

第 5 章 酸性雨調査結果

本県では、降水の性状を明らかにし、併せて酸性雨発生機構解明の基礎資料を得て酸性雨対策に資するため、昭和 58 年度から継続して石川県における降水の化学組成の調査を実施してきた。

また、酸性雨現象は広域的かつ局地的な大気汚染でもあるため全国環境研協議会の全国共同調査に参画し、県の行政区域を超えた地域の評価も行ってきた。

1 調査目的

降水中に存在する各種イオン成分の測定を行うことによって、雨の化学成分組成、イオンバランス等を明らかにし、酸性雨発生機構解明の基礎資料を得ることを目的とする。

2 調査地点及び調査期間

調査地点及び調査期間は表 5 - 1 のとおりである。平成 17 年度は太陽が丘測定点（金沢市）1 地点で通年調査を実施した。

表 5 - 1 調査地点

調査地点	所在地	設置場所	区分	調査期間
太陽が丘	金沢市太陽が丘 1 丁目 11 番地	石川県保健環境 センター屋上	1 週間降水	平成 17 年 3 月 28 日～ 平成 18 年 3 月 27 日

3 調査方法

(1) 1 週間降水の採取方法

自動雨水採水器を用いて、原則月曜日毎に 1 週間分の降水を採取した。

(2) 測定項目及び測定方法

表 5 - 2 のとおりである。

表 5 - 2 測定項目及び測定方法

区 分		測 定 項 目	測 定 方 法
1 週間降水	水溶性成分	pH	ガラス電極法
		EC (電気伝導率)	電気伝導率計による方法
	SO ₄ ²⁻ (硫酸イオン)	イオンクロマトグラフ法	
	NO ₃ ⁻ (硝酸イオン)	"	
	Cl ⁻ (塩化物イオン)	"	
	NH ₄ ⁺ (アンモニウムイオン)	イオンクロマトグラフ法	
	Ca ²⁺ (カルシウムイオン)	"	
	Mg ²⁺ (マグネシウムイオン)	"	
	K ⁺ (カリウムイオン)	"	
Na ⁺ (ナトリウムイオン)	"		

表5 - 3 pH、EC及び降水成分濃度の概要

	平成17年度		
	平均値	最高値	最低値
降水量 (mm)	2,734 ¹⁾	285	0
pH	4.39	6.63	3.71
EC (μS/cm)	44.3	127	9.7
SO ₄ ²⁻ (μmol/L)	33.8	140	6.3
NO ₃ ⁻ (μmol/L)	25.6	162	5.6
Cl ⁻ (μmol/L)	150	634	6.4
NH ₄ ⁺ (μmol/L)	24.2	137	5.4
Ca ²⁺ (μmol/L)	9.4	103	0.2
Mg ²⁺ (μmol/L)	15.8	65.4	0.7
K ⁺ (μmol/L)	4.0	14.6	0.6
Na ⁺ (μmol/L)	132	546	4.8
H ⁺ (μmol/L)	40.3	195	0.2
nss-SO ₄ ²⁻ (μmol/L)	25.8	136	4.9
nss-Ca ²⁺ (μmol/L)	6.5	101	0

- (注) 1 降水量は、降水採取器の貯水量から換算した値であり、平均値欄の数値は年間値である。
 2 平均値については、pHは、水素イオン濃度に換算した上での降水量(貯水量換算値)重み付き算術平均値、その他の項目は降水量(同)重み付き算術平均値である。
 3 降水量以外の最低値については、降水量0mmの時を除いた値である。
 4 nss-(non sea salt)SO₄²⁻：海塩由来のSO₄²⁻を除いたSO₄²⁻濃度

$$[\text{nss-SO}_4^{2-}] = [\text{SO}_4^{2-}] - 0.060 [\text{Na}^+] \text{ (海塩中のSO}_4^{2-}/\text{Na}^+ = 0.060) \text{ (単位はモル濃度)}$$

