巨大埴輪の製作における技法の考察とその焼成実験

——メスリ山古墳出土特殊円筒埴輪——

脇田宗孝

1. 巨大埴輪の概要

古墳時代前期に大規模な前方後円墳が奈良盆地の南東部に集中して築造され，大和政権と深くかかわりのある地域として三輪山周辺が近年重要視されている。メスリ山古墳は，桜井市大字高田に位置し全長224m・後円部径128m・前方部幅80m・後円部高19m・前方部高8mの大規模な墳丘をもち，副葬品や巨大な埴輪の特殊性などから推察すれば，強大な権力をもった大王級の墳墓と考えられている。[1)]

出土した巨大な特殊円筒埴輪群は，高さ242cm・口縁部径131cm・基底部径90cmの円筒埴輪をはじめ華麗な構成美をもつ高坏形特殊円筒埴輪を含む膨大な規模を誇り，古代人の壮大な美意識を具現した二重方格列状の配列を伴っている。埴輪の一元製作の大きさという観点では我が国で出土した埴輪として最大級であり，世界の窯業史上においてもこれにまさる記録はない。これらの巨大な埴輪が4世紀に出現したことは，熱エネルギーの処理技術も飛躍的に発展し，古代窯業のピークに達していたと考えられる。それ以来，千数百年を経過した現在において，巨大な埴輪は古代へのロマンと幾多の謎を我々に与えている。

2. 復元の意義

筆者は，メスリ山古墳を遊び場として多感な青少年期を過した関係上，出土した巨大な埴輪には強い関心と執着心をもって復元の好機到来を待望していた。

近年，地方の文化財を再認識する傾向にあるが，まだ地元住民の意識は極めて希薄である。しかし，文化財の保存やその意識の育成には地元住民の理解と協力が不可欠となる。おりしも，地域の公民館活動として陶芸を学ぶ人達との縁により，巨大埴輪復元の好機をえたのである。このロマンを伴なう実験により，地域の文化財意識に刺激を与え，古代技術と現代の創作活動との接合という観点からも身近かな文化財への関心と認識を深めることができる。

また，考古学だけでは解きほぐせない巨大埴輪の謎に挑み，埴輪製作という追体験をすることにより古代人の心琴に触れ，その卓越した技術の一端でも垣間見れば，この復元実験の意義を見いだすことができるであろう。

奈良教育大学：奈良市高畑町

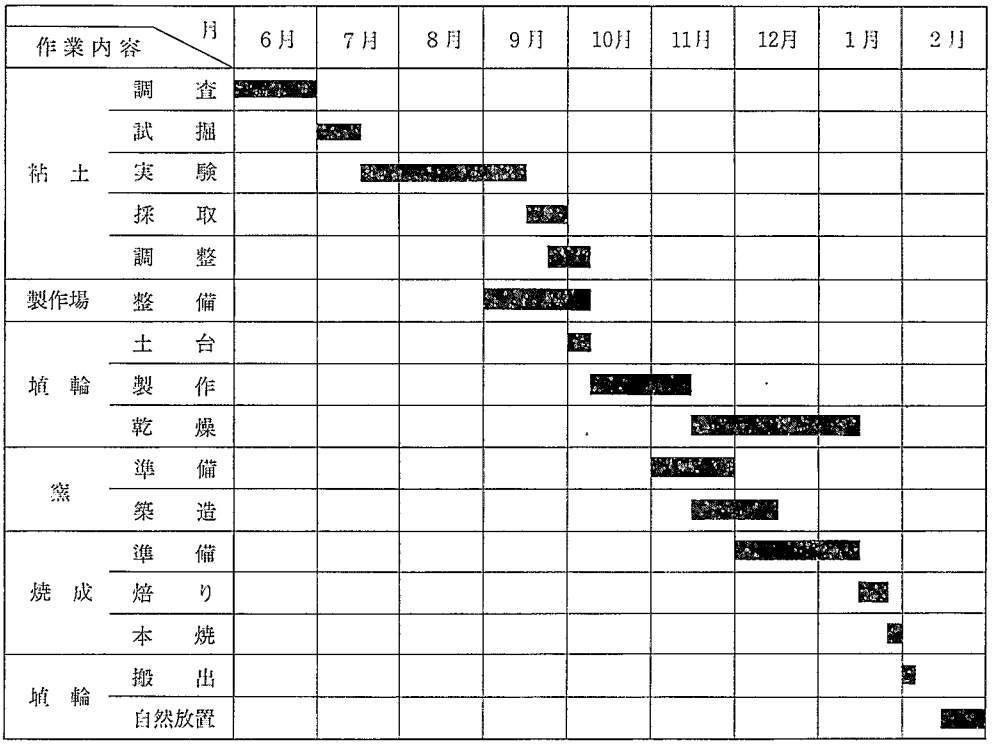
3. 復元実験の計画

焼成実験の時期を，気候の比較的に安定した１月下旬とするならば，少なくとも８ヶ月前から粘土探査に着手して採取粘土の各種実験を終了し，その結果によって復元用粘土の確保と調整を９月下旬までに完了しなければならない。

復元製作の対象となる埴輪は，メスリ山古墳出土の最大級である特殊円筒埴輪二基と高坏形特殊円筒埴輪二基の合計四基とし，その器形製作の所要期間は約１ヶ月とした。窯は，埴輪の乾燥期と並行して築窯し，この作業は12月に終了する。以後は，埴輪と窯の乾燥を促進しながら，焼成に必要な燃料の予測とその量の確保が仕事となる。焼成後は，窯から搬出という現代人の試みたことのない巨大埴輪の運搬実験をし，翌年の２月中には復元製作の実験は完了することになる。継続実験として，自然放置による埴輪観察を，巨大埴輪の末期ともいえる崩壊するまでおこなう。なお，この復元計画はすべて予定どおり終了することができた（表１）。

表１　埴輪復元の工程

Table 1.　Whole Process of our Work



4. 粘土探査と土質実験

復元製作の対象となるメスリ山古墳出土の巨大な特殊円筒埴輪の器壁は，基底部から口縁部にかけ

て 15～18 mm という極薄造りで製作されている。この巨大埴輪の推定重量は約 252 kg となり，基底部にかかる重力は 449.5 g/cm² と算出した。この物理面と埴輪の規模，そして器形から考察すれば，この巨大埴輪は焼成以前に移動することは不可能であり，製作現場と焼成現場とは同位置であると考えられる。また焼成後において，器壁に自然発生的な細かい亀裂が入っており，器形や物理面から長距離への運搬移動に耐えうるものではなく，当時の窯業水準から類推すればメスリ山古墳の近隣で焼成されたと推定できる。また出土破片の肉眼観察によれば，混在している粒径 2 mm 程度以下の角閃石は近隣に産するものと同質と見ることができる。

