

市販食塩の品質 (II)

Quality of Common Salt (part II)

新野 靖* 西村ひとみ* 古賀明洋* 中山由佳* 芳賀麻衣子*
 (Yasushi Niino) (Hitomi Nishimura) (Akihiro Koga) (Yuka Nakayama) (Maiko Haga)

The major components, trace elements, ferrocyanide, and viable cell number in common brands of salt were measured. Many types of domestic salt had a significant content of bitter, a lower purity of sodium chloride and less insoluble matter than the imported types. Some imported solar salts contained significant insoluble matter which resulted in contamination by heavy metals. Three of the analyzed samples included 0.5 mg/kg of arsenic (the maximum limit according to the Codex Standard for Food Grade Salt) or more, and two samples contained lead or cadmium. Samples with high concentrations of copper, chromium, nickel, and zinc were also found. None of the measured samples had detectable viable cells, and the ferrocyanide ion was contained in four of the imported samples.

キーワード：塩 Salt；主成分 Major components；微量成分 Trace elements；一般生菌 Raw bacillus；フェロシアン化物 Ferrocyanide

1. まえがき

前回、塩専売制度廃止直後の平成9～10年に市販食用塩の品質調査を実施した。その結果、輸入された製品の一部に有害元素の含有や土砂混入などが認められ、食品としての安全性が疑問視される塩製品が販売されている現状が明らかとなった¹⁾。その後も、市場で販売される製品数の増加は著しく、塩製品の多種多様化が急速に進んでいる。

そこで、新たに市販食用塩を収集して分析を行い、主成分の塩種別特徴、微量成分の含有レベルとその起因、および品質上の問題点などについて検討した。

2. 調査方法

調査対象は前回調査¹⁾と同じく内容量1kg以下の製品(今回は、添加物表示がない製品に限定)とし、店頭またはインターネット上での販売品を購入して試料とした。調査試料をTable 1およびTable 2に示す。

* 財団法人塩事業センター海水総合研究所
 (Sea Water Science Research Laboratory, The Salt Industry Center of Japan, Odawara 256-0816)

調査した輸入製品は中国、フランスおよびイタリアを中心とした54点であった。国産製品は81点で、いずれも前回調査点数(輸入製品13点、国産製品39点)を上回った。

分析項目は、主成分(加熱減量、不溶解分、塩化物イオン、カルシウム、マグネシウム、硫酸イオン、カリウム)、微量成分(臭化物イオン、リン酸イオン、ホウ素、水銀、ヒ素、鉛、カドミウム、銅、クロム、リチウム、鉄、亜鉛、ストロンチウム、マンガンおよびアルミニウム)、pHおよび添加物(フェロシアン化物塩)とし、その他、一般生菌数と大腸菌群の検査を行った。化学分析は「塩試験方法」²⁾に準じ、生菌検査は食品衛生検査指針³⁾に準じ、以下の方法で行った。なお、以降の成分記載は、元素記号として簡略化して示す。

1) 主成分

水分は600°C加熱法(加熱減量)、不溶解分はガラス繊維ろ紙法、Clは硝酸銀滴定法、CaおよびMgはキレート滴定法またはICP発光分光分析法(ICP-AES法)、SO₄はイオンクロマトグラフ法、Kはフレイム光度法により定量し、Naは結合計算法により求めた。

Table 1. 調査試料 (国産製品)

試料 No.	塩種	試料名	試料 No.	塩種	試料名
1	イオン交換膜かん水せんこう	特選 鳴門のうず塩	41	海水蒸発かん水濃縮	雪塩
2		鮮度塩	42		ルミル
3		磯の華	43		室戸海洋深層水 深海の華
4		瀬戸のましお	44		島の塩
5		五島灘の塩	45		完全天日塩 はやさき
6		瀬戸のほんじお	46		小さな海 天草の塩
7		ふんわりいそしお	47		沖縄糸満海水塩
8		赤穂 あら塩	48		天海の塩
9		赤穂あらなみ塩	49	輸入天日塩加工	長者のうまい塩
10		いそしお	50		伯方の塩
11		しっとり塩	51		ヨネマース
12		昔塩	52		沖縄の塩(シママース)
13		赤穂の塩 浪園 やき塩	53		とみしろ塩
14		食塩	54		おふくろの塩
15		新家庭塩	55		塩(沖縄の真塩)
16	海水蒸発かん水濃縮	鎌倉山のシェフの塩	56		あらしお
17		沖縄の海水塩	57		赤穂あらなみの天日塩
18		命の塩 ぬちマース	58		古式海塩
19		深層海塩 ハマネ	59		瀬戸の昔塩
20		龍宮のしほ	60		日精の天日塩
21		粟國の塩(釜炊き)	61		生塩
22		粟國の塩(天日干し)	62	調理の塩 塩舞	
23		自然海塩海水100%(最進の塩)	63	調理の塩	
24		奥能登 天然塩	64	フルール・ド・セル 塩の花	
25		オホーツクの自然塩(焼塩)	65	泡瀬の塩	
26		自然海塩 海の精	66	天然の塩	
27		ひんぎゃの塩	67	長者の塩 特選	
28		石垣の塩	68	琉球の塩	
29		伊達の旨塩	69	はごろもの塩(「ムーまあす」)	
30		小笠原自然海塩 (PURE BONIN SALT)	70	華風(「ムーまあす」)	
31		天日古代塩	71	なると浜の塩	
32		海の深層水 天海の塩	72	鳴門のあらしお	
33		小笠原の塩	73	瀬戸内のしお	
34		海人の藻塩	74	海からの塩	
35		海の力	75	昔あら塩	
36		宗谷の塩	76	天塩 やきしお	
37		アダンの夢 黒潮海塩	77	赤穂の天塩(粗塩)	
38		しほ 海の馨	78	沖縄の塩	
39		珠洲の海	79	ムーまあす 天然の塩	
40		龍馬塩	80	大粒 天日の塩	
			81	コーシャス塩	

太字数字：生菌検査実施試料

2) 微量成分

Br は、イオンクロマトグラフ法、 PO_4 はモリブデンブルー吸光光度法により測定した。その他の元素は硝酸(0.7M)溶液中で煮沸溶解した検液について、ICP-AES法により定量した。なお、As, Hg および Pb の分析では、水素化物法を併用した。

3) pH

ガラス電極法(試料 20g+ 水 60ml)により測定した。

4) フェロシアン化物塩(ヘキサシアノ鉄(II)酸塩)

輸入製品について、プルシアンブルー吸光光度法により測定した。1mg/kg 以下で検出された試料は、分

市販食塩の品質 (II)

Table 2. 調査試料 (輸入製品)

試料 No	塩 種	原産国	試 料 名
82	岩 塩	イタリア	イタリアの自然塩 (岩塩)
83		イタリア	天然岩塩 (微粒)
84		イタリア	岩塩 (ミル付)
85		チリ	岩塩 (チリ産)
86		ドイツ	岩塩 (ドイツ)
87		ドイツ	Crystal Salt (ドイツ岩塩)
88		ボリビア	アンデスの夕焼け塩
89		中国	天外天岩塩 (内モンゴル自治区)
90		岩塩かん水	中国
91	せんごう	中国	中国・四川省産岩塩
92	岩塩かん水	中国	チベット高原の塩
93	天日	ペルー	インカ天日塩
94	天日塩	イタリア	SALE di ROCCIA
95		イタリア	MOTHIA (シチリア天然海塩 細粒 仕上げ, 調理用)
96		イタリア	MOTHIA (シチリア天然海塩 粗粒 パスタゆで用, 調理用)
97		イタリア	シチリア天然海塩 (粗粒, パスタゆで用, 調理用)
98		イタリア	シチリア天然海塩 (細粒, 仕上げ用)
99		イタリア	アドリア海の自然塩
100		イタリア	マリーノ (海塩)
101		フランス	セルマリン Fin (細粒, 仕上げ用)
102		フランス	ウーヴィル・セル
103		フランス	フルール ダクアセル
104		フランス	ラ・バレンヌ シーソルト
105		フランス	セル マラン ド ブルターニュ (ゲランドの塩顆粒)
106		フランス	セル マラン ド ブルターニュ (ゲランドの塩あら塩)
107		フランス	ゲランドの塩 (粗粒)
108		フランス	ゲランドの塩 (顆粒)-食卓用
109		フランス	ゲランド産の塩 (赤ラベル)
110		フランス	ゲランド産の塩 (華)
111		フランス	フリユード メール ド ゲランド
112		フランス	バレンヌの塩 (顆粒)
113		フランス	グロ セル マラン オ ザルク
114		中国	古代の塩
115		中国	WHITE MINERAL
116		中国	めいらく 天然の塩 鳳凰
117		中国	浜菱
118		中国	皇家塩
119	中国	皇帝塩	
120	USA	セルリアン・シーソルト (粗塩)	
121	インドネシア	南十字星の塩	
122	キリバス	クリスマス島の海の塩	
123	スペイン	ARWEN	
124	ベトナム	天然天日塩	
125	ポルトガル	ヴァージン・ソルト	
126	天日かん水 せんごう	中国	浜菱焼塩
127		中国	ディナーエン (低納塩)
128		中国	低納塩
129		中国	食塩 (中国青島産)
130		中国	千年万年 天然塩
131	湖 塩	イスラエル	イスラエル・死海産湖塩
132		ボリビア	ウユニ塩湖の天然塩
133		ボリビア	アンデスの岩塩
134		中国	天外天 月光塩
135	湖塩かん水 せんごう	中国	天外天塩

太字数字：生菌検査実施試料

No. 133：包装表示の記述および分析結果から湖塩に分類

離濃縮法を併用した⁴⁾。

5) 生菌数検査

一般生菌数は標準寒天培地法(フィルター法)、大腸菌群は最確数(MPN)法で行った。測定試料は各塩種の代表的な試料35点(Table 1, 2)とした。

試料は、Table 3に示すように、製品の表示文、成分組成、成分比および結晶形から原料・製法別に分類した。前回の分類方法とは異なるが、今回の収集試料には、乾燥の有無の判断が難しい製品もあり、特に、一般的な乾燥塩の性状をもたない乾燥塩(噴霧乾燥品など)もあるため、原料・製法別の分類とした。

3. 結 果

3.1 主成分

入手した試料の主成分分析結果、結合計算結果および結晶形をTable 4およびTable 5に示し、その成分含有量の単純平均値をFig.1に示し、NaCl純度の幅を数値で付記した。国産製品の特徴として、輸入製品に比較して水分とMgが多く、NaCl純度が低い製品が多い。特に、海水蒸発かん水濃縮の製品で純度が低

