

ノート

四日市地域における酸性雨の状況について (平成 14 年度調査)

西山亨，佐来栄治，塚田進，川上正純¹⁾

Acid Deposition Surbey in Yokkaichi area of Mie Prefecture (2002 fiscal year)

Tooru NISHIYAMA, Eiji SARAI, Susumu TSUKADA and Masazumi KAWAKAMI¹⁾

平成 14 年度は，四日市市内の 2 地点(新正及び桜町)において 3 種の降水捕集方法 (ろ過式 (常時開放型捕集装置)，W.O.法 (降水時開放型捕集装置)，分割採取法)により，酸性雨の調査を行った。

その結果，年平均の pH 値はろ過式で 4.74 (新正)，4.47 (桜町)，W.O.法で 4.39 (新正)，4.31 (桜町)で，桜町の方が新正に比べて低かった。イオン濃度の合計 (年平均，ろ過式)及び降雨時以外の年間沈着量は桜町よりも新正の方が高かった。

分割採取法においては，初期の降水量 1mm のイオン濃度は全降雨平均の約 3.4 倍，3.8 倍であった。

経年変化は，平成 12 年度に発生した三宅島噴火の影響は，引き続き平成 14 年度も続いているものと思われた。また，自家用車保有台数と硝酸イオン沈着量には弱い相関があった。

キーワード：酸性雨，イオンバランス，三宅島

はじめに

酸性雨は，pH が 5.6 以下の降雨と定義され，その影響から国内的な問題であるとともに国境を超えた地球環境問題の一つと認識されている。我が国においては，酸性雨による湖沼の酸性化や森林の衰退等の被害は，北欧，北米地域に比べ顕在化はしていない。しかし，降水の酸性度は欧米並であることから，土壌の酸性化等は徐々に進行していくと考えられている。三重県では昭和 60 年度から酸性雨調査を開始し，平成元年度より県下 5 地点 (四日市市，上野市，松阪市，飯南町，尾鷲市)で，平成 3 年度から 1 地点 (磯部町)を追加し，計 6 地点で平成 13 年度まで調査を行ってきた。それらは既に報告¹⁾⁻¹¹⁾されている。平成 14 年度は四日市市内 2 地点 (工業地域近傍とその郊外)に絞って，湿性沈着を調査 (ろ過式，W.O.法，分割採取法)した。今回その調査結果について報告する。

調査方法

1. 調査内容

1.1 調査地点及び調査期間

調査は，図 1 に示す 2 地点 (四日市市新正：準工業地域及び四日市市桜町：原野)で，平成 14 年 4 月から平成 15 年 3 月までの 1 年間実施した。また各地点の位置 (経度・緯度)等を表 1 に示す。



図1 採取地点 (新正，桜町)

1.2 調査方法

調査の方法として，ろ過式調査，W.O.法調査および分割調査の 3 種類の調査を行った。ろ過式調査は，採水用ロートと貯水容器間にメンブランフィルター (孔径:0.80 μm)を組み込んだ採水装置¹²⁾(ろ過式採水装置，写真 1)を用いて通年調査とし，1 週間単位で採取することを原則とした。W.O.法調査については，降水時開放型捕集装置 (小笠原計器製 US-330 型 (冷蔵庫付き)，写真 2)を用いて通年調査とし，1 週間単位で採取することを原則とした。分割調査では，新正に，降雨時に蓋が自動開閉し，降雨 1mm 毎に 3mm までとそれ以上を分割採取出来る装置 (小笠原計器製 US-400 型)を，桜町に，降雨 1mm 毎

1) 現，紀南県民局生活環境部

に 5mm までとそれ以上を分割採取出来る装置（小笠原計器製 US-300 型）を用いて通年調査とし、1 週間単位で採取することを原則とした。

採取した試料は貯水量を計量後、測定・分析を行った。測定項目と測定方法については、表 2 に示したように「湿

性沈着モニタリング手引き書」¹³⁾に従った。降水量は貯水量を捕集面積で割って算出（単位 mm）した。

最終的にデータは表 3 に従って、予め定めた 4 週又は 5 週分をまとめて月データとして評価した。

表 1 調査測定地点

調査地点名	緯度 (度,分,秒)	経度 (度,分,秒)	標高	海岸からの 距離	サンプラー 設置位置	土地 利用区分
新正 (四日市市新正4-21-5)	N34,57,03	E136,37,01	10m	2.0km	2階屋上	準工業地域
桜町 (四日市市桜町3690-1)	N34,59,19	E136,29,17	190m	15.1km	3階屋上	原野

表 2 測定項目と測定方法

項目	測定方法	
降水量		
雨水成分	pH	ガラス電極法
	EC	電気伝導率計
	SO ₄ ²⁻	イオンクロマトグラフィー (IC)
	NO ₃ ⁻	イオンクロマトグラフィー (IC)
	Cl ⁻	イオンクロマトグラフィー (IC)
	NH ₄ ⁺	イオンクロマトグラフィー (IC)
	Na ⁺	イオンクロマトグラフィー (IC)
	K ⁺	イオンクロマトグラフィー (IC)
	Ca ²⁺	原子吸光光度法
	Mg ²⁺	原子吸光光度法

表 3 調査期間

月	期間(平成14年度)
4月	4月 1日(月)～ 4月30日(火)
5月	4月30日(火)～ 5月27日(月)
6月	5月27日(月)～ 6月24日(月)
7月	6月24日(月)～ 7月29日(月)
8月	7月29日(月)～ 8月26日(月)
9月	8月26日(月)～ 9月30日(月)
10月	9月30日(月)～ 10月28日(月)
11月	10月28日(月)～ 11月25日(月)
12月	11月25日(月)～ 12月24日(火)
1月	12月24日(火)～ 1月27日(月)
2月	1月27日(月)～ 2月24日(月)
3月	2月24日(月)～ 3月31日(月)



