

ノート

四日市地域における酸性雨の状況について (平成14-16年度調査結果)

西山亨, 佐来栄治, 塚田進, 山川雅弘

Acid Deposition Survey in Yokkaichi area of Mie Prefecture (2002-2004 fiscal year)

Tooru NISHIYAMA, Eiji SARAI, Susumu TSUKADA and Masahiro YAMAKAWA

平成16年度調査は, 15年度に引き続き四日市市内の2地点(新正, 桜町)で, 湿式調査(2種類の降水捕集方法)と乾式調査(N式パッシブ簡易測定法)を行った。その結果, pHは4.59-4.90であり, 前年度(4.44-4.63)より酸性度は低くなった。N式パッシブ簡易測定法調査では, 前年度と同様に, オゾン以外は新正が桜町より多く, 約2倍の捕集量があった。

また, 平成15年度結果を全国調査結果と比較すると, pHは両地点とも低い方から2%以内に入り, 新正は太平洋側の地点にしては, 非海塩性硫酸イオン濃度が高かった。また, 水素イオン沈着量と初期酸度沈着量は北陸山陰地方に近い傾向があり, 全無機態窒素沈着量と潜在水素イオン沈着量は共に多く, 北陸山陰地方と似た傾向を示した。

キーワード: 酸性雨モニタリング調査, N式パッシブ簡易測定法, 沈着量, 初期酸度, 全無機態窒素, 潜在水素イオン

はじめに

酸性雨の調査研究を行っている機関は, 国, 大学, 地方自治体, 民間等種々あるが, その中でも地域住民への説明, 環境教育等も担っている地方自治体の役割は大きい。

また, モニタリングの継続は不慮の事態(火山噴火, 工場等の事故等)の影響や被害状況把握のための通常時の対照データとして必要であり, 環境の状況変化(特に悪化)の早期発見につながり, 重要である。当研究部では長年酸性雨調査を行ってきた¹⁾⁻¹²⁾, 平成14年度からは四日市市内の2地点で酸性雨調査¹³⁾¹⁴⁾を実施している。(なお, 約50の環境系公設研究機関が参画して実施している第4次酸性雨全国調査(平成15~平成17年度, 全国環境研協議会酸性雨調査研究部会)へデータ提供をしており, 全国規模での解析に連携・協力をしている。)平成15年度からは同協議会東海・

近畿・北陸支部の連携調査として, 新たにN式パッシブ簡易測定法¹⁵⁾による乾式調査を開始した。本測定法は, 平成14年度に既に同支部で累積捕集性の実験¹⁶⁾が行われている。

酸性雨は「一般に水素イオン指数(pH)の値が5.6以下の降水。普通の雨に比べて酸性が10倍以上も強い。石炭・石油などの燃焼によって生ずるイオウ酸化物・窒素酸化物が原因。陸水の酸性化, 土壌の変質, 森林の枯死をもたらす, 生態系に影響を与える。」とされている¹⁷⁾が, 環境問題における「酸性雨」の概念からすると, 単に雨の酸性化問題として扱うことはできない。湿式調査に加えて乾式調査を行うと, 大気汚染としての沈着をより広く乾性と湿性の両面から捉えることができる。

乾式調査のパッシブ法は, 電源等の設備が不要でメンテナンスをあまり必要とせず, 場所を選ば

ずに設置できるメリットがあり、経済的にも有利である。

四日市市内2地点(工業地域近傍とその郊外)において、湿式調査及び乾式調査を平成15年度に引き続き実施したので、その結果及び平成14年度～平成16年度のデータと併せて報告する。

方 法

1. 試料採取

1.1 調査地点及び調査期間

調査は、既報¹³⁾¹⁴⁾と同様、2地点(四日市市新正：準工業地域、四日市市桜町：原野)で、平成16年4月から平成17年3月までの1年間実施した。

1.2 調査方法

試料採取は、各々の地点で湿式調査(ろ過式、W.O.法)と乾式調査(N式パッシブ簡

易測定法調査)を行った。

湿式調査では、既報¹³⁾と同様に採取した試料を貯水量の計量後、測定・分析した。測定項目と測定方法(表1)については、「酸性雨調査法」¹⁸⁾「湿性沈着モニタリング手引き書」¹⁹⁾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。データは表2に従って、予め定められた期間(4週又は5週分)をまとめて月データとした。

N式パッシブ簡易測定法調査では、既報¹⁴⁾と同様に作成・暴露(期間は表2のとおり)・抽出をし、イオンクロマトグラフィーで、表3のとおり分析をした。N式パッシブ簡易測定法は既存のO式パッシブ法に比較して多種のガス等成分を捕集することができる¹⁵⁾¹⁶⁾²⁰⁾⁻²²⁾というメリットがある。

表1 測定項目と測定方法

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

表2 調査期間

月	期間(平成16年度)
4月	3月29日(月)～4月26日(月)
5月	4月26日(月)～5月31日(月)
6月	5月31日(月)～6月28日(月)
7月	6月28日(月)～8月2日(月)
8月	8月2日(月)～8月30日(月)
9月	8月30日(月)～9月27日(月)
10月	9月27日(月)～11月1日(月)
11月	11月1日(月)～11月29日(月)
12月	11月29日(月)～12月27日(月)
1月	12月27日(月)～1月31日(月)
2月	1月31日(月)～2月28日(月)
3月	2月28日(月)～3月28日(月)

表3 乾式調査(N式パッシブ簡易測定法)の測定項目と測定イオン成分

測定項目	測定イオン成分	O式パッシブ法	
ポリアミドろ紙	(HCl)、HNO ₃ 、SO ₂ 、NH ₃	Cl ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、NH ₄ ⁺	×
NaNO ₂ 含浸ろ紙	HCl、O ₃ 、SO ₂	Cl ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、SO ₄ ²⁻	O ₃
H ₃ PO ₄ 含浸ろ紙	NH ₃	NH ₄ ⁺	NH ₃
TEA含浸ろ紙	HNO ₃ 、SO ₂	NO ₂ ⁻ 、SO ₄ ²⁻	HNO ₃ 、SO ₂

