

香川県における酸性雨調査 (第13報)

—— 高松市における雨水の性状 ——

Acid Precipitation Survey in Kagawa Prefecture (XIII)
— Chemical Component of Rainfall in Takamatsu City —

片山 正敏 山本 務 合田 順一
Masatoshi KATAYAMA Tsutomu YAMAMOTO Junichi GOUDA

昭和62年6月から平成7年3月までの8年間、香川県高松合同庁舎屋上で一雨降水ごとに採取した626試料についてpH及びイオン成分濃度等を測定し、高松市における雨水の特徴について検討した。期間中のpHの平均値は4.63であり、pHの月間平均値の最低は4.11(4年9月)、最高は5.39(元年4月及び4年8月)であった。また、月別では1, 3, 12月の降水が4.4台と比較的低く、5, 8, 9, 11月の降水が4.7台と高かった。一雨降水ごとのpHの最低は3.41(平成2年8月14日)、最高は7.63(4年5月2日)であった。降水イオン成分は陽イオン、陰イオンとも約100 $\mu\text{eq}/\text{l}$ であり、この内の約3割が海塩由来成分であることがわかった。期間中の非海塩由来成分の降下量は127~208 $\text{meq}/\text{m}^2/\text{年}$ の範囲であった。

はじめに

酸性雨は地球の温暖化、成層圏オゾン層の破壊などとともに地球規模の環境問題の一つであり、その影響は森林、土壌や湖沼の生態系のみならず、今や文化財にまで及んでおり、深刻な環境破壊をもたらすと言われている。

本県では、高松市で昭和59年9月から自動雨水採取装置を用いて降り始めからの初期降雨を採取し、pHを中心とした調査を行なった。その後、環境庁方式であるろ過式採取装置を併用して酸性雨調査を行っている。

そこで今回は、昭和62年6月から平成7年3月までの約8年間に調査した一雨ごとの結果から、高松市の降水の特徴について検討したので報告する。

調査方法

1. 調査地点

香川県高松合同庁舎屋上(高松市松島町一丁目17番28号)

2. 調査期間

昭和62年6月1日～平成7年3月31日

3. 採取方法

自動雨水採取装置(株)小笠原計器製作所US-300型)を用い、一雨ごとに採取した。採取した試料はpH及びEC測定後、0.22 μm のミリポアフィルターでろ過し、測定に供するまで冷暗所で保存した。

4. 測定項目及び測定法

pH: ガラス電極法

EC: 導電率計による方法

SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- : イオンクロマトグラフ
法

NH_4^+ : インドフェノール法

Ca^{2+} 、 Mg^{2+} : 原子吸光法

K^+ 、 Na^+ : 原子吸光法または炎光光度法

調査結果及び考察

1. 降水量

表1に昭和62年6月から平成7年3月までの高松地方気象台における年間降水量¹⁾を示す。期間中の降水量は785~1,575mmで平成4年度及び6年度を除き平年値1147.2mmを上回った。

図1に香川県高松合同庁舎屋上（以下高松という）及び高松地方気象台における月間降水量の経月変化

を示した。高松の降水量は自動雨水採取装置で採取した貯水量から算出したものである。データには測定地点の距離的な違いや1カ月の算定法により多少ずれがあるものの、ほとんど同じ変動を示した。表2に一雨ごとの降水量の頻度を示した。1mm未満の降雨が全体の13.5%を占めたのに加え10mm未満の比較的降水量の少ない雨が369回と最も多く全体の約60%を占め、一方50mm以上の降水量の多い雨は全体の約7%であった。

表1 年間降水量

年度	S62.6~	S63	H1	H2	H3	H4	H5	H6
降水量	1063.5	1280.0	1329.4	1575.7	1255.0	950.5	1530.0	784.5

表2 降水量の頻度

降水量	降水頻度	割合(%)
1mm未満	84	13.4
1mm以上 10mm未満	285	45.5
10mm以上 20mm未満	100	16.0
20mm以上 30mm未満	59	9.4
30mm以上 40mm未満	36	5.8
40mm以上 50mm未満	20	3.2
50mm以上 100mm未満	39	6.2
100mm以上	3	0.5
計	626	100

2. 降水のpH

図2は期間中における一雨降水のpHの月間平均値を、図3は年間平均値を、図4に月別の平均pHを示した。期間中のpHの月間平均値の最高は平成元年4月及び4年8月の5.39、最低pHは4年9月の4.11であった。期間中のpHの年平均値の最高は4.75（平成5年度）、最低は4.48（平成3年度）であり、加重平均値（降水量で重みづけした平均値、以下平均値という）は4.63であった。月別の変化では、12、1、3月の寒候期に4.4台と期間中の平均値と比べると低く、5、7、8、9、11月の暖候期に4.7前後と高く、これら以外の月は平均値並の降水であった。次に一雨降水ごとのpHの出現状況のヒストグラムを図5に示した。なお、階級幅を0.2

