

平成14年度学習講座「須恵器づくり」の概要

川畑 誠

はじめに

財団法人石川県埋蔵文化財センターは、平成13年5月にオープンした古代体験ひろばで、石川県教育委員会より委託を受けて、年間を通じて様々な古代体験学習を実施している。

この古代体験学習のひとつに、学習講座「須恵器づくり」がある。須恵器とは、古墳時代中頃（5世紀前半代）に朝鮮半島から伝わった成形・焼成技術により作られた青く硬く焼き締まった土器である。成形時の口クロ技術や、穴窯を構築して1,100以上の高温で還元焼成を行う技術など、それまでの日本列島の焼き物にはない高度な技術体系を特徴とする。この焼き物は、短期間のうちに各地に拡がり、県内でも6世紀を相前後する時期に羽咋市柳田ウツノ1号窯などで操業が確認されている。7世紀に入ると北陸地方は、次第に整備されつつあった律令国家の政策の一環として、旧郡程度に1つの窯跡群が操業し、狭域分業体制を目指した「一郡一窯体制」が確立する。そして当時の土製食器や貯蔵具類のほとんどが須恵器で作られ、平安時代前期まで人々の「食」で重要な役割を担ってきた。また、この技術は中世の珠洲焼に受け継がれており、学習講座の中でも「石川県らしい」体験学習の一つともいえる。

学習講座「須恵器づくり」は、古代の須恵器成形・焼成技術の追体験と復元実験を目的に、中学生以上の県民を対象に開講している。2回目となる平成14年度は、10月20日(日)、27日(日)に須恵器製作を計画、各日30名の参加者の募集を行い、両日で28名の参加者を得ている。その後、11月14・15日の窯詰め作業を経て、11月16日(土)午前10時～18日(月)午後1時までの51時間の窯焚き、24日(日)に窯出しを行った。なお、一般に須恵器の製作は、陶土の採掘、生地調整・ねかせに始まり、製品の成形・調整・施文、乾燥、窯詰め、焼成、窯出しの過程を経る。また穴窯づくりや燃料となる木材の採取なども重要な要素である。これらの復元を目指した研究は少なからず存在し、貴重な成果を導き出している⁽¹⁾。当センター実施の「須恵器づくり」は、学習講座の枠内で可能な須恵器製作過程の一部の復元であることを、先に諒としていただきたい。

1 復元古窯と「須恵器づくり」の目的

古代体験ひろばにある復元古窯は、須恵器を焼成した穴窯をイメージして築かれた半地下式登り窯である。ただし耐火レンガを床・壁とし、水平長730cm、最大幅150cmを測る(第1図)。その構造は、階段床と緩やかな円弧を描く側壁・天井壁をもつ燃焼・焼成部(水平長380cm)と、一辺30cmの断面正方形の煙道部(同350cm)に大別できる⁽²⁾。焚き口は開放状態で最大幅・最大高とも80cm、開放時断面積約0.6㎡を測り、上方はアーチ形を呈する。続く、燃焼部は水平床で、水平長100cm、最大幅150cm、最大高約120cmを測る。焼成部は6段の階段床(各段長40cmまたは50cm)よりなり、煙道部(前半)と同じく傾斜角19度を測る。ゲートダンパー、エアーダンパーが附する煙道部(前半)は水平長280cm、断面積0.09㎡を、垂直に立ち上がる煙道部(後半)は高さ約170cm、断面積0.09㎡をそれぞれ測る。また写真10のとおり、平成14年度の窯焚きでは覆い屋の延焼防止のために煙道部(後半)の上部に長さ2m以上の金属製煙突を追加した。

さて、平成13年度に実施した第1回窯焚きは、陶芸家などの外部の協力者を得ずに、「素人集団」である当センター職員が計画・実施した。主に参考としたのは、既に須恵器焼成の復元実験を蓄積し

つつある福岡県小郡市埋蔵文化財調査センターによる須恵器窯焼き風景を撮影したビデオである。第1回窯焼きは、1時間に20～35の温度上昇を設定して割薪を投入、焼成開始約32時間後に900を超え、還元炎焼成となった。その後、焼き口を耐火レンガおよび柵板で閉じ、またゲートダンパーの頻繁な開閉作業を繰り返すことで、空気流入量を極力抑えながら、焼成開始約40時間後に1,100に到達、ごく短時間であるが1,200を記録した。そして52時間後に焼き口が一杯になるまでの松薪を投入した直後に、耐火レンガと粘土を使って焼き口と煙突をほぼ同時に閉塞した。焼成品は、燃焼部に近い位置に設置した個体で還元と自然釉の融着を認めた一方、大半の個体は炭素が器表に吸着し、いぶし瓦と共通する銀色に光る（銀化した）焼き物となった。