いものが多く、なかには70%台の製品がある(No. 18, 21, 35, 36, 41)。これらは、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製品(以下特殊乾燥製品と記す)(Photo 1, 2)である。NaCl純度は、海水の水分を除いた時のNaCl純度とほぼ同じであり(Table 6)、その他の成分も海水乾固時の含有量に近い値を示している。その他の国産製品のNaCl純度は、イオン交換膜かん水せんごうの製品では、乾燥塩である「食塩」(No. 14)が99.6%と最も高く、その他はにがり分(水分, Mgなど)を加えた95%前後の製品が多い。天日塩加工品も95%前後の製品が多く、99.5%以上の製品は4点(No. 68, 69, 70, 78)あり、これらはいずれも乾燥製品である。

輸入製品の天日塩には純度が低い製品が多いが、なかには洗浄乾燥され、純度が99.87%と高い製品(No. 94)もある。その他については水分が少なく純度が高いものも多く、岩塩で99.92%の高純度製品(No. 84)がある。Fig.1には示していないが、多カリウム塩(No. 127, 128)の純度は70%以下と低い。

以下に各成分の特徴を示す。

Table 3. 試料の分類

	原料	分類	製造方法
輸入製品	岩 塩	岩塩	岩塩を粉碎したもの
		岩塩かん水せんごう	岩塩を溶解したかん水を結晶缶によりせんごうしたもの
		岩塩かん水天日	岩塩を溶解したかん水を天日濃縮して結晶化させたもの
	海 水	天日塩	海水を天日濃縮して結晶化させたもの
		天日かん水せんごう	天日塩を溶解したかん水または海水濃縮かん水を結晶缶でせんごうしたもの
	湖 塩	湖塩	湖塩を粉碎したもの
湖塩かん水せんごう		湖塩を溶かしたかん水を結晶缶でせんごうしたもの	
国産製品	海 水	イオン交換膜かん水せんごう	海水をイオン交換膜電気透析法で濃縮したかん水をせんごうして製造した塩、または、その塩を原料としたもの
		海水蒸発かん水濃縮*	海水を天日で濃縮したかん水から作られ、そのまま天日濃縮して結晶化させたもの(天日塩)、または濃縮かん水を平釜などで加熱して結晶化させたものなど
	天日塩	輸入天日塩加工	輸入したオーストラリアまたはメキシコ産の天日塩を原料としたもので、溶解したかん水を加熱して結晶化させたもの、または、天日塩を粉碎したものなど

* 海水直接噴霧乾燥品、逆浸透濃縮かん水使用も含む。

市販食塩の品質 (II)

Table 4-1. 国産製品の主成分分析結果 (No. 1~No. 48)

試料 No.	塩種	測定結果 (%)							結合計算結果 (%)							pH	結晶 形	
		加熱 減量	不溶 解分	Cl	Ca	Mg	SO ₄	K	Na	NaCl	CaSO ₄	CaCl ₂	MgCl ₂	MgSO ₄	KCl			Na ₂ SO ₄
1	イオン交換膜かん水せんじょう	4.38	0.00	57.44	0.057	0.64	0.79	0.61	36.00	91.51	0.19	—	1.85	0.82	1.15	—	8.8	①
2		1.29	0.00	59.87	0.049	0.066	0.018	0.16	38.55	98.00	0.03	0.11	0.26	—	0.31	—	5.8	①
3		3.86	0.00	58.26	0.10	0.16	0.008	0.23	37.24	94.65	0.01	0.27	0.63	—	0.43	—	8.8	④
4		5.17	0.00	57.47	0.039	0.060	0.004	0.041	37.09	94.27	0.01	0.10	0.24	—	0.08	—	8.2	②
5		4.07	0.01	58.29	0.10	0.35	0.024	0.13	36.95	93.93	0.03	0.25	1.39	—	0.26	—	8.4	①
6		7.01	0.00	55.65	0.20	0.35	0.024	2.80	33.58	85.37	0.03	0.52	1.35	—	5.34	—	8.6	①
7		2.41	0.00	59.22	0.089	0.14	0.025	0.050	38.02	96.64	0.04	0.22	0.56	—	0.10	—	7.2	②
8		3.53	0.00	58.54	0.076	0.28	0.034	0.12	37.29	94.78	0.05	0.17	1.10	—	0.23	—	8.5	①
9		3.69	0.00	58.51	0.068	0.29	0.020	0.13	37.25	94.68	0.03	0.17	1.14	—	0.25	—	8.5	①
10		4.15	0.00	58.21	0.11	0.37	0.023	0.18	36.83	93.61	0.03	0.27	1.44	—	0.34	—	7.9	①
11		3.75	0.00	57.44	0.056	0.62	0.79	1.78	35.35	89.85	0.19	—	1.79	0.82	3.40	—	8.6	①
12		3.40	0.00	58.67	0.16	0.21	0.018	0.16	37.38	95.01	0.03	0.41	0.82	—	0.31	—	8.2	①
13		0.51	0.02	60.25	0.046	0.054	0.014	0.12	38.85	98.76	0.02	0.11	0.21	—	0.22	—	9.8	①
14		0.19	0.00	60.42	0.022	0.015	0.026	0.088	39.18	99.60	0.04	0.03	0.06	—	0.17	—	8.2	①
15		4.83	0.00	57.68	0.13	0.14	0.080	0.25	36.88	93.75	0.11	0.27	0.55	—	0.48	—	8.3	①
16	海水蒸発かん水濃縮	1.05	0.03	59.38	0.16	0.22	0.79	0.075	38.24	97.21	0.54	—	0.44	0.51	0.14	—	9.6	③, ④
17		5.35	0.00	56.43	0.28	0.18	1.16	0.067	36.45	92.65	0.95	—	0.22	0.62	0.13	—	8.5	④
18		5.84	0.68	51.49	0.53	3.63	6.93	1.27	28.50	72.44	1.79	—	8.59	7.10	2.41	—	8.8	⑥
19		8.35	0.00	53.80	0.39	0.52	2.27	0.17	34.45	87.57	1.34	—	0.74	1.66	0.33	—	8.9	④
20		5.04	0.00	56.92	0.22	0.33	0.94	0.11	36.42	92.59	0.75	—	0.87	0.51	0.20	—	8.7	④
21		17.85	0.12	47.06	0.50	1.63	3.78	0.54	28.36	72.08	1.71	—	3.82	3.23	1.03	—	9.2	④
22		7.52	0.03	53.99	0.46	0.67	2.52	0.33	34.23	87.02	1.55	—	1.21	1.79	0.64	—	9.4	⑦, ④
23		8.75	0.10	51.97	1.15	0.63	4.12	0.20	33.05	84.02	3.92	—	1.12	1.70	0.38	—	9.6	④
24		10.94	0.03	53.13	0.30	0.35	1.17	0.14	33.95	86.30	1.01	—	0.90	0.58	0.26	—	8.4	⑦, ④
25		3.04	0.02	57.61	0.18	0.83	1.72	0.27	36.25	92.15	0.63	—	1.98	1.61	0.51	—	9.2	④
26		10.15	0.01	52.83	0.28	0.81	2.31	0.24	33.37	84.82	0.96	—	1.56	2.04	0.46	—	9.4	④
27		6.36	0.04	52.93	1.08	0.84	4.75	0.53	33.46	85.06	3.68	—	1.17	2.70	1.01	—	9.3	⑤
28		5.12	0.04	54.70	0.94	0.43	3.32	0.16	35.08	89.18	3.19	—	0.62	1.34	0.31	—	9.5	①
29		9.01	0.00	53.80	0.40	0.35	1.59	0.12	34.46	87.60	1.34	—	0.72	0.80	0.23	—	8.6	④
30		10.11	0.06	52.19	0.53	0.87	2.94	0.27	32.84	83.48	1.79	—	1.76	2.10	0.51	—	9.4	②
31		8.31	0.07	52.31	1.11	0.68	4.04	0.23	33.18	84.34	3.75	—	1.30	1.74	0.44	—	9.5	③
32		10.64	0.01	53.13	0.12	0.90	1.59	0.31	33.20	84.38	0.40	—	2.25	1.64	0.59	—	9.0	④, ③
33		9.39	0.03	53.03	0.57	0.62	2.30	0.21	33.55	85.27	1.95	—	1.52	1.15	0.39	—	9.1	②
34		3.09	0.01	57.28	0.32	0.55	1.96	0.25	36.53	92.86	1.10	—	0.99	1.49	0.48	—	9.5	④
35		12.56	0.14	50.70	0.25	2.85	3.82	0.93	28.50	72.44	0.83	—	7.95	4.06	1.77	—	9.1	⑥
36		9.61	0.13	50.45	0.56	3.19	5.93	1.00	28.30	71.94	1.90	—	7.93	5.75	1.90	—	9.1	⑥
37		2.79	0.03	57.51	0.39	0.12	1.69	0.050	37.40	94.73	1.31	—	—	0.61	0.10	0.40	8.4	④
38		7.27	0.01	54.74	0.28	0.42	1.91	0.13	35.23	89.54	0.95	—	0.41	1.55	0.24	—	9.5	④, ②
39		11.32	0.02	51.05	0.21	1.34	3.74	0.27	31.96	81.25	0.71	—	2.03	4.06	0.51	—	9.3	③, ④
40		10.82	0.05	51.34	0.92	0.54	3.37	0.18	32.73	83.19	3.14	—	0.97	1.44	0.34	—	9.6	②
41		8.07	0.18	52.04	0.41	3.17	4.77	1.00	29.00	73.72	1.38	—	8.64	4.75	1.90	—	9.2	⑥
42		8.75	0.00	54.91	0.074	0.19	0.47	0.066	35.35	89.86	0.25	—	0.44	0.36	0.13	—	8.5	④, ③
43		7.24	0.03	54.65	0.22	0.71	2.05	0.19	34.72	88.25	0.73	—	1.24	1.93	0.35	—	9.4	③, ④
44		7.73	0.01	54.91	0.21	0.60	1.46	0.19	34.82	88.52	0.71	—	1.40	1.20	0.36	—	8.8	③, ④
45		3.76	0.01	57.34	0.40	0.27	1.32	0.11	36.79	93.52	1.35	—	0.68	0.47	0.20	—	9.2	⑦, ③
46		7.47	0.03	55.19	0.14	0.54	1.24	0.16	35.11	89.25	0.49	—	1.23	1.12	0.30	—	9.6	④, ③
47		5.27	0.00	56.29	0.31	0.28	1.34	0.10	36.20	92.02	1.05	—	0.50	0.75	0.20	—	9.4	④, ③
48		6.37	0.00	56.35	0.030	0.52	0.62	0.20	35.70	90.76	0.10	—	1.51	0.69	0.39	—	8.7	①

