

千葉市における 2010～2012 年度の酸性雨の状況

平山雄一、高梨義雄、小倉 洋、宮本 廣

要 旨

2010～2012年度にかけて千葉市宮野木で実施した降水の調査結果を報告する。その結果 pH は、年平均で 4.97～4.98 を示し、2010 年度全国データと比較するとやや高い値であった。また、海塩粒子の影響が全国平均の半分以下で少ないことが分かった。初期酸度指数については全国平均値とほぼ同等で、pH に比べてその差は比較的大きく、中性化成分が多いと考えられた。また、潜在水素イオン沈着量は全国のデータと比較しても低いグループに属している。

1 はじめに

環境モニタリングを継続することは、環境状況を把握する他に、不測の事態の影響による環境悪化や被害状況を把握確認する為にも必要であり、モニタリングデータの蓄積は危機予兆の察知にもつながり重要である¹⁾。

千葉市は、1995 年度から、全国地方自治体の環境関係試験研究機関から構成されている全国環境研協議会による酸性雨全国調査（ホームページ上にデータを公開）に継続して参加している。

今回は、2010～2012 年度に千葉市宮野木大気測定局で行った酸性雨調査（湿性沈着調査）について報告する。

2 調査方法

（１） 調査地点

調査は、表 1 に示す千葉市宮野木大気測定局（以下「宮野木」という）で行った。

（２） 試料採取方法および測定方法

「酸性雨調査法」²⁾、「湿性沈着モニタリング手引き書」³⁾に従って、降水時開放型雨水採取装置により雨水を採取し、採取した試料を計量後、測定・分析した。測定項目および測定方法は酸性雨全国調査によった。

（３） 調査時期

2010 年 4 月から 2013 年 3 月まで、月曜日から月曜日を基本として、表 2 に示す期間で調査を実施した。

（４） 全国データとの比較

比較項目としては、降水量、pH、EC や各種イオン濃度、沈着量と初期酸度、全無機態窒素、潜在水素イオン等を対象とし、全国環境研協議会の酸性雨全国調査（2010 年度）⁴⁾のデータを使用し比較を行った。また、2007 年度から使用されている地域区分を比較に用いた。なお、宮野木は EJ（東部）に区分される。

3 結果および考察

（１） 主要成分濃度結果

ア 月別の測定値

表 4 から表 6 に主要項目の月別測定結果を示した。pH は 4.03～6.08 の範囲で推移した。また、2011 年 1 月にアンモニウムイオン、硫酸イオンや硝酸イオンが高濃度を示したがこの月は降雨量が 7.9mm と最小であった。

イ 年間平均値

表 4 から表 6 に 3 年間の年間降水量および主要測定項目の年加重平均濃度を示した。また、合わせて 2010 年度、2011 年度の全国加重平均値（以下「全国平均」という）も示した。pH は 4.98 付近の値で横ばいにあり、全国平均に比べてもやや高い。硝酸イオン、非海塩性硫酸イオン（ nss-SO_4^{2-} ）およびアンモニウムイオンは、全国平均と比較するとやや低濃度であった。電気伝導率も 3 年間ほぼ横ばいであったが、全国平均と比べると 1/2 程度であった。ナトリウムイオンと塩化物イオンは 3 年間ほぼ横ばいであったが、全国平均と比較するとかなり低く、調査地点が海塩粒子の影響を受けにくいことを示している。

（２） 主要成分沈着量結果

表 3 に 3 年間の主要イオン成分の年間沈着量を示した。また、合わせて 2010 年度の全国データ中央値も示した。水素イオン沈着量は全国データ中央値と比べて少なく、3 年間の平均値は 2010 年度の全国データ中央値のほぼ 60% の沈着量であった。降水の酸性化に重要な役割を果たす硝酸イオン沈着量や非海塩性硫酸イオン沈着量も、水素イオン沈着量ほどではないが、全国データ中央値よりも低かった。一方、非海塩性カルシウムイオン沈着量のみが全国データ中央値と比べて高かった。

表1 酸性雨調査地点

調査地点名	住所	緯度	経度	標高	海岸からの距離	サンプラー設置位置	土地利用区分
宮野木	千葉市稲毛区	N35.39.14	E140.05.52	21m	4.1km	地上高5m	住居地域

