

## 5 酸性雨調査

酸性雨とは、石油や石炭などの化石燃料を燃焼させた時に発生する硫黄酸化物や窒素酸化物などの汚染物質が大気中で硫酸や硝酸に変化し、降水(雪やひょうも含む)に溶け込むことによって、降水が酸性化することである。また、大気中の硫酸や硝酸が、晴れの日などに雨に溶けずに、微粒子やガスの形態のままに風に乗って地上に到達し、水を得ることによって酸性雨と同じ作用を及ぼすこともある。

なお、清浄な大気中にも二酸化炭素が存在するので、降水のpHは約5.6になることから、降水の酸性を論じるときは、pHが5.6以下のものを考えることが多い。

千葉県では、酸性雨による影響は確認されていないが、県内の酸性雨の状況を把握するため昭和50年から調査を継続している。なお、酸性雨の影響については、当初は初期降雨のpHが原因と考えられてきたが、その後の調査で雨水中のイオン成分が原因と考えられるようになってきた。このことから、平成22年度以降は1か月分の雨水を採取し保存する自動雨水採取機に変更した。

### 5-1 概要

平成28年度に、4地点で調査した結果の概要を表5-1に示した。年降水量は銚子が最も多く1755mmであった。最も少なかったのは市川で1316mmと、銚子より約438mm少なかった。また、pHは銚子が5.7と他地点に比べて高く、市川、市原は5.0、一宮が5.1であった。

### 5-2 調査方法

- (1)調査地点 図5-1に示す4地点。
- (2)調査期間 平成28年4月～平成29年3月
- (3)調査項目 1か月毎に捕集した降水中のpH、水素イオン(H<sup>+</sup>)、ナトリウムイオン(Na<sup>+</sup>)、アンモニウムイオン(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)、カリウムイオン(K<sup>+</sup>)、カルシウムイオン(Ca<sup>2+</sup>)、マグネシウムイオン(Mg<sup>2+</sup>)、塩素イオン(Cl<sup>-</sup>)、硝酸イオン(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)、硫酸イオン(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)、降水量

### 5-3 調査結果

#### (1)pH年平均値の推移

pHの年平均値の推移を図5-2に示した。平成16年度では全地点がpH5.0未満を示していたが、22年度は全地点でpH5.0を超えた。その後は銚子は緩やかに上昇し、28年度はpH5.7となった。市川、一宮は23年度から上昇傾向にあり、28年度は市川はpH5.0、一宮はpH5.1であった。市原は22年度以降低下傾向にあり、平成28年度はpH5.0となった。

