

平成24年度学習講座 「須恵器づくり」の概要

大 西 顕

本報告は、石川県教育委員会及び財団法人石川県埋蔵文化財センターが、平成24年度に実施した古代体験学習講座「須恵器づくり」について、その概要を報告するものである。本学習講座は、平成13年度より石川県埋蔵文化財センター古代体験ひろば体験工房及び復元古窯（半地下式）において実施されており、今回が12回目の開催となる。本講座の趣旨は、県内の遺跡から出土した須恵器を参考として、現代の食器の原形ともいえる須恵器の杯（つき）などを実際に製作し、復元古窯で焼成を行うことで、古代の技術や文化に対する理解を深めるというものである。平成13～14年度の実施状況及び復元古窯の構造については文献1に詳細が記されている。

平成15～23年度の経過 平成15年度以降の状況については第1表に主な点をまとめた。平成16年度の変更点は次のとおりである。第1に窯焚き焼成時間をこれまでの2泊3日50時間前後から、3泊4日の75時間程度に長くし、総熱量を多くした。第2に、窯焚き時に冷気が焚口上部から内部に入り込んで温度上昇を妨げていると想定されたため、焚口を狭くした。第3に、火の引きが強く、窯内の熱気流出が促進されていると考えられたため、排煙口を従来より低い位置にした。その結果、1,200℃を超える窯内最高温度を得ている。平成17年度は、窯閉塞直前の薪大量投入を止め、燻し焼きをやや抑えた。平成18年度は、実験的に焼成時間を61時間に短縮した。また、平成17年度の経験より、1,100℃以上の高温域において、薪の組み方、投入方法によっては松より雑木の方が温度の上昇する可能性が高いと推定されたため、燃料は雑木のみ使用にとどめた。結果としては、焼成時間が足りないためか、やや物足りない焼きであった。平成19年度は焼成時間を70時間を超えるものとし、燃料に松も使用した。また、製作に使用する粘土についてこれまで小松市内で採掘された黄色系粘土（販売名「九谷A」）を使用していたが、鉄分が多く焼き具合が黒味のやや強いものになっていたため、平成19年度より、滋賀県信楽周辺で採掘された2種類の粘土、すなわち販売名「信楽（白）」と「信楽（赤）」を8：2の割合で調合して使用した。平成20～22年度は、大きな問題はなかったものの、焼きあがった作品の色調として白味がやや強くなるという点や、一部作品に灰が溶けきらず「ざらつき」を残す作品が見受けられ課題とされた。平成23年度は焼き締まった作品であったものの、焼け歪みが著しく、自然釉の付着が非常に多く灰釉陶器の様相を呈していた。また、各年度で共通する課題としては、大量のオキが溜まり、燃焼室内に薪を投入するスペースが無くなるという点である。これには、主に次の対策がとられた。①1回の薪投入量を抑え投入回数を増やす。②焚口を狭めることで空気の流入速度を速くし燃焼効率をあげる。③オキが溜まる後半以降は、オキが溜まりにくい松材を使用する。④薪の置き方について、空気の通り道を確保し不完全燃焼を避けるように置く。例えば薪を交差させて置く、間隔を詰めすぎない、燃え尽きていない薪の上に新たに重ね置きしない、などである。⑤オキを長い鉄工具で攪拌し、下部に燃焼しないまま黒く残ったオキを燃焼させる、⑥オキを窯外に掻き出す、以上があげられる。

平成24年度の経過 学習講座は10月28日（日）に古代体験ひろば体験工房にて実施した。須恵器成形は一般から募集した20名が参加し、午前9時30分から午後3時までの日程で行った。講座ではまず、須恵器の特徴や県内における窯跡の状況の説明が行われるとともに、実物の須恵器の観察を行った。次に「底部円盤紐水挽」技法により無台杯の製作が行われ、次に小型壺が製作された。使用した粘土は、「信楽（白）」と「信楽（赤）」を7：3の割合で調合したものである。使用粘土量は参加者一人当たり約3kg、製作点数は一人当たり4.5点である。作品は体験工房で乾燥された。窯詰めまで

の間に、職員により実験用作品が製作されるとともに、各作品をどのように窯詰めするか計画が行われた。製作された作品総点数は250点である。窯詰めは11月26日（月）に先述の配置計画に従い行った。前から後ろまで計6列に分かれた焼成部のうち、一般体験者製作品は、従来の焼成結果で適正な温度が得られている2列目と3列目の2段目以上に配置した。壺は自然釉がかかりやすい最上段に、杯は降灰が少ない2～3段目に置いた。職員製作品は、その他の位置に配置した。大型品は1列目と、煙道口を塞ぐようにして6列目に置いた（熱が窯外に流出するのを防ぐため）。

