

高知県における酸性雨調査 (第1報)

川村速雄・松尾憲親*
門田泰昌・三宅教資

1. はじめに

欧米諸国では1950年代から雨水の酸性化がみられ湖沼、森林等の生態系に与える影響が深刻な問題となっている^{1),2),4)}。我が国においても昭和48年から50年頃関東地方一帯で眼や皮膚の刺激を訴える被害があり「湿性大気汚染」として注目され、その後各地において雨水成分調査が行われるようになった^{3),4)}。

幸い高知県における大気環境は良好であり⁵⁾、酸性雨による被害と思われる報告は現在のところない。

今回の調査は大気汚染のないバックグラウンド地域と県下で比較的大気汚染の進行していると思われる高知市において、雨水の成分分析を行うことにより雨水の組成を明らかにし、県下における酸性雨の状況を把握することを目的として予備的な測定を行ったので、その結果について報告する。

2. 調査方法

2.1. 調査地点と付近の概要

調査地点を図1に示す。

2.1.1. 香北町：香美郡香北町永瀬カエタ1328-

1, 県営永瀬ダム管理事務所屋上。高知市より東北東約30km, 海岸線より約23km, 物部川上流の永瀬ダム湖岸に位置し、山に囲まれた人口約6300人の山間の町にあり、周囲に汚染源はない。

2.1.2. 越知町：高岡郡越知町越知丸福2562, 越知町民会館屋上。高知市より西約32km, 海岸線より約18km離れた仁淀川中流の標高約100mの地に位置し、山に囲まれた人口約9,000人の盆地の町にある。

2.1.3. 高知市：高知市小津町10番91号, 高知大学附属中学校屋上。西方, 北方を四国山地に囲まれ、太平洋に面して発達した人口約30万人の高知市のほぼ中央部で、海岸線より約9km離れた位置にある。付近の汚染源としては、南東約3kmの地点に小規模なセメント, 石灰などの工業地帯がある。

2.2. 調査期間

各測定地点の調査は下記の期間に実施した。

香北町：昭和59年4月～昭和60年3月

越知町：昭和59年4月～昭和59年8月

高知市：昭和59年9月～昭和60年3月

2.3. 試料採取

試料は図2に示す採取器により採取した。

ロートで受水した雨水を中間にあるミリポアフィル

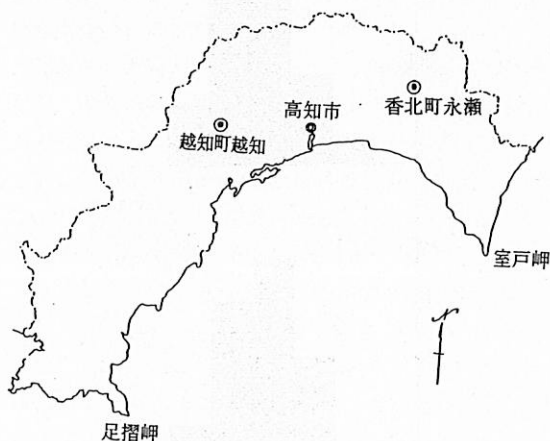


図1 調査地点

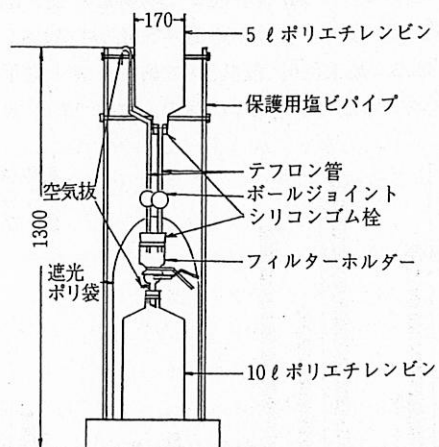


図2 漏斗式雨水採取器

* 保健環境部公害対策課

ター (AAWPO, 4,700, 0.8 μm) で口過し不溶性降下物を除去した。フィルターを通過した溶解性降下物と雨水は黒色ポリエチレン袋で遮光した10ℓポリエチレン瓶に貯留した。

試料の回収及びフィルターの交換は一週間単位で行い、回収した試料を湿性降下物の分析試料とした。

2.4. 調査項目及び分析方法

pH をガラス電極法, E.C. を電気伝導度法, SO_4^{2-} をトリニン法, NO_3^- をサリチル酸ナトリウム法, Cl^- をチオシアン酸第二水銀法, NH_4^+ をインドフェノール法, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} を原子吸光々度法, K^+ , Na^+ を炎光々度法により分析した。分析法の詳細は環境庁大気保全局大気規制課による昭和59年度酸性雨成分々析調査実施細則に従った。

