

**(財) 塩事業センター**  
**The Salt Industry Center of Japan**

**公開講演会2005**

# 塩と海水を科学する

協賛 **日本海水学会**  
**(財)ソルト・サイエンス研究財団**

2005年11月29日（火）

13:30 ▶ 16:30（開場12:30）

小田原市民会館 小ホール（3階）



# 目 次

2005年11月29日（火曜日） 13時30分～

ページ

(13:30～16:30)

## 1. 国内で売られている塩の種類と品質

(海水総合研究所) 新野 靖 1

## 2. 日本人の自然観と食に対する嗜好

(研究調査部) 清水 徹 16

## 3. 海からの贈りもの — 個性豊かな様々な塩

(株)プランニングアドゥ 玉井 恵 25

## 4. 安心・安全、使いやすい塩をめざして

(海水総合研究所) 長谷川正巳 35

## 国内で売られている塩の種類と品質

海水総合研究所 新野 靖

### 1. はじめに

日本国内で市販されている塩商品の数は、平成9年4月の塩専売制度廃止以降急速に増加した。特に、国産品では小規模の天日塩生産が増加し、また、海外の天日塩、岩塩の輸入が急増するなど、様々な種類の商品が販売され、その塩の品質も多様である。

そこで、著者らは、国内で市販されている塩商品の品質調査を行い、その結果について公開<sup>1~2)</sup>すると共に、市販食用塩データブック<sup>3)</sup>としてとりまとめた。

本講演では、市販食用塩データブックに記載した食用塩の種類と品質について概説する。

### 2. 塩の種類

塩の種類の分け方にはいろいろあり、一つは品質から見た分け方である。例えば乾燥塩(さらさらした塩、焼き塩を含む)と湿塩(水分が多い塩)、高純度塩とにがり成分が多い塩などの分け方がある。また、立方体やフレーク塩などの結晶形による分け方(写真-1)もあり、塩の使い勝手や食品加工などを前提と考えた分け方と言える。これらの分け方は、原料や塩の製造工程の違いによって決まる場合が多い。

もう一つの分け方は製塩方法による分け方である(図-1)。国産品を大別すると、日本の気候条件等を考慮して独自に開発された方法であるイオン交換膜法により海水を濃縮してかん水とし、これをせんごう(加熱濃縮)して製造した塩、海水を天日などにより濃縮して製造した塩(天日塩、せんごう塩)および輸入した天日塩を加工した塩(溶解再結晶・粉砕)等である。輸入品は天日塩、岩塩、湖塩と岩塩・湖塩の溶解再結晶塩(せんごう塩)である。

この分け方は、塩を購入する際の商品の印象を左右する場合もあるが、塩の品質は、原料、濃縮方法、結晶化法、精製(溶解再結晶含む)の有無、乾燥の有無、混入物の有無などによって差が生じることを理解しておくことが重要である。

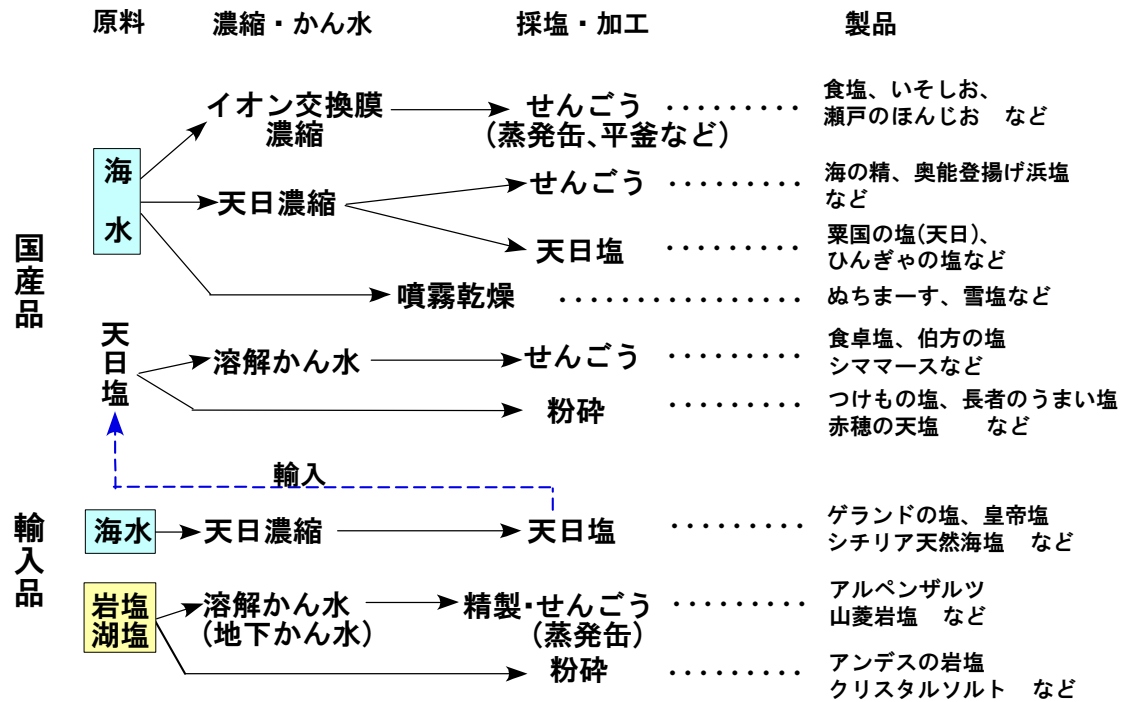


図-1 製塩方法と商品例

### 3. 市販食用塩の品質

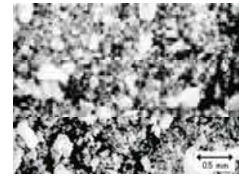
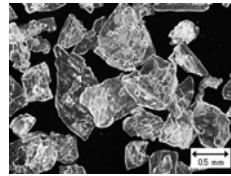
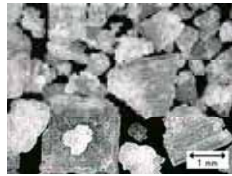
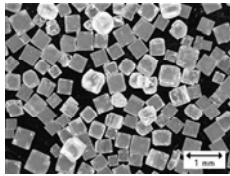
塩の品質の指標である物性と化学成分について調査した結果を以下に示す。

#### 3.1 結晶形と物性

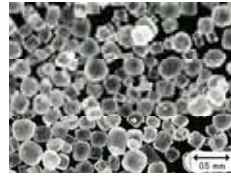
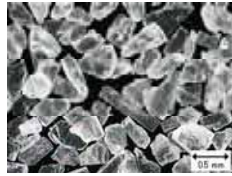
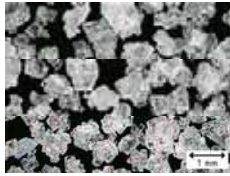
塩の結晶形は立方体だけでなく、球状、凝集(小さな結晶が集まったもの)、粉碎(大きな結晶を砕いた塩)、フレーク(鱗片状の塩)、トレミー(薄いピラミッド型の塩)など、さまざまな形のもので製造販売されている(写真-1)。結晶形の違いは製造方法(結晶化方法)により生じる。この結晶形や粒径の差は、溶解性、かさ密度、流動性などの塩の使い勝手に影響する要因となる。

溶解性(攪拌法)は図-2 に示すように 1~4 秒の商品が大半で、粒径が小さい方が溶け易く、塩の粒径や形状に依存する傾向がある。最も溶けやすいのはフレーク塩で、凝集≒粉碎、立方体の順となっている。凝集塩の場合、凝集の状態(凝集結晶の大きさ、形)によってバラツキがある。

かさ密度については図-3 に示すが、フレーク塩が他の結晶形に比較して小さいことが分かる。粉碎塩はかさ密度が大きく、この両者では同じ体積でも 20%以上の重量差が生じることもある。



立方体塩：サイコロ型	トレミー塩(ピラミッド型)	フレーク塩(ウロコ型)	微粒塩
循環式の蒸発缶による結晶化	かん水表面で結晶化(平釜)	かん水表面で結晶化(平釜)	噴霧乾燥
一般的な用途に適用	かさ密度が小さく溶け易い	かさ密度が小さく溶け易い	食材に付着し易く溶け易い。潮解性が高い。
「食塩」「瀬戸のほんじお」「天鹽やきしお」「山菱岩塩」	「珠洲の海」「鎌倉山のシェフの塩」「塩舞」「深海の華」	「あらしお」「瀬戸のましお」「黒潮伝説」「ふんわりいそしお」	「ぬちまーす」「雪塩」「宗谷の塩」



凝集塩	粉碎塩	球状塩	天日結晶塩
煮詰め時に液中で大小が凝集	天日塩、岩塩を機械的に粉碎	循環式の蒸発缶による結晶化	天日で長時間結晶化
一般的な用途に適用	食材に付着し易い	流動性が良い	粒が大きく溶けにくい
「伯方の塩」「シママース」「球美の塩」「海の精」「皇帝塩」	「長者のうまい塩」「赤穂の天鹽」「アンデスの岩塩」	「天外天塩」「アルペンザルツ」	「ひんぎゃの塩」「ゲランドの塩(粗粒)」

写真-1 塩の結晶

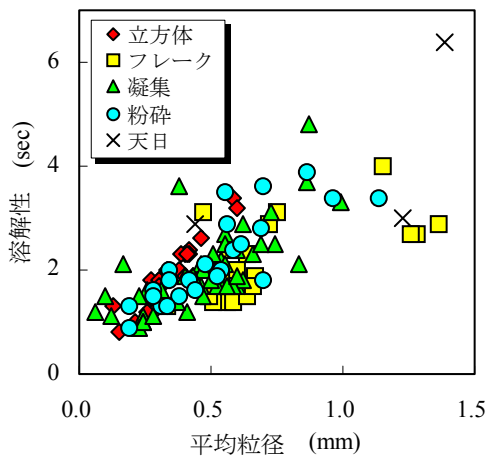


図-2 平均粒径と溶解性の関係(結晶形別)  
注) 1.5mm 以上を除く

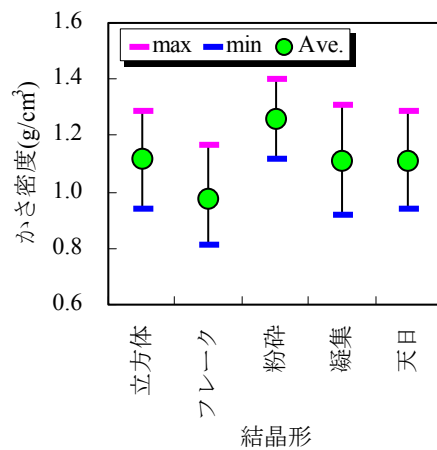


図-3 結晶形とかさ密度

### 3.2 化学成分

「塩」は岩塩・湖塩も含めて海水を起源として作られるので、当然海水中に含まれる成分が塩に含有され、塩中の成分を表す場合、主成分と微量成分に分けられる。

主成分は海水中に多く含まれる成分である塩化物イオン(Cl)、カルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)、カリウム(K)、硫酸イオン(SO<sub>4</sub>)およびナトリウム(Na)である。この他、塩では水分と不溶解分(水に溶けない混入物)が主成分として扱われる。塩に含まれる塩化ナトリウム以外の成分は、主に塩に付着している母液(濃縮されたかん水)やにがり中に含まれる

ので、これらの濃度と量(≒水分量)によって増減する。この他、K などが少量であるが結晶内に、硫酸カルシウム(セッコウ : CaSO<sub>4</sub>)が固体として含まれる。

微量成分としては、上記以外の成分・元素で、海水中に含まれる元素は、必然的に塩中にも含有されるが、かん水を濃縮した時に析出する元素もあり、塩およびにがり中の微量成分の存在比は海水と異なる。さらに、かん水製造法(イオン交換膜濃縮と天日・加熱濃縮)によってもその存在比は変化する。また、塩中の微量成分量は原料となる海水・かん水の清澄度や製造工程における混入によっても大きく変化する。

市販食用塩データブック<sup>3)</sup>に掲載されている化学成分データの一部を別紙1に示す。以下に主成分と微量成分の含有傾向について解説する。なお、掲載したデータは収集した商品に関するもので、同一商品でもロットの違いや水分の変動などにより測定結果は異なる。

### 3.2.1 主成分

国産品と輸入品における主成分の製法別傾向を図-4に示す。以下、個別項目の中で分布とあわせて解説する。

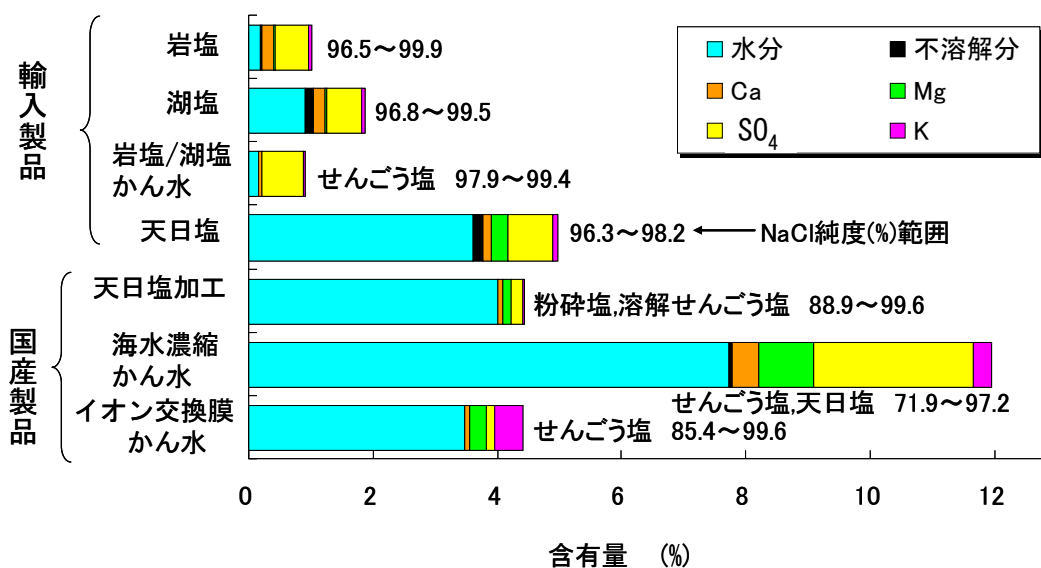


図-4 製法ごとの主成分比較(多カリウム塩を除く)

#### 1) 水分

国産品は3~10%と水分の多い湿った商品の割合が高く、海水を煮詰めて製造した商品は水分が多い傾向にある。これは、にがり成分の多い商品が消費者に好まれていること等と関係していると考えられる。輸入品は天日塩に水分が多いものも見られるが、全体的には0.5%以下の乾燥塩が多く、水分の少ない天日塩、岩塩の粉碎品が多く輸入されている。

(図-5)

## 2) マグネシウム(Mg)

Mg は、水分(にがり分)の多い湿った商品の割合が高い国産品に多い傾向があり、特に特殊な乾燥塩(海水または濃縮海水を噴霧乾燥などにより塩類を乾燥析出させたと推測される商品)には Mg 3%以上の商品がある。しかし、国産品でも輸入天日塩を原料としている商品は、天日塩中の Mg が少ない(0.01~0.02%)ため、Mg の少ない商品が多い。輸入品では、海水を原料とした商品である天日塩とせんごう塩の一部(多カリウム塩:K 含量が特に多いもの)に Mg が多いものの、全体的には少ないものが多い。岩塩には mg/kg オーダーの商品もある。(図-6)

## 3) NaCl 純度

国産品は、NaCl 純度が 92~96%の商品が最も多く、海水を天日濃縮したかん水の商品に純度の低いものが多く見られる。輸入品については、国産品より純度の高い商品の割合が高く、中には洗浄・乾燥した純度 99.5%以上の商品もある。また、岩塩の中には 99.92%と高純度の塩がある。天日塩商品には純度の低いものも多く、多カリウム塩の純度は 70%以下と低い。

NaCl 純度は水分と反比例の関係にあり、水分が NaCl 純度に大きく影響している。

(図-7)

## 4) 不溶解分

不溶解分については、国産品は清澄なかん水から製造された商品、洗浄された天日塩商

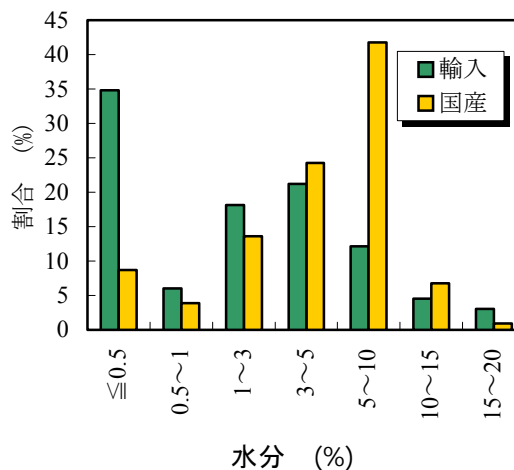


図-5 水分の商品分布

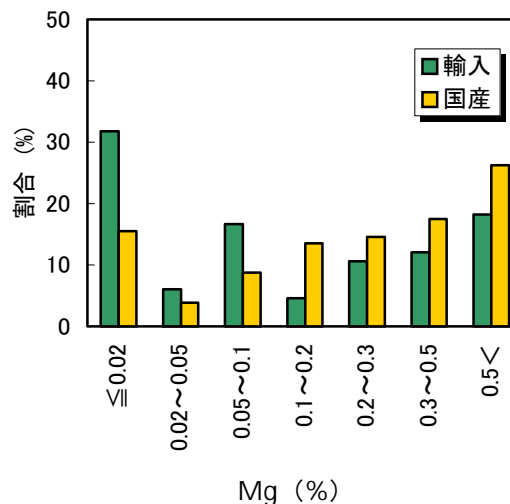


図-6 Mg 量の商品分布

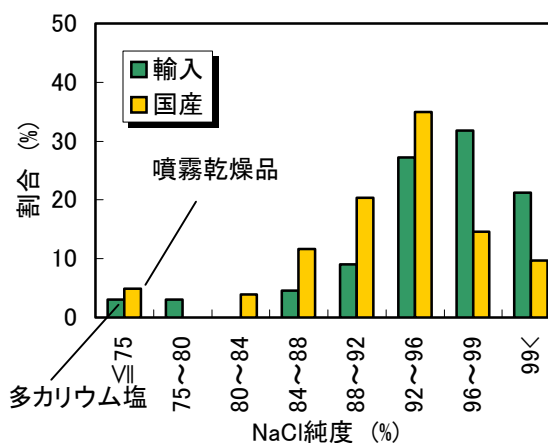


図-7 NaCl 純度の商品分布



品が多く、0.01%以下のものが多い。国産品で不溶解分が多く認められる商品は、主にせんごうをしていない海水濃縮商品(天日塩)であり、土砂等の混入が認められる。また、「焼塩」と称する乾燥塩と噴霧乾燥などによって海水を乾固したと思われる特殊な乾燥塩に不溶解分の多いものがあるが、これは乾燥により塩化マグネシウムが熱分解し、不溶解性の塩基性マグネシウム化合物(水酸化マグネシウム