窯焚きは11月27日（火）午前9時に焚口にて点火し開始した。焚口の断面積は約0.2㎡である。なお、この焚口の大きさは、古代須恵器窯の焚口と比較して適正かどうか、発掘事例からの検証が難しいが課題として残っている。

焼成にあたっては、次の点を注意した。1つは熱量の問題である。適正な温度にするため昨年度より若干想定温度を下げる必要があったが、ここで問題となるのは作品数である。総点数は昨年より40点減少したに過ぎないが、昨年度より大型品が非常に少なく、使用した総粘土量は計測していないが、かなり減少したものと推定された。窯内の作品は燃焼により自らが熱源となると言われ、一般には作品数が少ないと温度が上がりにくいとされる。よって、想定温度を昨年度と同じくすれば、作品数の減少による温度減少効果と相殺して適正な温度になるのではないかと考えた。また、オキの掻き出しとオキの攪拌は、できるだけ少なくなるよう注意した（古代において攪拌と掻き出しが行われていたか現段階で検証ができていないため）。焼成経過は第2表のとおりである。50時間経過したところでオキの大量蓄積が問題となり、この調整のため若干温度が下がったが、薪を入れるスペースが増えたため、その後、松を含めて薪の投入量を増やし温度を高めていった。開始72時間後で熱電対温度計測点2（F4棚）において1,200℃に到達できた。最高温度は開始後73時間で測点1（燃焼部上面）において計測した1,224℃である。

閉塞は開始75時間後の11月30日（金）の11時57分に開始した。最後の薪を1束投入後、焚口を耐火レンガで塞ぎ、その隙間に水で練ったエンゴロ土を詰め込んだ。12時19分にこの作業を終え、さらに外側にもう1列耐火レンガを積み、隙間に土砂を詰め込み13時15分に焚口の閉塞作業を終えた。排煙口の閉塞は、炎の噴出が収まった12時25分頃より開始し、棚板で蓋をし、これに土砂をかぶせて13時20分に終了した。窯焚きに使用した薪は雑木が333束、松が90束である。薪は1束が10本前後で長さ40cm、乾燥重量は8.5kg程度である。閉塞後は冷却工程になり237時間冷却を行った。窯出しは、12月10日（月）午前9時より行った。焼成部にたまったオキは、わずかながら内部で燃えていた。オキの量は正確に計れないが、平成23年度の2／3程度と推定される。窯出しの際は、作品の火面の位置にチョークで印をつけると共に、棚毎に窯出し直後の状況について写真を撮影した。そして14時30分頃までに窯出し作業を終了した。

焼成結果 窯内の温度変化の推移については、第1図のとおりである。合計5箇所に設けた熱電対のうち、中央上部に配置された測点3（平成14年度の測点2と同位置）で比較した。開始後45時間経過付近から若干低くなって推移している。オルトンコーンによる熱量比較は第3表のとおりである。平成23年度より、特に中央部付近で熱量が少なかったことがわかる。作品の焼成状況については第2図のとおりである。まず、降灰（自然釉）の付着状況であるが、オキの攪拌をほとんどなかったにもかかわらず、1～3列目の作品に多くの降灰（自然釉）が付着していた。Aの範囲は降灰が融け、ガラス化した緑灰色の釉が融着していた。B1の範囲は、乳白色の自然釉が融着していた。B2の範囲は乳白色の自然釉の上面において、降灰が融けきらないまま黒粒状に融着しており、外見上見栄えが良くなかった。Cの範囲は、Bの範囲で顕著に見られた黒粒状の降灰が、茶褐色の灰となりか

ぶっていたが、融着することは少ない状況であった。降灰の量自体が少なかったものと推定される。平成23年度ではAが前から2列目前半まで、Bが2列目後半から4列目前半まで、Cが4列目後半から6列目までである。平成24年度でみられた黒粒状降灰は観察されておらず、B2に相当するものはない。平成24年度は平成23年度に比べ、各範囲が1列分程度、焚口側に後退したことがわかる。

