

原著論文

岡山市におけるろ過式採取法による降水の観測II
-2006年9月～2008年8月-渡邊恵三¹・山下栄次²・松尾太郎³・正木智美³Measurement of the precipitation by the filtration type sampling method in Okayama City II
- From September, 2006 to August, 2008 -Keizo WATANABE¹, Eiji YAMASHITA², Taro MATSUO³ and Tomomi MASAKI³

I. はじめに

技術科学研究所は、岡山理科大学生態システム園における酸性雨の実態を把握する目的で、加計学園(岡山理科大学)自然植物園と共同研究を行っている。2000年5月から現在(2009年8月)まで、森林空地、森林内、岡山理科大学(2000年5月から2006年6月:10号館屋上、2006年7月から現在:10学舎屋上)で、継続してモニタリングを行っている。

2000年5月から2006年11月までは、降雨採取装置として、レインゴーランドIIを用いた。レインゴーランドIIは、1雨を1mm毎に8mmまで採取する装置で初期降雨のモニタリングに適しており、採取箇所間の差等の短期変動を観測するには適した装置であった。その観測結果は、小林ほか(2003, 2004, 2007)、満崎ほか(2008)、山下ほか(2009)として報告し、3地点の8mmまでの初期降雨の挙動について明らかにすることができた。

しかし、レインゴーランドIIは、8mm以上の降雨の採取が出来ないので、9mm以降の降水については計算による推定を行い、全降雨の状況を把握するしかなかった。そこで、大気からの湿性沈着量を把握

し、森林における降雨の長期影響を明らかにする採取法として、降雨を一括採取できるろ過式採取法(酸性雨調査法研究会編 1993)を用い降水の観測を行うことにした。

今回は、2006年9月～2008年8月の2年間、ろ過式採取装置を森林空地、森林内、岡山理科大学10学舎屋上の3地点に設置し、2週間毎に降水を採取し分析した結果について報告する。

II. 方法

1. 酸性雨ろ過式採取装置

酸性雨ろ過式採取装置(以下ろ過式と記す)は、日本において酸性雨の長期影響を簡単に評価するため、1983年から本格的に使用されている採取装置で、降水の長期の採取単位における成分の変質を防ぐために考案された日本独自の採取方法である(酸性雨調査法研究会編 1993)。

観測に使用した装置は、ADVANTEC社製、酸性雨採取装置ACDR-047型である。ろ紙は、ADVANTEC社製メンブレンフィルター A080A047A 孔径0.80μmを使用した。この装置は、1降雨から1ヵ月単位の採

1. 岡山理科大学工学部応用化学、(現)エクセルバック・カバヤ株

2. 岡山理科大学技術科学研究所

3. 加計学園(岡山理科大学)自然植物園

取が行える。また、湿性沈着物と乾性沈着物を合わせた総沈着物の採取を目的としたものである。

今回の観測に使用した3台のろ過式採取装置間の測定値の差について検討するため、2006年3月から2006年7月までの間に、16回の降雨について並行観測を行った(渡邊ほか 2009)。その結果、降水量、pH、EC、 Li^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 H_2PO_4^- 、 F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} において、装置間に大きな差は見られなかった。従って、ろ過式は機器誤差の少ない降水採取法であり、ろ過式を数台使用して環境測定を行えば測定場所の特徴を把握できることが明らかとなった。

2. 降水採取場所・期間・採取頻度・検体数

降水採取場所は、岡山理科大学生態システム園内に2箇所(Sta. 1, Sta. 2)、岡山理科大学構内に1箇所(Sta. 3)の計3箇所である。図1に降水採取場所の位置関係の概念図を示した。

Sta. 1は森林内で周りに樹木が少ない「空き地」と考えられる場所(以下「空地」と記す。)、Sta. 2は森林内で周りに約10mの高さの樹木がある「森林内」と考えられる場所(以下「森林内」と記す。)、Sta. 3は岡山理科大学10学舎屋上で、周り・上空ともに開けた場所(以下「10学舎」と記す。)である。