3. 調査結果及び考察

3.1. 降雨状況

高知地方気象台及び高知県の観測資料⁶⁾による調査期間中の月別降水量を図3に示した。各測定地の調査期間中における総雨量は香北町 (以下香北という) 2,029mm, 越知町 (以下越知という) 1,883mm, 高知市 (以下高知という) 708mmであった。この雨量を同時期の過去5年間 (1978~1983) の平均値の月累計雨量と比較すると、香北・越知・高知の平均比は72%, 127%, 78%のような降雨状況であり、香北・高知は雨量の少ない期間であった。また、雨量を月別にみると、多い月は香北・越知では59年6月で555mm, 589mm, 高知では60年2月で162mm, 少ない月は香北・高知では60年1月で36mm, 22mm, 越知では60年5月の100mmであった。

3.2. 雨水の pH

3地点における pH は香北で平均値4.6, 最大値5.9, 最小値4.0, 越知で平均4.6, 最大5.8, 最小3.8, 高知で平均4.5, 最大5.6, 最低3.9であり、表1に示すように同調査時期の平均 pH は香北・越知で4.6, 香北・

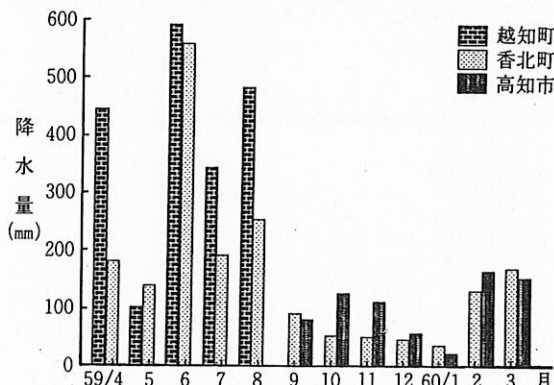


図3 降水量の月変化

高知では各々4.5, 4.6とほぼ同じレベルで地域差は認められなかった。

図4に各地点における pH の範囲別出現率を示した。最多出現率を示す範囲は香北・高知では4.5~4.9 で出現率は各々38%, 48%, 越知では4.5~4.9, 5.0~5.4で出現率は各々34%であった。

また、一般に酸性雨といわれる pH 5.6以下の雨水の全試料に占める割合は、香北で92%, 越知94%, 高知95%と大部分の試料の酸性化がみられた。

我が国の都市部周辺の雨水の pH は主に3~6の範囲に出現し、平均値は4.5に近いといわれている^{7),8)}。昭和57年に八戸, 横浜, 奈良, 神戸, 広島で同時に雨水が採取された時の pH の出現範囲は3.7~7.5で、平均 pH は八戸で5.4, 他の都市で4.5~4.8と報告されている⁹⁾。また、世界気象機関 (WMO) のバックグラウンド大気汚染測定網の1つである岩手県三陸地方の綾里で1982年, 1983年に観測された降水の年平均 pH は各々4.7, 4.6と報告されている¹⁰⁾。調査方法は異なるが、今回のわれわれの調査結果もほぼ同じレベルであった。

