

川崎市における酸性雨（第3報）  
 -1993年以降の雨の傾向について-

Acid Rain in Kawasaki City (3)  
 -The Trend of Acid Rain from 1993-

豊田 恵子 Keiko TOYODA  
 井上 俊明 Toshiaki INOUE  
 大嶋 道孝 Michitaka OHSHIMA  
 島田 ひろ子\* Hiroko SHIMADA  
 張山 嘉道\* Yoshimichi HARIYAMA

キーワード：酸性雨, 湿性降下物, 乾性降下物, 地域特性

Key words : acid rain, wet deposition, dry deposition, area characteristics

1 はじめに

我が国における酸性雨（湿性大気汚染）問題は、1973年から1975年にかけて発生した人体被害が発端であった。これを契機に各自治体が調査を開始したが、川崎市においても1974年より雨水のpHを測定することから調査を始めた。その後、自動式雨水採取装置が1988年に国設田島一般環境大気測定所（川崎区田島町）、1991年には麻生一般環境大気測定所（麻生区百合丘）にそれぞれ設置され、年間を通じて酸性雨の常時監視を行っている。前回、川崎市公害研究所年報第21号<sup>1)</sup>で

川崎市の雨の、臨海部（田島）と内陸部（麻生）との地域特性について比較検討した結果を報告した。今回、臨海部（工業地域）の田島については1993年4月～1996年3月の3年間、内陸部（住宅地域）の麻生については1993年4月～1997年3月の4年間にわたって湿性降下物・乾性降下物の試料採取及び成分分析を行った。その結果をもとに本市の雨の特徴等について検討した。また、同じ方法による環境庁の全国の調査結果と本市の調査結果との比較も行い、若干の知見を得たのであわせて報告する。

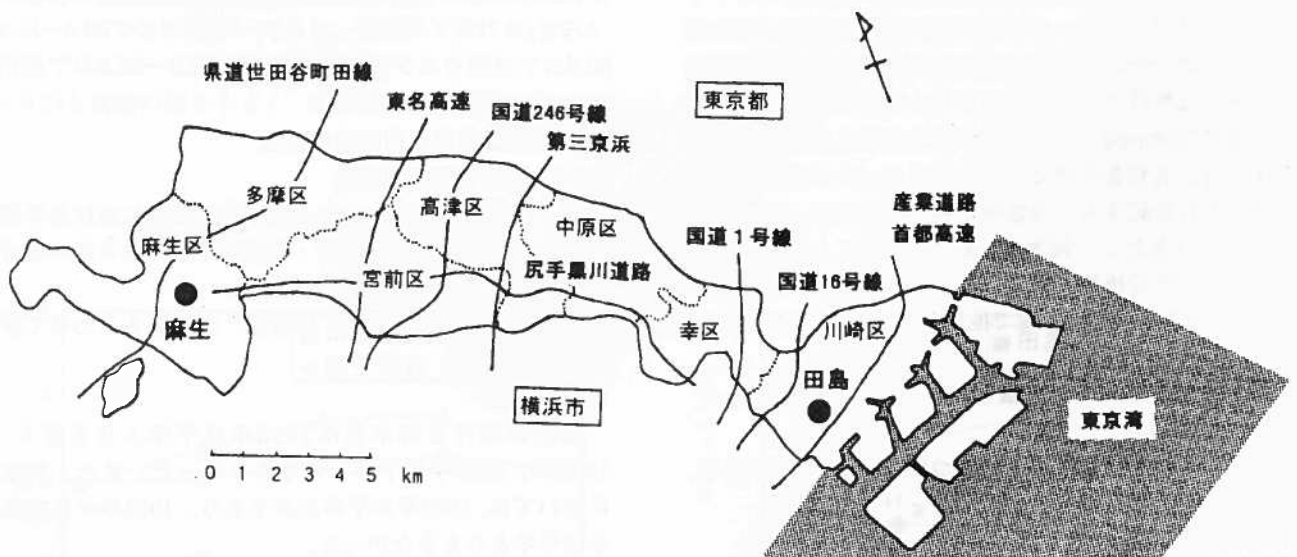


図1 試料採取地点

\*川崎市環境局公害部監視センター

## 2 調査方法

### 2.1 調査期間

田島測定所：1993年4月～1996年3月

麻生測定所：1993年4月～1997年3月

### 2.2 試料採取地点

試料採取地点を図1に示した。

田島：国設田島一般環境大気測定所（川崎市川崎区田島町20-15）の屋上（地上約8m）

麻生：麻生一般環境大気測定所（川崎市麻生区百合丘2-10）の屋上（地上約4m、ただし標高104mの丘の中腹）

田島は海岸からの距離が約2.5kmあり、住宅が密集して緑の少ない地域である。また、約400m離れた所には交通量の多い首都高速道路横浜羽田空港線、県道東京大師横浜線（産業道路）が走っている。その先の臨海部には京浜工業地帯が形成されている。

麻生は海岸から約23km内陸に入った所にあり、周辺は住宅地で市内では比較的緑の多い地域である。また、約600m離れた北側に県道世田谷町田線が走っている。近隣に工場等はない。

### 2.3 採取方法

試料の採取は、降水時の降水（湿性降下物、ウェット）と非降水時の大気降下物（乾性降下物、ドライ）をそれぞれ選択的に分別採取できる以下の自動式雨水採取装置を使用した。

田島：小笠原計器製作所 C-U203型

（降水のろ過をせず、ポリタンクに貯蔵する型式）

麻生：小笠原計器製作所 C-U299型

（降水のろ過をして、冷蔵保存する型式）

降水を採取するルート及び乾性降下物の採取口の口径はともに200mmであり、採取は湿性降下物においては月2回、乾性降下物については月1回行った。

降水は0.5mm降雨毎に15.7ml採取され、このうち10.7mlはpH、EC測定用として、残り5mlを手分析用に試料タンクに貯蔵する。乾性降下物については、降下物を純水で洗い落とし、純水500mlで超音波により水溶性成分を抽出して分析用試料とした。以下、乾性降下物の濃度については、純水500mlで抽出した試料の濃度とする。

### 2.4 分析項目及び分析方法

#### 2.4.1 分析項目

湿性降下物及び乾性降下物について、pH、導電率、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ を分析した。