写真1 ろ過式(常時開放型捕集装置)



写真2 W.O.法(降水時開放型採水装置)

結果及び考察

1. データの精度及び測定項目間の関連

1.1 イオンバランス(R1)及び電気伝導率バランス(R2)

表4に示すR1及びR2による方法¹³⁾で測定値の信頼性を評価した。R1, R2の基準値は、一般的に測定精度が低下する低濃度域では許容範囲を大きめにとり、高濃度になるに従って厳格な基準となるように濃度範囲によって3段階の値を定められている。試料の採取及び分析を週単位で行っているため、R1, R2は個々の試料ごとに評価すべきであるが、ここでは月単位の加重平均値により評価することとした。

月平均濃度を基にR1を計算し、その分布を図2, 図3に示した。新正のろ過式で適合率は58%, 新正のW.O.法で適合率は83%であった。一方、桜町のろ過式で適合率は83%, 桜町のW.O.法で適合率は92%であった。全環研第3次酸性雨全国調査(W.O.法)¹⁴⁾では85%~91%となっており、W.O.法では近い数値といえる。

電気伝導率についてR2を計算し、その分布を図4, 図5に示した。新正のろ過式で適合率は50%, 新正のW.O.法で適合率は100%であった。一方、桜町のろ過式で適合率は100%, 桜町のW.O.法で適合率は100%であった。全環

研第3次酸性雨全国調査(W.O.法)では92%~95%となっており、W.O.法ではかなり高い数値といえる。

1.2 イオン濃度の検定

降水成分間には一定の関係が認められることが多く、W.O.法に於いては、図6, 図7に示すように新正、桜町ともナトリウムイオンと塩化物イオンの間には一定の関係が認められた。この関係は全環研第3次酸性雨全国調査(W.O.法)での全国のデータ比較しても偏差はほとんど認められなかった。海水中のイオン比率(Cl/Na)が1.18(塩分34.5のとき, モル比)¹⁵⁾であることを考えると、殆どのナトリウムイオンと塩化物イオンが海洋起源であると推測できる。同様にW.O.法に於ける電気伝導率と硫酸イオンの濃度との関係では、図8, 図9に示すように地点ごとに一定の関係が認められた。全環研第3次酸性雨全国調査(W.O.法)では、都市部の方が電気伝導率に対する硫酸イオン濃度の比率が大きい傾向があると報告されているが、新正(W.O.法)と桜町(W.O.法)でも同じ傾向がみられた。つまり工業地帯に近い新正の方が、大気中の硫酸化合物が多く、降水成分中の電気伝導率を押し上げる原因の寄与度が高いと考えられる。

表4 R1及びR2の許容範囲*

$\sum C_i + \sum A_i$ ($\mu\text{eq/l}$)	R1(%)= [[$\sum C_i - \sum A_i$]/($\sum C_i + \sum A_i$)] × 100	Λ_{meas} (mS/m)	R2(%)= [($\Lambda_{\text{calc}} - \Lambda_{\text{meas}}$)/($\Lambda_{\text{calc}} + \Lambda_{\text{meas}}$)] × 100
<50	±30	<0.5	±20
50-100	±15	0.5-3.0	±13
>100	±8	>3.0	±9

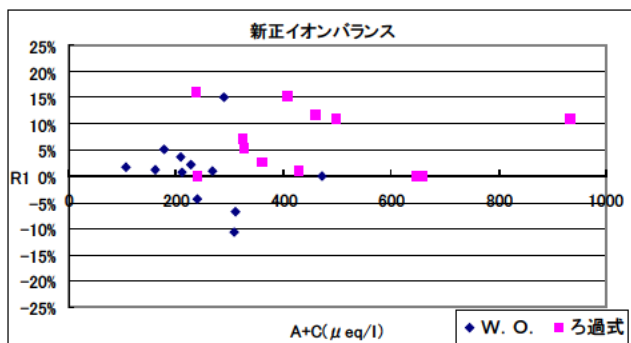


図2 イオンバランス(新正, 月別)

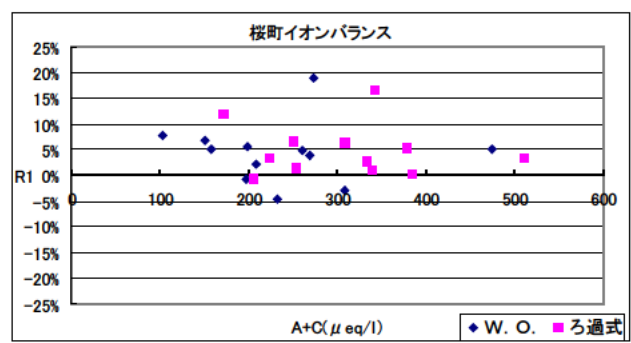


図3 イオンバランス(桜町, 月別)

* $\sum C_i$:陽イオンの合計当量濃度, $\sum A_i$:陰イオンの合計当量濃度, Λ_{meas} :電気伝導率の実測値, Λ_{calc} :実測した陽イオンと陰イオンから計算された電気伝導率. グラフ中のA+Cは $\sum C_i + \sum A_i$ と同じ.