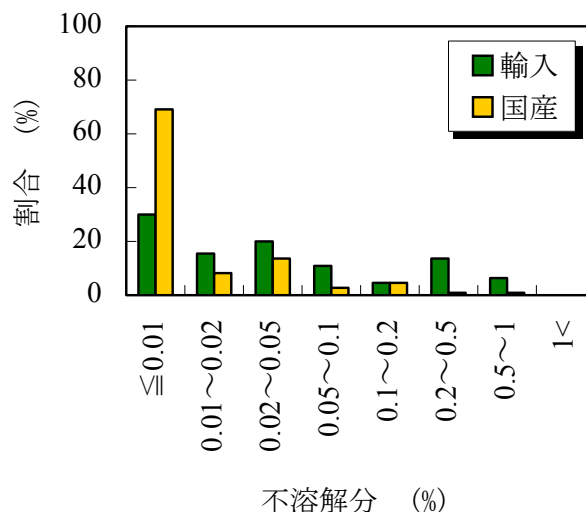


図-8 不溶解分量の商品分布

ムなど)が生成して含まれるためである。輸入品では不溶解分が0.02%以上含まれる商品の割合が高く、土砂が多く含まれている商品も見られる。しかし、せんごうした中国産の商品にはほとんど含まれていない。不溶解分が多い商品は一部の天日塩、湖塩と岩塩であるが、特にフランス産天日塩に多いものが見られる。(図-8)

### 5) その他の成分

カルシウム(Ca)は国産品と輸入品との差は小さいが、硫酸イオン(SO<sub>4</sub>)は国産品の方が少ない。これは、塩の製法の特徴が現れており、イオン交換膜法による海水濃縮かん水を用いた商品は、かん水中のSO<sub>4</sub>が少ないため商品中にも少なく、また、天日塩を原料とした商品は、原料である天日塩中のSO<sub>4</sub>が0.2%以下と少ないことから、溶解再結晶した商品にも少ないものが多い。輸入品では、SO<sub>4</sub>は天日塩に多く含まれ、岩塩でも中国産岩塩のように1%以上含まれるものもある。CaとSO<sub>4</sub>は硫酸カルシウム(セッコウ:CaSO<sub>4</sub>)として含まれる場合が多く、これは難溶性である。

カリウム(K)は、国産品、輸入品ともに0.2%以下の商品の割合が高い。国産品では、輸入天日塩(K:0.01~0.02%)を原料としている商品では少なく、噴霧乾燥などによって海水を乾固したと思われる商品とイオン交換膜法かん水から製造された商品の一部には、1%以上含むものもある。Kが多い(NaClが少ない)ことを表示している商品(多カリウム塩)は輸入品で2点あり、KClとして20%以上含む。



### 3.2.2 微量成分

微量成分の分析値が得られるかどうかは含まれる濃度と分析方法によって異なる。近年の分析技術の進歩によって、多くの元素の含有量が数値化できるようになったが、分析データが塩の商品イメージに影響することもあるので、その数値の持つ意味を理解することが重要である。

微量成分の調査結果は、不溶解分(土砂など)の成分、製造工程管理の重要性、および製法による特徴などを示している。以下に主な元素の含有傾向について示す。

#### 1) ヒ素(As)

海水中に数  $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ppb)と比較的多く溶存する元素である。一部の商品から検出されている(0.02mg/kg以上)が、検出された商品は、不溶解分(土砂)が多い一部の国の天日塩、岩塩および藻塩焼き法によって

作られた商品である。土砂にはAsが含まれることが多く、また、海藻には高濃度のAsが含まれるものも多いため、これらの混入によるものと考えられる。岩塩については含有する鉱物が原因と考えられ、産地特性と言える。Asはその含有形態によって毒性は異なり、存在形態を含めた解析が必要となる。(図-9)

#### 2) カドミウム(Cd)

海水中に極微量(数十  $\text{ng}/\text{kg}$ )溶存する元素で、通常の製塩では塩からは容易に検出されるレベルでなく、塩に含まれる量は多くても数  $\mu\text{g}/\text{kg}$  程度である。商品分析結果では数百  $\mu\text{g}/\text{kg}$  と多い商品が1点確認され、また、輸入天日塩の不溶解分(土砂)からも検出されている。

#### 3) 鉛(Pb)

海水中に極微量(数  $\text{ng}/\text{kg}$ )溶存する元素で、通常の塩から容易に検出されない。調査試料の中で検出された商品は岩塩であり、不溶解分の鉱物から高濃度で検出されている。また、天日塩中の土砂からも同様に検出されており、土砂の混入がPb混入の一因となっている。

#### 4) 銅(Cu)

海水中に微量(数百  $\text{ng}/\text{kg}$ )溶存し、にがりまで濃縮される傾向がある。それを含む塩には数  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ~数十  $\mu\text{g}/\text{kg}$  のCuが含まれるが、一部の商品には1mg/kgを超えるものもある。

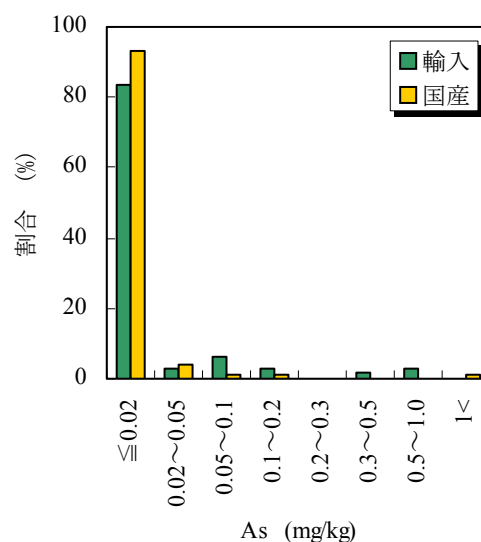


図-9 ヒ素含有量の商品分布

これらの商品は、製塩装置の金属材料の溶出により混入したものと考えられる。塩が金属材料と接触する場合、金属元素の混入を完全に防ぐことは難しく、それはCuに限らない。

### 5) 水銀(Hg)

海水中には超微量(1ng/kg 以下)溶存する元素で、通常の製塩では塩から検出されるレベルではなく、調査結果でも検出された商品はない。

### 6) その他の元素

高濃度で検出された金属元素としてクロム(Cr)があり、一部の塩から 3mg/kg 以上検出されている。これらの製品はニッケル(Ni)や鉄(Fe)も高濃度で含まれることから、製造工程で使用されるステンレス類が溶出、混入したものと考えられる。なお、検出されたCrは三価であり無害である。また、Crは不溶解分が多い商品から検出されている。この他の金属元素では、Fe、マンガン(Mn)、アルミニウム(Al)が高濃度で検出された商品があったが、いずれも不溶解分(土砂)を多く含む塩である。

## 3.3 海洋深層水塩・焼塩・藻塩について

特殊な原料・製法を用いた塩として、海洋深層水原料塩、焼塩、藻塩がある。

近年、海洋深層水を原料とした塩が生産販売され、海外からも同様の商品が輸入されている。海洋深層水は、窒素(N)、シリカ(Si)およびリン(P)が豊富であることが特徴で、一部の商品には一般に言われるミネラル(微量成分含む)が豊富であるような表示も見受けられる。調査した範囲では、海洋深層水の塩にミネラル分(微量元素を含む)が特に多い結果は示されていない(表-1、図-10)。

すなわち、塩中の主成分は付着母液量(にがり量)に依存し、微量元素含有量は、原料(海水)中の懸濁物(土砂等)とにがりの含有量に依存するところが大きいためである。なお、にがりの品質調査結果においてもミネラル分(微量元素を含む)含有量に差は認められていない<sup>4)</sup>。

表-1 主成分(平均値)の比較 (%)

成分	一般商品	海洋深層水商品
水分	5.44	5.47
IM	0.12	0.02
Cl	56.23	56.41
Ca	0.26	0.20
Mg	0.42	0.41
SO <sub>4</sub>	1.36	1.19
K	0.13	0.14
NaCl	91.41	91.70

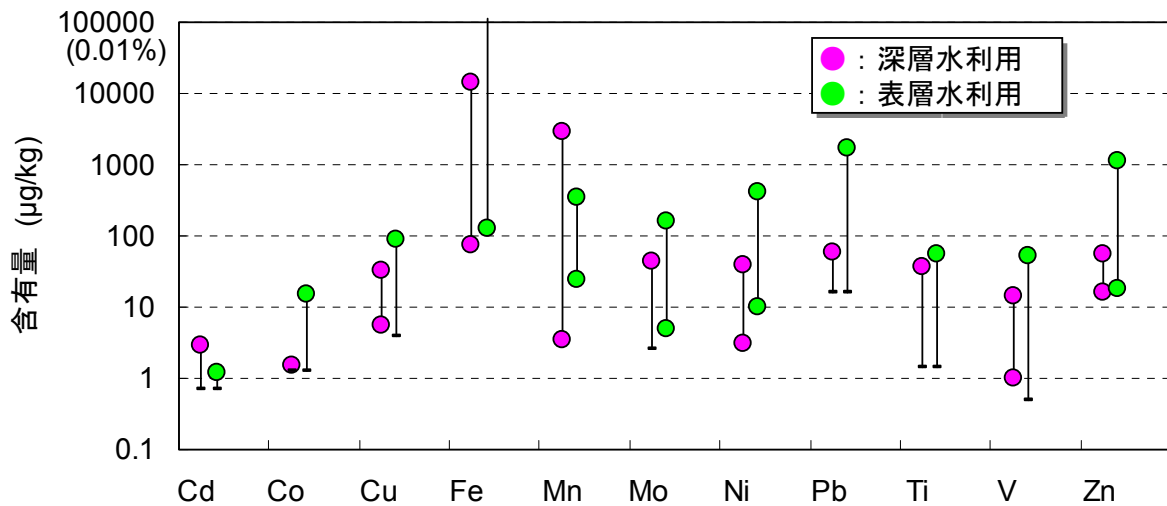


図-10 原料別の微量金属元素含有量の比較

焼塩は流動性の良いこともあり近年商品数が増加している。焼塩は塩に付着している吸湿性の高い塩化マグネシウムを高温加熱により熱分解させた商品で、何度で焼いたら焼塩であるかという定義はない。商品調査結果では、これらは pH が高く(10 以上)、溶解時に白濁するものが多く、不溶解分として水酸化マグネシウムや塩基性塩化マグネシウムといった難溶性アルカリ性物質が検出されている。

藻塩は、ホンダワラや昆布などを使用した古くから伝わる藻塩焼き製塩法によるものと藻類の抽出液を使用したものがある。藻塩焼き製塩の場合、藻類を焼いて作るため、当然藻類中の成分が塩に含まれることになるので、藻類に多く含まれるヒ素やヨウ素が多く検出されるものもある。抽出液を用いた場合でも類似したような成分の増加が考えられる。

### 3.4 添加物について

添加物は、①固結(塩が固まる)防止剤として炭酸カルシウム、炭酸マグネシウムなど、②成分強化剤としてクエン酸カルシウム、焼成カルシウムなど、③減塩(塩化ナトリウムの低減)効果として塩化カリウム、④調味効果としてグルタミン酸ナトリウム、クエン酸などが使用され、食品衛生法で認められた化合物が用いられている。しかし、日本で認可されていないが、海外で認可、使用されている添加物もある。

## 4. おわりに

国内で販売されている塩商品の種類は多く、その品質も様々で、その中から好みの商品

を選択するのは容易ではない。その選択には品質情報が必要であり、当センターでは今後も塩の品質に関する情報を提供し、消費者に活用して頂くことにしている。その一つとして、商品データシート(別紙2)を中心とした市販食用塩データブックを製作販売すると共に、随時新商品に関する品質情報の拡充を図っている。

#### 参考文献

- 1) 新野 靖,西村ひとみ,古賀明洋,篠原富男,伊藤浩士,“市販食塩の品質”,日本調理科学会誌,**32**,pp133-144,(1999)
- 2) 新野 靖,西村ひとみ,古賀明洋,中山由佳,芳賀麻衣子,“市販食塩の品質(Ⅱ)”,日本調理科学会誌,**36**,pp305-320,(2003)
- 3) (財)塩事業センター,“市販食用塩データブック”,(2004)
- 4) 芳賀麻衣子,西村ひとみ,関 洋子,新野 靖,“市販にがりの品質調査”,日本調理科学会平成16年度大会講演要旨集,(2004)

## 市販塩 169 点の分析結果(添加物塩を除く)

商品名	主成分 (%)					微量成分 (mg/kg)					
	水分	不溶解分	Ca	Mg	NaCl	As	Cu	Pb	Cr	Fe	Mn
新家庭塩	5.02	0.005	0.13	0.17	93.21	ND	ND	ND	ND	ND	ND
しっとり塩	3.74	0.002	0.056	0.62	89.85	ND	ND	ND	ND	ND	0.033
いそしお	4.15	0.00	0.11	0.37	93.61	ND	0.24	ND	ND	7.0	ND
もと塩	3.48	0.00	0.09	0.15	95.37	ND	0.30	ND	ND	ND	ND
五島灘の塩	4.07	0.006	0.10	0.35	93.93	ND	ND	ND	ND	7.7	ND
瀬戸のほんじお	7.01	0.00	0.20	0.34	85.37	ND	ND	ND	ND	ND	ND
昔塩(青)	3.40	0.00	0.16	0.21	95.01	ND	ND	ND	ND	0.92	ND
赤穂あらなみ塩	3.69	0.00	0.068	0.29	94.68	ND	ND	ND	ND	ND	ND
赤穂あら塩	3.53	0.00	0.076	0.28	94.78	ND	ND	ND	ND	ND	ND
赤穂塩手塩	4.07	0.00	0.13	0.38	93.49	ND	0.30	ND	ND	2.5	0.1
鮮度塩	1.29	0.00	0.049	0.066	98.00	ND	ND	ND	ND	ND	ND
天海の鹽	6.37	0.002	0.030	0.52	90.76	ND	ND	ND	ND	ND	ND
鳴門のうず塩	4.38	0.002	0.057	0.64	91.51	ND	0.22	ND	ND	ND	ND
SUNSALT	1.36	0.006	0.20	0.012	97.33	ND	ND	ND	ND	3.7	1.9
天塩焼塩	1.20	0.22	0.00	0.18	97.80	ND	ND	ND	ND	0.56	0.063
天鹽 やきしお	1.37	0.16	0.001	0.15	97.90	ND	ND	ND	ND	ND	0.064
アダンの夢 黒潮海塩	2.79	0.025	0.39	0.12	94.73	ND	ND	ND	ND	29	0.69
ふんわりいそしお	2.41	0.00	0.089	0.14	96.64	ND	ND	ND	ND	ND	ND
塩焚き爺の手造り塩	6.11	0.002	0.18	0.15	92.51	ND	ND	ND	ND	ND	ND
しほ 海の馨	7.27	0.006	0.28	0.42	89.54	ND	ND	ND	ND	ND	ND
能登のはま塩	7.56	0.01	0.29	0.29	90.05	ND	ND	ND	ND	7.9	1.1
奥能登揚げ浜塩	9.72	0.03	0.24	0.70	85.85	ND	ND	ND	ND	24	1.3
鎌倉山のシェフの塩	1.05	0.032	0.16	0.22	97.21	ND	ND	ND	ND	0.95	0.14
元祖 藻塩	7.95	0.012	0.29	0.47	88.82	0.022	ND	ND	0.12	1.3	0.20
自然塩 黒潮伝説	5.59	0.010	0.23	0.45	91.29	ND	0.57	ND	ND	ND	0.14
室戸海洋深層水 深海の華	7.24	0.030	0.22	0.71	88.25	ND	ND	ND	ND	ND	ND
珠洲の海	11.32	0.016	0.21	1.34	81.25	ND	0.23	ND	ND	0.93	0.54
小笠原の塩	9.39	0.026	0.57	0.62	85.27	ND	ND	ND	ND	2.4	ND
小笠原自然海塩 (PURE BONIN SALT)	10.11	0.058	0.53	0.87	83.48	ND	ND	ND	ND	0.74	0.099
赤穂塩 しぶき あらじお	6.00	0.00	0.14	0.27	91.96	ND	1.1	ND	ND	0.18	ND
島の塩	7.73	0.012	0.21	0.60	88.52	ND	0.43	ND	ND	2.1	0.16
龍馬塩	10.82	0.048	0.92	0.54	83.19	0.065	ND	ND	ND	ND	0.074
あらしお	9.59	0.004	0.026	0.018	90.10	ND	ND	ND	ND	1.6	0.22
ルミル	8.75	0.00	0.074	0.19	89.86	ND	ND	ND	ND	1.3	0.18
瀬戸のましお	5.17	0.00	0.039	0.060	94.27	ND	0.25	ND	ND	ND	ND
瀬戸の昔塩	8.96	0.00	0.050	0.41	88.89	ND	ND	ND	ND	9.4	ND
調理の塩 塩舞	5.32	0.002	0.028	0.20	93.58	ND	ND	ND	ND	1.1	0.15
天日塩 特選 あらじお	7.00	0.00	0.14	0.28	90.99	ND	0.96	ND	ND	0.43	ND
浜の塩	8.84	0.00	0.02	0.02	90.93	ND	ND	ND	ND	1.1	0.2
栗國の塩(釜だき)	17.85	0.12	0.50	1.63	72.08	ND	ND	ND	ND	4.1	0.098
伊達の旨塩	9.01	0.00	0.40	0.35	87.60	ND	ND	ND	ND	0.95	0.086
磯の華	3.86	0.00	0.10	0.16	94.65	ND	0.27	ND	0.16	0.78	ND
沖縄の海水塩	5.35	0.001	0.28	0.18	92.65	ND	0.54	ND	ND	ND	ND
沖縄糸満海水塩	5.27	0.001	0.31	0.28	92.02	ND	ND	ND	ND	ND	ND
海の深層水塩	10.64	0.010	0.12	0.90	84.38	ND	ND	ND	ND	ND	0.056
深層海塩 ハマネ	8.35	0.004	0.39	0.52	87.57	ND	0.35	ND	ND	0.70	ND
海人の藻塩	3.09	0.010	0.32	0.55	92.86	1.3	ND	ND	0.40	2.8	2.9
元祖 海の塩	9.04	0.010	0.28	1.08	83.93	ND	ND	ND	0.22	1.7	ND
最進の塩	8.59	0.098	1.15	0.63	84.02	0.025	ND	ND	0.28	12	0.34

