

塩の作り方と製品の品質

(有)サンエス研究所 代表取締役
杉田静雄 工学博士

はじめに

わが国の塩業は平成9年に塩専売制度が廃止され、5年の経過期間を経て14年に生産・輸入・販売が完全に自由化され現在に至っている。この間、塩についての情報は東京都消費生活センターや、(財)塩事業センターによる多数の市販食用塩についての総合的な調査結果の公表があり、その後の各種の出版物やテレビ、ホームページ、日本海水学会やソルト・サイエンス研究財団など関係団体の広報活動によって、塩についての認識はかなり広まっている。筆者も2001年初めに塩に興味をもたれる一般の方々を対象に「塩の科学」を出版したが、その後の4年間に家庭用塩の市場はかなり変化している。本稿では最近の商品情報を入れて与えられたテーマについて概要を述べる。

1 わが国の塩作りと消費

塩の用途は2万項目以上といわれているが、その性質から消費量が著しく増減することではなく、財務省の発表によれば平成9年度から15年度の年間消費量の変動は全体で858～948万トン、生活用で24～31万トン、業務用で835～917万トンである。これらの変動は業務用特にソーダ工業用塩の景気変動による面が大きく、生活用では自由化以後に特殊な製法による塩の増加が目立っている。これには専売制度下ではこれらの塩は二三の例を除き専売塩を原料として作られていたが、制度廃止後は自由に海水や輸入塩から塩を作ることができ、塩事業センターが扱ういわゆる「生活用塩」が減少している面がある。

塩の供給は同じ年度間で国内塩は126～137万トン、外国塩は744～829万トンの変動である。国内塩の生産は図1の生産地マップに示すように、筆者の調査した範囲でも最近では南は沖縄諸島から北は北海道まで全国に広く分布している。その内容は年産20万トン以上の大メーカー6社が製造するイオン交換膜電気透析法による塩(以下膜法塩と略記)と、年産8万トンの再製塩メーカーが製造する塩が全生産量の90%以上を占め、年産数トンから数万トン規模のメーカー432社(2003年9月申請登録)が、「特殊製法塩」や「特殊用塩」といわれている種々の製法や用途の塩を作っている。

「特殊製法塩」には平釜塩や添加物入りの塩など、特殊用塩には試薬や医薬用の塩などが分類されているが、自由化以後に塩の作り方で特記されることは、海水を原料として各種の方法で作られていることである。その詳細は次項に述べるが、万葉集にある藤原定家の有名な次の恋歌にある

来ぬ人をまつ帆の浦の夕なぎに

焼くや藻塩の身もこがれつつ

「藻塩焼き」から現代のイオン交換膜法に至る揚浜式、入浜式、枝条架・ネット式、海水直煮式によっていろいろな塩が商品化されている。わが国の塩の種類は1,000種以上といわれており、フードジャーナリストの中にはこの状況を「塩の文化」と称しているほどである。味噌・醤油という優れた調味料がありながらこのように多種の塩が市場にあるのは、

美味しい塩を求めるトレンド、地方自治体の観光・産業振興策、ベンチャー企業の台頭、マスコミによる宣伝などいろいろ考えられるが、この状況が永続するのかブームであるのか注目されるところである。

2 塩の種類と作り方

地球上の塩の資源は陸塩、海塩、副産塩に大別されるが、副産塩以外は元を辿ればすべて海水が原料である。陸塩には岩塩や湖塩など海塩には天日塩や膜法塩などがあり、食用や工業用や道路用に使用されている。副産塩は反応工程やゴミ処理工場の排煙処理などで生成するものである。これらについて作り方と結晶の形と NaCl 純度の目安を表 1 に示す。なお、表の「海水濃縮塩」は最近の海水から作られている塩を総称して示している。

