

全国規模からみた福岡市における酸性雨の特徴について

古賀 公泰¹・木村 哲久¹・篠塚 正義¹

A Study of Acid rain between Fukuoka City and other districts in Japan

Kimiyasu KOGA, Norihisa KIMURA and Masayoshi SHINOZUKA

福岡市における酸性雨の特徴を知ることは、地球環境の視点で重要なことである。したがって、本市と全国の酸性雨の調査結果を比較検討した結果、pHは全国レベルと比べて衛生試験所では若干高いが、千石荘では全国レベルである。また、千石荘はNH₄⁺、NO₃⁻及びCa²⁺降下量がかなり少なく都市域の影響をほとんど受けていないが、海洋の影響を比較的受けているなど、いくつかの特徴が明らかになった。

Key Words: 酸性雨 Acid rain, 酸性降下物 Acid precipitation, 酸性沈着 Acid deposition, 非海塩性 Non seasalt, 大気汚染物質 Air pollutants, 生態系 Eco systems, 限界負荷量 Critical load

I はじめに

平成4年度酸性雨全国調査結果報告書に基づき、全国規模の酸性雨降下物の季節変化および年間降下量¹⁾から、大気汚染物質による広域的な酸性降下物降下量の実態を把握し、福岡市における酸性雨の広域的な沈着量や各種指標値の特徴を報告する。

II 調査方法

調査期間は、平成4年4月から平成5年3月である。ただし、福岡市に関しては平成5年4月から平成6年3月も追加した。

調査地点は139点で表1に示す。福岡市衛生試験所(以下衛試という。)は博多区の商店・住宅の中の住居地域にあり、国民宿舎千石荘(以下千石荘という。)は早良区の周囲が数百mの山で囲まれた清浄な山間地域にある。

調査は、ろ過式採取法により降下物を採取し、pH、EC(導電率)、SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、Na⁺、NH₄⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺および降下量を測定分析した。各項目の測定・分析法は酸性雨等調査マニュアル²⁾に基づき測定結果は1ヶ月単位で集計した。

なお、試料採取が2ヶ月にまたがる場合は降下量の多

い方の月に採り入れることにより行った。また、季節の区切りは、春季は4~6月、夏季は7月~9月、秋季は10月~12月および冬季は1月~3月とした。

表1 調査地点の地域区分

地域名	所属都道府県名
北海道・東北	北海道・青森・岩手・宮城・山形・福島・新潟
関東・甲信・静	茨城・栃木・群馬・埼玉・千葉・東京・神奈川・山梨・長野・静岡
東海・近畿・北陸	富山・石川・福井・岐阜・愛知・三重・滋賀・京都・大阪・兵庫
中国・四国	鳥取・島根・岡山・広島・山口・徳島・香川・愛媛・高知
九州	福岡・佐賀・長崎・熊本・大分・宮崎・鹿児島・沖縄

III 調査結果及び考察

1. 降下量の地域別比較調査

降下量の調査結果を表2に降下量の非海塩由来の比率を表3に示す。

1) 全イオン降下量に対する陰イオンの降下量の比の(A/A+C)はどの地域もおおむね0.5で衛試及び千石荘においても同様であった。

1. 福岡市衛生試験所 理化学課

表2 期間別地域ろ過式のろ液による降下量 (meq/m²/期間)

