従って、注目する成分を経験的に選択するのみではなく、原理的説明を行う必要がある。

次に、③母集団定義を行う。母集団定義は、-1製作地母集団定義と-2製作地成分母集団定義に分けられる。

-1製作地母集団定義は、分布論的に定義された同一の製作地に帰属する遺物群について、分布論的な定義と、遺物群が示す分析値の範囲についての定義からなる。

-2製作地成分母集団定義は、同一製作地同一成分遺物群と認められた母集団の定義である。一つの窯跡から検出された試料の分析値でも、原料の違いから複数の母集団に分離できる場合がある。なお、いずれの母集団定義も、他の研究者が利用できるように、根拠となる測定値とともにその範囲を数値若しくは数学的に表現できる形で定義して、無機的な命名と共に公表する必要がある(註44)。

次に、④地質学的産地推定を行う。

-1原料推定は、先に定義した母集団に対して、その原料を推定する段階である。原料を推定することは、原料の産地を推定することになる。原料の推定は、個別の未知試料に対して実施するのではなく、予め作成する母集団に対して実施し、この母集団と未知試料を同定することとなる。なお、土器から作成した薄片中の岩石種と地質図の照合も行われているが、これは原料推定と呼ぶべきではない(註45)。

次に、⑤考古学的産地推定を行う。

-1製作地推定は、窯業生産物の場合には、予め製作地母集団設定の中に織り込まれているので、これ

表5-1 窯業生産物と非窯業生産物の産地推定の手続き

	窯業生産物		非窯業生産物	
①成分分析	-1 試料準備	分析用の土器の選定	同 左	
	-2 試料調整	土器から測定用試料を調整	同 左	
	-3 成分同定	土器中の成分を同定	同 左	
	-4 成分計数	検出した成分の量を測定	同 左	
②成分分類	-1 成分分類	成分の質と量で分類	同 左	
③母集団定義	-1 製作地母集団定義	製作地での成分から定義 同一製作地遺物群	-1 材料母集団定義	材料の同一性から定義 同一材料遺物群
	-2 製作地成分母集団定義	成分から製作地を再定義 同一製作地同一成分遺物群	-2 原料母集団定義	原料の同一性から再定義 同一原料遺物群
④地質学的産地推定	-1 原料推定	天然原料との対比推定	同 左	
⑤考古学的産地推定	-1 製作地推定	製作地の推定	-1 製作地域推定	製作地域の推定
⑥未知試料の産地推定	-1 帰属判定	母集団への帰属判定	同 左	
	-2 製作地推定	製作地の推定	-2 製作地域推定	製作地域の推定

を元に定義すればよい。

最後に、⑥未知試料の産地推定を行う。未知試料の産地推定は、-1帰属判定、-2製作地推定から構成される。

-1帰属判定は、未知試料から検出した成分の特性について、予め定義されている母集団のどれに当てはまるかを判定するものである。なお、判定に先立って未知試料群の諸属性の共通点から未知試料群自体を分類することも有効である。これによって、未知試料が特定環境で一定の成分変化を起こしている可能性や、未知の母集団を形成する可能性を検討することが可能となる。

-2製作地推定は、母集団への帰属の判定結果から、最終的に産地を推定する行為である。少し煩雑になるが、帰属判定と産地推定は区別した。例えば、今100個の試料に対して、母集団 a の範囲に30試料が該当し、母集団 b の範囲に40試料が該当した場合でも、残り30試料がどのような挙動を示すかで、産地の推定は異なる場合がある。残りの30試料が明確に母集団 a と母集団 b に分かれて帰属すれば、100試料に対して a と b という母集団が指し示す産地を推定できる。しかし、残り30試料が母集団 a と母集団

b の間の値にまんべんなく分散した場合、100試料について、母集団 a、b が示す産地への推定を保留せざるを得ない。

5.1.2 非窯業生産物の製作地域の具体的な推定手続き

非窯業生産物の製作地域の推定が、窯業生産物の製作地の推定と異なるのは、以下の点についてである。

③母集団定義について、非窯業生産物では-1材料母集団定義と-2原料母集団定義となる。

-1材料母集団定義は、成分の同一性で定義するのである。窯業生産物では考古学的な属性に着目して分布論的に差異化したのが、非窯業生産物ではこれができないために、理化学的な成分の同一性で差異化した。成分の同一性は、材料である素地土の同一性と考えられる。

-2原料母集団定義は、材料母集団に対して原料の同一性で括ったものであり、通常では、材料母集団が更に集約されたものとなる。

例えば、粘質土と砂を混合して素地土を作成する場合、同一の原料を使用している、両者の混合比によっては、材料母集団が複数に分かれて見える場合がある。また、火山灰起源の粘質土を利用した場

合、堆積した火山灰層が垂直方向で成分の違いを含むことは普通であり、これによっても材料母集団が複数に分かれて見える場合がある。これらについては、原料を精査した上で、集約して同一の原料母集団に再定義する必要がある。

⑤考古学的産地推定では、窯業生産物の製作地推定に変わって、-1製作地域推定となる。これは、窯業生産物の製作地に対応させる概念である。非窯業生産物での原料産地はあくまでも原料の産地であって、具体的に土器類が製作された場所ではないので、非窯業生産物についての、土器が製作された地域を表す概念を導入した。

⑥未知試料の産地推定では、窯業生産物では、-2製作地推定であったが、非窯業生産物では、-2製作地域推定となる。製作地域推定については前述の通りである。

5.2 母集団と判定

5.2.1 母集団に対する判定

帰属を判定する際に基準とする母集団は、窯業生産物では、「同一製作地遺物群」と「同一製作地同一成分遺物群」であり、非窯業生産物では、「同一材料遺物群」と「同一原料遺物群」である。

従来の偏光顕微鏡を利用した産地推定では、個別の試料に対して産地の判定を行うことが多かったが、この様な個別の判断は、その時々での解釈の融通性をもたらすと共に、データの累積が生かされにくい状況を生じさせていた。本来は、予め母集団を定義し命名した上で、この母集団の幅を明確にしておき、母集団について産地を推定し、未知試料はこの母集団に対して照合する必要がある(註46)。この手続きによって、未知試料を差異化の体系の中に位置づけることが可能となる。

5.2.2 産地の種類

このような操作によって推定すべき産地は、自然

科学的(地質学的、地球化学的)なものとして、「原料産地」があり、考古学的なものとして「製作地」と「製作地域」がある。

偏光顕微鏡観察による縄文土器の産地推定では、しばしば、一定の表層地質の範囲が産地として取り扱われていたり、遺跡周辺にみられる岩石を胎土に含むと考えられる土器について、「在地の土器」というような表現がなされていた。学問的な取り扱いとしては、「同一原料遺物群」と原料産地を定義し、この分布から「製作地域」を想定すべきである。

5.2.3 産地についての推定と同定

産地に関しては、通常は推定という用語を使用し、成分については、同定という言葉を使用した。産地については、

- ①当該遺物について、全ての産地が明らかになっていないために、既知の範囲内で、最も妥当な母集団に帰属すると見なすこと
- ②特定の産地に帰属する遺物について、操業開始から終了までの間に生産された遺物が示す、分析値の範囲の全内容が明らかになっていないこと

の二点から、同定ではなく推定とした(註47)。これに対して成分については、

- ①既知の成分との照合であり、未知の成分が含まれる可能性が低いこと
- ②特定成分の定性的な挙動は、予めわかっていること

の二点から、同定という言葉を使用した。

5.2.4 天然材料

「同一原料遺物群」を明確に抽出するためには、原料と考えられる天然の物質を遺物と比較する必要がある。従ってこれらについても予め採取し、基準試料として命名した上で分析値を公表し、必要があれば他者が検証できるようにしなければならない。

6 前提の明確化

現行の産地推定は、幾つかの仮説を前提としている。前提が明確になっていれば、分析によって有効な結論が得られなかった場合、具体的な方法以外に、前提部分についても検証することができる。これらの前提は、その多くが経験的に導き出されたものであり、厳密な検証を経ているわけではない。従って本章では、「土器類の産地推定」が成立するための前提について、五項目について取り上げ、この前提を構成する仮定について明示した(表6-1)。

6.1 土器製作者の構造に関する前提

6.1.1 製作者集団の仮定

「具体的な土器の製作は、個々人の作業によって行われるが、この個々人の作業を越えた一定の規範を共有する製作者集団と言う単位が設定可能である。」

何らの規制もなく、個々人が気の向くままに各地から原料を採取して土器を作っていたならば、土器胎土の組成は定まらず、その結果として胎土の理化学的分析値はばらばらになり、分析値の一致は、集落を越えた土器製作者の好みの一致と対応する事となり、分析に対する考古学的な有効性が乏しくなる。従って分析の前提として、土器製作は協働で行われ、この集団は一定の規範を共有していたと仮定した。縄文土器などについては必ずしも検証されているわけではないが、土器自体の斉一性が高い土師器などの場合には、この仮説が成立していると考えられた。

6.2 土器製作者の行動に関する前提

6.2.1 原料合理的採取の仮定

「土器類の製作にあたっては、使用に耐える材料が複数カ所から見出されたならば、最も手近なところから採取した。」

胎土分析による産地推定では、多くの場合、ある遺跡から発見された土器類の胎土が、その遺跡周辺

の地質に類似していれば、遺跡周辺で製作されたものであるとみなし、周辺の地質に含まれない成分が見出されれば、他所で製作された土器が搬入されたとの仮定にたつて立論している。生産跡が残っていない土器類については、この原料合理的採取の仮定に基づかないと、産地推定が成立しない。もしも遠方の原料を採取してそれを運搬し、土器を作ることが一般的であれば、原料の分布と製作地が一致しなくなり、非職業生産物についての「製作地域の推定」は困難になる。

6.2.2 採取地点固定の仮定

「土器の製作過程で、原料を採取する場所は固定されていた。」

もしも、土器作りの度に毎回異なる原料を探し出して使用しているのであれば、同一製作者集団によって製作された土器が、分析の結果、その成分から無数の類型に分断されてしまう事となり、型式論的属性と理化学的属性が一致しなくなり、考古学的な有効性が乏しくなる。

産地が限られ、組成の違いが土器作りに大きく影響する粘質土については、このような仮定を十分に満たしている可能性が予測できるが、混和材の砂に関しては、砂の鉱物学的な組成差が製作物である土器の性能に与える影響はほとんど無いと考えられるので、採取地点が固定されている保障はない。

6.2.3 使用原料固定の仮定

「使用する原料の組成は固定されていた。」

土器製作時に同一原料を使いつつも、毎回異なった量比で配合をしていると、定性的な分析結果は考古学的な有効性を持つが、定量的な分析結果からは考古学的な有効性を抽出する事が著しく困難になる(註48)。砂については、仮定が成立していると考えられるが、粘質土については、異種粘質土を混合使用した可能性やその例が指摘されている(註49)。

表6-1 産地推定成立のための五つの前提

①土器製作者の構造に関する前提	土器製作者集団の仮定	製作者集団と呼べるような規範を共有する集団が存在していた
②土器製作者の行動に関する前提	原料合理的採取の仮定	土器の原料の採取は合理的に行われていた
	採取地点固定の仮定	土器の原料の採取地点は固定されていた
	使用原料固定の仮定	土器の原料は限定されていた
③自然科学的な前提	製作者固定の仮定	土器の製作者は限定されていた
	組成系統的变化の仮定	土器の原料は、自然条件の下では系統的に変化しながら分布していた
	組成恒常性の仮定	土器の原料は、同一地点では経時的な変化が少なかった
④検出可能性の前提	成形後不変の仮定	成型後の焼成や埋没後の風化などで不規則かつ大きな成分変化がなかった
	検出可能の仮定	原料や材料の違いが遺存した土器から検出できる
⑤分布に関する前提	分布密度の仮定	一般的に生産遺跡に近いほどその遺物の分布密度が高い

6.2.4 製作者固定の仮定

「土器の製作者は長距離を移動せず、固定的な環境で土器製作にあたった。」

土器製作者自身が長距離を移動すると、型式論的に同一の土器が様々な胎土により製作され、原料と型式論的同一性の対応関係が崩れてしまう。これは最終的には、非商業生産物についての製作地域の推定を困難にしてしまう。近年の縄文土器に関する当該分野の研究では、他の地域に分布の中心を持ついわゆる異系統の土器が、その地域の粘土で製作されているという例も報告されており、土器型式の斉一性と変化について、製作者自身の移動による説明が行われることもある。この点については、結論を急がず、型式論と産地推定の双方から、緻密な検証をしてゆくことが必要である。

6.3 自然科学的な前提

6.3.1 組成系統的变化の仮定

「土器の原料として利用される粘質土と砂は、自然条件の下では地点によって組成を変えて分布している。」

土器の原料全てについて各地に同質のものが広く分布していたならば、原料採取地点毎の組成の違いが見出せず、その結果、異なった地点から原料を採

取し、異なった製作者集団によって製作された土器が理化学分析によって得られた成分上からは同一の範疇に帰属する事となり、分析結果に対する考古学的な有効性が乏しくなる。原料の一つである粘質土については、かなり広範囲に同一組成のものが分布しており、粘質土のみに着目してその成分から製作された地域を見分けるようとするならば、現代考古学が要求するような、詳細な産地の推定は困難である。この場合には、混和材の砂で素地土を差異化することによって、より詳細な産地の推定が可能になると考えられる。

6.3.2 組成恒常性の仮定

「土器の原料として利用される粘質土と砂について、同一地点で採取可能な原料の成分は、自然条件の下では、季節による変化や経年変動が十分に小さく、他地点のそれと比較が可能である（註50）。」

同一地点から採取可能な原料の成分について、季節による変化や経年変動が大きければ、同一地点の原料を利用して土器を製作し続けた集団がいたとしても、分析の結果、一連の製作物が無数の類型に分類される事となり、考古学的な有効性が乏しくなる。自然状態での原料の地域差がどの程度あり、どのような指標を用いればそれが差異化可能であるかによ

って、産地推定の精度の上限が決定できる。ただし、火山灰起源の粘質土の場合、垂直方向に堆積した火山灰の累積がその起源となっているので、垂直方向で鉱物組成が著しく異なる可能性がある事や、特定層位に特定鉱物が集中する可能性があることを考慮しなければならない。

6.3.3 成形成後不変の仮定

「土器胎土の成分は、成形成後に一律に変化するか、あるいは個別に変化する場合はその変化量は十分に小さい」

土器の成分（元素と化合物の両者）は、焼成や使用、あるいは埋没後の風化等によって明らかに変化している。また、その変化量は、条件によっても異なる。分析対象となる物質の存在量に変化しない事、あるいは、変化する場合に一律に変化するか、若しくは条件による変化量の違いが存在量に対して十分に小さいことが必要である。変化量が、存在量に対してあまりにも大きいと、類型として捉えられる差と、成形成後の変化を反映する差の区別が不可能となり、考古学的な有効性が乏しくなる。実際に遺跡から出土する土器は、その埋没環境によって異なった風化状態にある。風化の影響を一番受けやすいのは粘土鉱物起源のマトリクス部分である。従ってマトリクス部分の化学組成や鉱物組成を測定する場合には、風化・溶脱に伴う誤差を考慮する必要がある。この点についても従来研究の中では、十分に検討が為されていない。

6.4 検出可能性の前提

6.4.1 検出可能な仮定

「遺跡から検出した土器を分析することにより、材料または、原料の違いが検出可能である。」

産地推定に関する最も重大な前提である。土器を作る際に、原料や材料が集団単位で異なっており、それが土器に反映されていたとしても、その違いが

具体的に検出できなければ、産地推定は成立しない。これは「土器類の産地推定」が、その時点での分析技術に大きく依存していることを表している。つまり、ある時点で、「どのような分析技術があり、実用的な次元で、どれだけ元素や化合物や同位体が識別可能であり、その技術がどれだけ普及しているか」といったことは、「土器類の産地推定」の質を規定する一つの要因である。例えば、通常の実験室で使用可能な蛍光X線分析装置に比べれば、放射光を利用した測定は桁違いに高感度であり、微量成分まで測定可能である。しかし現段階では普及している技術であるとは言えないので、放射光を利用した測定が、現実的な選択であるとは考えられない。つまり、各地の縄文研究者の中で行われている偏光顕微鏡を利用した産地推定は、放射光を利用した分析に比べれば精度は著しく劣るが、通常的环境の中では現実的な選択肢であると言える。

