

# 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を実施しており、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GLクロマトディスク(0.45 $\mu$ m)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2012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1838mmと最も多く、県北部の佐倉で1408mmと少

なかつた。

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4.76と最も低く、次いで比較的周囲に発生源の少ない郊外地域の佐倉でも4.79と低かつた。一方、畜産地域の旭では6.39と高かつた。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21.50 $\mu$ mol/Lと最も高く、次いで都市地域の市川で16.11 $\mu$ mol/Lであり、都市、工業地域で高かつた。

また、窒素成分では硝酸イオン濃度は市川で21.56 $\mu$ mol/Lと最も高かつた。アンモニウムイオンは旭で63.48 $\mu$ mol/L、次いで銚子で31.51 $\mu$ mol/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、旭ではアンモニア濃度が突出していたため沈着量も115.28mmol/m<sup>2</sup>と、全県平均の3倍程度と多かつた。

清澄地点のnss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>(非海塩硫酸イオン)濃度は2012年度の平均値は15.09 $\mu$ mol/Lだったが、2011年度は27.40 $\mu$ mol/Lと50%以上も高い濃度

表 2012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>
			$\mu$ mol/L									
市川(市川市役所)	1411	4.76	17.52	20.85	5.40	7.23	1.22	59.93	19.72	21.56	78.06	16.11
市原(環境研究センター)	1569	5.07	8.56	26.70	10.84	6.35	1.02	39.19	23.86	21.06	52.97	21.50
銚子(白石ダム貯水池)	1800	5.48	3.33	31.51	4.08	13.97	2.39	136.84	20.14	11.54	165.54	11.92
一宮(東浪見大気測定局)	1696	4.97	10.74	12.96	3.90	10.58	1.62	101.52	17.10	12.91	121.28	10.99
*旭(東総野菜研究室)	1816	6.39	0.41	63.48	3.33	10.65	1.47	120.72	18.53	11.55	152.98	11.27
*香取(香取大倉大気測定局)	1549	5.28	5.19	29.96	5.62	6.60	1.60	51.68	18.65	15.17	66.71	15.55
*佐倉(江原新田大気測定局)	1408	4.79	16.13	16.92	3.95	4.06	0.80	27.64	15.63	17.89	36.70	13.97
*清澄(無線中継所)	1838	5.15	7.11	9.31	6.12	10.25	3.86	87.78	20.37	11.97	106.52	15.09
平均	1636	5.09	8.62	26.46	5.41	8.71	1.75	78.16	19.25	15.46	97.60	14.55

	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>
			mmol/m <sup>2</sup>									
市川(市川市役所)	1411	4.76	24.73	29.43	7.63	10.21	1.72	84.57	27.82	30.42	110.16	22.74
市原(環境研究センター)	1569	5.07	13.43	41.89	17.01	9.97	1.61	61.47	37.43	33.04	83.09	33.73
銚子(白石ダム貯水池)	1800	5.48	6.00	56.71	7.34	25.14	4.31	246.28	36.25	20.77	297.92	21.45
一宮(東浪見大気測定局)	1696	4.97	18.22	21.99	6.61	17.96	2.75	172.23	29.00	21.91	205.75	18.65
*旭(東総野菜研究室)	1816	6.39	0.75	115.28	6.05	19.34	2.67	219.24	33.64	20.98	277.83	20.47
*香取(香取大倉大気測定局)	1549	5.28	8.04	46.41	8.70	10.22	2.48	80.05	28.89	23.50	103.34	24.08
*佐倉(江原新田大気測定局)	1408	4.79	22.71	23.83	5.57	5.71	1.13	38.93	22.01	25.19	51.69	19.67
*清澄(無線中継所)	1838	5.15	13.06	17.12	11.26	18.85	7.10	161.38	37.44	22.01	195.83	27.74
平均	1636	5.09	13.37	44.08	8.77	14.67	2.97	133.02	31.56	24.73	165.70	23.57

注) nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:非海塩硫酸イオン

であった。そこで、清澄の降水中  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 濃度の変動について検討する。

図1に清澄の2011年4月～2013年3月における  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 濃度の推移を示した。2011年4月から2012年2月頃までは  $30\mu\text{mol/L}$  程度の降水がしばしば見られたが、2012年3月以降は  $20\mu\text{mol/L}$  を下回ることが多く、 $30\mu\text{mol/L}$  程度の降水は全く見られなくなるなど濃度の低下が顕著になった。