自然海塩 海の精	10.15	0.009	0.28	0.81	84.82	ND	ND	ND	ND	ND	ND
小さな海 天草の塩	7.47	0.026	0.14	0.54	89.25	ND	0.21	ND	ND	2.7	0.25
海からの塩	4.98	0.00	0.088	0.14	94.09	ND	ND	ND	ND	ND	ND
瀬戸内のしお	5.55	0.00	0.036	0.38	92.37	ND	ND	ND	ND	ND	ND
おふくろの塩	7.79	0.014	0.040	0.24	91.02	ND	ND	ND	ND	2.3	0.41
とみしろ塩	4.69	0.014	0.005	0.002	95.25	0.023	ND	ND	ND	2.4	0.26
ヨネマース	3.80	0.006	0.036	0.030	95.74	ND	ND	ND	ND	2.0	0.19
塩 沖縄の真塩	6.66	0.008	0.13	0.094	92.41	ND	ND	ND	ND	ND	0.23
沖縄の塩(シママース)	5.43	0.002	0.11	0.080	93.64	ND	ND	ND	ND	ND	0.13
古式海塩	7.92	0.00	0.018	0.018	91.82	ND	ND	ND	ND	0.85	0.11
昔あら塩	4.28	0.00	0.039	0.17	94.70	ND	ND	ND	ND	ND	0.056
調理の塩	7.53	0.008	0.10	0.39	90.02	ND	ND	ND	ND	5.7	0.49
伯方の塩	2.85	0.00	0.072	0.068	96.48	ND	ND	ND	ND	0.67	0.15
泡瀬の塩	6.22	0.00	0.12	0.15	92.52	ND	ND	ND	ND	ND	0.17
鳴門のあらじお	6.33	0.00	0.029	0.046	93.23	ND	ND	ND	ND	ND	0.072
食塩	0.15	0.00	0.021	0.017	99.67	ND	ND	ND	ND	ND	ND
焼き塩ソフト塩	0.20	0.03	0.01	0.06	99.24	ND	ND	ND	ND	0.4	ND
波園 やき塩	0.51	0.020	0.046	0.054	98.76	ND	ND	ND	ND	ND	ND
伯方の塩 焼塩	0.36	0.01	0.08	0.08	98.81	ND	ND	ND	ND	1.0	0.3
海の華やきしお	0.58	0.00	0.12	0.08	98.54	ND	ND	ND	ND	0.4	ND
塩の花 fleur de sel	0.82	0.00	0.038	0.024	98.82	ND	ND	ND	ND	ND	0.070
石垣の塩	5.12	0.035	0.94	0.43	89.18	ND	ND	ND	0.18	1.8	ND
天日古代塩	8.31	0.074	1.10	0.68	84.34	0.20	0.34	ND	0.18	1.1	0.062
マリンゴールドの塩	1.48	0.040	0.34	0.32	95.62	ND	ND	ND	ND	ND	ND
奥能登天然塩	10.94	0.028	0.30	0.34	86.30	ND	ND	ND	0.62	15	0.48
龍宮のしほ	5.04	0.004	0.22	0.33	92.59	ND	ND	ND	ND	ND	ND
オホーツクの自然塩	3.04	0.018	0.18	0.83	92.15	ND	ND	ND	0.13	1.4	ND
球美の塩	4.52	0.003	0.22	0.55	91.76	ND	ND	ND	ND	ND	ND
宗谷の塩	9.61	0.13	0.56	3.19	71.94	ND	1.7	ND	3.0	15	0.57
雪塩	8.07	0.18	0.41	3.16	73.72	ND	0.37	ND	3.1	14	4.4
命の塩 めちマース	5.84	0.68	0.53	3.63	72.44	ND	ND	ND	ND	1.2	0.17
ムーまあす 天然の塩	2.95	0.00	0.046	0.002	96.84	ND	ND	ND	ND	0.61	0.089
阿蘇の熊笹塩	3.90	0.002	0.021	0.34	94.54	ND	ND	ND	ND	ND	0.46
赤穂の天鹽	6.75	0.00	0.011	0.52	91.04	ND	ND	ND	ND	ND	0.26
天然の塩	2.45	0.00	0.014	0.003	97.40	ND	ND	ND	ND	ND	ND
なると浜の塩	3.41	0.002	0.15	0.21	95.31	ND	ND	ND	ND	0.60	0.22
赤穂あらなみの天日塩	3.75	0.00	0.074	0.26	94.73	ND	ND	ND	ND	1.4	0.20
赤穂塩手塩天日塩	3.65	0.00	0.09	0.30	94.63	ND	0.3	ND	ND	4.0	0.2
長者のうまい塩	1.62	0.001	0.023	0.27	97.01	ND	ND	ND	ND	3.2	0.25
日精の天日塩	3.71	0.001	0.020	0.37	94.63	ND	ND	ND	ND	ND	0.23
ひんぎゃの塩	6.36	0.038	1.08	0.84	85.06	0.044	ND	ND	0.49	3.3	0.083
栗國の塩(天日干し)	7.52	0.026	0.46	0.67	87.02	ND	ND	ND	0.22	3.5	0.10
完全天日塩 はやさき	3.76	0.012	0.40	0.27	93.52	ND	ND	ND	ND	1.0	0.060
土佐の天日塩・美味塩	4.75	0.00	0.40	0.28	92.52	ND	ND	ND	ND	0.8	ND
コーシャス塩	1.06	0.00	0.024	0.050	98.67	ND	ND	ND	ND	1.2	0.23
海の力	12.56	0.14	0.24	2.85	72.44	ND	ND	ND	4.6	19	2.0
赤穂塩 塩の里	3.96	0.00	0.12	0.35	93.88	ND	0.2	ND	ND	1.8	0.2
はごろもの塩	0.20	0.002	0.049	0.004	99.58	ND	ND	ND	ND	ND	0.066
華風	0.14	0.00	0.030	0.003	99.65	ND	ND	ND	ND	ND	0.10
琉球の塩	0.13	0.00	0.036	0.004	99.62	ND	ND	ND	ND	ND	0.088
沖縄の塩	0.16	0.002	0.028	0.006	99.54	ND	ND	ND	ND	ND	0.11
生塩	0.14	0.008	0.049	0.006	99.43	ND	ND	ND	ND	0.63	ND
極楽塩	0.19	0.00	0.03	0.01	99.69	ND	ND	ND	ND	2.1	0.2
大粒 天日の塩	0.67	0.00	0.025	0.012	99.11	ND	ND	ND	ND	1.3	0.30
ディナーエン(低納塩)	5.33	0.00	0.031	1.09	66.30	ND	ND	ND	ND	3.2	2.7
低ナトリウム食用塩・低納	4.87	0.004	0.022	1.03	67.97	ND	ND	ND	ND	3.2	2.6

塩											
食塩(中国青島産)	0.14	0.002	0.030	0.005	99.55	ND	ND	ND	ND	1.5	1.9
浜菱焼塩	0.60	0.018	0.12	0.071	98.64	ND	1.8	ND	ND	5.1	1.9
千年万年 天然塩	0.19	0.002	0.056	0.010	99.55	ND	ND	ND	ND	1.1	2.0
山菱岩塩	0.14	0.00	0.038	0.001	97.89	ND	1.4	ND	ND	0.61	ND
中国・四川省産岩塩	0.15	0.00	0.023	0.002	98.98	ND	0.22	ND	ND	0.58	0.13
天外天塩	0.17	0.004	0.094	0.013	99.37	ND	0.38	ND	ND	1.2	0.65
パリの天日塩	7.94	0.020	0.29	0.27	89.74	ND	ND	ND	ND	14	2.9
ゲランド産の塩(華)	4.46	0.068	0.14	0.54	92.42	ND	ND	ND	0.25	12	3.6
天然天日塩	10.33	0.010	0.18	0.15	88.17	ND	ND	ND	ND	5.3	0.48
南十字星の塩	7.43	0.029	0.011	0.68	89.18	ND	ND	ND	0.11	0.69	0.22
旭塩	6.44	0.006	0.067	0.064	92.85	ND	ND	ND	ND	0.50	0.33
古代の塩	4.90	0.021	0.13	0.31	93.09	ND	ND	ND	ND	3.2	3.6
WHITE MINERAL	4.47	0.022	0.17	0.22	93.66	ND	ND	ND	ND	5.3	1.2
皇帝塩	4.50	0.028	0.18	0.27	93.47	ND	ND	ND	ND	6.1	1.0
皇帝塩	4.21	0.020	0.19	0.26	93.81	ND	ND	ND	ND	6.1	1.0
海水の素	2.77	0.031	0.14	0.23	95.44	ND	ND	ND	ND	5.6	2.2
ARWEN	1.28	0.040	0.076	0.10	97.79	ND	ND	ND	ND	8.0	3.8
MOTHIA (シチリア天然海塩 細粒)	1.42	0.016	0.11	0.18	97.12	ND	ND	ND	ND	8.3	0.75
Natural Salt	2.03	0.040	0.14	0.39	95.57	ND	ND	ND	0.12	9.1	0.75
アドリア海の自然塩	1.79	0.24	0.37	0.24	95.35	ND	ND	ND	ND	47	5.4
ウービル・セル	4.85	0.24	0.10	0.48	92.20	0.052	ND	ND	ND	66	3.1
カンホアの塩	7.10	0.020	0.24	0.80	87.90	ND	ND	ND	ND	3.0	0.41
ゲランドの塩(顆粒)	3.88	0.33	0.15	0.57	92.51	0.070	ND	ND	0.78	78	9.0
セル マランド ブルター ニュ(ゲランドの塩 顆粒)	2.70	0.68	0.29	0.45	93.70	0.12	ND	ND	1.1	143	7.7
セルマリン Fin (細粒)	2.90	0.31	0.18	0.45	94.08	0.073	ND	ND	0.78	65	5.2
めいらく 天然の塩 鳳凰	3.53	0.070	0.13	0.22	94.75	ND	ND	ND	ND	4.9	4.3
浜菱	3.91	0.012	0.046	0.064	95.57	ND	ND	ND	ND	4.3	3.5
卓上塩 焼塩	3.31	0.23	0.062	0.61	93.26	ND	0.29	ND	5.7	39	3.2
アンデスの岩塩	1.02	0.50	0.29	0.052	96.81	0.98	ND	ND	ND	5.5	0.83
インカ天日塩	2.03	0.24	0.38	0.014	96.32	0.32	ND	1.3	ND	22	1.2
チベット高原の塩	1.32	0.039	0.064	0.08	98.22	ND	ND	ND	ND	9.4	11
天外天 月光塩	1.37	0.030	0.02	0.04	98.35	ND	ND	ND	ND	5.2	4.2
太古の湖の天然海塩	1.02	0.020	0.36	0.093	97.16	0.53	ND	ND	ND	5.2	1.7
フルール ダクアセル	12.97	0.022	0.14	0.40	84.43	ND	ND	ND	ND	4.6	1.1
カンホアの塩 顆粒	6.02	0.008	0.10	0.54	90.97	ND	ND	ND	ND	1.8	0.20
MOTHIA (シチリア天然海塩 粗粒)	4.93	0.078	0.31	0.19	93.07	ND	ND	ND	0.27	8.9	1.2
皇家塩	4.44	0.027	0.13	0.31	93.53	ND	ND	ND	ND	2.5	2.6
ゲランドの塩(粗粒)	5.68	0.34	0.15	0.51	91.07	0.058	ND	ND	ND	59	5.2
ゲランド産の塩(赤ラベル)	4.02	0.36	0.14	0.55	92.55	0.047	ND	ND	0.20	54	5.0
セル マランド ブルター ニュ (ゲランドの塩 あら塩)	11.43	0.60	0.28	0.44	85.03	0.11	ND	ND	0.21	126	7.5
フリュード メール ド ゲランド	7.74	0.069	0.12	0.68	88.46	ND	ND	ND	0.26	16	7.4
天恵の華	19.69	0.024	0.32	0.45	76.90	ND	ND	ND	ND	4.9	4.9
太塩	17.14	0.060	0.18	1.35	75.67	ND	ND	ND	ND	10	5.1
ヴァージン・ソルト	0.16	0.022	0.032	0.007	99.50	ND	ND	ND	ND	6.0	0.30
クリスマス島の海の塩	0.35	0.004	0.15	0.02	98.86	ND	ND	ND	ND	0.97	ND
シチリア天然海塩(細粒) Antica Salina	0.50	0.15	0.19	0.051	98.39	ND	ND	ND	0.17	14	1.6
シチリア天然海塩(粗粒) Antica Sakina	0.57	0.001	0.074	0.064	98.89	ND	ND	ND	ND	1.6	1.0



セルリアン・シーソルト(粗塩)	0.10	0.004	0.037	0.008	99.64	ND	ND	ND	ND	1.2	3.0
バレンヌの塩(顆粒)	0.33	0.80	0.025	0.069	98.53	ND	ND	ND	ND	12	1.7
マリーノ(海塩)	0.28	0.017	0.16	0.016	98.91	ND	ND	ND	ND	13	0.34
ラ・バレンヌシーソルト	0.14	0.13	0.023	0.048	99.37	ND	ND	ND	ND	3.6	0.73
深層海塩	0.30	0.008	0.043	0.016	99.34	ND	ND	ND	ND	3.5	0.55
ROCK SALT	0.14	0.026	0.22	0.033	98.56	ND	ND	ND	ND	1.0	ND
SALE di ROCCIA	0.03	0.001	0.022	0.001	99.87	ND	ND	ND	ND	0.95	0.80
アンデスの夕焼け塩	0.22	0.16	0.20	0.02	98.72	0.03	ND	ND	ND	40	0.54
イタリアの自然塩 岩塩	0.05	0.006	0.031	0.000	99.68	ND	ND	ND	ND	1.5	1.2
クリスタルソルト	0.07	0.016	0.21	0.016	98.97	ND	ND	ND	ND	0.85	ND
ヒマラヤの秘宝	0.25	0.075	0.12	0.064	98.50	ND	ND	ND	ND	30	0.44
岩塩	0.12	0.008	0.066	0.010	99.10	ND	ND	ND	0.16	2.4	0.061
Sale di roccia (Tre Pini)	0.02	0.004	0.00	0.004	99.92	ND	ND	ND	ND	ND	0.69
天外天岩塩	0.84	0.058	0.76	0.006	96.52	ND	ND	ND	ND	11	0.57
Mineral Harvest SALT	0.72	0.004	0.072	0.016	99.01	ND	ND	ND	0.30	1.7	0.16
Sale di roccia (Fino)	0.02	0.011	0.043	0.000	99.80	ND	ND	ND	ND	3.5	1.1
イスラエル・死海産湖塩	0.25	0.002	0.00	0.006	99.47	ND	ND	ND	ND	0.62	1.0
					定量下限	0.02	0.2	1.0	0.1	0.5	0.1

ND(検出されず) : 定量下限未満

商品データ

商品No. 176

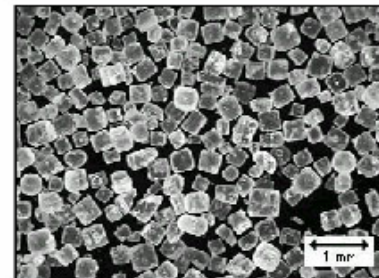
商品名 **クッキングソルト**

価格	内容量	製造・販売・輸入元
136円	800g	(財)塩事業センター
生産国	分類	購入年
日本	添加物使用	2003

包装原文  
 「天日塩」(てんびえん)でつくったこの塩は、サラサラして使いやすく、お料理の味付けに最適です。(※原料の「天日塩」は塩田でつくられた塩です)

- 塩は長期間保存しても品質上問題ありませんので、賞味期限は記載しておりません。
- 塩はにおいを吸着しやすい性質や、湿気を吸うと固まりやすい性質がありますので、保管場所にはご注意ください。
- 品質には万全を期しておりますが、万一お気付きの点がございましたら、お買い上げの月日、店名をお書き添えのうえ現品を包装ごと塩事業センター宛お送り下さい。  
 送料当方負担にてお取替えさせていただきます。

原材料：天日塩(海水)、炭酸マグネシウム  
 塩分：99%以上



結晶形：立方体

主成分 (g/100g)

加熱減量	乾燥減量	IM	Cl	Ca	Mg	SO4	K	Na	Total
-	0.02	-	60.4	0.001	0.10	0.004	0.002	39.2	-
結合組成		NaCl	MgCl2	CaCl2	CaSO4	MgSO4	KCl	Na2SO4	
		99.6	-	-	0.003	0.0001	0.004	0.002	

微量成分 (mg/kg)

As	Cd	Cu	Hg
N.D	N.D	N.D	N.D
Pb	Al	Cr	Fe
N.D	0.88	N.D	N.D
Li	Mn	Sr	Zn
N.D	0.16	0.68	N.D
B	Br	I	PO4
N.D	44	-	N.D

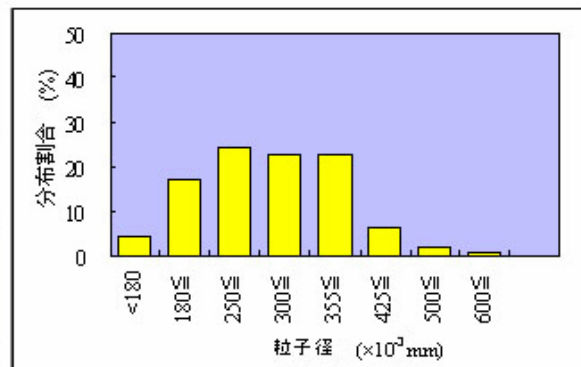
その他

pH	添加物		
10.7	MgCO3	7rP377	-
	0.40%	N.D	-

物性

平均粒径(mm)	溶解性(sec)	かさ密度(g/cm3)
0.34	1.7	-

粒径分布



備考

・Cl：計算値

Memo

# 日本人の自然観と食に対する嗜好

財団法人塩事業センター 研究調査部 清水 徹

## 1. はじめに

近年の自然志向の高まりにあわせ、自然・天然を銘打った商品が数多く販売されている。このような傾向には、日本人の自然観が大きく関わっており、それに基づいて「無添加食品を食べる」、「空気清浄器を買う」、「ハイキングに行く」というようなさまざまな行動がおこなわれているものと推測される。