6.5 分布に関する前提

6.5.1 分布密度の仮定

「生産遺跡に近いほど、その遺物の分布密度が高い」

生産と消費が著しく反復されれば、また、流通が様々な事情により一定の制約を受けていれば、一般的に考えた場合、生産地に近いほどその遺物の分布密度が相対的に高まる事が予想できる。そして、中心的な地域では排他的な分布にも見えることもあり得る。これは、製作跡が検出できない非商業生産物についての「製作地域」を推定する際に重要となる仮定である。ただし、製作者と消費者の間に一定の強制力を保持した権力の介入がある場合や、自由な市場が形成されており、特定の地域で必要とされる製品を製作することが、様々な要因から製作者にとって有利である場合など、製作地とは異なった地域に、当該遺物の分布の中心が検出できる可能性もある。

7 産地推定の誤差

本章では、分析結果に対して誤差を与える要因と、その影響について検討した。従来の産地推定には誤差論が欠落していたが、実際の産地推定にあたっては様々な誤差要因があり、これを正しく把握しないと適切なデータの取り扱いができない。ここでは、土器製作に起因する誤差要因、土器使用時の誤差要因、土器使用後の誤差要因、発掘後の誤差要因、測定時の誤差要因、に分けて検討した(表7.1)。

7.1 土器製作に起因する誤差要因

7.1.1 器種による素地土選択の差

製作する器種によって素地土の配合を変えていた可能性が、様々な時期の土器について指摘されている。代表的なものは、使用に際して火を直接受ける甕には、砂を多く含んだ素地土を使用し、火を直接受けない坏類では、前者に比べれば砂が少ない素地土を使用したという指摘である。混和材としての砂の量が増えれば、胎土全体での元素組成や鉱物組成は変化する。更に坏類と甕類で、混和材として使用した砂の粒径が異なる場合、同一地点から採取した砂であっても粒径が異なれば組成も異なるので、胎土全体について分析を行った場合に、混和材の違いが原因となり、分析値に対して産地の差と器種毎の差が競合して現れる可能性がある。

このほかに、器種により製作者の単位が違う場合(註51)や、器種によって異なる粘質土を使い分けていた可能性も考慮する必要がある。

7.1.2 製作時の均質性

同一の素地土から製作された土器が、同一の分析値を示さなければ有効な分析は成立しない。このばらつきが大きくなり、分析値の違いが素地土の違いに対応しなくなれば、分析値に対する考古学的な解釈が成立しなくなってしまう。少なくとも、同一の素地土から製作された一群の土器については、分析

値が一定の範囲に収斂する必要がある。

また、一つの土器を製作する際に、異なる二種類の粘質土を使用した可能性も土器の観察と実験から指摘されている(吉田1994)。

7.1.3 焼成時の熱変成

土器は焼成する事で焼結し、粘質土が持っていた可塑性がなくなり、硬質の素焼きの状態となつてはじめて容器としての機能が備わる。そして一度焼成された土器に水を加えても、再び粘質土に戻ることはない。従って、粘質土は焼成によって非可逆的な化学変化ないしは物理変化を生じている。焼成によって粘土鉱物の組成に大きな変化が生じるため、土器の胎土に含まれている粘土鉱物の組成を、直接産地推定の指標として用いる事は出来ない(註52)。また、胎土を構成する他の鉱物全般についても、熱により変化する要素があればその部分については、直接産地推定の指標として用いることはできない。

7.2 土器使用時の誤差要因

7.2.1 使用による汚染と変異

土器は一定の用途を想定して製作されたもので、製作された土器はどのような形であれ、使用されることとなる。使用に伴い、異物の吸着や胎土を構成する鉱物の大きな変化が発生した場合には、胎土の分析値が材料素地土の組成を反映しなくなり、産地推定が成立しにくくなる。

土器に関する最も過激な使用法は、加熱である。一旦、焼成過程を経ているとはいえ、通常の煮沸を反復した場合や、あるいは、内容物を煎ったり炒めたりすることに使用した場合、炎に接している土器外面の表層部分や内容物に接している内壁の表層部分は何らかの影響を受けていると考えられる。しかし、当該箇所やその他の部分に、どのような成分の変化があるかについては、遺物での検証も復元実験についても明確な報告はない。

表7-1 各種誤差要因

機会	分類	原因
製 作	器種による素地土選択の差	加熱する土器は砂粒を多く添加する 大型器種には砂粒を多く添加する 器種により製作者が違う可能性 器種により粘質土を使い分ける可能性
	製作時の均質性	素地土が均質に調整されているか 異種粘質土を混合して使用している可能性 底部と胴部と口縁部で粘質土を使い分けている可能性
	焼成時の熱変成	焼成時に胎土中の各種鉱物に変質する可能性
使 用	汚染と変異	使用時に異物を吸着する可能性 使用時の加熱によって胎土中の各種鉱物に変質する可能性
	埋没中	堆積環境 成分溶脱
発掘後	洗浄時	洗浄に使用する水からの汚染
	石膏	石膏による汚染
測 定	試料の組成と形状	試料表面の形状が分析に与える影響 マトリクスが相同でない試料の対比
	標準試料とFP法	標準試料での規格化の必要性
	X線回折の問題	微量成分は検出できない 粒度と詰め込み圧が結果に与える影響
	EDSの照射範囲	照射位置が全体を代表していない可能性

7.3 土器使用後の誤差要因

7.3.1 堆積環境中の汚染

土器類が遺跡の中で土砂に埋没している時にも、様々な要因で汚染や変異を受けている。

堆積環境中では、地下水に含まれる様々なイオンによって土器は汚染されている。遺跡の上に畑や水田があった場合、Fe、Mn、P、Ca、Mg、K、S等は、かなり高濃度で地下水に浸透し、これによって土器も影響を受けていることが考えられる。これらのイオンの中の幾つかは、酸化還元電位の変化、pHの変化、イオンの増減によって、化合物の沈殿に結びつく可能性がある（註53）。これらの沈殿が、多孔質な胎土の内部で起きた場合、極端な呈色があれば判別できるが、そうでなければ汚染の判定は難しく、表面の削り取りでは混入を防ぐことは出来ない。

7.3.2 成分溶脱

遺跡から出土した土器類は、製作実験によって作られた土器と比べると非常に脆く、その脆さについ

ても、土器によって個体差が認められる。遺跡出土土器のこの脆弱性は、焼結した粘質土成分の一部が埋没中に溶出したと考えるべきであり、脆さに差があることから、溶出量が全ての土器で必ずしも一定ではないことも明らかである。溶脱する成分としては、Na、K、Ca、Feなどが考えられた。土器全体の元素組成や化合物組成を比較検討する場合には、どのような成分がどれだけ溶出するのか、あるいは堆積環境によってどの程度の変異があるのかを予め明らかにしておく必要がある。

7.4 発掘後の誤差要因

7.4.1 洗浄時の汚染

通常、発掘された土器は発掘現場で仮洗浄されるが、発掘現場には水道が引かれる場合と、水道水を運搬する場合と、井戸によって地下水を汲み上げる場合などが考えられる。厳密な定量を行う場合は、これらの事も考慮する必要がある。ガラス器具を洗浄する際には、水道水で洗浄した後に精製水での洗

浄を省くと、水道水起源の白い汚れがガラス器具の表面に付いてしまうが、この事実から多孔質である土器の洗浄過程を顧みるならば、汚染が起きていることは明白である。従って、土器片全体を弗酸溶解して各種元素を定量する場合の厳密な操作については、どこまで有効であるか再考の余地がある。

7.4.2 石膏による汚染

発掘後に資料が受ける汚染について、最も気をつけなければならないものは、整理作業時の石膏による汚染である。石膏は硫酸カルシウムを主成分としており、これによって元素次元ではCaとSによる直接的な汚染が考えられる。更に、石膏を構成しているCaが他のアルカリ土類金属に置換されている可能性を考えるならば、Mg、Ba、Srによる汚染も考慮しなければならない。石膏入れを行った場合、少なくとも硫酸カルシウムが飽和した水道水が土器のかなりの面積に浸透するので、アルカリ土類金属と硫酸分については誤差が生じると考えられる。

7.5 測定時の誤差要因

7.5.1 試料の組成と形状

土器片全体を粉砕して蛍光X線分析装置により元素の定量を行う時、マトリクス効果を考慮するならば、試料に近い組成比を持った標準物質での規格化が必要である。又、試料表面の形状も本来は平面である必要があり、加圧成形によって作成されたベレットの見かけの密度も重要である。

7.5.2 標準試料とFP法

考古学での蛍光X線を利用した分析では、標準試料や検量線を使用せず、FP法で解析する事が一般的になりつつある。FP法のみで数値を取り扱おうと、手元の考古資料は取りあえず差異化できるものの、他日に測定したものととの対比や、他所で測定したものととの対比が原則的に困難になる。これは、試料から得られたデータが学問的に蓄積されないことを意

味している。FP法は各社毎にアルゴリズムが異なり、同一の試料を分析しても同一の数値が得ることはない。また、同一-器種を使用してもプログラムのバージョンによって分析値は異なってくる。

また、他の方法として、検出器によって得られた元素のカウント数どうしの比率を元にして立論する場合もある。元素の感度についても、恒常的に一定に維持され続けているわけではない。更に、機械が異なれば、各元素に対する感度は異なる。従って、元素どうしの比率を用いる場合であっても、標準試料による規格化が必要である。なお、FP法のみでの半定量分析で元素の濃度について3桁記載することは原理的に無意味である。

7.5.3 X線回折の問題

X線回折は、定量分析の方法としては主成分についてさえ不完全であり、微量成分に関しては不可能である。また、ピークが重なる場合が多く、試料調整時の粒度や詰め替え圧力などで計測値が異なるなど、再現性にも問題がある。つまり、原則として定量分析には不向きなため、X線回折で求めた数値から厳密な定量的な結論を導き出すべきではなく、大雑把な傾向を見ることに止めるべきである。厳密な定量に利用する場合は、粒度や詰め替え圧力と再現性との関係を証明する分析値を添付すべきである。

7.5.4 EDSによる照射範囲

胎土の不均一な土器片を電子顕微鏡の鏡筒内に挿入し、電子顕微鏡に付随したエネルギー分散型の蛍光X線分析装置で元素組成を求める試みも為されている(井上1996)。胎土そのものを計測する場合には、ビーム径と胎土を構成する粒子との関係、特に顕在的な鉱物粒をどのように扱うかを明確にする必要がある。肉眼的な次元でさえ不均一に見える土器類胎土断面に対して、電子顕微鏡付属のEDSを使用して、定量分析が成立する可能性は低い。

8 研究史の検討

本章では、現行の胎土分析研究を相対化するため、「土器類の産地推定」に関する研究史を管見した(註54)。

8.1 研究史の通時的概要

8.1.1 研究史の大別

「土器類の産地推定」に関する研究史を検討するためには、背景としての考古学研究における自然科学的手法導入の歴史を確認する必要がある。

考古学と自然科学との提携を決定付けたものは、1976年から開始された、文部省科学研究費による大規模プロジェクト「自然科学的手法による遺跡・古文化財等の研究」であった。特定研究「古文化財」と呼ばれるこのプロジェクトによって、考古学的な試料に対する自然科学的手法による分析についての様々な可能性が試され、その基盤が初めて整備された。従って、この特定研究「古文化財」以前と以降で、研究史を大きく前期・後期に二分して考えることができる。

前期については、以下のように細分した。特定研究「古文化財」を成立させた主要な原因として考えられるのは、

- ・技術としての化学分析の著しい進歩
- ・大規模開発に伴う考古資料の増大
- ・これを背景とした考古学の成熟
- ・「考古学と自然科学」誌等、考古学研究者と自然科学者の協働実績

などであった。従って、①考古学研究者と自然科学者の協働によって、分析方法等が試行され、一定の見通しが得られ、この事により特定研究「古文化財」が開始された発達期、②それ以前の、試行錯誤の中で考古学研究者と自然科学者が半ば独自に様々な方法を試みていた増殖期、③それ以前の、散発的に研究が見られる黎明期、の三期を設定した。

後期については、①特定研究「古文化財」によって整備された環境の中で、大量の研究者が参入し、様々な研究が実施された拡張期、②それらが一段落した停滞期、に二分した。

この結果、研究史は五期に区分できた(註55)。既に述べたように、第一期は黎明期、第二期は増殖期、第三期は発達期、第四期は拡張期、第五期は停滞期として、各時期の特徴を表に抽出し、以下で時期別に概観した(表8-1)。

8.1.2 第一期：黎明期(1960年代以前を中心)

日本考古学に於ける産地推定の黎明期と位置づけた。この時期には、土器の鉱物組成や化学組成を分析対象とした幾つかの試みが為されたが、考古学研究者の側に学問的蓄積に基づいた明確な問題意識が出現していなかったために、分析者である自然科学者の力を十分に活用できなかった。従っていずれの研究も、体系的に後年の考古学研究に重大な影響を与えなかった。以下では、これらの研究を「黎明期の取り組み」と呼称した。

8.1.3 第二期：増殖期(1970年代前半を中心)

高度成長に伴う大規模調査によって、膨大な遺構と遺物の情報が蓄積されはじめた。また、土器編年研究の著しい進展と共に、これに対する反動から、土器編年以外の研究部門も大きく取り上げられるようになった。移動論や搬入土器の研究が行われる中で、産地推定についても実用的研究が始められた。この時期の研究については、大学に籍を置く考古学研究者と、京都大学原子炉実験所を中心とした自然科学者、といった二者を対置する形でとらえてみた。

前者の「大学に籍を置く考古学研究者」は、自然科学を利用して考古学的な成果を得たいと考える考古学研究者であり、「黎明期の取り組み」とは異なり、学問の成熟にともなう明確な問題意識の出現が見られた。そして、研究上の必要性から考古学研究

表8-1 土器類の産地推定に関する研究史の五期区分とその要点

前 期	第一期：黎明期	考古学が未成熟 問題意識が不明瞭	1960年代以前
	第二期：増殖期	必要性が発生 自然科学者の取り組み 【考古学と自然科学】	1970年代前半
	第三期：発達期	考古学研究者と自然科学者との協働 【特定研究古文化財】	1970年代後半
後 期	第四期：拡張期	自然科学者の大量参入 歪曲現象 【日本文化財科学会】	1980～90年代
	第五期：停滞期	考古学研究者の検討 協働の減少 【発掘調査減少】	2000年代

者自身が分析を行っていた。商業的にこれを行う専門機関も少なく、これに委託することも一般的ではなかった。考古学研究者は自らが必要な課題に取り組む事となり、従って高度な分析機械を利用するすべはなく、偏光顕微鏡を利用した、土器胎土プレバートからの鉱物同定が産地推定の中心であった。そして、産地を厳密に特定するのではなく、特徴的な岩石や鉱物を指標として定性的な判別を行い、搬入品を判定する事をその方法としていた。以下ではこれらの研究を「考古学研究者による胎土岩石研究」と呼称した。先端技術を利用したわけではなかったが、目的意識が明確であったため、適切な手法が選択され、一定の成果を上げることが出来た。

主要な研究は、清水芳裕による「縄文時代の集団領域について」(1973)、今村啓爾「伊豆七島の縄文文化」(1980)等があげられる。

後者の「京大原子炉実験所を中心とした自然科学者」を象徴する出来事として、同所での「考古学と自然科学」の創刊があった(註56)。「考古学と自然科学」誌上では、70年代に、産地推定に関わる現行研究を規定する手法がほぼ出揃っていた。主要な研究としては、田窪宏と梅田甲子郎による「近畿地方より出土した土器の物理的・化学的諸性質」【考古学と自然科学】2(1969)、三辻の「土器の放射化分析」同5(1972)、等が見られた。前者は土器胎土について自然科学的手法で網羅的に検討を加えたものであり、化学組成(元素組成)、顕微鏡観察、X線回折試験、硬度と比重、示差熱分析と加熱減量、熱膨張収縮についての検査が行われた。同誌上では、

共同利用施設としての京都大学原子炉実験所の利用者からなる、西日本を中心とした放射線分析化学を専門とする研究者によって、様々な試みが報告された。以下では、これらの研究を「自然科学者による機器分析」と呼称した。