#### 2.4.2 分析方法

pHはイオン電極法、導電率は導電率計、水溶性イオンはイオンクロマトグラフ法によって分析した。イオンクロマトグラフの分析条件は以下に示すとおりである。

装置：IC-7000（横河アナリティカルシステムズ）

検出器：電気伝導度検出器

陽イオン分析

プレカラム：ICS-C2G

分離カラム：ICS-C25

溶離液：5 mmol 酒石酸

1 mmol 2,6-ピリジンジカルボン酸

陰イオン分析

プレカラム：ICS-A2G

分離カラム：ICS-A23

溶離液：2.5mmol 炭酸ナトリウム

1 mmol 炭酸水素ナトリウム

## 3 調査期間中の気象

「気象」<sup>2) 3) 4) 5)</sup>によると1993年度から1996年度の気象概況はおよそ次のとおりである。

- (1) 1993年度は、夏期の多雨、台風による降雨が多かったことや暖冬が特徴的であり年間を通して低温で長雨、日照不足であり、年降水量はきわめて多かった。
- (2) 1994年度の天候の特徴は、記録的な夏の高温・小雨、暖秋、暖冬である。夏の日照時間は平年をかなり上回り、梅雨期間の降水量は非常に少なかった。
- (3) 1995年度の天候の特徴としては、梅雨の時期の低温と日照不足、盛夏期の記録的な高温があげられる。この年は台風の影響が少なかったことなどもあり降水量は全般に少なかった。
- (4) 1996年度の天候の特徴は春の気温が高かったこと、気候の変動が大きかったこと等があげられる。気温は平年並み、降水量は全国的に少なく日照時間は多かった。8月、平年よりもかなり早めに秋雨の時期に入ったが、前線の活動は不活発で降水量は全般的に少なかった。

## 4 結果及び考察

### 4.1 市内臨海部と内陸部の特徴

#### 4.1.1 成分濃度経年変化

表1に田島と麻生、それぞれの調査期間における年間降水量、平均pH及び湿性・乾性降下物の各イオン成分の平均当量濃度( $\mu\text{eq}/\ell$ )を示した。

なお、経年変化については前報<sup>1)</sup>の結果もあわせて評価した。

#### (1) 降水量

田島における降水量は1993年は平年よりも多く、1994年、1995年は平年よりも少なかった。また、麻生においては、1993年が平年並みであり、1994年から1996年は平年よりも少なかった。

調査期間の内、1994年は麻生の方が2割程度多かったが、その他の年はほぼ同じ、あるいは若干田島の方が多かった。

表1 成分分析結果

国設田島一般環境大気測定所																	
降水量 (mm)	pH	導電率 ( $\mu$ S/cm)	H <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <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>	Cl <sup>-</sup>	nss-Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	
1993年度																	
湿性降下物	1802	5.05	15.8	9.0	30.2	12.8	22.5	22.7	14.0	4.5	1.5	14.9	28.4	5.2	13.4	1.1	1.2
乾性降下物		6.33	49.0	0.8	141.8	46.4	124.2	10.3	258.8	39.0	7.1	81.0	132.1	29.9	255.3	5.4	18.1
1994年度																	
湿性降下物	1208	4.71	22.1	19.7	43.6	20.3	42.4	30.8	19.1	10.4	2.0	28.2	40.2	9.6	17.9	3.9	1.3
乾性降下物		6.69	55.3	0.3	167.1	59.2	134.0	10.5	302.1	41.9	6.8	82.3	157.2	38.2	298.5	5.1	26.5
1995年度																	
湿性降下物	1346	4.76	17.8	17.4	38.7	19.3	26.7	26.9	26.6	8.8	1.9	12.6	37.2	12.0	26.1	5.9	1.6
乾性降下物		6.74	48.4	0.3	142.5	57.4	111.5	4.0	249.5	33.3	4.8	74.3	133.6	25.0	246.3	16.3	3.7
麻生一般環境大気測定所																	
降水量 (mm)	pH	導電率 ( $\mu$ S/cm)	H <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <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>	Cl <sup>-</sup>	nss-Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	
1993年度																	
湿性降下物	1617	4.76	13.2	17.4	18.3	14.0	19.2	13.5	5.0	2.0	2.0	11.6	16.9	5.6	4.5	0	1.8
乾性降下物		5.98	29.9	1.8	52.0	64.3	67.7	10.7	145.2	21.0	6.2	48.6	46.1	11.1	143.1	9.9	5.2
1994年度																	
湿性降下物	1406	4.55	21.8	28.4	31.8	22.6	31.9	22.6	11.5	6.7	2.6	20.2	29.4	8.3	10.7	2.1	2.2
乾性降下物		6.18	29.3	0.8	53.7	67.4	67.4	11.4	141.3	21.9	5.7	40.6	48.8	20.1	139.6	12.6	4.8
1995年度																	
湿性降下物	1186	4.54	19.5	28.7	26.2	23.3	19.9	18.5	18.6	5.3	1.8	6.0	25.4	12.9	18.3	3.9	1.7
乾性降下物		6.24	28.3	0.8	45.6	56.6	58.0	22.7	125.0	15.3	10.6	25.9	42.5	27.9	123.9	9.4	10.1
1996年度																	
湿性降下物	990	4.75	16.7	17.8	23.8	17.7	21.7	20.4	8.7	4.7	4.7	14.3	22.1	5.1	8.1	1.5	8.0
乾性降下物		6.12	27.4	1.2	62.2	56.0	54.9	11.2	139.0	18.0	6.2	27.5	58.9	22.8	137.8	11.8	5.6

注)乾性降下物の濃度は、純水500mlで抽出した試料の結果である  
年間降水量が1455.2mm以上1765.7mm以内の年を「平年並」とする。(横浜地方気象台)

(2) pH

pHの経年変化を図2に示した。

湿性降下物においては、単純平均値が田島で4.90、麻生で4.74、加重平均値では田島が4.92、麻生が4.74であり田島の方が若干高めであった。また、乾性降下物においても田島は6.42、麻生は6.09であり田島の方が麻生より高い値となった。すなわち、田島の方が酸性度が低かったといえる。

