

VIII 報 文

降雪成分に関する調査研究（第2報）

齋藤 学 石郷岡 晋
真壁江田男

1 はじめに

前年度は、県内における降雪の酸性化の状況を明らかにするため、県内主要地域の5市6地点の降雪調査を実施した¹⁾。その結果、降雪の約60%はpH5.6以下の酸性雪となっていること、また、秋田市の市街地の後背地として位置づけられる仁別調査地点の降雪が、最も低いpHを示すという結果を得た。

今年度は、前年度調査した秋田市内の地点を継続調査するとともに、仁別地点における降雪の酸性化の要因を検討するため、後背地およびバックランド地域の測定地点を増やして、市街地の降雪の成分と比較してみた。また、降雪に含まれている不溶解性成分の成分分析を行い、降雪成分に与える不溶解性成分の影響についても検討してみた。

2 調査方法

2. 1 調査期間

平成元年1月9日～平成元年2月20日

2. 2 調査地点と地点の概況

表-1には、調査地点と地点の概況を示した。調査地点は秋田市4地点、河辺町1地点、森吉町1地点の計6地点を選定した。秋田市の中通、八橋地点は市街地地域として位置づけし、仁別、河辺地点は市街地地域の後背地として位置づけした。また、広面地点は市街地と後背地の中間地点とし、森吉地点はバックランド地点として位置づけした。

2. 3 降雪の採取方法

降雪は二週間単位で、次の三期に区分して採取した。

一期 平成元年1月9日～平成元年1月23日

二期 平成元年1月23日～平成元年2月6日

三期 平成元年2月6日～平成元年2月20日

また、降雪は前年度と同様の採取器を用いて採取した。

2. 4 分析項目および分析方法

降雪については、前年度と同様の項目および分析方法で行った。

表-1 採取器設置場所と地点の概況

地点名	採取器設置場所	地点の概況
中通	秋田市 秋田保健所屋上	海岸から約5km, 市内商業地域
八橋	秋田市 環境技術センター屋上	海岸から約2.5km, 臨海工業地域内
広面	秋田市 推子沢ため池地上	海岸から約8km, 市街地より3km北東の近山間部
仁別	秋田市 旭川ダム管理事務所屋上	海岸から約15km, 市街地より13km北東の近山間部
河辺	河辺町 北野田高屋グミノ地上	海岸から約12km, 市街地より11km南東の水田地帯
森吉	森吉町 森吉山荘地上	海岸から約57km, 内陸の遠山間部

不溶性物質の分析項目は、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 、 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Al^{3+} の7項目で、分析方法は原子吸光光度法で行った。

3 結果および考察

3.1 降雪の採取状況と気象概況²⁾

一期目は、北極方面からの寒気の南下がなく、冬型気圧配置になっても長続きせず、気温が高く積雪もかなり少なかった。秋田の1月の平均気温は、観測史上第5位の異常現象であり、少雪の順位も第5位という珍しい現象の期間であった。

この期間、秋田市と河辺町の地点では、雪よりも雨による降水が多かった。

二期目は、一期目に引き続き冬型気圧配置になっても長続きせず、暖冬、少雪が継続した。秋田では、この時期になっても根雪にならなかった。

この期間、森吉地点では2月2日から2月4日にかけて、約40cmの積雪があった。

三期目は、一期、二期と同様暖冬、少雪が継続し、日照時間も多かった。秋田市では積雪ゼロの日が続いた。

この期間、各地点とも降水があった日は3回程度であった。

3.2 降雪成分の測定結果

(1) 測定結果の概要

表-2に、降雪成分(降雨成分を含む)の測定結果と全測定値の基本統計量を示した。

pHの測定値は4.40~7.15の範囲に分布し、全測定値の単純平均値は5.57であった。pH5.6以下を酸性雪とすれば、全体の56%は酸性雪となっていた。

ECの測定値は14.7~120.8 $\mu\text{s}/\text{cm}$ と範囲が大きく、単純平均値は47.2 $\mu\text{s}/\text{cm}$ であった。

イオン成分濃度の単純平均値では、 $\text{Cl}^- >$

$\text{SO}_4^{2-} > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+}$ の順に濃度が高く2.71~5.99 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ は濃度が低く0.24~0.54 $\mu\text{g}/\text{ml}$ の範囲であった。