「自然科学者による機器分析」が考古学研究者に影響を与えるためには、いくらかの時間がかかった。その理由は、

- ①この時期の「考古学と自然科学」が関西系の雑誌で執筆も関西の自然科学者を中心としていたこと
- ②同誌は、自然科学者が中心となって執筆していたため、その内容が、考古学研究者に難解であったこと
- ③同様に、考古学的な問題点が自然科学者に十分に理解できていなかったこと
- ④掲載された各種の実験内容がまだ試行錯誤の段階であったこと
- ⑤行政主導の考古学に対して自然科学的な研究は大学主導であったこと

などであった。

なお方法的には、「考古学研究者による胎土岩石研究」は、均一粒子法による定性的な分析であり、「自然科学者による機器分析」は、均一化法による定量的な分析を中心としていた。

8.1.4 第三期：発達期(1970年代後半を中心)

蓄積された膨大な資料を背景として、行政に藉を置く考古学研究者が自然科学者に対して、様々な分析の要請を行った時期であった(註57)。「考古学研

研究者による胎土岩石研究」は、その後も地味に継続された。一方で、「自然科学者による機器分析」は著しい進展をみせた。第二期に比べて考古学研究者の問題意識が高度化・明確化し、一方の自然科学者も考古学研究者の論理体系と考古学上での問題の所在に対する理解が進み、適切な対応が可能となり、その結果として考古学研究者と自然科学者の協働が一時的に成立した。この時期に産地推定研究のいくつかが、ほぼ今日の形態に形を整えた。

研究のあり方は、行政に籍を置く考古学研究者が、分析機材を利用する事が可能な大学の自然科学者に依頼して、分析を実施するといった形をとる事が多かった(註58)。代表的な研究として、「古窯跡出土須恵器の放射化分析」「X線回折法による大阪陶邑窯跡出土須恵器の研究」「ケイ光X線分析法による大阪陶邑窯跡出土須恵器の研究」「陶邑Ⅰ」(1976)等の三辻による一連の研究があげられる。これらの研究は第二期のそれとは異なり、試行錯誤段階を脱しつつあり、膨大な試料の系統的な分析が実施された。

第三期を象徴する出来事として、1976~78年と1980~82年の2回にわたって実施された、文部省科学研究費の特定研究「自然科学の手法による、遺跡・古文化財等の研究」があった。この特定研究「古文化財」によって、考古学的な試料に対する自然科学的研究の様々な可能性が試され、考古学と自然科学との関係が初めて整備された。ただ残念なことに、提出された膨大で多岐にわたる自然科学的な情報について、考古学研究者はこれを十分に受け止める事が出来なかった。また、実験にあたった自然科学者との間で、各方法で得られた成果の考古学的な有効性についての議論をふかめること、従ってより有効性を増す為に方法を改善すること、考古学と自然科学との関係についての基礎理論を整備するこ

と、更には、各自然科学的な手法に対する複数の自然科学者からの検証など、特定研究「古文化財」の実施以降に残された課題も多く、その殆どは三十年後の今日に至るまで解決されていない。

方法的には、大部分が第二期に続き「自然科学者による機器分析」であり、専ら均一化法で実施されていたが、分析機器の進歩により、試行的に均一粒子法による個別鉱物粒子の成分分析も実施された(大沢他 1978)。

8.1.5 第四期：拡張期(1980~90年代を中心)

「考古学研究者による胎土岩石研究」は、第四期に至っても継続され続けた。第二期に出現した「自然科学者による機器分析」は、第三期中であるものは淘汰され、あるものは進展し、そして幾つかのものは具体的に成果を上げ始めた(三辻1983)。

一方、第三期の末に実施された特定研究「古文化財」の研究者を中心として、日本文化財科学会が成立した。そして、特定研究によって整備された肥沃な土壌を母胎として、従来に比べれば低価格で洗練された様々な分析機器を利用して、新たに大量の自然科学者が、様々な意図を持って考古学的資料の分析に主体的に参加を始めた(註59)。様々な研究が出現し、それぞれが考古学に与えた影響も大きく、考古学のあらゆる局面で自然科学的データが活用され始めた。

しかしながら一方では、自然科学者の大量参入と考古学的資料に対する自然科学的分析の多様化は、再び、考古学研究者と自然科学者の乖離状況を生み出した。もはや考古学研究者にとっては、「考古学的資料に対する多様な自然科学的研究」の全体像を理解することは不可能となった。分析に参入した自然科学者が、考古学研究者と十分な調整がないまま自然科学的な分析を行い、粗雑な報告が生み出された事もあった(註60)。また学際的研究の学問の

狭間で、自然科学的にも考古学的にも適切さを欠いた研究報告が、批判に晒されることなく生産され続けたり、更には、事業的な視点から効率的分析を固定的に実施し、十年以上に亘って方法的な進展も新しい知見も得られないような分析が継続されるようなこともあった。

以下では、この時期に新たに参入した自然科学者による研究を「自然科学者による新規参入」と呼称した。この第四の流れである「自然科学者による新規参入」は、主として新しい主題を求めて行われ、大学に所属した研究者や、営利法人に所属した研究者によって構成されていた。

この時期に最も必要でありながら欠如していた事は、自然科学者による相互検証であった。通常の自然科学では、各分野に複数の専門家があり、相互に内容の検証が行われ、少なくとも学会誌に掲載される論文については、厳しい査読が行われていたが、考古学界では、報告書や紀要、任意団体誌など、実質的に無審査で論文が掲載され、分析値などの詳細な個別情報も公表されないことが多かった。また、考古学における自然科学的研究では、一分野一専門家体制（一研究室体制）が定式化されやすい傾向にあり、このことも研究の健全な発達を阻害している（註61）。営利上の必要性から、あるいは即席に成果が上がり、かつ検証によって否定される可能性も少ない恰好の研究主題として、考古学的な位置づけも不十分なままで、多くの自然科学者による分析が実施されたが、研究の質について発言をすべき学会では、この点を補正するための積極的な提言は行われなかった。

自然科学研究に於ける80年代を大きく特徴付けるものとして、80年代後半にいたって実用的な次元に到達したパーソナルコンピュータの利用があげられる（註62）。また、従来のものとは違い、便利で手

軽な蛍光X線分析装置も誕生した。加速器を代表とする巨大科学や高度技術の活用も90年代から始められた（註63）。

90年代を通じて、考古学研究者の間では、自然科学的研究に対する評価がほぼ定まった。

8.1.6 第五期：停滞期（2000年代以降）

埋蔵文化財の調査件数が漸次減少し、これに伴って学問としての考古学の勢いも、やや衰えた（註64）。前期旧石器の捏造問題によって考古学的な研究手法の稚拙さが露呈し、捏造された前期旧石器からナウマン象などの脂肪酸を検出した自然科学的な分析も同時に批判に晒される事となり、自然科学的な分析は中立的で分析者の意図が介在する余地は無いと言った観念も、改めて払拭された。

第五期は、考古学研究者が自然科学的な分析に対して冷静になり、過剰な期待を抱くことがなくなった時期であり、自然科学者による新しい試みも激減した。その反面、今までの様々な事が冷静に、そして反省的に捉え返され始めた（註65）。「考古学研究者による胎土岩石研究」は地味に継続される中で、縄土石器に関する当該分野の研究では主流となった。一方、「自然科学者による機器分析」も、量的には半減しながら続けられた。

縄土石器研究では、80年代の半ばから既存の編年体系の見直しと精緻化が加速的に進められたが、90年代の後半以降から今日に至るまで、再編された（あるいは再編されつつある）編年体系と自然科学的情報との突き合わせが再度行われるようになった（註66）。C14年代に代表されるこの様な動きの中で、胎土分析に対しても、土器の移動を具体的に明らかにすることが要請されはじめた。当初の「考古学研究者による胎土岩石研究」は、遺跡の立地条件を考慮した上で分析を実施していたので、比較的明確に土器の搬入について指摘できたが、今日の「考古学

研究者による胎土岩石研究」は、遺跡の立地条件を選んで分析ができる段階ではなくなっており、その結果、様々な場所に立地する遺跡の縄文土器について幅広く分析を行っており、精度が低下している(註67)。

8.1.7 第五期の諸問題

今後に影響を与える大きな問題として、第四期の末から第五期にかけて、新たに出現した「考古学研究者による機器分析」があげられる。この背景には、パーソナルコンピュータとの連動により、取り扱いが極めて簡略化された蛍光X線分析装置等の普及があった。この「考古学研究者による機器分析」は、今後ますます増加すると考えられるが、幾つかの重大な問題が生じつつある。それは、

- ①新しい視点が欠如した分析
- ②実用的効果が十分ではない結果の提示
- ③分析原理や差異化の指標、有効数字等に対する理解不足
- ④学問的な構えが不十分で、とりえず胎土を分析して得られた数値から土器が分類できればよいとする様な考え方の蔓延。

などであった(註68)。特に、卓上タイプの蛍光X線分析装置でのFP法を利用した半定量分析は簡単に数値が得られるので、今後多用される可能性が高い。

分析機器の進歩は、分析化学者への委託分析を減少させつつある。考古学研究者が分析機器の取り扱いに習熟し、自ら操作できれば考古学研究者と自然科学者の乖離問題は生じないと考えられそうだが、問題はそこまで単純ではない。第二期でみられた「考古学研究者の胎土岩石研究」では、当該研究者は考古学的な問題意識が先行しつつ明確であり、その課題を解決するために、岩石学の勉強をしていた。第二期から第三期にかけての「自然科学者による機器分析」の成功例では、自然科学者は地球化学的な

原理に精通し、考古学研究者は対象となる土器の課題に精通していた上で、協働が行われた。しかし、「考古学研究者による機器分析」では、乖離以前の問題として、当該研究者が考古学的な課題を的確に把握せず、自然科学的原理の理解も不十分な状態のまま、「手持ちの試料を手近な機械に投入すれば、何か新しい研究が出来るのではないか」といった傾向に陥る危険性が大きい(註69)。

分析方法が確立され、操作手順が厳密に定式化されるまでの当面の間は、問題の所在を十分吟味した考古学研究者が、自然科学者の指導を受けながら分析を行うべきであり、未だ考古学研究者が独自に分析を行うほどには期は熟してはいない。

また一方では、考古学に於ける自然科学的研究の伝統が壊滅的な打撃を受けつつあることにも注目しなければならない。第三期末に実施された特定研究「古文化財」は、今日まで地道に研究を続け、着実に成果を上げる何名かの学際領域の研究者を育てる事に成功したが、特定研究「古文化財」によって育成された当時の若手研究者は、現在定年を向かえつつある。専門化した多くの分野では、一分野一研究者(一研究室)体制が定着したために、特定研究に参加し現行研究を支えている主力研究者のほぼ全てが、ここ数年で定年を向かえたあと、その研究を引き継ぐべき者は養成されていないし、この学問的損失自体が意識されていないために、具体的な対策は十分に講じられていない(註70)。

第四期に生まれた「自然科学者による新規参入」については、第五期に至って内容が明らかになりつつある。今後はそれらの成果を冷静に点検し、精粗を分離して適切に取り扱う必要がある。新しい研究は次々と生まれてくるが、報告が二報、三報と続き、十年後に独自領域を確保し、考古学に一定の影響を与えることができる研究は希である。

9 研究の現状と課題

前章では研究史を通時的に瞥見したが、本章では主題別に検討した。

9.1 元素組成研究の現状

元素法による「土器類の産地推定」研究での最大の特徴は、均一化法の採用である。均一化法の採用は、大量の試料に対する迅速な分析という利点をもたらすと共に、その反面、産地推定の精度を下げる問題を派生させた。それは、土器の胎土自体が持っている膨大な量の情報に対して、均一化法の採用による元素分析の結果、得られる情報が極端に減少するという点に起因している。そして、土器の胎土が鉱物の形で持っている情報について、均一化法の採用による元素分析の結果、元素量に還元されるので実体的な説明性が乏しくなった。以下ではこれを「鉱物情報の喪失」と呼称した。

元素組成研究は三辻の独壇場であり、現状は三辻によって行われた研究について、残された課題を松本が模索しているような状況にある。

9.1.1 三辻利一の研究

三辻以前にも、例えば大阪大学の田窪安等が、岩石分析の要領で関西の各時期の土器について元素分析を行う（田窪1969）など、いくつかの研究が見られたが、いずれも試行錯誤の段階に止まり、体系的な研究として産地の推定に結びつくものではなかった。

三辻による須恵器の産地推定は、陶器窯と共に始まり陶器窯を中心に全国の窯跡と古墳・遺跡出土の須恵器について広く行われた。1972年に初めて分析を行った当初は放射化分析を実施していた（註71）が、やがて迅速定量可能な全自動のエネルギー分散型蛍光X線分析装置を導入し、更に、より感度の高い波長分散型へと変更し現在に至っている。また1973年当時は、 $[Mn-K/Na]$ と云う指標を用いてい

たが、やがて $[Rb/Sr]$ が利用され（註72）、現在は $[K, Ca, Rb, Sr]$ の四元素を使用して、多変量解析の手法により、窯跡出土の須恵器を母集団として、未知試料のこれに対する帰属性を検定している。

具体的な操作は、タングステンカーバイト製の刃を付けた小型高速回転グラインダーを利用して、土器表面を削りおとした後に、大粒の岩石粒や夾雑物を除きながらタングステンカーバイト製の乳鉢で粉碎し、これを塩化ビニル製のリングに満たしてダイスにはさみ、約10MPaで加圧してペレットを作成し、波長分散型（註73）の蛍光X線分析装置で、 $[Na, K, Ca, Fe, Rb, Sr]$ を定量するというものであった。定量にあたってはJG-1で規格化を行い、産地推定にあたっては二群間判別分析法を使用するなど、手続きは比較的厳格に進められていた（註74）。

三辻による産地推定が成果を上げた最大の要因は、均一化法の限界の内側で、須恵器の特性（窯業生産物）をうまく生かして分析を行っていた事にある。須恵器は、特定層位に起源を持つ良質の粘質土が多量に存在する場所に窯を築き、専らこの粘質土を使用して製作されていた。これに対して三辻は、窯跡出土の資料を母集団とするという窯業生産物の特長を生かした方法を採用し、異なった地域の異なった層位の粘質土を使用した窯跡群を比較対照として、粘質土の差異を見出すことを基本とした産地の推定をおこなった。この時に、「鉱物情報の喪失」に対して、

- ①窯跡出土の大量の遺物から母集団を作成するという方法で、対比すべき母集団を鮮明にした上で、
 - ②離散的に存在している窯跡群相互の比較
 - ③須恵器生産の中心である須恵邑窯と出土地点に近接した地方窯との対比
- という対比すべき試料群を減少させる方法で対応すると共に、

④粘質土の主たる原料または成分として予測できる長石の主成分元素【K, Ca】

⑤主成分元素を置換する微量元素である【Rb, Sr】

を指標元素とすることによって「元素を通して長石の違いを見出す」という実体想定で対応した。この様な方法を採用することによって、均一化法の採用からくる制約の中で三辻の須恵器産地推定研究は合理的に行われていた。

三辻の研究について残された課題は四点ある。

最も重要な課題は、母集団となる各窯跡群の分析値全てについてのデータベース作成とその公開である。三辻の分析値は客観的であるが、母集団のデータが体系的に公開されていないために、現在のところ他の研究者が検証若しくは発展させられる状況にない(註75)。第二点は、三辻の提示した指標で判別した場合に、偶然に一致する窯跡群とおしの明示化とその判別方法の提示といった細部を補う研究の必要性である。第三点は、三辻によって窯業生産物の分析方法が概ね確立された今日、均一化法を用いた場合に非窯業生産物に対して、どのような戦略で分析を進めて行くかという点である。第四点は、三辻の方法がどこまで精緻化可能かという研究の必要性である。

以下ではこのような観点から、三辻以降の均一化法に基づく元素組成研究の現状を分析した。

9.1.2 松本建速の研究

三辻の方法が確立して以降に行われた、あるいは平行して行われた、元素組成を指標とする土器類の産地推定研究の多くのは、三辻の論点を踏襲し、あるいはそこから発展させたものであり、基本的に三辻の研究を大きく超えるものは見いだせない。また、他の研究者によって実施された研究の中でいくつかのものは、かつての研究史の中で試行錯誤的に

