

水ノ子岩から発見された備前焼

土井 章・坂本 尚史・鎌木 義昌

1. 緒 言

近年、備前市伊部周辺に散在する古窯群の考古学的調査研究が進むにつれ、グイビ谷の窯（窯は小さく、生産量も少ない）は備前焼のはじまりと考えられている鎌倉時代、不老山東口の窯（窯は40 mにおよぶ大きなもので、すでに大量生産の時代に入っている）は室町後期と推定されるなど幾多の成果をあげている。しかし、この中間の時代、南北朝から室町初期の窯跡は今もって未確認の状態である。この中間の時代は各地に都市的集落が形成されはじめ、各地の産業、商品の流通も盛んとなり、備前焼もこの時代の動きに対応して大量に焼かれはじめていと推定される。この空白部分を埋めるものとして「水ノ子岩の海あがり古備前」のもつ意義は大きい。

水ノ子岩は香川県小豆郡内海町から東方約6 kmに位置する。水ノ子岩学術調査報告¹⁾によれば、水ノ子岩出土の備前焼は旧備前国香澄（現在岡山県備前市）で生産され、その編年的位置は十四世紀の半ば、西暦1304年を相前後する頃、南北朝初期と推考されている。

備前焼は古代陶器の須恵器よりの伝統を持ち、使用目的については幾多の変遷を繰返しつつも、絶えることなく現在まで引き継がれ各専門分野から多くの研究業績が挙げられてきたが、まだ解明されていないところが多い。従って、本研究では南北朝初期の水ノ子岩より出土した備前焼について、X線回折および電子顕微鏡観察の結果より考察した。

2. 実験方法

2・1 試 料

水ノ子岩の海底から出土した備前焼は、現在、鉢、壺、甕類の10器種210個体を数える。このうち、例えば壺類の色調を分類すると、(1)灰色、灰黒色系、(2)赤紫色、青紫色系、(3)茶褐色系の3種の色調に大別されている。しかし、(1)系のもので断面はわずかながら淡赤紫色をおびる特徴をもっている。

本研究に使用した水ノ子岩出土の備前焼の写真を図1に示した。写真からも明らかなように、No. 1は上に述べた(1)系に属し、No. 2は(2)系に、No. 3は(3)系に属するものと思われる。この3種類の備前焼をX線回折および電子顕微鏡の試料として用いた。なお、これらの備前焼には、付着した貝殻などを除去するための前処理が施されている。また、比較のため現在の備前焼（備前の窯元“楽川”のもの、以下現在の備前焼と記す）、同備前焼を昨年度約3ヶ月間海水中に沈めておいた試料および室町期と推定される備前焼の骨壺も試料として用いた。