また、 Na^+ を指標として算出した $E_x\text{SO}_4^{2-}$ (過剰 SO_4^{2-})は0.94~14.85 $\mu\text{g}/\text{ml}$ の範囲にあり、単純平均値は4.10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ となったことから、 $E_x\text{SO}_4^{2-}$ は SO_4^{2-} のうち約84%、海塩由来の SO_4^{2-} は16%であった。

ろ紙上残留物である不溶性成分量は89~6,960 mg/m^2 で、最小と最大の値に78倍の差異がみられた。

降水量は10.6~79.6 mm の範囲にあり、平均は43.6 mm であった。

(2) 測定項目間の相関係数

表-3には、測定項目間の相関係数を示した。前年度の調査結果や既報^{3,4)}の雨水成分の調査結果と同様、 $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+ - \text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^- - \text{Mg}^{2+}$ の海塩由来成分の相互間には、0.95以上の強い相関がみられた。また、 $\text{EC} - \text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-} - \text{NH}_4^+$ 、 $\text{Ca}^{2+} - \text{NH}_4^+$ 、 $E_x\text{SO}_4^{2-}$ の相関も高く、いずれも危険率1%有意で0.9以上の相関を示した。

また、ECは不溶性成分量と降水量を除いたすべての項目と有意な相関を示した。

pHと危険率1%で有意な相関を示したのは、前年度の調査結果と同様 Ca^{2+} 、不溶性成分量で、相関係数は0.752、0.823となっていた。また、 NH_4^+ は危険率5%で有意な相関を示した。

3.3 イオン成分濃度の地域特性

(1) 前年度の濃度との比較

表-4に、各地点の成分濃度を降水量で重み付けした地点別の平均値を示した。また、()内には今年度と同様の方法で調査した前年度の中通、仁別地点の平均値を示した。

pHについてみると、前年度の値と比較して

表一 2 降雪成分測定結果と基本統計量

(n=18)

			pH	EC μs/cm	SO ₄ ²⁻ μg/ml	NO ₃ ⁻ μg/ml	Cl ⁻ μg/ml	NH ₄ ⁺ μg/ml	Ca ²⁺ μg/ml	Mg ²⁺ μg/ml	K ⁺ μg/ml	Na ⁺ μg/ml	Ex.SO ₄ ²⁻ μg/ml	不溶解成分量 mg/m ²	降水量 mm
測 定 結 果	中 通	min	6.61	43.8	4.19	0.77	3.44	0.56	3.44	0.27	0.16	1.60	3.79	3,400	10.6
		~max	~7.15	~120.8	~15.78	~3.29	~11.00	~2.26	~12.17	~0.80	~0.41	~6.22	~14.85	~6,960	~70.1
	八 橋	min	6.07	28.5	2.85	0.65	2.75	0.35	2.07	0.19	0.15	1.00	2.60	2,700	12.5
		~max	~6.95	~74.0	~8.92	~2.45	~10.06	~1.02	~7.09	~0.74	~0.39	~5.74	~8.11	~3,006	~61.3
	広 面	min	4.97	22.6	1.75	0.69	3.45	0.19	1.20	0.26	0.14	1.55	1.36	449~870	10.6
		~max	~6.10	~47.5	~5.96	~2.49	~7.36	~0.78	~3.37	~0.54	~0.20	~3.92	~5.34		~73.2
仁 別	min	4.40	41.6	3.26	0.72	7.07	0.23	0.89	0.51	0.23	3.02	2.29	132~500	11.4	
	~max	~4.93	~66.7	~8.83	~2.78	~10.42	~0.61	~3.05	~0.76	~0.35	~5.89	~8.07		~77.2	
河 辺	min	4.62	14.7	1.10	0.71	1.50	0.19	0.43	0.09	0.10	0.63	0.94	89~414	17.2	
	~max	~4.95	~42.7	~5.33	~2.07	~6.54	~0.74	~1.26	~0.48	~0.24	~3.63	~4.81		~54.1	
森 吉	min	4.66	23.3	2.50	0.47	2.44	0.28	0.31	0.25	0.16	1.50	1.80	162~678	12.1	
	~max	~5.14	~31.5	~2.87	~1.37	~5.44	~0.43	~0.95	~0.41	~0.23	~3.15	~2.49		~79.6	
基 本 統 計 量 (分 布)	最 小 値		4.40	14.7	1.10	0.47	1.50	0.19	0.31	0.09	0.10	0.63	0.94	89	10.6
	最 大 値		7.15	120.8	15.78	3.29	11.00	2.26	12.17	0.80	0.41	6.22	14.85	6,960	79.6
	平 均 値		5.57	47.2	4.88	1.37	5.99	0.54	2.71	0.45	0.24	3.09	4.10	1,611	43.6
	標 準 偏 差		0.970	24.515	3.462	0.857	2.826	0.486	2.953	0.204	0.093	1.644	3.365	1,986	25.26
	* ひ ず み s		0.3995	1.4194	1.8262	0.9615	0.2288	2.5390	2.0094	0.1043	0.4323	0.4772	1.9608	1.3850	-0.1539
	** * と が り k		1.4840	5.2526	6.1605	2.4729	1.9513	9.2384	6.5969	1.9932	1.8279	2.2688	6.4627	3.8396	1.4932

