

秋田市内における雨水成分の調査結果について（第1報）

信太 稜 杉本俊比古ⁱ⁾ 穴倉 正一
吉田 昇ⁱⁱ⁾ 藤島 直司

1 はじめに

近年、欧米諸国において酸性雨による環境破壊、特に湖沼、森林における生態系破壊が問題となり、その原因をめぐって国際的な研究に発展している。我国でも従前から酸性雨現象が観測され、人体被害例の報告もあり、今は全国的な総合調査が実施されている。

本県では過去酸性雨についての観測実績がないので、今回本県での現況把握を目的に秋田市内4個所で雨水の成分調査を行った。

2 調査方法

(1) 調査月日 昭和58年6月下旬～11月上旬

(2) 調査地点および採水器設置状況

調査は秋田市の市街地で実施し、対照地として郊外の藤倉を加えた。設置地点および設置状況は図一1、表一1に示すとおりである。

(3) 採水方法

採水器は、小笠原式雨水採水器(R-150型、以下小笠原式と略す)2台と、当所で考案した簡易雨水採水器(図一2、以下簡易式と略す)4台を使用した。前者は降り始めから5mmまでを1mm相当ずつ分取するものであり、後者は最初の1mm相当分を採水するものである。採水は各降雨毎に行った。

(4) 分析項目および分析方法

分析項目および分析方法は表一2に示すとおりである。小笠原式はpH、EC、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ の6項目について、簡易式はこの6項目に Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ の4項目を加えた10項目について分析した。