結晶形
(確認された主な結晶形)

①立方体結晶 ⑤粉碎塩
②フレーク塩 ⑥微粒凝集 (噴霧乾燥結晶)
③トレミー結晶 ⑦大粒結晶 (天日結晶)
④凝集晶

Table 4-2. 国産製品の主成分分析結果 (No. 49~81)

試料 No.	塩種	測定結果 (%)							結合計算結果 (%)							pH	結晶 形	
		加熱 減量	不溶 解分	Cl	Ca	Mg	SO ₄	K	Na	NaCl	CaSO ₄	CaCl ₂	MgCl ₂	MgSO ₄	KCl			Na ₂ SO ₄
49		1.62	0.00	58.98	0.023	0.27	0.96	0.022	38.16	97.01	0.08	—	0.17	1.14	0.04	—	8.9	⑤
50		2.85	0.00	58.63	0.072	0.068	0.34	0.026	37.96	96.48	0.24	—	0.11	0.20	0.05	—	8.4	④
51		3.80	0.01	58.23	0.036	0.030	0.070	0.046	37.66	95.74	0.10	0.02	0.12	—	0.09	—	8.5	④
52		5.43	0.00	56.97	0.11	0.080	0.39	0.029	36.84	93.64	0.37	—	0.18	0.17	0.06	—	7.9	④
53		4.69	0.01	57.78	0.005	0.002	0.012	0.002	37.48	95.25	0.02	—	0.01	0.00	0.00	—	8.2	④
54		7.79	0.01	55.90	0.040	0.24	0.12	0.014	35.81	91.02	0.14	—	0.93	0.03	0.03	—	6.6	④
55		6.66	0.01	56.20	0.13	0.094	0.51	0.032	36.35	92.41	0.45	—	0.17	0.25	0.06	—	8.2	④
56		9.59	0.00	54.73	0.026	0.018	0.076	0.019	35.45	90.10	0.09	—	0.06	0.02	0.04	—	8.5	②, ④
57		3.75	0.00	58.36	0.074	0.26	0.083	0.078	37.27	94.73	0.12	0.11	1.01	—	0.15	—	8.6	⑦
58		7.92	0.00	55.76	0.018	0.018	0.046	0.008	36.12	91.82	0.06	—	0.07	0.00	0.02	—	6.2	④
59		8.96	0.00	55.02	0.050	0.41	0.33	0.063	34.97	88.89	0.17	—	1.39	0.26	0.12	—	8.5	④, ②
60		3.71	0.00	58.51	0.020	0.37	0.050	0.033	37.23	94.63	0.07	—	1.44	0.00	0.06	—	8.0	⑤
61	輸	0.14	0.01	60.40	0.049	0.006	0.060	0.014	39.12	99.43	0.09	0.07	0.02	—	0.03	—	9.3	⑤
62	入	5.32	0.00	57.28	0.028	0.20	0.25	0.066	36.81	93.58	0.10	—	0.59	0.23	0.13	—	8.5	③
63	天	7.53	0.01	55.49	0.10	0.39	0.73	0.12	35.41	90.02	0.35	—	1.07	0.60	0.22	—	8.6	④
64	日	0.82	0.00	60.00	0.038	0.024	0.12	0.010	38.88	98.82	0.13	—	0.07	0.03	0.02	—	8.8	③, ④
65	塩	6.22	0.00	56.41	0.12	0.15	0.54	0.045	36.40	92.52	0.39	—	0.33	0.33	0.09	—	8.4	④
66	加	2.45	0.00	59.09	0.014	0.003	0.032	0.010	38.32	97.40	0.05	0.00	0.01	—	0.02	—	6.7	⑤
67	工	5.33	0.00	55.70	0.85	0.22	0.55	0.018	34.98	88.92	0.78	1.71	0.86	—	0.03	—	6.5	⑤
68		0.13	0.00	60.45	0.036	0.004	0.084	0.008	39.19	99.62	0.12	0.00	0.02	—	0.02	—	5.6	④
69		0.20	0.00	60.42	0.049	0.004	0.11	0.007	39.17	99.58	0.16	0.00	0.02	—	0.01	—	5.2	④
70		0.14	0.00	60.46	0.030	0.003	0.074	0.008	39.20	99.65	0.10	—	0.01	0.00	0.02	—	5.2	④
71		3.41	0.00	58.68	0.15	0.21	0.050	0.016	37.49	95.31	0.07	0.35	0.84	—	0.03	—	8.2	⑤
72		6.33	0.00	56.68	0.029	0.046	0.12	0.021	36.68	93.23	0.10	—	0.13	0.07	0.04	—	8.9	④
73		5.55	0.00	57.16	0.036	0.38	0.19	0.10	36.34	92.37	0.12	—	1.38	0.13	0.20	—	9.0	④
74		4.98	0.00	57.67	0.088	0.14	0.012	0.040	37.02	94.09	0.02	0.23	0.56	—	0.08	—	7.6	④
75		4.28	0.00	57.89	0.039	0.17	0.22	0.045	37.25	94.70	0.13	—	0.53	0.16	0.09	—	8.2	④
76		0.94	0.16	59.82	0.001	0.15	0.026	0.024	38.51	97.90	0.00	—	0.58	0.03	0.05	—	9.5	①
77		6.75	0.00	56.72	0.011	0.52	0.093	0.029	35.82	91.04	0.04	—	1.97	0.08	0.06	—	8.1	⑤
78		0.16	0.00	60.42	0.028	0.006	0.074	0.012	39.16	99.54	0.10	—	0.02	0.01	0.02	—	8.4	⑤
79		2.95	0.00	58.76	0.046	0.002	0.11	0.007	38.10	96.84	0.16	—	0.10	0.00	0.01	—	7.4	⑤
80		0.67	0.00	60.14	0.025	0.012	0.070	0.011	38.99	99.11	0.08	—	0.04	0.01	0.02	—	8.1	⑦
81		1.06	0.00	60.01	0.024	0.050	0.10	0.036	38.82	98.67	0.08	—	0.15	0.05	0.07	—	8.7	⑦

結晶形
(確認された主な結晶形)

①立方体結晶 ⑤粉碎塩
②フレーク塩 ⑥微粒凝集 (噴霧乾燥結晶)
③トレミー結晶 ⑦大粒結晶 (天日結晶)
④凝集晶

1) マグネシウム (Mg)

Mg は、にがり分が多い国産製品に多い傾向があり、特に海水蒸発かん水の特殊乾燥製品には、3%以上の製品がある。また、天日塩加工品は、原料である輸入天日塩中のMgが少ない(0.01~0.02%)ため、Mgの少ない製品が多い。輸入製品では、天日塩と天日かん水せんごう塩の一部(No. 127, 128:多カリウム塩)に多く、その他は少ない。特に、岩塩ではmg/kg オーダー(No. 82, 83)のものがある。

2) カリウム (K)

K は、国産製品の天日塩加工品には少ないが、海水蒸発かん水の特殊乾燥製品(No. 18, 36, 41)とイオン交換膜かん水せんごう塩の一部の製品(No. 6, 11)には、1%以上含むものもある。輸入製品は、多カリウム塩を除き、含有量は全て0.2%以下と少ない。

3) 硫酸イオン (SO₄) およびカルシウム (Ca)

SO₄ は、国産の海水蒸発かん水の製品に多く含まれており(平均2.54%)、イオン交換膜かん水せんごう塩

市販食塩の品質 (II)

Table 5. 輸入製品の主成分分析結果 (No. 82~No. 135)