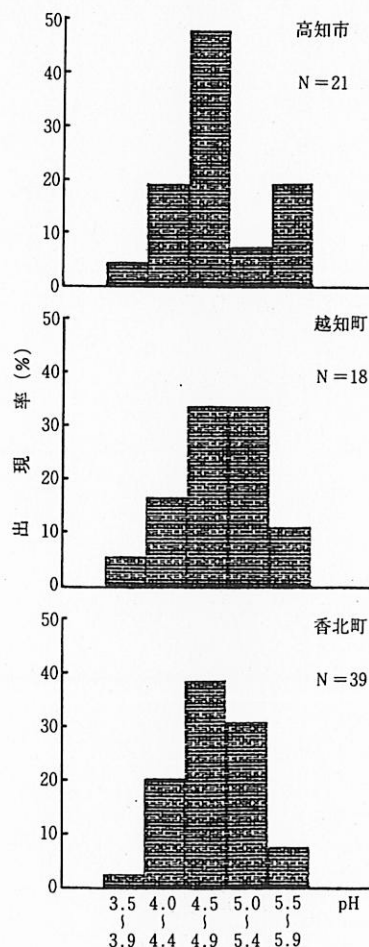


図4 雨水 pH の範囲別出現状況

表1 雨水成分濃度

測定項目	S 59.4 ~ 59.8				S 59.9 ~ 60.3				S 59.4 ~ 60.3	
	香北町		越知町		香北町		高知市		香北町	
	平均値	試料数	平均値	試料数	平均値	試料数	平均値	試料数	平均値	試料数
pH	4.6 (5.9~4.0)	20	4.6 (5.8~3.8)	18	4.5 (5.6~3.9)	19	4.6 (5.9~3.9)	21	4.6 (5.9~3.9)	39
E.C. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	21.2 (67.9~4.3)	20	17.9 (49.1~3.1)	18	26.9 (112.5~6.5)	19	47.1 (210.5~9.0)	21	24.0 (112.5~4.3)	39
SO_4^{2-} ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	2.4 (8.5~<0.4)	19	2.4 (12.0~0.3)	18	2.8 (9.3~0.8)	18	5.3 (13.0~0.6)	19	2.6 (9.3~<0.4)	37
NO_3^- (‰)	0.9 (5.6~0.1)	19	0.9 (5.3~0.1)	18	1.5 (7.6~0.2)	19	1.4 (6.0~0.3)	17	1.2 (7.6~0.1)	38
Cl^- (‰)	1.5 (8.3~<0.2)	19	1.4 (6.1~0.2)	18	1.3 (6.7~<0.2)	19	2.0 (6.8~<0.2)	17	1.4 (8.3~<0.2)	37
NH_4^+ (‰)	0.34 (1.3~0.02)	19	0.26 (0.62~0.06)	18	0.43 (2.5~0.07)	18	0.54 (1.40~0.22)	15	0.38 (2.50~0.02)	34
Ca^{2+} (‰)	0.5 (3.0~<0.2)	19	0.4 (1.6~<0.2)	17	0.3 (1.2~<0.2)	15	1.0 (3.0~<0.2)	16	0.4 (3.0~<0.2)	34
Mg^{2+} (‰)	0.16 (0.72~<0.02)	19	0.11 (0.64~<0.02)	17	0.07 (0.27~<0.02)	15	0.16 (0.49~<0.02)	16	0.12 (0.72~<0.02)	34
K^+ (‰)	0.23 (1.3~0.02)	19	0.11 (0.32~0.05)	17	0.10 (0.28~0.04)	15	0.11 (0.28~0.03)	16	0.17 (1.30~0.02)	34
Na^+ (‰)	0.83 (3.5~0.08)	19	0.74 (3.20~0.11)	17	0.54 (1.79~0.11)	15	0.82 (2.54~0.10)	16	0.70 (3.50~0.08)	34
Fe^{3+} (‰)	<0.05 (0.28~<0.05)	18	<0.05 (<0.05)	17	<0.05 (<0.05)	12	<0.05 (<0.05)	13	<0.05 (0.28~<0.05)	30

注) 平均値は算術平均 ()内は最高最低値を示す。

3.3. 雨水中の各イオン成分濃度

表1に各地点における雨水中のpH・E.C.及び各イオン成分の平均濃度, 最高, 最低濃度を示した。

同時期の香北・越知での各成分の平均値を比較すると, 香北で K^+ が若干高いが, 他成分についてはほぼ同程度の濃度で地域差はみられなかった。また, 香北・高知では工場が多く海岸線に近い高知がE.C.・ SO_4^{2-} ・ Cl^- ・ NH_4^+ ・ Ca^{2+} ・ Mg^{2+} ・ Na^+ は高く, これらのうちE.C.・ SO_4^{2-} ・ Mg^{2+} ・ Ca^{2+} は香北の約2~3倍の濃度を示した。

他県との調査方法が異なるため, 単純な比較は困難だが, 香北の年平均値と一降水全量採取した長野市, 岩手県綾里の年平均値と比較すると, 内陸地方都市の長野市の58年4月から59年3月までの平均値¹¹⁾はpH 5.06・ SO_4^{2-} 3.2 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ・ NO_3^- 2.04 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ・ Cl^- 1.52 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ・ NH_4^+ 0.88 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ・ Ca^{2+} 1.04 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ・ Mg^{2+} 0.09 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ・ K^+ 0.10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ・ Na^+ 0.55 $\mu\text{g}/\text{ml}$ であり, 長野市がpHは5.06と高く, NO_3^- ・ Cl^- ・ NH_4^+ ・ Ca^{2+} 濃度も2倍程度高い値であった。綾里における58年1月から12月までの年平均値¹⁰⁾はpH 4.6・ SO_4^{2-} 1.53 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ・ NO_3^- 0.71 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ・ Cl^- 3.01 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ・ NH_4^+ 0.12 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ・ Ca^{2+} 0.4 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ・ Mg^{2+} 0.22 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ・ K^+ 0.14 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ・ Na^+ 1.61 $\mu\text{g}/\text{ml}$ であり, pHは4.6と同じであるが SO_4^{2-} ・ NO_3^- ・

NH_4^+ は香北がやや高く Cl^- ・ Na^+ ・ Mg^{2+} は綾里が海岸線に近い地点であるためか, 2倍程度高い値であった。

図5に香北におけるpH・E.C.及び各イオン成分の四季別平均濃度(採取雨量による加重平均)変化を示した。

pHは, 夏から秋, 冬はほぼ一定で季節変化は少ないが, E.C.は秋高く, 春低い傾向を示した。

陰イオン濃度の季節変化は, Cl^- については8月下旬10号台風(8月20~22日)にかけ東シナ海を北上)の影響を受け夏やや高いが, 秋から冬, 春はほぼ一定の濃度を示した。また, 都市周辺で季節変動が大きいといわれている NO_3^- は年間を通して変化は少なくほぼ一定であるが, 反対に SO_4^{2-} は季節変動が大きく, 秋高く夏低い傾向を示した。