結 果

1. 湿式調査

1.1 pH, EC, イオン成分濃度

平成16年度年加重平均濃度の結果を表4に示した(表中のnss-は、非海洋起源を表す)。pHに関しては前年度¹⁴⁾より上昇しており、酸性度は弱くなった。ECも低く、酸性化物質である

NO₃、SO₄イオンも濃度が低くなった。酸を中和する塩基性のイオンについては、カルシウムは前年度より、濃度が高くなり、アンモニアは新正W.O.法で濃度が高くなったが、他では低くなった。表5～8に月毎のイオン濃度等を示した。なお、単位はECがμS/cm、各イオン成分がμeq/lである。

表4 年間降水量と主要測定項目の年加重平均濃度

	新正		桜町	
	W.O.法	ろ過式	W.O.法	ろ過式
降水量(mm)	2281	2335	2755	2373
pH	4.59	4.90	4.61	4.79
EC(mS/m)	2.69	2.97	2.18	2.71
nss-SO ₄ ²⁻ (μ mol/l)	16.4	20.4	15.1	19.6
NO ₃ ⁻ (μ mol/l)	16.4	27.2	18.9	31.5
NO ₃ ⁻ /nss-SO ₄ ²⁻ (当量比)	0.50	0.67	0.63	0.80
Cl ⁻ (μ mol/l)	65.9	76.4	36.2	51.9
NH ₄ ⁺ (μ mol/l)	21.2	71.5	20.9	62.2
Na ⁺ (μ mol/l)	55.5	61.3	31.0	38.2
nss-Ca ²⁺ (μ mol/l)	2.71	6.26	2.28	6.93

表5 月別主要測定項目濃度(新正, W.O.法)

月	pH	EC	Cl	NO3	SO4	NH4	Na	K	Ca	Mg
4月	4.51	26.1	35.8	25.5	63.7	38.8	30.7	3.33	14.8	19.2
5月	4.39	27.7	20.8	21.2	47.6	23.6	18.3	1.31	4.49	6.18
6月	4.52	48.8	213	15.7	60.9	25.3	171	4.61	9.19	43.0
7月	4.47	29.6	34.1	26.3	39.1	27.4	28.3	1.56	6.21	9.26
8月	4.40	30.5	45.1	19.9	48.9	29.0	38.9	2.16	5.71	11.4
9月	4.59	28.4	82.3	13.9	35.4	14.7	72.8	2.11	4.84	18.6
10月	4.86	19.4	67.5	6.50	21.9	10.2	57.6	1.86	2.96	15.8
11月	4.54	21.0	24.8	14.2	29.7	14.2	17.3	0.81	9.79	7.94
12月	5.16	13.6	47.8	7.41	26.2	14.7	34.6	1.38	13.8	12.7
1月	5.25	20.0	32.9	35.0	40.5	34.6	26.5	2.60	49.5	10.9
2月	4.58	28.8	28.1	39.2	61.5	41.6	24.8	3.77	28.8	8.60
3月	4.43	37.5	37.8	42.7	77.0	63.2	34.2	2.61	21.6	9.93

表6 月別主要測定項目濃度(新正, ろ過式)

月	pH	EC	Cl	NO3	SO4	NH4	Na	K	Ca	Mg
4月	5.19	32.0	51.5	47.6	70.7	132	40.1	5.35	29.4	18.1
5月	4.60	27.5	29.4	29.0	54.7	60.4	23.2	1.66	10.2	9.55
6月	4.73	53.9	236	30.0	69.5	70.4	188	5.98	15.0	49.1
7月	4.98	31.5	52.2	47.9	47.6	101	44.4	5.14	14.1	14.0
8月	4.87	37.2	71.7	42.3	63.2	134	61.9	4.70	15.1	21.9
9月	4.81	25.8	73.6	19.7	36.8	40.9	62.4	2.27	6.14	18.1
10月	5.00	21.4	73.3	11.6	26.2	30.2	59.1	2.08	5.17	17.0
11月	5.25	22.0	40.8	24.2	44.6	77.2	25.8	0.94	11.3	19.9
12月	5.70	23.1	69.5	16.4	37.0	88.6	44.2	3.85	21.7	19.9
1月	6.50	39.4	60.7	51.1	66.3	158	41.8	3.67	80.9	20.9
2月	5.85	40.7	49.1	53.5	88.5	175	39.9	4.46	62.8	17.3
3月	5.54	46.7	81.7	63.2	107	182	60.8	6.99	63.7	21.8

表7 月別主要測定項目濃度（桜町，W.O.法）

月	pH	EC	Cl	NO3	SO4	NH4	Na	K	Ca	Mg
4月	4.60	23.0	38.9	26.9	51.8	28.7	35.2	4.43	13.3	17.2
5月	4.55	22.0	16.0	24.5	42.9	27.8	15.0	2.25	6.02	5.76
6月	4.82	17.3	39.6	12.3	28.8	19.3	35.0	3.02	4.43	9.95
7月	4.44	37.5	65.6	34.7	54.1	34.7	61.1	4.56	8.51	16.4
8月	4.58	21.7	34.7	16.9	32.9	24.5	28.8	2.26	3.81	8.43
9月	4.53	25.9	49.1	20.0	36.4	20.0	41.5	4.24	4.29	12.5
10月	4.84	15.0	34.3	10.1	17.6	8.68	28.5	0.97	1.48	9.13
11月	4.49	26.4	43.3	18.5	39.2	18.9	29.9	3.26	15.4	13.2
12月	4.81	13.0	35.1	8.91	19.2	12.3	27.4	4.50	5.12	10.9
1月	4.59	24.2	36.6	23.4	35.2	22.8	31.6	3.79	9.41	10.4
2月	4.43	28.4	24.8	32.3	46.1	24.5	23.6	3.12	13.7	7.76
3月	4.36	37.6	40.7	41.2	65.9	47.8	38.8	3.09	15.1	9.52

