

市販食塩の品質

Quality of Common Salt

新野 靖*	西村ひとみ*	古賀 明洋*
(Yasushi Niino)	(Hitomi Nishimura)	(Akihiro Koga)
篠原 富男*	伊藤 浩士*	
(Tomio Shinohara)	(Hiroshi Ito)	

キーワード : 塩 Salt ; 品質 Quality ; 主成分 Principal component ; 微量元素 Trace element ; 物性 Physical property

現在の日本国内の塩市場において、一般家庭向けの調理用塩として、塩事業法に基づき(財)塩事業センターが供給している生活用塩と、大蔵大臣に届け出た業者が製造している特殊製法塩および輸入している食塩が市販されている。特殊製法塩には、輸入天日塩や国内製塩企業が製造した塩(イオン交換膜法によるかん水から製造した塩:以下イオン交換膜製法塩)を加工(にがり添加、溶解再結晶、添加物の混和など)した製品や海水を昔ながらの方法で濃縮して製造した塩があり、消費者ニーズを意識して様々な製品が製造販売されている。また、輸入食塩については、消費者の自然食品指向を満足させるような天日塩や岩塩を中心に販売されており、塩専売法廃止以降特殊製法塩と輸入食塩の種類、販売量は増加している。

塩の品質については、製品に成分が表示されているのは僅かであり、消費者は製品の特徴をアピールした包装表示で判断して購入しているのが現状である。

そこで、国内で市販されている家庭用の塩製品の品質を把握することを目的とし、収集した製品の成分調査を行った。

1. 調査方法

スーパー、百貨店で販売されていた製品(表 1)を購入し、塩の主成分、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

* 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)

ガンおよびアルミニウム)、pH、添加物、粒度およびかさ密度を測定した。

塩の分類については、国内塩は製法別特徴を明確にするため、未乾燥塩、乾燥塩(焼き塩含む)および添加物塩とした。未乾燥塩については、製品の表示文、成分組成、成分比および結晶形から、以下の4種類に分類した。

製法 : 海水を濃縮して製造した塩

製法 : 輸入天日塩を原料として製造した製品

製法 : イオン交換膜製法塩を原料として製造した製品

製法 : 輸入天日塩とイオン交換膜製法塩の両塩を用いて製造したと思われる製品

なお、No. 21, 29, 32 については、塩化鉄()が添加されているが、その量は微量であり、製法および品質上、他の未乾燥塩と同等であるので未乾燥塩の分類に入れた。

輸入食塩については天日塩が主であるので、天日塩、使用方法が特殊な大粒塩および添加物塩に分類した。No. 62 は国内メーカーが米国企業と提携して販売している製品であるが、同様の製品が国内で製造販売されていないので、比較のため大粒塩の分類に入れた。

各項目の測定は「塩試験方法」¹⁾に準じ、以下の方法で行った。

1) 主成分

水分は600 加熱法(加熱減量)、不溶解分(I.M.)はガラス繊維ろ紙法、塩化物イオンは硝酸銀滴定法、カルシウムおよびマグネシウムはキレート滴定法、硫酸イオンはイオンクロマトグラフ法、カリウムはフレ

表. 1 試料表

国内生産塩		国内生産塩		
No.	製品名	No.	製品名	
1	海の花	34	海の華 やきしお	
2	土佐の天日塩-美味海	35	天塩 やきしお	
3	粟国の塩	36	赤穂の塩 浪園 やき塩	
4	奥能登揚げ浜塩	37	伯方の塩 焼塩	
5	能登の浜塩	38	焼き塩ソフト塩	
6	伯方の塩	39	食塩	
7	塩舞伯方島の調理の塩	40	赤穂あらなみ調理塩 (炭 Ca, 乳酸 Ca)	
8	あらしお	41	いそしおサラサラ (炭 Ca, 炭 Mg, Glu. Na)	
9	瀬戸のましお	42	サンメイトソルト (炭 Ca, 炭 Mg, Glu. Na)	
10	昔塩/赤袋	43	エンリッチ塩 (炭 Ca, Glu. Na, クエン酸 Ca)	
11	浜の塩	44	チヨダソルト (炭 Ca, 炭 Mg, Glu. Na)	
12	ふんわり いそしお	45	アジシオ (Glu. Na)	
13	長者のうまい塩	46	良塩 (クエン酸 Ca, KCl, MgSO ₄ , SiO ₂)	
14	赤穂あらなみの天日塩	47	あじまーず (デンプン)	
15	シママース	48	長者の海塩 (SiO ₂ , 乳酸 Ca, MgSO ₄)	
16	日精天日塩	49	食卓塩 (炭 Mg)	
17	ヨネマース	輸入食塩		
18	古式海塩	No.	製品名	原産国
19	なると浜の塩	50	FLEUR DE SEL de lile de NOIRMOUTIER:フルールデゼル・塩の花	フランス
20	赤穂の天塩	51	Fleur de Sel de GUERANDE:ゲランドの塩「塩の花」	
21	赤穂塩手塩天日塩 (FeCl ₃)	52	Sel Marin de Bretagne (Le GROS GRIS):ゲランドの塩(あら塩)	
22	とみしろ塩	53	Sel Marin de Bretagne (FIN GRIS):ゲランドの塩(顆粒)	
23	いそしお	54	Sel Marin de Bretagne (MOULU)	
24	赤穂のあら塩	55	GRIS MARIN SEL DE GUERANDE GROS:ゲランドの塩(粗塩)	
25	瀬戸のほん塩	56	Antica Salina fino/fein fine/fein	イタリア
26	もと塩	57	Antica Salina FINO:シチリア天然海塩(細粒)	
27	鳴門のうず塩	58	低納塩	中国
28	昔塩/青袋	59	浜菱	
29	赤穂塩 手塩 (FeCl ₃)	60	浜菱焼き塩	
30	せいきょうの塩	61	Sale di roccia	イタリア
31	新家庭塩	62	クリスタル塩	*
32	赤穂塩 塩の里 (FeCl ₃)	63	アルペンザルツ (炭 Ca, 炭 Mg)	ドイツ
33	赤穂あらなみ塩	64	ライトソルト (Ca ₃ (PO ₄) ₂ , 炭 Mg)	アメリカ
()内添加物 炭Ca:CaCO ₃		65	クロイターアルペンザルツ (炭 Ca, ハーブ, SiO ₂)	ドイツ
炭 Mg:塩基性炭酸マグネシウム		66	パンソルト (KCl, MgSO ₄ , 炭 Mg, リジン塩酸塩)	フィンランド
Glu. Na:グルタミン酸ナトリウム		67	Gros sel marin aux Algues (海草):グロセルマランオザルグ	フランス

