

2.2 湿性降下物

2.2.1 イオン濃度の調査結果

地点別イオン濃度及び酸性降下物の個別の測定結果は、データ集にまとめて示した。

各調査地点のpH、導電率及び各種イオン濃度のサンプル平均値は、スクリーニング後のデータを用いて降水量による重み付平均値として算定したものである。各項目の算定結果は、表2.2.1に示すとおりである。

なお、本節以降の結果は全て当量濃度及び当量で表示する。

表2.2.1 イオン濃度のサツ°ル平均値

対象期間：1994年7月～1995年6月

測定地点	pH	pH	EC μS/cm	イオン濃度 (μeq/L)							
	最低値	平均値		Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
① 柳州市環境監測站	3.5	4.2	63	82.9	17.8	214.2	17.8	3.9	85.3	85.5	17.6
② 第四人民病院	3.7	4.6	37	43.2	18.4	152.6	10.2	3.3	52.8	67.0	16.0
③ 西雋縣派出所	3.5	4.6	37	22.9	19.5	159.6	12.2	2.3	100.8	52.0	17.7
④ 河西淨水場	3.7	4.5	51	65.0	16.6	219.1	22.2	3.4	83.8	103.2	20.1
⑤ 魚峰区人民政府	3.8	4.6	56	28.4	18.4	271.7	14.9	2.7	118.4	116.7	20.7
⑥ 桂林通信電機廠	3.8	4.9	24	15.7	15.3	94.4	8.7	5.3	46.3	51.8	9.7
⑦ 龍隱路小学	3.4	4.4	29	20.2	14.8	92.5	10.8	4.7	38.3	27.4	4.6
⑧ 桂林市環境監測站	3.7	4.6	31	16.4	15.8	130.6	9.0	5.0	53.9	55.7	7.3
⑨ 第八中学	3.6	4.5	32	17.7	16.8	117.9	10.9	5.8	50.9	46.8	7.7
⑩ 桂林市气象台	4.2	5.2	21	25.8	14.2	81.1	12.6	4.6	50.1	45.9	8.2
⑪ 梧州市環境監測站	3.6	4.4	33	38.0	16.0	98.0	15.6	5.3	39.1	42.2	16.1
⑫ 旺甫中学	4.1	4.8	18	26.9	22.7	37.6	12.0	5.4	33.0	27.0	14.3
⑬ 广州市環境監測中心站	4.2	4.8	35	40.1	33.2	156.3	18.1	9.5	93.2	81.9	13.7
⑭ 番禺市環境監測站	3.7	4.5	47	38.2	31.4	133.3	20.6	7.0	71.8	72.2	14.9
⑮ 广州市黄浦区環境監測站	4.1	4.9	37	40.2	29.9	165.7	17.8	7.4	102.4	92.1	14.7
⑯ 广州市白雲山摩星嶺	4.1	4.7	38	56.9	27.7	162.0	28.8	7.6	87.4	75.1	14.4

(注) 1. pHはpH値、ECは導電率、Cl⁻は塩素イオン、NO₃⁻は硝酸イオン、SO₄²⁻は硫酸イオン、Na⁺はナトリウムイオン、K⁺はカリウムイオン、NH₄⁺はアンモニウムイオン、Ca²⁺はカルシウムイオン、Mg²⁺はマグネシウムイオンを示す。

2. pH最低値は日平均最低値で、その他はサツ°ル平均値である。

表2.2.1に見られる特徴を以下に示す。

① pH

サツ°ル平均値では、最も高い桂林市气象台が5.2で、最も低い柳州市環境監測站が4.2であった。都市間の比較では柳州市が比較的低い。

pHの都市別最低値は、桂林市が3.4、柳州市が3.5、梧州市が3.6、广州市が3.7であった。

②導電率(EC)

高いほうから柳州市環境監測站(63 μ S/cm)、魚峰区人民政府(56 μ S/cm)、柳州市河西淨水場(51 μ S/cm)と番禺市環境監測站(47 μ S/cm)等であった。

③陰イオン

最も濃度の高い陰イオンは全ての地点で硫酸イオン(SO₄²⁻)であるが、都市によって濃度に違いがあり、柳州市が最も高く次いで广州市、桂林市、梧州市の順である。塩素イオン(Cl⁻)もある程度高いが、地点による濃度の違いが大きい。硝酸イオン(NO₃⁻)は明らかに广州市の測定局で高い。

