

1. はじめに

本資料は、植物体の金属元素含量についてとりまとめたものである。調査対象元素は、ヒ素、カドミウム、クロム、コバルト、鉛、リチウム、水銀、ニッケル、セレン、スズ、バナジウム、モリブデン、銅、マンガン、亜鉛の15金属元素とし、調査文献は、農業技術研究所図書課の蔵書がほとんどである。外国の文献については、Chapman(1966)¹⁾の総説より1960年以前のデータを引用し、それ以降1972年までのものを収集した。また、我が国の文献については、1973年前半までに発表されたものを収集した。なお、銅、マンガン、亜鉛については、膨大な報告があり、これらに関する外国の文献で欠乏及び過剰に関するもの以外は全て記載しなかった。植物体の金属含量は元素表示したが、2.ヒ素から13.モリブデンまでは、正常な生育をしている植物中の含有量を低、中、高に分けて示した。これは、Chapmanの様式の倣ったものであり、区分はほとんど報文の著者の指摘にしたがったが、一部は著者が区分した。しかし、各々の元素について全植物種を通じての明確な基準が設定されていないので、表中に示した3段階の数値は、まとめて健全植物の含有量の範囲としてご理解いただきたい。

植物体の元素含有量、元素の欠乏と過剰症状及びその発現レベルに関しては、Chapman(1966)¹⁾の優れた総説があり、土壌-植物系における金属元素の動態に関しては、優れた総説^{2,3,4,5)}がだされているのでそれらを参照されたい。

1-1~1-11表に微量金属元素の環境中の存在量、動植物における分布、食品及び肥料中の存在量を示した。

1-1表 岩石及び土壌の元素含有量 (ppm)⁶⁾

元 素	火 成 岩	頁 岩	砂 岩	石 灰 岩	石 炭	土 壌
A s	1.8	13	1	1	25	6 (0.1-40)
C d	0.2	0.3	0.05	0.035	0.25	0.06(0.01-0.7)
C o	25	19	0.3	0.1	15	8 (1-40)
C r	100	90	35	11	60	100 (5-3000)
C u	55	45	5	4	300	20 (2-100)
H g	0.08	0.4	0.03	0.04		0.03(0.01-0.3)
L i	20	66	15	5	25	30 (7-200)
M n	1300	2200	1200	600	670	850 (100-4000)
M o	0.4	1.4	0.9	1.9	2	2 (0.2-5)
N i	75	68	2	20	35	40 (10-1000)
P b	12.5	20	7	9	5	10 (2-200)
S e	0.05	0.6	0.05	0.08	7	0.2 (0.01-2)
S n	2	6	0.5	0.5	10	10 (2-200)
V	135	130	20	20	40	100 (20-500)
Z n	70	95	16	20	40	50 (10-300)

文 献

- 1)H. D. Chapman: Diagnostic Criteria for Plants and Soils, Calif.Univ. Div. Agric. Sci., p.1 - 793(1966)
- 2)「重金属の栄養生理」研究連絡班：植物・土壌の重金属含量に関するデータ・文献集録、p.1 - 56(1974)
- 3)渋谷政夫ら：環境汚染と農業 - 種類・影響・検定・対策 -、博友社、p.137 - 170(1975)
- 4)熊沢喜久雄ら：土壌 - 植物系における汚染重金属等の挙動とそれの指標植生に関する基礎的研究(文部省特定研究、人間生存と自然環境) p.1 - 228(1976)
- 5)小山雄生：土壌・作物系のヒ素の挙動、日本土壌肥料学雑誌 46,491 - 502(1975)
- 6)H. J. M. Bowen: Trace Elements in Biochemistry, Academic Press, p.1 - 241(1966)
- 7)A. P. Winogradov:土壌中希元素および微量元素の地理化学、ソ連科学アカデミ - 出版所(1957)、文献2より引用
- 8)W. H. Allaway: Advan. Agron.,20, 235 - 274(1968)
- 9)D. J. Lisk: ibid., 24, 267 - 325(1972)
- 10)農林省肥料機械課・通産省化学肥料課監修：肥料年鑑、昭和50年版、肥料協会新聞部、p.310 - 316(1975)

