

土器胎土と推定原料粘土との関係

—— 千歳市美々遺跡出土縄文式土器の場合 ——

平 賀 章 三 ・ 梅 田 甲子郎

(奈良教育大学地学教室)

(昭和57年1月30日受理)

序 論

遺跡^{*}出土考古遺物の産地同定は、それらを使用していた当時の人々の、経済・文化圏を明らかにする鍵を与える、考古学にとってきわめて重要な作業である。遺跡出土考古遺物の真の産地同定を行うためには、材質による産地推定と、技法による産地推定との両者が、より客観的になされなければならないことを、筆者の一人、平賀が以前に指摘しておいた¹⁾。とはいうものの、技法による産地推定をより客観的に行うためには、とりあえず材質による産地推定が、より客観的になされている必要がある。

須恵器のように窯跡が現存する場合や、石器のように原石をただ加工しただけの場合には、この作業はある意味では容易であり、遺跡出土考古遺物の産地同定を行う際の、基礎データを提供する。しかし窯跡がすでになく、また複数の粘土を調合したり、混和材^{2)~5)}を用いたことが疑われる、縄文式土器・弥生式土器・土師器等の場合には、相当困難あるいは不可能な作業、ということになりかねない。こういった場合には、何らかの根拠によって原料粘土等を推定し、この推定された原料を焼成することによって、土器胎土との関係・対応を検討することが必要となる。

ここ数年来、千歳空港拡張工事の実施に伴い、北海道埋蔵文化財センターによって、現空港の南に広がる美々遺跡、および美沢遺跡の発掘調査が施行されている。昭和55年夏、文部省特定研究「古文化財」総括班主催の、美々遺跡現地討論会・試料採集会に筆者の一人、梅田が参加した際、発掘調査研究員の方々より、美々遺跡の各時期を代表する土器片6個を恵与され、また原料と推定される粘土をも採集し得た。土器胎土と推定原料粘土との対応を検討すべく、偏光顕微鏡・X線粉末回折の手法により、鉱物組成の観察を行ったので、その結果について報告する。

*) 須恵器製作地の登窯跡も遺跡には違いないが、本論文ではそのようなものは除外し、さらに主として先史時代のものを念頭において、以下遺跡という語句を使用する。

土器胎土の鉱物組成

恵与された土器試料が少量であったため、偏光顕微鏡観察に供する薄片は、各時期を代表する土器片1個につき1枚、計6枚しか製作できなかった。薄片による土器胎土の粒度分析に基づいて、素地作製の技法解析⁶⁾や、あるいは土器胎土そのものの定量的分類⁷⁾を行うこともできるが、今回は鉱物組成の観察を行うのみに留めた。試料土器の時期・様式、および土器胎土の偏光顕微鏡による鉱物組成概査結果は、次のとおりである。

試料1〔縄文早期末 東釧路IV式〕 不透明な酸化鉄のため赤黒色を帯びた基質中に、たかだか径1mm程度、一般に細粒の石英・斜長石・角閃石・黒雲母等の結晶とガラス質物が散在。

試料2〔縄文前期 静内中野式〕 試料1と同様の基質中に、比較的多量のガラス・角閃石が顕著で、少量かつ細粒の石英・斜長石が点在。

試料3〔縄文中期 北筒式あるいは天神山式〕 試料1・2と同様であるがやや淡色の基質中に、ガラスが多量かつ粗粒で角閃石も多く、その間に石英・斜長石が散在。

試料4〔縄文後期中葉 手稲式〕 試料1・2と同様の基質中に、角閃石・斜長石・石英が主として散在するが、球形微晶の径1mm程度の集合あり、焼成温度やや高き故か。

試料5〔縄文後期後葉 堂林式〕 基質も含め既述試料1～4と然程の差はないものの、あえて言うならば角閃石が多量。

試料6〔縄文晩期初頭〕 試料3よりもさらにやや淡色の基質中に、全般に細粒、例外的に径1.5mm程度のグレインあり、角閃石多く、斜長石・石英まれに黒雲母あるも、ガラスは認められず。

偏光顕微鏡による上記の鉱物組成概査結果を確認する意味で、また偏光顕微鏡では同定困難あるいは不可能な、基質の鉱物組成を検討する意味で、X線粉末回折手法を適用した。土器試料のX線粉末回折分析における試料調整法を工夫して、従来のbulk分析のみならず、grain分析・matrix分析を行うことの有効性が指摘されているが⁸⁾、今回は試料の少量さ故、bulk分析しか行い得なかった。タングステンカーバイド乳鉢で十分に粉碎した試料は、深さ0.5mmのガラス試料板に充填し、管電圧：3.0kV、管電流：20mA、ターゲット：Cu、フィルター：Ni、走査速度：1°/min、チャート速度：10mm/min、時定数：1sec、ダイバージェンススリット：1°、レシービングスリット：0.15mm、スキヤッターリングスリット：1°、フルスケール：1×10³cps、室温：21～22℃の条件で測定した。

