

# 陸前出土土師器、および須恵系土器のケイ光X線分析 (I)

三 辻 利 一 ， 赤 阪 賀 世 子 ， 小 池 進  
工 藤 雅 樹<sup>\*</sup> ， 渡 辺 泰 伸<sup>\*\*</sup>

## 1 序

土師器は弥生式土器から発展して来た赤色、素焼きの土器である。5世紀に朝鮮から、須恵器焼成の新技术が導入されてのちも、土師器は、須恵器とともに広く使用された。前者は、主として、釜、甗などのように、食物を煮るための道具として使用され、後者は、堅固であるため、壺、瓶のように、食物を盛ったり、保存したりする道具として使用された。

これら2種の土器は、焼成技術の点で、著しく相異なる。須恵器は、1200度（摂氏）もの高温で焼成された。高温を得るためには、熱の逸散を防ぐことが必要であり、そのため、密封された窯を作る必要があった。通常、須恵器窯は、山や丘陵の斜面にトンネル状に掘った登り窯であった。一方、土師器は、500～700度（摂氏）の比較的低温で焼成された。そのため、窯も熱の逸散に対して、比較的、無神経に作られた。所謂、平窯である。このような焼成技術の相異により、須恵器は高温、還元（脱酸素）状態で焼成されて堅固になり、青灰色の色をもつものが多い。これに対して、土師器は低温、酸化（酸素が十分にある）状態で焼成され、やわらかい、赤色の土器になるものが多い。また、この2種の窯の性質は、その後、これらが、保存される上に、大きく影響した。須恵器の登り窯は、天井が落ちた状態で、全国各地で多数見つけられているのに対して、土師器の平窯は、その遺構が殆んど見つけられていない。

土器類の産地分析を可能にする一つの条件は、窯跡が残っているという点である。窯跡から大量に出土する土器片から、その窯跡で生産された土器の平均元素組成が判るからである。このような観点からみると、土師器の産地分析は、自然科学的手法のみでは、不可能であるということになる。それにもかかわらず、土師器の産地分析を実現しようとすると、何らかの別の条件を求めなければならない。

我々の研究室では、これまで、ケイ光X線法により、須恵器の地域特性を求めて来た。その結果、多くの地域で、その陶土の特質が、ケイ光X線スペクトル上に反映されることがわかった。<sup>1)</sup> こ

---

\* 東北歴史資料館

\*\* 仙台育英高校

の研究の過程で、著者らは、もし、土師器の原材料粘土が、同時代に作られた須恵器のそれと類似しているとすると、須恵器陶土の地域特性が、同じ地域で作られた土師器に反映されているのではないかと考えた。このことを確かめるためには、同一地域で生産されたと考えられる須恵器と土師器のケイ光X線スペクトルを測定し、比較すればよい。

以上の観点から、今回は、多賀城趾を中心とした50Km平方の地域内にある、日ノ出山1号窯、8号窯、仙台市富沢字金山窯出土の須恵器、日ノ出瓦、木戸瓦、および、多賀城趾内の今村宅から集中的に出土した土師器、須恵系土器のケイ光X線スペクトルを測定し、その相互の類似性を検討した。

## 2 実験方法

土師器、須恵系土器、須恵器、瓦試料はタングステンカーバイド製乳鉢で十分細かく粉碎してのち、直径2cmの塩化ビニール製リングに入れて、圧縮機で、 $15 \text{ ton/cm}^2$ の圧力で、コイン状にプレスし、全試料の幾何学的測定条件を一定にした。ケイ光X線スペクトルの測定にはKevex—理学電機製のエネルギー分散型ケイ光X線分析装置を使用した。測定したスペクトルを、ただちに、XYレコーダーで、記録すると同時に、8Kの小型計算機で、面積計算などのデーター処理を行った。また、得られたピーク面積は、すべて、標準試料、JG-1により、規格化してある。各ピーク面積の規格化は次式を使用して行った。

$$\bar{X} = \frac{(\text{試料のピーク面積})}{(\text{標準試料 JG-1 のピーク面積})} \times 1.0$$

$\bar{X}$  : 分析元素 X の規格化値

## 3 結果と考察

はじめに、多賀城趾出土の土師器と須恵系土器が同質の粘土で出来ているか、どうかという点を問題にしよう。ここにとりあげた土師器と須恵系土器は、外見上、類似しており、いずれも、多賀城趾内の今村宅から集中して出土したもので、平安末期のもつと推定されている。

まず、ケイ光X線分析データは、土師器については表1に、須恵系土器については表2に示されている。この分析結果に基づいて、各元素の含有量を比較した。 $\bar{S}_i$  の分布は図1に示されている。須恵系土器に比べて、土師器の方が若干、少ないが、この程度の差異では、 $\bar{S}_i$  量が異なるとは、積極的にいい難い。図2には、 $\bar{K}$  を比較してある。平均値を中心に、左右に標準偏差値 $^{\circ}\sigma$ をつけてあるが、 $^{\circ}\sigma$  を考慮に入れても、土師器と須恵系土器では、 $\bar{K}$  は異なると云える。一方、図3の

$\bar{Ca}$ の分布図からは、 $\bar{Ca}$ は両者が全く同じであることが判る。 $\bar{Si}$ 、 $\bar{K}$ 、 $\bar{Ca}$ のスペクトルは、いずれも、 $T_V$ ターゲットを使用し、真空状態で観測したものである。

次に、 $Mo$ ターゲットを使用した、中重元素の分析データを比較してみよう。図4には、 $\bar{Fe}$ を比較してある。 $\bar{Fe}$ の含有量は、土師器と須恵系土器では明確に相異なることが判る。図5、6の $\bar{Rb}$ 、 $\bar{Sr}$ でも明らかに異なるが、図7の $\bar{Y}$ では、識別は困難である。

