

土製品の保存研究 (1)

—湿布式・浸漬式の2脱塩処理法の併用をめぐる—

鈴木まどか・加藤敬史*・妹尾 護*

倉敷芸術科学大学芸術学部

*倉敷芸術科学大学生命科学部

(2007年10月10日 受理)

1. はじめに

エジプトにおいては、通常、古代の地表はナイル河の運んだ泥土で覆われ、現在の地面より数メートル下層にある。このため、多くの出土遺物は可溶性塩類の濃縮された土砂の中に埋蔵されており、その中でも特に多孔質な土製品はこれらの塩類をより多く吸着する。このような土製品は、発掘されるまで土中にあって、水分を媒介として塩類をはじめ様々な物質の出入りが繰り返していたに相違ない¹⁾が、土中では温度や湿度が比較的一定しているので安定した状態で保存されてきた。しかし、出土した土製品は、外気に晒されて乾燥と湿潤とを繰り返し、土中で吸着された塩類が水分とともに表層部に移動し、乾燥によって結晶化する。さらに進行すると結晶の膨張により土製品の表面が粉化、層状剥離などを起こして、破壊される。このような破壊を塩類風化と呼び^{註1)}、参考文献²⁾、その対策として劣化原因となった塩類の除去処理を脱塩処理と呼んでいる。

一般的に土製品の脱塩処理は、蒸留水を含ませたパルプで土製品を覆い、溶出した塩類をパルプに吸着させる湿布式と、土製品を蒸留水中に浸漬し蒸留水に塩類を溶出させる浸漬式との2つの脱塩処理法が広く用いられている。しかしこれら2つの脱塩処理による溶出塩類の違いなど湿布式と浸漬式の脱塩効果についての詳細な比較調査はなされていない。そこで本研究では、伝エジプト出土の鳥形テラコッタに対して、湿布式と浸漬式の併用による脱塩処理を実施し、それぞれの脱塩処理によって溶出する塩類と溶出量に基づいて、脱塩処理の効果を評価した。

本稿では、まず、鈴木が、「2. 脱塩処理」の項で対象物とその塩類風化の状態の概略および対象物に施した脱塩処理を述べ、次いで、加藤と妹尾とが本稿の主要部分をなす「3. 溶出塩類の分析」の項で、溶出塩類分析用の試料調整、測定方法を示し、その結果を「4. 分析結果および考察」で明らかにする。

2. 脱塩処理

(1) 脱塩処理の対象物

対象物の鳥形テラコッタ（以下に単にテラコッタと略記）は、伝エジプト出土で、高さ

11.3 cm、長さ 14.3 cm、幅 5.1 cm を測る。テラコッタは、中空で無釉のローマ属領時代に一般的な製作技法で造られている。テラコッタの表面は、塩類の析出は目立たず、一見すると通常と変わりなくみえるが、表面層の微小空隙に生成した塩類の結晶により粉化し落下し始めている。テラコッタなどの土製品は、胎土の鉱物組成は様々であり、焼成時の温度や時間などによって化学的・物理的性質は異なるが、一般的に、透水性が高く多孔質であるため、テラコッタ内にも空隙中に大量の可溶性塩類が含まれていると考えられる。

(2) 処理方法

テラコッタには軽微な塩類風化が認められたが、表面層が安定しているので、アクリル樹脂で強化せずに、小テストを試みた後に、湿布式脱塩処理を施すこととした。

湿布式脱塩処理は以下のように行った。最初にテラコッタの表面の形状に合わせて切断した吸い取り紙を蒸留水に浸した後にその表面に張り付けるように密着させた。次いで蒸留水で湿らせた無灰パルプ (Lascax Restauro 社製) の塊 (7~8 mm 程度) を吸い取り紙の上に載せて、テラコッタの中空の内面を除いた全表面を覆い、室温で自然乾燥するまで放置し、完全に湿布が乾燥した後に、吸い取り紙とパルプの湿布を剥がす。湿布式脱塩処理は、以上の手順での処理を 1 サイクルとして乾湿を繰り返した。