そこで、現代日本人の自然観や食に対する考え方について意識調査を行い、自然のイメージと食に対する嗜好について考察したので報告する。

## 2. 方法

自然観や自然志向に基づいて行われる様々な行動についての質問（42問）と個人属性に関する質問（11問）の計53問の調査票を作成し、表-1の要領で調査を行った。

表-1 調査方法

対象者	層化二段抽出により無作為抽出した全国の18～65才の男女計2,000名
方法	郵送調査
時期	2003年9月～10月
調査機関	(株)マーケティング・サービス
回収数	1,128名分（回収率56.4%）

## 3. 結果

### 3.1 日本人の自然観・科学観について

本調査では、自然についてどのように考えているか、さまざまな角度から尋ねたが、その中でも最も特徴的だった「自然はほうっておくのが一番か、人間が手を加えて良くするものか」と「自然は危険で怖いものか、人間に優しく癒してくれるものか」という質問に対する回答を図-1と図-2に示した。

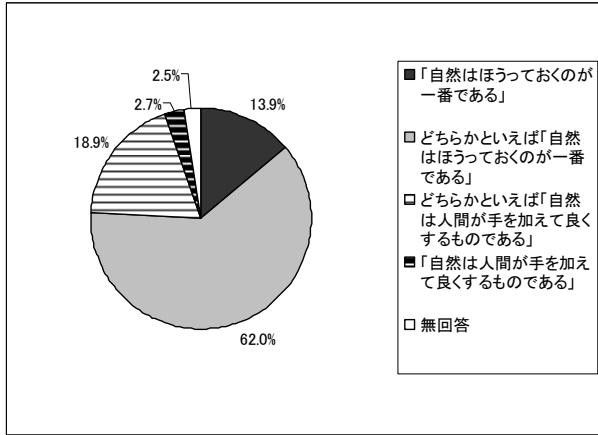


図-1 自然はほうっておくべきか、  
人間が手を加えるべきか

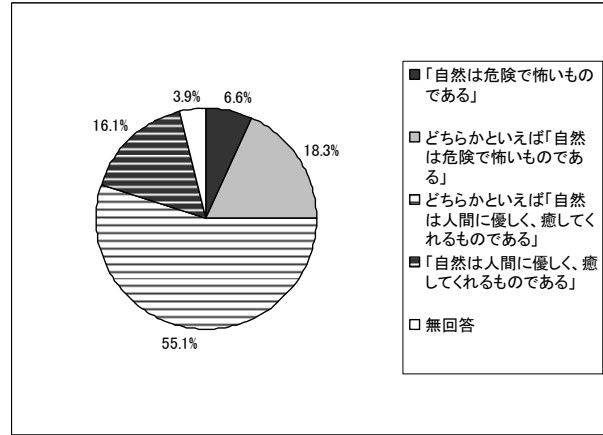


図-2 自然は危険か、癒しか

いずれも 3/4 前後が「ほうっておく派（「自然はほうっておくのが一番である」と「どちらかといえば自然はほうっておくのが一番である」の合計。以下同様）」「癒し派」であり、「手を加える派」「危険派」は 2 割程度だった。つまり、現代日本人は「自然は人間にとって良いものであり、人間は自然になるべく手を加えないほうがよい」と考えている人が多数派であることがわかる。

また、科学や科学技術について「科学技術の発展は人類に幸福をもたらしたか」、および「科学技術の進歩により自然を支配（コントロール）できるようになると思うか」という質問に対する回答を図-3と図-4に示した。

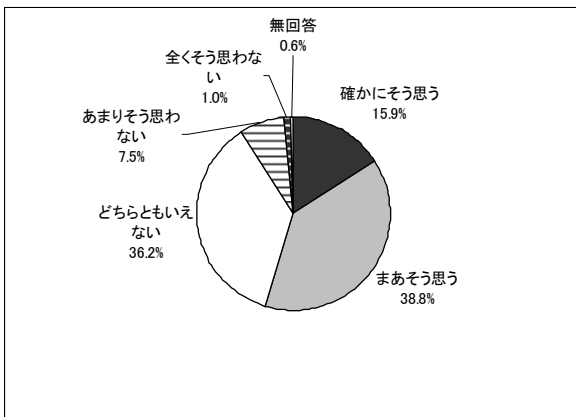


図-3 科学技術の発展は人類に幸福を  
もたらしたかと思うか

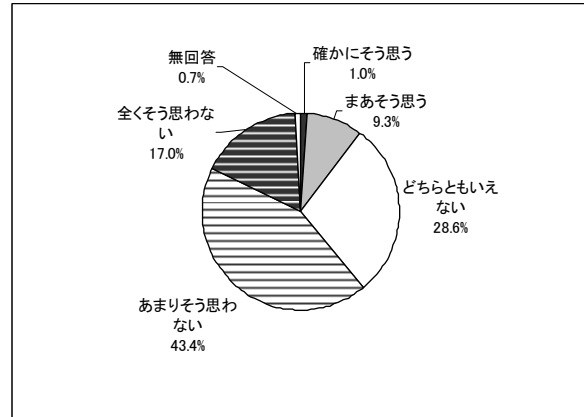


図-4 科学技術の進歩により自然を支配  
(コントロール) できるようになる

図3では、「確かにそう思う」と「まあそう思う」という肯定派が過半数を占め、科学や科学技術に対して一定の評価を与えている人が多いことがわかる。一方、図4では、「全くそう思わない」と「あまりそう思わない」の否定派が6割以上で、科学や科学技術には限界があると考える人が多い。また「どちらともいえない」という回答がそれぞれ36.2%、28.6%と3割前後に達しており、科学技術に対する評価の難しさもうかがえる。

### 3.2 “自然食品”に対する関心と詳しさについて

次に、いわゆる“自然食品”全般に対する関心と詳しさの自覚について尋ねた結果が図5と図6である。

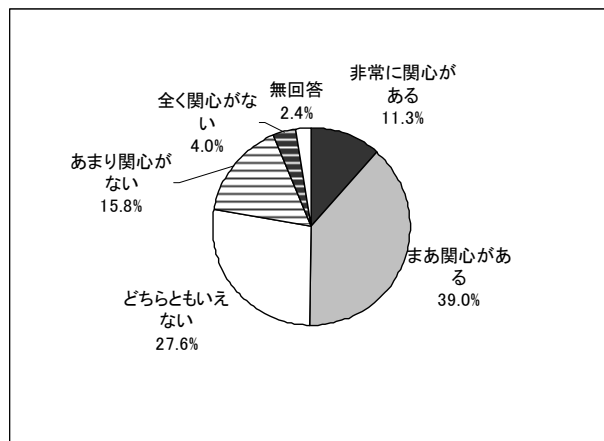


図5 自然食品にどの程度関心があるか

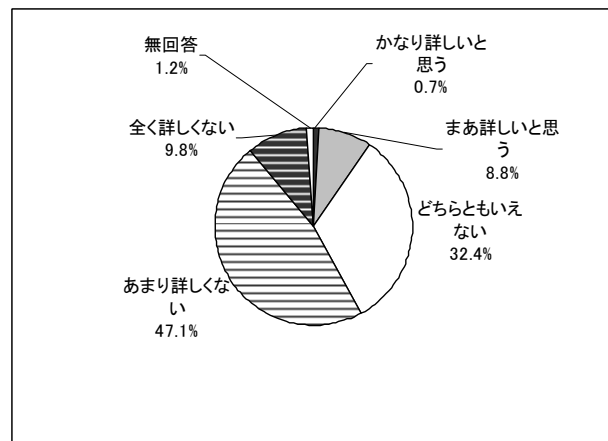


図6 自然食品にどの程度詳しいか

関心については、「非常に興味がある」と「まあ興味がある」を合わせた関心あり派が半数を超えており、「全く興味がない」と「あまり興味がない」を合わせた関心なし派の19.8%を圧倒している。

一方、どの程度詳しいか、という問いには、「かなり詳しいと思う」と「まあ詳しいと思う」の詳しい派がわずか9.5%であるのに対し、「全く詳しくない」と「あまり詳しくない」の詳しくない派が56.9%と、詳しくないと考えている人の方がだいぶ多い。

また、ここでも「どちらともいえない」という人が3割前後存在しており、自然食品に対する評価の難しさが読み取れる。

以上のことから、現代日本人の「自然食品への関心はあるが、よくわからないし、判断が難しいと考えている」という平均像が浮かび上がってくる。

### 3.3 “自然塩・天然塩”はどのくらいの頻度で食べられているか

いわゆる“自然塩・天然塩”をどの程度の頻度で食べているか尋ねた結果を図7に示した。また比較のため、無添加食品と有機・無農薬野菜について同様の質問をした結果を図8と図9に示した。

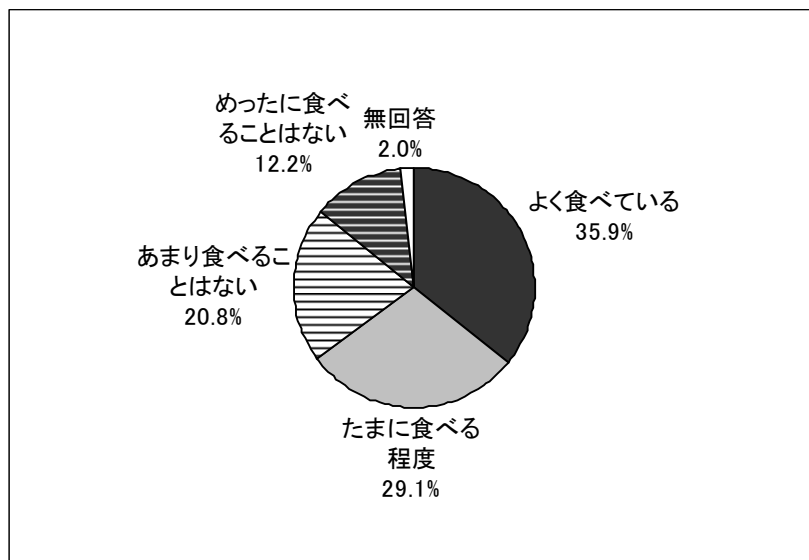


図7 自然塩・天然塩をどの程度の頻度で食べているか

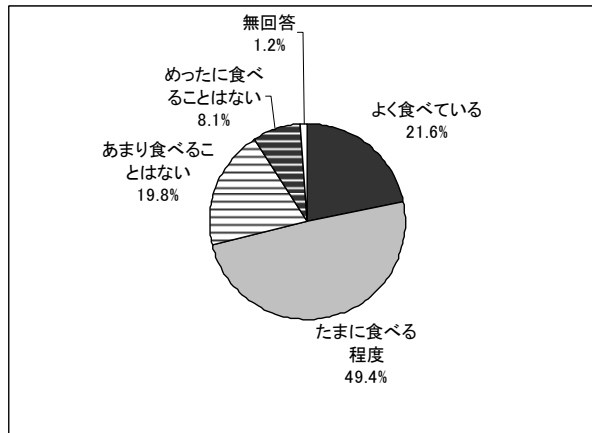
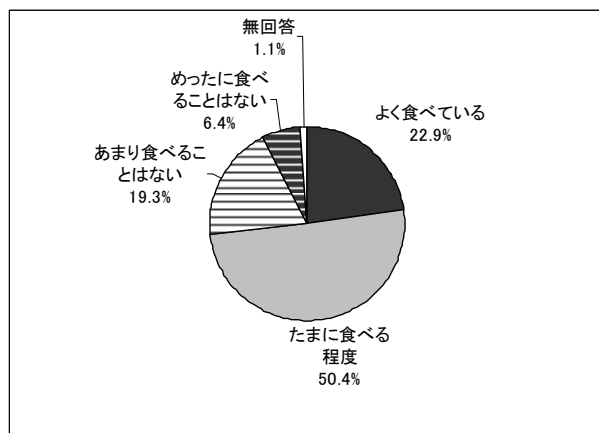


図8 無添加食品をどの程度の頻度で食べているか

図9 有機・無農薬野菜の摂食頻度をどの程度の頻度で食べているか

図7と図8・9を比較しながらみていこう。「無添加食品」と「有機・無農薬野菜」の回答傾向は非常に類似しており、「たまに食べる程度」が約半数を占めている一方で「よく食べている」という人は2割程度と必ずしも多いとは言えない。一方、「自然塩・天然塩」では「よく食べる」人が1/3以上おり、ヘビーユーザーの割合が他の二つに比べ多い。しかし「あまり食べることはない」と「めったに食べることはない」をあわせた「食べない派」も「無添加食品」や「有機・無農薬野菜」よりも多く、食べる人と食べない人が比較的是っきり別れる傾向がみられる。あくまで想像だが、「よく食べる」人が多い原因のひとつに、継続して食べるためのコスト差があげられると思われる。つまり、塩は他の2つ



に比べ絶対コストが低い商品であり、相対的に購入および継続摂取が容易であるため、ヘビーユーザーが増加しやすい傾向にあるのではないだろうか。一方、食べない人もまた多いということは、特に付加価値を認めない人が無添加食品や有機・無農薬野菜と比べて多いということになる。

また、いわゆる“自然食品”のいずれか一つでも「よく食べている」と回答した人に、これらの食品を食べる理由について尋ねた結果が図-10である（複数回答可）。

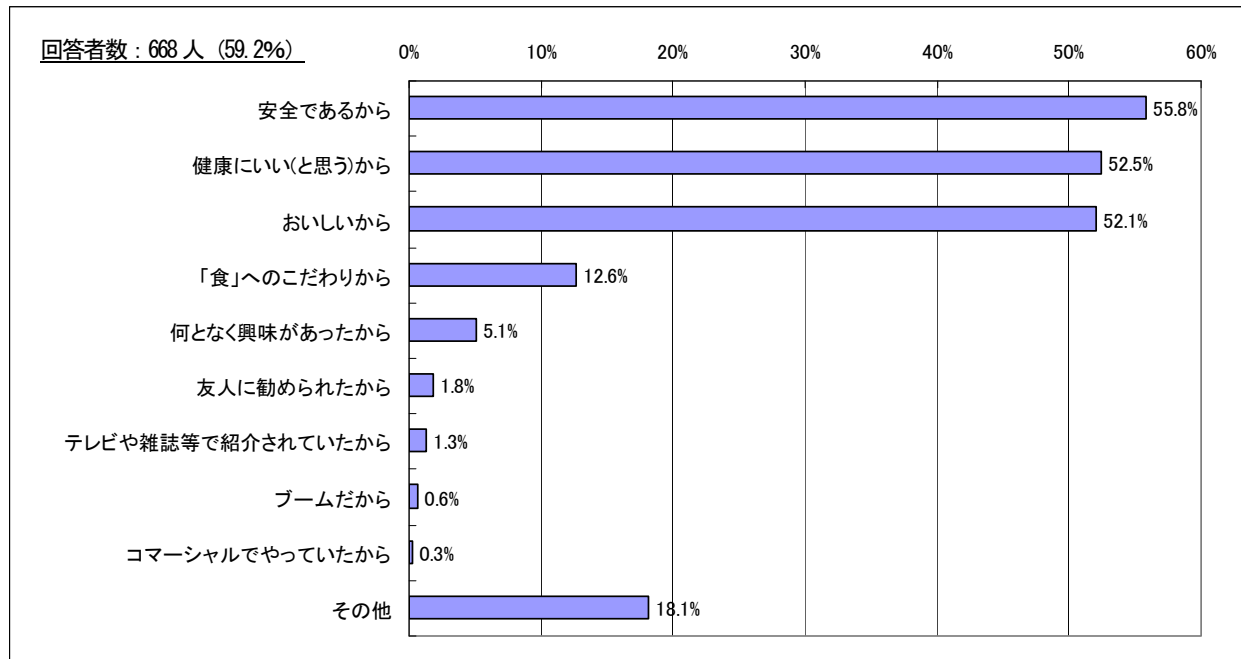


図-10 自然食品を食べる理由

まずこの設問に対して 1,128 人中 668 人が回答しており、全体の約 6 割の人が何らかの“自然食品”を「よく食べる」ということになり、その浸透ぶりがうかがえる。

理由については「安全であるから」の 55.8%を筆頭に、「健康によい(と思う)から」、「おいしいから」の 3 つが圧倒的に多く、これが自然食品のイメージとして定着していることがよくわかる。「安全であるから」と「健康にいい(と思う)から」は一見似ているが、「安全であるから」が身体へのマイナス効果の排除に主眼が置かれているのに対し、「健康にいい(と思う)から」は身体へのプラス効果を求めることに主眼が置かれていると考えられ、マイナス効果の排除はプラス効果の獲得よりもさらに優先されているようだ。

一方「テレビや雑誌等で紹介されていたから」、「コマーシャルでやっていたから」など第三者からの情報に基づいて選択していると考えられる人は非常に少ない。また「その他」の約 6 割、全体の約 10%程度の人が「自分でつくっているから」と答えている。