今回の焼成で顕著に確認された黒粒状降灰は、焼成の終盤で発生した灰が熱量不足で融けきらなかったものと推定される。結果として、熱量不足は想定以上のものがあつた。熱量不足はいくつかの原因が複合した結果と思われるが、作品数（使用粘土総量）の少なさにより蓄熱が弱かったことが原因の1つであつた可能性がある。因果関係を確認づけることは難しいが、今後、製作に使用した粘土量を計り、この点について検証していく必要がある。今回の焼成では、温度計の記録では顕著な温度低下はみられなかったが、熱量減少（オルトンコーン測定）は顕かで、この温度計とオルトンコーンとの数値差が今回の焼成の特徴である。また、今回の結果より、降灰は量の多少はあるものの、窯焚き時にはどうしても発生するものと判断された。食器として杯内面に降灰があるのは好ましい状況ではなく、器面に降灰が融着しない方法、重ね焼きなど古代技術を参考に工夫していく必要がある。還元の状態であるが、ほとんどの作品は器表面が還元色の灰白色を呈していた。また、試験的に割って内部を観察した作品も、灰白色を呈しており、還元については大きな問題はなかった。焼け歪みについては、数値的に結果を報告できないが、肉眼観察では平成23年度より歪みは少ない。収縮率は92%程度である。平成13年度作品に顕著に発生した銀膜の付着は無かった。また、実物の須恵器には胎土に砂粒を含んでいることが確認できるが、今回、砂粒を調合（5%、10%）した粘土でも焼成した。実験点数が少なく参考までの結果であるが、収縮率は砂を混ぜないものと違いはほとんどなかった。また、黒点状斑点が特徴的に観察できた。作品製作の際は、特に10%調合粘土で水挽き時に手に砂粒があたって痛く、体験用粘土として使用する際は注意を要すると考えられる。以上、甚だ簡単であるが平成24年度の状況について記述した。

今回、本講座を実際に担当してみて、窯焚き作業の難しさを痛感した。思うように温度が上昇しない、作品に降り注ぐ大量の灰、蓄積する大量のオキ、窯内の前列と後列で著しく異なる焼き具合など、古代ではどのように各問題を対処したのだろうか。本講座に限らず、古代体験学習で重要なことは作品が完成するまでの、その過程を体験するなかで古代の技術をより理解することであると思う。今後も、焼成作品や実物の須恵器資料の観察、須恵器窯跡の発掘調査事例の確認、そして実際の窯焚き作業、これらを総合して古代の技術を知り、復元していく必要があると思われた。

参考・引用文献

- 1 川畑 誠 2003 「平成14年度学習講座「須恵器づくり」の概要」『石川県埋蔵文化財情報 第10号』（財）石川県埋蔵文化財センター
- 2 端 猛 2009『平安時代のワザ』平成21年度 まいぶん考古学講座配布資料 （財）石川県埋蔵文化財センター
- 3 窯跡研究会編 2010 『古代窯業の基礎研究―須恵器窯の技術と系譜―』 真陽社

年度	作品数	使用粘土	窯焚き期間	焼成 時間 (時間)	最高温度 中央温度計 (測点3)	熱量 (前より3列目 2段目)	薪束数		
							雑木	松	計
H13	80点	信楽白	12/1日～12/3火	49	1163℃				
H14	450点	九谷A	11/16土～11/18月	51	1116℃	1160℃ ～ 1205℃	226	157	383
H15	620点	九谷A	11/14金～11/16日	51	1095℃		165	193	358
H16	380点	九谷A	11/11木～11/14日	77	1219℃		293	143	436
H17	510点	九谷A	11/17木～11/20日	76	1206℃		276	141	417
H18	360点	九谷A	11/16木～11/18土	61	1168℃		356	1	357
H19	390点	信楽白＋信楽赤	11/22木～11/25日	73	1223℃		333	150	483
H20	390点	信楽白＋信楽赤	11/21金～11/24祝	75	1225℃	1260℃ ～	369	102	471
H21	410点	信楽白＋信楽赤	11/20金～11/23月	75	1223℃	1249℃ ～ 1260℃	323	93	416
H22	470点	信楽白＋信楽赤	11/19金～11/22月	75	1190℃	～ 1239℃	344	90	434
H23	290点	信楽白＋信楽赤	11/15火～11/18金	75	1215℃	1260℃ ～	376	60	436
H24	250点	信楽白＋信楽赤	11/27火～11/30金	75	1206℃	1186℃ ～ 1239℃	333	90	423