④陽イオン

陽イオンでは、アンモニウムイオン(NH₄⁺)が最も高くなっているが、一部に、カルシウムイオン(Ca²⁺)の方が高い測定局も見受けられる。アンモニウムイオンとカルシウムイオンの高い都市は柳州市と广州市である。ナトリウムイオン(Na⁺)は柳州市と广州市で比較的高い。カリウムイオン(K⁺)は相対的に低濃度であるが、广州市が比較的高い。桂林市ではマグネシウムイオン(Mg²⁺)が低い。

⑤まとめ

これらの結果から見て、陰イオンの主要成分は硫酸イオンであり、そのカウンターイオンである陽イオンでは、アンモニウムイオンとカルシウムイオンが主要なものである。

2.2.2 イオン降下量の調査結果

地点別イオン降下量の平均合計値は、表2.2.2に示すとおりである。4市共通の特徴としては他の成分に比べ SO_4^{2-} の降下量が圧倒的に多い。

都市別にみると、广州市では NO_3^- も多く陰イオンの降下量が多いにも関わらず、pHがそれほど高くないのはカウンターイオンの降下量が多く、両者がバランスしているためと考えられる。

測定された降水量を地点別にみると、同一市内でばらついている測定地点が見られるが、このばらつきは停電等による測定機器への影響が主な原因と考えられる。

表2.2.2 イオン降下量の平均合計値（湿性降下物）

測定期間：1994年7月～1995年6月

測定地点	降水量 (mm)	イオン降下量 (meq/m ²)								
		H ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
① 柳州市環境監測站	976.5	47	57.0	12.2	147	12.2	2.7	58.6	58.8	12.1
② 第四人民病院	1285.5	27	37.8	16.4	136	8.6	2.9	47.2	59.9	14.3
③ 西鎮郵派出所 *	628.5	15	10.9	8.7	76	4.7	.9	38.7	20.0	6.8
④ 河西淨水場 *	1259.5	29	63.1	16.1	213	18.4	2.8	69.3	85.4	16.6
⑤ 魚峰区人民政府 *	955.5	18	19.0	11.6	182	8.2	1.5	64.7	63.8	11.3
⑥ 桂林通信電纜廠	1595.5	16	19.5	18.9	117	10.8	6.5	57.3	64.0	11.9
⑦ 龍隱路小学	1998.5	61	33.6	24.7	154	17.9	7.9	63.8	45.6	7.6
⑧ 桂林市環境監測站	1788.0	37	23.7	22.8	189	13.0	7.3	77.8	80.3	10.6
⑨ 第八中学 *	1375.0	39	21.1	20.0	140	12.9	6.9	60.4	55.6	9.1
⑩ 桂林市氣象台	1575.5	9	34.9	19.2	110	17.1	6.3	67.8	62.2	11.1
⑪ 梧州市環境監測站	1647.0	61	39.3	22.9	140	16.1	7.5	41.5	60.3	23.0
⑫ 旺甫中学 *	712.5	10	16.1	13.6	23	7.2	3.2	19.7	16.1	8.6
⑬ 广州市環境監測中心站	1374.5	22	51.9	42.9	202	23.4	12.2	120.5	105.9	17.7
⑭ 番禺市環境監測站	1323.5	41	45.1	37.2	158	24.4	8.3	85.0	85.6	17.7
⑮ 广州市黃埔区環境監測站	1183.6	12	43.2	31.1	178	19.1	7.7	109.9	98.8	15.3
⑯ 广州市白雲山摩星嶺	1203.9	24	64.7	31.5	184	32.6	8.6	99.2	85.3	16.3

(注) 1. * の測定地点は停電などのため、稼働率が低い。

これらの地点では降水量が過少評価されており、イオン降下量を地点別に算定しても地点間の比較をするためには何らかの補正が必要である。そこで、各都市での最大降水量をその都市の全ての地点に適用して年間のイオン降下量を推定した。推定結果を表2.2.3に示す。

測定地点中最大のH⁺降下量を示しているのは、柳州市環境監測站の86(meq/m²/年)であり、次いで桂林市龍隱路小学の72(meq/m²/年)、梧州市環境監測站の66(meq/m²/年)等となっている。

陰イオンの大部分は硫酸イオンであり、最大降下量は柳州市魚峰区人民政府の350(meq/m²/年)である。

陽イオンはアンモニウムイオンとカルシウムイオンが主であり、その大小は地点によって異なる。

表2.2.3 イオン降下量の年間合計値(湿性降下物)

測定期間：1994年7月～1995年6月

測定地点	降水量 (mm)	イオン降下量 (meq/m ² /年)								
		H ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
①柳州市環境監測站	976.5	86	107	23	276	23	5	110	110	23
②第四人民病院	1285.5	35	56	24	197	13	4	68	86	21
③西輪礫採出所 *	628.5	35	29	25	206	16	3	130	67	23
④河西淨水場 *	1259.5	37	84	21	282	29	4	108	133	26
⑤魚峰区人民政府 *	955.5	33	37	24	350	19	3	152	150	27
⑥桂林通信電機廠	1595.5	25	31	31	189	17	11	93	104	19
⑦龍隱路小学	1998.5	72	40	30	185	22	9	77	55	9
⑧桂林市環境監測站	1788.0	49	33	32	262	18	10	108	111	15
⑨第八中学 *	1375.0	64	35	34	236	22	12	102	94	15
⑩桂林市气象台	1575.5	13	52	28	163	25	9	100	92	16
⑪梧州市環境監測站	1647.0	66	63	26	162	26	9	64	69	27
⑫旺補中学 *	712.5	25	44	37	62	20	9	54	44	24
⑬广州市環境監測中心站	1374.5	23	55	46	215	25	13	128	113	19
⑭番禺市環境監測站	1323.5	48	52	43	184	28	10	99	99	20
⑮广州市黃埔区環境監測站	1183.6	16	55	40	228	24	10	141	127	20
⑯广州市白雲山康星嶺	1203.9	29	78	38	223	40	10	120	103	20

(注) 1. * の測定地点は停電などのため、稼働率が低い。
2. 年間合計値の推定には都市別に最大降水量を用いた。

2.3 乾性降下物

2.3.1 データ・スクリーニング

乾性降下物についても湿性降下物と同様のスクリーニング基準を設けてチェックした。その結果、表2.3.1に示すように77%のデータを確保できた。

しかし、乾性降下物は1ヵ月の長期測定であり、降雨時に停電や故障の場合は乾性降下物採取用の容器に雨が入る可能性が高いため、データの評価にあたっては関連情報も含めて検討することが望ましい。

表2.3.1 地点別乾性降下物測定データの状況(本調査採用基準)

対象期間：1994年7月～1995年6月

測定地点	試料サンプル					
	合計	+	A	B	C	○ (%)
① 柳州市環境監測站	11	1	0	0	0	10(91)
② 第四人民病院	11	1	1	1	1	9(75)
③ 西輪郷派出所	7	2	0	0	0	5(29)
④ 河西淨水場	10	2	0	0	0	8(71)
⑤ 魚峰区人民政府	11	4	0	0	0	7(64)
⑥ 桂林通信電機廠	12	0	1	0	0	11(92)
⑦ 龍隱路小学	12	0	1	0	0	11(92)
⑧ 桂林市環境監測站	12	0	0	0	0	12(100)
⑨ 第八中学	10	0	0	0	0	10(100)
⑩ 桂林市气象台	12	0	1	0	0	11(92)
⑪ 梧州市環境監測站	12	2	0	1	0	9(75)
⑫ 旺橋中学	9	0	7	1	1	2(22)
⑬ 广州市環境監測中心站	11	1	2	0	0	8(73)
⑭ 番禺市環境監測站	11	0	4	0	0	7(64)
⑮ 广州市黄埔区環境監測站	11	2	1	0	0	8(73)
⑯ 广州市白雲山摩星嶺	11	3	1	2	1	6(55)
合計	173	18	19	5	3	134(77)

- (注) 1. + : イオン成分に欠測がある。
 A : $0.5 \leq \text{陽イオン/陰イオン} \leq 2.0$ の範囲を超えたサンプル。
 B : $0.5 \leq \text{計算導電率/実測導電率} \leq 2.0$ の範囲を超えたサンプル。
 C : AかつBであるケース。
 ○ : A、B、C以外のサンプル。
 但し、A、B、C、○は、イオン成分が完備しているサンプルを対象とした。

2.3.2 乾性降下物の調査結果

乾性降下物については、世界的に見ても、その測定方法が議論されているところであるが、今回の調査では、日本で従来使われてきた代理表面法を採用した。

乾性降下物の年間サンプル合計値を表2.3.2に示す。また、表2.3.3は湿性降下物の場合と同様に、都市別に最大降下量を記録した地点の降下量を基準に算定した年間降下量を示したものである。

この結果によると、稼働率が低い地点を除いた乾性降下量は、 SO_4^{2-} と Ca^{2+} が全体的に多くなっている。また、湿性に比べ Na^+ 、 NH_4^+ 、 Cl^- 、 NO_3^- の降下量が少なくなっている。

表2.3.2 乾性降下量のサンプル合計値

測定期間：1994年7月～1995年6月

測定地点	重量 (mg)	可溶性成分降下量 (meq/m ²)								
		H ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
① 撫州市環境監測站	1078.0	.036	2	4	128	11	2	18	107	12
② 第四人民病院	1148.2	.016	2	2	87	2	2	6	79	14
③ 西橋郷派出所 *	343.8	.015	1	2	33	3	2	8	27	4
④ 河西淨水場	1125.7	.020	2	11	136	4	2	21	108	18
⑤ 魚峰区人民政府 *	939.1	.006	3	3	121	2	1	9	118	11
⑥ 桂林通信電機廠	751.1	.040	2	4	63	2	2	5	66	14
⑦ 龍隱路小学	665.9	.255	1	2	47	2	2	7	48	5
⑧ 桂林市環境監測站	1358.3	.781	3	4	81	4	2	11	84	11
⑨ 第八中学 *	1409.1	.123	2	2	52	2	2	6	56	5
⑩ 桂林市气象台	808.0	.014	2	3	64	2	1	10	63	13
⑪ 梧州市環境監測站	478.0	.115	1	2	58	1	1	4	50	5
⑫ 旺甫中学 *	539.3	.000	1	1	5	0	1	0	6	1
⑬ 广州市環境監測中心站 *	996.9	.004	6	7	55	4	3	3	97	5
⑭ 番禺市環境監測站	1323.9	.003	6	9	88	4	2	4	110	6
⑮ 广州市黄埔区環境監測站*	1431.1	.002	5	6	77	5	3	2	109	6
⑯ 广州市白雲山摩星嶺 *	384.9	.054	4	6	56	4	2	11	48	3

(注)1. * の測定地点は停電などのため、稼働率が低い。

表2.3.3 年間乾性降下量

測定期間：1994年7月～1995年6月

測定地点	重量 (mg)	可溶性成分降下量 (meq/m ² /年)								
		H ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
① 柳州市環境監測站	1293.6	0.043	3	5	154	13	2	21	129	15
② 第四人民醫院	1530.9	0.021	3	3	116	2	2	8	105	19
③ 西輪鑛務所 *	825.1	0.036	3	5	79	8	4	19	65	10
④ 河西淨水場 *	1688.9	0.030	3	16	205	6	3	31	163	28
⑤ 魚峰區人民政府	1609.9	0.010	4	6	207	4	2	16	203	18
⑥ 桂林通信電纜廠	819.4	0.044	2	4	69	3	2	6	72	15
⑦ 龍隱路小學	725.6	0.278	2	3	52	2	2	8	52	5
⑧ 桂林市環境監測站	1358.3	0.781	3	4	81	4	2	11	84	11
⑨ 第八中學 *	1690.9	0.148	2	2	63	3	2	8	67	6
⑩ 桂林市氣象台	881.5	0.015	3	4	69	3	2	11	68	14
⑪ 梧州市環境監測站	573.6	0.138	1	2	70	2	2	5	67	6
⑫ 旺甫中學 *	3235.8	0.000	5	5	28	3	3	2	36	6
⑬ 廣州市環境監測中心站 *	1495.4	0.006	10	11	82	5	4	4	146	7
⑭ 番禺市環境監測站	2269.5	0.005	11	15	150	7	4	6	189	10
⑮ 廣州市黃埔區環境監測站*	2146.7	0.003	7	9	115	7	4	2	164	8
⑯ 廣州市白雲山摩星嶺 *	769.8	0.108	8	13	112	8	4	23	96	7

(注) 1. * の測定地点は停電などのため、稼働率が低い。

JICA