表8 月別主要測定項目濃度（桜町，ろ過式）

月	pH	EC	Cl	NO3	SO4	NH4	Na	K	Ca	Mg
4月	4.79	31.8	60.5	48.8	66.8	80.0	51.5	5.53	27.7	19.7
5月	4.64	28.3	28.2	36.1	53.5	65.6	22.8	2.72	10.6	9.85
6月	4.90	22.8	53.1	21.4	33.5	54.3	44.0	3.28	8.66	12.7
7月	4.72	50.7	99.5	67.5	60.1	150	78.0	6.71	68.1	106
8月	4.75	22.1	35.6	24.2	36.5	53.2	26.7	2.49	8.08	10.1
9月	4.73	25.6	52.8	30.8	41.5	47.5	43.7	3.10	6.38	15.5
10月	5.20	11.9	31.8	9.31	15.6	15.0	22.0	1.11	3.45	15.2
11月	4.65	27.1	51.8	26.3	42.2	41.9	33.3	1.28	20.5	21.2
12月	4.88	28.3	81.9	22.5	40.6	64.4	41.9	4.42	31.5	20.6
1月	5.15	45.7	113	50.3	62.4	153	54.6	4.20	55.0	33.8
2月	4.65	37.0	52.5	50.8	68.3	98.5	41.7	4.24	29.5	17.0
3月	4.47	59.9	105	83.8	109	145	80.3	7.39	53.3	26.5

1.2 イオン成分沈着量

平成16年度，主要測定項目の年間沈着量を表9に示した．また，各地点，各方式毎の陽イ

オン，陰イオン別グラフを図1に示した．また，主なイオン成分の平成14年度からの沈着量の変遷を図2～4に示した．

表9 主要測定項目の年間沈着量

(meq/m ² /y)	新正		桜町	
	W.O.法	ろ過式	W.O.法	ろ過式
H ⁺	58.8	29.3	67.7	38.8
nss-SO ₄ ²⁻	74.9	94.7	83.3	93.3
NO ₃ ⁻	37.5	63.6	52.1	74.9
Cl ⁻	150	179	99.7	123
NH ₄ ⁺	48.3	167	57.7	148
Na ⁺	127	143	85.3	90.7
nss-Ca ²⁺	12.3	29.0	12.6	37.7

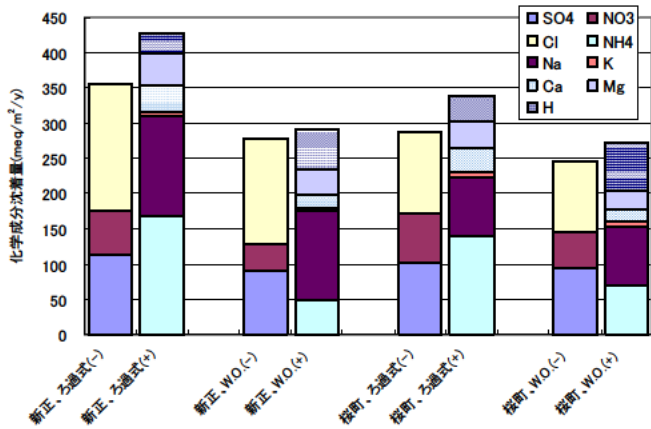


図1 沈着量のイオン組成比較 (年間沈着量)