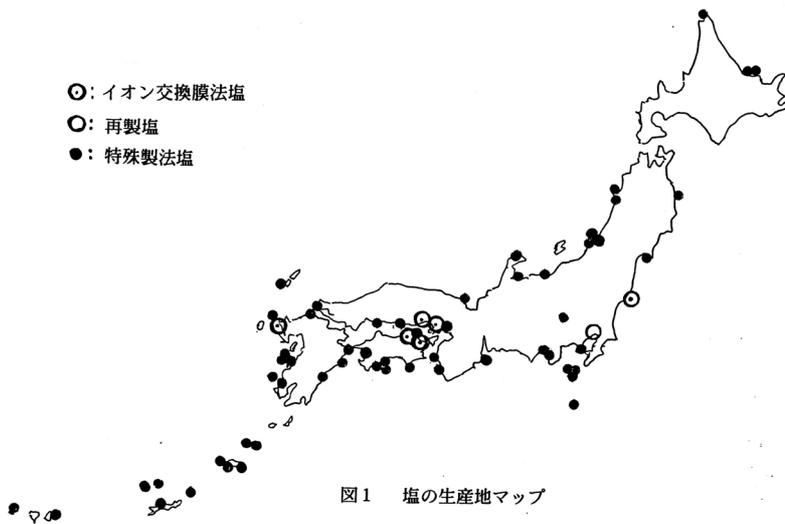


表1 塩の作り方と製品の特徴

塩種	作り方	装置	結晶の形	NaCl純度	商品の例
岩塩	乾式採鉱法	採掘・粉碎機	不定形	95%以上	原塩
	溶解採鉱法	溶解・揚水機	—		粉碎塩
湖塩	集塩・採掘	集塩・採取機	トレミー	85%以上	原塩
	(自然蒸発)		凝集晶		粉碎塩
天日塩	天日塩田	集塩・粉碎機	トレミー	95%以上	原塩
	(自然蒸発)		凝集晶		粉碎塩
膜法塩	電気透析法及び	イオン交換膜	立方晶ほか	95%以上	並塩 食塩
	加熱蒸発法	蒸発缶			
再製塩	天日塩溶解精製	サイクレーター	立方晶ほか	99.5%以上	精製塩 食卓塩
	及び加熱蒸発法	蒸発缶			
海水濃縮塩	藻塩焼き	海藻・平・丸釜	凝集晶	85%以上	藻塩
	揚浜式	塩田・平・丸釜	凝集晶		能登のはま塩
	入浜式	塩田・平・丸釜	凝集晶		宇多津万葉の塩
	枝条架・ネット式	天日乾燥容器	トレミー、凝集晶		海の晶
	海水直煮式	平・丸釜	凝集晶		粟国の塩
	スプレー乾燥式	スプレー乾燥機	凝集晶(微粒)		最新の塩 雪塩

1) 岩塩

岩塩は欧州、中南米などに数億トン以上の鉱床が多数存在し無尽蔵といえる資源である。岩塩は地中にある海塩類の層から塩層部分を採掘するか、この層に淡水を圧入して溶解させてかん水として採取する。岩塩は産地や鉱床によって純度に差があり、鉱物や石膏を含む場合には黒色、青色、橙色などに呈色しているが、透明な純度が 100%に近いものもあり理化学機器に利用されている。岩塩は粉碎されて各種の用途に用いられるが、溶解法によるかん水はそのままソーダ工業原料などに利用される。家庭用には透明なものが輸入されており、硬く溶けにくい特性がステーキなどの肉料理に適しているという。

2) 湖塩

湖塩は巨大なボリビアのウユニ塩湖やイスラエルの死海のようなかん湖から、析出した塩を集塩したり固化した塩を工具で採取する。湖塩は内陸部に多く輸送の関係から岩塩や天日塩のように広く利用されていない。死海の場合は海水濃度の 7 倍程度のかん水であり、付近にこれを利用する海塩工業が発達している。湖塩は純度が 80~90%のものが多いが、家庭用の輸入品は純度が 99%のものである。

3) 天日塩

わが国には地理的条件や気象条件から天日塩田は成立しなかったが、諸外国にはそれぞれの国に適した方式の天日塩田がある。例えばフランス・ブルターニュ地方のゲラント塩田は古代からの伝統製法によっており、わが国の輸入塩の大部分を占めるメキシコやオーストラリアの塩田は、メキシコ塩田のように東京都の 23 区の広さを持つ、年産数百万トンの近代的な塩田である。