湿性降下物と乾性降下物のpHを比べてみると、湿性降下物よりも乾性降下物の方がかなり高かった。

経年的にみると、湿性降下物は田島・麻生両地点とも4.54~5.05でほぼ横ばいであり、乾性降下物においては、田島では6.33~6.74と若干上昇傾向であり麻生では5.98~6.24と変動の幅も小さく、ほぼ横ばいの状況であった。

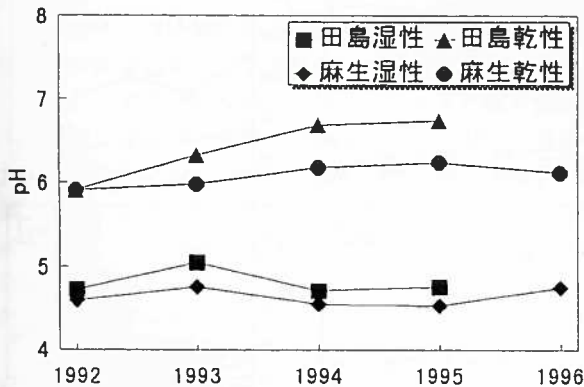


図2 pH経年変化

(3) 導電率

導電率の経年変化を図3に示した。

導電率は、麻生の乾性降下物は30 $\mu$ S/cm前後、田島湿性・麻生湿性は20 $\mu$ S/cm前後で推移しているが、田島の乾性が48.4~63.9と高めであった。

経年的にみると、田島の乾性で若干減少しているが、全体的にはほとんど変化はなく横ばいである。しかし、ひとつひとつのサンプルをみると田島においても麻生においても湿性降下物でここ数年、導電率( $\mu$ S/cm)が一桁のサンプルが頻発するようになった。低導電率のサンプルが出るのは、9・10・11月の降雨量の多い時期に多く、それ以外の月であっても1000mm以上の雨が降った際に多かった。すなわち、草野らの報告<sup>9)</sup>等にあるように、降水成分中のイオン成分濃度はいずれも降り始めに比べ、後の降水になるほど濃度が低くなるため、降水中に溶存している各種イオン成分の合計量を表す導電率(EC)は降水量が多くなるにつれて、小さくなったと考えられる。

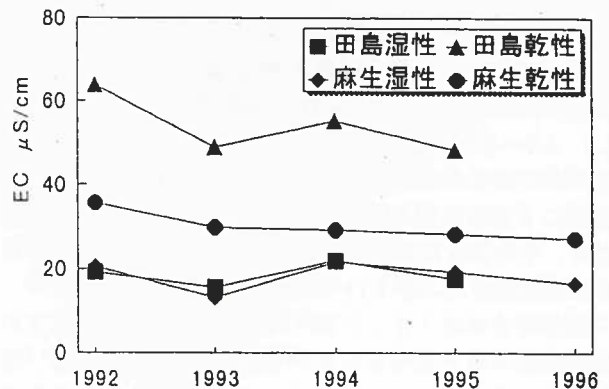


図3 EC経年変化



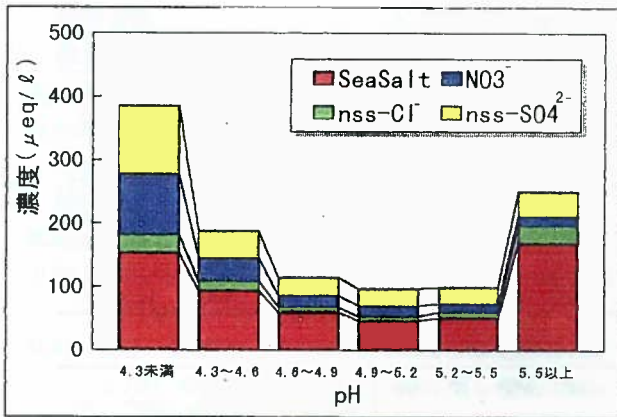


図4 pH階級別陰イオン濃度

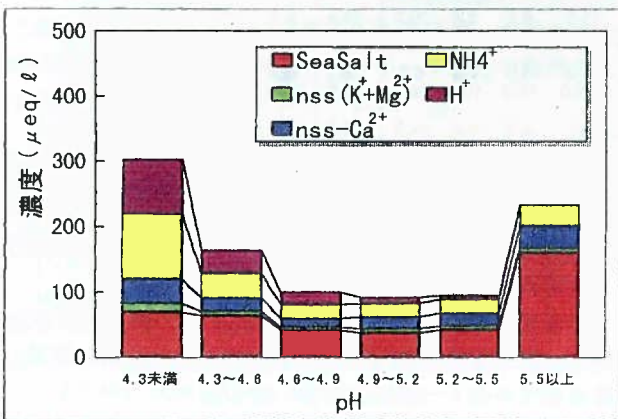


図5 pH階級別陽イオン濃度

(4) 水溶性イオン成分濃度

各イオン成分において田島は4年間、麻生は5年間での平均濃度をみると、 $\text{Na}^+$ は田島湿性では18.7  $\mu\text{eq}/\ell$ 、麻生では13.0  $\mu\text{eq}/\ell$ であり、約1.5倍臨海部の田島の方が高かった。また、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ も田島の方が麻生より大きい傾向を示していた。これら $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ は海水の主要成分であることから、沿岸部ほど海塩粒子の影響が強いことを示していると考えられる。

川崎の降水における海塩粒子の影響について検討した結果を以下に示した。図4には $\text{Na}^+$ を基準として算出した、海塩成分(sea salt)と非海塩成分(nss: non sea salt以下nss-)に分けたpHの階級別(4.3未満, 4.3~4.6, 4.6~4.9, 4.9~5.2, 5.2~5.5, 5.5以上)による各陰イオン成分の全調査期間の平均濃度を示し、図5には同様にpH階級別の陽イオン成分の平均濃度を示した。なお、平均濃度は降水量で重み付けしたものを、単位は当量濃度( $\mu\text{eq}/\ell$ )とした。

海塩成分は陰イオン、陽イオンともにpH5.5以上の際に濃度が最も高くなっている。pH5.5以上の時、海塩成分は全陰イオン成分の約70%、全陽イオン成分の約65%であり、川崎港の海水のpHが8前後である<sup>7)</sup>