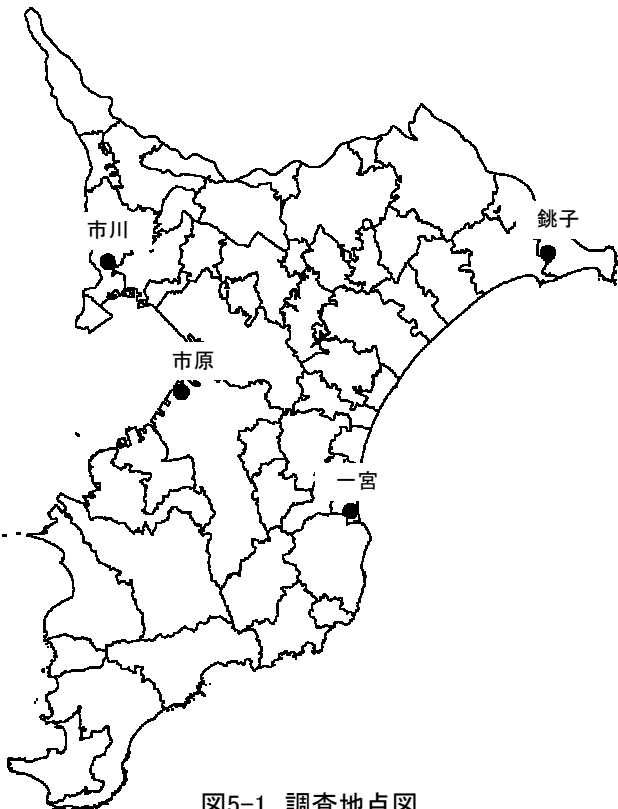


図5-1 調査地点図

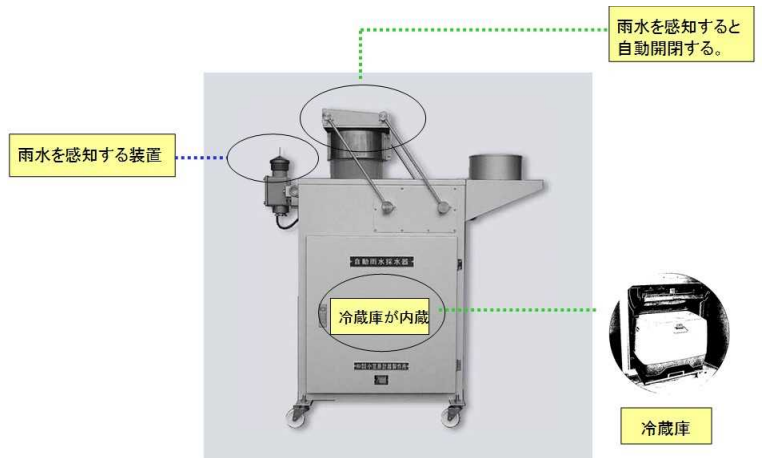


写真 雨水採取器

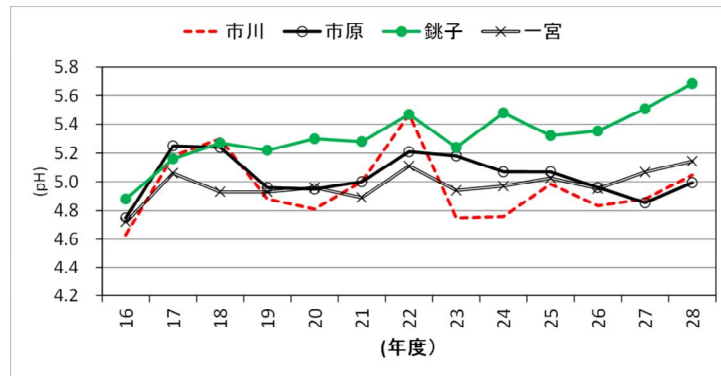


図5-2 pHの経年推移

表5-1 平成28年度調査結果

地点名		市川	市原	銚子	一宮	
測定場所		市川市役所	市原岩崎西測定局	銚子市白石貯水場	一宮東浪見測定局	
住所		市川市八幡1-1-1	市原市岩崎西1-8-8	銚子市白石80	一宮町東浪見1516-2	
項目名	単位					
	降水量	mm	1317	1573	1755	1661
pH	$\mu\text{mol/L}$	5.0	5.0	5.7	5.1	
降水中のイオン成分濃度	$\text{H}^+$	$\mu\text{mol/L}$	9.0	10.1	2.1	7.2
	$\text{NH}_4^+$	$\mu\text{mol/L}$	11.7	14.6	23.7	10.7
	$\text{Ca}^{2+}$	$\mu\text{mol/L}$	1.6	4.1	2.8	2.4
	$\text{Mg}^{2+}$	$\mu\text{mol/L}$	1.8	3.7	9.4	7.9
	$\text{K}^+$	$\mu\text{mol/L}$	0.4	0.5	1.2	0.8
	$\text{Na}^+$	$\mu\text{mol/L}$	15.4	29.3	101.5	81.1
	$\text{NO}_3^-$	$\mu\text{mol/L}$	10.6	11.0	8.3	8.0
	$\text{Cl}^-$	$\mu\text{mol/L}$	21.1	36.8	121.6	98.3
	nss- $\text{SO}_4^{2-}$	$\mu\text{mol/L}$	7.6	12.8	7.0	6.6
	ss- $\text{SO}_4^{2-}$	$\mu\text{mol/L}$	0.9	1.8	6.1	4.9
	降水中のイオン成分沈着量	$\text{H}^+$	mmol/m <sup>2</sup>	11.8	16.0	3.6
$\text{NH}_4^+$		mmol/m <sup>2</sup>	15.3	23.0	41.7	17.8
$\text{Ca}^{2+}$		mmol/m <sup>2</sup>	2.1	6.4	5.0	4.0
$\text{Mg}^{2+}$		mmol/m <sup>2</sup>	2.3	5.8	16.5	13.0
$\text{K}^+$		mmol/m <sup>2</sup>	0.6	0.8	2.1	1.4
$\text{Na}^+$		mmol/m <sup>2</sup>	20.3	46.2	178.1	134.7
$\text{NO}_3^-$		mmol/m <sup>2</sup>	14.0	17.4	14.6	13.3
$\text{Cl}^-$		mmol/m <sup>2</sup>	27.8	57.8	213.4	163.3
nss- $\text{SO}_4^{2-}$		mmol/m <sup>2</sup>	10.0	20.2	12.3	10.9
ss- $\text{SO}_4^{2-}$		$\mu\text{mol/L}$	1.2	2.8	10.7	8.1

