

9712 製塩法(土器製塩・塩田法・イオン交換膜法等)の比較研究および塩に関する総合的教材開発の試み

助成研究者：山本 勝博 (大阪府教育センター)
共同研究者：利安 義雄 (大阪府教育センター)

大阪府教育センターでは従来から製塩法の歴史的研究を中心に教材研究を行ってきた。今年度は表題に示したように、土器製塩法とイオン交換膜法による製造法の基礎的事項について比較研究を試み、同時に塩に関する総合的な教材の開発および実践をめざして取り組んできた。

塩は人間にとって必要不可欠な物質であり、塩作りの社会的分業化はすでに縄文後期後半には始まっている。古代の日本では、濃縮した海水(かん水)を土器に入れ煮沸して塩を取り出していた(土器製塩法)。このような方法は大変手間もかかり、しかも少量の塩しか得ることができない。現在では、工業用は輸入天日製塩、食品用はイオン交換膜法により、容易に入手できるようになったが、そのため塩に対する関心が薄くなるようであってはならない。

今回は教材用のイオン交換膜電解槽の製作(イオン交換膜のサイズは40×80mm)と、それを用いた実験開発を行った。両端の電解室からは気体が発生するので、それらの気体を捕集できるように、さらに両端の壁面も全面ステンレス板とし、電極も兼ねるように工夫した。この装置の電気透析の適性電解電流は、0.7A以上でよいことがわかった。さらに食塩水の電気透析後の電解液の確認実験により、5槽の電解槽では交互に食塩水の濃度に濃淡が生じており、イオンの電気化学的な挙動についての理解を深めるのに役立つものと考えている。

次に、古代の製塩法の研究のため和歌山県西庄の製塩遺跡を現地視察し、土器製塩の規模や釜あと、土器片の様子などを調査した。

さらにこれらの歴史的背景を踏まえて、二つの小学校において土器作りから始めて土器製塩の再現をする総合的な教育実践を行った。子供たちは自作土器による塩作りを通して、身近な粘土が土器に変化したり、海水を濃縮すると食塩が得られることを体験し、塩作りに対する興味と認識を新たにした。そして、古代の人々と土や塩との関わりについて理解し、現在においても身近な自然を守っていく大切さについて認識できた。

9712 製塩法（土器製塩・塩田法・イオン交換膜法等）の比較研究および塩に関する総合的教材開発の試み

助成研究者：山本 勝博（大阪府教育センター）

共同研究者：利安 義雄（大阪府教育センター）

1. 研究目的

我々は従来から製塩法の歴史を中心に教材研究を行ってきた。古代の藻塩焼きから土器製塩、揚浜・入浜の塩田法、枝条架流下式、近代的なイオン交換膜法の教材化を試みてきた¹⁾。

塩は人間にとって必要不可欠な物質であり、塩作りの社会的分業化は早くも縄文後期後半には始まっている²⁾。日本には岩塩はなく、海水から塩を取り出すのは大変手間がかかる作業である（海水の食塩濃度は3%であり、食塩を取り出すには濃度が薄い）。古代の日本人は、濃縮した海水（かん水）を土器に入れ煮沸して塩を取り出していた。このような方法を土器製塩という。この製塩土器の底の形も先の尖ったものから、丸形のものまで種々見出される。先の尖ったものは、砂または灰等に突き刺して使用し、丸形のは、容量を増し量産化の目的に使用したものと考えられている。

現在では、海外での大規模天日製塩、岩塩、イオン交換膜法等種々の手段で、塩の大量生産が可能になり容易に入手できるようになったが、そのために塩に対する関心が薄くなるようになってはならない。実際、塩は食品用や工業原料として重要なだけでなく、各種伝統文化や宗教の中でも意義のあるものとして幅広く取り扱われている。このような観点から考えて、塩は総合学習のテーマとしても興味深い課題である。例えば、学校においてこれらの土器作りから始めて濃縮した海水を加熱して実際に塩を取り出してみたりすることにより、塩の学習を展開することは教育的に意味のあることと思われる。

今回は、イオン交換膜法による食塩水の濃縮と淡水化の教材化の試みの研究と古代の製塩遺跡である和歌山県西庄遺跡の状況および学校の周辺で製塩土器が発見されている小学校二校における土器製塩法による塩作りの実践を中心に報告する。

