

福岡市における平成2年度の酸性雨の調査状況

古川 滝雄¹・古賀 公泰¹

Weekly Survey on Acid Precipitation in Fukuoka City from May, 1990 to March, 1991

Takio FURUKAWA and Kimiyasu KOGA

平成2年5月7日から平成3年3月31日まで、約1週間ごとろ過式法による雨水調査を行なった。年平均値では、pHは福岡市が環境庁第一次全国調査よりわずかに高く、九州の6月調査ではnss-SO₄²⁻、NO₃⁻とnss-Ca²⁺は福岡市が九州平均より高かった。さらに、重回帰分析の結果、H⁺濃度とnss-SO₄²⁻、NO₃⁻とnss-Ca²⁺に関係がみられた。また、太宰府市（福岡県衛生公害センター）との平均の比較では、pHは福岡市がやや高く、nss-SO₄²⁻、NO₃⁻とnss-Ca²⁺も高かった。それらの3成分の両市間の相関はそれぞれ0.6前後と全体的に同程度の値であり、福岡市と太宰府市で強い関係は見られなかった。

Key Words: 酸性雨 Acid Precipitation 福岡市 Fukuoka City

太宰府市 Dazaifu City ろ過式採取装置 Filtering Bulk Sampler

I はじめに

現在、地球的環境破壊が重大な社会問題化となっている。その中の一つである酸性雨は、ヨーロッパや北米で湖沼の酸性化など深刻な問題となっている¹⁾。日本でも酸性雨や酸性霧などの汚染が報告され^{2,3,4,5)}、最近、国および地方研究所で調査研究が開始されている。

九州においても、「九州・沖縄酸性雨共同調査」^{6,7)}（元年度は6月、2年度は5、6月）を平成元年度から開始し、火山の影響など、有意義な知見が報告されている。しかし、酸性雨は広域的な影響や地域的な特性など、その発生機構は複雑なものであり、福岡市などの一地域における状況の把握は困難である。そこで、福岡市における酸性雨の状況を検討するため、平成2年5月7日から平成3年3月31日まで、ほぼ1週間ごとにろ過式法によって雨水を採取した分析結果について他の地域と比較して解析を行なった。また、福岡県衛生公害センターの

分析結果とも比較を行なったので報告する。

II 調査方法等

調査地点は福岡市街の東部で博多湾から約2kmの住宅地域である。雨水の採取は環境庁が実施しているろ過式採取装置により、ほぼ一週間ごと採取した。採取前に300mlの蒸留水でロートを洗浄し、その洗浄水と雨水を合したものについて分析を行なった。分析方法については、pHはガラス電極法、導電率(EC)は導電率計、SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻はイオンクロマト法、NH₄⁺はインドフェノール法、Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺、Na⁺は原子吸光度法で行った。なお、nss-は非海塩性を表す⁹⁾。

III 結果および考察

分析結果を表1に示しているが、今回の解析にはSO₄²⁻、Cl⁻とCa²⁺についてはNa⁺を海塩の指標としてnss-SO₄²⁻、nss-Cl⁻、nss-Ca²⁺を算出したものを

1. 福岡市衛生試験所 理化学課

表1. 分析結果表

(単位: $\mu\text{eq}/\text{l}$ ただし, 雨量はmm ECは $\mu\text{S}/\text{cm}$)