浸漬式脱塩処理は次のように行った。4 リットルのポリプロピレン製タッパーウェアの中央にテラコッタを横に倒した形状で安置し、テラコッタ全体が完全に水没する量の蒸留水 (2200 ml) を加え、蒸留水の蒸発を防ぐために蓋で密閉し、室温で放置した。

湿布式脱塩処理を 12 回繰り返し、表面層の強度を確認した後に、浸漬式脱塩処理を 2 回試みたので、湿布式、浸漬式の脱

表 1 湿布および浸漬の実施期間と回数

試料	脱塩期間	脱塩方法	試料	脱塩期間	脱塩方法
湿布-1	2006.10. 2~10. 6	湿布	湿布-7	2007. 7. 2~ 7. 8	湿布
湿布-2	10. 7~10.11	〃	湿布-8	7. 9~ 7. 1	〃
湿布-3	10.11~10.15	〃	湿布-9	7.16~ 7.28	〃
湿布-4	10.15~10.20	〃	湿布-10	7.28~ 8. 2	〃
浸漬-1	2007. 6.18~ 6.20	浸漬	湿布-11	8. 3~ 8.10	〃
湿布-5	6.20~ 6.28	湿布	湿布-12	8.10~ 8.16	〃
湿布-6	6.28~ 7. 2	〃	浸漬-2	8.16~ 8.29	浸漬

塩処理の実施期間、順序、回数を表 1 に示す。

3. 溶出塩類の分析

(1) 溶出塩類分析用の試料調整

溶出塩類を分析するための試料調整として、湿布法の場合はポリ瓶に 200 ml の蒸留水を入れ、これに処理を終えた吸い取り紙および紙パルプ 2.00 g を浸し、テラコッタから湿布に移行した塩類を溶出させた。一方、浸漬法の場合では、タッパーウェア内の溶出液を直接採取し、測定用試料とした。

(2) 測定方法

溶出液中には、テラコッタに由来する少量の固形物や湿布による繊維が混入しているため、メンブランフィルター ($0.45 \mu\text{m}$) で濾過した後、電気伝導度と各イオンの濃度を測定した。電気伝導度は電気伝導計 (堀場製) を使用し、陽イオン (Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) および陰イオン (F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}) 濃度については、イオンクロマトグラフ (DIONEX 社製, DX-120) を用いて分析した。イオンクロマトグラフでの測定に際しては、陽イオンは 20mM のメタンスルホン酸溶液を、陰イオンでは 0.3mM の炭酸水素ナトリウム溶液と 2.7mM の炭酸ナトリウム溶液の混合液を溶離液として使用した。なお、各溶離液の流速は 1.0ml/min である。

4. 分析結果および考察

テラコッタについての湿布および浸漬の実験結果を表2に示した。以下、電気伝導度 (EC) および各イオンの濃度の測定結果に基づき、湿布回数と電気伝導度および各イオンの濃度変化、濃度比を用いた湿布と浸漬による各イオンの溶出率の相違点などについて、それらの結果と若干の考察を述べる。

表2 湿布および浸漬による溶出液の分析結果

	湿布-1	湿布-2	湿布-3	湿布-4	浸漬-1	湿布-5	湿布-6	湿布-7	湿布-8	湿布-9	湿布-10	湿布-11	湿布-12	浸漬-2
EC($\mu\text{S}/\text{cm}$)	650	650	410	290	350	120	111	64	53	28	30	14	8	154
Na(ppm)	72.44	76.43	48.74	34.21	39.06	12.14	10.97	9.11	7.46	4.24	4.59	2.09	1.45	16.90
NH ₄	0.22	—	0.17	0.22	—	0.03	0.04	0.12	0.12	0.13	0.13	0.11	0.08	0.31
K	13.24	13.43	8.67	6.04	10.26	1.97	1.87	1.65	1.34	0.80	1.00	0.52	0.50	5.55
Mg	1.97	2.74	1.52	1.12	0.83	0.55	0.49	0.65	0.52	0.16	0.26	0.05	—	0.43
Ca	27.59	26.79	17.43	9.11	14.89	4.30	3.39	3.18	2.53	0.70	1.17	0.12	—	2.83
F	0.19	0.15	0.10	0.13	0.05	0.30	0.30	0.15	0.13	0.12	0.16	0.07	0.07	0.20
Cl	134.85	139.86	87.61	58.89	59.91	23.10	20.00	14.99	11.97	6.25	6.53	2.09	1.35	11.24
NO ₂	—	—	—	—	2.02	0.52	2.20	0.08	0.04	—	0.06	—	—	0.04
NO ₃	47.76	53.84	34.22	24.49	26.28	4.39	3.48	3.33	3.10	1.44	1.62	0.46	0.35	0.20
SO ₄	21.97	20.20	15.17	7.89	31.76	6.08	6.09	6.22	5.85	3.36	2.75	0.26	0.20	7.30