陽イオンでは K^+ ・ Mg^{2+} は明らかな季節変動は見られないが, Ca^{2+} ・ Na^+ ・ NH_4^+ の季節変動は大きく, Ca^{2+} は冬, 春高く夏から秋に低く, NH_4^+ ・ Na^+ は秋高く冬から春に低い傾向を示した。冬, 春に Ca^{2+} 濃度が高い理由としては, この季節には強い季節風が吹きやすく, 表層の土壌等が大気中に放出され(典型的な例として大陸からの黄砂)雲滴や雨滴にとりこまれるか, ウォッシュアウトにより直接雨滴にとりこまれるためと考えられる。また, 秋 SO_4^{2-} ・ Na^+ ・ NH_4^+ 濃

度が高いことは、他の季節に比べて降水量、降水日数が少ないためと考えられた。

なお、季節の区分は、春：59年4月、5月、60年3月、夏：6月、7月、8月、秋：9月、10月、11月、

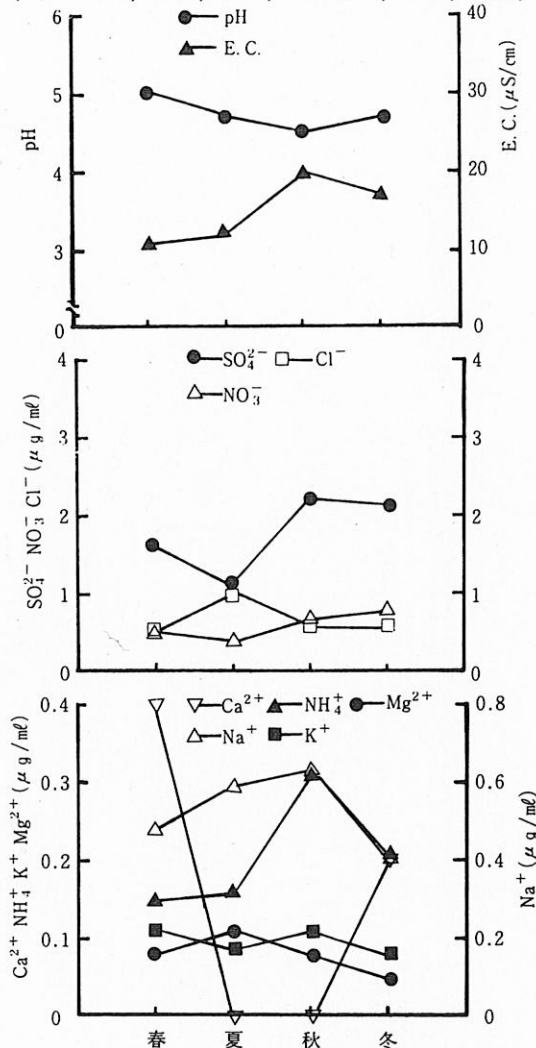


図5 香北町における四季別濃度変化

冬：12月、60年1月、2月とし60年3月は3週を1ヶ月とした。また、1週単位のサンプリングのため採取日が月を超える場合は、採取日数の多い月の試料とした。

3.4. 雨水のイオン成分の地上降下量

3地点における雨水のイオン成分の1㎡当りの地上降下量を表2に示した。

同調査時期の香北・越知、香北・高知の降下量を比較すると香北・越知ではK⁺を除く各イオン成分は約2倍越知に多く降下しており、香北・高知では各イオン成分とも高知が約2～4倍多く、特にCl⁻は約6倍多い降下が認められた。

また、各地点ともに降下物の中でSO₄²⁻・NO₃⁻・Cl⁻・Na⁺の降下量が多く、この4成分の総降下量に占める割合は約83～86%であり、その順位は59年8月までの香北・越知では各々SO₄²⁻>Cl⁻>Na⁺>NO₃⁻・Cl⁻>SO₄²⁻>Na⁺>NO₃⁻、9月以降の香北・高知では各々SO₄²⁻>NO₃⁻>Na⁺>Cl⁻・SO₄²⁻>Cl⁻>Na⁺>NO₃⁻の順であった。

雨水のイオン成分の降下量は濃度と降水量との関係でできる。したがって8月までの香北・越知におけるCl⁻・Na⁺の降下量が多いことは10号台風の影響によるもので、台風通過時の試料は香北で2,900ml (Cl⁻ 4.9 μg/ml・Na⁺ 2.5 μg/ml)、越知で4,020ml (Cl⁻ 6.1 μg/ml・Na⁺ 3.2 μg/ml) と多く、調査期間中のCl⁻・Na⁺の総降下量に占める割合は香北・越知でCl⁻は62%、46%、Na⁺は50%、41%と多い。この試料を除くと4成分の順位は香北・越知で各々SO₄²⁻>Cl⁻>NO₃⁻>Na⁺・SO₄²⁻>Cl⁻>Na⁺>NO₃⁻となり、通常の場合は3地点ともSO₄²⁻の降下量が多くなる。