X線粉末回折手法により得られた、上記6試料土器胎土の鉱物組成分析結果を、Table 1にまとめて示す。Table 1は測定された回折パターンに基づいて鉱物種を同定し、その鉱物種から期待されるピークの位置・強度を考慮して、分離されたピークとして実際に観測可能なものを選び、整理しなおしたものである。石英・斜長石（アンデジ）は全試料において確認され、角閃石・黒雲母・トリディマイトも、試料によって同定の難易度に違いはあるものの、これを認めることができた。

遺跡の背景と推定原料粘土

試料土器の原料粘土を推定する上で、根拠の一つを与えた遺跡の背景について、ここで簡単に

Table 1 X-Ray Powder Diffraction Data of Six Potsherds from Bibi Remains

2 θ (CuK α)	Relative Intensity (I/I ₀) [†]										
	Samples						References ^{††}				
	No 1	No 2	No 3	No 4	No 5	No 6	Q ⁹⁾	A ¹⁰⁾	H ⁹⁾	B ¹¹⁾	T ¹²⁾
8.75	±	±	±	±	±	+				100	
10.50	+	±	+	±	+	+			100		
20.50	±	+	+	-	±	±					90
20.86	++	++	++	++	++	++	19				
21.62	±	+	+	+	±	+					100
21.98	++	+	++	+	+	+		80			
23.64	+	+	+	+	+	+		70			
24.37	+	±	+	±	±	+		70			
26.64	+++	+++	+++	+++	+++	+++	100				
27.77	+++	+	+++	++	++	++		100			
28.03	++	++	+++	+++	++	++		90			
28.40	±	±	±	+	±	-		70			
29.75	±	±	±	+	+	±		60			
30.2	-	-	-	+	-	-		(not identified)			
30.48	+	±	±	+	±	±		70B			
30.9	-	-	+	-	+	+		(not identified)			
31.47	+	±	±	+	±	±		60			
33.08	±	-	±	-	-	-			77		
33.66	±	±	+	±	±	+				80	
34.54	±	±	±	±	±	±			52		
35.14	±	±	±	±	±	±			56		
35.45	+	+	±	±	±	±		70			
36.04	±	±	±	±	±	±		60			
36.54	+	+	+	+	+	+	7				
39.46	+	+	+	+	+	+	7				
40.30	+	+	+	+	+	+	3				
42.46	+	+	+	+	+	+	4				
45.80	±	+	+	+	+	±	3				
49.6	-	+	-	-	-	-		(not identified)			
50.14	+	+	+	+	+	+	11				
50.8	-	-	+	+	-	-		(not identified)			
54.88	±	+	+	±	+	+	3				
59.96	+	+	+	+	+	+	8				

†) 100 ≥ "+++> 50 ≥ "++> 25 ≥ "+> 12.5 ≥ "±> 0 = "-".

††) Q: quartz, A: andesine (plagioclase), H: hornblende, B: biotite, T: tridymite.

記しておく。

美々遺跡および美沢遺跡は、樽前山東北東20数kmに位置し、美々川に沿い3万㎡にも及ぶ、縄文早期から晩期に至る広大な住居址である。当地域一帯は、更新世後期から完新世にかけての火山活動により形成された、火山灰台地であるが、最下位には支笏火山由来の流紋岩質凝灰岩層、上位に恵庭火山由来の石英安山岩質凝灰岩層、さらに上位には、樽前火山由来の安山岩質火山灰層が、幾層にも堆積しているのが観察される。上記縄文2遺跡は、この度重なる樽前火山活動により降下した火山灰層中にあり、火山灰に埋没されたために遺跡の保存も良好で、日本のポムペイと称されるにふさわしいものであろう。

ところで前節において述べた土器胎土の鉱物組成を通観すると、次の特徴を指摘することができる。すなわち偏光顕微鏡によれば、試料6においてはガラスが認められなかったが、他はいずれも一般に細粒の角閃石・斜長石・石英まれに黒雲母の結晶とガラスが、不透明な酸化鉄のため赤黒色を帯びた基質中に散在している。またX線粉末回折手法によれば、全試料において石英・斜長石（アンデジン）が、さらには角閃石・黒雲母・トリディマイトをも認めることができる。