1-2表 土壌における各種元素の含有量と主要母岩組成との対比⁷⁾

元 素	超塩基性岩	塩 基 性 岩	中 性 岩	酸 性 岩	堆 積 物	土 壌
	ダナイト 橄欖岩 輝岩	玄武岩 斑岩 ノーライト 輝緑岩	閃緑岩 安山岩	花崗岩 流紋岩 など	粘土岩 頁岩	
As	2.8	2	2.4	1.5	6.6	5
Cd		0.19		0.1	0.3	0.5
Co	200	45	20	5	23	8
Cr	2000	300	56	25	160	200
Cu	80	140	35	30	57	20
Hg		0.09		0.04	0.4	0.01
Li	2	15	20	70	60	30
Mn	1300	2200	1200	600	670	850
Mo	0.4	1.4	0.9	1.9	2	2
Ni	1200	160	55	8	35	40
Pb		8	15	2	20	10
Se					0.6	0.01
Sn		6		45	30	10
V	140	200	100	40	130	100
Zn	50	130	720	60	80	50

注) 単位：乾土ppm (元の数字は乾土%であるがppmに換算した)

1-3表 土壌溶液、河川水及び海水の元素含有量(ppm)⁶⁾

元 素	土壌溶液	河川水	海水
As		0.0004(<0.0004-0.23)	0.003
Cd		0.08	0.00011
Co		0.0009	0.00027
Cr		0.00018(0.0001-0.08)	0.00005
Cu	0.01-0.06	0.01(0.0006-0.4)	0.0005
Hg		0.00008	0.00003
Li		0.0011(0.00007-0.04)	0.18
Mn	0.02-2	0.012(0.00002-0.13)	0.002
Mo	<0.001	0.000035(<0.007)	0.01
Ni		0.01(0.0002-0.02)	0.0054
Pb		0.005(0.0006-0.12)	0.00003
Se	0.001-3	<0.02	0.00009
Sn		0.00004	0.003
V		0.001(<0.007)	0.002
Zn	0.1-0.3	0.01(0.0002-1)	0.01

1-4表 植物の元素含有量 (ppm)⁶⁾

元 素	プランクトン*	褐藻類	蘚苔類	しだ類**	裸子植物	被子植物***	細菌	真菌類****
As		30				0.2		
Cd	0.4	0.4	0.1	0.5	0.24	0.64		4
Co	5	0.7	0.33	0.8	0.2	0.48		0.5
Cr	3.5	1.3	2	0.8	0.16	0.23	42	1.5
Cu	200	11	7	15	15	14		15
Hg		0.03				0.015		
Li		5.4				0.1	30	
Mn	75	53	290	250	330	630		25
Mo	1	0.45	0.7	0.8	0.13	0.9		1.5
Ni	36	3	2.5	1.5	1.8	2.7		1.5
Pb	5	8.4	3.3	2.3	1.8	2.7		50
Se		0.84				0.2		2
Sn	35	1.1	1	2.3	<0.24	<0.3		5
V	5	2	2.3	0.13	0.69	1.6		0.67
Zn	2600	150	50	77	26	160		150

*: 主として珪藻類、**: トクサ属あるいはヒカゲノカズラ属は含まない、***: 木本類、****: 地衣類も含む

1-5表 植物の元素含有量(ppm)⁶⁾

元 素	腔腸動物	環形動物	軟体動物	棘皮動物	甲 殻 類	昆 虫	魚 類	哺乳動物
A s	30	6	0.005	0.09	0.08		0.3	0.2
C d	1		3	1	0.15		3	
C o	4?	5?	2	1.5?	0.8	<0.7	0.5	0.3
C r	1.3?			0.5			0.2	< 0.3
C u	50	4?	20	11	50	50	8	2.4
H g			1?				0.3?	0.05
L i			1?			< 7		< 0.02
M n	30?	0.06?	10	60?	2?	10	0.8	0.2
M o	0.7		2	2.5	0.6	0.6	1	< 1
N i	26?	11?	4	17?	0.4	9	1	< 1
P b	35?		0.7	18?	0.3	< 7	0.5	4
S e								1.7
S n	23?		15?	6?	0.2		3?	< 0.16
V	2.3	1.2	0.7	1.9	0.4	0.15	0.14	< 0.4
Z n	1500?	6?	200	25	200	400	80	160

