

◎ 4 大気中の重金属成分に関する研究

— 降下ばいじん中の重金属成分について —

大気科 竹内青二、川村速雄
川田常人、原田浩平
楠瀬 薫、柳惣治郎

1 はじめに

一般に降下ばいじんの測定は、都市大気汚染状態を経年的に監視測定することにより、公害対策のうえで指標として意義があるが、降下ばいじん中に含まれる重金属元素の成分を分析することは、更に人体に対する影響あるいは汚染源の解析を行う上でも重要な意義があることと思われる。

東京都、川崎市、四日市市、名古屋市をはじめ長野県、広島県、北九州の各都市での報告があるが、産業形態に伴った特徴が認められ興味深い。

高知県でも、昭和47年度～49年度の3年間、高知市、須崎市、南国市において測定を行ったのでその結果の概要を報告する。

2 調査方法

英国規格(B.S.I.R)によるデポジットゲージ(鳥カゴを切除したもの)を図1～図3に示すとおり各地域に設置し、1カ月に採取した降雨水を常法により降下ばいじん総量を測定した後、S.S.G硝酸を加え溶解し、再び水浴上で蒸発乾固したのち、0.5N塩酸を加えて抽出し、定容にしたのち、島津650型原子吸光装置で分析した。

図-1 高知市

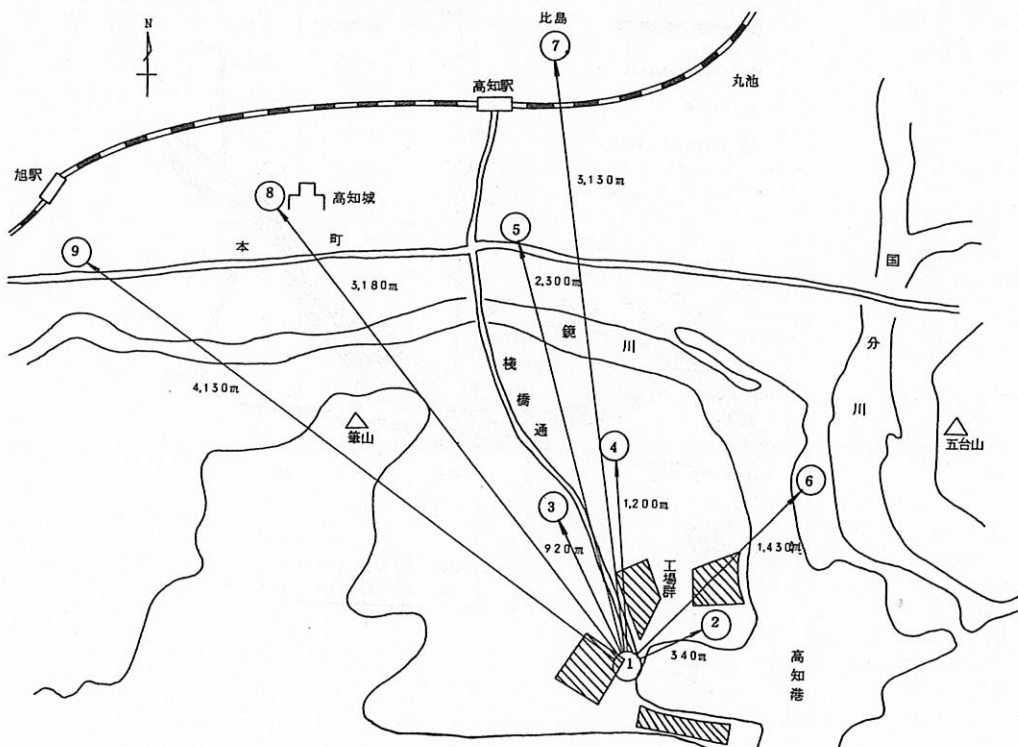


図-2 須崎市

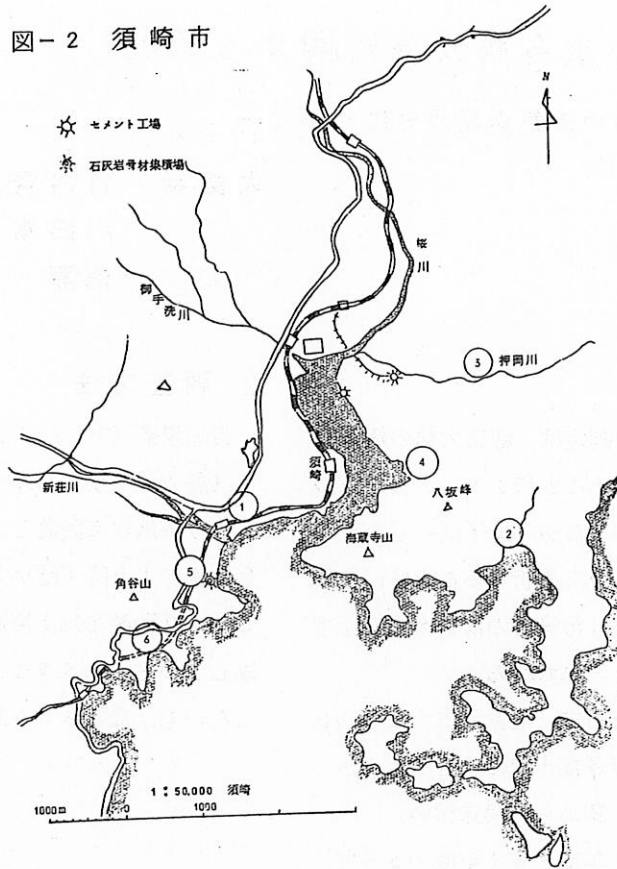


図-3 南国市

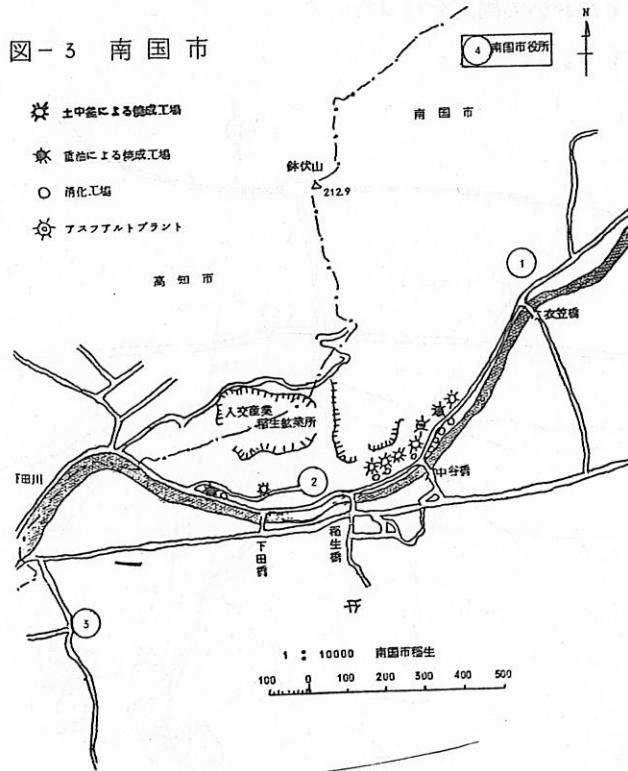


表1 Feの降下量 (単位kg/km²/month)

	年度 測定点	昭和47年度		昭和48年度		昭和49年度		昭和47~49年度	
		平均値 \bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
高知市	1 高知南警察署	502	349	539	187	487	154	511	240