以上の結果を総合すると、 $\bar{Si}$ 、 $\bar{Ca}$ 、 $\bar{Y}$ では、土師器と須恵系土器との識別は出来ないが、 $\bar{K}$ 、 $\bar{Rb}$ 、 $\bar{Sr}$ 、 $\bar{Fe}$ では、十分識別が可能である。いかえれば、土師器と須恵系土器では、 $\bar{K}$ 、 $\bar{Rb}$ 、 $\bar{Sr}$ 、 $\bar{Fe}$ の含有量が異なり、その結果、異った陶土を使用していたと断定することが出来る。この点を、もっと明確にするため、 $\bar{K}$ 、 $\bar{Rb}$ 、 $\bar{Sr}$ 、 $\bar{Fe}$ の内から、任意に、2つを選択し、2次元分布を描いた結果を次に示そう。図8には、 $\bar{Rb}-\bar{Sr}$ 分布を、図9には、 $\bar{Sr}-\bar{Fe}$ 分布を、また、図10には、 $\bar{K}-\bar{Rb}$ 分布を示してある。図中で、●印は土師器を、○印は須恵系土器を表わす。また、これらの平均値は、ともに×印で表示されている。いずれの図においても、土師器、須恵系土器は、各々、一つの群をなして分布しており、これらの陶土が異なることを示している。しかし、これら陶土が全く異質かと云うと、図8、9、10の分布図では、土師器と須恵系土器が、各々、一つの集団をなして分布しているとはいえ、飛び離れて分布しているわけではなく、やや、連続して分布しているところから、 $\bar{K}$ 、 $\bar{Rb}$ 、 $\bar{Sr}$ 、 $\bar{Fe}$ でも、ある程度の類似性があるのではないかと思われる。また、他の識別出来ない $\bar{Si}$ 、 $\bar{Ca}$ 、 $\bar{Y}$ も考慮に入れると、これら陶土は、同一陶土でなくても、ある程度類似性のある陶土であると考えの方が妥当である。土師器、須恵系土器の代表的なケイ光X線スペクトルを図11と12に示してある。よく見較べると、同一スペクトルでないことが判るが、 $\bar{K}$ 、 $\bar{Ca}$ 、 $\bar{Rb}$ 、 $\bar{Sr}$ のスペクトルパターンが、よく類似していることも確かである。このことは、他地域の陶土のケイ光X線スペクトルと比較すると、一層よく理解出来る。

上述したように、多賀城趾内の今村宅から出土した土師器と須恵系土器の陶土は、同一物ではないけれども、ある程度類似しているということは、これら陶土に、多賀城周辺の地域特性が反映されているのではないかということを示唆する。もし、そうだとすれば、多賀城周辺の陶土でつくられた須恵器、瓦などにも、この地域特性が表われている筈である。この点を確かめるため、多賀城周辺の窯跡出土須恵器と瓦のケイ光X線分析を試みた。まず、図13に多賀城周辺の地図<sup>2)</sup>を示してある。今回、分析対象となった日ノ山1号窯、8号窯<sup>3)</sup>、仙台市金山窯、木戸窯は、いずれも、時期的には、8世紀前半と考えられる窯で、多賀城を中心として、50km平方の地域内に入っている。なお、多賀城周辺の須恵器窯は、ほとんどが、同時に瓦を焼成しており、日ノ山8号窯だけが、須恵器のみを焼成していたと云われる。

まず、金山窯出土の須恵器片の分析値を表3に、日ノ山1号、8号窯出土の須恵器片の分析値

を、各々、表4、5に示してある。どの分析元素についても、変動係数20%以内で分析値はそろっている。この値は、大阪陶邑の多くの窯で得られた値と一致する。<sup>4)</sup> すなわち、陸前の窯出土の須恵器片についても、産地分析の第2条件が成立するのである。これらの分析値を各元素について一次元分布をとったのが、図1から図7に示されている。この結果をまとめると、日ノ出山1号と8号は、 $\bar{Ca}$ 、 $\bar{Rb}$ 、 $\bar{Sr}$ 、 $\bar{Y}$ で識別でき、金山と日ノ出山1号は、 $\bar{Ca}$ でしか識別出来ない。また、金山と日ノ出山8号は、 $\bar{Rb}$ 、 $\bar{Sr}$ 、 $\bar{Y}$ で識別出来る。つまり、日ノ出山1号、8号、金山窯の須恵器は、各々、異なる陶土を使ってつくられていたことが判る。それにもかかわらず、ケイ光X線スペクトルのK、Ca、Rb、Srに類似性が現われる。図14、15、16に、各々、金山、日ノ出山1号、日ノ出山8号窯出土須恵器の代表的なケイ光X線スペクトルが示されており、K、Ca、Rb、Srに類似性が、よく現われていることが判る。しかし、よく点検すると、必ずしも一致しない。つまり、同一陶土ではないが、類似性があるのである。この類似性こそ、多賀城を中心とした地域の陶土の一つの特性であると考えられる。この類似性を、もう少し明瞭に表現するために、 $\bar{K}/\bar{Ca}$ と $\bar{Rb}/\bar{Sr}$ の分布図を図17と18に描いた。 $\bar{K}/\bar{Ca}$ 分布図では、日ノ出山1号のみは、少し離れて分布したが、他の金山、日ノ出山8号、土師器、須恵系土器はよく一致しており、さらに、 $\bar{Rb}/\bar{Sr}$ 分布図では、相互識別は全く不可能で、非常によく一致していることが判る。ここで、全分析データを $\bar{K}/\bar{Ca}$ — $\bar{Rb}/\bar{Sr}$ の2次元分布図上にプロットしてみた。図19がそれである。ここで、●印は須恵器、○印は須恵系土器、○印は土師器、×印は瓦である。全分析点は、全く識別出来ない状態で、ほぼ、一群となって分布することが判り、ケイ光X線スペクトルの類似性を裏付ける。

以上の結果から、多賀城を中心とした50Km平方の地域から出土する須恵器、須恵系土器、土師器にはケイ光X線スペクトルのK、Ca、Rb、Srに、この地域の特性が現われていると云うことができる。この特性は、当然、木戸瓦、日ノ出瓦にも現われる。木戸瓦、日ノ出瓦の数少ない分析データを表6に示してあり、各元素の1次元分布は、須恵器等とともに、図1から、図7に示されている。これらの図を、一つずつ追跡していくと、瓦の材質も他のものとは、若干、異なることが判る。日ノ出瓦の中に、日ノ出1号窯の須恵器の素材と類似したものが1つあることも判る。同一窯で焼成していた瓦と須恵器の素材が同一であるか、否かは、この数少ない瓦の分析データからは、何とも結論し難い。今後の分析データの発表を持つ以外にない。しかし、瓦にも、多賀城周辺の地域特性が現われていることは、図19からも明らかである。念のため、木戸瓦のケイ光X線スペクトルを図20に示してある。やはり、K、Ca、Rb、Srに類似性が現われている。

