調査・資料

ICP 発光分析法による食品中の 17 金属元素量について^{*1}
——魚介類——

(平成 3 年 2 月 22 日受理)

池 辺 克 彦^{*2} 西 宗 高 弘^{*2} 田 中 涼 一^{*2}Contents of 17 Metal Elements in Food Determined by Inductively Coupled
Plasma Atomic Emission Spectrometry
——Fish and Shellfishes——Katsuhiko IKEBE, Takahiro NISHIMUNE and Ryoichi TANAKA
(Osaka Prefectural Institute of Public Health: 1-3-69, Nakamichi,
Higashinari-ku, Osaka, Japan)**Key words:** 金属 metal; 元素 element; 高周波誘導結合プラズマ発光分析 inductively coupled plasma (ICP) atomic emission spectrometry; 魚介類 fish and shellfish

緒 言

前報^{1)~3)}では ICP (Inductively Coupled Plasma) 発光分析法を用いて野菜類, 果実類, 芋類, きのこと類, 穀類, 豆類及びその加工品, 海藻類及び種実類, 菓子類, 調理加工品類, 嗜好飲料類, 調味料類の金属元素の分布実態を明らかにした。更に, 今回は魚介類 37 種, 151 検体の分析を行い, 若干の知見を得たので報告する。

実 験 方 法

1. 試料の調製及び分析方法

1988~1989 年に大阪府内のスーパーマーケット及び小売店で購入した魚介類 37 種, 151 検体を用いた。検体は市販品の状態のまま可食部を試験に供した。従って単位はすべて wet basis (ppm) として表した。灰化に際し試料はサンプルポートに精ひょう後凍結乾燥し, 直接低温灰化装置で灰化を行った。灰分は 0.5 N 硝酸で一定量に定容し, これを試験溶液として ICP 発光分析装置で多元素同時分析を行った。分析方法は既報¹⁾のとおりである。なお, 統計処理にあたっては, 2 検体以下の試料カサゴ (2 検体), ハマグリ (2), カマス (2), ワカサギ (2), フグ (2), アンコウ (2), アゲマキガイ (1), カンパチ (1) は除いた (29 種, 137 検体)。ただし, 魚類, 貝類, イカ・タコ類及びエビ・カニ類などと大別し, 解析するときは

2 検体以下の試料も含めた (37 種, 151 検体)。

2. 測定対象元素

カドミウム (Cd), コバルト (Co), クロム (Cr), バナジウム (V), 鉛 (Pb), バリウム (Ba), モリブデン (Mo), ニッケル (Ni), 銅 (Cu), マンガン (Mn), アルミニウム (Al), ストロンチウム (Sr), 鉄 (Fe), 亜鉛 (Zn), カルシウム (Ca), マグネシウム (Mg) 及びリン (P) の 17 元素

3. 標準溶液及び試薬

Cd, Co, Cr, V, Pb, Ba, Mo, Ni, Cu, Mn, Al, Sr, Fe, Zn, Ca 及び Mg の標準溶液: 和光純薬工業(株)製, 原子吸光分析用 1,000 ppm 標準溶液を適宜希釈混合して使用した。

P 標準溶液: KH_2PO_4 43.9 g を精ひょうし 0.5 N 硝酸を加えて 1,000 ml とした。(P として 10,000 ppm)

その他の試薬は和光純薬工業(株)製の有害金属測定用試薬を使用した。

4. 装置及び器具

真空凍結乾燥機: Labconco 社製 FD5 型

低温灰化装置: International Plasma Corporation 社製 1101B 型

ICP 発光分析装置: セイコー電子工業(株)製 SPS 1200A 型

パーソナルコンピューター: 日本電気(株)製 PC-9801E

^{*1} 食品中各種元素の動態に関する研究 (第 6 報)