塩田への海水導入から採塩まで期間は産地や気象条件により異なり、雨の多いところでは 1 か月程度でメキシコ塩田は 2 年である。小規模塩田では採塩を人力で、大規模塩田ではハーベスターを使用しているが、短期間で採塩する場合には地盤の土砂が混入しやすい。塩田地盤が粘度であるゲラントの塩は純度が 85~90%程度で、地盤が塩層であるメキシコ塩田の塩は洗浄も行われ 95%以上である。天日塩田は海水をそのまま導入するために海水が汚染された場合にその影響を受けやすい。

わが国では天日塩を原塩またはこれを粉碎した粒径 1~3 ミリの粉碎塩として使用してきたが、天日塩加工会社の中には洗浄・粉碎・異物除去などの技術を改良して、純度や粒径の異なる品質の高い粉碎塩を製造しており、天日塩を利用する分野がこれまでよりも広がっている。

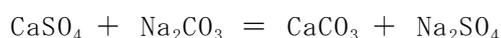
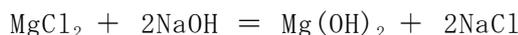
4) 膜法塩

イオン交換膜法による製塩法はわが国が独自に開発したものであり、天然資源や気象条件に恵まれないわが国が、食用塩の分野で品質はもとより価格の面でも国際競争力を持つことを可能にした方法である。この方法は発電、海水濾過、電気透析、蒸発缶による濃縮と晶析、遠心分離、乾燥などの工程からなっている。膜法塩は海水汚染が砂濾過と交換膜の透過によって除去され、さらに蒸発缶で最高 120℃の高温で濃縮されて製品となるために、食品衛生的に非常に安全であること、工程と品質の管理により製品の品質が安定していることである。蒸発缶は外側加熱強制循環型が基本であるが育晶型缶を持つ工場もある。イオン交換膜法の 6 社は国内でもっとも消費量が多い立方晶の並塩、食塩のほかに、各種の装置と技術力によって関連企業を含めて形状、純度、粒径、添加物の異なる数十種の塩

を製造している。

5) 再製塩

わが国では昭和 24 年から天日塩を原料とする再製塩メーカーが 1 社操業しており、天日塩を溶解したかん水にアルカリ剤を添加して、下記の反応によって共存するカルシウムやマグネシウムの塩類を除去した精製かん水から、膜法塩と同型の蒸発缶によって純度 99.5%以上の精製塩や特級精製塩を製造している。この反応はサイクレーター中で pH 制御により連続的に進行し、不溶性の反応生成物も連続的に分離される。この方法とはやや異なるが天日塩などを海水やかん水で再溶解して作る「混和再製塩」があり特殊製法塩として販売されている。



6) 海水濃縮塩

最近わが国では古くからの独特の方法やそれを改良した方法で塩作りが行われている。約 150 種の商品についてその方法を調査した結果を整理して表 2 に示す。

表 2 海水濃縮塩の作り方

作り方	藻塩焼き	揚浜式	入浜式	枝条架・ネット式	海水直煮式	スプレイ乾燥式	その他
割合%	3	4	3	36	46	6	2

小規模のメーカーが多いため装置、燃料、方法などが多岐にわたっているが、共通して挙げていることは黒潮、親潮、対馬海流などの外洋の海水を原料としていることであり、珊瑚礁の地下水や深層海水、特殊の例では長野県の地下かん水、温泉源泉を原料としている例もある。重要な燃料は薪、流木、重油、灯油、プロパン、天然ガス、煙道熱、地熱蒸気と多彩である。また、逆浸透法や冷凍法を併用している例もある。これらの方法の 80% は枝条架・ネット式と海水直煮式である。

次に、それぞれの方法の概要を述べる。

・藻塩焼き

縄文時代からの方法でそのやり方には二三の説があるといわれている。現在行われている方法はホンダワラを海水に浸漬し太陽熱で乾燥する操作を 7,8 回繰り返して、付着した塩分を海水で溶かしてかん水を作り釜で煮つめて塩を採る方法と、別の方法は約 7 倍に濃縮した海水にホンダワラを浸漬して、海藻の成分を含ませたかん水から塩を作る方法である。いずれの場合も製品にヨードが含まれていることが特色である。