表3に香北における四季別地上降下量を示した。Ca²⁺以外のイオン成分は夏の降水に多く、年間を通

表2 地点別雨水中の各イオン成分地上降下量

測定期間	S 59.4 ~ 59.8				S 59.9 ~ 60.3				S 59.4~60.3	
	香北町		越知町		香北町		高知市		香北町	
	月平均	総降下量	月平均	総降下量	月平均	総降下量	月平均	総降下量	月平均	総降下量
SO ₄ ²⁻ (mg/m ²)	270	1,300	440	2,200	130	920	250	1,700	190	2,300
NO ₃ ⁻ (%)	86	430	150	770	44	310	77	540	62	740
Cl ⁻ (%)	200	1,000	470	2,300	27	190	150	1,100	100	1,200
NH ₄ ⁺ (%)	34	170	58	290	15	110	38	270	23	280
Ca ²⁺ (%)	39	200	77	390	14	100	53	370	25	300
Mg ²⁺ (%)	24	120	47	230	3.5	24	13	91	12	140
K ⁺ (%)	22	110	28	140	5.1	36	8.3	58	12	150
Na ⁺ (%)	130	640	270	1,400	28	190	76	530	70	830

表3 香北町における四季別地上降下量

イオン成分 季節	SO ₄ ²⁻ (mg/m ²)	NO ₃ ⁻ (mg/m ²)	Cl ⁻ (mg/m ²)	NH ₄ ⁺ (mg/m ²)	Ca ²⁺ (mg/m ²)	Mg ²⁺ (mg/m ²)	K ⁺ (mg/m ²)	Na ⁺ (mg/m ²)	総降下量 (mg/m ²)
春	690	220	200	63	160	33	47	210	1,600
夏	910	290	810	130	80	92	73	480	2,900
秋	290	97	80	42	17	9.8	14	81	630
冬	370	140	110	38	38	9.1	14	69	790

してもっとも多く降下するイオン成分はSO₄²⁻ 2,300mg/m², 次にCl⁻ 1,200mg/m²・Na⁺ 830mg/m²・NO₃⁻ 740mg/m²・Ca²⁺ 300mg/m²・NH₄⁺ 280mg/m²・K⁺ 150mg/m²・Mg²⁺ 140mg/m²の順であった。

3.5. 雨水中のイオン組成

雨水中の陽イオン和 (H⁺・NH₄⁺・Ca²⁺・Mg²⁺・K⁺・Na⁺) と陰イオン和 (SO₄²⁻・NO₃⁻・Cl⁻) を測定地点別に図6～8に、また、雨水中の陽イオンと

陰イオンの成分組成(当量濃度)を図9に示した。図6～8をみるとH⁺・NH₄⁺・Ca²⁺・K⁺・Na⁺・SO₄²⁻・NO₃⁻・Cl⁻の9種のイオンで雨水中の陽イオンと陰イオンのバランスがほぼとれており、この9種のイオンで雨水中のイオン構成が判断されると思われる。