### 34 「自然塩は安全でおいしい」という意見はどの程度信じられているか

「自然塩は安全でおいしい」という意見をどの程度信じているか尋ねた結果を図-11に示した。

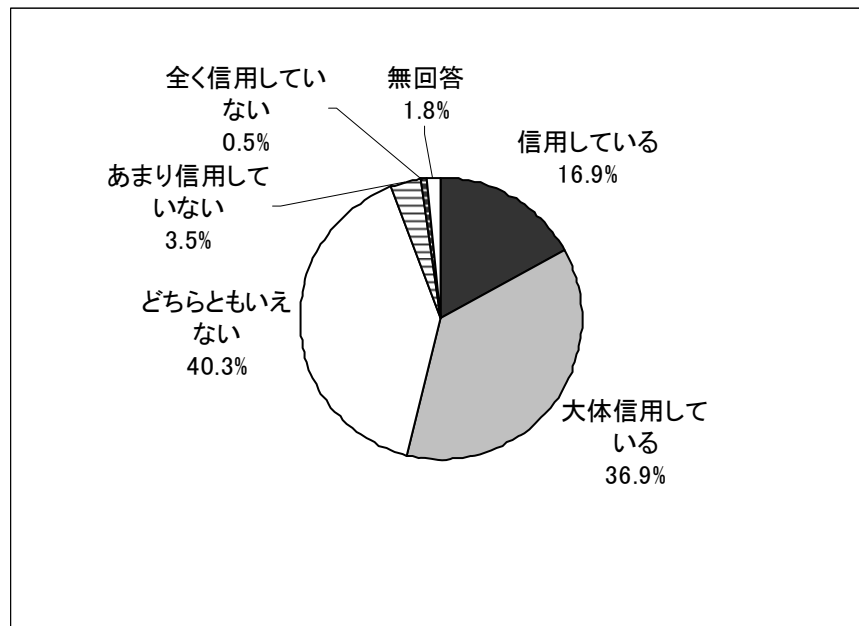


図-11 「自然塩は安全でおいしい」をどの程度信じているか

「信用している」と「大体信用している」の信用派が半数を超えている一方、「全く信用していない」と「あまり信用していない」の不信派はわずか4%であり、この意見を指示する人のほうが圧倒的に多い。ただし「どちらともいえない」という“迷い派”が4割以上も存在し、判断が難しいと感じている人もかなりの数に上る。つまり非常に大雑把にみると、信用派が半分、迷い派が半分という状況だ。

更に、上記で「信用している」もしくは「大体信用している」と回答した人に、どのような理由から信用しているか聞いた結果が図-12である（複数回答可）。

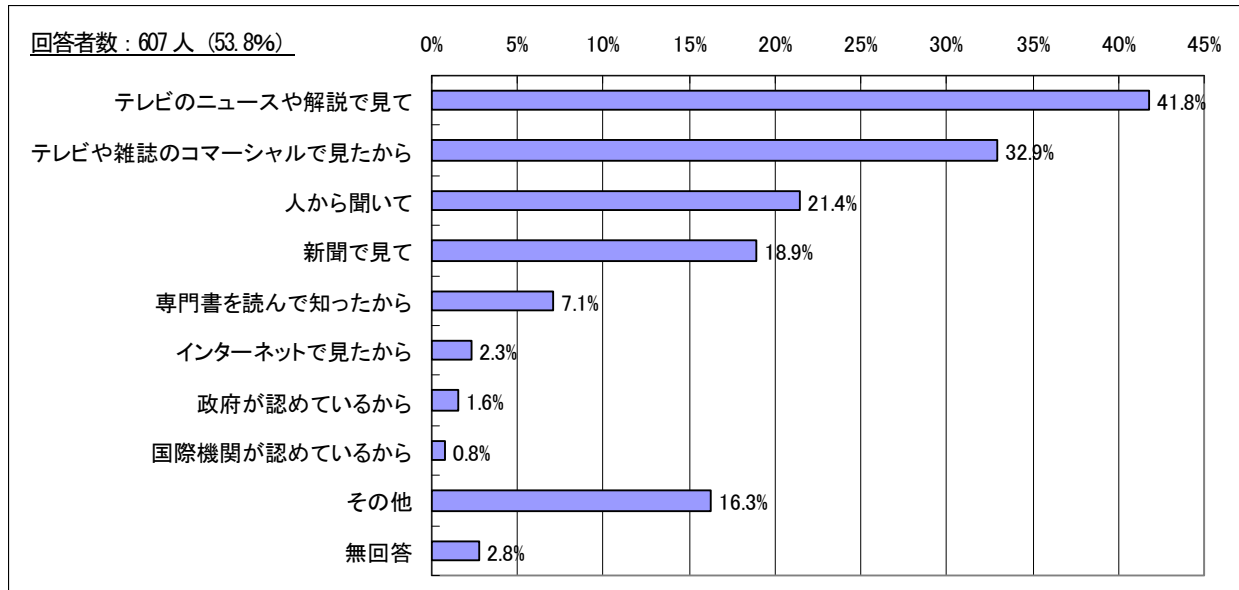


図-12 どのような理由から「自然塩は安全でおいしい」を信じているか

テレビ等のマスコミ情報からとの回答が上位を占め、マスコミ情報の影響度の高さがわかる。

また「その他」には「食べてみて」（約 4 割）、「おいしい」（約 2 割）、「言葉のイメージで」（約 1 割）などが挙げられているが、具体的な理由はあげられておらず、全て第三者による情報に基づくものか、個人の主観によるものだった。

“自然塩・天然塩”と安全性に関するデータをもうひとつ示しておこう。図-13 は、本調査で尋ねたさまざまな自然志向に基づく行動を多変量解析（数量化Ⅲ類）で分析した結果である。

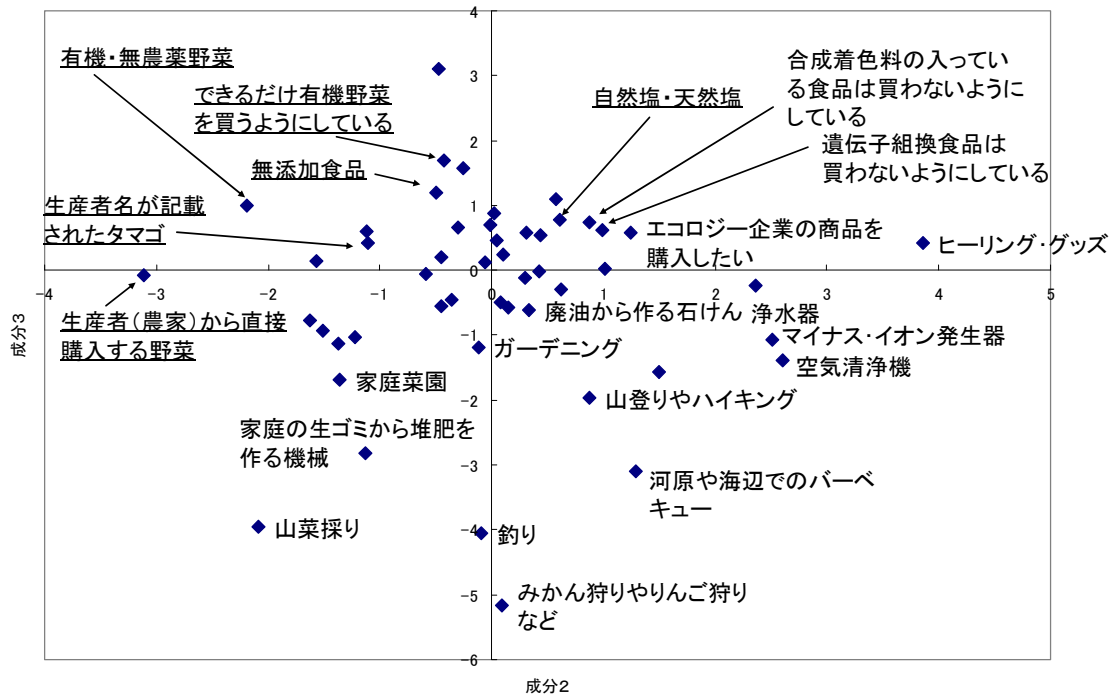


図-13 さまざまな自然志向に基づく行動について多変量解析(数量化Ⅲ類)を行った結果

この図では、類似の行動が近くにプロットされている。例えば、図の中段右側には「マイナス・イオン発生器」と「空気清浄機」が近傍にプロットされているが、これはマイナス・イオン発生器の購入行動と空気清浄機の購入行動の傾向が似ており、「マイナス・イオン発生器」を買う人は、「空気清浄機」を買う人である傾向が強いことを示している。

この図のなかで食品（下線部分）に注目してみると、有機・無農薬野菜や無添加食品などほとんどの食品は図左上の象限に集中しているが、「自然塩・天然塩」だけは右上の象限グループに含まれており、行動の傾向が異なっていることがわかる。「自然塩・天然塩」の近傍には「合成着色料の入っている食品は買わないようにしている」や「遺伝子組換食品は買わないようにしている」などがあり、「自然塩・天然塩」以外の塩は、合成着色料や遺伝子組換食品と同様のものと考えられている可能性が考えられ、「危険回避」のため、という傾向が強いように思われる。

#### 4. まとめ

自然観については「自然は人間に優しく、癒してくれるものであり、ほうっておくのが一番である」と考える人が多数派であることがわかった。一方、科学や科学技術については、多くの人々が一定の評価をしつつも、限界感・不信感もまた大きいという傾向が見られた。

いわゆる“自然食品”については、非常に関心は高く、「安全で、健康によく、おいしい」と考える人が多いが、それらに対する知識はあまり持っていないと感じている人も多く、評価の難しさがデータに表れていた。

さらにいわゆる“自然塩・天然塩”については、よく食べる人が 1/3 を超えており、無添加食品や有機・無農薬野菜に比較してよく食べる人が多い一方、あまり食べないという人もまた多く、二極化が顕著だった。また、過半数から「安全でおいしい」という評価が与えられているが、わからないという人も 4 割を超え、こちらも評価の難しさが伺える。食べられ方についても他の“自然食品”と傾向が異なり、より危険回避目的が強いと思われた。

以上のことから、「自然という言葉あるいは概念に対して非常に肯定的なイメージを持ち、同時に人間が自然に手を加えることを否定的にとらえている人が多いことにより、“自然”や“天然”を銘打った商品が高く評価され、それらの食品の購入・摂取が発生・促進されている」という構造だと結論づけられよう。特に“自然食品”を食べる理由のトップに「安全であるから」があげられていることなどから、安全性についての関心が高まっている傾向が見られ、これは「自然でないもの（人工的なもの、科学や科学技術によるもの）＝危険」というイメージともあいまって、それを回避したいという欲求が中心となっている、といえよう。

Memo

## 海からの贈りもの ― 個性豊かな様々な塩

(株)プランニングアドゥ 代表取締役 玉井 恵

### <1> 塩との出会い

私は、編集という職業柄地方へ出張することが多い。旅と同様に地方へ出かけていくことの楽しみのひとつに、その土地ならではの名物や名産に出会うことである。時間が許す限り、市場や道の駅、観光物産センター、百貨店の食料品売場などへ出かけていく。

そうした中で、地方で作られた塩に出会ったのである。最初は手軽なみやげものとして購入していたのだが、「なぜ、いろいろなところで塩が名産品として店頭に並んでいるのだろう。今まではなかったのに」と、実に単純な疑問がわいた。

では、全国にどんな塩があるのだろうか。全国の塩について、まとめた本があるだろうか。塩関連の本はあることはあったが、私が知っている塩しか紹介されておらず、その結果、私自身で調べることになったのである。

2001年の調査では、大小合わせて100件余りの製塩メーカー(図-1)の存在が明らかになり、2002年に著書『日本の塩100選』(旭屋出版)として発表するに至った。

※1997年(平成9年)に塩専売法が廃止となり、5年間の経過措置の後、2002年に塩は完全自由化となる。

### <2> 北海道から沖縄までの塩行脚

#### 1) 原料の海水について

日本は島国で海に囲まれているため塩の原料には困らない。では、どこの海水も同じかというとは決して同じではない。日本列島は北からの親潮(寒流)と南からの黒潮(暖流)のふたつの海流に囲まれている。

さらに、日本はサンゴ礁の発達する南西諸島や小笠原諸島などの海域、黒潮系水の影響を受けて造礁サンゴが豊富な九州南部、四国南岸、紀伊半島先端部、伊豆諸島などの海域、ソフトコーラルなどが分布する房総半島以南のやや沿岸海域、ホンダワラ類の林が広がる日本海海域、コンブの森が続く東北から北海道にかけての太平洋岸海域と、大きく5つの海域に囲まれている。

また、湾の水深という点で見ると、飛騨山脈が近くに迫る富山湾は水深800~1000m、





駿河湾北部は水深 1000m を超え、湾の入口では水深 2400m、馴染みのある相模湾の中央部は水深 1500m もあり、日本ではこの 3 つの湾が水深 1000m を超え、日本三大深湾といわれている。

一番分かりやすいのが、北海道と沖縄であろう。北海道の海域にはサンゴ礁は見られず、沖縄の海域ではコンブの森は見られない。また、生息している魚介類も北と南では異なり、水深の深い海域でも異なってくる。深海を持つ相模湾の魚介類については、著書『相模湾のうまいもん』（東京書籍）にまとめたので、興味のある方はご覧いただきたい。

以前、製塩メーカーの協力により、取水地の海水の塩分濃度を測定したことがある。北から宗谷岬 3.5 %、男鹿半島沖 3.0 %、三陸海岸 3.0 %、伊豆大島 3.5 %、小笠原 3.3 %、青ヶ島約 3.0 %、富山湾 3.4 %、西伊豆 3.2 %、能登半島 3.0 %、香川県宇多津町 2.8 %、室戸岬 3.5 %、奄美大島 3.0 %、宝島 3.0 %、ヨロン島 3.0 %、天草 3.3 %、石垣島 3.2 %、粟国島 3.5 %、久米島 3.4 %、与那国島 3.5 % である。季節によっても塩分濃度は変化するが、日本を囲む海水に含まれる塩分量も些少ではあるが違いがある。

このように、ひと口に海水と言っても、日本を取り囲んでいる海水には、さまざまな表情があるのである。

## 2) 製塩業参入の背景

製塩業に参入した動機は様々だが、最大の理由は 1997 年に廃止になった専売制度である。誰でも自由に塩づくりが可能になり、誰でも自由に売買できるようになったからだが、21 世紀にかけての社会経済はどん底状態で、いかにして収入を得るかと躍起だった時代でもある。

製塩参入の背景は、大きく 6 つのタイプに分かれている。

### ① 専売制時代からイオン交換膜式以外で製塩を行っていた人たち

消費者運動を行い、試験的製塩を許可されたグループ

### ② 水産加工業、味噌醸造業などからの参入

塩は食材加工に欠かせず、ならば製塩も行おうというタイプ

### ③ 建築業、土木業などの建設関係からの参入

当時、倒産件数の多い業種は建築関係であったことから、得意の分野を生かしたといえる。流下式などの設備は自前でできること。また、塩を煮つめるための燃料に廃材が利用できることなど、廃材処理と製塩が同時に行えるという利点がある。

#### ④ 島おこし、村おこしを目的に参入

A 地方の島や村は過疎化が進み、主だった産業が育たないという実情がある。Iターンを推進し、移住を条件に補助金を出すところもある。都会から移住した人が、生活基盤の確立とともに地場産業確立を目的にしている。

B 町や村が主導者となり、地場産業確立を目的にしている。村営や第3セクター方式がとられている。また、商工会などの商工業者有志が参入しているところもある。

#### ⑤ 授産施設などからの参入

授産者の収入源と労働意欲推進が目的

#### ⑥ ビジネスとしての可能性から参入

極端だが、原料の海水と釜、燃料さえあれば塩作りが可能で、資本投下が必要無いため、動機もいたって簡単。小遣い稼ぎ程度から流通にのっているものまで、規模もさまざまである。看板を掲げてはいるものの、稼動していないところもある。

### 3) いろいろな塩の作り方

海水には塩分が3~3.5%含まれており、残りの約97%が水分である。海水から水分を取り除けば、塩はできあがる。原理としてはいたってシンプルだが、この海水から水分を除去するために昔から日本人は苦勞してきた。日本の製塩の歴史は、海水から水分を除去する歴史であったといっても過言ではない。

海水から水分を除去する方法、つまり蒸発させる原始的な方法としては、太陽熱や風の力を利用した方法があるが、日本は雨が多く湿度が高いという気候のため、自然のエネルギーだけで水分を蒸発させ、塩の結晶まで作るとは難しい。

私が出会った、主な製塩方法は次の通りである。

#### ① 海水を釜で直接煮つめ、水分を蒸発させて塩を結晶させる方法(海水直煮製塩法)

【写真-1~3】



**写真-1**  
海水直煮製塩法  
手前の藁ずとでニガリ  
をきる。  
(新潟県・山北町)

**写真-2**  
海水直煮法  
小さな釜が並び、釜ごとにニガリをきっている。  
(新潟県・山北町)



**写真-3**  
地熱を利用し、海水を釜で直接煮つめて塩を析出させる海水直煮製塩法。自然のエネルギーを利用しているため、燃料代がかからない。  
(東京都・青ヶ島)

- ② 塩田に海水を導入し、太陽と風の力で水分を蒸発させ、塩を結晶させる方法  
(天日製塩法)【写真-4】

**写真-4**  
天日製塩法。流下式でかん水を作り、温室の中で太陽熱を利用し塩を析出させている。(熊本県・天草)



- ③ 塩田に海水を散布し、砂に塩分を付着させ、塩分濃度の高い塩水(かん水)を作り、そのかん水を釜で煮詰めて塩を結晶させる方法(揚げ浜式製塩法、入り浜式製塩法)【写真-5～7】

**写真-5**  
奥能登で行われている揚げ浜式製塩法では、今も人力で海水を汲んでいる。







**写真-6**

塩田に海水を撒布。太陽と風の力で水分を蒸発させ、かん砂に塩分を付着させる。  
(石川県・珠洲)



**写真-7** 焼き上がったばかりの塩  
(石川県・珠洲)

- ④ 海水を小枝やネットに循環させながら散布し太陽や風  
の力で水分を蒸発させてかん水を作り、そのかん  
水を釜で煮つめて、塩を結晶させる方法(流下式製塩  
法)【写真-8～10】

**写真-8**

流下式製塩法を改良させた噴霧立体式製塩法。海水をネットに循環させて噴霧し、水分を蒸発させかん水を作っている。(東京都・伊豆大島)



**写真-9**

かん水を釜に入れて煮つめ、ニガリをきっているところ。  
(東京都・伊豆大島)



**写真-10**

流下式でかん水を作り、釜で煮つめて塩を析出。レンガで造った小さな釜が並ぶ。  
(熊本県・牛深)

- ⑤ 浸透圧を利用してかん水を作り、釜で煮つめて塩を結晶させる方法(逆浸透膜製塩法)【写真-11,12】

**写真-11**

浸透圧を利用し、海水から塩分濃度の高い塩水を得る逆浸透膜装置。

(沖縄県・石垣島)



**写真-12**

逆浸透膜装置でかん水を作り、天日ハウスの中で太陽熱を利用し塩を析出。

(沖縄県・石垣島)