降水採取場所の詳細は、既報(小林ほか 2003, 2004, 2007, 満崎ほか 2008, 山下ほか 2009)に示した。



図1. 降水採取場所の位置概念図。Sta. 1は森林内の「空き地」、Sta. 2は森林内、Sta. 3は岡山理科大学10学舎「屋上」。

採取期間は、Sta. 1, Sta. 2, Sta. 3ともに2006年9月7日から2008年8月31日までの2年間である。採取頻度は、2週間毎を基本に採取した。検体数はSta. 1, Sta. 2, Sta. 3共に51検体である。

3. 観測項目及び方法

観測項目は、降水採取量(ml)、降水量(mm)、水素イオン濃度指数(pH)、電気伝導度(EC, $\mu\text{S}/\text{cm}$)、陽イオン(Cation)と陰イオン(Anion)である。

降水採取量(ml)はメスシリンダーを用いて計量した。

pHとECの分析は、堀場製作所製、pH/cond meter D-54, pH glass electrode 9669-10D, EC glass electrode 3574-10Cを用いて測定した。

陽イオン(Cation)と陰イオン(Anion)の分析は、イオンクロマトグラフ法を用いた。使用した分析器は、島津製作所製パーソナルイオンアナライザPIA-1000(島津製作所 1994)である。測定したイオンは、陽イオンが Li^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} の6イオン、陰イオンは H_2PO_4^- 、 F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} の7イオンである。イオンの定性及び定量は、関東化学株式会社製、陽イオン標準液IIと陰イオン標準液IVを標準原液として用い、検量線作成して行った。イオンクロマトグラフ法設定条件の詳細や精度実験結果は、既報(渡邊ほか 2009)に示している。

4. データ処理方法

降水量(mm)は、降水採取量(ml)から次式より求めた。単位はmmである。

降水量(mm) = 降水採取量(ml) / 開口面積(cm^2) $\times 10$
ただし、開口面積は、 $10 \times 10 \times 3.14 \text{ cm}^2$ である。

pHの平均値は、各々のpH値を $[\text{H}^+]$ に変換した後、 $[\text{H}^+]$ から $[\text{Hn}^+]$ までの合計を求め、試料数で除した値($[\text{H}^+]_{\text{mean}}$)を求めた後、pH値に戻す方法で求めた。

降水量(mm)、EC($\mu\text{S}/\text{cm}$)、陽イオンと陰イオンの平均値は、算術平均値を求めた。イオンの単位は、

mg/lである。

沈着量については、以下の式より2週間毎の値を求めた。

2週間沈着量(mg/m²/2weeks)=成分濃度(mg/l)×降水量(l/m²)

また、年沈着量(mg/year)は、2週間沈着量を2年間分合計した値を2で除して求めた。

III. 結果及び考察

1. 降水量の2年間集計

表1に2006年9月7日から2008年8月31日までの2年間の月別採取場所別降水量と降水量比の結果を示した。

月降水量の最高は、Sta. 1, Sta. 2, Sta. 3共に2007年7月で各々263.0mm, 155.3mm, 225.3mmであった。最低は、Sta. 1, Sta. 3は、2007年11月の15.6mm, 13.6mmで、Sta. 2は、2006年9月の9.5mmであった。月降水量の差は、Sta. 1, Sta. 2, Sta. 3各々, 274.4mm, 145.8mm, 211.7mmであった。