	2 高知競馬場	281	118	304	148	229	74.3	273	120
	3 和光薬業KK	158	46.7	153	86.0	131	58.6	148	65.7
	4 潮江東小学校	162	83.9	155	89.0	108	61.0	143	81.0
	5 電報電話東局	191	154	115	56.5	100	58.1	136	105
	6 土佐魚類寮	142	112	129	48.1	109	72.5	126	73.7
	7 高知气象台	124	76.7	100	44.6	72.0	36.1	97.8	55.8
	8 衛生総合庁舎	97.8	83.0	101	71.3	77.0	33.3	92.3	69.2
	9 松田薬品KK	138	95.6	112	97.2	75.0	51.8	110	83.9
須崎市	1 農協	111	104	127	139	56.9	198	101	105
	2 大谷	68.9	56.3	83.3	87.1	42.4	16.3	65.6	61.9
	3 押岡	63.1	35.3	69.7	62.3	55.8	26.8	63.1	43.3
	4 串の浦	114	98.1	216	315	75.7	32.6	136	196
	5 角谷	103	83.4	72.9	62.6	47.3	22.4	74.2	63.7
	6 嶺地	62.9	69.2	105	156	35.4	16.8	69.1	102
南国市	1 衣笠	79.4	48.3	134	81.0	80.3	24.2	97.5	64.3
	2 北地	108	76.6	143	165	79.6	32.2	115	114
	3 芦ヶ谷	95.4	75.6	145	87.5	59.6	29.4	109	84.5
	4 市役所	285	20.3	52.6	41.0	42.0	26.2	43.0	32.2