ことを考えても川崎の雨においては、pHを高める成分として海塩成分が大きく影響を与えていると思われる。

また、本報第19号<sup>8)</sup>において述べたように、川崎市内の降水成分濃度では陽イオン中の $\text{nss-Ca}^{2+}$ の全陽イオン当量濃度に対する割合は非常に大きく、今回の結果をみてもpH5.5以上で最も多く約15%を占め、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ もpHを高くしている要因の一つであると考えられた。

このことより、川崎の雨のpHを高める成分として、海塩成分と $\text{nss-Ca}^{2+}$ が影響を与えていると考えられる。

逆に、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ はpH4.3未満で合わせて約50%を占めており、pHが低くなるにつれそれらの割合が増加していく傾向がみられることから、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ は川崎の降水のpHを低めている要因と考えられる。

各成分の濃度について、湿性の経年変化を図6に乾性の経年変化を図7に示した。

各成分の湿性濃度の経年変化をみると、全体的に大きな変動はなく横ばいの状況であった。 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ の3成分については1993年に低濃度を示していたが、この原因の一つとして1993年は前述の気象概要のとおり低温・長雨・日照不足が深刻な年であったため、気象との関係も考えられる。

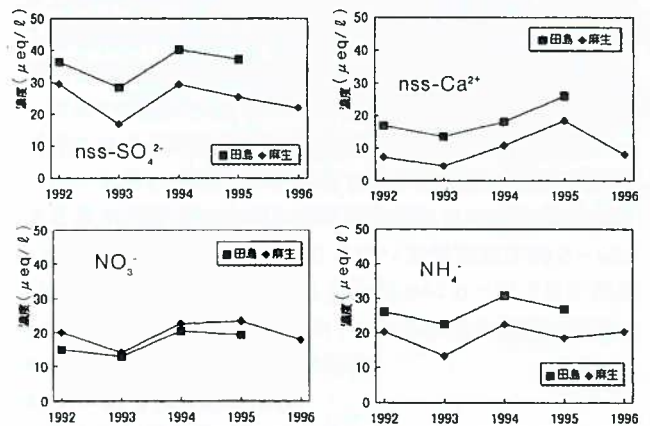


図6 湿性降水物成分濃度経年変化

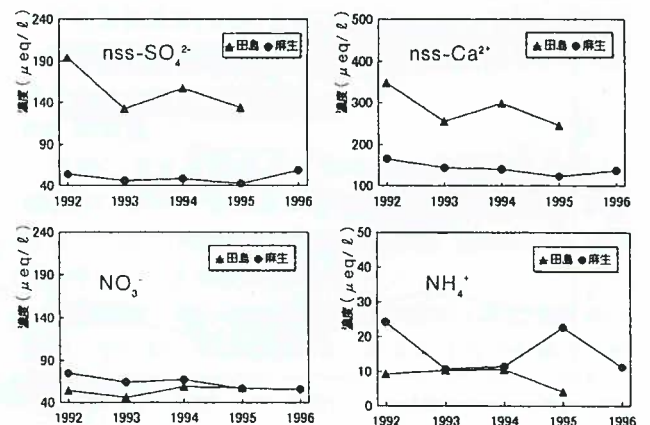


図7 乾性降水物成分濃度経年変化

また、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ は田島の方が高濃度であるのに対して、 $\text{NO}_3^-$ 濃度はいずれの年も麻生の方が高濃度を示していた。つまり $\text{NO}_3^-$ は発生源が工場地帯だけではないことを示していると思われる。

一方、乾性についてはここ数年は横ばい傾向を示している。 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ 濃度は麻生の方が同等かやや高めの濃度であったが、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ については田島が麻生の約3～4倍、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ は約1.5～2倍の濃度を示していた。

(5) N/nss-S比

$\text{nss-SO}_4^{2-}$ に対する $\text{NO}_3^-$ の当量比は、降水の酸性化に硫酸イオンと硝酸イオンのどちらの寄与が大きいかを示す際によく用いられる。N/nss-S比は、図8に示したように田島と麻生では明確な差がみられた。

田島の湿性が0.5前後、乾性が0.3前後であるのに対し、麻生の湿性・乾性はそれぞれ0.8前後、1.3前後となり麻生は田島に対し湿性は約1.7倍、乾性は約3.7倍にも達する。このことより、臨海部の工業地域に接する田島は、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ の影響を $\text{NO}_3^-$ よりも大きく受けていると考えられ、また住宅地域である麻生は、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ よりも $\text{NO}_3^-$ の影響を大きく受けていると考えられる。

経年変化をみると、麻生が湿性・乾性ともにほぼ横ばいであるのに対して、田島は湿性・乾性いずれも $\text{NO}_3^-$ の影響はやや増加傾向にある。

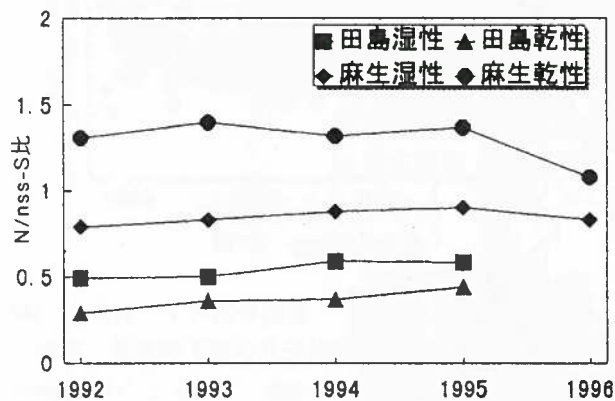


図8  $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 比経年変化

(6) 他都市との比較

川崎市の雨の特徴をみるため、同種の方法で得られた環境庁の測定結果による他都市のデータと比較する。

比較した地点は京浜工業地帯に存在する川崎と同様の工業地帯である太平洋側の市原・名古屋、瀬戸内海側の大阪・倉敷、東シナ海側の北九州とその他日本海側の新潟・佐渡、清浄地域の代表として岩手県の籠岳、の8地点である。比較には湿性降水物濃度を使用し、この結果を図9に示した。なお、比較には1993年～1995年までの3年間のデータの平均値を用いた。

pHは4.6～5.1の範囲内にあり大きな差はないが、麻生の4.6は全国の中では低い方であった。一方、田島のpHは4.9であり他の都市とあまり変わりはない。

湿性降水物の水溶性イオン成分の中から $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ の濃度 ( $\mu\text{eq}/\ell$ ) を図9上に示した。

