

香川県における酸性雨調査（第4報）

—— 大気降下物の採取方法の検討 ——

Acid Precipitation Survey in Kagawa Prefecture (4)

— Study on Sampling Method of Deposition of Atmospheric Pollutants —

三木 正信 小山 健 藤川 勇
Masanobu MIKI Tsuyoshi KOYAMA Isamu FUJIKAWA
瀬戸 義久 浮田 和也 中野 智
Yoshihisa SETO Kazuya UKITA Satoru NAKANO

雨水の長期影響を評価するために、環境庁型のろ過式採取装置¹⁾が雨水を含む大気降下物の採取に用いられている。今回、このろ過式採取装置を用いて雨水を含む大気降下物を採取する際の雨水成分の安定性等について調査したところ、次のことがわかった。1) ろ過式で採取した試料を開放系で遮光した状態で戸外に約1か月間放置したところ、14日を越えると、pH、EC及び各雨水成分濃度に大きな変化がみられた。2) ろ過式と非ろ過式では採取水量に差がみられ、非ろ過式はろ過式の約90%量であった。これは、ろ過式はろ過部があるため蒸発量が少ないことによる。pHは非ろ過式がろ過式に比べて高かった。また、雨水成分降水量はろ過式が多かった。3) ろ過式で1週間単位と半月単位で雨水を含む大気降下物を採取し、比較すると採取水量はほぼ同量であるが、pHは半月が1週間に比べて年間平均値で0.3程度低かった。また、雨水成分降水量はCa²⁺については半月が1週間の約70%と少なかったが、他のイオンはほぼ同量であった。4) 乾性降下物の水溶性成分への寄与は、陰イオン類に比べて、NH₄⁺を除く陽イオン類が大きく、特にCa²⁺が極めて大きかった。また、降水量の少ない月は各雨水成分とも乾性降下物の寄与が大きいことがわかった。

はじめに

酸性雨の生態系への影響が問題となり、欧米では森林が枯れたり、湖の魚類が減少する等の被害が報告されている。わが国では雨水を含む大気降下物の長期影響を評価するために昭和58年から環境庁型のろ過式採取装置を用いて一定期間（1週間）戸外に放置し、大気降下物を採取する方法が用いられている。この採取装置はろ過によって雨水試料の安定性を保つようにしたもので、安価かつ省力化が図れる等の利点があるが、採取した試料中には雨水以外に乾性降下物が含まれ水溶性成分に影響を与えることが考えられる。筆者らは前報²⁾で乾性降下物の影響について報告したところである。このろ過式採取装置はこのように厳密な意味では雨水採取装置ではないが、大気降下物量を簡便に把握でき、酸性雨の長期影響を評価するに適した装置である。今回、ろ過式採取装置を用いて大気降下物を採取する際の雨水成分の安定性等について調査したのでその結果について報告する。

調査方法

1. 調査地点

香川県公害研究センター屋上（地上30m）

2. 調査内容及び調査期間

1) 調査1 雨水成分の安定性の検討（昭和63年9月）

環境庁型のろ過式採取装置（図1）を用いて1週間単位に採取した試料及び一雨単位の試料各々500mlをポリビンに入れ、ふたをしない状態で戸外の直射日光のあたらない場所に約1か月間放置しpH及び雨水成分濃度の経時変化を調べた。

2) 調査2 ろ過部の有無による雨水成分の安定性の検討（昭和63年9月～平成元年3月）

調査1と同じろ過式採取装置1台と非ろ過式採取装置（ろ過式採取装置からろ過部を取り去ったもの）3台を用いて大気降下物を採取し、ろ過部の有無が大気降下物採取量に及ぼす影響を調べた。

3) 調査3 採取期間の違いによる大気降下物採取量の比較（昭和63年9月～平成元年3月）

調査1と同じろ過式採取装置を用いて1週間単位と半月単位で大気降下物を採取し、降水量を比較した。

4) 調査4 乾性降下物の寄与（昭和63年4月～平成元年3月）

自動雨水採取装置（小笠原計器株式会社製R-500）を用いて1降雨単位にろ過式で雨水を採取、また同装置を用いて1か月単位に乾性降下物を採取した。これらの降水量と調査1と同じろ過式採取装置を用いて1週間単

位に採取した降水量を比較した。

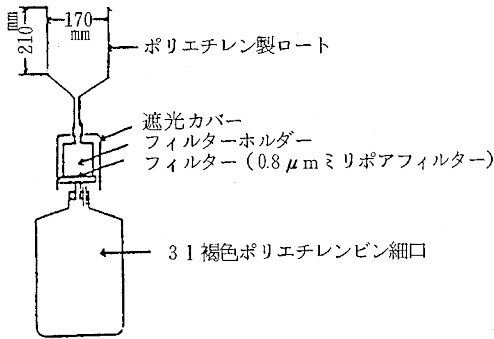


図1 ろ過式採取装置

3. 測定項目及び測定方法

前報³⁾と同じである。採取した大気降下物はミリポアフィルター(0.22 μm)でろ過し、昭和61年度酸性雨成分分析実施細則¹⁾に基づいて分析操作を行った。

調査結果及び考察

1. 雨水成分の安定性の検討(調査1)

ろ過式採取装置を用いて1週間単位で採取した試料(3試料)及び一雨全量試料(1試料)を開放系で戸外の直射日光のあたらない場所に約1か月間放置し、pH、EC及び雨水成分濃度の経時変化を調べた。各試料は開放系であるため蒸発によって水量が約1か月で元の4.8~7.2%減少した。各試料は0.8 μmのミリポアフィルターでろ過した試料で、粒子状物質の水溶性成分への影響は小さいと考えられる。また、各試料は遮光状態で放置したので光の影響も小さいと考えられる。pHの経時変化を図2に示す。pHの高い1週間単位試料は14日まではあまり変化がみられないが、それ以降は低下する傾向がみられた。pHの低い1雨単位試料では変化がみられなかった。ECの経時変化を図3に示す。ECは7日で低下した後上昇する試料がみられたが、全体として変化は小さかった。各雨水成分濃度の経時変化を図4に示す。雨水成分のうち SO_4^{2-} は14日までは大きな変化はみられないが、それ以降は上昇する傾向がみられた。 NO_3^- も14日までは大きな変化はみられないが、それ以降は上昇する試料があった。 Cl^- は変化が大きい試料があったが、7日を越えると上昇する傾向がみられた。 NH_4^+ は放置期間が長くなるにつれてやや上昇する傾向がみられた。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 及び Na^+ には大きな変化はみられなかった。

玉置らは雨水中の主成分は閉鎖系では10日~1か月程

度の室内放置に対して安定としているが、³⁾今回開放系で約1か月間放置し経時変化を調べた結果、ろ過式での採取期間の長さは14日くらいが限度で、これ以上長くなると雨水成分濃度の変化が大きくなる恐れがあると考えられる。

