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}
—穀類、豆類及びその加工品、海草類及び種実類—

(平成 2 年 7 月 10 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
—Cereals, Pulses, and Processed Foods, Seaweeds and Seeds—

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; 穀類 cereals; 豆類 pulses; 海草類 seaweeds; 種実類 seeds

緒 言

前報¹⁾では ICP (Inductively Coupled Plasma) 発光分析法を用いて野菜類、果実類、芋類及びきのこ類における多種類の金属元素の分布実態を明らかにした。食品中の正常値 (バックグラウンド値) を知ることは、環境汚染の予防に役立つだけでなく、一日摂取量の基礎的データとして食品衛生上有意義である。ただ食品中の金属濃度は種々の要因により変動しやすいため多数の試料の分析が不可欠である。しかし、それには時間的に大きな負担が強いられる。そこで通常日常生活において一般的に摂取されている食品を中心に、最低 3 試料を集めることを心がけ分析を行っている。今回、穀類、豆類、及びその加工品、海草類及び種実類について 17 金属元素の分布実態を明らかにしたので報告する。

実験方法

1. 試料

1986 年に大阪市内のスーパーマーケット及び小売店で購入した穀類、豆類、及びその加工品、海草類及び種実類など 28 種、83 検体を用いた。

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 を精びょうし 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

真空凍結乾燥器: 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: 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 4 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 Cereals

Sample	n	V	Cd	Co	Pb	Mo	Cr	Ni	Ba	Sr	Al	Cu	Mn	Zn	Fe	Whole basis (ppm)		
																Ca	Mg	P
Mean Barley	3	ND	0.023	0.006	ND	0.101	ND	0.04	1.32	0.78	0.85	2.48	9.3	11.4	10.9	215	295	1521
Min.		—	0.018	ND	—	0.052	—	ND	1.12	0.58	0.64	1.86	8.8	10.2	8.2	202	174	1226
Max.		—	0.032	0.012	—	0.156	—	0.08	1.48	0.98	1.00	3.30	10.0	12.6	16.0	228	440	1928

ND: V<0.003 ppm; Co<0.005 ppm; Pb<0.02 ppm; Cr<0.005 ppm; Ni<0.01 ppm

Table 2. Average Contents of 17 Metals in Processed Cereals

Sample	n	V	Cd	Co	Pb	Mo	Cr	Ni	Ba	Sr	Al	Cu	Mn	Zn	Fe	Whole basis (ppm)		
																Ca	Mg	P
Mean Wheat	3	ND	0.023	ND	ND	0.111	0.014	0.04	1.28	0.64	1.33	1.16	5.1	3.9	6.1	157	165	791
Min. flour		—	0.020	—	—	0.094	ND	0.04	1.14	0.58	1.08	0.96	3.8	2.6	3.8	146	124	630
Max.		—	0.026	—	—	0.144	0.036	0.04	1.42	0.72	1.58	1.32	6.0	5.0	7.4	170	202	954
Mean White	3	ND	0.014	0.007	0.03	0.133	0.024	0.05	0.48	0.41	1.52	0.82	2.2	4.6	5.9	229	148	645
Min. bread		—	0.013	0.006	ND	0.123	0.017	0.04	0.45	0.39	0.99	0.80	1.9	4.4	5.4	184	146	600
Max.		—	0.015	0.009	0.07	0.140	0.030	0.06	0.53	0.43	2.38	0.84	2.4	4.9	6.3	269	150	697
Mean "Fu"	3	0.006	0.043	0.027	0.31	0.290	0.018	0.09	1.56	0.95	3.55	3.25	9.9	17.2	24.8	221	421	1368
Min. (Dried)		ND	0.038	0.024	ND	0.252	0.014	0.08	1.52	0.94	2.52	2.98	9.4	16.0	23.0	214	382	1324
Max.		0.012	0.048	0.032	0.60	0.328	0.024	0.10	1.60	0.98	5.60	3.68	10.4	17.8	28.0	234	462	1434
Mean "Mochi"	3	ND	0.052	0.005	0.13	0.428	0.010	0.06	0.12	0.14	0.45	1.37	4.0	6.6	1.8	43	65	210
Min.		—	0.012	ND	ND	0.217	0.008	0.05	0.08	0.07	0.37	1.02	2.6	4.9	1.2	30	40	164
Max.		—	0.082	0.006	0.22	0.549	0.011	0.08	0.16	0.20	0.51	1.72	4.7	7.6	2.8	56	80	235
Mean "Udon"	3	ND	0.015	0.017	ND	0.081	0.032	0.06	0.80	1.20	1.31	0.89	5.4	3.8	6.0	161	203	707
Min. (Dried)		—	0.012	0.010	—	0.064	0.022	0.06	0.66	1.02	1.04	0.82	5.0	3.4	5.2	156	190	660
Max.		—	0.020	0.022	—	0.110	0.052	0.06	0.94	1.30	1.62	1.00	6.2	4.2	7.4	168	210	766