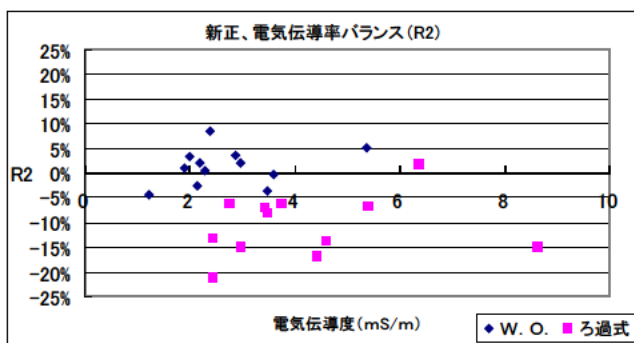


図4 電気伝導率による検定(新正, 月別)

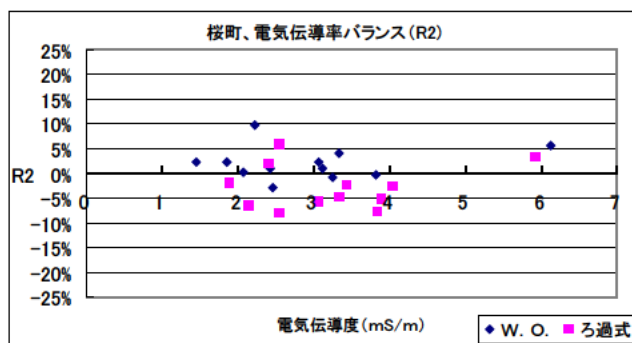


図5 電気伝導率による検定(桜町, 月別)

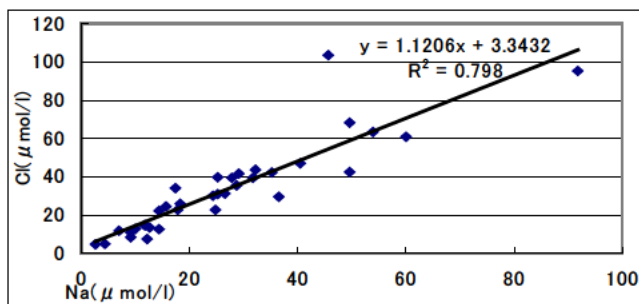


図6 塩化物イオンとナトリウムイオンの関係(新正, 週別)

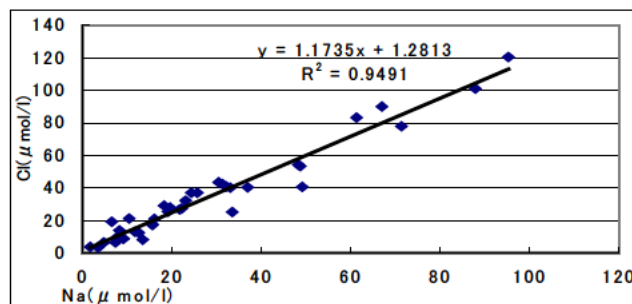


図7 塩化物イオンとナトリウムの関係(桜町, 週別)

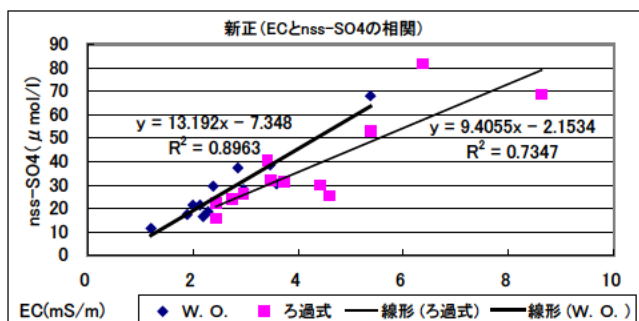


図8 硫酸イオン濃度と電気伝導率の関係(新正, 月別)

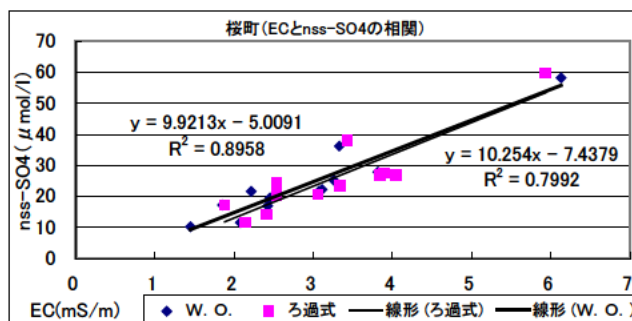


図9 硫酸イオン濃度と電気伝導率の関係(桜町, 月別)

2. pH, EC及びイオン成分濃度

新正と桜町の両地点でのろ過式及び W.O.法について降水量と主要成分項目等の年加重平均濃度を表5に示す(年間沈着量は表6に示す)。また、幾つかの項目について季節トレンドを図10～図19に示す。表や図中のnss-とあるのは、非海洋起源を表している。

降水量は1306～1941mmであり、捕集方法別には両地点とも(ろ過式>W.O.法)、地点別には両捕集方法とも(新正<桜町)であったが、これは7月、8月に桜町の方が新正に比べて降水量が多かったためである。

年平均pH値は、4.31～4.74であり、捕集方法別には両地点とも(ろ過式>W.O.法)、地点別にはろ過式では(新正>桜町)であったが、W.O.法では差は殆ど見られなかった。月変化についても、W.O.法では新正、桜町ともに似たような傾向を示した。7月のW.O.法を除いて、全て新正の