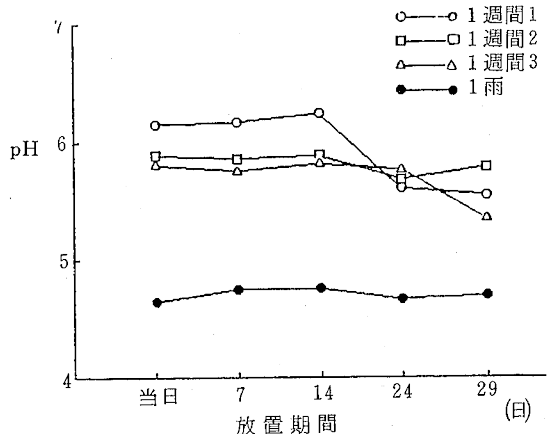


図2 pHの経時変化

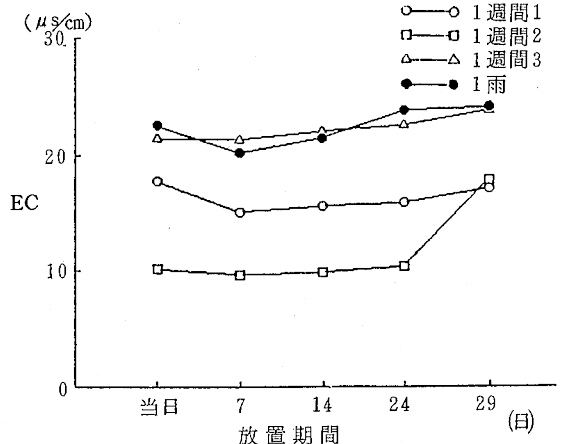


図3 ECの経時変化

2. ろ過部の有無による雨水成分の安定性の検討(調査2)

ろ過式採取装置1台と非ろ過式採取装置(ろ過式採取装置からろ過部を取り去ったもの)3台を用いて大気降下物を採取し、ろ過部の有無が大気降下物採取量に及ぼす影響を調べた。採取水量をろ過式と非ろ過式について比較したものを図5に示す。なお、非ろ過式は3個の試料の平均値を用いた。採取水量はろ過式に比べて非ろ過式がやや少なく、平均でろ過式の89%量である。これはろ過式はろ過部があるために蒸発量が少なくなるものと考えられる。pHをろ過式と非ろ過式について比較したものを図6に示す。pHは採取水量が多量の時非ろ過式と非ろ過式はよく一致しているが、少量の時非ろ過式

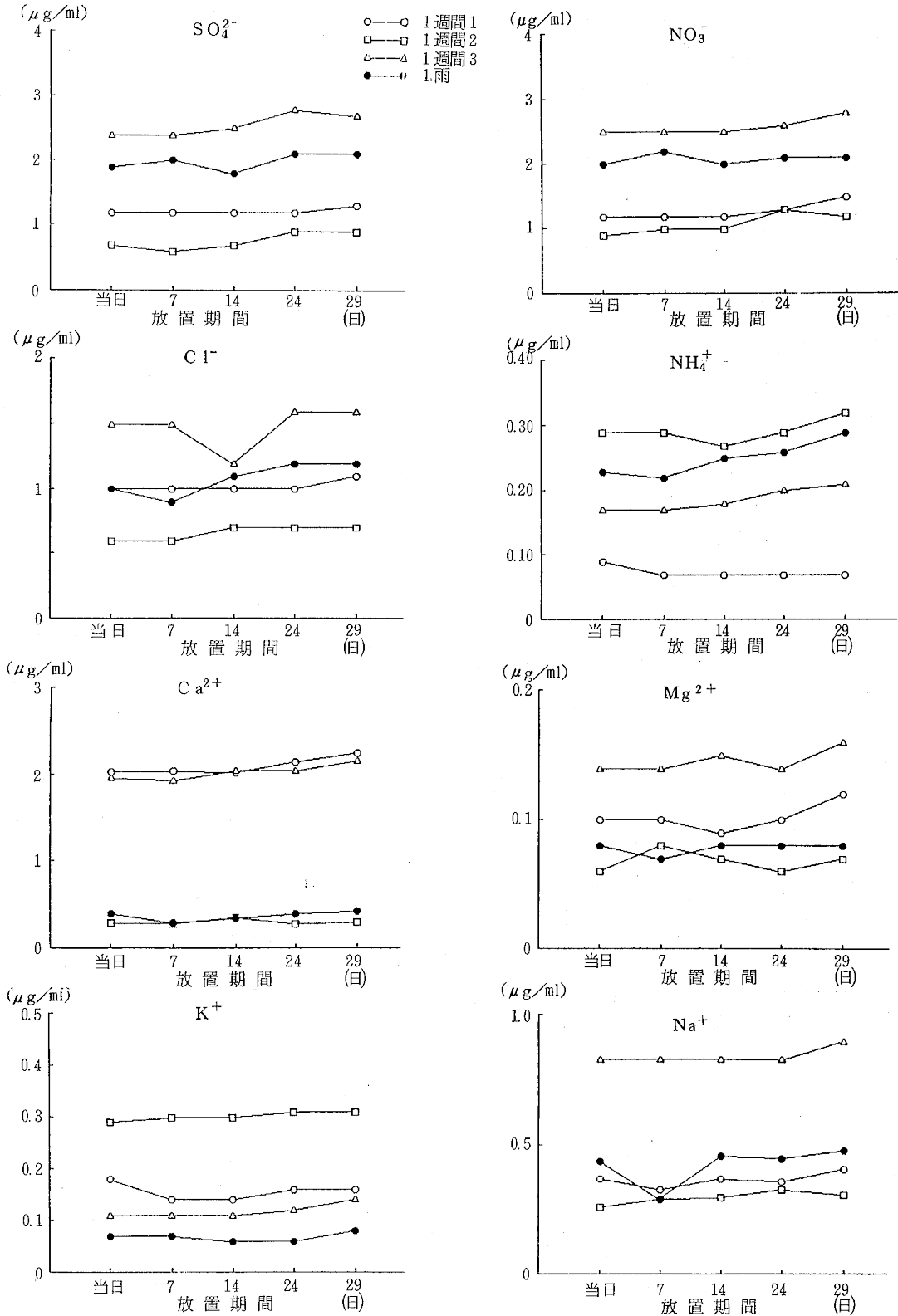


図4 雨水成分濃度の経時変化

がる過式に比べてやや高い。これは非ろ過式は採取雨水中に粒子状物質が存在し、水溶性成分に影響するためと思われる。ECをろ過式と非ろ過式について比較したものを図7に示す。ECもpH同様、採取水量が多量の時はろ過式と非ろ過式はよく一致しているが、少量の時は非ろ過式がろ過式に比べてやや高い。各雨水成分降下量をろ過式と非ろ過式について比較したものを図8に示す。陰イオン類は SO_4^{2-} 、 NO_3^- 及び Cl^- が採取水量の多少にかかわらず非ろ過式はろ過式に比べて降下量が少ない。陽イオン類のうち NH_4^+ 、 K^+ 及び Na^+ はろ過式に比べて非ろ過式が降下量が少ない。 Ca^{2+} 及び Mg^{2+} は非ろ過式とろ過式が一部の月を除きよく一致していた。

非ろ過式3個間のばらつきを表1に示す。採取水量の変動係数は1.0~6.9% (平均3.0%) でばらつきは小さい。pHの変動係数は0.2~12.3% (平均2.4%) でばらつきは小さい。変動係数12.3%の試料は3個の試料のうち1個が他の2個とかけ離れた値であったためである。ECの変動係数は1.2~8.0% (平均3.9%) とpHと比べてやや大きい。雨水成分降下量は各成分とも採取水量が多いときは変動係数が小さくよく一致しているが、採取水量が少ないときにはばらつきが大きくなる傾向がみられる。また、各雨水成分の変動係数の平均は10%前後あり、この数値からみても個々の降下量をもって代表することは困難と思われる。