ここで、“土師器には、それを焼成した遺構は残っていないので、その産地分析は、理学的方法のみでは不可能である。それにもかかわらず、産地分析を可能にしようとすれば、何か他の条件を求めなければならない”という最初の論点に話を戻そう。これまで論述して来たところから理解さ

れるように、土師器陶土は、須恵器陶土と無関係ではなく、須恵器陶土の地域特性が、それと、ほぼ、同時代に生産された土師器陶土に反映されているのである。このことは、土師器の産地分析を可能にする上に、極めて好都合なことである。すなわち、仮りに、この多賀城周辺で生産された土師器が、ずっと遠く離れている平城宮へ送られていたとすると、その地域特性から容易に、多賀城周辺のもので判定されるであろう。云い換えれば、全国各地で生産された土師器の化学組成に、同じ地域で生産された須恵器の地域特性が反映されているということが、普遍的に成り立てば、土師器の産地分析は十分可能になると云うことが出来る。

本論文では、多賀城周辺の土師器については、このことが十分成り立つことを結論するにとどめ、このことが、普遍的に成立するか、どうかは、須恵器の地域特性に関する研究の発展とともに、今後に期したい。

#### 4 参 考 文 献

- (1) 三辻利一 特定研究“古文化財”に発表(1977年1月 奈良教育大)
- (2) 東北歴史資料館 宮城県多賀城跡調査研究会編 “多賀城と古代日本” P35
- (3) 宮城県教育委員会編 “日ノ出窯跡群”
- (4) 三辻利一 “考古学と自然科学”(1976) 9 P65