2. イオン交換膜法による食塩水の濃縮と淡水化の教材化

2.1 研究方法

本来イオン交換膜法は、電解ソーダ工業において、陽イオン交換膜（陽イオンのみを通す膜）を利用した食塩水の電解から水酸化ナトリウムや塩素ガスを得る方法として確立されてきた。その応用として、陽イオン交換膜と陰イオン交換膜とを交互に配置した多槽の電解槽で食塩水を電気分解すると、中間槽において電気透析が起こり、交互の槽に原液よりも濃い食塩水と薄い食塩水が得られる（図1）。この方式による海水の濃縮は場所も経費も非常に効率よく使えるため、最近では日本での食品用の製塩はほとんどこの方式によっている。また食塩水を薄くできる点から、中近東諸国等では海水から飲料水を得るため

の淡水化プラントとして活躍している。

従来、学校においてイオン交換膜を利用した教材はほとんど無かったが、最近あるメーカーの好意によりイオン交換膜が入手できたので、教材用イオン交換膜電解槽を試作し、それによって食塩水の電気分解に伴う膜の特性を調べ、食塩水の濃縮ならびに淡水化の再現を試みた。

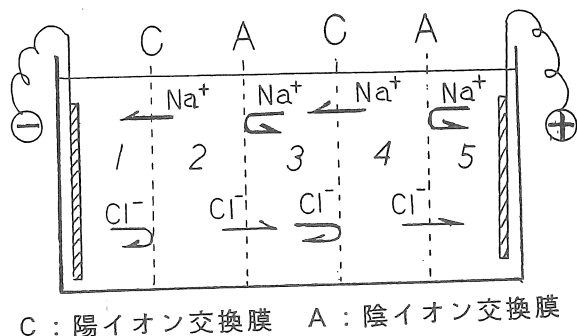


図1 イオン交換膜による塩水の濃縮原理

2.1.1 イオン交換膜電解槽の製作

使用したイオン交換膜は陽イオン用、陰イオン用とも硬質性のポリスチレン系 (k.k.トクヤマ製 NEOSEPTA-CMX,-AMX) の膜で、水に対して膨潤し易く、一軸方向で4%前後膨らむ。イオン交換膜は、架橋がしっかりしてあるので膨潤しても硬いままで、隔膜として取り付けるときに工夫がいる。今回は基材に強く挟み付ける方法と、シリコンゴム系接着剤のようなもので伸縮をカバーする方法を併用して取り付けた。試作した電解槽の基材には厚さ3mmのアクリル板を用い、膜の取り付けは図2のように陽イオン交換膜、陰イオン交換膜2枚ずつを交互に取り付けた5槽からなるものを作製した。両端の電解室からは気体が発生するので、その気体を捕集できるように、蓋を取り付け、両端の壁面も全面ステンレス板で電極も兼ねられるようにし、気密のよい電解室にした。

【製作手順】

- (1) 通常、イオン交換膜は湿らせ膨潤した状態で保存されているが、有機系接着剤で取り付けるので、性能が少し落ちるといわれているが、一度乾燥状態にしてから製作を行った。使用したイオン交換膜のサイズは40×80mmで、陽イオン、陰イオン用をそれぞれ2枚ずつ切り出した。
- (2) 3mmのアクリル板から50×100mmのサイズの板を8枚切り取り、それぞれ糸のこで内部に30×80mmサイズの穴の開いた枠を用意した。
- (3) 図2のように、二つの枠の間に、イオン交換膜を挟み、軟質プラスチック接着剤とアクリル用接着剤で取り付けた。念のため、シリコンゴム系充填剤を交換膜と枠のコーナーに充填した。イオン交換膜の実効面は30×70mmとなった。
- (4) 4組のイオン交換膜枠を等間隔に取り付け、両端の壁面には57×130mmのステンレス板を用意した。アクリル枠はアクリル接着剤で、ステンレス板はエポキシ系接着剤で取

り付けた。液が漏れてはいけなないので、各枠のサイズが同じになるように、研磨剤で丁寧に調整した。同時に蓋も取り付けました。蓋からは気体を外部に取り出せるように、直径 12mm の穴を開けた。完成の概念図は図 3 の通りである。

