

酸性雨調査－2017 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を実施しており、現在、8 地点で降水成分測定を実施している。さらに、清澄地点周辺での降水中 nss-SO_4^{2-} の渓流水への影響を調べるため、2009 年から降水調査地点から北西に 3.7 km 離れたキンダン川で渓流水を採取している。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。

2 調査方法

降水試料は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) を用いて月毎または 2 週間毎、渓流水試料は 2 週間毎に採取し、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 降水成分濃度及び沈着量

2017 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) を表に示した。なお、習志野は 2017 年度に市川から移設した。降水量は房総半島南部の清澄山に位置する清澄で 2084mm と最も多く、県北部の習志野で 1107 mm と少なかった。pH は東京湾岸の工業地域である市原で 5.10 と最も低く、畜産地域の旭で 5.82 と最も高かった。降水酸性化に寄与の大きい nss-SO_4^{2-} 濃度は、市原で 12.68 $\mu\text{mol/L}$ と最も高かった。房総半島南部丘陵地帯に位置し、発生源のほとんどない清澄では今回も 8.38 $\mu\text{mol/L}$ と昨年同様市原に次ぐ濃度であった。 NO_3^- 濃度は佐倉で 11.37 $\mu\text{mol/L}$ と最も高く、 NH_4^+ 濃度は旭で 28.22 $\mu\text{mol/L}$ と最も高かった。

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、 nss-SO_4^{2-} は濃度の最も高い市原で 15.07 mmol/m^2 と多く、旭では NH_4^+ 濃度が高いため沈着量も 43.10 mmol/m^2 と、全県平均の 2 倍程度多かった。

表 2017 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-}
			$\mu\text{mol/L}$									
習志野 (習志野鷺沼大気測定局)	1107	5.16	6.86	8.81	2.86	3.21	0.01	30.40	8.98	9.64	36.47	7.15
市原 (環境研究センター)	1188	5.10	7.94	14.62	6.02	5.56	0.15	46.59	15.48	9.76	52.83	12.68
銚子 (白石ダム貯水池)	1829	5.49	3.21	19.23	2.92	10.37	1.51	108.70	12.98	8.85	129.94	6.45
一宮 (東浪見大気測定局)	1674	5.17	6.77	7.66	2.78	9.41	0.81	99.32	11.25	7.47	115.66	5.28
*旭 (東総野菜研究室)	1527	5.82	1.52	28.22	0.69	2.70	0.32	44.07	7.46	6.69	51.60	4.81
*勝浦 (勝浦小羽戸大気測定局)	1983	5.15	7.10	5.10	2.81	12.43	1.98	124.27	12.38	5.11	144.72	4.91
*清澄 (無線中継所)	2084	5.24	5.81	6.94	7.72	11.46	2.67	103.03	14.57	9.15	120.33	8.38
*佐倉 (江原新田大気測定局)	1448	5.23	5.88	12.64	3.70	3.41	0.31	30.01	9.91	11.37	34.68	8.11
平均	1605	5.26	5.64	12.90	3.69	7.32	0.97	73.30	11.63	8.50	85.78	7.22

	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									
習志野 (習志野鷺沼大気測定局)	1107	5.16	7.60	9.76	3.16	3.55	0.01	33.65	9.94	10.67	40.37	7.92
市原 (環境研究センター)	1188	5.10	9.44	17.36	7.15	6.61	0.18	55.36	18.39	11.60	62.77	15.07
銚子 (白石ダム貯水池)	1829	5.49	5.87	35.16	5.34	18.96	2.76	198.77	23.74	16.18	237.61	11.79
一宮 (東浪見大気測定局)	1674	5.17	11.33	12.82	4.65	15.75	1.35	166.27	18.84	12.51	193.62	8.85
*旭 (東総野菜研究室)	1527	5.82	2.32	43.10	1.05	4.13	0.49	67.31	11.39	10.21	78.81	7.35
*勝浦 (勝浦小羽戸大気測定局)	1983	5.15	14.08	10.11	5.57	24.65	3.93	246.44	24.55	10.13	286.99	9.74
*清澄 (無線中継所)	2084	5.24	12.11	14.46	16.09	23.88	5.57	214.71	30.36	19.07	250.77	17.46
*佐倉 (江原新田大気測定局)	1448	5.23	8.51	18.31	5.36	4.94	0.44	43.46	14.36	16.46	50.23	11.75
平均	1605	5.26	8.91	20.14	6.05	12.81	1.84	128.25	18.95	13.36	150.15	11.24