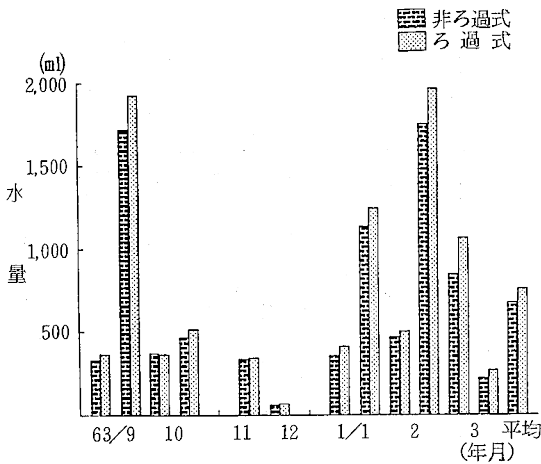


図5 採取水量の比較

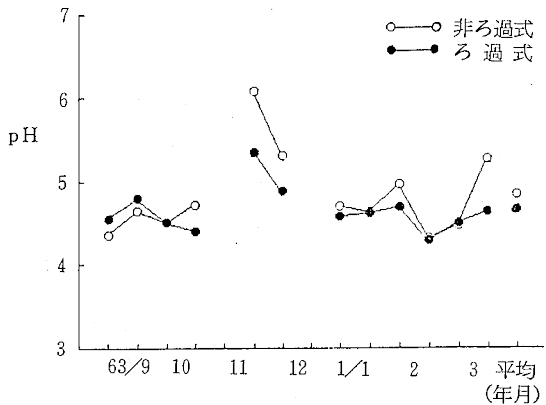


図6 pHの比較

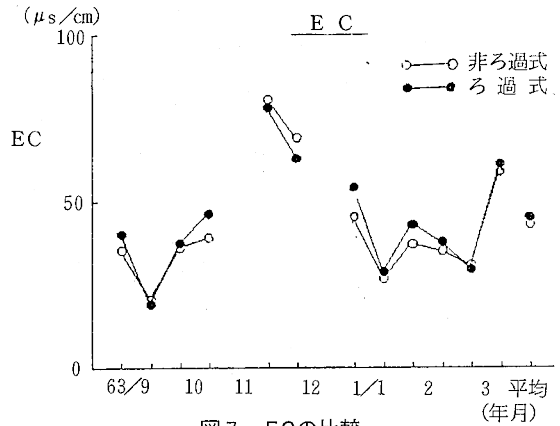


図7 ECの比較

3. 採取期間の違いによる大気降下物採取量の比較 (調査3)

ろ過式採取装置を用いて1週間単位と半月単位に大気降下物を採取し、降下量(採取水量から算出)、pH、EC及び各雨水成分降下量を比較した。それぞれの月間値の年間平均値を表2に示す。降水量は年間平均値は半月単位と1週間単位はほぼ一致しており、図9に示すように個々の月についてはややばらついているが、よく似た値である。pHは半月単位が1週間単位に比べて年間平均値で0.3程度低く、図10に示すように、個々の月についても半月単位は1週間単位に比べて低く、特に10月は差が1.2あった。ECは年間平均値では半月単位と1週間単位はほぼ一致しており、図11に示すように個々の月についてもよく似た値である。雨水成分降下量のうち SO_4^{2-} 及び NO_3^- は年間平均値では半月単位は1週間単位に比べてやや多いが(5%前後)、図12に示すように個々の月についてはばらつきがみられる。 Cl^- は年間平均値では半月単位と1週間単位は一致しており、個々の月についても一部の月を除きよく似た値である。

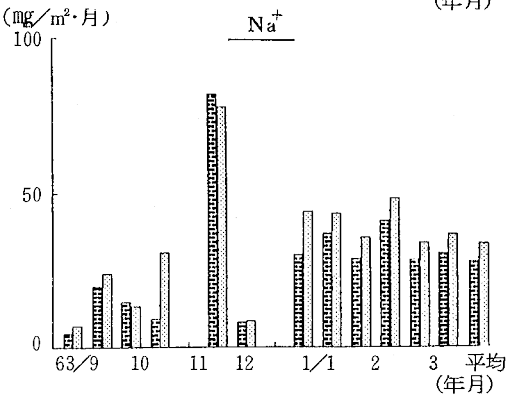
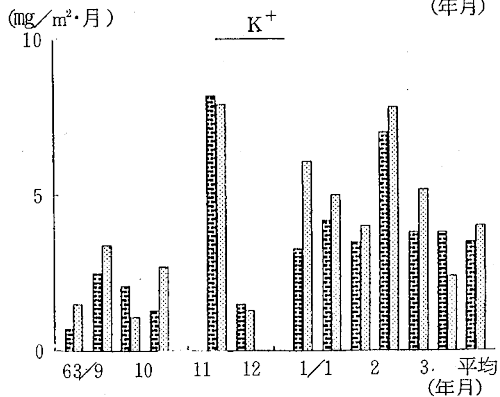
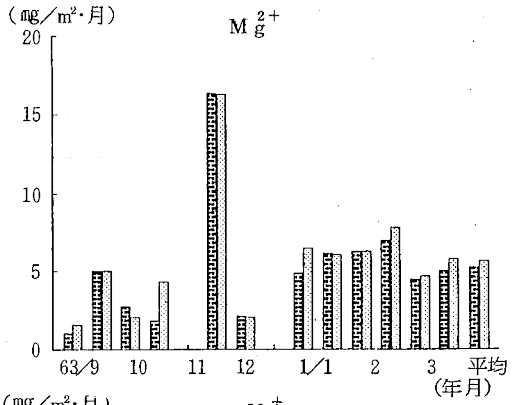
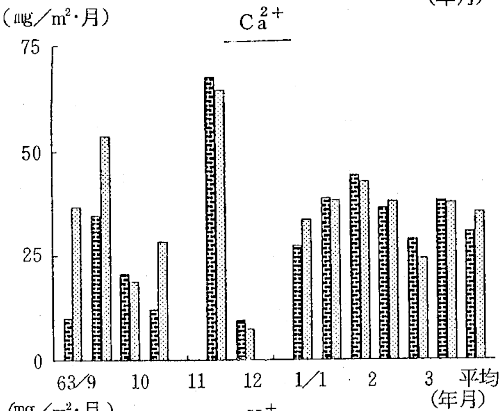
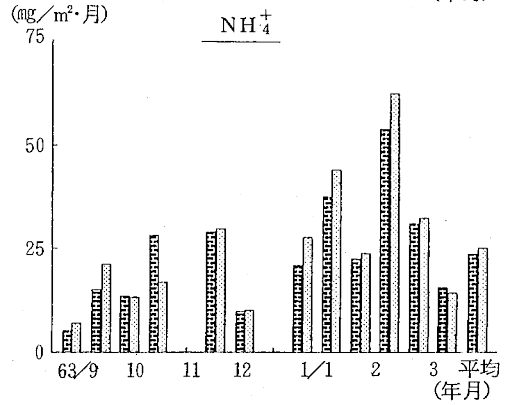
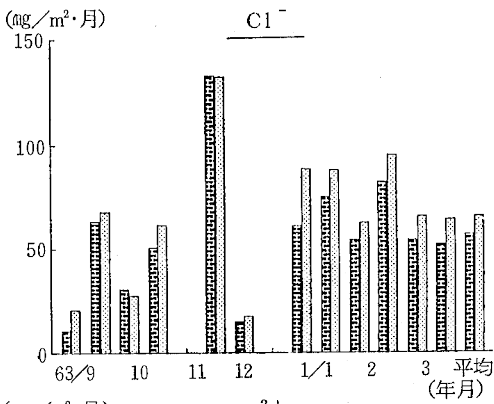
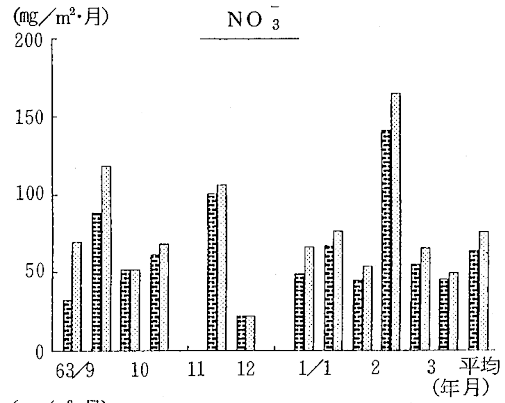
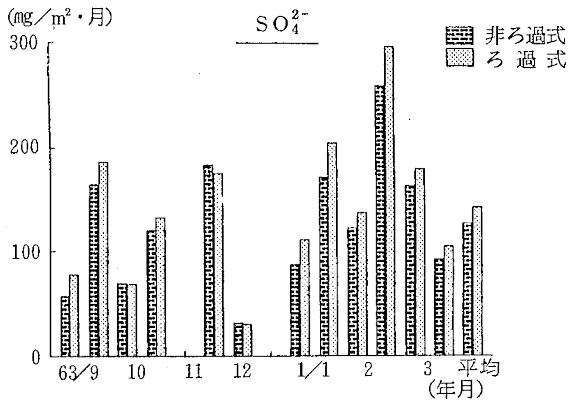