そこで，粘土探査のために，メスリ山古墳近郊の自然と地理的条件及び歴史的環境を考慮し，4ブロックに分割して調査をした（図1）。

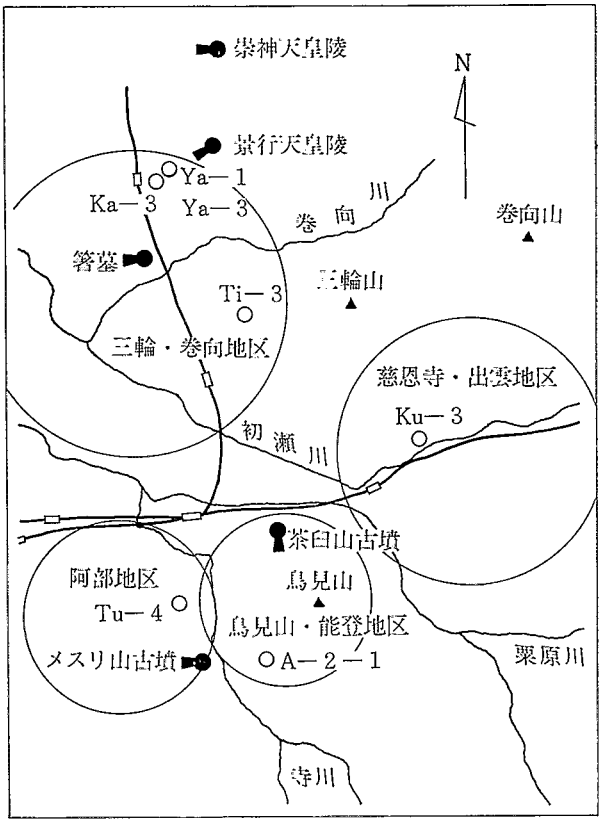


図1 粘 土 採 取 地

Fig. 1. Map of Clay Used in our Experimental Reproduction

A　鳥見山・能登地区

B　阿部地区

C　慈恩寺・出雲地区

D　三輪・巻向地区

その結果，15種類の粘土が採掘されたが，そのなかで実験に適する可能性をもつ7種類の粘土を選別し，これらの粘土を調整し，それぞれの実験及び観察に適した試板を作成した。

実験及び観察の種類は次のとおりである。

1. 可塑性実験
2. 土性・土色観察
3. 出土埴輪片の再焼成による比較観察
4. 乾燥・焼成収縮実験
5. 焼成後の圧縮強度実験

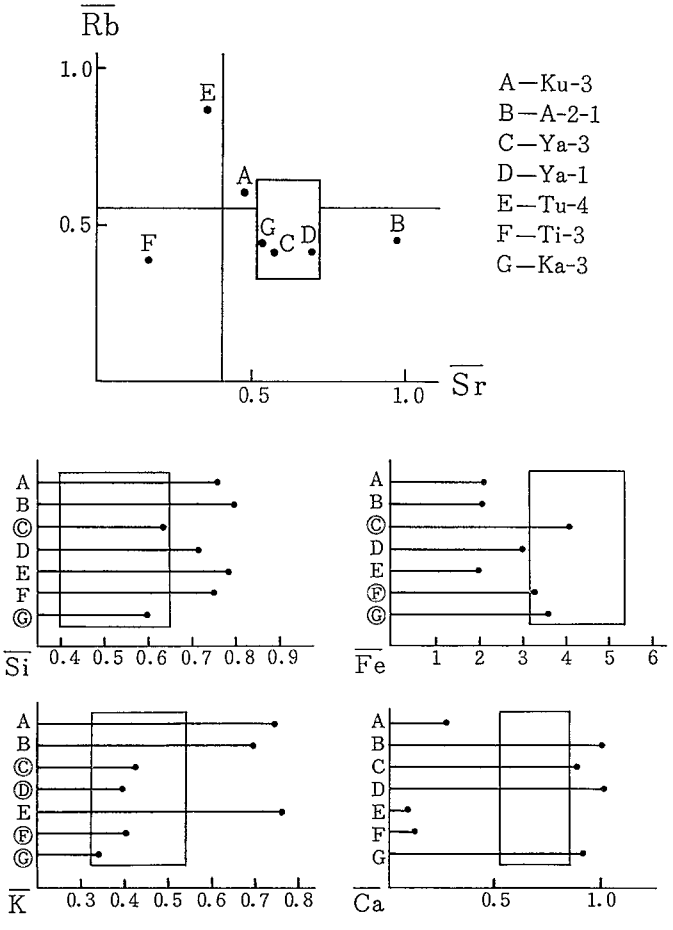
表2　復元用粘土の土質

Table 2.　Analysis of Clay Used in our Reproduction

粘土記号	Ｙａ－３			
採取地	天理市大字柳本小字小新堂３４５０番地			
可塑性	実験１	実験２	実験３	総合判定
土性	A	41 mm	43 min	A
土性	ＣＬ　埴壌土			
土色	生粘土		焼成素地	
	暗褐　10ＹＲ　3／4		明赤褐　5ＹＲ　5／8	
収縮率	乾燥	焼成	生粘土から焼成後まで	
	4.0％	1.04％	5.0％	
圧縮強度	1725 kg　加圧速度　2×1　mm／min　30×30×15 mm			

蛍光Ｘ線による素地分析

（奈良教育大学 三辻研究室）



6. 蛍光X線による素地分析実験[2)]

これらの実験及び観察の結果，メスリ山古墳のほぼ真北にあたる直線距離で約5600mの地域の地下1mのところに，メスリ山古墳出土の特殊円筒埴輪と極めて近い質の埴土が，埋蔵されていることが判明した。したがって，この埴土を使用すれば，巨大埴輪の復元が可能であるという結論に達した(表2)。[3)]

この地域は，古代から神奈備の神域として崇拝され続けてきた三輪山の裾野でもあり，聖なる山を源として流れいづる巻向川の扇状地にあたる。また，大規模な集落遺跡として有名な纒向・太田遺跡とも隣接しており，柳本の渋谷向山古墳（景行天皇陵）は北東200mのところにある。この地域は，今のところ奈良県遺跡地図には遺跡として指定されていないが実情は纒向・太田遺跡に匹敵する埋蔵文化財が存在するものと推定できる。さらに調査が進めば古代における重要なポイントとして浮び上がるであろう。

5. 器形の製作技法

巨大埴輪の製作[4)]に先だち，奈良県立橿原考古学研究所附属博物館に展示してある，出土した埴輪片をもとに修復したメスリ山古墳の特殊円筒埴輪群の観察から始めた。細部観察は製作上欠かすことはできないが，巨大埴輪全体のイメージを看取することも重要な観察作業である。

5—1 準 備

復元製作のために採取した2000kgの粘土から，混入している異物を丹念に摘出し，土質と含水量を均一になるようによく練り上げ，粘土を暗所で10日間程ねかしておく。この粘土の収縮率は，5％（生粘土から焼成後まで）であると実験で判明しているので，仕上げ寸法に乗じて製作寸法の割り出しをおこなう（図2）。