試料 No.	塩種	原産国	測定結果 (%)								結合計算結果 (%)						pH	結晶 形	
			加熱 減量	不溶 解分	Cl	Ca	Mg	SO ₄	K	Na	NaCl	CaSO ₄	CaCl ₂	MgCl ₂	MgSO ₄	KCl			Na ₂ SO ₄
82	岩塩	イタリア	0.05	0.01	60.47	0.031	0.000	0.075	0.002	39.22	99.68	0.11	—	—	—	0.00	0.00	5.2	⑦
83			0.02	0.01	60.54	0.043	0.000	0.10	0.003	39.26	99.80	0.14	0.00	—	—	0.01	—	5.1	⑤
84			0.02	0.00	60.61	0.000	0.004	0.015	0.004	39.32	99.92	0.00	—	0.00	0.02	0.01	—	5.5	⑦
85		チリ	0.12	0.01	60.15	0.066	0.010	0.48	0.036	39.12	99.10	0.22	—	—	0.05	0.07	0.42	7.2	⑤
86		ドイツ	0.14	0.03	59.88	0.22	0.033	0.75	0.095	38.82	98.56	0.76	—	—	0.16	0.18	0.13	4.9	⑦
87			0.07	0.02	60.09	0.21	0.016	0.60	0.046	38.94	98.97	0.72	—	—	0.08	0.09	0.05	5.2	⑦
88		ボリビア	0.22	0.16	59.92	0.20	0.015	0.58	0.042	38.85	98.72	0.67	—	—	0.07	0.08	0.06	7.5	⑤
89	中国	0.84	0.06	58.58	0.76	0.006	1.82	0.002	37.97	96.52	2.58	0.00	0.02	—	0.00	—	8.0	⑦	
90	岩塩かん水せんごう	中国	0.14	0.00	59.38	0.038	0.001	1.27	0.001	39.07	97.89	0.13	—	—	0.00	0.00	1.73	7.4	①
91			0.15	0.00	60.04	0.023	0.002	0.50	0.001	39.16	98.98	0.08	—	—	0.01	0.00	0.65	6.9	①
92	岩塩かん水天日	中国	1.32	0.04	59.90	0.064	0.080	0.040	0.007	38.64	98.22	0.06	0.13	0.31	—	0.01	—	8.2	⑤
93		ペルー	2.03	0.24	58.49	0.38	0.014	0.87	0.003	37.89	96.32	1.24	0.05	0.05	—	0.01	—	8.8	⑤
94	天日塩	イタリア	0.03	0.00	60.58	0.022	0.001	0.054	0.004	39.29	99.87	0.07	—	0.00	0.00	0.01	—	4.8	⑥
95			1.42	0.02	59.33	0.11	0.18	0.48	0.062	38.21	97.12	0.36	—	0.48	0.28	0.12	—	9.1	⑤
96			4.93	0.08	56.89	0.31	0.19	0.99	0.070	36.61	93.07	1.05	—	0.49	0.31	0.13	—	8.3	⑥
97			0.57	0.00	60.11	0.074	0.064	0.27	0.028	38.90	98.89	0.25	—	0.16	0.12	0.05	—	8.9	⑥
98			0.50	0.15	59.80	0.19	0.051	0.52	0.022	38.71	98.39	0.66	—	0.14	0.07	0.04	—	9.5	⑤
99			1.79	0.24	58.33	0.37	0.24	1.34	0.15	37.51	95.35	1.25	—	0.47	0.58	0.28	—	9.1	⑤
100			0.28	0.02	60.06	0.16	0.016	0.40	0.014	38.91	98.91	0.55	—	0.05	0.01	0.03	—	8.7	⑥
101			2.90	0.31	57.93	0.18	0.45	1.18	0.11	37.01	94.08	0.61	—	1.02	0.94	0.21	—	9.1	⑥
102			4.85	0.24	56.36	0.098	0.48	1.64	0.072	36.27	92.20	0.33	—	0.48	1.76	0.14	—	8.1	⑥
103			12.97	0.02	52.04	0.14	0.40	0.94	0.11	33.21	84.43	0.49	—	0.97	0.74	0.20	—	8.3	③,⑥
104		0.14	0.13	60.43	0.023	0.048	0.063	0.013	39.09	99.37	0.08	—	0.18	0.01	0.02	—	10.0	⑤	
105		2.70	0.68	57.62	0.29	0.45	1.52	0.11	36.85	93.66	0.97	—	0.92	1.05	0.21	—	9.5	⑥	
106		11.43	0.60	52.44	0.28	0.44	1.38	0.11	33.45	85.03	0.94	—	1.03	0.90	0.20	—	7.9	⑥	
107		5.68	0.34	56.24	0.15	0.51	1.17	0.12	35.83	91.07	0.50	—	1.18	1.03	0.23	—	8.2	⑥	
108		3.88	0.33	57.23	0.15	0.57	1.26	0.13	36.39	92.51	0.52	—	1.33	1.12	0.24	—	9.0	⑥	
109		4.02	0.36	57.20	0.15	0.55	1.23	0.13	36.41	92.55	0.49	—	1.30	1.11	0.25	—	8.8	⑥	
110		4.46	0.07	57.16	0.14	0.54	1.17	0.15	36.36	92.42	0.48	—	1.28	1.04	0.28	—	8.5	③,⑥	
111		7.75	0.07	55.03	0.12	0.68	1.33	0.17	34.80	88.46	0.40	—	1.62	1.31	0.33	—	8.6	⑥	
112		0.33	0.80	59.97	0.025	0.069	0.056	0.012	38.76	98.53	0.08	0.00	0.27	—	0.02	—	10.1	⑤	
113		0.21	0.25	60.22	0.040	0.018	0.098	0.039	38.99	99.12	0.14	—	0.07	0.00	0.07	—	4.8	⑤	
114		4.90	0.02	57.16	0.13	0.31	0.74	0.11	36.62	93.09	0.43	—	0.79	0.54	0.20	—	8.4	④	
115		4.47	0.02	57.31	0.17	0.22	0.72	0.086	36.85	93.66	0.56	—	0.53	0.41	0.16	—	8.5	④	
116		3.53	0.07	57.98	0.13	0.22	0.60	0.085	37.27	94.75	0.43	—	0.58	0.37	0.16	—	8.5	⑥	
117		3.91	0.01	58.11	0.046	0.064	0.20	0.021	37.60	95.57	0.16	—	0.16	0.11	0.04	—	8.0	⑥	
118		4.44	0.03	57.40	0.13	0.31	0.77	0.11	36.79	93.53	0.45	—	0.76	0.57	0.21	—	8.5	⑥	
119	4.21	0.02	57.48	0.19	0.26	0.82	0.090	36.90	93.81	0.63	—	0.65	0.47	0.17	—	8.4	④		
120	U S A	0.10	0.00	60.49	0.037	0.008	0.094	0.011	39.20	99.64	0.13	—	0.03	0.01	0.02	—	8.4	⑤	
121	インドネシア	7.43	0.03	55.52	0.011	0.68	0.99	0.17	35.08	89.18	0.04	—	1.71	1.21	0.32	—	8.4	④	
122	キリバス	0.35	0.00	60.02	0.15	0.020	0.38	0.012	38.89	98.86	0.51	—	0.06	0.02	0.02	—	8.7	⑤	
123	スペイン	1.28	0.04	59.55	0.076	0.10	0.32	0.034	38.47	97.79	0.26	—	0.26	0.18	0.06	—	9.2	⑤	
124	ベトナム	10.33	0.01	53.79	0.18	0.15	0.67	0.050	34.69	88.17	0.61	—	0.36	0.30	0.10	—	7.8	④,②	
125	ポルトガル	0.16	0.02	60.40	0.032	0.007	0.081	0.015	39.14	99.50	0.11	—	0.02	0.01	0.03	—	8.7	⑤	
126	天日かん水せんごう	中国	0.60	0.02	59.95	0.13	0.071	0.43	0.024	38.80	98.64	0.42	—	0.15	0.17	0.05	—	9.3	①,④
127			5.33	0.00	51.49	0.031	1.09	3.80	12.00	26.08	66.30	0.11	—	0.56	4.67	22.87	—	8.4	①
128			4.87	0.00	51.96	0.022	1.03	3.61	11.46	26.74	67.97	0.07	—	0.51	4.45	21.86	—	8.4	①
129			0.14	0.00	60.39	0.030	0.005	0.084	0.002	39.17	99.55	0.10	—	0.01	0.02	0.00	—	8.8	①
130	0.19	0.00	60.39	0.055	0.010	0.18	0.004	39.16	99.55	0.19	—	—	0.05	0.01	0.01	—	9.4	①	
131	湖塩	イスラエル	0.25	0.00	60.40	0.000	0.006	0.003	0.032	39.13	99.47	0.00	—	0.02	0.00	0.06	—	8.6	⑤
132		ボリビア	1.02	0.02	59.22	0.36	0.093	0.97	0.099	38.22	97.16	1.22	—	0.26	0.13	0.19	—	9.0	⑤
133		1.02	0.50	58.78	0.29	0.052	1.14	0.057	38.20	96.81	0.99	—	—	0.26	0.11	0.35	8.2	⑤	
134	中国	1.37	0.03	59.75	0.024	0.038	0.10	0.012	38.69	98.35	0.08	—	0.10	0.06	0.02	—	8.6	⑤	
135	湖塩かん水せんごう	中国	0.17	0.00	60.29	0.094	0.013	0.28	0.007	39.10	99.37	0.32	—	—	0.06	0.01	0.00	9.1	①

結晶形
(確認された主な結晶形)

①立方体結晶
②フレーク塩
③トレミー結晶
④凝集晶

⑤粉砕塩 (天日塩または岩塩の)
⑥天日結晶 (大粒, 小粒)
⑦岩塩結晶 (大粒)

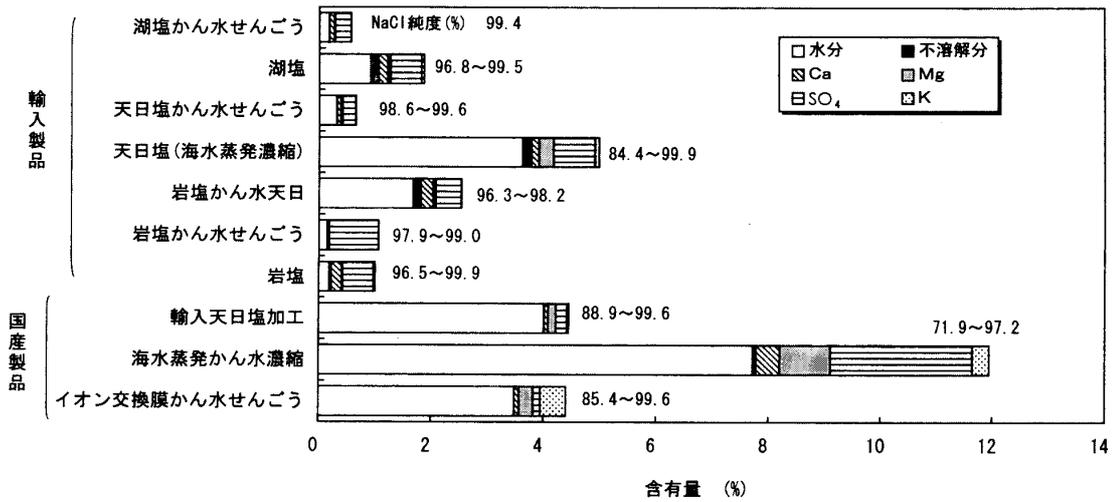


Fig. 1 輸入食用塩と国産食用塩の主成分
各塩種別の主成分の単純平均値を示し、NaCl純度は数値で表示。
但し、多カリウム塩（天日塩かん水せんごう）は除いた。

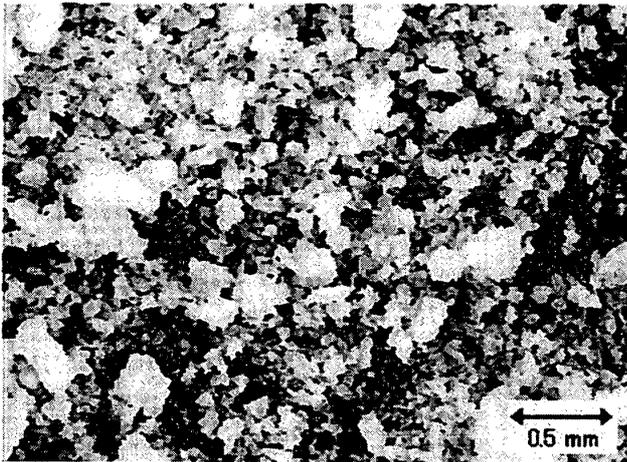


Photo 1. 宗谷の塩 (No. 36)