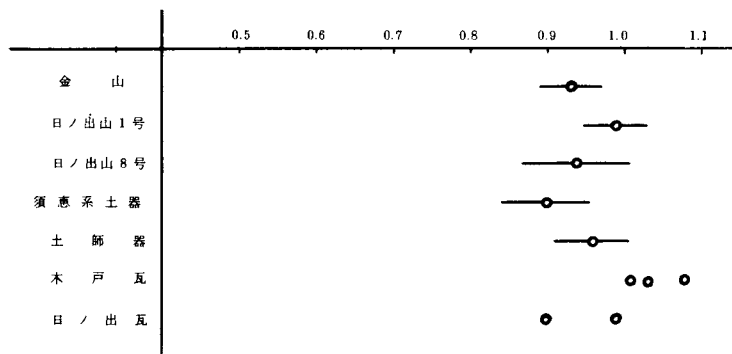


図1  $\bar{Si}$  の分布図

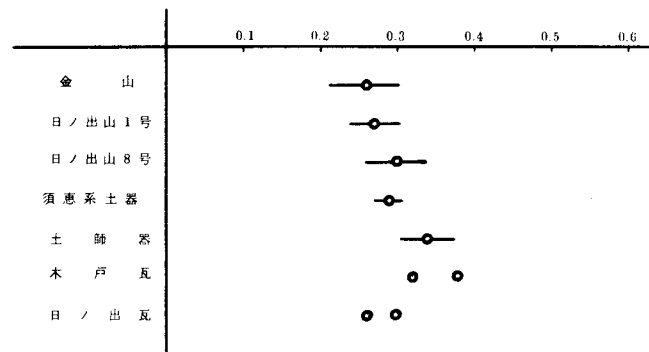


図2  $\bar{K}$  の分布図

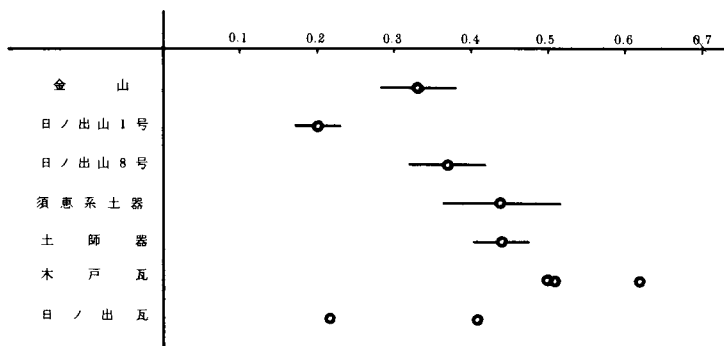


図3  $\bar{Ca}$  の分布図

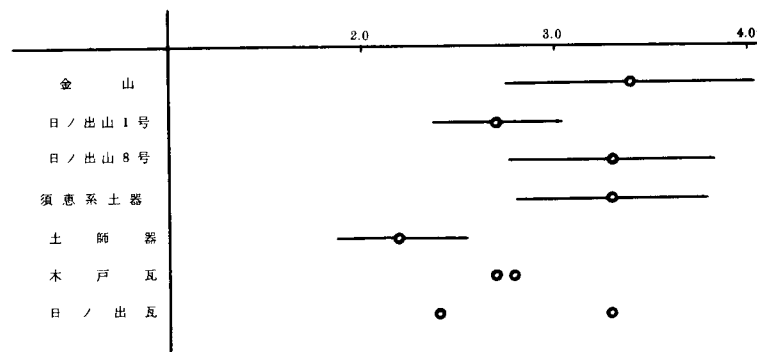


図4  $\bar{Fe}$  の分布図

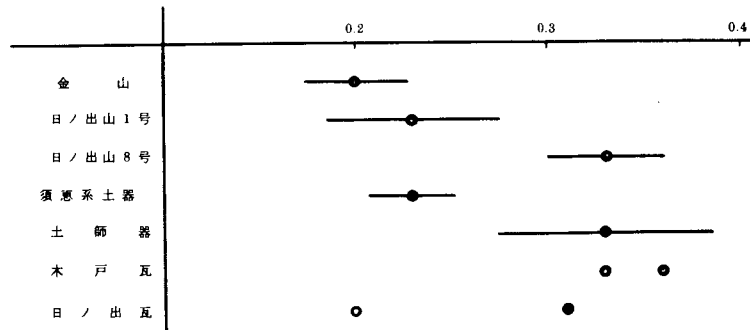


図5  $\bar{Rb}$  の分布図

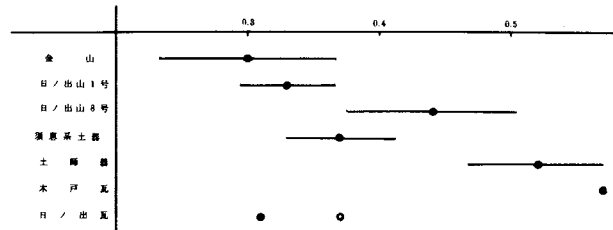


図6  $\bar{Sr}$  の分布図

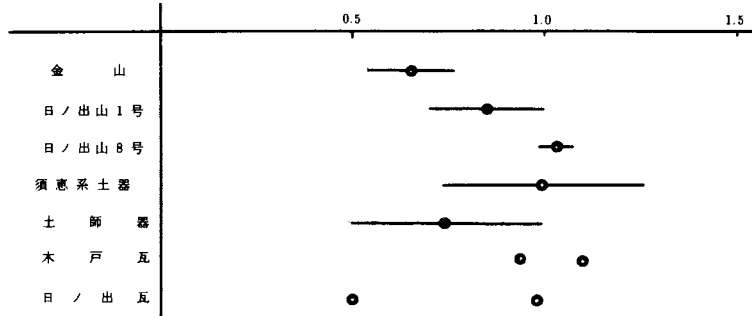


図7  $\bar{Y}$  の分布図

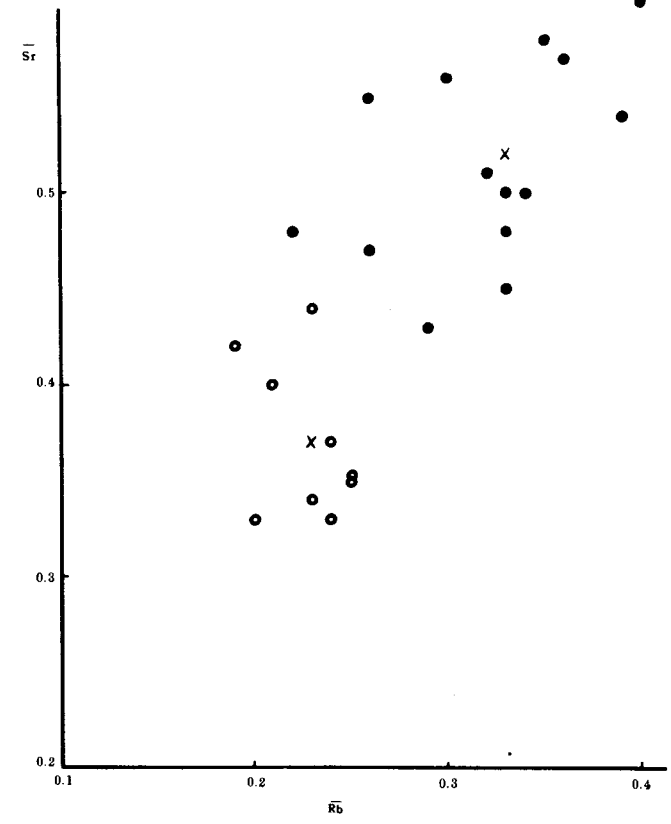


図8 土師器, 須恵系土器の  $\bar{Sr}$ - $\bar{Rb}$  分布

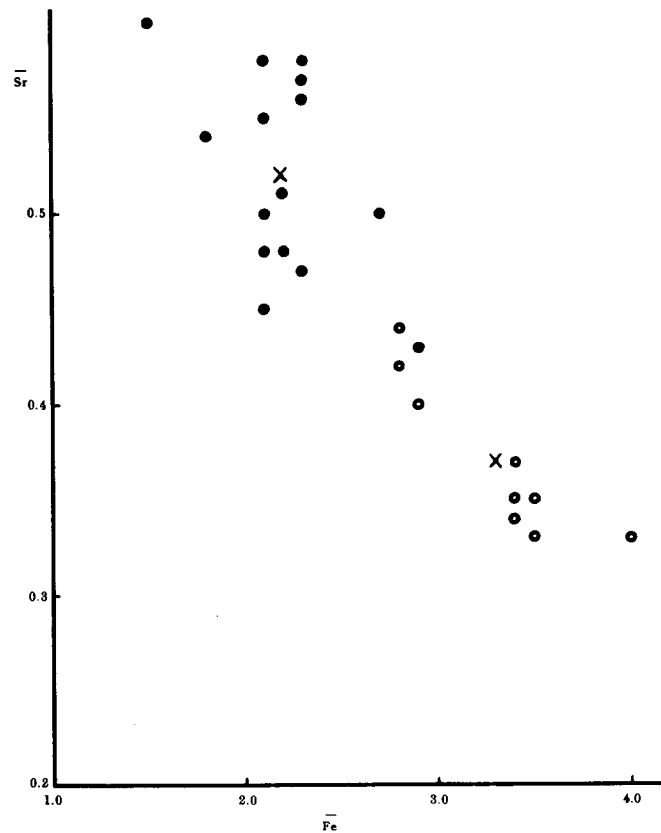


図9 土師器, 須恵系土器の  $\bar{Sr}-\bar{Fe}$  分布