行われたものの反復であり、少なくとも、三辻以外に母集団を定義する方法を明らかにし、これとの同定を継続的に実施した研究者は皆無である。とはいえ、先に指摘したように、三辻の提示した指標で判別した場合に、誤判定をしてしまうような、偶然に三辻の設定した指標元素の組成が一致する窯跡群の明示と判別方法の提示といった、細部を補う研究は必要である。これについては前述したように、松本がICPを利用して実施している(松本2003)。また、第二点としてあげた非窯業生産物に対しての均一化法の適用方法についても、松本は縄文土器を主題として実用可能であるとしている(註76)。

松本の研究には、いくつかの具体的問題点も指摘できる。まずはじめに確認すべき事は、松本の方法自体が、三辻の方法と異なった次元のものではないという点である。三辻は先駆者として全国の窯業生産物を大別する指標を作り上げ、これに関する膨大なデータを残している。この点で松本の方法は三辻の方法に置き換わるものでもないし、その必要もない。分析の過程で遺物の破壊を伴う以上、既に産地推定が可能となっている同一の対象に対して、類似した新たな分析方法を実施する利点は少なく、既に膨大な蓄積のある三辻の方法は今後とも採用されるべきである。また、三辻の方法は極めて迅速である点も重要である。この様な点を前提とした上で、三辻の方法では解決できない問題に的を絞って実施する時に、松本の試みに現実性が見いだせる。

松本の提示した指標について考えてみると、例えば、 $[\text{Ti}/(\text{Al}+\text{Fe}+\text{Mg})]$ の様な指標では、分母については、Alの存在量に対してFeは半分程度かそれ以下であり、Mgに至っては一桁少ない存在量である。この様な $[\text{Ti}/(\text{Al}+\text{Fe}+\text{Mg})]$ という組成を示し胎土の中で一定量を占める鉱物が実体として想定できない限り、桁違いの数値をそのまま合計する事によ

って得られた答えがどのような意味を持つかは甚だ疑問である。また、地球化学を標榜するのであれば、長石の成分を指標化する際に、 $[K/(Na+Ca)]$ 、 $[Ca/(Na+K)]$ ではなく、 $[K/(K+Na+Ca)]$ 、 $[Ca/(K+Na+Ca)]$ のように、意味をより明確化すること(註77)と、各元素の量を重量百分率の数値ではなく、原子の数を反映した数値で表記することが望ましい。松本は地球化学的方法を標榜しているが、土器胎土に対して全岩分析的手法を採用し、できるだけ多くの元素の濃度を調べて、土器胎土を差異化するという発想がもしも地球化学的であるとするならば、その地球化学は19世紀、若しくは20世紀前半のものである(註78)。

松本の方法論上の問題については、以下の四点に集約することができる(註79)。

①非窯業生産物についての分析法の問題

松本の分析では、理化学分析前の試料に対して予め考古学的な範疇が設定されており(例えば諸磯aと加曽利E等)、絶えずこの範疇毎に化学組成の特徴を見いだす方向で議論が進められている。そして主たる指標としては、 $[K/(Na+Ca)]$ 対 $[Ca/(Na+K)]$ が利用され、状況に応じて先の考古学的な範疇が分節化できる補助的な指標元素が、その都度利用されている。従って、同一の考古学的な範疇に帰属する資料群(例えば、住居跡一括出土の諸磯a式土器30個体分)が主たる指標の $[K/(Na+Ca)]$ 対 $[Ca/(Na+K)]$ で一致した場合、同一の産地(松本の場合は同一の粘土としている)と見なすのか、あるいは、補助的な指標元素で複数産地を見分けるのか判断ができないといった問題が生じる。そこでは、どの元素が指標と認定できるのかが予めわからないので、これ以上の分析が成立しなくなってしまう。考古学的な範疇に依存した形で理化学的な範疇が設定できるのは、窯業生産物の場合である。つまり、

松本の方法が有効なのは、須恵器などのように理化学的な分析に先立って、予め標準試料が設定可能な窯業生産物についての場合についてである。

②混和材排除の問題

縄文土器の産地とは、土器に使用された粘土の産地であるとの考え方の元に、混和材の影響を極力排除した方向で元素組成の分析が進められている。これは、混和材が大きく影響すると、分析値のまとまりが悪くなり資料の分類が困難になるという現実的要請に基づいている。しかし、非窯業生産物についての産地推定では、粘質土と混和材である砂との組み合わせを説明することにより、より細かい産地についての情報が得られるのであり、にもかかわらず混和材の影響を排除するのは、均一化法の問題点である「鉱物情報の喪失」によって、混和材起源鉱物の情報を合計して元素に還元してIPCで微量元素まで含めて厳密に測定すると、分類が困難になると言う本質的な問題に根ざしている。つまり採用した分析手法(均一化法に基づいたICPによる精密な元素組成分析)の制約によって重要な指標の一つを無視するという、目的と方法の例錯が見られる。

③混合物解析の問題

更に、原料である粘質土を複数種類混合して土器が作られた場合や、粘質土に更に土を混ぜて素地土が調整されていた場合に、自然状態の粘質土とは成分が一致しなくなるが、どのような原理で混合物が解析できるのかと言ったが問題があげられる。この点についても、均一化法による「鉱物情報の喪失」からくる制約であり、分析方法選択上の問題点である(註80)。

④有効な座標空間の量的問題

指標については、 $[K/(Na+Ca)]$ 対 $[Ca/(Na+K)]$ を用いているが、この指標が一定の有効性を持つためには、長石の組成がこの指標に反映していること

が必要であり、そうであるならば、指標を構成する二つの要素は補完的な関係にあるために、グラフの中で実際に打点が行われる範囲は、1/4円が示すような弧状の線上である。つまり、 $[K/(Na+Ca)]$ 対 $[Ca/(Na+K)]$ で記載されたグラフの全体が有効な空間ではなく、実際の打点は1/4円上に分布することとなる。この時に、同一の産地と認定できる試料を表す点が分散せずに一点に収斂し、異なった産地と考えられる試料が表す点が異なった一点に収斂して、各々が十分に判別可能であることが必要である。しかし実際の粘土や土器は、分析例から見ると、この線上に集中的にはなく、かなり散漫な分布をしている。従って、松本が採用した $[K/(Na+Ca)]$ 対 $[Ca/(Na+K)]$ で表せる有効な空間の中では、さほど多くの産地は表現できないことが自明である。

このことは松本の方法が、全く異なった2群同士を比較する場合には有効であるが、10~20程度の類型を含む対象を分析した場合には、不能に陥ることを表している。従って、松本の方法が「土器類の産地推定」として完結するためには、大別使用する指標と、細別に使用する指標を明確に示す必要がある。

9.1.3 礎石叢の研究

礎石をはじめとする、縄文土器を専らその対象とした「土器類の産地推定」研究には、特有の論理構造が見られる。それを象徴するのが「在地」「非在地」あるいは「在地」「搬入」の二項関係での土器類の差異化である。「在地」と「非在地」の用語について、例えば、礎石は次のように述べている。

遺跡周辺の地質学的特徴と明らかに一致しない粘土を「非在地」的粘土とよび、それ以外の粘土を「在地」的粘土の可能性のあるものとした(礎石2004 p215)。

一見すると明快ではあるが、実質的な内容に乏しいこのような定義を元にして礎石の考え方を要約すると、以下ようになる。

- ・あるところから産出する「粘土」は、「周辺の地質要素」の風化物である。
- ・「粘土」と「周辺の地質要素」とを比較すれば、「非在地」的な粘土が識別できる。
- ・その方法は、風化に強いFeとSiに着目して、「周辺の地質要素」と「粘土」の両資料に含まれるFeとSiの質量比を調べることである。
- ・また、粘土どうしの比較には、いくつかの仮定の下でノルム計算して得られた、 Al_2SiO_5 と SiO_2 の質量比が有効である。

ここで述べられている「遺跡周辺の地質学的特徴」は非常に曖昧な概念であると同時に、「粘土」と「周辺地質」について、それぞれに含まれているFeとSiの質量比で比較することに有効性があることも論証されていない。また、土器を構成している粘質土どうしの比較がノルム計算値から算出した Al_2SiO_5 と SiO_2 の質量比で可能であるという考え方も、後述するように大きな問題点を含んでいる。

礎石の方法上の特徴は、土器を構成する原料の一つである粘質土に的を絞り、粘質土の特徴を得るために、胎土の本体部分について砂粒を含まないような部分の化学組成を蛍光X線(照射径3mm)によって求め、立論をしている点と、Fe/Siによって「周辺の地質要素」と「粘土」を比較していること、更に、ノルム計算によって得た Al_2SiO_5 と SiO_2 の質量比で粘質土の質を比較している点である。

礎石の方法で最も注意しなければならないことは、土器の風化の問題である。復元実験で製作した土器と遺跡から発掘された縄文土器の堅さと重量感に違いがあることは明らかであり、その違いは土器の風化によると考えられる。そして、土器を構成す

る粒子の中で、風化の影響を最も強く受けていると考えられるものは、最も微細な構成要素である粘土鉱物に起源を持つ土器の本体（マトリクス）部分である。ならば、風化による補正項が求められなければ、得られた数値は風化の影響を受け、それなりの精度しか持ちえない（現状の胎土本体組成＝粘質土の組成－風化の溶脱成分）ことが明白である。建石は次のようにも述べている。

（前略）本来、土器の製作地を推定するときには、原料の調達方法やその経路等、製作技術の範疇で括られる知識の多くを前提とするであろうし、その逆の場合もまた同様であろう。（中略）近年の我国における胎土分析を用いた縄文土器研究では、両者の横断を目指したいくつかの興味深い動向が認められつつ（ある）ことは、すでに紹介済みである（中略）。本研究は、これらの動向の延長線上に位置付くことを目指したものである。

経験をつんだ研究者であれば、縄文土器の小破片でも、型式認定が可能である。そこには、原料である粘質土の違いを超えて製作技術の同一性がもたらす土器表面の物性の同一性がある。同様に、同じ粘質土を用いたとしても土器の製作技術（含水率、器面の諸調整、焼成温度等）が異なれば、土器胎土の物性が異なってくることが予想でき、物性が異なれば風化の状況も異なることが想定可能である。つまり、化学組成と物性是一对一に対応するものではなく、同一の粘質土を使用すればたしかに製作時点での化学組成は同一であるが、製作技術の違いによって製品としての土器の物性は異なるものとなり、物性の違いは使用中や埋没中の風化の違いを招き、最終的に遺物として我々の眼前に表れたときには、化学組成さえも異なる可能性が高いという点を考慮すべきである。この点について検証をしなければ、

建石の方法の有効性は証明できず、原料の違いと風化の違いを混同して土器を分析していることになる。建石は、産地推定と製作技術の横断的研究を目指しているが、実際の分析の中では製作技術の関与が考慮されていないので、土器の差異化に使用した指標の有効性が疑わしいものとなっている。

9.1.4 井上巖の研究

井上も、三辻同様に蛍光X線分析を利用して、産地推定を行っていた。そこでは、岩石・土壌の一般的性質を表しうるとした4つの指標 $[\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3]$ 、 $[\text{FeO}_x/\text{MgO}]$ 、 $[\text{K}_2\text{O}/\text{CaO}]$ 、 $[\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}]$ を使用して分析を継続した（井上1996）。この中で、 $[\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3]$ は、いわゆる珪礫比であり、 $[\text{FeO}_x/\text{MgO}]$ は重鉱物の固溶体組成を表し、 $[\text{K}_2\text{O}/\text{CaO}]$ 、 $[\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}]$ は軽鉱物である長石の固溶体組成を表すものである。手法としては、土器断面を電子顕微鏡の鏡筒内に挿入し、EDSを装着して200倍の倍率で $[\text{Na}$ 、 Mg 、 Al 、 Si 、 K 、 Ca 、 Ti 、 Mn 、 Fe 、 $\text{Ni}]$ の10元素について測定し、10元素全体で100%を示すように数値を調整したものであった。しかし、この様な試みも、1969年段階の田窪の研究を大きく越えるものではなかった。

井上の問題点は、前二者と同様であるがそれ以外にも、自然科学的には類型化が客観性を欠く事である（註81）と共に、分析値の精度や再現性を保証するものが何もない（註82）点であり、地球科学的には、これらの指標によって土器が類型化できる原理が未だ十分に説明されていない点であり、考古学的には、埼玉県を中心として膨大な量の土器について分析を行っておりながら、総合化ができていない点である（註83）。

井上が分析した埼玉県内の全土器の分析値をグラフ上に打点すれば、連続的な分布が表れて分節化が不可能であろう事は明らかである。井上は後述する

ように鉱物組成のデータも利用しているが、それでも未だに総合化ができていない以上、分析の大半を占める非窯業生産物的な取り扱い方法での分析については、産地推定的には無効である。

長年にわたる胎土分析研究の中間的な総括として1997年に提出された『日本考古学』4での「胎土分析法と分析例」では、研究史は大幅な省略の元で自己中心的に記載され、埼玉県での分析例が良好な結果であると表現されている。確かに長年にわたって胎土を理化学的に分析してはいるが、産地の推定(井上は産地同定と表現している)について、考古学的に有効な結論が得られているとの共通認識はない。同論文では、埼玉県内の分析例は使用されず、大阪府下の窯業生産物である埴輪が取り扱われている。井上が公表したグラフは、恣意的に類型化が行われており、試料群の元素組成に一定の傾向は認められるものの、客観的な基準での試料の分離には成功していない。窯業生産物については、既に何度も述べたように三辻によってその方法が確立されているのであり、井上の不完全な方法を公表する意味は乏しい。また、非窯業生産物については、前述したように埼玉県内の膨大な分析例について、未だに客観的な形で産地推定には成功していない。

9.2 鉱物組成研究の現状と課題

鉱物組成の研究では、土器片自体を固定してプレバラートを作成する方法と、土器を砕いて得られた粒子を固定してプレバラートを作成する方法(註84)が両立しているが、主流は前者である。いずれも偏光顕微鏡による定性的な若しくは半定量的な分析に止まっているが、限定的な主題の元では一定の成果を上げていた。

これら二者に対して、井上は定量的な分析を目指してX線回折を利用した研究を継続的に実施した。

9.2.1 偏光顕微鏡を中心とした研究の問題点

清水や今村は、偏光顕微鏡による土器胎土の薄片プレバラート観察で、遺跡周辺に産出あるいは分布しない岩石や鉱物を指標として、搬入土器の識別を試みた(清水1973、今村1974)。特定の岩石や鉱物の有無という定性的取り扱いにより、初期の段階で一定の成果をあげた。

また上條朝宏等は、土器片を粉碎し、粒径を統一した粒子によるプレバラート観察で、岩石、鉱物の種類、量、風化度合い等を観察し、極細砂で原料粘質土について、細礫、粗砂、岩片から混和材の由来について検討し、原料として利用された粘質土の起源(註85)と、混和材の産地について考察した。更に、並行して蛍光X線分析による検証もおこなっている。搬入品の識別ではなく、土器の胎土と粘質土の対応関係、あるいは、土器の胎土に含まれる混和材とその産地とを検討している点に特徴が認められた。定量的な取り扱いを指向したが、方法的な限界(註86)からその研究は、産地に関する可能性を示唆するに止まっていた。

偏光顕微鏡を利用した「土器類の産地推定」は、縄文土器に関する胎土分析の主流であるとともに、考古学研究者が自ら実施している場合が多いことがその特徴である。現在の主たる研究者は、河西学、清水芳祐、松田光太郎、水沢教子らであるが、これらの研究の問題点は、概ね以下の二点に集約される(註87)。

- ①土器胎土について、砂粒を分離していないこと(砂粒非分離)
- ②鉱物について、個別粒子毎の化学組成を検討していないこと(鉱物粒子の化学組成不明)

「砂粒非分離」によって、プレバラート上の限られた視野範囲と特定断面での観察を余儀なくされており、情報量の著しい減少を招いている。更に、粒径別のデータが得られないことから、粘質土起源の

物質と混和材起源の物質の識別も不十分である。

粒径の情報については、河西は顕微鏡上で粒径を読みとってグラフ化しているが、膨大な労力が費やされる反面、薄片上に表れた粒径は、粒子に対する任意の断面でのそれであり、実際の粒径との関係は不明である。また、河川学で一般に使用されているφスケールでの粒度曲線は、質量を用いて表現されているので、粒数と質量との関係が定義できなければ、河川学の膨大なデータとも対比できない。一方、上條は物理的な破砕を行っているが、粒子の破損に伴い、粒径と粒数が不定となり、更に軽鉱物を中心としてマトリクスとの分離も困難であるので、精密な議論には適さない。