Table 2. continued

Sample	n	V	Cd	Co	Pb	Mo	Cr	Ni	Ba	Sr	Al	Cu	Mn	Zn	Fe	Ca	Mg	P
Mean "Soba"	3	0.010	0.028	0.053	ND	0.261	0.032	0.51	1.37	1.18	4.39	2.71	12.0	12.3	23.5	318	783	1917
Min. (Dried)		ND	0.026	0.020	—	0.220	0.016	0.20	1.00	0.88	2.90	2.24	9.0	11.0	22.0	240	578	1704
Max.		0.016	0.030	0.074	—	0.308	0.048	0.68	1.72	1.52	5.90	3.20	15.0	14.4	25.8	454	986	2274
Mean "Chuka-men"	3	ND	0.013	ND	ND	0.166	0.011	0.07	0.81	1.36	0.97	1.34	5.7	5.5	7.2	175	201	791
Min. (Dried)		—	0.006	—	—	0.108	0.010	0.06	0.76	0.86	0.82	1.18	4.2	4.2	6.6	166	158	754
Max.		—	0.026	—	—	0.202	0.012	0.08	0.90	1.62	1.22	1.46	6.6	6.2	7.5	180	224	828
Mean Spaghetti	3	ND	0.058	ND	ND	0.347	0.014	0.11	1.43	0.81	1.36	2.71	6.5	10.8	13.7	199	464	1595
Min. (Dried)		—	0.024	—	—	0.342	0.010	0.08	0.82	0.54	1.26	2.16	5.4	9.0	11.4	170	378	1282
Max.		—	0.092	—	—	0.350	0.020	0.18	2.00	1.02	1.54	3.06	7.4	13.0	16.8	254	588	1762
Mean Macaroni	3	ND	0.065	ND	ND	0.367	0.022	0.06	1.48	0.71	1.35	2.83	6.6	11.7	13.9	195	499	1649
Min. (Dried)		—	0.020	—	—	0.344	0.010	0.06	0.72	0.54	1.24	2.68	5.8	11.0	12.2	156	454	1536
Max.		—	0.092	—	—	0.404	0.032	0.06	1.90	1.04	1.48	2.96	8.2	12.2	15.6	264	552	1736

ND: V < 0.003 ppm; Co < 0.005 ppm; Pb < 0.02 ppm; Cr < 0.005 ppm

Table 3. Average Contents of 17 Metals in Pulses

Sample	n	V	Cd	Co	Pb	Mo	Cr	Ni	Ba	Sr	Al	Cu	Mn	Zn	Fe	Whole basis (ppm)		
																Ca	Mg	P
Mean Azuki	3	0.005	0.011	0.135	ND	1.570	0.027	4.73	1.37	1.53	3.47	6.36	15.6	23.6	50.9	565	1316	3745
Min. beans		ND	0.008	0.096	—	0.642	0.018	3.98	1.06	1.10	2.78	5.56	14.6	22.2	40.6	548	1278	3682
Max.		0.010	0.014	0.168	—	2.340	0.036	5.62	1.70	1.94	4.44	7.74	16.2	26.0	56.4	590	1340	3856
Mean Soybeans	3	0.006	0.038	0.077	0.05	1.427	0.031	2.93	1.66	1.89	3.64	9.29	21.9	29.3	54.1	1120	1917	5242
Min.		ND	0.014	0.040	ND	0.590	0.018	1.36	1.22	1.14	3.20	5.56	16.0	22.2	50.8	556	1278	3698
Max.		0.012	0.074	0.096	0.14	1.962	0.042	3.98	2.06	3.00	4.04	13.12	26.2	35.6	56.4	1604	2382	6070