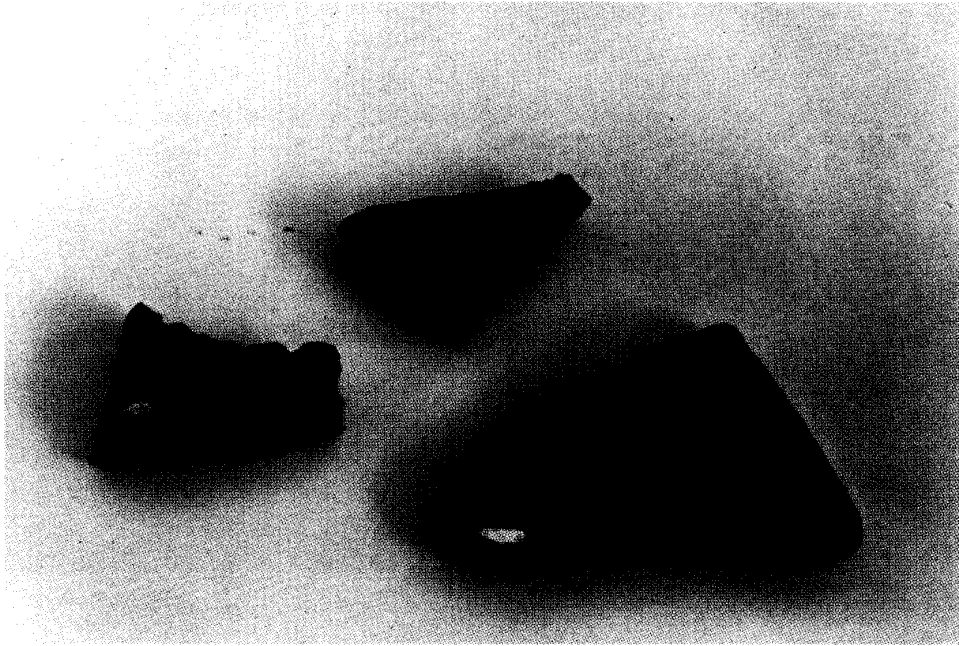


図1. 水ノ子岩から出土した備前焼試料

2・2 実験装置

X線回折装置は日本電子製 JDX-8S 型で、ニッケルフィルターによる $\text{CuK}\alpha$ 線を用いた。測定条件は電圧 30kV, 電流 14mA, スリット系 $1^\circ-0.4\text{mm}-1^\circ$, 時定数 4sec. 走査速度 $1^\circ (2\theta)/\text{min}$ である。

電子顕微鏡観察は、日本電子製 JSM-35 型走査電子顕微鏡を使用し、一辺 5~10mm 程度の大きさの試料片を銀ペーストあるいはマニキュアにより直径 10mm の試料台に接着し、導電性を得るために厚さ数 100\AA 程度の金によるコーティングを行った後、15kV の加速電圧で観察した。

また、ガスクロは島津製 GC-3BT 型、IR は日本分光製 IRA-2 型を使用した。

3. 実験結果および考察

3・1 備前焼の焼成雰囲気

窯業研究上では、須恵器から備前焼へ移行した接点に近い段階で、還元焰焼成は酸化焰焼成に変わって行ったとされている。

酸化物の焼結については、雰囲気中の酸素分圧の高いほうが促進される場合^{2), 3), 4)} と、逆に酸素分圧が低い還元条件下のほうが促進される場合^{2), 5), 6)} との相反する結果が報告されている。

現在の備前焼である“楽川”の窯の雰囲気についてガスクロを用いて成分分析を行った。焼成過程中最高温度における雰囲気中の成分は $\text{N}_2 : 70.9\%$, $\text{CO}_2 : 10.8\%$, $\text{CO} : 7.2\%$, $\text{H}_2 : 5.5\%$, $\text{O}_2 : 5.4\%$, $\text{CH}_4 : 0.2\%$ であった。

水ノ子岩出土の備前焼は、全般的な色調として灰褐色ないし灰色をおびるものが圧倒的

に多く、還元焰焼成の伝統を継承している。器壁断面において内部が赤褐色ないし茶褐色を呈し、両外面が灰色と帯状に重なるものがあり、焼成の最終段階で一時還元焰焼成をした結果と思われる。2・1に述べた分類で(1)系はいわゆる還元焰焼成によるもので、緑色ないし黄緑色釉が付着する。(2)系の色調をもつものは中性焰ないし酸化焰焼成によるもので、しばしば「黄胡麻」と呼ばれる黄褐色釉が散点状に付着する。

3・2 X線回折結果

水ノ子岩出土の備前焼は概して胎土が粗い、断面観察では灰褐色から淡茶褐色に至る有色の粗質粘土が量的に多く、それを基調として灰白色あるいは黄白色の緻密な粘土が縞状ないし斑状に20～30%前後混在している。また、2～3mm大の石英および長石の粒子が肉眼的に相当量認められる。

現在の備前焼粘土を構成するおもな粘土鉱物はメタハロイサイト、雲母粘土鉱物およびモンモリロナイトであり、非粘土鉱物として石英および長石が含有されている⁷⁾。

焼成過程における備前焼粘土の加熱変化は、500～600℃の温度範囲でメタハロイサイトの構造水の脱水、850～1000℃間で γ -アルミナの形成、1000～1200℃間で雲母粘土鉱物の崩壊およびムライトの生成が起り、また、長石は1000～1140℃間で融解する⁸⁾。