土器胎土の鉱物組成の以上のような特徴から、多少の差違を認めることもできるが、ほぼ同一の安山岩質火山灰起源の粘土を原料として、すべての試料土器は焼成されたと推定し得る。当地域には既述の如く、支笏・恵庭・樽前由来の幾層もの火山灰層があるが、前二者は流紋岩質ないし石英安山岩質であって、試料土器の原料粘土をそれらに求めることはできない。もともと縄文式土器は必ずその周辺の粘土を原料としており、したがって、樽前火山由来の安山岩質火山灰起源の粘土を原料と推定するのが、残された可能性と考えられた。

なお焼成実験に供する推定原料粘土としては、幾層も存在する樽前火山由来の火山灰層中最下位のものを探集した。今回分析した試料土器の発掘された、どの遺跡よりも下位にあることがその一つの理由である。またより上位の火山灰層は肉眼で灰白色を呈するもので、試料土器片の肉眼観察からは、むしろ最下位の帯茶色のものがより適当と考えられたのが、もう一つの理由である。

推定原料粘土の焼成実験と鉱物組成

前節の考察に基づき採集された推定原料粘土と、試料土器胎土との対応を検討すべく、次の条件下で焼成実験を行った。採集された火山灰起源の粘土を数片に分割し、それぞれ約 $2 \times 3 \times 1 \text{ cm}^3$ に整形した後乾燥、磁性舟形ポット上に静置して電気管状炉にセット、各々 $600 \cdot 700 \cdot 800 \cdot 1,000^\circ\text{C}$ まで昇温、一時間各一定温度で焼成後、炉より取出し徐冷した。なお縄文式土器は、一般に酸化状態で焼成されたと考えられるが、比較のため 600°C 焼成の試料についてのみ、窒素ガスを流し酸素の供給を断った条件下での焼成も試みた。

上記条件下で得られた焼成粘土塊と、未焼成推定原料粘土そのものの鉱物組成を分析するため、X線粉末回折手法を適用した。測定条件は、試料土器胎土の場合と同様である。なお焼成粘土塊は、十分にこねられていなかったためか決して緻密ではなく、残念ながら偏光顕微鏡観察に供する薄片を、製作することはできなかった。

X線粉末回折手法により得られた、未焼成推定原料粘土および各種焼成粘土塊の鉱物組成分析

結果は、Fig. 1 に示すとおりである。

Fig. 1 を一見しても、焼成温度の上昇に伴い、特定のピーク強度が増加あるいは減少するといった、系統的变化は認められない。それどころか、きわめて変化に富むパターンが観察され、これが同一の粘土塊を焼成したものか、とさえ疑われるほどである。しかしながら、通常の手順による各ピークの同定を試みると、焼成温度 7～800℃までの試料では、いずれも斜長石（アンデジ）のものがほとんどで、わずかに石英の最強線が観察される程度であることがわかった。

1000℃焼成の試料になると、トリディマイト・ムライト ($1.92\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) のピークが顕著となり、斜長石（アンデジ）・石英のピークも観察されるが、明らかに高温焼成の影響を見てとることができる。このパターンにおける未同定ピークについては、他のパターンとの比較から、斜長石（アンデジ）のピークが変化したものかと思われる。なお、800℃焼成の試料においても、未同定ピークがわずかにあるが、1000℃焼成試料のパターンと比較して、これらをムライト（組成不詳）のピークであると判断しても、差し支えないと考えられる。

考 察

試料土器胎土の鉱物組成は、偏光顕微鏡では、おおむね角閃石・斜長石・石英まれに黒雲母の結晶とガラスが主成分であった。X線粉末回折では、もっとも目立つピークは石英・斜長石（アンデジ）で、角閃石・黒雲母・トリディマイトが何とか同定される程度であった。両手法によるこの不一致は、しかしながら問題とはならない。

なぜならば、偏光顕微鏡で同定可能なものは、ある程度の粒径を有するものに限られるのに、今回のX線粉末回折分析では、基質も含めた bulk 分析を採用したからである。またX線粉末回折では、ある鉱物種が数%程度含まれていても、共存する他の鉱物種の影響でSN比が悪く、ピークとして認められないこともしばしばあるからである¹³⁾。なお試料6の偏光顕微鏡観察で、ガラスは認められなかったことについても、X線粉末回折では、他試料と同程度のバックグラウンド（90～110cps）が示されていることから、胎土の不均一さ故、検鏡した薄片にはたまたま含まれていなかったものと、判断することができる。