- ⑥ 海水を高熱のドラムなどに吹き付け、瞬時に塩を結晶させる方法(瞬時製塩法)

- ⑦ イオン作用によってかん水を作り、釜で煮つめて塩を結晶させる方法(イオン交換膜式製塩法)

【写真-13】

**写真-13**

イオン交換膜式製塩法

イオン交換膜電気透析でかん水を作り、蒸発缶で塩を析出させている。写真は蒸発缶の一部。(香川県・坂出)。



このように大きく分けても 7 つの製塩方法があるが、海水から一定程度の水分を除き、塩分濃度の濃い塩水(かん水)を作る方法に違いがあることが分かるのではないだろうか。太陽と風の力を利用した天日製塩法や瞬時に水分を蒸発させる方法を除き、さまざまな作り方で塩分濃度を高めたかん水を、釜で煮つめて塩を結晶させるという後

の工程はほとんど同じである。

#### 4) 塩の色について

塩の色は白いというのが一般的である。塩の結晶そのものをよく見ると、無色透明だが、光の屈折によって白く見える。無垢な白色、純白のため、昔から塩はいろいろな祭りごとに使われてきた。その名残として葬儀の後の「清めの塩」に見られ、21世紀を迎えた現在でも、儀式として営々と続いているのである。

さて、一般的に白いと思われている塩だが、透明感のある白色、乳白色、生成り、黄味がかかった白、茶色や灰色がかかった白と、さまざまな色をしている。大きな結晶の塩は透明感のある白色、パウダー状の塩は純白、海藻から抽出したエキスを入れて煮つめた塩は茶色、真珠と一緒にに入れて焚き上げた塩は生成り、揚げ浜式や入り浜式でかん水を作り、煮つめた塩は灰色がかかった白というように、製塩方法によって多少色にも違いが生じる。

ほかに、乾燥させた梅干やコンブ、ホタテなどを粉末にして塩に混ぜた塩は、添加した素材の色も混ざり、ピンクやグリーンがかかった色もある。

#### 5) 塩の特徴を知る

塩の原料になる海水はさまざま、同時に製塩方法もさまざまである。塩は生きていくために必要不可欠なものであると同時に、調味料として美味しい料理を作り出し、食卓を豊かにしてくれる。

日本人の主食はお米で糖質を多く含んでいるため、塩味のついた副食を好んで食べる。代表的なのがおにぎりで、塩鮭、タラコ、梅干などどれも中身の具は塩辛いものばかりである。旅館の朝食のおかずは、梅干や漬物は当たり前、それに干物、生玉子、焼き海苔、味噌汁が登場する。梅干や漬物、干物、醤油、味噌には必ず塩が使われている。

塩にはさまざまな作用があるが、まず防腐作用が挙げられる。日持ちをよくするために食材を塩漬けにして保存してきた。梅干などの漬物や干物などが塩の使い方の代表的な例といえる。

小田原は梅干や干物、カマボコが名産として知られているが、これらの名産も塩をなくしては生まれなかったのである。

#### 6) 塩味に違いはあるか

さて塩味とは塩辛さのことであるが、この塩辛さはナトリウムの味である。当然な

がらナトリウムの含有量が多い塩は塩辛さの度合いは増し、より塩辛く感じることになる。

流下式塩田でかん水を作り、釜で煮つめて作られた塩のように苦汁成分が残されたものでは、例えば塩化ナトリウム 86.36 %、マグネシウム 0.71 %、カルシウム 0.39 %、カリウム 0.25 %となっている。ナトリウムは塩味、マグネシウムは苦味、カルシウムは甘味、カリウムは酸味があるので、塩辛さだけではない複雑な味を旨みとして私たちの舌に感じさせてくれるのである。

また、海水の水分を瞬時に蒸発させて塩を作る瞬時製塩法の場合は、塩化ナトリウム 72.86 g、マグネシウム 3.15 g、カルシウム 1.06 g、カリウム 0.93 g とあり、上記の製塩方法の塩に比べ、塩辛さの度合いは低いものの、マグネシウムの含有率が高い。

では、すべての塩に旨みがあるかということ、そうではない。かん水を煮つめて塩を結晶させる工程の、どの時点で塩を取り出すかによっても塩化ナトリウムの含有率は異なってくる。例えば海水直煮製塩法で作る奄美大島の塩は、塩化ナトリウム 97.12 g、マグネシウム 0.85 g、カルシウム 1.04 g、カリウム 0.23 g とあり塩辛さの度合いが高い。

## 7) 数字のマジックを知る

日本人は米が主食のために塩分を取りすぎる傾向があり、厚生省は成人の 1 日の塩の摂取量を 10 g 以下にするよう国民に呼びかけている。

例えばインスタントラーメンの表示を見るとナトリウム 2.3 g とあり、塩分が少ないと勘違いをする。塩の主な成分はナトリウムと塩素の化合物、つまり塩化ナトリウムなので、ナトリウム 2.3 g から塩化ナトリウムの量を計算しなければならない。ナトリウム量の 2.3 に塩類量計算係数の 2.5421 を乗じると、塩化ナトリウムは約 5.8 g となる。インスタントラーメンを 2 杯食べたとすれば、それだけで塩の 1 日の摂取量は超えてしまうことになる。

同様に、塩の成分表示の方法にも問題がある。ナトリウム 38.22 g (100 g 中) となっていると、塩分が少ないと勘違いをさせてしまうからだ。38.21 に 2.5421 を乗じると 97.12 g の塩化ナトリウムということになる。

## 8) 成分表示について

塩のパッケージなどにナトリウムの含有量が表示されているなら塩化ナトリウムの計算はできるが、成分表示がされていなければそれすらできない。今のところ法的な規制がないため、成分表示をするかしないかは、製塩メーカーの良心に頼っているの



が現状である。

### <3> 今後の課題

かつて、東京湾で一番汚染が進んでいるとされる海水を使って塩を作ったと仮定し、人体に有害とされる水銀や鉛、ダイオキシンなどの物質量の計算をしたことがある。まさに机上の論ではあるが、結果は人体に影響を及ぼすまでの数値ではなかった。安全基準を充分クリアしているので安全ではあるものの、では、安心して使えるかといえ、誰も使おうとは思わないはずだ。

透明度が高く、きれいに見える海水が原料であっても、メーカーは有害物質を含めて塩の分析を定期的に行い、消費者に安全を保証し、安心して使える製品を提供する義務があるのではないだろうか。

また、表示内容は成分分析だけではなく、原料についてはただの「海水」ではなく、〇〇海岸から 10km、水深 200 m から取水と明確にし、さらにかん水の作り方、結晶の作り方などの製塩方法も表示されれば、消費者も塩の生い立ちがわかり、安心して塩を購入することができるのではないだろうか。

# 安心・安全、使いやすい塩をめざして

海水総合研究所 長谷川正巳

## 1. はじめに

……日本には岩塩、湖塩といった天然の塩資源がありませんし、高湿多雨なため海水を天日で蒸発させて塩(天日塩)をつくることができません…… というように、日本の塩にまつわる話というと、たいていこのような紹介から始まる。実際、日本で塩をつくることは並大抵の苦勞ではなく、先人たちのさまざまな工夫や革新的な技術が積み重ねられて、今日の塩づくりが築かれたといえる。

そこで、本講演では、まず海外と日本の塩事情を比較することにより、先人たちが日本の塩づくりをどのように作り上げていったかを紹介すると共に、海水総合研究所がそこに果してきた役割、今後どのような研究に取り組んでいく必要があるかなどについても触れたい。

## 2. 海外と日本の塩事情

日本でつくられている塩はどのくらいかという、年間 120~130 万トンであり、表-1 に示すように、世界的にも生産量は 24 位と比較的上位にある。しかし、塩の生産主要 50 ヶ国をみると、それだけで、年間 2 億トンを超えているから、日本の生産量はこの 50 ヶ国だけでもわずか 0.6%程度を占めるに過ぎない。

それでは、日本で消費される塩の量はどのくらいか。2002 年に日本国内で消費された塩は年間約 890 万トン(2002 年:財務省)であり、その内、ソーダ工業などの工業用として消費されている塩が 690 万トン程度ある。食用として利用される塩の量は 120 万トン程度であり、その他、家畜用、融雪用としても消費される。したがって、日本で消費される塩のほとんどは輸入に頼らざるを得ず、760 万

表-1 世界の主要な塩生産国

(単位:千トン)

1	アメリカ	43,700	26	タイ	1,000
2	中国	32,424	27	バハマ	900
3	ドイツ	15,700	28	韓国	800
4	インド	15,003	29	チュニジア	700
5	カナダ	13,350	30	ナミビア	698
6	オーストラリア	9,800	31	インドネシア	680
7	メキシコ	8,000	32	ベトナム	650
8	フランス	7,000	33	デンマーク	605
9	ブラジル	6,100	34	フィリピン	600
10	イギリス	5,800	34	ポルトガル	600
11	オランダ	5,000	36	イスラエル	563
12	チリ	4,000	37	北朝鮮	500
13	イタリア	3,600	37	オランダ領アンティル	500
14	スペイン	3,200	39	南アフリカ	438
15	ロシア	2,800	40	コロンビア	420
16	エジプト	2,400	41	オーストリア	401
17	ウクライナ	2,300	42	バングラディッシュ	350
18	ルーマニア	2,250	42	ベネズエラ	350
19	トルコ	2,200	44	ヨルダン	339
20	イラン	1,970	45	ボツワナ	320
21	ブルガリア	1,800	46	ベラルーシ	300
22	ポーランド	1,500	46	スイス	300
23	パキスタン	1,320	48	モロッコ	236
24	日本	1,263	49	トルクメニスタン	215
25	アルゼンチン	1,156	50	マルティニーク	200
			50	サウジアラビア	200

出典:U.S.Geological Survey「Minerals Yearbook 2003」

トンの塩が輸入されている。つまり、塩の自給率は14%ということになる。ただし、国内で生産されている塩の大半が食用として利用されているため、食用塩としての自給率は高いのだが、残念ながら、国内の塩づくりには、工業用に消費される塩の競争力が備わっていないともいえるのである。

では、世界の塩はどのようにつくられているのか。図-1は世界で生産されている塩の割合を示したものである。ほぼ99%が岩塩および天日塩で占められ、日本のように海水を原料として、イオン交換膜法や塩田法などで塩を生産する方法は、図中のその他1%の中に含まれることになる。

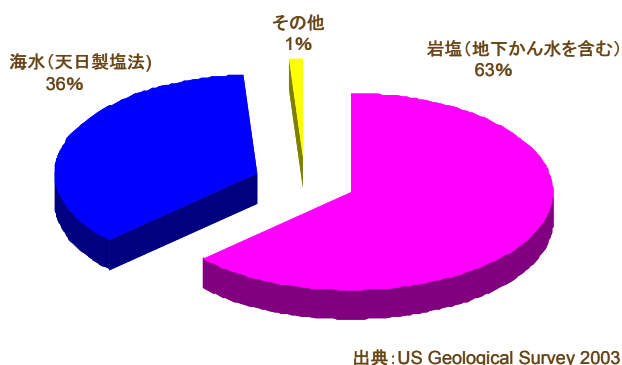


図-1 世界における塩生産量の比較

### 3. 日本における塩づくりの歴史

これまで述べてきたように、日本で塩をつくらうとすることが、かなり特殊なものであることをおわかり頂けるのではないだろうか。

しかしながら、塩は、国民生活を維持する上で必要不可欠なものであり、海外に負けない日本独自の塩づくりを作り上げる必要があった。前述したように、日本での塩づくりは海水を原料としてつくられるのだが、海水中に含まれる塩分はわずか3%で、残り97%は水分である。したがって、大量にある水分を除き、塩分のみを経済的に採取するための努力は容易ではない。

日本において記録に残る最古の塩づくりは、藻塩(もしお)焼きであり、海藻を焼き、灰塩(はいじお)をつくるのが始まりだと言われているが、実際どのように行われたかははっきりわかっていない。6~7世紀になると、干した海藻に海水を注いで塩分濃度の高いかん水を探り、土器で煮詰めて塩を造ったとされ、宮城県の塩釜(しおがま)神社では毎年この方法を模した神事が行われている。

#### 3.1 塩田法による塩づくり

8世紀になると、海藻にかわって塩分が付着した砂を利用して、かん水を探るようになるが、この方法が1970年代初頭まで行われてきた塩田製塩(9世紀以降)へと変化する。塩田製塩は、図-2、図-3に示す揚浜(あげはま)式と入浜(いりはま)式の二つに分けられ、潮の干満の差が小さい地域では揚浜式が、差の大きい地域では入浜式が用いられた。いず

れの方法も砂層の中にできる毛細管によって、砂の表面に海水を導き、そこで水分を蒸発させて塩を析出させる。次に表面の砂を掻き採って、海水を注いでかん水を探り、土器や鉄器(後に平釜：ひらがま)によって煮詰めて塩をつくった。



塩の生産性：60t/ha 年  
年間 120 万トンの生産には、20,000ha の土地が必要  
(小田原市の 1.8 倍、東京ドームの 4,350 個分に相当)

図-2 揚浜式塩田の風景

1950 年代になると入浜式塩田を改良した図-4 に示すような流下式塩田が導入された。これは、地盤に傾斜を付け、その上に粘土を敷き、さらに小砂利を敷いた流下盤と柱に竹の小枝を吊るした枝条架からなっており、ポンプで海水を汲み上げ、流下盤を通過させた海水を枝条架に流して太陽熱と風力によって水分を蒸発させる。これにより、これまでの塩田のように砂を運ぶことがなくなったため、労働力は大幅に軽減された。

この頃より、かん水を煮詰める方法も蒸気利用式塩釜と呼ばれるものに変化し、大気中に開放していた塩釜を密閉とし、蒸発蒸気をかん水の余熱に利用することも行われた。

しかし、塩田による塩づくりは、天候の影響を受けるため、計画的でかつ大規模な生産が行えなかったこと、広大な土地や多くの労働力を要したことなどから、戦後間もない頃から新たな塩づくりの開発が進められた。

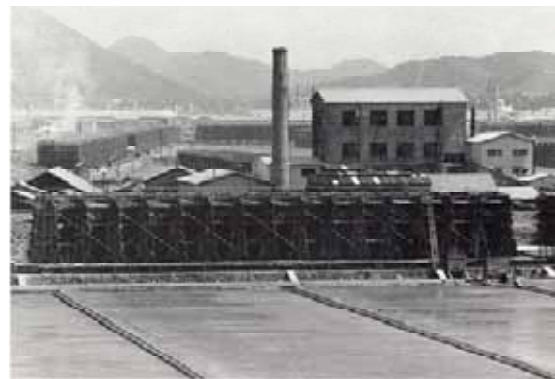
### 3.2 新たな塩づくりの誕生

このような新しい塩づくりの開発に、実は、海水総合研究所が大きく関わっていたこと



塩の生産性：100t/ha 年  
年間 120 万トンの生産には、1,200ha の土地が必要  
(小田原市と同等、東京ドームの 2,600 個分に相当)

図-3 入浜式塩田の風景



塩の生産性：250~300t/ha 年  
年間 120 万トンの生産には、4,300ha の土地が必要  
(小田原市の 0.4 倍、東京ドームの 940 個分に相当)

図-4 流下式塩田の風景

をご存じない方が多いのではないだろうか。海水総合研究所の前身、日本専売公社 小田原製塩試験場は、1949年に日本専売公社が設立されると共に、塩づくりを専門に研究する機関として誕生した。当時は、海水から直接塩をつくる方法(海水直煮法)を研究し、1952年には福島県の小名浜に年間1万トン規模のパイロットプラントを建設した。ここでの研究成果は、その後の海水直煮法製塩2工場の建設、運転に役立てられた。

1955年には、革新的な技術として、イオン交換膜による海水濃縮法の研究に着手した。1960年代後半には、現在のイオン交換膜法の原型ともいえる図-5に示すようなパイロットスケールのイオン交換膜電気透析装置を開発した。

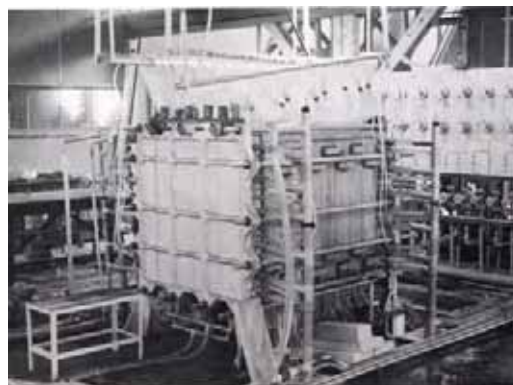


図-5 イオン交換膜電気透析装置  
(パイロットスケール)

図-6はイオン交換膜電気透析の仕組みを模式的に示したものである。海水中には塩やにがり成分などが、イオンの形で存在しているため、陽イオン交換膜と陰イオン交換膜を交互に配置して電圧をかければ、陽イオンは一極に向かって、陰イオンは+極に向かって移動を始める。ナトリウムイオンのような陽イオンは陽イオン交換膜を、塩化物イオンのような陰イオンは陰イオン交換膜を透過して、イオンが集まる部屋(濃縮室)とイオンが少なくなる部屋(希釈室)に分かれ、海水を濃縮したと同じようなかん水をつくることができるのである。

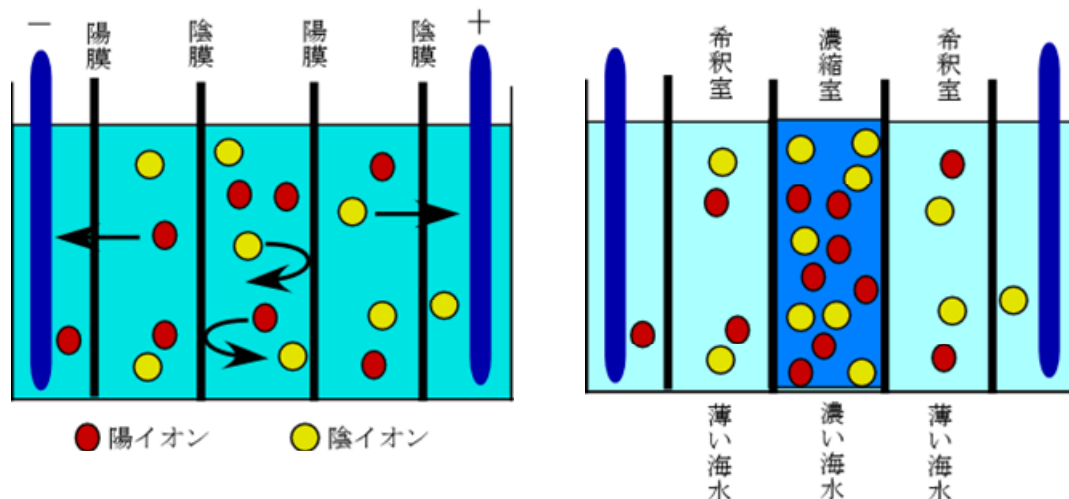


図-6 イオン交換膜電気透析の仕組み

余談ではあるが、イオン交換膜法では、高純度のかん水しかつけれないとの話を聞くことがある。実は、イオン交換膜法では、高純度のかん水をつくることができないのである。筆者が専売公社に入社した当時、イオン交換膜におけるイオンの透過性の研究に取り組ん