i) 現在生活環境部 環境保全課

ii) 現在秋田県秋田保健所

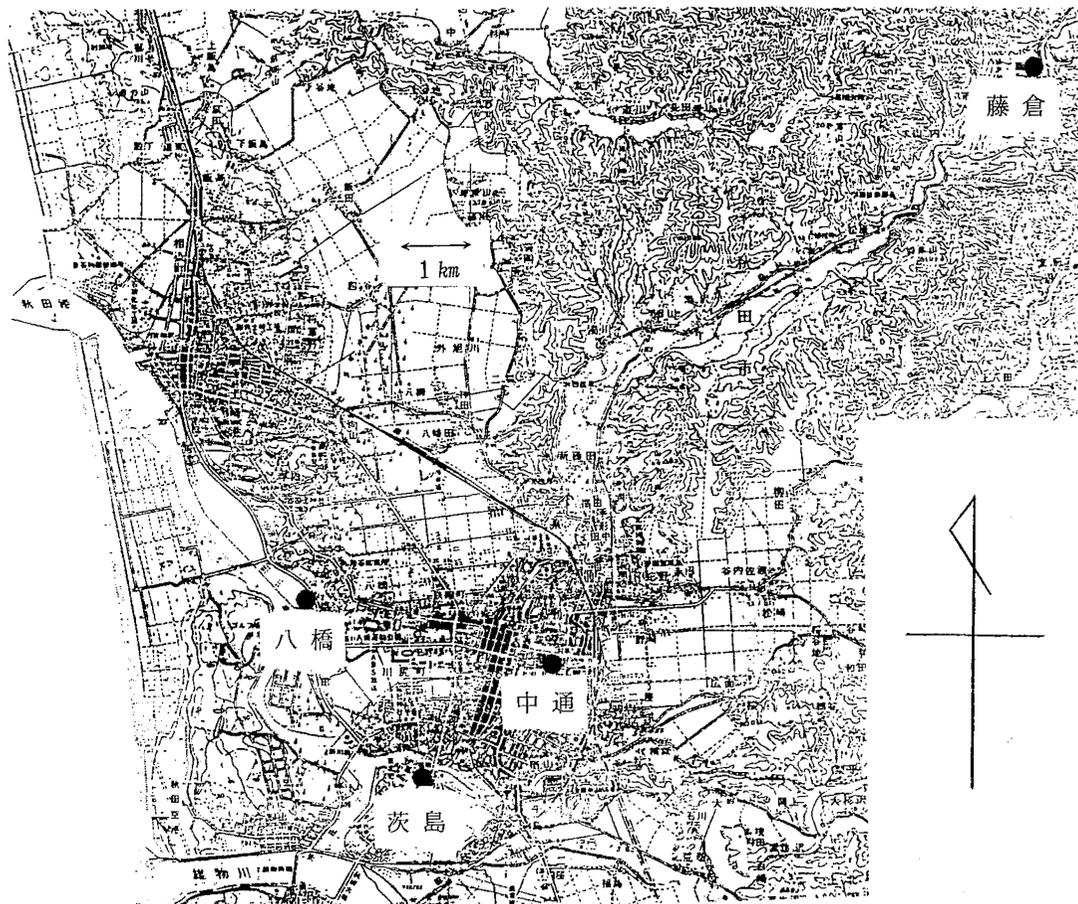


図-1 地点略図

表-1 調査地点及び採水器設置状況

地点	採水器名	設置場所
藤倉	小笠原式雨水採水器	地上
	簡易式雨水採水器	地上 2.2 m
中通	小笠原式雨水採水器	地上 8.3 m
	簡易式雨水採水器	地上 8.3 m
茨島	簡易式雨水採水器	地上 4.4 m
八橋	簡易式雨水採水器	地上 4.0 m

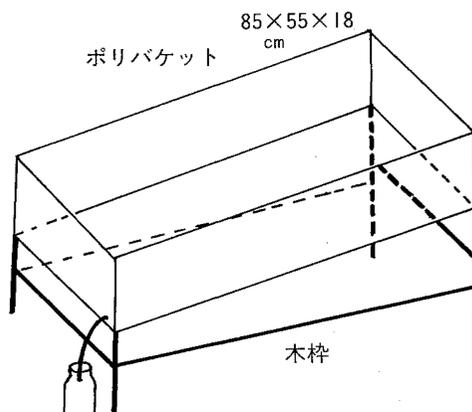


図-2 簡易式雨水採水器

表一 2 測定項目及び分析方法

測定項目	分析方法	単位
水素イオン濃度 (pH)	ガラス電極法	—
導電率 (EC)	電気導度計	$\mu\text{S}/\text{cm}$
硫酸イオン (SO_4^{2-})	塩化バリウム比濁法	mg/ℓ
硝酸イオン (NO_3^-)	サリチル酸ナトリウム法	
塩素イオン (Cl^-)	チオシアン酸第二水銀法	
アンモニウムイオン (NH_4^+)	インドフェノール法	
カルシウムイオン (Ca^{2+})	原子吸光法	
マグネシウムイオン (Mg^{2+})		
カリウムイオン (K^+)		
ナトリウムイオン (Na^+)		

3 調査結果

月別の雨水採取回数は表一 3 のとおりである。小笠原式については、降雨量の関係で各雨量段階で試料数が異なる。

簡易式の調査結果を表一 4 に示した。

pH値は平均値でみれば4地点間に大差はないが、中通、茨島、八橋、藤倉の順に酸性化している。また最小値も平均値と同様に地点間に大差は無いが、最大値には若干地点差が見られる。全試料の最小値は6月9日の八橋の3.93で、この日は全地点で最小値を示した。

溶存イオン量の指標であるECでは、最小値では僅少差であるが、最大値が大きな差を示している。平均値では、茨島が他の3地点の倍の値を示した。

分析した溶存イオンの中では、茨島の SO_4^{2-} と Ca^{2+} が突出した値を示し、また、 NH_4^+ もやや突出していて、後述の地点の特徴を反映している。

全体として、地点間の濃度に差があるものは、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 Ca^{2+} であり、差がないものは、 Cl^- 、 Na^+ である。また、イオンの濃度は茨島で高く、藤倉で低い傾向にある。