(5) イオン交換膜の液漏れは、電解室に交互に水を入れチェックを行った。実験を何度も繰り返すと交換膜が膨潤したり、収縮したりするので液漏れが新たに起こることがある。そのときは、漏れの箇所を確認の上、シリコンゴム系充填剤で補修を行った。

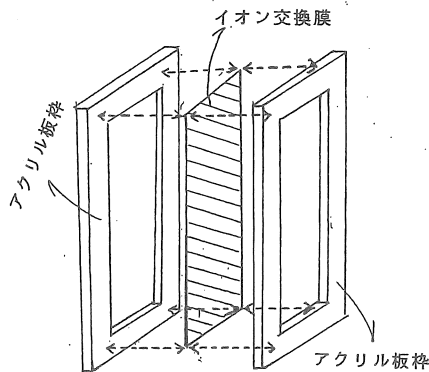


図 2 交換膜の取付け

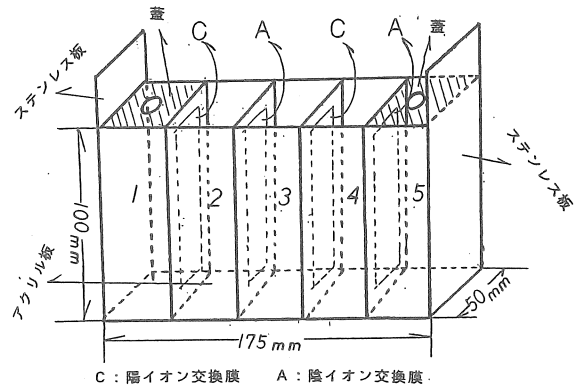


図 3 製作した電解槽の概略図

2.1.2 適性電解電流の決定

電解槽に、ある一定以上の電流（限界電流）が流れると、中間の交換膜での膜透過イオン量に比べ膜面へのイオン拡散が追いつかず、膜面濃度が低下し水が分解されはじめ、 H^+ 、 OH^- が移動する。それを防ぐために、電気透析に際しての限界電流を、次のようにして調べた³⁾。すべての槽に 3% 食塩水を入れ、両端の電極は $3.5 \times 2.3\text{cm}^2$ の大きさの白金電極を用いて電流－電圧曲線を求めた。

2.1.3 食塩水の電気透析の確認実験

試作したイオン交換膜電解槽で、表 1 に示したような各種条件で一定時間電気透析を行った。透析後、各種溶液の pH および塩化物イオン濃度（モル法：クロム酸カリウムを指示薬として硝酸銀溶液で滴定する方法）を調べた。透析条件はいずれも、1800 秒、0.5A で行った（電気分解による変化量は電気量（電流×時間）によって決まる）。電圧は電極、溶液構成などによって若干異なるが、ほぼ 10 ~ 14V の間であった。食塩を含む溶液を電気分解する際、+極では塩素ガスが発生するので電極に白金を使用している。ステンレス極を+極にする場合は、その電極槽のみ塩化物イオンを含まない溶液にして、酸素を発生させるように工夫した（Ⅱ）（Ⅲ）。

2.2 結果と考察

2.2.1 適性電解電流の決定

得られた結果は、図 4 のようになった。これから、この電解槽で電気透析を行うには、0.7A 以上で行えばよいことが分かった。

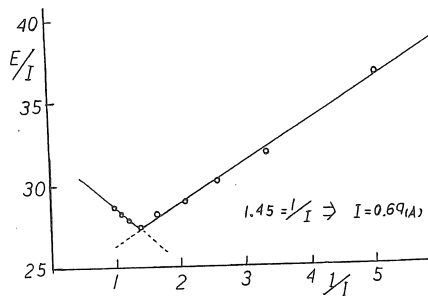


図4 限界電流の測定

2.2.2 食塩水の電気透析の確認実験

この結果から、どの実験でも各槽の塩化物イオンが交互に濃淡を示していることが明らかである。イオン交換膜が選択的に働いている証拠である。アルカリを使用した(Ⅱ)を除いて、+極側はいずれも酸性を示している。発生する塩素ガスが溶けて、次亜塩素酸水になっている。酸性は隣の槽まで影響しているが、これはイオン交換膜を水素イオンも透過しているためである。-極では水素が発生しアルカリ性を示しているが、その影響は隣の槽まで及んでいるのは+極と同様である。おなじ透析条件で電極の極性だけを変えた(Ⅰ)と(Ⅳ)のときの濃度を比べると、(Ⅰ)では2、4槽が濃くなり、真ん中の3槽