*:アメリカのメーカーと提携し、国内メーカーが販売

表. 2 国内市販塩（未乾燥塩）の測定結果

No	製法	主成分(%)								結合組成(%)						pH	物性			
		加熱減量	I. M.	Cl	Ca	Mg	SO ₄	K	Na	NaCl	MgCl ₂	CaCl ₂	MgSO ₄	CaSO ₄	KCl		粒度(μm) 平均	σ	かさ密度 (g/cm ³)	結晶形
1	①	9.42	0.00	53.00	0.43	0.68	2.56	0.22	33.69	85.68	1.16	—	1.91	1.46	0.42	9.3	272	190	1.31	凝集
2		4.75	0.00	56.73	0.40	0.28	1.35	0.09	36.40	92.52	0.70	—	0.48	1.36	0.17	8.6	1,021	875	1.07	天日
3		13.30	0.14	48.93	0.49	1.66	4.64	0.80	29.78	75.71	3.07	—	4.34	1.66	1.53	9.3	172	124	1.21	凝集
4		9.72	0.03	53.64	0.24	0.70	1.47	0.20	33.77	85.85	1.86	—	1.11	0.83	0.38	7.5	726	523	0.95	フレーク
5		7.56	0.01	55.24	0.29	0.29	1.11	0.08	35.43	90.05	0.73	—	0.52	0.99	0.16	7.6	548	258	0.98	フレーク
6	②	4.20	0.00	57.69	0.10	0.10	0.46	0.04	37.31	94.83	0.16	—	0.28	0.33	0.07	8.1	475	215	1.17	凝集
7		0.96	0.00	59.98	0.02	0.04	0.06	0.02	38.82	98.67	0.13	—	0.02	0.06	0.03	9.2	1,095	795	0.91	フレーク
8		11.26	0.00	53.82	0.02	0.02	0.08	0.02	34.83	88.63	0.05	—	0.03	0.08	0.04	8.6	575	304	1.05	フレーク
9		5.56	0.00	57.31	0.06	0.08	0.01	0.06	36.92	93.85	0.32	0.15	—	0.01	0.10	6.5	831	471	1.02	フレーク
10		6.37	0.00	56.60	0.05	0.49	0.31	0.06	35.84	91.10	1.74	—	0.24	0.16	0.12	8.6	437	237	1.16	フレーク
11		8.84	0.00	55.24	0.02	0.02	0.03	0.01	35.77	90.93	0.07	0.01	—	0.04	0.02	7.5	579	588	1.17	凝集
12		1.06	0.00	60.10	0.06	0.12	0.00	0.04	38.66	98.30	0.46	0.18	—	0.00	0.08	8.3	235	135	1.19	フレーク
13		1.57	0.00	59.22	0.03	0.19	0.68	0.02	38.33	97.42	0.15	—	0.76	0.10	1.92	7.3	331	379	1.22	粉砕
14		4.18	0.00	58.10	0.08	0.29	0.08	0.08	37.03	94.13	1.14	0.13	—	0.11	0.16	7.5	437	376	1.28	粉砕
15		4.36	0.00	57.56	0.11	0.08	0.52	0.03	37.28	94.77	0.06	—	0.32	0.38	0.06	8.3	558	461	1.05	凝集
16		2.99	0.00	58.83	0.04	0.38	0.06	0.01	37.41	95.10	1.47	0.04	—	0.08	0.02	8.3	555	282	1.34	粉砕
17		7.23	0.00	56.23	0.03	0.03	0.05	0.06	36.37	92.47	0.13	0.02	—	0.07	0.12	7.7	457	427	1.12	凝集
18		13.18	0.00	52.65	0.02	0.03	0.05	0.02	34.08	86.62	0.12	—	0.01	0.07	0.03	7.2	523	447	1.27	フレーク
19		2.93	0.00	58.80	0.14	0.16	0.06	0.11	37.63	95.66	0.64	0.32	—	0.08	0.20	7.0	399	295	1.25	粉砕
20	6.03	0.00	56.99	0.02	0.42	0.13	0.02	36.19	92.00	1.54	—	0.11	0.06	0.04	7.8	499	459	1.26	凝集	
21	3.65	0.00	58.46	0.09	0.30	0.05	0.07	37.23	94.63	1.16	0.20	—	0.08	0.13	8.2	510	442	1.32	粉砕	
22	6.29	0.01	56.85	0.00	0.03	0.02	0.00	36.82	93.63	0.11	—	0.01	0.01	0.01	7.7	584	484	1.13	凝集	
23	③	3.66	0.00	58.45	0.11	0.35	0.03	0.14	37.05	94.18	1.36	0.25	—	0.05	0.26	6.5	377	95	1.35	立方
24		3.73	0.00	58.38	0.08	0.30	0.04	0.13	37.14	94.42	1.18	0.18	—	0.06	0.25	7.6	747	276	1.38	立方
25		5.97	0.00	56.29	0.17	0.30	0.02	3.41	33.75	85.79	1.19	0.44	—	0.03	6.50	7.7	428	207	1.29	立方
26		3.48	0.00	58.59	0.09	0.15	0.03	0.18	37.52	95.37	0.58	0.22	—	0.05	0.35	6.7	620	174	1.30	立方
27		3.83	0.00	57.76	0.06	0.60	0.80	0.61	36.28	92.23	1.69	—	0.83	0.19	1.17	8.3	422	111	1.31	立方
28		3.25	0.00	58.66	0.13	0.19	0.02	0.13	37.47	95.24	0.75	0.35	—	0.03	0.26	7.3	515	168	1.19	立方
29		4.07	0.00	58.21	0.13	0.38	0.04	0.21	36.78	93.49	1.47	0.32	—	0.05	0.40	8.0	417	104	1.36	立方
30		3.90	0.00	58.31	0.11	0.17	0.04	0.28	37.22	94.62	0.65	0.27	—	0.05	0.53	7.5	396	105	1.30	立方
31		4.86	0.00	57.64	0.11	0.17	0.02	0.33	36.75	93.41	0.66	0.28	—	0.03	0.62	7.5	379	92	1.33	立方
32	④	3.96	0.00	58.32	0.12	0.35	0.04	0.19	36.93	93.88	1.30	0.30	—	0.05	0.36	7.9	572	392	1.35	立方+粉砕
33		3.69	0.00	58.51	0.05	0.37	0.03	0.12	37.13	94.38	1.44	0.11	—	0.04	0.23	7.7	701	241	1.40	立方+粉砕

市販食塩の品質

総合計算: 3桁分析値から計算

結晶形: 立方 : 強制循環式結晶装置による立方体結晶
 球状 : 強制循環死は結晶装置による球状結晶
 凝縮 : 加熱濃縮により生成する結晶 (凝集塩が主)
 フレーク: 表面蒸発により生じたトレミー結晶, フレーク結晶が含まれるもの
 粉砕 : 天日塩などを粉砕した不定形の結晶