表2 調査期間の季節・月区分

季節	月	2010 年度	週
春	4	3 月 29 日 ~ 4 月 26 日	4
	5	4 月 26 日 ~ 6 月 7 日	6
夏	6	6 月 7 日 ~ 7 月 5 日	4
	7	7 月 5 日 ~ 8 月 2 日	4
	8	8 月 2 日 ~ 8 月 30 日	4
秋	9	8 月 30 日 ~ 9 月 27 日	4
	10	9 月 27 日 ~ 10 月 25 日	4
	11	10 月 25 日 ~ 12 月 6 日	6
冬	12	12 月 6 日 ~ 1 月 4 日	4
	1	1 月 4 日 ~ 1 月 31 日	4
	2	1 月 31 日 ~ 2 月 28 日	4
春	3	2 月 28 日 ~ 3 月 28 日	4

季節	月	2011 年度	週
春	4	3 月 28 日 ~ 4 月 25 日	4
	5	4 月 25 日 ~ 6 月 6 日	6
夏	6	6 月 6 日 ~ 7 月 4 日	4
	7	7 月 4 日 ~ 8 月 1 日	4
	8	8 月 1 日 ~ 8 月 29 日	4
秋	9	8 月 29 日 ~ 9 月 26 日	4
	10	9 月 26 日 ~ 11 月 7 日	6
	11	11 月 7 日 ~ 12 月 5 日	4
冬	12	12 月 5 日 ~ 1 月 4 日	4
	1	1 月 4 日 ~ 1 月 30 日	4
	2	1 月 30 日 ~ 2 月 27 日	4
春	3	2 月 27 日 ~ 3 月 26 日	4

季節	月	2012 年度	週
春	4	3 月 26 日 ~ 5 月 7 日	6
	5	5 月 7 日 ~ 6 月 4 日	4
夏	6	6 月 4 日 ~ 7 月 2 日	4
	7	7 月 2 日 ~ 7 月 30 日	4
	8	7 月 30 日 ~ 8 月 27 日	4
秋	9	8 月 27 日 ~ 9 月 24 日	4
	10	9 月 24 日 ~ 11 月 5 日	6
	11	11 月 5 日 ~ 12 月 3 日	4
冬	12	12 月 3 日 ~ 12 月 28 日	4
	1	12 月 28 日 ~ 1 月 28 日	4
	2	1 月 28 日 ~ 2 月 25 日	4
春	3	2 月 25 日 ~ 3 月 25 日	4

注)週単位の試料交換日は原則として月曜日とした。

降水の酸性度を高めない役割を果たすアンモニウムイオン沈着量もやや低かった。

4 全国各地点との比較

(1) Z スコア

図1に2010年度の全国調査の平均値と標準偏差から算出したZスコアを示した。非海塩性カルシウムイオン量を除いて、2010～2012年度の各年度ともに全国平均より低かった。

塩化物イオン濃度、ナトリウムイオン濃度、カリウムイオン濃度、非海塩性カルシウムイオン濃度、マグネシウムイオン濃度は、各年度ともに全国平均より低かった。非海塩性カルシウムイオン濃度以外は、各年度ともにZスコア・0.6～・0.7前後で概ね一定の値を示した。

表3 主要イオン成分の年間沈着量(mmol/m²/year)

項目	2010	2011	2012	千葉市 平均	全国 平均	中央値 (2010)
H ⁺	16.3	14.1	13.8	14.7	31.3	26.1
Cl ⁻	42.4	49.5	34.5	42.1	142.8	62.7
NO ₃ ⁻	17.7	19.8	19.6	19.0	31.5	24.4
SO ₄ ²⁻	18.5	22.6	17.4	19.5	31.9	26.1
NH ₄ ⁺	22.8	25.4	22.4	23.5	34.0	33.9
Na ⁺	30.7	39.0	27.1	32.3	124.1	54.1
K ⁺	2.0	2.5	1.3	1.9	4.1	2.8
Ca ²⁺	7.3	8.6	8.3	8.0	10.1	7.8
Mg ²⁺	6.3	6.4	5.2	6.0	14.8	7.4
nss-SO ₄ ²⁻	16.6	20.2	15.8	17.5	24.2	22.8
nss-Ca ²⁺	6.6	7.7	7.7	7.3	7.5	6.3
ss-SO ₄ ²⁻	1.8	2.3	1.6	1.9	7.7	3.2
ss-Ca ²⁺	0.7	0.9	0.6	0.7	2.6	1.2