期間	地域区分	地点数	降水量	pH	H ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	N/S	A/A+C	nss-Ca ²⁺	nss-Cl ⁻	nss-SO ₄ ²⁻	N/nss-S	Cl/Na
年間	北海道・東北	30	1315	4.8	20.8	128.7	43.3	6.2	41.4	32.3	156.0	26.9	78.3	0.34	0.49	35.0	6.2	61.5	0.44	1.21
〃	関東・甲信・静	26	1443	4.6	32.9	58.5	48.0	4.5	42.2	14.4	78.2	38.8	63.1	0.61	0.48	38.8	10.0	55.8	0.70	1.34
〃	東海・北陸・近畿	35	1480	4.7	31.5	130.3	39.6	6.5	33.3	32.3	163.4	30.4	80.9	0.38	0.49	28.3	11.4	67.1	0.45	1.25
〃	中国・四国	25	1409	4.7	28.8	105.2	40.1	5.7	35.1	27.2	123.7	30.0	80.9	0.37	0.49	30.4	1.3	68.3	0.44	1.18
〃	九州	23	1629	4.7	32.1	117.6	31.0	6.5	52.4	29.8	151.9	23.9	88.9	0.27	0.50	47.2	15.0	74.8	0.32	1.29
春季	全国平均	140	417	4.7	8.7	13.0	12.4	1.4	11.3	3.8	16.8	9.4	22.3	0.42	0.49	10.7	1.7	20.8	0.45	1.29
夏季	全国平均	137	422	4.7	8.3	19.3	9.8	1.3	8.0	5.0	24.8	7.4	17.8	0.42	0.49	7.1	2.4	15.5	0.48	1.28
秋季	全国平均	140	328	4.7	6.4	38.4	8.2	1.6	8.8	9.3	47.4	6.0	17.7	0.34	0.49	7.1	2.7	13.1	0.46	1.23
冬季	全国平均	138	287	4.7	5.8	39.4	10.0	1.6	12.0	9.6	48.0	7.2	20.6	0.35	0.49	10.3	2.1	15.9	0.45	1.21
年間	全国平均	139	1449	4.7	29.1	109.9	40.6	5.9	40.2	27.6	136.8	30.1	78.4	0.38	0.49	35.4	8.7	65.2	0.46	1.24
4年度	衛 試		1221	4.8	18.4	78.2	32.0	4.6	36.1	20.1	105.0	21.4	69.4	0.31	0.50	32.7	14.0	60.0	0.36	1.34
〃	千石荘		1836	4.6	43.4	83.6	18.8	4.4	17.0	21.4	110.8	18.2	67.6	0.27	0.50	13.4	13.4	57.6	0.32	1.33
5年度	衛 試		1970	4.9	23.7	60.1	40.5	4.3	36.5	17.7	87.0	23.4	65.1	0.36	0.49	33.8	17.0	57.9	0.40	1.45
〃	千石荘		2564	4.9	36.0	92.3	16.9	5.5	29.7	27.9	131.5	17.6	57.9	0.30	0.49	25.7	24.0	46.8	0.38	1.42

表3 地域別年間降下量の非海塩由来の比率 (%)

地域区分	地点数	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	N/nss-S
北海道・東北	30	56	86	9	4	100	80	0.44
関東・甲信・静	26	72	94	7	13	100	89	0.70
東海・北陸・近畿	35	58	83	8	7	100	81	0.45
中国・四国	25	61	87	12	1	100	84	0.44
九州	23	62	90	10	10	100	84	0.32
全 国	139	61	88	9	6	100	83	0.46
衛 試(4年度)		64	91	11	13	100	86	0.36
千石荘(〃)		59	79	11	12	100	85	0.32
衛 試(5年度)		70	93	23	20	100	89	0.40
千石荘(〃)		65	86	25	18	100	81	0.38

2) 降水量(表2)は全国的に冬季がやや少ない傾向であった。年間降水量は北海道・東北地域がやや少なく、九州地域がやや多い。しかし、衛試では全国平均の約1450mmより少ない1221mmで千石荘では1836mmとかなり多く、この傾向は5年度でも同様である。

3) H⁺降下量(表2)は季節毎の全国平均でみると6~9meq/m²であり年間約29meq/m²であった。衛試では、全国平均より少なく約63%であるが千石荘では約150%とかなり差があり都市域と山間清浄域の違いが顕著である。

また、降水量で重み付けしたH⁺の平均値から求めたpH(-log平均H⁺降水量/平均降水量)の各季節の全

国平均値は衛試が4.75~5.00と若干高いが千石荘は4.57~4.75ではほぼ全国レベルといえる。

4) SO₄²⁻は(表2)に示すように非海塩由来が大部分であった。SO₄²⁻は季節毎の全国平均でみると18~22meq/m²であり、年間78meq/m²でH⁺降下量の約3倍であった。地域別にみると九州地域が多かったが、福岡市におけるSO₄²⁻降下量は両地点とも全国平均以下でありSO_x汚染があまり多くないと考えられる。

5) NO₃⁻降下量(表2)は季節毎の全国平均でみると6~9meq/m²であり、年間30meq/m²でありSO₄²⁻降下量の1/2以下でH⁺降下量と同程度であった。地域別にみると九州地区が少なく福岡市の両地点ともかなり少なく、NO_x汚染が多くないことを示している。