清澄は房総半島南部の丘陵地帯に位置し、京葉工業地帯などの大発生源から  $50\text{km}$  程度南に離れ、直接の県内の発生源の影響を受けにくい一方で、南側は太平洋に直接面し、太平洋からの影響は受けやすい。そこで、降水成分濃度変動の原因について検討するため、清澄での降水日（日降水量  $10\text{mm}$  以上）におけるバックトラジェクトリー解析（NOAA HYSPLIT Model, 24時間,  $2000\text{m}$  で計算）を実施した。そして清澄から南西に  $120\text{km}$  に位置する伊豆諸島の活火山である三宅島に注目し、ここを気流が通過してから清澄に到達する頻度を月間の通過比率として図1に併せて表した。概ね6月～10月の夏季には三宅島を通る気流は少なく、一方11月以降の秋冬季には  $40\%$  以上の通過比率が出現し、季節により清澄地点に到達する気流系は大きく異なっていた。また、三宅島通過比率と  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 濃度の関係を見ると、冬季に多い三宅島通過比率  $40\%$  以上の月では  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 濃度は  $30\mu\text{mol/L}$  を超えることが多く、夏季の三宅島通過比率の低い場合には  $10\mu\text{mol/L}$  程度に低下していた。また2012年3月以降は三宅島通過比率  $50\%$  でも  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 濃度の上昇は小さくなっていた。

図2に2011年度と2012年度の三宅島通過比率と  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 濃度の関係を示した。両年度とも概ね三宅島通過比率が高くなると  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 濃度も上昇する傾向があるものの、その傾向は2011年度に比べ2012年度は小さくなっており、2012年度では三宅島通過比率が  $100\%$  近くになっても  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 濃度は  $20\mu\text{mol/L}$  程度までしか上昇していない。

このように、清澄の降水は三宅島を通過する気流の比率が高いと  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 濃度の上昇が見られ、一方で気流が三宅島を通過しない場合には低濃度になることから、三宅島の火山の影響を受けていると考えられる。

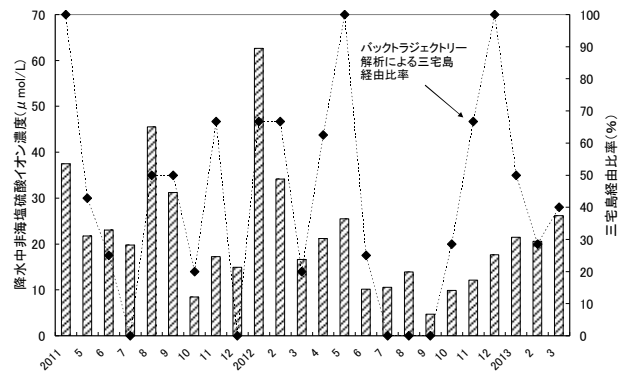


図1 降水中  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 濃度とバックトラジェクトリー解析による三宅島通過比率の推移

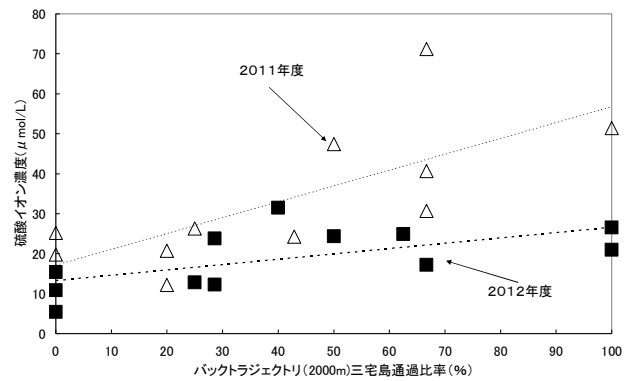


図2 三宅島通過比率と降水中  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 濃度の関係

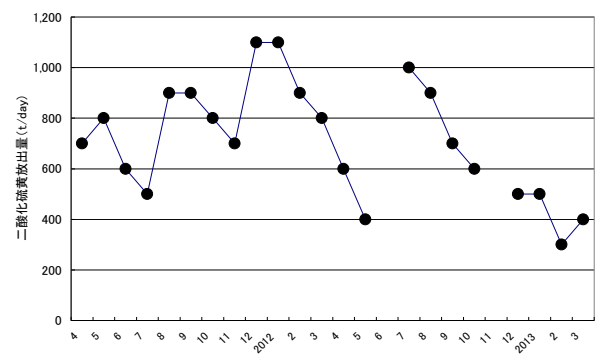


図3 三宅島の  $\text{SO}_2$  放出量（気象庁観測）

また、参考として図3に三宅島の  $\text{SO}_2$  放出量を示した。2012年3月頃までは日放出量が  $800\text{t}$  を超える月が多かったが、2012年10月ころから  $500\text{t}$  を下回るようになった。このことは、2012年の  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 濃度の低下傾向と一致しており、原因として三宅島から放出される  $\text{SO}_2$  の減少が影響していると考えられる。