平成14年度の窯焼きは、第1回窯焼きで得られた課題のうち、焼き口および煙突部分の条件設定を極力変更せず、空気流入量に係る今後の焼成への基礎データを得ること、窯閉塞の過程を一部変更して焼成品の銀化解消と還元色を得る方法を確立することに重点を置いて実施することとなった。またオキの掻き出しを極力減らすこと、発掘調査で得られた焼成品の重ね焼きや設置方法の復元についても、課題の一つとしている。

2 須恵器づくりと窯詰め

須恵器づくりに使用した粘土は、小松市若杉町所在の谷口製土所が独自に調合した販売名「九谷A」である。この黄色の色調をもつ粘土は、小松市内の丘陵部で採掘した粘土に、シャモットを含む数種の粘土を調合したものである。学習講座を実施する前に、テストピース数個体を製作、体験工房の電気窯を用いて1,130の酸化焼成を試みている。その結果、縮小率が約88%であること、酸化を示す淡橙色に焼き上がり鉄分を適量含んでいること、極端な焼きゆがみ等が生じないことを確認している。

さて、須恵器を製作する講座は、各日午前10時～午後4時（ガイダンスを含めて約6時間）の日程で、参加者には初めて土器をつくる人も少なくない。そのため、平成13・14年度とも、須恵器の製作技術のうち、回転力の利用に主眼をおいて講座内容を組み立てている。具体的には「底部円盤紐水挽」技法³⁾による無台杯と小型瓶・壺の製作を行っている。この技法は、回転台またはロクロ中心部に置いた粘土塊を、手の平などで叩き締めて円盤状の底部をつくった上に、粘土紐を1段以上積み、回転力を利用した「土ごろし」の後に挽き上げる技法である（第2図）。モデルには、県内遺跡出土の奈良時代の無台杯と奈良～平安時代前期の小形壺・瓶を準備、参加者は平均無台杯3点、小形壺・瓶1点の製作が可能であった。また電動ロクロを設置し、より高度な方法での製作体験も併せてできるように配慮している。

様々な焼成実験に必要な製作品は、約2週間の期間をかけて職員が製作した。先述の「底部円盤紐水挽」技法による製作は、電動ロクロに触れる経験の少ない職員にとって、「土ごろし」や底部成型の簡略化を図れる大きな利点があり、口径14cm程度の無台杯なら数日のうちに10分程度で製作可能となっている。また当て具を用いた甕・横瓶、風船技法による瓶類の製作は、須恵器の観察から復元される製作方法⁴⁾で数人の職員が担当した。製作品は、講座参加者が約140点、職員が約310点、計約450点を数え、体験工房内で位置を変えながら約2～3週間乾燥した。

窯詰めは、11月14・15日の両日に4人の職員が記録を取りながら実施した（写真3～5）。焼成部の各段を右・中央・左の三つに分割、天井に近い高さまで柵板と支柱を用いて3～6段積み上げている。基本的に職員製作品は下2段に、参加者製作品は良好な焼成を期待して3段目以上に設置した。また職員製作品は稲ワラを挟んだ各種の重ね焼きや焼き台の復元実験のため密に配する一方、参加者

製作品は平積みとした。職員製作の中・大型品は、煙道部（前半）に近い段と、焼成部に接した段を利用している。

窯焚きの記録はビデオカメラ、35mmカメラにより撮影を、窯内温度は熱電対温度計を窯壁より4本差し込み、15分ごとに記録することとした。また、下より2・4段目の棚板上にオルトンコーンを9箇所設置している。各箇所のオルトンコーンは990～1230の間で7本を選択した。使用する割薪は、長さ約50cmの広葉樹割薪450束、松割薪200束を準備した。一般に広葉樹は堅くて密度が高いことから火持ちがよいのに対して、松は火持ちがよくないものの脂が多いので高温を得やすいといわれる。なお窯焚き、窯出しについては、安全管理の観点より職員が実施、講座参加者は開園時間内で自由見学に限定している。