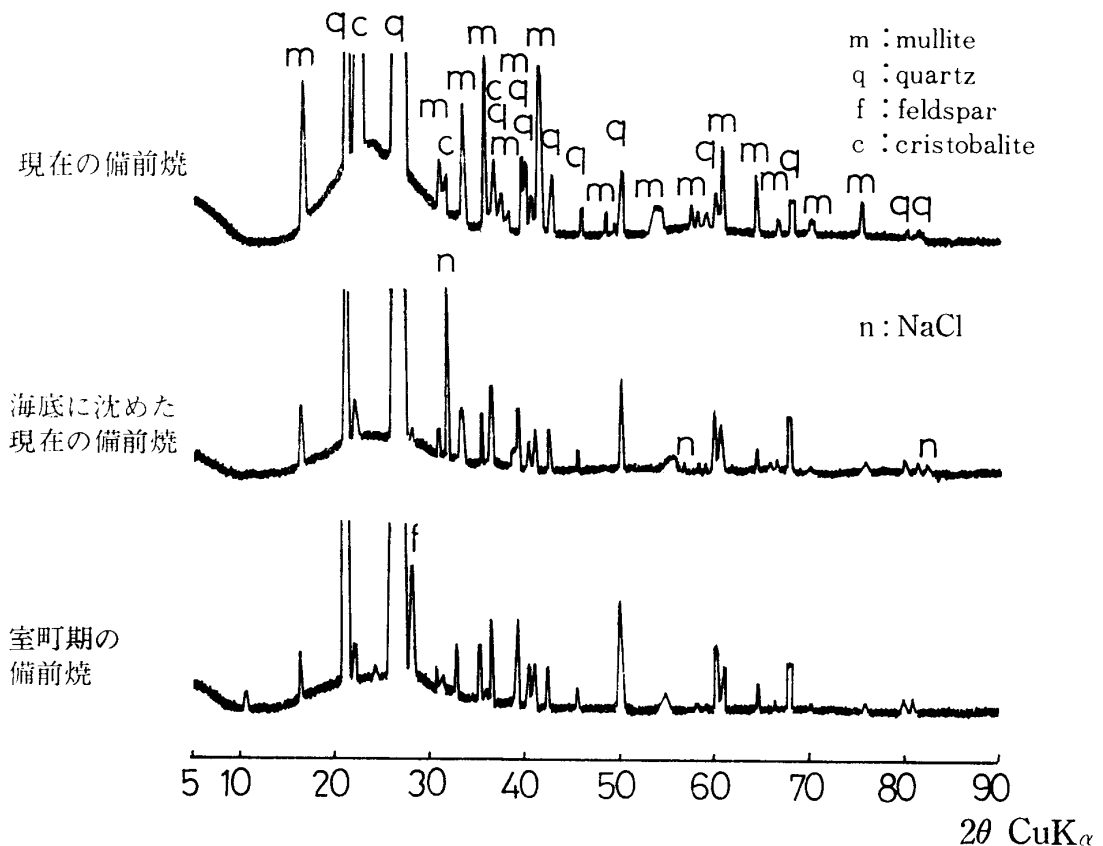


図2. 各種の備前焼のX線粉末回折図形

昭和53年8月に“楽川”にて焼成した試料のX線粉末回折図形を図2に示した。また、水ノ子岩出土の備前焼は水深30～40mの海底に長期間埋没していたため、海水による影響

を調査するため、3ヶ月間海水中に沈めた備前焼（肉眼的には焼成温度はやや低温）の前処理を行わない試料の回折図形も同図に示した。さらに、海水の影響を受けていない室町期と推定される骨壺の破片の回折図形も、比較のため同様に図示した。

現在の備前焼のX線回折の結果によれば、主成分はムライト、石英およびクリストバライトであり、長石が少量残っている。海水中に沈めた備前焼には洗浄が不完全であったため NaCl が認められたが、その以外はあまり変化が認められなかった。室町期の備前焼は、本来の備前焼の用途でないためか現在の備前焼とくらべ焼成温度がやや低く、長石および石英の含有量もやや多いように思われた。