天日 : 自然乾燥による結晶
 岩塩 : 岩塩結晶

表. 3 国産の乾燥塩・添加物塩と輸入食塩の測定結果

No	製法	主成分(%)								結合組成(%)						pH	物性				
		加熱減量	I. M.	Cl	Ca	Mg	SO ₄	K	Na	NaCl	MgCl ₂	CaCl ₂	MgSO ₄	CaSO ₄	KCl		粒度(μm)		かさ密度(g/cm ³)	結晶形	
																	平均	σ			
34	国内乾燥塩	0.58	0.00	59.90	0.12	0.08	0.49	0.04	38.77	98.54	0.13	—	0.26	0.40	0.07	9.6	323	271	0.99	フレーク	
35		0.49	0.24	59.99	0.06	0.23	0.18	0.20	38.37	97.54	0.86	—	0.06	0.19	0.37	9.2	440	98	1.30	立方	
36		0.32	0.00	60.40	0.04	0.05	0.01	0.09	38.98	99.09	0.18	0.10	—	0.01	0.17	9.8	507	97	1.26	立方	
37		0.36	0.01	60.07	0.08	0.08	0.37	0.03	38.87	98.81	0.12	—	0.22	0.27	0.05	9.8	329	113	1.26	凝集	
38		0.20	0.03	60.45	0.01	0.06	0.01	0.07	39.04	99.24	0.22	0.03	—	0.01	0.13	9.9	276	69	1.38	立方	
39		0.19	0.00	60.53	0.02	0.01	0.02	0.09	39.13	99.57	0.06	0.03	—	0.02	0.18	8.0	420	84	1.36	立方	
40	国内添加物塩	0.17*	—	60.13	0.006	0.002	0.004	0.002	38.98	99.09	0.008	0.012	—	0.006	0.004	8.3	321	80	1.38	立方	
41		0.10*	—	59.80	0.059	0.037	0.029	0.087	38.60	98.13	0.14	0.13	—	0.04	0.17	8.8	382	84	1.38	立方	
42		0.05*	—	59.88	0.027	0.013	0.015	0.048	38.76	98.52	0.05	0.06	—	0.02	0.09	8.9	295	67	1.40	立方	
43		0.07*	—	59.63	0.064	0.008	0.042	0.048	35.58	98.06	0.03	0.13	—	0.06	0.09	8.2	316	87	1.46	立方	
44		0.05*	—	59.94	0.000	0.000	0.004	0.001	38.87	98.81	—	—	—	—	0.002	8.9	329	82	1.41	立方	
45		0.82*	—	54.06	0.012	0.002	0.015	0.070	35.01	88.99	0.01	0.02	—	0.02	0.13	6.8	432	86	1.17	立方	
46		2.28*	—	45.28	0.01	0.79	3.01	12.57	21.93	55.75	0.14	—	3.75	0.03	23.96	6.7	306	184	1.31	立方	
47		2.94*	—	56.02	0.13	0.55	1.19	0.17	35.61	90.53	1.28	—	1.11	0.43	0.33	—	550	263	0.88	凝集	
48		2.97*	—	54.96	0.14	0.26	0.97	0.01	35.45	90.11	0.39	—	0.80	0.47	0.02	7.8	193	158	1.19	粉碎	
49		0.02*	—	60.37	0.002	0.000	0.002	0.002	39.16	99.53	—	—	—	—	0.0048	9.7	373	78	1.41	立方	
50	輸入食塩	天日塩	9.76	0.08	53.44	0.19	1.04	1.95	0.24	33.27	84.56	2.62	—	1.86	0.66	0.47	8.4	821	412	0.82	天日
51			9.81	0.08	53.84	0.16	0.58	1.30	0.14	34.18	86.88	1.37	—	1.16	0.53	0.28	8.3	859	516	1.08	天日
52			6.52	0.45	55.80	0.17	0.32	0.92	0.08	35.78	90.96	0.73	—	0.64	0.58	0.16	7.7	1,790	1,736	1.17	天日
53			2.63	0.42	57.92	0.17	0.50	1.25	0.11	36.96	93.94	1.12	—	1.07	0.56	0.21	9.0	188	115	1.14	粉碎
54			1.92	0.66	58.32	0.21	0.40	1.17	0.11	37.32	94.87	0.89	—	0.84	0.70	0.22	9.1	289	358	1.24	粉碎
55			6.99	0.33	55.32	0.16	0.51	1.26	0.12	35.26	89.64	1.13	—	1.09	0.55	0.22	8.0	1,991	1,704	0.94	天日
56		大粒添加物塩	1.14	0.03	59.65	0.07	0.07	2.25	0.03	38.57	98.05	0.19	—	0.11	0.23	0.05	8.0	718	299	1.26	天日
57			2.04	0.04	58.93	0.11	0.29	0.66	0.10	37.80	96.09	0.74	—	0.50	0.37	0.19	8.4	427	163	1.20	粉碎
58			4.86	0.00	52.36	0.02	0.88	3.31	11.21	27.29	69.36	0.22	—	4.08	0.08	21.37	7.4	323	115	1.18	立方
59			2.72	0.03	58.80	0.08	0.04	0.23	0.01	38.07	96.78	0.11	—	0.05	0.27	0.03	6.7	712	452	1.22	天日
60	1.21	0.00	59.15	0.07	0.13	1.01	0.08	37.91	97.39	0.00	—	1.07	0.23	0.15	8.3	164	111	1.09	凝集		
61	添加物塩	0.02	0.00	60.58	0.018	0.000	0.043	0.004	39.28	99.86	0.000	—	—	0.061	0.068	6.0	2,428	901	1.27	岩塩	
62		0.15	0.00	60.43	0.028	0.006	0.072	0.016	39.16	99.54	0.019	—	0.006	0.095	0.038	6.5	5,572	1,256	—	天日	
63		0.02*	—	59.90	0.01	0.01	0.02	0.05	38.80	98.19	0.04	—	0.00	0.03	0.09	9.5	509	162	1.44	球状	
64		0.06*	—	53.07	0.03	0.00	0.05	27.94	17.97	45.81	0.00	0.02	—	0.07	53.29	9.9	509	128	1.29	立方	
65		1.88*	—	49.02	0.16	0.06	0.31	0.57	31.31	79.58	0.24	0.09	—	0.44	1.09	—	472	180	1.01	球状	
66		1.45*	—	49.50	0.01	1.24	4.92	15.41	23.06	58.64	0.01	—	6.14	0.02	29.39	8.2	313	186	1.23	立方	
67		1.65*	0.33	59.19	0.03	0.01	0.07	0.03	38.35	97.48	0.04	0.01	—	0.10	0.06	5.4	1,523	767	1.32	粉碎	

*:乾燥減量

市販食塩の品質

表4. 微量成分分析結果

(mg/kg)