3 焼成経過

11月16日（土）午前10時に焚き口前にて割薪に点火、焼成を開始した。焚き口の大きさは、耐火レンガを縦に2列設置したため、断面積約0.45㎡を測る。この焚き口の条件は焼成47時間後まで変更する必要がなく、1,100程度までの温度上昇が可能であった。燃焼部にたまるオキの高さの調整で、空気流入量の調整が一定程度できることから、焚き口の大きさは割薪投入に必要な大きさに規制されるように考えられた。その点でいえば、焚き口最上半のアーチ型を呈した範囲は、割薪投入に影響が少なく、かつ常に空気が流入する状態であったことから、今後なんらかの措置を検討すべきであろう。またゲートダンパーを差し込む部分は粘土などで密閉し、排煙孔も開放状態とした（断面積0.09㎡）。窯焚きの様子、平均温度上昇、割薪投入量の概要は下表のとおりである。

焼成延べ時間(h)	測点2		特 徴	薪の投入数	
	温度変化()	平均上昇度(/h)		総数(束)	平均束数(束/h)
0～9	21 → 185	18.2	・焚き口前にて焼成開始。 ・1時間後より煙が窯内に入り始める。	15	1.7
～17	185 → 244	7.4	・広葉樹薪投入束数を増やす。 ・11時間後に200 到達。燃焼部を用いての焼成を開始。	24	3.0
～24	244 → 444	28.6	・広葉樹薪投入束数を増やすとともに松薪を一部使用。 ・オキが増加し始めたため、掻き混ぜを実施。	37	5.3
～32	444 → 843	49.9	・オキをひんばんに掻き混ぜ、量が増えないようにする。 ・オキ掻き混ぜの後、同時に広葉樹薪2束ずつ投入。 ・31時間後、測点1が1,000 に到達。	69	8.6
～36	843 → 902	14.8	・薪投入ペース維持。オキを燃やす。	36	9.0
～42	902 → 1,028	21.0	・松薪に主体を移行（広葉樹34束＋松41束）。 ・36時間後に土器が明るくなり、排煙孔より還元焼成の黒煙・炎発生。 ・39時間後、測点1が1,134 を記録。	75	12.5
～48	1,028 → 1,037	1.5	・攻め焚きをするが温度上昇鈍く、測点1・3で1,100 前後で推移。 ・薪投入は松主体に実施するが上昇せず（広葉樹21束＋松61束）。 ・オキ増加のため掻き出し、焚き口にレンガ設置して狭くする。	82	13.7
～51	1,037 → 1,116	26.3	・還元焼成維持。オキの掻き混ぜを十分に実施。 ・薪の投入間隔をのばし、一度の投入束数増やす。松のみ使用。 ・測点1で1,145、測点3で1,159 を記録。 ・松薪を大量投入し、焚き口より閉塞を開始。12:55閉塞終了。	45	15.0

焼成は、1時間当たり20～35の温度上昇を目安として割薪を投入し、最初は熱風のみを窯内に送り続けた。熱電対温度計2（測点2）が200を超えた焼成11時間後に初めて焼成部内で焼成を開始した。その後、熱電対温度計2（測点2）が950を超えた焼成36時間後より窯内は還元雰囲気となり、割薪を投入する度に窯内で黒色の炭素ガスが発生、排煙孔より赤色の焰があがり始めた。そして焼成38時間後に熱電対温度計2（測点2）で1,100に到達した。しかし、その後の13時間は割薪の投入方法や量を変えての様々な試みを行うものの1,050～1,100で推移、目標とした1,200には到達することはできなかった（第1表）。その理由としては、前述した焚き口最上半よりの空気流入や、オキの攪拌が不十分であったこと、割薪投入のタイミングなどが考えられる。また窯内の温度差は、測点2と測点4の間で最大80、平均30～50以内で推移しており（第2表）、窯全体がほぼ順調に温まる状況であった。

窯の閉塞は、焼成開始51時間後に行っている。今回の主課題であった窯閉塞の方法は、平成13年度と下表～の工程に相違をもつ。これは、割薪投入により発生する黒色の炭素ガスが大量に過ぎ、結果として土器器面を銀化させるとの指摘や、須恵器の還元色を窯閉塞以後の950までの冷却段階で得ようとしたことによる。