以上の検討に基づいて、縄文早期から晩期に至る各試料土器が、すべて同一の原料粘土を用いて焼成されたとする推定は、妥当であると考ええる。さらに原料粘土の推定についても、すでに該当の節において詳述したように、組成的にも層位的にも、妥当なものであると考ええる。

にもかかわらず、焼成推定原料粘土の鉱物組成分析結果は、試料土器胎土のそれと、かならずしも満足のゆく対応を示さなかった。たとえば、試料土器胎土のX線粉末回折では、角閃石・黒雲母のピークを認めることができたが、焼成推定原料粘土では、これらを認めることはできなかった。また、前者においては石英が最強ピークを与え、ついで斜長石（アンデジ）が顕著であったが、後者においては斜長石（アンデジ）が最強で、石英はかろうじて認められる程度であった。

これら不満足な対応のうちの第1点については、風化の営力に対する抵抗の程度が、両者において異なっていたからだと解釈することができる。試料土器胎土については、原料粘土が縄文人によって焼成・焼結された結果、緻密な胎土となって風化されにくくなったものと考えられる。

これに反して、自然のままの火山灰起源推定原料粘土は、数千年ないし一万年近くの間風化の営力にさらされたままで、角閃石・黒雲母等はX線検出できないほどの量にまでなってしまった、と考えるわけである。

しかしながら、第2点についても同様の解釈を下すというわけにはゆかない。なぜなら、石英は主要造岩鉱物のなかで、もっとも風化に対する安定度が大きなるもの¹⁴⁾だからである。つまり、推定原料粘土における石英の微量さの原因を、風化に求めることはできない。

それでは、他の火山灰起源粘土と比較して組成的にも、あるいは層位的にも妥当であると判断した、原料粘土の推定そのものが誤っていたのであろうか。たとえそうであったとしても、推定原料粘土の鉱物組成を見るかぎり、試料土器胎土のそれと致命的に矛盾する、とはやはり考えられない。そこで、試料土器の素地について、次のような可能性を考えてみた。

試料土器の素地は、原料として今回推定された粘土に、火山灰起源ではない別の粘土が調合されたか、あるいは石英がほとんどであるような川砂等が少量混和されたか、いずれかによって作製されたと推定される。この推定の一つの傍証として、非焼成および焼成推定原料粘土の、X線粉末回折におけるバックグラウンドが、試料土器胎土のそれに比べて約2倍（160～200 cps）であった、という事実を上げておこう。なお、非火山灰起源の粘土および混和材の産地については、今回検討を加えることができなかった。

最後に、試料土器の焼成温度については、焼成推定原料粘土の鉱物組成分析結果から、800℃前後、おそらくこれを越えないものと推定される。もっとも、これまでの考察で示したように、推定原料粘土が試料土器の素地そのものではなかったであろうから、十分な説得力を持つものとは考えていない。なお、X線粉末回折のバックグラウンドが少し低いことから、縄文中期以前のものに比べて後期以降のものは、焼成温度がやや高かったかとも思われる。

摘 要

北海道千歳市美々遺跡から出土した、縄文早期から晩期に至る各時期の土器6片を対象に、偏光顕微鏡とX線粉末回折の手法を適用して、それらの鉱物組成を明らかにし、各試料土器はすべて同一の原料粘土を用いて焼成されたものと推定した。

試料土器胎土の鉱物組成については、不透明な酸化鉄のため赤黒色を帯びた基質中に、石英・斜長石（アンデジン）・角閃石・黒雲母・火山ガラスの散在しているのが特徴で、トリディマイトも認めることができた。

組成的にも層位的にも妥当なものと判断して採集された、推定原料粘土を用いて焼成実験を行い、試料土器との対応を検討してみたが、十分に満足のゆく対応は確認できなかった。

焼成・焼結により獲得された胎土の緻密さが、風化に対する安定度を向上させたからであると解釈したが、不満足な対応のすべてを、これで説明しきることはできなかった。

最終的に試料土器は、今回原料と推定された樽前火山に由来する火山灰起源の粘土に、非火山灰起源の別の粘土が調合されたか、あるいは石英に富む川砂等が少量混和されたかして得られた、素地を用いて焼成されたものと推定した。

なお試料粘土の焼成温度についても、推定原料粘土の焼成実験結果を参考にして、800℃前

後、おそらくこれを越えないものと推定した。

謝 辞

本研究に供した土器片試料は、文部省科学研究費特定研究「古文化財」総括班主催の、美々遺跡現地討論会・試料採集会の際に入手したものである。貴重な考古試料を快く恵与された、財団法人北海道埋蔵文化財センター調査部長・高橋稀一氏および同センター調査第3班長・木村尚俊氏の御厚意に対し、篤く御礼申し上げる。