* ひずみ S=0 対象な分布 ** * と が り K=3 正規分布
 S>0 右にすそをひく分布 K>3 ピークが高く * と が り、すそが長い分布
 S<0 左にすそをひく分布 K<3 ピークが偏平で、すそが短い分布

表一 3 測定項目間の相関

(n=18)

	pH	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Ex.SO ₄ ²⁻	不溶解性成分	降水量
pH	1.000												
EC	0.424	1.000											
SO ₄ ²⁻	0.425	0.958	1.000										
NO ₃ ⁻	0.212	0.759	0.883	1.000									
Cl ⁻	0.069	0.662	0.458	0.271	1.000								
Na ⁺	-0.009	0.519	0.289	0.100	0.975	1.000							
K ⁺	0.269	0.809	0.663	0.415	0.821	0.774	1.000						
Ca ²⁺	0.752	0.844	0.888	0.692	0.242	0.083	0.542	1.000					
Mg ²⁺	0.098	0.694	0.506	0.345	0.992	0.963	0.834	0.286	1.000				
NH ₄ ⁺	0.531	0.855	0.936	0.813	0.225	0.074	0.511	0.928	0.286	1.000			
Ex.SO ₄ ²⁻	0.438	0.922	0.993	0.896	0.351	0.175	0.586	0.903	0.403	0.953	1.000		
不溶解性成分	0.823	0.368	0.295	0.011	0.198	0.168	0.244	0.566	0.199	0.339	0.283	1.000	
降水量	-0.258	-0.321	-0.550	-0.757	0.301	0.439	0.023	-0.520	0.218	-0.599	-0.620	0.014	1.000

* 5%有意 ** 1%有意

表一 4 降雪成分濃度の地点別平均値 (降水量による重み付け平均値)

項目 地点	pH	EC μg/cm	SO ₄ ²⁻ μg/ml	NO ₃ ⁻ μg/ml	Cl ⁻ μg/ml	NH ₄ ⁺ μg/ml	Ca ²⁺ μg/ml	Mg ²⁺ μg/ml	K ⁺ μg/ml	Na ⁺ μg/ml	Ex.SO ₄ ²⁻ μg/ml
中 通	(6.24) 6.74	(104.7) 62.0	(7.34) 6.15	(1.53) 1.25	(20.64) 8.11	(0.73) 0.72	(4.00) 4.76	(1.34) 0.60	(1.04) 0.28	(11.66) 4.37	(4.42) 5.02
八 橋	6.27	47.3	4.49	1.04	7.17	0.43	3.01	0.53	0.27	3.84	3.51
広 面	5.19	35.7	2.98	1.11	5.82	0.29	1.52	0.43	0.18	2.95	2.24
仁 別	(4.52) 4.65	(70.7) 53.4	(5.14) 4.43	(1.34) 1.09	(12.70) 8.93	(0.45) 0.29	(1.14) 1.26	(1.10) 0.65	(0.84) 0.34	(7.41) 4.91	(3.28) 3.21
河 辺	4.76	25.7	2.76	1.02	4.07	0.33	0.67	0.29	0.17	2.15	2.22
森 吉	4.81	30.6	2.58	0.65	4.77	0.30	0.57	0.36	0.21	2.73	1.89

()内数は、前年度の値

いずれも今年度の方が若干高い値となっていた。

ECは、両地点とも前年度より低い値となっており、特に中通地点は約43μs/cmも低い値となった。

イオン成分濃度についてみると、前年度と比較して大きな差異を示したのはCl⁻、Na⁺で、いずれも、前年度より低い値となった。特に中通地点のCl⁻、Na⁺は前年度の1/2以下となっていた。これは、今回の調査時全体を通じて、前年度より雨水の採取が多かったことと、強い季節風を伴った降雪が少なかったため、海塩由来の成分が不足したことによるものと考えられた。