採取場所の降水量の特徴を明らかにするために、

表1. 月別採取場所別降水量と降水量比結果。

観測期間：2006年9月～2008年8月。

年月	採水場所	降水量　mm			降水量比		
		St.1	St.2	St.3	St.1	St.2	St.3
	Sep-06	85.4	59.8	75.9	1.00	0.70	0.89
	Oct-06	17.1	9.5	13.6	1.00	0.56	0.80
	Nov-06	74.4	71.5	69.0	1.00	0.96	0.93
	Dec-06	53.0	47.8	51.6	1.00	0.90	0.97
	Jan-07	24.5	20.7	20.1	1.00	0.85	0.82
	Feb-07	59.2	44.3	56.6	1.00	0.75	0.96
	Mar-07	39.6	30.7	35.6	1.00	0.78	0.90
	Apr-07	48.6	39.9	41.0	1.00	0.82	0.84
	May-07	91.1	79.3	90.5	1.00	0.87	0.99
	Jun-07	99.7	78.3	94.1	1.00	0.79	0.94
	Jul-07	263.0	155.3	225.3	1.00	0.59	0.86
	Aug-07	28.3	35.0	20.0	1.00	1.24	0.71
	Sep-07	48.1	40.8	50.6	1.00	0.85	1.05
	Oct-07	40.9	35.4	32.2	1.00	0.87	0.79
	Nov-07	15.6	12.0	13.6	1.00	0.77	0.87
	Dec-07	64.6	38.6	63.7	1.00	0.60	0.99
	Jan-08	109.2	72.8	111.7	1.00	0.67	1.02
	Feb-08	22.8	22.1	21.9	1.00	0.97	0.96
	Mar-08	130.5	86.7	123.7	1.00	0.66	0.95
	Apr-08	146.2	89.9	137.0	1.00	0.61	0.94
	May-08	115.5	81.2	108.8	1.00	0.70	0.94
	Jun-08	166.0	132.7	149.3	1.00	0.80	0.90
	Jul-08	28.0	31.8	51.0	1.00	1.14	1.82
	Aug-08	137.7	74.2	138.2	1.00	0.54	1.00
	最高	263.0	155.3	225.3	1.00	1.24	1.82
	最低	15.6	9.5	13.6	1.00	0.54	0.71
	平均	79.5	57.9	74.8	1.00	0.79	0.95
	06/9～07/8　合計	883.9	672.1	793.4	1.00	0.76	0.90
	07/9～08/8　合計	1025.1	718.3	1001.7	1.00	0.73	0.94

Sta. 1の月降水量を1.00として、Sta. 2, Sta. 3の降水量比を示した。Sta. 2の降水量比の最高は、2007年8月の1.24で、最低は2008年8月の0.54であった。Sta. 3の降水量比の最高は、2008年7月の1.82で、最低は2007年8月の0.71であった。

2006年9月から2007年8月の1年間の降水量の合計は、Sta. 1, Sta. 2, Sta. 3で、883.9mm, 672.1mm, 793.4mmであり、2007年9月から2008年8月の1年間の降水量の合計は、1025.1mm, 718.3mm, 1001.7mmであった。

Sta. 1の降水量を基準にして、Sta. 2, Sta. 3の降水量を比較検討した。

Sta. 2の位置は、Sta. 1と65m離れ、高度は20m高い場所である。Sta. 2の2006年9月から2007年8月と2007年9月から2008年8月の年間降水量比は、0.73と0.76であり、Sta. 2の年間降水量はSta. 1より少ない。

少ない理由は、Sta. 2とSta. 1の距離や高度により降雨に違いが出るのではなく、Sta. 1は森林内で周りに樹木が少ない「空き地」と考えられる場所であるのに比べ、Sta. 2は森林内で周りに約10mの高さの樹木がある「森林内」と考えられる場所のためと考察できた。しかし、2007年8月と2008年7月の月降水量比は、1.24, 1.14となり、Sta. 2はSta. 1より降水量が多い月があった。また、2006年10月、2007年7月、2008年8月の月降水量比は0.56, 0.59, 0.59であり、平均降水量比より約0.1少ない。このように、Sta. 2の降水量がSta. 1比べ多くなったり、少なくなる原因は明らかでない。今後、風向・風速や「森林内」の天空率などを考慮して森林内の降雨量の挙動について明らかにしてゆきたい。

2. pH, ECの2年集計

表2に2006年9月7日から2008年8月31日2年間の採取場所別pHとECの集計値を示した。pHの採取場所による比較をすると、最大値は、Sta. 3の7.53で、最小値はSta. 3の4.15で、最大値と最小値の差は3.38であった。平均値は、Sta. 1が5.28, Sta. 2が5.49, Sta. 3が5.95, であった。平均値の

表2. pH・ECの2年間集計値. 観測期間: 2006年9月~2008年8月.