ND: V < 0.003 ppm; Pb < 0.02 ppm

Table 4. Average Contents of 17 Metals in Processed Pulses

Sample	n	V	Cd	Co	Pb	Mo	Cr	Ni	Ba	Sr	Al	Cu	Mn	Zn	Fe	Whole basis (ppm)			
																Ca	Mg	P	
Mean Soybean	3	0.004	0.015	0.011	ND	0.468	0.007	0.33	0.31	1.60	1.01	1.78	4.8	6.1	10.6	989	537	910	
Min. curd		ND	0.012	0.006	—	0.281	0.005	0.27	0.21	0.18	0.39	1.66	3.6	5.4	8.4	221	307	765	
Max.		0.006	0.019	0.013	—	0.640	0.010	0.42	0.38	3.92	2.05	1.86	7.0	6.6	12.9	1625	711	1066	
Mean "Nama-age"	3	ND	0.012	ND	0.02	0.478	0.007	0.26	0.26	1.23	2.12	1.07	2.7	4.8	7.8	1068	199	669	
Min.		—	0.010	—	ND	0.409	ND	0.14	0.24	0.48	0.48	0.91	2.3	4.4	7.2	629	176	564	
Max.		—	0.015	—	0.05	0.551	0.011	0.35	0.28	1.73	5.35	1.22	3.1	5.1	8.7	1861	221	777	
Mean "Kori-dofu"	3	0.177	0.049	0.020	ND	0.475	0.045	0.08	1.00	15.36	2.12	6.35	30.2	48.1	75.3	5717	1080	7390	
Min.		0.052	0.046	0.012	—	0.436	0.024	0.06	0.72	7.68	1.48	6.02	28.0	47.8	71.8	5184	986	7302	
Max.		0.338	0.052	0.028	—	0.536	0.066	0.10	1.52	26.94	2.96	6.90	31.4	48.4	80.4	6012	1150	7536	
Mean "Abura-age"	3	0.006	0.045	ND	0.08	0.772	0.038	0.21	1.31	3.03	4.11	2.43	12.7	21.7	35.1	3994	973	3199	
Min. (Fried)		ND	0.042	—	ND	0.634	0.030	0.18	1.02	1.42	1.22	1.86	11.4	20.0	28.6	1548	490	2934	
Max.		0.012	0.050	—	0.22	0.868	0.046	0.24	1.58	5.30	9.58	3.38	13.4	22.6	45.2	5996	1908	3448	
Mean "Miso"	3	ND	0.012	0.017	0.12	0.344	0.038	0.90	1.10	1.94	0.99	3.20	7.3	11.2	18.4	543	631	1615	
Min.		—	0.007	ND	0.07	0.243	0.029	0.06	0.88	1.33	0.74	1.95	5.9	10.2	7.3	332	367	1249	
Max.		—	0.020	0.028	0.20	0.410	0.050	1.58	1.29	2.32	1.18	4.56	8.3	11.7	26.7	662	797	1868	
Mean "Natto"	3	ND	0.023	0.036	ND	0.881	0.019	1.57	0.74	3.26	1.73	5.16	13.9	16.4	29.9	914	1018	2622	
Min.		—	0.004	0.023	—	0.744	0.018	0.87	0.57	2.57	0.77	4.91	11.9	15.3	26.9	836	906	2471	
Max.		—	0.059	0.042	—	1.005	0.021	2.01	0.91	3.64	2.44	5.32	16.8	17.9	31.8	1027	1134	2820	
Mean Soy-milk	3	ND	0.010	0.004	0.03	0.318	0.012	0.30	0.27	0.29	0.51	0.92	1.7	2.6	3.6	280	160	412	
Min.		—	0.003	ND	ND	0.162	0.009	0.08	0.18	0.14	0.36	0.33	0.6	0.9	1.5	150	56	138	
Max.		—	0.020	0.006	0.07	0.602	0.017	0.56	0.40	0.38	0.68	1.28	2.8	4.2	5.5	499	251	665	