雨水中のイオン成分組成は図9より、陽イオンについては香北と越知で同じ傾向を示しNa⁺>H⁺>Ca²⁺

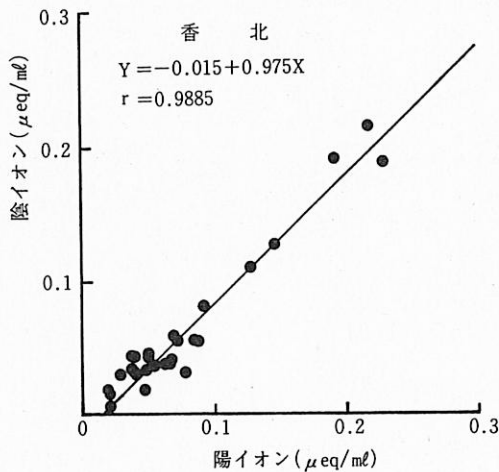


図6 雨水中の測定した陽イオンと陰イオンのイオンバランス

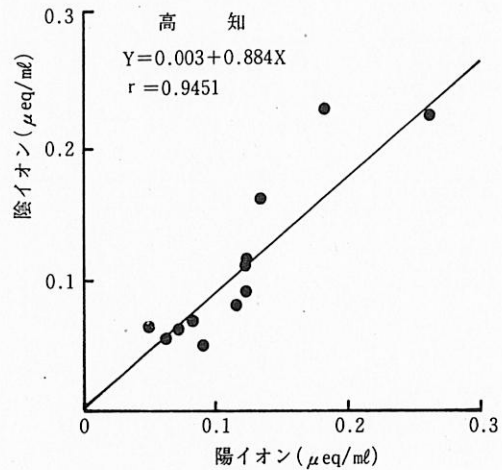


図8 雨水中の測定した陽イオンと陰イオンのイオンバランス

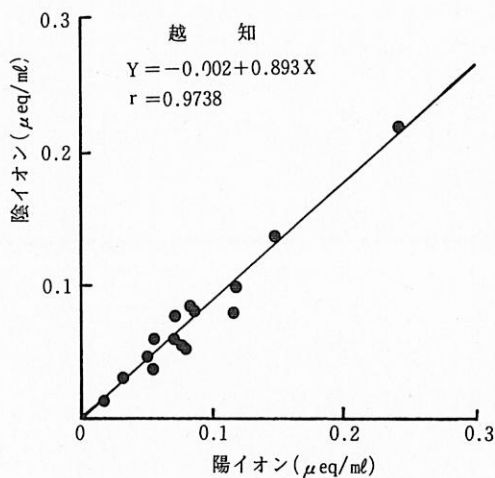


図7 雨水中の測定した陽イオンと陰イオンのイオンバランス

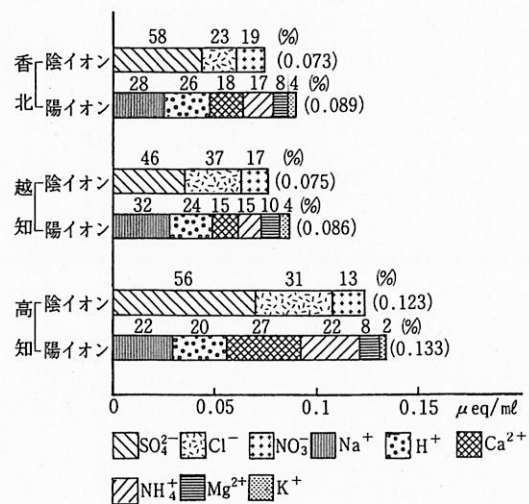
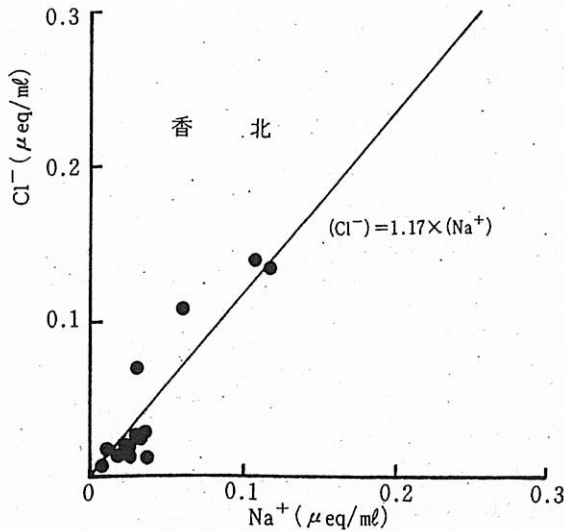
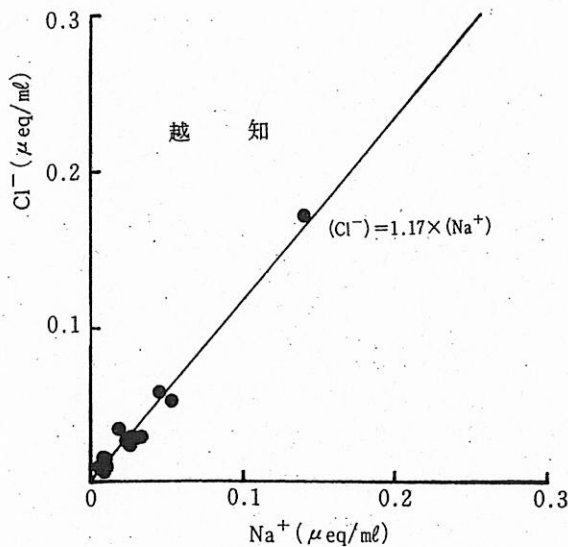
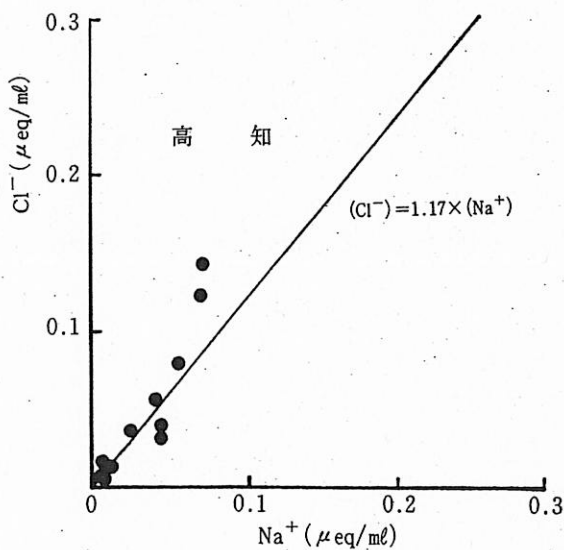


図9 雨水中の陽イオンと陰イオンの成分組成

図10 雨水中の Cl^- と Na^+ との関係図11 雨水中の Cl^- と Na^+ との関係図12 雨水中の Cl^- と Na^+ との関係

$= \text{NH}_4^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ の順であり、高知では $\text{Ca}^{2+} > \text{NH}_4^+ = \text{Na}^+ > \text{H}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ の順であった。陰イオンについては香北、越知及び高知の3地点とも同じ傾向を示し $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$ の順であった。