図8 雨水成分降下量の比較

表1 非ろ過式間のばらつき

採取水量 (ml)

調査期間	非ろ過1	非ろ過2	非ろ過3	平均	変動係数
9/6~9/13	340	330	330	333	1.4
9/13~9/30	1750	1690	1730	1723	1.4
9/30~10/14	390	350	380	373	4.6
10/14~11/1	480	470	470	473	1.0
11/1~11/16	—	—	—	—	—
11/16~12/1	345	340	355	347	1.8
12/1~12/14	68	68	64	67	2.8
12/14~12/27	—	—	—	—	—
12/27~1/13	380	345	360	362	4.0
1/13~2/1	1160	1090	1170	1140	3.1
2/1~2/15	470	450	500	473	4.3
2/15~3/1	1760	1690	1820	1757	3.0
3/1~3/15	830	790	930	850	6.9
3/15~3/31	230	220	220	223	2.1
平均	684	653	694	677	3.0

pH

調査期間	非ろ過1	非ろ過2	非ろ過3	平均	変動係数
9/6~9/13	4.33	4.38	4.39	4.37	0.6
9/13~9/30	4.60	4.71	4.69	4.66	1.0
9/30~10/14	4.54	4.52	4.54	4.53	0.2
10/14~11/1	4.53	5.81	4.62	4.73	12.3
11/1~11/16	—	—	—	—	—
11/16~12/1	6.01	6.14	6.17	6.10	1.1
12/1~12/14	5.34	5.46	5.20	5.32	2.0
12/14~12/27	—	—	—	—	—
12/27~1/13	4.73	4.68	4.74	4.72	0.6
1/13~2/1	4.62	4.67	4.67	4.65	0.5
2/1~2/15	4.89	5.01	5.07	4.98	1.5
2/15~3/1	4.37	4.31	4.31	4.33	0.7
3/1~3/15	4.40	4.47	4.57	4.48	1.6
3/15~3/31	4.96	5.71	5.56	5.28	6.1
平均	4.78	4.99	4.88	4.85	2.4

EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

調査期間	非ろ過1	非ろ過2	非ろ過3	平均	変動係数
9/6~9/13	35.5	34.8	36.8	35.7	2.3
9/13~9/30	20.1	20.4	21.9	20.8	3.8
9/30~10/14	36.8	35.4	37.0	36.4	2.0
10/14~11/1	40.9	36.2	41.7	39.6	6.1
11/1~11/16	—	—	—	—	—
11/16~12/1	79.1	82.3	81.1	80.8	1.6
12/1~12/14	70.6	66.9	70.7	69.4	2.5
12/14~12/27	—	—	—	—	—
12/27~1/13	50.7	42.7	43.2	45.7	8.0
1/13~2/1	26.4	27.7	27.3	27.1	2.0
2/1~2/15	36.8	34.9	40.1	37.4	5.7
2/15~3/1	35.6	35.0	36.0	35.5	1.2
3/1~3/15	33.3	32.7	27.8	31.1	7.9
3/15~3/31	56.0	60.7	61.3	59.3	4.0
平均	43.5	42.5	43.7	43.2	3.9

SO₄²⁻ (mg/m²・月)

調査期間	非ろ過1	非ろ過2	非ろ過3	平均	変動係数
9/6~9/13	56.9	53.8	61.1	57.3	5.2
9/13~9/30	169.6	156.4	167.7	164.6	3.6
9/30~10/14	75.6	63.2	72.0	70.3	7.4
10/14~11/1	122.7	120.1	120.1	121.0	1.0
11/1~11/16	—	—	—	—	—
11/16~12/1	182.4	179.8	187.7	183.3	1.8
12/1~12/14	34.2	28.5	32.1	31.6	7.5
12/14~12/27	—	—	—	—	—
12/27~1/13	102.1	76.0	84.1	87.4	12.5
1/13~2/1	178.9	158.5	175.3	170.9	5.2
2/1~2/15	116.0	107.1	145.4	122.8	13.3
2/15~3/1	263.6	245.7	264.6	258.0	3.4
3/1~3/15	171.9	160.1	155.7	162.6	4.2
3/15~3/31	94.2	91.1	94.0	93.1	1.5
平均	130.7	120.0	130.0	126.9	5.6

NO₃⁻ (mg/m²・月)

調査期間	非ろ過1	非ろ過2	非ろ過3	平均	変動係数
9/6~9/13	30.0	30.5	37.8	32.8	10.9
9/13~9/30	92.5	81.9	91.5	88.6	5.4
9/30~10/14	55.0	47.8	53.6	52.1	6.0
10/14~11/1	63.4	60.0	62.1	61.9	2.3
11/1~11/16	—	—	—	—	—
11/16~12/1	101.8	98.9	101.7	100.8	1.4
12/1~12/14	23.1	21.6	22.0	22.2	2.8
12/14~12/27	—	—	—	—	—
12/27~1/13	58.6	41.0	49.2	49.6	14.5
1/13~2/1	71.5	62.4	67.0	67.0	5.6
2/1~2/15	47.6	43.6	44.1	45.1	4.0
2/15~3/1	147.3	134.0	144.3	141.9	4.0
3/1~3/15	58.5	55.7	53.3	55.8	3.8
3/15~3/31	46.6	44.6	47.5	46.2	2.6
平均	66.3	60.2	64.5	63.7	5.3

Cl⁻ (mg/m²・月)