製作は，地下1mの土壙の中で作業をするので，基礎部分にあたる床は，埴輪の重量や地下水などを考慮して，砂利を 10cm 程度敷きつめよく突き固める。

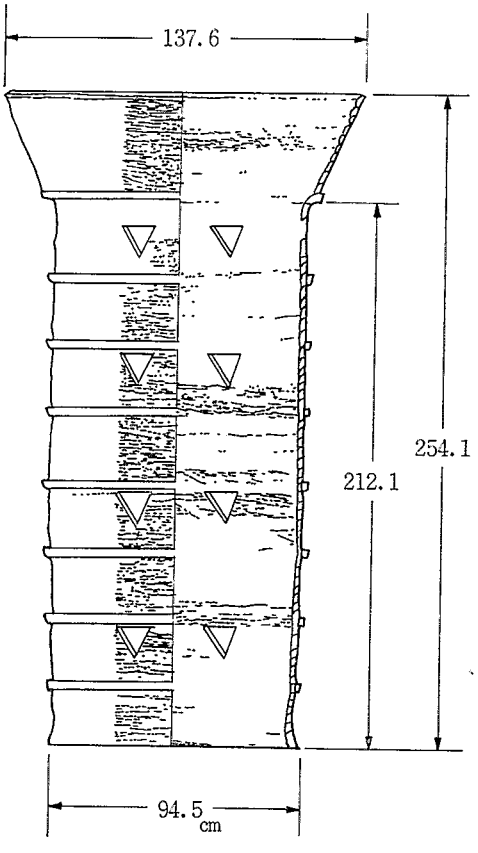


図2 生粘土による製作寸法

Fig. 2. Size of Haniwa of our Trial Reproduction by "Nama Nendo" (Wet Clay)

5—2　製　作

土台は，巨大埴輪の全重量を支え，焼成にも耐えるものでなければならないので，製作工程の中で最も重要な作業のひとつである。径10 cm の太い粘土紐をドーナツ状に床面におき，たたき棒でよくしめて，直径100 cm，厚み 3 cm に仕上げる。その中心に小さな杭を打ち，円筒部の垂心点とする。垂心点は，常に円筒の中心にあり，器壁はこれと等距離にある。上からの垂線が製作の指針となり，これがずれると巨大埴輪は崩壊の憂き目にあう。

円筒本体の製作は，径 3 cm 程度の粘土紐を積み上げ技法で，器壁の厚みを一円玉の直径より薄く整えながら丁寧に圧着していく。一日の積み上げ許容高は，条件によって異なるが平均10～15 cm は可能である（図 3）。

表面調整は，器壁がややしっかりしてから，内外壁とも櫛状のハケで，指ナデの凹凸を修整し横ハケ目として仕上げる。

凸帯は，極薄の器壁を補強するスパイラル的存在であり，円筒のタガと考えられる。凸帯の取り付けは，まず器壁にヘラ目をつけ，その上に粘土紐を圧着しながら水平に一周する。さらに，親指と人さし指と中指の三本で粘土紐をおさえながら，一気に埴輪の周囲を回って仕上げるとよい。

透し孔は，乾燥時には通風孔として，焼成時には内壁と外壁の焼成温度差を是正しながら，全体の炎の廻りをうながす重要な役割りをはたすことになる。切り込みは，鋭利なヘラを使用する。

このように，円筒積み上げ，ハケ目，凸帯，透し孔という順序で 4 回繰り返すと，高さ 2m の円筒部分ができあがる。この時点での製作には足場が必要となり，基底部から中間部にかけては乾燥が始まり粘土は白くなってくる。

漏斗状に開口した最上部の製作は，粘土の乾燥状態をみながら時間をかけて積み上げなければならない。約10段積み上げると口縁部に至り，高さ 254cm，口縁部直径 138 cm で巨大埴輪は，形器製作の終了となる。

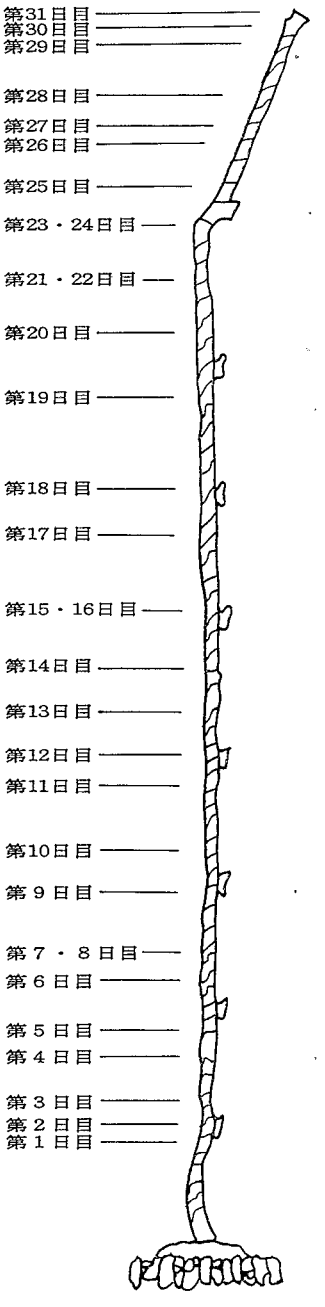


図3　製　作　工　程

Fig. 3. Process of our Reproduction of Haniwa

この復元製作で用いる道具類としては，古墳時代に存在したと考えられるものを使用し，鍬，鋤，胴付，準縄，土錐，クシハケ，ヘラ，タタキ棒，布，縄といった程度のもので充分製作実験することができた。

製作日数や作業人数は，製作時期や技術の程度により相当の違いがある。この器形製作の作業だけで，延人数223人，所要日数31日間となったが，熟練した人であれば，3人で15日間，延人数45人で仕上げることは可能であると考えられる。さらに製作基数が増えれば，器壁の積み上げ時の粘土の乾燥待ちがなくなるので，能率はもっと向上するであろう。

乾燥は，ただ放置しておけばよいというものではなく，天候や風向によって片乾きしないように介錯してやらねばならない。乾燥期間は，窯のことも考慮して約2ヶ月は必要と考えられる。今回の実験においては，3～10 cm 程度の亀裂が基底部に数ヶ所発生したが，これは巨大埴輪のもつ宿命的現象ともいえる（写真1～7）。

6. 焼 成 技 法

焼成は，粘土を構成する微細な鉱物粒子の加熱による収縮反応であり，焼き締って硬度を増す。「土ばなれ」という状態は約 600°C 前後で形成され，土器類の焼成温度の下限ともなる。

