

広島市における雨水成分調査（第10報）

築地 裕美 下田 喜則^{*1} 吉岡 英明 中村 和央^{*2}
 村野勢津子 小中ゆかり 細末 次郎 光野 幸一^{*3}
 國弘 節 加納 茂

過去16年間の平均降水量は1,463mmであった。また、pH値は伴小学校<安佐北区役所<佐伯区役所の順に低く、年間降水量と逆の関係を示した。

雨水の酸性化に寄与する主な湿性沈着量($\text{meq}/\text{m}^2/\text{year}$)の平均は Cl^- が伴小学校で63.5、安佐北区役所で59.0、佐伯区役所で49.3であり、 nss-SO_4^{2-} が伴小学校で38.4、安佐北区役所で39.7、佐伯区役所で40.1であり、 NO_3^- が伴小学校で34.4、安佐北区役所で33.2、佐伯区役所で37.7であった。

$\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ や $\text{NH}_4^+/\text{nss-Ca}^{2+}$ の関係により、本市の雨水の酸性化は自排ガスによる影響が示唆された。

キーワード：酸性雨、ろ過式酸性雨採取装置

はじめに

本市では昭和62年度(1987年度)からろ過式酸性雨採取装置を用い、平成11年10月からは降水時開放型雨水採取装置によっても、雨水成分調査を実施している。

今回は、ろ過式酸性雨採取装置を用いて、平成5年度から20年度までの過去16年間に実施した雨水成分の調査結果について報告する。

方 法

1 調査地点

調査は次の3地点で行い、その位置を図1に示す。

- ・伴小学校(安佐南区沼田町大字伴6153)
- ・安佐北区役所(安佐北区可部四丁目13-13)
- ・佐伯区役所(佐伯区海老園二丁目5-28)

2 調査期間

平成5年4月1日～平成21年3月31日まで。

3 調査方法

「酸性雨等調査マニュアル」および「湿性沈着モニタリング手引書」に準じ、ろ過式酸性雨採取装置を用いて1か月に1～2回毎に採取した。採取した雨水の分析項目を表1に示す。

表1 分析項目および方法

分析項目	分析方法
降水量	採水量より算出
pH値	ガラス電極法
電気伝導率(EC)	導電率計
Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}	イオンクロマトグラフ法 および原子吸光光度法
SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-	イオンクロマトグラフ法

