

塩づくり(3)

- 揚げ浜式塩田法による塩づくり -

前田 昭彦

これまでに、「塩づくり(1)」¹⁾では「藻塩焼き」を復元し、主に採鹹^{さいかん}工程を中心に塩づくりの方法について検討し、「塩づくり(2)」²⁾では「古代製塩土器」を復元し、土器製塩における煎熬^{せんこう}工程について検討することで、縄文時代から平安時代にかけての製塩技術について考察してきた。

ここでは、平安時代後期から江戸時代前期における製塩技術を検討するとともに、実験室スケールで行える「揚げ浜式塩田法」を開発し、その教材化の可能性を探った。

[キーワード] ものづくり 製塩 揚げ浜式

はじめに

我が国の製塩の工程は系統的な技術進化がなされてきた。平安時代後期になると、塩田が登場したことにより、鹹水^{かんすい}を採る工程で海水を付着させる材料が藻から砂に変わっていった。

揚げ浜式塩田法は、約1200年前（平安時代）にはすでに行われていた伝統的な製塩法である。この製塩法は、水が染み込まないように固めた「塩浜」に、人力で運んできた海水を繰り返し撒いては天日乾燥させ、砂に塩分をたくさん付着させ、この砂を沼井（抽出装置）に集めて海水をかけて鹹水を採る方法である。

本稿では、日本各地で行われていた揚げ浜式塩田法を参考にその製塩技術について検討するとともに、実験室スケールで実施できる方法について紹介した。

1 実験材料及び器具についての検討

揚げ浜式塩田法の塩づくりでは、海水を付着させる「塩浜」、海水を霧状に撒くための「打桶（うちよけ）」、塩の付着した砂を集める「沼井」、鹹水を煮詰める「塩釜」が必要となる。

ここでは、実験室スケールで行うことのできる、市販の海砂でつくる「塩浜」、ペットボトルを用いてつくる「打桶」や「沼井」、海水を

入手しにくい地域での「人工海水」等の教材化について検討した。

A 塩浜
準備

海砂（市販2.5kg；2袋）、金属のトレー、新聞紙、プラスチック漏斗、ポリバケツ、ふるい、不織布（台所用水切り袋）

方法

- (1) バケツの中に入れた海砂を流水でよく洗い、細かい泥と不純物を取り除いた後、不織布をかぶせた漏斗で水を切り、新聞紙の上で海砂を広げて乾燥させる。
- (2) 方法(1)で乾燥させた海砂2.5kgを、金属のトレーに入れ、全体が同じ厚さになるように、板を用いて平らにならす（図1）。

本実験では、散布する海水の量についても検討するため、同じ塩浜を2つ作製した。



図1 塩浜

B 沼井

準 備

ペットボトル(2ç; 2個), 不織布(台所用水切り袋), 割りばし(2膳), カッター, ホットボンド(合成樹脂接着剤), ガスバーナー, ガスマッチ

方 法

- (1) カッターの刃をガスバーナーの炎で熱したものをを用いて, 1本のペットボトルは上部四角錐の部分を切り落とし(図2左上), もう1本のペットボトルは底部から15cm位のところを切り落とす(図2右上)。
- (2) 割りばし2膳から, 7cmの木材を8本分カッターで切り, 格子状に組んでホットボンドで固定する(図2左下)。
- (3) 不織布を2枚重ねて, 2重の袋にする(図2右下)。



図2 材料の加工

- (4) 方法(1)で上部を切り取ったペットボトルに, 底部を切り取ったペットボトルを逆さまにしてはめ込む。
- (5) 方法(4)の逆さまにしたペットボトルの中に, 方法(2)で格子状に組んだものを入れ, さらに, 方法(3)の不織布をかぶせて沼井を完成させる(図3)。