表2 Mnの降下量 (単位kg/km²/month)

	年度 測定点	昭和47年度		昭和48年度		昭和49年度		昭和47~49年度		備考 Mn/Fe
		平均値 \bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	
高知市	1 高知南警察署	860	595	1154	531	1034	622	1020	576	2.00
	2 高知競馬場	372	234	325	125	348	171	347	174	1.27
	3 和光薬業KK	51.4	69.2	44.2	57.1	57.9	28.6	50.8	53.8	0.36
	4 潮江東小学校	58.7	91.9	18.9	88	32.7	24.3	36.4	55.9	0.25
	5 電報電話東局	15.1	13.4	9.1	6.8	13.4	5.1	12.4	9.3	0.09
	6 土佐魚類寮	11.0	3.0	13.2	6.6	11.5	4.2	12.1	5.1	0.10
	7 高知气象台	11.3	5.9	10.6	5.2	9.3	5.4	10.4	5.4	0.11
	8 衛生総合庁舎	8.9	6.7	10.6	7.2	12.9	8.2	10.7	7.3	0.12
	9 松田薬品KK	9.6	13.5	5.9	2.9	7.3	3.7	7.6	8.1	0.07
須崎市	1 農協	11.1	11.8	10.8	12.0	4.1	2.5	9.0	10.3	
	2 大谷	7.9	11.8	3.6	2.7	2.4	1.0	4.5	7.5	
	3 押岡	4.3	3.8	4.3	7.2	2.4	1.1	3.7	4.7	
	4 串の浦	5.7	2.7	3.3	2.5	3.4	1.8	4.3	2.7	
	5 角谷	5.0	5.1	8.6	9.2	2.0	0.8	5.6	6.5	
	6 嶺地	2.4	1.4	4.0	4.8	2.0	1.3	2.8	3.1	
南国市	1 衣笠	3.2	1.4	5.7	3.7	5.9	2.7	5.2	3.0	
	2 北地	8.1	9.5	8.1	6.4	5.5	2.3	7.5	7.1	
	3 芦ヶ谷	5.6	3.4	7.7	6.0	5.9	3.3	6.4	4.5	
	4 市役所	3.0	3.5	5.5	8.9	4.2	3.9	4.5	6.3	

表-3 Cuの降下量 (単位 $kg/km^2/month$)

	測定点	年度		昭和47年度		昭和48年度		昭和49年度		昭和47~48年度	
		平均値		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
高知市	1 高知南警察署			4.8	5.6	2.2	0.9			3.5	4.0
	2 高知競馬場			4.0	2.9	1.7	0.7			2.7	2.3
	3 和光薬業KK			4.8	7.1	1.9	1.7			3.3	5.2
	4 潮江東小学校			5.6	5.4	1.4	1.5			3.4	4.4
	5 電報電話東局			3.6	4.8	0.8	0.5			2.2	3.4
	6 土佐魚類寮			1.0	0.8	0.7	0.3			0.8	0.5
	7 高知气象台			2.2	1.6	1.4	2.0			1.8	1.9
	8 衛生総合庁舎			5.5	6.9	0.7	0.6			2.9	5.1
	9 松田薬品KK			3.0	3.7	0.6	0.3			1.8	2.8
須崎市	1 農協			4.3	7.5	1.2	1.1			2.8	5.6
	2 大谷			38.5	34.7	6.2	8.6			23.1	30.2
	3 押岡			17.9	6.8	25.0	19.6			21.3	14.5
	4 串の浦			8.5	11.1	2.1	2.0			5.4	8.6
	5 角谷			6.4	12.2	1.3	1.7			4.0	9.1
	6 嶺地			99.5	92.7	10.3	23.4			54.9	80.2
南国市	1 衣笠			1.8	1.5	0.8	0.3			1.3	1.2
	2 北地			6.7	16.7	1.4	1.6			3.9	12
	3 芦ヶ谷			2.0	2.4	0.9	0.8			1.4	1.8
	4 市役所			1.5	1.3	0.8	0.7			0.1	0.9