なお、各分析項目(降水量は除く)の平均値は降水量で重み付けをした加重平均値として算出した。

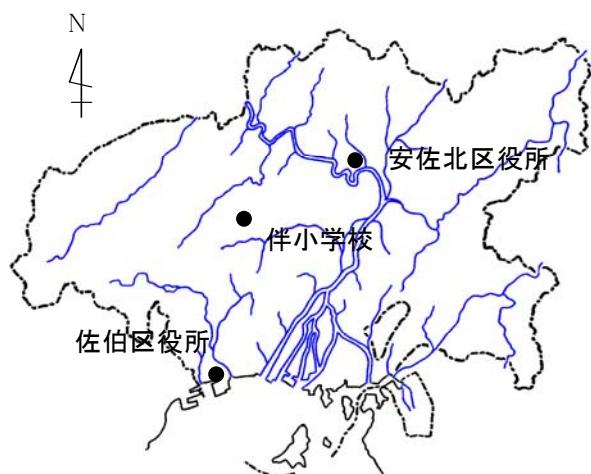


図1 調査地点

*1：現 環境局施設課

*2：現 健康福祉局環境衛生課

*3：現 下水道局大州水資源再生センター

結果と考察

1 降水量

平成5年度から20年度までの過去16年間の3地点および広島市(気象庁HPより)の年間降水量を図2に示す。

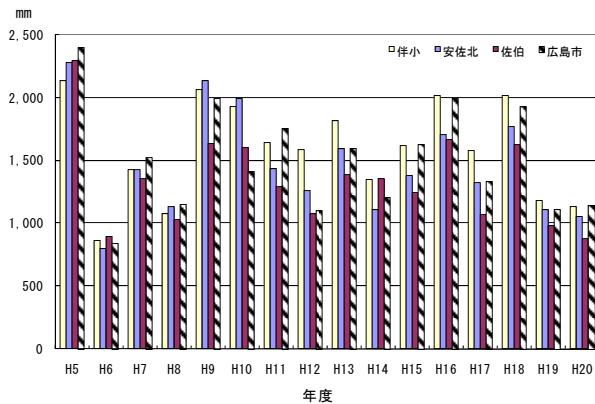


図2 年間降水量

16年間の平均降水量は伴小学校が1,587mm、安佐北区役所が1,468mm、佐伯区役所が1,335mm、3地点の平均は1,463mmであり、広島市の平均降水量が1,508mmで降水傾向も近似していた。最多降水量は5年度の佐伯区役所で2,293mm(平均降水量の約1.6倍)、最少降水量は6年度の安佐北区役所で800mm(平均降水量の約0.5倍)であった。

2 pH値

過去16年間のpH値の経年変化を図3に示す。概ね3地点とも同様な傾向を示し、平成8年度と15年度に低いピーク(pH値:4.53~4.69)を、平成6年度、12年度および16年度に高いピーク(pH値:4.77~5.04)を示した。16年度以降のpH値は下降傾向であったが、沿岸に近い佐伯区役所は18年度以降、上昇傾向を示した。

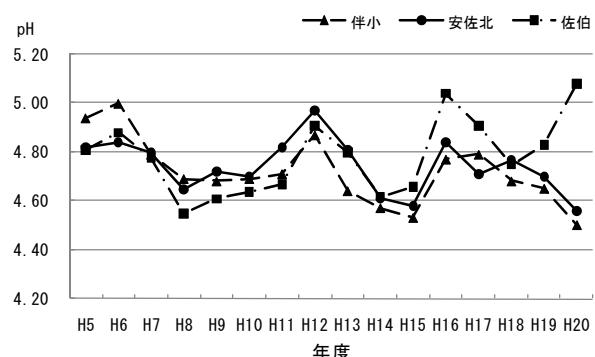


図3 pH値の変動

調査期間中、最も低い値を示したのは伴小学校のpH値が4.50で、最も高い値を示したのは佐伯区役所のpH値が5.08であった。

なお、調査期間中の平均値では伴小学校<安佐北区役所<佐伯区役所の順にpH値が低く、年間降水量と逆の関係を示した。

また、出現率はpH値が4.61~4.70の範囲が約31%と最も多かった。

3 湿性沈着量

各調査地点における年度毎の結果と年間湿性沈着量を表2に示す。

(1) 概要

non sea salt (nss)- SO_4^{2-} , NO_3^- および Cl^- の年間湿性沈着量の推移は3地点とも概ね同様な傾向を示し、 $\text{Cl}^->\text{nss}-\text{SO}_4^{2-}>\text{NO}_3^-$ の順に沈着量が多かった。

調査期間中における平均湿性沈着量($\text{meq}/\text{m}^2/\text{year}$)は Cl^- が伴小学校で63.5、安佐北区役所で59.0、佐伯区役所で49.3であり、地形的要因による降雨量の影響を受けていた。

一方、 $\text{nss}-\text{SO}_4^{2-}$ は伴小学校が38.4、安佐北区役所が39.7、佐伯区役所が40.1であり、 NO_3^- は伴小学校が34.4、安佐北区役所が33.2、佐伯区役所が37.7であり、両項目とも平均湿性沈着量は3地点に大きな差はなく、降雨量の影響は少ないと推察された。

また、 NH_4^+ , Na^+ , $\text{nss}-\text{Ca}^{2+}$, Mg^{2+} の4成分については、 $\text{nss}-\text{Ca}^{2+}$, Mg^{2+} が伴小学校や佐伯区役所でやや高い値を示した年度もあったが、概ね3地点とも同様な傾向を示し、沈着濃度および年間沈着量ともに大きな差は認められなかった。

なお、 SO_4^{2-} および Ca^{2+} は海塩由来のものを含むため、 Na^+ 値より補正した $\text{nss}-\text{SO}_4^{2-}$, $\text{nss}-\text{Ca}^{2+}$ として評価した。

(2) 酸性成分および塩基性成分の動向について

雨水の酸性化に寄与する主な酸性成分として $\text{nss}-\text{SO}_4^{2-}$ と NO_3^- があり、一方、中和に寄与する主な塩基性成分として NH_4^+ と $\text{nss}-\text{Ca}^{2+}$ がある¹⁾。 $\text{NO}_3^-/\text{nss}-\text{SO}_4^{2-}$ および $\text{NH}_4^+/\text{nss}-\text{Ca}^{2+}$ の当量濃度比を調べることで雨水の酸性化あるいは中和に寄与する成分が推定できる²⁾。

当量濃度比およびpH値の経年推移を各採取地点別にまとめたものを図4に示す。

なお、 $\text{NO}_3^-/\text{nss}-\text{SO}_4^{2-}$ を NO_3/SO_4 , $\text{NH}_4^+/\text{nss}-\text{Ca}^{2+}$ を NH_4/Ca と記す。

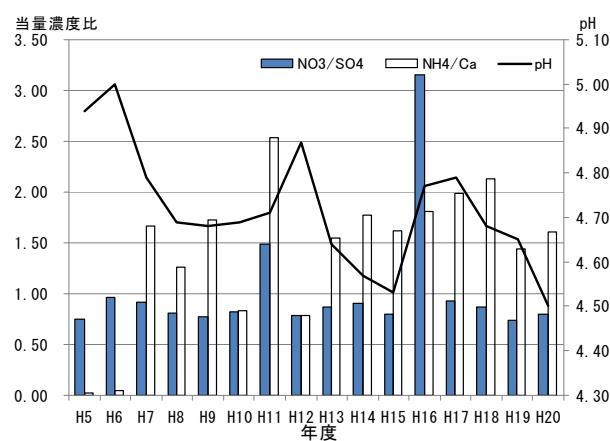


図 4-1 伴小学校

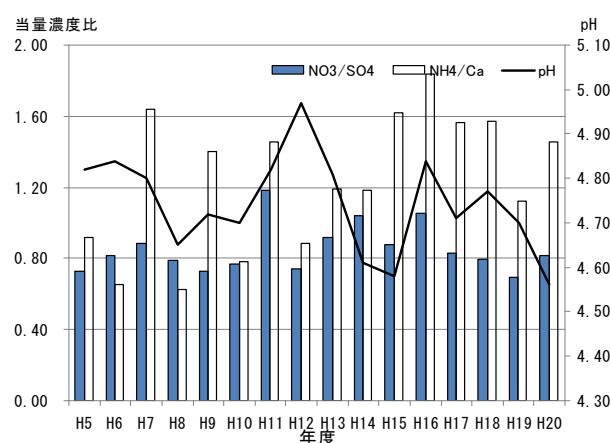


図 4-2 安佐北区役所

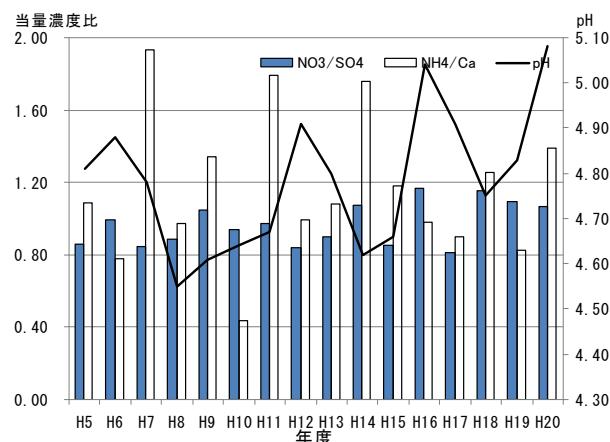


図 4-3 佐伯区役所

過去 16 年間の本市における当量濃度比と pH 値との関係は、3 地点とも明らかな傾向は認められなかった。

$\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ は、各地点の平均湿性沈着量比が伴小学校で 1.02, 安佐北区役所で 0.85, 佐伯区役所で 0.95 と伴小学校以外では nss-SO_4^{2-} の寄与が若干高いものの、調査期間において NO_3^- の沈着量がわずかではあるが増加しており、周辺に発生源となる工場等もないことから、自排ガスによる影響が示唆された。