— : 検出限界以下

(1) 電気伝導度 (EC)

電気伝導度は溶出イオンの量を反映したものであり、その値が高いと各イオンが多く含まれていることになる。テラコッタを用いた湿布による溶出実験では、湿布2回目までは $650 \mu\text{S}/\text{cm}$ の高い値を示したが、湿布3回目からはその値が低くなり、湿布4回目と5回目の間での浸漬 (浸漬-1) の結果、湿布5回目で電気伝導度は $120 \mu\text{S}/\text{cm}$ となった。湿布5回目以降は徐々に電気伝導度の値が低下し、湿布12回目では $10 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下

である(図1)。なお、湿布の結果とは直接比較できないが、電気伝導度は浸漬-1では $350 \mu\text{S}/\text{cm}$ 、湿布12回目の後の浸漬-2では約 $150 \mu\text{S}/\text{cm}$ で、浸漬-1の約1/2程度となった。

(2) 各イオンの濃度変化

図2には、湿布回数と各イオンの濃度の関係を示した。分析されたイオンの中で、浸漬-1までの湿布1回目から4回目の間で、最も濃度が高いのは Cl^- である。次いで Na^+ および NO_3^- で、溶出した各イオンの濃度の大小関係は、 $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{NO}_3^- > \text{Ca}^{2+} > \text{SO}_4^{2-} > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$ の順である。それに対

して、湿布5回目以降は、 $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$ の濃度関係で、浸漬後の湿布では NO_3^- よりも SO_4^{2-} が多く溶出している。全体的な傾向としては、電気伝導度と同様なパターンであるが、湿布1回目より2回目の方が、 Cl^- 、 Na^+ および NO_3^- 濃度はやや高い値を示している。湿布回数と各イオンの濃度でみると、湿布4回目で各イオンの濃度が半減している。そして、湿布4回目と5回目の間に行った浸漬の後、各イオンの濃度は湿布1回目と比較して1/4～1/5程度に大きく減少している。

浸漬-1と浸漬-2によって溶出した各イオンの濃度関係については、それらの間で計8回の湿布(湿布-5～湿布-12)を行っているが、 Na^+ 、 K^+ および Mg^{2+} が約1/2、 Ca^{2+} 、 Cl^- および SO_4^{2-} が約1/5、そして NO_3^- に至っては約1/100程度に濃度が大きく減少している。