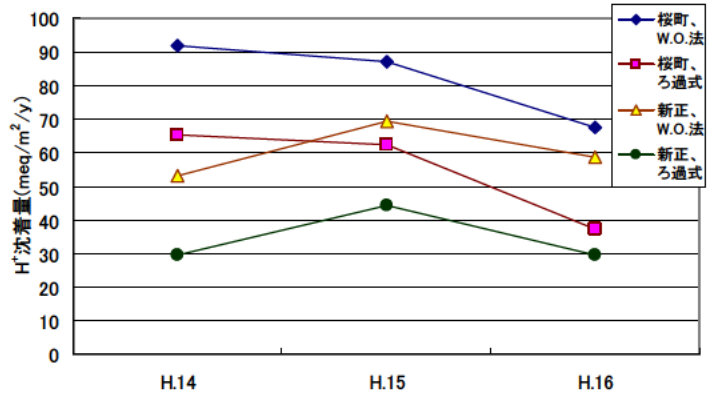


図2 水素イオン沈着量の推移

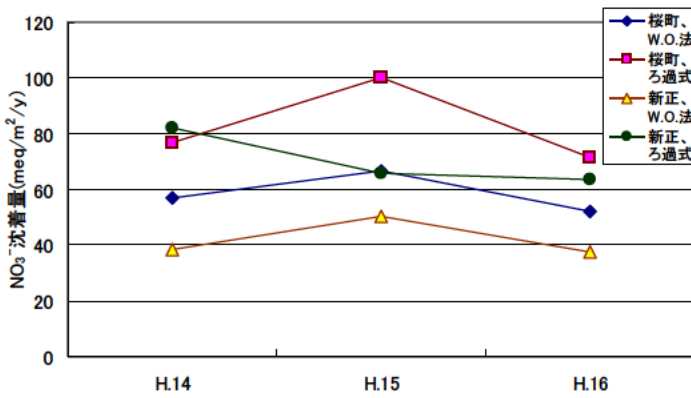


図3 硝酸イオン沈着量の推移

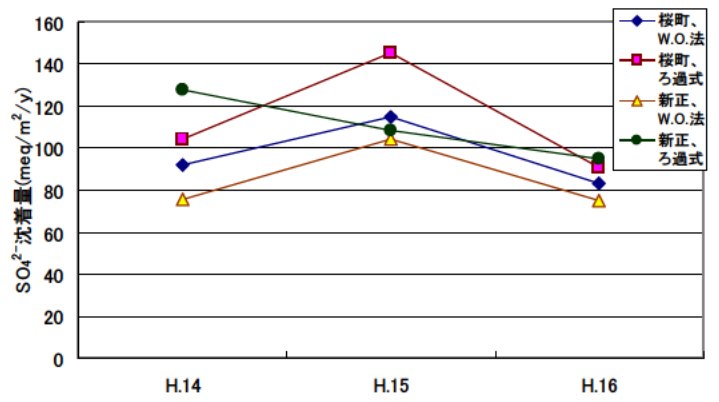


図4 硫酸イオン沈着量の推移

2. 乾式調査

平成 16 年度のN式パッシブ簡易測定法による結果を表 10～13 に示した (単位は μ

mol/m²/day)。両地点を比較すると、前年度¹⁴⁾と同様にオゾン以外は新正の方が捕集量は多く、桜町の約2倍であった。

表 10 ポリアミドロ紙による捕集量

	HC l	HNO ₃	SO ₂	NH ₃
桜町	2.57	2.76	4.49	8.38
新正	5.22	4.61	7.52	18.4

表 11 亜硝酸ナトリウム含浸ろ紙による捕集量

	HC l	O ₃	SO ₂
桜町	7.98	185	15.1
新正	12.2	152	42.1

表 12 リン酸含浸ろ紙による捕集量

	NH ₃
桜町	38.3
新正	95.0

表 13 トリエタノールアミン含浸ろ紙による捕集量

	HC l	NO ₂	SO ₂
桜町	1.54	34.3	5.25
新正	2.46	63.8	15.3

考 察

1. 湿式調査 (pH と pAi について)

降水の pH は酸と塩基のバランスより決まり、酸としての主要な化学種に硫酸と硝酸がある。図 5 に pH と非海塩性硫酸イオンと硝酸イオンの和 (初期酸度: Ai) を指数で表した pAi との関係在全国環境研協議会第 4 次酸性雨全国調査 (平成 15 年度調査) 結果 (W.O.法による調査)²³⁾ (以下、平成 15 年度全国調査結果と表す) と併せて示した。

以下に Ai と pAi の式を示す。ブラケット [] は当量濃度を表す。初期酸度は中和を受ける前の酸性物質の指標としてよく用いられる²⁴⁾⁻²⁶⁾。

$$Ai = [NO_3^-] + [nss-SO_4^{2-}]$$

$$pAi = -\log [Ai]$$

1. 1 全国調査との比較

平成 15 年度の W.O.法による調査結果は、新正、桜町両地点とも pH は全国で 2 番目に低く、低い方から 2 % 以内に入った。しかし、pAi に関しては、低い方から 7 番目であり、全国的に見ると pH は低く、pAi は相対的にはそれ程低くないという結果になった。これは、初期酸度を中和する塩基性物質が比較的少なく、結果的に pH が低くなったためと考えられる。

1. 2 採取方式による比較

図 5 中で両地点とも W.O.法は各年度とも左上 (pH が低く、pAi が高い) に位置し、ろ過式は右下 (pH が高く、pAi が低い) に位置する傾向にある。これは、ろ過式が、初期酸度は高いものの、塩基性物質が初期酸度の差以上に多く含まれているため (図 6)、結果として、W.O.法より pH が高くなると考えられる。このことから、非降水時にも塩基性物質が乾性沈着し、酸性度を中和していることが示唆された。

1. 3 年度別比較

年度別にみると、全体としては図 5 中の右上 (pH も pAi も高い) に移動している傾向がある。このことから、この 3 年間は初期酸度も低くなり、中和の結果としての pH も高くなっている。

2. 湿式調査 (nss-SO₄²⁻ と NO₃⁻ について)

nss-SO₄²⁻ と NO₃⁻ の関係を平成 15 年度全国調査結果の太平洋側に分類される地域のデータと併せて図 7 に示した。

2. 1 全国調査との比較

太平洋側地域を、左側の大多数が位置しているエリア A と右側の非海塩性硫酸イオン濃度の比較的高いエリア B に分類した。エリア B に分類される 2 地点は共に比較的化学工業が盛んな京葉工業地域に近いサンプリング地点である。平成 15 年度の W.O.法による調査結果では、新

正はエリア A とエリア B の中間に位置した。このことから、新正は、太平洋側にある大多数の地域とは異なり、化学工業が盛んな地域に類似する特性があると考えられることができる。

2. 2 年度別比較

年度別にみると、両地点、両方式共に図 7 中の左下 (nss-SO₄²⁻ も NO₃⁻ も低い) に移動しており、この 3 年間は初期酸度を決定する化学種は両方とも低下傾向にあった。

3. 湿式調査 (H⁺ 沈着量と Ai 沈着量について)

水素イオン沈着量と初期酸度 (Ai) 沈着量の関係を図 8 に示した。平成 15 年度全国調査結果を地域別に分けたデータも併せて図 8 に示した。

3. 1 全国調査との比較

平成 15 年度の W.O.法による水素イオン沈着量と初期酸度沈着量の結果は、新正、桜町両地点とも全国調査と比較すると多かった。図 8 中、右上 (水素イオン沈着量多い、初期酸度沈着量多い) に注目すると、北陸山陰は、東海、内陸 (長野、岐阜、滋賀、奈良) よりも相対的に左上 (水素イオン沈着量少ない、初期酸度沈着量多い) に位置する傾向にあった。このことは、北陸山陰では初期酸度を中和する塩基が東海、内陸に比べて多く含まれているためと考えられる。新正、桜町の両地点は両地域の間付近にあり、東海地方の中では、北陸山陰に似ており (比較的初期酸度沈着量が多く) 塩基性物質が多く沈着している傾向にあった。

