

酸性雨調査

—2015 年度結果—

横山 新紀

1 はじめに

降水汚染は水域での富栄養化や地域への窒素負荷の原因になる他、近年では中国の経済発展に伴う越境大気汚染の影響もあり、降水成分のモニタリングは重要な課題となっている。そこで県では 1973 年度から継続して酸性雨調査実施しており、現在、大気保全課管理 4 地点、当研究センターの研究地点として 4 地点の合計 8 地点で降水成分測定を実施している。

2 調査方法

全地点とも降水時開放型降水採取器 (US-330:小笠原計器製作所) を用いて降水試料を毎月または 2 週間毎に採取し、試料はクロマトディスク(0.45 μm)によりろ過の後、イオン成分についてはイオンクロマトグラフ (東ソー IC-2010) を用いて分析した。

3 結果及び考察

下表に 2015 年度の降水中のイオン成分濃度平均値

(上段) 及び年度合計沈着量 (下段) を示した。降水量は房総半島南部の丘陵地帯の周辺の勝浦で 2128mm と最も多く、県北部の佐倉で 1494 mm と少なかった。pH は東京湾岸の工業地域である市原で 4.85 と最も低く、次いで東京に隣接する都市地域の市川で 4.88 であった。畜産地域の旭では 6.12 と最も高かった。降水酸性化に寄与の大きい非海塩硫酸イオン濃度は、工業地域の市原で 15.86 μmol/L と最も高かった。発生源のほとんどない清澄ではこれまで市原に次ぐ濃度であったが、今回は 9.83 μmol/L と低下し、市川や佐倉も下回った。硝酸イオンは市川で 14.06 μmol/L と最も高く、アンモニウムイオンは旭で 58.87 μmol/L と旭の濃度が突出していた。沈着量は、降水量の多い地点で各成分とも多い傾向であるが、非海塩硫酸イオンでは濃度の最も高い市原で 26.22 mmol/m² と多く、旭ではアンモニウム濃度が突出したため沈着量も 102.1 mmol/m² と、全県平均の 3 倍程度と多かった。

表 2015 年度、降水中のイオン成分濃度平均値 (上段) 及び年度合計沈着量 (下段)

	降水量 mm	pH	H ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	nss-SO ₄ ²⁻
			μmol/L									
市川(市川市役所)	1515	4.88	13.17	15.18	2.19	3.26	0.24	24.05	12.13	14.06	31.52	10.68
市原(環境研究センター)	1654	4.85	13.98	15.88	5.44	3.39	0.56	21.59	17.16	11.20	29.37	15.86
銚子(白石ダム貯水池)	1664	5.51	3.10	23.83	2.40	7.73	0.31	85.34	13.19	9.49	101.37	8.06
一宮(東浪見大気測定局)	1776	5.07	8.55	8.82	2.22	7.16	0.44	73.73	10.99	7.30	87.66	6.56
*旭(東総野菜研究室)	1734	6.12	0.76	58.87	1.12	4.48	0.47	70.94	12.40	11.55	88.79	8.13
*勝浦(勝浦大倉大気測定局)	2128	5.05	8.82	5.09	1.66	5.70	0.45	51.14	8.62	5.45	63.02	5.55
*清澄(無線中継所)	1880	5.21	6.20	5.20	5.97	4.74	1.05	47.60	11.19	7.10	57.29	9.83
*佐倉(江原新田大気測定局)	1494	4.89	12.75	11.18	2.45	2.66	0.36	19.24	11.23	11.75	25.44	10.08
平均	1731	5.08	8.42	18.00	2.93	4.89	0.49	49.20	12.11	9.74	60.56	9.34
	降水量 mm	pH	H ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	nss-SO ₄ ²⁻
			mmol/m ²									
市川(市川市役所)	1515	4.88	19.95	23.00	3.32	4.94	0.37	36.44	18.38	21.31	47.75	16.19
市原(環境研究センター)	1654	4.85	23.12	26.26	9.00	5.61	0.92	35.71	28.37	18.53	48.56	26.22
銚子(白石ダム貯水池)	1664	5.51	5.16	39.64	4.00	12.86	0.52	141.99	21.94	15.78	168.66	13.41
一宮(東浪見大気測定局)	1776	5.07	15.19	15.66	3.93	12.71	0.79	130.91	19.51	12.96	155.65	11.64
*旭(東総野菜研究室)	1734	6.12	1.33	102.10	1.95	7.77	0.81	123.03	21.50	20.02	153.99	14.10
*勝浦(勝浦大倉大気測定局)	2128	5.05	18.78	10.82	3.52	12.12	0.95	108.82	18.34	11.60	134.11	11.80
*清澄(無線中継所)	1880	5.21	11.66	9.78	11.23	8.91	1.97	89.50	21.04	13.34	107.72	15.66
*佐倉(江原新田大気測定局)	1494	4.89	19.05	16.70	3.66	3.97	0.53	28.74	16.78	17.55	38.02	15.06
平均	1731	5.08	14.28	30.50	5.08	8.61	0.86	86.89	20.73	16.39	106.81	15.51