	場所	標本数	最小	最大	範囲	中央値	平均	標準偏差	CV%
pH	Sta.1	51	4.21	5.87	1.66	4.97	5.28	0.47	9
	Sta.2	51	4.24	6.60	2.36	5.19	5.49	0.45	8
	Sta.3	51	4.15	7.53	3.38	4.91	5.95	0.61	10
EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	Sta.1	51	4.9	64.5	59.6	24.3	26.6	12.6	47
	Sta.2	51	6.3	141.2	134.9	30.4	35.6	23.7	67
	Sta.3	51	5.6	325.0	319.4	23.6	32.6	44.7	137

大小関係は, Sta. 3 > Sta. 2 > Sta. 1 であった. この大小関係は, 既報(小林ほか 2003, 2004, 2007, 満崎ほか 2008, 山下ほか 2009)のレインゴーランド法によるpHの採取場所による比較と異なっていた. しかし, 中央値の大小関係は, Sta. 2 > Sta. 1 > Sta. 3 であり, 既報の大小関係と同じであった.

pHの採取場所による特徴は, Sta. 3のpHが他の2つの採取場所に比べ, 値の変化が大きいことである. 変化が大きい理由は, Sta. 3が市街地に近く, 近くの汚染源による影響が出ているのではないかと考察できる.

ECの採取場所による比較をすると, 最大値は, Sta. 3の325.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ で, 最小値はSta. 1の4.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった. 平均値は, Sta. 1が26.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Sta. 2が35.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Sta. 3が32.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった. 平均値の大小関係は, Sta. 2 > Sta. 3 > Sta. 1 であった. 中央値の大小関係は, Sta. 2 > Sta. 1 > Sta. 3 で, 平均値の大小関係と同じであった. ECの採取場所による特徴は, Sta. 3が他の2つの採取場所に比べ, 最大と最小の差(範囲)が大きかった.

pH, EC共に, 平均値が中央値に比べ大きい値を示していた.

pH, ECの大小関係の値は, 既報のレインゴーランド法による測定値とは異なっていた. 今後, ろ過採取方とレインゴーランド法による測定値の差について詳細に検討を加えて行きたい.

3. Cation濃度の2年集計

表3に2006年9月7日から2008年8月31日2年間の採取場所別Cation濃度の集計値を示した. 陽イオン(Cation: Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+})の降水中のイオン別濃度の平均値を比較すると, 全ての採取場所で, $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Li}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ であった. この大小関係は, 既報(小林ほか 2003, 2004, 2007, 満崎ほか 2008, 山下ほか 2009)のレインゴーランド

法による大小関係と同じであった.

Cationの平均値を採取場所に比較をすると, Li^+ , K^+ を除く, Na^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} でSta. 2がSta. 1, Sta. 3に比べ高い値であった. 特に, NH_4^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} がSta. 1, Sta. 3に比べ2から5倍高い値であった.

Sta. 2(森林内)の降水中のCationが, Sta. 1(空き地), Sta. 3(10学舎)に比べ濃度が高いことが明らかになった.

3. Anion濃度の2年集計

表4に2006年9月7日から2008年8月31日2年間の採取場所別Anion濃度の集計値を示した. 陰イオン(Anion: H_2PO_4^- , F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , SO_4^{2-})の降水中のイオン別濃度の平均値を比較すると, 全ての採取場所で, H_2PO_4^- , F^- , NO_2^- , Br^- は定量限界以下(0.01mg/l)であった. これは, 既報(小林ほか 2003, 2004, 2007, 満崎ほか 2008, 山下ほか 2009)のレインゴーランド法による測定では, 初期降雨(降り始めの1mm目や2mm目)には, H_2PO_4^- , F^- , NO_2^- , Br^- が定量限界以上に存在したが, 降雨全てを採取すると希釈され定量限界以下になったことを示している.

定量限界以上の SO_4^{2-} を除くAnion(Cl^- , NO_3^-)の平均値を採取場所毎に比較をすると, Sta. 2がSta. 1, Sta. 3に比べ高い値であった.