$\text{nss-SO}_4^{2-}$ は図示した地域のいずれも高濃度であり中でも近隣諸国からの影響が指摘されている北九州 ( $47.3 \mu\text{eq}/\ell$  以下同様) や日本海側の新潟 (40.2)、佐渡 (32.0) において高濃度であった。太平洋側では田島 (35.1) や大阪 (32.6) で高かった。また、麻生 (25.4) は清浄地域として選択した岩手県籠岳 (23.7) と同程度の濃度であった。

$\text{NO}_3^-$ は北九州が $25.7 \mu\text{eq}/\ell$  と高い値を示していたが、他の都市においては $13.0\sim 18.8 \mu\text{eq}/\ell$  の範囲であった。川崎の $\text{NO}_3^-$ 濃度は、田島では $17.3 \mu\text{eq}/\ell$ 、麻生においては $19.9 \mu\text{eq}/\ell$  と他の都市に比べてもやや高めの濃度を示していた。

$\text{nss-Ca}^{2+}$ は田島 (19.0) において北九州 (24.5) に次ぐ高濃度を示していた。これは発生源近傍の特徴的な現象であると考えられる。その他の地点では $7.5\sim 12.0 \mu\text{eq}/\ell$  であり、麻生も $11.1 \mu\text{eq}/\ell$  と平均的な濃度であった。

図9中にN/nss-S比も示した。N/nss-S比は麻生 (0.84) が最も大きく、他のどの地点よりも $\text{NO}_3^-$ の影響を強く受けている。一方、田島は0.49であり、市原 (0.46)、大阪 (0.52)、倉敷 (0.57)、北九州 (0.54) 等の都市と同様な傾向を示していた。

4.1.2 成分濃度経月変化

(1) 降水量

降水量の経月変化を図10、図11に示した。

田島、麻生両地点とも、全体的にみて6・7月の梅雨期と9・10月の台風襲来時期に降雨量が多く、1996年の麻生で8月が最も降水量が少なかったことを除いて、他の年は12・1・2月の冬期に最も降水量が少なかった。1993年の9月には田島で250mm、麻生で300mmを超える降雨があったが、これは1951年以降では3番目の強さであった台風13号が上陸したことと、秋雨前線、北偏高気圧の影響が重なり天候不順が続いたためである。

(2) pH

pHの経月変化を図12に示した。

pHが5.6以下の雨を酸性雨と定義した際の酸性雨の割合は、田島では1993年からの3年間で95.2%、麻生では4年間で95.2%であった。

乾性降水物を純水500mlで抽出した後のpHは田島・麻生ともにほとんどの試料がpH5.6以上であり、田島では6.5前後、麻生では6前後で推移している。

経月変化をみると、田島湿性・田島乾性・麻生湿性については季節毎の明確な差異はみられず、麻生の乾性については夏期が低く、冬期になると高くなる現象がみられた。

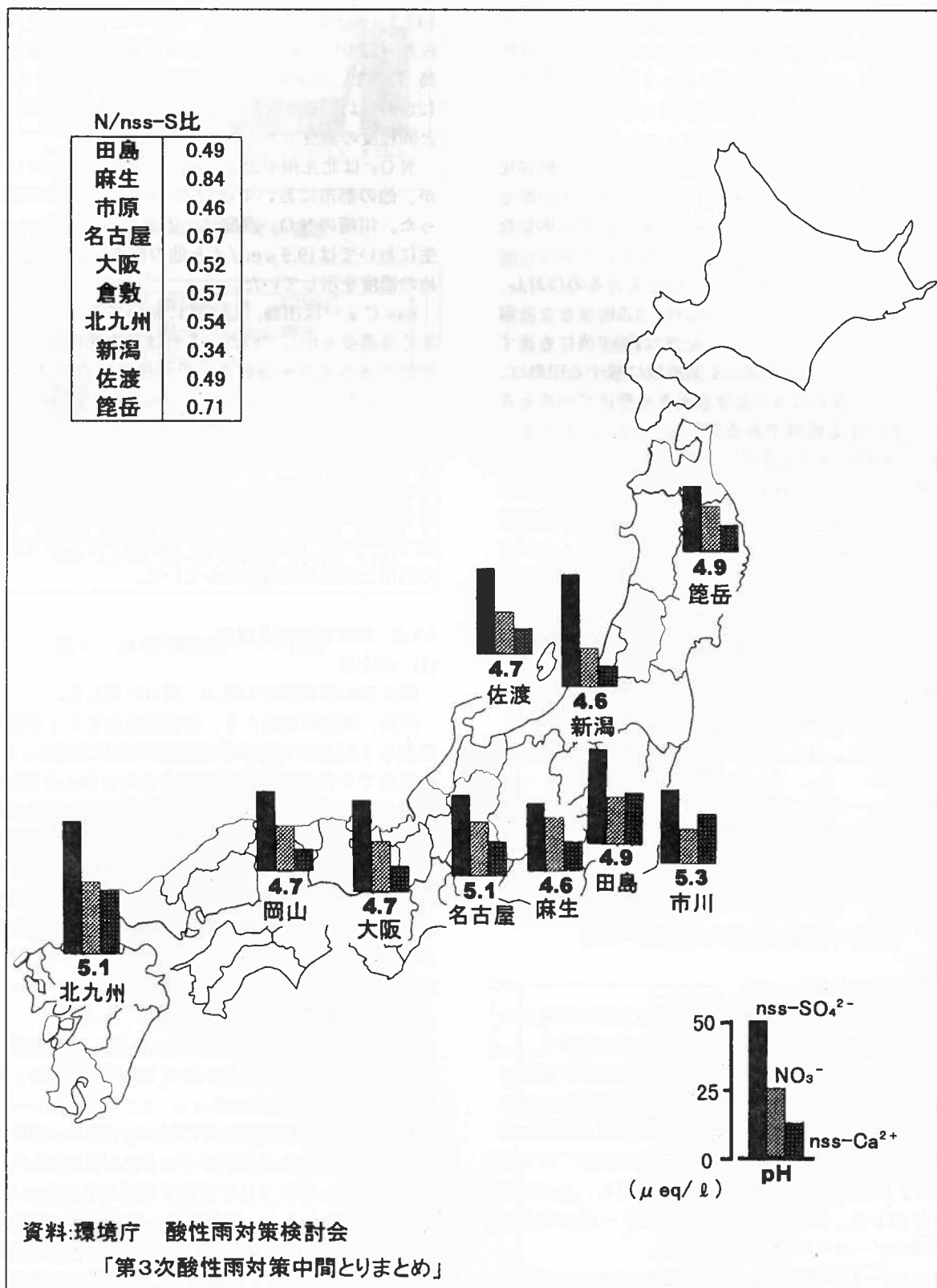


図9 全国のpH, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>・nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>・nss-Ca<sup>2+</sup>濃度及びN/nss-S比