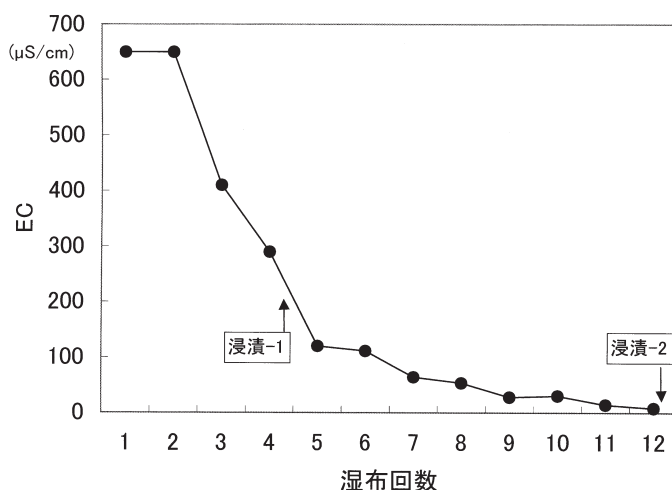


図1 湿布回数と溶出液の電気伝導度の関係

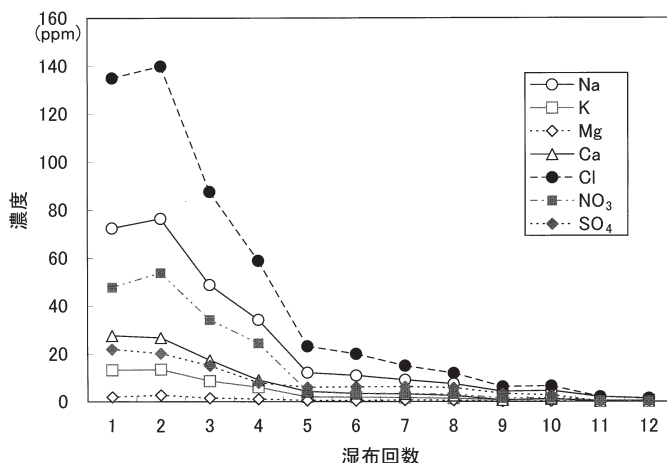


図2 湿布回数と溶出液中の各イオン濃度の関係

図3は、湿布によって溶出したイオンの中で最も多く含まれる Cl^- と他のイオンとの間の濃度関係を示した図である。なお、図中には湿布の回数を数字で付記した。この図から、 Cl^- と他イオンの間に明瞭な直線関係が認められることがわかる。そこで、最

小二乗法を用いて、 Cl^- と他イオンの間の濃度比(直線近似の勾配)および相関係数を求めた(表3)。最も相関係数が高いイオンは Na^+ で($r^2: 0.999$)、 Na^+/Cl^- は0.539であった。その他のイオンでは、 $\text{K}^+/\text{Cl}^-: 0.096$ ($r^2: 0.998$)、 $\text{Mg}^{2+}/\text{Cl}^-: 0.016$ ($r^2: 0.950$)、 $\text{Ca}^{2+}/\text{Cl}^-: 0.198$ ($r^2: 0.993$)、 $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-: 0.387$ ($r^2: 0.990$)、 $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-: 0.138$ ($r^2: 0.950$)の値が得られた。一方、

浸漬では、特に Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} および SO_4^{2-} の濃度比が湿布とは異なり、浸漬-1と浸漬-2で、 Na^+/Cl^- は0.652と1.504、 K^+/Cl^- は0.171と0.494、 $\text{Ca}^{2+}/\text{Cl}^-$ は0.249と0.252、そして $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ は0.530と0.649と、それぞれ湿布よりも高い値を示す。ちなみに、湿布による Na^+/Cl^- と $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ 比は標準海水の値³⁾に極めて類似している(それぞれ、0.553および0.140)。なお、門倉⁴⁾によるイランの出土壺を用いた浸漬実験では、筆者による最小二乗法による計算の結果、 $\text{Na}^+/\text{Cl}^-: 0.364$ 、 $\text{K}^+/\text{Cl}^-: 0.650$ 、 $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-: 0.002$ 、 $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-: 0.203$ の各値が求められた。本研究の浸漬実験結果と比較して、 Cl^- に対する溶出率では、 Na^+ 、 NO_3^- および SO_4^{2-} が高く、逆に K^+ が低い。これは、実験に用いられたテラコッタに含まれる析出塩類の成分構成に大きな相違があるためであろう。

(3) 湿布と浸漬による各イオンの溶出率の相違

図4には、湿布と浸漬による各イオンの溶出率の相違を明らかにするために、 Cl^- の濃度に対する各イオンの濃度比を図示した。湿布と浸漬による溶出イオンについては、実験方法が異なるために、それぞれの濃度を単純に比較することはできないが、濃度比を用いることによって、各イオンの溶出率の推定が可能になる。図4では、 Na^+/Cl^- が湿