ND: V<0.003 ppm; Co<0.005 ppm; Pb<0.02 ppm; Cr<0.005 ppm

Table 5. Average Contents of 17 Metals in Seaweeds

Sample	n	V	Cd	Co	Pb	Mo	Cr	Ni	Ba	Sr	Al	Cu	Mn	Zn	Fe	Whole basis (ppm)		
																Ca	Mg	P
Mean. Green	3	3.073	0.078	0.533	0.73	0.117	1.637	2.08	1.35	65	265	8.60	221	19.7	540	5757	19223	2542
Min. laver		2.350	0.040	0.300	0.60	0.080	0.395	0.90	0.75	46	111	7.65	51	17.5	487	5005	10590	2120
Max. (Dried)		3.620	0.100	0.850	0.85	0.140	3.780	3.45	2.35	77	384	9.10	497	22.5	604	7110	34680	2880
Mean "Konbu"	3	0.560	0.372	0.026	0.16	0.060	0.635	0.21	2.51	297	5	0.36	2	7.5	27	5412	5948	1527
Min. (Dried)		0.464	0.168	ND	ND	0.052	0.180	0.08	1.96	228	4	0.20	2	6.8	15	4568	5312	1356
Max.		0.696	0.528	0.040	0.28	0.072	1.516	0.40	3.04	342	6	0.52	4	8.0	39	5856	6728	1808
Mean "Hijiki"	3	0.712	0.367	0.212	0.10	0.105	0.431	1.07	1.51	893	112	1.21	26	10.3	279	9055	6700	1000
Min. (Dried)		0.572	0.180	0.152	ND	0.088	0.392	0.72	1.28	833	70	0.80	22	7.6	148	8496	6144	780
Max.		0.824	0.508	0.256	0.28	0.114	0.468	1.32	1.92	952	142	1.72	30	14.8	356	9388	7712	1172
Mean "Wakame"	3	0.376	0.155	0.061	0.18	0.163	0.211	0.35	1.90	473	31	1.04	16	32.6	71	4762	9423	4312
Min. (Dried)		0.104	0.026	0.022	ND	0.052	0.112	0.18	0.08	318	14	0.54	5	17.4	48	1696	3292	3018
Max.		0.848	0.264	0.134	0.36	0.342	0.388	0.62	3.60	625	56	1.66	36	52.8	92	6324	14340	5966

ND: Co<0.005 ppm; Pb<0.02 ppm

Table 6. Average Contents of 17 Metals in Seeds and Nuts

Sample	n	V	Cd	Co	Pb	Mo	Cr	Ni	Ba	Sr	Al	Cu	Mn	Zn	Fe	Whole basis (ppm)		
																Ca	Mg	P
Mean Sweet almond	3	0.005	0.009	0.041	0.24	0.203	0.009	0.86	2.73	11.57	0.68	10.6	19.4	33.0	33.7	2369	2706	5121
Min.		ND	0.006	0.028	0.22	0.172	ND	0.82	1.72	8.70	0.42	10.4	15.0	31.0	30.0	2110	2584	4906
Max.		0.010	0.014	0.052	0.28	0.222	0.014	0.92	3.32	16.26	1.02	10.9	25.8	35.0	38.2	2754	2794	5310
Mean Peanuts	3	ND	0.034	0.043	ND	0.448	0.010	4.67	0.87	4.67	0.79	6.0	23.1	29.0	13.9	539	1902	4459
Min.		—	0.030	0.040	—	0.302	ND	3.68	0.58	4.38	0.56	4.7	21.0	27.8	12.8	482	1866	4410
Max.		—	0.040	0.044	—	0.676	0.014	6.14	1.44	5.24	0.92	7.5	24.4	30.8	15.4	608	1974	4510
Mean Sesame seeds	3	0.010	0.017	0.097	ND	0.546	0.038	0.89	1.83	18.77	4.03	14.2	17.4	50.3	45.2	5762	3307	6572
Min.		ND	0.008	0.080	—	0.444	0.024	0.14	1.46	12.20	3.06	13.7	13.8	49.0	40.4	5722	3082	6082
Max.		0.014	0.030	0.122	—	0.628	0.060	1.80	2.18	31.46	5.32	14.6	20.4	51.6	50.6	5794	3422	6964
Mean Japanese chestnuts	3	0.008	0.015	0.042	ND	0.006	0.029	0.50	0.75	1.16	1.63	4.6	22.6	5.9	9.3	241	449	829
Min.		0.008	0.011	0.025	—	ND	0.028	0.46	0.46	0.79	1.23	3.2	17.5	4.9	7.3	207	430	737
Max.		0.009	0.018	0.057	—	0.011	0.030	0.52	1.23	1.87	2.09	7.3	25.2	7.2	12.5	261	475	908
Mean Walnuts	2	0.011	0.001	0.097	0.11	0.079	0.018	2.90	1.90	5.33	0.86	15.0	42.6	24.4	26.0	922	1589	3585
Min.		ND	ND	0.076	0.10	0.066	0.014	0.88	1.70	1.82	0.70	13.7	22.4	22.4	24.2	908	1496	3398
Max.		0.020	0.001	0.118	0.12	0.092	0.022	4.92	2.10	8.84	1.02	16.4	62.8	26.4	27.9	936	1682	3772