^{*2} 大阪府立公衆衛生研究所: 大阪市東成区中道 1-3-69

Table 1. Average Contents of 17 Metals in Fish

Sample	n	Mo	Co	Ni	Cr	V	Cd	Pb	Ba	Mn	Cu	Sr	Fe	Al	Zn	Mg	Ca	P
Mean Sea-bream	11	0.009	0.010	0.10	0.055	0.050	0.023	0.05	0.04	0.11	0.17	0.96	1.96	4.77	3.32	286	311	2048
Min.		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01	ND	0.10	0.11	0.94	3.05	2.31	211	68	1148
Max.		0.020	0.023	0.81	0.111	0.123	0.047	0.10	0.11	0.28	0.23	3.15	3.70	7.31	5.82	405	991	2848
Mean Flatfish	10	0.012	0.008	0.04	0.050	0.051	0.026	0.05	0.04	0.25	0.18	1.32	2.14	4.39	3.98	245	351	1752
Min.		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01	ND	0.10	0.41	0.94	2.87	2.59	161	68	1318
Max.		0.065	0.024	0.09	0.096	0.100	0.046	0.14	0.07	1.08	0.30	5.04	3.82	6.51	5.52	337	1534	2697
Mean Sardine	6	0.017	0.017	0.09	0.063	0.048	0.045	0.07	0.08	0.89	1.49	0.86	19.41	5.00	9.95	330	815	2644
Min.		ND	0.010	ND	ND	0.008	0.017	ND	0.03	0.27	0.89	0.37	11.29	1.42	6.53	303	454	2208
Max.		0.042	0.029	0.43	0.123	0.109	0.081	0.19	0.20	1.58	1.98	1.51	25.17	7.81	12.70	384	1281	3170
Mean Jack mackerel	6	0.008	0.008	0.03	0.106	0.022	0.047	0.06	0.06	0.15	0.85	1.77	10.01	5.19	4.62	297	412	2330
Min.		ND	0.005	ND	0.034	ND	0.013	ND	0.03	0.09	0.57	0.74	7.33	4.00	3.75	260	185	2056
Max.		0.025	0.014	0.05	0.250	0.082	0.097	0.12	0.12	0.24	1.23	5.26	14.50	6.44	5.06	326	1147	2600
Mean Salmon	5	0.017	0.016	0.67	0.064	0.044	0.022	0.05	0.03	0.08	0.46	0.49	4.40	4.59	3.29	274	127	2294
Min.		ND	ND	ND	0.036	ND	ND	ND	0.01	0.07	0.24	0.17	2.74	3.65	2.70	221	60	2029
Max.		0.067	0.030	2.33	0.095	0.122	0.048	0.09	0.04	0.09	0.75	0.81	6.19	6.18	3.85	354	186	2832
Mean Yellowtail	5	0.007	0.018	0.91	0.051	0.043	0.028	0.08	0.05	0.14	0.89	0.28	9.31	5.05	5.24	291	88	2320
Min.		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.01	0.09	0.44	0.11	1.89	2.75	4.25	223	41	1902
Max.		0.010	0.044	4.46	0.096	0.110	0.047	0.17	0.11	0.18	1.27	0.80	15.14	6.66	6.19	337	241	2739
Mean Yellowtail	5	0.006	0.007	0.03	0.077	0.043	0.014	0.10	0.02	0.08	0.45	0.13	7.86	4.92	4.50	277	48	2223
Min.		ND	ND	0.01	0.035	ND	ND	0.07	0.01	0.05	0.23	0.10	3.47	4.30	3.68	217	36	1734
Max.		0.010	0.023	0.05	0.108	0.125	0.049	0.15	0.06	0.14	0.87	0.15	14.76	6.32	5.41	352	77	2601
Mean Grunt	5	ND	0.007	0.03	0.135	0.024	0.017	0.04	0.05	0.10	0.40	1.46	5.80	5.14	3.44	320	372	2375
Min.		—	ND	ND	0.038	ND	0.006	ND	0.03	0.07	0.21	0.61	3.67	4.25	3.27	298	182	2255
Max.		—	0.023	0.04	0.265	0.112	0.051	0.08	0.08	0.13	0.68	1.96	9.69	6.27	3.68	343	489	2442
Mean Hairtail	4	ND	0.008	0.07	0.058	0.048	0.019	0.04	0.04	0.18	0.19	0.65	3.24	5.14	3.28	299	209	2184
Min.		—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.03	0.10	0.15	0.37	1.09	4.30	3.05	279	115	2090
Max.		—	0.023	0.22	0.120	0.114	0.047	0.07	0.05	0.30	0.29	1.47	8.17	5.88	3.41	318	449	2282

