

## 塩づくり(2)

- 製塩土器の復元と煎熬<sup>せんごう</sup>工程の工夫 -

前田 昭彦

塩の製塩工程は、海水を濃縮して鹹水<sup>かんすい</sup>をとる「採鹹<sup>さいかん</sup>工程」と、鹹水を煮詰めて塩を析出させる「煎熬<sup>せんごう</sup>工程」からなり、それぞれの工程で系統的な技術進化がなされてきた。「塩づくり(1)」<sup>1)</sup>では「藻塩焼き」を復元し、主に採鹹工程を中心に塩づくりの方法について述べたが、ここでは古代製塩土器の復元と、土器製塩における煎熬工程について検討し、縄文時代から平安時代にかけての我が国における製塩技術を考察することで、日常生活と理科を結びつける教材化の可能性を探った。

[キーワード] ものづくり 製塩 製塩土器 煎熬工程

### はじめに

現在の製塩は、採鹹工程においては、イオン膜透析槽で海水を濃縮するイオン膜濃縮製塩法によって、鹹水を採っている。また、煎熬工程においては、鹹水を真空式蒸発装置で煮詰めて塩の結晶を析出させている。

本稿では、日本各地で出土している製塩土器を参考にその土器を復元し、土器の中に鹹水を入れ、煮詰めることで塩を析出する製塩方法（煎熬工程）を検討するとともに、実験室レベルで簡易に実施できる古代の製塩方法の復元について紹介した。

### 1 製塩土器の復元についての検討

若狭湾（福井県）や、三河湾（愛知県）、瀬戸内海に面した地域からは、製塩土器と呼ばれる器が多数発掘されている。

ここでは、上記の地域で発掘された土器の写真等<sup>2)</sup>を基に、縄文～古墳時代及び、飛鳥～平安時代の土器の復元について検討する。

### 準備

粘土（信楽<sup>とくろく</sup>特濃）、陶器（ゴブラン型、湯飲み茶碗）、紙コップ、プラスチック漏斗、新聞紙、電気乾燥機、魚焼き用網（図1）、焼き網（図11）、ガスコンロ、るつぼばさみ、セラミック板

### 方法

(1) 粘土約100gに少量の水を加えよく練り、成形型となる陶器の内側に粘土を貼り付け、厚さ5mm程度になるように成形する。

(2) 方法(1)で成形した粘土を、陶器に入れたまま電気乾燥器内に入れ、100℃で1時間乾燥させる。

（本実験では50℃で1時間、その後、100℃で1時間乾燥させた。）

(3) 方法(2)の乾燥させた粘土を陶器から取り出し、ガスコンロを用いて、始めは直接火のあたらない魚焼き用網の上に乾燥した器を載せ、弱火～中火で15分程度加熱し、徐々に強熱して20分程度加熱する。その後、炎が直接当たる網に替え、弱火～中火で25分程度加熱し、さらに強火で40分程度加熱し、素焼きを完成させる（図1～3）。



図1 複製土器の素焼き



図2 型の陶器(左)と素焼き(右)



図3 型の陶器(左)と素焼き(右)

(4) 陶器に替えて紙コップを成形型に用いて，方法(1)～(3)と同様にして素焼きを完成させる(図4)。



図4 型の紙コップ(右)と素焼き(右)

(5) 陶器に替えてプラスチック漏斗を成形型に用いて，方法(1)～(3)と同様にして素焼きを完成させる(図5)。



図5 型の漏斗(左)と素焼き(右)

(6) 成形型を用いないで，玉づくりによる方法(ろくろを用いずに，丸めて玉にした粘土を

紙の上に載せて，手で成型する方法)で土器を成形し，方法(1)～(3)と同様にして素焼きを完成させる(図6)。



図6 玉づくり法土器の素焼き

#### 結果と考察

本実験では，陶器や紙コップ，プラスチック漏斗を型にして，その内側に粘土を貼り付けるようにして製塩土器の作成を試みた。

粘土の成形においては，陶器や紙コップを成形型にした土器は，その底面や側面を約5mm程度の厚さになるようにしたが，側面や底面の内側しか見ることができないため，厚さを均一にするのが難しかった。

漏斗を成形型にすると，型が透明なので側面や底面の外側が見えるため，2mm程度の厚さで作成することができ，出土した土器の壁面の厚さに近いものとなった。また，形状は，愛知県内で多く出土しているタイプの「棒状尖底」と呼ばれるものをモデルとした。尖った底部は，煎熬をするときに，直接土に刺す部分である。

乾燥と素焼きにおいては，乾燥の段階では，どの土器にもひびが入ることはなかったが，素焼きの段階では，陶器を成形型にした土器と玉づくり法の土器の内側にひびが入った。しかし，紙コップを成形型にした比較的壁面が薄い土器と，漏斗を型にした壁面が2mm程度と非常に薄い土器では，外側に細かなひびがみられたものの，破損することなく素焼きが完成した(図7)。出土した製塩土器は，写真等から判断すると，そのつくりは極度に薄い。形状や大きさ，壁面の厚さについては時代的変遷を辿っているが，古墳時代までのタイプは，特に壁面は薄くつくりられている。ろくろを使用した成形ならば可能かもしれないが，玉づくりや紐づくり等