調査期間	非ろ過1	非ろ過2	非ろ過3	平均	変動係数
9/6~9/13	13.5	10.2	10.2	11.3	13.8
9/13~9/30	84.8	52.1	53.4	63.4	23.8
9/30~10/14	34.4	27.8	30.1	30.8	8.9
10/14~11/1	48.6	51.8	51.8	50.7	2.9
11/1~11/16	—	—	—	—	—
11/16~12/1	127.7	125.8	145.5	133.0	6.7
12/1~12/14	15.0	15.0	15.5	15.2	1.6
12/14~12/27	—	—	—	—	—
12/27~1/13	70.3	54.7	58.7	61.2	10.8
1/13~2/1	76.7	72.0	77.3	75.3	3.1
2/1~2/15	51.8	47.6	63.9	54.4	12.7
2/15~3/1	85.3	74.5	88.2	82.7	7.2
3/1~3/15	58.5	52.2	53.3	54.7	5.0
3/15~3/31	49.7	54.3	53.3	52.4	3.8
平均	59.7	53.2	58.4	57.1	8.4

NH₄⁺ (mg/m²・月)

調査期間	非ろ過1	非ろ過2	非ろ過3	平均	変動係数
9/6~9/13	5.2	5.1	5.2	5.2	1.4
9/13~9/30	15.4	14.9	15.2	15.2	1.4
9/30~10/14	15.1	12.8	13.1	13.7	7.6
10/14~11/1	19.5	48.9	16.4	28.2	51.9
11/1~11/16	—	—	—	—	—
11/16~12/1	29.6	29.2	28.8	29.2	1.2
12/1~12/14	10.0	9.0	10.7	9.9	7.2
12/14~12/27	—	—	—	—	—
12/27~1/13	25.1	18.4	19.7	21.1	13.8
1/13~2/1	41.4	32.7	39.2	37.7	9.8
2/1~2/15	22.6	18.6	26.2	22.5	13.8
2/15~3/1	50.4	58.8	52.1	53.8	6.8
3/1~3/15	34.7	29.2	29.5	31.2	8.1
3/15~3/31	16.3	15.8	14.8	15.7	3.9
平均	23.8	24.4	22.6	23.6	10.6

Ca²⁺ (mg/m²・月)

調査期間	非ろ過1	非ろ過2	非ろ過3	平均	変動係数
9/6~9/13	8.2	7.3	14.7	10.1	32.7
9/13~9/30	39.3	28.3	36.6	34.7	13.5
9/30~10/14	22.0	17.4	23.1	20.8	11.8
10/14~11/1	12.3	10.4	13.9	12.2	11.8
11/1~11/16	—	—	—	—	—
11/16~12/1	63.1	62.6	77.1	67.6	9.9
12/1~12/14	10.0	9.6	9.1	9.6	4.0
12/14~12/27	—	—	—	—	—
12/27~1/13	32.1	22.8	27.9	27.6	13.8
1/13~2/1	35.8	32.7	48.5	39.0	17.5
2/1~2/15	39.1	38.9	55.1	44.4	17.1
2/15~3/1	33.3	34.2	42.5	36.7	11.2
3/1~3/15	28.9	27.5	30.7	29.0	4.6
3/15~3/31	34.6	40.6	39.8	38.3	7.0
平均	29.9	27.7	34.9	30.8	12.9

Mg²⁺ (mg/m²・月)

調査期間	非ろ過1	非ろ過2	非ろ過3	平均	変動係数
9/6~9/13	1.2	0.9	1.2	1.1	13.5
9/13~9/30	6.2	4.5	4.6	5.1	15.3
9/30~10/14	3.1	2.5	2.7	2.8	9.4
10/14~11/1	1.7	1.4	2.5	1.9	23.5
11/1~11/16	—	—	—	—	—
11/16~12/1	15.8	15.7	17.7	16.4	5.5
12/1~12/14	2.3	2.2	2.2	2.2	1.6
12/14~12/27	—	—	—	—	—
12/27~1/13	5.7	4.3	4.6	4.9	12.6
1/13~2/1	6.1	5.8	6.7	6.2	6.2
2/1~2/15	5.4	5.4	8.2	6.3	20.8
2/15~3/1	6.2	7.4	7.2	7.0	7.8
3/1~3/15	4.8	4.2	4.5	4.5	5.3
3/15~3/31	4.9	5.1	5.2	5.1	3.1
平均	5.3	4.9	5.6	5.3	10.4

K (mg⁺/m²・月)

調査期間	非ろ過1	非ろ過2	非ろ過3	平均	変動係数
9/6~9/13	0.7	0.6	0.7	0.7	10.8
9/13~9/30	3.1	2.2	2.3	2.5	15.4
9/30~10/14	2.2	2.0	2.0	2.1	5.1
10/14~11/1	2.1	1.0	0.8	1.3	42.4
11/1~11/16	—	—	—	—	—
11/16~12/1	7.6	7.6	9.2	8.2	9.3
12/1~12/14	1.5	1.6	1.4	1.5	8.0
12/14~12/27	—	—	—	—	—
12/27~1/13	4.0	2.9	2.9	3.3	16.6
1/13~2/1	4.1	4.3	4.1	4.2	2.5
2/1~2/15	3.5	3.2	3.7	3.5	6.8
2/15~3/1	7.0	6.7	7.2	7.0	3.0
3/1~3/15	4.4	4.2	2.9	3.8	17.6
3/15~3/31	2.8	5.0	3.6	3.8	23.9
平均	3.6	3.5	3.4	3.5	13.5

Na⁺ (mg/m²・月)

調査期間	非ろ過1	非ろ過2	非ろ過3	平均	変動係数
9/6~9/13	5.7	4.2	4.2	4.7	14.8
9/13~9/30	20.0	19.4	19.8	19.7	1.4
9/30~10/14	15.3	13.7	14.7	14.6	4.5
10/14~11/1	9.9	8.9	8.7	9.2	5.9
11/1~11/16	—	—	—	—	—
11/16~12/1	76.0	72.6	96.7	81.8	13.0
12/1~12/14	7.8	9.0	7.6	8.2	7.4
12/14~12/27	—	—	—	—	—
12/27~1/13	35.8	25.8	28.5	30.1	14.0
1/13~2/1	37.3	35.5	38.1	37.0	2.9
2/1~2/15	27.7	25.4	33.3	28.8	11.5
2/15~3/1	38.8	38.7	45.7	41.1	8.0
3/1~3/15	30.0	27.1	27.9	28.3	4.3
3/15~3/31	28.4	33.0	30.5	30.6	6.1
平均	27.7	26.1	29.6	27.8	7.8

表2 各水溶性成分の年間平均値

	1週間	半月
降水量 (mm)	58.6	61.7
pH	4.89	4.58
EC (μs/cm)	45.3	48.4
SO ₄ ²⁻ (mg/m ² ・月)	249.7	259.5
NO ₃ ⁻ (mg/m ² ・月)	131.0	141.6
Cl ⁻ (mg/m ² ・月)	120.4	119.8
NH ₄ ⁺ (mg/m ² ・月)	39.0	44.4
Ca ²⁺ (mg/m ² ・月)	99.3	70.0
Mg ²⁺ (mg/m ² ・月)	10.0	10.0
K ⁺ (mg/m ² ・月)	7.8	7.5
Na ⁺ (mg/m ² ・月)	57.0	62.5

NH₄⁺は年間平均値では半月単位は1週間単位に比べてやや多く、個々の月については一部の月を除きよく似た値である。Ca²⁺は年間平均値では半月単位は1週間単位の70%値と少なく、個々の月についても半月単位が1週間単位に比べて少ない。Mg²⁺、K⁺及びNa⁺は半月単位と1週間単位は年間平均値ではほぼ一致しているが、個々の月については値がばらついている。

これらのことから、採取期間を1週間単位から半月単位に延長するとすれば両者の値にばらつきがあること、特にpHとCa²⁺の降下量にはかなり違いがみられることを考慮しなければならない。