Table 1. Continued

Sample	n	Mo	Co	Ni	Cr	V	Cd	Pb	Ba	Mn	Cu	Sr	Fe	Al	Zn	Wet basis (ppm)			
																Mg	Ca	P	
Mean Mackerel	4	ND	0.011	0.07	0.064	0.053	0.033	0.08	0.05	0.10	0.63	0.99	7.82	4.70	4.03	322	252	2569	
Min.		—	0.005	ND	0.006	ND	0.011	ND	0.04	0.08	0.38	0.65	4.12	3.70	3.26	299	109	2212	
Max.		—	0.025	0.22	0.120	0.125	0.047	0.19	0.05	0.12	1.16	1.54	11.07	5.78	5.39	359	394	2942	
Mean Silver pomfret	4	ND	0.016	0.80	0.067	0.054	0.028	0.06	0.05	0.12	0.26	0.90	2.58	4.18	3.95	297	170	2088	
Min.		—	ND	ND	0.037	ND	0.013	ND	0.01	0.07	0.12	0.72	1.51	2.10	3.17	259	116	1613	
Max.		—	0.035	3.14	0.091	0.120	0.048	0.10	0.10	0.16	0.56	1.15	4.58	5.79	4.58	374	239	2368	
Mean Pacific saury	4	0.009	0.015	0.03	0.086	0.037	0.035	0.07	0.07	0.22	1.40	2.04	17.89	4.15	6.41	282	375	1816	
Min.		ND	0.006	ND	0.034	ND	0.013	ND	0.02	0.20	0.94	1.57	12.51	3.24	5.30	265	298	1434	
Max.		0.011	0.029	0.05	0.193	0.121	0.051	0.14	0.11	0.26	2.18	2.32	25.25	4.89	8.42	303	457	2032	
Mean Spanish mackerel	4	0.027	0.005	0.05	0.105	0.031	0.028	0.03	0.05	0.12	0.27	0.73	3.06	3.92	4.28	324	262	2340	
Min.		ND	ND	0.01	0.038	ND	0.011	ND	0.03	0.09	0.21	0.21	0.93	1.05	3.08	290	62	2140	
Max.		0.083	0.013	0.15	0.190	0.107	0.048	0.05	0.06	0.13	0.30	2.18	6.64	6.37	5.41	338	832	2640	
Mean Butter fish	4	0.009	0.008	0.03	0.061	0.036	0.031	0.06	0.04	0.14	0.40	1.61	8.99	3.84	3.76	301	266	1902	
Min.		ND	ND	0.02	0.036	ND	0.013	ND	0.03	0.10	0.28	1.13	1.92	1.32	2.82	270	181	1697	
Max.		0.014	0.019	0.04	0.090	0.085	0.048	0.09	0.05	0.18	0.56	2.01	25.58	6.30	4.94	317	353	2078	
Mean Cod	4	0.024	0.009	0.04	0.050	ND	0.024	0.05	0.02	0.07	0.22	1.04	1.80	4.52	3.88	242	143	1301	
Min.		ND	ND	0.02	0.007	—	ND	ND	0.01	0.05	0.19	0.28	0.94	3.50	3.52	223	74	614	
Max.		0.069	0.015	0.05	0.079	—	0.042	0.11	0.04	0.08	0.25	1.92	2.89	4.87	4.31	275	244	1943	
Mean Sea eel	4	0.006	0.007	0.04	0.071	0.013	0.051	0.03	0.05	0.64	0.14	2.99	1.60	6.33	4.53	280	731	2197	
Min.		ND	ND	0.01	ND	ND	0.007	ND	0.03	0.45	0.05	2.08	1.48	4.50	4.13	207	486	1970	
Max.		0.010	0.018	0.08	0.107	0.044	0.120	0.05	0.07	0.97	0.20	3.82	1.68	8.10	4.89	359	939	2380	
Mean Flounder	4	ND	0.019	1.52	0.100	0.027	0.005	ND	0.03	0.19	0.34	0.69	1.87	4.19	4.45	255	171	2066	
Min.		—	ND	0.03	0.059	ND	ND	—	0.02	0.06	0.15	0.15	1.24	4.00	3.24	209	81	1426	
Max.		—	0.067	5.92	0.186	0.101	0.011	—	0.04	0.37	0.71	1.30	2.73	4.45	7.14	305	295	2560	
Mean Butterfly bream	3	0.015	0.020	0.31	0.064	0.043	0.044	0.07	0.03	0.15	0.53	1.00	5.72	4.82	2.95	284	282	1838	
Min.		ND	0.014	ND	0.038	ND	0.040	ND	0.01	0.10	0.19	0.46	4.30	2.91	2.49	247	152	1470	
Max.		0.030	0.024	0.90	0.114	0.121	0.049	0.13	0.05	0.22	1.13	1.96	7.25	6.03	3.46	316	511	2180	