ND: V<0.003 ppm; Cd<0.001 ppm; Pb<0.02 ppm; Mo<0.003 ppm; Cr<0.005 ppm

Table 7. Average Analytical Results of Several Foods

Sample	n	V	Cd	Co	Pb	Mo	Cr	Ni	Ba	Sr	Al	Cu	Mn	Zn	Fe	(ppm)		
																Ca	Mg	P
Cereals	3	ND	0.023	0.006	ND	0.101	ND	0.04	1.32	0.78	0.85	2.48	9.27	11.40	10.93	215	295	1521
Processed cereals	27	0.004	0.035	0.013	0.07	0.243	0.013	0.12	1.04	0.82	1.80	1.90	6.38	8.50	11.45	189	328	1075
Pulses	6	0.005	0.032	0.099	0.04	1.337	0.033	3.37	1.53	1.87	3.61	8.11	20.10	28.13	50.83	1039	1774	4786
Processed pulses	21	0.028	0.024	0.013	0.05	0.534	0.024	0.52	0.71	3.82	1.80	2.99	10.46	15.85	25.79	1929	657	2402
Seaweeds	12	1.180	0.243	0.208	0.29	0.111	0.728	0.93	1.82	432.11	103.41	2.80	66.21	17.50	229.51	6246	10324	2345
Seeds and Nuts	14	0.007	0.016	0.062	0.08	0.269	0.021	1.90	1.60	8.51	1.65	9.73	23.76	28.83	25.61	2041	2019	4151

ND: V<0.003 ppm; Pb<0.02 ppm; Cr<0.005 ppm

Fig. 1. Histogram of average metal elements in foods

Fig. 2. Histogram of average metal elements in foods

Fig. 3. Histogram of average metal elements in foods

Fig. 4. Histogram of average metal elements in foods

低温灰化作用サンプルボード：中型パイレックス製（横 7.5 cm，幅 3.5 cm，高さ 1.0 cm），大型パイレックス製（横 11 cm，幅 5 cm，高さ 1.5 cm）

5. 試験溶液の調製及び分析法

検体は市販品の状態のまま試験に供した。従って単位はすべて whole basis (ppm) として表した。灰化に際し味噌、豆腐などの水分の多いものは凍結乾燥後、水分の少ない試料は直接低温灰化装置で灰化を行った。灰分を 0.5 N 硝酸に溶解し ICP 発光分析用試験溶液とした。なお、これを微量元素用試験溶液とし、一部は 10 倍希釈を行い多量元素用試験溶液とした。分析法は既報¹⁾のとおりである。

結果及び考察

1. 実試料の分析

28 種類 83 試料の分析を行った。なお試料は食品成分表²⁾に準拠し 6 群に分類した。

穀類及び加工品

穀類として大麦（押し麦）3 試料の平均値を Table 1 に示した。玄米 (n=50) は既に著者らが報告³⁾してあるが、大麦と比較したところ含有量のよく似た元素は Cu、