京都の名工であった欽古堂亀祐が，陶器づくりの極意を著した『陶器指南』（文政13年，1830年）のなかで

「火ノ加減イロイロアリ，ツクシガタシ，試ミテシルベシ」

と述べている。現代の整った窯様式においても，陶磁器を焼成するための熱エネルギーのコントロールは至難であり，完全な焼成結果を得ることはまれである。また，焼成という最後の製作工程において失敗すれば，数ヶ月間の労力も水泡となってしまうので，慎重に作業を進めなければならない。

巨大な埴輪を焼成し終え，供献具として荘厳に配置されたとき，少なくとも関係者にとって埴輪に未来永劫を求める心象は理解することができる。その意味で，焼成する行為は祈りに通じる儀式でもある。

6—1 窯 の 推 定

筆者の考えている窯とは「燃焼と焼成の位置が異なり，熱エネルギーの放射拡散を制御する手段を構じたもの」をいう。

縄文土器と弥生土器とを相対的に論じるとき，その時代の背景となる生活様式とそれにかかわる利用方法などからくる土器の形態がポイントになるが，筆者は第1に焼成技法の問題をとりあげる。

縄文土器の焼成雰囲気は，総体的に不完全燃焼による炭火状態を示す。これは，いわゆる野焼きの形態からくるもので，焼成と燃焼の位置が同居するために起因する現象である。出土した使用済みの土器は，さらに二次的に炭化することもある。それにくらべて弥生土器は，色彩としては総体的に明褐色である。これは，土器のおかれた焼成位置と燃料を燃やす燃焼位置の距離関係によるもので，焼成雰囲気は酸化焼成になり焼成温度も高くなると考えられ，始原的な窯の存在を意味するものと推察した。出土した弥生土器に，ときには黒斑を伴うものがあるが，これは焼成温度や焼成時間により土

器の重なり部分に付着するもので，現在の電気窯でも意図的に黒斑を付着させることができる。要約すると，縄文土器と弥生土器との重要な相違点は，燃焼と焼成の位置関係であり，弥生土器は始原的な窯様式によって焼成されたと考えられる。また，古代窯業において弥生土器の延長上にあると考えられる特殊器台や円筒埴輪は，窯の使用によって焼成され，ましてや巨大な特殊円筒埴輪の高度な製作技術の存在と焼成技術とが必然的に連動した結果，出現したものである。

大陸では，仰韶文化（B.C 5000年頃～）に彩陶が出現し，龍山文化（B.C 2500年頃～）では黒陶が完成されている。黒陶の焼成には炭素の伴う CO_2 の圧力を必要とし，密閉状態になる焼成空間（陰窯）が存在して焼成が可能となる。また，殷時代（B.C 1590年～1300年）になると白陶や灰釉陶，さらに青銅器の出現によってかなりの高温焼成がなされ，窯様式も確立されていた。そして，日本の弥生時代前期と同時期にあたる秦時代（B.C 221年～206年）には，形象埴輪との関係も考えられる有名な兵馬俑が製作され，宮殿や万里の長城を築造するために膨大な塼も焼成され，大陸での窯業技術は質，量ともにひとつのピークに達していたのである。日本では，古墳時代前期にメスリ山古墳の巨大な特殊円筒埴輪が出現するが，前述の大陸文化はこれより約500年も以前の様子である。しかし，当時はすでに青銅器，さらに鉄器の技術導入もさかんにおこなわれ，鋳造のための温度制御技術も確立されており，弥生土器においても，単純な焼土壙を含めた始原的な窯様式により，酸化焼成が広くおこなわれていたと考えられる。

現実の問題として，実証を旨とする考古学の立場からみれば，窯業遺跡の発掘事例が必要になってくる。筆者は，巨大埴輪の焼成場所に限るならば，きわめて広い平坦な土地を使用したものと考えている。墳墓の築造が終了すれば次の現場へと移動していき，残された焼成場所は，整理もしくは農耕への転用がなされたとすると，遺跡として現存する可能性は少なくなる。あるいは，単純な焼土壙として問題にされなかったことも考えられる。[5] 五世紀になれば，高火度焼成された穴窯の発掘事例が増えてくる。この現象は，高火度に耐えうる粘土を農耕に適さない山地に求め，焼成に多量の薪を必要とし，窯の構造として山の傾斜面を利用するようになり，平坦から山地へと移行していった結果であろう。したがって，農耕や生産と直接結びつかない山地の窯業遺跡の現存率も高くなるものと推測する。

6—2　窯の構造と築造

巨大埴輪を多量に製作し焼成するには，かなりの作業面積が要求され，しかも傾斜地よりも平坦な場所が望まれる。そこでまず，製作と焼成という連続した作業において考えられる巨大埴輪用の窯の構造を考察した。

生粘土で直径1m近い巨大埴輪の製作に必要とする基礎面積は，作業用の足場を含めて一基につき約1坪（3.3 m^2）となり，床面は水平でなければならない。製作する生粘土の状態での全高は2.5mを超えるので，円筒部の高さが1mを超えると足場の設置が必要となる。そこで基礎の土台を1m程度，地表より掘りくぼめ，半地下式の構造にすれば足場の高さは地表面になり，土壙の側壁は窯壁の

一部を兼用することになる。この構造の原理は，竪穴式住居や斜面をくり抜いた穴窯にも応用されている。

復元作業で焼成する埴輪は，最大級の二基を中心として，それに高坏形特殊円筒埴輪の二基を加えて合計四基で，それらの同時焼成を試みるために，窯の床面積は広くなる。したがって天井部のない開放的な「半地下式無蓋窯」となる（図4）。しかし，野焼と同じ吹抜けの無蓋にすれば熱量の放出が大きく，温度上昇に無理が生じる可能性がある。焼成物が巨大化すればするほど全体の焼成温度差をなくさなければ完全な焼成は成立しない。とくに埴輪の基底部の温度確保が成否のポイントとなる。そこで，燃焼部にあたる焚き口を四方にとりつけ，熱量の補強を計った。この構造の規模を拡大すれば，メスリ山古墳に配列されていたすべての巨大な特殊円筒埴輪を，同時に焼成することも可能である。

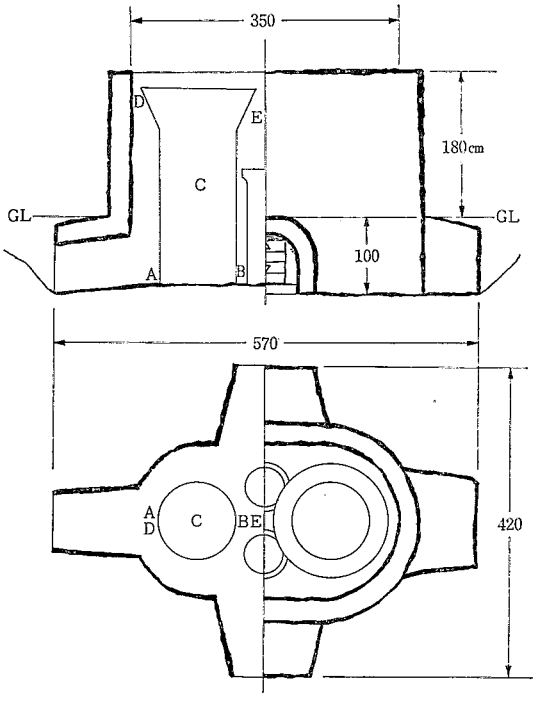


図4　窯構造及び焼成温度測定場所

Fig. 4. Structure of Kiln and Spots Where Temperature of Calcination Was Measured