*は環境研究センター調査地点

注) nss-SO_4^{2-} : 非海塩硫酸イオン

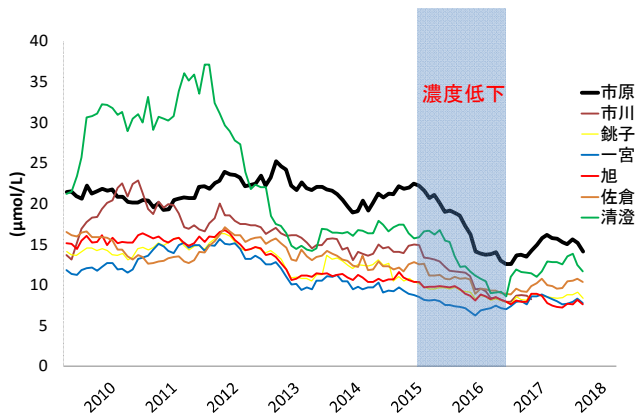


図1 降水中 nss-SO_4^{2-} 濃度推移

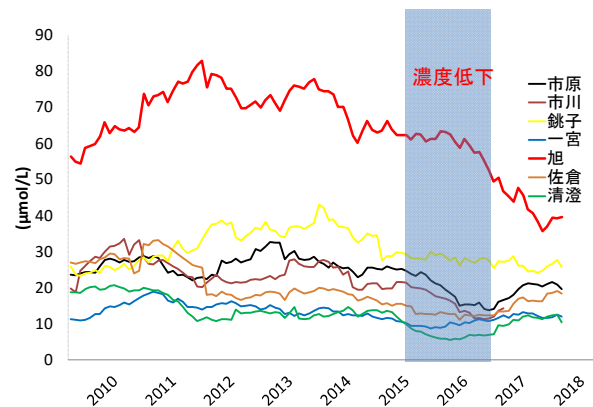


図2 降水中 NH_4^+ 濃度推移

4 降水成分濃度の経年変化

図1, 2に観測期間の短い勝浦を除く県内7地点の nss-SO_4^{2-} 及び NH_4^+ 濃度推移 (13ヶ月移動平均) を示した。 nss-SO_4^{2-} と NH_4^+ はいずれも2011年ころから緩やかな濃度低下傾向が見られるが、2015年から2016年にさらに大きな低下が見られた。そして nss-SO_4^{2-} , NH_4^+ とともに2017年から2018年にかけて濃度低下は止まり横這いに転じた。図3に衛星観測による中国北部の大気中 SO_2 濃度推移を示した。2011年以降 SO_2 濃度は漸減して2015年には2005年の半分程度となっており、2011年以降の降水中の nss-SO_4^{2-} 及び nss-SO_4^{2-} のカウンターイオンとなる NH_4^+ の濃度低下に対応している。

5 降水中硫酸イオンの渓流水への影響

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) の推移を示した。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、さらに2016年には $10 \mu\text{mol L}^{-1}$ まで低下しその後は横ばい傾向を示した。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、2016年には300 $\mu\text{mol L}^{-1}$ まで低下した。その後2017年以降上昇から横這い傾向となった。渓流水濃度は降水濃度の変動とよく似た挙動をしていた。

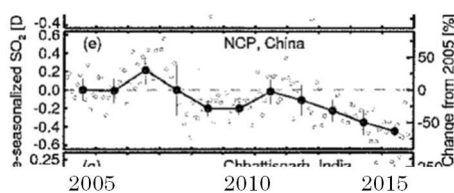


図3 中国北部における SO_2 濃度推移
2005年との相対値

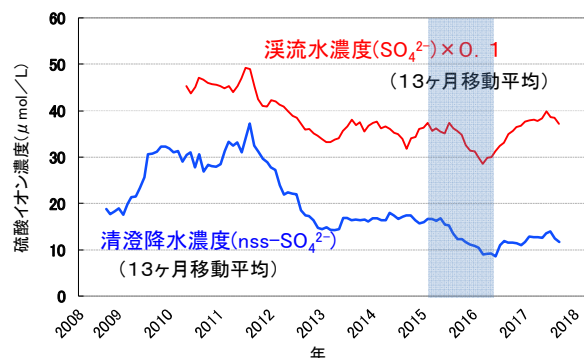


図4 渓流水 SO_4^{2-} 濃度と降水中 nss-SO_4^{2-} 濃度

【文献】

N.A. Krotkov et al.: Aura OMI observations of regional SO_2 and NO_2 pollution changes from 2005 to 2015, Atmos. Chem. Phys., 4605-4629, 2016.