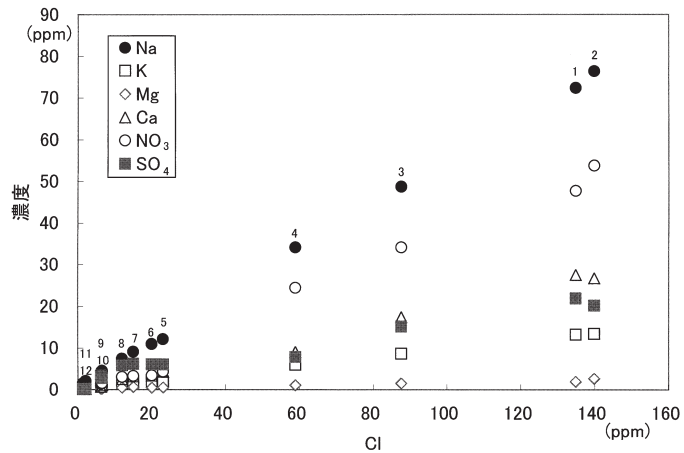


図3 湿布による溶出液中の Cl^- に対する各イオンの濃度

表3 湿布および浸漬による溶出液の Cl^- に対する各イオンの濃度比

元素比	湿布 (相関係数)	浸漬-1	浸漬-2
Na/Cl	0.539 (0.999)	0.652	1.504
K/Cl	0.096 (0.998)	0.171	0.494
Mg/Cl	0.016 (0.950)	0.014	0.038
Ca/Cl	0.198 (0.993)	0.249	0.252
NO_3/Cl	0.387 (0.990)	0.439	0.018
SO_4/Cl	0.138 (0.950)	0.530	0.649

布4回目と5回目の間の浸漬で高くなっている。また、湿布11回目から12回目で Na^+/Cl^- はやや増加し、その後の浸漬で特に大きな値をとる。これは、浸漬することによって、湿布よりも Cl^- に対して Na^+ が多く溶出していることを示唆している。一方、

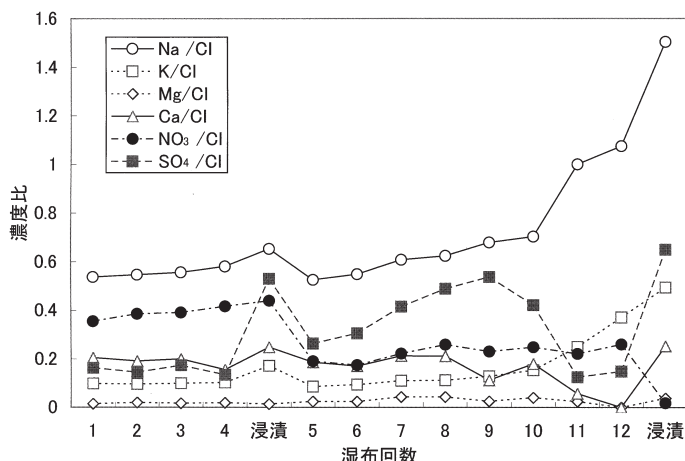


図4 湿布および浸漬による溶出液中の Cl^- に対する各イオンの濃度比

SO_4^{2-} に着目すると、湿布4回目と5回目の間の浸漬と湿布12回目の後の浸漬で直前の湿布よりも $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ が特徴的に高くなっている。この事実は、浸漬により、 Cl^- に対する SO_4^{2-} の溶出割合が大きくなっていることを示す。同様な傾向として、 K^+/Cl^- および $\text{Ca}^{2+}/\text{Cl}^-$ も直前の湿布に比べてそれらの値が高い。ただし、 $\text{Mg}^{2+}/\text{Cl}^-$ については、湿布と浸漬で明瞭な相違は認められない。したがって、浸漬によって、 Cl^- に対する Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} および SO_4^{2-} の濃度比が高くなることから、湿布による溶出では、 NaCl などの塩化物塩に起源をもつイオンが主であるが、浸漬ではそれらに加えて、 Na_2SO_4 、 K_2SO_4 、 CaSO_4 などの硫酸塩由来のイオンがより多く溶出しているものと推定される。なお、本研究で用いたテラコッタ中の析出塩類については、X線回折などによる同定を行っていないが、土製品、石仏、壁画などに塩類風化を引き起こす一般的な物質として、塩化物塩は NaCl や KCl 、硫酸塩類は CaSO_4 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、 Na_2SO_4 、 MgSO_4 ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)などが報告されている^{5,6,7,8)}。特に硫酸塩類の中で Na_2SO_4 は水に対する溶解度が温度によって大きく変化することから、塩類風化を促進させる大きな要因となる⁸⁾。