 5 nss-(non sea salt)Ca²⁺：海塩由来のCa²⁺を除いたCa²⁺濃度

$$[\text{nss-Ca}^{2+}] = [\text{Ca}^{2+}] - 0.0216 [\text{Na}^+] \text{ (海塩中のCa}^{2+}/\text{Na}^+ = 0.0216) \text{ (単位はモル濃度)}$$

4 調査結果

1週間降水のpH、EC及び降水成分分析結果は、表5 - 3のとおりであった。

pHの範囲は3.71~6.63、平均値4.39であった。平均値は調査開始以来最も低くなった。環境省の第4次酸性雨対策調査(平成10~12年度)及び平成13~14年度の5年間の全国平均値(pH4.78)^{注)}と比べてやや低めであった。植物に対して急性被害が懸念されるpH3未満の降水は観測されなかった。降水酸性化の指標となる非海塩由来硫酸イオン濃度は25.8μmol/L、硝酸イオン濃度は25.6μmol/Lであった。前者は全国平均値13.3μmol/L^{注)}の1.9倍、後者も全国平均値13.3μmol/L^{注)}の1.9倍と高かった。測定地点での年間降水量に大きな差が見られなかった平成14年度~17年度の月別の非海塩由来硫酸イオンと硝酸イオンを図5 - 1及び図5 - 2に示した。平成17年度は夏季以外は4年間のうちでもっとも高くなっており、年平均のpHが低下した原因と考えられる。

一方、降水酸性化を抑制する指標となるアンモニウムイオンは $24.2 \mu\text{mol/L}$ 、非海塩由来カルシウムイオンは $6.5 \mu\text{mol/L}$ であった。前者は全国平均値 $15.5 \mu\text{mol/L}$ (注) の 1.6 倍、後者は全国平均値 $4.4 \mu\text{mol/L}$ (注) の 1.5 倍といずれも高かった。