焼成後，窯からの搬出は，埴輪が巨大であるために窯の一部を取り壊わす「こわし窯」として，巨大埴輪を外に取り出すことになる。

築窯に際しては，芯材として板石状のものや粘土塊を土壁風に積み重ねていき，目地は泥土で埋めれば窯壁として安定し，熱量の損失も少なくなる。焚口の上部は，アーチ状に枝木や竹を用いて型をつくり，その上に藁を混入した粘土をのせて固めればよい。この実験では時間や労力の関係で，古瓦2500枚を芯材として利用し，目地は屋根葺き用の泥土を2tトラック2台分使用した。これらの技術は，古代から土壁や土塁として応用されているので特に目新らしいものではない。

6—3　焙り（アブリ）

焼成する前段階として「焙り」という焼成作業がある。これには2種類ある。一つは，乾燥を促進するために焙るもので「捨て焙り」または「門火」と呼ぶ。これは，半地下式の窯の中にすえられた巨大埴輪と窯壁の乾燥に必要な過程で，3～5日間（1日5～6時間）ぐらい続ければよい。もう一つの「焙り」は本焼成に連続する直前の焼成技法で，窯内部が暗赤色になる600°Cぐらいまでの焼成初期段階の作業をいう。この焼成段階では器壁の水分を完全に抜きとることと有機物の酸化と分解を促すために，150°C前後の温度を約10時間維持する。この作業で最も注意しなければいけないのは，

焼成物である巨大埴輪を均一に，しかも徐々に加熱することである。もし一部分に急激な加熱がなされると素地に含まれている石英質の物質が 500～600°C で急に分解と収縮を起こすので，崩壊もしくは亀裂を生じる危険性がある。また，300～400°C で器壁内部の残留水分が，表面へ移動する速度より早く温度を上昇させると，内部の残留水分が急激に気化膨張して爆発的崩壊現象を起すこともある。巨大埴輪は，基底部から口縁部への対角線を測ると約 2.7m になり，尋常の「焙り」では対応できないので慎重に気配りすることが肝要である。

6—4 本　焼

「焙り」が充分におこなわれ，窯内部が暗赤色から赤味が増し「すす切れ」の状態になりはじめると，巨大埴輪の爆発的崩壊の危険性は無くなる。それから焚き口の燃料を増量して空気の流入をおさえれば，温度は徐々に上昇する。そうすれば，窯が自然に炎を吸い込むようになり，全体の温度が急に上昇する。この段階を「せめ焚き」と呼び，最も緊張する作業である。この焼成実験では，点火後約15時間で最高温度 1080°C，最低温度 800°C となり，巨大な埴輪全体が透明感のある美しい赤色オレンジとなった。埴輪の円筒部にある三角の透し孔へ幾すじもの炎が吸い込まれ，円筒の内壁を炎が嘗め廻っている様は，透し孔の存在理由が解き明かされた想いである。窯の上部からは埴輪を包み絞るように赤い炎が立ち登り，その高さは 5m を超えるようになった。その先端の火の粉は，上昇気流にのって 50m ぐらい風下へと拡散していった。

この時点で筆者は，埴輪の基底部の焼成不足を危惧していたが，四方に設けた焚口の効用と「ムラシ」技法によって，巨大埴輪の全重量を支えうるに充分な焼成温度が得られたと判断して，燃料の投入を停止した。一基の埴輪口縁部には，すでに一条の貫入が発生していたが，これは部分的な温度差に起因したものと判断する。

この焼成実験に必要な実労人員は，四方の焚き口に 2 人ずつの合計 8 人程度で充分である。

6—5 さ ま し

埴輪焼成に必要な温度が得られたのち，熟成時間を若干おいてから燃料の投入を停止すると，開放型の窯では急激に温度の低下が始まる。この時点でも，埴輪の温度差が拡大されていけば亀裂は新らたに発生する。これを「さめ割れ」といい，防止策を講じなければならない。小規模な野焼き焼成では，器物の上に平均して灰が被さるように処置すればよい。

この実験では，火を止めて炎の落ちた時点で，水分を充分に含ませた藁をかぶせて，その灰で埴輪上部の放熱を防ぐ予定で，軽トラック満載の一台分を準備した。しかし，当日は，微風ながら火の粉の拡散が大きくなり，周辺の住宅環境と地元消防署の中止勧告などを勘案して予定変更し，セラミックス・ファイバーで埴輪上部を覆って終了した。

焚き口は，燃料を内部に残存したまま，土で密閉し，焚き口からの空気流入を防止した。

6—6 燃　料

燃焼という現象は，一種の化学反応であり，可燃物の炭素や水素が空気中の酸素と化合して二酸化炭素と水になる酸化反応をいい，そのときに多量の酸化熱を発生する。

$$C+O_2=CO_2+97000\ \mathrm{cal}$$

この化学式に表わされた熱量が，巨大埴輪の焼成に用いられることになる。[6]

古代の窯業に，どんな燃料が使用されたかは，大変興味ある問題である。3世紀ごろの日本のようすを記述した『魏志倭人伝』には，クスノキ・クヌギ・カシなどの広葉樹木の名前が出てくるが，マツについての記述はない。また，遺跡などの地中から検出された花粉の分析結果からも，弥生時代にはまだアカマツ・クロマツとも少なく，絶対的に多いのはカシをはじめとする広葉樹木だったといわれている。ある研究では，5世紀後半，6世紀後半，7世紀後半，8世紀前半のそれぞれの窯跡から摘出した木炭の分析により，古い時代の窯跡の木炭はほとんどが広葉樹木であるが，7世紀後半から8世紀前半には，アカマツがほぼ全部を占めることが報告されている。[7]

したがって，古墳時代前期の埴輪は，広葉樹木で焼成されたものと類推できる。この焼成実験では，広葉樹木の入手が困難であったので，桜井市の地場産業である杉・檜の製材工場から提供をうけた木端を主として使用した。それは，角柱や足場丸太の切れ端（径 5～15 cm，長さ 40～60 cm），それに集成材の切れ端（5～20 cm 角のサイコロ状），薄い杉板などが大部分であった。燃料の保管は，ほとんど野ざらしの状態であった。

