

# 酸性雨調査

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(0.45μm)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2014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清澄で2014mmと最も多く、県北部の佐倉で1435mmと少なかった。

pH及び降水成分濃度については、pHは東京都に隣接する都市地域である市川で4.83と最も低く、畜産地域の旭では6.06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20.76 μmol/Lと最も高く、次いで発生源のほとんどのない清澄で14.50 μmol/Lであり、清澄の濃度は都市地域の市川の12.24 μmol/Lを上回った。また、窒素成分では、硝酸イオンは市原で16.56 μmol/Lと最も高かった。アンモニウムイオンは旭で60.98 μmol/L、次いで銚子で24.85 μmol/Lと旭の濃度が突出していた。

降水成分沈着量では、概ね降水量の多い清澄で各成分とも沈着量が多いものの、旭ではアンモニウム濃度が突出していたため沈着量も116.78 mmol/m<sup>2</sup>と、全県平均の3倍程度と多かった。

なお、香取地点は調査地点見直しにより12月で終了し、現在は機器を勝浦に移転して新たに観測を開始している。

表 2013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 <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (注1)
			μmol/L									
市川(市川市役所)	1739	4.83	14.70	16.83	4.00	3.68	0.79	21.10	13.51	16.01	27.00	12.24
市原(環境研究センター)	1490	4.96	10.95	23.45	11.35	5.13	2.21	42.24	23.29	16.56	52.37	20.76
銚子(白石ダム貯水池)	1855	5.35	4.42	24.85	6.42	9.54	2.11	119.13	16.87	9.98	140.61	9.71
一宮(東浪見大気測定局)	1880	4.95	11.14	10.74	5.42	9.65	1.69	91.32	14.24	9.93	106.26	8.75
*旭(東総野菜研究室)	1915	6.06	0.87	60.98	4.56	6.90	1.76	100.54	16.49	12.09	122.93	10.45
*香取(香取大倉大気測定局)注2)	1347	5.12	7.60	23.69	5.53	5.26	1.21	48.45	15.95	13.09	58.37	13.03
*佐倉(江原新田大気測定局)	1435	4.89	12.83	12.39	2.63	2.87	0.39	16.19	10.81	11.68	21.22	9.83
*清澄(無線中継所)	2014	5.20	6.31	13.42	7.99	11.80	5.16	95.90	20.26	12.44	115.67	14.50
平均	1710	5.08	8.60	23.29	5.99	6.85	1.92	66.86	16.43	12.72	80.55	12.41

	降水量 mm	pH	H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	nss-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (注1)
			mmol/m <sup>2</sup>									
市川(市川市役所)	1739	4.83	25.56	29.27	6.95	6.39	1.38	36.69	23.50	27.85	46.95	21.29
市原(環境研究センター)	1490	4.96	16.32	34.95	16.92	7.64	3.29	62.95	34.72	24.68	78.05	30.93
銚子(白石ダム貯水池)	1855	5.35	8.21	46.11	11.91	17.70	3.92	221.03	31.30	18.52	260.89	18.01
一宮(東浪見大気測定局)	1880	4.95	20.95	20.19	10.19	18.15	3.17	171.71	26.78	18.67	199.79	16.46
*旭(東総野菜研究室)	1915	6.06	1.66	116.78	8.72	13.22	3.38	192.54	31.58	23.15	235.43	20.01
*香取(香取大倉大気測定局)注2)	1347	5.12	10.25	31.91	7.45	7.08	1.63	65.28	21.48	17.64	78.64	17.56
*佐倉(江原新田大気測定局)	1435	4.89	18.42	17.79	3.77	4.11	0.56	23.23	15.51	16.77	30.46	14.11
*清澄(無線中継所)	2014	5.20	12.70	27.03	16.09	23.76	10.39	193.13	40.81	25.04	232.94	29.20
平均	1710	5.08	14.26	40.50	10.25	12.26	3.47	120.82	28.21	21.54	145.39	20.95

\*は環境研究センター調査地点

注1) nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:非海塩硫酸イオン、注2)香取は9ヶ月の測定

#### 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 ( $\text{nss-SO}_4^{2-}$ ) 濃度は、図1のとおり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。今回、降水と渓流水の硫酸イオン濃度の関係を報告する。

