

酸性雨調査

—2016 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、大気保全課管理 4 地点、当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月毎または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 降水成分濃度及び沈着量

下表に2016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2194mmと最も多く、県北部の市川で1317mmと少なかった。pHは東京湾岸の工業地域である市原で4.99と最も低く、次いで東京に隣接する都市地域の市川で5.05であった。畜産地域の旭では5.86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、市原で12.83 μmol/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8.33 μmol/Lとこれまで同様市原に次ぐ濃度であった。硝酸イオンは旭で12.66 μmol/Lと最も高く、アンモニウムイオンも旭で39.32 μmol/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、非海塩硫酸イオンでは濃度の最も高い市原で20.19 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76.57 mmol/m²と、全県平均の3倍程度であった。

表 2016 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)	1317	5.05	8.97	11.65	1.58	1.75	0.43	15.44	8.55	10.65	21.10	7.62
市原(環境研究センター)	1573	4.99	10.15	14.63	4.08	3.71	0.53	29.33	14.60	11.03	36.75	12.83
銚子(白石ダム貯水池)	1755	5.68	2.07	23.75	2.83	9.39	1.21	101.46	13.13	8.29	121.61	7.04
一宮(東浪見大気測定局)	1661	5.14	7.19	10.74	2.43	7.85	0.83	81.09	11.43	8.01	98.32	6.56
*旭(東総野菜研究室)	1947	5.86	1.38	39.32	2.18	6.73	0.83	83.59	11.27	12.66	101.94	6.24
*勝浦(勝浦小羽戸大気測定局)	2194	5.18	6.53	4.59	2.36	8.84	0.72	82.37	9.49	4.61	100.79	4.54
*清澄(無線中継所)	1992	5.31	4.94	7.53	6.51	6.74	1.20	62.96	12.25	9.42	78.15	8.33
*佐倉(江原新田大気測定局)	1562	5.23	5.88	10.13	2.93	2.79	0.81	24.41	8.81	10.70	29.57	7.34
平均	1750	5.25	5.89	15.29	3.11	5.97	0.82	60.08	11.19	9.42	73.53	7.56

	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)	1317	5.05	11.81	15.34	2.08	2.30	0.57	20.33	11.26	14.02	27.79	11.47
市原(環境研究センター)	1573	4.99	15.96	23.01	6.42	5.83	0.83	46.15	22.97	17.35	57.83	20.19
銚子(白石ダム貯水池)	1755	5.68	3.63	41.68	4.97	16.47	2.12	178.06	23.05	14.55	213.43	12.35
一宮(東浪見大気測定局)	1661	5.14	11.95	17.84	4.04	13.04	1.39	134.70	18.99	13.30	163.32	10.90
*旭(東総野菜研究室)	1947	5.86	2.68	76.57	4.24	13.11	1.62	162.76	21.94	24.66	198.50	12.16
*勝浦(勝浦小羽戸大気測定局)	2194	5.18	14.33	10.08	5.18	19.39	1.59	180.75	20.82	10.11	221.15	9.96
*清澄(無線中継所)	1992	5.31	9.83	14.99	12.97	13.42	2.39	125.38	24.39	18.76	155.64	17.99
*佐倉(江原新田大気測定局)	1562	5.23	9.19	15.83	4.57	4.36	1.26	38.14	13.76	16.72	46.21	11.47
平均	1750	5.25	9.92	26.92	5.56	10.99	1.47	110.78	19.65	16.18	135.48	13.31

*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 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。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。これによると 2011 年以降 SO_2 濃度は漸減し、2015 年には 2005 年の半分程度となった。これにより、降水中 nss-SO_4^{2-} 濃度が低下するとともにカウンターイオンの NH_4^+ 濃度も低下したと考えられ、2011 年以降の nss-SO_4^{2-} 、 NH_4^+ 濃度の低下をもたらした可能性がある。近年、中国からの越境汚染の影響が知られているが、この影響が現れた可能性がある。また、 NH_4^+ 濃度は 2015 年以降旭で大きく低下しているが、同時期の旭での NH_3 ガス濃度が低下した影響が考えられる。

なお、 nss-SO_4^{2-} 、 NH_4^+ 濃度とも 2017 年には上昇に転じており、今後の推移に注意する必要がある。

5 降水中硫酸イオンの渓流水への影響

市原に次いで濃度が高い清澄の降水中 nss-SO_4^{2-} 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。渓流水のサンプリングは、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 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、さらに 2016 年には $10 \mu\text{mol L}^{-1}$ 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、さらに 2016 年には $300 \mu\text{mol L}^{-1}$ まで低下した。さらに 2017 年には上昇に転じて降水の変動とよく似た挙動をしており、渓流水濃度は降水の影響を受けているものと考えられる。

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.

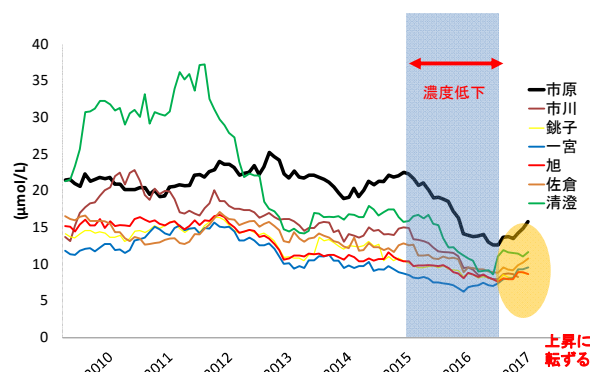


図 1 降水中 nss-SO_4^{2-} 濃度推移

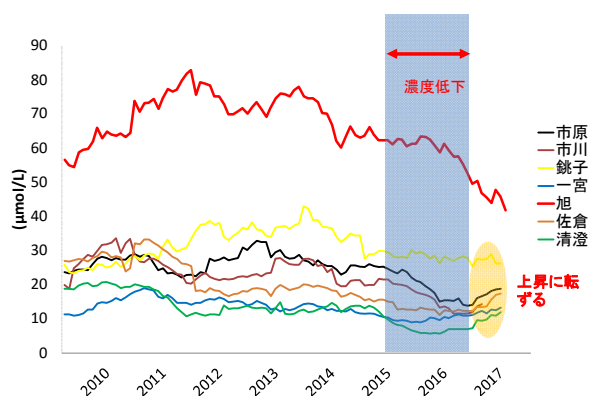
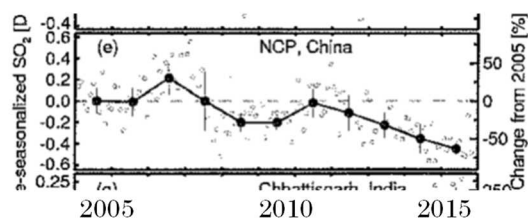


図 2 降水中 NH_4^+ 濃度推移



※中国のS発生量は2011年以降減少が

図 3 中国北部における SO_2 濃度推移 2005 年との相対値

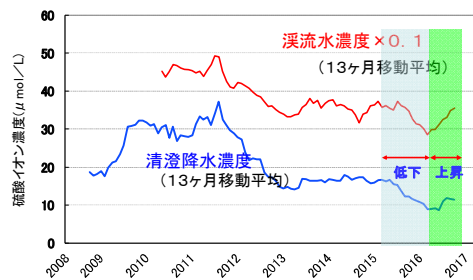


図 4 渓流水 SO_4^{2-} 濃度と降水中 nss-SO_4^{2-} 濃度