小笠原式の調査結果を表一 5 に示した。

pHについては、全体的に藤倉で中通より酸性側の測定値を示した。平均値で特徴的な傾向は、藤倉では降雨量に応じて中性化するのに対して、中通では逆に酸性化している点である。

ECについては、両地点とも降雨始めの1mm目に溶存イオンが多く、5mm目へと順に溶存イオンが少なくなっていく傾向を示している。

各分析項目については、両地点間に大差はないが、若干中通が全体的に高くなっている。また、溶存イオン濃度は、全体としてECと同様に、初期降雨ほど高い傾向にある。

表一3 月別試料採取回数

方式 \ 月	6	7	8	9	10	11	計
簡易式	9	8	5	1	0	0	23
小笠原式	3	8	4	5	2	5	27

表一4 簡易式の結果

	地点	pH	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
最大値	藤倉	6.23	92.0	14.8	6.26	19.38	1.99	3.36	0.70	1.29	6.06
	中通	6.50	150.0	31.7	10.73	25.00	1.90	19.70	0.76	1.92	8.65
	茨島	6.00	323.0	127.3	10.30	29.10	4.59	73.50	2.04	5.24	9.84
	八橋	5.40	265.0	68.9	15.30	30.40	3.91	6.74	1.06	0.98	8.39
最小値	藤倉	3.95	7.0	<1.0	0.45	3.74	0.08	0.16	0.04	0.07	1.20
	中通	4.01	4.0	<1.0	0.52	3.70	0.03	0.14	0.04	0.02	0.48
	茨島	4.07	8.0	<1.0	0.14	4.00	0.32	0.43	0.04	0.15	0.75
	八橋	3.93	7.0	<1.0	0.55	3.70	0.13	0.28	0.06	0.06	0.84
平均値	藤倉	4.66	36.1	5.7	2.50	6.38	0.73	0.82	0.18	0.40	2.17
	中通	5.30	41.8	8.6	3.00	6.18	0.90	2.19	0.18	0.46	2.53
	茨島	5.08	84.0	26.3	3.24	7.05	1.67	7.44	0.34	0.68	2.76
	八橋	4.74	46.5	13.0	3.22	6.63	1.07	1.51	0.23	0.31	2.62

(単位は pHがなし、ECがμS/cm、他はmg/l)

表一 5 小笠原式の各地点の結果

区 分		藤 倉					中 通						
		1~5	1	2	3	4	5	1~5	1	2	3	4	5
pH	最大値	6.23	6.11	5.52	5.56	5.64	6.23	7.22	7.22	6.99	6.75	6.44	6.16
	最小値	3.87	3.87	4.02	4.20	4.26	4.16	3.76	4.12	3.76	4.45	4.26	4.51
	平均値	4.78	4.65	4.72	4.82	4.82	4.92	5.30	5.58	5.35	5.22	5.16	5.15
E C	最大値	170.0	170.0	82.6	50.5	38.0	65.0	153.0	92.0	105.5	89.5	63.0	153.0
	最小値	4.0	9.5	6.0	5.7	4.0	4.3	4.0	13.7	11.0	10.0	6.0	4.0
	平均値	24.6	39.3	24.4	19.6	18.5	18.7	28.7	38.9	29.5	24.8	21.5	25.7
SO ₄ ²⁻	最大値	19.4	19.4	10.6	11.0	17.4	13.8	40.9	14.4	19.1	21.0	18.6	40.9
	最小値	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.6	<1.0	3.2	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
	平均値	5.7	7.9	4.6	4.8	5.4	5.7	7.2	8.3	7.9	6.6	6.2	6.8
NO ₃ ⁻	最大値	9.74	9.74	5.98	3.90	3.25	5.85	10.60	6.85	10.60	3.07	4.82	5.77
	最小値	0.44	0.54	0.65	0.55	0.47	0.44	0.45	0.78	0.92	0.87	0.52	0.45
	平均値	1.92	2.81	2.09	1.59	1.45	1.51	2.06	2.85	2.21	1.63	1.62	1.71
Cl ⁻	最大値	14.93	14.93	13.30	7.89	7.09	8.50	19.38	16.75	10.92	19.38	13.88	16.30
	最小値	1.45	3.78	3.17	3.00	2.20	1.45	2.90	3.70	3.80	3.80	2.90	3.57
	平均値	4.92	5.80	5.05	4.68	4.42	4.48	6.05	6.79	5.90	6.25	5.40	5.65
NH ₄ ⁺	最大値	3.97	1.94	2.41	2.13	2.68	3.97	8.66	1.64	2.73	1.60	3.20	8.66
	最小値	0.07	0.22	0.15	0.15	0.14	0.07	0.15	0.16	0.19	0.17	0.15	0.15
	平均値	0.62	0.87	0.56	0.50	0.55	0.62	0.71	0.80	0.72	0.54	0.60	0.90
試料数	n=109	n=24	n=23	n=20	n=21	n=21	n=96	n=23	n=18	n=19	n=18	n=18	