(2) 市街地と後背地のイオン成分濃度の比較

表一 4の結果から、pHについてみると市街地の中通、八橋地点が6.74、6.27と高く、後背地の仁別、河辺地点が4.65、4.76と低かった。また、市街地と後背地の中間的な地域に位置する広面地点は5.19と両地域の中間の値を示し、バックランド地域の森吉地点は4.81と、ほぼ後背地のpHと同様な値を示した。今回の調査でも、仁別地点は最も低いpHを示したが、他の後背地地点やバックランド地点と比較した場合、特別低い値とはなっていなかった。

ECについてみると、最も高い値を示したのは市街地の中通地点で62.0μs/cm、最も低い

値を示したのは後背地の河辺地点で25.7 μ s/cmとなっていた。後背地の仁別地点の値が若干高い値を示すことを除けば、市街地の方が後背地、バックランド地域より高い値を示していた。

イオン成分濃度についてみると、EC同様、仁別地点以外は、市街地が後背地やバックランド地域よりイオン成分濃度が高い傾向にあった。

地点間による濃度差が大きいイオンはCa²⁺で、最も高い値を示した中通地点は、最も低い森吉地点の約8倍の濃度となっていた。また、地点間の差が小さいイオンはNO₃⁻、NH₄⁺、Mg²⁺、K⁺であった。

(3) イオン組成比による地域特性

表一5に、降水量で重み付けした平均値から、当量濃度を算出した結果を示した。カチオンの総和(T-C)と、アニオンの総和(T-A)との比(TC/TA)は、1.01~1.39の範囲で、前年度調査結果と同様、カチオン過剰の傾向であった。

図一1には、表一5をもとに作成した各地点のイオン組成比を示した。各地点ともCl⁻とNa⁺の占める割合が大きく、Cl⁻では26~34%、Na⁺では21~29%を占めた。ついで大きい割合を示したのはSO₄²⁻とCa²⁺となっており、組成比の割合が小さいイオンは各地点と

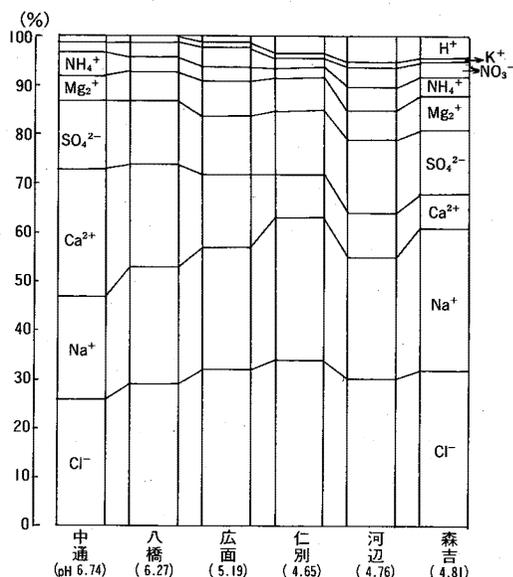
表一5 降雪成分の当量濃度

項目 地点	H ⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	T-C	T-A	TC+TA	TC/TA
中 通	0.2	127.0	20.1	228.1	39.7	235.4	49.2	7.2	189.7	521	375	896	1.39
八 橋	0.5	93.1	16.7	202.5	23.9	149.1	43.5	6.8	167.2	391	312	703	1.25
広 面	6.5	62.0	17.9	164.2	16.1	75.8	35.4	4.6	128.3	267	244	511	1.09
仁 別	22.7	92.9	17.7	252.9	16.1	63.4	53.7	8.6	214.2	379	364	742	1.04
河 辺	17.4	57.5	16.5	114.8	18.3	33.4	23.9	4.3	93.5	191	189	380	1.01
森 吉	15.4	53.4	10.4	134.0	16.3	28.2	29.3	5.4	118.3	213	198	411	1.08