表1 電気透析後の各槽での塩化物イオン濃度とpH

		1槽	2槽	3槽	4槽	5槽
(Ⅰ)	電極	白金(+)				ステンレス(-)
	電解液	3%食塩水	同左	同左	同左	同左
	透析後Cl ⁻ 濃度	2.10%	2.75%	1.92%	2.79%	1.90%
	透析後のpH	2.0	2.4	5.8	11.5	12.5
(Ⅱ)	電極	ステンレス(+)				ステンレス(-)
	電解液	0.5M NaOH	3%食塩水	同左	同左	同左
	透析後Cl ⁻ 濃度	0	2.74	1.82	2.54	1.78
	透析後のpH	12.7	6.2	6.2	11.4	12.5
(Ⅲ)	電極	ステンレス(+)				ステンレス(-)
	電解液	0.5M硫酸ナトリウム	3%食塩水	同左	同左	同左
	透析後Cl ⁻ 濃度	0	3.45	2.55	3.48	2.49
	透析後のpH	2.2	2.5	7.4	11.5	12.5
(Ⅳ)	電極	ステンレス(-)				白金(+)
	電解液	3%食塩水	同左	同左	同左	同左
	透析後Cl ⁻ 濃度	2.23	1.86	2.68	1.92	2.23
	透析後のpH	12.4	9.5	4.6	2.8	1.8
(Ⅴ)	電極	白金(+)				ステンレス(-)
	電解液	海水	同左	同左	同左	同左
	透析後Cl ⁻ 濃度	2.77	3.52	2.66	3.54	2.63
	透析後のpH	2.4	4.2	7.8	8.1	10.2

が薄くなっている。ところが(Ⅳ)では全く逆になっている。(Ⅰ) - 3槽では、+側の2槽へ塩化物イオンが、-側の4槽へはナトリウムイオンが透析移動し、3槽ではどんどん食塩濃度が薄くなる。(Ⅳ) - 3槽では、2槽より塩化物イオンが、4槽よりナトリウ

ムイオンが移動流入し、濃度が濃くなっていく。

この教材を通じて、イオンの電気化学的な挙動についての理解を深めるだけでなく、科学技術と人との関係において、科学の進歩が古典的な製塩法を根本的に変えたり、淡水化などのように幅広く応用されていることを知るきっかけになるであろう。

3. 西庄遺跡の位置と出土の製塩土器について⁴⁾

3.1 研究方法

和歌山市郊外の加太地区にある西庄遺跡は、古墳時代としては全国最大規模の製塩遺構が見つかっている。県道西脇山口線道路拡張工事に伴う発掘調査で、和歌山県文化財センターが平成8年度より本格的に調査を行っている。遺跡の規模は、東西 500m 以上、南北 300m 以上の範囲を持つ集落であり、これまでの調査で集落の東側が居住域、西側が作業域と分かれていることが明らかにされている。遺跡は現在の海岸線から約 600m ほど内陸に位置し、当時は海岸線により近い位置にあったものと思われる。また、西庄遺跡周辺には塩作りを生業とした遺跡が数多くみられ、加太周辺を含めて現在 28 遺跡が確認されている。これらの遺跡では土器による塩作りが弥生時代の終わり頃から奈良・平安時代にかけて行われていたことが分かっている。今回、西庄遺跡の視察を行い、遺構現場と多くの出土品を確認した。

また、出土する土器の形状とかん水の蒸発法について考察を行った。

3.2 結果と考察

図5は和歌山県西庄遺跡の位置と周辺に確認されている製塩遺跡を●印で示す。現在、全部で 28 カ所が確認されているが、大きな砂浜や小さな砂浜あるいは隔離した砂浜に立地しているものさらに友ヶ島からも数多くの遺跡が見つかっている。図6は西庄遺跡の発