3. 2 採取方式による比較

採取方式で比較すると図 8 中で、相対的に W.O.法は右下 (水素イオン沈着量多い、初期酸度沈着量少ない) に位置する傾向にあった。このことから、ろ過式の初期酸度沈着量は比較的多いが、塩基性物質が初期酸度沈着量の差以上に多く含まれており (図 9)、結果として、W.O.法より水素イオン沈着量が少なくなると考えられる。このことから、非降水時にも塩基性物質が乾性沈着し、酸性度を中和していることが示唆された。

3. 3 年度別比較

桜町では、両方式とも、平成 14 年度から平成 15 年度にかけては、水素イオン沈着量、初期酸度沈着量ともに増加したものの、平成 16 年度には初期酸度沈着量は減少したが水素イオン沈着量は増加した。また、新正では、平成 14 年度から平成 15 年度にかけて、W.O.法では両沈着量とも増加したが、ろ過式では水素イオン沈着量は増加し、初期濃度沈着量は減少した。平成 16 年度にかけては、両方式とも両沈着量とも減少した。

4. 湿式調査(N 沈着量と Heff 沈着量について)

全無機態窒素(ΣN)沈着量と潜在水素イオン(Heff)沈着量の関係を図10に示した。平成15年度全国調査結果を地域別に分けたデータも併せて図10に示した。

以下に N と Heff の式を示す。全無機態窒素は湖沼の富栄養化の指標として、また、潜在水素イオンは土壌の酸性化の指標としてよく用いられる。²⁴⁾⁻²⁶⁾

$$N = [\text{NO}_3^-] + [\text{NH}_4^+]$$
$$\text{Heff} = [\text{H}^+] + [\text{NH}_4^+] \times 2$$

4. 1 全国調査との比較

N 沈着量と Heff 沈着量の相関は高く、ほぼ一直線上に並ぶ。平成15年度のW.O.法による新正、桜町の結果は、両地点とも全国に比較すると沈着量が多く、上位20%以内に存在した。特に桜町は著しく沈着量が多かった。また、両方の沈着量が多い地域として、北陸山陰と、関東があるが、北陸山陰と比較すると、関東はN沈着量がHeff沈着量よりも相対的に多い。四日市の調査地点は両地点とも北陸山陰と似た傾向であった。

4. 2 年度別比較

両地点とも、平成14年度から平成15年度にかけて、ΣN沈着量、Heff沈着量とも増加したが、平成16年度にかけては、両沈着量とも減少した。

5. 乾式調査

図11-14に平成15年度のN式パッシブ簡易測定法による調査結果と平成15年度全国調査結果の比較を示した。なお、サンプリング速度(m/day)は、全国環境研協議会支部調査においてアクティブ法との比較により得られた平均速度を用いた²³⁾。使用したサンプリング速度は、HNO₃:213m/day、SO₂:348m/day、O₃:181m/day、HCl:301m/dayである。

パッシブ法によるガス捕集量(F(nmol))は、捕集る紙の有効断面積(A(m²))、ガス成分の大気濃度(C(nmol/m³))及び暴露期間(t(day))に比例するので次式で与えられる¹⁶⁾。

$$F = k \cdot A \cdot C \cdot t$$

この比例定数(k)がサンプリング速度となり、その単位はm/dayとなる。

図11より、HNO₃濃度は全国的にみると、瀬戸内海沿岸、太平洋側、日本海側の順に低くなるが、新正は一番高い瀬戸内海沿岸に匹敵し、一方桜町は一番低い日本海側と同程度であった。全ての地域で、夏季に高く、冬季に低かった。

図12より、SO₂濃度は全国的にみると太平洋側、瀬戸内海沿岸、日本海側の順に低くなり、新正はそれらよりも高く、桜町は年度前半に太平洋側に近い挙動を示し、12月以降は他の地域と同程度であった。新正は年度前半に高い傾向を示したが、その他の地域については、新正程の明確な傾向は無かった。また、新正の年度前半は他地域よりもかなり高い値であった。

図13より、O₃濃度は全国的にみると日本海側、太平洋側、瀬戸内海沿岸の順に濃度が低くなり、新正・桜町共に太平洋側に近い挙動で、年度前半に高い傾向を示した。年度後半には、新正は一番低い瀬戸内海沿岸と同程度であり、桜町は太平洋側と同程度となった。

図14より、HCl濃度は全国的にみると太平洋側で年度前半に高い傾向を示し、新正・桜町共にそれに似た傾向を示したが、他の地域よりも高かった。特に年度前半は、両地点とも他地域よりもかなり高かった。

四日市と他地域を比較すると、新正のHNO₃濃度、O₃濃度、HCl濃度については、概ね太平洋側と似た傾向を示したが、SO₂濃度については、他地域と異なった傾向を示した。また、桜町は、4物質全てにおいて概ね太平洋側と似た傾向を示した。また、SO₂濃度について、新正の年平均は、太平洋側の年平均の2.24倍、HCl濃度については、同様に新正は2.03倍あり、かなり高濃度である。