方が高く、特に秋～冬季の新正のろ過式はpHのかなり高い状態であった。

年平均電気伝導率の範囲は2.77～3.72mS/mであり、年間最大値は新正8月の8.36mS/m(ろ過式)であった。経月的な変動傾向を概観すると両捕集方法とも地点間で同様の動きをしているが、捕集方法別に両地点の各月のEC値をみると、W.O.法では12回のうち8回が(新正<桜町)で、逆にろ過式では12回のうち9回が(新正>桜町)であった。年間を通じて降水量が少なかった新正ろ過式の8月を除けば、5月が最高値であった。また全環研第3次酸性雨全国調査(W.O.法)での太平洋側の地域と比較すると太平洋側としては変動が大きかった。(全環研太平洋側は平成13年度データで、1.8～3.8mS/m位の変動であった。)

年平均nss-SO₄²⁻濃度の範囲は24.9～35.1μmol/lであり、捕集方法別には両地点とも(ろ過式>W.O.法)、地点別に

は両捕集方法とも(新正>桜町)であった。ただし、桜町では大きな差はなかった。これは、新正の方が非海洋起源のものが多く、また、降水時以外でも沈着していることがわかった。月変化については、5月が最高値でECと似たような傾向を示した。

年平均NO₃⁻濃度の範囲は29.4~50.1 μmol/lであり、地点別にはW.O.法では地点差はあまり見られなかったが、ろ過式では新正の方が高かった。捕集方法別には両地点とも(ろ過式>W.O.法)であり、降水時以外でもNO₃⁻成分が沈着していると考えられる。

NO₃⁻/nss-SO₄²⁻(当量濃度比)の月別傾向(図14,図15)を比較すると地点別にはろ過式では6月,3月以外は(新正<桜町),W.O.法では(新正<桜町)であった。これは、降水成分中では、新正の方が桜町よりもnss-SO₄²⁻がNO₃⁻に比して高かったためと思われる。また全環研第3次酸性雨全国調査(W.O.法)との比較でも桜町はかなり高い方になる。(全環研平成13年度全国年平均は0.49で、年平均の最小が0.29(福井),最大が0.71(騎西(埼玉県))である。)

年平均Cl⁻濃度の範囲は31.7~57.3 μmol/lであり、捕集方法別には両地点とも(ろ過式>W.O.法)、地点別にはろ過式では12回のうち10回が、W.O.法では12回のうち8

回が(新正>桜町)であった。年平均でもろ過式の方に地点差が強くでて、W.O.法では殆ど同じであった。

年平均NH₄⁺は34.5~49.6 μmol/lであり、捕集方法別には両地点とも(ろ過式>W.O.法)、地点別にはW.O.法では殆ど同じであったが、ろ過式では(新正>桜町)であった。月変化をみるとろ過式では12回のうち10回が、W.O.法では12回のうち8回が(新正>桜町)であった。

年平均Na⁺濃度の範囲は23.5~104.7 μmol/lであり、捕集方法別には両地点とも(ろ過式>W.O.法)、地点別には両捕集方法とも(新正>桜町)であった。月変化をみると、ろ過式では全ての月で、W.O.法では7月を除いて(新正>桜町)であった。W.O.法よりもろ過式の方が地域差が大きく降水時以外にも新正では多くのNa⁺成分が沈着しているものと思われる。

年平均nss-Ca²⁺濃度の範囲は4.1~7.5 μmol/lであり、捕集方法別には両地点とも(ろ過式>W.O.法)、地点別には両捕集方法とも(新正>桜町)であったがそれほど大きな差ではなかった。また、月変化をみると、ろ過式の8月の新正が特別に高い以外は、4月,5月が高く、徐々に下がってきている傾向にある。これは、例年よりも平成14年の春は黄砂による影響をより大きく受けたためと考えられる。¹⁶⁾¹⁷⁾

表 5 年間降水量と主要測定項目の年平均濃度

	新正		桜町	
	W.O.法.	ろ過式	W.O.法.	ろ過式
降水量(mm)	1306	1635	1871	1941
pH	4.39	4.74	4.31	4.47
EC(mS/m)	2.77	3.72	2.94	3.14
nss-SO ₄ ²⁻ (μmol/l)	28.8	35.1	24.9	25.9
NO ₃ ⁻ (μmol/l)	29.4	50.1	30.4	39.6
Cl ⁻ (μmol/l)	31.7	57.5	33.6	46.6
NH ₄ ⁺ (μmol/l)	34.5	49.6	35.5	41.6
Na ⁺ (μmol/l)	28.7	104.7	23.5	49.6
nss-Ca ²⁺ (μmol/l)	5.0	7.5	4.1	7.3

表 6 主要測定項目の年間沈着量

	新正		桜町	
	W.O.法.	ろ過式	W.O.法.	ろ過式
H ⁺ (meq/m ² /y)	53.2	29.8	91.6	65.8
nss-SO ₄ ²⁻ (meq/m ² /y)	75.2	114.8	93.2	100.5
NO ₃ ⁻ (meq/m ² /y)	38.4	81.9	56.9	76.9
Cl ⁻ (meq/m ² /y)	41.4	93.7	62.9	90.5
NH ₄ ⁺ (meq/m ² /y)	45.1	81.1	66.4	80.7
Na ⁺ (meq/m ² /y)	37.5	171.2	44.0	96.3
nss-Ca ²⁺ (meq/m ² /y)	13.1	24.5	15.3	28.3