採取開始日	雨量	H ⁺	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	C/A	O ^o /C ^c (EC)
5.07	13.1	9.6	18	65	21.3	26	10.5	45	9	5.1	20	0.89	1.06
5.14	37.3	15.9	17	56	14.8	17	16.6	23	7	2.3	14	0.89	1.06
5.21	0.0	7.2	15	42	25.3	37	8.3	35	11	4.6	32	0.95	0.95
5.28	52.9	11.0	14	45	12.1	21	10.5	25	7	1.8	17	0.91	1.03
6.04	14.0	51.3	33	86	30.8	20	21.6	35	7	2.6	14	0.96	0.99
6.11	33.2	14.1	9	28	10.3	10	12.2	16	4	2.3	4	1.08	0.83
6.18	0.0	23.4	16	20	12.6	17	9.4	36	8	3.8	17	1.95	0.99
6.25	50.3	12.9	11	31	11.9	16	21.6	12	3	1.0	8	0.96	0.95
7.02	16.8	17.0	16	46	11.0	23	23.3	14	7	1.8	17	0.99	1.00
7.09	16.9	3.8	18	26	10.5	72	9.4	30	17	2.3	57	1.09	1.10
7.16	5.9	16.6	17	31	17.1	38	10.5	28	10	2.3	27	1.09	1.03
7.25	2.9	4.6	15	40	31.1	18	11.6	68	8	2.0	15	1.24	1.06
7.31	0.0	2.3	14	31	35.2	23	8.3	56	11	3.1	21	1.13	1.03
8.27	14.1	4.1	12	29	18.1	27	7.2	47	7	2.8	31	1.34	0.95
9.03	1.1	12.0	15	31	21.1	38	6.1	40	12	3.3	47	1.34	0.89
9.10	35.5	7.4	11	23	7.7	30	7.2	19	7	1.5	31	1.19	0.99
9.17	53.4	22.9	28	42	10.8	155	12.8	21	34	8.4	115	1.02	0.80
10.01	58.7	35.5	26	50	26.9	38	17.7	18	8	2.3	56	1.19	0.97
10.08	68.2	27.5	23	45	9.0	52	9.4	10	12	1.5	71	1.24	0.99
10.15	0.0	1.0	8	16	10.5	20	6.7	19	7	2.0	17	1.11	1.21
10.22	3.6	8.5	21	48	17.7	80	16.6	39	18	2.6	72	1.08	0.95
10.29	10.6	57.5	44	86	27.7	111	15.5	45	25	4.1	89	1.05	0.92
11.05	27.0	7.6	21	32	8.4	97	4.4	18	21	1.8	86	1.01	1.06
11.13	8.3	8.9	18	44	15.3	50	11.6	27	11	1.0	43	0.93	1.04
11.20	10.1	10.5	23	53	12.1	86	10.5	25	19	2.6	78	0.97	1.03
11.26	17.7	7.4	121	120	13.5	916	26.6	44	136	17.7	670	0.86	0.93
12.03	13.3	0.6	17	46	7.3	59	4.4	60	15	1.5	56	1.23	1.06
12.10	4.5	0.7	121	310	53.6	765	61.5	270	109	22.3	509	0.86	0.86
12.17	11.8	0.6	37	107	29.7	163	30.5	111	32	4.9	128	1.02	0.91
12.25	6.5	0.7	123	247	24.7	971	22.7	285	139	26.6	740	0.98	0.77
12.31	40.8	1.4	45	115	23.1	211	36.6	94	48	6.4	135	0.92	1.00
1.07	2.3	0.7	40	101	28.7	199	15.0	138	34	4.1	139	1.00	0.92
1.14	7.5	0.3	45	131	25.8	139	12.8	181	29	7.7	87	1.07	1.08
1.21	11.3	0.1	47	130	23.5	174	14.4	167	31	5.6	104	0.98	1.07
1.28	2.8	0.2	30	86	35.6	67	14.4	111	17	5.1	56	1.08	1.13
2.04	28.3	1.3	19	65	14.7	50	15.0	62	12	2.8	40	1.04	1.04
2.12	68.3	11.8	32	53	11.8	162	0.0	34	35	4.1	111	0.87	1.03
2.18	17.5	1.8	89	152	25.0	603	41.6	115	108	20.0	531	1.05	0.85
2.28	29.6	14.1	24	56	14.4	78	19.4	38	19	4.9	58	1.04	0.98
3.04	76.0	47.9	34	78	26.3	27	34.4	25	7	4.9	18	1.05	1.03
3.11	13.7	11.2	18	41	17.9	53	15.5	33	13	3.8	44	1.08	0.97
3.18	54.5	26.3	23	41	13.4	61	11.6	19	16	3.6	54	1.12	0.96
3.25	9.8	63.1	49	111	40.3	68	56.5	37	17	6.1	57	1.08	0.98