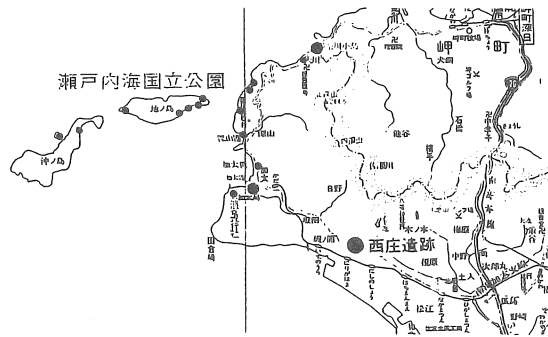


図5 西庄遺跡と周辺の遺跡の位置

掘跡であり、これはまだ一部で道路の反対側にも同様の遺跡が発見されている。図7は出土した釜跡で、両側に穴が開いており通風口として使用したものと思われる。図8は堆積している土器片の層で膨大な量の土器片が見出される。このあたりの畑からも耕作に支障になる位大量に土器片が出土する。図9は出土した土器片でかなり大型のものもみられる。

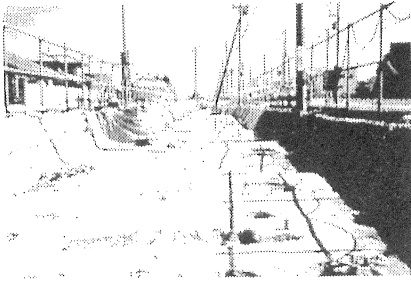


図6 西庄遺跡の発掘跡



図7 出土した釜あと

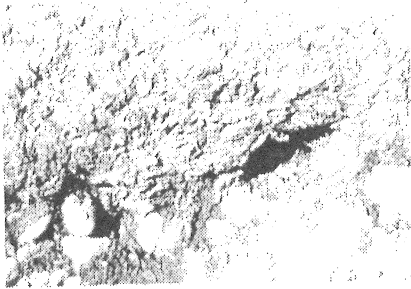


図8 土器片の層

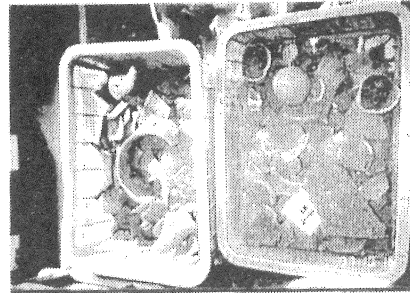


図9 出土した土器片

従来より考古学の分野では、土器製塩法は先の尖った土器を砂に突き立てたり、大きな石の間に挟んで、下から木炭や薪で加熱し海水を濃縮したのではないかとされている。しかし、製塩遺跡の地理的状況や我々の土器の製作による塩作りの再現実験の体験から考察して、土器の製作から海水（かん水）の濃縮過程が一連の工程に沿って、行われていたものと考えられる。そこで、薪を使用して釜で土器作りを行った後、熱い残り火を使用して海水を濃縮したのではないかと考えられる。土器作りと木炭作りが別の場所で作られ、遺跡場所で濃縮だけが行われたとは考えにくい。かん水の蒸発であれば、おき火の火力で十分でありこれ以上の火力はむしろマイナスになる（薪を直接使用すると土器内に灰が入ったり、土器が破損しやすい）。この灰の中へ先の尖った土器を突き立て海水を蒸発させるように工夫したのであろう。

4. 学校における土器製塩法による塩作りの実践

4.1 研究方法

今回、近くで製塩土器が発見されている岸和田市と堺市の二つの小学校で、実際に土器作りから始め、できた土器による海水の濃縮による塩作りの実践を行い、生徒の様子や問題点等を探り検討を加えた。