(2) 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。pAiは非海塩性硫酸イオン濃度と硝酸イオン濃度の和(初期酸度: Ai)を指数で表したものである^{5,6)}。

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^{5,6)}。

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

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

図2に2010年度の全国調査の各地点のデータと千葉市宮野木の3年間の年平均のpHとpAiとの関係を示した。千葉市宮野木は、全国データに比べて、pHとpAiの差が大きく、中性化イオン濃度が比較的高いことを示している。また、全国の中でも、pHは高い方から12番目、pAiは平均値に相当する値であった。2010～2012年度の3年間の平均は、pHが4.98、pAiが4.54であり、依然としてpH、pAiともに低い値が継続しているといえる。

(3) ΣN 年間沈着量について

全無機態窒素(ΣN)沈着量は湖沼の富栄養化の指標として、よく用いられる^{5,6)}。以下にその式を示す。

$$\Sigma N = [NO_3^-] + [NH_4^+]$$

図3に2010年度の全国調査の各地域別のデータ分布と千葉市宮野木の3年間の分布を示した。図中の記号は湿性沈着調査の結果からわが国を6つの地域に分けており、それぞれ、NJ(北部)、JS(日本海側)、EJ(東部)、CJ(中央部)、WJ(西部)、SW(南西諸島)としている。

図4に日本東部のΣN及びHeff年間沈着量を示す。千葉市宮野木のΣN年間沈着量はほぼ全国平均値で、地域区分では南関東の地点と同様である。

(4) Heff 年間沈着量について

潜在水素イオン(Heff)沈着量は土壌の酸性化の指標としてよく用いられる^{5,6)}。以下にその式を示す。

$$\text{Heff} = [\text{H}^+] + [\text{NH}_4^+] \times 2$$

図5に2010年度の全国調査の各地域別のデータ分布と千葉市宮野木の3年間の分布を示した。

千葉市宮野木は全国でもHeff年間沈着量が低いグループに属している。全国地域区分では図中EJの分布が広いが、一地点突出して高い値を示す地点があることが影響しており、他のEJに近い状態にあり、詳しく比較してみると南関東の地点と同様である。

5 まとめ

2010～2012年度に千葉市宮野木で実施した降水の調査結果について、以下の知見が得られた。

- 1) pH は、3年間を通じて2010年度の全国平均より弱い酸性度で推移し、2010年度の値は全国の中で12番目に高いpHであった。
- 2) 千葉市宮野木は、全国データと比較すると海塩粒子の影響が弱いことがわかった。
- 3) pH と pAi (初期酸度指数) について全国データと比較すると、pH は高い方から12番目、pAi は平均値に相当する値であった。

表4 主要項目月別測定結果(2010年度)

月	降水量 mm	pH	EC mS/m	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺
							(μmol/L)					
4	131.6	4.89	1.80	16.5	19.8	56.1	22.9	42.7	2.5	7.8	7.8	12.9
5	154.7	5.46	1.66	20.5	16.2	47.8	27.4	38.0	2.1	10.5	8.1	3.5
6	94.9	4.67	1.43	18.1	15.7	29.0	25.5	20.4	0.9	4.9	3.8	21.4
7	66.7	4.82	1.34	22.4	14.4	27.3	17.2	19.4	1.6	8.2	4.2	15.1
8	10.2	6.08	1.19	18.9	12.8	27.2	10.2	15.0	1.2	17.9	6.3	0.8
9	302.8	5.13	0.61	6.3	8.0	13.7	6.7	5.8	0.9	1.5	2.1	7.4
10	237.4	5.00	0.70	6.2	5.3	13.1	6.7	8.3	0.6	2.2	2.5	10.0
11	265.7	5.11	0.94	7.4	6.0	30.7	9.6	23.9	1.1	2.8	3.9	7.8
12	62.2	4.85	1.56	15.4	14.8	48.2	23.7	41.3	1.9	5.1	5.9	14.1
1	7.9	4.03	5.40	44.7	116.5	41.7	80.1	29.5	3.8	18.5	6.4	93.3
2	147.5	4.89	1.08	14.7	11.6	21.0	17.0	15.0	1.3	6.3	3.3	12.9
3	78.7	4.96	0.88	11.2	14.7	11.8	13.7	8.9	1.2	4.3	2.6	11.0
加重平均	1560.4	4.98	1.09	11.8	11.3	27.2	14.6	19.7	1.3	4.7	4.1	10.5
全国平均	1877	4.78	2.21	17.0	16.8	76.1	18.1	66.1	2.2	5.4	7.9	16.7