6) NH₄⁺降下量(表2)は季節毎の全国平均でみると8~12meq/m²であり、年間40meq/m²でありSO₄²⁻降下量の1/2程度であった。地域別にみると関東・甲信・静地域が多く、大都市工業地域が多い傾向にあり、福岡市でも衛試と千石荘を比べても明確に差がみられる。

7) Ca²⁺降下量(表2)は全国平均でみると九州地域が他の地域より多いが、福岡市においては千石荘は逆にかなり低く異なった傾向にある。また、表3に示すようにSO₄²⁻と同様非海塩由来が大部分であった。

8) (表2)に示したN/S比(NO₃⁻/SO₄²⁻)をみると関東・甲信・静地域が他の地域より高く、酸性降下物に対するNO₃⁻の寄与が高かった。九州地域は全国

平均より若干低く福岡市の両地点とも九州地域の平均レベルであった。

表4 調査地点の属性区分

属 性		属 性 内 容
大区分	小区分	
都 市	大都市・工業	工業地域および大都市等の大規模な発生源を有する地域
	一般環境	大規模な発生源を有しない一般的な居住空間を有する地域
清 浄 清	清 浄	山間等比較的清浄な地域の地点

2. 沈着量及び各種指標の比較調査

一般に酸性雨の影響を評価する場合、降水の成分濃度はあくまで一週間の短期的評価であり、酸性雨がおよぼす影響を把握していくには、年間の雨量を考慮に入れた沈着量を用いる評価方法がある。さらに、酸性雨についての各種指標が提案されており、これらの指標値の地域による特徴を下記に示す。

1) 調査地域の地域区分及び属性区分

都市域の降水物の特徴をみるために、調査地点を都市域と山間等の比較的清浄な地域（以下清浄域という。）とに大区分した。これによって区分された各地点数は都市域が109地点、清浄域が31地点であった。さらに、都市域を大都市・工業域と一般環境に小区分した。これらはそれぞれ24地点および85地点であった。調査地点の属性は表4の基準により酸性雨全国調査結果報告書¹⁾に従い区分した。

2) 都市域と清浄域の沈着量の比較

地域別平均沈着量は表5に示すように都市域（大都市・工業域及び一般環境）は、清浄域に比べNH₄⁺、Ca²⁺、NO₃⁻、SO₄²⁻の沈着量が約1.5倍位あり、その中でも大都市・工業域で多い傾向にある。非海塩由来のCa²⁺、SO₄²⁻をみても同様であった。海塩由来と考えられるNa⁺、Mg²⁺やK⁺は都市域と清浄域での差があまりなかった。大都市・工業域は一般環境よりNH₄⁺が多くCa²⁺、SO₄²⁻はやや多い傾向にあり、Cl⁻は一般環境の方が若干多い特徴がみられた。これらのことはNH₄⁺

が下水汚泥処理や工業工程でのNO_x対策の脱硝に使用されていること、Ca²⁺は道路の粉じんや建設粉じん等、SO₄²⁻はディーゼル車の軽油や重油中の硫黄等及びCl⁻は海塩のSO₄²⁻やNO₃⁻等の酸によるロス等で説明可能なことから道路環境からの寄与が都市域とくに大都市・工業域で大きいと推察される。

3. 地域別沈着量の比較

1) 地域別平均沈着量（表5）で示すように、NH₄⁺及びNO₃⁻の沈着量は、関東・甲信・静地域が多く、九州地域が全国平均と比べてかなり少ない。すなわち都市域での沈着量が多く、大都市・工業域での負荷が多いことがわかる。福岡市では衛試と千石荘で地点の差が明らかである。

2) Ca²⁺の沈着量は、東海・近畿・北陸地域及び中国・四国地域が少なく、九州地域が多い。これは土壌由来と考えられており、衛試が全国レベルで千石荘はかなり少ない傾向にある。

3) SO₄²⁻の沈着量は、関東・甲信・静地域が少な

表5 地域別平均沈着量 (g/m²)