No	分類	Br	PO ₄	B	As	Hg	Pb	Cd	Cu	Li	Al	Cr	Mn	Fe	Zn	Sr
1	製法 ①	482	ND	19	ND	ND	ND	ND	ND	0.8	ND	ND	ND	0.3	ND	35
2		237	ND	11	ND	ND	ND	ND	ND	0.4	ND	ND	ND	0.8	0.9	23
3		850	7.4	46	ND	ND	ND	ND	ND	2.1	ND	ND	0.1	2.2	ND	71
4		431	3.3	16	ND	ND	ND	ND	ND	0.5	1.0	ND	1.3	24	ND	68
5		221	ND	6.6	ND	ND	ND	ND	ND	0.3	ND	ND	1.1	7.9	ND	6.7
6	未 乾 燥 塩	138	ND	3.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.6	ND	0.5	1.0	0.3	30
7		33	ND	1.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5	10	ND	4.4
8		110	ND	1.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.3	6.8	ND	14
9		420	ND	1.0	ND	ND	ND	ND	ND	0.3	ND	ND	ND	ND	ND	7.3
10		257	ND	8.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.8	0.9	7.0
11		64	ND	0.9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	1.1	ND	5.6
12		②	346	ND	1.8	ND	ND	ND	ND	0.5	ND	ND	ND	ND	ND	11
13		140	ND	1.6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.4	19	ND	16
14		196	ND	2.9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	3.0	1.0	12
15		109	ND	2.6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.4	ND	23
16		120	ND	9.0	ND	ND	ND	ND	ND	0.4	ND	ND	0.7	6.3	ND	26
17		300	ND	0.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.7	ND	0.3	3.1	0.6	5.4
18		94	ND	3.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	1.6	ND	6.7
19		173	3.9	1.7	ND	ND	ND	ND	ND	0.6	ND	ND	0.4	0.8	1.0	25
20		126	ND	11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5	ND	0.5	1.8	ND	11
21		590	ND	3.6	ND	ND	ND	ND	0.3	1.0	ND	ND	0.2	4.0	ND	14
22		16	ND	2.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.7	ND	0.5	5.2	ND	0.7
23	③	893	ND	3.6	ND	ND	ND	ND	1.2	ND	ND	ND	8.1	0.3	18	
24		480	ND	2.9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	3.0	1.0	12	
25		1,638	ND	4.4	ND	ND	ND	ND	ND	1.2	ND	ND	ND	ND	25	
26		854	ND	2.5	ND	ND	ND	ND	0.3	0.8	ND	ND	ND	ND	13	
27		1,366	ND	5.5	ND	ND	ND	ND	0.2	1.5	ND	ND	ND	ND	11	
28		715	ND	2.5	ND	ND	ND	ND	ND	0.5	ND	ND	ND	1.4	2.1	18
29		1,109	ND	4.4	ND	ND	ND	ND	0.3	1.1	ND	ND	0.1	2.5	ND	20
30		1,030	2.1	4.9	ND	ND	ND	ND	0.3	0.7	ND	ND	ND	ND	ND	15
31		1,414	ND	2.2	ND	ND	ND	ND	0.3	1.0	ND	ND	ND	ND	ND	17
32		④	1,066	ND	4.3	ND	ND	ND	ND	0.2	1.1	ND	ND	0.2	1.8	ND
33	437	ND	2.5	ND	ND	ND	ND	ND	0.4	ND	ND	ND	ND	ND	6.6	
34	乾燥 塩	94	ND	4.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.4	ND	27
35		722	ND	5.3	ND	ND	ND	ND	ND	0.5	ND	ND	0.1	0.8	ND	7.5
36		447	ND	2.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.4	5.6
37		101	ND	3.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.3	1.0	ND	26
38		346	ND	1.6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.4	ND	2.1
39	758	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.8	
40	添加 物 塩	45	5.6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.0	ND	ND	0.9	ND	2.2
41		477	ND	1.2	ND	ND	ND	ND	0.6	ND	1.4	ND	0.2	0.7	ND	3.1
42		463	ND	0.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	0.4	ND	1.3
43		548	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5.9	ND	ND	2.0	ND	6.9
44		48	ND	0.7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.6	ND	0.1	ND	ND	1.0
45		564	ND	0.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5
46		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4.9	ND	0.1	0.6	ND	0.7
47		439	—	12	ND	ND	ND	ND	ND	0.7	0.6	ND	0.1	1.3	0.4	22
48		85	ND	0.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5	ND	0.3	0.5	0.3	5.3
49	26	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.3	ND	1.3	

国内生産塩

(表4. のつづき)

(mg/kg)

No	分類	Br	PO ₄	B	As	Hg	Pb	Cd	Cu	Li	Al	Cr	Mn	Fe	Zn	Sr	
		50	天日塩	495	2.5	26	0.08	ND	ND	ND	ND	1.3	12	ND	7.4	24	0.7
51	329	3.1		16	ND	ND	ND	ND	ND	0.7	14	ND	3.7	23	ND	53	
52	234	5.9		10	0.04	ND	0.8	ND	ND	0.5	64	ND	2.4	116	0.4	54	
53	273	5.7		17	0.04	ND	0.6	ND	ND	0.7	65	0.8	5.3	114	0.4	61	
54	239	7.3		12	0.05	ND	0.8	ND	ND	0.7	104	0.9	3.3	158	0.6	55	
55	304	5.0		16	ND	ND	ND	ND	ND	0.7	58	ND	4.9	98	0.4	68	
56	120	ND		1.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6.3	ND	4.3	8.1	ND	25
57	305	ND		8.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.4	2.5	ND	0.5	9.6	ND	42
58	343	ND		0.6	ND	ND	ND	ND	ND	0.9	ND	ND	ND	4.8	3.5	ND	11
59	88	ND		1.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5.1	ND	4.8	7.9	ND	30
60	101	ND	2.7	ND	ND	ND	ND	ND	2.2	ND	5.3	ND	5.3	8.5	ND	55	
61	大粒	97	ND	4.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.0	ND	1.3	1.3	ND	2.8	
62		137	ND	0.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	0.4	ND	18	
63	添加物塩	127	ND	0.7	ND	ND	ND	ND	ND	0.8	4.9	ND	ND	2.7	ND	1.6	
64		297	3,410	0.6	ND	ND	0.7	ND	ND	ND	2.1	ND	0.7	1.7	ND	1.4	
65		114	—	5.1	ND	ND	ND	ND	0.9	0.3	14	ND	2.5	31	1.3	5.6	
66		123	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.6	ND	0.2	2.4	ND	0.5	
67		91	9.7	0.7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.8	ND	0.6	3.7	0.3	17	
測定下限		10	2	0.5	0.03	0.03	0.5	0.2	0.2	0.3	0.5	0.5	0.1	0.3	0.2	0.2	