燃料の使用量は，材質により多少の変動があるが，

焙り焼成　6時間×5日間＝30時間焼成

使用量　約4トン（2tトラック×2台）

本 焼 成　14時間30分焼成

使用量　約10トン（2tトラック×5台）

全焼成時間は，44時間30分。燃料使用量は，約14トン（2t トラック×7台）であった。

6—7 焼成温度測定

野焼きや窯の焼成温度を測定する方法は，現在では，次のものがあげられる。

1. ゼーゲルコーンによる測定
2. 熱電対による測定
3. 光学高温計による測定
4. 釉薬の融点利用による測定
5. 火色による測定

これらの焼成温度測定法は，焼成の方法や窯の形式によって選択するとよいが，1種類の温度測定法よりも2種類以上の温度測定法を併用することが望ましい。その理由は，それぞれの測定法には長所

と短所があり，それを熟知した上で組み合わせれば，より的確な焼成温度を把握することができるからである。

この焼成実験は，始原的な窯様式を用いて巨大な埴輪を焼成する試みであるから，各部分の焼成温度差を完全に無くすことは無理であり，焼成温度差に起因する亀裂や変形，未焼成といったことを防止する焼成技術は，焼成物体が大きくなればなるほど経験と熟練が必要となる。この焼成実験では次の温度測定法を用いて温度管理と記録を試みた。

1. 熱電対による測定

熱電対というのは，2種類の金属線の先端を溶接し，その接合部分を加熱すると小さな熱起電力が発生する。それを，ミリボルトメーターに接続すれば，焼成温度に換算されて表示される仕組みになっている。この2種類の金属線は，測定する温度によって材質を選定しなければならない。代表的なものは，白金と白金ロジウム（450～1400°C）であるが，土器や埴輪の焼成温度であれば，クロメルとアルメル（250～1230°C）が適当であるのでこれを使用した。測定個所は12点である（図4, 5)。

使用した温度測定器材は次のものである。

（センサー）　クロメル・アルメル熱電対

シース径　2mm　　長さ　2m　　数量　12本

（計 測 器）　ララン記録計

最大計測温度　1200°C　　チャート速度　100mm/hr

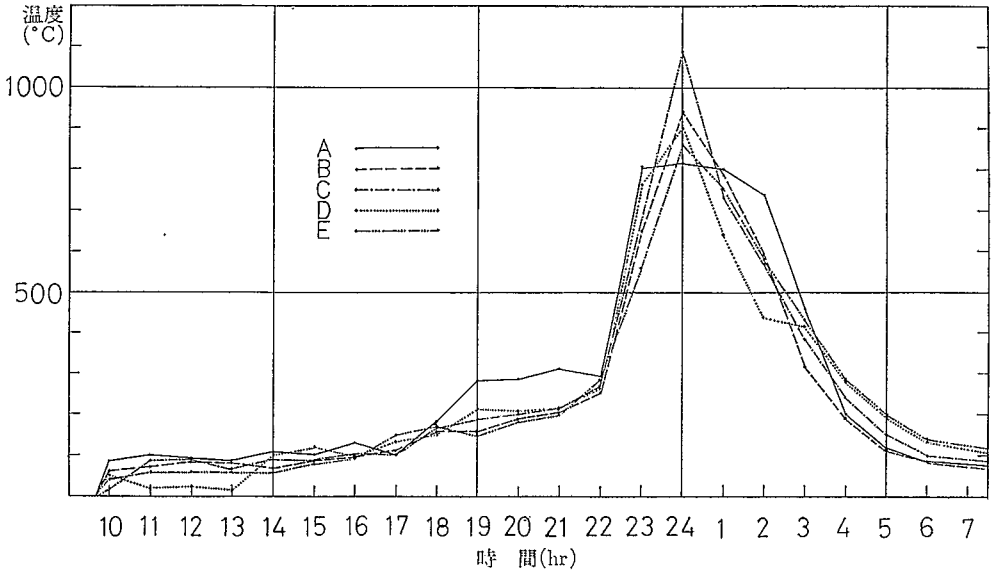


図5　熱電対による焼成温度測定

Fig. 5. Temperature of Calcination Measured by Thermoelectric Couples

2. 釉薬の融点利用による測定

釉薬は本来，器物に塗布するものであるが，古来から，色見と称して伝統的な登窯の焼成には欠かすことのできない焼成温度測定法である。ここでは，釉薬の組成を釉原料の調合により，融点の異なる釉薬を5種類（600・700・800・900・1000°C）作成し，100×60×15 mm の粘土板に埋め込んだ。それを，埴輪の器壁に接するように設置した。設置個所は，熱電対と同地点である。

釉薬の調合と，焼成による熔融状態を次の表3で示す。

表3　釉薬の調合・融点・溶融状態

Table 3. Component, Melting Point and Melting Condition of Glaze

	釉　記　号	A－1	A－2	A－3	A－4	A－5
釉原料と調合	H_3BO_3	20				
	$2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$	60				
	Pb_3O_4		60	50	45	40
	SiO_2	20	40	50	55	60
釉の融点と溶融状態	600°C	+	−	−	−	−
	700	+	+	−	−	−
	800	+	+	+	−	−
	900	+	+	+	+	−
	1000	+	+	+	+	+
焼成温度測定場所と溶融状態	A	⧻	⧺	+	+	−
	B	⧻	⧺	+	+	−
	C	⧻	⧻	⧺	+	+
	D	⧻	⧺	+	+	−
	E	⧻	⧺	+	−	−

3. 火色による測定

この測定は，温度によって発する可視光線の色彩によって測定するものであるが，この方法には長い経験による熟練を必要とする。筆者は20年間の窯焚きでこの測定法を習得し，100度きざみの温度であれば測定が可能である。ただ，火の色の表示には個人差の伴う表現があるので，色名による温度の絶対表示は今のところ困難である（写真8～15）。

6—8　窯壁の焼成状況

窯壁は，古瓦を芯材とし，目地に屋根葺き用の藁を混入した粒子のやや荒い赤色壌土を使用し，焼成後，窯を取り壊すときに，窯壁の各部分の焼成状況を観察した結果は次のとおりである。

焼成後の窯壁は，全体的にどの部分も平均して焼き締められ，表面から約 20 mm までの第1層は完全に埴輪と同じ明褐色の素焼状態であり，第2層は約 15 mm の幅で土離れのした状態を示していた。さらに，第3層は約 40 mm の幅をもち，粘土に含有していた有機物質が炭化してカーボンを含んだ状態であった。

したがって，一度の焼成（800～1100°C，約15時間焼成）で，窯壁の内部表面から 75～80 mm までは焼成熱の影響があることが判別できた。

7. 運　搬　方　法

焼成された巨大な特殊円筒埴輪の運搬方法は，種々の推測がなされている。器壁が 15～18 mm と極薄の厚みで，300 kg 近くの重量をささえ，多少の亀裂も存在していたと考えられる巨大埴輪を焼成場所から搬出し，さらに，26度の傾斜面をもつ墳丘の頂上へ運搬する方法を推定し実験することは，大変興味あることのひとつである。