一方、 $\text{NH}_4^+/\text{nss-Ca}^{2+}$ は、各地点の平均湿性沈着量比が伴小学校で 1.52, 安佐北区役所で 1.24, 佐伯区役所で 1.17 と NH_4^+ の寄与が大きく、自排ガスによる影響が示唆された。

文 献

- 1) 野口 泉: 地方自治体の酸性雨研究が支えてきたもの、支えてゆくもの、環境技術, 35(11), 52~57 (2006)
- 2) 惠花孝昭 他: 札幌市における湿性沈着量の動向について、札幌市衛生研究所年報, 30, 73~78 (2003)

表 2-1 伴小学校

年度	p H	E C *	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	nss-Ca ²⁺	Mg ²⁺
H5	4.94	1.56	9.9 [†] (42.4) [‡]	14.9 (31.7)	23.4 (49.8)	18.6 (39.7)	16.8 (35.8)	2.3 (4.8)	359.8 (1532.9)	161.1 (686.2)
H6	5.00	2.29	12.5 (21.5)	24. (20.7)	41.4 (35.5)	40.6 (34.8)	34.4 (29.5)	3.7 (3.2)	413.0 (708.0)	183.8 (315.1)
H7	4.79	2.18	12.5 (35.5)	22.8 (32.5)	52.7 (75.0)	31.0 (44.1)	35.0 (49.8)	2.5 (3.5)	9.3 (26.5)	4.4 (12.5)
H8	4.69	2.80	19.3 (41.6)	31.3 (33.7)	55.1 (59.4)	33.1 (35.7)	35.5 (38.3)	3.2 (3.5)	13.1 (28.3)	4.7 (10.1)
H9	4.68	1.68	10.8 (44.3)	16.7 (34.4)	32.0 (66.0)	18.4 (37.8)	18.1 (37.3)	2.6 (5.4)	5.3 (21.9)	3.2 (13.2)
H10	4.69	1.69	10.7 (41.1)	17.5 (33.7)	37.4 (71.9)	19.6 (37.6)	22.9 (43.9)	2.6 (5.0)	11.8 (45.3)	6.4 (24.6)
H11	4.71	1.63	7.1 (23.5)	21.2 (34.8)	56.2 (92.5)	25.8 (42.3)	41.4 (68.0)	1.8 (3.0)	5.1 (16.7)	6.0 (19.7)
H12	4.87	2.36	15.9 (50.3)	24.9 (39.5)	39.7 (62.8)	22.4 (35.5)	39.6 (62.7)	2.3 (3.6)	14.3 (45.4)	5.2 (16.4)
H13	4.64	1.63	10.3 (37.5)	18.0 (32.7)	27.0 (49.1)	15.0 (27.2)	23.8 (43.2)	2.1 (3.8)	4.8 (17.6)	3.2 (11.8)
H14	4.57	2.23	14.0 (37.7)	25.4 (34.2)	37.0 (49.8)	26.4 (35.6)	33.0 (44.5)	3.3 (4.4)	7.4 (20.0)	4.7 (12.7)
H15	4.53	2.36	13.8 (44.7)	22.2 (35.9)	36.6 (59.2)	21.5 (34.8)	33.2 (53.7)	1.6 (2.6)	6.7 (21.5)	4.1 (13.3)
H16	4.77	2.25	2.9 (11.8)	18.4 (37.1)	67.3 (135.8)	15.5 (31.3)	58.0 (116.9)	2.4 (4.8)	4.3 (17.3)	7.0 (28.1)
H17	4.79	2.24	11.7 (36.8)	21.5 (33.9)	49.6 (78.2)	23.3 (36.7)	41.0 (64.6)	2.5 (4.0)	5.8 (18.4)	5.0 (15.9)
H18	4.68	1.92	12.3 (49.4)	21.2 (42.7)	31.3 (63.1)	22.5 (45.4)	27.3 (55.0)	2.4 (4.9)	5.3 (21.3)	3.8 (15.4)
H19	4.65	2.62	21.7 (51.1)	32.3 (38.0)	31.6 (37.1)	34.1 (40.2)	29.0 (34.1)	2.8 (3.3)	11.9 (27.9)	4.1 (9.7)
H20	4.50	2.48	18.7 (42.3)	29.9 (33.9)	32.8 (37.1)	22.7 (25.8)	27.1 (30.8)	2.1 (2.4)	7.1 (16.0)	3.0 (6.8)