ND:測定下限未満

ム光度法により定量し、ナトリウムは結合計算法により求めた。なお、水分については、有機物が混在している製品が多い添加物塩に限り、140 乾燥法(乾燥減量)を用いた。

2) 微量成分

臭化物イオンはイオンクロマトグラフ法、リン酸イオンはモリブデンブルー吸光度法、その他の元素は ICP AES 法により定量した。なお、ICP AES 法によるヒ素、水銀および鉛の分析では、水酸化物法を併用した。

3) pH

ガラス電極法(試料 20g + 水 60ml)により測定した。

4) 添加物

塩基性炭酸マグネシウムおよび炭酸カルシウムは、中和滴定法により定量した。グルタミン酸ナトリウムとリジン塩酸塩は Waters 社 AccQ-Tag アミノ酸分析キットを用いた HPLC 法²⁾、クエン酸塩と乳酸塩は ODS カラムを用いた HPLC 法¹⁾、により定量した。

5) 粒度

音波振動式全自動ふるい分け法により測定した。なお、乾燥塩は無処理で測定試料とし、水分が多く凝集している試料塩は微粒二酸化ケイ素含有アルコール浸漬法による前処理を行い測定試料とした。

6) かさ密度(固め)

ホソカワミクロン(株)製のパウダーテスター PT D 型を用いて測定した。なお、量が少なく測定できない場合は、上記装置とほぼ同様な測定値が得られたメスシリンダー(300ml)を用い、約 1 分間机上でタッピングする方法により測定した。

2. 結果

調査した試料の主成分、pH、結合計算結果および物性値を表 2 および 3 に、微量成分分析結果を表 4 に、添加物の分析結果を表 5 に示し、以下に製品の分類毎に特徴を解説する。

2.1. 国内産未乾燥塩

1) 主成分

表 2 の主成分分析結果から図 1 に製法別の不純物量を、図 2 に加熱減量と塩化ナトリウム純度の関係を示した。以下に各製法による製品の特徴を示す。

- カリウムは、製法 の製品に少なく、製法 の製品に多い傾向がある。
- 製法 の製品は、カルシウム、マグネシウムおよび硫酸イオンが他の製法の製品に比して多く、水分(加熱減量)も多いため塩化ナトリウム純度は低い。
- 製法 の製品に不溶解分(. M.)が多い。
- 塩化ナトリウム純度は、加熱減量が少ないほど

表5. 添加物塩の添加物量分析結果

(%)

No	分類	炭酸カルシウム	炭酸マグネシウム	グルタミン酸Na	その他の添加物
40	国内生産	0.29 (0.4)	—	—	乳酸 Ca 0.42(0.4)
41		0.30 (0.5)	0.23 (0.3)	0.76 (1.0)	
42		0.44 (0.5)	0.25 (0.3)	0.52 (0.6)	クエン酸 Ca 0.05(0.5)
43		0.72 (0.5)	—	0.79 (1.0)	
44		0.20 (0.2)	0.29 (0.3)	0.64 (0.5)	
45		—	—	10.01 (10)	
46		—	—	—	クエン酸 Na 10.73(12), SiO ₂ (0.3), KCl24(26.9), MgSO ₄ 3.7(6.0)
47		—	—	—	デンプン(—)
48		—	—	—	SiO ₂ (—), 乳酸Ca 3.96(—)
49		—	0.44 (0.4)	—	
63	輸入食塩	0.95 (1.0)	0.25 (0.3)	—	
64		—	0.31 (0.4)	—	Ca ₃ (PO ₄) ₂ 0.56(0.6)
65		0.23 (—)	—	—	SiO ₂ (—), ハーブ(—)
66		—	0.29 (0.4)	—	リジン塩酸塩 1.41(2.0)
67		—	—	—	海藻(—)

()内:包装表示値

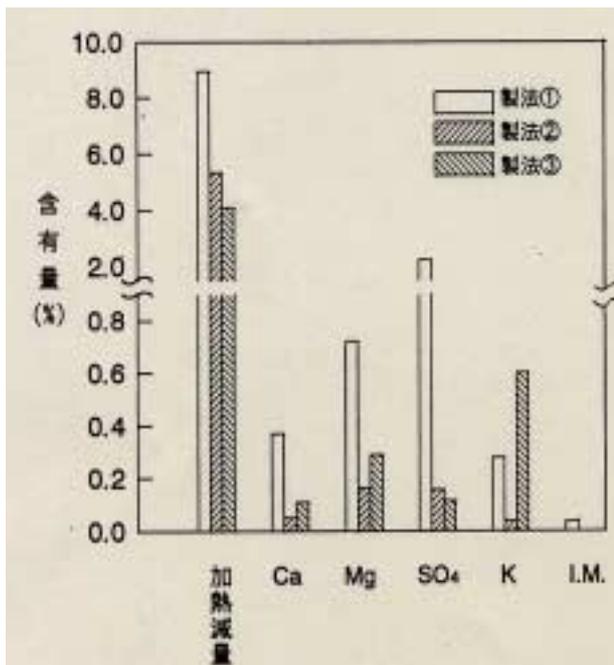


図1. 国内産未乾燥塩の製法別不純物量平均値の比較

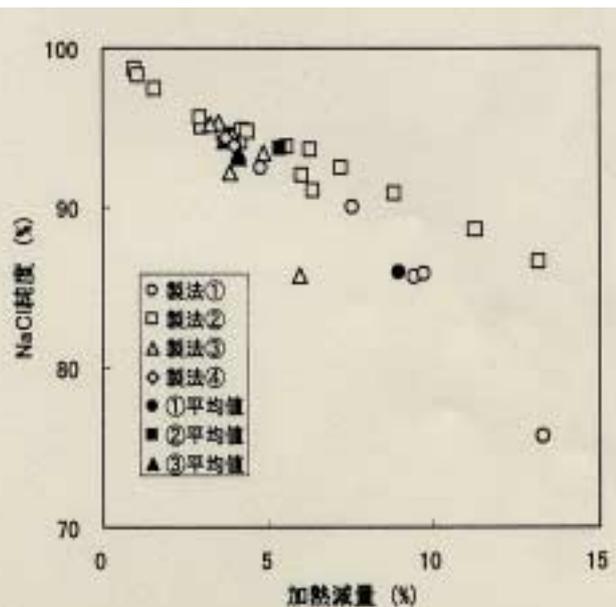


図2. 国内産未乾燥塩の加熱減量と塩化ナトリウム純度の関係

高いが、加熱減量が多くなると製法によって差がある。

a)については、製法 ①の原料である輸入天日塩中のカリウム量が0.01~0.03%と少ないため、これを用いた製品中のカリウム量も少ない。これに対し、製法 ②の原料であるイオン交換膜製法塩は、イオン交換膜電気透析におけるカリウムの透過率が高いため、製塩時の母液中のカリウム濃度が高く、塩中にカリウムを多く含んでいるので³⁾、製品中のカリウム量も多くなる。

b)については、製法 ③の製品には、海水濃縮時に析

出する硫酸カルシウムが多く含まれているためであり、溶けにくい点も特徴となる。マグネシウムが多い点については、採塩終了時の濃縮度が高いためと推測される。

c)については、製法特有の土砂などの混入によるものである。

d)については、塩の純度はにがり以外の添加物が加えられない限り、水分に依存するためである。図 2 で加熱減量3%以上で傾向が異なっているが、これは塩に含まれる母液成分(またはにがり)の組成(溶液中