Table 1. Continued

Sample	n	Wet basis (ppm)														
		Mo	Co	Ni	Cr	V	Cd	Pb	Ba	Mn	Cu	Sr	Fe	Al	Zn	P
Mean Sand borer	3	ND	0.008	0.04	0.045	0.031	0.039	0.05	0.14	0.36	0.17	5.12	3.52	3.92	8.14	1427
Min.		—	ND	0.01	0.037	ND	0.023	ND	0.08	0.28	0.12	2.75	1.97	1.99	3.89	482
Max.		—	0.017	0.05	0.053	0.078	0.051	0.07	0.24	0.51	0.20	6.99	5.37	6.78	15.56	2611
Mean Filefish	3	0.020	0.007	0.03	0.056	ND	0.023	0.06	0.03	0.25	0.30	1.43	1.91	4.66	4.78	375
Min.		ND	ND	0.01	ND	—	ND	ND	0.03	0.17	0.20	1.05	1.41	4.38	4.09	236
Max.		0.049	0.016	0.04	0.090	—	0.041	0.08	0.03	0.31	0.45	1.78	2.43	4.80	5.61	442

ND: Mo<0.010 ppm; Co<0.005 ppm; Ni<0.01 ppm; Cr<0.005 ppm; V<0.005 ppm; Cd<0.005 ppm; Pb<0.05 ppm

Table 2. Average Contents of 17 Metals in Shellfishes

Sample	n	Wet basis (ppm)														
		Mo	Co	Ni	Cr	V	Cd	Pb	Ba	Mn	Cu	Sr	Fe	Al	Zn	P
Mean Short-neck	4	0.052	0.153	1.58	0.076	0.041	0.098	0.09	0.10	1.96	2.07	7.59	44.10	9.58	12.36	738
Min. clam		0.010	0.088	0.19	0.043	ND	0.037	0.06	0.07	0.58	0.91	5.66	16.13	3.02	7.91	623
Max.		0.102	0.312	5.16	0.109	0.116	0.142	0.16	0.13	2.78	4.54	11.17	93.72	14.69	14.96	814
Mean Adductor	4	0.024	0.012	0.38	0.050	0.021	0.066	0.03	0.03	0.25	0.21	1.00	4.34	5.61	16.12	428
Min. muscle		0.010	ND	0.08	0.031	ND	0.026	ND	0.02	0.21	0.11	0.70	3.24	3.70	12.63	387
Max.		0.051	0.024	1.21	0.095	0.057	0.130	0.05	0.04	0.31	0.30	1.51	5.52	7.83	26.08	501
Mean Corb shell	4	0.082	0.123	3.32	0.199	0.044	0.243	0.15	0.96	4.67	4.94	7.09	78.66	17.04	19.53	153
Min.		0.043	0.069	0.10	0.131	0.016	0.080	0.07	0.44	3.35	2.87	2.07	65.05	2.49	14.43	81
Max.		0.122	0.221	12.68	0.263	0.060	0.445	0.25	1.55	6.72	8.80	11.06	106.00	30.07	23.88	217
Mean Arkshell	3	0.020	0.086	0.04	0.072	0.042	0.167	0.08	0.05	0.96	0.33	2.37	13.71	4.29	15.65	463
Min.		0.014	0.030	0.02	0.048	0.007	0.055	0.05	0.04	0.54	0.30	2.31	10.15	1.29	14.33	389
Max.		0.028	0.189	0.06	0.086	0.108	0.240	0.13	0.07	1.38	0.37	2.41	18.03	9.56	17.54	509
Mean Egg cockle	3	0.016	0.037	0.21	0.123	0.055	0.037	0.06	0.15	2.10	0.44	2.47	39.34	19.48	12.80	463
Min. clam		0.010	0.030	0.12	0.071	0.009	0.013	ND	0.07	1.57	0.32	1.94	12.36	7.18	10.20	447
Max.		0.024	0.046	0.29	0.155	0.119	0.053	0.09	0.20	2.70	0.53	2.86	61.30	43.30	14.42	481