(単位はpHがなし、E Cが $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、他は mg/ℓ)

4 考察

市街地の中央にある中通と郊外山間地の藤倉で小笠原式と簡易式で同じ雨水の1mm目を採取しているが、両者の間で分析値の整合性が悪い。また、簡易式では小笠原式に比較して試料間の差が大きい。これは簡易式が、受水開口部の面積が大きく、且つ常時開放されているので、降雨時以外の長期間降下ばいじん等を受け入れている結果、それらの中の水溶性成分が分析値等に大きな影響を及ぼしているものと考えられる。

各地点の溶存イオン量を見ると、市街地より山間部の藤倉でイオン量が少い傾向は明瞭であるが、市街地では茨島での SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 NH_4^+ の突出は、同地に肥料工場(硫安等)、石膏工場等がある地域の特徴を反映したものである。

各項目間の単相関を表一6に示す。但し、これは試料数が少ないこともあり、各項目における分布形等については検討していない。

pHとの間に高い相関を示すものはない。また、藤倉では全体に相関が低くなっており、八橋では

全体に高くなっている。八橋での相関係数は全て正であり、また、相関が高いことから八橋での各成分間の存在比はほぼ一定であると考えられる。また、茨島を除く3地点の Mg^{2+} 、 K^{+} 、 Na^{+} の濃度は同程度であるのに、3者の相関は海岸線から離れるに従って低くなり、藤倉では $Mg^{2+}-Na^{+}$ を除き10%有意の相関を示さない。また、 Cl^{-} との相関についても同じようなことが言えることから、雨水の成分は内陸部ほど土壌粒子、及び人為活動によるエアロゾル等の影響を受けていると考えられる。

一般に、海岸地域での降水中の溶存物質量は海塩の影響が大きく、特に塩素濃度はその最も顕著なものであるが、^{1), 2), 3)} 我国の一般的な降水中の塩素濃度と比較して、当地の分析値は著しく大きいものである。

pH5.6以下を酸性雨と規定するならば、今回調査した4地点とも降雨始めの数mmではかなり高い頻度で酸性雨が発生している。4地点を通じての地域差では僅少差ではあるが、市外中心部より郊外山間部の藤倉でその発生程度が大きい。このことは、既報の一般的知見¹⁾と一致する。

図-3、4に中通と藤倉の小笠原式のpHとECとの関係をグラフにプロットしたものを示す。中通では明瞭な傾向を示さないが、藤倉ではECの減少につれてpHが高くなっていく傾向にある。よって、藤倉では降水量の増加、即ち、ECの減少につれてpHが高くなっていく。一方中通では、降水量の増加につれてpHが高くなっていくとは限らない。