の塩化ナトリウム以外の塩類含有量)の差から生じたものと推測される。

表 2 の各成分の結合組成において、製法 の製品は海水と同様に硫酸マグネシウム量がプラスとなり(以下硫マ系と記す)、輸入天日塩も同様である。しかし、製法 の No. 9, 12, 14 など数点の製品の硫酸マグネシウム量は 0% となり、塩化カルシウム量がプラスとなる(以下塩カル系と記す)。これは、製造段階に用いられたにがりの結合組成が塩カル系であるためである。使用されるにがりには、イオン交換膜製塩にがりと塩田にがりがある。イオン交換膜製塩にがりイオン交換膜電気透析において硫酸イオンの透過率がカルシウムに比して大幅に低い(約 1/10) ために結合組成は塩カル系となり、輸入天日塩やその再結晶品に添加すると、その製品は塩カル系となる。No. 14, 20 が塩田にがりの使用を表示しているが、No. 14 は塩カル系で No. 20 は硫マ系である。表-6 に中国から輸入されているにがりの分析結果を示すが、組成は塩カル系である。通常塩田にがりには硫マ系となるが、中国では塩化カルシウム添加により硫酸イオンを減少させているために塩カル系となるので、このにがりを使用すると製品は塩カル系となる。

表 6 . 中国産粉末にがりの分析結果 (%)

MgCl ₂	CaCl ₂	CaSO ₄	KCl	NaCl
45.91	0.32	0.72	0.48	0.84

2) 微量成分

表-4 の微量成分分析結果における各元素の傾向を以下に示す。

- a) ISO の食用塩規格案⁴⁾で指定されている有害元素(水銀, ヒ素, 鉛, カドミウム, 銅)の中では数点から銅が検出されたが、規格案の上限許容値(銅 2mg/kg)以下である。銅が混入する原因の多くは、製塩装置材料に起因すると考えられる。
- b) 臭化物イオンが全製品から検出され、1,000mg/kg (0.10%) 以上の製品も見られる。製法別に平均値を比較すると製法 の製品は 444mg/kg、製法 の製品は 190mg/kg、製法 の製品は 1,055mg/kg であり、製法 のイオン交換膜製塩を原料としている製品に多い。これは、イオン交換膜電気透析における、臭化物イオンの透過率が塩化物イオンよりも高く、カリウムと同様に塩中に多く含まれるためである。塩中の臭化物イオンの存在形態は無機体の臭化物塩であり、含有量が多くても安全性に問題はない。

- c) 臭化物イオン以外でホウ素が 0.5~46mg/kg、ストロンチウムが 0.7~68mg/kg の範囲で全試料から検出された。ホウ素とストロンチウムは、製法 の製品に多い傾向がある。
- d) リチウムも多くの試料から検出され、製法 の製品に 1mg/kg 以上含まれるものが多く見られた。
- e) リン酸イオンおよび亜鉛が検出された製品は少なく、クロムは全試料測定下限未満であった。
- f) 鉄は多くの製品から検出され、10mg/kg 以上の製品もあった。鉄は原料(にがり含む)に起因する場合もあるが、製造時に使用する釜の材質によるものや添加物として添加しているもの(No. 21, 29, 32)もある。
- g) アルミニウムは製法 と の製品の数点から検出され、マンガンについても同じ分類の多くの製品から検出された。

3) 物 性

結晶形(表-2)については、単結晶が集合成長した擬集塩(写真1)、鱗片状のフレーク塩(写真2)、天日塩の粉碎塩(写真3)および立方体塩(写真4)があり、フレーク塩と分類した中には中空の四角錐状のトレミー結晶(写真5)が含まれる製品(No. 4, 9)がある。製法 と の製品は、擬集塩とフレーク塩が多く、製法 の場合、輸入天日塩を溶解再結晶している製品が多いことが分かる。また、製品表示に平釜塩と記されている製品(No. 8, 10, 11, 15, 18, 22)があるが、同じ平釜塩でも擬集塩(No. 11, 15, 22)とフレーク塩(No. 8, 10, 18)とがある。これは平釜製塩でも採塩方法が違うためである。製法 の製品は、原料が強制循環型真空蒸発缶で製造された塩であるので、全て立方体塩である。製法 の製品は写真6のように立方体塩と粉碎塩が混合されているのが分かる。

この製法によって結晶形に差が生じることが、物性値の差となり、塩の平均粒径および(粒径の標準偏差)の平均値は、製法 が小さい。かさ密度は、製法 および が製法 に比して小さい。

図-3, 4 に結晶形別の物性値を示すが、平均粒径はフレーク塩が大きく、製品間の差(R)も大きい。その他の結晶形については、平均粒径の平均値にほとんど差はない。かさ密度については、擬集塩とフレーク塩の平均値は小さいが、製品間の差は大きい。これに対し、粉碎塩と立方体塩の平均値は高く、製品間の差も小さい。

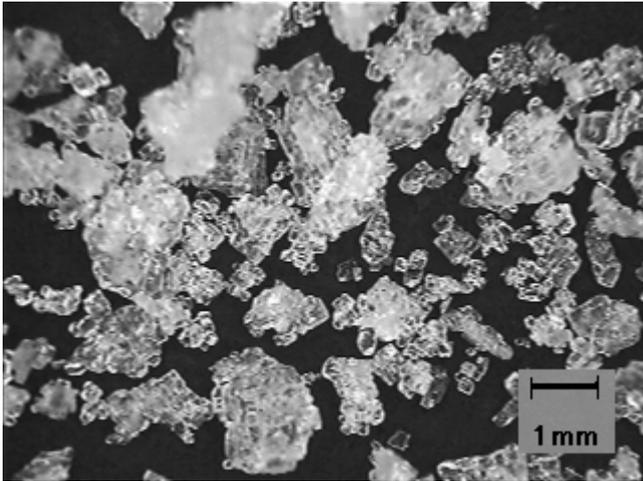


写真1. 凝集塩 (No.15)