実践例1. 岸和田市立春木小学校での実践

(1) 概要

五年生社会科の「伝統工業」の単元で、備前焼の学習をした。そのとき、自分たちも土器を焼いてみたいと土器作りに興味のある子どもが多かった。

理科の「もののとけかた」の単元では、粒状のホウ酸と食塩を見分けるところから学習に入った。同じ白い細かい粒状の物質ではあるが、白さにも微妙に違いがあること、光沢の違い、手触り、重さ、そして粒の形も一方は四角いことなど、とても鋭い観察力を発揮することができた。目で見ると以外にこの二つを見分ける方法はないかを考えていく中で、顕微鏡で見て塩の結晶形に驚き、また、塩は水に溶かしても溶け残るという生活体験より水に溶かして比べてみようと考えて、溶け方の違いの学習へと入って行った。二つの物質を見分けるという必然性をもった学習であったので、二つの物質の性質についてよく捕まえることができた。蒸発させれば海水から塩が採れることなどにも気づけた。学習のまとめ段階で、塩の結晶作りに興味が集中し、発展として結晶作りに取り組んだ。

この二つの学習が進んでいる頃、新校舎建設が始まり、基礎工事の際に校庭から掘り出された粘土を採取しておいた。そして、近くの遺跡から製塩土器が出土している資料を見せると、きっと大昔の春木の人達もこの粘土で土器を作って塩を作っていたのだろう、自分達もその粘土で土器を作って、塩を作りたいととても意欲的に取り組むことができた。

(2)土器の製作とかん水の蒸発

材料：校舎建築の基礎工事の際に掘り出された粘土（鉄分を含んでいるらしく青っぽい）を使用した。結構きめが細かく、採る場所によっては少し礫が交じっていたが、古代人ならそのまま使用したであろうと考え、今回はそのまま使用した。固いので2～3日水に浸けておき、成形の前によく練ったり、水分を補ったり固さを調整しなくてはならず、市販の粘土の方が楽であろうが、子どもたちは楽しんで取り組めた。

成形：導入で使用した、製塩土器の形式図を見本として作った。粘土で紐を作り、積み上げて作っていった。内壁はできた塩が取れやすいよう、できるだけ滑らかにするように指示した。初めは、見本のように底のところがった形に挑戦していたが、うまくいかず、何度も作り直して、湯飲み型のものや、蒸発皿のような形のものが多くなった。試行錯誤の末、理科での食塩水の蒸発をヒントにして作ったようだ。

成形したものは、日陰で一ヶ月乾燥させたが、分厚いものや底の部分の乾燥の仕方については、もう少し工夫をすればよかった。

焼成：レンガを約2 m 四方に2段積みし、真ん中に土器33個を固めて並べ、急激に焼くと割れるといけないので、初めはレンガのすぐそばから火をつけて、45分程は周りからだんだん火を近づけながら焼いていき、後半1時間程は上から火をかぶせて焼成した。側面はうまく焼けたが、底面は完全に焼けなかったものがあつた。地面に直接並べるのではなく、鉄板や焼き網などの上に並べるなどの工夫をすればよかった。

かん水の蒸発：炎が出なくなってから土器を取り出し、引き続いて、あらかじめ3倍程度に濃縮しておいた海水を蒸発させた。薪を燃やして蒸発させると灰や炭などが混じりそうなので、土器を焼成したときの置き火を利用した。初めは余熱ですぐに乾固したが、数回かん水を入れると火力が弱くなってもう蒸発しなくなった。また、底の平らなものは、底が焼けきれていなくて、表面が剥離するものもあつた。また、熱いところへ急激に冷たいかん水を入れたためか、ひびが入ったり、割れるものもあつたのは残念だった。