第1表 各年度須恵器づくりの記録 *文献2に加筆

焼成延べ 時間 (h)	測点 3		薪の投入数			
	温度変化 (℃)	平均 上昇度 (℃/h)	雑木 (束)	松 (束)	総数 (束)	平均束数 (束/h)
0～9	12 → 380	36.8	25	0	25	2.5
9～17	380 → 541	20.1	31	0	31	3.9
17～24	541 → 803	32.8	33	1	34	4.3
24～32	803 → 877	9.3	43	0	43	5.4
32～36	877 → 911	8.5	21	0	21	5.3
36～42	911 → 1,019	18.0	34	0	34	5.7
42～48	1,019 → 1,033	2.3	33	0	33	5.5
48～54	1,033 → 1,058	4.2	22	5	27	4.5
54～60	1,058 → 1,116	9.7	26	23	49	8.2
60～66	1,116 → 1,167	8.5	25	20	45	7.5
66～72	1,167 → 1,198	5.2	33	28	61	10.2
72～75	1,198 → 1,153	-15.0	7	13	20	6.7

第2表 平成24年度焼成経過

平成23年度

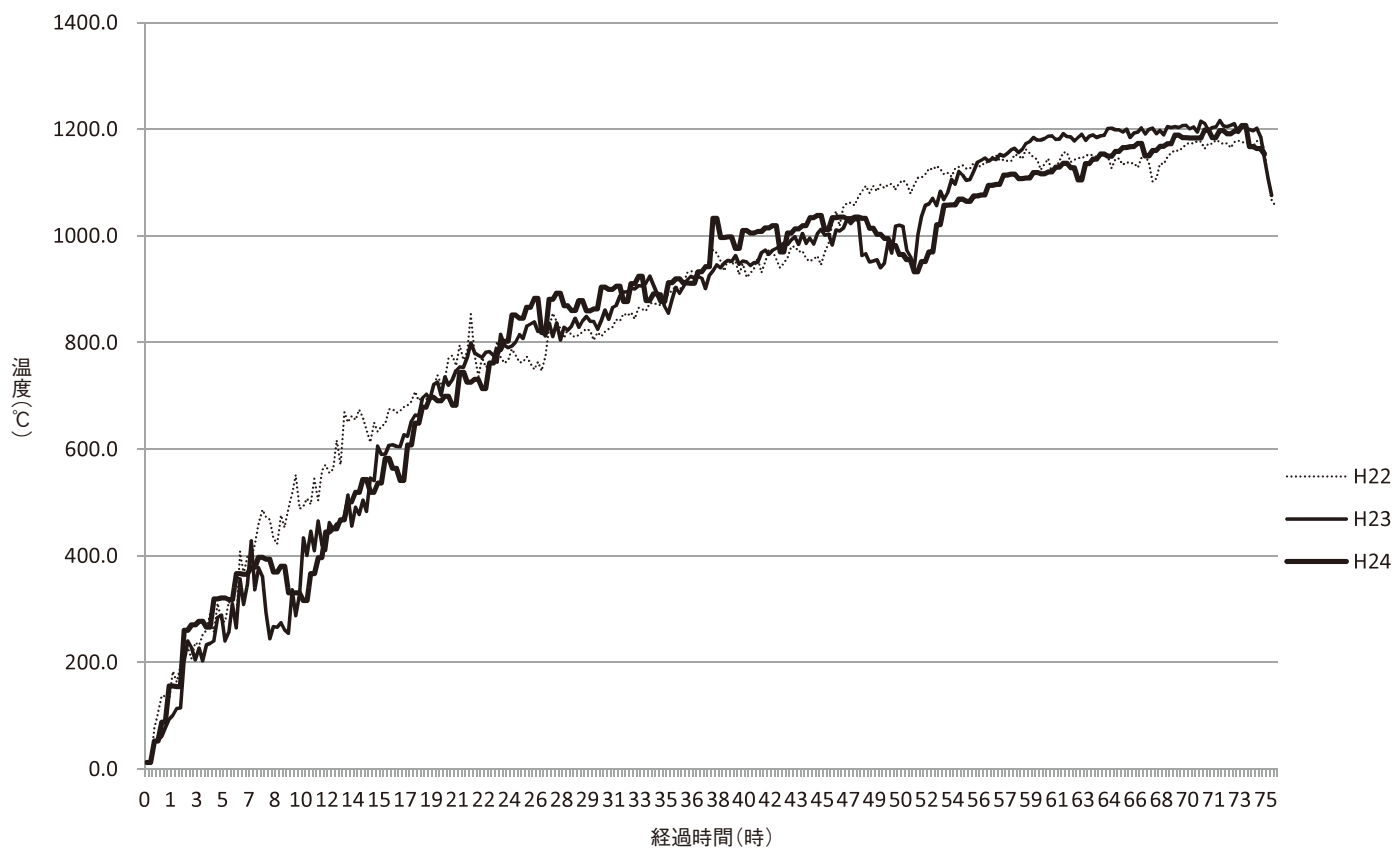
列	段	棚番号	整理 番号	完倒コーン 最高温度 (℃)	不完倒コーン 最低温度 (℃)
1	2	B 2	6	1,239	
1	3	A 3	8	1,285	1,306
1	3	B 3	7	1,285	1,306
1	3	C 3	5	1,239	
2	4	E 4	4	1,285	
3	2	H 2	3	1,260	
4	1	K 1	2	1,186	1,239
5	3	M 3	1	1,230	1,239