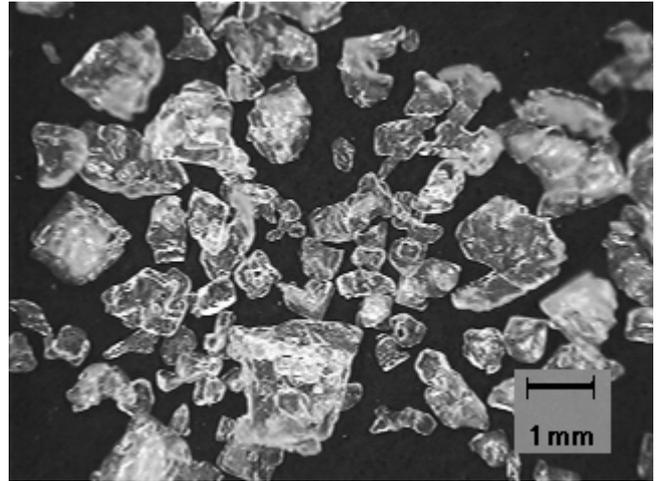


写真2. フレーク塩 (No.8)

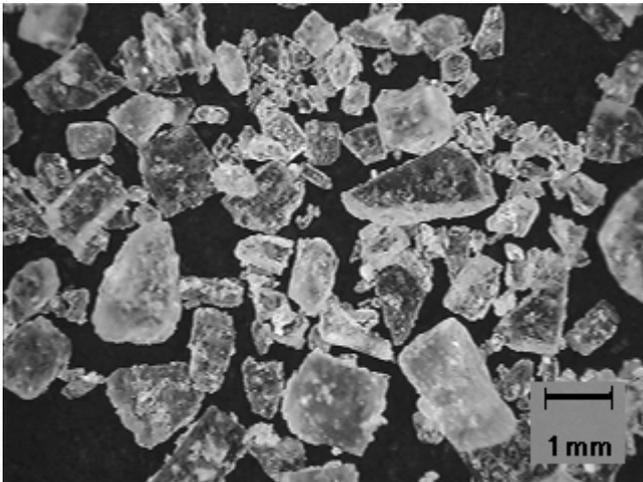


写真3. 粉碎塩 (No.13)

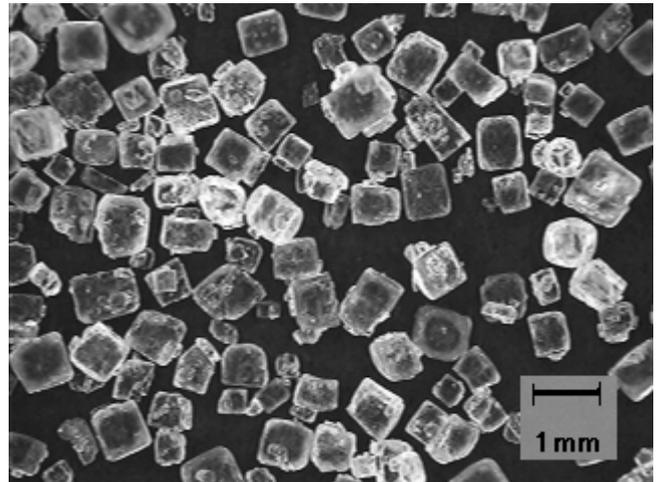


写真4. 立方体塩 (No.26)



写真5. トレミー塩 (No.4)

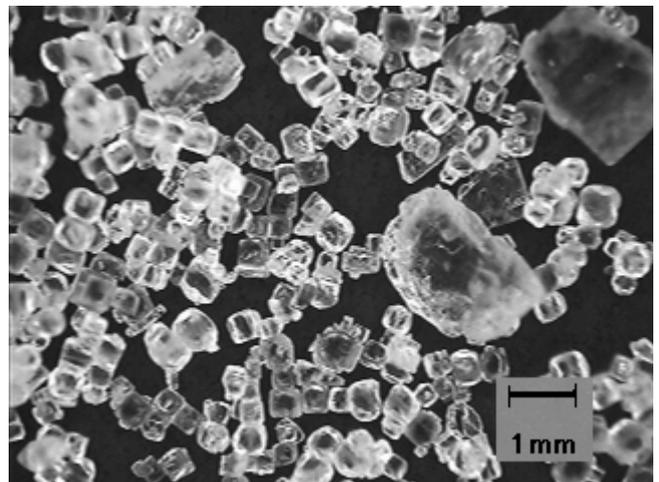


写真6. 混合塩 (No.32)

2. 2. 国内産乾燥塩(焼き塩含む)

乾燥塩の分析結果(表 3)において、加熱減量(水分)は加熱処理をしているにもかかわらず、0.5%以上の塩もある。これは、製品中に塩化マグネシウムが含まれ、乾燥後に吸湿してしまうためである。

乾燥塩の大きな特徴として、生活用塩の No.39 を除いて全て pH が 9 以上と高いことがあげられる。これ

は、加熱工程において、塩中の塩化マグネシウムが分解して塩基性塩化マグネシウムが生成される⁵⁾ためである。特に、No. 35, 37, 38 は、難溶性の塩基性マグネシウム化合物を含み、水に溶解すると白濁し、不溶解分として検出された。

乾燥塩の原料については、結合組成からはイオン交換膜製法塩(塩カル系)と天日塩(硫マ系)とが半々

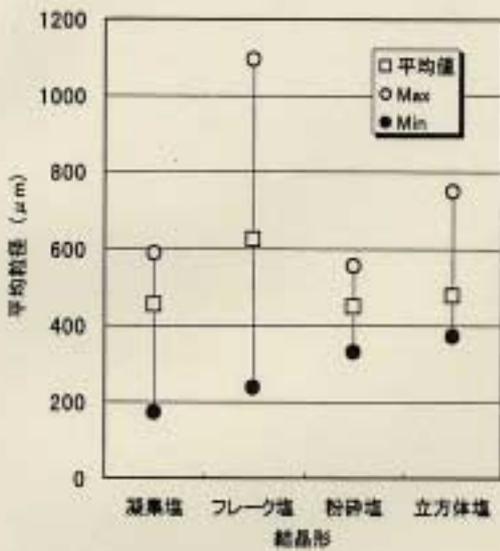


図3 国内産未乾燥塩の結晶形別平均粒径

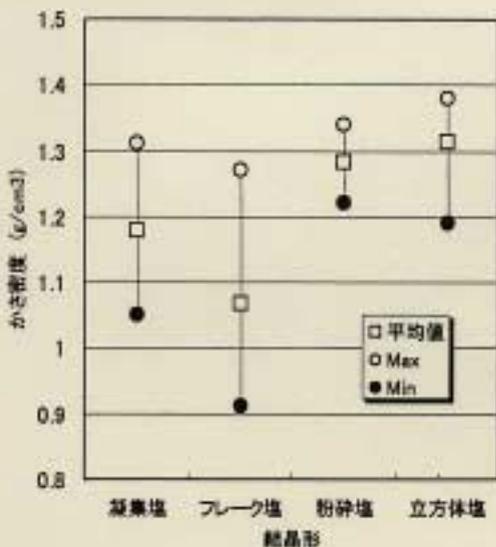


図4 国内産未乾燥塩の結晶形別かさ密度

であるが、No. 35 は、カリウムや臭化物イオン量が多く(表 4)、結晶形が立方体である(表 5)ことなど原料がイオン交換膜製法塩である特徴を示している。

微量成分(表 4)については、有害元素が検出された製品はない。ストロンチウムについて、不日塩を原料とした製品とイオン交換膜製法塩を原料とした製品の差が明確に示された。