「鉱物粒子の化学組成不明」は、プレバカート上の岩石や鉱物と、周辺地質に存在する岩石や鉱物との同一性が証明できないという産地推定上の根本的な問題を引き起こしており、そのめに、判定の結果は絶えず可能性を示唆するに止まっている。また、鉱物種や岩石種の同定についての客観性も乏しく、特に微細な粒子で岩石種の同定がどこまで適切に行われているか疑問である。偏光顕微鏡により縄文土器の胎土分析を行っている研究者の主要な部分は、具体的な土器の原料の特定や、土器群の客観的な類型化と分類指標の提出・客観化といった問題へ研究が向かうことを回避しつつ、異質なものを識別するという方向で研究を進めている。これでは精密な産地の推定は論理的に不可能である。

偏光顕微鏡による「土器類の産地推定」は、土器胎土から砂粒を分離して、特定の粒径について鉱物組成を比較検討し、更に、特定の鉱物について、化学組成の一致を以てその同一性を論じ、客観的な類型化と具体的な原料の特定を行う必要があり、そのためには、分析電子顕微鏡の使用が必須である。偏光顕微鏡のみで研究を進めるならば、方法の適用範

囲とその限界を明確にした上で、適用範囲内の事項について取り扱うべきである。もちろん、偏光顕微鏡による観察で可能な研究も膨大に残されているので、例えば、「土器胎土の類型化論」、「異質胎土識別論」とした上で、議論の精緻化をはかればよい。「異質胎土の識別」と「搬入品の認定」は異なった行為である。

9.2.2 河西学の研究

河西は、鉱物岩石学的視点を基盤としながら土器類の「在地／搬入」の識別を試みている。土器薄片プレバカート法の中心的研究者である。河西の方法は、土器片からプレバカートを作成し、一定距離でステージを移動させて、計測点にかかった物質について、岩石、鉱物、マトリクス（粘土）の判定を行うと同時に、比較試料として、粘土を焼結させた物と、河川砂について同様に分析を行っている。そして、この結果について、全体組成、岩石鉱物組成、重鉱物組成のグラフを作成し、全体組成は、砂と赤色粒子とマトリクスの各々について、岩石鉱物組成は、各種の軽鉱物種、重鉱物種合計、各岩石種について、重鉱物組成は、各種の重鉱物種について、それぞれ百分率で表現している。

産地推定方法については特徴があり、遺跡出土土器に対して、その近隣の表層地質を代表すると思われる河川砂や周辺採集の粘土を対照試料として、土器胎土中から検出した岩石種が、河川や粘土中のそれにはほぼ包括されていれば、在地的土器とし、異質であれば搬入品とする分類であり、近年は型式や遺跡単位でこれの比率を算出して、動態を論じている。

河西の研究について、問題となるのは、「在地／搬入」二分法についてである。この二分法に関する具体的な問題点は、「在地／搬入」の判定手続きと、「在地／搬入」が示す意味内容にある。

前者の問題、即ち「在地／搬入」の判定手続きについては、その分類操作の具体的判断基準が曖昧である。「土器が出土した遺跡が属する表層地質の分布を基準単位として、その単位内での地質学的特徴とは性質を異にする胎土をもつ土器を搬入土器」と判断する、と表現しているの、一見明確な基準が示されているように見えるが、実際には、どのように判断するのか、客観的かつ具体的な基準を明示しているわけではない。つまり全体組成、岩石鉱物組成、重鉱物組成の三種類の情報について、具体的にどのように組み合わせて、在地的土器と搬入品を識別しているのかについて、同一の情報を使用したときに、万人が同一の「在地／搬入」に関する判断ができるような客観的な基準は示されていない。

後者の問題、即ち「在地／搬入」の意味内容については、周辺の地質要素をどのように設定するかで相対的に変化するものであり、地質要素の単位を広く取れば在地と認定する土器類が増え、狭くとれば搬入品と認定する土器類が増えてしまう。また、隣接する範囲の地質要素と一致する場合と、かなり遠方の地質要素と一致する場合の意味の違いに対する概念化も不十分である。この様な方法で分析すると、縄文土器の製作単位は周辺地質が同一の範囲である、という例證した答えを導き出すこととなる。周辺の地質要素を最小の単位として対比を行う以上、この単位より細かい部分は、原則として分析することができない。もちろん、この様な単位で土器を分析することによって一定の成果は得られる。しかしその場合には、実体を連想させるような「在地／搬入」という用語は適切ではない。

また、土器薄片プレパラート法に共通する問題点として、周辺地質と土器薄片中の岩石種の一致に関する認定基準の曖昧さがあげられる。花崗岩、安山岩、玄武岩、流紋岩、片岩、いずれも多く産出場

所があり、偏光顕微鏡によって微細な破片を鑑定し、どこまで厳密に同一性が主張できるのか、具体的なデータが提示されていない。

その他にも、幾つかの問題がある。例えば、薄片プレパラートにした土器胎土中の岩石鉱物の粒径と、篩を使用して導いた河川砂の粒径を比較しているが、前者は粒子の任意の断面なので、本来の粒径と比べると完全に同一ではなく、球形の場合には同じか小さいかであるし、立方体の場合には、篩の結果よりも薄片による任意の断面のほうが大きく見える可能性も高い。また、前者については粒子数で、後者については分画質量で、ヒストグラムを作成しているが、篩を通した断面と任意断面の関係、あるいは粒子数と分画質量の関係が明確に示されていない以上、単純に比較すべきではない。

いずれにしても、従来方法による周辺地質との比較で、「在地／搬入」を軽々しく論じるべきではないし、それを根拠として社会の動態を論じることは、いかにも時期尚早である。「土器類の産地推定」で理化学的にしなければならぬことは、適切な同定であり、その次に理化学的な特徴による客観的な類型化である。そして、「在地／搬入」を見分けるのであれば、特定の共時的な断面について、成分から見た類型の分布と、型式論的に分節化した類型の分布を比較し、これを原料の産地で相対化し、更に通時的な変遷を確認した上で、一定の判定を行うべきであろう（註88）。

9.3 X線回折を利用した研究

X線回折を利用して、土器胎土に含まれる鉱物を同定・定量する研究は、田窪宏や市川米太によって進められた（田窪1969、市川1971）。これらの中で、時代や産地によって土器の材料が異なり、これが検出される鉱物種に反映すること、土器の焼成温度と鉱物の変化に一定の関係があること等、土器胎土中

の鉱物を取り扱う上での基本的な視点が、70年代の冒頭に提出された。

その後、井上はこれらの先行研究の論点を踏襲した形で、土器類胎土中に含まれる鉱物の定量的な分析を目指して、X線回折法による産地推定を実施した。1970年代当初は、X線回折試験は専ら定性的な測定に用いられていたが、三辻による元素組成の定量分析に基づいた産地推定に対して、鉱物による定量分析を実施する立場から、「偏光顕微鏡による定性分析」の限界を超えるために、1980年代にX線回折法による土器胎土に含まれる鉱物の定量分析が推し進められた。井上はX線回折試験について、「土器の本質部分を形成する粘土の粘土鉱物及び造岩鉱物の組成による分類」を目的として実施し、土器片を洗浄、乾燥の後、メノウ乳鉢で粉砕したものを試料として、「モンモリロナイト (Mont)、雲母類 (Mica)、角閃石類 (Hb)、緑泥石類 (Ch) の4鉱物を特定し、粘土の組成分類として成分同定を行う」とした。データの解析は、X線回折試験によって得られたプロファイルに対して、各鉱物特有のピークについての検出強度から、モンモリロナイト-雲母-角閃石についての三角ダイヤグラムと、モンモリロナイト-緑泥石、雲母-角閃石についての菱形ダイヤグラムを作成し、4成分の有無の組合せから「タイプ分類」を行った。

井上は長年にわたり、埼玉県内出土土器を対象として粉末X線回折を行い、膨大な試料を分析したが、元素分析と同様に非産業生産物について母集団を明確に定義した上での全体的な試料を対象とした産地推定は、未だに成立していない。遺跡単位で委託された試料に対しての即時的な類型化を行ってはいないものの、一連の分析を総合した上での、未知試料の産地を推定するための差異化された母集団の定立はできなかった。井上によって長年にわたって実施さ

れたX線回折を利用した分析については、多くの問題点を指摘する事ができる。当事業団の委託業務の中で行われた分析も多いことから、これらについての問題点と課題を10項目列举した(註89)。

① 鉱物の同定根拠

粉末法によるX線回折試験は、結晶性の物質についてX線の回折角度の組合せと強度を利用して物質の判定を行うものであるが、各物質とも多数の回折線を持っているので「プロファイル中に現われる各鉱物に特有のピークの検出強度」について、どのようなピークをどのような鉱物と認定しているのか、鉱物毎の 2θ 角度、あるいは d 値に関する説明が必要である。そして土器の胎土に含まれる他の鉱物に、重複するピークが存在しないことや、重複したピークの分離を証明する必要がある。

更に、指標として利用されている4種類の鉱物は、一定の範囲内で多様な組成を持っている。従って、固溶体に代表される多様な組成を示す鉱物を定量的に取り扱うために、X線回折のプロファイルをどのように解析するかを示す事が必要である。

② 粘土の組成を代表する鉱物の根拠

モンモリロナイト、雲母、角閃石、緑泥石の四鉱物が、粘土の組成を表しているとする定義について、その根拠を提示することが必要である。実際に、各地の露頭から採取した粘質土とこれを加熱したものについて、X線回折試験を実施した結果、この4種類の鉱物の有無によって分類できたという根拠が提示されていない。これら4種類の鉱物の中で特にモンモリロナイトを除く3種類については、混和材として利用された砂にも含まれる可能性が高いので、粘質土の組成を表すと定義する以上は、その鉱物が

混和材の砂ではなく粘質土に含まれていたとする積極的な根拠を提示することが必要である。また、モンモリロナイトについても、「土器を作る際に利用された粘土」に含まれている主たる粘土鉱物がモンモリロナイトであるという根拠を提示することが必要である。少なくとも、関東地方で土器製作に使用された可能性が想定されている粘質土の多くについては、そこに含まれている粘土鉱物の主成分は、モンモリロナイトではなく、ハロイサイトである。

③回折強度とバックグラウンドの取り扱い

通常の機器分析では必ずバックグラウンドが存在し、実際の計測値からバックグラウンドを差し引いた補正值が定量的取り扱いの対象となる。X線回折試験の結果得られたピークの高さにも、バックグラウンドの値が含まれており、特に低角度側にピークが現れる粘土鉱物では、このバックグラウンドの影響はかなり大きい。従って定量的取り扱いをするならば、分析によって得られたピークの高さからどのようにバックグラウンドを差し引いて、どのような計算で定量値を算出しているか、またその根拠はどのようにして証明されているかを明示することが必要である。

井上は、検出強度を数値化する際に、1989年以前はバックグラウンドの値を差し引いて計算し、1990年以降はバックグラウンドの値を差し引かない事を通例としている。1990年から採用されたこの一般的ではない手続きによって、低角度側にピークが出現する粘土鉱物については、異常に高い検出強度が算出されている。常識的ではないこの様な取り扱いを行う理由を明示する必要がある。

④2種類のダイアグラムを作成する必要性

分析過程で、鉱物の量比に基づく2種類のダイアグラムを作成しているが、最終的にこれら4鉱物を指標とした「タイプ分類」では、検出強度は問題にされず、検出の有無だけで分類が行われている。2種類のダイアグラムを分析途中で作成する理由を示すと共に、検出強度を指標に用いない理由を説明することが必要である。

⑤X線回折試験の検出限界と鉱物の有無の認定

X線回折試験は感度が低く、通常は5%以下の鉱物は殆ど検出できないとされている。土器胎土に含まれるこれらの鉱物の絶対量は、分離操作を経ない限り、石英と長石を除いては、通常5%を上回ることは希であり、X線回折試験で必ずしも検出されるとは限らない。この様な条件の中で、X線回折試験によって検出したことを根拠として含まれると認定し、検出できなかった事を根拠として含まれないとする方式で二分して取り扱った場合、そこで得られた答えにどのような意味があるのかを示すことが必要である。

また、井上が土器類の胎土から検出したとしている鉱物が、本当に胎土中に含まれていることは証明されていない。鉱物同定の根拠を明確に示す必要がある。

⑥粘土鉱物量と胎土の分類

粘土鉱物の検出結果を胎土の分類に使用しているが、粘土鉱物が熱で変質する事を考えると、実際に試料から検出した粘土鉱物の量は、材料素地土から焼成時と使用時の変質分を差し引いて、土器の風化による増加分を加えたものである。製作された土器に水を入れても土器が崩壊せずに使用に耐える以上、原料中の粘土鉱物のほぼ全ては焼成によって変質したと考えるべき

である。このような状況の中で、粘土鉱物の検出量に産地推定上でどのような意味があるのか、説明を行うことが必要である。

⑦ X線回折試験の定量性と再現性

同一の組成を持った試料でも、詰め方や粒状性で感度が変わるX線回折試験に対して、どのように測定の見直しを維持しているのか、説明を行うことが必要である。もしも測定の見直しに問題がないならば、同一試料を複数回詰め替えて計った場合の計測値を公表すべきである。

⑧ 固有の石英/長石比が存在する標拠

実際に各地の砂について、固有の石英/長石比が恒常的に得られることの証明が必要であるとともに、検出した石英/長石比が、粘質土起源ではなく、混和材の砂起源であることを証明する必要がある。

⑨ 類型化手法の明確性

測定値の分類・類型化にあたっては、客観的な手続きが必要である。グラフの上の測定点を感性的に括する方法では、有効な母集団を折出させることは出来ない。この様な手法で類型化を行うと、同一のグラフに対しても、毎回異なった類型を定義することとなる。測定値を分類する際の指標の提示や、分類の定義など、類型化手法を明確化する必要がある。

⑩ 産地推定法の提示の必要性

埼玉県内で膨大な数の土器胎土を分析しており、十分なデータの蓄積があるので、測定方法と分析手法に間違いがなければ、毎回の分析毎に行った暫定的な分類を止揚し、膨大な分析値に対する類型化と母集団の抽出、並びにこの母集団との同定による産地の推定が可能にはずである。したがってこれを実施し、その中で自身の産地推定法を開示し、分析の有意性を明らか

にする必要がある。つまり、今まで蓄積したデータについて、幾つかの明確に区別できる母集団を分離し、未知試料がどの母集団に帰属するかについて、客観的に判定できるような操作法を示す必要がある。

以上の様な問題点に対して、明確な答えが提出されない限り、井上の膨大な分析結果について学問的に利用することはできないし、その方法を有効な産地推定の方法であると認めることもできない。

9.4 特定鉱物の組成比に着目した研究

古城泰は1981年に、土器胎土のモード分析について、破片プレパラートを利用して偏光顕微鏡観察により、岩石、石英、長石を頂点とした三角ダイアグラムを作成し、胎土の特徴を記載した。

その後、1983年に大沢真澄と二宮修治は土器胎土のX線回折のプロファイルに触れた文章の中で、「縄文土器においては、この石英、長石のピーク高が、出土土器片ごとに著しく異なるが、出土遺跡ごとに比較的類似していることが多く、産地推定の基礎的情報になり得る可能性もある」との論点を提示した。

1984年以降、井上は「自然の状態における各地の砂は固有の石英(Qt)と斜長石(Pl)比を有している」として、X線回折装置で計測した石英/長石比から、土器の分類を行った。石英/長石比に関しては、井上によって現在までに膨大なデータが提出されている。井上によって提出されたデータは、詰め替え再現性、粒度の統一、X線回折データプロファイルからの数値化の方法、測定条件の再現性などの様々な問題を孕んでいるので数値をそのまま採用することは出来ない。しかし、誤差が含まれていることを割り引いて考えても、かつて大沢等が提唱したように一定の方法的な有効性を示唆している。小数の遺跡で比較した場合、遺跡間で土器の胎土に含ま

れる石英と長石の比率に系統的な差異が認められるようであり、この点については、大沢らの見解を支持するように見える。河川の砂に含まれている石英長石比は、粒径と共に変化する事を考え合わせると、石英長石比が一定である様な砂の供給源はかなり限定されたものとなり、むしろ固有の石英長石比の原因は井上の主張するような混和材ではなく、原料である粘質土に起因する可能性が指摘できる。