表-4 Znの降下量 (単位 $kg/km^2/month$)

	測定点	年度		昭和47年度		昭和48年度		昭和49年度		昭和47~49年度	
		平均値		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
高知市	1 高知南警察署			36.6	32.4	25.2	14.8	21.0	10.6	26.7	19.8
	2 高知競馬場			20.1	10.6	19.0	12.9	13.9	7.9	18.2	10.4
	3 和光薬業KK			11.7	6.8	7.2	5.0	10.1	4.8	9.2	5.6
	4 潮江東小学校			13.0	8.3	9.6	6.6	9.0	4.3	10.3	6.4
	5 電報電話東局			10.7	8.0	9.4	5.1	15.9	12.6	11.8	9.0
	6 土佐魚類寮			15.1	5.5	16.2	9.9	12.9	9.7	14.9	8.9
	7 高知气象台			10.3	7.2	9.0	9.8	12.1	11.2	10.3	9.6
	8 衛生総合庁舎			10.2	5.9	9.6	6.2	21.1	32.8	13.3	18.8
	9 松田薬品KK			13.7	8.3	12.7	8.3	20.5	27.5	15.5	16.7
須崎市	1 農協			13.6	13.5	8.7	7.6	14.8	11.5	12.0	10.7
	2 大谷			13.8	13.7	10.0	12.4	5.8	3.3	13.8	24.7
	3 押岡			10.6	16.8	5.8	5.5	6.6	3.7	7.4	9.6
	4 串の浦			19.5	29.7	11.0	15.1	9.1	4.1	12.8	18.4
	5 角谷			15.6	16.3	7.2	8.3	5.6	2.4	9.1	10.4
	6 嶺地			16.3	23.5	9.8	9.1	9.4	3.6	11.3	13.1
南国市	1 衣笠			7.4	5.5	5.3	3.0	8.6	6.4	6.9	5.0
	2 北地			5.9	4.5	9.2	6.9	7.1	4.0	7.7	5.7
	3 芦ヶ谷			15.8	31.4	10.0	8.8	11.2	8.8	12.0	17.5
	4 市役所			5.0	2.2	8.0	12.1	8.1	5.3	7.4	8.5

表-5 Caの降下量 (単位 $kg/km^2/month$)

測定点	年度 平均値	昭和47年度		昭和48年度		昭和49年度		昭和47~49年度	
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
高知市	1 高知南警察署	2,670	1,130	1,760	521	1,630	967	2,050	935
	2 高知競馬場	1,930	667	1,320	412	1,140	653	1,440	652
	3 和光薬業KK	974	566	674	275	581	353	741	434
	4 潮江東小学校	880	471	726	277	630	475	708	425
	5 電報電話東局	825	657	412	209	405	206	543	445
	6 土佐魚類寮	563	141	477	102	647	243	538	198
	7 高知气象台	492	215	259	161	276	185	335	209
	8 衛生総合庁舎	304	125	208	181	334	227	278	185
	9 松田薬品KK	296	185	254	243	256	102	269	183
須崎市	1 農協	568	276	405	243	554	437	510	323
	2 大谷	516	227	331	97.1	399	131	419	178
	3 押岡	941	298	465	114	460	200	637	317
	4 串の浦	2,100	1,490	956	407	894	310	1,350	1,080
	5 角谷	1,080	650	1,240	352	820	479	1,050	526
	6 嶺地	221	131	188	293	207	51	205	193
南国市	1 衣笠	3,680	1,530	2,460	1,070	3,100	2,160	3,080	1,610
	2 北地	4,400	4,290	2,650	1,090	3,370	906	3,490	2,820
	3 芦ヶ谷	1,690	503	1,100	431	1,050	759	1,310	613
	4 市役所	608	908	94.5	86.6	356	395	302	515

表-6 Cdの降下量 (単位 $kg/km^2/month$)