・揚浜式

千年ほど前の方法で能登地方に観光塩田としてこれまで残されていた。海面より高い所に塩田を築き塩田の散砂に海水を散布して太陽熱で蒸発させ、塩分がついた散砂を集めて海水で溶かしたかん水を、釜で煮つめて塩を作る方法である。

・入浜式

江戸時代に始まり昭和 20 年代までわが国の塩のほぼ全量を生産していた方法である。礫層と砂層で構成された塩田に潮の干満を利用して海水を導き、毛細管現象によって塩田の

散砂に浸透した海水を太陽熱によって蒸発させ、塩分が付着した散砂を集めて揚浜式と同様にしてかん水を作り、塩を作る方法である。

・枝条架・ネット式

昭和 20～40 年代の方法で、竹笹の束や各種材質のネットで構成した立体濃縮装置の上部から、海水を滴下して太陽熱と風の方で蒸発させてかん水を作り、結晶室の天日乾燥容器でさらに濃縮して塩を作るか、あるいは釜で煮つめて塩を作る方法である。最近はコンクリート製の建屋中で強制通風したり、海水を噴霧状にするなど改良されている例が多い。

・海水直煮式

終戦後の「自給製塩」の時代にこの方法により全国各地で塩が作られていたが、最近の方法は鉄製やステンレス製の平釜や丸釜で 100～2000L 程度の海水を、長時間煮つめて作っている例が多い。多段平釜法によって段階的に採塩している例も二三見られる。燃料には薪を使用している場合が多い。この方法の塩には石膏が多く含まれている。

・スプレイ乾燥式

この方法には海水を逆浸透法などで濃縮し、温風で吹き流して水分を気化させる方式や、ボイラーの余熱で海水を濃縮しスプレイ乾燥装置で、瞬間的に塩分を結晶させる方式などがある。また、回転式ドラム乾燥機で塩を連続的に作る方法も行われている。これらの方法の塩には海水中の共存塩類が他の方法による塩よりも多く含まれている。

3 塩の作り方と製品の品質

塩の品質の要素には NaCl 純度、結晶の形、粒径、共存塩類、添加物などが考えられ、工程の管理が十分でない場合には製品への異物の混入や固結現象が発生する。品質にかかわる主要な要素について作り方との関係を述べる。

1) 結晶の形と粉粒体的性質

塩は表 3 及び図 2 に示すように結晶になる時の条件によっていろいろな形となる。このような結晶の外形の変化は物理的・機械的条件や媒晶剤イオンの吸着によって、結晶の特定方向の成長が促進されるか抑制されるためである。

表 3 結晶の形と性質

外形	生成条件	性質
立方晶	高循環、高蒸発	標準的、流動性が大きい
フレーク	低攪拌、液面析出	軽く、溶けやすく、付きやすい
トレミー	低蒸発、液面析出	溶けやすく、付きやすい
骸晶	低攪拌、低蒸発	やや溶けやすく、付きやすい
球状	高攪拌、長時間育晶	大粒で溶けるのが遅い
凝集晶	立方晶、骸晶の集合	やや溶けにくい
不定形	各種の塩の破砕物	やや溶けやすく、付きやすい
成型塩	圧縮成型など	固く、大きく、溶けにくい
その他	媒晶剤添加など	樹枝状、八面体、十六面体など