作業は、下表・の作業を実施、測点2で最高温度1,116を記録した後に、12時20分より焚き口の閉塞を開始している。焚き口の閉塞は耐火レンガを積み、その隙間に水で練った土砂を詰め込んでいる（写真11・12）。耐火レンガを積み終えたのは12時38分である。その後、その前に耐火レンガを1列積み、水で練った土砂で入念に密閉を図った。排煙孔の閉塞は、柵板とエンゴロ土を用いて12時41分より開始し、12時55分に終了している。また窯を構成する耐火レンガの隙間は、噴出するガスを頼りにエンゴロ土や砂で埋めている。窯焚きに使用した割薪は広葉樹割薪226束、松割薪157束を数える。

	平成14年度	平成13年度
	オキの攪拌	オキの攪拌
	焚き口一杯になるまでの松薪の投入（14束）	焚き口一杯になるまでの松薪の投入
	窯内での大量の黒色ガスの発生	窯内での大量の黒色ガスの発生
	十分に燃焼させ、黒色ガスがきれて中性焰となる。	（未実施）
	焚き口の閉塞を開始・終了	焚き口、排煙孔の同時閉塞（黒色ガスは窯内に充満）
	ガスを逃がした約20分後に排煙孔の閉塞開始・終了	
	粘土・砂などによる密閉	粘土・砂などによる密閉（窯内温度急激に下降）

窯閉塞後の測点1による窯内温度変化は下表のとおりである。窯内全体がほぼ均一の温度を保ちながら、窯閉塞完了5分後（午後1時）に954、20分後に930と急激に低下、窯出しを始める140時間後には113となっている。

閉塞2時間後	841	閉塞70時間後	238
22時間後	514	96時間後	172
47時間後	342	140時間後	113

4 焼成結果

窯出しは、窯焚き終了後140時間を経た11月24日午前9時より行った。閉塞に用いた耐火レンガ・砂を外した後に、焼成部にたまったオキを掻き出した。オキは、内部で依然として燃えており、その

量は正確に計っていないものの平成13年度の半分程度にとどまる。その後、柵板単位でビデオカメラ、35mmカメラで記録撮影を行いながら午後2時頃に窯出しを終了した。

以下、熱電対温度計、オルトンコーンの溶融や焼成品の観察などより得られた焼成結果を記す。

(1) 温度分布 (第3図)

前述のとおり、目標とした1,200℃には到達していない。熱電対温度計で記録した温度と、オルトンコーンの示す温度帯は若干の相違をみせ、理由として熱電対温度計先端部が窯内に5cm程度しか出ず必ずしも適正な設置ができなかったことや、オルトンコーンの示す温度帯がごく短期間のみであったことなどが考えられる。オルトンコーンの溶融より推定すれば、焼成部に近い第3図aの範囲は1,230℃以上、b～eの範囲は1,160～1,205℃に達し、窯内全体がほぼ均一に暖まったと考えられる。

(2) 器表面の融着 (第3図)

焼成品器表面における自然釉の融着と黒化の分布を観察し、第3図のとおり5つに分類した。aの範囲では、火前にある口縁部などで大粒の自然釉の融着が、また側面を中心に黒化が認められた。自然釉の融着や黒化は、窯尻に向かうにつれ次第に弱くなり、eの範囲に至ると黒化は確認できない。自然釉の融着が一部に限られたことは、温度上昇の不足に起因しよう。ただし、煙道最前部床面に焼き台として設置した平成13年度焼成品に粒状の緑色自然釉が融着、この範囲がスポット的に高温を得たと考えられる。

また器表面の銀化は比較的少なく、その意味では今回の窯閉塞の過程は一定の成果を得たといえる。銀化は、焼成部2～5段下部の窯壁に沿った細長く延びる2カ所の範囲に設置した焼成品の側面のみに確認した。この範囲に銀化が進む条件が存在したと考えられる。

(3) 肉眼観察による酸化・還元状況 (第4・5図)

焼成時の還元状況は、前述の電気窯で酸化焼成したサンプル品と焼成品の断面色調の比較観察より分類し、6つの範囲に分けた(第4図)。第4図アの範囲にある焼成品は、須恵器に近似した還元状況を示し、暗灰色を基調に一部で紫色がかかる個体も存在した。また同範囲では重ね焼きにより直接炎を受けない箇所でも灰色～暗灰色を呈し、器内部までの強い還元であったと考えられる。焼成時の還元状況は、窯尻に向かうにつれ弱くなり、オ・オ'の範囲はほとんど還元が認められない。ただし煙道最前部にスポット的に還元の進む範囲が存在し、自然釉の融着状況と矛盾しない結果を示す。このことから、焼成のある段階まで還元雰囲気を維持できたといえる。