*: 単位はmS/m, †: 濡性沈着濃度 (μmol/l), ‡: () 内は年間濡性沈着量 (meq/m²/year)

表 2-2 安佐北区役所

年度	p H	E C *	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	nss-Ca ²⁺	Mg ²⁺
H5	4.82	1.38	9.8 [†] (44.7) [‡]	14.3 (32.6)	15.6 (35.6)	10.8 (24.6)	11.1 (25.2)	1.4 (3.2)	5.9 (26.9)	1.7 (7.8)
H6	4.84	2.28	16.4 (26.2)	16.8 (21.4)	41.1 (32.9)	22.0 (17.6)	31.1 (24.8)	3.1 (2.5)	16.9 (27.1)	5.0 (8.0)
H7	4.80	2.29	13.5 (38.4)	23.9 (34.0)	56.9 (81.0)	32.8 (46.7)	38.4 (54.7)	2.9 (4.1)	10.0 (28.5)	4.6 (13.1)
H8	4.65	2.81	19.4 (43.8)	30.6 (34.5)	57.0 (64.3)	19.5 (22.0)	36.0 (40.6)	2.4 (2.8)	15.6 (35.3)	4.7 (10.6)
H9	4.72	1.67	10.4 (44.3)	15.2 (32.3)	33.9 (72.1)	18.3 (38.9)	19.5 (41.5)	2.6 (5.6)	6.5 (27.8)	2.8 (12.1)
H10	4.70	1.73	10.3 (40.8)	15.7 (31.3)	40.2 (80.1)	18.5 (36.9)	24.6 (49.0)	2.6 (5.2)	11.8 (47.1)	5.6 (22.3)
H11	4.82	1.87	9.8 (28.0)	23.0 (33.1)	57.8 (83.0)	27.9 (40.0)	38.6 (55.4)	2.2 (3.1)	9.5 (27.5)	5.9 (17.0)
H12	4.97	2.21	19.2 (48.5)	28.4 (35.8)	39.4 (49.7)	36.0 (45.4)	33.9 (42.8)	2.6 (3.3)	20.3 (51.2)	5.4 (13.7)
H13	4.81	1.75	11.1 (35.4)	20.4 (32.4)	40.7 (64.7)	22.0 (35.1)	32.9 (52.4)	2.4 (3.8)	9.3 (29.5)	4.6 (14.5)
H14	4.61	2.47	13.1 (29.0)	27.4 (30.3)	55.4 (61.2)	26.8 (29.6)	48.5 (53.7)	3.4 (3.8)	11.3 (25.1)	7.3 (16.1)
H15	4.58	2.49	14.4 (39.8)	25.3 (35.0)	46.4 (64.0)	28.0 (38.6)	40.4 (55.8)	2.0 (2.8)	8.6 (23.8)	5.5 (15.1)
H16	4.84	1.88	9.7 (33.2)	20.6 (35.1)	38.8 (66.3)	22.5 (38.4)	32.8 (56.0)	2.4 (4.1)	6.1 (20.9)	4.3 (14.8)
H17	4.71	2.35	14.9 (39.5)	24.8 (32.8)	45.2 (59.9)	24.9 (33.0)	36.9 (48.9)	2.4 (3.2)	7.9 (21.1)	5.0 (13.2)
H18	4.77	1.79	13.5 (47.8)	21.6 (38.2)	26.1 (46.2)	22.0 (38.8)	22.7 (40.2)	2.2 (3.9)	7.0 (24.7)	3.7 (12.9)
H19	4.70	2.73	24.1 (53.3)	33.5 (37.0)	32.9 (36.3)	31.9 (35.3)	31.7 (35.0)	2.8 (3.1)	14.2 (31.5)	4.4 (9.7)
H20	4.56	2.72	20.3 (42.8)	33.3 (35.1)	44.6 (47.0)	27.0 (28.5)	36.2 (38.1)	2.9 (3.1)	9.3 (19.6)	4.2 (8.7)