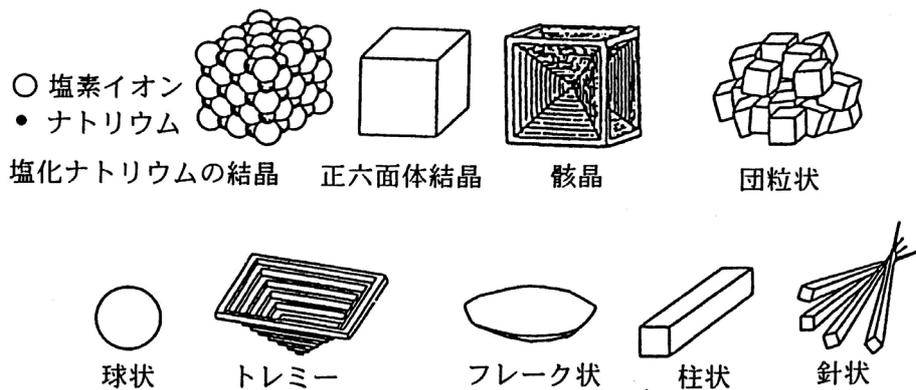


図2 塩の結晶の外形

塩は粉粒体であり使いやすさに関係する指標として流動性（サラサラ性）、溶解性、付着性、混合性などがあるが、これらには塩の作り方による結晶の形、粒径、水分などが影響する。表4に代表的な塩種の粉粒体的性質を示す。

表4 塩の粉粒体的性質

塩種	平均粒径 (μ)	かさ密度 (g/cm^3)	比表面積 (cm^2/g)	流動性 (-)	溶解性 (min)	付着性 (θ)
岩塩	700	1.26	60	75	58	27
天日塩	600	1.11	68	66	36	24
蒸発缶塩	460	1.32	76	78	43	28
並塩	390	1.02	82	51	36	28
食塩	400	1.29	81	80	32	29
精製塩	330	1.33	134	89	32	29
フレーク塩	164	0.92	239	76	08	31
微粒塩	125	0.74	208	24	03	32

流動性は4種の物性値から総合的に評価するカール法で示しているが、蒸発缶塩の食塩や精製塩は立方晶で流動性が大きく、同じ立方晶でも水分が多い並塩はやや小さく微粒塩は非常に小さい。

溶解性は溶けやすさの指標である。ビーカー中で攪拌溶解し一定の濃度に達する時間で示しているが、表面積に影響されやすく比表面積の大きいフレーク塩や微粒塩は溶解性が非常に大きい。付着性は食品に塩を振りかける場合の付きやすさを示す指標で、傾斜したサンドペーパー板に一定量の塩が付く角度で示している。結晶の形や粒径が影響し薄片状のフレーク塩や微粒塩は付きやすい。混合性は対象となる物質との混ざりやすさを示す指標で利用されることは少ない。これらの性質を総合すると、一般的には蒸発缶で作られるサイコロ状の食塩や精製塩が使いやすい塩であり、岩塩や天日塩は流動性にやや欠けるが汎用であり、フレーク塩や微粒塩は特性をもつ塩であるといえる。

2) 共存塩類とミネラル

塩に共存(夾雑)する塩類は結晶の内部に液泡として内蔵されたり、結晶の表面に付着している母液やにがりや石膏である。塩の作り方との関係では表3の蒸発速度が小さく液面に析出するフレーク、トレミーなどは形が不規則で母液を含みやすく、同じ塩でも粒径が小さいほど表面積が大きく付着しやすく、立方晶はこれらに比べて付着しにくい。共存塩類の成分は基本的には海水の自然蒸発や加熱蒸発で作られる天日塩や海水濃縮塩は、硫酸マグネシウムを含むいわゆる「硫マ系」であり、イオン交換膜法の場合は交換膜の選択透過性によって、塩化カルシウムを含むいわゆる「塩カル系」である。

塩の中にはいろいろなミネラルが含まれているが最も重要なものはNaとClである。また、塩に含まれるミネラルはNaとClを除くと、1日10gの摂取量では必要量の十分の一から千分の一程度に過ぎない。一般に塩のミネラルとしてCa、Mg、Kをいう場合が多いので、塩の中のこれらのミネラルのバランスについて、Naとの比率Ca/Na、Mg/Na、K/Naとこれらのイオンの含量を求め、製法の異なる膜法塩、天日塩系の混和再製塩、海水濃縮塩の例を海水固形物と比較して図3に示す。この結果は海水固形物のパターンに最も近いミネラルバランスをもつ塩は、海水濃縮塩のスプレイ乾燥法であり、次いで枝条式、膜法、混和再製塩、