図10 土器の成形の様子

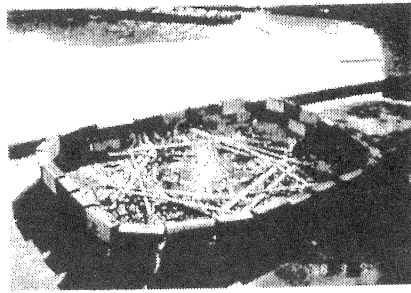


図11 土器の焼成

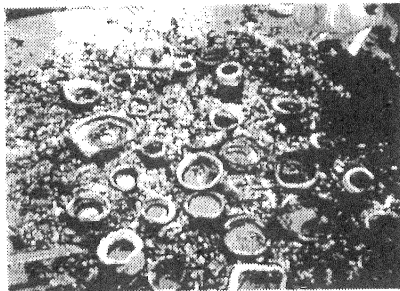


図12 かん水の蒸発



図13 生成した塩

(3)子どもの感想

- ◇ 学校の地下に土器を作る土があったなんて驚いた。土を練るときおもしろかった。
- ◇ 昔の人は塩を作るのにどれだけ苦労しているかよく分かりました。これからも、塩を大切にしていきたいです。
- ◇ 焼けた土器に水を入れたとき、「ジュワー」と音がなった。うまく食塩だけ残ってすごくうれしかった。古代の人は、海草を洗って海の水を濃くしたり、土器の形を工夫して焼いたり、すごい知恵をもっていたんだな—と思った。この近くでも加守町の三味堂の遺跡で土器が発見されているのを聞いてびっくりした。

実践例2. 堺市立金岡小学校での実践

(1)概要：最近校区内にある長曾根遺跡（縄文・弥生時代）が発掘調査され、自分たちの身近な場所にも古代の人々が住んでいたことを学習した。今回実践を行った6年生では、社会科の歴史学習の中で、古代の人々が環境に適応し、環境から生きるために必要なものを得ていたことを知った。食塩もその一つで、古代の人々は製塩土器というもので生命にとって必要不可欠なものを自ら作り出していたことを学習した。

また、同様に6年生の理科学習では「人と動物のからだ」の単元において、食塩をはじめミネラルは動物だけでなく、生物すべてに必要なものであることを知った。さらに図工においては、埴輪や土器などの焼き物作りを学習した。そこで、これらの学習内容をできる限り総合的に扱い、環境教育の視点から「土器による海水からの塩作り」の教材化を試み、実践した。

(2)活動のねらい

- ・日本では、人間にとって必要不可欠な食塩は、天然の海水から得ていたことを知る。
- ・自分たちの作った土器で、塩を作ることにより、古代人と環境との関わりを実体験する。
- ・環境を自分達の生活に生かすことの大切さと、環境を守っていく大切さについて考える。

(3)活動内容：①土器作り（2時間）・土器の乾燥、②土器の素焼き（1時間）、③塩作り（2時間）、④話し合い・感想

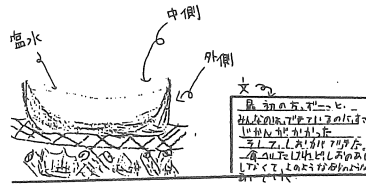
(4)子どもの感想：この塩作りの活動の後の話し合いでは、「楽しかった」という意見の他に、「昔の人は大変だったんだな。塩を作るだけでも、こんなに手間をかけていたのか。昔、塩は貴重だったんだな。昔は海の水はきれいだったけど、今は食べることができるのかな。これから先、海の水がもっと汚れたら海水からは食塩は作れないのではないかな。今でもすでに、汚れて真っ黒な海のところもある。」などの意見があった。



図14 土器の焼成

土器で塩作り 2新
(大がは あつ)

実験



感想

最初、土器をつくるのに、おまじ時間がかかった。それで、アきて、塩水を入れ、つくった。とって、おもしろかった。この実験は、しかなの作りかたがわかった。

図15 子どものワークシート

(5)まとめ

本実践の間、子どもたちは最後まで意欲的にかつ楽しそうに活動していた。それは、体験学習であると同時に理科、社会、図工を環境学習の視点から総合的に扱うことによって、子どもたちの興味関心が高まったのではないかと考える。また、土器による塩作りという自分たちの大昔の先祖と同じ様な方法で食塩を作ったことも子どもたちの意欲を持続させる要因になっているのではないかと考える。

小学校高学年の子どもたちにとって、食塩は、最も生活と密接な食料品であると同時に、理科（化学）学習の中で初めて扱う薬品でもある。しかしながら、これまで子どもたちは食塩の作り方については全くといってよいほど知識がなかった。そのため、本実践は、子どもたちにとっては、すべてが初めての体験であった。本学級の子どもたちにとって、この「土器による海水からの塩作りを」の学習を通して、食塩に対する認識を新たにしたいだけでなく、塩作りを通して環境の大切さについても考えてくれることを期待している。