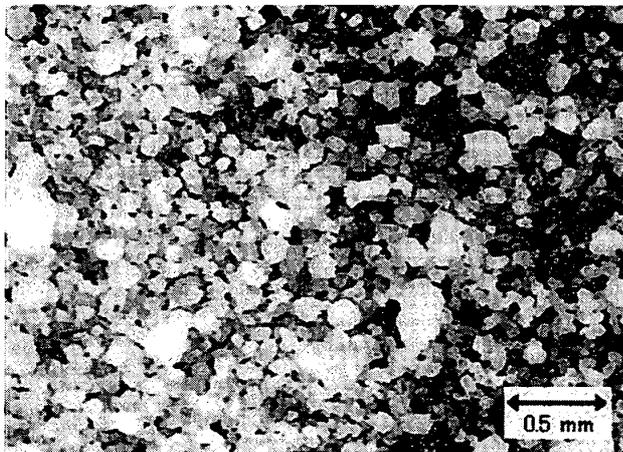


Photo 2. 雪塩 (No. 41)

Table 6. 海水中溶存量と海水乾固時の含有量

元素・成分	海水中濃度 ⁷⁾ (ng/kg)	海水乾固時濃度
Na	10.78×10^9	32.34 (%)
Mg	1.28×10^9	3.84
Cl	19.35×10^9	58.05
K	399×10^6	1.20
Ca	412×10^6	1.24
SO ₄	2.694×10^9	8.08
NaCl	—	81.7
Br	6.7×10^7	2,010 (mg/kg)
Sr	7.8×10^6	234
B	4.5×10^6	135
PO ₄	1.9×10^5	5.7
Li	1.8×10^5	5.4
As	1.2×10^3	0.036
Zn	350	0.0105
Cr	210	0.0063
Cu	150	0.0045
Cd	70	0.0021
Al	30	0.0009
Fe	30	0.0009
Mn	20	0.0006
Pb	2.7	0.000081
Hg	0.14	0.0000042

PO₄: P濃度×PO₄(95)/P(31)

SO₄: S濃度×SO₄(96)/S(32)

NaCl: 計算値

海水乾固時濃度: 海水を蒸発乾固した時の想定濃度=海水中濃度×30

市販食塩の品質 (II)

(平均 0.13%) および天日塩加工品 (平均 0.20%) には少ない。これは、海水濃縮の場合、濃縮時に NaCl より先に析出する CaSO_4 が分離されないで含まれるため、Ca も多く含まれている。イオン交換膜かん水の場合、 SO_4 は膜を通りにくい性質があるので少なく、また、Ca は、Table 4 のように塩類組成が CaCl_2 系となるので、他の製法に比較して SO_4 に対する比率が高い。天日塩加工品は、原料の天日塩中の SO_4 が 0.2% 以下と少ないことから、製品中の SO_4 および Ca は少ない。

輸入製品でも SO_4 は天日塩に多く含まれるが、国産の海水蒸発かん水の製品より少なく、多くても 2% に満たない。岩塩でも中国産岩塩 (No. 89) には 1% 以上含まれ、Ca も多く含まれる。

なお、国産製品のイオン交換膜かん水の製品以外については、 CaSO_4 (難溶性) として多く含まれるため (Table 4 参照)、溶解しにくいものもあった。

4) 不溶解分

不溶解分は、国産製品のイオン交換膜かん水せんごう塩と天日塩加工品にはほとんど含まれていないが、海水蒸発かん水の製品からは検出される場合が多かった。不溶解分として検出されたものは土砂が多く、一部の乾燥塩、焼き塩 (No. 13, 76) からは、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ が検出された。これは、加熱乾燥時に塩に付着している MgCl_2 が熱分解して $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$ となり、その後の吸湿で $\text{Mg}(\text{OH})_2$ となったためと考えられる。フランス産天日塩の乾燥塩 2 点 (No. 104, 112) からも $\text{Mg}(\text{OH})_2$ が検出された。これらの製品は溶解時に白濁し、約 10 という高い pH を示した。

輸入製品の不溶解分については、土砂を含むものが多く、特にフランスのゲランド産製品 (No. 105~108, 113) に多かった。その他イタリア産の製品 (No. 99)、ペルー産の岩塩かん水天日の製品 (No. 93) にも多かった。

中国の塩の品質規格 (GB 5461-85) には、塩の等級別に不溶解分の基準がある。この規格の最低等級基準 (不溶解分 0.50% 以下) を上回る製品 (No. 105, 106) も日本では食用塩として販売されている。

不溶解分量が多いフランス産製品 (No. 106)、ペルー産製品 (No. 93) およびボリビア産製品 (No. 88) の不溶解分をろ過で分離した後、硝酸 (7 M) に溶解して ICP-AES 法で定性分析を行った結果 (Table 7)、フランス製品の不溶解分からは、Pb, Cd および Cu の有害成分のほか、Cr, Co などの重金属が検出され、また、ペルー製品の不溶解分からは Pb が検出された。フランス製品の Cr とペルー製品の Pb については、製品分析でも検出され (Table 9)、不溶解分からの定量値 (Table 7) とほぼ一致しており、土砂・鉱物系の不溶解分の混入が、製品中への重金属の混入原因の一つであると思われる。

ボリビア産製品 (No. 133) に不溶解分が多いが、同定した結果、 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ であった。同じ産地の別の製品 (No. 132) は、不溶解分が少なく、Ca および PO_4 の分析結果 (Table 5, 9) にも大きな差がある。

3.2 微量成分

入手した試料の微量成分分析結果を Table 8 および Table 9 に、各元素の海水中溶存濃度と海水乾固時の推定濃度を Table 6 に示す。また、CODEX STAN-

Table 7. 不溶解分中の微量成分検出結果

	ゲランドの塩 (粗塩) No. 106	インカ天日塩 No. 93	アンデスの夕焼け塩 No. 88
検出元素	Al	Al	Al
	Fe	Fe	Fe
	Mn	Mn	Mn
	Zn	Zn	Zn
	B	B	B
	Sr	Pb (1.4)	Cr (0.08)
	Cr (0.38)	Cr (0.03)	
	Pb (0.35)		
	Co (0.06)		
	Cu (0.09)		
Cd (0.02)			
不溶解分量 (%)	0.60	0.24	0.16

() : 定量値, 塩換算 mg/kg

定性元素 : Table 8 の元素プラス Co (As, Br, PO_4 除く)

Table 8-1. 国産製品の微量成分分析結果 (No.1~No.48)

(mg/kg)

試料 No.	塩種	Br	PO ₄	B	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Cd	Li	Al	Sr	As	Hg	Pb	
1	イオン交換膜かん水せんこう	943	N. D	2.5	N. D	N. D	N. D	0.22	0.10	N. D	0.77	N. D	7.6	N. D	N. D	N. D	
2		643	N. D	0.70	N. D	5.7	N. D	N. D	N. D								
3		447	N. D	3.2	0.16	N. D	0.78	0.27	N. D	N. D	0.97	N. D	15	N. D	N. D	N. D	
4		286	N. D	0.69	N. D	N. D	N. D	0.25	N. D	N. D	N. D	N. D	5.8	N. D	N. D	N. D	
5		696	N. D	1.8	N. D	N. D	7.7	N. D	N. D	N. D	N. D	0.53	N. D	15	N. D	N. D	N. D
6		1,891	N. D	4.9	N. D	1.5	N. D	28	N. D	N. D	N. D						
7		451	N. D	1.6	N. D	0.52	N. D	17	N. D	N. D	N. D						
8		453	N. D	2.6	N. D	0.37	N. D	0.57	N. D	10	N. D	N. D	N. D				
9		573	N. D	2.7	N. D	0.20	N. D	0.66	N. D	9.9	N. D	N. D	N. D				
10		827	N. D	2.2	N. D	N. D	7.0	0.24	0.11	N. D	0.66	N. D	15	N. D	N. D	N. D	
11		1,426	N. D	2.6	N. D	0.03	N. D	N. D	N. D	N. D	0.73	N. D	6.8	N. D	N. D	N. D	
12		1,011	N. D	2.1	N. D	N. D	0.92	N. D	2.5	N. D	0.68	N. D	22	N. D	N. D	N. D	
13		689	N. D	0.60	N. D	N. D	N. D	N. D	0.47	N. D	N. D	N. D	5.6	N. D	N. D	N. D	
14		525	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	2.0	N. D	N. D	N. D	
15		1,257	4.0	3.1	N. D	0.93	N. D	15	N. D	N. D	N. D						
16	海水蒸発かん水濃縮	204	N. D	6.5	N. D	0.14	0.95	N. D	40	N. D	N. D	N. D					
17		194	N. D	5.9	N. D	N. D	N. D	0.54	N. D	N. D	N. D	N. D	39	N. D	N. D	N. D	
18		1,756	N. D	114	N. D	0.17	1.2	N. D	61	N. D	4.8	0.79	145	N. D	N. D	N. D	
19		374	N. D	18	N. D	N. D	0.70	0.35	0.18	N. D	0.71	N. D	30	N. D	N. D	N. D	
20		266	N. D	10	N. D	24	N. D	N. D	N. D								
21		846	2.8	32	N. D	0.10	4.1	N. D	N. D	N. D	1.4	N. D	116	N. D	N. D	N. D	
22		362	3.9	17	0.22	0.10	3.5	N. D	0.15	N. D	0.77	0.58	143	N. D	N. D	N. D	
23		401	5.4	34	0.28	0.34	12	N. D	1.0	N. D	1.5	3.2	199	0.02	N. D	N. D	
24		274	N. D	12	0.62	0.48	15	N. D	0.79	N. D	N. D	1.9	85	N. D	N. D	N. D	
25		518	N. D	26	0.13	N. D	1.4	N. D	0.18	N. D	1.1	N. D	12	N. D	N. D	N. D	
26		473	N. D	27	N. D	1.0	N. D	29	N. D	N. D	N. D						
27		403	N. D	27	0.49	0.08	3.3	N. D	N. D	N. D	1.0	N. D	270	0.04	N. D	N. D	
28		371	N. D	11	0.18	N. D	1.8	N. D	N. D	N. D	0.56	N. D	202	N. D	N. D	N. D	
29		285	N. D	16	N. D	0.09	0.95	N. D	0.13	N. D	0.61	N. D	53	N. D	N. D	N. D	
30		485	N. D	28	N. D	0.10	0.74	N. D	0.18	N. D	1.2	N. D	104	N. D	N. D	N. D	
31		413	N. D	24	0.18	0.06	1.1	0.34	0.65	N. D	1.0	0.61	221	0.20	N. D	N. D	
32		653	N. D	24	N. D	0.06	N. D	N. D	0.23	N. D	1.1	N. D	64	N. D	N. D	N. D	
33		411	N. D	22	N. D	N. D	2.4	N. D	0.19	N. D	0.85	1.3	90	N. D	N. D	N. D	
34		373	63	16	0.40	2.9	2.8	N. D	N. D	N. D	0.78	1.9	179	1.3	N. D	N. D	
35		1,616	4.8	67	4.6	2.0	19	N. D	0.80	N. D	2.1	0.70	47	N. D	N. D	N. D	
36		1,766	N. D	79	3.0	0.57	15	1.7	0.89	N. D	4.0	N. D	119	N. D	N. D	N. D	
37		133	N. D	4.8	N. D	0.69	29	N. D	0.58	0.44	N. D	N. D	51	N. D	N. D	N. D	
38		308	N. D	14	N. D	N. D	N. D	N. D	0.27	N. D	0.63	N. D	21	N. D	N. D	N. D	
39		527	N. D	26	N. D	0.54	0.93	0.23	0.74	N. D	1.1	0.54	43	N. D	N. D	N. D	
40		326	N. D	18	N. D	0.07	N. D	N. D	0.42	N. D	0.70	N. D	169	0.06	N. D	N. D	
41		1,790	2.0	64	3.1	4.4	14	0.37	0.74	N. D	2.2	N. D	82	N. D	N. D	N. D	
42		171	N. D	7.6	N. D	0.18	1.3	N. D	0.34	N. D	N. D	N. D	19	N. D	N. D	N. D	
43		401	N. D	19	N. D	0.77	N. D	19	N. D	N. D	N. D						
44		423	N. D	21	N. D	0.16	2.1	0.43	0.42	N. D	0.80	N. D	53	N. D	N. D	N. D	
45		272	N. D	8.9	N. D	0.06	1.0	N. D	0.16	N. D	N. D	1.0	128	N. D	N. D	N. D	
46		360	N. D	16	N. D	0.25	2.7	0.21	1.1	N. D	0.68	N. D	16	N. D	N. D	N. D	
47		275	N. D	8.8	N. D	68	N. D	N. D	N. D								
48		480	N. D	19	N. D	0.81	N. D	27	N. D	N. D	N. D						
測定下限			20	2	0.5	0.1	0.05	0.5	0.2	0.1	0.2	0.5	0.5	0.1	0.02	0.05	1