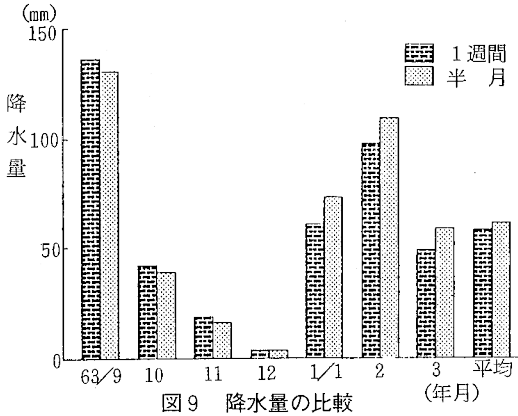


図9 降水量の比較

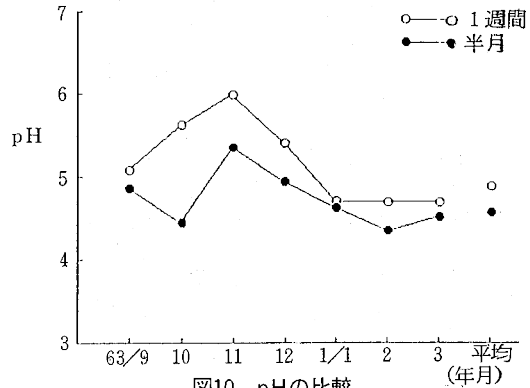


図10 pHの比較

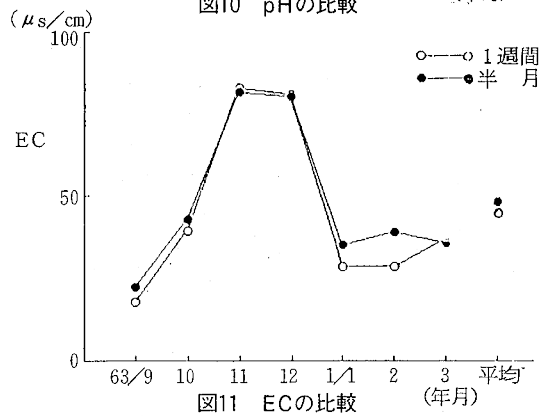


図11 ECの比較

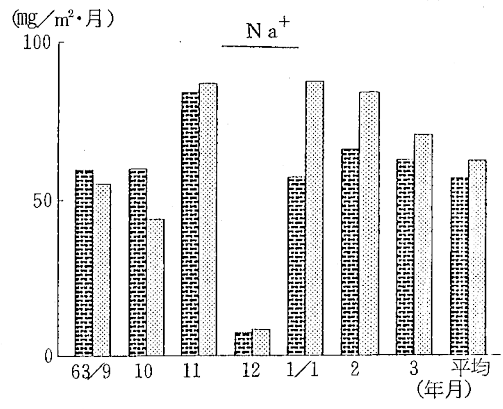
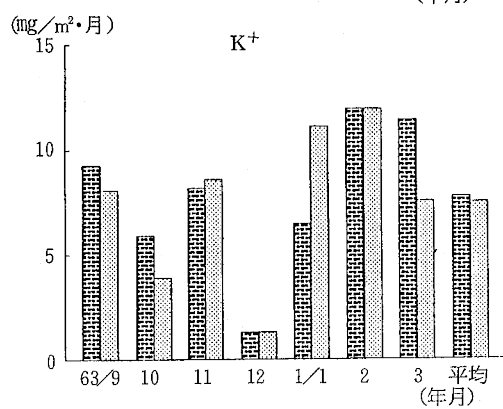
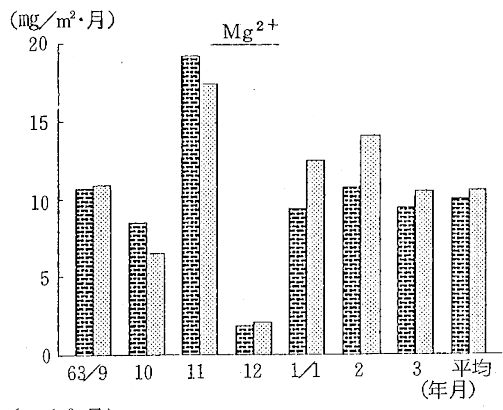
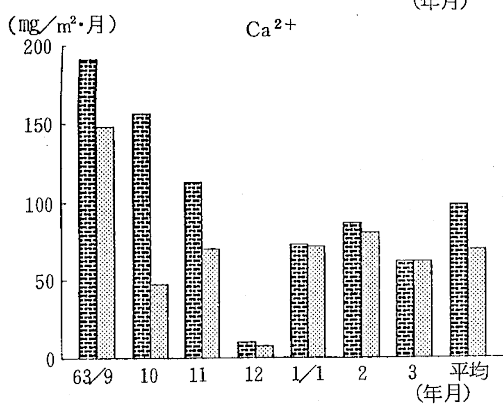
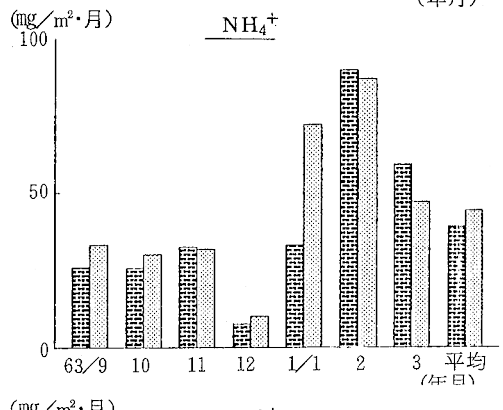
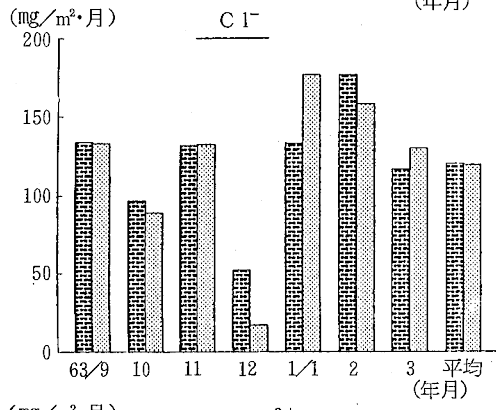
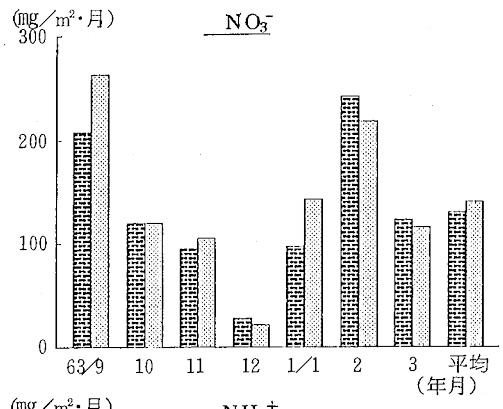
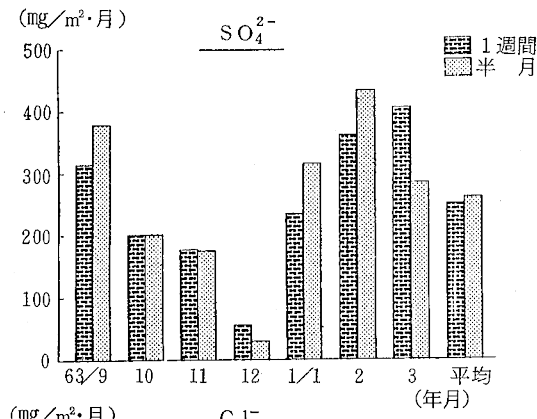