単位はTC/TAがなし、他は μ eq/l

もK⁺であった。

地点間による組成比の差異が大きいイオンはCa²⁺で、最も大きい割合を占める中通地点と、最も小さい森吉地点では19%もの差異が



図一1 降雪成分のイオン組成比

認められた。また、Ca²⁺は市街地の方が後背地より高い割合を占める傾向を示した。

(4) T-Aに対するCa²⁺、NH₄⁺とpHの関係

図一2(1)、(2)には、降雪の酸性化の要因となるアニオンの総量に対するCa²⁺、NH₄⁺の比とpHの関係を示した。

Ca²⁺/T-Aは、pHと正の有意な相関を示

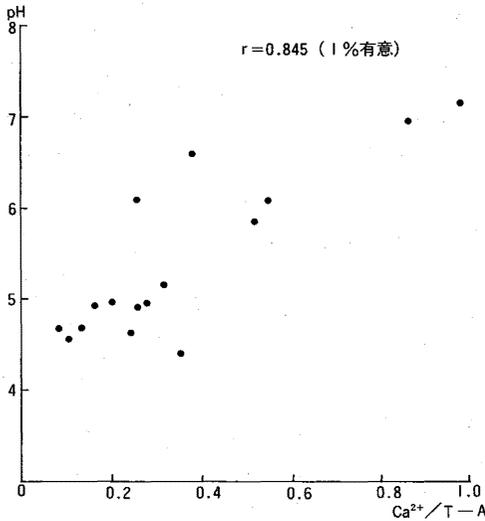


図-2(1) pHとCa²⁺/T-Aの関係

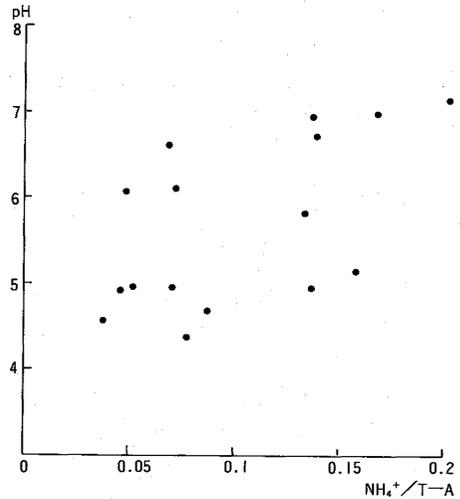


図-2(2) pHとNH₄⁺/T-Aの関係

したが、NH₄⁺/T-Aは、有意な相関が得られなかった。このことから、降雪のpHに対して、Ca²⁺は主要な影響を与えている成分と考えられた。

3. 4 不溶性成分と降雪成分濃度の関係

(1) 不溶性成分の分析結果

次に、降雪をろ過した後に残る不溶性成

分量と、pHとの間に有意な相関が得られていることに着目して、不溶性成分が降雪成分に与える影響について検討してみた。

表-6には、不溶性成分を分析し、その値をもとに採取期間内の各成分の単位面積当りの成分量を算出した結果を示した。なお、今回の分析は重要項目として考えられた金属成分7項目について行った。したがって、不

表-6 不溶性成分の分析結果

	不溶性成分量 mg/m ² ・14日	Ca ²⁺ mg/m ² ・14日	Mg ²⁺ mg/m ² ・14日	K ⁺ mg/m ² ・14日	Na ⁺ mg/m ² ・14日	Fe ³⁺ mg/m ² ・14日	Mn ²⁺ mg/m ² ・14日	Al ³⁺ mg/m ² ・14日
中 通	3,400 ~6,960 (5,153)	33.54 ~52.9 (40.17)	24.56 ~45.34 (34.80)	4.27 ~6.66 (5.21)	4.19 ~6.38 (5.17)	79.42 ~132.74 (108.81)	1.71 ~3.28 (2.50)	46.74 ~88.93 (68.54)
八 橋	2,700 ~3,006 (2,895)	27.84 ~30.46 (29.15)	16.1 ~19.49 (18.25)	2.85 ~6.04 (4.23)	3.39 ~4.95 (4.19)	64.36 ~87.22 (75.76)	1.18 ~3.07 (1.95)	34.97 ~49.64 (44.05)
仁 別	132 ~500 (338)	0.37 ~1.86 (1.02)	1.51 ~4.16 (2.81)	0.46 ~1.43 (0.85)	0.21 ~0.76 (0.45)	5.07 ~10.93 (8.54)	0.05 ~0.18 (0.12)	1.93 ~6.65 (5.04)
広 面	449 ~870 (646)	1.39 ~9.32 (4.28)	3.74 ~6.97 (5.30)	0.71 ~1.36 (0.98)	0.44 ~1.00 (0.66)	11.80 ~21.21 (16.45)	0.22 ~0.43 (0.31)	4.9 ~10.41 (8.02)
河 辺	89 ~414 (275)	0.65 ~0.74 (0.69)	0.6 ~4.29 (2.37)	0.25 ~1.52 (0.77)	0.24 ~0.51 (0.38)	2.45 ~12.06 (7.18)	0.03 ~0.16 (0.10)	1.46 ~8.65 (4.70)
森 吉	162 ~678 (358)	0.32 ~0.49 (0.52)	0.85 ~7.05 (3.43)	0.37 ~3.21 (1.47)	0.29 ~6.85 (2.49)	3.62 ~20.51 (10.23)	0.05 ~0.23 (0.12)	2.34 ~13.18 (6.40)