記述のように、湿布と浸漬では、溶出されるイオンの種類が異なる。その理由として、湿布と浸漬の実験方法の相違が挙げられる。湿布では少量の蒸留水を用い、テラコッタの表層部分の溶解度の大きい析出塩類を溶出するのに対し、浸漬では多量の蒸留水中にテラコッタを浸すために、表層部分だけではなく、内部に存在する溶解度の小さい析出塩類も溶出してくることが考えられる。そのために、浸漬では水に対する溶解度の低い硫酸塩類が比較的溶出しやすいものと推定される。化学便覧⁹⁾によれば、 NaCl の溶解度は25℃で26.43、 KCl は26.4 (g/100g・ H_2O)で、塩化物塩の溶解度は大きい。一方、硫酸塩類の溶解度は一般に小さく、25℃で CaSO_4 は0.208、 K_2SO_4 では10.75、そして低温では溶解度が極めて小さい Na_2SO_4 が21.9 (g/100g・ H_2O)となっている(表4)。それゆえ、湿

布ではテラコッタの表層部分に存在する塩化物塩類は溶出しやすいが、硫酸塩類は表層部に存在していても溶出しにくいものと考えられる。したがって、テラコッタの表層部分、あるいは内部に析出した硫酸塩類の脱塩処理については、浸漬の方がより効果的であるといえる。

しかしながら、図4で明らかなように、浸漬-1の後の湿布では、 $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ が増加傾向を示している。これは、一度浸漬を行うと、内部に存在していた硫酸塩類が溶出して表層部分に移動するためか、その後の湿布でも、硫酸塩類が溶出しているものと推定される。ただし、 $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ が増加するのは湿布5回目から9回目で、湿布11回目および12回目ではその比が逆に減少するとともに、 SO_4^{2-} 濃度も約0.3-0.2ppmと極端に低くなる(表1)。浸漬の後の複数回の湿布によって、硫酸塩類が次第に溶出し、その結果、表層部分からの溶出が極めて少なくなったためであろう。

以上述べてきたように、テラコッタの脱塩処理については、浸漬式が有効であると考えられるが、塩類風化の程度によっては、本研究で実施した脱塩処理、すなわち、先ず湿布式による表層析出塩類の溶出を行い、次いで浸漬を行うなどの、湿布式と浸漬式とを併用した方法も有効な脱塩処理といえる。

5. おわりに

本研究で実施した伝エジプト出土のテラコッタの湿布式と浸漬式との2つの脱塩処理の結果、処理方法によって溶出物が異なることが定量的に確認できた。湿布式処理では主にNaClなどの塩化物塩由来のイオンが溶出し、浸漬式処理では、これらに加えて Na_2SO_4 、 K_2SO_4 、 CaSO_4 などの硫酸塩由来のイオンが多く溶出していると考えられる。

塩類風化によって劣化したエジプト出土の土製品は硫酸塩類を多く吸着している可能性が高く、湿布式処理では表層部に存在している硫酸塩類でも溶出しにくいことから、効果的な脱塩には、湿布式処理では不充分であり、浸漬式処理が欠かせない。

しかし、塩類風化の種類によっては、湿布式処理でも良好な脱塩効果が得られる可能性もあり、今後は、様々な塩類風化を受けた土製品について、湿布式と浸漬式あるいは両者を併用した脱塩処理を行い、両者の特長を生かした効果的な処理方法を模索していく必要がある。

表4 各塩類の水に対する溶解度

元素比	0℃	10℃	20℃	25℃	30℃
NaCl	26.3	26.31	26.38	26.43	26.5
KCl	21.92	23.8	25.5	26.4	27.1
MgCl_2	34.6	34.9	35.3	35.5	35.8
CaCl_2	37.3	39.3	42.7	45.3	50.0
Na_2SO_4	4.31	8.26	16.0	21.9	29.2
K_2SO_4	7.2	8.48	10.0	10.75	11.5
MgSO_4	18.0	22.0	25.2	26.7	28.0
CaSO_4	0.176	0.193	0.205	0.208	0.209
NaNO_3	42.2	44.6	46.8	47.9	49.0
KNO_3	11.7	18.0	24.0	27.5	31.3
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	38.4	39.7		42.1	42.6
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	50.5	53.55	56.39	57.98	60.41