地点別に比較すると香北と越知は同じ傾向を示しており、この2点に比べ高知は全体の濃度が増加しているとともに、 Ca^{2+} と NH_4^+ の構成割合が増加していた。

雨水中の $\text{Cl}^- / \text{Na}^+$ (当量比) は図10~12にみるように、海水中の $\text{Cl}^- / \text{Na}^+ = 1.17$ に近い値であった。

3.6. 雨水成分相互の関係

雨水成分及び降水量の相互の相関係数を測定地点別に表4~5に示した。地点別に表をみると香北においては pH と $\text{Cl}^- \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Na}^+$ のそれぞれの項目間で有意な相関はみられなかったが、これら以外の項目間では有意な相関が認められた。

越知と高知は同じ傾向を示し、pH と他の項目間の相関はみられないものの、E.C. と他の項目間の相関が認められた。また、海塩粒子の影響が考えられる $\text{Cl}^- \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Na}^+$ のグループとその他の $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{NO}_3^- \cdot \text{NH}_4^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{K}^+$ のグループに分けて表4および表5をみた場合、それぞれのグループ内の相互の相関は認められるが、別のグループに属する項目との間の相関はほとんど認められない。これは、越知及び高知の雨水成分は海塩粒子の影響を強く受けているためと考えられた。

4. おわりに

昭和59年4月から昭和60年3月までの期間に香北(1年間)、越知(5ヶ月間)、高知(7ヶ月間)、において一週単位で雨水を採取し pH・E.C. 及び $\text{NH}_4^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{NO}_3^-$ 等の成分調査を行った結果次のことがわかった。

4.1. pH の出現範囲は3.8~5.9で平均 pH は4.5~4.6と地域差はみられず季節変動もあまりなかった。また、酸性雨といわれている pH 5.6以下の雨水は3地点で92%~95%あり、明らかな酸性化の傾向が認められた。

4.2. 雨水のアニオン、カチオンの当量濃度平均値は、香北で $0.073 \mu\text{eq}/\text{ml} \cdot 0.089 \mu\text{eq}/\text{ml}$ 、越知で $0.075 \mu\text{eq}/\text{ml} \cdot 0.086 \mu\text{eq}/\text{ml}$ 、高知で $0.123 \mu\text{eq}/\text{ml}$ 、 $0.133 \mu\text{eq}/\text{ml}$ であり、測定された $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{NO}_3^- \cdot \text{H}^+ \cdot \text{NH}_4^+ \cdot \text{Ca}^{2+}$ 等の9種のイオン成分でアニオン、カチオンのイオンバランスは比較的良好とれていた。

4.3. 今回、我々が使用した雨水採取器はレイアウト、ウォッシュアウトによる物質の雨水への取り込みの他に、雨水により乾性降下物の可溶性成分が溶出し、

表4 雨水成分の相関係数

香 北

	降 水 量	pH	E. C.	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺
Na ⁺	-0.5373 (34) **	-0.1596 (34)	0.7440 (34) **	0.6155 (32) **	0.5897 (34) **	0.8908 (22) **	0.5236 (34) **	0.5195 (22) **	0.9182 (30) **	0.8350 (34) **
K ⁺	-0.6546 (34) **	-0.2136 (34)	0.8347 (34) **	0.7492 (32) **	0.7333 (34) **	0.8364 (22) **	0.7397 (34) **	0.7028 (22) **	0.8086 (30) **	
Mg ²⁺	-0.4080 (30) *	-0.1612 (30)	0.6905 (30) **	0.6173 (28) **	0.5445 (30) **	0.8367 (21) **	0.4366 (30) **	0.6971 (21) **		
Ca ²⁺	-0.5949 (22) **	0.0391 (22)	0.4888 (22) *	0.5603 (21) **	0.5821 (22) **	0.6855 (18) **	0.5306 (22) *			
NH ₄ ⁺	-0.7440 (37) **	-0.4975 (37) **	0.8294 (37) **	0.7573 (34) **	0.8030 (37) **	0.6839 (25) **				
Cl ⁻	-0.5114 (26) **	-0.3643 (26)	0.8352 (26) **	0.7260 (24) **	0.6498 (26) **					
NO ₃ ⁻	-0.8383 (38) **	-0.4683 (38) **	0.8513 (38) **	0.8157 (35) **						
SO ₄ ²⁻	-0.7417 (35) **	-0.4877 (35) **	0.9278 (35) **							
E. C.	-0.7807 (39) **	-0.6100 (39) **								
pH	0.3852 (39) *									