()内数値は平均値

溶解性成分の中で最も量が多いと考えられるけい素 (Si) については、降雪のpHに対する寄与が小さいと判断し、分析しなかった。

不溶解性成分量の平均値が多い地点は、市街地の中通、八橋地点で、後背地の仁別、河辺地点およびバックグラウンドの森吉地点は少なかった。不溶解性成分量が最も多い中通地点は、最も少ない河辺地点の約19倍の値となっていた。

各成分の中で成分量の多い項目は Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、少ない項目は Mn^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ であった。また、地点間の差異が大きい項目は Ca^{2+} 、 Fe^{3+} で、特に Ca^{2+} は最も多い中通地点で、最も少ない森吉地点の約77倍となっていた。

(2) 主成分分析を用いた地域特性の把握

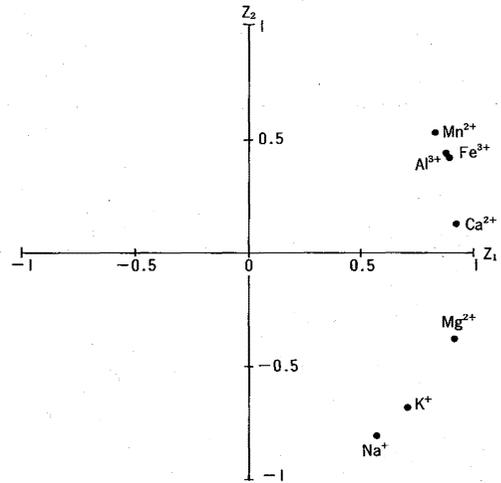
次に、各成分について単位面積当りの不溶解性成分量と、降雪成分量を加えた総降下量をもとに主成分分析を行い、地域の特徴をみた。なお、 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Al^{3+} については、降雪中の成分が微量と考えられることから、不溶解性成分の値を使用した。

表一7には、相関行列から出発した主成分分析結果を示した。各主成分の固有値は、第1主成分 Z_1 が4.787、第2主成分 Z_2 が1.940となり、第2主成分までの累積寄与率は96.1%であった。

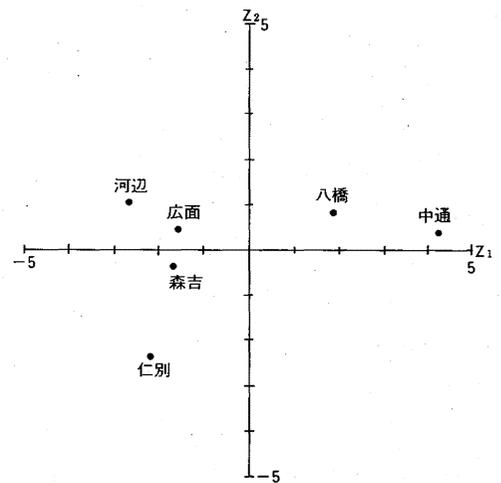
図一3には、 Z_1 、 Z_2 に対する各変数の因子負荷量をプロットした。第1主成分 Z_1 は、すべての変数が正で、いずれの変数が大きくなっても Z_1 が正の側に大きくなるという傾向を示すことより、総合的な汚染の程度を示す主成分と考えられた。第2主成分 Z_2 は、正の符号を持つ変数が Ca^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Al^{3+} 、負の符号を持つ変数が Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} となっていた。正の符号を持つ変数は、道路粉じんや、土壤粒子の舞い上がりなどによる土壤由

来成分のグループと考えられ、負の符号を持つ変数は、主として海塩由来のグループと考えられることより、第2主成分 Z_2 は発生源に関係がある成分と考えられた。

図一4には、地点ごとの平均値のスコアを求めてプロットしてみた。総合的汚染度合いが高いのは市街地の中通地点、低いのは後背地の河辺地点であった。また、中通、八橋、広面、河辺地点は土壤由来の寄与が大きく、仁別、森吉地点は海塩由来の寄与が大きかった。