なお、精度管理については、イオンバランス、電気伝導率の計算値と実測値を検討し、概ね妥当な結果を得ている。

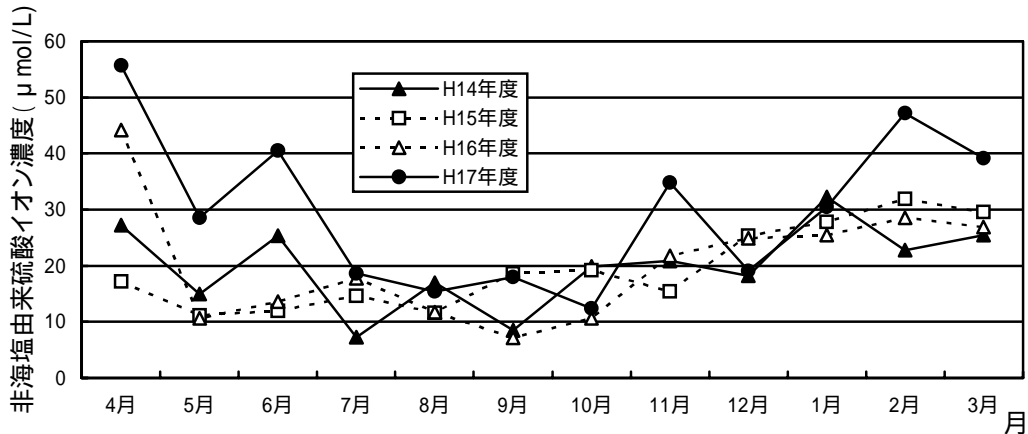


図5 - 1 月別非海塩由来硫酸イオン濃度

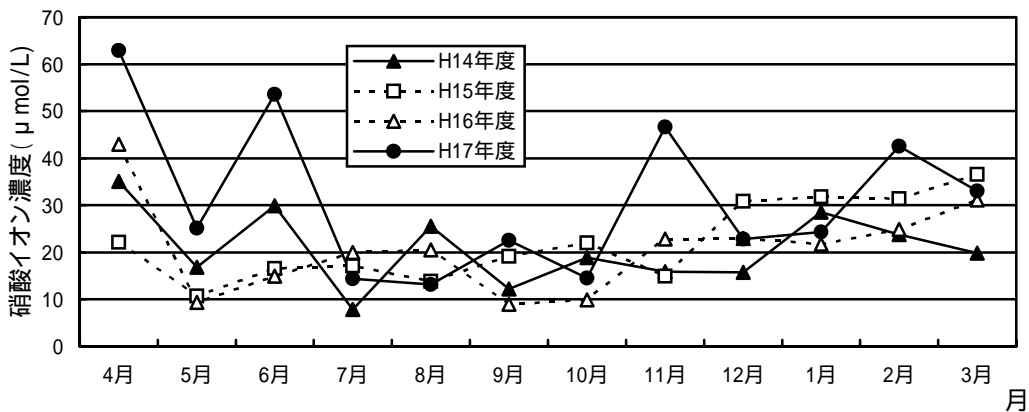


図5 - 2 月別硝酸イオン濃度

注) 環境省・酸性雨対策検討会：酸性雨対策調査総合取りまとめ報告書（平成16年6月）より引用した。

5 pHの経年変化

pHについて、1週間降水の年平均値、最低値及び最高値の経年変化を表5-4に、年平均値の推移を図5-3に示した。また、年間降水量の推移を図5-4に示した。

図5-3から、観測を開始した昭和58年からpHはやや低下傾向がうかがえる。中国の経済発展に伴う大気汚染物質の移動の影響も懸念されるが、今後もpHの推移を注意深く観察する必要がある。

表5-4 一週間降水のpH（年平均値、最低値及び最高値）の経年変化

年 度	鳥 越			金 沢		
	年 平 均 値	最 低 値	最 高 値	年 平 均 値	最 低 値	最 高 値
昭和58	4.84	4.4	6.7	4.73	4.4	6.7
59	4.82	4.2	6.5	4.71	4.0	6.1
60	4.77	4.2	6.6	4.65	4.1	6.3
61	4.69	4.3	6.9	4.54	4.2	6.5
62	4.71	4.0	6.3	4.63	3.7	5.7
63	4.74	3.8	6.6	4.74	4.2	6.5
平成元	4.69	4.1	6.0	4.62	4.1	5.6
2	4.72	4.3	5.5	4.62	4.1	5.2
3	4.59	4.1	6.3	4.53	4.0	6.1
4	4.63	4.1	5.8	4.54	3.9	6.0
5	4.74	4.1	7.0	4.68	3.9	7.0
6	4.60	4.2	6.4	4.58	4.2	6.7
7	4.66	4.0	6.5	4.62	4.0	6.5
8	4.63	3.8	6.2	4.61	3.9	6.6
9	4.69	3.7	6.7	4.63	3.9	7.4
10	4.74	4.3	7.2	4.71	4.2	6.4
11	4.68	4.1	6.6	4.62	4.1	6.3
12	4.67	4.1	7.1	4.60	4.0	7.3
13	4.59	3.9	7.2	4.50	3.9	7.5
14	4.58	4.0	5.6	4.52	3.8	5.3
15	4.51	4.1	5.4	4.47	4.0	5.2
16	4.56	3.8	5.4	4.51	4.1	5.2
17				4.39	3.7	6.6

(注) 1 pHの年平均値は、水素イオン濃度換算後の貯水量重み付き算術平均値である。

2 降下量を過大に評価した期間(1983年～1986年)については、もよりの気象官署及びアメダスの降水量により補正を行った貯水量を用いて測定値を算出した。(石川県衛生公害研究所年報第26号 p.89-108 参照)