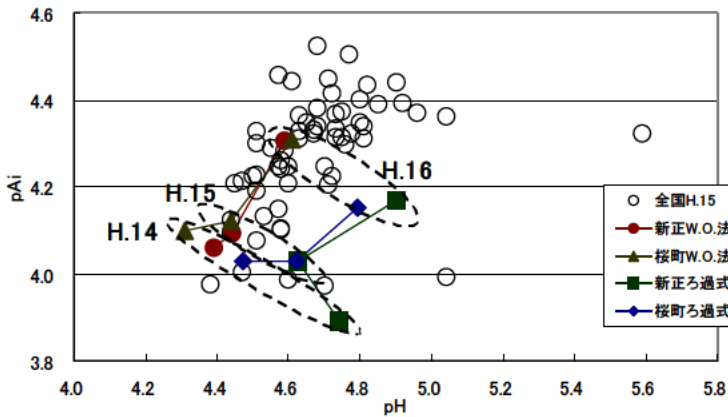


図5 pH と pAi の関係

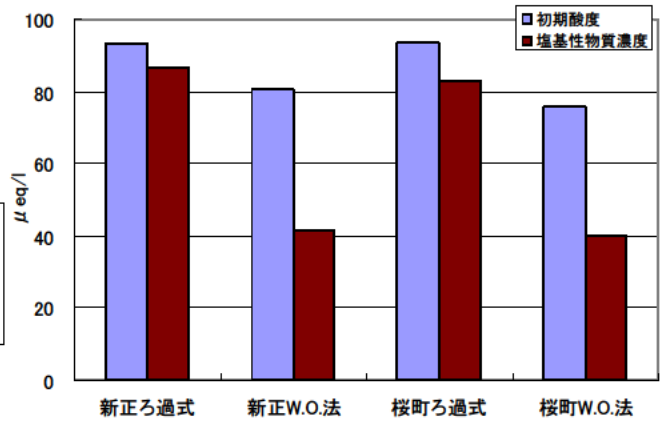


図6 初期酸度と塩基性物質濃度

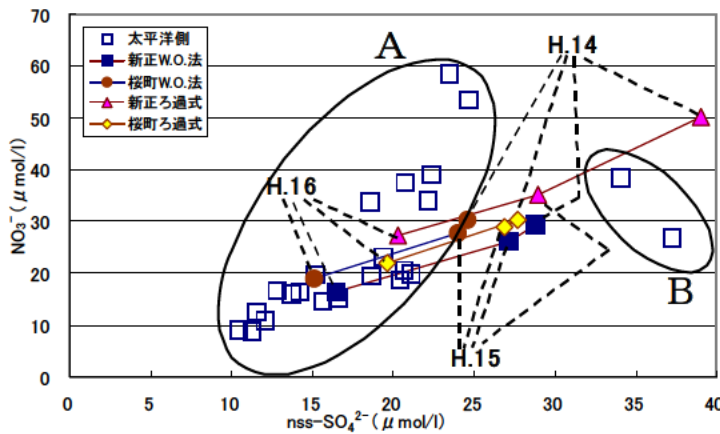


図7 nss-SO₄²⁻ と NO₃⁻ の濃度の関係

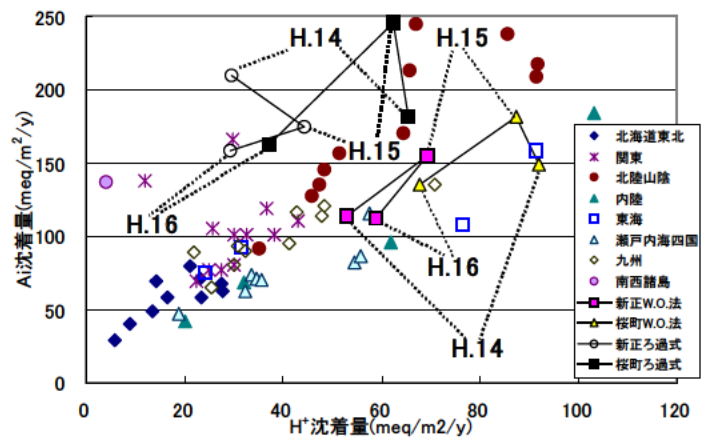


図8 H⁺沈着量と Ai 沈着量の関係

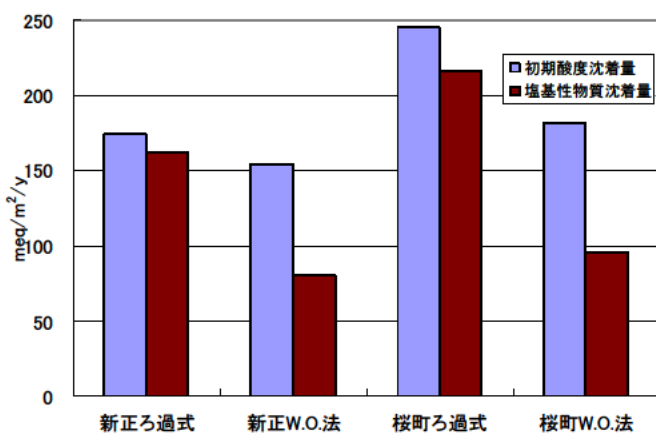


図9 H⁺沈着量と Ai 沈着量の関係

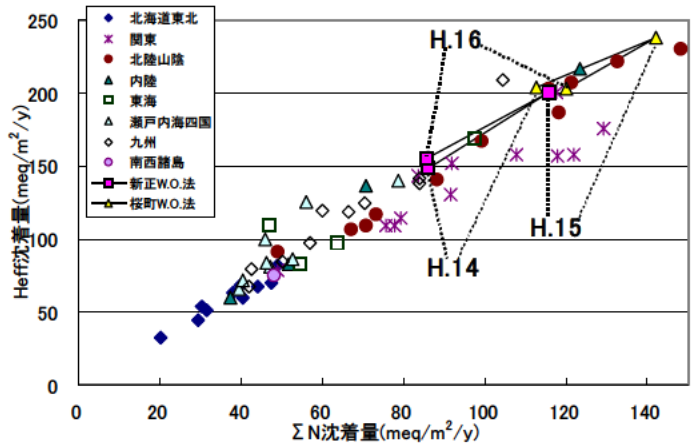


図10 ΣN 沈着量と Heff 沈着量の関係

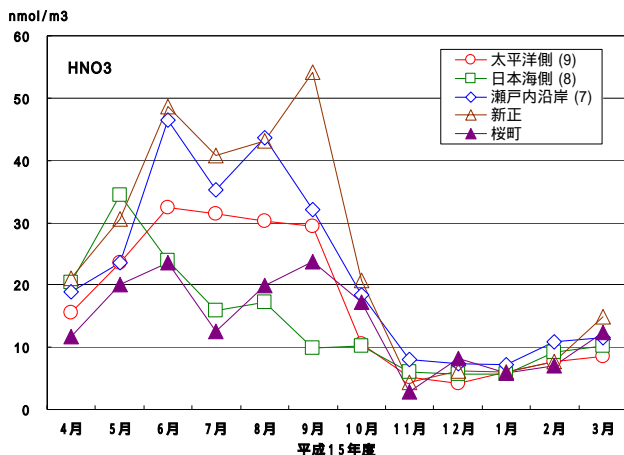


図 1 1 N 式パッシブ簡易測定法による経月変化 (ポリアミドろ紙, HNO₃)

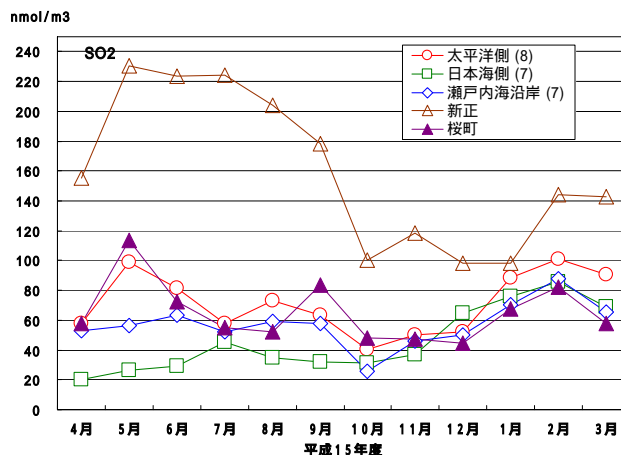


図 1 2 N 式パッシブ簡易測定法による経月変化 (亜硝酸ナトリウム含浸ろ紙, SO₂)

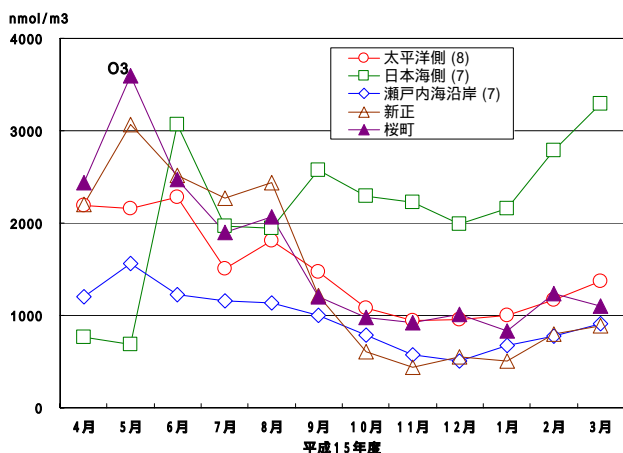


図 1 3 N 式パッシブ簡易測定法による経月変化 (亜硝酸ナトリウム含浸ろ紙, O₃)