1-6表 生物硬組織の元素含有量 (ppm)⁶⁾

元 素	紅藻類	有孔虫類		海綿動物		さんご (CaCO ₃)	軟体動物 (CaCO ₃)	棘皮動物 (CaCO ₃)	哺乳動物の骨 (Apatite)
	(CaCO ₃)	(CaCO ₃)	(SiO ₂)	(CaCO ₃)	(SiO ₂)				
A s								8	0.3
C d	0.7	2.2					0.035	0.03	1.3
C o								2	0.87
C r								0.02	< 0.85
C u			25		15		25	18	1
H g							3		0.1
L i									0.005
M n	55		8		75	6.3	4.8	530	0.19
M o					0.7			0.1	< 2.6
N i			9		22			2	< 3.5
P b			10		5.5			5	12
S e		< 1							0.06
S n					1.7			1.6	< 0.07
V					1.7			5	< 0.00001
Z n					100	52	9	65	120

1-7表 哺乳動物組織と人間の血液中の元素含有量 (ppm)⁶⁾

元 素	脳	心 臓	腎 臓	肝 臓	肺 臓	筋 肉	皮 膚	毛 髪	人間の血液
A s	0.08	0.01	0.34	0.5	0.36	0.16	0.36	1.1	49
C d	< 3	0.05	130	6.7	0.08	< 0.06	< 1		4
C o	0.0055	0.05	0.05	0.23	0.06	0.016	< 0.03	15	0.03
C r	0.12	0.025	0.05	0.026	0.62	0.042	0.29	2	2
C u	22	14	12	19	5.8	3.1	1.7	80	100
H g		0.17	0.25	0.022	0.03	0.02			
L i	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.02	< 0.1	< 0.02	0.084		
M n	1.1	0.8	3.8	3.7	0.82	0.21	0.22	1	3
M o	< 0.2	0.2	1.4	2.8	< 0.2	< 0.2	< 0.07		2
N i	< 0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.008	0.8	6	1-8
P b	0.24	0.2	4.5	4.8	2.3	< 0.2	0.78	35	27
S e	2.1	0.7	2.1	2.1	2.5	2.5		0.3-13	20
S n	< 2	0.2	0.74	0.85	1.8	< 0.2	0.36		
V	< 0.3	< 0.04	< 0.05	< 0.04	0.05	< 0.04	0.02		1-2
Z n	46	110	210	130	62	180	13	170	650

注) 人間の血液の単位: $\mu\text{g}/100\text{ml}$

1-8表 主要食品中の微量元素含量 (ppm)⁹⁾

元 素	海産食品	穀 類	果 実	野 菜	肉 類	乳 製 品	木 の 実
A s	1.5-15.3	0 -2.4	0 -0.17	0 -1.3	0 -1.4	0 -0.23	-
C d	0.05-3.66	0.01-0.57	0.01-0.03	0.01-0.45	0.19-3.49	0.1 -0.56	0.03-0.07
C r	0 - 0.44	0 -0.52	0 -0.2	0 -3.62	0.03-0.27	-	-
P b	0.15-2.50	0 -7.49	0.03-0.38	0 -1.26	0 -0.57	0 -0.79	-
N i	0.02-1.7	0 -6.45	0 -0.34	0 -2.59	0 -4.5	0 -0.03	-
S e	0.12-2.02	0.02-1.11	-	0 -0.57	0.19-4.17	0.06-1.46	0 -1.03
S n	0.49-4.30	0 -2.63	-	0 -9.07	0.32-3.44	0.19-0.96	-
V	0 - 5.1	0 -6.3	0 -0.18	0 -6.0	-	-	0 -1.96

