

第6章 酸性雨等実態調査

1 目的

湿性沈着物、乾性沈着物及び酸性霧について、pH、各種汚染物質の濃度等を調査し、酸性沈着の実態を把握するとともに、これらの対策に必要な基礎資料を得る。

2 湿性沈着物調査

(1) 調査方法

ア 調査地点

図6-1に示す次の4地点で調査を実施した。

- | | |
|---------------|---------------|
| 海部事務所 | (以下、「津島」とする。) |
| 知多事務所 | (以下、「半田」とする。) |
| 西三河事務所 | (以下、「岡崎」とする。) |
| 環境調査センター東三河支所 | (以下、「豊橋」とする。) |



図6-1 調査地点

イ 調査項目及び分析方法

調査項目	略号	分析方法	調査項目	略号	分析方法
pH	pH	ガラス電極法	アンモニウムイオン	NH_4^+	イオンクロマトグラフ法
電気伝導率	EC	導電率計法	ナトリウムイオン	Na^+	同 上
硫酸イオン	SO_4^{2-}	イオンクロマトグラフ法	カリウムイオン	K^+	同 上
硝酸イオン	NO_3^-	同 上	カルシウムイオン	Ca^{2+}	同 上
塩化物イオン	Cl^-	同 上	マグネシウムイオン	Mg^{2+}	同 上

分析方法は、湿性沈着モニタリング手引き書（第2版）（平成13年3月 環境省）に準拠した。

ウ 調査期間

平成14年3月27日から平成15年3月26日まで

エ 試料採取方法

試料の採取に当たっては、図6-2に示す酸性沈着物自動採取装置（小笠原計器製US-400型）を用い、各降雨の全量を採取した。

酸性沈着物自動採取装置は、感雨センサーにより、降雨時は湿性沈着物採取用の受水部が開き、乾性沈着物採取容器が閉じる仕組みになっており、非降雨時は、その逆に乾性沈着物採取容器が開き、受水部が閉じる自動開閉方式となっている。

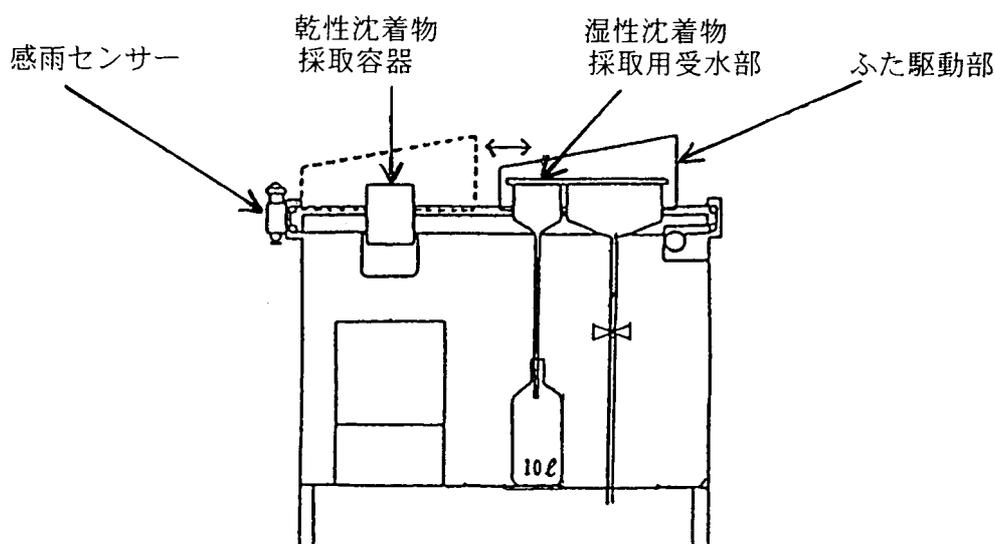


図6-2 酸性沈着物自動採取装置

(2) 調査結果

ア 試料採取状況

平成14年度に採取した総検体数は243検体で、その内訳は、津島：67検体、半田：45検体、岡崎：63検体及び豊橋：68検体であった。

イ 年間降水量及びpH、EC、成分別濃度の年平均値

年間降水量及びpH、EC、成分別濃度の年平均値は表6-1のとおりである。

表6-1 年間降水量及びpH、EC、成分別濃度の年平均値

調査地点 (検体数)	降水量	pH	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	mm/年	-	mS/m	μmol/l							
津島 (67)	1,463	4.60	4.20	49.7	63.7	44.8	83.0	32.4	2.6	12.9	5.4
半田 (45)	1,326	5.02	3.67	50.8	59.0	60.2	104.0	47.5	3.2	18.5	7.8
岡崎 (63)	1,296	4.83	2.63	27.3	42.7	36.3	49.6	28.0	2.0	10.6	3.9
豊橋 (68)	1,478	5.02	2.61	30.1	35.4	55.1	37.2	48.1	2.3	16.1	7.5
全降雨平均 (243)		4.86	3.25	38.6	49.5	48.3	65.4	38.4	2.5	14.2	6.0
13年度平均 (216)		(4.73)	(3.51)	(43.1)	(47.7)	(42.4)	(48.1)	(32.4)	(2.9)	(18.4)	(6.5)

(注) 13年度平均は本年度と調査地点が異なり、かつ欠測があったため、参考値として()書きで示す。

(7) pH

pHの地点別年平均値の範囲は4.60(津島)~5.02(半田及び豊橋)であった。これらの値は、平成13年度の結果(4.57~4.89)よりも若干高い値であったが、14年9月に環境省が公表した「第4次酸性雨対策調査結果の取りまとめ」におけるpHの12年度の地点別平均値の範囲(4.51~6.15)とほぼ同程度であった。

pHの年平均値の経年変化は図6-3のとおりである。

また、pHを0.5きざみに区切った全降雨の分布状況は図6-4、地点別の分布状況は図6-5のとおりである。

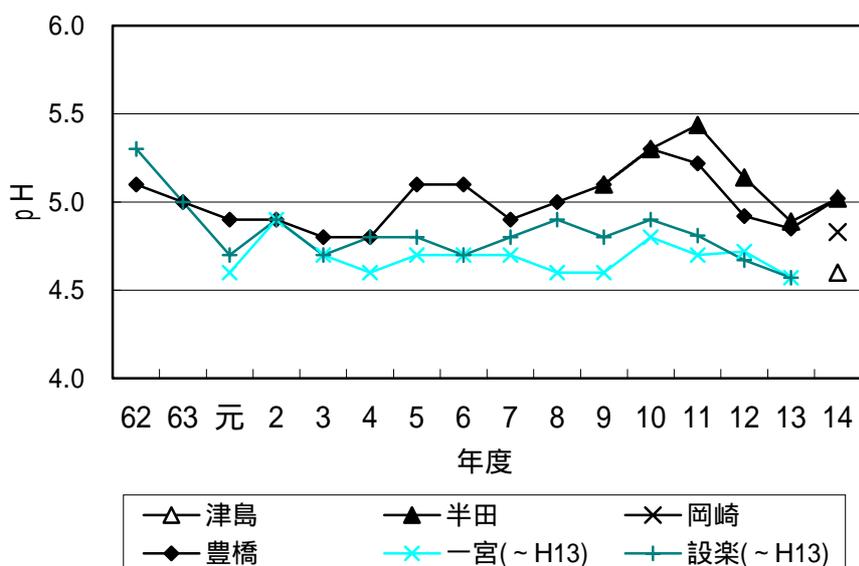


図6-3 pHの年平均値の経年変化

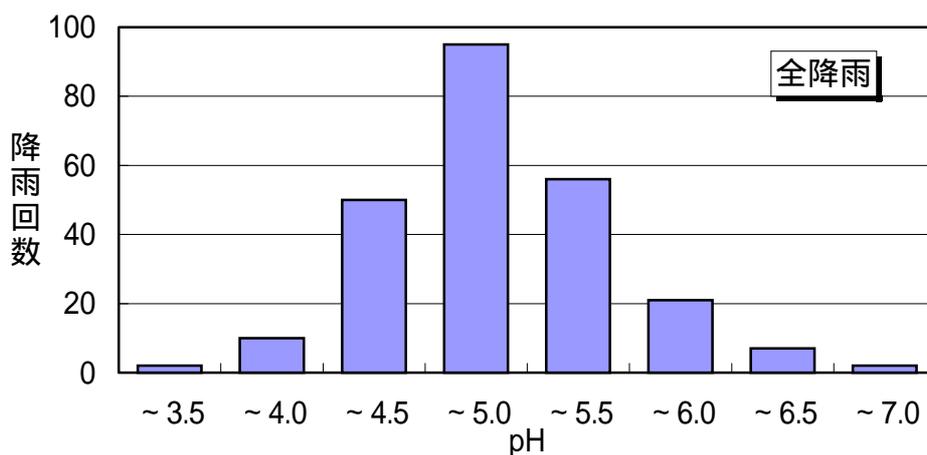


図6 - 4 全降雨のpHの分布状況

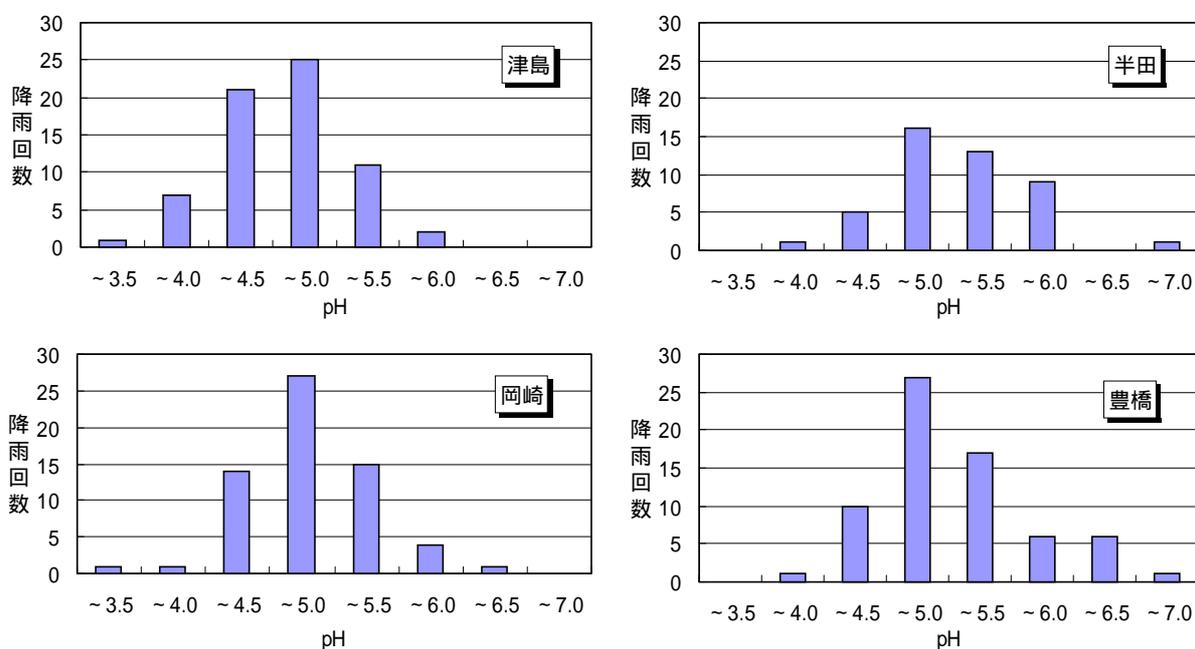


図6 - 5 pHの地点別分布状況

(イ) 電気伝導率 (E C)

E Cの地点別年平均値の範囲は2.61 (豊橋) ~ 4.20 (津島) mS/mであった。

(ウ) 陰イオン

SO_4^{2-} 、 NO_3^- 及び Cl^- の地点別年平均値の範囲は次のとおりであった。

SO_4^{2-} : 27.3 (岡崎) ~ 50.8 (半田) $\mu mol/l$

NO_3^- : 35.4 (豊橋) ~ 63.7 (津島) $\mu mol/l$

Cl^- : 36.3 (岡崎) ~ 60.2 (半田) $\mu mol/l$

3種の陰イオンの濃度を比較してみると、津島は $NO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$ 、半田及び豊橋は $Cl^- > NO_3^- > SO_4^{2-}$ 、岡崎は $NO_3^- > Cl^- > SO_4^{2-}$ の順であった。

(I) 陽イオン

NH_4^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 及び Mg^{2+} の地点別年平均値の範囲は次のとおりであった。

NH_4^+ : 37.2 (豊橋) ~ 104.0 (半田) $\mu\text{mol/l}$

Na^+ : 28.0 (岡崎) ~ 48.1 (豊橋) $\mu\text{mol/l}$

K^+ : 2.0 (岡崎) ~ 3.2 (半田) $\mu\text{mol/l}$

Ca^{2+} : 10.6 (岡崎) ~ 18.5 (半田) $\mu\text{mol/l}$

Mg^{2+} : 3.9 (岡崎) ~ 7.8 (半田) $\mu\text{mol/l}$

5種の陽イオン濃度を比較してみると、津島、半田及び岡崎は NH_4^+ が、豊橋 Na^+ が最も高かった。

(オ) 平成14年度と13年度におけるpH、EC及び成分別濃度の年平均値の比較

平成14年度と13年度におけるpH、EC及び成分別濃度の年平均値の比較は、図6-6のとおりである。なお、津島、岡崎については、14年度新たに測定を開始した地点であるため比較できないが、参考として13年度の一宮、設楽の値をそれぞれ示す。

成分別濃度は、豊橋では全般に減少傾向、半田では全般に横ばいの傾向が見てとれた。

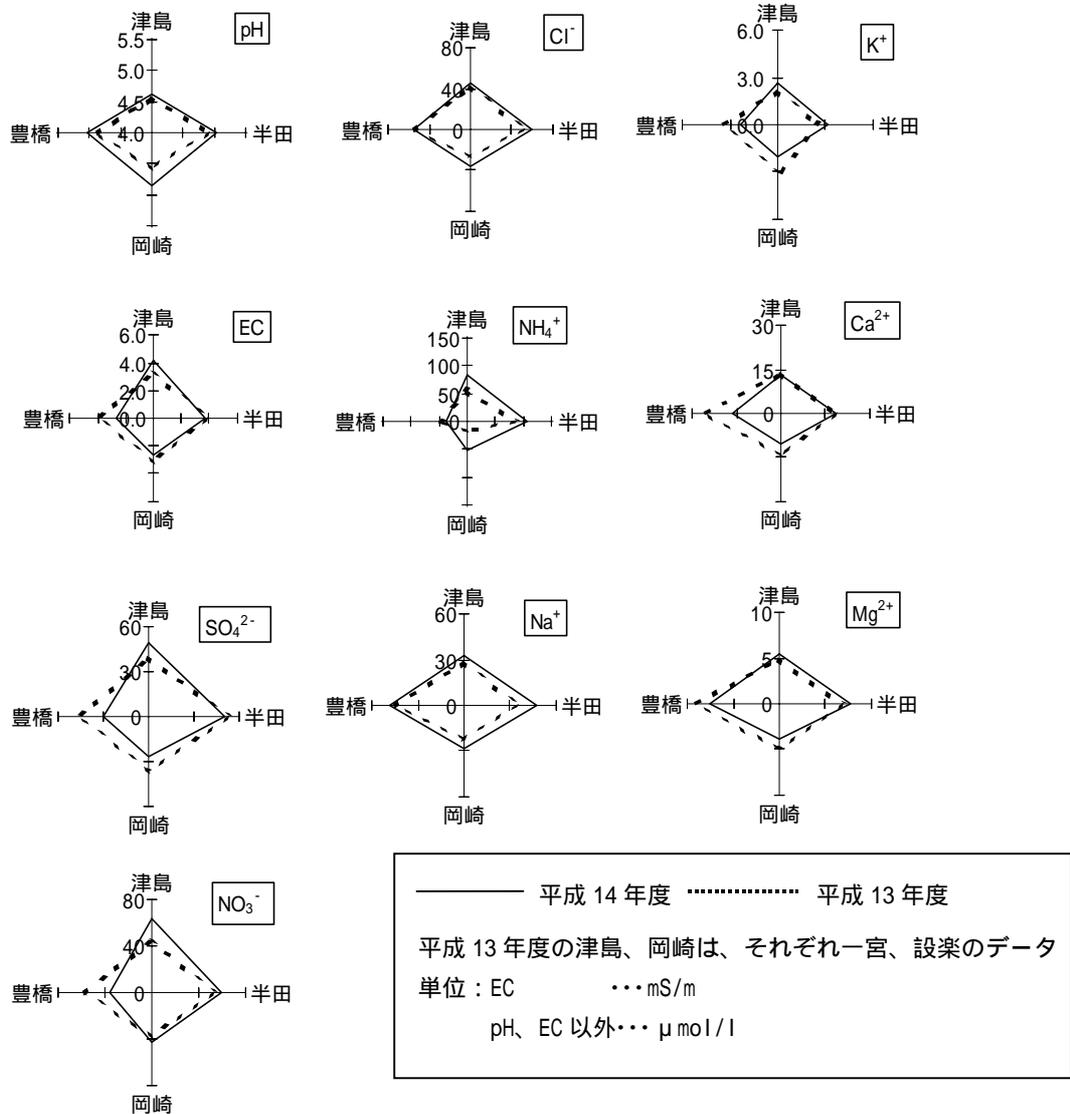


図6-6 平成14年度と13年度におけるpH、EC及び成分別濃度の年平均値の比較

(カ) イオン成分組成

イオン成分の地点別平均濃度についての当量組成は、図6 - 7のとおりである。

各地点ともほぼ陰イオンと陽イオンのバランスがとれていた。また、イオン成分の大小関係を全降雨でみると、陰イオンでは $\text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^-$ 、陽イオンでは $\text{NH}_4^+ > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ の順であった。

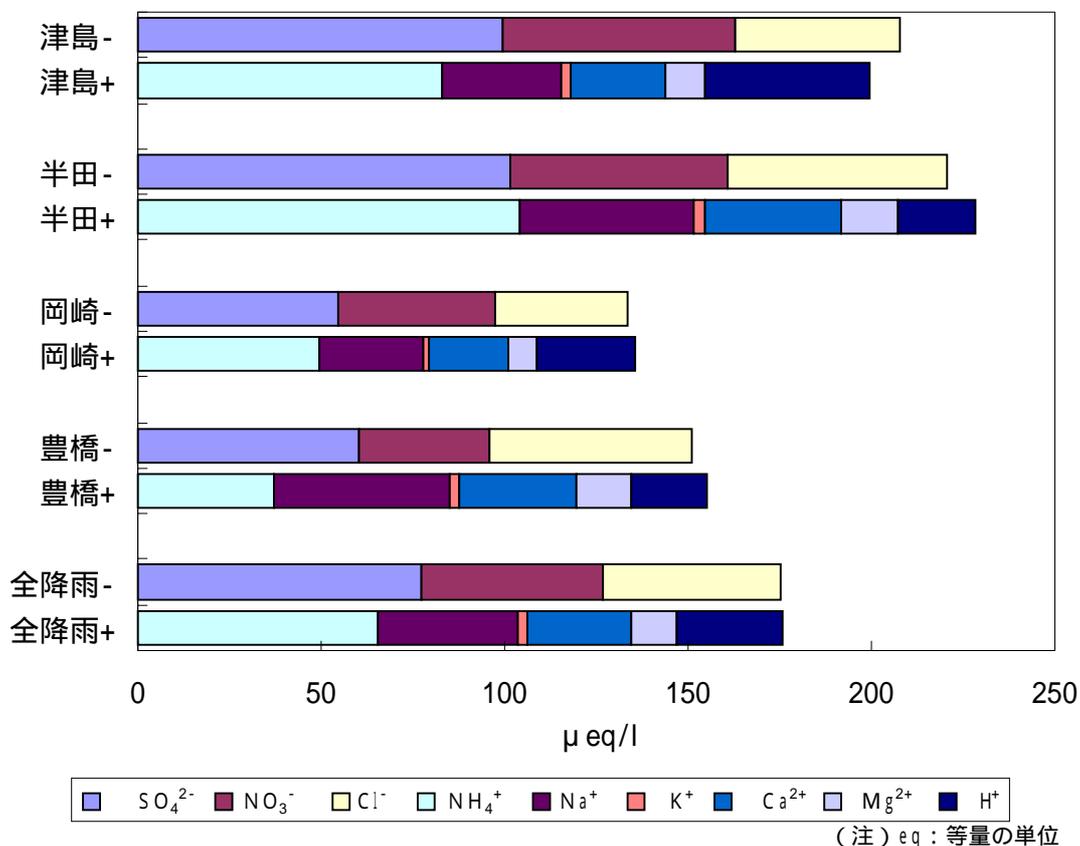


図6 - 7 イオン成分組成

(キ) イオン成分の年間沈着量

平成14年度の降水量及びイオン成分濃度から、各イオン成分が湿性沈着物として1年間に1 m²当たり沈着した量を求め、表6 - 2及び図6 - 8に示した。また、図6 - 9に湿性沈着量（全イオンの湿性沈着量）と降水量の関係を示した。

各イオンの湿性沈着量をみると、酸性成分である SO_4^{2-} 、 NO_3^- は津島が最も多く、次いで半田が多かった。

陽イオンでは、 NH_4^+ が半田と津島が多かった。また、 H^+ は津島が最も多かった。

各地点で年間降水量の差はあまりなく、各成分濃度の年平均値の高かった津島及び半田が年間湿性沈着量についても多かった。

表6 - 2 イオン成分の年間沈着量（湿性沈着物）

(単位：mmol/m²・年)

調査地点	項目	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺
津島		40.5	49.7	37.2	64.4	25.9	1.7	9.0	3.9	44.1
半田		38.5	36.9	38.4	77.0	27.7	1.8	11.2	4.5	20.7
岡崎		20.0	26.7	21.9	33.1	16.0	1.1	6.0	2.1	23.9
豊橋		22.8	23.4	44.6	28.5	38.4	1.6	8.1	5.2	21.0
平均値		30.4	34.2	35.5	50.8	27.0	1.6	8.6	3.9	27.4
13年度平均		(33.9)	(25.3)	(37.2)	(30.2)	(26.5)	(2.2)	(7.5)	(4.5)	(39.5)

(注) 13年度平均は本年度と調査地点が異なり、かつ欠測があったため、参考値として()書きで示す。

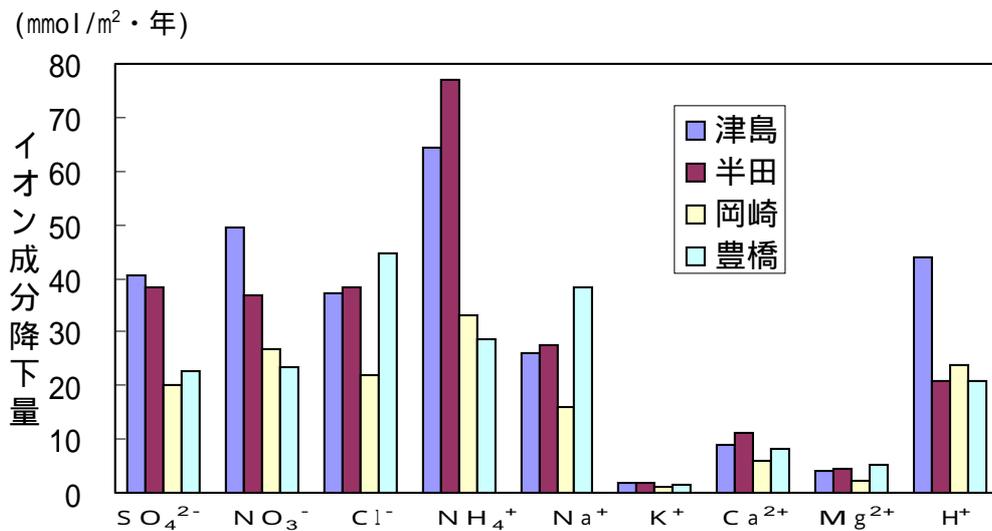


図6 - 8 イオン成分の年間沈着量（湿性沈着物）

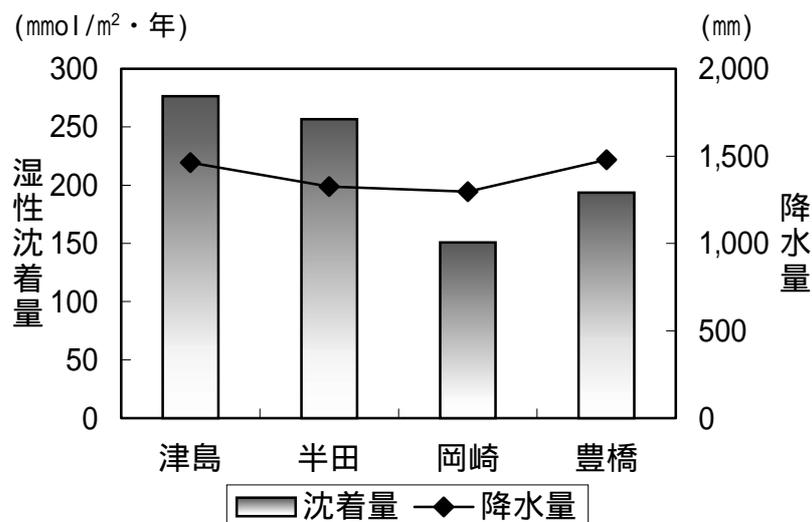


図6 - 9 湿性沈着量と降水量の関係

3 酸性霧調査結果

(1) 調査方法

ア 調査地点

図6-10に示す次の地点で調査を実施した。

豊橋市ふれあいセンター（北設楽郡設楽町大字神田）

（以下「設楽(神田)」とする。）



図6-10 調査地点

イ 調査項目及び分析方法

pH、電気伝導率 (EC)、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+}

分析方法は、湿性沈着物調査と同じ。

ウ 調査期間

平成14年6月から11月まで

エ 試料採取方法

霧の採取については、図6-11に示す自動霧水捕集装置（臼井工業研究所製 FWG-800型）を用いた。この装置は、霧を感知すると自動的に扉が開いてファンが作動し、細かいテフロン線を縦に多数張った霧水捕集ネットにより、霧水を捕集するものである。

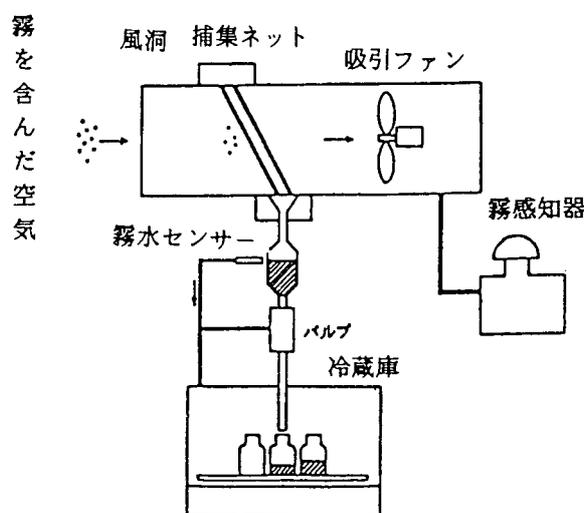


図6-11 自動霧水捕集装置

(2) 調査結果

ア 試料採取状況及び霧の発生状況

分析に必要な量（約 30ml 程度）が採取できたのは、10 検体であった。

霧は、図 6 - 12 に示すように夜間にかけて発生し、朝方に消滅する傾向がみられた。

また、霧の持続時間は図 6 - 13 に示すように 5 時間以下が 70% を占めた。

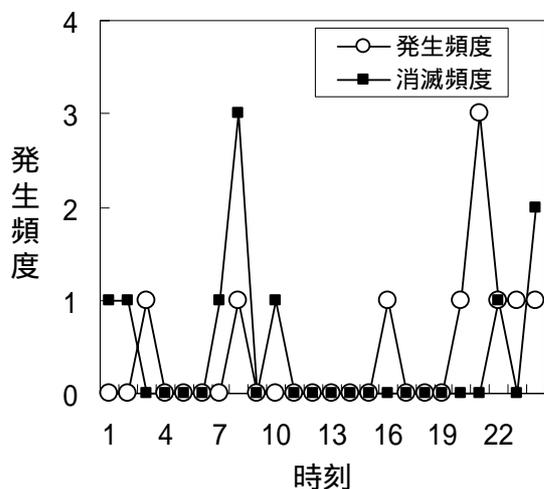


図 6 - 12 霧の発生消滅時刻

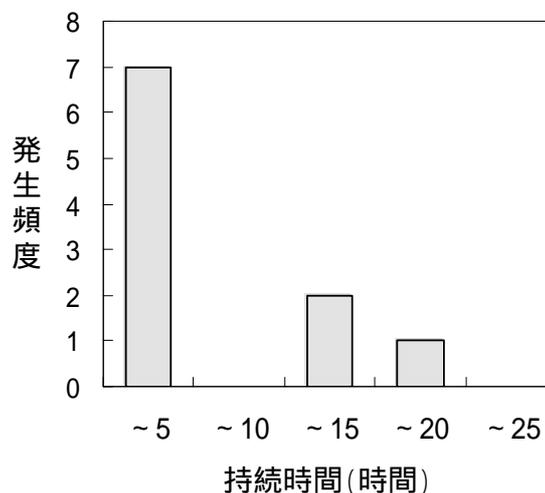


図 6 - 13 霧の持続時間の分布状況

イ 霧の pH、EC 及び成分別濃度

霧の pH、EC 及び成分別濃度は表 6 - 4 のとおりである。また、14 年度の霧の調査と同時期の雨（湿性沈着物調査における県内 4 地点の平均値）についても併せて示した。

表 6 - 3 霧の pH、EC 及び各成分濃度の地点別結果

調査地点	項目	pH	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	全イオン
		-	mS/m	μ mol/l									
設楽(神田)	平均値	6.57	22.06	534.4	255.1	219.4	0.7	662.9	313.8	302.9	146.4	91.6	2527.1
	最大値	7.40	57.20	1906.3	484.5	642.4	2.7	1492.9	805.9	1012.0	335.6	340.7	
	最小値	5.57	3.02	66.2	6.1	30.9	0.0	152.9	83.8	18.9	16.3	11.7	
設楽(神田) (13年度)	平均値	5.74	12.79	266.9	175.5	111.0	17.3	422.7	123.7	95.0	63.5	74.4	1350.1
(雨)	平均値	4.83	2.55	28.0	38.0	36.1	14.6	43.4	27.1	1.8	10.2	4.2	203.6
霧/雨 比率		1.4	8.6	19.1	6.7	6.1	0.0	15.3	11.6	166.3	14.4	21.6	12.4

(7) pH及び電気伝導率(EC)

pH及びECの変動は図6-14のとおりである。

pHの平均値は6.57であり、最大値は7.40、最小値は5.57であり、13年度のpHの平均値5.74に比べて上昇していた。同時期の雨と比較すると、pHは雨の4.83に対して高い値を示した。

ECは、一部の検体で高い値があったが概ね22mS/m程度で、雨の9倍程度であった。また、ECとpHの関係では、一般的にECが高い検体はpHが低くなる傾向にあるが、14年度の検体では特に顕著な傾向はなかった。