製品の結晶形については、No. 34 がフレーク塩であり、No. 37 が凝集塩である他は立方体塩であり、フレーク塩のNo. 34 のかさ密度が小さく、その他の製品はほぼ同じである。平均粒径は、276~507 μmの範囲にあり、未乾燥塩に比して小粒径の製品が多い。

2.3. 国内産添加物塩

塩の添加物(表 5)については、固結防止剤として主に炭酸カルシウムと塩基性炭酸マグネシウムが用いられ、併用されている製品が多く、添加量は全て1%以下である。この他、固結防止剤として二酸化ケイ素(No. 46 と No. 48)とデンプン(No. 47)が用いられている。その他の添加物としては、うま味成分としてグルタミン酸ナトリウムが用いられている製品が多く、添加量はNo. 45(10%)以外は全て1%以下であった。また、クエン酸と乳酸のカルシウム塩を添加している製品がある。No. 46 は多カリ塩であり、塩化カリウムと硫酸マグネシウムが添加され、塩化ナトリウム純度は60%以下に抑えられている。

表 5 以外の添加物として、未乾燥塩に分類したNo. 21, 29, 32 の塩化鉄()があるが、表 4 の分析結果から10mg/kg程度と推測される。

添加物塩の原料塩については、不純物量、結晶形および表 3 の結合組成からイオン交換膜製法塩の塩が多い。No. 47, 48 は、結合計算結果が硫マ系であり、その結晶形から天日塩またはその再結晶塩を原料としている。No. 44 については、カルシウムおよびマグネシウム量がmg/kgオーダーと少ないことから、生活用塩であるNo. 49 と同様に「精製塩」(天日塩を溶解してカルシウムとマグネシウムを除去した後再結晶した塩で結晶形は立方体)を原料としていると考えられる。No. 40 は、カルシウムおよびマグネシウムが数十mg/kgオーダーとなったが、カリウム、硫酸イオンおよび臭化物イオンの量が数十mg/kgと少ないことから、「精製塩」クラスの塩を原料としていると考えられる。

微量成分(表 4)については、有害元素ではNo. 41 から銅が0.6mg/kg検出された。その他元素については、アルミニウムが多い製品が目立ち、No. 43, 46 は5.9, 4.9mg/kgと多い。

物性値については、No. 47, 48 を除いて結晶形は立方体結晶であるため、かさ密度が高い製品が多い。No. 47 は、結晶系がせんごう凝集塩であり、また、デンプンが約3%含まれているためにかさ密度は0.88g/cm³と低い。平均粒径は、添加物の影響により塩の平均粒径としてはやや低い数値となっているが、300~400 μm付近の製品が多い。

2.4. 輸入食塩

1) 天日塩

国内に輸入されている食塩で、フランス(No. 50~55)、イタリア(No. 56, 57)および中国(No.)

は、ハーブ塩であり二酸化ケイ素が添加されている。No. 66 は、アミノ酸の一種であるリジン塩酸塩が添加されており、No. 67 は海藻が添加された塩である。

固結防止剤として海外で使用されることがあるフェロシアン化ナトリウム(またはカリウム)について、輸入食塩全点を対象に定性分析を行ったが、いずれの製品からも検出されなかった(検出下限 2mg/kg)

主成分分析結果(表 3)において、No. 64, 66 は塩化ナトリウム 60%以下の低ナトリウム塩であり、塩化カリウムが No. 64 で 53%、No. 66 で 29%添加されている。

結合計算結果(表 3)において、No. 64, 65, 67 が塩カル系となったが、No. 64 は塩基性炭酸マグネシウムの分析誤差が影響している可能性があり、また No. 65 については、添加されているハーブからの塩類の溶出が考えられ、塩カル系とは断定できない。No. 67 については、天日塩が主であることから、海藻が添加された影響(塩類溶出)により塩カル系となったと考えられる。

微量成分(表 4)については、No. 64 から有害元素である鉛が、No. 65 から銅が検出されたが、ISO 食用塩規格案上限許容値以下であった。

結晶形(表 3)については、No. 63 および No. 65 は写真 8 に示すように球状塩が主(立方体塩が含まれる)であり、溶解かん水を強制循環式結晶缶により製造した製品である。

要 約

日本国内で市販されている家庭用調理用塩の品質を把握することを目的とし、国産塩と輸入食塩 67 点の主成分、微量成分および物性値の調査を行い、以下の結果を得た。

- a) 国産の未乾燥塩は、海水を濃縮して製造した塩、天日塩を原料とした製品およびイオン交換

膜製法塩を原料とした製品との間で、主成分、微量成分および物性値にそれぞれの特徴が示された。

- b) 乾燥塩は、特徴として pH が高く、難溶性の塩基性マグネシウム化合物が多く含まれている製品が見られた。
- c) 添加物塩は、炭酸カルシウムと炭酸マグネシウムが併用されている製品とグルタミン酸ナトリウムが添加されている製品が多かった。
- d) 輸入食塩の天日塩製品は、不溶解分が多く、鉄とアルミニウムが多く含まれていた。フランス製品からは有害元素であるヒ素、鉛、クロムが検出され、中国製品からは ISO 食用塩規格案の上限許容値を上回る銅が検出された。

本調査結果によって、市販塩の品質が明らかになり、消費者の商品選択に有効な資料となると考えるが、塩市場には今回調査対象とならなかった製品が数多くあるので、より多くの製品の品質を調査する必要がある。また、今回の調査において有害元素が検出された製品もあったが、塩製品の安全性の観点から、近年注目されている有機系汚染物質や微生物の検査も必要となると考える。

文 献

- 1) (財) 塩事業センター(1997)「塩試験方法」
- 2) 古賀明洋, 新野靖(1998)食塩中のグルタミン酸ナトリウムの分析, 日本海水学会第 49 年会講演要旨集, 17
- 3) 新野靖, 西村ひとみ, 吉藤豊(1995)製塩工程のせんごう条件と結晶内不純物の関係, 日本海水学会第 46 年会講演要旨集, 29
- 4) 日本たばこ産業(株)塩専売事業本部(1986)「世界の塩」, p145
- 5) 新野靖, 西村ひとみ, 有田正俊(1993)乾燥塩における難溶性物質の生成, 海水誌 47, 2, 74-80

(平成 10 年 11 月 15 日受理)