地域区分	降水量	H ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻
都 市	1413	0.029	2.51	0.78	0.23	0.89	0.33	4.82	1.95	3.90	0.80	3.27
大都市・工業	1421	0.023	2.31	0.92	0.26	0.97	0.35	4.24	2.10	4.08	0.88	3.50
一般環境	1411	0.030	2.57	0.74	0.22	0.87	0.33	4.99	1.91	3.85	0.77	3.21
清 浄	1576	0.030	2.59	0.57	0.24	0.50	0.35	4.97	1.56	3.28	0.40	2.63
北海道・東北	1315	0.021	2.96	0.78	0.24	0.83	0.39	5.54	1.67	3.76	0.70	2.95
関東・甲信・静	1443	0.033	1.35	0.86	0.18	0.84	0.18	2.78	2.41	3.03	0.78	2.68
東海・北陸・近畿	1480	0.032	3.00	0.71	0.25	0.67	0.39	5.80	1.88	3.88	0.57	3.22
中国・四国	1409	0.029	2.42	0.72	0.22	0.70	0.33	4.39	1.86	3.88	0.61	3.28
九 州	1629	0.032	2.70	0.56	0.25	1.05	0.36	5.39	1.48	4.27	0.94	3.59
全 国 平 均	1449	0.029	2.53	0.73	0.23	0.80	0.34	4.86	1.87	3.76	0.71	3.13
衛 試 (4年度)	1221	0.018	1.80	0.58	0.18	0.72	0.25	3.73	1.33	3.33	0.65	2.88
千石荘 (ヶ)	1836	0.043	1.92	0.34	0.17	0.34	0.26	3.93	1.13	3.24	0.27	2.76
衛 試 (5年度)	1970	0.024	1.38	0.73	0.17	0.73	0.22	3.09	1.45	3.12	0.68	2.78
千石荘 (ヶ)	2564	0.036	2.12	0.30	0.22	0.59	0.34	4.67	1.09	2.78	0.51	2.25

表6 地域別沈着量の比較

	限界 負荷量	全国 平均値	北海道 ・東北	関東・甲 信・静	東海・北 陸・近畿	中国・ 四国	九州	衛試	千石荘
SO ₄ ²⁻ (g/m ² /年)	3.0	3.76	3.76	3.03	3.88	3.88	4.27	3.33	3.24
NO ₃ ⁻ (〃)	4.4	1.87	1.67	2.41	1.88	1.86	1.48	1.33	1.13
NH ₄ ⁺ (〃)	1.3	0.73	0.78	0.86	0.71	0.72	0.56	0.58	0.34
雨量 (mm)	—	1449	1316	1443	1480	1409	1629	1221	1836

く九州地域が多くなっており、火山の影響によるものと考えられる。しかし、福岡市は少ない方に位置しており、影響は少ないといえる。

4) NO₃⁻の沈着量は関東・甲信・静地域がやや多いほかは、いずれの地域も大差なく、移動発生源からの寄与が大きいことを示唆している。

5) ヨーロッパにおいては生態系への大きな被害を生ずる影響の尺度として、限界負荷量(クリティカルロード)という考え方があり、硫黄及び窒素の沈着量については、1g(S)/m²/年、1g(N)/m²/年が規定されている³⁾。この値は、SO₄²⁻に換算すると3g/m²/年であり生態系に対して緩やかな変化が生ずるといわれている。窒素についてはNO₃⁻に換算するとこの値は4.4g/m²/年、NH₄⁺に換算すると1.3g/m²/年である。全国平均、地域別及び衛試、千石荘における沈着量の比較を表6に示す。

限界負荷量でみるとSO₄²⁻が全国的に若干上まわっているが、NO₃⁻、NH₄⁺とも全国各地域で超えたところはない。また、ヨーロッパで出現している酸性雨の被害についても日本では一部で報道されるものの、まだ因果関係が明確になっておらず、ヨーロッパと日本の土壤の質の違い等も考えられている。しかし、千石荘のような山間部の清浄域といわれるところでも、降水量が多いと降水中のSO₄²⁻及びNO₃⁻等の濃度は低いが、沈着量としては大都市レベルとなり、加藤⁴⁾が示唆しているように、今後は大きな沈着量が酸性雨による生態系等への影響を促進するのか、逆に降水中の濃度が低いことがこれらの影響を抑制しているかを注意深くモニタリングする必要があると思われる。

4. 地域別各種指標値の特徴^{1) 5) 6)}

地域別平均値の当量濃度比などから指標値を求め地域的な特徴を検討した。表7、8にそれらの値を示す。

1) nss-Ca²⁺/Ca²⁺

全Caの中に占めるnss-Ca²⁺の割合は全国平均値で0.88であるが、本市の千石荘では0.79と若干低くこの地域は海塩由来のCa²⁺の多い地域といえる。すなわちこの地点は後背地は背振山系で北側から博多湾を望むこ