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1ヶ月単位で実施した。渓流水のサンプリングは、図2のとおり降水調査地点から北西に3.7km離れたキンダン川で毎月1回実施した。なお調査地点の上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3に清澄の降水中  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  濃度の2008~2014年度の7年間の毎月の値を示した。概ね  $30 \mu\text{mol L}^{-1}$  を下回ることが多いが、寒候期に大幅に高くなることもあり、最大では  $90 \mu\text{mol L}^{-1}$  に達した。図4にはキンダン川の2009~2014年度の6年間の毎月の  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度を示した。測定値は  $200 \sim 800 \mu\text{mol L}^{-1}$  と月毎のばらつきが大きい。

図5に降水中  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  濃度と渓流水  $\text{SO}_4^{2-}$  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2011~2013年の低下が見られ、400から  $300 \mu\text{mol L}^{-1}$  程度となり、降水の変動と似た挙動をしている。こうしたことから、清澄山系では降水による流域への硫酸イオンの供給は、渓流水の硫酸濃度形成に影響を与えている可能性がある。

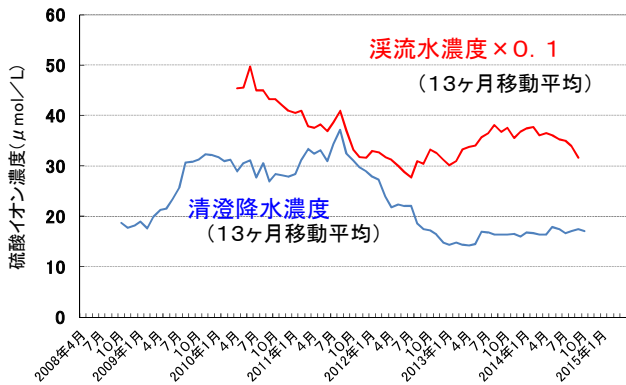


図5 降水中  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  濃度と渓流水  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度 ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) の関係

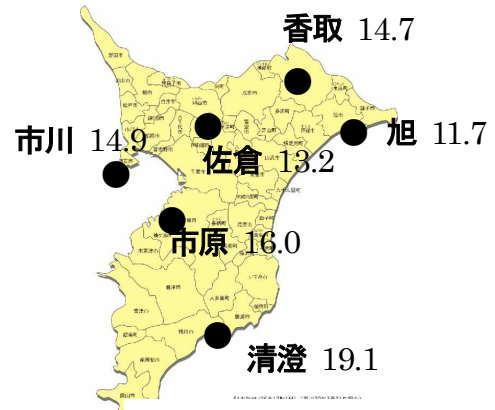


図1 降水中  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  濃度分布 ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) (2008~2012年度平均)



図2 清澄山とキンダン川

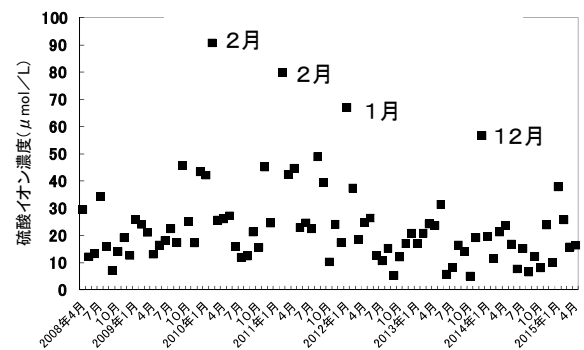


図3 清澄降水中  $\text{nss-SO}_4^{2-}$  濃度 ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )

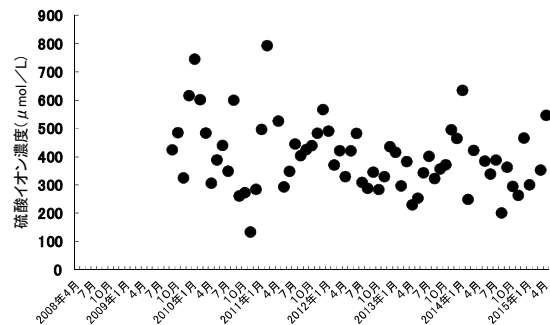


図4 キンダン川渓流水  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度 ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )