

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。

- | | |
|---------------|---------------|
| 一宮保健所 | (以下、「一宮」とする。) |
| 半田保健所 | (以下、「半田」とする。) |
| 新城保健所設楽支所 | (以下、「設楽」とする。) |
| 環境調査センター東三河支所 | (以下、「豊橋」とする。) |

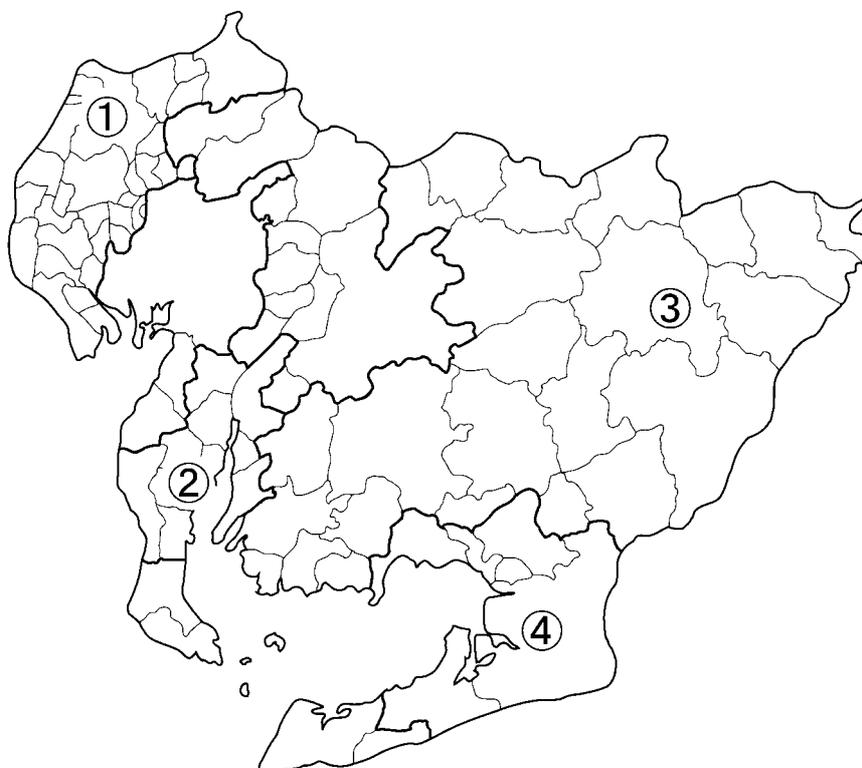


図6-1 調査地点

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（平成 10 年 環境庁）に準拠した。

ウ 調査期間

平成 12 年 4 月 1 日から平成 13 年 3 月 31 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。

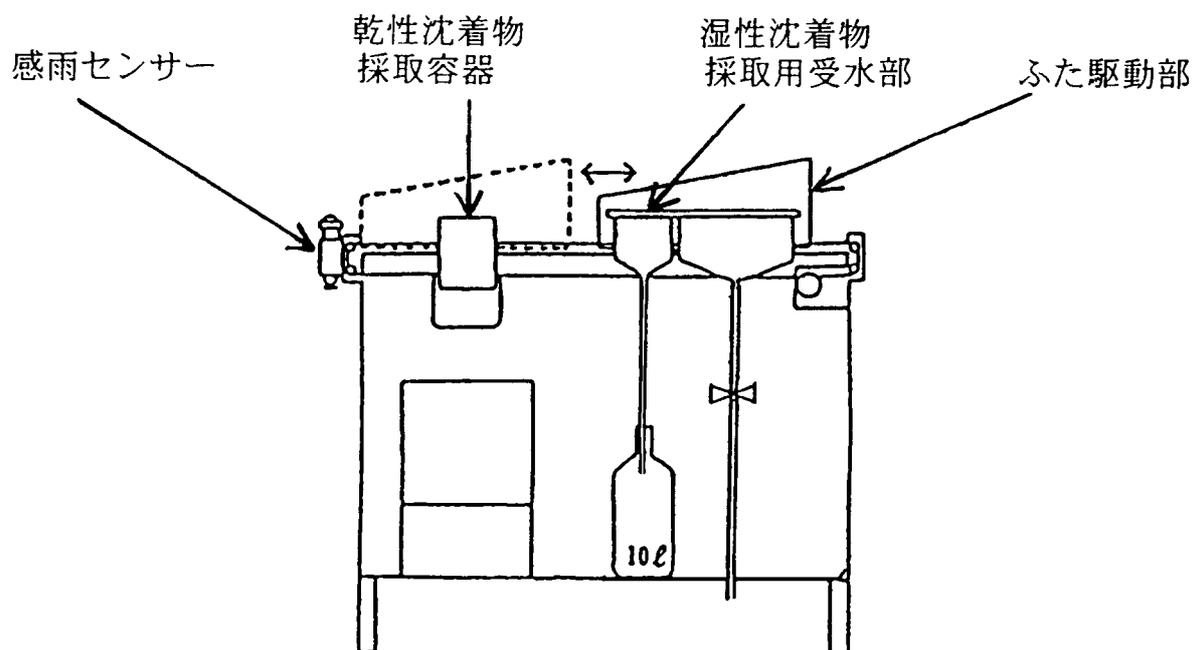


図 6 - 2 酸性沈着物自動採取装置

(2) 調査結果

ア 試料採取状況

平成 12 年度に採取した総検体数は 236 検体で、その内訳は、一宮：58 検体、半田：61 検体、設楽：58 検体及び豊橋：59 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

項目 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							
一宮 (58)	2,089	4.72	4.00	48.4	61.0	59.3	70.8	41.3	3.7	23.2	7.8
半田 (61)	1,696	5.14	3.56	50.8	56.2	53.4	88.8	41.9	4.1	24.6	8.1
設楽 (54)	(2,827)	(4.63)	(2.48)	(26.1)	(25.7)	(32.3)	(19.8)	(22.8)	(4.4)	(9.1)	(3.8)
豊橋 (59)	1,643	4.92	2.87	33.7	38.0	47.7	34.6	37.6	3.5	19.3	7.1
全降雨平均 (232)		(4.86)	(3.24)	(40.1)	(45.7)	(48.5)	(54.4)	(36.2)	(3.9)	(19.3)	(6.8)
11年度平均 (243)	2,219	5.00	2.32	25.0	33.4	42.9	43.9	33.9	2.1	10.9	4.9

(注) 設楽及び全降雨平均値は、設楽が4月から5月の間で機器故障があったため、参考値として()書きで示す。

(ア) pH

pHの地点別年平均値の範囲は4.63(設楽)~5.14(半田)であった。これらの値は、平成11年度の結果(4.7~5.4)と同程度であり、また11年3月に環境庁が公表した「第3次酸性雨対策調査結果の取りまとめ」におけるpHの9年度の地点別年平均値の範囲(4.6~5.8)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。

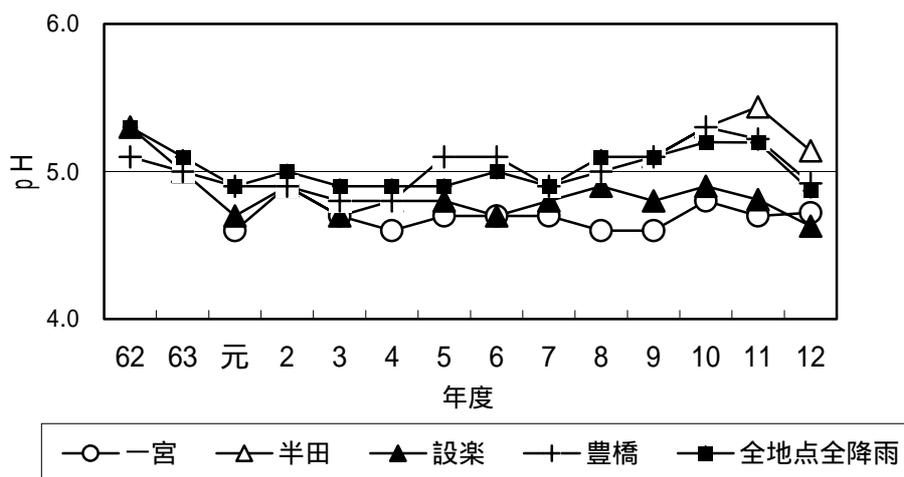


図6-3 pHの年平均値の経年変化

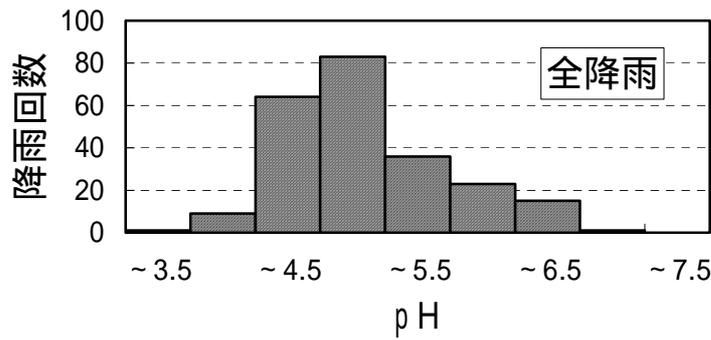


図6 - 4 全降雨のpHの分布状況

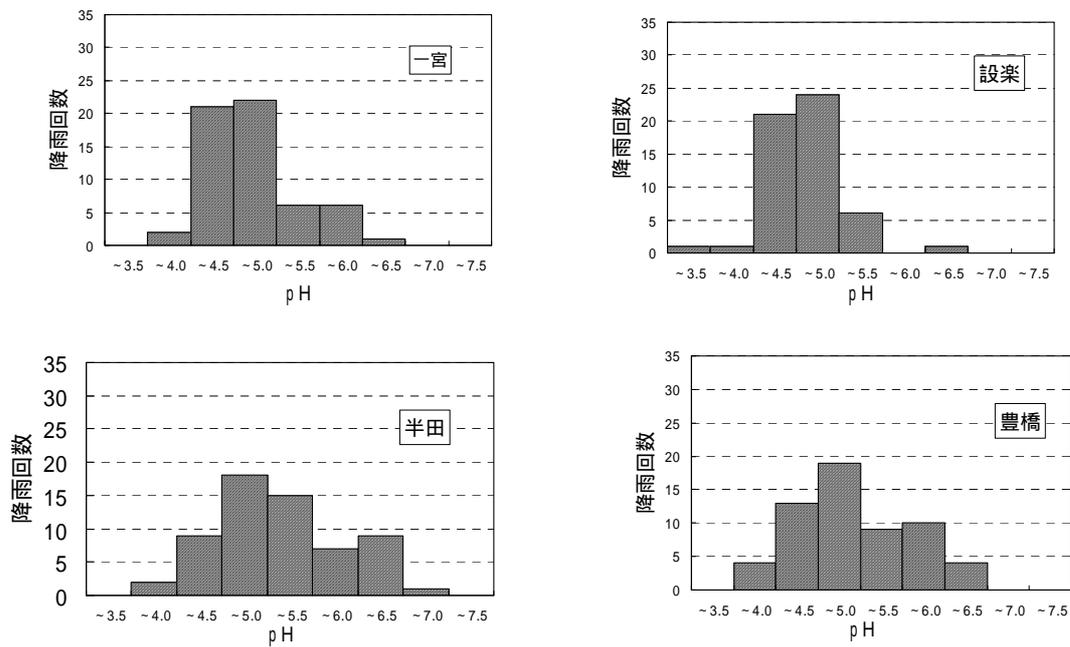


図6 - 5 pHの地点別分布状況

(イ) 導電率 (EC)

ECの地点別年平均値の範囲は2.48 (設楽) ~ 4.00 (一宮) 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-} : 26.1 (設楽) ~ 50.8 (半田) $\mu\text{mol/l}$

NO_3^- : 25.7 (設楽) ~ 61.0 (一宮) $\mu\text{mol/l}$

Cl^- : 32.3 (設楽) ~ 59.3 (一宮) $\mu\text{mol/l}$

3種の陰イオンの濃度を比較してみると、一宮及び半田は $\text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ 、設楽は $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^-$ 、豊橋は $\text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ の順であった。

(エ) 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^+ : 19.8 (設楽) ~ 88.8 (半田) $\mu\text{mol/l}$

Na^+ : 22.8 (設楽) ~ 41.9 (半田) $\mu\text{mol/l}$

K^+ : 3.5 (豊橋) ~ 4.4 (設楽) $\mu\text{mol/l}$

Ca^{2+} : 9.1 (設楽) ~ 24.6 (半田) $\mu\text{mol/l}$

Mg^{2+} : 3.8 (設楽) ~ 8.1 (半田) $\mu\text{mol/l}$

5種の陽イオン濃度を比較してみると、一宮及び半田は NH_4^+ が、設楽及び豊橋は Na^+ が最も高かった。

(オ) 平成12年度と11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12年度と11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。

成分別濃度は、いずれの成分も11年度を上回っていた。

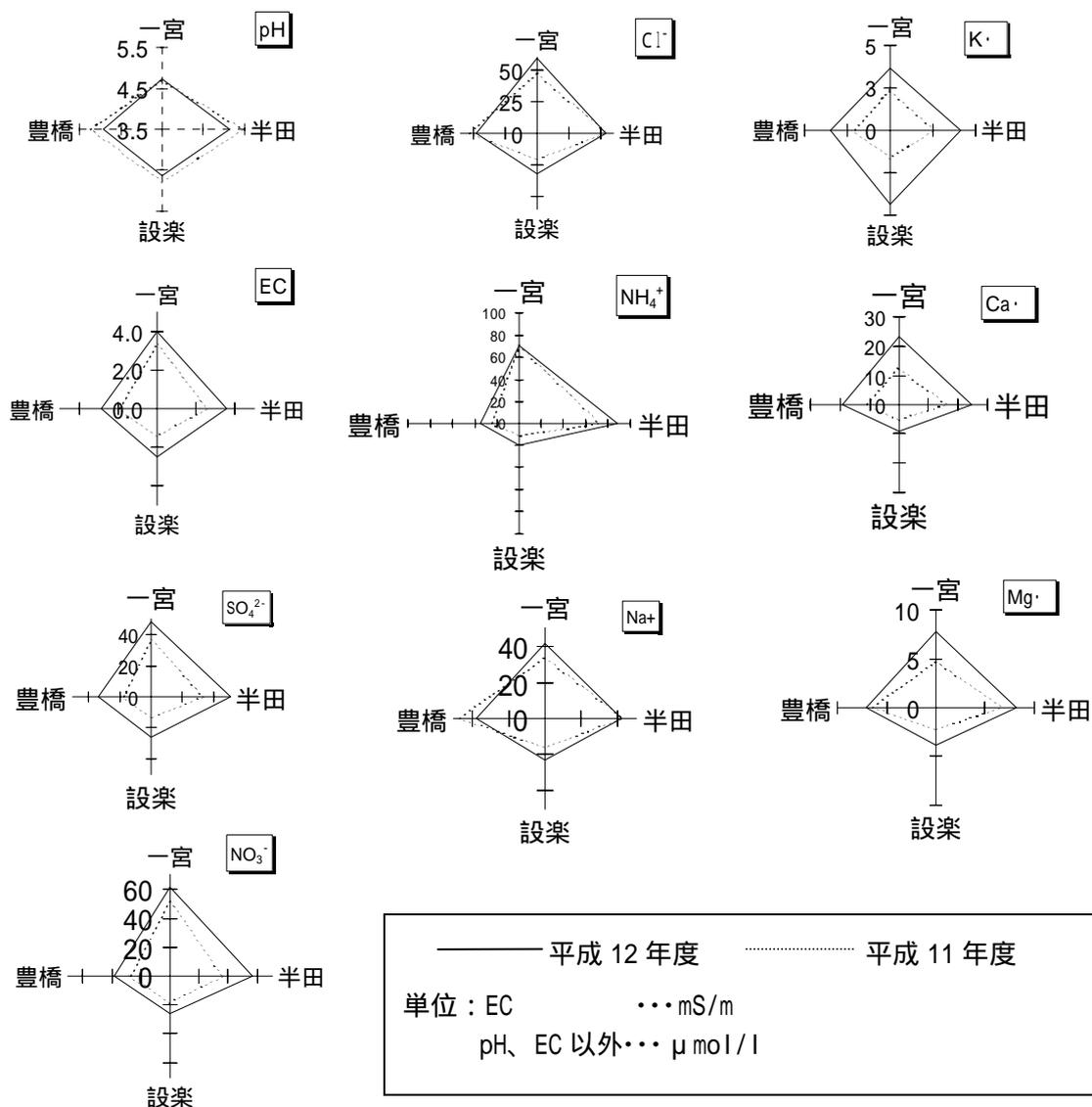
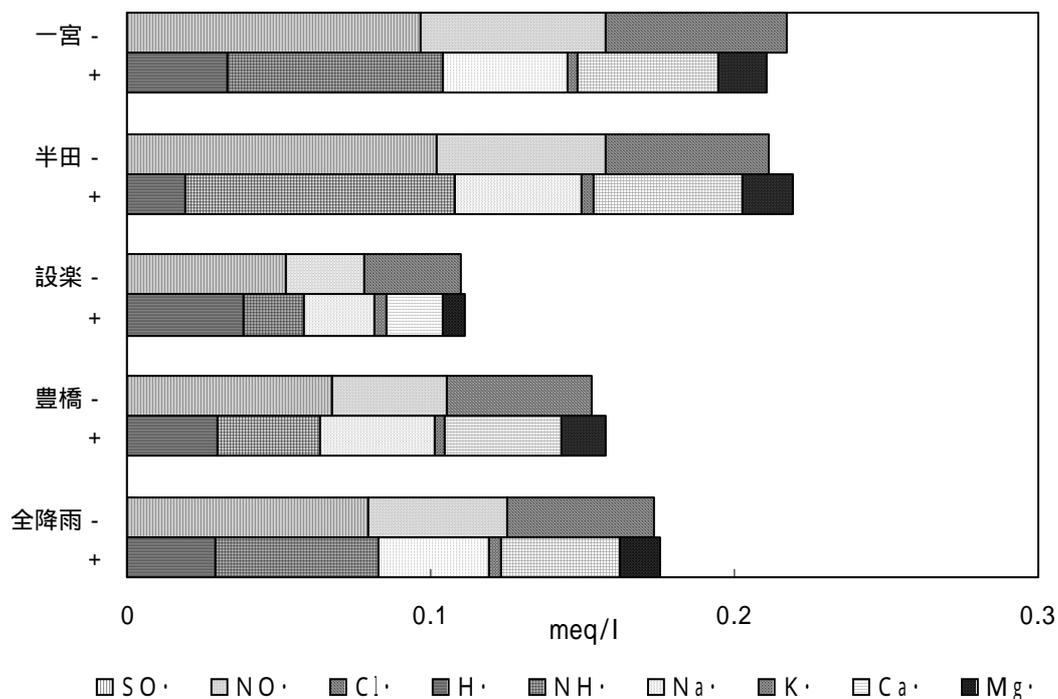


図6-6 平成12年度と11年度におけるpH、EC及び成分別濃度の年平均値の比較

(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 $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$ 、陽イオンでは $\text{NH}_4^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ の順であった。



(注) eq: 等量の単位

図6-7 イオン成分組成

(キ) イオン成分の年間沈着量

平成12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1m²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。

参考値である設楽を除い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^- は一宮>半田>豊橋の順であった。

陽イオンでは、一宮と半田の NH_4^+ が豊橋に比べ平均で約2.3倍高い値であった。

表 6 - 2 イオン成分の年間沈着量（湿性沈着物）

(単位：mmol/m²・年)

項目 調査地点	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺
一宮	51.6	51.4	53.9	65.5	35.5	3.4	14.9	5.7	56.1
半田	40.8	33.4	53.3	57.0	39.3	3.2	12.3	5.9	27.1
設楽	(34.4)	(30.6)	(46.9)	(20.3)	(36.7)	(4.7)	(9.5)	(5.3)	(50.3)
豊橋	29.5	25.1	65.3	26.5	54.4	3.3	10.4	7.6	26.5
平均値	(40.6)	(36.6)	(57.5)	(49.7)	(43.1)	(3.3)	(12.6)	(6.4)	(36.5)
11年度平均	29.3	34.1	61.1	45.7	49.3	2.1	10.5	6.3	25.5

(注) 設楽は4月から5月の間で機器故障があったため、参考値として()書きで示す。また、平均値は設楽を除いて算出した。

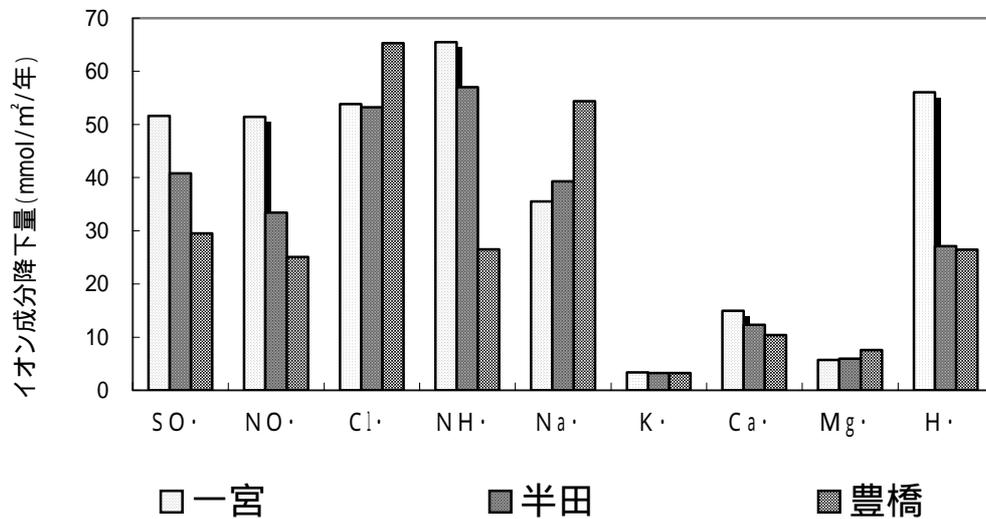


図 6 - 8 イオン成分の年間沈着量（湿性沈着物）

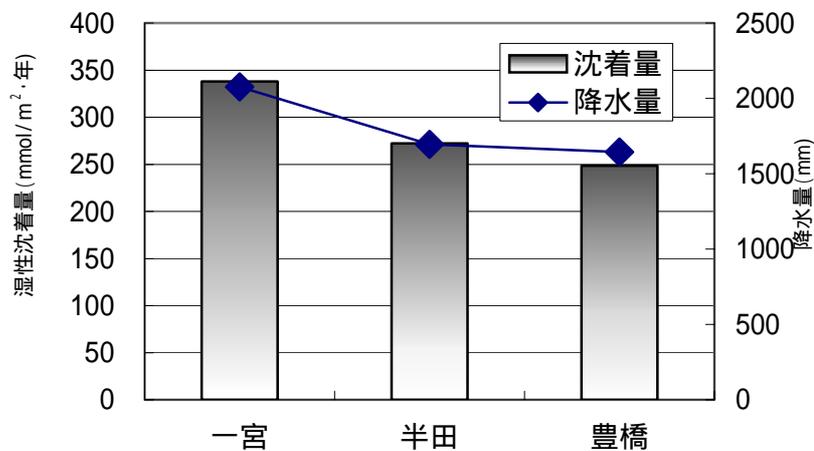


図 6 - 9 湿性沈着量と降水量の関係

3 乾性沈着物調査結果

(1) 調査方法

ア 調査地点

湿性沈着物調査と同じ4地点（一宮、半田、設楽及び豊橋）

イ 調査項目及び分析方法

区分	調査項目	分析方法
水溶性成分	pH、電気伝導率(EC)、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+}	湿性沈着物調査と同じ
不溶性成分	沈着物量（不溶性成分重量）	重量法

ウ 調査期間

平成12年4月1日から平成13年3月31日まで

エ 試料採取方法

湿性沈着物調査と同じ酸性沈着物自動採取装置を用い、原則として1か月ごとに採取した。

(2) 調査結果

ア 試料採取状況

平成12年度に採取した検体数は46検体であり、その内訳は設楽が10検体であり（機器故障のため4月、5月が欠測）、他の3地点はそれぞれ12検体であった。各検体はそれぞれ、水溶性成分及び不溶性成分に分けてイオン成分別沈着量などを分析した。

イ 乾性沈着物の沈着物量及びpH、EC、成分別年平均沈着量

乾性沈着物のうち、水溶性成分のpH、EC及び各成分の沈着物量と不溶性成分の沈着物量は表6-3のとおりである。

表6-3 乾性沈着量

成分 項目	水溶性成分										不溶性成分 沈着物量
	pH	EC	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
調査地点(検体数)	-	mS/m	$\mu mol/m^2 \cdot 月$								mg/m ² ・月
一宮 (12)	6.33	1.89	375	534	497	286	515	66	796	114	707
半田 (12)	6.60	2.73	516	406	908	399	558	73	1300	194	986
設楽 (10)	(5.05)	(1.53)	(134)	(110)	(210)	(121)	(191)	(90)	(208)	(51)	(337)
豊橋 (12)	6.15	2.14	371	492	602	286	641	90	819	155	844
平均値 (46)	(6.03)	(2.07)	(349)	(386)	(554)	(273)	(476)	(80)	(781)	(129)	(719)
11年度平均値(48)	6.15	1.85	281	356	499	221	442	69	711	117	721

(注) 設楽は、4月、5月が欠測のため、参考値として()書きで示した。

(ア) pH

pHの地点別平均値の範囲は5.05~6.60であり、11年度の結果(5.48~6.01)に比べ広がった。

pHの地点別平均値は、半田>一宮>豊橋>設楽の順で高かった。

なお、pHの経月変化は図6-10のとおりである。

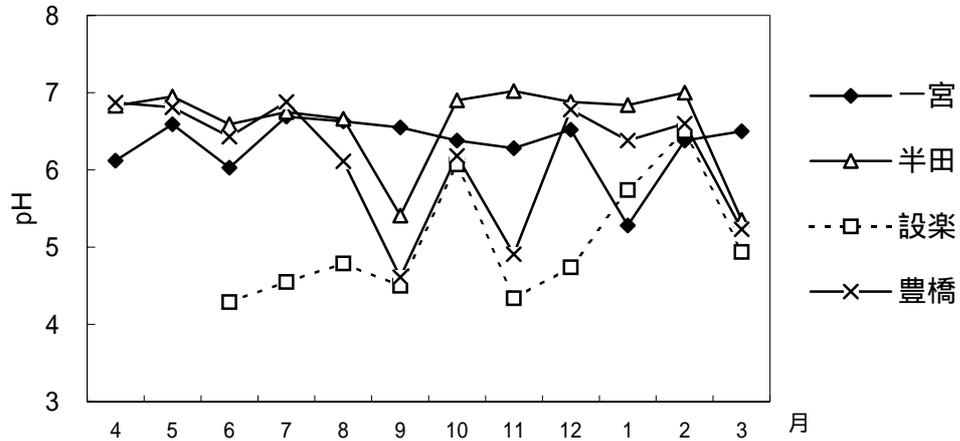


図6-10 pHの経月変化

(イ) 電気伝導率(EC)

ECの地点別平均値の範囲は1.53~2.73 mS/mであり、11年度の結果(1.05~2.40)と同程度であった。

ECの地点別平均値は、半田>豊橋>一宮>設楽の順で高かった。

なお、導電率の経月変化は図6-11のとおりである。

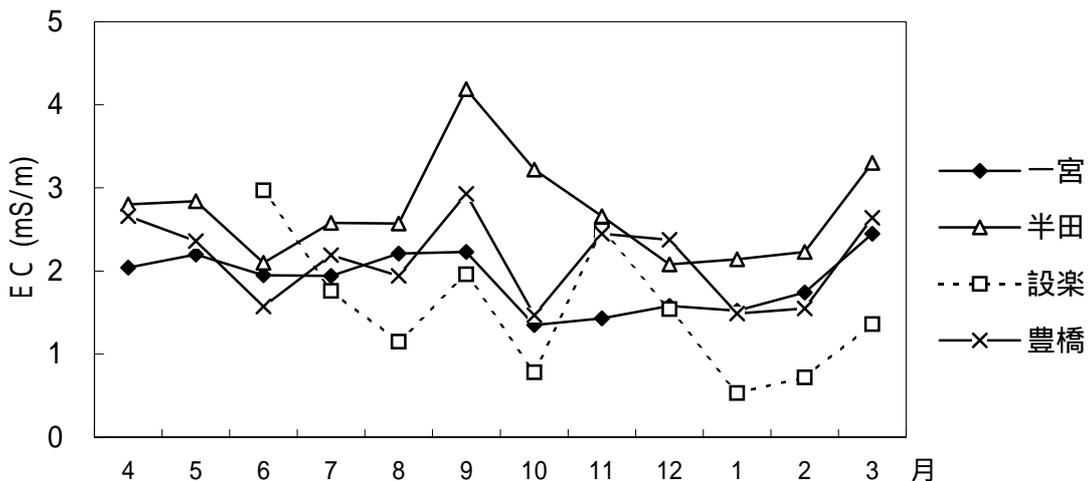


図6-11 導電率の経月変化

(ウ) 成分別沈着量及び構成比

水溶性成分のうち、各イオン成分の年平均沈着量は、図6-12のとおりである。また、成分別沈着量の構成(mol)比を図6-13に示した。

成分別沈着量について、半田においては Cl^- 、 Ca^{2+} が一宮・豊橋より多かったが、その他の項目ではこの2地点と大きな差はなかった。また、設楽の K^+ は他の地点と同程度であったが、その他の項目はいずれも他の地点の30%程度であった。

成分別沈着量の構成(mol)比について、設楽については Ca^{2+} が少なく、 K^+ の比率が多い傾向にあったが、他の地点では組成に大きな差は見られなかった。

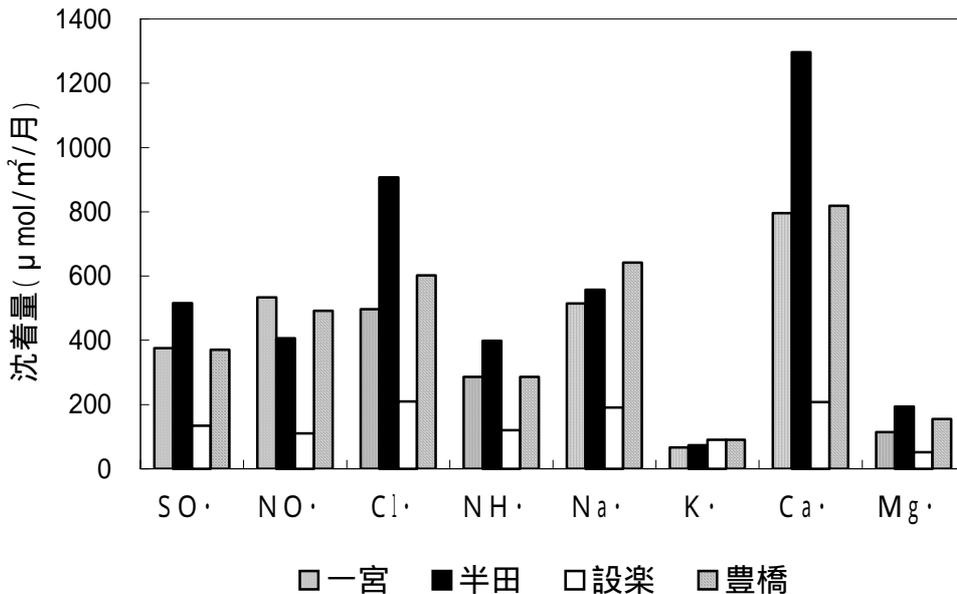


図6-12 各イオン成分の月平均沈着量

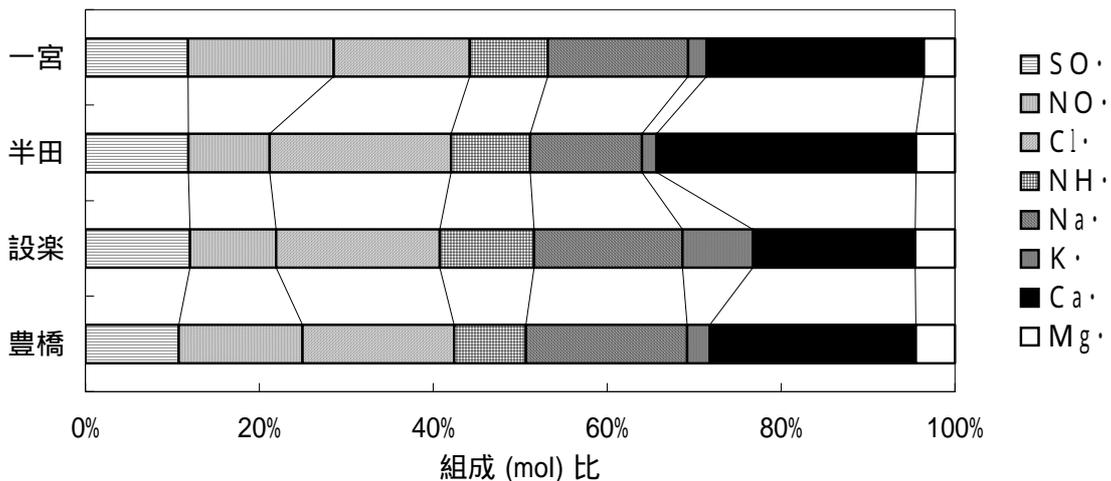


図6-13 水溶性成分における成分別沈着量の構成(mol)比

4 酸性霧調査結果

(1) 調査方法

ア 調査地点

図6-14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6-14 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12年6月2日から11月29日まで

エ 試料採取方法

霧の採取については、図6-15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。

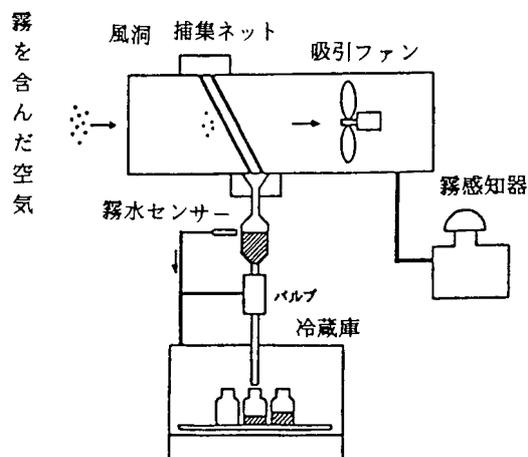


図6-15 自動霧水捕集装置

(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（最少 50ml 程度）が採取できたのは、13 検体であった。

霧は、図 6 - 16 に示すように 18 時から 20 時の夕方から夜間にかけて発生し、6 時から 10 時の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 - 17 に示すように 15 時間以下が 80% を占めた。

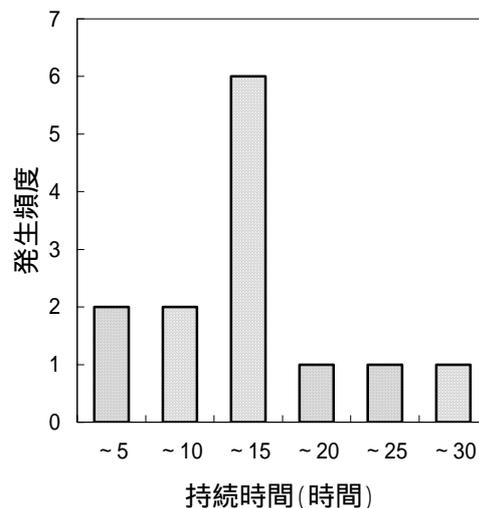
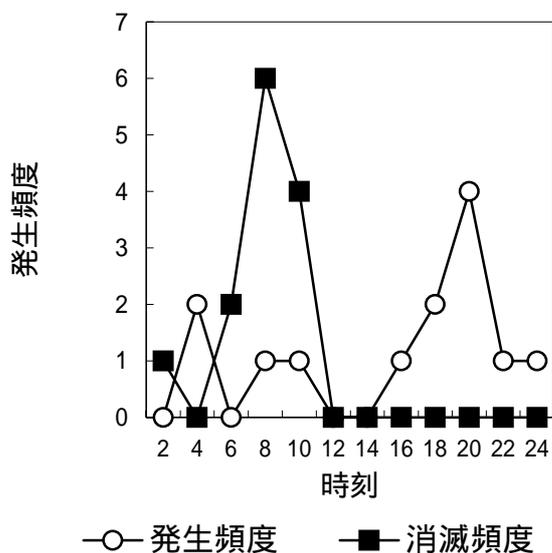


図 6 - 16 霧の発生消滅時刻

図 6 - 17 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、12 年度の霧の調査と同時期における新城保健所設楽支所での湿性沈着物調査結果についても併せて示した。

表 6 - 4 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	μmol/l									
設楽(神田)	平均値	6.58	7.58	63.2	20.6	225.0	0.3	141.2	224.8	72.3	25.3	32.3	805.0
	最大値	7.08	37.06	405.7	44.6	1110.2	0.1	722.4	1088.7	332.9	80.5	149.3	-
	最小値	6.03	0.87	5.0	4.0	7.2	0.9	3.2	9.7	3.9	6.9	2.6	-
設楽(神田) (11年度)	平均値	6.14	11.00	112.0	301.6	254.0	0.7	222.0	344.0	131.5	70.2	58.3	1494.2
設 楽(雨)	平均値	4.55	2.36	23.2	20.7	23.1	45.8	12.4	13.1	2.2	4.6	2.6	147.7
霧 / 雨 比率		1.4	3.2	2.7	1.0	9.7	0.0	11.4	17.2	33.1	5.5	12.2	5.4

(ア) pH及び導電率(EC)

pH及びECの変動は図6-18のとおりである。

pHの平均値は6.58であり、最大値は7.08、最小値は6.03であった。新城保健所設楽支所における同時期の湿性沈着物調査結果と比較すると、pHは雨の4.55に対して高い値を示した。11年度のpH6.14に比べても高い傾向にあった。

ECは、一部の検体で高い値があったが概ね8mS/m程度で、同時期の雨の3倍程度であった。ECとpHの関係については明確な傾向は認められなかった。

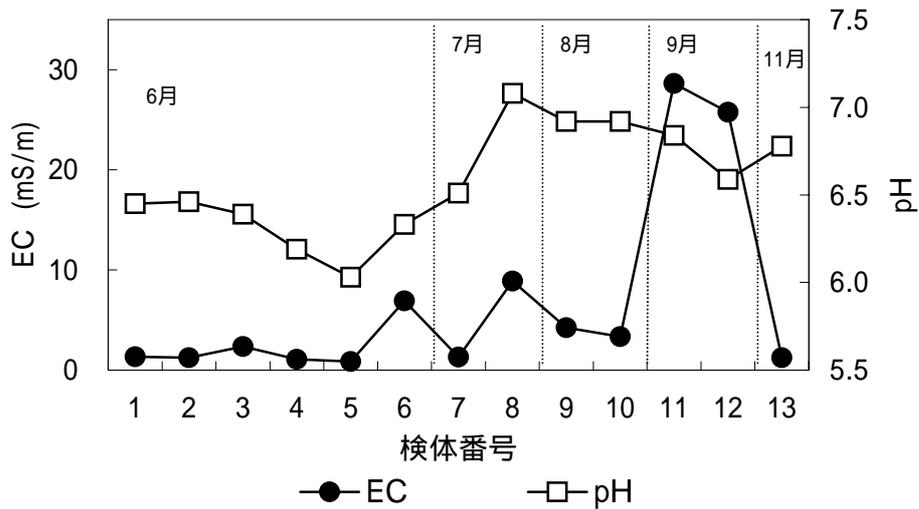


図6-18 霧のpHとECの変動

(イ) 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 $Cl^- > SO_4^{2-} > NO_3^-$ の順であり、陽イオン $Na^+ > NH_4^+ > K^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+}$ の順であった。

また、全イオンの平均濃度について霧と雨を比較してみると、霧は雨の5倍程度濃度が高かった。

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6-19、陽イオン濃度は図6-20のとおりである。

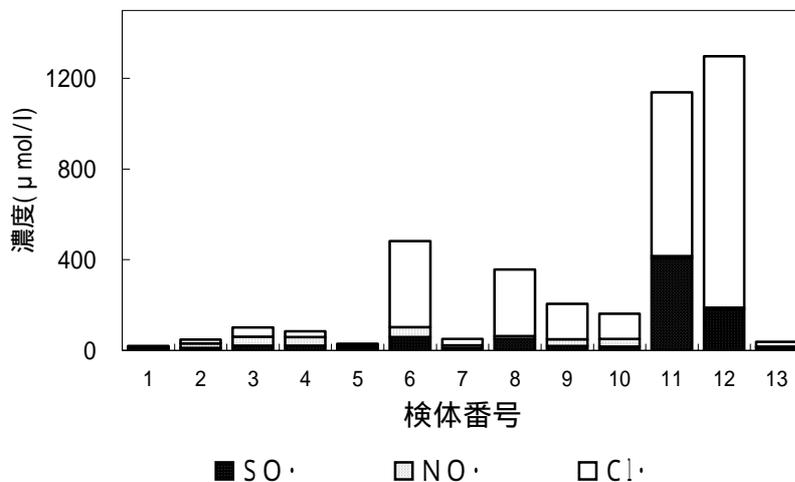


図6-19 霧中の陰イオン濃度

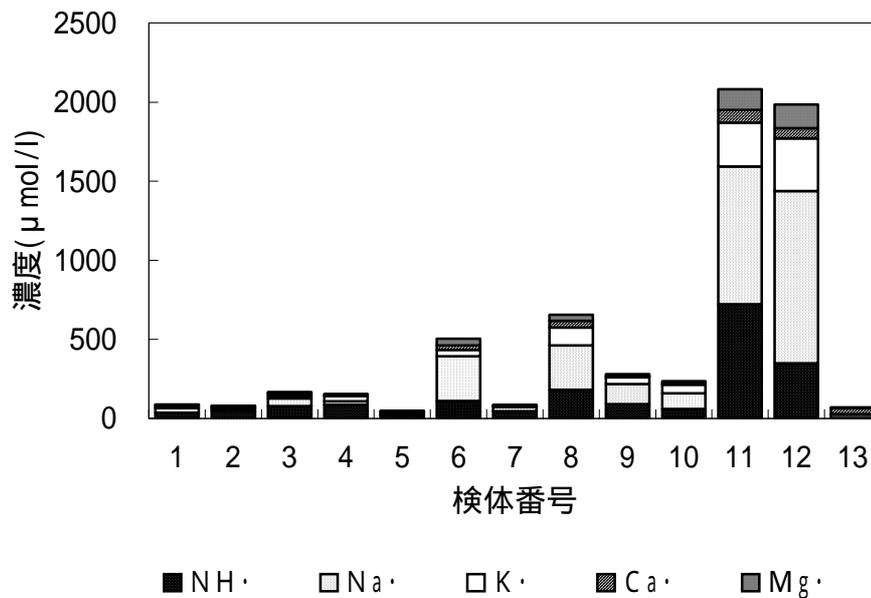


図 6 - 20 霧中の陽イオン濃度

(ウ) イオン成分組成

イオン成分の平均濃度の当量組成は、図 6 - 21 のとおりであり、陰イオンよりも陽イオンが多い傾向にあった。

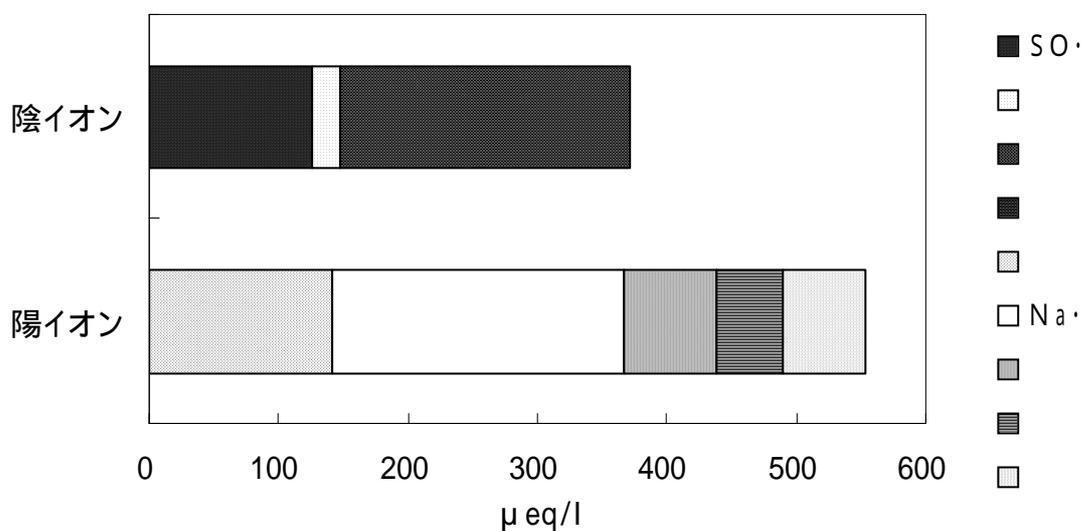


図 6 - 21 イオン成分組成

(エ) 平成 12 年度と 11 年度におけるイオン成分の平均濃度の比較

平成 12 年度のイオン成分の平均濃度を 11 年度と比較すると、図 6 - 22 のとおりである。

全てのイオンで 11 年度を下回り、特に NO_3^- の減少が著しかった。

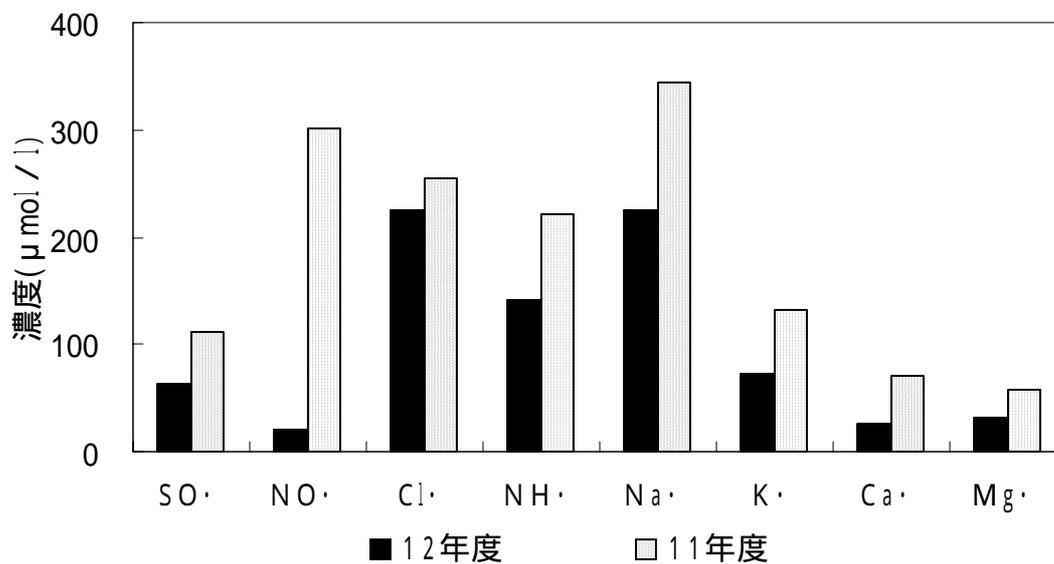


図 6 - 22 平成 12 年度と 11 年度におけるイオン成分の比較