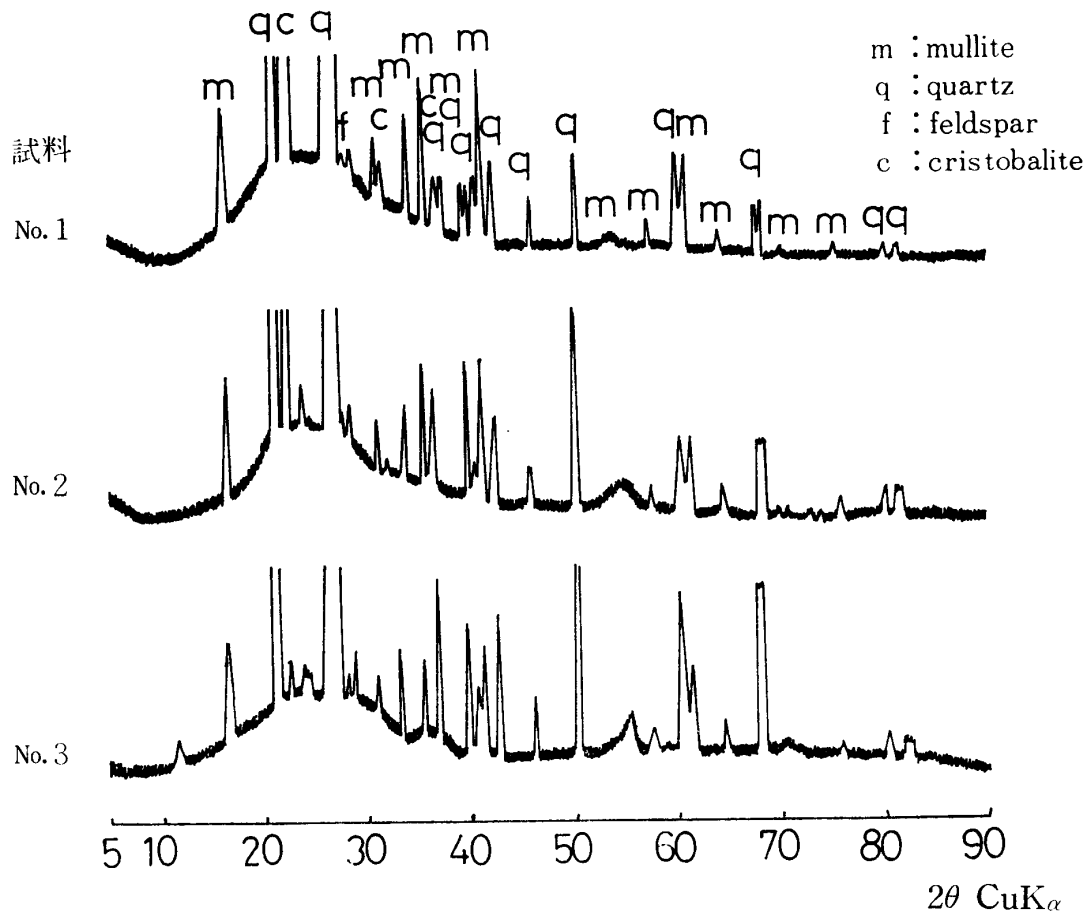


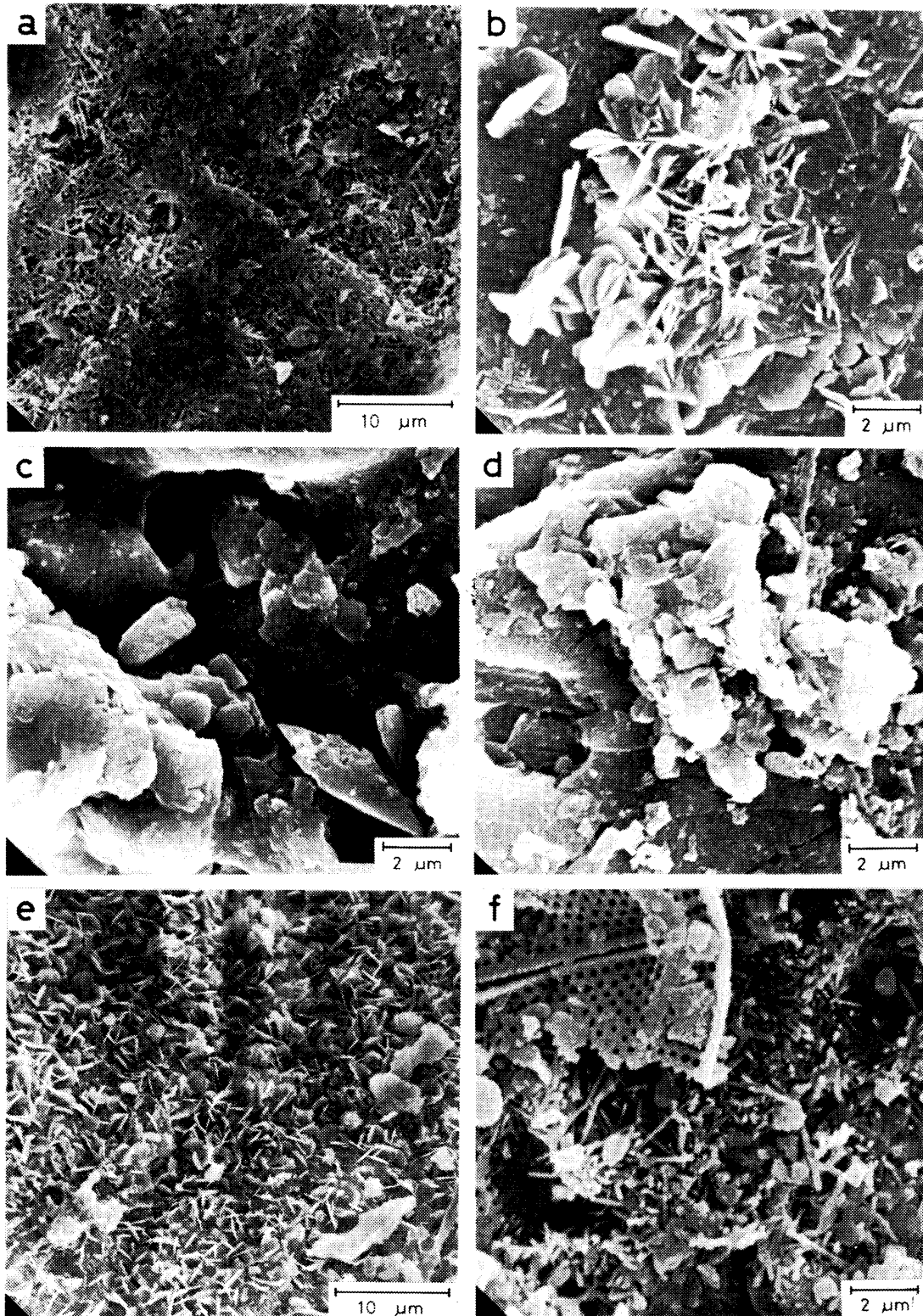
図3. 水ノ子岩から出土した備前焼のX線粉末回折図形

水ノ子岩出土の備前焼のX線粉末回折図形を図3に示した。No. 1の試料は現在の備前焼とくらべ主成分は全く同じであり、また、ムライト、クリストバライトの回折線の強度もほぼ等しく、ほとんど同様の条件で焼成されていると思われる。焼成温度は No. 1 → No. 2 → No. 3 になるにつれやや低下しており、No. 3の試料はほぼ同時代の骨壺の試料（図2）と同様の回折図形となっている。従って、水ノ子岩出土の備前焼は長期間海水中に埋没していたが、海水の影響はX線的にはほとんど認められず、古備前焼の研究試料として用いるものと思われる。全般的にみて、水ノ子岩出土の備前焼は現在の備前焼とほぼ同様な条件で焼成されているが、長石および石英の含有量がやや多いように思われる。

これは白土と赤色土の混合割合の相違かまたは水ひの条件が異なるためと思われる。なお IR 分析の結果は No. 1, No. 2 および No. 3 の各試料で石英の含有量の相違に基く吸収曲線の変化が認められた。