次に窯閉塞前後から閉塞以後の状況を焼成品器表面の色調の比較観察より考えてみたい。第5図のとおり色調は、大きく3分類が可能であった。オキに近いの範囲では、オキの燃焼に酸素が奪われ続けたため酸化がほとんど認められない。一方、の範囲では器表面より酸化を受けて茶灰色～灰橙色を呈する個体が占める。観察を行ったある杯蓋は断面が灰色、器表面が灰橙色を呈していた。また・に位置する焼成品は、火後ろほど酸化状況が強いことが観察できた。

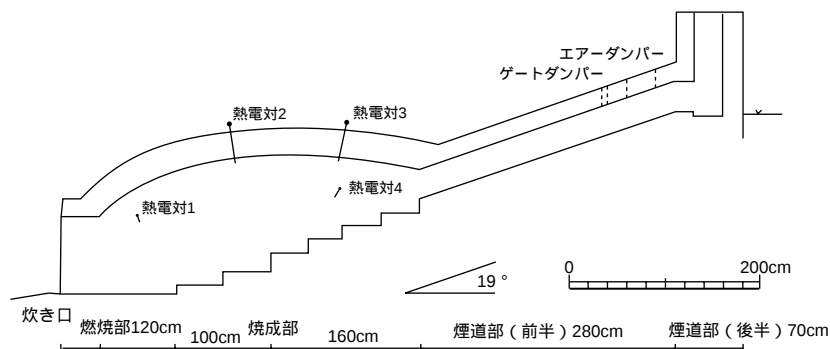
これらの観察に窯焚きの工程を加味すれば、焼成は還元雰囲気を維持したまま順調に推移したものの、窯閉塞前後に煙道部側より空気が流入、酸化雰囲気に転じたと考えられる。須恵器の還元色を得るために950℃以上の温度帯で還元雰囲気の維持が重要と考えられている⁽⁵⁾。酸化雰囲気に転じたのは、窯の閉塞を始めた11月18日12時20分から窯内温度が950℃をきった13時までの40分間の出来事と考えられ、現在3つの可能性が指摘できる。まず窯閉塞過程での排煙孔閉塞のタイミングがある。具体的には銀化防止のために黒色炭素ガスがなくなる(中性・酸性焰になる)まで排煙孔の閉塞を待ったことである。次に窯閉塞時に煙道部各所の耐火レンガの隙間よりガスの噴出が認められたことから、窯内圧力の低下に伴い空気が流入した可能性があげられよう。またオキの攪拌が不十分だったため、

酸素を奪う力が弱かったとも考えられる。このいずれか、もしくは複合した要因により、図らずも「酸化冷却」を行ったと考えられる。学習講座「須恵器づくり」は、前述のとおり須恵器焼成の復元実験が主目的のひとつであり、今後さらなる検討・実験を蓄積していきたい。またビデオ、写真の記録や焼成品を保管しており、有効な活用を願ってやまない。

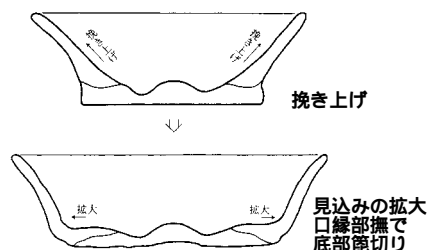
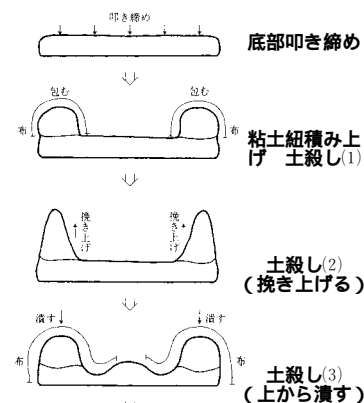
末文ではあるが、小松市教育委員会望月精司、卯辰山工芸工房中村基克、金沢美術工芸大学久世健二、東北芸術工科大学北野博司、当センター林茂久、窯跡研究会々員をはじめとする各氏より貴重なご指導、ご教示を頂いた他、学習講座「須恵器づくり」に参加・協力いただいた先輩諸兄に篤く御礼を申し、深く感謝の意を表する次第である。