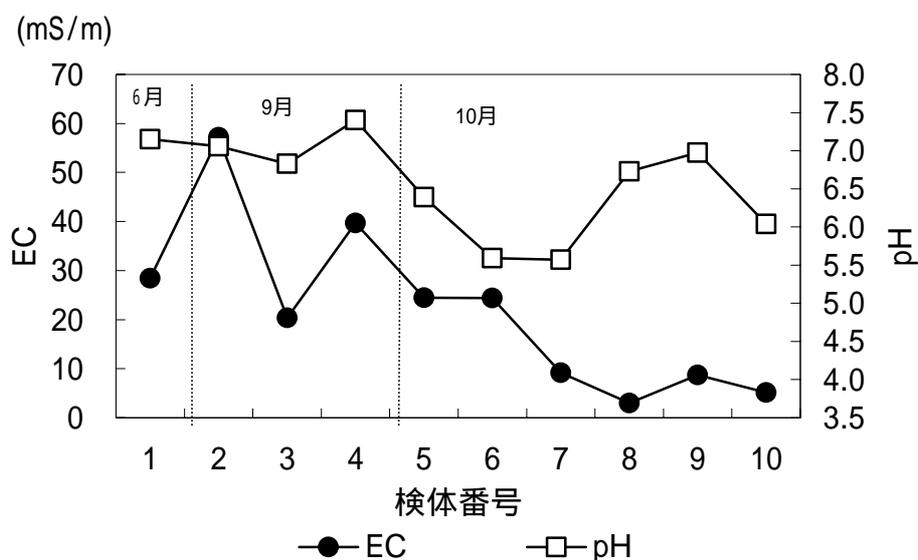


図6-14 霧のpHとECの変動

(1) イオン成分

イオン成分の平均濃度を比較してみると、陰イオンは $SO_4^{2-} > NO_3^- > Cl^-$ の順であり、陽イオンは $NH_4^+ > Na^+ > K^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$ の順であった。