昭和57年度に、八戸、横浜、奈良、神戸、及び広島で行なわれた調査の結果²⁾によれば、pHの範囲は3.7~7.5、平均値で4.5~5.4であり、各溶存物質量の平均値は、 SO_4^{2-} 、2.2~4.3、 NO_3^{-} 、0.66~3.8、 Cl^{-} 、1.2~2.9、 NH_4^{+} 、0.34~1.0 (mg/l) であり、ECの平均値は21~57 $\mu S/cm$ である。

これらはいずれも市街地での調査であることから、これと秋田市中通の1~5mmの降水の分析値を比較すれば、pHでは3.76~7.22、平均値で5.30でやや上限に近く、 NO_3^{-} 、 NH_4^{+} 、ECは他都市並であるが、 SO_4^{2-} と Cl^{-} は約2倍の値である。この2成分については、風上に工場群を持つ環境を含めて更に検討を要するところである。また藤倉でも、中通と比較して、幾分低濃度であるが、前述の傾向は変わらない。

以上の調査結果から、秋田市内の降水中の溶存物質量は、海と工場群の影響を強く受けており、濃度の高いものがかなりの頻度で現われる。また、降雨初期にはしばしば、酸性雨の現象を呈している。

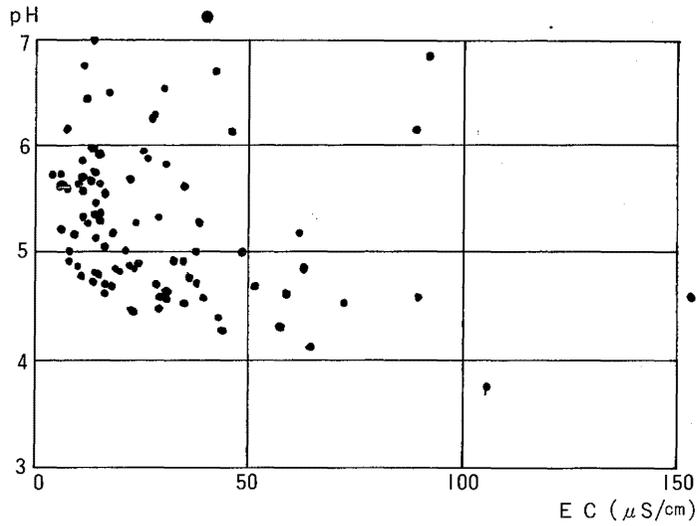


図-3 中通のpH-E C 相関図

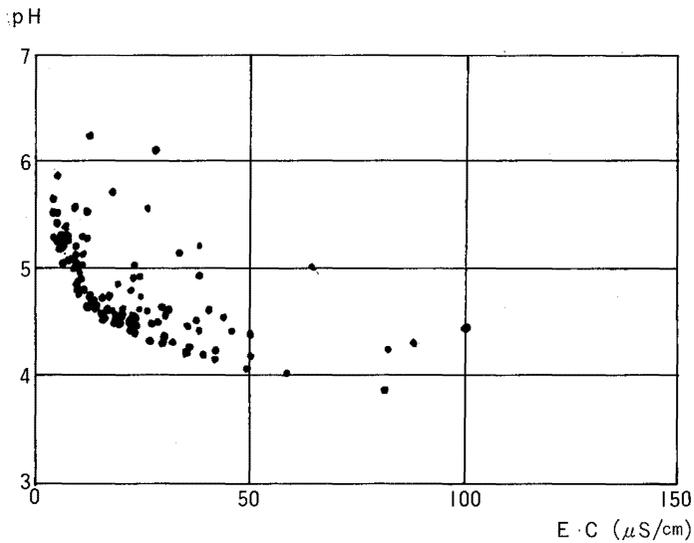


図-4 藤倉のpH-E C 相関図

4 まとめ

昭和58年6月～11月の間、秋田市内4ヶ所の初期降雨についての溶存物質の調査を行った結果

- (1) かなり高い頻度で pH 5.6以下の酸性雨が観測され、市街地よりも郊外で酸性化の度合いが高い。
- (2) 溶存物質量は既報の観測例と比較して、 NO_3^- 、 NH_4^+ はほぼ同じ濃度であるが、 Cl^- 、 SO_4^{2-} は約2倍の濃度を示している。
- (3) せまい市内地域の中でも、降雨中の溶存物質量はそれぞれの地点の影響を色濃く受けている。