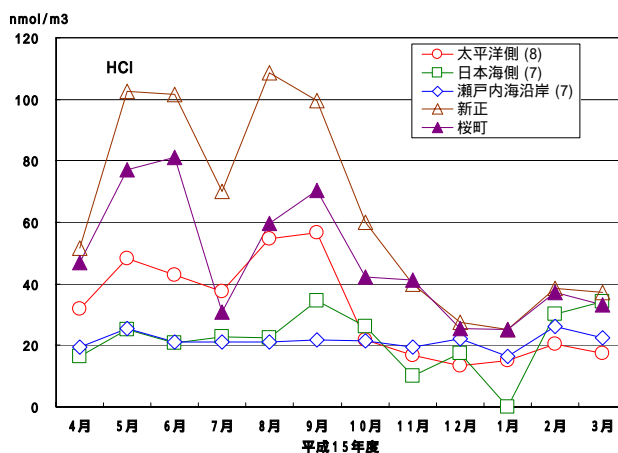


図 1 4 N 式パッシブ簡易測定法による経月変化 (亜硝酸ナトリウム含浸ろ紙, HCl)

まとめ

- 1) 平成 16 年度は, 2 地点とも (いずれの方法も) pH が前年度より高くなり, 酸性度は低くなった.
- 2) 平成 16 年度の沈着量は, 水素イオン, 硝酸イオン, 硫酸イオンとも前年度より減少した.
- 3) 平成 16 年度の乾式調査では, オゾン以外は新正が桜町より高く, 前年度と似た傾向であった.
- 4) 平成 15 年度の全国データとの比較では, pH は下位 2 % 以内に入り, pAi (初期酸度 (硝酸イオンと非海塩性硫酸イオンの和) の負の対数) についても pH 程では無いが低かった.
- 5) W.O.法とろ過式との比較から, 乾性沈着として塩基性物質の存在が示唆された.
- 6) 平成 14 年度から平成 16 年度までの間は, 概ね pH も pAi も高くなっている.
- 7) 硝酸イオンと非海塩性硫酸イオンの関係について, 平成 15 年度の太平洋側データと比較すると, 新正は京葉工業地域近傍の測定局と類似する特性を示した.
- 8) 平成 15 年度の水素イオン沈着量と初期酸度沈着量の関係では, 新正・桜町とも北陸山陰と東海 4 県・長野・滋賀・奈良との中間の傾向を示した.
- 9) 平成 15 年度の両地点の全無機態窒素・潜在水素イオン沈着量は共に高く, 北陸山陰と似た傾向を示した.