13年度と比べ、全てのイオンで濃度が増加していた。

なお、検体ごとのイオン成分濃度について、陰イオン濃度は図6-15、陽イオン濃度は図6-16のとおりである。

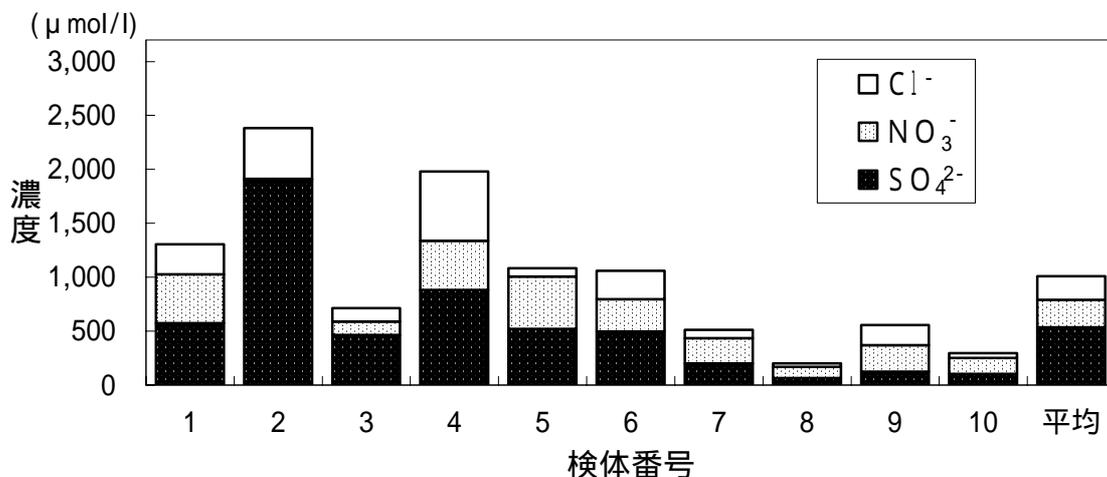


図6-15 霧中の陰イオン濃度

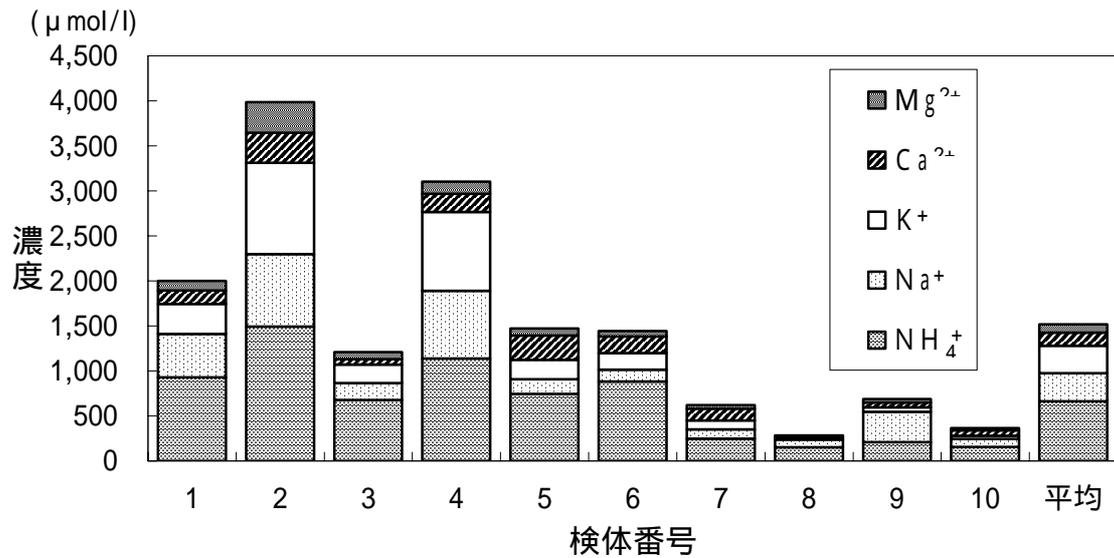


図 6 - 16 霧中の陽イオン濃度

(ウ) イオン成分組成

霧及び同時期の雨のイオン成分の平均濃度の当量組成は図 6 - 17 のとおりである。

霧と雨を比較すると、雨は酸性成分である SO_4^{2-} の割合が他の陰イオンの 1.5 倍であるのに対し、霧は 4.2~4.9 倍と高かった。また、霧は雨に比べて陰イオンが約 12 倍、陽イオンが約 13 倍と高い値であった。