でいた。海水中の純塩率(溶けている全ての塩類に対する塩化ナトリウムの割合)は 78%程度なのだが、イオン交換膜を用いて濃縮すると、かん水の純塩率は 75%程度になってしまうのである。

なぜこのようなことになるかという、図-6 で述べたようにイオン交換膜には陽イオンと陰イオンを分離する機能はあるのだが、同じ陽イオンであれば、ナトリウムやカリウムなどの一価イオンより、カルシウム、マグネシウムなどの二価イオンの方が膜を透過し易いからである。これは陰イオンでもまったく同じである。

いずれにせよ、このようなイオン交換膜電気透析装置が開発されると、大規模な製塩プラントの設計が可能となったため、図-7 に示すようなかん水を煮詰めるための大型の装置

(晶析装置)も必要となった。そこで、イオン交換膜法で海水を濃縮すれば、多くの電力を必要とするから、自家発電設備を持ち、そこで発生した蒸気を、晶析装置の熱源として利用する方法が検討された。こうして誕生したのが図-8 に示すイオン交換膜法製塩プラントであり、1972 年以降、大規模な塩づくりにはこの方法が用いられることになった。その意味で



図-7 真空多重効用式晶析装置

は、日本における近代製塩プラント発祥の地は、小田原だと言っても過言ではないだろう。

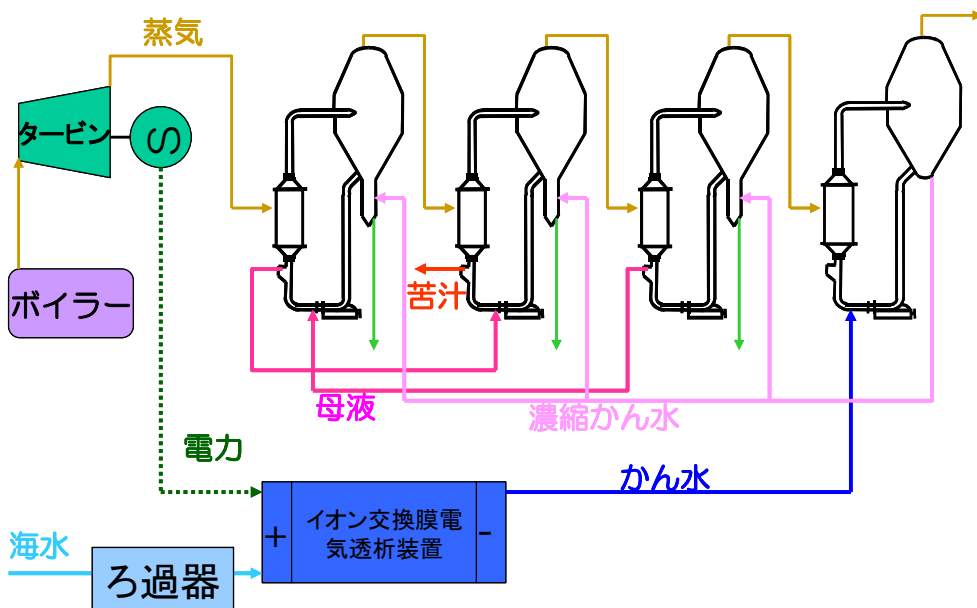


図-8 イオン交換膜法製塩プラント



現在のイオン交換膜電気透析装置を  
図-9 に示すが、1基あたりの生産量は、  
最大のもので入浜式塩田の300ha分と  
なり、それは東京ドーム65個分の塩田  
に相当する。また、労働生産性も塩田  
時代の1965年を100とすると、イオン  
交換膜法製塩に移行した1985年には  
640となり、これは一般の化学工業や  
鉄鋼業などに匹敵する。すなわち、日  
本の塩づくりが農業から工業へと変貌したことを示している。



図-9 現在のイオン交換膜電気透析装置

#### 4. 安心・安全、使いやすい塩をめざして

これまでも述べてきたように、海外に対抗可能な塩づくりを作り上げることに、先人たちはたゆみない努力をはらってきた。それは1905年に施行された塩の専売制度のもと、塩の安定供給をめざしたことに他ならない。

(財)塩事業センター 海水総合研究所は、これまでに培われた技術や研究成果を引き継ぐ形で、1996年7月に設立され、新たに施行された塩事業法<sup>\*)</sup>のもと、塩、海水科学分野における国内唯一の研究機関として、製塩技術、商品技術および分析技術に関する研究に取り組んでいる。これらの研究の目的は、安心・安全で、低廉な用途に応じた使いやすい塩を探求することであり、その研究成果を通して、国内塩産業の健全な発展に寄与し、さらに消費者の皆様にも、塩に関する客観的で、かつ科学的な情報を提供することが役割だと考えている。

<sup>\*)</sup>塩事業法：塩専売法の廃止に伴い、塩が国民生活に不可欠な代替性のない物質であることから、塩事業の適切な運営による塩の安定的な供給の確保と我が国塩産業の健全な発展を図るために必要な措置を講じ、もって国民生活の安定に資することを目的とする。

海水総合研究所では、先ほども述べたように製塩技術、商品技術および分析技術に関する研究を柱として取り組んでいる。以降は、これらの研究について紹介しながら、日本の塩づくりが抱える課題、今後の研究の方向性についても触れていきたい。

##### 4.1 製塩技術に関する研究

日本の塩づくりは、何度も述べているように、「海水からいかに効率的に塩だけを抜き出すか」をテーマに開発が進められた。図-8で示したイオン交換膜法製塩プラントを見て

頂ければ、おわकारの通り、プラント全体がさまざまな分離プロセスによって構成されている。すなわち、海水をろ過して清澄な海水を得るプロセス(海水前処理工程：ろ過分離技術)、海水を濃縮して濃い塩水を得るプロセス(採かん工程：膜分離技術)、かん水から水を蒸発させて塩結晶を得るプロセス(晶析工程：晶析分離技術)である。そこで、研究所では、これら分離技術の専門家をそれぞれの分野に配置し、新たな塩づくりをめざしている。

加えて、こうした分離技術を統合して、製塩プラントを一つのシステムとして構築し、プラントを一元的に管理することにより、工程の制御や生産計画の策定などを効率的に行うことも重要である。そのようなシステム、すなわち統合生産システムの構築を目標に、研究所では、システムの基になる情報を得るため、これまで測定が困難とされていた制御対象を計測するためのセンサーの開発にも取り組んでいる。

製塩環境は、腐食性の高い環境である。そのため、工程で用いられる金属材料の腐食によるトラブルがしばしば起こる。最近では、ハステロイやスーパーステンレスといった高級材料が使用される場合も多いが、腐食に強い部分をつくと弱い部分で腐食が起こるといったトラブルも生じており、製塩環境に適した材料の選定方法についても取り組みを開始したところである。

### 1) 海水前処理工程(ろ過分離技術)に関する研究

海水のろ過には、比較的安価で、構造も単純な砂ろ過器(図-10)が用いられることが多い。イオン交換膜法製塩プラントで導入されているろ過器も大半がこのタイプであり、通常1次、2次というように2段ろ過が行われている。



図-10 砂ろ過器(両サイド)

しかし、この装置に課題がない訳ではない。実は、単位時間あたりの

処理量が少ないために大型化せざるを得ないのである。イオン交換膜法製塩プラントで取水され、海水前処理工程で処理される海水は、1時間あたり $3,000\sim 4,000\text{m}^3$ である。しかしながら、砂ろ過器の流速は1時間あたり7m程度であり、単純に計算してもそれを処理するのに必要なろ過面積は $430\sim 570\text{m}^2$ となる。つまり、 $5\text{m}\times 5\text{m}$ のろ過器だとしても、17～23基のろ過器が必要となり、それが2段ある訳だからさらに相当な数のろ過器が必要に



なるのである。

もう一つの課題は、ろ過海水の清澄度である。図-6に示したイオン交換膜電気透析装置の構造の中で、陽イオン交換膜と陰イオン交換膜が交互に配置されていることは既に述べたが、この膜と膜の間隔は、実用装置では、脱塩室で0.3~0.7mm、濃縮室も0.5~0.7mm程度と1mmに満たない。だから、海水が流れる脱塩室では、海水の中にわずかでも濁質が存在すると、これらが膜などに付着していずれ流路を閉塞することになる。そのため、イオン交換膜電気透析装置を定期的に解体して、膜を洗浄する必要があるのだが、1回の洗浄操作で1万枚に近い膜を何人かの人たちが手洗いするのだから、これは本当に容易ではない。

そこで、これらの課題を解決するために研究を進めているのが、図-11に示す繊維状ろ材を用いた高速ろ過装置である。砂ろ過では砂層の表面だけでしかろ過が行われないのだが、この装置は繊維状のろ材を用いるために、上部ではふわっとした粗の充填状態に、下部では圧縮されて密な充填状態になり、上部で濁質の粗取りが、下部で精密なろ過が行われる。こうした機構から高速ろ過が可能となり、現状の砂ろ過器より6~7倍の流速が得られる。つまり、先ほどの必要ろ過面積430~570m<sup>2</sup>の1/6~1/7のろ過面積があればよいことになる。また、得られるろ過海水の濁度(清澄度)も2段砂ろ過を行ったものと比較して1/2~1/5であり、1段でのろ過操作があればよいから、この装置が実用化されれば、設備が大幅に縮小できる訳である。さらに、得られるろ過海水が清澄になれば、イオン交換膜電気透析装置の解体洗浄の間隔も大幅に延長可能になるのではといった期待もある。

この高速ろ過装置については、既に、工程での検証実験を行っており、来年には実用化を含めた提案を行う予定にしている。

## 2) 採かん工程(膜分離技術)に関する研究

イオン交換膜法製塩プラントが実用化されてから30年以上が経過したが、採かん工程に関する研究は、イオン交換膜電気透析装置のユーティリティ、例えば、無解体洗浄方法の研究などが行われただけで、イオン交換膜自体の研究は、もっぱら膜メーカーに委ねてき



図-11 高速ろ過装置  
(パイロットスケール)

た。それは、イオン交換膜法製塩が、確立された技術にまで到達したことを意味する。しかし、専売制度が廃止されると、海外からの輸入が急激に増加した上に、イラク戦争や中国の急成長に伴って、世界的にも石油や石炭価格が高騰したことから、再び大幅な製塩コスト低減への取り組みが必要になったのである。

ところが、先ほども述べたように、研究所におけるイオン交換膜自体の研究は、既に30年以上途絶えていたため、イオン交換膜の合成技術を習得することから始める必要があった。そこで、ここ5年ほどはそれに費やし、実験室レベルではあるが、膜メーカーで作るイオン交換膜と遜色ない性能のものができるようになった。図-12、図-13は、実際に合成したイオン交換膜を示したものであるが、外観も市販の膜と変わらない(図において、膜に皺ができてるのは、イオン交換膜が乾燥に弱いためである)。

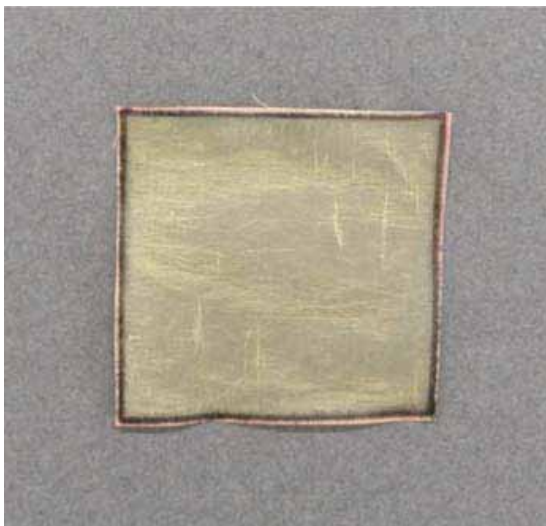


図-12 合成した陽イオン交換膜

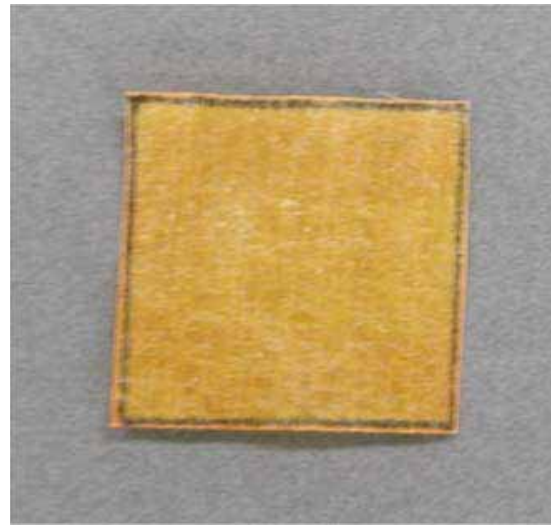


図-13 合成した陰イオン交換膜

現在、イオン交換膜の合成技術が確立されたことにより、次世代のイオン交換膜を開発するための可能性研究に取り組んでいるところであるが、その研究の方向性は、前項で述べたような高速ろ過装置の開発とも融合し、エネルギーコストの低減、かん水濃度の向上などを目標に、新たなイオン交換膜およびイオン交換膜電気透析装置の開発を行っていくことだろうと考えている。

### 3) 晶析工程(晶析分離技術)に関する研究

図-6のイオン交換膜電気透析の仕組みを説明する際に、かん水の純塩率について述べたが、この30年の間に膜メーカーの努力によって膜性能の向上がはかられ、90%前後の純塩率が得られるようになった。しかしながら、それでも10%程度の塩化ナトリウム以外の塩類が含まれることにより、天日塩や岩塩を一旦溶解し、再結晶させた製品(溶解再製製品)

に比べれば純度は低くなるのである。

図-14は、世界の塩の純度と水分を示したものである。海外の塩の大半はこのような溶解再製製品であるため、純度が高く、

水分も少ない。また、(財)塩事業センターが販売する塩(以降は、生活用塩<sup>\*</sup>)と表記)の中で、「精製塩」も天日塩を原料とした溶解再製製品であるため、海外の塩と品質はほぼ同一である。イオン交換膜法製塩でつくられる製品のうち、生活用塩としては「新家庭塩」、「食塩」があり、その

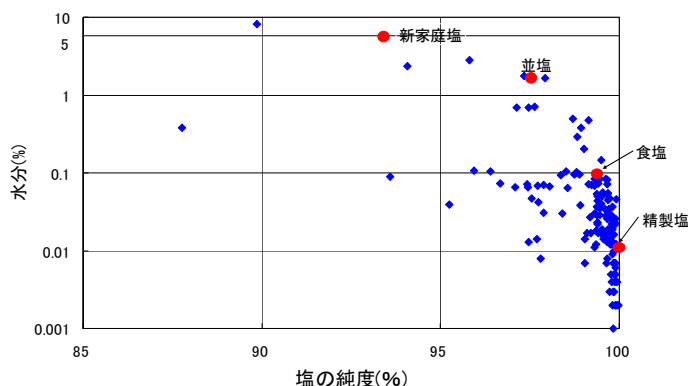


図-14 世界の塩の純度と水分

中間にイオン交換膜法製塩で最も生産量の多い「並塩」がある。「新家庭塩」は結晶への付着母液を除去しなかったもの、「並塩」は付着母液を遠心分離機で脱水したもの、「食塩」は「並塩」を乾燥させたものと整理すれば、残された水分に応じて純度が変化することがおわかり頂けると思う。

<sup>\*</sup>生活用塩：(財)塩事業センターが、塩事業法により財務大臣の指定を受け、低廉で安全性に配慮した塩を、全国津々浦々に安定的に供給すること、緊急時に備えた備蓄を行うことを目的とした塩。

イオン交換膜法で得られたかん水を煮詰めると、まず塩化ナトリウム(塩)が析出し、次いで硫酸カルシウムが析出する。さらに濃縮が進むと、塩化マグネシウム、塩化カリウムや塩化カルシウムといったにがり成分が増え、やがて塩化カリウムが析出する。したがって、イオン交換膜法製塩では、塩化カリウムが析出する手前で濃縮を止め、にがりとして排出するのである。

ところで、かん水の濃縮過程における組成変化をみると、表-2に示すように、濃縮が進んでにがり成分の濃度が高くなると、塩化ナトリウムの溶解度が減少するため、濃縮に従って液(母液)中の塩化ナトリウム濃度が減少する。にがりにいたっては、塩化ナトリウムは4.5%程度しかなく、にがり成分の合計が30%にもなる。

このようにイオン交換膜法製塩では、にがり成分が多い溶液(母液)から、塩を析出させるわけだから、塩結晶をつくる上でこれらにがり成分の影響は大きいと考えられる。実際、にがり成分が存在すると、目標とする粒径まで結晶を大きく成長させるための時間が長くなる。また、結晶の中ににがり成分が入り込んで純度を低下させるだけでなく、固結など

のトラブルに繋がることもしばしば経験した。

表-2 かん水の濃縮過程における組成変化(藤田, 日本海水学会誌 42, p.32 (1988))

液名	成分 [%]			
	塩化ナトリウム	塩化カルシウム	塩化マグネシウム	塩化カリウム
かん水	15.51	0.37	1.07	0.60
母液	11.90	2.60	9.00	5.60
にがり	4.50	5.20	16.20	8.60

そのため、研究所では、結晶の品質を制御する研究を進め、晶析装置内で発生した微細な結晶が付着する現象を解明した。このような微細な結晶が付着すると、金平糖のような幾つかの結晶がくっついた結晶となって、先ほどのように結晶内ににがり成分を多く含む結晶、いわゆる凝集結晶と呼ばれるものができる。しかし、微細な結晶が付着することによって、目標とする製品結晶の粒径まで成長させる時間が大幅に短縮できることもわかっている。