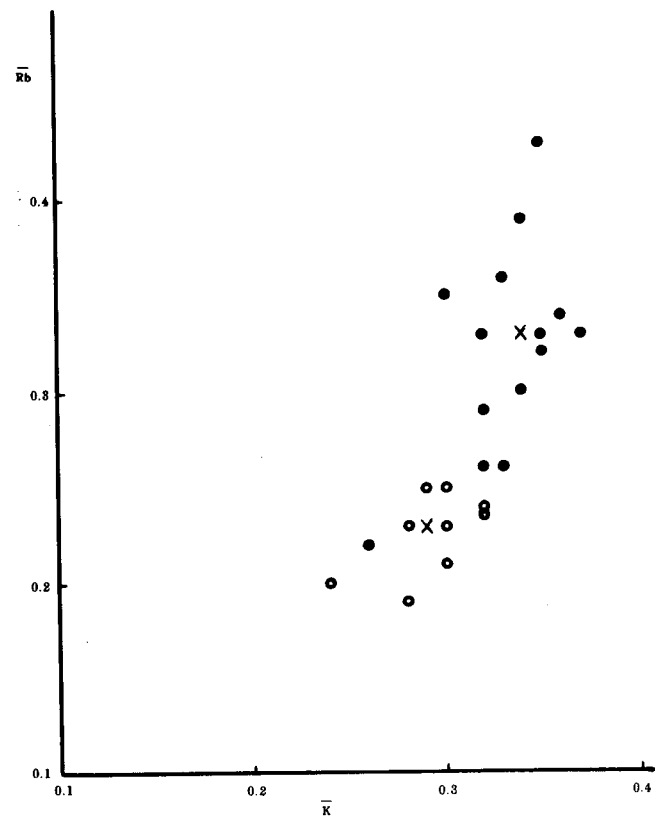


図10 土師器, 須恵系土器の  $\bar{Rb}-\bar{K}$  分布



試料番号：5035  
Ti ターゲット  
真 空  
40KV-30mA

モニター  
AuF  
35KV-25mA

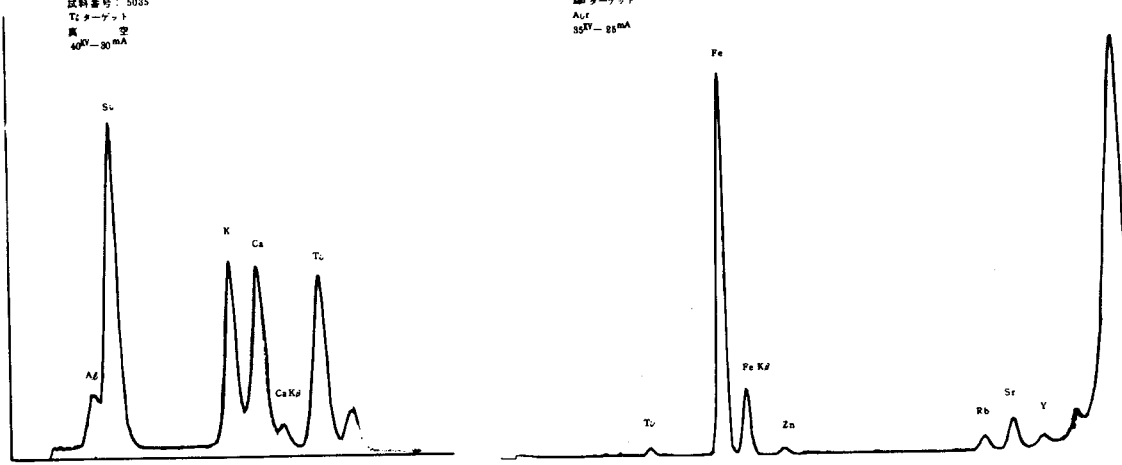


図 11 土師器のケイ光 X 線スペクトル

試料番号：5039

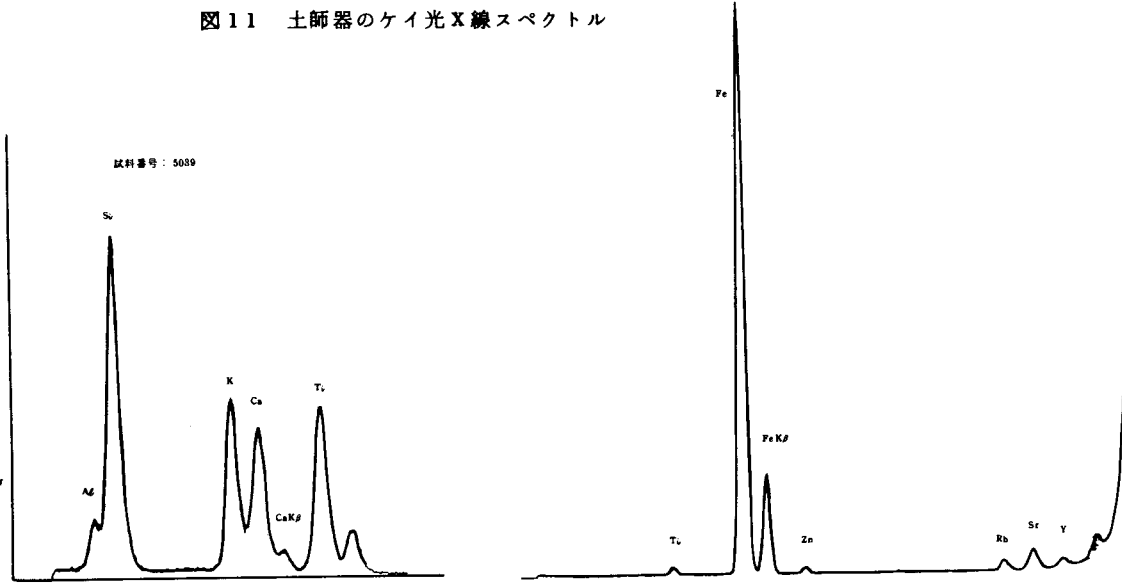


図 12 須恵系土器のケイ光 X 線スペクトル

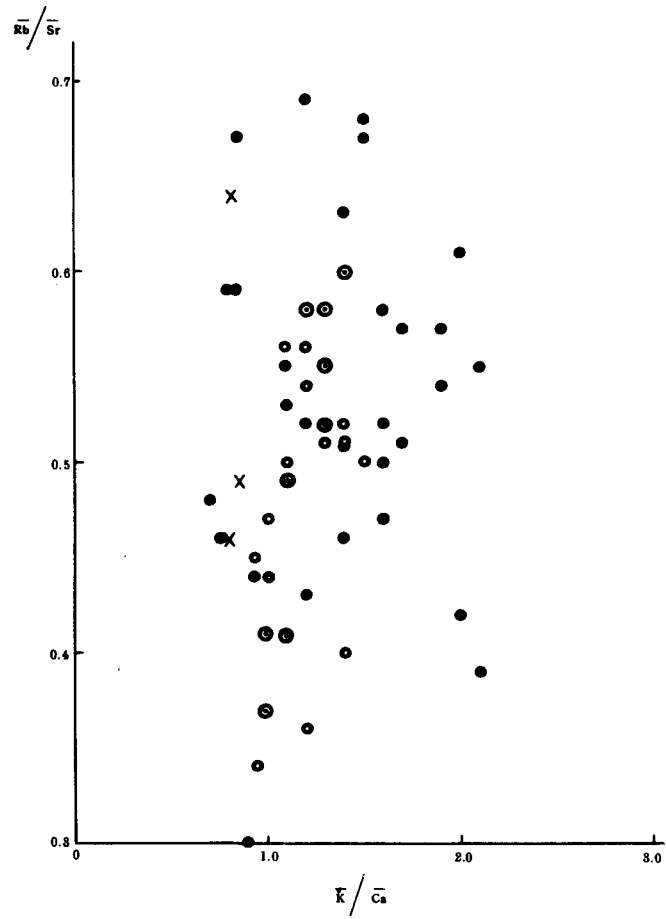


図19  $\bar{K}/\bar{Ca} - \bar{Rb}/\bar{Sr}$  分布図

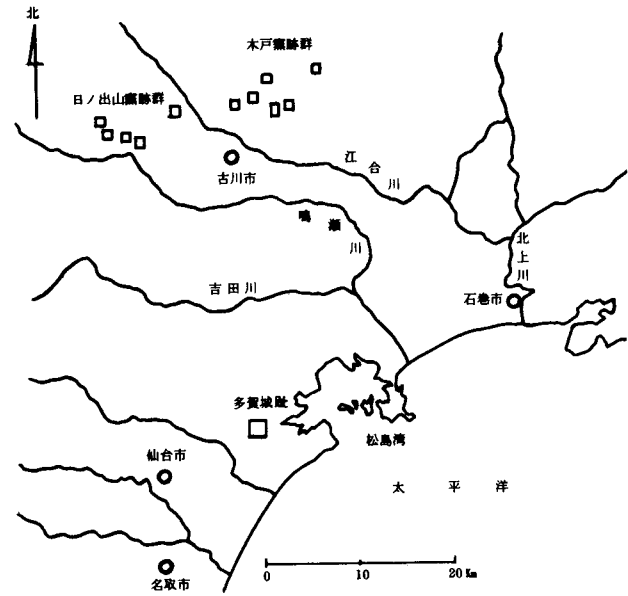


図13 多賀城周辺の地図<sup>2)</sup>

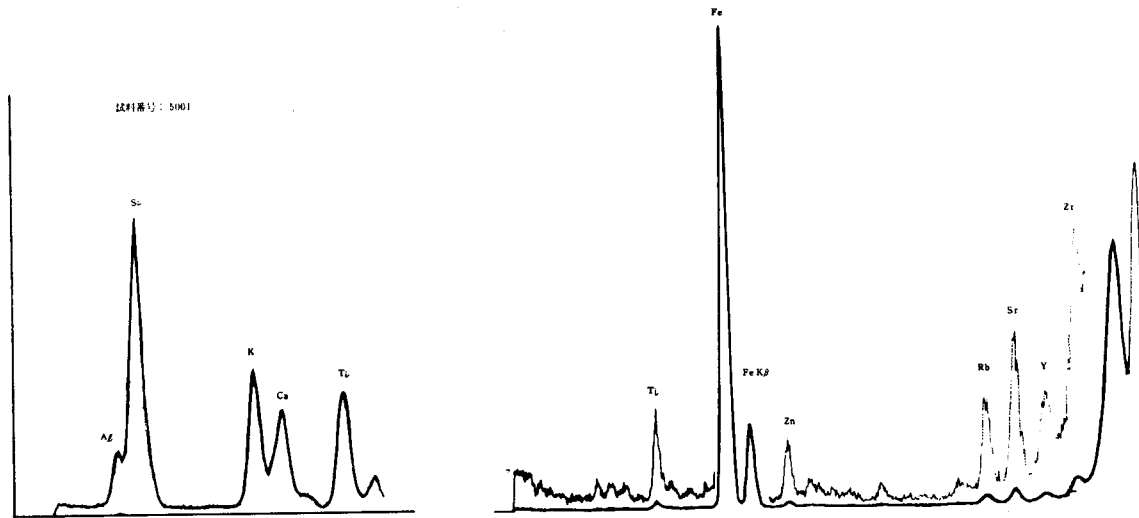


図14 金山窯出土須恵器の  
ケイ光X線スペクトル

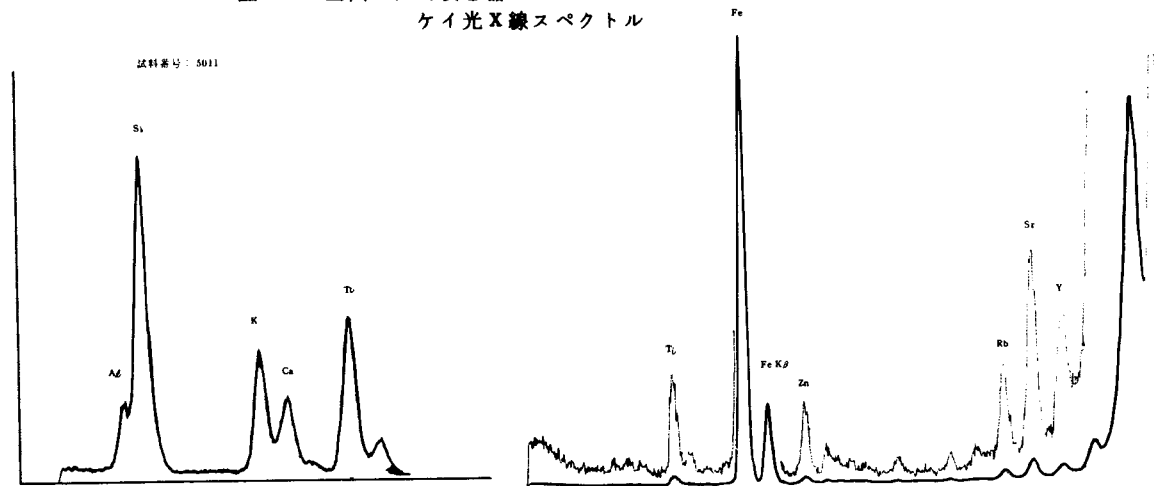


図15 日ノ出山1号窯出土須恵器の  
ケイ光X線スペクトル