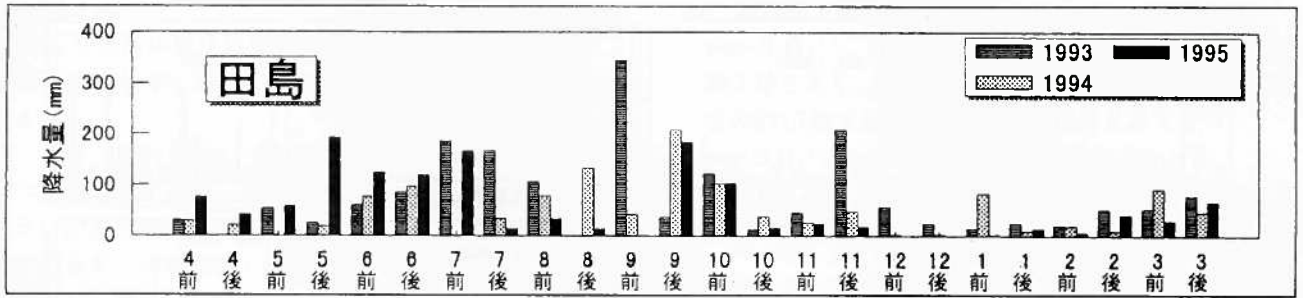


図10 降水量経月変化 (田島)

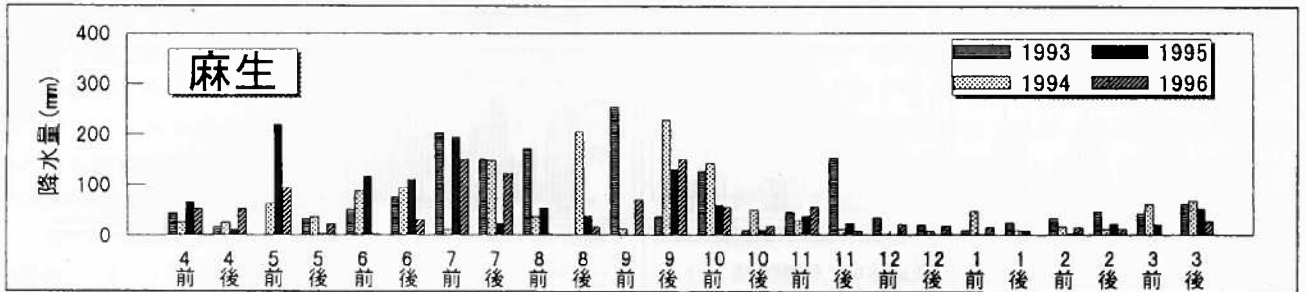


図11 降水量経月変化 (麻生)

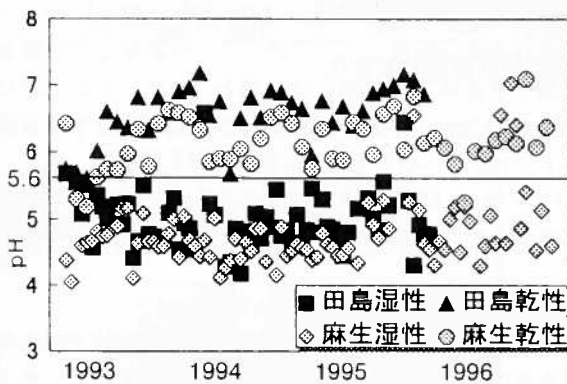


図12 pH経月変化

(3) 水溶性イオン成分濃度

湿性・乾性降下物の月平均濃度の変化を、主要4成分 ( $nss-SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $nss-Ca^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ) について図14に示した。

湿性降下物については、4成分・両地点ともに季節的な変化は特にみられなかった。

乾性降下物の内、 $nss-SO_4^{2-}$ については、田島では春・夏に高く、冬にやや低い傾向がみられたが麻生では特別な季節変動はみられなかった。年間を通じて麻生に比べて田島の方が明らかに高かった。

乾性降下物としての $NO_3^-$ は田島・麻生ともに春・夏に高く、冬に低い傾向がみられた。また、 $nss-SO_4^{2-}$ が麻生に比べて田島の方が高濃度であったことに対し、 $NO_3^-$ 濃度はほぼ同じ、あるいは麻生の方が若干高い傾向であった。このことより、麻生の $NO_3^-$ の季節変化は前述のpHや $N/nss-S$ 比の変動(図13)にも大きな影響を与えていることが推測できる。 $NO_3^-$ の季節変動により、pHは夏期には低く、冬期には高くなり、

$N/nss-S$ 比は $NO_3^-$ と同じように変化した。

乾性降下物における $nss-Ca^{2+}$ は $nss-SO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$ の変動とは異なり、春先に高い傾向が出現した。この傾向は全国的にみられ、春先の強い風による土壌の舞上がり等が影響していると考えられているが、アジア大陸から運ばれてくる黄砂の影響もあると報告されている<sup>10)</sup>。また、 $nss-Ca^{2+}$ は一年を通じて田島が高く、季節変化も麻生より田島の方がはっきりと表れていた。このことは、田島近傍の道路や固定発生源等による影響が考えられる。田島と麻生の比は大きい時で3倍にも達した。

$NH_4^+$ には顕著な季節変動はみられず、濃度においては、 $nss-SO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$ 、 $nss-Ca^{2+}$ に比べてサンプル毎の変動が大きかった。また、田島と麻生はほぼ同じ濃度で推移していた。