化学便覧(2004)による⁹⁾

なお、本研究は、2006 年度倉敷芸術科学大学教育活性化資金を受けた研究事業「美術館所蔵の石造物・土製品の塩類風化対策の基礎的研究」の成果の一部を含む。

註

- 1) このような土製品の塩類風化のメカニズムは、出土石造物と全く同様である（鈴木まどか1996, p.30）。

参考文献

- 1) 青木繁夫 1985：「土製品の保存・修復研究I—塩類風化によって損傷をうけた土器の保存・修復—」『保存科学』No.24, pp.33-37
- 2) 鈴木まどか 1996：「日本における古代エジプトコレクションとその保存」『倉敷芸術科学大学紀要』11号, pp.25-36
- 3) 北野 康 1995：『水の科学』NHKブックス, 日本放送出版協会, 254p
- 4) 門倉武夫 1985：「イラン出土壺の脱塩処理における溶出物の分析」『保存科学』No.24, pp.39-45
- 5) 関 陽太郎, 酒井 均 1987：「千葉県館山市大福寺舟形磨崖佛十一面観音像の劣化と水・岩石相互作用」『岩鉱』No.82, pp.230-238
- 6) 関 陽太郎, 平野富雄, 渡辺邦夫 1987：「福島県小高町薬師堂石仏群の劣化と水・岩石相互作用」『岩鉱』No.82, pp.269-279
- 7) 朽津信明, 段 修業 1993：「敦煌莫高窟における塩類の晶出と壁画の劣化」『保存科学』32, pp.28-34
- 8) 沢田正昭 1997：『文化財保存科学ノート』近未来社, 212p
- 9) 日本化学会編 2003：『化学便覧基礎編Ⅱ』（改訂6版）, 丸善

The Conservation of Ancient Pottery (1) :
Chemical Analysis of the Extraction Treatment
(Combined Method of Compress and Immersion)
for Soluble Salts from Unearthed Egyptian Terracotta

Madoka SUZUKI

College of the Arts

Takafumi KATO, Mamoru SENO

College of Life Science

Kurashiki University of Science and the Arts,

2640 Nishinoura, Tsurajima-cho, Kurashiki-shi, Okayama 712-8505, Japan

(Received October 10, 2007)

The unearthed potteries, especially those found in deserts and dry areas like Egypt, had suffered from damp and exposure to salts. This paper presents experimental results on extraction treatments for removal of soluble salts carried out on unearthed terracotta in Egypt. The terracotta was treated by combination of 10 times compress and 2 times immersion. The conductivity of leached solutions was measured, and each ion in them was analyzed by ion-chromatography.

The conductivity of leached solutions became gradually lower through compress. Finally, after compressing 12 times, the conductivity was less than 10 μ S/cm.

The analysis by ion-chromatography showed that each ion of Cl⁻, Na⁺, NO₃⁻, Ca²⁺, SO₄²⁻, K⁺ and Mg²⁺ is contained in leached solution. This result shows that these ions were extracted from chloride and sulfate, which had precipitated in unearthed pottery. The amount of SO₄²⁻ relative to Cl⁻, however, increases by immersion rather than compress.

The ratios of SO₄²⁻/Cl⁻, Na⁺/Cl⁻, K⁺/Cl⁻ and Ca²⁺/Cl⁻ in leached solution become much higher during the immersion process than in the compress method. It follows that sulfates such as Na₂SO₄, K₂SO₄ and CaSO₄ are relatively easy to dissolve from the surface and/or the inner part of unearthed pottery by the immersion method, even if the sulfates show generally low solubility in water. Therefore, immersion method is ideal as treatment for removing salts from unearthed pottery. However, it should be stressed that the combination of compress and immersion is one effective method in case of unearthed pottery heavily damaged by salt crystallization. Consequently, the compress method is not enough. The immersion method is necessary for the complete extraction of soluble salts.