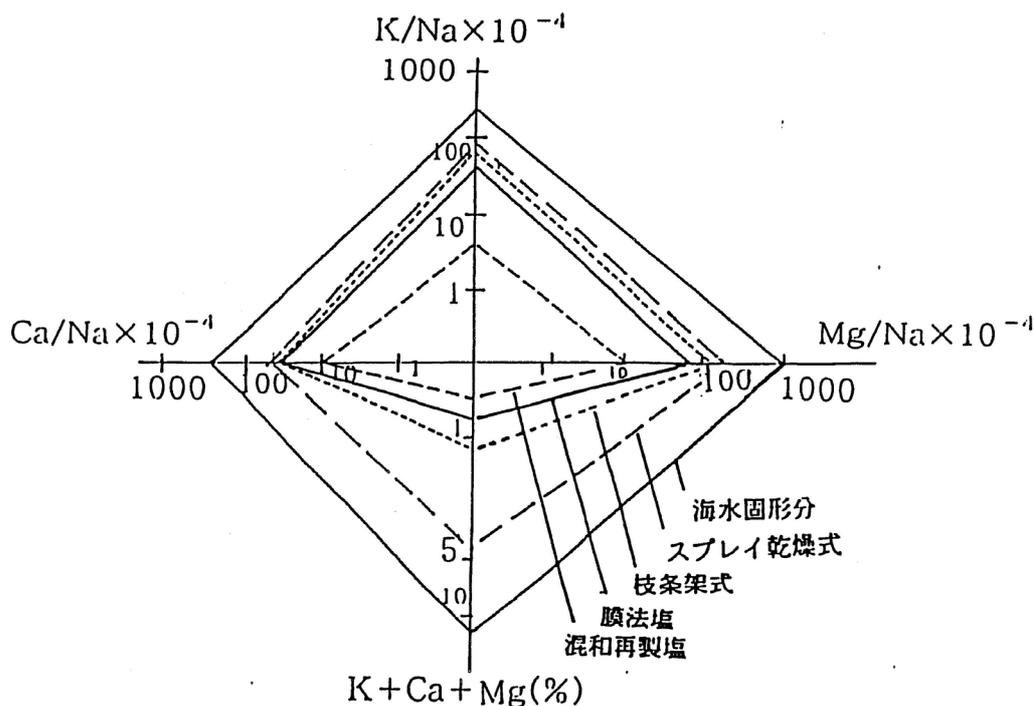


図3 ミネラルバランスの比較

混和再製塩の順である。スプレイ乾燥法の商品にはミネラルの種類と含有量が多いことで、ギネスに認定されたものがあるといわれているが、これまでにないミネラルを多く含む塩である。

1972年以後、国内製塩は塩田製塩法からイオン交換膜製塩法に全面的に転換した。その際に塩のミネラルに関して、盛んにマスコミに取り上げられた。その一例である塩の種類とアサリの開口実験に関する結果に疑問を持った。そこで14種類の市販食用塩について実

験した結果、岩塩、天日塩、膜法塩に関係なく共存塩類が多く海水組成に近い塩でアサリは開口しやすいことを確認した。

3) 品質管理と規格

製品の品質管理はメーカーの規模により異なるが、大メーカーは関連する複数の ISO の認証を取得し、近代的な装置によって品質を管理しており、再製塩メーカーは業務用塩に IT を利用した 2 次元コードによるトレサビリティ（生産履歴の追跡確認）システムを導入して、工程管理と製造者責任の徹底を図っている。中小のメーカーもそれぞれの手法によって製品の品質を管理していると思われる。食用塩には国際規格があり海外の数か国は品質規格を定めているが、わが国の場合では食用塩は JAS の対象外で、専売制度下の品質規格が残されており、2003 年には日本塩工業会は諸外国に比べて厳しい内容をもつ、品質の安全衛生ガイドラインを制定し実施している。