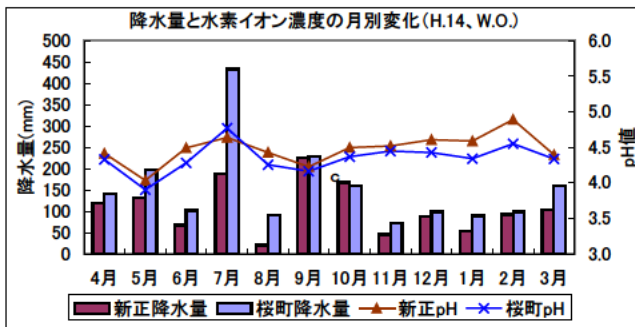


図10 降水量と水素イオン濃度 (W.O.法)

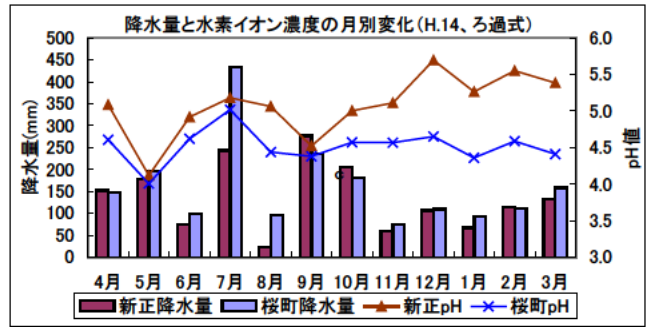


図11 降水量と水素イオン濃度 (ろ過式)

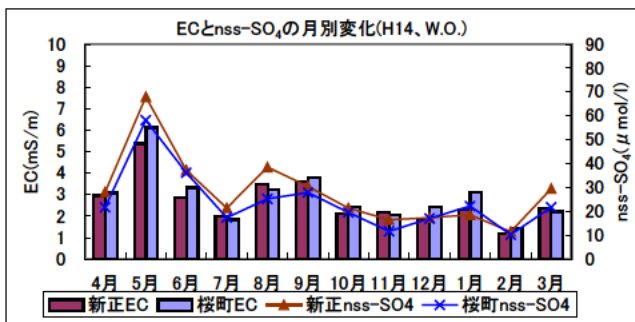


図12 電気伝導率と非海洋起源硫酸イオン濃度 (W.O.法)

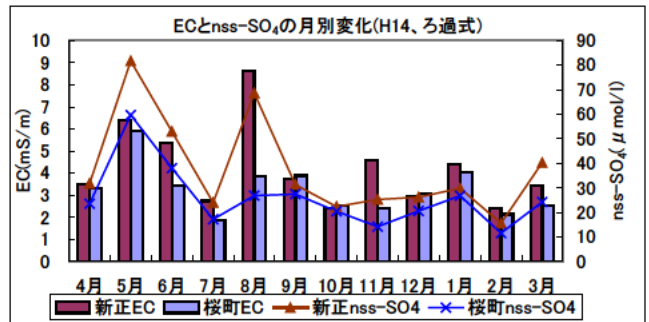


図13 電気伝導率と非海洋起源硫酸イオン濃度 (ろ過式)

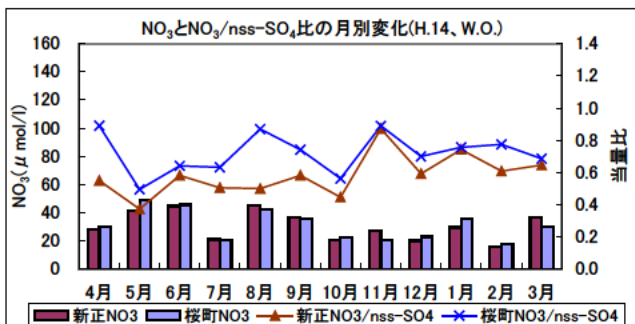


図14 硝酸イオン濃度と非海洋起源硫酸イオンとの比 (W.O.法)

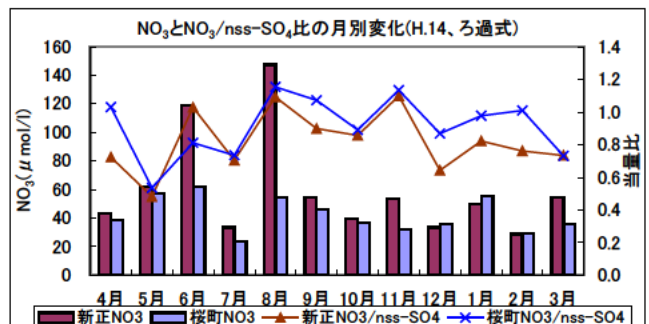


図15 硝酸イオン濃度と非海洋起源硫酸イオンとの比 (ろ過式)

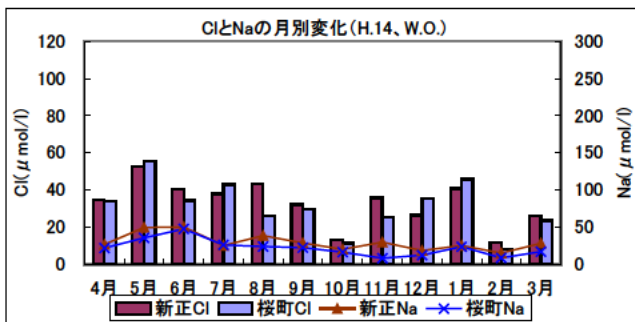


図16 塩素イオン濃度とナトリウムイオン濃度 (W.O.法)

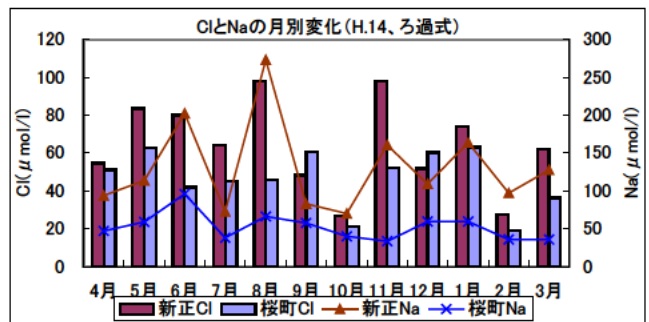


図17 塩素イオン濃度とナトリウムイオン濃度 (ろ過式)

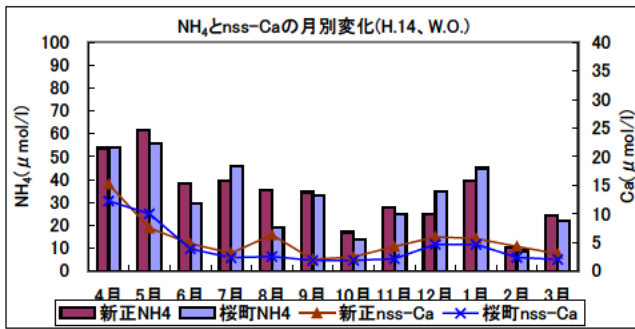


図18 アンモニウムイオン濃度と
非海洋起源のカルシウムイオン濃度(W.O.法)

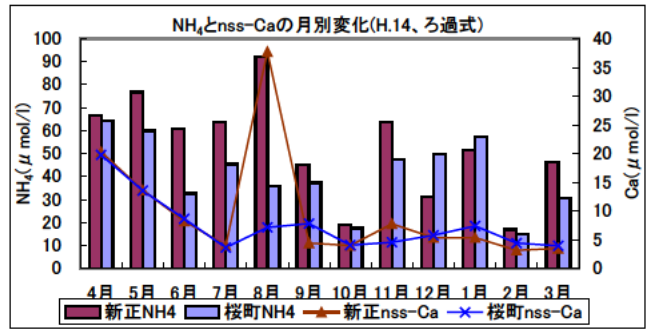


図19 アンモニウムイオン濃度と
非海洋起源のカルシウムイオン濃度(ろ過式)

3. イオン組成比較と沈着量

地点及び調査方法毎のイオン組成は、図20のとおりであり、各イオン対ともイオンバランスはR1が8%以内とよくとれている。合計イオン濃度はろ過式、W.O.法とも新正の方が桜町よりも大きく特にろ過式では大きな差になった。また、合計イオン濃度は、両地点とも(ろ過式>W.O.法)であり、新正では降雨時以外にも多くのイオンが沈着していることが考えられる。また、新正はナトリウムイオンと塩素イオンが高く、桜町よりも海塩粒子の影響を強く受けている。

また、地点及び調査別の年間沈着量は図21のとおりであり、桜町は降水量が多い分、新正よりも降雨時に雨とともに沈着するイオンの沈着量が多い。

図21の各イオンペア毎グラフを比較すると、水素イオンを除いた陰イオン、陽イオンの差は捕集方法別には両地点とも(ろ過式<W.O.法)、地点別には両捕集方法とも(新正<桜町)であるが、沈着量は、捕集方法別には両地点とも(ろ過式>W.O.法)で、地点別では、W.O.法では(新正>桜町)であるが、降雨時以外の降下物を捕集できるろ過式で(新正>桜町)である。

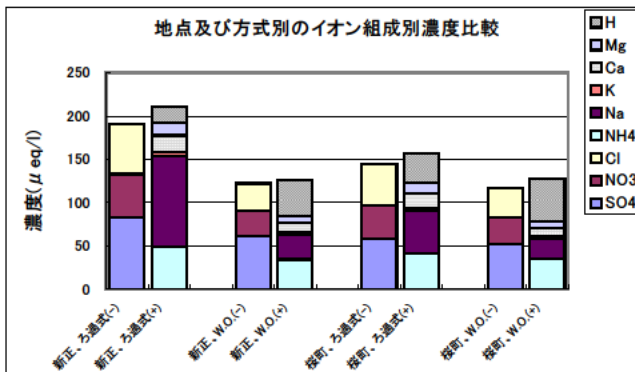


図20 イオン組成比較(年平均濃度)

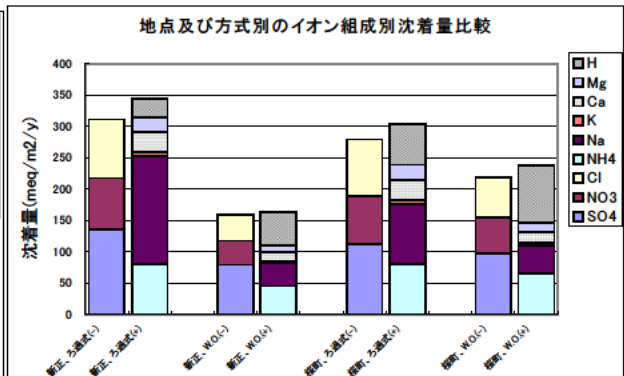


図21 沈着量のイオン組成比較(年間沈着量)

4. 分割採取法による調査

分割採取法による結果を図22、図23に示す。各画分別には両地点とも、初期の降雨、特に最初の1mm画分の濃度はそれ以降の画分に比べて極めて高く、降雨量の増加に

伴って低下する傾向が全ての成分に関してみられた。全イオン成分を平均すると、最初の降水量1mmの濃度は全降水成分の濃度の、新正で約3.8倍、桜町で約3.4倍であった。