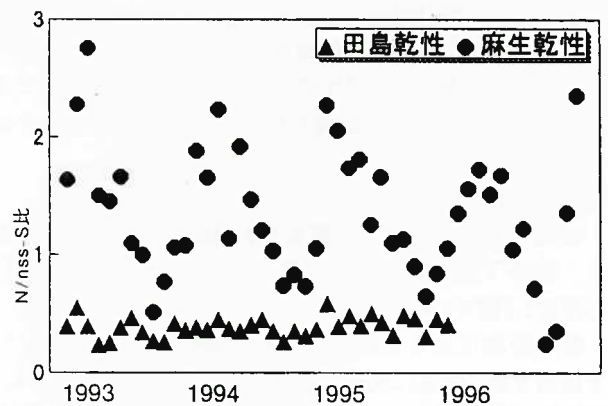


図13  $NO_3^-/nss-SO_4^{2-}$ 比経年変化

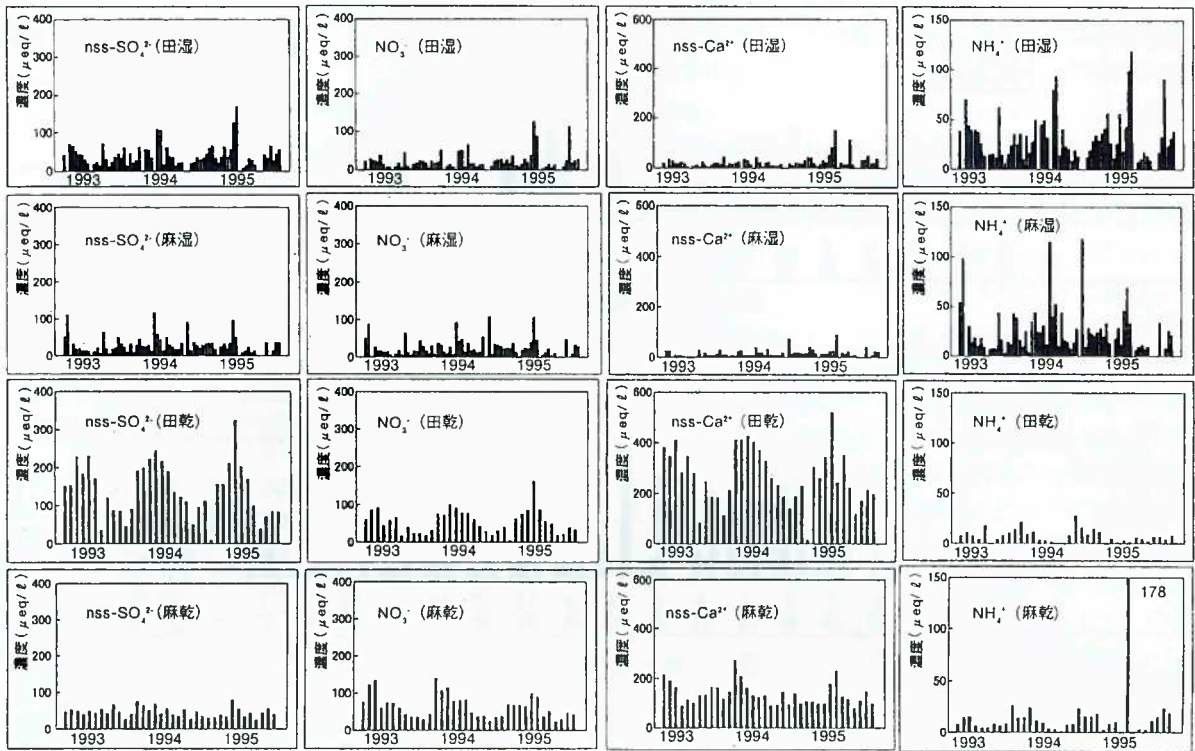


図14 湿性降下物・乾性降下物の成分濃度経月変化

4.1.3 湿性降下量及び乾性降下量

図15に臨海部の田島，内陸部の麻生における湿性降下量・乾性降下量を，海塩成分と非海塩成分（Na基準）に分けて示した。なお，湿性降下量は降水成分濃度と降水量の積，乾性降下量は試料採取の抽出水量と成分濃度との積により求めて，それぞれを1m<sup>2</sup>あたりの降下量（mg/m<sup>2</sup>/月）として求めた。

(1) 湿性降下量

総降下量からみると，田島（571.7mg/m<sup>2</sup>/月）以下括弧内は降下量）は麻生（423.3）の1.4倍程度であった。非海塩成分全体でみると，田島が479.3mg/m<sup>2</sup>/月，麻生が357.8mg/m<sup>2</sup>/月と田島は麻生の1.3倍となった。一方，海塩成分については田島は92.4mg/m<sup>2</sup>/月であり麻生（65.5）の1.4倍であった。

各成分別にみると，非海塩成分の内，nss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>，nss-Ca<sup>2+</sup>，NH<sub>4</sub><sup>+</sup>は田島の方が麻生の2倍程度であるのに対してNO<sub>3</sub><sup>-</sup>は田島も麻生もほぼ同じ降下量であった。

(2) 乾性降下量

乾性降下量は湿性降下量よりも田島と麻生の差は大きく，総降下量からみると田島（332.3）は麻生（190.1）のほぼ1.7倍であった。

各成分別にみるとnss-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は約2.5倍，nss-Ca<sup>2+</sup>では約2倍，麻生に比べて田島の方が多かった。しかし，湿性降下量同様NO<sub>3</sub><sup>-</sup>は田島と麻生はほぼ同量で，地点間の差はみられなかった。非海塩成分の降下量は，田島が272.7mg/m<sup>2</sup>/月，麻生が164.7mg/m<sup>2</sup>/月と田島は麻生の1.7倍となった。また，海塩成分は田島で59.6mg/m<sup>2</sup>/月，