Sta. 2(森林内)の降水中のAnion(Cl^- , NO_3^-)が, Sta. 1(空き地), Sta. 3(10学舎)に比べ濃度が高いことが明らかになった.

4. CationとAnion沈着量の2年間集計

表5と表6に2006年9月7日から2008年8月31日の2年間の採取場所別CationとAnionの沈着量の集計値を示した. 単位は, 2週間の1 m^2 あたりの沈着量である. 参考に, 雨量(2年間の降水量を2で除し

表3. Cation濃度の2年間集計値. 観測期間: 2006年9月～2008年8月.

		単位:mg/l							
	場所	標本数	最小	最大	範囲	中央値	平均	標準偏差	CV%
Li+	Sta.1	51	0.01	1.18	1.16	0.15	0.25	0.27	110
	Sta.2	51	0.04	2.24	2.20	0.24	0.38	0.38	100
	Sta.3	51	0.02	12.16	12.14	0.15	0.46	1.69	368
Na+	Sta.1	51	0.00	1.64	1.64	0.23	0.33	0.37	113
	Sta.2	51	0.00	4.76	4.76	0.33	0.58	0.97	167
	Sta.3	51	0.00	5.00	5.00	0.37	0.58	0.82	142
NH4+	Sta.1	51	0.00	0.71	0.71	0.08	0.13	0.16	126
	Sta.2	51	0.14	3.37	3.23	0.52	0.74	0.67	91
	Sta.3	51	0.00	10.40	10.40	0.06	0.35	1.49	427
K+	Sta.1	51	0.00	0.24	0.24	0.00	0.05	0.06	122
	Sta.2	51	0.00	0.21	0.21	0.00	0.04	0.05	120
	Sta.3	51	0.00	0.24	0.24	0.06	0.05	0.06	113
Mg2+	Sta.1	51	0.00	1.08	1.08	0.06	0.15	0.23	158
	Sta.2	51	0.00	4.32	4.32	0.52	0.75	0.78	104
	Sta.3	51	0.00	2.66	2.66	0.07	0.20	0.43	214
Ca2+	Sta.1	51	0.00	4.47	4.47	0.69	1.01	1.04	104
	Sta.2	51	0.54	10.25	9.71	2.11	2.58	1.86	72
	Sta.3	51	0.00	8.99	8.99	1.00	1.31	1.62	123

表4. Anion濃度の2年間集計値. 観測期間: 2006年9月～2008年8月.

		単位:mg/l							
	場所	標本数	最小	最大	範囲	中央値	平均	標準偏差	CV%
H2PO4-	Sta.1	51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Sta.2	51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Sta.3	51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
F-	Sta.1	51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Sta.2	51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Sta.3	51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cl-	Sta.1	51	0.27	6.58	6.31	0.83	1.25	1.19	95
	Sta.2	51	0.41	28.22	27.81	2.16	3.36	4.18	124
	Sta.3	51	0.28	12.15	11.88	0.85	1.49	1.97	133
NO2-	Sta.1	51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Sta.2	51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Sta.3	51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Br-	Sta.1	51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Sta.2	51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Sta.3	51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
NO3-	Sta.1	51	0.56	18.48	17.92	2.15	2.98	2.92	98
	Sta.2	51	0.00	26.70	26.70	4.12	5.51	5.37	97
	Sta.3	51	0.81	20.17	19.36	2.75	3.62	3.45	95
SO42-	Sta.1	51	0.00	13.30	13.30	3.53	4.25	2.49	59
	Sta.2	51	0.00	22.78	22.78	4.74	6.06	4.16	69
	Sta.3	51	1.19	26.91	25.72	4.13	5.42	4.51	83

表5. Cation沈着量の2年間集計値. 観測期間: 2006年9月～2008年8月.