ND: Co<0.005 ppm; V<0.005 ppm; Pb<0.05 ppm

Table 3. Average Contents of 17 Metals in Squid and Octopus

Sample	n	Mo	Co	Ni	Cr	V	Cd	Pb	Ba	Mn	Cu	Sr	Fe	Al	Zn	Mg	Ca	P
Mean Squid	8	0.017	0.022	0.85	0.075	0.051	0.176	0.05	0.10	0.24	4.42	1.47	3.70	8.24	15.05	476	113	2499
Min.		ND	ND	ND	0.026	ND	0.048	ND	0.02	0.13	0.95	0.85	1.37	4.90	9.26	288	88	944
Max.		0.075	0.073	6.59	0.186	0.130	0.497	0.11	0.32	0.42	9.37	2.12	9.43	11.36	25.31	598	156	3471
Mean Octopus	4	0.009	0.014	0.04	0.049	0.031	0.303	0.08	0.10	0.77	3.07	1.49	2.74	3.90	19.54	309	119	1077
Min.		ND	ND	0.02	0.039	ND	0.026	ND	0.02	0.45	2.93	0.98	1.57	1.64	11.39	166	95	785
Max.		0.012	0.024	0.05	0.061	0.061	0.944	0.13	0.16	1.19	3.27	2.30	3.99	6.45	35.19	517	153	1551

ND: Mo<0.010 ppm; Co<0.005 ppm; Ni<0.01 ppm; V<0.005 ppm; Pb<0.05 ppm

Table 4. Average Contents of 17 Metals in Shrimp and Crab

Sample	n	Mo	Co	Ni	Cr	V	Cd	Pb	Ba	Mn	Cu	Sr	Fe	Al	Zn	Mg	Ca	P
Mean Shrimp	6	0.011	0.015	0.02	0.041	0.087	0.057	0.08	0.09	0.21	1.82	6.18	3.40	6.61	10.35	370	609	1419
Min.		ND	ND	ND	0.019	0.057	0.010	ND	0.06	0.09	0.31	2.35	1.62	1.29	6.76	99	211	692
Max.		0.025	0.026	0.04	0.080	0.110	0.177	0.16	0.13	0.54	2.98	11.02	4.54	9.89	12.66	533	953	1971
Mean Crab	3	0.017	0.038	0.05	0.054	0.022	0.461	0.04	0.09	1.03	17.03	24.67	3.26	7.73	43.11	688	1699	1470
Min.		0.010	0.024	0.03	0.039	ND	0.102	ND	0.05	0.62	13.42	18.82	1.62	6.45	30.04	506	1534	1078
Max.		0.021	0.054	0.07	0.072	0.061	1.151	0.08	0.11	1.35	23.31	29.81	5.18	9.05	52.52	972	1969	1711

ND: Mo<0.010 ppm; Co<0.005 ppm; Ni<0.01 ppm; V<0.005 ppm; Pb<0.05 ppm

Table 5. Average Analytical Results of Several Fish and Shellfishes

Sample	n	Mo	Co	Ni	Cr	V	Cd	Pb	Ba	Mn	Cu	Sr	Fe	Al	Zn	Mg	Ca	P
Fish	109	0.0107	0.0107	0.230	0.0683	0.0380	0.0283	0.054	0.047	0.220	0.468	1.27	5.70	4.70	4.67	283	352	2071
Shellfishes	21	0.0430	0.0956	1.195	0.0980	0.0375	0.1685	0.080	0.272	2.417	1.921	5.53	38.60	10.53	16.36	458	738	1582
Squids, Octopuses	12	0.0138	0.0194	0.578	0.0663	0.0446	0.2181	0.064	0.098	0.419	3.966	1.48	3.38	6.79	16.54	421	115	2025
Shrimps, Crabs	9	0.0128	0.0227	0.029	0.0453	0.0656	0.1914	0.069	0.092	0.486	6.888	12.34	3.35	6.98	21.27	476	972	1436