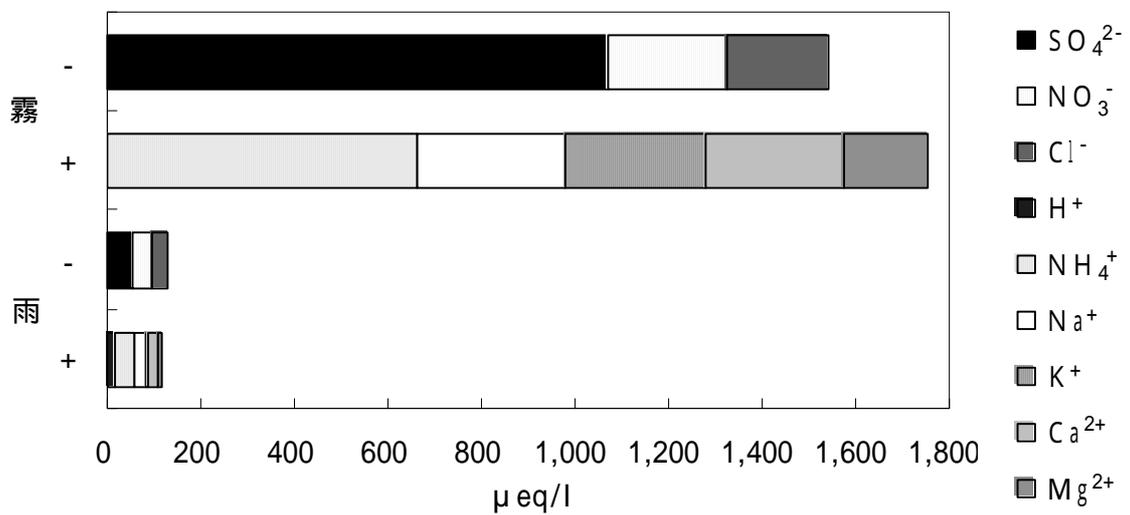


図 6 - 17 イオン成分組成

(I) 平成 14 年度と 13 年度におけるイオン成分の平均濃度の比較

平成 14 年度のイオン成分の平均濃度を 13 年度と比較すると、図 6 - 18 のとおりである。

イオン濃度の平均値は 13 年度の約 2 倍で全てのイオンで昨年度より高めの濃度であった。大幅に上回ったのは K^+ の 3.2 倍、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} の 2~2.5 倍であった。

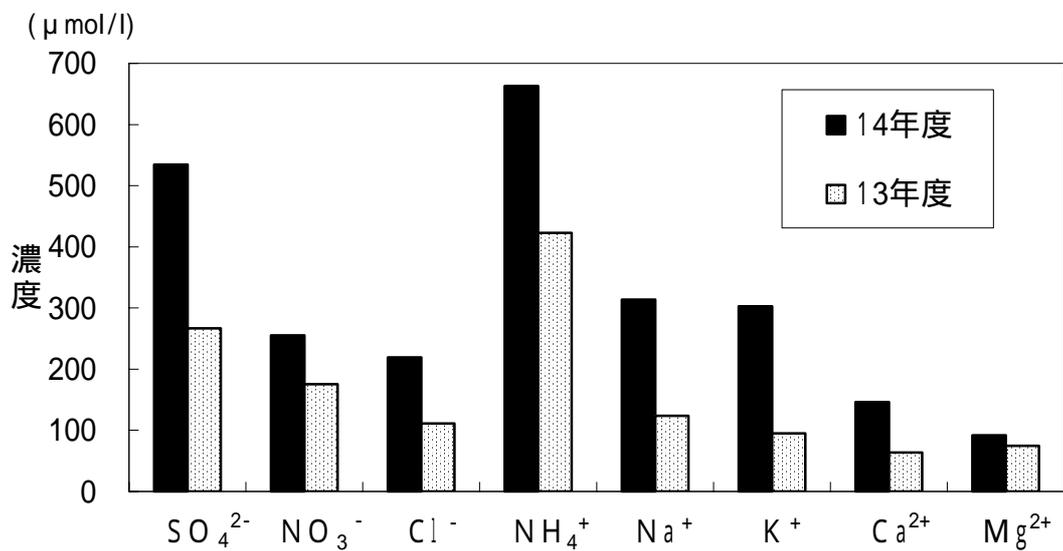


図 6 - 18 平成 14 年度と 13 年度におけるイオン成分の比較