N. D : 測定下限以下

市販食塩の品質 (II)

Table 8-2. 国産製品の微量成分分析結果 (No. 49~No. 81)

(mg/kg)

試料 No.	塩種	Br	PO ₄	B	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Cd	Li	Al	Sr	As	Hg	Pb
49		146	N. D	N. D	N. D	0.25	3.2	N. D	16	N. D	N. D	N. D				
50		106	N. D	2.7	N. D	0.15	0.67	N. D	15	N. D	N. D	N. D				
51		233	N. D	0.81	N. D	0.19	2.0	N. D	0.30	N. D	N. D	N. D	9.2	N. D	N. D	N. D
52		88	N. D	2.8	N. D	0.13	N. D	N. D	0.13	N. D	N. D	N. D	23	N. D	N. D	N. D
53		N. D	N. D	1.7	N. D	0.26	2.4	N. D	N. D	N. D	N. D	0.62	1.1	0.02	N. D	N. D
54		141	N. D	3.8	N. D	0.41	2.3	N. D	N. D	N. D	N. D	0.76	22	N. D	N. D	N. D
55		97	N. D	3.6	N. D	0.23	N. D	N. D	0.16	N. D	N. D	N. D	26	N. D	N. D	N. D
56		122	N. D	N. D	N. D	0.22	1.6	N. D	15	N. D	N. D	N. D				
57		228	N. D	2.5	N. D	0.20	1.4	N. D	0.33	N. D	N. D	N. D	11	N. D	N. D	N. D
58		54	N. D	N. D	N. D	0.11	0.85	N. D	9.6	N. D	N. D	N. D				
59		294	N. D	7.5	N. D	N. D	N. D	N. D	1.3	N. D	N. D	N. D	9.4	N. D	N. D	N. D
60		123	N. D	N. D	N. D	0.23	N. D	11	N. D	N. D	N. D					
61	輸 入 天 日 塩 加 工	117	N. D	N. D	N. D	N. D	0.63	N. D	N. D	N. D	N. D	0.59	13	N. D	N. D	N. D
62		219	N. D	6.0	N. D	0.15	1.1	N. D	0.19	N. D	N. D	N. D	7.7	N. D	N. D	N. D
63		314	N. D	13	N. D	0.49	5.7	N. D	0.66	N. D	0.60	0.58	29	N. D	N. D	N. D
64		32	N. D	0.54	N. D	0.07	N. D	11	N. D	N. D	N. D					
65		144	N. D	5.3	N. D	0.17	N. D	N. D	0.14	N. D	N. D	N. D	18	N. D	N. D	N. D
66		104	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	7.3	N. D	N. D	N. D
67		194	N. D	0.76	0.14	0.16	1.4	N. D	0.12	N. D	N. D	1.0	13	N. D	N. D	N. D
68		78	N. D	N. D	N. D	0.09	N. D	11	N. D	N. D	N. D					
69		76	N. D	N. D	N. D	0.07	N. D	16	N. D	N. D	N. D					
70		89	N. D	N. D	N. D	0.10	N. D	9.8	N. D	N. D	N. D					
71		131	N. D	N. D	N. D	0.22	0.60	N. D	10	N. D	N. D	N. D				
72		93	N. D	1.8	N. D	0.07	N. D	6.2	N. D	N. D	N. D					
73		483	N. D	7.5	N. D	N. D	N. D	N. D	1.0	N. D	N. D	N. D	5.0	N. D	N. D	N. D
74		435	N. D	2.0	N. D	0.58	N. D	15	N. D	N. D	N. D					
75		298	N. D	2.3	N. D	0.06	N. D	N. D	0.89	N. D	N. D	N. D	6.9	N. D	N. D	N. D
76	55	N. D	3.7	N. D	0.06	N. D	0.58	N. D	N. D	N. D						
77	321	N. D	9.2	N. D	0.26	N. D	3.6	N. D	N. D	N. D						
78	112	N. D	N. D	N. D	0.11	N. D	11	N. D	N. D	N. D						
79	78	N. D	N. D	N. D	0.09	0.61	N. D	12	N. D	N. D	N. D					
80	98	N. D	N. D	N. D	0.30	1.3	N. D	5.0	N. D	N. D	N. D					
81	104	N. D	0.77	N. D	0.23	1.2	N. D	4.0	N. D	N. D	N. D					
測定下限		20	2	0.5	0.1	0.05	0.5	0.2	0.1	0.2	0.5	0.5	0.1	0.02	0.05	1

N. D: 測定下限以下

DARD FOR FOOD GRADE SALT (以下 CODEX 食用塩規格と記す)に記載された、有害5元素(As, Cu, Pb, Cd, Hg)の上限値を Table 10 に示す。

Hg は、Table 6 中の海水中溶存濃度が低いことと、本調査の分析法の測定下限 (Table 8, 9) から、製品中から検出されないと考えられた通り全製品から検出されなかったが、Cd は、国産の海水蒸発かん水製品一点 (No. 37) から 0.44mg/kg 検出され、Pb はペルー産の岩塩かん水天日製法の製品 (No. 93) から 1.3mg/kg 検出された。No. 93 の Pb については、3.1 で前述したように不溶解分として混入している。Cd が検出さ

れた No. 37 は、包装表示に海水の天日濃縮塩と記述されているが、主成分の結合計算結果 (Table 4-1) は、海水を濃縮して製造した場合の組成 (MgSO₄ 系) とは異なる組成 (Na₂SO₄ 系) となっており、特殊な製造方法を用いていると推測される。

その他の元素の特徴について、以下に示す。

1) 銅 (Cu)

Cu は、製塩装置の熱交換部に使用されることが多い金属で、溶出による塩への混入を完全に防止することは難しい。

国産製品では結晶缶を使用しているイオン交換膜か

Table 9. 輸入製品の微量成分分析結果 (No. 82~No. 135)

(mg/kg)