使用した。また、海塩の影響が異常に大きいと考えられるNa⁺濃度が100 μeq/l以上および異常値の棄却検定で有意であった1/14～1/21 (nss-SO₄²⁻, nss-Ca²⁺), 1/28～2/4 (nss-Ca²⁺), 3/25～3/31 (nss-SO₄²⁻) のデータは使用しなかった。

1. イオン成分の特徴とH⁺濃度との関係

平成2年6月の九州・沖縄酸性雨共同調査において、pHは福岡市(4.73)が九州平均(4.92)よりやや低い値であった(表2)。nss-SO₄²⁻は福岡市で37.0 μeq(以下単位はすべてμeq)であり、北九州市戸畑(31.0)や大分市曲(39.7)と同程度で、九州平均(23.1)よりやや高かった。NO₃⁻は同様に福岡市(14.0)、北九州市戸畑(12.1)や大分市曲(12.6)が九州平均(5.3)より高かった。nss-Ca²⁺は福岡市(15.7)、北九州市戸畑(26.6)、北九州市河内(14.8)、大分市曲(12.6)が九州平均(8.0)より高かった。NH₄⁺は全体的にバラツキが大きく、18.3と九州平均(11.7)よりやや高かったが、北九州市戸畑(33.3)ほど高くはなかった。NO₃⁻/nss-SO₄²⁻(以下N/S)は福岡市が0.378であったが、九州南部が0.1～0.2で北部が0.3以上(九州平均が0.230)と北部が全体的に高かった。すなわち、北部が南部よりnss-SO₄²⁻と比べてNO₃⁻の割合が高かった。このように、いわゆる汚染質といわれるnss-SO₄²⁻、NO₃⁻とnss-Ca²⁺の3物質が都市に高い傾向がみられた。

表2 平成2年6月の液量換算平均値

(単位: μeq/l) n=4

項目	福岡市	九州平均
H ⁺ (pH)	18.8 (4.73)	12.1 (4.92)
nss-SO ₄ ²⁻	37.0	23.1
NO ₃ ⁻	14.0	5.3
nss-Cl ⁻	6.7	3.7
NH ₄ ⁺	18.3	11.7
nss-Ca ²⁺	15.7	8.0
Mg ²⁺	3.3	3.3
K ⁺	1.8	1.0
Na ⁺	7.4	12.2

平成2年5月7日から平成3年3月31日の福岡市において、海塩の影響が異常に大きいもの等を除いたデータでのpHは4.24～6.22(全データでは4.20～7.00)の範囲にあり、平均が4.80(全データでは4.81)であった。平成2年6月の4.73とあまり異ならず、環境庁第

表3 福岡市の各成分の単純相関係数表 n=30

項目	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
H ⁺	.655**	.393*	-.031	.591**	-.244	.069	.032	.113
SO ₄ ²⁻		.477**	.236	.653**	.206	.090	.396*	.019
NO ₃ ⁻			.019	.293	.487**	-.044	.444*	-.150
Cl ⁻				.337	.156	-.023	.239	-.350
NH ₄ ⁺					-.187	-.223	.250	-.229
Ca ²⁺						.169	.299	-.048
Mg ²⁺							.256	.911**
K ⁺								.113