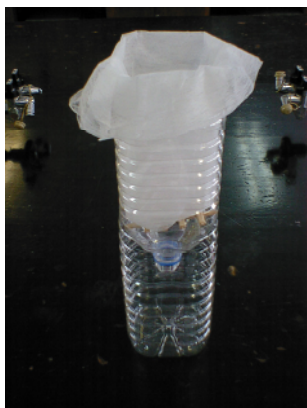


図3 沼井

C 打桶

準 備

ペットボトル(500ã), 千枚通し, ガスバーナー, ガスマッチ, メスシリンダー(50ã), 油性マジックインキ

方 法

- (1) ガスバーナーの炎で熱した千枚通しを用いて, ペットボトルのふたに20~30箇所の小さな穴をあける。
- (2) メスシリンダーで水を50ãはかりとり, ペットボトルに入れて油性マジックインキで印を付ける。この操作を10回繰り返して, 500ãまで50ã毎のスケールを表示する(図4)。



図4 打桶

D 人工海水

準 備

塩化ナトリウム, 塩化マグネシウム, 硫酸マグネシウム, 電子てんびん, メスシリンダー(1000ã), ビーカー(5ç), マグネチックスターラー

方 法

- (1) 電子天秤で, 塩化ナトリウム141.6g, 塩化マグネシウム17.3g, 硫酸マグネシウム11.1gをはかりとり, ビーカーに入れる。
- (2) 方法(1)のビーカーに水を4830ã注ぎ, マグネチックスターラーを用いて溶かす。

以上の操作により, 人工海水における塩分濃度を3.4%となるように調製した。

表1 海水の成分³⁾

水	96.6%	
塩分 3.4%	塩化ナトリウム	77.9%
	塩化マグネシウム	9.6%
	硫酸マグネシウム	6.1%
	硫酸カルシウム	4.0%
	塩化カリウム	2.1%
	その他	0.3%

2 揚げ浜式塩田法による製塩についての検討

揚げ浜式塩田法での製塩工程は、A 潮汲み場で海水を汲み、B 桶に海水を入れて塩田へ運び、C 汲み上げた海水を引桶（ひこけ）に入れ、打桶で海水を霧状に撒き、D 天日と風で砂を乾燥させ、E 乾燥した砂を沼井に入れ、砂に海水をかけて塩分を流し、F 得た鹹水をろ過し、G 釜に入れて焚き、水分を蒸発させて塩を得る、というものである。

ここでは、上記工程のうち A と B は人工海水を調製して 5 ㍑ ビーカーに保存しておくこととし、C は自作打桶を用いて海水を撒き、D は太陽光とスチーム暖房の熱と扇風機の風で砂を乾燥させ、E と F は自作沼井を用いて鹹水を得て、G は鍋とガスコンロを用いて塩を得ることで、揚げ浜式塩田法の教材化について検討する。

準 備

人工海水、塩浜（2 個）、沼井、打桶、扇風機、鍋、ガスコンロ、ガスマッチ、電子てんびん、メスシリンダー（1000 ㍈）、顕微鏡

A 海水撒きと砂の乾燥（上記 C、D）

方 法

- (1) 2 つの塩浜を窓側のスチーム暖房の上に設置し、塩浜 a に海水 300 ㍈を、塩浜 b に海水 150 ㍈を打桶で撒く。
- (2) 方法(1)の塩浜に扇風機で風を送り（10 時間程度）、その後自然乾燥させる（14 時間程度）（図 5）。
- (3) 方法(1)、(2)の海水撒きと砂の乾燥を 6 日間繰り返す。



図 5 砂の乾燥

B 沼井による採鹹工程（上記 E、F、G）

方 法

- (1) 塩浜 a の砂の上層半分をすくい取り、沼井に入れて 1 ㍑ の海水をかけた後（図 6）、鹹水をろ過してから（図 7）比重を求める。
- (2) 塩浜 a の砂の下層半分をすくい取り、沼井に入れて 1 ㍑ の海水をかけた後、鹹水をろ過してから比重を求める。
- (3) 方法(1)、(2)の鹹水を合わせて鍋に入れ、1/10 の量になるまで煮つめた後、ろ過する。
- (4) 方法(3)のろ液を再び鍋に入れ、水分が少し残るくらいまで煮つめた後、大きめのろ紙の上に取り、自然乾燥させる（図 8）。
- (5) 塩浜 b についても、方法(1)～(4)と同様に実験する。
- (6) 塩浜 a、b から得た塩を顕微鏡で観察する。