測定点	年度 平均値	昭和47年度		昭和48年度		昭和49年度		昭和48~49年度	
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
高知市	1 高知南警察署			0.29	0.31	0.20	0.08	0.25	0.24
	2 高知競馬場			0.17	0.14	0.17	0.05	0.17	0.10
	3 和光薬業KK			0.04	0.07	0.10	0.07	0.07	0.07
	4 潮江東小学校			0.08	0.10	0.19	0.12	0.13	0.12
	5 電報電話東局			0.04	0.07	0.18	0.16	0.10	0.14
	6 土佐魚類寮			0.06	0.10	0.23	0.20	0.13	0.17
	7 高知气象台			0.08	0.02	0.08	0.06	0.08	0.02
	8 衛生総合庁舎			0.05	0.07	0.22	0.37	0.12	0.25
	9 松田薬品KK			0.02	0.06	0.12	0.11	0.06	0.10
須崎市	1 農協			0.04	0.08	0.09	0.08	0.06	0.08
	2 大谷			0.03	0.06	0.07	0.08	0.05	0.07
	3 押岡			0.03	0.07	0.10	0.07	0.06	0.07
	4 串の浦			0.04	0.07	0.14	0.07	0.09	0.08
	5 角谷			0.08	0.02	0.12	0.12	0.10	0.19
	6 嶺地			0.02	0.03	0.82	0.61	0.46	0.13
南国市	1 衣笠			0.14	0.14	0.22	0.12	0.18	0.14
	2 北地			0.17	0.18	0.21	0.11	0.18	0.16
	3 芦ヶ谷			0.08	0.17	0.15	0.09	0.11	0.15
	4 市役所			0.03	0.05	0.19	0.33	0.10	0.22

表-7 Pbの降下量 (単位 $kg/km^2/month$)

測定点	年度 平均値	昭和47年度		昭和48年度		昭和49年度		昭和47~49年度	
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
高知市	1 高知南警察署					6.7	5.0		
	2 高知競馬場					4.0	2.0		
	3 和光薬業KK					3.3	1.8		
	4 潮江東小学校					2.8	1.4		
	5 電報電話東局					4.1	1.8		
	6 土佐魚類寮					4.0	3.7		
	7 高知气象台					2.0	0.8		
	8 衛生総合庁舎					3.7	3.4		
	9 松田薬品KK					3.1	1.4		
須崎市	1 農協					3.9	4.4		
	2 大谷					1.8	0.7		
	3 押岡					2.7	1.7		
	4 串の浦					3.6	1.7		
	5 角谷地					2.0	0.9		
	6 嶺地					1.9	1.0		
南国市	1 衣笠					3.3	2.2		
	2 北地					11.4	2.14		
	3 芦ヶ谷					3.2	3.5		
	4 市役所					2.3	2.7		

表-8 降下ばいじん総量に占める金属元素の割合(%)

測定点	元素 年度	Fe (%)				Mn (%)			
		昭47	昭48	昭49	昭47~49	昭47	昭48	昭49	昭47~49
高知市	1 高知南警察署	1.83	2.69	2.62	2.57	3.66	5.77	5.56	5.29
	2 高知競馬場	1.56	2.37	1.99	1.89	2.06	2.53	3.03	2.45
	3 和光薬業KK	1.50	1.93	1.72	1.71	0.49	0.56	0.76	0.60
	4 潮江東小学校	1.61	2.14	1.42	1.68	0.58	0.26	0.43	0.43
	5 電報電話局	2.44	2.11	1.76	1.95	0.19	0.17	0.24	0.16
	6 土佐魚類寮	2.03	2.09	1.59		0.16	0.21	0.17	0.25
	7 高知气象台	1.70	1.97	1.69	1.69	0.16	0.21	0.22	0.19
	8 衛生総合庁舎	2.25	2.12	1.81	1.98	0.20	0.22	0.31	0.23
	9 松田薬品KK	2.53	2.44	1.82	2.30	0.18	0.13	0.17	0.16
須崎市	1 農協	2.13	2.03	1.04	1.79	0.22	0.10	0.09	0.16
	2 大谷	1.21	1.59	1.04	1.31	0.17	0.07	0.06	0.09
	3 押岡	0.88	1.24	1.02	1.03	0.07	0.08	0.04	0.06
	4 串の浦	0.92	2.53	1.13	1.45	0.05	0.04	0.05	0.05
	5 角谷地	1.40	0.90	0.85	1.05	0.08	0.11	0.04	0.08
	6 嶺地	1.47	1.79	1.01	1.50	0.06	0.07	0.06	0.06
南国市	1 衣笠	0.41	0.60	0.41	0.47	0.02	0.03	0.03	0.03
	2 北地	0.45	0.66	0.41	0.52	0.03	0.03	0.03	0.03
	3 芦ヶ谷	0.88	0.15	0.77	1.14	0.02	0.08	0.08	0.07
	4 市役所	0.95	1.53	1.03	1.20	0.03	0.11	0.10	0.13