*: 単位はmS/m, †: 濡性沈着濃度 (μmol/l), ‡: () 内は年間濡性沈着量 (meq/m²/year)

表 2-3 佐伯区役所

年度	p H	E C *	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	nss-Ca ²⁺	Mg ²⁺
H5	4.81	1.68	8.6 [†] (39.4) [‡]	14.8 (33.9)	27.1 (62.1)	12.0 (27.6)	21.2 (48.7)	1.7 (3.8)	5.5 (25.3)	3.0 (13.7)
H6	4.88	2.13	15.2 (27.3)	30.2 (27.1)	33.2 (29.7)	25.8 (23.1)	28.4 (25.4)	2.4 (2.2)	16.5 (29.6)	4.5 (8.0)
H7	4.78	2.16	15.7 (42.6)	26.7 (36.2)	41.1 (55.7)	38.0 (51.5)	30.1 (40.8)	2.4 (3.2)	9.8 (26.6)	3.5 (9.5)
H8	4.55	2.94	21.4 (44.0)	37.9 (38.9)	47.8 (49.1)	27.9 (28.7)	32.1 (33.0)	2.1 (2.1)	14.4 (29.6)	4.5 (9.2)
H9	4.61	2.15	12.3 (40.1)	25.7 (42.1)	40.4 (66.1)	22.7 (37.1)	25.2 (41.3)	2.8 (4.6)	8.5 (27.7)	3.9 (12.7)
H10	4.64	2.04	13.3 (42.8)	25.1 (40.2)	38.3 (61.3)	21.5 (34.5)	24.8 (39.7)	2.7 (4.3)	24.7 (79.0)	15.8 (50.7)
H11	4.67	1.70	14.0 (36.0)	27.3 (35.1)	29.7 (38.3)	30.2 (38.9)	21.4 (27.6)	1.7 (2.2)	8.4 (21.7)	3.3 (8.4)
H12	4.91	2.50	21.9 (47.0)	36.8 (39.5)	35.5 (38.0)	43.6 (46.7)	33.7 (36.1)	2.7 (2.9)	21.9 (47.0)	4.5 (9.6)
H13	4.80	1.75	13.9 (38.4)	24.9 (34.4)	28.6 (39.6)	24.2 (33.5)	23.9 (33.1)	1.8 (2.4)	11.2 (31.1)	3.8 (10.4)
H14	4.62	2.36	14.5 (41.3)	32.8 (44.5)	42.9 (58.2)	36.0 (48.8)	34.1 (46.3)	3.0 (4.1)	10.1 (27.8)	4.9 (13.3)
H15	4.66	2.49	17.5 (43.4)	29.7 (36.8)	38.4 (47.6)	28.5 (35.3)	32.2 (40.0)	1.8 (2.2)	12.0 (29.9)	4.8 (11.8)
H16	5.04	1.76	10.3 (34.2)	24.0 (40.0)	37.7 (62.9)	20.9 (34.7)	30.6 (51.0)	1.9 (3.1)	10.6 (35.4)	4.4 (14.7)
H17	4.91	2.26	20.5 (43.9)	33.2 (35.5)	34.9 (37.4)	28.8 (30.9)	29.8 (31.9)	1.9 (2.1)	16.0 (34.2)	4.6 (9.8)
H18	4.75	2.19	11.6 (37.7)	26.9 (43.6)	49.6 (80.4)	22.5 (36.5)	45.8 (74.3)	2.4 (3.9)	9.0 (29.1)	6.1 (18.4)
H19	4.83	2.66	24.1 (37.9)	42.2 (41.5)	36.8 (36.2)	31.6 (31.0)	35.4 (34.7)	2.4 (2.3)	19.8 (37.6)	4.8 (8.7)
H20	5.08	2.29	20.5 (31.4)	38.2 (33.4)	29.5 (25.8)	45.4 (39.7)	27.0 (23.6)	2.9 (2.5)	16.7 (28.6)	3.3 (5.5)

*: 単位はmS/m, †: 濡性沈着濃度 (μmol/l), ‡: () 内は年間濡性沈着量 (meq/m²/year)