3 金沢での測定点は、昭和58～平成4年度は三馬、平成5年度以降は太陽が丘である

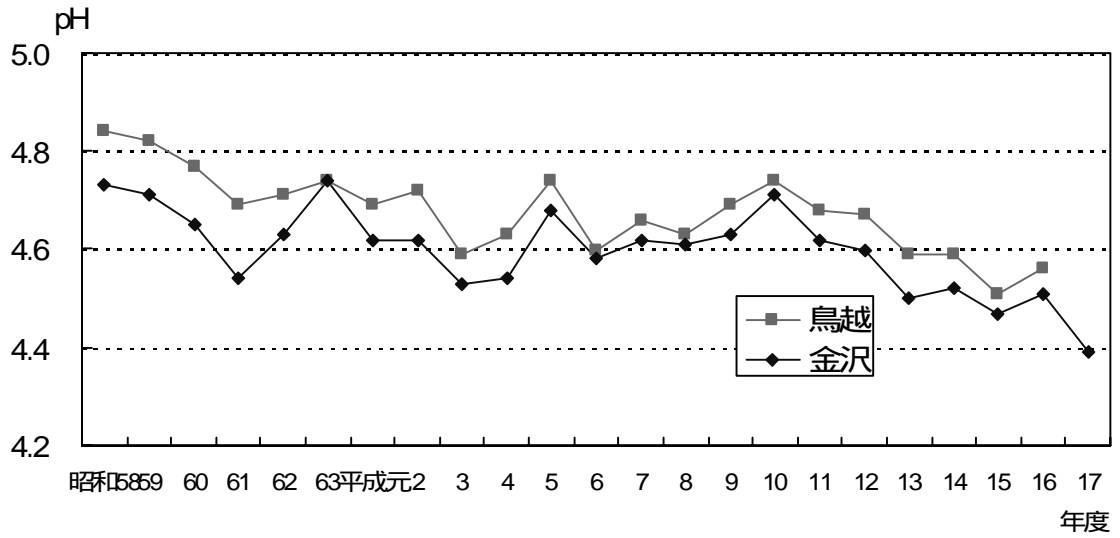


図5 - 3 1週間降水のpH(年平均値)の推移

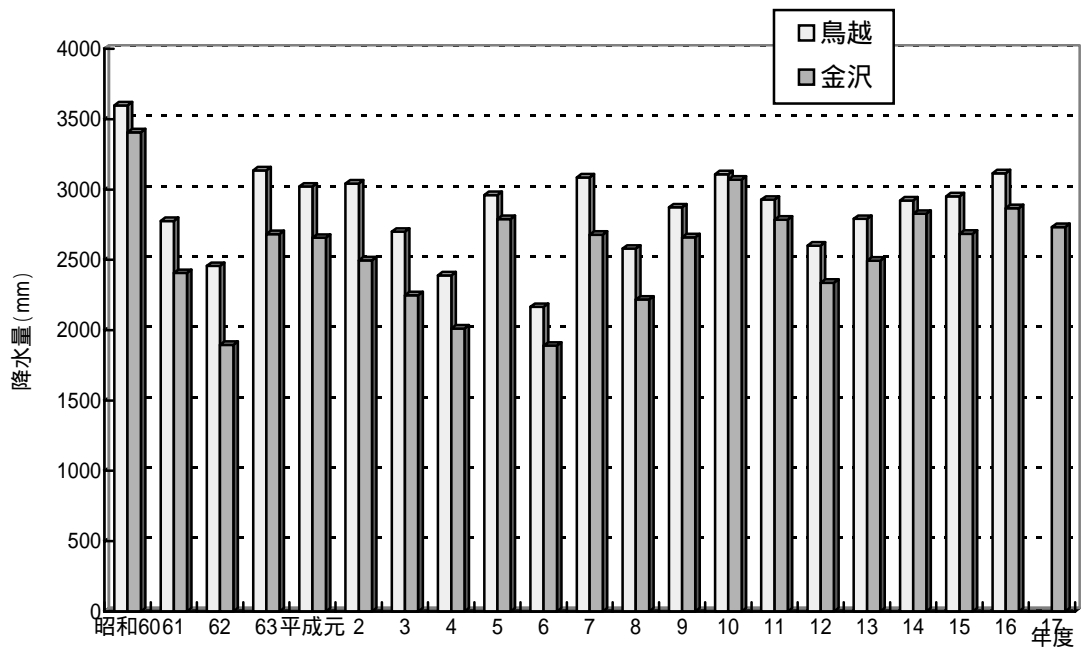


図5 - 4 年間捕集量による測定地点降水量の推移