石英長石比については、厳密に再測定を行い、一定の地理的範囲について、数遺跡から十数遺跡の試料を取り扱った場合、母集団の設定と未知試料の同定が可能であるかについて、また、器種毎の差異についても検討する必要がある。更に河川砂と粘質土について、粒径毎に石英と長石の絶対量を算出すれば、原理的な問題は解決できる。

9.5 同位体組成研究の現状と課題

9.5.1 質量分析の普及

考古学における質量分析の活用は、主として青銅器に含まれるPb同位体比の測定について、産地推定を目的として1970年代から行われてきた。1990年代以降、土器類の産地同定に関しても、その応用研究が開始された。

今村峯雄等は、九州、南西諸島の縄文前期土器について、これに含まれるベリリウム同位体及び、鉛同位体の組成比を測定し、引き続き坂本等は、同様の土器についてアルカリ長石を抽出し、これに含まれる鉛の同位体組成を測定した。

三十年以上の歴史を持ち、膨大な土器試料を分析した元素分析や鉱物分析に比べると、同位体組成による研究はまだ分析例が少なく評価は困難であるので、ここでは四つの問題点を指摘しておく。

①従来法に対する新規性

新たな分析方法を提唱する場合には、従来から行われている方法で分析した場合とのデータ

の整合性、あるいは差異性を明らかにする必要がある。従来行われていなかった要素に着目して分析を実施することで、新しい分析方法は比較的容易に成立するが、科学技術の数だけ、あるいは元素の数や組合せの数だけ新しい方法を成立させても、意味はない。同一試料を従来法と新しい方法で分析した上で、得られる結果がどのように異なるのかを冷静に評価して、新しい方法を提出する意義を明確化する必要がある(註90)。

②新しい方法の理論的背景

新しい方法を開発し、その新規性が、指標となる元素や鉱物あるいはそれらの組合せによっている場合、新たに採用した指標がどのような原理に基づいている故に有効であるか、といった理論的背景を説明する必要がある。理論的背景に対する考察は、方法の深化に不可欠であり、開発途上の分析手法では、これを欠くことは出来ない。同位体組成に関する研究者は、現在までにこの点については明晰な答えを用意している。

③得られた成果の考古学的意義付け

新しい方法の採用によって従来得られなかった知見が獲得できた場合、それが考古学研究者の現在の課題に対して、どのような関係にあるかについて、換言すれば、新しい方法の採用が考古学にとってどのような意味があるのかについて明らかにすることが必要である。

④試料の起源の明確化

土器類の胎土を分析する場合に、その方法が地球化学的な原理に基づくものであるならば、試料を構成する鉱物の起源について、具体的に明らかにする必要がある。分析対象鉱物が、粘質土起源であるのか混和材起源であるのかを明

確にし、当該鉱物の由来を想定しなければ、分析の有効性に関する理論的な背景が明らかでない。

9.6 当該分野の課題

9.6.1 窯業生産物の産地推定

現在までに実施された「土器類の産地推定」の中で、おそらく三辻が実施したものが総数の95%以上であり、これに井上と松本の分析点数を加算すれば99%以上に達するであろう。この想定値は、分析者の努力とともに、均一化法による分析操作の簡便さをも表している。均一化法の有効性は、窯業生産物にあっては三辻の研究によって実証済みであり、いくつかの問題点も、指標元素の数を増やすことで解決できることが松本の研究で明らかになっている。窯業生産物の分析については、日本考古学の財産である三辻の蓄積を有効に活用するために、原則として三辻の方法を標準として採用し、問題点は、松本の方法を援用して解決すればよい。あるいは、ICPを利用せず、蛍光X線で検出可能な範囲の元素を副次的な指標として追加しても良い。そして、三辻によって蓄積された全データの一元的公開が早急に必要なである。

9.6.2 非窯業生産物の産地推定

これに対して非窯業生産物は、その原料が多様性に富んでいるので、均一化法による元素組成では、広域的に有効な差異化ができないことが研究史的に既に明らかである。非窯業生産物では、

- ①大別と細別について異なった指標を用いる
- ②複数の指標を組み合わせて判定する
- ③膨大な座標空間を持つ指標を利用する

のいずれかを行わなければ、膨大な数が予想される原料や材料に起因した類型を体系的に分類することができない。また、多様性を系統的に理解・整理するためにも、実体が見えやすい化合物（岩石・鉱物）

の形態で指標とすべきであろう。これについて、客観性を担保するためには、多数の類型を定立し、これらに命名を行うと共に、生物の種の分類に利用されているような検索表を整備すべきであろう。客観化できない経験的なあるいは主観的な判断が余りにも多く介入すると、当該分野は学問ではなくなってしまふ。

非窯業生産物の産地推定について、縄文土器で主流となっている土器薄片プレパラート法についても、根本的な見直しが必要である。様々な手法で実施されているが、基本的には、土器胎土中の岩石と表層物質との比較であり、その守備範囲はおよそ其の半分程度から複数県にまたがるような中域を対象としている。そしてこれを実施する研究者が十余名認められるが、その方法には互換性がないので、データの総合化も困難であり、各試料のプレパラート番号や保管場所も報告されることはない。そして、表層物質の代表として、あるいは原料の候補として、当該地域の河川砂や粘質土も同時に分析に供されるが、具体的な原料の可能性を持つ粘質土や河川砂との同一性は深く追求されることなく、最終的には胎土中の岩石について地質図と対照して、在地/非在地、あるいは、在地/搬入を判定している場合が多い。具体的な産地の推定を行わず、相対的かつ曖昧な範疇である、在地/非在地を認定し、在地とした土器は、あたかもその遺跡で作られ、非在地、または搬入とした土器は、他の地域で作られた後に運び込まれたように想定し、これを論拠として縄文社会の動態が論述されはじめている。このような研究の結果、表層地質と縄文時代の人々の活動範囲は直接の関係を持たないであろうから、表層地質の単位にまたがった地域を領域に持つ人々が手にしている土器は、自分たちが作りながらも、搬入品と認定されることになる（註9）。

10 小結

分析機器を利用して、土器類の産地を推定しようとする試み自体は重要なことであるが、分析機械の数だけ、研究者の数だけ、あるいは元素の組み合わせの数だけ産地推定の手法が存在する必要はない。産地推定が成立する原理の基礎的部分は既に地球化学で明らかにされているので、統一的なあるいは変換可能な手法を採用してデータを蓄積すべき時期に来ている。また、土器類の胎土に対する理化学的分析が、文化財の実質的な破壊を伴っていることも、通常の遺物研究との大きな違いである。とはいえ、個々の研究者がおかれている客観的な諸条件の中で、利用可能な方法が著しく限定されていることも事実である。従って、

- ①既存分析データの有効活用と整備
- ②新方法の提示にあつての、簡便性か、新知見が得られる客観的な証明
- ③方法についての原理の明示と適用範囲の定義
- ④分析値の正しい取扱いと客観的なデータ提示
- ⑤分析法への命名と標準的手続きの定義
- ⑥標準的方法と類似した手法を実施する際の、データ互換性の維持

といった点が当面の問題であり、学界全体の課題でもある。また、

- ⑦一定期間経過後の分析値と分析試料の集中的管理

も考慮すべきである。分析値の詳細を公表せずに結論だけが報告書に掲載された場合、個別分析値が永遠に利用できなくなるようでは、学問が成立しなくなってしまう。文化財の写真記録に対する考え方と同様に、分析値やプレパレート自体も文化財であるという認識が必要である。

「土器類の産地推定」に関わる研究者は、自らの営みの中で、科学を担保するための努力を実施すべ

きであり、それが当該分野への参入資格である。研究に関する一定の質を維持するためには、

- ⑧同一分野での複数の研究者の競合
- ⑨自然科学者による適切な批判

も必要である。他者の分析値や分析手法について、積極的に議論をしないのは、当該分野の悪習である。

考古学に関連する様々な研究部門の中でも、当該分野は最も自然科学に近いものの一つである。しかしながら、明らかに原理的問題を含んだ研究が20年以上も営業的に成立し続けていることが学会で問題とならずに放置されたり、自身が提出した過去の膨大な分析データに対する総合化を行わないままで、比較的成功的に見える分析例のみを提示して、方法の正しさを主張したようなレポートが、十分な査読を経ずに学会から公刊され、それに対する反論が提出されないようなことは、健全な学問のあるべき姿ではない。

近年の日本考古学における理化学的技術を利用した研究は、二つの大きな欠点を持っている。一つは、個人的な事情が優先し、学的体系の中でいま何を為すべきかという視点が欠落していることである。もう一つは、科学であるためにどのようにすべきであるかという意識が低いことである。この様な中からは、正しい手続きや再現性のあるデータの蓄積は生まれてこないであろう。

土器の胎土を理化学的に取り扱う研究について、研究全般については、別府大学教授平尾良光氏の指導を受けた。地球化学の問題については、立正大学教授福岡孝昭氏の指導を受けた。岩石鉱物学的問題については、国立科学博物館地学研究室長横山一己氏の指導を受けた。火山灰と土壌の分析方法については、元埼玉県立博物館町田瑞男氏と国立科学博物館重岡昌子氏の指導を受けた。

註釈

- 註1 「土器類の産地推定」は、いわゆる「土器類の胎土分析」の中に包括される一部門である。「土器類の胎土分析」は、土器類の実質（胎土）を対象として、これを理化学的手法で分析し、考古学的に意味がある情報を抽出しようとするものであり、その中の「土器類の産地推定」は、土器が作られた場所や土器の製作に使われた原料の産出場所を推定しようとするものである。「土器類の産地推定」と言われている分野については、少なくとも以下の二種類の試みを含んでいる。即ち、
- ① 窯業生産物の製作地推定 …………… 須恵器など
 - ② 非窯業生産物の原料の産地や、製作された地域の推定 …………… 縄文土器など
- である。従来研究の中で、当該分野の中心となっていた須恵器は窯業生産物であり、窯跡出土の試料を利用することによって、製作地を推定することが可能であった。しかし、近年分析例が急増している縄文土器などの場合には、製作跡の検出は困難であり、製作跡出土の試料を利用した製作地の推定は絶望的なので、その多くは、胎土の理化学分析の結果と、遺跡周辺の地質学的諸条件の同一性を元にして、搬入品の鑑別を試みている。
- 註2 三辻の研究についても、個別的分析値が集約的に公開されていないために、今後、この学問的蓄積をどのように生かすかについての検討が必要である。
- 註3 近年の胎土分析の研究は、三辻以外のほぼ全ての者が縄文土器を取り扱っている。縄文土器研究の現状については、大塚達朗の著作（大塚2000）を参照した。
- 註4 このような流れ図は、縄文土器の研究者が土器のライフサイクルとして図式化して取り上げているものである。
- 註5 型式論的な取り扱いも、製作者個人々の癖を捨象した集約を目的とするものであるから、製作者の鑑別とは論理的な方向性が正反対である。
- 註6 日本の大学教育においては、両者は異なった学識基礎訓練を受けているので、研究の先端に近づくほど両者を兼務することは原則的に不可能となる。
- 註7 産地推定が十分な成果をあげていない原因の一端は、そこにあると考えられる。
- 註8 「土器類の産地推定」にあたって自然科学者に求められるものは、基礎的の化学、鉱物学、地球化学、の三学問分野の知識と、機器分析の技術である。これらが不十分なために、適切な分析が実施できていないと考えられる場合が少なくない。考古学研究者は、これらの概略を理解すべきであるが、全てを兼務することは不可能である。
- 註9 具体的に何を調べるために胎土分析を行っているのか、分析結果をどのように評価するのか、解決されなかった課題に対してどのように取り組むのか、これらの点について胎土分析の報文中で明確に述べられる事は少ない。
- 註10 以下では、土器類の原料として利用可能な、粘性を持った自然に存在する砂礫や粘土鉱物の混合物を「粘質土」と呼び、鉱物としての粘土は、「粘土鉱物」と呼称した。
- 註11 あるいは、砂の代替物として粘質土に比べれば粘性の低い土（例えば表土、ローム、火山灰層）を加える場合もあり、更に、粘質土自体に砂礫が多く含まれている場合や、粘質土自体が砂礫を加えなくても被熱に耐える場合には、砂礫の添加を行わないこともあるといわれている。これらの諸点については、理化学的に明確に検証されているわけではない。
- 註12 この点については、露頭から採取した粘質土を利用して粘土板を作成して焼成してみると、多くの粘質土では砂礫を加えないと破損してしまうという、簡単な焼成実験の結果と、各地で遺跡のまわりから産出する粘質土と土器を比較した場合、土器には天然の粘質土以上に砂礫が多く含まれている場合が多いという観察の累積から、経験的に説明されている。
- 註13 水中で堆積したと考えられている土層も多数存在する。
- 註14 鎌石他2004など
- 註15 更に、原料の粘質土中には砂や礫が含まれており、問題を複雑にしている。
- 註16 もしも胎土から粘質土と砂を分離せずに、あるいは、どちらか一方の分析値をより強く反映する方法を利用せずに分析を行う場合には、分析者は、具体的にどのような物質を分析対象としているのかについて明確にする必要がある。つまり、主原料の粘質土に着目しているのか、補助原料の砂を見ているのか、あるいはその両者の混合物を調べよう

としているのかという点を明らかにしなければ、胎土の成分に有意な差を生じさせた実体に迫ることができないし、それができなければ、その手法の適用範囲を定めることが困難である。例えば三辻は、胎土中の砂は分析値にさほど影響を与えないので、土器製作にどの砂を使っていたとしても、Rb/Sr比はさほど影響を受けず、分析値は原料粘質土の組成を反映している(三辻1983)。一方、井上巖は混和剤としての砂の組成は後背地の影響を大きく受けているので、石英・長石比は製作地判断の指標たり得るとしている(井上1983)。

粘質土起源の物質と混和剤起源の物質を混同した場合の最も大きな問題点を以下に示す。関東地方の粘質土は、ローム起源のものと砕屑物起源のものに大きく二分される。ローム起源の粘質土の本質は火山灰や軽石であるが、火山体由来する類質物や基盤岩石由来する異質物も時として含まれている。砕屑物起源の粘質土の本質は、かつての周辺起源物質である。土器の胎土中から検出した岩片を単純に現行河川砂と比較すると、これら粘質土に含まれている岩石種により、間違った遠方地域の起源を想定する場合がある。現行の土器薄片プレバート法による研究の中にも、このような原因により誤謬を累積している可能性が高いものが見受けられる。

註17 例えば井上は窯業生産物と非窯業生産物の取り扱いについて、前者は比較的高温で焼成されているので鉱物ではなく元素を指標として利用し、後者は前者に比べれば低温で焼成されているので元素ではなく鉱物を指標として利用すべきであるとしており、分析する成分の形態については言及しているものの、窯業生産物と非窯業生産物の産地推定手続きの違いに対する本質的な議論を行わずに、産地推定を試みている。ちなみに、窯業生産物であっても被熱に対して影響が比較的小さい頑強な酸化物は一般的な鉱物中にも存在するし、非窯業生産物であっても粘土鉱物などは被熱に対して著しく脆弱である。

註18 この点については三辻の二連の研究により、1980年代に概略が明らかにされた。

註19 窯業生産物であっても、非窯業生産物的な産地推定方法は可能である。その典型的な例は、予め生産路が見つかっていない窯業生産物についての産地推定の場合である。また窯業生産物的な分析方法をとった場合、方法上の理由から窯跡出土の資料と消費地である各遺跡出土の資料は、分析の操作上は等価ではなくなる。従って分析を進める過程で、未知資料の分析値によって、母集団の範囲を変更するとは原則としてない。

註20 例えば松田光太郎のように、分類結果を類型化せずに、遺物について個別に判断する様な研究もある。このような個別判断的な手法は、解釈の自由度が広がる危険性を孕んでいる。

註21 したがって、基準となる類型は絶えず相対的であり、比較対照の元となる母集団と未知資料は等価であり、未知資料の分析により母集団の範囲の変更があり得る。なお、非窯業生産物でも窯業生産物の製作地と同様に、実際に土器を製作した場所の情報が必要である。しかし、窯業生産物ほど限定はできないので、後述するように製作地域という概念で括った。なお、製作跡出土の資料が母集団として利用可能な窯業生産物と、成分の同一性から母集団を定立する非窯業生産物では、同じ産地推定とは言っても、論理は大きく異なっている。