低温灰化用サンプルポート：大型パイレックス製（横 11 cm, 幅 5 cm, 高さ 1.5 cm）

結果及び考察

実試料の分析

1. 魚介類の分析結果

魚介類 29 種類, 137 検体の分析を行った。試料は 3 検体以上のものを対象とし、各種魚介類の 17 金属元素の含有量の平均値、最小値、最大値を求め、結果を Table 1~4 に示した。

Table 1 にはタイからカワハギまで 20 種の魚類 109 検体の金属含有量を示した。特徴的な元素について述べる。成長期の子供や老人にとって重要な Ca は、一般大衆魚といわれているイワシやアジ、また、ハモやキスなどに高く各々の魚種で、最高値が 1,000~1,300 ppm を示した。平均値でみると 815 ppm, 412 ppm, 731 ppm, 1,036 ppm であった。なお、高級魚といわれるブリやハマチには含有量が低く、各々平均値で 48 ppm, 88 ppm であった。この傾向は寺岡らの報告⁴⁾とも一致している。Fe はイワシ、アジ及びサンマなどの青魚に高く 10~20 ppm 含有されていた。一方、タイ、タラ、ハモ、ヒラメ及びカワハギは 1.5~2 ppm と低い。これらの原因については、肉質の違いによるもので、赤身魚で高く、白身魚で低いものと思われる。

Table 2 にはアサリからトリガイまでの 5 種の貝類 21 検体の金属含有量を示した。一般的にシジミに金属含有量が高く、ホタテ貝柱やアカガイは低かった。貝類の中で特にシジミ中には Fe 含有量が高く約 80 ppm あり、魚類で高かったイワシの 4 倍、最も低かったタイなどの 40 倍あった。Al も貝類に高くシジミやトリガイには 17~20 ppm で魚類の 4~6 ppm に比べ約 4 倍高い。一般的に貝類に Al 含有量が多かったが、これは地殻中に最も多い元素の一つであること、貝類の生息場所は底質中であることと関係しているものと思われる。貝類の中でも種類により Ca 含有量に違いがみられ、アサリやシジミに 1,000 ppm 前後、アカガイやトリガイには 200 ppm と 5 倍の濃度差がみられた。

Table 3 には、イカ、タコの 2 種, 12 検体の金属含有量、Table 4 にはエビ・カニの 2 種, 9 検体の金属含有量を示した。なお、今回分析したイカはモンゴイカ、スルメイカ、ムラサキイカ、アカイカ、ヒイカの 5 種類であったが、統計上イカとして 1 つにまとめた。また、エビも名称がいろいろあり、当所へ搬入したのはエビ、タイガーエビ、コエビ、ジャンボエビ、ムキエビ、無頭エビの 6 検体であった。イカと同様、統計上エビの名称でまとめた。イカやタコの Zn 含有量は 15~20 ppm で貝類やエビ・カニ等と同程度の濃度であったが、魚類と比べてところ約 4 倍高かった。これは Zn 含有色素のシコチピンが原因しているものと思われる。またカニ中の Cu は平均値で 17 ppm で魚類の約 35 倍、貝類の 8~9

倍あり注目される。分析を行ったカニは、いずれもワタリガニである。

2. 各群別の 17 金属元素含有量の平均値

151 検体を魚類、貝類、イカ・タコ類及びエビ・カニ類の 4 群に大別し、各々の金属含有量の平均値を求め結果を Table 5 に示した。相対的にエビ・カニ類、貝類に金属含量が高く、魚類は低かった。また 4 群の間で濃度差の大きかった金属元素は Cd, Ba, Mn, Cu, Sr, Fe 及び Ca 等であった。すなわち Cd はイカ・タコ類に高く (0.218 ppm)、魚類が最も含有量が低く (0.0263 ppm) 約 8 倍の差があった。Ba は貝類のシジミに高く平均値を押し上げたものと思われる。含有量の低い魚類との差は約 6 倍であった。Mn の最高値は貝類の 2.42 ppm で、最低値は魚類の 0.22 ppm であり約 10 倍の濃度差があった。Cu と Sr の最高値は、エビ・カニ類で各々 6.888 ppm と 12.34 ppm で、最低値は魚類の 0.468 ppm と 1.27 ppm であった。このように Cu では約 15 倍、Sr では約 10 倍の差が認められた。また、Fe は貝類に高く (38.60 ppm)、最低値であったエビ・カニ類 (3.35 ppm) の約 12 倍高かった。なお、貝類の中でもアサリ (44 ppm)、シジミ (79 ppm) 及びトリガイ (39 ppm) の Fe 含有量が高かったために平均値を押し上げたものと思われる。