試料 No	塩種	原産国	Br	PO ₄	B	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Cd	Li	Al	Sr	As	Hg	Pb	
82	岩塩	イタリア	82	N. D	N. D	N. D	1.2	1.5	N. D	N. D	N. D	N. D	0.76	5.8	N. D	N. D	N. D	
83			92	N. D	N. D	N. D	1.1	3.5	N. D	N. D	N. D	N. D	1.7	7.2	N. D	N. D	N. D	
84			90	N. D	N. D	N. D	0.69	N. D	3.0	N. D	N. D	N. D						
85		チリ	N. D	N. D	2.0	0.16	0.06	2.4	N. D	N. D	N. D	1.5	1.5	7.1	N. D	N. D	N. D	
86		ドイツ	123	N. D	N. D	N. D	N. D	1.0	N. D	31	N. D	N. D	N. D					
87		109	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	0.85	N. D	18	N. D	N. D	N. D					
88		ポリビア	36	N. D	1.5	N. D	0.54	40	N. D	4.7	N. D	1.6	71	64	0.03	N. D	N. D	
89	中国	N. D	3.1	N. D	N. D	0.57	11	N. D	N. D	N. D	N. D	7.0	22	N. D	N. D	N. D		
90	岩塩かん水 せんごう	中国	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	0.61	1.4	0.19	N. D	N. D	N. D	8.2	N. D	N. D	N. D	
91			N. D	N. D	0.69	N. D	0.13	0.58	0.22	N. D	N. D	N. D	N. D	5.3	N. D	N. D	N. D	
92	岩塩かん水 天日	中国	N. D	N. D	1.4	N. D	11	9.4	N. D	0.45	N. D	N. D	3.6	12	N. D	N. D	N. D	
93		ベルー	N. D	N. D	1.8	N. D	1.2	22	N. D	1.7	N. D	0.57	2.2	40	0.32	N. D	1.3	
94	天日塩	イタリア	94	N. D	N. D	N. D	0.80	0.95	N. D	3.9	N. D	N. D	N. D					
95			234	N. D	4.7	N. D	0.75	8.3	N. D	N. D	N. D	N. D	1.3	4.1	N. D	N. D	N. D	
96			217	N. D	7.2	0.27	1.2	8.9	N. D	N. D	N. D	N. D	4.0	154	N. D	N. D	N. D	
97			161	N. D	2.0	N. D	1.0	1.6	N. D	N. D	N. D	N. D	0.63	29	N. D	N. D	N. D	
98			91	N. D	1.5	0.17	1.6	14	N. D	0.13	N. D	N. D	2.6	73	N. D	N. D	N. D	
99			185	15	6.9	N. D	5.4	47	N. D	0.23	N. D	N. D	16	162	N. D	N. D	N. D	
100			128	N. D	0.78	N. D	0.34	13	N. D	0.15	N. D	N. D	0.97	40	N. D	N. D	N. D	
101			フランス	290	5.2	13	0.78	5.2	65	N. D	0.40	N. D	0.60	25	86	0.07	N. D	N. D
102				244	5.3	6.6	N. D	3.1	66	N. D	0.67	N. D	N. D	28	66	0.05	N. D	N. D
103				245	N. D	11	N. D	1.1	4.6	N. D	N. D	N. D	0.52	3.0	43	N. D	N. D	N. D
104		120		N. D	1.6	N. D	0.73	3.6	N. D	N. D	N. D	N. D	1.2	40	N. D	N. D	N. D	
105		232		10	13	1.1	7.7	143	N. D	0.56	N. D	0.74	71	72	0.12	N. D	N. D	
106		231		8.9	16	0.21	7.5	126	N. D	0.55	N. D	0.75	61	74	0.11	N. D	N. D	
107		302		7.2	15	N. D	5.2	59	N. D	0.41	N. D	0.71	26	67	0.06	N. D	N. D	
108		307		7.0	16	0.78	9.0	78	N. D	0.45	N. D	0.79	42	67	0.07	N. D	N. D	
109		308		4.8	16	0.20	5.0	54	N. D	0.17	N. D	0.65	22	68	0.05	N. D	N. D	
110		330		3.1	15	0.25	3.6	12	N. D	0.29	N. D	0.67	7.4	61	N. D	N. D	N. D	
111		402	4.5	20	0.26	7.4	16	N. D	0.40	N. D	0.79	8.8	45	N. D	N. D	N. D		
112		111	N. D	5.3	N. D	1.7	12	N. D	N. D	N. D	N. D	3.5	16	N. D	N. D	N. D		
113		127	13	1.3	N. D	0.35	2.6	N. D	0.31	N. D	N. D	0.54	19	0.02	N. D	N. D		
114		中国	321	N. D	8.3	N. D	3.6	3.2	N. D	N. D	N. D	N. D	1.4	65	N. D	N. D	N. D	
115			302	N. D	7.0	N. D	1.2	5.3	N. D	0.12	N. D	N. D	2.4	72	N. D	N. D	N. D	
116			268	N. D	6.4	N. D	4.3	4.9	N. D	N. D	N. D	N. D	2.4	55	N. D	N. D	N. D	
117			116	N. D	2.0	N. D	3.5	4.3	N. D	0.51	N. D	N. D	1.4	22	N. D	N. D	N. D	
118			337	N. D	8.7	N. D	2.6	2.5	N. D	N. D	N. D	N. D	1.0	65	N. D	N. D	N. D	
119	302		N. D	5.9	N. D	1.0	6.1	N. D	N. D	N. D	N. D	2.6	158	N. D	N. D	N. D		
120	U S A		116	N. D	N. D	N. D	3.0	1.2	N. D	N. D	N. D	N. D	0.67	10	N. D	N. D	N. D	
121	インドネシア	343	N. D	16	0.11	0.22	0.69	N. D	0.31	N. D	0.76	N. D	3.6	N. D	N. D	N. D		
122	キリバス	110	N. D	0.61	N. D	N. D	0.97	N. D	N. D	N. D	N. D	0.53	132	N. D	N. D	N. D		
123	スペイン	143	N. D	3.2	N. D	3.8	8.0	N. D	N. D	N. D	N. D	3.8	37	N. D	N. D	N. D		
124	ベトナム	172	N. D	4.3	N. D	0.48	5.3	N. D	0.48	N. D	N. D	N. D	67	N. D	N. D	N. D		
125	ポルトガル	144	N. D	N. D	N. D	0.30	6.0	N. D	N. D	N. D	N. D	1.5	22	N. D	N. D	N. D		
126	天日かん水 せんごう	中国	85	N. D	2.6	N. D	1.9	5.1	1.8	0.16	N. D	N. D	2.5	65	N. D	N. D	N. D	
127			N. D	N. D	N. D	2.7	3.2	N. D	N. D	N. D	N. D	1.4	15	N. D	N. D	N. D		
128			N. D	N. D	N. D	2.6	3.2	N. D	N. D	N. D	N. D	1.6	9.8	N. D	N. D	N. D		
129			31	N. D	N. D	N. D	1.9	1.5	N. D	12	N. D	N. D	N. D					
130	74	N. D	N. D	N. D	2.0	1.1	N. D	23	N. D	N. D	N. D							
131	湖塩	イスラエル	55	N. D	N. D	N. D	1.0	0.62	N. D	N. D	N. D	N. D	0.37	N. D	N. D	N. D		
132		ポリビア	N. D	2.0	30	N. D	1.7	5.2	N. D	0.22	N. D	43	1.8	29	0.53	N. D	N. D	
133		N. D	2,722	44	N. D	0.83	5.5	N. D	2.7	N. D	16	2.9	102	0.98	N. D	N. D		
134		中国	N. D	N. D	N. D	N. D	4.2	5.2	N. D	N. D	N. D	N. D	2.7	2.4	N. D	N. D	N. D	
135	湖塩かん水 せんごう	中国	N. D	N. D	N. D	N. D	0.65	1.2	0.38	N. D	N. D	N. D	N. D	6.6	N. D	N. D	N. D	
測定下限			20	2	0.5	0.1	0.05	0.5	0.2	0.1	0.2	0.5	0.5	0.1	0.02	0.05	1	

N. D: 測定下限以下

市販食塩の品質 (II)

Table 10. CODEX 規格* における有害5元素の上限值

Elements	Maximum limits
As	Not more than 0.5mg/kg expressed as As
Cu	Not more than 2mg/kg expressed as Cu
Pb	Not more than 2mg/kg expressed as Pb
Cd	Not more than 0.5mg/kg expressed as Cd
Hg	Not more than 0.1mg/kg expressed as Hg

* CODEX STANDARD FOR FOOD GRADE SALT
CX STAN 150-1985
(Rev. 1-1997, Amend. 1-1999, Amend. 2-2001)

ん水せんごう塩の製品の一部と海水蒸発かん水の製品の一部から検出された。このなかで海水蒸発かん水の製品 (No. 36) は CODEX 食用塩規格許容値 (2mg/kg) よりも低い、1.7mg/kg と高い含有量を示した。検出された濃度は、海水起源として最も多く含まれた場合の推定量 (Table 6: 0.01mg/kg 以下) を大きく上回り、製塩装置材料からの溶出による混入であると推測される。

輸入製品についても、結晶缶を使用している中国産の岩塩かん水および天日かん水のせんごう塩から Cu が検出され、製塩装置材料からの溶出が考えられる。また、岩塩かん水せんごう塩である No. 90 の製品は、乾燥塩であるので塩に含まれるにがり成分は少ないが、1.4mg/kg と高い含有量を示している。これは採塩する母液中に、高濃度の Cu が含まれていることを意味している。

2) ヒ素 (As)

As は、海水由来として最も多く含まれた場合の推定含有量は、有害元素の中では比較的多い (Table 6: 0.036mg/kg) 元素である。

国産製品では、海水蒸発かん水の製品数点から検出され、特に藻塩 (No. 34) から CODEX 食用塩規格許容値 (0.5mg/kg) を越えて検出された (1.3mg/kg)。これは、As が海藻中に高濃度で含まれている⁵⁾ ことから、製品中の海藻の灰に含まれて混入したと考えられる。

輸入製品では、前回調査結果と同じくフランス産の天日塩から検出され、また、ボリビア産の湖塩 (No. 132, 133) から CODEX 食用塩規格許容値以上の量 (0.53, 0.98mg/kg) が検出された。

なお、As については、存在形態によって毒性が異なることが知られており、毒性が高いのは無機体であり、海水および土壌には亜ヒ酸が多いとされ^{6,7)}、海藻中に含まれるような有機体ヒ素化合物の毒性は低い⁸⁾ とされている。海藻を燃焼させた場合、有機体ヒ素が無機

ヒ素となり灰に含まれている可能性があり、この点については、検出される As の形態分析を行って明確にする必要がある。

3) 臭化物イオン (Br)

Br は、海水中に約 70mg/kg 含まれ、海水を原料とした製品からは必ず検出される成分である。

塩種別に Br 量を比較すると、イオン交換膜かん水せんごう > 国産海水濃縮かん水 > 天日塩系 (輸入) > 輸入天日塩加工 > 岩塩系 > 湖塩系の順であり、にがり成分を多く含む製品に多く含まれる。

国産製品には 1,000mg/kg (0.10%) 以上の製品が見られ、海水蒸発かん水の特殊乾燥製品 4 点 (No. 18, 35, 36, 41) が、製法上、海水乾固時の濃度 (約 2,000mg/kg) に近い高い含有量を示し、イオン交換膜かん水の製品でも、にがり分が多い製品 (No. 6, 11, 12, 15) が高い含有量を示した。

輸入製品では、チリ産と中国産の岩塩にはほとんど含まれない特徴があり、そのせんごう塩からも検出されない。その他検出されなかった製品として、中国産の天日塩かん水系製品 (No. 127, No. 128) がある。これらの製品の包装表示には、天日塩と記述してあり、分析結果から得られた結合組成 (Table 5) も海水系 (MgSO₄ 系) であること、また、にがり分が多く添加されていることから、Br が検出されるべき製品である。Br は、塩を採取した後のにがりへの塩素ガス注入処理により工業的に臭素 (Br₂) として採取されることから、中国産天日かん水せんごう製品には、脱臭処理にがりの使用も想定される。

4) クロム (Cr)

Cr は、輸入製品ではフランス産の天日塩製品の多くから検出されたが、海水乾固時でも 0.01mg/kg 以下であるので、これらの製品中の Cr は、3.1.4) に示したように不溶解分 (土砂) の中に含まれていると考えられる。

国産製品では、海水の特殊乾燥製品 (No. 35, 36, 41) から Cr が 3mg/kg 以上の高濃度で検出された。Table 11 にこれら 3 点の Cr, Fe および Ni の分析結果を示す。Cr, Fe に加えて Ni も多く含まれているこ

Table 11. 特殊乾燥製品の Ni, Cr, Fe の分析結果 (mg/kg)

試料	Cr	Fe	Ni
海の力 (No. 35)	4.6	19	13
宗谷の塩 (No. 36)	3.0	15	3.0
雪塩 (No. 41)	3.1	14	15