表-9 降下ばいじん総量に占める金属元素の割合

測定点	元素 年度	Cu (%)			Zn (%)			
		昭47	昭48	昭47~48	昭47	昭48	昭49	昭47~49
高知市	1 高知南警察署	0.023	0.011	0.017	0.16	0.13	0.14	0.130
	2 高知競馬場	0.024	0.013	0.019	0.13	0.14	0.12	0.135
	3 和光薬業KK	0.048	0.024	0.037	0.11	0.09	0.14	0.111
	4 潮江東小学校	0.053	(19) 0.03	0.039	0.12	0.10	0.12	0.130
	5 電報電話局	0.038	0.015	0.029	0.14	0.17	0.28	0.195
	6 土佐魚類寮	0.02	0.012		0.22	0.26	0.19	0.226
	7 高知气象台	0.032	0.028	0.030	0.14	0.18	0.29	0.204
	8 衛生総合庁舎	0.127	0.015	0.063	0.23	0.20	0.49	0.290
	9 松田薬品KK	0.063	0.014	0.038	0.25	0.28	0.47	0.331
須崎市	1 農協	0.079	0.019	0.048	0.276	0.137	0.307	0.215
	2 大谷	0.754	0.119	0.447	0.300	0.191	0.141	0.285
	3 押岡	0.265	0.447	0.344	0.173	0.104	0.121	0.124
	4 串の浦	0.074	0.025	0.054	0.258	0.128	0.135	0.141
	5 角谷	0.095	0.016	0.054	0.248	0.088	0.010	0.135
	6 嶺地	2.506	0.176	1.114	0.363	0.166	0.267	0.248
南国市	1 衣笠	0.009	0.003	0.006	0.033	0.024	0.043	0.033
	2 北地	0.028	0.006	0.017	0.035	0.042	0.031	0.034
	3 芦ヶ谷	0.022	0.009	0.015	0.182	0.102	0.145	0.013
	4 市役所	0.030	0.024	0.026	0.068	0.256	0.198	0.204

表-10 降下ばいじん総量に占める金属元素の割合 (%)

測定点	元素 年度	Ca (%)			
		昭47	昭48	昭49	昭47~49
高知市	1 高知南警察署	12.70	8.82	9.3	10.30
	2 高知競馬場	11.44	10.31	10.1	10.67
	3 和光薬業KK	9.74	8.52	8.0	8.44
	4 潮江東小学校	8.38	10.01	8.7	8.54
	5 電報電話局	8.69	7.58	7.4	8.02
	6 土佐魚類寮	9.54	7.70	9.4	
	7 高知气象台	7.24	5.10	6.9	6.39
	8 衛生総合庁舎	7.07	4.38	8.5	6.36
	9 松田薬品KK	5.41	5.56	6.1	5.73
須崎市	1 農協	10.56	6.46	11.28	9.20
	2 大谷	10.07	6.33	9.80	8.66
	3 押岡	13.90	8.31	8.41	10.65
	4 串の浦	18.31	11.21	13.29	14.95
	5 角谷	16.08	15.20	14.64	15.38
	6 嶺地	5.56	3.19	4.60	4.25
南国市	1 衣笠	18.91	11.04	15.91	14.99
	2 北地	18.63	12.25	17.41	15.94
	3 芦ヶ谷	18.50	11.14	13.59	14.44
	4 市役所	12.22	3.02	8.71	7.77