nss- $\text{SO}_4^{2-}$ :非海塩性硫酸イオン 硫酸イオン中の人為的発生源から由来する量を求めるため、海水中の $\text{Na}^+$ 、硫酸イオン濃度の割合から下式に従い算出する。

$$\text{nss-}[\text{SO}_4^{2-}] = [\text{SO}_4^{2-}] - 0.06028 \times [\text{Na}^+]$$

(海水中の濃度を  $\text{Na}^+$  :468.3mmol/L、 $\text{SO}_4^{2-}$  :28.23mmol/L、 $\text{Ca}^{2+}$  :10.12mmol/Lとする。)

ss- $\text{SO}_4^{2-}$ :海塩性硫酸イオン 海水に由来する硫酸イオン濃度

$$\text{ss-}[\text{SO}_4^{2-}] = [\text{SO}_4^{2-}] - \text{nss-}[\text{SO}_4^{2-}]$$

## (2)イオン成分分析の結果

各地点のイオン濃度を図5-3に、イオン成分の割合を図5-4に示した。いずれの地点も $\text{Na}$ 、 $\text{Cl}$ の割合が高く、 $\text{Na}$ と $\text{Cl}$ の合計が、最も低い市川では45.6%、最も高い一宮、銚子で78.7%を占めた。濃度としては銚子、一宮が他地点と比べて高い濃度(約2倍)となっていた。

降水の酸性化に影響の高いnss- $\text{SO}_4^{2-}$ (非海塩性硫酸イオン)は、市川、市原が高く、約10%であった。また、 $\text{NO}_3^-$ (硝酸イオン)の割合は市川が高かった。