注1: **は有意水準0.01, *は有意水準0.05で有意

注2: SO₄²⁻, Cl⁻, Ca²⁺については海塩(nss-)を除いたもの

一次全国調査のろ過式での年平均値(2)(4.7)と比較してわずかに高い値であった。N/Sは0.43で同調査平均0.35よりやや高い程度であった。

H⁺濃度とイオン成分との単純相関係数(表3)ではnss-SO₄²⁻(0.655**), NO₃⁻(0.393*)とNH₄⁺(0.591**)が有意であった(以下, **は有意水準0.01, *は有意水準0.05で有意を表す)。その他の各成分間ではnss-SO₄²⁻がNO₃⁻(0.477**), NH₄⁺(0.653**)とK⁺(0.396*)と高く、NO₃⁻がnss-Ca²⁺(0.487**)とK⁺(0.444*)と高かった。Mg²⁺とNa⁺は0.911**と非常に高く、海塩の影響と考えられた。

そこで、変数増減法によってH⁺濃度に対する他のイオン成分の影響を調べた結果、下記のような回帰式となった。

$$H^+ = 0.495 \times nss-SO_4^{2-} + 0.734 \times NO_3^- - 0.519 \times nss-Ca^{2+} - 0.669$$

選択された成分はnss-SO₄²⁻, NO₃⁻とnss-Ca²⁺であった。H⁺と単純相関係数で関連がみられたNH₄⁺(0.591**)が選択されなかったのは、H⁺とnss-SO₄²⁻との関係(0.655**)およびnss-SO₄²⁻とNH₄⁺との関係(0.653**)の強さから表面的な現象として現われたものと考えられた。また、単純相関係数で関連がみられなかったnss-Ca²⁺(-0.244)が選択された。

回帰式の重相関係数は0.818とかなり高い値であり、偏相関係数はそれぞれ0.667** (nss-SO₄²⁻), 0.461* (NO₃⁻)と-0.641** (nss-Ca²⁺)であった。選択された変数について、NO₃⁻は0.05, nss-SO₄²⁻とnss-Ca²⁺は0.01で有意であった。

nss-SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, nss-Ca²⁺は降水のpHに影響すると指摘され²⁾, かつ, 平成元年度の6月の九州・沖縄酸性雨共同調査ではそれらの成分が選択されていた⁶⁾が, 平成2年度の福岡市ではNH₄⁺だけが選択されない結果となった。九州の他の地域とは異なってNH₄⁺はあまり関係なく, 酸性化への寄与はnss-SO₄²⁻とNO₃⁻が関係し, アルカリ性への寄与はnss-Ca²⁺が関係していた。

nss-Cl⁻も酸性化に大きな役割をされると考えられているが, 平成2年度の福岡市においてはあまり関係はみられなかった。

2. 太宰府市(福岡県衛生公害センター)との比較

福岡市のH⁺濃度に関連があったnss-SO₄²⁻, NO₃⁻とnss-Ca²⁺について, どの程度の広がりをもっているかを調べるために, 福岡市から内陸に約10 kmに位置

する太宰府市(福岡県衛生公害センター)との比較を行った。採取期間が1日まで異なったものまで含めると18週分が一致していたが, そのうち, 3週分は両市ともNa⁺が100 μeq以上であったので, 15週分について比較した。なお, このことは海塩の影響が福岡市と同様に太宰府市まで及んでいることを示している。福岡県衛生公害センターでは採取前に蒸留水による洗浄はしてい

表4 福岡市と太宰府市の平均値

(単位: μeq/l) n=15

項目	福岡市	太宰府市
H ⁺ (pH) (μeq)	19.9 (4.70)	33.0 (4.48)
nss-SO ₄ ²⁻ (μeq)	69.6	54.9
NO ₃ ⁻ (μeq)	27.2	17.5
nss-Ca ²⁺ (μeq)	42.1	28.6