表5 主要項目月別測定結果(2011年度)

月	降水量 mm	pH	EC mS/m	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺
							(μmol/L)					
4	63.1	5.28	1.70	23.1	18.6	52.1	24.1	41.7	3.3	14.0	7.7	5.2
5	210.9	5.18	1.26	18.9	18.6	24.1	19.2	17.3	1.5	9.4	4.2	6.6
6	133.0	4.84	1.20	19.9	12.8	16.1	17.5	11.0	1.5	4.8	2.8	14.5
7	38.6	5.51	1.66	22.2	23.9	38.0	33.8	27.8	2.2	9.6	5.0	3.1
8	141.4	4.68	1.31	19.8	17.4	17.3	16.0	8.9	2.1	6.1	3.3	20.9
9	158.4	5.58	1.69	11.7	5.0	86.9	12.0	74.5	2.9	5.7	8.9	2.6
10	179.3	5.90	0.60	10.4	7.8	10.6	9.8	7.9	1.7	2.7	1.9	1.3
11	123.3	5.14	1.57	17.2	13.9	55.9	17.1	44.7	2.0	6.4	6.6	7.2
12	23.2	4.68	1.45	16.6	25.5	30.0	22.2	25.7	1.3	7.6	4.7	20.9
1	52.3	4.95	1.37	14.3	17.3	32.1	25.5	25.0	0.8	5.6	4.1	11.2
2	87.7	4.53	2.43	20.3	19.2	81.2	28.3	71.2	2.0	6.1	8.6	29.5
3	133.0	4.78	1.54	15.7	19.0	22.6	29.2	16.0	0.8	4.9	3.1	16.6
加重平均	1344.0	4.98	1.39	16.8	14.7	36.8	18.9	29.1	1.8	6.4	4.8	10.5
全国平均	1968	4.81	2.30	17.3	14.8	85.1	17.3	73.0	2.5	5.1	8.7	17.1

表6 主要項目月別測定結果(2012年度)

月	降水量 mm	pH	EC mS/m	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺
							(μmol/L)					
4	170.5	5.48	1.79	18.3	16.9	59.2	22.7	50.5	1.7	11.8	7.9	3.3
5	110.3	4.81	2.70	31.0	38.1	23.4	51.5	16.3	2.0	13.8	5.5	15.5
6	221.1	4.93	0.72	10.0	7.5	9.4	10.2	5.8	0.3	3.0	2.0	11.7
7	71.5	4.46	1.66	18.2	21.4	20.8	17.8	12.5	1.0	5.5	3.3	34.7
8	29.6	4.97	1.36	18.7	14.9	18.4	14.2	10.7	0.7	11.2	4.4	10.7
9	110.8	5.62	0.77	10.3	8.9	12.9	15.0	1.3	2.4	5.5	3.3	2.4
10	231.4	4.88	1.14	7.0	14.3	23.8	10.9	20.3	0.4	2.9	3.0	13.2
11	146.3	5.45	0.92	8.6	6.4	30.5	9.1	26.3	0.5	3.9	3.7	3.5
12	20.2	5.28	1.23	9.1	13.8	32.6	26.4	26.6	0.7	4.4	3.5	5.2
1	106.8	4.86	1.10	9.8	13.5	19.1	11.3	16.8	0.5	3.2	2.7	13.8
2	35.0	4.76	1.67	19.6	27.0	31.8	25.9	26.9	1.0	7.5	4.6	17.4
3	38.0	5.71	1.92	23.3	24.7	66.5	20.5	59.0	2.9	21.3	9.6	1.9
加重平均	1291.5	4.97	1.30	13.5	15.2	26.7	17.4	21.0	1.0	6.4	4.1	10.7

降水量は単純平均

4) 千葉宮野木の全無機態窒素年間沈着量は、ほぼ全国平均値で、南関東の地点と同様である。

5) 千葉宮野木の潜在的水素イオン年間沈着量は、全国でも Heff 年間沈着量が低いグループに属している。全国地域区分では EJ に近い状態にあり、詳しく比較してみると南関東の地点と同様である。