とから、これらの元素が含まれる合金を製塩装置材料として用い、これが溶出して塩に含まれた可能性がある。

なお、Crで有害とされているのは6価であり、存在形態による評価が必要と考えられる。そこで、ジルコニウム共沈法⁹⁾において、6価(CrO_4^-)は回収率が低いことを利用し、これら製品中のCrの形態を確認した結果、共沈法でも測定結果はほぼ一致したことから、検出されたCrは、3価(Cr^{3+})であると考えられる。

5) リン酸イオン (PO_4)

PO_4 は、国産製品では、海水蒸発かん水濃縮塩数点から検出された。そのなかで、藻塩(No. 34)は63mg/kgと高濃度であり、Asと同様に海藻から混入したと思われる。その他については、海水乾固時の濃度(Table 6: 5.7mg/kg)に近い値であり、海水由来と考えられる。また、イオン交換膜濃縮かん水のせんごう塩1点(No. 15)からも検出され、工程中でのリン酸塩の使用が考えられる¹⁰⁾。

輸入製品では、フランス産の天日塩製品の多くから検出され、海水由来と考えられる。また、ボリビア産の湖塩1点(No. 133)から0.27%と高い濃度で検出され、その組成は $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ であった。同じ産地の別の製品(No. 132)の含有量は少なく、含有オーダーに2桁の差があった。

6) リチウム (Li)

Liは、国産製品では、天日塩加工品からはほとんど検出されず、その他で1mg/kg前後検出される製品が多い。輸入食用塩では、天日塩と一部の岩塩から検出された他、ボリビア産湖塩(No. 132, 133)に10mg/kg以上と多く含まれていた。

7) ホウ素 (B)

Bは、海水中に約5mg/kg含まれる成分であり、国産製品では、海水蒸発かん水濃縮塩に多く20mg/kg前後で検出されるが、特殊乾燥製品(No. 18, 35, 36, 41)には50mg/kg以上含まれていた。これに対して、イオン交換膜せんごう塩は5mg/kg以下、天日塩加工品は10mg/kg以下と少ない。

輸入製品では、国産と同じく海水蒸発かん水濃縮塩で10mg/kg以上含まれているものが多く、また、ボリビア産湖塩に多く(30~40mg/kg)含まれていた。

8) 鉄 (Fe), アルミニウム (Al)

FeとAlは、クラーク数(地球表面に存在する元素組成比)として、OとSiに次ぐ高い割合で存在する元素であり、土砂混入の指標ともなる元素である。

Feは、国内製品では5mg/kg以下の製品が大半で

あり、検出されない製品もあるが、海水蒸発かん水の塩で10~30mg/kg含まれる製品が数点(No. 35, 36, 37, 41)見られた。輸入製品では、岩塩の一部を除いた製品から検出され、10mg/kg以下の製品が大半ではあるが、天日塩ではフランス産で54~143mg/kgの製品がみられ、ボリビア産岩塩(No. 88)と岩塩かん水を天日製塩したペルー産製品(No. 93)に20mg/kg以上含まれていた。輸入製品の天日塩については、Fig. 2に示すように不溶解分量との相関性が認められ、主に土砂として混入していることを示唆している。これに対し、国産の海水蒸発かん水系の製品では、不溶解分量との相関性は認められず、土砂に多く含まれるAlが微量でもFeが多い製品が(No. 35, 36, 37, 41)見られ、土壌以外からの混入が推測される。また、イオン交換膜濃縮かん水の製品では、Feだけが検出された製品(No. 5, 10)もあった。

Alについては、国産製品では、海水蒸発かん水濃縮塩と天日塩加工品数点から検出され、一番多い製品(No. 23)で3.2mg/kgであった。輸入製品では、海水蒸発かん水濃縮塩数点から検出され、20~70mg/kg前後と高濃度のものがあり、その他、ボリビア産岩塩(No. 88)が71mg/kgと高い含有量を示した。輸入天日塩製品では、Alについても、不溶解分量との相関性が高いが、国産の海水蒸発かん水製品では相関性は認められなかった。

9) マンガン (Mn)

Mnは海水中の溶存量はきわめて少なく(Table 6参照)、塩中から検出されるMnは、AlおよびFeと同様に不溶解分などの混入によるものと考えられる。

国産製品では、海水蒸発かん水濃縮塩から1mg/kg以上の製品が3点検出され、その他は全て0.5mg/kg

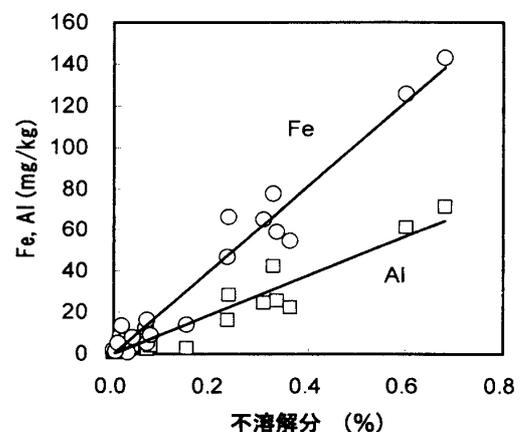


Fig. 2 輸入天日塩製品中の不溶解分と鉄およびアルミニウムの関係

市販食塩の品質 (II)

以下であった。

輸入製品では、1~11mg/kg 前後と国内産に比較して高い濃度で検出されており、特に、天日塩から高い濃度で検出された。

10) 亜鉛 (Zn)

国産製品では、海水蒸発かん水濃縮製品の多くから検出され、そのなかで特殊乾燥製品 (No. 18) から 61 mg/kg の高濃度で検出され、製造段階における混入が推測される。そのほか、イオン交換膜せんごう塩の 1 点 (No. 12: 2.5mg/kg) を除いては、ほとんどの製品が 1mg/kg 以下であった。

輸入食用塩では、ポリビア産岩塩 (No. 88)、ポリビア産湖塩 (No. 133) およびペルー産製品 (No. 93) が 1mg/kg 以上である他は、1mg/kg 以下であった。

11) ストロチウム (Sr)

Sr は、海水中に約 8mg/kg 含まれる元素であり、国産および輸入製品の天日塩製品中に多く含まれる傾向が見られ、同じアルカリ土類の Ca の傾向 (3.1.3)) と類似している。

3.3 フェロシアン化物塩

輸入製品について定性試験を行った結果、4 点 (No. 112, 127~129) が陽性であり、定量した結果を Table 12 に示す。このように、2002 年 8 月の食品添加物として認可される以前、フェロシアン化物が一部の輸入食塩に使用されていた。

3.4 生菌数検査結果

測定した試料全てについて、一般生菌数は 300 以下/g (結果表示基準値³⁾)、大腸菌群 MPN 値は陰性 (30 以下/100 g) であった。但し、一般生菌数については、検出された菌数には差があり、水分と不溶解分が多く、製造過程で加熱処理が行われていない製品に生菌数が多い傾向が示された。

4. まとめ

市販食用塩の主成分および微量成分などの分析を行い、以下の結果を得た。

- 1) 主成分について、国産製品は、輸入製品と比較してにがり成分 (水分, Mg) が多く含まれ、純度は低

Table 12. フェロシアン化物イオン分析結果 (mg/kg)

試料	フェロシアン化物イオン
バレンヌの塩 (顆粒) (No. 112)	2.1
ディナーエン (No. 127)	0.1
低納塩 (No. 128)	0.4
食塩 (中国青島産) (No. 129)	3.8

い傾向にあり、また、不溶解分が少ない傾向にあった。輸入製品の岩塩およびせんごう塩には高純度の製品が多く見られた。天日塩製品は、不溶解分を多く含むものもあり、これが重金属混入の原因ともなっていた。

- 2) 有害元素については、CODEX 食用塩規格の許容値以上の As を含む製品が 3 点見られた。Hg が検出された製品はなかったが、Cu は中国産せんごう塩と国産の特殊乾燥製品から 1mg/kg 以上検出され、Pb はペルー産の製品から、Cd は国産の海水蒸発かん水製品一点から検出された。
- 3) その他成分については、Cr, Zn, Ni が高濃度で含まれた製品があった。また、Br が検出されるべき製品でも、検出されない製品もあった。
- 4) 生菌検査結果は、測定した試料全てについて、一般生菌数は 300 以下/g、大腸菌群は陰性であった。
- 5) フェロシアン化物は、4 点の輸入製品から検出され、食品添加物として認可される以前からの使用が確認された。

以上のように、国産および輸入製品の一部の製品で食用塩の安全性および衛生上で疑問視される成分分析結果が示され、それらの製品数は前回調査時より増加している。その多くには、「自然」「天然」「ミネラル豊富」という消費者受けする表示文が記載されている。問題点として、このような販売傾向が許容されていること、また、国内に公的な食用塩の品質規格がなく、品質管理が行き届かないことが考えられる。

食品として塩の安全性を確保するためには、塩の品質情報を幅広く伝えることが重要であり、今後も含有元素の形態分析を含めたより詳細な品質解析、データの収集を進め、塩製品品質の情報公開を行う予定である。

文 献

- 1) 新野 靖, 西村ひとみ, 古賀明洋, 篠原富男, 伊藤浩士, (1999), 市販塩の品質, 日調科誌, **32**, 133~144
- 2) 「塩試験方法」第 2 版, (2002), (財)塩事業センター, 東京
- 3) 「食品衛生検査指針微生物編」, (1990), 日本食品衛生協会, 東京
- 4) 古賀明洋, 新野 靖, (2002), 塩中のヘキサシアノ鉄 (II) 酸塩の分析, 海水総合研究所研究報告, **4**, 2~7
- 5) 神 和夫, (1993), 北海道産海藻中のヒ素濃度, 北海道立衛生研究所報, **33**, 21~27
- 6) 黒田孝一, 吉田香, 圓藤吟史, (1999), ヒ素の環境循

- 環と毒性, 環境技術, **28**, 343~350
- 7) 野崎義行, (1997), 最新の海水の元素組成表(1996年版)とその解説, 海水誌, **51**, 302~308
- 8) 貝瀬利一, 桜井照明, 松原チヨ, (1998), 水圏生物中の有機ヒ素化合物の存在形態とその毒性, *Chemical Times*, **2**, 2~7
- 9) T. Akagi, Y. Nojiri, M. Matsui, H. Haraguchi, (1985), 誘導結合プラズマ原子発光分光法による海水中のこん跡金属の同時多成分分析のためのジルコニウム共沈法, *Appl Spectrosc.*, **39**, 662~667
- 10) 杉田静雄, (1976), イオン交換膜法製塩におけるスケールの生成と防止, 海水誌, **30**, 157~166

(2003年2月27日受理)