筆者は，器形・重量・搬入地の地形などの条件を考慮して，基本的な運搬方法を，吊り上げ方式と推定した。まず，下から一段目の凸帯部を利用して荒縄を5重程度巻きつけ，その荒縄帯に，手拭い状の布を紐にして差し込み，手で吊り上げやすい輪を10ケ所程度とりつける。これを持って吊り上げるだけでも移動は可能だが，地形によっては重心が上部にあるため不安定になる。そこで，円筒の中間部にある三角の透し孔へ，平均径 7 cm，長さ 4m の丸太棒2本を通して，段違いの十字形になるようにする。報告書[1]には，透し孔に残る欠けた状況から，この棒の役割りを指摘しておられるが，この棒はあくまで前後左右の揺れを防止するためで，決して埴輪の重量を支えるものではない。したがって，この棒の両端には一人ずつ合計4人を配置するだけでよい。さらに，全体をさらし布で巻き付ければ，多少の揺れや衝撃には充分に耐えることができる。

この方法で，平坦地と傾斜地とを含めて10m程度の運搬実験をおこなったが，至って順調に運搬することができた。吊り上げに必要な実労人数は，一搬男子10人程度で重量の負担を感じないことが確認され，総勢14人程度の単位で運搬が可能であることが実験の結果で判明した。

8. 崩　壊　観　察

墳丘に，威風堂々と林立する巨大埴輪群が，どのような経過で崩壊消滅していったかを想い巡らすことは，生生流転のもの悲しさが付きまとう。一族が跡絶え，墓守りが去っていったときから荒廃が始まる。巨大埴輪が，その天寿を全うして音もなく崩壊していったのか，それとも，闖入者によって激しく破壊し尽くされたのか，埴輪は何も語ってはくれない。

筆者は，巨大な特殊円筒埴輪が自然放置の状態で，どれほどの寿命を長らえることができるのか興味をいだいた。そこで，搬出途中の不注意からヒビが大きくはいった巨大埴輪の一基と，高坏形特殊円筒埴輪一基の計2基を崩壊観察に使用した。古墳時代の自然環境や気候条件は，現在とかなり異なるが，埴輪の存在期間を予測する上での一資料になると考える。自然放置の条件は，巨大埴輪は日当りのよい乾燥した山頂部に，高坏形特殊円筒埴輪は風通しはよいがやや日影のできる場所に設置した。観察開始は，1984年2月末日からで，現在で約半年経過したが大きな変化はみられない。接地部分には苔がはえ，埴輪内部には夏草が生い茂り，貫入部分には雨水による水あかの蓄積がわずかに観察できる。

この観察は，これからも崩壊するまで継続的におこなう予定である（写真16～19）。

9. 結　　語

永い眠りから陽の目をみた小さな埴輪片には，古代の世界において到達した文化や技術のデータが充満している。これにかかわる現代人は，情報の解読にさまざまな角度からの照射を行って得るデータを活用しなければならない。この製作復元の実験で再認識したことは，古代人の英知と本能的感覚には推し量れないものがあり，現代人の多くは，これを過少評価しているきらいがある。古代人になりきれなかった感覚のズレは致し方ないが，巨大埴輪の製作という追体験によって，古代人の心象と重ね合わせるひとときもあった。

筆者の専門は，考古学でも考古物理学でもない。毎日，粘土と悪戦苦闘している陶芸家である。この製作復元の実験も，土に携わるものの視点から組み立てた考察であり，それぞれの専門の視点から検討すれば，意見や修正を求められる点も考えられるが，これをたたき台として新しい考察と実験がなされれば幸甚である。

この巨大埴輪の製作復元は，筆者のライフワークとする課題のひとつであるが，その実現はひとりの力でなせるものではない。この作業にたずさわった人達の作業内容の質量を問わずに概算すれば，延800人に迫る老若男女が参加して協力したことになる。これは，地域の古文化財を祭神とした「炎の祭典」であったかもしれない。氏子として，立派に祭を盛り上げて重責を果たされた桜井市の陶芸クラブの皆様，桜井市中央公民館及び奈良教育大学の院生諸氏に深く感謝の意を表します。また，土質実験に誠意をもってご協力して下さった三辻利一教授，そして，本稿のご指導とご教示をして頂いた市川米太教授に厚く御礼申し上げます。

なお，本稿のなかの「粘土探査と土質実験」は文部省特定研究報告書で，「製作技法」は奈良教育大学紀要ですでに報告しているので，重複を避けるために，本稿では概要にとどめ，「焼成技法」に重点を置いて記述した。また，復元製作した巨大な特殊円筒埴輪一基は，メスリ山古墳の所在する桜井市の市民会館ロビーに展示され，地元市民の古文化財意識の高揚に役立っている。