図12 雨水成分降下量の比較

4. 乾性降下物の寄与 (調査4)

この調査は前年に引続き行ったものである。降水量(採取水量から算出)の年間平均値は表3に示すように1週間単位が1雨単位の93.6%となっている。本年は図13に示すように10月~12月が雨が少ない状況にあった。pHの年間平均値は表3に示すように1週間単位が5.04, 1雨単位(乾性降下物は含まない)が4.80で、1週間単位が1雨単位より0.2程度高い。月間値を用いて1週間単位と1雨単位を比較すると、図14に示すように降水量の多い月は両者はよく一致しているが、降水量の少ない月は1週間単位が高い。ECは年間値では1週間単位が34.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 1雨単位が39.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と1週間単位がやや高い。月間値を用いて1週間単位と1雨単位を比較すると図15に示すように降水量が多い月は両者はよく一致しているが、降水量が少ない月はpH同様1週間が高い。雨水成分降下量の年間平均値を表3に示す。1週間単位の降下量は1雨単位の降下量と乾性降下物の水溶性成分の和とは一致せず、 SO_4^{2-} 及び NO_3^- は年間値ではほぼ

一致しているが、 Ca^{2+} は1週間単位が1雨と乾性降下物の和に比べて多く、 NH_4^+ 、 K^+ 及び Na^+ は逆に少なくなっている。月間値を用いて両者を比較すると、図16に示すように個々の月については Ca^{2+} 及び K^+ にはややばらつきがみられる。特に Ca^{2+} は降水量の多い月はよく似た値であるが、降水量の少ない月は1週間単位が1雨と乾性降下物の和に比べて著しく多い。1雨単位の降水量と乾性降下物の水溶性成分の和のうちの乾性降下物の水溶性成分の割合は表4に示すように年間平均値では Ca^{2+} が最も大きい。また月別にみると降水量の極めて少ない12月は各雨水成分とも極めて大きい。環境庁型のろ過採取装置は開放型であるため採取した試料中には雨水以外に乾性降下物の水溶性成分も含まれている。今回の調査では乾性降下物からの水溶性成分への寄与は NH_4^+ を除く陽イオン類が大きく、特に Ca^{2+} が著しいこと、降水量の少ない月は各雨水成分とも乾性降下物の寄与が大きいことがわかった。

表3 各水溶性成分の年間平均値

	① 1週間	② 1雨	③ 乾性	②+③	①/(②+③) (%)
降水量 (mm)	96.7	103.3	—	—	93.6
pH	5.04	4.80	—	—	—
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	34.7	39.2	—	—	—
SO_4^{2-} ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{月}$)	294.3	268.8	31.4	300.2	98.0
NO_3^- ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{月}$)	169.0	153.0	23.1	176.1	96.0
Cl^- ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{月}$)	110.8	98.9	19.6	118.5	93.5
NH_4^+ ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{月}$)	56.2	62.4	3.2	65.6	85.7
Ca^{2+} ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{月}$)	93.6	51.9	27.9	79.8	117.3
Mg^{2+} ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{月}$)	9.9	7.6	3.0	10.6	93.4
K^+ ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{月}$)	9.8	10.2	3.3	13.5	72.6
Na^+ ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{月}$)	53.0	45.1	16.7	61.8	85.8

(注) 水溶性成分の月降下量は30日あたりの降下量を用いた。

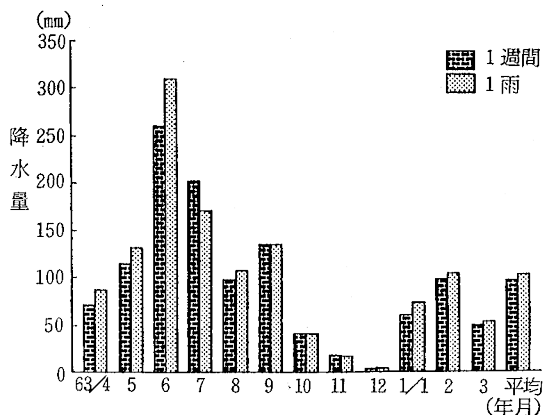


図13 降水量の比較

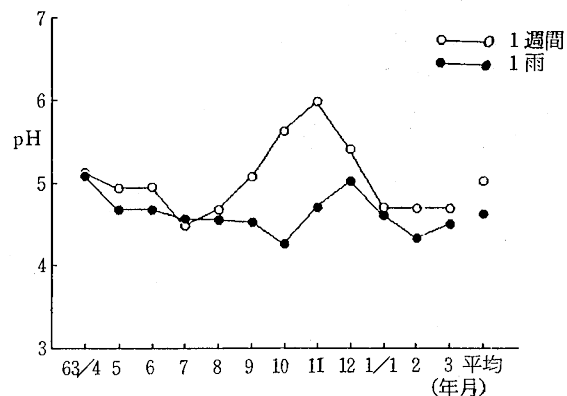


図14 pHの比較

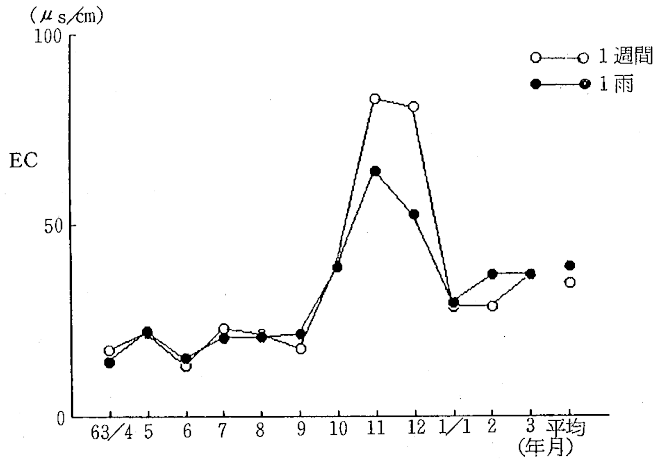


図15 ECの比較

表4 (1雨+乾性)中の乾性の割合

(単位: %)

	63/4	5	6	7	8	9	10	11	12	1/1	2	3	平均値
SO ₄ ²⁻	21.2	7.1	5.6	8.3	9.6	5.9	12.2	17.8	62.0	13.0	7.3	14.5	15.4
NO ₃ ⁻	24.9	2.9	12.9	10.9	20.6	10.3	14.0	13.6	57.9	12.4	5.2	17.2	16.9
Cl ⁻	24.3	9.3	7.7	9.0	8.3	10.5	23.5	26.9	72.3	16.7	11.8	19.2	20.0
NH ₄ ⁺	5.3	2.3	1.4	0.6	1.4	2.4	4.1	5.2	27.7	16.5	10.6	6.2	7.0
Ca ²⁺	35.1	20.8	27.8	49.2	51.5	28.5	43.6	33.4	86.7	35.3	22.3	34.5	39.1
Mg ²⁺	33.0	17.4	21.3	34.7	39.6	20.7	43.1	28.1	76.3	27.6	17.7	25.6	32.1
K ⁺	43.5	13.9	11.5	16.7	21.1	17.6	29.3	31.0	92.3	23.8	14.0	20.5	27.9
Na ⁺	33.1	12.4	12.3	37.2	39.0	15.4	35.0	29.1	81.4	22.1	18.3	21.5	29.7