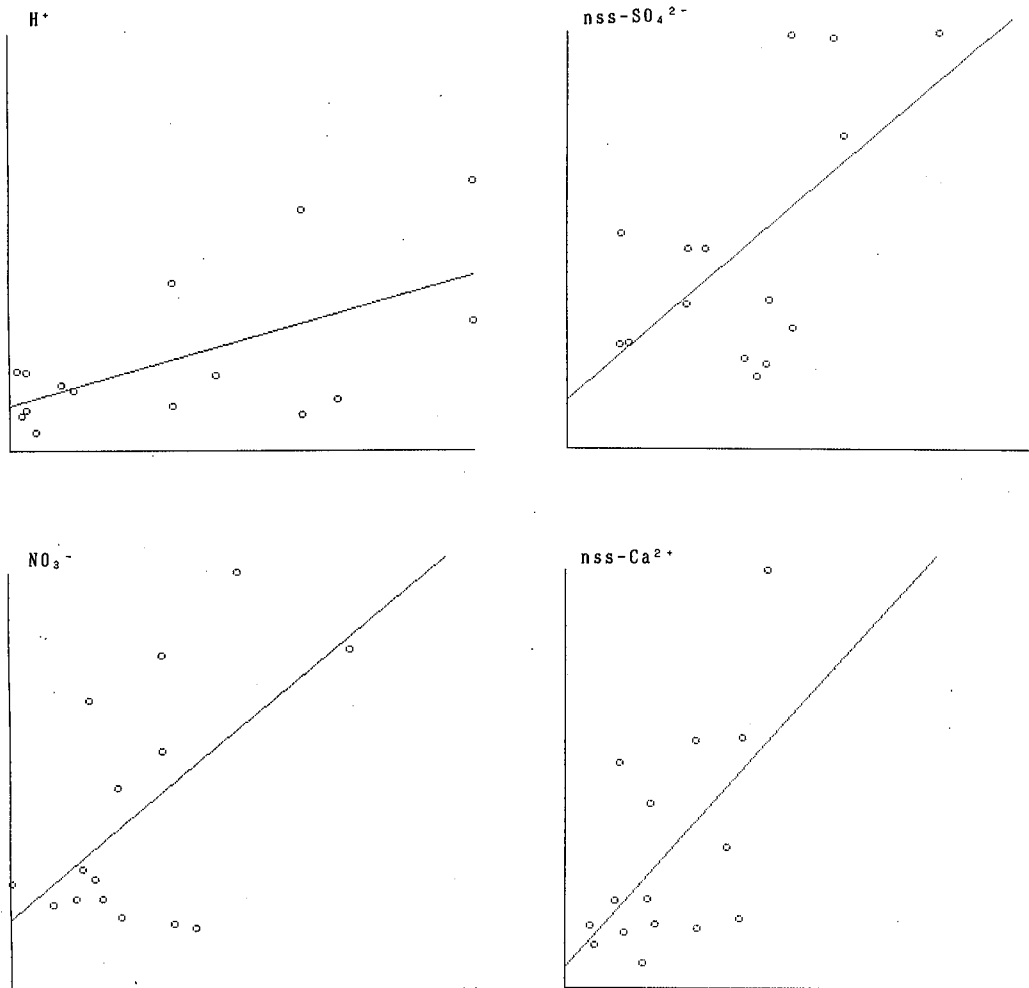


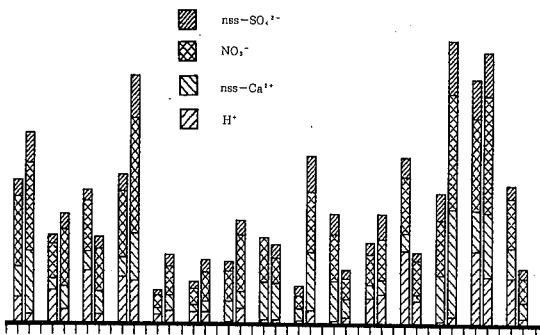
図1 福岡市(縦軸)と太宰府市(横軸)の成分濃度の相関図

ないため、 H^+ 濃度を除く他の成分については福岡市のデータを実質の雨水量における濃度に換算した。

上記のように、6月の調査では福岡市などの都市で $nss-SO_4^{2-}$ 、 NO_3^- や $nss-Ca^{2+}$ が九州平均より高い傾向がみられたが、太宰府市では、 pH (4.85)、 $nss-SO_4^{2-}$ (22.3)と $nss-Ca^{2+}$ (8.9)と九州平均 (4.92, 23.1, 8.0)と同程度であり、 NO_3^- は8.7と九州平均 (5.3)よりやや高かったが、福岡市 (14.0)ほどではなかった。