表-11 降下ばいじん総量に占める金属元素の割合

測定点	元素 年度	Cd ppm			Pb ppm			
		昭48	昭49	昭48~49	昭47	昭48	昭49	昭47~49
高知市	1 高知南警察署	14.6	10.6	12.9			360	
	2 高知競馬場	13.0	15.1	13.9			360	
	3 和光薬業KK	5.3	13.7	8.9			450	
	4 潮江東小学校	10.3	26.3	17.6			390	
	5 電報電話局	7.7	32.7	19.1			550	
	6 土佐魚類寮	9.4	32.8	19.3			580	
	7 高知气象台	14.8	19.9	16.8			480	
	8 衛生総合庁舎	10.5	56.3	28.1			930	
	9 松田薬品KK	3.6	28.6	13.4			730	
須崎市	1 農協	7.2	18.1	11.0			790	
	2 大谷	5.2	17.2	10.1			440	
	3 押岡	6.5	18.3	12.1			490	
	4 串の浦	5.3	20.8	11.8			540	
	5 角谷	11.2	21.4	15.1			360	
	6 嶺地	30.9	23.4	10.2			550	
南国市	1 衣笠	6.4	11.2	8.3			170	
	2 北地	7.7	11.1	8.8			670	
	3 芦ヶ谷	8.5	20.0	12.8			420	
	4 市役所	11.6	45.8	28.3			550	

3 結果と考察

測定された鉄 (Fe), マンガン (Mn), 銅 (Cu), 亜鉛 (Zn), カルシウム (Ca), カドミウム (Cd), 鉛 (Pb) の降下量の年平均値及び標準偏差を表-1~表-7に示す。

高知県は、天然の良質な石灰石が採れることからそれに伴う産業が古くから盛んであり、ばい煙、粉じんが主たる大気汚染の原因となっている。

高知市棧橋地区 (図-1 測定点No.1~No.4) は太平洋を臨む浦戸湾に面し、セメント、カーバイド、フェロアロイ、製鋼工場などが集中し、当県では最も大気汚染のみられる地域である。

とくに顕著なのは、マンガン汚染であり、No.1の南警察署で昭47~49年度平均1,020 kg/km²/monthを示した。フェロマンガン製造工場は2社あり、局地的には高い値であるが、距離による減衰はいちじるしく、2~3 km離れると10 kg/km²/monthとなっている。

須崎市 (図-2参照) は、高知市より西へ約40 km、太平洋に面した港湾都市である。豊富な石灰石を利用したセメント工場が押岡 (No.3) にあり、石灰石を粉砕集積する骨材工場が角谷 (No.5) にある。両地区ともにCaが多いが、セメント工場のある押岡 (No.3) より隣接の串の浦 (No.4) に汚染が大きいことが認められた。たとえば、Ca²⁺では串の浦は押岡の約2.1倍、Feでも約2.1倍の降下量を示した。

また、南国市稲生地区 (図-3参照) では、石灰製造、炭酸カルシウム製造業が群在しており、石灰石の焼成、消化および包装等の工程から石灰が飛散し降下ばいじん中のCa量を高めている。衣笠地区 (No.1) で溶解性のCa²⁺は3.1 t、北地地区 (No.2) で3.5 t、芦ヶ谷地区 (No.3) で1.3 tであり、不溶性のCaを加えると、降下ばいじん中に占めるCaの寄与は高率を示すものと考えられる。

なお、降下ばいじん総量に占める重金属元素の割

合は、表-8～表-11に示した。今後、これらのデータを基礎として大気中における降下ばいじん中重金属元素の挙動を検討してゆきたい。

4. 参考文献

1. 大気汚染の測定 大気汚染全国協議会第二小委員会編
2. 重金属の分析 及川紀久雄著
3. 原子吸光分光分析 武内次夫著
4. 安井隆次 高知市における大気汚染について
高知大学学術報告書 24 巻 7 号
5. 大気汚染報告書 S 4 5～S 5 0 年度 高知県公害課
6. 溝口勲等 東京都における降下ばいじん中の重金属分布について 東京都立衛生研究所年報 23 別冊
7. 北瀬勝等 降下ばいじん灰分中重金属成分について 名古屋市公害研究所報 (1973)
8. 官村典仁等 四日市地域における降下ばいじん中の重金属の分布について 三重県公害センター年報 第二号 (1974)
9. 佐藤民雄等 長野県における降下ばいじん中重金属について 大気汚染研究 8 巻 3 号
10. 山田茂 川崎市における降下ばいじん中の重金属成分について 日公衛第 32 大会要旨
11. 横浜市内における降下ばいじん中の重金属大気汚染研究 10 巻 4 号 (1975)
12. 松浦尚子 広島県下における製錬所周辺の降下ばいじん中の重金属について 大気汚染研究 9 巻 2 号
13. 北爪稔 昭和基地付近の大気汚染 大気汚染研究 9 巻 2 号
14. 氷見康二 ばいじんによる京浜工業地帯の大気汚染 (18 報) 大気汚染研究 5 巻 1 号