越 知

	降 水 量	pH	E. C.	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺
Na ⁺	-0.1434 (17)	0.0261 (17)	0.5954 (17) *	0.3818 (17)	0.1914 (17)	0.9274 (16) **	0.2884 (17)	0.3064 (11)	0.6835 (16) **	0.4341 (17)
K ⁺	-0.7598 (17) **	-0.2002 (17)	0.6902 (17) **	0.7693 (17) **	0.7889 (17) **	0.3125 (16) **	0.7784 (17) **	0.7756 (11) **	0.1672 (16)	
Mg ²⁺	0.2842 (16)	0.0377 (16)	0.3604 (16)	0.1752 (16)	-0.1289 (16)	0.5490 (15) *	0.0817 (16)	-0.1786 (11)		
Ca ²⁺	-0.8204 (11) **	0.0791 (11)	0.4605 (11)	0.5137 (11)	0.6748 (11) *	0.1779 (11)	0.4911 (11)			
NH ₄ ⁺	-0.6411 (18) **	-0.3741 (18)	0.8067 (18) **	0.8607 (18) **	0.8380 (18) **	0.1819 (17)				
Cl ⁻	-0.2677 (17)	0.2592 (17)	0.6378 (17) **	0.3886 (17) **	0.1509 (17)					
NO ₃ ⁻	-0.8478 (18) **	-0.3814 (18)	0.7289 (18) **	0.8018 (18) **						
SO ₄ ²⁻	-0.7618 (18) **	-0.1592 (18)	0.9200 (18) **							
E. C.	-0.6489 (18) **	-0.2796 (18)								
pH	-0.0423 (18)									

** $\alpha=0.01$ で有意 * $\alpha=0.05$ で有意 ()は試料数

表5 雨水成分の相関係数

高 知	降 水 量	pH	E. C.	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺
Na ⁺	-0.1082 (16)	0.1741 (16)	0.7160 (16) **	0.2625 (16)	0.4828 (16)	0.9245 (15) **	0.2748 (15)	0.5097 (15)	0.9268 (15) **	0.8726 (16) **
K ⁺	-0.4174 (16)	0.1451 (16)	0.8610 (16) **	0.5775 (16) *	0.7511 (16) **	0.8135 (15) **	0.5948 (15) *	0.7851 (15) **	0.8462 (15) **	
Mg ²⁺	-0.2665 (15)	0.2350 (15)	0.6515 (15) **	0.3344 (15)	0.4327 (15)	0.9332 (14) **	0.1861 (14)	0.6042 (14) *		
Ca ²⁺	-0.8471 (15) **	0.0382 (15)	0.8017 (15) **	0.8161 (15) **	0.8625 (15) **	0.5284 (14)	0.7600 (14) **			
NH ₄ ⁺	-0.5978 (15) *	-0.4836 (15)	0.8162 (15) **	0.8880 (15) **	0.9118 (15) **	0.2632 (14)				
Cl ⁻	-0.3428 (16)	0.0349 (16)	0.7461 (16) **	0.3856 (16)	0.5082 (16) *					
NO ₃ ⁻	-0.7320 (17) **	-0.3703 (17)	0.9090 (17) **	0.8921 (17) **						
SO ₄ ²⁻	-0.8611 (19) **	-0.4198 (19)	0.8846 (19) **							
E. C.	-0.8560 (21) **	-0.2042 (21)								
pH	0.0360 (21)									

** α=0.01で有意 * α=0.05で有意 ()は試料数

雨水に取り込まれ、イオン成分濃度に影響を与えていると考えられ、今後雨水の化学的性状をより正確に把握するためには、乾性降下物と雨水別に捕集する必要があると考えられた。

高知県には大規模な大気汚染発生源はほとんどないが、酸性雨は大気汚染物質の長距離輸送に伴う、広域的な汚染現象の1つであることから、今後も酸性雨の成因やその影響などについて監視を続ける必要があると考えられた。

参 考 文 献

- 1) 鶴田治雄：大気汚染物質の長距離輸送，変質および除去過程，天気，28，(12)，3～22，1981.
- 2) 平石伊彦：酸性雨に係る国際的動向，環境技術，12，(12)，828～834，1983.
- 3) 光化学二次生成物質検討会（湿性分科会）：湿性大気汚染調査報告書（総括編），2～33，1981.
- 4) 酸性雨対策検討会：酸性雨に係る情報収集整理結果報告書，3～16，1983.
- 5) 高知県：高知県の公害（昭和58年度年次報告）.
- 6) 高知地方気象台：高知県気象月報，昭和54年1月～昭和60年3月.
- 7) 玉置元則：我が国の雨水の化学的性状，環境技術，14，(2)，134，1985.
- 8) 玉置元則：大気汚染と雨水の酸性化，PPM，15，(3)，2～11，1984.
- 9) 環境庁水質保全局：昭和57年度環境庁委託業務結果報告書，分析の自動化に関する研究（酸性雨測定方法），昭和58年.
- 10) 気象庁：大気バックグラウンド汚染観測年報，1982，1983.
- 11) 佐々木一敏：長野県における雨水調査，環境技術，14，(2)，161，1985.