15週分の平均値について、 H^+ 濃度は福岡市が19.9 (pH 4.70)、太宰府市が33.0 (pH 4.48)と6月調査とは逆に福岡市のほうがやや低い、すなわち、 pH がやや高かった。 $nss-SO_4^{2-}$ は福岡市が69.6で太宰府市が54.9と福岡市が1.27倍とやや高いが、洗浄等の影響があるので、違いは明らかではなかった。しかし、 NO_3^- と $nss-Ca^{2+}$ はそれぞれ27.2と17.5 (1.55倍)、42.1と28.6 (1.47倍)と $nss-SO_4^{2-}$ の差より多くなっていた。したがって、 N/S は福岡市が0.391であり、太宰府市 (0.319)よりやや高くなっていた。

また、相関係数ではそれぞれ、 0.600^* (H^+)、 0.610^* ($nss-SO_4^{2-}$)、 0.580^* (NO_3^-)、 0.583^* ($nss-Ca^{2+}$)とともに5%有意であり、図1、2のようになった。



(左側：太宰府 右側：福岡市)

図2 週ごとの成分濃度の組成比

したがって、 H^+ 濃度と $nss-SO_4^{2-}$ については明らかなことは言えないが、 NO_3^- と $nss-Ca^{2+}$ については福岡市の方が高い傾向がみられた。また、福岡市と太宰府市との相関はあまり強くはないが、 0.6 (決定係数 0.36) 前後と全体的に同程度の値であることから、3物質とも同程度の関連性があると考えられた。これらのことから、福岡市においては、太宰府市を含めた広域的影響と福岡市の地域的な影響が組み合わされたものである可能性が推測されるが、今後、さらに同じ方式によ

る調査をする必要がある。また、平均値において、 $nss-SO_4^{2-}$ が NO_3^- や $nss-Ca^{2+}$ と比べてあまり差がないことは、2物質よりは広域的影響が大きい可能性が考えられた。

IV おわりに

平成2年度の調査結果から、以上のようなある程度の成果が得られたが、平成3年度は全国公害研究協議会酸性雨調査が一年間行なわれ、また、国立環境研究所地球環境研究グループは東シナ海、黄海、日本海上の航空機観測と地上調査を平成3年10月に予定している。これらの調査に本市も参加しており、今後の調査結果に期待したい。

謝辞

この解析に、太宰府市におけるデータを提供していただいた福岡県環境整備局公害課に深謝致します。

文 献

- 1) 大喜多敏一：酸性雨研究の歴史と今後の課題、公害と対策、27 (7)、21～34 (1991)
- 2) 玉置元則、小山 功：地上から見た日本の酸性雨、大気汚染学会誌、26 (1)、1～22 (1991)
- 3) 大石興弘、他：大気汚染学会講演要旨集、432 (1990)
- 4) 村野健太郎：酸性霧汚染の実態、公害と対策、27 (3)、29～34 (1991)
- 5) 読売新聞 (朝刊)：宝満山で酸性霧被害、1990. 3. 8
- 6) 九州衛生公害技術協議会大気分科会：平成元年度九州・沖縄地方酸性雨共同調査報告書 (1990)
- 7) 九州衛生公害技術協議会大気分科会：平成2年度九州・沖縄地方酸性雨共同調査報告書 (1991)
- 8) 平木降年、他：大気降水量におよぼす海塩粒子の影響、兵庫県公害研究所研究報告、20、13～22 (1988)