奈良教育大学物理学教室助教授・長友恒人博士には、推定原料粘土の焼成実験において、また同地学教室卒業生・平賀榮子氏には、X線粉末回折実験において御世話になった。両氏の御助力無くしては、本研究を纏めることはとうていできなかつたであろうことを、ここに記して衷心よりの御礼に替えさせていただきたい。

文 献

- 1) 平賀章三(1978): 土器産地同定における考古学と自然科学——思考実験的一アプローチ——, 奈良教育大学古文化財教育研究報告, 第7号, 61-67.
- 2) 佐原 真(1970): 土器の話(1), 考古学研究, 第16巻, 第4号, 107-124.
- 3) 佐原 真(1970): 土器の話(2), 考古学研究, 第17巻, 第1号, 93-101.
- 4) 佐原 真(1972): 土器の話(8), 考古学研究, 第18巻, 第4号, 89-102.
- 5) 佐原 真(1974): 土器の話(11), 考古学研究, 第20巻, 第3号, 67-82.
- 6) 平賀章三(1978): 素地作製の技法解析——モード測定法を応用した粒度分析から——, 奈良教育大学紀要, 第27巻, 第2号, 99-113.
- 7) 平賀章三(1980): 粒度組成に基づく土器胎土の定量的分類——纏向遺跡出土土器を例として——, 奈良教育大学古文化財教育研究報告, 第9号, 1-10.
- 8) 平賀章三(1979): 土器試料に対するX線粉末回折手法の方法論的検討——matrixの鉱物組成分析を中心に——奈良教育大学古文化財教育研究報告, 第8号, 1-10.
- 9) Borg, I. Y. & Smith, D. K. (1969): "Calculated X-ray Powder Patterns for Silicate Minerals", The Geological Society of America, Inc., Boulder, Colorado, 361, 362, 367-370, 738-742.
- 10) Berry, L. G. (1967): "Powder Diffraction File, Sets 6-10 (Revised)", Joint Committee on Powder Diffraction Standards, Philadelphia, Pennsylvania, 665.
- 11) Berry, L. G. (1974): "Powder Diffraction File, Sets 1-5 (Revised)", Joint Committee on Powder Diffraction Standards, Swarthmore, Pennsylvania, 190.
- 12) Berry, L. G. (1974): "Powder Diffraction File, Sets 16-18", Joint Committee on Powder Diffraction Standards, Swarthmore, Pennsylvania, 938.
- 13) 仁田 勇(1971): 『X線結晶学 上』 第3版, 丸善株式会社, 403-406.
- 14) Goldich, S. S. (1938): A study on rock weathering. Journal of Geology, Vol. 46, 17-58.

The Relation between Fired Paste and Presumptive Raw Clay
—In the Case of the Jomon Ware from Bibi Remains in Chitose City —

SHOZO HIRAGA AND KOHSHIRO UMEDA

(Department of Earth Science, Nara University of Education, Nara, Japan)

(Received January 30, 1982)

The earthenware ranging from an early stage to the last in the Jomon period had been excavated from Bibi remains in Chitose City, Hokkaido. The mineralogical compositions of the six potsherd samples representative of each stage were examined by using polarizing microscope and x-ray powder diffraction technique. Based on the results, we inferred that the all sample potsherds had been made of the same clay.

The mineralogical composition of the fired paste is typically as follows. Quartz, plagioclase(andesine), hornblende, biotite and volcanic glass are scattered in the matrix whose color is reddish black due to opaque iron oxide. A small amount of tridymite is also detectable on the x-ray powder diffraction patterns.

One kind of clay originating in Tarumae volcanic ash was appropriately inferred to be raw material, based on the compositional and stratigraphical judgement. The clay was fired under the various temperature-control conditions, with the intention of examining the correspondence to the fired paste of sample potsherds. We confirmed the unsatisfactory correspondence, however.

The compactness of a fired paste, gained through firing and sintering, increases the resistivity against weathering. We interpreted the fact as a cause of the unsatisfactory correspondence. But it wasn't that the situation was thoroughly explained by the above interpretation.

Finally, we inferred that the paste of sample potsherds had been prepared by compounding the clay mentioned above and either following raw material. One is another kind of clay which hasn't its origin in any volcanic ash, and the other is a temper such as a small amount of river sand rich in quartz. We also inferred that the temperature of firing the sample potsherds had been about, probably not beyond, 800°C.