- 10) 平成 15 年度 乾式調査の経月変化をみると、新正の SO₂ が、他地域と異なる挙動を示し、その他のガス、及び桜町では、太平洋側と似た挙動を示した。

文 献

- 1) 塚田進, 内田郁夫, 渡辺将隆, 中川喜明, 山本晃道, 松井孝悦, 広部宏, 上田俊夫 : (資料) 県内の酸性降雨の現況について (第 1 報), 三重県環境科学センター研究報告, No.7, 57-61(1987) .
- 2) 塚田進, 山本晃道, 渡辺将隆, 岩崎誠二, 高橋正昭, 長井喜久 : (研究報告) 県内の酸性雨について (第 2 報), 三重県環境科学センター研究報告, No.9, 21-33 (1989) .
- 3) 塚田進, 岩崎誠二, 吉岡理, 仲邦熙, 長井喜久, 山本晃道, 地主昭博, 松井孝悦, 高橋正昭 : (資料) 県内の酸性雨の現況について (第 3 報), 三重県環境科学センター研究報告, No.10, 57-62(1990) .
- 4) 小山善丸, 稲垣卓次, 松井孝悦, 市岡高男, 加藤進, 吉岡理, 辻静夫 : (研究報告) 県内の酸性雨の現況について, 三重県環境科学センター研究報告, No.13, 25-33 (1993) .
- 5) 加藤進, 松岡行利, 永楽通宝, 藤田修造, 河口直樹, 小山善丸, 金丸豪 : (研究報告) 環境の酸性化に関する研究 - 付着珪藻からみた三重県湖沼の現状 - , 三重県環境科学センター研究報告, No.14, 1-9 (1994) .
- 6) 小山善丸, 加藤進, 永楽通宝, 辻静夫, 稲垣卓次 : (ノート) 県内の酸性雨の現況について, 三重県環境科学センター研究報告, No.14, 33-43 (1994) .
- 7) 小山善丸, 永楽通宝, 吉岡理, 加藤進 : (ノート) 三重県下におけるコンクリートつららの化学組成および構造について : No.15, 99-105(1995)
- 8) 小山善丸, 前田雅也, 藤田修造, 永楽通宝, 菅瀬宗博, 田中久郎 : (ノート) 三重県における酸性雨の実態について, 三重県環境科学センター研究報告, No.16, 63-80 (1996) .
- 9) 鳥居成幸, 永楽通宝 : (研究報告) 統計的手法を用いた降水特性の検討, 三重県環境科学センター研究報告, No.17, 35-47 (1997) .
- 10) 鳥居成幸, 永楽通宝, 奥田哲也, 高橋康三, 橋倉清和 : (研究報告) 大理石板の大気暴露調査結果について (第 1 報) - 暴露による大理石の光沢度, 重量変化 - , 三重県環境科学センター研究報告, No.18, 29-35 (1998) .
- 11) 高桑三明, 岩崎誠二, 地主昭博, 松井孝悦, 山下晃, 吉岡理, 宮田守, 伊東友夫 : (ノート) 県内の酸性雨の現状について, 三重県保健環境研究所年報 (環境部門), No.1, 71-90 (1999) .
- 12) 川上正純, 佐来栄治 : (ノート) 三重県の酸性雨の状況について, 三重県科学技術振興センター保健環境研究部年報, No.4, 129-139(2002)
- 13) 西山亨, 佐来栄治, 塚田進, 川上正純 : (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), 三重県科学技術振興センター保健環境研究部年報, No.5, 116-125(2003)
- 14) 西山亨, 佐来栄治, 塚田進 : (資料) 四日市地域における酸性雨の状況について (平成 15 年度調査), 三重県科学技術振興センター保健環境研究部年報, No.6, 95-107(2004)
- 15) 西川嘉範, 田口圭介, 井上香織, 吉村健一郎 : 大気中ガス成分のパッシブ簡易測定法の検討, 環境化学, Vol.10, No.2, pp.281-289(2000)
- 16) 全環研東海・近畿・北陸支部 : 季刊全国環境研会誌, Vol.29, No.1, 25-35(2004)
- 17) 三省堂「大辞林 第二版」
- 18) 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) .
- 19) 環境庁大気規制課 : 湿性沈着モニタリング手引き書 (1998)
- 20) 玉置元則, 平木隆年, 藍川昌秀, 西川嘉範, 田口圭介, 松本光弘 : 乾性沈着モニタリングにおける 4 段濾紙法の技術的評価, 大気環境学会誌, Vol.36, No.5, pp.308-317(2001)
- 21) 松本光弘, 植田直隆, 青山善幸, 都築英明, 西川嘉範, 田口圭介, 玉置元則, 平木隆年, 正賀充, 酒井哲男, 北瀬勝 : インファレンシャル法による東海・近畿・北陸地域における乾性沈着量の評価 - 平成 9 年度全公研東海・近畿・北陸支部共同調査(乾性沈着量) - , 全公研会誌, Vol.24, pp.190-198(1999)
- 22) 全国環境研協議会・酸性雨調査研究部会 : 第 4 次酸性雨共同調査実施要領

- 23) 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 ,Vol.30,No.2 , 2-79(2005) .
- 24) 酸性雨対策検討会:酸性雨対策調査総合取りまとめ報告書 ,平成16年6月(2004) .
- 25) 原宏:酸性雨とフィールドサイエンス (), フィールドサイエンス,1,1-13(2002)
- 26) 原宏:酸性雨とフィールドサイエンス (), フィールドサイエンス,2,1-12(2002)