註

- (1) 中村 浩他1976『陶邑』大阪文化財センター
大川 清 1983『古代窯業の実験研究(1)』日本窯業史研究所
田嶋正和1989「古代窯業の焼成技術 - 還元焼成・冷却についての実験的試案 - 」『北陸の考古学』石川考古学研究会々誌第32号 石川考古学研究会
田中照久1994「九右衛門窯焼成実験の記録」『越前古窯とその再現』出光美術館
窯跡研究会1999『須恵器窯の技術と系譜』発表要旨
- (2) 煙道部は、焼成部より連続する傾斜角19度を測る前半(水平長さ280cm)と、垂直に立ち上がる後半(高さ約170cm)に分けられ、前半は焼成部に近い性格をもつと考えている。
- (3) 久世健二・小林正史・金昌郁・北野博司1994「須恵器杯類の製作技法」『日本考古学協会第60回総会発表要旨』
木立雅朗2000「須恵器杯類製作実験ノート」『立命館史学』第565号
- (4) 北陸古代土器研究会2001『須恵器貯蔵具を考える つばとかめのつくり方』北陸古代土器研究第9号
- (5) 註(1)田嶋正和文献、田中照久文献、窯跡研究会発表要旨では、還元(焰・焰)焼成と還元(焰・焰)冷却を明確に分別、須恵器の色調に関して後者の重要性を指摘している。