註22 これについては、研究者の努力によって解決できない問題が大部分を占める事ではあるが、少なくとも自覚的に分析が行われている必要がある。

註23 なお、ここで注意しておきたいのは、土器類が製作されて以降今日に至るまでに胎土に起きた変化である。この変化の要因は主として二つあり、一つは、使用に伴うものであり、もう一つは、風化によるものである。特に全岩分析的な手法で土器片の化学組成を算出する場合には、同一の素土から作成された土器について、風化の違いから複数の類型に分離されてしまう危険性が考えられる。

註24 本来は、土器類の胎土の特徴を考えた上で、どのような方法で分析するべきかを決定し、研究の進展に伴い、より適した分析方法を採用するようにならなければならないが、一般的には、分析者の手持ちの機械や、分析者の手慣れた方法で分析し続ける事が多いようである。この選択が必ずしも土器胎土の分析にふさわしいという保障はない。

註25 ただし、非常に集約的に生産され、かつ生産拠点がどうしが相当に離れている場合には、十分に有効である。この典型的な例は、三辻による一連の須器研究である。なお、全体法とは言っても、視覚的に異質に見える一定以上の粒径の岩石粒子については、三辻のように試料の調整時に除外している場合があるので、注意が必要である。

註26 篩い分けによる分離や、アイソダイナミックセパレータによる分離、重液による分離などがある。

註27 均一化法は、その方法自体の特性によって今後は、①分析精度の向上、②分析対象元素や対象化合物の増加、③比較

する元素や化合物の新しい組合せの発見、④特定鉱物の抽出、⑤分析対象試料の数量的増加、のいずれかの方向に進展すると予測できるものの、成分を均一化するという手法上の特徴から、産業生産物以外では三辻を超えるような本質的な成果は期待できない。

- 註28 このような方法の欠点は、定性的ではあっても定量的ではない点、1点のプレパラートによって調べられるのは、僅か2平方センチメートルの面積であり、全体を推し量るには余りにも小さすぎる点などである。定量的ではない点から、特定の岩石や鉱物粒子の有無について調べ、搬入品の判定に利用されていた。
- 註29 粒子成分法は、その情報量の豊富さと、混合物が識別できる点により、現在考え得る方法の中では、原料の産地まで到達できる理論的可能性を持った唯一の方法である。
- 註30 X線回折は検出感度が低く、5%以上の存在量の物質でなければ検出できないと言われており、様々な制約から定量も極めて困難である。
- 註31 現在までのところ、中井俊一、坂本敏、西谷大、斎藤努などの国立歴史民俗博物館の関係者によって散発的に実施された報告を見る限り、実用性が明確になっていない。
- 註32 表計算が手軽に利用できる今日の状況の中では、測定値が入力されているならば、この組合せから様々な指標を作成して試行錯誤する事は比較的天やすい。しかし、様々な要素を無秩序に組み合わせる結果、たまたま分析対象を都合良く差異化できるような要素の組合せを見出したとしても、原理的考察を行わずにこれを指標として用いることは、慎むべきである。産地推定に用いる指標である以上、今現在の試料が差異化できるだけでなく、次の測定対象もまた同様に差異化できなければ、有効であるとは言えない。原理的な説明が行われている場合には、未知試料が差異化できなかった場合、原理について再考察を行うことにより、方法を深化させる契機とする事が可能である。
- なお、単一の方法で全てを推し量るという無謀な方法論を主張しているわけではない。方法には、当然の事ながら有効な適用範囲がある。ここでは、全ての未知試料が差異化出来る必要を説いているわけではない。全体を取り扱う場合には、大まかな傾向が表せればよい場合もあり、細部を取り扱う場合には、予め他の方法で切り取られた一群の試料のみが差異化できれば良い場合もある。また、目的によっては、詳細な差異化が必要ない場合もある。
- 註33 厳密に表現すれば、Ca、Na、Kはメルトに含まれる主要成分であり、これらの元素が長石の陽イオンサイトに最適な元素ではない。この点は、長石に関する小沼ダイアグラムを参照のこと。また、この意味で、主成分元素を置換する微量元素と言う表現は適切さを欠くが、便宜上この様に表現した。
- 註34 本来は一点に収斂する要素が、様々な傾差によって分散した場合は、グラフ上の打点は円形に分散する事が多く、相互補完的な二つの要素をそれぞれの軸に表現した場合には、左上がりの長楕円形に分散する事が多く、調和的に競合する二つの要素をそれぞれの軸に表現した場合には、右上がりの長楕円形に分散する事が多い。
- 註35 例えば井上は感覚的処理法を多用している。井上が発表した各種の図表について検討するならば、多くの場合には類型化にあたっての客観性が欠落していることが理解できる。
- 註36 粒子形状組成が単独で用いられた場合、ここで取り上げている理化学的分析の範疇に入れるべきか疑問であるが、通常は上記三者と組み合わせて利用されている。
- 註37 有無や、 $a > b$ でもよい。しかし、慣用的な表現を用いて記載された色調などのような主観的な値は、分析結果としてはふさわしくない。
- 註38 厳密に言えば成分に関する母集団は、非産業生産物同様に材料に関する母集団と原料に関する母集団が考えられるので、三種類の母集団ができる。
- 註39 地質学的諸条件と考古学的類型の間に、一対一の対応関係が存在するとは考え難いので、同一の地質学的諸条件の中に、複数の考古学的な類型が存在している可能性があり、又は、複数の地質学的諸条件の中に、同一の考古学的な類型が存在している可能性もある。更に流通などの土器類の移動が原因となって、考古学的類型から得られた成分と、その類型が存在している地域の地質学的諸条件との不一致も十分に考えられることである。また、地質学的諸条件が一定の範囲は、通常は比較的広い範囲として示されるが、土器類の製作地域については、多くの場合には、より限定された小さな範囲を指定することが実用的である。

- 註40 ただし、石器の場合には、その表面に風化面が形成されていることが多く、これが分析の障害となっている。又、原料となった岩石が一次的に産出した「原産地」と、原産地から自然営力によって運搬され、二次的に分布している沢や河川などの「産地」がある。
- 註41 例えばある須恵器についての、窯跡群、窯跡支群、特定の窯、特定の焼成面、灰原などが全て「製作地」に該当する。「製作地」は理論的には、「成形地」「焼成地」「施釉地」「集積地」等に細分可能である。
- 註42 例えば、縄文土器や土師器は非商業生産物なので、「原料産地」が設定できる事となるが、「原料産地」は商業生産物の「製作地」と異なり、実際に土器が製作された場所ではない。したがって、これらの非商業生産物についても、実際に製作された場所を指し示す概念が必要であり、そのために「製作地域」を定義した。
- 註43 近年はFP法を利用して半定量値が手軽に得られるようになったが、FP法で得られた値をそのまま利用することは、慎まなければならない。また、バックグラウンドを正しく差し引く事も必要である。
- 註44 無機的な命名が必要な理由は以下のとおりである。第一の理由は、あくまでも限定された条件の中で定義した範囲なので、その範囲が必ずしも対象物を真にとらえているとは限らないという点である。第二の理由は、考古学的に違う産地に位置づけられる未知の試料が、同一の範囲に分布する可能性があるという点である。第三の理由は、研究者によってある考古学的単位（例えば〇〇窯跡）を指し示す定義の範囲が異なった場合、直接的な命名を行うと記述上の煩雑さと混乱が生じるという点である。
- 註45 ここで定義する「原料推定」は、土器の胎土中から検出した地球化学的物質と、自然界の地球化学的物質の分析値が一致することを意味している。従って、プレバート中から花崗岩が検出でき、遺跡周辺に花崗岩が分布しているとしても、それは「原料想定」であって、「原料推定」ではない。「原料推定」とするためには、化学成分の分析が必須である。
- 註46 未知試料はそれ自身が産地推定されるものではなく、成分的に他と差異化され、各々が産地推定されている母集団に対して帰属が判定され、母集団を介して産地推定することが理想的である。
- 学問は、個別具体的な事象からはじまり、これを抽象化、概念化する不断の過程である。それ故に、個別の判断を累積させる事に終始しているならば、それは、学問的に適切な方法であるとは言えない。
- 註47 三辻氏の指摘を受けた。
- 註48 器種毎に砂の配合量を変更した可能性は高く、複数種類の材料を毎回同一の割合で混合することもありうる。
- 註49 よく言及されるのが、模倣坯の底面にみられる墨流し状の模様である。これは風化した模倣坯の底面外部にしばしば認められ、複数種類粘質土の不十分な混合に起因すると解釈されてきた。これについては、還元状態におかれていた粘質土塊の表面のみが酸化を受けた後に、不十分な混ぜ合わせのままで、使用した痕跡とする考え方もある。可能性としては異なった複数の粘質土を混合して使用することは十分に想定可能である。しかし、単体では土器作りに適さないが、混合する事によってこの性質が改善される様な粘質土の組み合わせの存在とその機構について、具体的に検証されているわけではない。
- 註50 砂の採集地点については、未だ明確に出来ない。当時の地表面が現在以上に草木に覆われていることを考えると、まず第一に河川（ごく小さいものも含む）の砂が考えられる。大量の土器を製作するために多くの砂が必要であれば河川からの採取が最も容易である。しかし、少量の生産であれば河川まで行かなくても、雨上がりに集落のまわりで、水の流れた跡に表土から洗い出された鉱物を見出すことができるはずであり、これを採取すれば十分である。
- 註51 例えば、持ち運びが比較的簡単な小型軽量の器種は、特定の場所で作られて広範囲に移動し、持ち運びが不便な大型の器種は消費地に近い小さな単位で作られている可能性が想定できる。また、消費が激しく大量に供給することが必要な器種は自家生産し、消費が少ない器種は集約的に生産された可能性も考えられるし、逆に、大量に供給する必要がある器種は製作に特化した特定の集団が作成し、消費が少ない器種は自家生産した可能性も想定できる。
- 註52 井上は、粘土鉱物も指標の一つとして利用している。しかしながら胎土分析は原料の選択に関わる部分を分析対象とすべきであり、焼成時の技術や偶然性等によって増減する成分については、別途検討すべきである。
- 註53 元素分析では、問題が生じる可能性が高い。鉱物分析は、元素分析に比べて著しく感度が低いので、極端な場合以外には、これらによって影響が与えることは少ない。

註54 「土器類胎土の産地推定」に関する研究史的記載については、現在までに主要なものが三点ある。一つは、1984年に千葉県文化財センターの「研究紀要」8として公表された「土器胎土分析の基礎的研究」である。同書には、1983年までの当該分野の研究が網羅的に掲載されているので、辞書的に使用することができる。二点目は1999年に雑誌「縄文時代」10に掲載された、松田光太郎と建石徹による「関連科学研究 胎土分析」である。これは、「縄文時代文化研究の100年」という特集の中で、当該分野の研究を光学顕微鏡観察によるものと機器分析によるものに二大別し、研究史の概観と個別研究者毎の研究内容を概説したものである。前者と同様に、近年の状況について、辞書的に利用可能である。

以上の二編は、いずれも網羅的なものであるが、そもそも「土器類胎土の産地推定」とはどのような行為であるか、といった問題や、「土器類胎土の産地推定」で言うところの産地とはどのように定義されているものであるか、といった基礎的な問題については殆ど無前提に進められている。これに対して、水沢教子が1992年雑誌「信濃」44-4に発表した「縄文社会復元の手続きとしての胎土分析」はやや分析的である。

註55 研究史の記載にあたっては、網羅的な方法と主題的な方法がある。胎土分析は学際的な研究であり、研究史を記載し大局的な方向性を検討する場合には、個別事項を網羅的に羅列して細部を検証することよりも、むしろ各時期の研究の中で後の研究に影響を与える契機となったものや、各時期の特徴を見出すことの方に積極的な意味がある。今回は、当該研究が研究史上で後年の研究に与えた影響と、その研究が出現した背景を重視し、後者の方法を採用した。

註56 1967年に京都大学原子炉実験所で行われた、考古学への自然科学的方法の利用についての研究会を契機として、有光教一の示唆に基づき、東村武信らにより刊行が開始された。

註57 三辻の一連の研究も、陶器窯の調査を手がけていた中村浩との関係に基づいたものであった（三辻1983）。

註58 現在の分析機器はかなり洗練されたものであり、他分野の研究者が原理を理解せずに操作しても、内容はともかくとして数値を求める事は出来る。しかし、当時の分析機器は現在のそれとは異なり、素人が扱えるようなものではなかった。

註59 自然科学者の中に文化財科学分析の専門家が多数出現し始めた時期である。自然科学者の参入は様々な要因が考えられるが、学際的な研究のおもしろさや、未開拓の研究領域であり業績化しやすいと言う事、更には行政主体の考古学であるが故の研究資源の問題もあげることが出来る。また、もう一つの理由として分析化学の特質をあげることができる。分析化学は科学の中でも方法的な側面が強く、物質的な物は全てその対象として包括可能である。そこで、1960年代までは主として地球化学が、1970年代には宇宙の問題が、そしてその後文化財、半導体、環境問題がその対象として順次集中的に取り上げられることとなった。

註60 数値データ化以前のプロセスが検証不可能であったり、原理的な問題点が欠落していたり、精度が適正でないなど、様々な問題を含んだ研究が散見される。

註61 一分野の研究に多数の研究室が並行して参加すれば、経営資源の分散をまねき開発効率を著しく低下させるという弊害はある。しかし、開発段階で高価な分析機器を所有する必要はなく、また、保存処理技術の開発を除けば、開発にかかる時間を問題視するよりもむしろ拙速な研究を避け、十分な時間をかけて方法的な完成度を高める事のほうが、総合的な学問的利益は大きい。

註62 80年代前半では、8bit CPUで1bytの文字列しか扱えなかったものが、80年代半ばには、16bitのCPUで2bytの漢字表記が可能となった。その結果、文章作成機能と表計算機能が実用的となり、又、処理速度の向上は、装置の複雑な制御や各種科学計算を可能とし、実時間で分析結果の解析が実用化され、多方面で活躍しはじめた。ただし、この時期のパソコンは未だ文字操作的であり、画像処理を行うにはその能力が不十分であった。90年代後半に至り、画像処理が可能で、かつ高度な科学計算にも利用できる高性能パソコンの本格的な普及が始まった。分析機器のコンピュータ制御が洗練されたものとなり、各種の応用ソフトにより高度な演算や複雑な画像処理が手軽に実現できた。これによって、複雑な科学計算が原理の理解抜きに可能となった。