		単位:mg/m ² /2weeks, 雨量:mm, 年沈着量:mg/year							
	場所	標本数	雨量	最小	最大	中央値	平均	年沈着量	
Li+	Sta.1	51	954.5	0	33.5	4.1	5.5	140.4	
	Sta.2	51	695.2	0	21.1	5.1	6.7	171.2	
	Sta.3	51	897.5	0	24.5	4.0	5.0	127.5	
Na+	Sta.1	51	954.5	0	38.0	4.8	7.4	189.1	
	Sta.2	51	695.2	0	33.5	5.3	8.6	218.6	
	Sta.3	51	897.5	0	117.9	7.6	13.3	338.2	
NH4+	Sta.1	51	954.5	0	40.1	1.5	3.2	80.7	
	Sta.2	51	695.2	0	79.5	10.2	15.9	404.7	
	Sta.3	51	897.5	0	60.8	1.4	3.3	84.4	
K+	Sta.1	51	954.5	0	7.1	0.0	0.9	24.1	
	Sta.2	51	695.2	0	9.2	0.0	1.2	31.6	
	Sta.3	51	897.5	0	4.5	0.3	1.0	24.5	
Mg2+	Sta.1	51	954.5	0	29.2	0.8	2.3	58.7	
	Sta.2	51	695.2	0	34.7	11.2	13.0	332.4	
	Sta.3	51	897.5	0	43.1	1.4	2.7	69.0	
Ca2+	Sta.1	51	954.5	0	164.1	15.7	22.2	566.8	
	Sta.2	51	695.2	0	218.5	43.4	52.0	1326.9	
	Sta.3	51	897.5	0	174.5	17.6	26.5	676.0	

表6. Anion沈着量の2年間集計値. 観測期間: 2006年9月～2008年8月.

		単位:mg/m ² /2weeks, 雨量:mm, 年沈着量:mg/year							
	場所	標本数	雨量	最小	最大	中央値	平均	年沈着量	
Cl-	Sta.1	51	954.5	0	132.9	23.5	29.6	754.9	
	Sta.2	51	695.2	0	226.3	43.2	57.5	1465.0	
	Sta.3	51	897.5	0	165.6	21.7	30.1	768.8	
NO3-	Sta.1	51	954.5	0	479.5	61.1	77.9	1985.8	
	Sta.2	51	695.2	0	337.6	83.7	98.0	2499.5	
	Sta.3	51	897.5	0	201.1	69.2	78.3	1996.7	
SO42-	Sta.1	51	954.5	0	379.7	92.9	125.0	3187.9	
	Sta.2	51	695.2	0	399.0	110.4	128.1	3265.9	
	Sta.3	51	897.5	0	374.5	110.5	135.0	3441.3	

た値：mm)と年沈着量(2年間の沈着量を2で除した値：mg/year)を表中に示した。最小が0であるのは、2007年11月12日から2007年11月16日の2週間降水が無く、沈着量の測定値がないためである。

各イオンを沈着量が多い順に列記すると、全ての採取場所で $\text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{Li}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ であった。

年沈着量を見ると、 Na^+ 、 SO_4^{2-} 以外のイオンはSta. 2がSta. 1, Sta. 3に比べ多かった。

酸性雨の要因として代表的なイオンとしての SO_4^{2-} 年沈着量は、Sta. 1が3178.9mg/year, Sta. 2が3265.9mg/year, Sta. 3が3441.3mg/yearであり、 NO_3^- 年沈着量は、Sta. 1が1985.8mg/year, Sta. 2が2499.5mg/year, Sta. 3が1996.7mg/yearであった。 SO_4^{2-} はSta. 3の沈着量が最も大きく、 NO_3^- の沈着量はSta. 2が最も大きい。

その他、Sta. 2が年沈着量で特徴的なのは、 NH_4^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cl^- が他の採取場所に比べ高いことである。特に、 NH_4^+ 沈着量が他の場所に比べ5倍もあるのは、Sta. 2のpHが他の場所に比べ中性側になる現象と関連していると考察できる。

