

## 乾性降下物調査—2024 年度結果—

豊田雄一郎 加藤晶子 押尾秀 横山新紀<sup>1)</sup> 井上智博  
(1:元千葉県環境研究センター)

### 1 はじめに

ガス状又は粒子状の大気汚染物質が、大気から直接、地表や湖沼、河川などに沈着することを乾性沈着といい、このようにして沈着した大気汚染物質を乾性降下物という。大気中のアンモニア (NH<sub>3</sub>) や硝酸 (HNO<sub>3</sub>) などの降下物は、流域の面源負荷に対して影響を与える可能性があることから、2008 年度よりガス状及び粒子状の窒素化合物等について 5 か所で観測を実施し、実態の把握及び経年変化の状況等を調査している。

### 2 調査方法

5 か所の調査地点を図 1 に示した。調査方法は酸性雨全国調査実施要領に基づくフィルターパック法 (以下「FP 法」という。写真 1 及び図 2 参照) により行った。ガス状物質及び粒子状物質を 2 週間又は 1 か月単位で採取し、純水 (F<sub>2</sub> ろ紙のみ過酸化水素水) で抽出し、クロマトディスク (0.45 μm) によりろ過した後でイオンクロマトグラフ (陽イオン: 島津製作所 Prominence HIC-NS、陰イオン: 東ソー IC-2010 及び島津製作所 HIC-ESP) を用いて分析した。なお、旭、市原及び佐倉の 3 地点では同要領に基づくパッシブ法 (以下「PS 法」という。写真 2 参照) により NH<sub>3</sub> の測定も並行して行った。



図 1 調査地点



写真 1 フィルターホルダー (FP 法)



写真 2 パッシブサンプラー (PS 法)

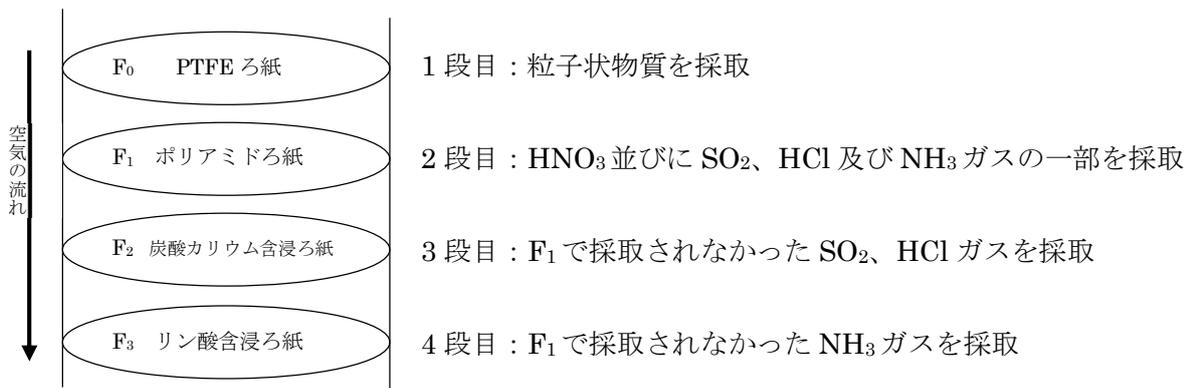


図 2 フィルターパックの構成図

### 3 調査結果

2024 年度に実施した、FP 法による測定成分毎の濃度の年平均値を表 1 に示した。また、年平均値から粒子状物質中のイオン成分の当量濃度を算出し、各成分を地点毎に陰イオン（「A」と表記。）及び陽イオン（「C」と表記。）に分類して図 3 に示した。

ガス状物質では  $\text{HNO}_3$  が 3.16（清澄）～9.77（佐倉） $\text{nmol/m}^3$ 、 $\text{SO}_2$  が 12.54（旭）～75.49（市原） $\text{nmol/m}^3$ 、 $\text{NH}_3$  が 49.55（清澄）～2598.91（旭） $\text{nmol/m}^3$  であった。粒子状物質では  $\text{SO}_4^{2-}$  が 12.48（清澄）～23.01（市原） $\text{nmol/m}^3$ 、 $\text{NO}_3^-$  が 12.92（清澄）～31.61（旭） $\text{nmol/m}^3$ 、 $\text{NH}_4^+$  が 5.39（清澄）～37.53（旭） $\text{nmol/m}^3$  であった。