Fe のみで、Cd, Al, Mn, Zn, P の玄米中濃度は大麦の約 2～3 倍の含有量であった。一方、大麦に濃度の高かった元素は Ba, Sr, Ca の 3 元素のみであった。これら元素濃度の違いは種によるものか、精白度の違いによるのかは不明である。また穀類加工品の分析結果は Table 2 に示した。餅は水分含量が 44.5%²⁾で穀類加工品中最も多かったために Fe 1.8 ppm, Ca 43 ppm, Mg 65 ppm, P 210 ppm と濃度が低かったものと思われる。

うどん、そば、中華麺、スパゲティー及びマカロニはすべて乾麺で、水分含量は 12～13%²⁾である。V, Co, Pb は検出しないものも多く、特に Pb はすべて検出なかった。うどんは全般的に金属元素濃度が低く、またそばは高かった。なお、うどんの各金属元素濃度は、Cd, Cr, Sr を除いてほぼそばの約 1/3 であった。

豆類

小豆、大豆の分析結果は Table 3 に示した。大豆は小豆に比べ Cd は約 3 倍、Ca は約 2 倍を示し、逆に Co は小豆の方が約 2 倍高かった。しかし、他の元素は小豆、大豆ともよく似た数値を示した。

Fig. 5. Histogram of average metal elements in foods

豆加工品

豆腐、生揚げ、凍り豆腐、油揚げ、味噌、納豆及び豆乳の分析結果は Table 4 に示した。豆腐、生揚げ中の金属含有量はよく似ていたが、凍り豆腐の Cr, Sr, Mn, Zn, Fe, Ca, Mg 及び P は前 2 者に比べて約 1 桁数値が高かった。これは水分含量の関係と思われるが、Ni については約 1/3~1/4 の濃度であり、元素によって挙動が異なった。なお、原料にどちらも大豆を使用しているのであれば、凍り豆腐の製造過程などで Ni が損失したとも考えられるが、詳細は不明である。納豆について寺岡⁴⁾らの報告値と比較すると Mo は 0.95 ppm に対し 0.88 ppm, Ni は 1.7 ppm に対し 1.57 ppm, Cu は 5.9 ppm に対し 5.2 ppm と良く一致していた。他の元素についても若干の変動がみられたが、オーダー的にはほぼ似た数値を示した。

海藻類

青ノリ、コンブ、ヒジキ及びワカメの分析結果は Table 5 に示した。海藻類は他の食品群に比べて全般的に金属含有量が高く、特に植物性食品の中においても特異的に V (海藻類の中での最高値 3.073 ppm), Sr (893 ppm), Al (265 ppm), Mn (221 ppm), Fe (540 ppm), Ca (9055 ppm) 及び Mg (19223 ppm) が高い。寺岡⁴⁾らも指摘しているように V, Sr 及び Al は海産物に多いが、種の違いにより濃度分布の片寄りがみられる。例えば Sr, Ca はヒジキに、V, Al, Mn, Fe 及び Mg は青ノリに高濃度に含有されていた。

種実類

アーモンド、ピーナッツ、ゴマ、クリ及びクルミの分析結果は Table 6 に示した。種実類には Cu 含量が高く、ピーナッツの 6 ppm からクルミの 15 ppm までの範囲を示した。種実類中ではゴマの金属含有量が高く、寺岡⁴⁾らの報告値と比較したところ Ni は 1.1 ppm に対し 0.9 ppm, Sr は 24 ppm に対し 18.8 ppm, Cu は 19 ppm に対し 14.2 ppm, Mg は 3,500 ppm に対し 3,307 ppm と良く一致していた。しかし、Zn (50.3 ppm), Fe

Fig. 6. Histogram of average metal elements in foods

(45.2ppm) については寺岡⁴⁾らの報告値の約 1/3~1/2 であった。これらの原因は産地や種類の違い、また使用機器や分析方法の違いによるものと考えられる。