図 6 鹹水



図 7 鹹水のろ過



図 8 析出した塩

結果と考察

本来、塩浜は海水を下に浸透させないために砂の下に粘土の地盤をつくるが、本実験では粘土を用いず金属トレーをそのまま地盤とした。また、海砂は粒子の大きさも重要とされるが、本実験では市販の海砂を使用した。なお、塩田

の面積は約0.09m²であり、一般的な塩田（例；能登地方）の約1/2200のスケールであった。

海水を撒いた後の砂の乾燥は、冬の実験室ということもあり、時間を要するために6日間この工程を続けた。この工程を繰り返すほど塩浜の表面は固くなり、全体的に白くなってきた。また、表面では（特に塩浜a）、小さな塩の結晶の析出を確認することができた。

採塩工程では、塩浜に撒く海水の量による違いを調べるために、塩浜a、bでの比較実験を行った。また、塩浜の砂のどの部分に塩分が多く付着するかを確かめるために、砂の上層部と下層部に分けて鹹水を探り、それぞれ比重を求めた。以下結果を示す（表2）。

表2 塩浜a、bの比較

	塩浜 a	塩浜 b
散布海水量 (ā)	1 8 0 0	9 0 0
散布海水中的NaCl (g)	5 1 . 0	2 5 . 5
鹹水の比重(上層)	1 . 0 5	1 . 0 3
鹹水の比重(下層)	1 . 0 3	1 . 0 2
析出したNaCl (g)	4 7 . 2	3 8 . 9

塩浜a、bともに上層部の砂から得た鹹水の方が比重が大きく、上層部に塩分が多く付着していたことがわかる。特に塩浜aの鹹水では、純粋な食塩水として換算した場合、約7%の濃度に相当する。これは、毛細管現象により海水が砂の表面にしみ出してきたことが理由として考えられる。様々な資料に、揚げ浜式塩田法では、砂の粒子の大きさにこだわっていたことや、沼井に入れる砂を塩田の表面からかき集めていたことが記されているが、このことが効率化を図る工夫のひとつであったと考えられる。

また、鹹水を探るために使用した海水1ç中の塩（NaCl 28.3g）を除くと、砂から流れ落ちた塩の量は、塩浜aでは約19g、塩浜bでは約11gとなり、海水をそのまま煮つめることよりもはるかに効率がよい（本実験では1.5～1.7倍）ことがわかる。しかし、散布した海水の量

に対する塩の収率は、塩浜aでは37%、塩浜bでは42%となり、この方法では塩分の多くは砂に付着したままであったことがわかった。揚げ浜式塩田では、鹹水を探った後の砂を再び塩田に戻しているが、このことから塩分のついた砂を再利用することで効率化を図っていたと考えられる。

さらに、散布した海水が少ない方が効率が高かったことから、塩田の面積に対する海水の量にも関係があると考えられる。塩田面積と散布海水量の関係を考察し、海水から塩の析出量をより多くすることが、今後の検討課題である。

おわりに

世界で生産されている塩のうち、最も多いのは岩塩で、塩全体の4割を占めている。また、世界の海塩はそのほとんどが「天日製塩法」によるものだが、日本は土地も狭く、雨が多く、湿度も高いことからこの方法は使えないため、海水を煮つめて塩を取り出してきた。

海水中のわずかに3%の塩分を煮つめて取り出すこの方法は効率が悪く、歴史的に大変な苦労があったはずだが、安全で質の高い日本の塩は世界でも高く評価されている。日本の塩づくりにおける創意工夫は、少ないエネルギーで海水中の塩を効率的に取り出す方法を改善してきた歴史でもある。

このような塩づくりは、地理的・歴史的な視点から、ものづくりへの興味や関心を高め、理科と生活との関連を深めることが可能となる教材のひとつになり得ると考える。

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) 前田昭彦 研究紀要第16号 塩づくり(2) pp.39-42 北海道立理科教育センター 2004
- 3) 財団法人 塩事業センター リーフレット「Dr.ソルトの秘密の島」

（まえだ あきひこ 化学研究室長）