$\text{NH}_3$  及び  $\text{NH}_4^+$  は畜産地域である旭の濃度が最も高く、清浄地域である清澄の濃度と比べると、 $\text{NH}_3$  が約 52 倍、 $\text{NH}_4^+$  が約 7 倍であった。また、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  及び非海塩性  $\text{SO}_4^{2-}$ （ $\text{nss-SO}_4^{2-}$ ）は、工業地域である市原の濃度が最も高かった。 $\text{Ca}^{2+}$  は市原が  $23.02\text{nmol/m}^3$  と他地点より高く、海塩性  $\text{Ca}^{2+}$ （ $\text{ss-Ca}^{2+}$ ）濃度は他地点と同程度であったが、 $\text{nss-Ca}^{2+}$  濃度が高めであった。

表 1 2024 年度フィルターパック法 年平均値（ $\text{nmol/m}^3$ ）

調査地点	ガス状物質（F <sub>1</sub> ～F <sub>3</sub> ろ紙）				粒子状物質（F <sub>0</sub> ろ紙）							
	$\text{HNO}_3$	$\text{SO}_2$	HCl	$\text{NH}_3$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3^-$	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{NH}_4^+$
旭	4.80	12.54	2.56	2598.91	17.93	31.61	51.41	56.26	3.11	6.03	7.09	37.53
勝浦	5.85	13.66	19.19	56.33	16.34	16.16	43.39	55.77	2.75	8.53	7.28	9.18
清澄	3.16	16.44	13.03	49.55	12.48	12.92	25.05	33.86	1.85	5.21	4.50	5.39
市原	9.16	75.49	26.00	154.37	23.01	29.96	42.50	49.95	2.84	23.02	7.91	24.89
佐倉	9.77	19.85	9.22	74.20	19.76	25.03	16.49	31.75	3.03	6.91	4.10	22.26

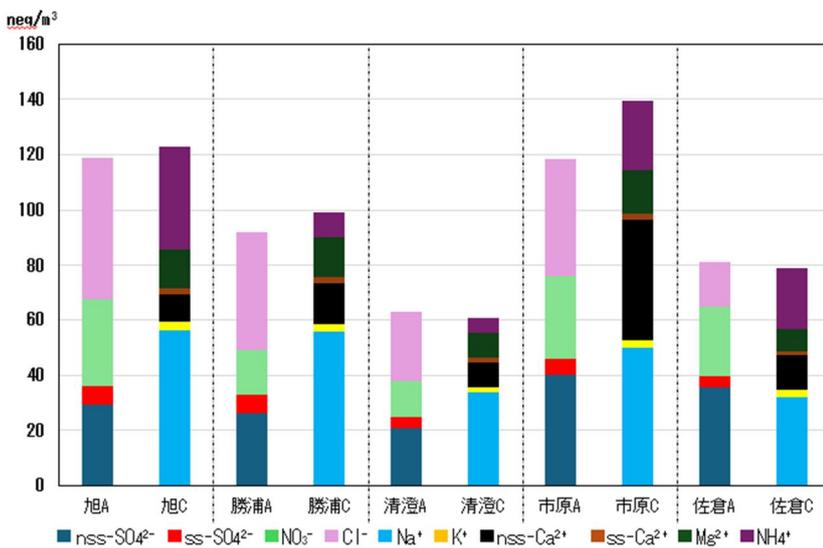


図 3 各地点の粒子状物質中のイオン成分の当量濃度（ $\text{nss-}$ ：非海塩性イオン， $\text{ss-}$ ：海塩性イオン）

2011 年からの旭、市原、佐倉、勝浦（2013 年度から）、清澄（2013 年度から）及び市川（2014 年まで）における PTFE ろ紙(F0)で採取された粒子状物質中の成分のうち、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ の当量濃度（12 か月移動平均）を図 4～6 に示した。 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 及び  $\text{NH}_4^+$ はともに、各地点で、2014 年をピークに特に 2015 年から 2016 年にかけて濃度低下し、2016 年から 2017 年には一旦上昇に転じた後、再度低下

した。その後、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ については2022年に上昇した後に低下傾向で推移し、 $\text{NH}_4^+$ については2020年から緩やかな濃度低下傾向で推移している。各成分のうち  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NH}_4^+$ の2つは変動傾向がよく似ていること、また  $\text{SO}_4^{2-}$ は大気中で  $\text{NH}_3$  と反応し、粒子化して硫酸アンモニウムになることがよく知られていることから、粒子状物質の組成に硫酸アンモニウムが含まれている可能性がある。また、市原における  $\text{nss-Ca}^{2+}$ は2016年から2018年にかけて濃度が低下しているが、2022年度から2023年度にかけて上昇した後、2024年度から低下傾向にある。