1-9表 河川水、海水、海棲植物及び魚の微量元素含量⁹⁾

元 素	河 川 水 (ppb)	淡 水 魚 (ppm)	海 水 (ppb)	海 棲 植 物 (乾物ppm)	海 棲 魚 (乾物ppm)
A s	0.4	0.03-0.5	3	30	0.3
C d	80	0.02-0.15	0.11	0.4	3
C r	0.18		0.05	2.4	0.2
P b	5	0.5 - 2	0.03	6.7	0.5
L i	1.1	-	180	5.4	-
H g	0.08	0.1 - 1	0.03	0.03	0.3?
N i	10	0.03-3.8	5.4	17	1
S e	< 20	0.1 - 1	0.09	0.84	0.5-4
S n	0.04	0.05-19.5	3	17	3?
V	1	0.1 - 4.7	2	3.5	0.14

1-10表 肥料中の微量元素含有量(平均値、ppm)¹⁰⁾

肥料	点数	As	Cd	Cu	Pb	Zn
窒素質肥料	109	1.0	0.1	1.6	3.1	3.4
過リン酸石灰	29	66.8	7.4	17.5	15.7	129
重過リン酸	6	18.4	23.3	75.0	13.4	307
苦土過リン酸	5	31.4	12.2	37.3	5.9	237
熔成リン肥	21	4.8	2.7	11.3	7.7	152
焼成リン肥	3	0.1	5.8	35.4	4.0	289
その他のリン肥	11	9.1	10.6	21.9	6.9	167
カリ質肥料	28	0.3	0.4	6.6	1.5	3.8
有機質肥料	151	1.5	0.8	24.0	5.1	135
第一種複合肥料	168	50.1	6.8	13.5	7.7	87.5
第二種複合肥料	5	9.7	3.9	11.1	8.4	58.6
その他の複合肥料	15	2.6	1.1	5.0	1.8	21.3
石灰質肥料	88	1.8	2.9	10.7	22.0	57.0
ケイ酸質肥料	41	1.1	1.0	42.3	4.4	55.3
苦土肥料	28	2.8	2.5	26.3	9.3	49.1
マンガン質肥料	9	3.5	0.3	35.3	20.4	63.9
物入り肥料	14	2.3	0.8	461	1.6	561
特殊肥料	32	11.1	1.0	80.4	40.3	342

注) 昭和46~48年に収集した試料

1-11表 リン鉱石中の微量元素含有量(ppm)¹⁰⁾

元素	リン 鉱 石 産 地														
	フロリダ			モロッコ			ナウル			ヨルダン			トーゴ		
	点数	範囲	平均値	点数	範囲	平均値	点数	範囲	平均値	点数	範囲	平均値	点数	範囲	平均値
As	44	4~47	19.4	13	13~64	35.2	9	13~41	20.3	6	20~45	30.0	2	36~44	40.0
Cd**	40	3~26	11.8	23	0.5~62	26.3	19	58~96	76.4	1	—	7	6	35~55	46.1
Cu	38	8~40	15.0	14	25~105	39.2	7	7~16	12.0	6	8~32	22.0	3	44~63	51.7
Pb	45	1~85	17.2	13	3~31	11.1	9	4~37	9.1	6	3~65	25.8	3	22~32	28.7
Zn	45	54~300	112	14	200~482	273	9	690~920	801	6	186~333	222	3	188~460	359
元素	リン 鉱 石 産 地														
	イスラエル			タイバ			マカテア	北カロライナ	全平均						
	点数	範囲	平均値	点数	範囲	平均値	分析値*	分析値*							
As	2	15~42	28.8				49	40	24.4						
Cd**	2	21~27	23.9						33.9						
Cu	2	27~76	52	2	61~64	62	10	27	23.7						
Pb	3	23~97	60	2	10~12	11	11	13	17.2						
Zn	2	410~560	484	2	520~560	540	340	400	256						

*: 試料点数1
 **: その他のリン鉱石中のCd
 セネガル(5点) 87~103(平均: 91.5)ppm
 サハラ(1点) 29ppm
 南アフリカ(1点) 0.5ppm以下
 北ベトナム(1点) 9ppm