図一3 各変数の因子負荷量



図一4 各地点のスコア散布図

表一七 不溶解性成分の主成分分析結果

変数	固有ベクトル		因子負荷量	
	Z ₁	Z ₂	Z ₁	Z ₂
Ca ²⁺	0.420	0.089	0.919	0.124
Mg ²⁺	0.418	-0.278	0.915	-0.387
K ⁺	0.322	-0.495	0.704	-0.689
Na ⁺	0.263	-0.584	0.575	-0.813
Fe ³⁺	0.408	0.304	0.893	0.423
Mn ²⁺	0.377	0.377	0.825	0.525
Al ³⁺	0.409	0.306	0.895	0.426
固有値	4.787	1.940	/	
寄与率(%)	68.38	27.72		
累積寄与率%	68.38	96.10		

(3) 不溶解性成分と降雪成分の相関

表一八に、各成分ごとにおける不溶解性成分と降雪成分の相関係数を示した。共通して分析した4項目の中で、Ca²⁺のみが相関係数0.901という強い相関を示した。このことから、不溶解性成分中のCa²⁺が、融雪時やろ過の過程において融雪水に溶解し、融雪水のCa²⁺濃度に影響を及ぼしていること、さらに、溶解の割合が各試料ともかなり一定していることが推定された。

図一五の(1)、(2)は、主成分分析結果からCa²⁺とAl³⁺が道路粉じんや土壌粒子の舞いあがりなどによる土壌由来の成分と考えられたことと、Al³⁺の溶解度が小さいことに着目して、不溶解性成分の[Ca/Al]についてプロットした結果を示した。

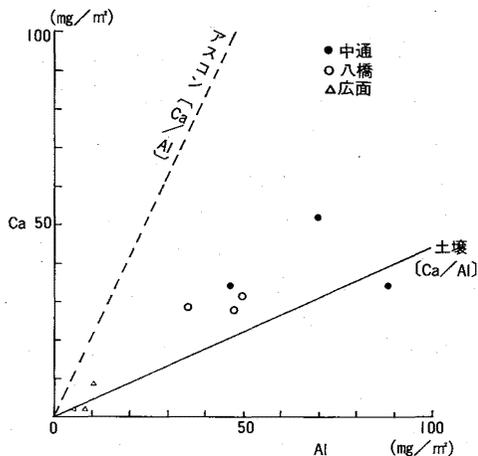
図一五の(1)には、pHの高かった市街地側の中通、八橋地点と中間地点の広面地点、(2)にはpHの低かった後背地側の仁別、河辺地点とバックグラウンドの森吉地点について示した。土壌粒子の舞いあがり主体となる土壌の[Ca/Al]をクラーク数⁵⁾から0.45と規定し、

道路粉じんの主体となるアスファルトコンクリート(以下アスコンという)の[Ca/Al]を土崎、八橋、中通、茨島の3月の道路堆積物の金属成分分析結果⁶⁾およびアスコン成分の分析結果⁷⁾の平均値から1.98と規定すると、(1)図の市街地および中間地点はアスコンの[Ca/Al]と土壌の[Ca/Al]の間にプロットされるものが多かった。(2)図の後背地およびバックグラウンド地点は、土壌の[Ca/Al]より下方にプロットされた。このことより、市街地および中間地点の不溶解性成分中のCa²⁺は、アスコンを含んだ道路粉じんによるものが主体として考えられ、後背地およびバックグラウンド地点では土壌粒子の舞いあがりによる粉じんが主体と考えられた。アスコンおよび土壌のいずれのCa²⁺も、降雪中にある程度溶解した結果、(1)図はアスコンの[Ca/Al]、(2)図は土壌の[Ca/Al]より下方にプロットされたものと推定された。さらに、不溶解性成分中のCa²⁺の絶対量についてみると、後背地側に比べて市街地側が圧倒的に多いことから、市街地側の不溶解性成分中のCa²⁺が、降雪成分中のCa²⁺の増加に大きく寄与しているものと考えられた。また、降雪中のCa²⁺がpHと有意な相関を示していることから、不溶解性成分中のCa²⁺は降雪のpHに大きな影響を与えているものと考えられた。