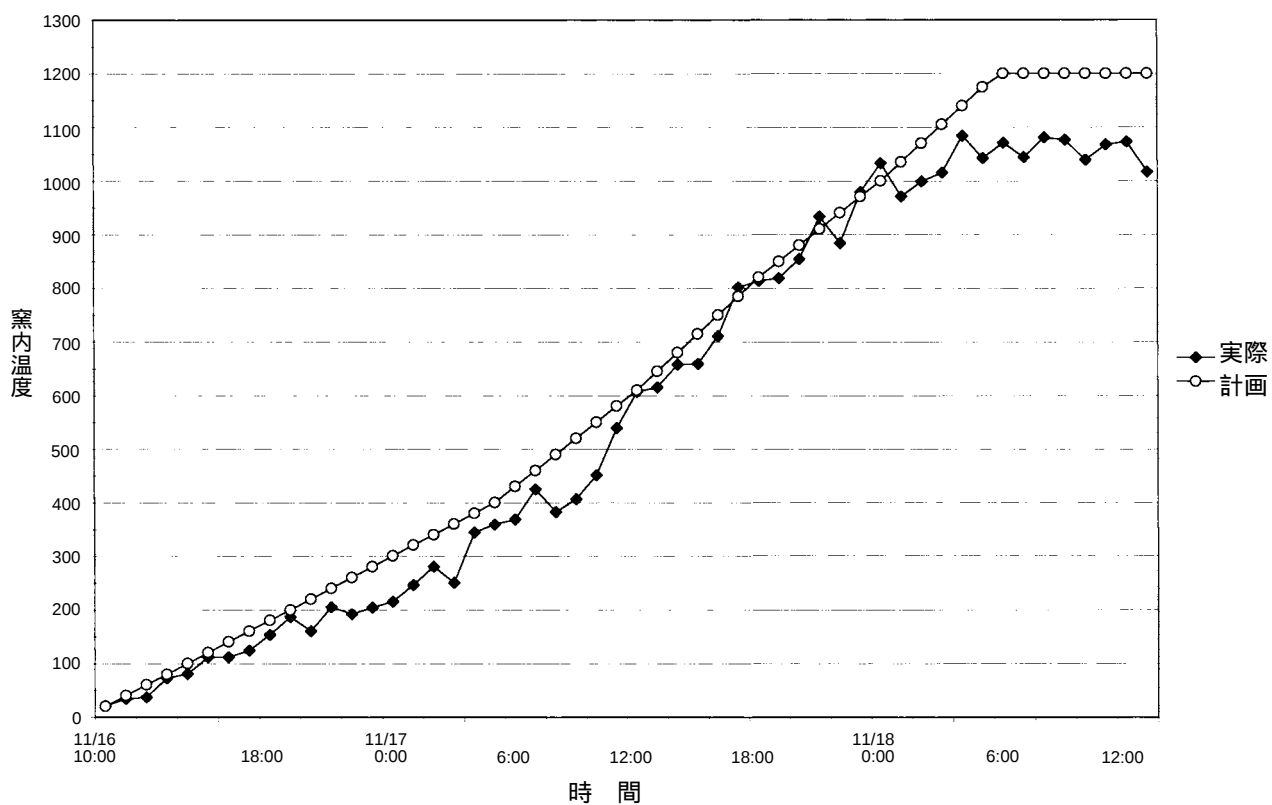
第1図 復元古窯模式図



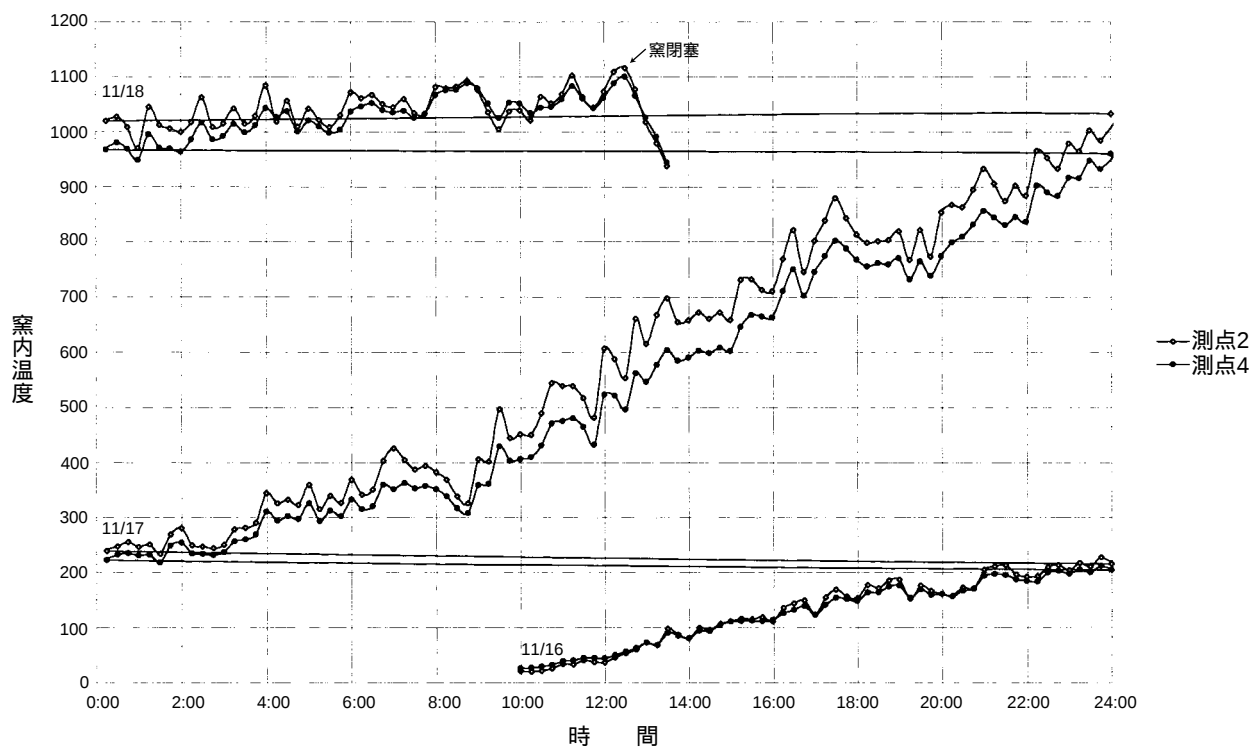
第2図 須恵器無台杯の成形復元
(木立2000より転載)



写真1 学習講座風景



第1表 平成14年度室内温度の推移1（測点2）



第2表 平成14年度室内温度の推移2



写真2 参加者、職員の製作品



写真3 窯内製作品配置計画（焼成部最奥段）



写真4 窯詰め状況（焼成部奥より2段目）



写真5 窯詰め終了状況



写真6 熱電対温度計などの配置の様子



写真7 あぶり焚きの様子



写真8 焼成風景（24時間後）



写真9 攻め焚きの様子（48時間後）



写真10 排煙孔よりの黒煙、炎



写真11 焚き口閉塞作業風景 1



写真12 焚き口閉塞作業風景 2



写真13 窯出し時のオキの状況



写真14 オキを取り除いた様子



写真15 焼成部最前列の自然釉、黒化状況 (A - 3 棚)



写真16 焼成状況 (奥より3段目)



写真17 焼成状況 (焼成部最奥段)