麻生で25.3mg/m<sup>2</sup>/月と田島は麻生の約2.4倍であった。

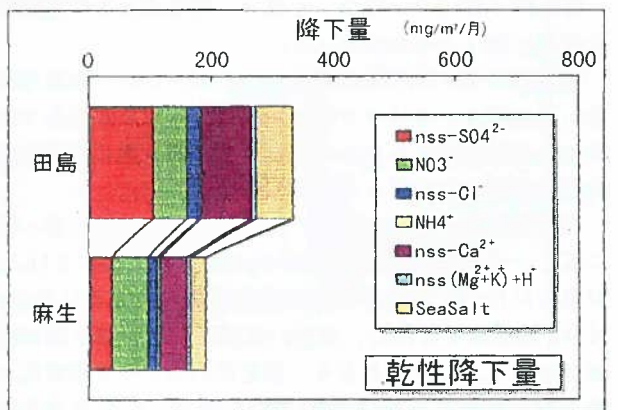
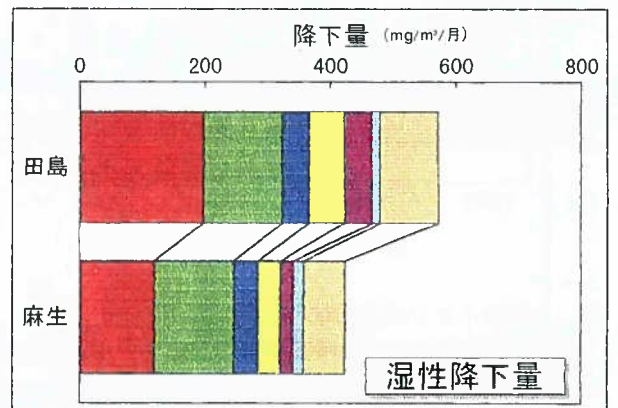


図15 湿性降下量・乾性降下量の田島と麻生の比較



## 5 まとめ

(1) pHの経年変化は加重平均値で田島の湿性が4.92、麻生の湿性が4.74であり田島の方が若干高めであった。

また、乾性においても田島が6.42、麻生が6.09であり田島の方が高かった。1992年から1995年の経年変化は、田島の乾性については、緩やかな上昇傾向を示しているが、田島湿性・麻生湿性・麻生乾性についてはおおむね横ばいの傾向にある。

(2) 水溶性イオン成分の経年変化において、海水の主要成分である $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ は田島の方が麻生よりも濃度が高く、臨海部の方が海塩粒子の影響が大きいと考えられる。

また、pHが高くなるほど海塩成分と $\text{nss-Ca}^{2+}$ が占める割合が大きくなることから海塩成分と $\text{nss-Ca}^{2+}$ は降水のpHを高めていると考えられる。

逆に、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ はpHが低くなるほど増加していく傾向がみられ、酸性化への寄与が大きいと考えられる。

(3) 湿性降下物濃度の経年変化をみると $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ は横ばいの状況であり、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ については田島で、ここ数年やや上昇傾向がみられている。また、 $\text{NO}_3^-$ は麻生の方が田島よりもやや高い濃度を示した。

一方、乾性降下物をみると、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ は田島の方が麻生よりも高い値を示していたが $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NH}_4^+$ に関しては麻生の方が若干、田島よりも高かった。

(4) N/nss-S比は湿性では麻生は田島の約1.7倍、乾性では約3.7倍であり、麻生の方が田島よりも $\text{NO}_3^-$ の影響を強く受けていることが伺えた。経年変化をみると麻生はほぼ横ばいであるが田島では年々 $\text{NO}_3^-$ の影響が大きくなっている傾向がある。

(5) 他都市との比較の結果、田島・麻生の $\text{NO}_3^-$ は全国的にみても比較的高い側に位置しており、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ については発生源近傍の特徴的な現象を受けて、他の工業都市同様、田島でも高濃度を示していた。

N/nss-S比は他のどの地点よりも、麻生は高い値であり相対的にみた $\text{NO}_3^-$ の影響は全国的にみても高いことが分かった。

(6) pHの経月(季節)変化については、麻生の乾性には夏期が低く、冬期が高くなる傾向がみられた。また、田島の湿性・乾性、麻生の湿性については季節毎の明確な差はみられなかった。

(7) 水溶性イオン濃度の経月変化においては、乾性降下物の麻生の $\text{NO}_3^-$ 濃度は、春夏に高く冬に低いという季節変動が顕著であり、この季節変化はpHやN/nss-S比の変動とも大きく関係している。

また、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ 濃度は田島の方が高く、季節変化も田島の方が顕著に現れており全国的な傾向にみられるように、春先に高濃度を示していた。

(8) 湿性降下量及び乾性降下量の湿性においては、 $\text{nss-SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{nss-Ca}^{2+}$ は、田島が麻生の約2倍と多く、乾性においても総降下量は、田島が麻生の約1.7倍であり多かった。各成分をみても $\text{nss-SO}_4^{2-}$ や $\text{nss-Ca}^{2+}$ は田島の方が多かった。

また、麻生においては $\text{NO}_3^-$ が大きな影響を与えていることが考えられた。

## 文献

- 1) 島田ひろ子、張山嘉道、佐藤静雄：川崎市における酸性雨(第2報)－臨海部(工業地域)と内陸部(住宅地域)の地域特性について－、川崎市公害研究所年報、21、9～16(1995)
- 2) 財団法人日本気象協会：気象、気象庁監修 No.442 94(2)、30～32(1994)
- 3) 財団法人日本気象協会：気象、気象庁監修 No.455 95(3)、16～19(1995)
- 4) 財団法人日本気象協会：気象、気象庁監修 No.467 96(3)、16～19(1996)
- 5) 財団法人日本気象協会：気象、気象庁監修 No.479 97(3)、34～37(1997)
- 6) 草野一、渡辺善徳、鶴田治雄：酸性降水に関する調査研究(第1報)－横浜市における酸性降水の現状－、横浜市公害研究所年報、9、39～49(1985)
- 7) 川崎市：平成7年度水質年報、51～53(1996)
- 8) 島田ひろ子、張山嘉道、緒方行治：川崎市における酸性雨(第1報)－臨海部の実態と地域特性－、川崎市公害研究所年報、19、28～41(1993)
- 9) 環境庁酸性雨対策検討会：第3次酸性雨対策調査中間とりまとめ、(1997)
- 10) 鶴田治雄：東アジアの酸性雨、科学、59、305～315(1989)