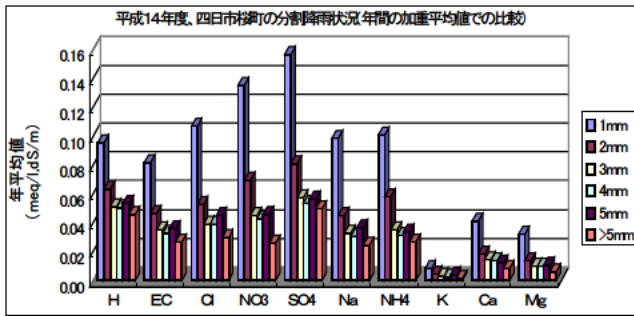


図22 新正における分割採水調査

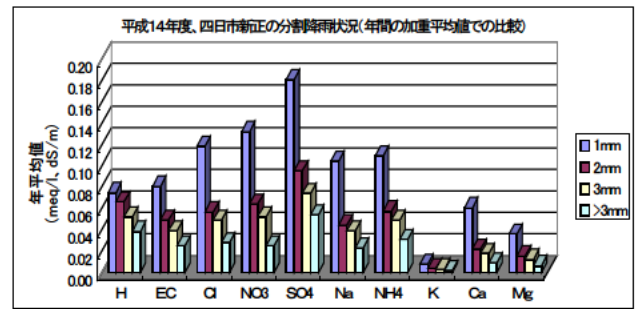


図23 桜町における分割採水調査

5. 中期的トレンドと三宅島の噴火

平成元年より、四日市市新正で行っているろ過式採取法による調査結果を図 24 に示す。図によると pH 値は最小値に比べ最大値の変動が大きかった。平均値は平成元年度～11 年度おいて横ばい若しくはやや増加傾向であり、特に平成 8 年度～11 年度は徐々に増加傾向にあったが、三宅島火山噴火が始まった平成 12 年度には大きく下がり、平成 14 年度も開始前の値には戻っていない。

硝酸イオンと硫酸イオンの当量濃度（年間平均）の比率（図 25）を見ると、平成 11 年度に比べ平成 12 年度には比率が大きく増加している。平成 14 年度には平成 11 年度以前の状況に戻ったように見えるが、これは硝酸イオンも増加したためで、引き続き硫酸イオンは噴火前の平成 11

年度より高い状態にある。（図 26）

また、年間の沈着量（図 27）については、水素イオンは平成 13 年度をピークとみることもできるが、平成 14 年度においても平成 11 年度の水準に戻っているとはいえ、平成 11 年度の約 2.1 倍であった。硫酸イオンは、平成 14 年度において平成 13 年度より更に増加し、平成 11 年度の約 1.6 倍であった。硝酸イオンについては平成 11～13 年度に大きな変動はみられなかったが、平成 14 年度に増加がみられた。

以上のように、平成 12 年度を境にして観測されている pH の低下、硫酸イオン増加等は、平成 14 年度においても継続した。この要因として三宅島噴火の影響が考えられる。

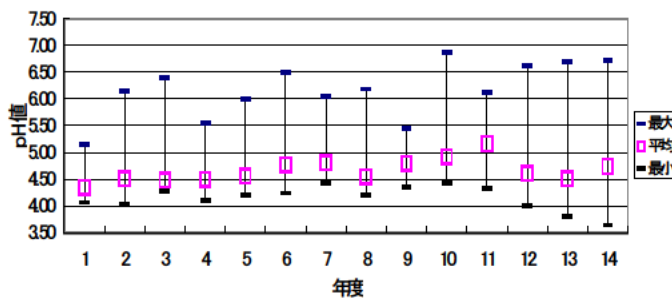


図24 平成元年度から平成14年度までの pH の変化
(新正のろ過式)

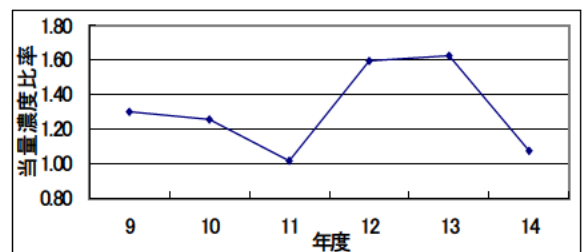


図25 四日市市新正における酸性雨成分(SO₄/NO₃)
年間当量濃度比率の推移(H.9年度—H.14年度)

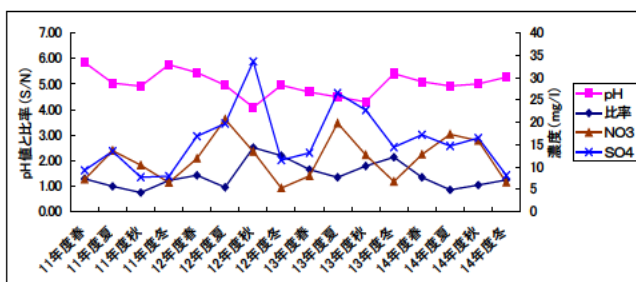


図26 四日市市新正における酸性雨の季節毎の状況
(春4月, 夏6月, 秋10月, 冬1月)

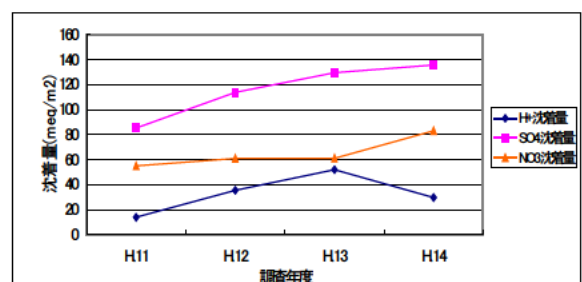


図27 四日市(新正)における年間沈着量の推移
(H11年度—H14年度)