3・3 電子顕微鏡観察

水ノ子岩出土の備前焼は全体として現在の備前焼にくらべ多孔質であり、原料粘土が粗



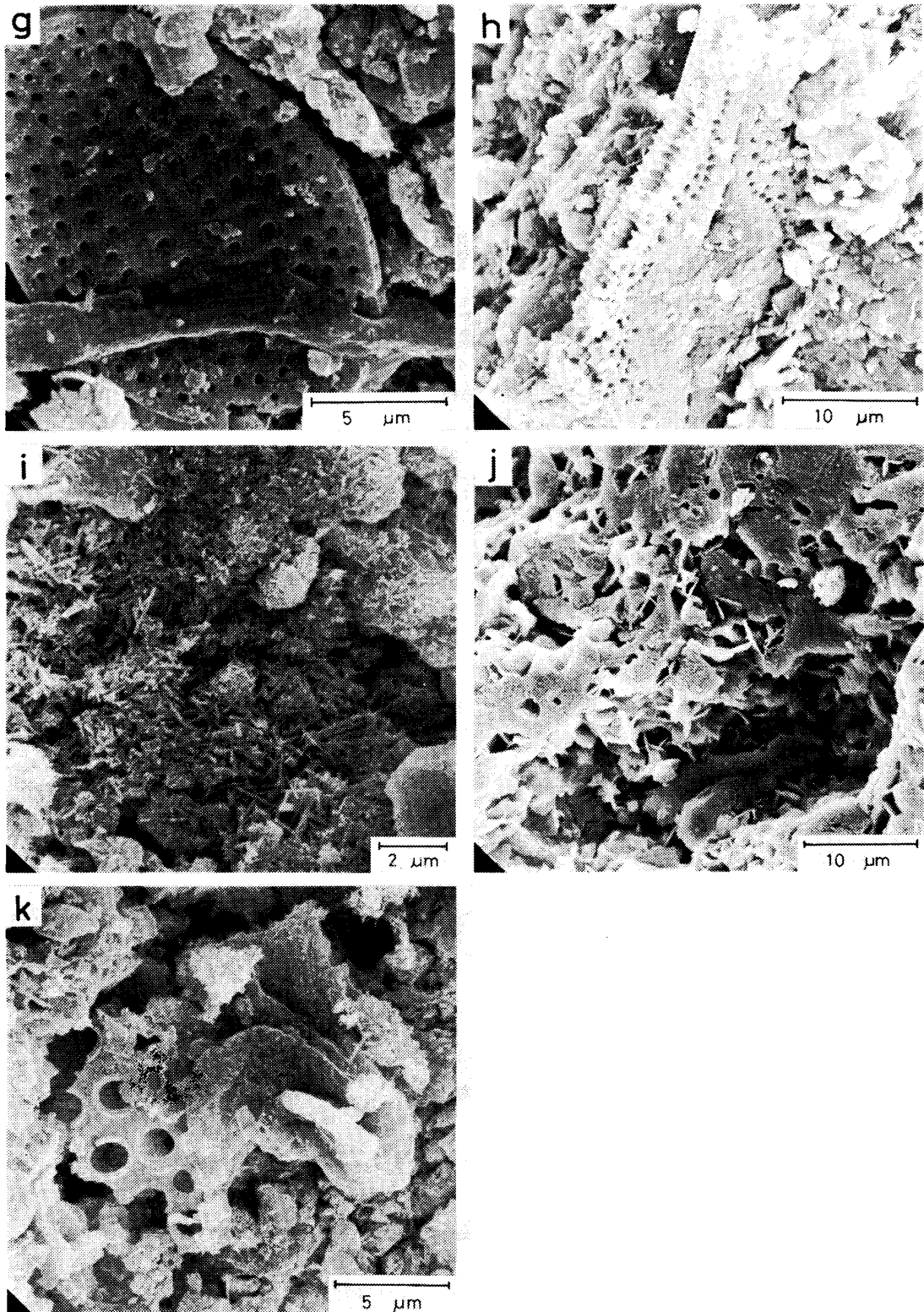


図4. 備前焼試料の走査電子顕微鏡写真

a ; 試料 No.1, 裏面, b ; 試料 No.1, 割面, c ; 室町期骨壺, 表面, d ; 海水中に沈めた備前焼, 表面, e ; 試料 No.1, 破面, f, g ; 試料 No.2, 裏面, h ; 現在の備前焼粘土中にみられる珪藻土, i ; 試料 No.3, 表面, j ; 試料 No.3, 割面, k ; 試料 No.3, 表面

い（あるいは、あまり水びを行っていない）ものと思われる。また、試料を洗浄する際に残ったと思われる NaCl 粒子が認められた。観察の試料片の平面部——原器の表、裏（内側）の区別が認められる時はその両面（以下表面、裏面と記す）、破面および試料を割ることにより現われた新鮮な面（以下割面と記す）について観察した。その結果を図4に示した。