*は環境研究センター調査地点

注) nss-SO₄²⁻:非海塩硫酸イオン

4 清澄の降水中硫酸イオン濃度と渓流水濃度

千葉県では降水中非海塩起源硫酸イオン (nss-SO_4^{2-}) 濃度は、2008~2012 年度の 5 年間平均値では南部丘陵地帯の標高 365m の清澄で最も高かった。この清澄での降水中硫酸の渓流水に与える影響を調べるため、2009 年から渓流水の観測を継続して行っている。そこで、昨年度の検討結果を報告する。

降水のサンプリングは降水時開放型雨水採取器を用いて清澄では 2 週間単位で実施した。渓流水のサンプリングは、図 1 のとおり降水調査地点から北西に 3.7 km 離れたキンダン川で降水のサンプリングに合わせて 2 週間毎実施した。なお流域には生活排水の影響はないものの、硫酸分を含む地下水の湧き出しがある。

図 2 に渓流水の SO_4^{2-} を含むアニオン濃度の 2009~2015 年度の推移 (13 ヶ月移動平均) を示した。硫酸は各測定値を○で併せて示したが、個々の値はばらつきが大きく、さらにある程度のばらつき範囲を保ったまま全体として 2013 年頃にかけて濃度は低下している。図中に地下水湧き出し濃度を■で示したが、測定期間は短いものの、各測定値は毎回ほぼ $200 \mu\text{mol L}^{-1}$ 程度でほとんど変動していない。また硝酸、塩素イオンも変動は小さい。

図 3 にキンダン川渓流水 SO_4^{2-} 濃度と渓流水流量の関係を示した。渓流水流量が小さくなるにしたがって SO_4^{2-} 濃度が増加する関係が明瞭に見られる。また、この濃度幅は $100 \sim 600 \mu\text{mol L}^{-1}$ 程度であり、これは図 2 の SO_4^{2-} 濃度の各測定値のばらつきにほぼ相当する。このことから、渓流水 SO_4^{2-} 濃度のばらつきは、各回の流量に依存していると考えられる。

図 4 に降水中 nss-SO_4^{2-} 濃度と渓流水 SO_4^{2-} 濃度 (13 ヶ月移動平均) の関係を示した。降水濃度は 2010~2011 年度に $30 \mu\text{mol L}^{-1}$ 程度だったが、2013 年には $20 \mu\text{mol L}^{-1}$ まで低下した。一方、渓流水濃度も同時期に 450 から $350 \mu\text{mol L}^{-1}$ 程度に低下しており、降水の変動と似た挙動をしている。

キンダン川の個々の SO_4^{2-} 濃度は測定時の流量に依存して大きく変化するものの、長期的な濃度変動については湧水濃度の変動がほとんどないことから、降水による流域への硫酸イオン供給の変動の影響を大きく受けているものと考えられる。



図 1 清澄山とキンダン川

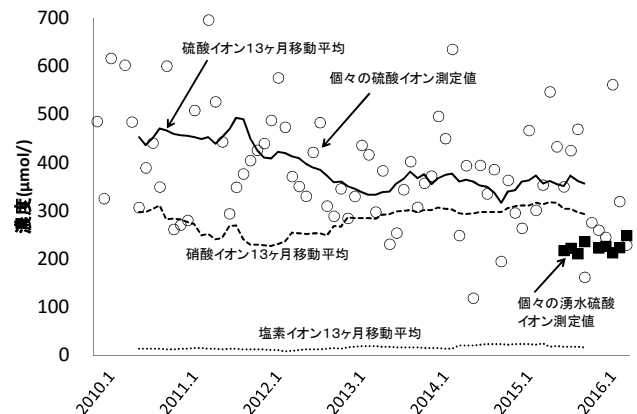


図 2 キンダン川 SO_4^{2-} 等の濃度推移

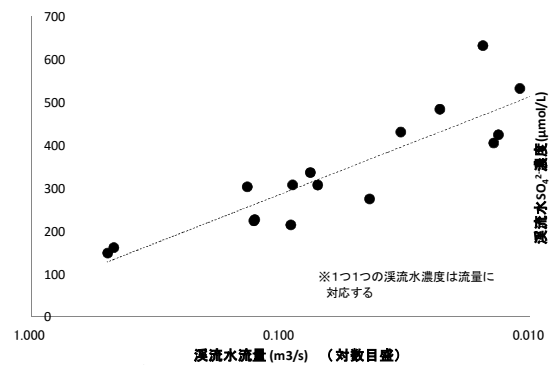


図 3 キンダン川渓流水 SO_4^{2-} 濃度 ($\mu\text{mol L}^{-1}$) と 渓流水流量 (m^3/s) の関係

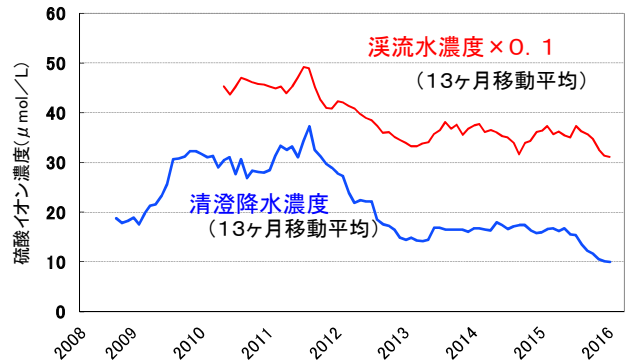


図 4 降水中 nss-SO_4^{2-} 濃度と渓流水 SO_4^{2-} 濃度 ($\mu\text{mol L}^{-1}$) の関係