参考文献

- 1) 西山 亨, 佐栄治ら: (ノート) 三重県における 2007-2009 年度の酸性雨の状況, 三重県科学技術振興センター保健環境研究部年報, No.12, 72-79(2010)
- 2) 酸性雨調査法研究会編: 酸性雨調査法, 株式会社ぎ

ようせい, (1993)

- 3) 環境省地球環境局環境保全対策課, 酸性雨研究センター: 湿性沈着モニタリング手引き書(第2版), (2001).
- 4) 全国環境研協議会・酸性雨調査研究部会事務局: 第5次酸性雨全国調査報告書(平成22年度), 季刊全国環境研会誌, 37,110-158(2012)
- 5) 原 宏: 酸性雨とフィールドサイエンス(I), フィールドサイエンス, 1,1-13(2002)
- 6) 原 宏: 酸性雨とフィールドサイエンス(II), フィールドサイエンス, 2,1-12(2002)

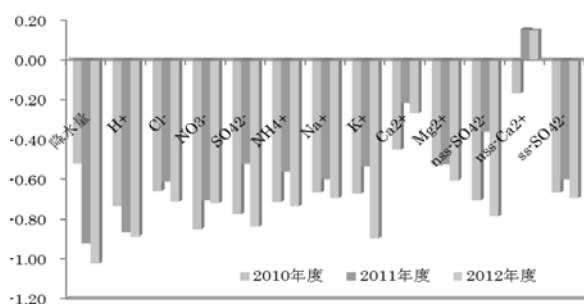


図1 降水量および各成分濃度のZスコア

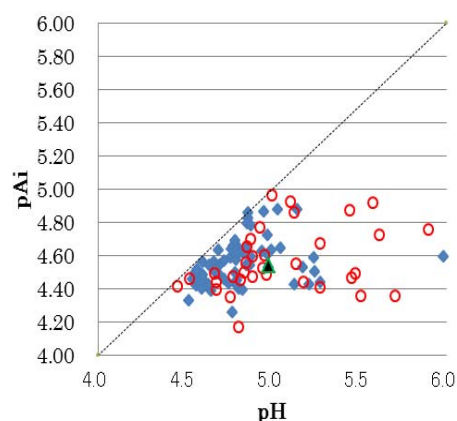


図2 pHと初期酸度の関係

(◆全国各地点、○千葉市、▲千葉市平均値)

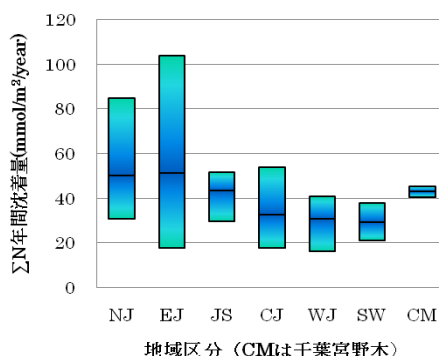


図3 ΣN年間沈着量の分布

(2010年度全国調査および2010-2012年度宮野木)

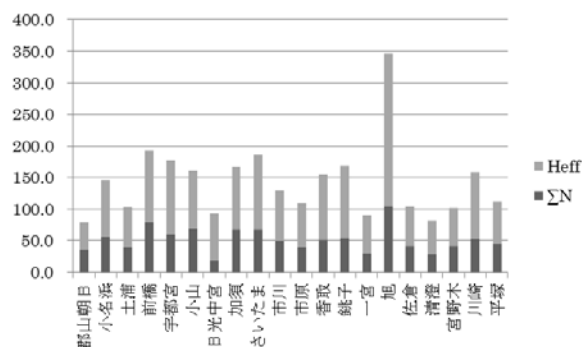


図4 EJ(東部)のΣN及びHeff年間沈着量

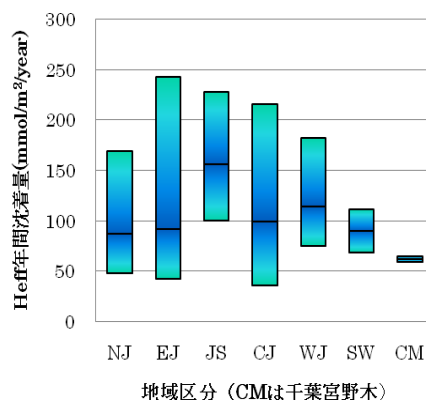


図5 Heff年間沈着量の分布

(2010年度全国調査および2010-2012年度宮野木)