の現在も受け継がれている成形技法でつくられたとすると、これだけ薄いものをどのようにして成形したか不思議である。



図7 漏斗を型にした土器の素焼き

本実験では、古代の土器の焼成が野焼きであったことから、野焼きと同じ700～800℃で焼成できるようにした。ガスコンロを用いたのは、野焼きのような焼きむら無くし、土器の破損を少しでも防ぐためであるが、素焼きの結果から、壁面が厚い器に破壊が見られた。これは、火にあたる外壁表面と素地の内部あるいは内壁表面との温度差が開きやすく、熱膨張の差も大きくなって、その歪みにより粘土素地が破壊されたと考えられる。出土している土器が薄くつくりられているのは、このような加熱による破損を防ぐ手段であったとされており<sup>3)</sup>、先人の知恵の深さと合理性を感じた。ただ、土器の機械的強度は低く、少しの衝撃や圧迫によっても簡単に破壊してしまった。

## 2 土器製塩における煎熬工程についての検討

塩づくり(1)では、採鹹工程において、海藻を媒体として海水を濃縮したが、本実験では、採鹹工程の時間を短縮し、より多くの鹹水を得るために、アルミ鍋とガスコンロを使用し、海水を約3分の1に濃縮した鹹水を土器に入れて煮詰めた。

### 準備

鹹水(濃縮海水)、複製土器、植木鉢、るつばばさみ、セラミック板、スタンド、バーナー、ガスコンロ、ガスマッチ、電子てんびん、メスシリンダー、魚焼き用網

### 方法

(1) 複製土器のそれぞれの重量を、電子てんびんで量る。

- (2) 方法(1)のそれぞれの土器に、鹹水を50mlずつ入れる。
- (3) 方法(2)の土器をガスコンロの上に置いた魚焼き用網に並べて載せる(図8)。



図8 鹹水を入れた土器

- (4) 方法(3)の鹹水が入った土器を弱火で10分ほど加熱し、その後、強火で水分がなくなるまで加熱し、煮詰める。
- (5) 方法(4)のそれぞれの土器が十分に冷めてから、土器の重量を量り、析出した塩を算出する(図9)。



図9 土器に析出した塩

- (6) 素焼きの植木鉢(市販)の底を粘土でふさいだ後に重量を量り、鹹水を250ml入れた場合についても、以下方法(3)～(5)と同様に実験する(図10～13)。



図10 鉢の底を粘土でふさぐ



図11 強熱



図12 析出した塩の結晶  
(左：外壁，右：内壁)



図13 取り出した塩の結晶

### 結果と考察

点火から約20分で激しい沸騰が始まり，鹹水が少しふきこぼれたため火を弱めた。そのまま約40分で，塩の結晶が土器の側面と底面に析出した。鹹水を煮詰めるときは，鹹水が沸騰するために十分な火加減であればよい。ただ単に強熱すると，土器が破損し，その破片が飛び散ったりすることがある。

採鹹工程で海水を約1/3に煮詰めたので，使用した鹹水の濃度を約8～10%と考えると，採集できた塩の量は，計算上では，

鹹水 50ā（復元土器）では，4.0～5.0 g

鹹水250ā（植木鉢）では，20.0～25.0 g

となり，実験結果からは，復元土器ではほぼ予想量となり，素焼きの植木鉢では若干予想量よりも少なかったが，思っていたよりも塩を得る

ことができた。以下結果を示す（表1，2）。

表1 析出した結晶（復元土器）

	土器A	土器B	土器C
土器重量（g）	108.0	65.0	285.3
鹹水（ā）	50.0	50.0	50.0
結晶重量（g）	4.8	4.5	5.2

表2 析出した結晶（素焼きの植木鉢）

	植木鉢A	植木鉢B	植木鉢C
土器重量（g）	236.6	240.2	235.1
鹹水（ā）	250.0	250.0	250.0
結晶重量（g）	18.0	19.5	18.5

また，煮詰めている間，複製土器はほとんど割れず，特に，薄手の土器が熱に耐えることが実証できた。

おわりに

塩づくりは，その歴史や方法，塩の性質・機能・化学的成分など様々な視点から興味や関心を高め，理科から他教科，他領域にも発展し，日常生活との関連も深めることが可能なものづくりであると考えている。

### 参考文献

- 1) 前田昭彦 研究紀要第15号 塩づくり(1) pp.16-21 北海道立理科教育センター 2003
- 2) 製塩の歴史 <http://geocities.co.jp/HertLand-Sumire/7546/304salt.html>
- 3) 村上正祥 日本海水学会誌第45巻 藻塩焼きの科学(1) pp.48-49 日本海水学会 1991

（まえだ あきひこ 化学研究室長）