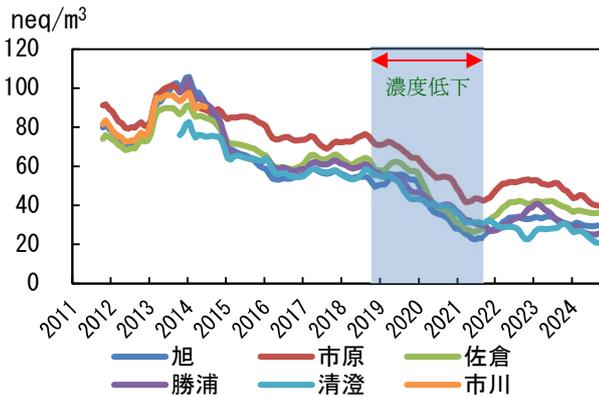


図4 F<sub>0</sub>粒子中  $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量濃度推移

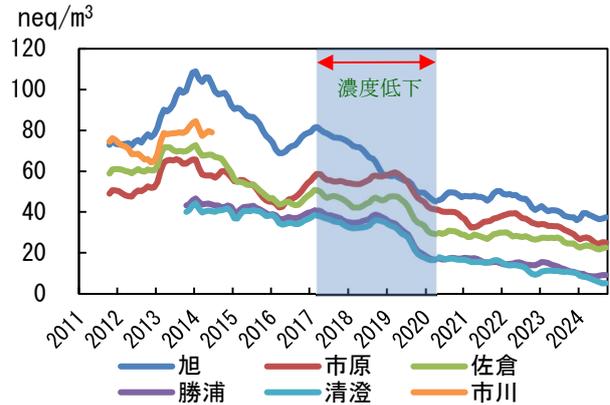


図5 F<sub>0</sub>粒子中  $\text{NH}_4^+$ 当量濃度推移

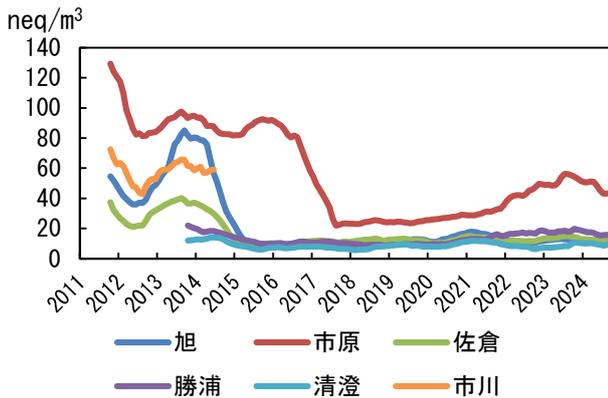


図6 F<sub>0</sub>粒子中  $\text{nss-Ca}^{2+}$ 当量濃度推移

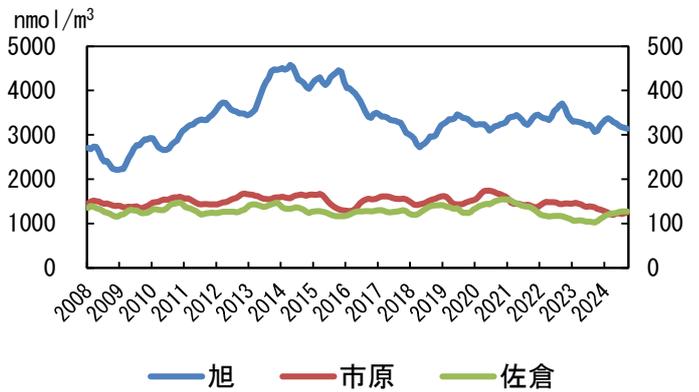


図7 PS法による  $\text{NH}_3$ 濃度推移  
(旭は左軸、市原及び佐倉は右軸)

2008年からの旭、市原、佐倉のPS法による  $\text{NH}_3$ 濃度推移(12か月移動平均)を図7に示した。畜産業の盛んな旭では2008年以降上昇する傾向が見られ、ピークの2014年ごろには  $4500 \text{ nmol/m}^3$ 程度になった。その後2018年には  $3000 \text{ nmol/m}^3$ を下回る値まで低下したが、2019年以降は  $3000 \sim 3800 \text{ nmol/m}^3$ で推移している。市原、佐倉では  $100 \sim 150 \text{ nmol/m}^3$ 程度で、全体的にはほぼ横ばいで推移した。PS法は電源が不要で簡便に測定が行える一方、測定精度は高くなく、FP法の結果との誤差が見られた。