4 家庭用塩の価格

内外の約 300 種の家庭用塩の価格を製法別に整理して図 4 に示す。この図は包装や内容量に差がある商品をすべて 1kg 当たりの価格に換算して価格の範囲と平均値 (○) を示している。図で分かるように塩事業センターが扱う「生活用塩」の並塩、食塩、精製塩は他の塩に比較して極めて安価である。平均値で比較すると天日塩原料の混和再製塩は約 6 倍、各種海水濃縮塩は 20～35 倍で平均して 25 倍である。輸入塩は国内塩の装置、方法、規模によって価格に差が出ることは当然であるが、価格差が非常に大きい。海水濃縮塩と同等か半額程度である。また、添加物入りの塩は「生活用塩」に比べて国内塩で 9 倍、輸入塩は 25 倍程度である。価格差は別にして用途に応じた適正な品質と価格の塩を選択されることが望まれる。

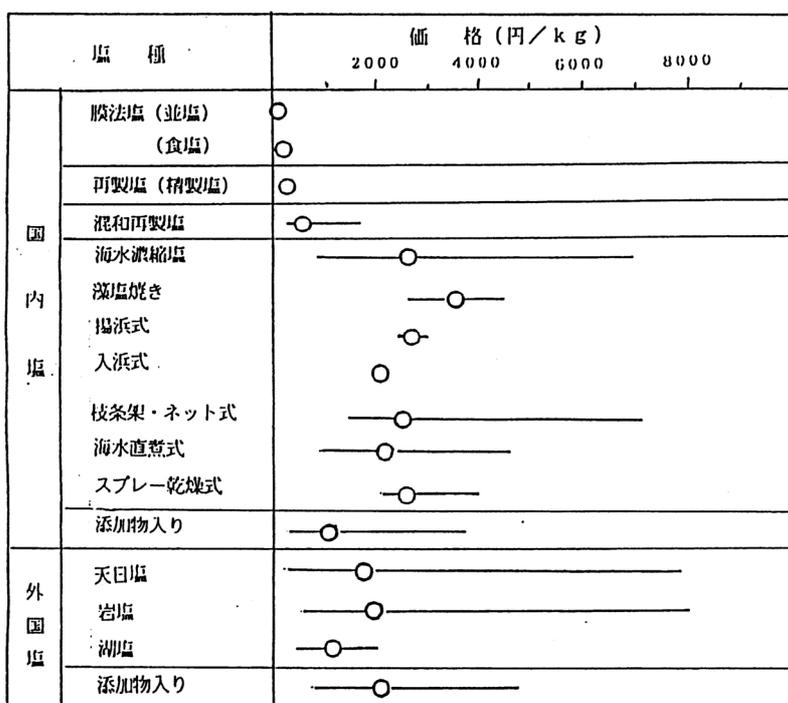


図 4 家庭用塩の価格

参考図書

- 1 日本たばこ産業（株）塩専売事業本部編：「塩あれこれ」（1994）
- 2 尾方 昇 監修：「製塩の工学」、日本塩工業会（1997）
- 3 東京都消費生活センター編：『いろいろな「塩」』（1998）
- 4 塩事業センター編：「市販食用塩データブック」（2004）
- 5 杉田静雄：「塩の科学－塩づくり・塩と人間とのかかわり－」、海游舎（2001）
- 6 玉井 恵：「日本の塩 100 選」、旭屋出版（2002）
- 7 橋本壽夫、村上正祥：「塩の科学」、朝倉書店（2003）

講演者略歴

1929 年 山梨県に生まれる

1950 年 山梨工業専門学校(現山梨大学工学部)卒業

同年日本専売公社(現日本たばこ産業(株))入社、塩・海水などの研究に従事

1976 年 東京大学より工学博士号を取得

日本塩学会技術賞、日本海水学会学術賞、日本海水学会出版記念賞ほか受賞

1983 年～1993 年 九州大学非常勤講師

1987 年 日本たばこ産業(株)退職

1988 年～1999 年 山梨大学非常勤講師

1992 年 (有)サンエス研究所設立

現在 日本海水学会参与、日本イオン交換学会参与、山梨科学アカデミー会員