とができ早良区にある西区大気常時監視局の年間主風向はNNE及びSEで海塩の影響を受けやすいことがわかる。

2) NH₄⁺/nss-Ca²⁺

nss-Ca²⁺に対するNH₄⁺の当量比は、これら2つのイオン種のうちどちらが主に中和に関与しているかをみる指標である。福岡市は全国平均値の1.15とほぼ同程度であるが九州地域の0.66は極端に低いのが特徴として現れている。これは表5に示すように九州地域が他地域に比べてnss-Ca²⁺が高いことに原因している。

3) NO₃⁻/nss-SO₄²⁻

nss-SO₄²⁻に対するNO₃⁻の当量濃度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ものである。この比の全国平均値は0.46と降水の酸性化には硫酸イオンの寄与が大きいことがわかる。特に九州地域ではその傾向が強く福岡市の両地点でも同様である。しかし、関東・甲信・静地域は全く逆で降水の酸性化には硝酸イオンの寄与が大きくなっている。

4) nss-SO₄²⁻+NO₃⁻+nss-Cl⁻

nss-SO₄²⁻+NO₃⁻とnss-Cl⁻の当量濃度の和から中和に働く成分がない時の潜在的pH値を計算によって求めることができる。この計算値のpHの全国平均値は4.15で中和成分がない場合にはこの程度までpH低下の可能性のあるものと考えられる。最も低い地域は中国・四国地域で4.10、最も高い地域は九州で4.16、千石荘は4.31と高くなっている。測定したpHと比べると差がなく中和成分が少ない結果になっているが表6に示すとおり中和成分のNH₄⁺とCa²⁺の当量濃度は全国各地域と比べて非常に低いことから説明できる。

5) H⁺/(NO₃⁻+nss-SO₄²⁻)

これは、もともとあった硫酸と硝酸のうち、どれくらいの割合が中和されずに残っているかを示す指標である。この全国平均値は0.30と7割の酸が中和されていることがわかる。この値の比較的大きな地域は北海道・東北地域で約8割の酸が中和されており、衛試と同レベルである。しかし、千石荘においては0.57と約4割の酸しか中和されないのはNH₄⁺+nss-Ca²⁺が全国レベルと比べてはるかに低いため、中和されにくく、残っている

表7 地域別当量濃度および沈着量（上段： $\mu\text{eq}/l$ 下段： $\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ ）

地域区分	降水量	pH	H ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nss-K ⁺	nss-Ca ²⁺	nss-SO ₄ ²⁻	nss-Cl ⁻
都 市	1413	4.7	28.7	109.1	43.2	5.9	44.6	27.3	135.9	31.5	81.3		39.8	68.2	
大都市・工業	1421	4.8	23.1	100.5	51.0	6.6	48.5	28.4	119.4	33.9	85.0		44.1	72.9	
一般環境	1411	4.7	30.3	111.6	40.9	5.7	43.4	27.0	140.6	30.8	80.2		38.6	66.8	
清 浄	1576	4.7	30.3	112.7	31.8	6.1	24.9	28.5	140.0	25.1	68.3		20.0	54.7	
北海道・東北			15.8		32.9		31.5			20.5	59.5		26.6	46.8	4.7
	1315	4.8	20.8	128.7	43.3	6.2	41.4	32.3	156.0	26.9	78.3	3.5	35.0	61.5	
関東・甲信・静			22.8		33.3		29.2			26.9	43.7		26.9	36.7	7.0
	1443	4.6	32.9	58.5	48.0	4.5	42.2	14.4	78.2	38.8	63.1	3.2	38.8	55.8	
東北・北陸・近畿			21.3		26.8		22.5			20.5	54.7		19.1	45.3	7.7
	1480	4.7	31.5	130.3	39.6	6.5	33.3	32.3	163.4	30.4	80.9	3.8	28.3	67.1	
中国・四国			20.4		28.5		24.9			21.3	57.4		21.6	48.5	8.8
	1409	4.7	28.8	105.2	40.1	5.7	35.1	27.2	123.7	30.3	80.9	3.5	30.4	68.3	
九 州			19.7		19.0		32.2			14.7	54.6		29.0	45.9	9.3
	1629	4.7	32.1	117.6	31.0	6.5	52.4	29.8	151.9	23.9	88.9	4.0	47.2	74.8	
全国平均			20.0		28.0		27.7			20.8	54.1		24.4	45.0	5.7
	1449	4.7	29.1	109.9	40.6	5.9	40.2	27.6	136.8	30.1	78.4	3.6	35.4	65.2	
衛試(4年度)			15.1		26.2		29.6			17.5	56.8		26.8	49.1	11.4
	1221	4.8	18.4	78.2	32.0	4.6	36.1	20.1	105.0	21.4	69.4	3.0	32.7	60.0	
千石荘(ヶ)			23.6		10.2		9.3			9.9	36.8		7.2	31.4	7.3
	1836	4.6	43.4	83.6	18.8	4.4	17.0	21.4	110.8	18.2	67.6	2.6	13.4	57.6	
衛試(5年度)			12.0		20.6		18.5			11.9			17.2	29.4	8.6
	1970	4.9	23.7	60.1	40.5	4.3	36.5	17.7	87.0	23.4	65.1	3.0	33.8	57.9	
千石荘(ヶ)			14.0		6.6		11.6			6.9			10.0	18.3	9.3
	2564	4.9	36.0	92.3	16.9	5.5	29.7	27.9	131.5	17.6	57.9	3.6	25.7	46.8	