平成24年度

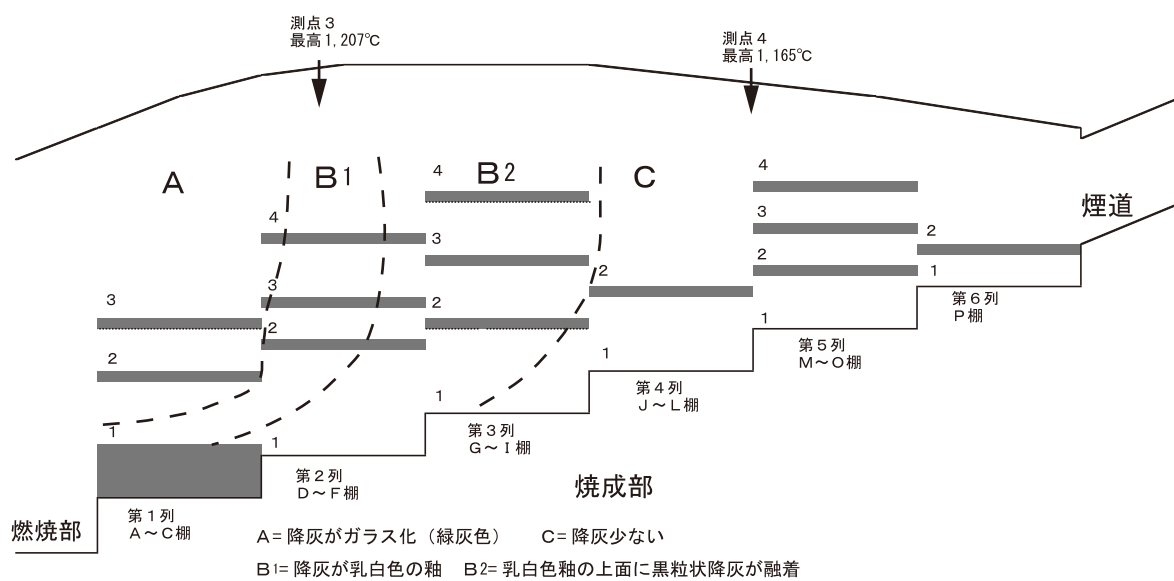
列	段	棚番号	整理 番号	完倒コーン 最高温度 (℃)	不完倒コーン 最低温度 (℃)
1	2	B 2	8	1,186	1,260
1	3	A 3	7	1,260	1,285
2	2	E 2	6	1,186	1,239
2	4	E 4	5	1,186	1,239
3	2	H 2	4	1,186	1,239
4	2	K 2	3	1,186	1,239
5	3	M 3	2	1,186	1,230
6	1	P 1	1	1,137	1,186

*完倒とは先端が下に接地したもの。測定にはオルトンコーンを使用した。

第3表 平成23・24年度 熱量測定



第1図 窯内温度の推移(測点3)



第2図 窯内焼成状況模式図



写真1 製作風景



写真2 窯焚き風景（開始71時間後）



写真3 排煙口からの黒煙・炎（開始72時間後）



写真4 閉塞状況（焚口側）



写真5 窯出し直前のオキの蓄積状況



写真6 焼成状況（前より2列目）



写真7 焼成作品の黒粒状降灰の融着状況（H3棚）



写真8 須恵器作品（焼成後）