図には示していないが、沈着量はイオン濃度×降水量で求めており、概ねイオン濃度と傾向は変わらなかった。

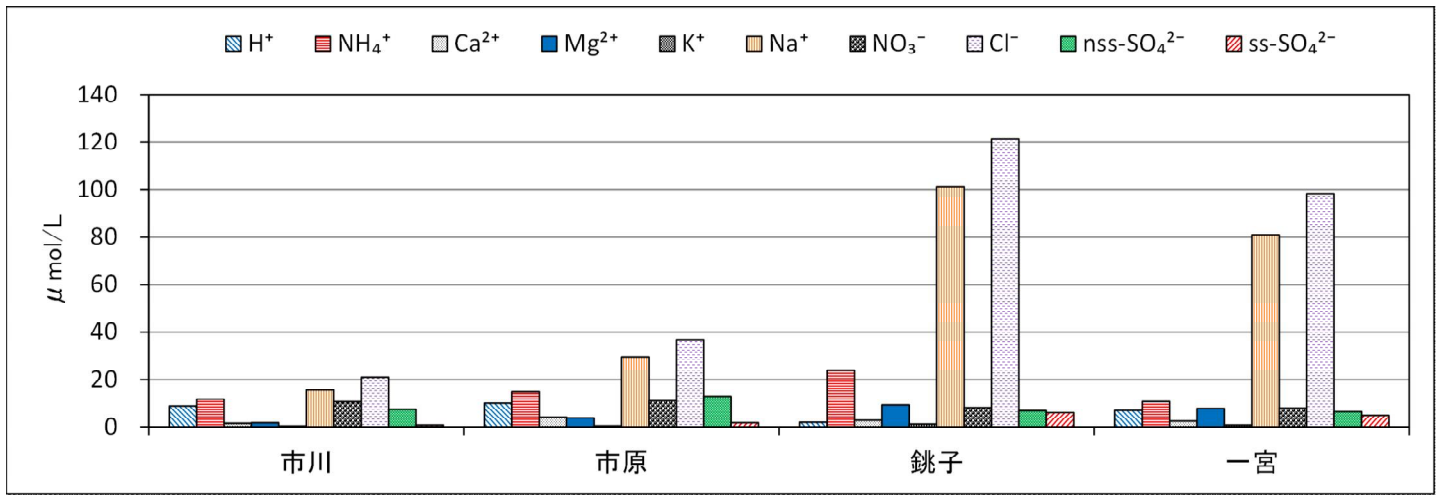
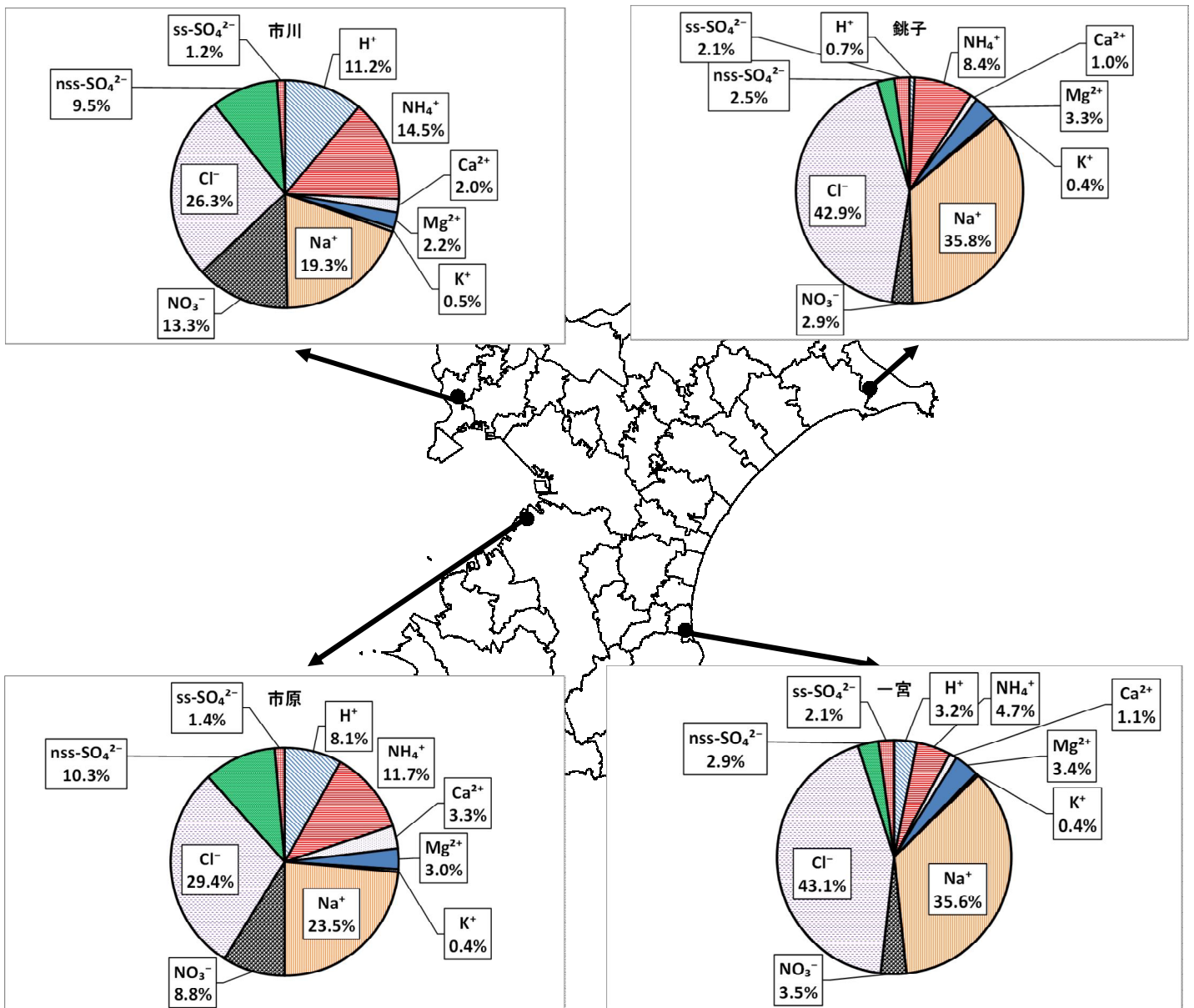


図5-3 降水中イオン成分の濃度



円グラフの表記は、物質名、%

図5-4 降水中イオン成分の割合