表8 地域別各種指標値 ($\mu\text{eq}/l$)

地域区分	nss-Ca	nss-SO ₄	NH ₄	NO ₃	NO ₃ +	NH ₄ +	$-\log(\text{nss-SO}_4 + \text{NO}_3 + \text{nss-Cl})$	H ⁺	(A)-(N)	Ca	Cl
	Ca	SO ₄	nss-Ca	nss-SO ₄	nss-SO ₄ (A)	nss-Ca(N)		NO ₃ +nss-SO ₄	D値	NO ₃ +nss-SO ₄	Na
都 市	0.89	0.84	1.09	0.46	70.6	58.8	4.15	0.29	11.8	0.43	1.25
大都市・工業	0.91	0.86	1.16	0.47	75.2	66.9	4.12	0.22	8.3	0.45	1.19
一般環境	0.89	0.83	1.06	0.46	69.1	56.4	4.16	0.31	11.7	0.45	1.26
清 浄	0.80	0.80	1.59	0.46	50.6	32.9	4.30	0.38	17.7	0.31	1.24
北海道・東北	0.84	0.79	1.24	0.44	67.3	59.5	4.14	0.23	7.8	0.47	1.21
関東・甲信・静	0.92	0.88	1.24	0.73	63.6	60.2	4.15	0.36	3.4	0.46	1.34
東海・北陸・近畿	0.85	0.83	1.40	0.45	65.8	45.9	4.13	0.32	19.9	0.34	1.25
中国・四国	0.87	0.84	1.32	0.44	69.8	50.1	4.10	0.29	19.7	0.36	1.18
九 州	0.90	0.84	0.66	0.32	60.6	48.0	4.16	0.33	12.6	0.53	1.29
全国平均	0.88	0.83	1.15	0.46	65.8	52.4	4.15	0.30	13.4	0.42	1.24
衛試(4年度)	0.91	0.86	0.98	0.36	66.6	53.0	4.10	0.23	13.6	0.44	1.34
千石荘(ヶ)	0.79	0.85	1.40	0.32	41.3	17.4	4.31	0.57	23.9	0.23	1.33
衛試(5年度)	0.93	0.89	1.20	0.40	41.3	37.8	4.30	0.29	3.5	0.45	1.45
千石荘(ヶ)	0.87	0.81	0.66	0.38	25.2	16.6	4.46	0.56	8.6	0.46	1.42

酸が比較的多いといえる。

6) $[\text{nss-SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-] - [\text{NH}_4^+ + \text{nss-Ca}^{2+}]$ (D値)
 nss-SO_4^{2-} と NO_3^- の当量濃度と NH_4^+ と nss-Ca^{2+} の当量濃度との差 (D 値) は降水の酸性度を決定づける重要な指標である。

D 値の全国平均値は 13.4 であるが東海・近畿・北陸地域は 19.9, 中国・四国は 19.7 と平均値の 1.5 倍であり D 値がプラスに傾き H^+ 濃度は高くなっている。衛試は全国レベルであるが、千石荘では全国平均の約 1.8 倍とかなり H^+ 濃度は高く、酸性雨による影響が出る可能性がある。