表一6 簡易式の単相関係数

	pH	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺		
中	pH	-0.4425	-1.403	-0.4622	0.3825	0.5334	0.0659	-0.0195	0.3098	-0.0823	藤	
	EC	0.0591		0.3986	0.6232	-0.0765	0.7294	0.2934	0.1322	0.0825		-0.0010
	SO ₄ ²⁻	0.0645	0.8917		0.2287	0.3732	0.1907	0.0764	0.5387	-0.1306		0.5004
	NO ₃ ⁻	-0.2382	0.4689	0.3497		-0.0148	0.8405	0.2579	0.2610	-0.0192		0.1813
	Cl ⁻	0.3439	0.8402	0.6856	0.1461		-0.0529	-0.0604	0.3788	0.1132		0.3975
	NH ₄ ⁺	-0.1667	0.4546	0.4013	0.6594	0.2475		0.1561	0.2226	-0.1106		0.2702
	Ca ²⁺	0.3606	0.6165	0.7271	0.2985	0.4144	0.0725		0.3286	0.7359		0.1007
通	Mg ²⁺	0.4337	0.8340	0.7721	0.2169	0.8875	0.1976	0.7141		0.2938	0.7501	倉
	K ⁺	0.4319	0.5665	0.6359	0.4273	0.4870	0.2008	0.8010	0.6736		-0.1560	
	Na ⁺	0.3487	0.3583	0.2722	-0.0007	0.5367	-0.0056	0.3074	0.5665	0.5300		
八	pH		0.1106	0.1558	-0.3202	0.1756	-0.0954	0.2346	0.2644	0.2134	0.3058	茨
	E.C.	0.0962		0.9028	0.1593	0.7425	0.4906	0.7658	0.8826	0.7353	0.8133	
	SO ₄ ²⁻	0.0487	0.8957		-0.0711	0.5783	0.2990	0.8498	0.9020	0.8101	0.6569	
	NO ₃ ⁻	0.1654	0.9741	0.8566		0.1259	0.5739	-0.1757	-0.0744	-0.1262	0.0316	
	Cl ⁻	0.2817	0.9322	0.8372	0.8986		0.2271	0.2387	0.5108	0.1992	0.8439	
	NH ₄ ⁺	0.0651	0.8617	0.7626	0.8837	0.7145		0.2334	0.2461	0.2533	0.1850	
	Ca ²⁺	0.3808	0.8632	0.7985	0.8960	0.8413	0.7526		0.9435	0.9833	0.4964	
橋	Mg ²⁺	0.3456	0.8698	0.7954	0.8626	0.9220	0.6787	0.9330		0.9214	0.6823	島
	K ⁺	0.2140	0.8174	0.6417	0.8327	0.7913	0.7035	0.8159	0.7977		0.4548	
	Na ⁺	0.2961	0.8109	0.7570	0.8205	0.8160	0.6791	0.8159	0.7954	0.7517		

以上のような結果を得た。

これらの調査は単年度の限られた地点の調査であり、調査法それ自体にも改善すべき点があるので、今後更に範囲を広げて調査を行い、秋田における降雨成分の実態を解明したい。

参 考 文 献

- (1) 古明地 哲人等:雨水の汚染とそのメカニズムに関する研究;東京都公害研究所年報, 7 (1976)
- (2) 昭和57年度環境庁委託業務結果報告書;分析の自動化に対する研究(酸性雨測定方法), (1983)
- (3) 新潟県生活環境部公害規制課、新潟県公害研究所;公害と対策, 7, 783-791 (1984)