まとめ

環境庁型のろ過式採取装置を大気降下物を採取する際の雨水成分の安定性等について調査した結果、次のことがわかった。

- ろ過式で採取した試料を開放系で遮光した状態で戸外に約1か月間放置し、pH、EC及び各雨水成分濃度の経時変化を調べたところ放置日数が14日を越えると大きな変化がみられた。
- ろ過式と非ろ過式を比較し、ろ過部の有無が雨水の安定性にどう影響するか調べたところ、採取水量に差がみられ、非ろ過式はろ過式の約90%量であった。pHは非ろ過式がろ過式に比べて高かった。また、雨水成分降下量はろ過式が多かった。
- ろ過式で1週間単位と半月単位で大気降下物を採取し、採取期間の違いの影響を調べたところ、採取水量はほぼ同量であるが、pHは半月が1週間に比べて年間平均値で0.3程度低かった。また、雨水成分降下量はCa²⁺が半月が1週間の約70%と少なかったが、他はほぼ同量であった。
- 乾性降下物の水溶性成分への寄与は陰イオン類に比

べてNH₄⁺を除く陽イオン類が大きく、特にCa²⁺が極めて大きかった。また、降水量の少ない月は各雨水成分とも乾性降下物の寄与が大きいがわかった。

文献

- 環境庁大気保全局大気規制課：昭和61年度酸性雨成分分析調査実施細則，昭和61年5月
- 三木正信，小山健，藤川勇他：香川県公害研究センター所報，12，99（1987）
- 三木正信，小山健，藤川勇他：香川県公害研究センター所報，13，47（1988）
- 玉置元則，平木隆年，渡辺弘：大気汚染学会誌，21，4，289（1986）

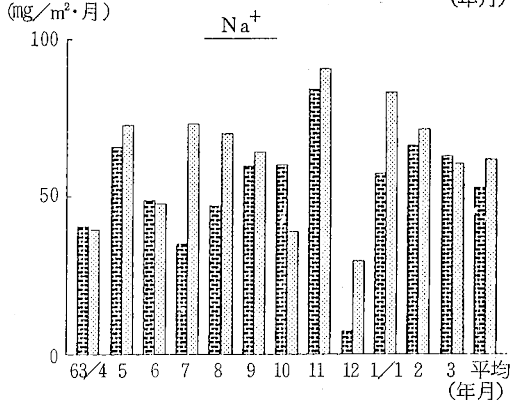
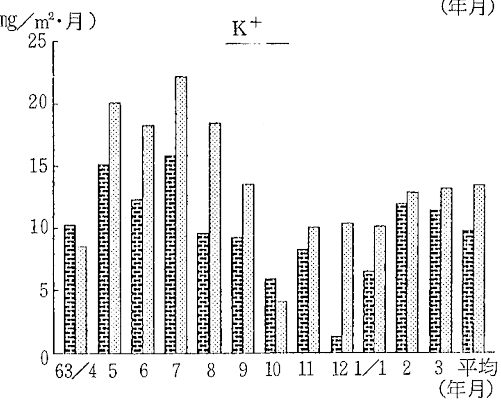
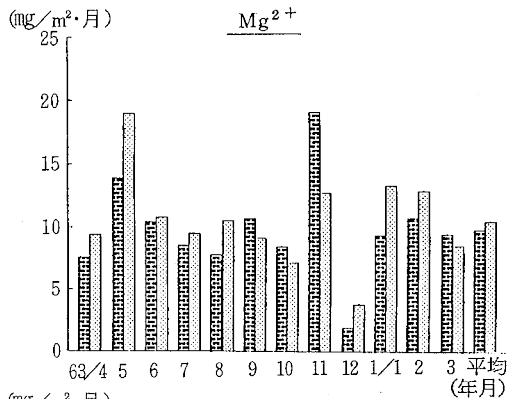
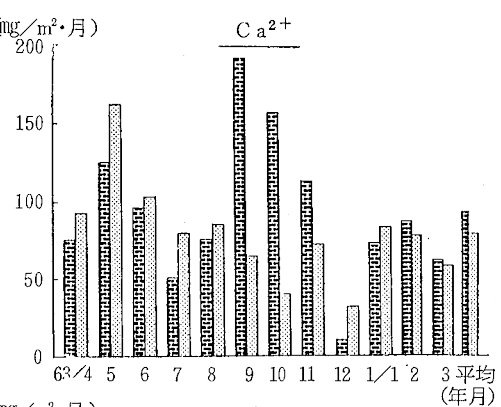
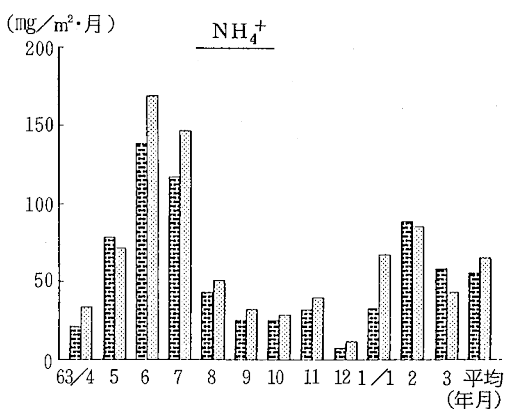
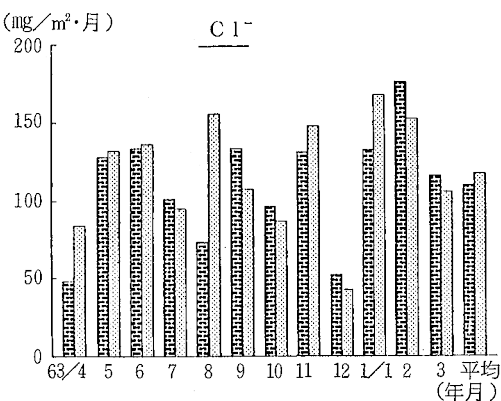
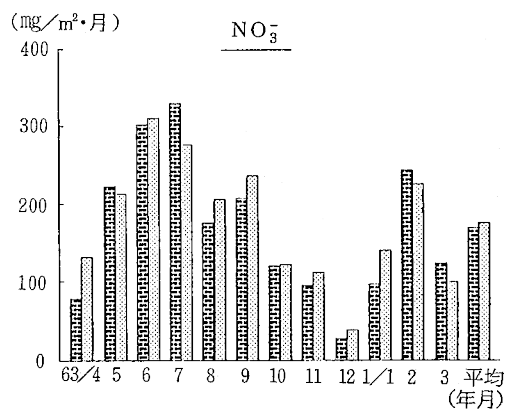
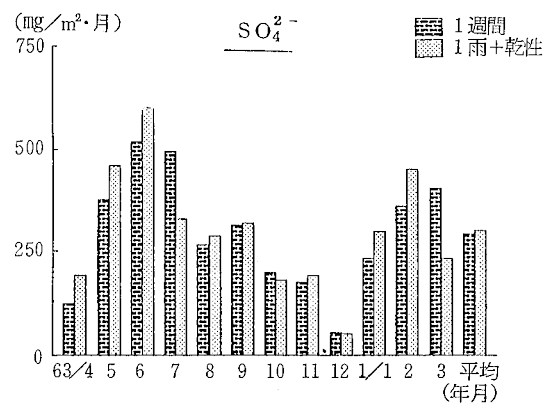


図16 雨水成分降下量の比較