7) Cl^-/Na^+

Cl^-/Na^+ 比は、全国レベルでみると北海道・東北地域、中国・四国地域では海塩の Cl^-/Na^+ 比 1.16 と同じ値かかなり近い値を示しており、表 7 の Na^+ 沈着量から考えて海岸からの影響が大きいといえる。しかし、関東・甲信・静地域は表 7 の Na^+ 沈着量から海洋からの影響は比較的小さいが Cl^-/Na^+ 比は大きいのが特徴である。

一方、九州地域は表 7 から海洋の影響も大きい、 Cl^-/Na^+ 比が 1.29 と関東・甲信・静地域に次いで大きく火山による影響⁷⁾が考えられている。

衛試 (海岸から約 2 km)、千石荘 (海岸から約 11 km) とも Cl^-/Na^+ 比が大きいのが特徴であり、表 2 の SO_4^{2-} 降下量等から火山の影響も九州の他地域に比べて大きくないので、 nss-Cl^- の起源についての調査が必要と思われる。

8) 各種指標値のバランスからみると、衛試は全国都市区分の中で一般環境域に属し、千石荘は典型的な清浄域とはいえないが、 $\text{nss-Ca}^{2+} + \text{NH}_4^+$ がかなり低い海洋の影響がみられる清浄域に属している考えられる。

IV ま と め

本報告の調査結果から得られた本市に関する知見を以下に示す。

1) H^+ 降下量は全国レベルより衛試では少ないが千石荘では多く、降下量で重み付けした pH は衛試では若干高いが、千石荘では全国レベルである。

2) SO_4^{2-} 及び NO_3^- 降下量は、全国及び九州レベルに比べて少ない方に位置している。

3) NH_4^+ , NO_3^- 及び Ca^{2+} 降下量は、千石荘はかなり少なく都市域の影響をほとんど受けていないが nss-

$\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ の比率が低いことから海洋の影響を比較的受けやすい清浄域と考えられる。

4) 非海塩由来の Cl^- の比率が両地点とも全国レベルのトップに位置しており、この起源についての調査が必要と思われる。

5) 沈着量は限界負荷量と比べて SO_4^{2-} が若干上まわっているが NO_3^- , NH_4^+ とも超えていない。しかし、生態系等への影響については降水量との関係等からもみていく必要がある。

6) 各種指標値のうち、 $\text{H}^+/\text{NO}_3^- + \text{nss-SO}_4^{2-}$ では全国レベルをみると約 7 割が中和された結果になっているが千石荘では 0.57 と約 4 割の酸しか中和されておらず残った酸が多いといえる。また、中和成分がない時の潜在的 pH 値は両地点とも全国レベルの 4.2 ~ 4.3 である。一方、 H^+ 濃度の傾向をみる D 値では衛試は全国レベルであるが、千石荘は全国平均の 1.8 倍で H^+ 濃度は高く、酸性雨による影響をみていく必要がある。

7) 各種指標値のバランスから、衛試は全国都市区分の中で一般環境域に、千石荘は海洋の影響がみられる清浄域に属しており各々住居地域と山間地域に位置していることから考えて、ほぼ妥当な地点と考えられる。

以上のことから酸性雨に関する調査は、イオン濃度はもちろん沈着量の視点と各種指標値の特徴を把握し、土壌も含めた広域的、長期的及び多角的な視点で、検査だけでなく、解析を加えた調査が重要と思われる。

文 献

- 1) 金子弥四郎, 他: 全国公害研究誌 19. 2, 2 ~ 66, 1994
- 2) 環境庁大気保全局 監修: 酸性雨調査マニュアル (改訂版) 1990 年 3 月
- 3) 村野健太郎: 酸性雨と酸性霧 113 ~ 116, 裳華房, 1993
- 4) 加藤 進: 三重県環境保全事業団研究報告 1. 29 ~ 30, 1994
- 5) 九州衛生公害技術協議会大気分科会: 九州・沖縄地方酸性雨共同調査報告書 (平成 4 年度) 9 ~ 81, 1992
- 6) 関東地方公害対策推進本部大気汚染部会: 湿性大気汚染調査報告書 (平成 4 年度) 45 ~ 58, 1992
- 7) 広中博見, 他: 全国公害研会誌 19. 3, 19 ~ 26, 1994