IV. まとめ

2006年9月～2008年8月の2年間、ろ過式採取装置を森林空地、森林内、岡山理科大学10学舎屋上の3地点に設置し、2週間毎に降水を採取し分析した。

Sta. 2(森林内)の降雨量は、2006年9月から2007年8月と2007年9月から2008年8月の年間降水量比は、0.73と0.76であり、Sta. 2の年間降水量はSta. 1より少ない。

pH、ECの2年集計結果から、平均値の大小関係は、Sta. 3 > Sta. 2 > Sta. 1であった。この大小関係は、既報(小林ほか 2003, 2004, 2007, 満崎ほか 2008, 山下ほか 2009)のレインゴーランド法によるpHの採取場所による比較と異なっていた。しかし、中央値の大小関係は、Sta. 2 > Sta. 1 > Sta. 3であり、既報の大小関係と同じであった。

ECの平均値の大小関係は、Sta. 2 > Sta. 3 >

Sta. 1であった。ECの採取場所による特徴は、Sta. 3が他の2つの採取場所に比べ、最大と最小の差(範囲が)が大きいことである。

陽イオン(Cation: Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+})の降水中のイオン別濃度の平均値を比較すると、全ての採取場所で、 $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Li}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ であった。Sta. 2(森林内)の降水中のCationが、Sta. 1(空き地)、Sta. 3(10学舎)に比べ濃度が高いことが明らかになった。

陰イオン(Anion: H_2PO_4^- , F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , SO_4^{2-})の降水中のイオン濃度の平均値は、全ての採取場所で、 H_2PO_4^- , F^- , NO_2^- , Br^- は定量限界以下(0.01mg/l)であった。Anion(Cl^- , NO_3^-)の平均値を採取場所毎に比較をすると、Sta. 2がSta. 1, Sta. 3に比べ高い値であった。

各イオンを沈着量が多い順に列記すると、全ての採取場所で $\text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{Li}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ であった。

年沈着量見ると、 Na^+ 、 SO_4^{2-} 以外のイオンはSta. 2がSta. 1, Sta. 3に比べ多かった。

Sta. 2が年沈着量で特徴的なのは、 NH_4^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cl^- が他の採取場所に比べ高いことである。特に、 NH_4^+ 沈着量が他の場所に比べ5倍もあるのは、Sta. 2のpHが他の場所に比べ中性側になる現象と関連していると考察できる。

謝辞

本研究のイオンクロマトグラフィー分析に協力頂いた、技術科学研究所山下研究室の筈野倫弘、海野雅人、久保斉彬、阪本健太郎の皆さんに深謝いたします。

引用文献

小林 賢・松尾太郎・正木智美・山下栄次(2003).
レインゴーランド法による生態システム園の酸性雨観測-2000年5月～2002年12月-. 岡山理科大学自然植物園研究報告 8: 31-45.

小林 賢・矢部智恒・松尾太郎・正木智美・山下栄次

- (2004). レインゴーランド法による生態システム園の酸性雨観測Ⅱ-2000年5月～2004年5月-. Naturalistae 9 : 55-62.
- 小林 賢・満崎 純・松尾太郎・正木智美・山下栄次 (2007). レインゴーランド法による生態システム園の酸性雨観測Ⅲ-2000年5月～2006年7月-. Naturalistae 11 : 95-103.
- 満崎 純・小林 賢・松尾太郎・正木智美・山下栄次 (2008). レインゴーランド法による生態システム園の酸性雨観測Ⅳ-2000年5月～2006年11月-. Naturalistae 12 : 9-19.
- 酸性雨調査法研究会編(1993). 酸性雨調査法. 株式会社ぎょうせい. pp64-77.
- 島津製作所(1994). PIA-1000取扱説明書. pp9・3.
- 渡邊恵三・山下栄次・松尾太郎・正木智美(2009). 岡山市におけるろ過式採取法による降水の観測-ろ過式採取法の並行観測-. Naturalistae 13 : 37-44.
- 山下栄次・小林 賢・矢部智恒・満崎 純・月森新一朗・平田圭佑・松尾太郎・正木智美(2009). レインゴーランド法による生態システム園の酸性雨観測Ⅴ-森林内の降雨の特徴-. Naturalistae 13 : 27-35.

(2009年 9 月11日受理)