註63 中井1992など

註64 第五期に関しては、筆者自身がおかれている環境であるために、必ずしも客観的な記述が可能ではない。

註65 近年の胎土分析に関する個別研究の詳細は、9章に記載した。

- 註66 縄文土器研究では、70年代末の高度成長に伴う膨大な資料の蓄積や、90年代末の既存の編年体系の見直しと精緻化など、土器の型式論的研究が著しく進められた時期があり、これと呼応する形で自然科学的研究も急激に進められる傾向がある。著しく進められた土器研究の新しい成果に対する自然科学裏付けの必要性和、土器研究の新しい成果に対応する部分の自然科学的情報の空白充填という二つの要因がこの様な現象をもたらすと考えられる。
- 註67 例えば、松田が神奈川考古学財団の報告書の中で実施している分析を見れば、このような問題点が理解できる。
- 註68 従来、縄文土器研究者を中心として地道に続けられた「考古学研究者による胎土岩石研究」は、今後、新しく登場した「考古学研究者による機器分析」にうつり替わって行く可能性が高い。パーソナルコンピュータで制御できる分析機器の操作は、偏光顕微鏡による岩石鉱物の同定よりも容易な側面がある。もちろん、誤差を減らし、最適な分析を行う事は容易ではない。
- 註69 この様な研究者の特徴は、分析を行い、分析値を操作して何か有意な知見が得られれば良いといったような姿勢に基づいていることである。それらは研究史の中に自己の研究を位置づけることを省略し、また、「土器類胎土の産地推定」という営みが学問的にどのようなものであるかといった基礎的考察の欠落など、いわば学問的な正規の構えが大きく欠如している。「土器類胎土の産地推定」はたしかにそれ自身が最終的な目的ではなく、考古学に関連した一つの方法・手段である。その意味では、「胎土分析学」は成立しないかもしれないが、「胎土分析論」としての膨大な研究史と学的蓄積の背景の元で研究を行うことの意味を十分に理解すべきである。
- 管理者がいない中で、「考古学研究者による機器分析」という玉石混淆の種をどのように育てるか、今後の考古学が抱える大きな問題である。
- 註70 行政考古学が退潮期にある一方で、考古学分野を業務範囲とする営利法人が急速にその占有率を拡大しているが、長期にわたって基礎的研究を継続する理念を持った営利法人が経済原理の中で存続可能であるか、見通しは決して明るくない。三十年間の歳月と、膨大な経営的資源を投入した結果、確実に成果を上げることが可能となったこれらの研究について、学界の財産と位置づけてこれを継承して行く事を考えなければならない。ただ、脚光を浴びた一部の研究では後継者の確保が行われつつあるようである。
- 註71 1972年に初めて出されたレポートの中で、既に、放射化分析によって元素組成を調べた結果、同じ窯址から出土する須恵器の元素組成は概ね似ており、異なった窯址出土の須恵器とは区別できた事が記載され、更に、外観の色やX線回折のパターンが異なっているにもかかわらず、同じ窯址から出土するものは、元素組成が似ており、外見や化合物組成の違いは、同じ窯の中での焼成温度の違いに起因するとしている。
- 註72 1972年に東京国立文化財研究所の江本義理は、蛍光X線による古瀬戸の真贋鑑定を目的として、釉薬についてSr/Rbという指標を使用している。
- 註73 当初は、エネルギー分散型を使用していたが、途中から分解能の高い波長分散型の装置を利用している。三辻は、試料として微粉本試料を強化ビニル製リングに充填し、加圧成形したペレットを使用しているのので、試料表面の平面性の要求が厳しい波長分散型の装置が活用可能である。
- 註74 ただし、装置が安定しているときには毎回JG-1を計測しているわけではない。
- 註75 窯跡毎の母集団の詳細なデータベースが公開されれば、汎日本的に同時作業が可能となり、各試料と同時に測定されたJG-1の分析値を、試料と対応する形で公表すれば、蛍光X線分析装置を所持する各研究機関で協同作業を進めることが可能になる。各試料の分析者の名前を明記した形で須恵器の膨大なデータベースを構築することが日本の規模で必要である。膨大な試料が既に分析され、一定の有効性が明らかになっている以上、「三辻ラボラリー」を作成して、データの保管と提供、そして分析を継続して行く事が必要である。
- 註76 松本は、2005年6月11日に埼玉文学館で行われた土曜考古学研究会6月例会の席上で、化学成分に基づく縄文土器の産地推定は、土器と粘土層との対比という形で可能であるとの見解を示した。
- 註77 同上研究会の席上で、参加者の中から同様の指摘が為されたが、それに対して松本は、 $[K/(K+Na+Ca)]$ 対 $[Ca/(K+Na+Ca)]$ でグラフを作成すると、 $[K/(Na+Ca)]$ 、 $[Ca/(Na+K)]$ でグラフを作成したときに比べて分離が明瞭ではなくなるとした。
- 註78 F. W. Clarke 『The Data of Geochemistry』(1924)

- 註79 これ以外にも、有効数字の問題も重要である。ICPの分析値は直線性が良くppbまで測定可能であるとし、主成分元素については、4桁から6桁で表示し、主たる指標についても、3桁から4桁で表示が為されている。ここで正しく理解しなければならぬことは、研究上で必要な値は、偶然に選ばれた小破片の組成値ではなく、土器を代表する値であるという点である。松本が示している数値は、分析に使用した特定の土器片固有の組成値としては正しいかもしれないが、土器を代表するものではない。つまり、一つの土器片を二分割して分析すれば、ある一定程度以下の数値は不定となり、分析機械の精度とは無関係に有効な分析値の下限が決まってしまう。同一個体の土器から数個の試料をとり、分析をしてみれば、数値の値が完全に一致する桁が有効な数値の下限であり、これは分析機械の分解能とは無関係な手法上の制約である。有効でない桁で数値を公表することは、自然科学に疎い考古学研究者に高精度の分析である事を印象づける以外に、積極的な意味は乏しい。
- 註80 同じく土曜考古学研究会6月例会の席上で笹森健一による指摘があった。
- 註81 グラフ上の打点群に対して、曲線で囲んで類型化をしているが客観性に乏しいので、井上自身でさえも再現できない可能性が高い。
- 註82 井上のレポート中には、標準試料を用いて校正をしているという記述が見あたらない。また、同一試料を複数回測定して、得られた数値が良好なまとまりを示すという検証も行われている形跡がない。分析の再現性については、EDSによるX線照射径の大きさ、試料の表面状態、照射位置の作為性、標準試料を使用した校正などの点について、説明が必要である。
- 註83 井上は、今日までに埼玉県内の土器について、膨大な量の分析を行っている。母集団を抽出するための数は十分に満たしているが、遺跡毎の個別分析に止まり、あるいは時として数遺跡間の比較に止まり、総合化は為されていない。類型化を行った上で母集団を定義し、更に同定を行うという作業が成立しなければ、産地を明らかにする目的で行った胎土分析の意味はない。
- 註84 上條1983による。
- 註85 例えば、土器から取り出した極細砂にカンラン石が殆ど含まれていないことから、粘質土の起源について、立川ロームや武蔵野ロームではなく、下末吉ロームや多摩ローム起源であるとした。
- 註86 土器胎土中の鉱物を厳密に定量し、比較することはかなり困難なことであった。
- 註87 これ以外にも、偏光顕微鏡による研究の問題として、微細な鉱物が同定できないという点が松本によって指摘されている。
- 註88 学問の方向性は、個別具体的事象から総合抽象化へ向かう道筋である。そして、冒頭で大塚の議論を引用したように、考古学的な研究の中では、遺物に対して一定の範囲を設定して、類型化して取り扱うか、さもなくば、個別に取り扱う事となり、操作し設定した範囲であっても、その範囲で操作を行う限り、分析の精度や対象に対する認識の仕方は、その範囲の枠組みに依存してしまう。あらためてこの様に考えたとき、胎土分析の結果として、胎土の類型以上に「在地/搬入」の判定を強調してしまうことは、歴史的な実体に迫る魅力を感じさせはするものの、思い違いと背中合わせという、きわどい位置を選択することとなる。
- 註89 井上の測定方法が有効であることを示すためには、各種鉱物の標準試料を様々な割合で混合した試験試料を作成し、井上自身が20年間以上にわたって実施してきた方法と同一条件で分析し、検出限界、再現性、鉱物の同定根拠、計量方法の的確さを証明する必要がある。これらについての明確な証明が得られなければ、井上のデータを学問的に採用する事はできない。
- 註90 新しい方法を提示することに意味があるのではなく、新しい方法によって、考古学の研究が進歩することに意味がある。
- 註91 一遺跡の中で胎土の類型を抽出し、表層地質と比較して「在地」/「搬入」を識別する事が一般化しているが、その一方で、原料の具体的想定と理化学的照合を行わず、個別分析例の類型化に対しても前向きには取り組んでいない。「在地」/「搬入」を判断する前に、原料の具体的想定や、明確な類型化が必要であると共に、胎土の諸類型がどのように分布しているのかについても、十分な検討が必要であり、更に、その分布が通時的にどのように変遷するのかについても、調査する必要がある。

引用・参考文献

- 田窪 宏 1969 「近畿地方より出土した土器の物理的・化学的諸性質」『考古学と自然科学』2
- 市川米太 1971 「X線回折による産地推定について」『考古学と自然科学』4
- 鈴木朝宏 1971 「縄文土器の製作について」『物質文化』17
- 三辻利一 1972 「土器の放射化分析」『考古学と自然科学』5
- 江本義理 1972 「考古遺物のX線分析」『考古学と自然科学』5
- 沢田正昭 1972 「古代手工業製品の生産地決定」『考古学と自然科学』5
- 清水芳裕 1973 「縄文時代の集居領域について」『考古学研究』19-4
- 三辻利一他 1973 「大阪南部竊跡群出土の須恵器の放射化分析-I」『考古学と自然科学』6
- 大沢真澄 1973 「考古学と化学の接点」『考古学と自然科学』6
- 三辻利一 1976 「古窯跡出土須恵器の放射化分析」『陶邑Ⅰ』
「X線回折法による大阪陶邑窯跡出土須恵器の研究」『陶邑Ⅰ』
「ケイ光X線分析法による大阪陶邑窯跡出土須恵器の研究」『陶邑Ⅰ』
- 清水芳裕 1977 「岩石学的方法による土器の産地同定—伊豆諸島の縄文・弥生土器—」『考古学と自然科学』10
- 佐原 真他 1979 「東山遺跡」大阪府教育委員会
- 三辻利一 1980 「胎土分析による土器の産地推定；蛍光X線法」『自然科学の手法による遺跡・古文化財の研究』文部省特定研究「古文化財」総括班編
- 今村啓爾 1980 「伊豆七島の縄文文化」武蔵野美術大学考古学研究会
- 古城 泰 1981 「No6 遺跡出土土器の岩石学的分析」『木の根』1981 千葉県文化財センター
- 富沢 威他 1982 「中性子放射化分析による加曾利遺跡出土の縄文土器の多元素同時定量」『古文化財の科学』27 古文化財科学研究会
- 三辻利一 1983 『古代土器の産地推定法』ニューサイエンス社
- 井上 巖 1983 「天神林・高野谷戸遺跡出土土物の化学的検討」『天神林・高野谷』埼玉県埋蔵文化財調査事業団報告書 22 埼玉県埋蔵文化財調査事業団
- 井上 巖 1983 「ささら・馬込新原敷・馬込大原遺跡の土師器X線回折分析・電子顕微鏡観察」『国道122号バイパス関係埋蔵文化財発掘調査報告Ⅰ』埼玉県埋蔵文化財調査事業団報告書 24 埼玉県埋蔵文化財調査事業団
- 大沢真澄他 1983 「胎土の組成と焼成温度」『縄文文化の研究』5 雄山閣
- 上條朝宏 1983 「胎土分析Ⅰ」『縄文文化の研究』5 雄山閣
- 清水芳裕 1983 「胎土分析Ⅱ」『縄文文化の研究』5 雄山閣
- 馬淵久夫他 1984 「ストロンチウム同位体比の土器・瓦の産地推定への応用」『古文化財の科学』29 古文化財科学研究会
- 西田泰民 1984 「精製土器と粗製土器」『東京大学文学部考古学研究室研究紀要』3 東京大学文学部考古学研究室
- 河西 学他 1989 「ハッ岳南麓地域とその周辺地域の縄文時代中期末土器群の胎土分析」『帝京大学山梨文化財研究所研究報告』1 帝京大学山梨文化財研究所
- 井上 巖 1989 「御伊勢原・上組Ⅱ遺跡出土土器の胎土分析」『御伊勢原』埼玉県埋蔵文化財調査事業団報告書 79 埼玉県埋蔵文化財調査事業団
- 井上 巖 1990 「胎土分析結果報告書」『広面遺跡』埼玉県埋蔵文化財調査事業団報告書 89 埼玉県埋蔵文化財調査事業団
- 上條朝宏他 1992 「縄文土器の胎土分析—常総粘七層と土器の胎土分析について—」『国立歴史民俗博物館研究報告』38 国立歴史民俗博物館
- 上條朝宏他 1992 「多摩ニュータウンNo.248 遺跡の粘土探掘坑の層位について」『研究論集』Ⅵ 東京都埋文センター
- 鈴木 稔 1992 「土器胎土被破壊分析法の基礎的研究」『国立歴史民俗博物館研究報告』38 国立歴史民俗博物館
- 中井 泉他 1992 「シンクロトン放射光蛍光X線分析法による歴史資料の分析」『国立歴史民俗博物館研究報告』38 国立歴史民俗博物館

- 木沢教子 1992 「縄文社会復元の手続きとしての胎土分析」『信濃』44-4 信濃史学会
- 河西 学 1992 「岩石鉱物組成からみた縄文土器の産地推定」『帝京大学山梨文化財研究所研究報告』4 帝京大学山梨文化財研究所
- 西田泰民 1992 「縄文土器の理化学的分析」『貝塚博物館紀要』19 千葉市加曾利貝塚博物館
- 三辻利一 1993 「蛍光X線分析法」『第四紀試料分析法』2 東京大学出版会
- 吉田 学 1994 「自然科学的手法による縄文土器の構造と製作技法に関する研究」東京学芸大学大学院提出修士論文『土曜考古』20号に再録
- 三辻利一 1995 「土器の産地推定」『新しい研究法は考古学になにをもたらしただか? クバプロ
- 井上 巖 1996 「森坂北・森坂遺跡出土土器の胎土分析」『八木上/八木/八木前/上広瀬北/森坂北/森坂』埴埴文165集 埼玉原埋蔵文化財調査事業団
- 建石 徹 1996 「縄文時代中期における土器の移動に関する基礎的研究」『土曜考古』20
- 井上 巖 1997 「胎土分析法と分析例—大阪府下の埴輪遺跡出土埴輪の産地同定」『日本考古学』4 日本考古学協会
- 三辻利一 1998 「元素分析による古代土器の胎土研究」『人類史研究』10 人類史研究会
- 今村肇雄他 1999 「ベリリウム・鉛同位体による南西諸島出土縄文前期土器の産地と流通の研究」『国立歴史民俗博物館研究報告』第77集 国立歴史民俗博物館
- 松田光太郎他 1999 「関連科学研究 胎土分析」『縄文時代』10 縄文時代文化研究会
- 河西 学 1999 「土器産地推定における在り地」『帝京大学山梨文化財研究所研究報告』9 帝京大学山梨文化財研究所
- 大塚達朗 2000 「縄紋土器研究の新展開」同成社
- 建石 徹 2001 「中時遺跡(第4次調査)出土縄文土器の胎土分析」『下総考古学』16 下総考古学研究会
- 坂本松他 2001 「アルカリ長石抽出—鉛同位体比法による縄文土器のグループング」『国立歴史民俗博物館研究報告』86 国立歴史民俗博物館
- 三辻利一 2001 「蛍光X線分析法(須恵器・瓦・埴輪)」『季刊考古学』77 雄山閣
- 三辻利一 2001 「古代土器の蛍光X線分析によって何がわかるか?」『考古学ジャーナル』471 ニューサイエンス
- 松本建速 2002 「誘導結合プラズマ発光分光分析(ICP-AES)による東北北部古代土器の胎土分析」『第四紀研究』42-1
- 三辻利一 2002 「須恵器産地推定法の背景」『志学台考古』2 大谷女子大学文化財学科
- 建石 徹 2002 「縄文土器のライフサイクル」『土器から探る縄文社会』2002年度研究会資料集 山梨県考古学会
- 松本建速 2003 「東北西部産須恵器の胎土分析」『考古学研究』50-3
- 建石 徹 2004 「縄文時代における粘土の選択性」『国立歴史民俗博物館研究報告』120 国立歴史民俗博物館
- 清水芳裕 2004 「縄文土器の泥和材」『国立歴史民俗博物館研究報告』120 国立歴史民俗博物館
- 水沢教子 2004 「岩石・鉱物からみた素地土器集領域」『国立歴史民俗博物館研究報告』120 国立歴史民俗博物館
- 松田光太郎 2004 「山ノ神遺跡の縄文土器の胎土分析」『山ノ神遺跡・鹿見塚遺跡』かながわ考古学財団報告書171 かながわ考古学財団
-
- 黒田吉益他 1968 『偏光顕微鏡と岩石鉱物』共立出版
- メイスン 1970 『一般地球化学』松井義人他訳 岩波書店 (原著1966)
- 都城秋徳 1972 『岩石学』I 共立全書189
- 松井義人他 1979 『岩波講座地球科学』4 岩波書店
- 小沼直樹 1987 『宇宙化学・地球化学に魅せられて』サイエンスハウス
- 松尾禎士他 1989 『地球化学』講談社
- 町田 洋他 1992 『火山灰アトラス』東京大学出版会
- 野津憲治他 2003 『マントル・地核の地球化学』培風館

研究紀要 第20号

2005

平成17年7月22日 印刷

平成17年7月29日 発行

発行 財団法人 埼玉県埋蔵文化財調査事業団

〒369-0108 大里郡大里町船木台4-4-1

電話 0493-39-3955

<http://www.saimaibun.or.jp>

印刷 株式会社太陽美術