図1

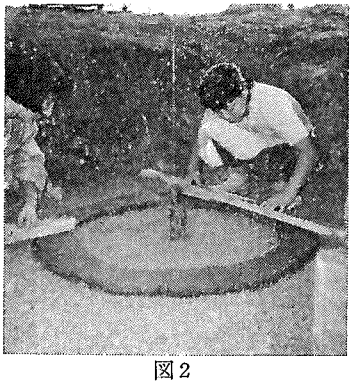


図2

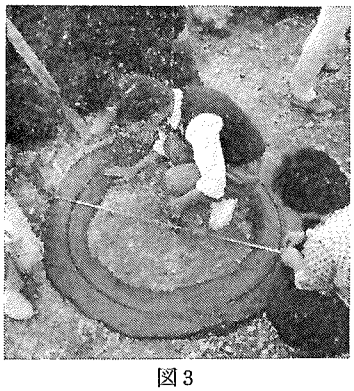


図3

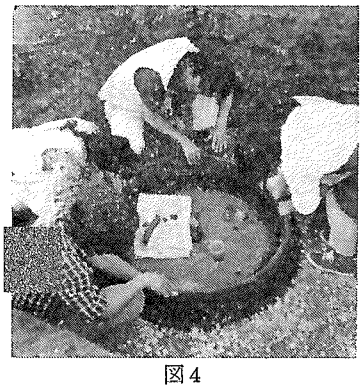


図4

図5

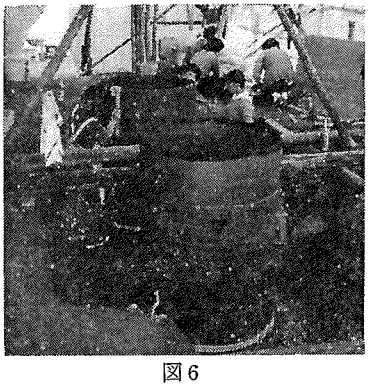


図6

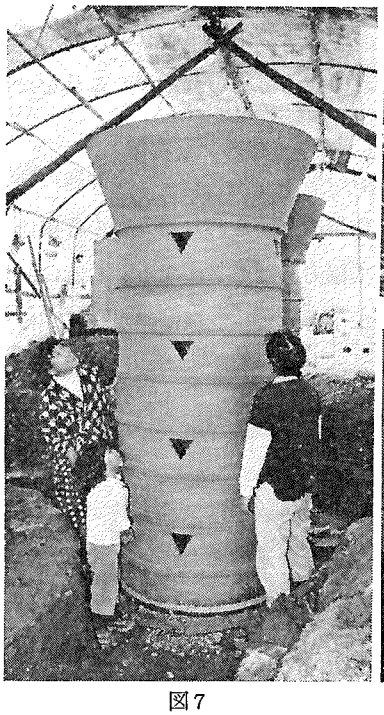


図7

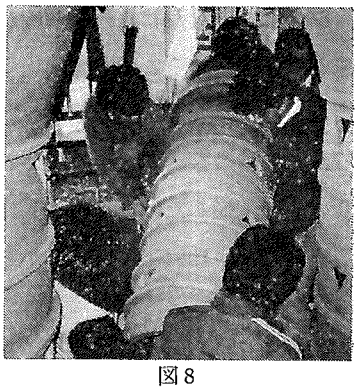


図8

図9

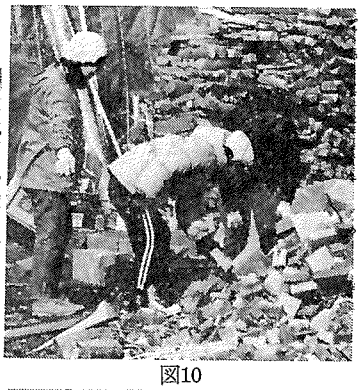


図10

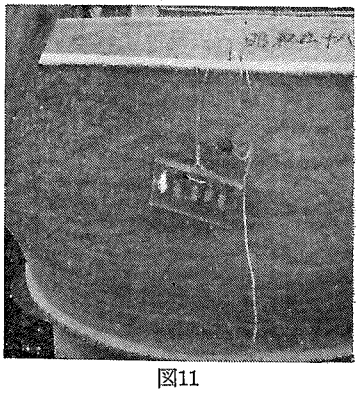


図11

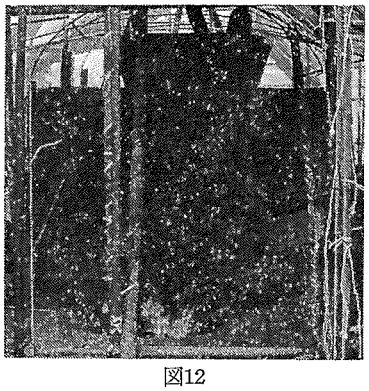


図12

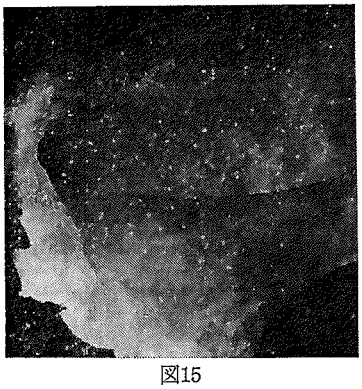


図15

図18

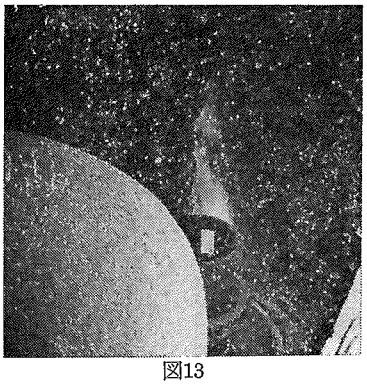


図13

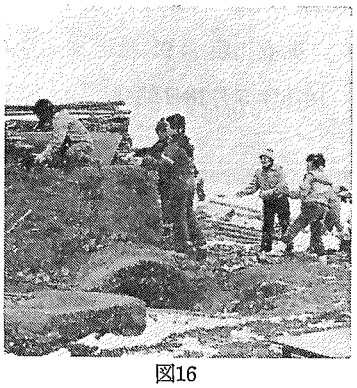


図16

図19

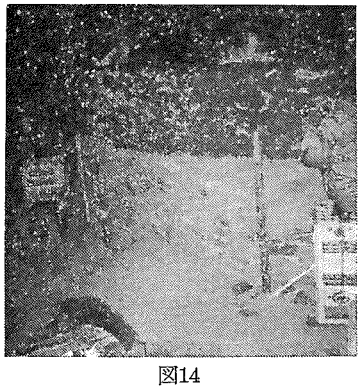


図14

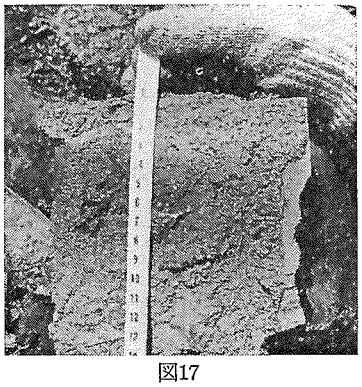


図17

参 考 文 献

1) 奈良県立橿原考古学研究所(1977)「メスリ山古墳」 奈良県史跡名勝天然記念物調査報告 第35冊.

2) 三辻利一(1983)「古代土器の産地推定法」 ニュー・サイエンス社.

3) 脇田宗孝(1984)「巨大埴輪復元のための土質研究」 文化財教育に関する総合的研究 文部省特定研究報告書 奈良教育大学古文化財教育研究室：125～139頁.

4) 脇田宗孝(1984)「巨大埴輪における製作技法の考察とその実験」 奈良教育大学紀要 第33巻第1号：109～124頁.

5) 中村 浩(1982)「窯業遺跡入門」 ニュー・サイエンス社 ：8.

6) 崎川範行(1970)「燃焼の科学」 共立出版 ：9.

7) 西田正規(1976)「朝日新聞」 1976年5月18日朝刊.

A Study on the Technique of Producing the Huge Haniwa and a Trial of Firing in Reproducing the Huge Haniwa

Munetaka WAKITA

Nara University of Education Takabatake-cho, Nara City

The biggest haniwa that were produced in Japan are the huge-sized "Tokushu Ento Haniwa" (Special Kind of Cylindrical Haniwa). They were unearthed from the ancient mound of Mt. Mesuri, which is situated in Sakurai City in Nara Prefecture. This old mound is said to have been built in the early part of the ancient Tumulus Period (the 4th century A. D.) and is supposed to have been a burial place of a mighty chief of Yamato Government of old Japan.

This huge special kind of cylindrical haniwa is 242 cm in height and 131 cm in maximum diameter of the cylindrical part. And the technique of this haniwa has been regarded as unique in the history of ancient ceramics and it is still wrapped in mystery in many parts.

The aim of this paper is to discuss the quality of the clay, the production technique, the calcination technique, and the method of transportation of this huge special kind of cylindrical haniwa and to present the results of our experimental reproduction of this haniwa.