各群ごとの 17 金属元素の平均値

試料を 6 群に大別し、各金属元素の平均値を求めその結果を Table 7 に示した。また、各金属元素が 6 群の中でどのような濃度分布をしているのかヒストグラムで表し Fig. 1~6 に示した。ヒストグラムの作成に当たっては、含有量の類似した元素 2~3 種類をまとめて示した。

V, Cd, Co

Fig. 1 には微量元素である V, Cd, Co の 3 元素につき、各食品群の平均値をヒストグラムで示した。海藻類は 3 元素とも他の食品群に比較して濃度が高く、特に V の平均値は 1.2 ppm でこれは他の食品群の約 40~300 倍高かった。また Co は海藻類、豆類、種実類に高く (0.06~0.2 ppm), 他の食品群は 0.006~0.013 ppm と濃度が低かった。

Pb, Mo, Cr

Fig. 2 には Pb, Mo, Cr の 3 元素のヒストグラムを示した。3 元素の分布パターンで特徴的なのは海藻類で、Mo が最も濃度が低く、Cr が高い。また他の食品群では 3 元素の中で Mo の濃度が際だって高いのが特徴的である。一方、Cr は海藻類に 0.7 ppm あり、これは他の食品群の約 20~50 倍あった。Pb は海藻類に約 0.3 ppm あったが他の食品群は低かった。

Ni, Ba

Fig. 3 には Ni, Ba の 2 元素のヒストグラムを示した。Ni は豆類が高く (3.4 ppm), 穀類、穀類加工品は低かった (0.04~0.12 ppm)。Ba は豆加工類が最も低かったが、ほぼ 1~2 ppm の範囲であった。

Sr, Al, Cu

Fig. 4 には Sr, Al, Cu の 3 元素のヒストグラムを示した。Sr, Al は海藻類に高濃度含有されており、特に Sr は他の食品群の平均値の約 135 倍、Al は約 55 倍あり何らかの濃縮機構の存在が示唆される。Cu は種実類、豆

類に高く、各々 9.7, 8.1ppm であった。なお、海藻類の Cu は Sr や Al のように高濃度の含有は認められず、豆加工類と同程度の含有量で 2.8 ppm であった。

Mn, Zn, Fe

Fig. 5 には Mn, Zn, Fe の 3 元素のヒストグラムを示した。海藻類は Sr や Al と同様に Fe が高く 230 ppm で、これは他の食品群の平均値の約 9 倍の高濃度である。また海藻類を除き他の食品群には Mn, Zn, Fe の順に含有量の増加する傾向がみられた。

Ca, Mg, P

Fig. 6 には Ca, Mg, P の 3 元素のヒストグラムを示した。Ca や Mg は海藻類で特に高濃度に含有されており、Ca は最も含有量の低かった穀類や穀類加工品の約 30 倍、Mg は約 33 倍であった。P は豆類、種実類で高く 4,000~5,000 ppm の範囲を示した。豆加工類や海藻類の P は豆類の約半分で、2,402 ppm, 2,345 ppm であった。更に穀類、穀類加工品はそれらの約半分で 1,000~1,500 ppm の範囲であった。

要 約

ICP 発光分析法を用いて、実試料 83 検体中の 17 元素の測定を行い、分布実態を明らかにした。

試料を穀類、豆類、及びその加工品、海藻類及び種実類の 6 群に大別し、各金属元素の平均値を求めた。また、各金属元素が 6 群の中でどのような濃度分布をしているのかヒストグラムで示した。その結果、海藻類には高濃度の元素が多くみられること、特に V (平均値 1.18 ppm), Sr (432 ppm), Al (103 ppm), Mn (66 ppm), Fe (230 ppm), Ca (6,200 ppm), Mg (10,000 ppm) の高いことがわかった。

本研究の一部は日本食品衛生学会第 58 回学術講演会 (1989 年 10 月, 山口) において発表した。

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) 科学技術庁資源調査会編: “四訂食品成分表 (1990)”, 女子栄養大学出版部 (東京).
- 3) 環境保健レポート No. 54: “イタイイタイ病およびカドミウム中毒” p. 255~315 (1988), (財) 日本公衆衛生協会.
- 4) 寺岡久之, 森井ふじ, 小林 純: 栄養と食糧 34, 221~239 (1981).