このようなことから、研究所では、大学研究者とも協力し、微細な結晶の付着は促進させるが、結晶の品質を損なわない手法を検討し、晶析工程における大幅な効率化をめざしている。

#### 4) 統合生産システムに関する研究

製塩では、高温で腐食性の高い塩類溶液を扱うため、市販のセンサーではすぐに腐食してしまい、これまで工程に適用可能なセンサーがなかった。つまりは工程を監視する目が備わっていなかったのである。

そこで、研究所では、製塩環境でも適用可能なセンサー開発に取り組み、これまでに海水、かん水、母液、にがり中に含まれる塩類の濃度、晶析装置内に懸濁する結晶量、結晶の粒径などをインラインで測定可能なセンサーを開発し、実用化に供した。それ以外にも、ベルトコンベア上を流れる塩の粒径、水分をインラインで測定するセンサー、塩の粒径、水分、マグネシウムを同時に、しかも瞬時に測定可能な計測機器の開発も行い、これらについても実用化した。

これらのセンサーにより、製塩プラントにおける所要の情報を得ることができ、この情報を基に工程の制御、生産管理、生産計画の策定など、工程全体をシステム化することを可能としたのである。

#### 5) 腐食防食技術に関する研究

研究所では、さまざまな製塩環境(温度、塩類濃度)における材料の腐食性、耐食性をマ

ップ上に整理し、適切に材料の選定ができるよう検討を進めている。また、腐食の状態をモニタリングする方法も手掛け、早期に腐食トラブルを防いだり、材料の寿命を診断する方法についても研究を開始した。

## 4.2 商品技術に関する研究

専売制度が廃止された後、急激にいろいろな塩製品が店頭に並ぶようになった。これらの製品の品質は多種多様であり、その製法もさまざまである。このような現象は海外でみることほとんどなく、日本特有の現象だとも言えるが、それは日本人の食に対するこだわりが、少なからず関係しているのではないだろうか。

一方、BSE 問題、雪印乳業の食中毒事件や中国産野菜の残留農薬事件などに始まり、食品の安全性が取りざたされるようになった。塩も食品だから、当然安全性に配慮した製品を消費者の皆様提供していかなくてはならないが、安全性を保証するためには製品だけで十分なのだろうか。

研究所では、こうした課題を解決するために、調理や食品加工において最適な塩製品を設計すること(商品設計技術)、また、これらの塩製品が、どのような原料を用い、どのようにつくられているのかといった情報を明らかにし、製品のみならず製造工程の安全性を保証すること(安全性評価技術)に取り組んでいる。

### 1) 商品設計技術に関する研究

塩製品の多くは結晶が集まったいわゆる粉体であり、粒径、水分、形状などによって物性が異なる。物性には流動性、溶解性、付着性、混合性など、さまざまなものがあるが、付着性や混合性などは、食材など対象物への塩の物性を示すものであるから、塩自体の物性としては流動性(さらさら性)および溶解性(溶け易さ)だけとなる。

しかし、例えば、流動性に影響する因子とは何かというと、塩一粒ひと粒が互いに接触している、いわば摩擦力のような力なので、単純な測定指標では表すことができない。そこで、こうした塩一粒ひと粒が接触する現象をモデル化することに取り組み、モデルを活用した流動性に関する設計法を構築したのである。

生活用塩に本設計法を適用した結果、「食塩」では、現行商品が最も流動性が良好なことや、「精製塩」では、さらに流動性を良好にするには粒径を大きくするか、均一な粒径のものにする必要があることなどがわかった。

また、溶解性についても同様の検討を行い、こちらについてもモデルを活用した設計法を確立した。今後は、付着性や混合性など、食材等に対する塩の物性にも、ここで検討し



た流動性や溶解性が深く関わるものと考えており、モデルによる設計法を適用し、調理や食品加工に適した塩の物性を明らかにしていくことを考えている。

一方、塩製品によって、食品の味や物性に影響を及ぼすことが言われている。その中には通説的なものも少なくないと思われるが、こうした影響がないとも言えないのである。そこで、塩やにがり成分が、食品の調理や加工に及ぼす影響を明らかにすることを目的に研究を進めている。このような影響とは、塩やにがり成分による食材への脱水・浸透作用、食材の菌ごたえや噛みごたえなどが上げられる。

図-15 は、梅干を漬けたときの脱水量と梅実に浸透する塩の量を模式的に示したものである。梅を漬けると、梅実から水分が脱水するが、その速度や量は梅実に接触した塩水の濃度によって決まるのである。図中では粉体、つまりは梅実に塩をまぶす(ふり塩)方が、脱水が速く脱水量も多いのである。また、塩水で漬けた場合には、濃度が高い塩水ほど、脱水が速く脱水量が多くなる。

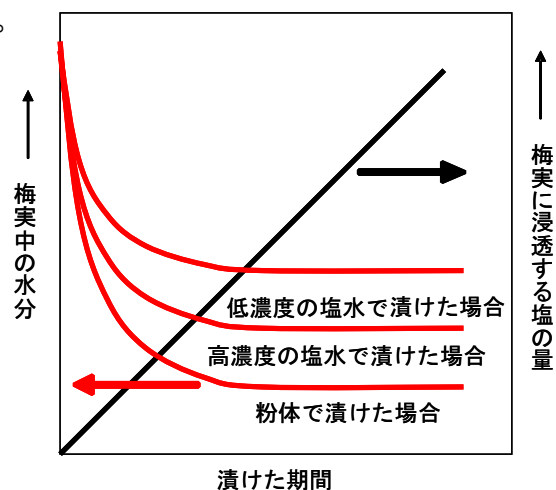


図-15 梅干における脱水浸透作用 (模式図)

塩が直接梅実に接触すると、一見梅実から水分が脱水されにくいように思うが、実は、「精製塩」のような水分が極めて少ない塩でも塩の表面には水が存在するのである。この水には、当然塩が溶け込んで飽和になっているから、梅実は飽和食塩水の中で漬けられているのと同じになる。さらに、梅実から脱水された水は、そのまわりの塩を溶かすので、梅実の回りには常に飽和食塩水が供給されることになるのである。

では、梅実への塩の浸透はどうかというと、浸透量は時間の経過と共に増加するが、梅実を漬けた塩水の濃度とは関係なく、1本の直線に乗ってくる。なぜかというと、梅実に接触する液の塩分濃度が非常に高いために、それによって一方的に塩が梅実に浸透するためである。

したがって、このような脱水・浸透作用を制御することにより、梅干の塩分や柔らかさをコントロールできることがわかった。今後は、脱水・浸透作用におけるにがり成分の影響を検討することにしてはいるが、今のところ多少のにがり成分が含まれているだけでは、その影響はほとんどないといった結果が得られている。

また、うどんなどの麺には塩が使われ、麺のこしにはにがり成分が影響するといったこ

とや、水産加工製品である干物や蒲鉾などでも同じようなことが言われている。こうしたことについても、研究を進め、客観的で科学的な情報を消費者の皆様に提供したいと考えている。

## 2) 安全性評価技術に関する研究

消費者の皆様に安心・安全な塩を提供するために、(財)塩事業センターでは生活用塩について、CODEX 規格(=食品の国際規格)で定められた有害 5 元素(ヒ素、銅、鉛、カドミウム、水銀)を新たに加えた品質規格を 2005 年 4 月から適用した。さらに、研究所では、同じく生活用塩の製造工程について、食品衛生法に準じてそれぞれ基準を設けることを検討し、2005 年 10 月から製造基準として運用を開始した。

この製造基準は、原料、装置材料、食品添加物、包装容器の安全性を保証し、さらに異物混入、汚染についても適切な対策を講ずることを主旨としている。イオン交換膜法製塩を例にその概略を述べると、以下のようになる。

### (1) 原料

原料である海水は清澄で汚染のないものであること。

### (2) 装置材料

製造工程で使用する装置材料は、食品衛生法第 15 条、16 条および 18 条で定められた規格・基準を満たした材料（厚生省告示第 370 号）を使用すること。また、それら材料からの溶出状態を監視し、異常のあった場合には対策を講じること。

### (3) 食品添加物

食品添加物（加工助剤を含む）は、食品衛生法第 11 条で定められた規格・基準（厚生省告示第 370 号）を満たすこと。また、使用にあたっては使用基準などを遵守すること。

### (4) 包装容器

包装容器は、食品衛生法第 11 条で定められた規格・基準（厚生労働省省告示第 370 号）に適合するものを使用すること。また、それら包装容器からの溶出状態を監視し、異常のあった場合には対策を講じること。

### (5) 異物混入および汚染

原料、装置材料、包装容器、作業員、環境などに起因する異物混入や汚染がないように、対策を講じること。

ただし、イオン交換膜法製塩における原料は海水であるから、食品を対象にした食品衛生法をそのまま適用することはできない。そのため、この製造基準では、環境基本法「人の健康保護に関する環境基準」を適用して、表-3に掲げる物質を対象に、原料である海水が清澄で汚染がないことを保証することにしている。

前述したように、製造基準は、食品衛生法に準拠させるため、食品工業において安全性に関わる対象が網羅されるが、塩および製塩の特徴を考慮することも必要で、製造基準はこうした特徴に配慮したものになっている。

例えば、製塩環境は、製塩技術に関する研究でも述べたように、非常に腐食性の高い環境である。単に食品衛生法を適用するだけでなく、金属材料からの溶出を監視し、腐食が進み溶出量が増加すれば、当然対策を講ずる必要がある。

また、食品では、微生物の問題がよく取り上げられるが、塩ではどうなのであろうか。塩の中で生きられる微生物などいるはずがないと思われる方が、結構多いのではないだろうか。確かに、食品の微生物検査で検出されるような一般性細菌や大腸菌群などが、塩から検出されることはまずない。ところが、海水には多くの好塩菌(生存のために塩分が必要な細菌)が生息しているのである。もちろん、これも製塩環境の特徴がなせるもので、食品衛生法ではこのような細菌は規定されていない。

これまでの研究所における研究では、にがりや塩の中でも生息できる好塩菌がいることがわかっている。イオン交換膜法製塩や溶解再製など、プロセスの中で加熱蒸発操作がある場合には、塩からこうした細菌が検出されることはないが、このような操作のない天日塩から検出される例や、岩塩からも検出されるとの報告(亀倉, 地学雑誌 112, p.262 (2003))もある。こうした細菌が人体に悪影響を及ぼすかは不明だが、安全性を保証するためにはこう

表-3 環境基本法「人の健康保護に関する環境基準」

物質名	
カドミウム	ヒ素
全シアン	総水銀
鉛	アルキル水銀
六価クロム	PCB
ジクロロメタン	1,3-ジクロロプロペン
1,2-ジクロロエタン	チウラム
1,1-ジクロロエチレン	シマジン
シス-1,2-ジクロロエチレン	チオベンカルブ
1,1,1-トリクロロエタン	ベンゼン
1,1,2-トリクロロエタン	セレン
トリクロロエチレン	硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素
テトラクロロエチレン	四塩化炭素



した細菌についても適切な管理が必要だと考え、製造基準の中では塩製品における好塩菌の一種である海洋性細菌の検査も行うこととしている。

最近、世界的に食品における残留農薬の問題が取り沙汰されている。日本でも2003年の食品衛生法の改正に合わせて、ポジティブリスト制の導入が決定され、2006年4月から適用される。製造基準の中では、表-3中のチウラム、シマジン、チオペンカルブの3物質が農薬であるが、このポジティブリスト制が導入されると、対象となる農薬は一挙に約800種類まで増大する。では、このポジティブリスト制とはどのようなものか。

これまでの残留農薬に関する規制は、使用が許可された農薬について残留基準を設定し、基準以上の食品については販売を禁止するものであった。しかし、多くの農作物や食品を輸入している日本では、海外で残留基準を設定していない農薬が使用されていても、その濃度を規制することができず、残留した農薬がいくらあっても問題とならなかったのである。

このポジティブリスト制の特徴は、残留基準を設定した農薬については、残留基準以下であれば残留を認め、それ以外の農薬については、一律の残留基準を設け基準以上の食品は認めないといったところである。

塩をつくるのに農薬を使うのだろうか。そのような素朴な疑問も浮かぶが、ポジティブリスト制のもう一つの特徴は、加工食品にまで適用されている点であり、加工食品に使われる原材料全てがその対象になるのである。当然、加工食品には塩が使われているものが多いから、塩も加工食品の原材料だとみれば、ポジティブリスト制の対象になるとも考えられるのである。

そこで、研究所では、ポジティブリスト制の導入に向けた準備を始め、まずは生活用塩に残留農薬がないことを検証することを考えている。

一方、イオン交換膜法製塩では、イオン交換膜によって重金属や有機物などの有害物質が透過しにくいことがいわれている。研究所での研究でも、大半の重金属はイオン交換膜を透過しにくいことや、製造基準で対象とした農薬3種も透過しないこともわかってきた。このような物質は、イオン径が大きかったり、電荷を持たない場合もあるので、イオン交換膜を透過しにくいことは理論的にも理解できるが、さらに製造基準やポジティブリスト制に関係する物質にまで対象を広げ、イオン交換膜におけるこうした物質の透過性を体系的に整理し、改めてイオン交換膜法製塩の安全性を検証しようと考えている。

### 4.3 分析技術に関する研究

塩や海水、製塩工程におけるさまざまな試料に含まれる元素を正確に測定することは、意外にむずかしい。海水中には地球上に存在する元素全てが含まれ、塩やにがり成分を除けば、たいいていの元素は ppm とか ppb のオーダーで存在するのである。では、この ppm という濃度がどのくらいのものかということ、1ppmは試料 1000kg 中に 1g しかないことを示し、1ppb という、さらにその 1/1000 の重さしかないことになる。このような濃度の元素を正確に測定するためには、最新の分析装置を買えば済むということではなく、そのような装置で測定可能な濃度まで、その元素のみを濃縮する操作が必要なのである。

そこで、研究所では、この濃縮操作と最新の分析機器を組み合わせた方法を検討し、これまで測定が困難であった元素についても測定を可能にした。図-16 は、現在、研究所で分析可能な元素を示したものである。

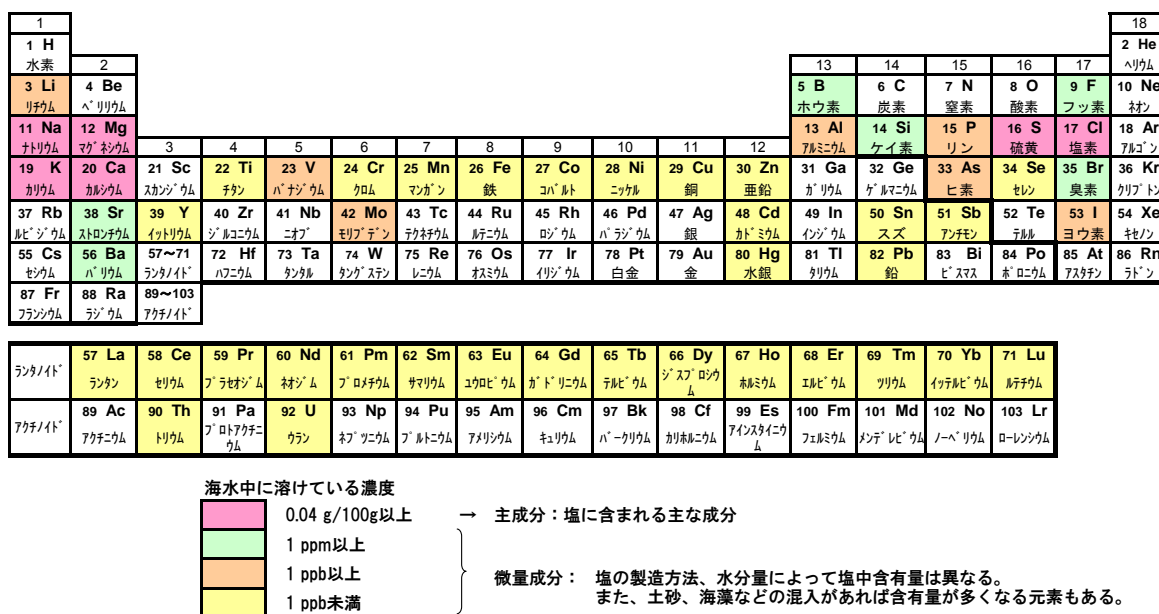


図-16 研究所において分析可能な元素(色をつけた元素)

こうして構築した分析技術を基に、市販食用塩に含まれるさまざまな元素を測定して、資料にまとめたものが市販食用塩ハンドブックであり、その概要は本日の講演の中でも紹介した。

このように、海水総合研究所は、これまで塩や海水、製塩工程におけるさまざまな試料の分析方法を構築し、それらは「塩試験方法」として纏められ、塩や製塩に携わる人々に活用されている。また、ISO/IEC17025 に適合した分析システムを構築することにより、試験所としての認定も受けており、研究所で分析した測定値は公に認められたものになってい

るのである。

今後は、前項でも述べたような、塩の安全性を評価する上で必要な農薬などの有機物質についても、分析方法を構築することを考えている。

## 5. おわりに

最後に、2枚の写真(図-17、図-18)を見て頂きたい。図-17はオーストラリアの天日塩田であり、大型トラクターのように見えるのが、ハーベスター(Harvester)と呼ばれる機械である。日本語で言えば、刈り取り機である。

図-18はドイツの岩塩鉱である。岩塩を採取する方法は、マイニング(mining)と呼ばれ、日本語で言えば石炭などの鉱物と同じ、採鉱である。

筆者は残念ながら、どちらも実際に見たことがないので、写真を見て思うだけなのだが、日本人と海外の人びととの塩に対する考え方、価値観の違いはこれだと感じるのである。日本では塩は神聖なものとして、神事や仏事にも使われるのだが、恐らく、オーストラリアやドイツの人達は、このような姿を見て首をかしげるに違いない。



図-17 天日塩の収穫風景(オーストラリア)



図-18 岩塩の採掘風景(ドイツ)

日本の塩づくりを守るための苦労はこれからも続くと思うが、海水総合研究所は、安心・安全で、低廉な用途に応じた使いやすい塩をめざして、今後も塩づくりに関する研究を進め、消費者の皆様へ、塩や塩づくりに関する客観的で、かつ科学的な情報を発信していきたいと考えている。