6. 自動車保有台数との比較

図 28 に四日市市内の自動車保有台数と四日市市新正の pH (ろ過式) の平成元年からの推移を示した。自動車保有台数は増加傾向にあるが、酸性度はむしろ和らぐ傾向にあった。また、同様に硝酸イオン沈着量 (ろ過式) との比較を行った (図 29, 図 30) ところ、硝酸イオン沈着量は増加傾向にあり、自家用車の保有台数関係とは弱い相関があった。

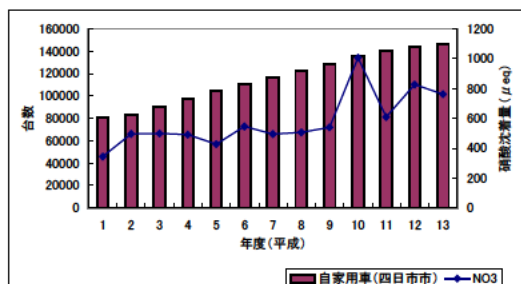


図29 自家用車保有台数と硝酸イオン沈着量の推移

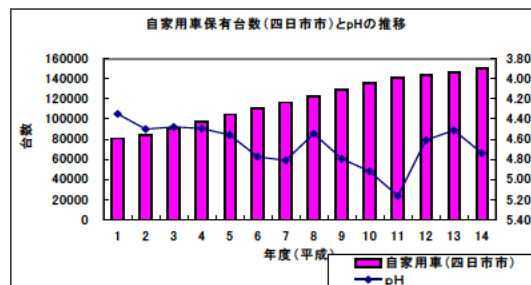


図28 自動車保有台数とpH

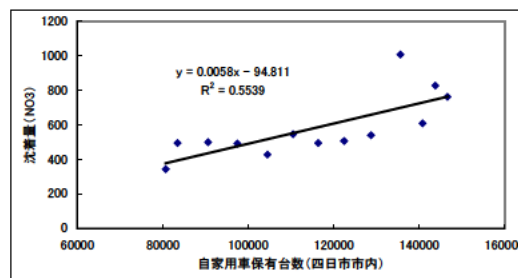


図30 自家用車保有台数と硝酸イオン沈着量の相関

まとめ

酸性雨について、平成 14 年度に四日市市内の 2 地点で調査を行い、そのデータについて解析を行った結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 年平均の pH 値はろ過式で 4.74 (新正), 4.47 (桜町), W.O.法で 4.39 (新正), 4.31 (桜町) であった。
- 2) イオンバランスや電気伝導率の適合率は W.O.法では高い割合であった。
- 3) 酸性化に大きく影響を及ぼす陰イオン濃度の合計 (年平均, ろ過式) は新正の方が桜町よりも多かったが、陽イオン濃度の合計 (年平均, ろ過式) も多く、pH 値は桜町の方が低い傾向にあった。
- 4) ろ過式において、新正の方が桜町よりも沈着量の合計が多いことがわかった。
- 5) 雨の降り始めから降水量 1 mm までの初期降雨中がもっともイオン濃度が高く、次の降水量 1mm の倍近く、その後、緩やかに減少傾向にあった。
- 6) pH 値 (ろ過式) は、平成 11 年度までは、四日市市新正では全体的には横這いないし僅かな上昇傾向を示し、同年では 5.16 であったが、平成 12 年度に 4.61, 平成 13 年度に 4.51, 平成 14 年度に 4.74 であった。この原因としては、平成 12 年 8 月に発生した三宅島の大規模な噴火による酸性ガスの影響と考えられた。
- 7) 平成元年度～平成 14 年度における、自動車の保有台数と pH の関係を比較すると、保有量は増加しているが、pH はむしろ上昇傾向にあった。また、硝酸イオン沈着量は、少し上昇しており、自動車の保有台数と弱い相関があった。

文 献

- 1) 塚田進 他：三重県環境科学センター研究報告, 7, 57 (1987).
- 2) 塚田進 他：三重県環境科学センター研究報告, 9, 21 (1989).
- 3) 塚田進 他：三重県環境科学センター研究報告, 10, 27 (1990).
- 4) 小山善丸 他：三重県環境科学センター研究報告, 13, 25 (1993).
- 5) 小山善丸 他：三重県環境科学センター研究報告, 14, 33 (1993).
- 6) 小山善丸 他：三重県環境科学センター研究報告, 13, 25 (1993).
- 7) 小山善丸 他：三重県環境科学センター研究報告, 16, 63 (1996).
- 8) 鳥居成幸, 永楽通宝：三重県環境科学センター研究報告, 17, 35 (1997).
- 9) 鳥居成幸, 永楽通宝：三重県環境科学センター研究報告, 18, 29 (1998).
- 10) 高桑三明 他：三重県保健環境研究所年報, 1, 71 (1999).
- 11) 川上正純, 佐来栄治：三重県科学技術振興センター保健環境研究部年報, 4, 129-139(2002)
- 12) 酸性雨調査法研究会編：酸性雨調査法, 株式会社ぎょうせい, (1993).
- 13) 環境庁大気規制課：湿性沈着モニタリング手引き書 (1998)
- 14) 全国環境研協議会・酸性雨調査研究部会事務局：季刊全国環境研会誌, Vol28-No.3, 2-72(2003).
- 15) 日本気象協会：海洋観測指針, p.145(1978)

- 16) 名古屋大学水圏科学研究所編：大気水圏の科学
黄砂，p.124(1991)
- 17) 気象庁監修，日本気象協会：2003 年気象年鑑，
p.147-149