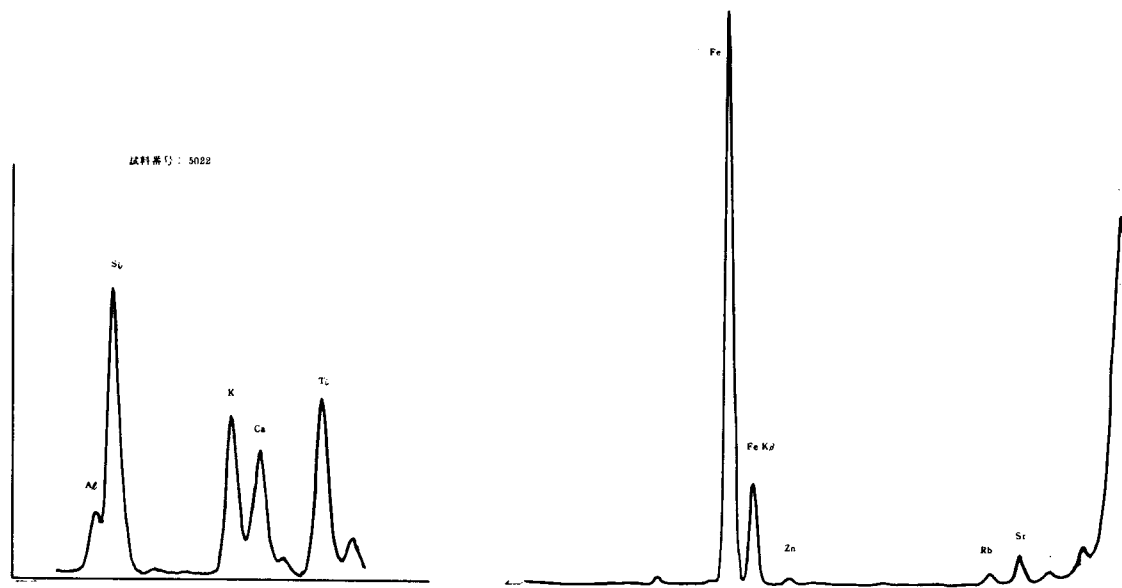


図16 日ノ出山8号窯出土須恵器の  
ケイ光X線スペクトル

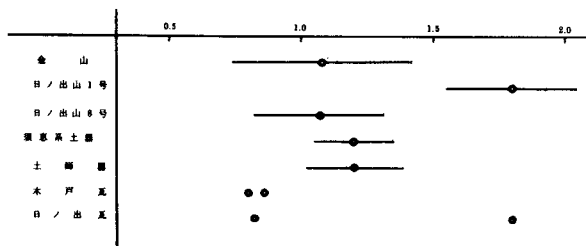


図17  $\bar{K}/\bar{Ca}$  の分布図

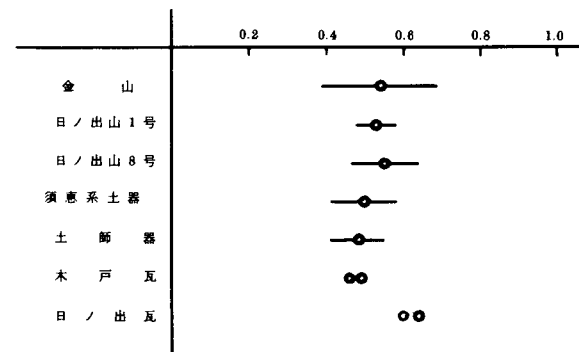


図18  $\bar{Rb}/\bar{Sr}$  の分布図

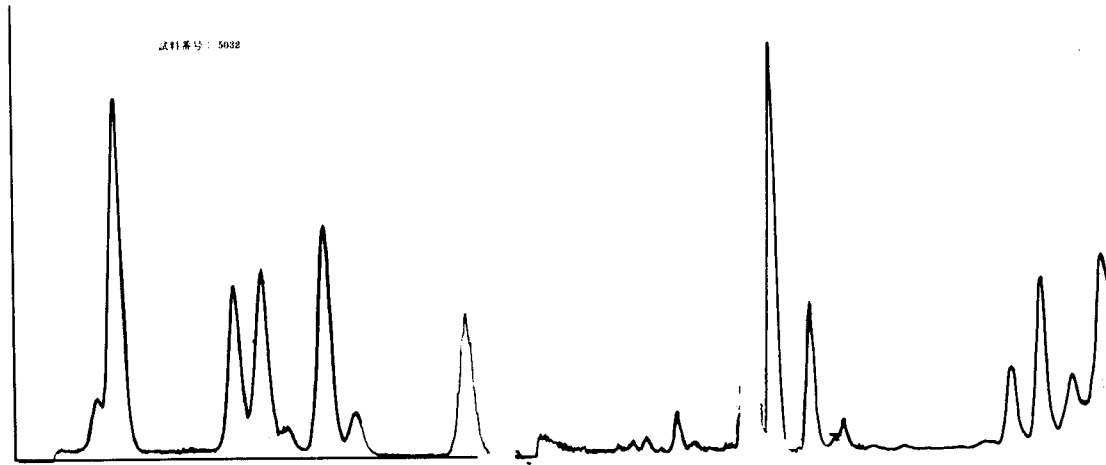


図 20 木戸瓦のケイ光X線スペクトル

表 1 多賀城出土土師器のケイ光X線分析

試料番号	元					素			
	Si	Y	Ca	Fe	Fe	Fe	Y / Ca	Fe / Si	Fe / Si
5035	0.87	0.35	0.45	2.7	0.32	0.51	1.3	1.1	0.50
5036	1.07	0.37	0.40	2.7	0.33	0.50	1.1	1.4	0.52
5037	1.02	0.32	0.45	2.3	0.26	0.47	0.96	1.0	0.44
5038	0.88	0.30	0.53	2.3	0.35	0.50	0.47	0.94	0.45
5048	0.93	0.34	0.40	2.3	0.30	0.56	0.64	1.4	0.40
5049	0.94	0.32	0.45	2.1	0.33	0.45	0.81	1.1	0.56
5050	0.94	0.35	0.44	2.2	0.33	0.48	0.53	1.3	0.51
5051	0.99	0.36	0.42	2.1	0.34	0.50	0.49	1.4	0.51
5052	0.92	0.32	0.46	2.9	0.29	0.43	0.47	1.4	0.51
5053	0.92	0.35	0.44	2.1	0.43	0.58	0.86	1.2	0.56
5054	1.00	0.33	0.41	2.1	0.26	0.55	0.82	1.2	0.36
5055	0.96	0.26	0.43	2.1	0.22	0.48	0.49	0.94	0.34
5056	0.94	0.33	0.48	2.3	0.36	0.57	1.55	1.0	0.47
5057	1.00	0.42	0.44	1.5	0.40	0.60	0.78	1.5	0.50
5058	0.97	0.34	0.44	1.8	0.39	0.54	0.86	1.2	0.54
X	0.96	0.34	0.44	2.2	0.33	0.52	0.74	1.2	0.48
σ	0.053	0.033	0.033	0.33	0.056	0.053	0.25	0.19	0.068
V(%)	5.5	10	7.5	15	17	10	33	15	14