通常生物の内臓には金属元素の濃縮が認められており⁵⁾、このことから他の魚介類に比べてアサリ、シジミ等に金属含量の高かったのは、中腸腺を含む内臓等を可食部として全体をサンプリングした結果と思われる。更に、Ca についてみると、エビ・カニ類は可食部のみ分析したにもかかわらず、972 ppm で、最低値のイカ・タコ類の 115 ppm に比べて約 8.5 倍も高かった。

3. 魚介類における 17 金属元素の濃度分布

各金属元素について 29 種の魚介類の平均値をヒストグラムで表し Fig. 1~8 に示した。なお、ヒストグラムの作成に当たっては、Ni と P を除いて含有量の類似した元素 2~3 種類をまとめて示した。

Mo 及び Co

Fig. 1 には微量元素である Mo と Co の 2 元素につきヒストグラムを示した。Mo はアサリやシジミ等の貝類に高く 0.05~0.08 ppm の範囲を示したが、他の魚介類はほぼ検出限界値の 0.005 ppm 付近の数値を示した。Co はアサリ、シジミ及びアカガイに高く、各々 0.153 ppm, 0.123 ppm, 0.086 ppm であった。なお、魚類はすべて 0.02 ppm 以下であった。

Ni

Fig. 2 には Ni のヒストグラムを示した。サケ、ハマチ、マナガツオ、ヒラメ、アサリ、シジミ及びイカ等に 0.5~3.3 ppm 検出されたが、29 種のうち 66% の 19 種が 0.1 ppm 以下であった。

Cr, V 及び Cd

Fig. 1. Histogram of average metal elements in fish and shellfishes

Fig. 2. Histogram of average metal elements in fish and shellfishes

Fig. 3. Histogram of average metal elements in fish and shellfishes

(— = S.D)

Pb
Ba

Fig. 4. Histogram of average metal elements in fish and shellfishes

Fig. 5. Histogram of average metal elements in fish and shellfishes

Fig. 6. Histogram of average metal elements in fish and shellfishes

Fig. 7. Histogram of average metal elements in fish and shellfishes

(— = S.D)

P

Fig. 8. Histogram of average metal elements in fish and shellfishes

Fig. 3 には Cr, V, Cd の 3 元素のヒストグラムを示した。Cr で 0.1 ppm を超えた魚種は、アジ、イサギ、サワラ、シジミ及びトリガイのみであった。V は 0.03~0.05 ppm 前後の値でほぼ一定していた。Cd はイカ、タコ、シジミ、アカガイ及びカニに高濃度にみられ 0.15~0.5 ppm の範囲であった。なお、カニの 1 検体から 1.151 ppm 検出したのが注目される。魚類はすべて 0.05 ppm 以下であった。

Pb 及び Ba

Fig. 4 には Pb と Ba の 2 元素のヒストグラムを示した。Pb はシジミの 0.15 ppm を除いて他はすべて 0.10 ppm 以下であった。Ba の最高値はシジミの 0.96 ppm であったが、その他 0.1 ppm 以上を示した魚介類はアサリの 0.10 ppm, タコの 0.10 ppm, トリガイの 0.15 ppm, キスの 0.14 ppm であった。なお、全体の 83% は 0.10 ppm 以下であった。

Mn, Cu 及び Sr

Fig. 5 には Mn, Cu 及び Sr の 3 元素のヒストグラムを示した。Mn はシジミやトリガイに多く含有されており各々 4.67 ppm, 2.10 ppm を示した。魚類はすべて 1 ppm 以下であった。その中でもタラは 0.07 ppm で最も含有量は低かった。Cu は軟体動物のイカ、タコ、貝類のシジミ、アサリ、甲殻類のカニ等が高く、特に、カニから 17 ppm 検出した。イワシの 1.49 ppm, サンマの 1.40 ppm を除いた魚類はすべて 1 ppm 以下であった。Sr はキス、アサリ、シジミ、エビ及びカニに高く各々 5.12 ppm, 7.59 ppm, 7.08 ppm, 6.18 ppm, 24.67 ppm であった。