表一八 不溶解性成分と降雪成分の相関

不溶解性成分 降雪成分	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
Ca ²⁺	0.901**	—	—	—
Mg ²⁺	—	0.110	—	—
K ⁺	—	—	0.243	—
Na ⁺	—	—	—	0.153

** 1%有意



図一 5(1) 不溶性成分の [Ca/Al]

4 まとめ

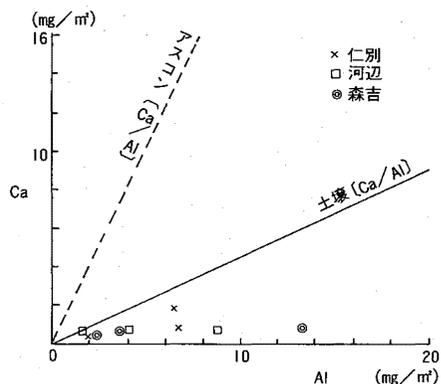
前年度に引き続いて、降雪成分の調査を行った結果、次の結果が得られた。

(1) pHの測定値は4.40~7.15の範囲にあり、全試料の単純平均値は5.57であった。また全試料の56%はpH5.6以下の酸性雪であった。

(2) 前年度と同様の調査地点について、降水量で重み付けした成分濃度の平均値で比較してみると、秋田市の市街地の中通地点および後背地の仁別地点とも、今年度の方が若干pHが高くなっていた。また、他成分濃度は前年度より低い値となっていた。

(3) 市街地と後背地のpHを比較すると、市街地のpHが高く、後背地のpHが低かった。前年度、県内5市6地点で最もpHの低かった仁別地点は、今年度の調査地点の中でも4.65と最も低い値を示したが、同じく後背地の河辺地点、バックグラウンドの森吉地点の4.76、4.81と比較して、特別低い値とはなっていなかった。

(4) 各測定項目間の相関では、前年度同様、海塩由来成分相互間とECの相関が強かった。



図一 5(2) 不溶性成分の [Ca/Al]

また、pHと1%有意の相関を示したのは、前年度同様Ca²⁺と不溶性成分量であった。

(5) イオン組成比は、各地点ともCl⁻とNa⁺の占める割合が大きかったが、前年度よりは占有率が低下していた。地点間による組成比に差異が大きい成分は、前年度同様Ca²⁺であった。

(6) 不溶性成分の成分分析を行った結果、各成分の成分量が多い地点は市街地で、後背地は少なかった。地点間による成分量に差異が大きい成分はCa²⁺であった。

(7) 各成分の総降水量をもとに、主成分分析を行った結果、Ca²⁺、Fe³⁺、Mn²⁺、Al³⁺は道路粉じんや、土壤粒子の舞いあがりなどの土壤由来成分、Na⁺、K⁺、Mg²⁺は主として海塩由来成分と考えられた。

(8) 降雪成分と不溶性成分について、共通して分析した4項目の相関をとったところ、Ca²⁺が1%有意で強い相関を示した。また、不溶性成分の[Ca/Al]について市街地側と後背地側に分類してプロットしたところ、市街地側が道路粉じんの主体となるアスコンの[Ca/Al]、後背地側が土壤粒子の舞いあがり主体となる土壤の[Ca/Al]と関係し

ているものと考えられた。

これらのことから、降雪のpHは降雪に取り込まれたアスコンや土壌の粉じんを起源とするCa²⁺の成分量によって大きく影響を受けているものと考えられた。

次年度は、市街地においてCa²⁺の影響が少いと思われる高層ビルおよび樹木に取り囲まれた公園地内の降雪と降雨について、その成分と酸性化の状況について調査してみる。

参 考 文 献

- 1) 斎藤 学ほか：秋田県環境技術センター年報, No.15, 50 (1987)
- 2) 秋田地方气象台：秋田県気象月報, 平成

元年1月号～2月号

- 3) 斎藤 学ほか：秋田県環境技術センター年報, No.13, 69 (1985)
- 4) 北海道・東北ブロック酸性雨合同調査結果報告書(梅雨期) 18, (1987)
- 5) 理科年表 東京天文台編纂 No.55, 688 (1982)
- 6) 吉田 昇ほか：秋田県環境技術センター年報, No.11, 65 (1983)
- 7) 氏家 愛子ほか：第15回北海道・東北ブロック公害研研究発表会要旨集, P I X E法による沿道大気粉じんの分析事例, 18 (1989)