表 2 須恵系土器のケイ光X線分析

試料番号	元			素					
	Si	Y	Ca	Fe	Fe	Fe	Y / Ca	Fe / Si	Fe / Si
5038	0.94	0.29	0.36	3.4	0.25	0.35	0.93	1.2	0.58
5039	0.95	0.32	0.36	3.4	0.24	0.37	1.01	1.3	0.52
5040	0.82	0.28	0.39	3.4	0.23	0.34	0.80	1.3	0.55
5041	0.94	0.30	0.51	2.8	0.23	0.44	1.3	1.1	0.41
5042	0.91	0.30	0.56	2.9	0.21	0.40	1.4	0.98	0.41
5043	0.98	0.28	0.52	2.8	0.19	0.42	1.1	0.98	0.37
5044	0.87	0.30	0.44	3.5	0.25	0.35	1.1	1.3	0.58
5045	0.84	0.32	0.43	3.5	0.24	0.33	0.64	1.4	0.60
5046	0.84	0.24	0.36	4.0	0.20	0.33	0.69	1.1	0.49
X	0.90	0.29	0.44	3.3	0.23	0.37	1.00	1.2	0.50
σ	0.058	0.024	0.077	0.40	0.022	0.041	0.26	0.15	0.086
V(%)	6.4	8.5	17	12	9.6	11	26	12	17

表 3 仙台市富沢字金山窯出土須恵器のケイ光 X 線分析

試料番号	元 素 名									
	Si	Ti	Ca	Fe	Rb	Sr	Y	K / Ca	Rb / Sr	
5001	0.96	0.32	0.30	3.5	0.22	0.28	0.71	1.4	0.63	
5002	0.93	0.32	0.29	3.5	0.23	0.27	0.60	1.5	0.68	
5003	0.86	0.23	0.27	4.2	0.19	0.22	0.55	1.2	0.69	
5004	0.94	0.21	0.40	3.6	0.17	0.27	0.70	0.70	0.48	
5005	0.93	0.26	0.37	2.2	0.16	0.41	0.86	0.89	0.30	
5006	0.97	0.21	0.37	3.4	0.20	0.34	0.64	0.76	0.46	
X	0.93	0.26	0.33	3.4	0.20	0.30	0.66	1.1	0.54	
σ	0.039	0.051	0.053	0.65	0.027	0.047	0.12	0.14	0.15	
Y(N)	4.2	19	16	19	13	22	18	31	27	

表 4 日ノ出山 1 号窯出土須恵器のケイ光 X 線分析

試料番号	元 素 名									
	Si	Ti	Ca	Fe	Rb	Sr	Y	K / Ca	Rb / Sr	
5007	0.98	0.25	0.18	2.7	0.21	0.31	0.83	1.7	0.51	
5008	0.92	0.23	0.25	3.4	0.22	0.37	0.87	1.2	0.52	
5009	1.02	0.26	0.16	2.4	0.22	0.31	0.77	2.1	0.55	
5010	0.91	0.25	0.20	2.6	0.18	0.31	0.85	1.6	0.47	
5011	0.98	0.25	0.20	2.6	0.20	0.30	0.98	1.6	0.50	
5012	1.00	0.24	0.15	2.8	0.20	0.31	1.05	2.1	0.49	
5013	0.98	0.29	0.20	2.4	0.25	0.34	0.81	1.9	0.57	
5014	1.04	0.27	0.19	2.5	0.24	0.33	0.95	1.9	0.54	
5014	1.04	0.25	0.18	2.8	0.22	0.30	1.07	1.8	0.54	
5015	0.97	0.28	0.23	2.5	0.21	0.29	0.50	1.6	0.58	
5016	0.98	0.28	0.22	2.2	0.26	0.33	0.65	1.7	0.57	
5017	1.02	0.28	0.23	2.6	0.23	0.32	0.79	1.6	0.52	
5018	0.90	0.26	0.16	2.6	0.18	0.32	0.93	2.0	0.42	
X	0.98	0.27	0.20	2.7	0.23	0.33	0.85	1.8	0.53	
σ	0.046	0.026	0.029	0.34	0.045	0.036	0.15	0.25	0.049	
Y(N)	4.7	9.6	14	12	19	11	17	14	9.2	

表 5 日ノ出山 8 号窯出土須恵器のケイ光 X 線分析

試料番号	元 素 名									
	Si	Ti	Ca	Fe	Rb	Sr	Y	K / Ca	Rb / Sr	
5020	0.97	0.25	0.38	4.0	0.30	0.33	0.98	0.85	0.67	
5021	0.88	0.34	0.31	2.9	0.30	0.46	1.03	1.4	0.46	
5022	0.83	0.30	0.34	3.5	0.27	0.46	1.09	1.1	0.43	
5023	0.80	0.27	0.38	3.4	0.28	0.46	0.98	0.93	0.44	
5024	0.96	0.31	0.48	3.3	0.38	0.47	1.04	0.83	0.59	
5025	1.03	0.32	0.39	3.0	0.36	0.49	1.07	1.1	0.53	
5026	1.00	0.24	0.38	4.2	0.26	0.52	0.99	0.80	0.59	
5027	0.90	0.35	0.31	2.5	0.44	0.48	1.07	1.5	0.67	
5028	0.99	0.30	0.36	3.0	0.35	0.47	1.05	1.1	0.55	
X	0.94	0.30	0.37	3.3	0.33	0.44	1.03	1.1	0.55	
σ	0.066	0.038	0.051	0.54	0.060	0.065	0.042	0.24	0.091	
Y(N)	7.0	12	13	16	18	14	4.0	23	16	

表 6 木戸瓦, 日ノ出瓦のケイ光 X 線分析

試料	元 素 名									
	Si	Ti	Ca	Fe	Rb	Sr	Y	K / Ca	Rb / Sr	
木戸瓦	5030	1.01	0.32	0.50	2.7	0.36	0.57	0.94	0.60	0.49
	5031	1.08	0.38	0.62	2.7	0.55	0.55	0.98	0.80	0.49
	5032	1.03	0.32	0.51	2.8	0.33	0.57	1.1	0.80	0.46
日ノ出瓦	5033	0.90	0.30	0.22	2.4	0.20	0.31	0.98	1.8	0.64
	5034	0.99	0.26	0.42	3.3	0.31	0.37	0.50	0.82	0.64