Fe, Al 及び Zn

Fig. 6 には Fe, Al 及び Zn の 3 元素のヒストグラムを示した。Fe はイワシ、サンマ、アサリ、シジミ及びトリガイに高く、特に、シジミは 79 ppm とイワシ (19 ppm) やサンマ (18 ppm) に比べ約 4 倍高かった。Al はトリガイ (19 ppm) やシジミ (17 ppm) に高く、魚類は 5 ppm 前後の値であった。Zn の最高値はカニで 43 ppm を示した。また、シジミやタコにも高く約 20 ppm 含有されていた。全般的に魚類の含有量は少なく 3~10 ppm の範囲であった。

Mg 及び Ca

Fig. 7 には Mg と Ca の 2 元素のヒストグラムを示した。Mg はアサリやカニに多く含有されており、各々 738 ppm, 688 ppm を示したが、魚類の濃度はそれらの約 50% で 300 ppm 前後の値であった。Ca はカニ、シジミ及びアサリに高く各々 1,700 ppm, 1,240 ppm, 940 ppm を示した。魚類ではキス、イワシ、及びハモに多く含有されており、各々 1,040 ppm, 815 ppm 及び 730 ppm を示した。一方、ハマチやブリの含有量は低く 100 ppm 以下であった。

P

Fig. 8 には P のヒストグラムを示した。タコ (1,100 ppm) やアサリ (1,300 ppm) の含有量が若干低かったが、全魚種ではほぼ 1,500~2,000 ppm 前後の値であった。

要 約

ICP 発光分析法を用いて、魚介類 37 種、151 検体の 17 金属元素の分析を行い分布実態を明らかにした。特徴のあった元素についてまとめると以下のとおりであった。

Co はアサリ、シジミ及びアカガイに高く、各々 0.153 ppm, 0.123 ppm, 0.086 ppm であった。

Ni はサケ、ハマチ、マナガツオ、ヒラメ、アサリ、シジミ及びイカなどに 0.5~3.3 ppm 検出されたが、全魚介類の 66% が 0.1 ppm 以下であった。

Cd はイカ、タコ、シジミ、アカガイ及びカニに高濃度にみられ 0.15~0.5 ppm の範囲であった。

Ba の最高値はシジミの 0.96 ppm であったが、その他 0.1 ppm 以上を示した魚介類はアサリ 0.10 ppm, タコ 0.10 ppm, トリガイ 0.15 ppm 及びキス 0.14 ppm であった。

Cu はイカ、タコ、シジミ、アサリ及びカニに濃度が高く、特に、カニから 17 ppm 検出した。

Sr はキス、アサリ、シジミ、エビ及びカニに濃度が高く、各々 5.12 ppm, 7.59 ppm, 7.08 ppm, 6.18 ppm 及び 24.67 ppm であった。

Fe はイワシ、サンマ、アサリ、シジミ及びトリガイに高く、特に、シジミは 79 ppm とイワシ (19 ppm) やサンマ (18 ppm) に比べ約 4 倍高かった。

Zn はカニに多く含まれ (43 ppm), またシジミやタコにも約 20 ppm 含有されていた。なお、魚類には含有量は少なく 3~10 ppm の範囲であった。

Ca はカニ、シジミ及びアサリに高く各々 1,700 ppm, 1,240 ppm, 940 ppm を示した。一方、ハマチやブリの含有量は低く 100 ppm 以下であった。

謝 辞

本調査に当たり、検体の入手について御協力いただいた大阪府環境保健部食品衛生課諸氏に深謝致します。

文 献

- 1) 池辺克彦, 西宗高弘, 田中涼一: 食衛誌, 31, 382~393 (1990).
- 2) 池辺克彦, 西宗高弘, 田中涼一: 同上, 32, 48~56 (1991).
- 3) 池辺克彦, 西宗高弘, 田中涼一: 同上, 32, 183~191 (1991).
- 4) 寺岡久之, 森井ふじ, 小林 純: 栄養と食糧, 34, 221~239 (1981).
- 5) Ikebe, K., Tanaka, R.: Bull. Environm. Contam. Toxicol. 21, 526~532 (1979).