(1)試料 No. 1 : 裏面の電子顕微鏡写真を(a)に示した。写真から明らかなように針状結晶が全体に認められた。この針状結晶は割面の気孔中にも少量は認められた（写真(b)）が、表面、裏面および破面のような海水に接していたと考えられる面に多く認められた。また、ほぼ室町期と推定される骨壺の表面（写真(c)）には認められないことから、海水の作用により二次的に生成したものではないかと思われる。しかし、現在の備前焼を海水中に沈めた試料には認められないこと（写真(d)）、本試料の薄片観察により長石から変化したと思われるムライトと考えられる針状結晶が認められることから、ムライトなどの焼成過程で形成された物質である可能性も残されている。電子顕微鏡では形態観察しかできないため、現在分析電子顕微鏡によりさらに詳細な検討を行っている。さらに、破面および割面の気孔中には写真(b)および(e)に示すような薄板状の結晶が認められた。

(2)試料 No. 2 : 試料 No. 1 と同様に、海水に接していたと考えられる面には針状結晶が認められた（写真(f)）が、その量は No. 1 にくらべ少ない。また、薄板状結晶は観察されなかった。一方、写真(f)および(g)に認められる孔のある円板状粒子は、その形態から考えて珪藻土と思われる。この珪藻土は、現在の備前焼に使用されているある種の粘土の中にも認められる（写真(h)）ことから、原料粘土中に混入していたものと考えられる。

(3)試料 No. 3 : 写真(i), (j)および(k)に示すように、試料 No. 1 に見られる針状結晶が多く認められ、また、破面および割面には薄板状結晶が見られた。さらに珪藻土も認められた。

4. 結 論

水ノ子岩出土の備前焼のX線回折を行った結果、主成分はムライト、クリストバライト、石英および長石であり、現在の備前焼にくらべやや石英および長石の含有量が多いものと思われた。また、焼成条件は現在とあまり変りないものと考えられた。

電子顕微鏡観察の結果、X線的には認められなかったが試料を洗浄する際に残ったと思われる NaCl 粒子が認められた。また、海水の作用により生成したと思われる針状結晶が認められた。試料 No. 1 および No. 3 には薄板状結晶が観察された。また、No. 2 および No. 3 には珪藻土と思われる孔のある円板状粒子が認められた。

全体として、現在の備前焼とくらべ多孔質であり、原料粘土の粒子が粗いものと思われた。

参考文献

- 1) 水ノ子岩学術調査団(1977), “海底の古備前”, 山陽新聞社刊
- 2) Roberts, J. P., Hutchings, J., Wheeler, C. (1956), *Trans. Brit. Ceram. Soc.*, **55**, 75.
- 3) Coble, R. L. (1962), *J. Am. Ceram. Soc.*, **45**, 123.
- 4) Kuczynsky, G. C. (1964), 4th Plansee Seminar, Ed. Benesovsky, F., *Metalwerk Plansee*; *Brit. Ceram. Abst.*, **63**, 361A.
- 5) Clark, P. W., White, J. (1950), *Trans. Brit. Ceram. Soc.*, **49**, 305.
- 6) Koehler, E. K., Leonov, A. (1961), *Bull. Soc. Franc. Ceram.*, **50**, 7.
- 7) 土井章, 坂本尙史, 堤貞夫, 大塚良平, 加藤忠蔵(1979), *日化誌*, No 1, 71.
- 8) 土井章, 杉山宣彦(1976), *岡山理大紀要*, **12**, 123。

The Bizen-yaki discovered in Mizunoko-iwa

Akira DOI, Takabumi SAKAMOTO and Yoshimasa KAMAKI

The sintering process of a broken piece of Bizen-yaki vase discovered in Mizunoko-iwa and its components were studied by means of X-ray diffraction and electron microscopy.

The components of the sample discovered in Mizunoko-iwa were mainly mullite, cristobalite, quartz and feldspar. Quartz and feldspar were much contained in it, compared with Bizen-yaki of recent days. It is considered that the sintering process was similar to the process now in current.

As a result of electron microscopy, the needle-shaped and thin crystal were observed in the sample above mentioned. The formation of needle-shaped crystal was considered to be due to the reaction with the sea water.

The Bizen-yaki vases in Mizunoko-iwa were generally porous and raw materials were comparatively rough.