4.2 結果と考察

今回二つの小学校での取り組みを通じて、子どもたちの感想にもあるように塩作りの実践は楽しく興味をもって実施できる教材であることが確認できた。特に、自分達の身近にある粘土を用いて土器作りから行くと、より教育的効果も大きいことが分かった。自分達が苦勞して塩作りを行うことにより、古代からの人間と塩の関わりや、現代の高度に発展した科学技術の現状が理解できた。

5. 今後の課題

イオン交換膜法による食塩水の濃縮と淡水化の教材化では、実際の海水を長時間透析することによって、濃度の濃いかん水をつくり、加熱濃縮して固体の食塩を得たり、逆に淡水を作り出すと面白い。隔膜の交換能も考慮してイオン移動の定量的な考察をするのもよい。また、気体発生量を測定して、物質量的変化の関連を調べてもよい。さらに2槽ないし3槽にして単一の膜の性質を調べたり、溶液に着色イオンの溶液を使用して、イオンの移動に関する教材にも発展するであろう。さらに装置の簡便な製作方法を研究し、高等学校における化学の授業の実践を試みて、普及を図ると共にその成果、問題点等の検討を加える必要がある。

今まで遺跡や製塩土器については、考古学的な研究が中心であったが今後は科学的（または化学的）な研究がより重要になる。土器に使用された粘土の産出地や合わせて出土する銅や鉄の道具類は化学的に分析する必要がある。そして、他の製塩遺跡についても調査したいと考えている。

最後に、自作土器を用いた塩作りの実践は、地域の遺跡との関連を意識しながら、総合的な学習の一例として、興味ある結果であった。さらに多くの学校で試みると面白いであろう。課題としては土器の焼成の際に破損がいくつかみられたので、より簡便でかつ確実な方法を検討する必要がある。

6. 文献等

- 1) 馬路英和・利安義雄：大阪と科学教育，5,29(1991).
- 2) 鈴木陽一・石部正志・吉田晶・岡崎晋明・岩本正二・広瀬和雄：塩の古代史—和泉の製塩遺跡をめぐって—講演会資料(1993)
- 3) 日本化学会編：新実験化学講座 19-高分子Ⅱ（丸善、1978）p986
- 4) 西庄遺跡現地説明会試料，（財）和歌山県文化財センター。

Comparative studies of the Salt manufactures (the salt manufacture by eathernware,the salt farm method and the ion exchange membrane method etc.) and developments of general teaching material concerning salt.

Katuhiro Yamamoto and Yoshio Toshiyasu

Department of Science Education, Osaka Prefectural Education Center

Summary

We have mainly researched the teaching material for historical studies of salt manufactures.

Now we have comparatively studied for the salt manufactures of the ancient eathernware method and the ion exchange membrane method and tried the development and practice of the general teaching material concerning salt.

The salt is the indispensable material for human and thats systematic production started in the latter half of the Jomon (the straw-rope pattern) late period.

In Japan at ancient times ,the salt was taken from boiling concentrated sea water (kansui) in earther vessel(eathernware method of salt production). This method was very taken time and the salt yield was small quantity.

In present day, we can be easily obtained the industrial salt that importe the bay salt (dried salt in the sun) and foods salt that producte from ion exchange membrane method. Yet we must be not weakly interest for salt.

In this time, we have produced an electrolytic cell of ion exchange membrane for teaching material and examined of an experiments by this apparatus. As the gas is generated from both ends cells, this cells wall is used of stainless steel plate and combined the electrode. An aptitude electro-dialyzer current of this apparatus was good over 0.7A for 3% salt soln. From the experiments results of electro-dialyzer solution, it was confirmed to be mutually dence and light with the concentration of five cells solution. Thus experiment is a useful teaching material to understand the electro-chemical behavior of ion for science.

Next, we have visited one of the ancient salt manufacture remains in Wakayama Prefecture (The Nishinosho remain) and investigated a scale of the Salt manufacture work place, the kilnmarks and the fragments of eathernware etc.

Then we have tried the general educational practice in two elementary schools by the learning from the eathernwere manufacture to the salt production. In this practices Children had experience of the change from clay to eathernware and the production from sea water to salt. And they very interested and understood for salt manufacture. Through understanding the relation between ancient human and nature (clay and salt etc), they recognized the importance of the familliar nature conservation in nowadays, too.