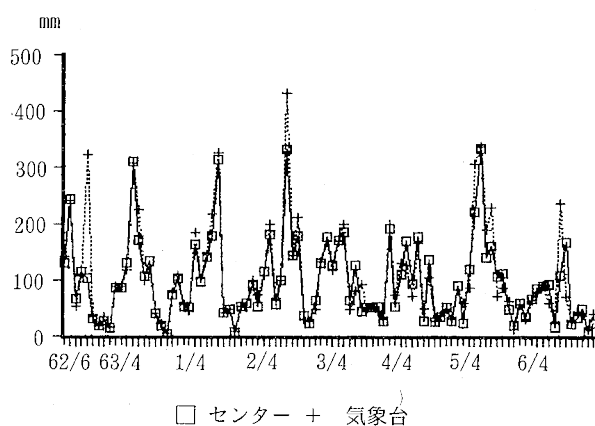


図1 降水量の経月変化

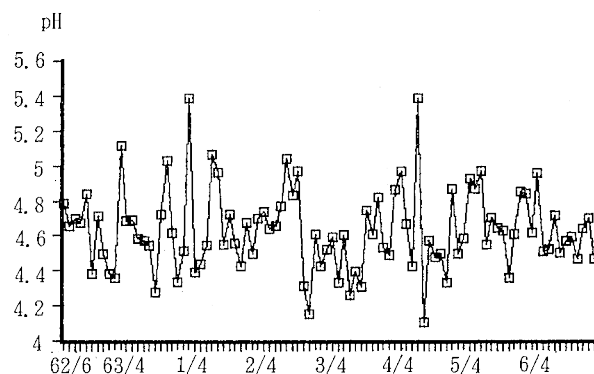


図2 pHの経月変化

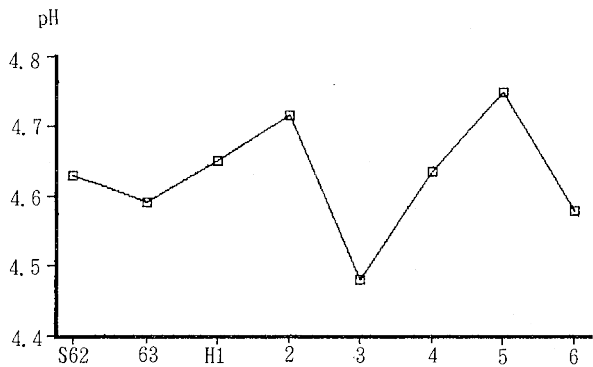


図3 pHの経年変化

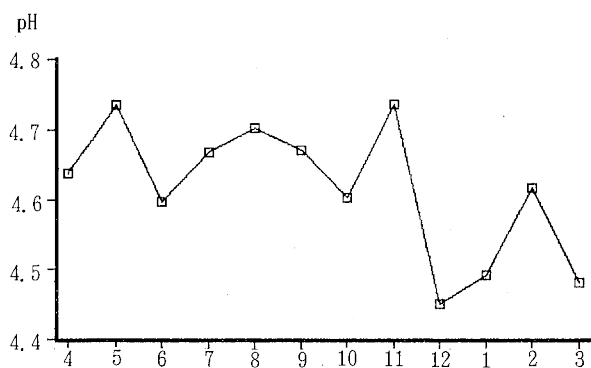


図4 pHの月別変化

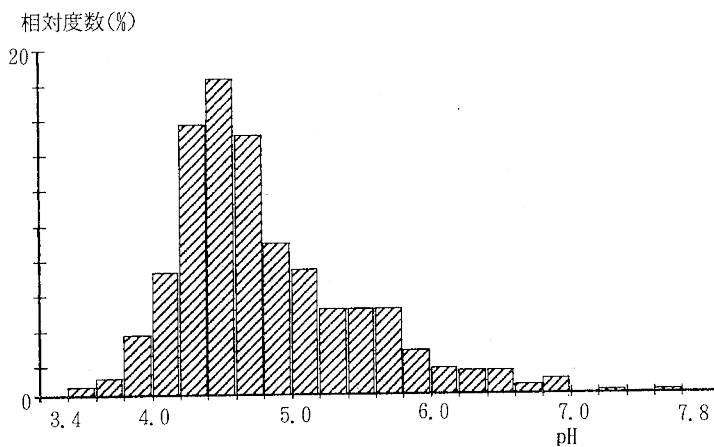


図5 pHの階級別頻度分布

とした。この階級別のヒストグラムから4.4~4.6の出現頻度が19.2%と最も多かった。また、降水ごとのpHの最高は7.63(平成4年5月2日)で最低は3.41(平成2年8月14日)であった。これらの結果をみる限りにおいては期間中の降水の酸性化は進んでないと思われる。

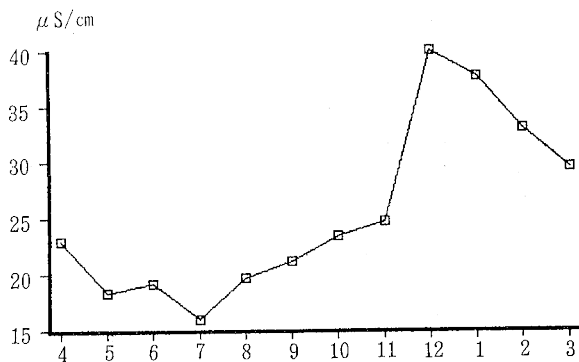


図6 ECの月別変化

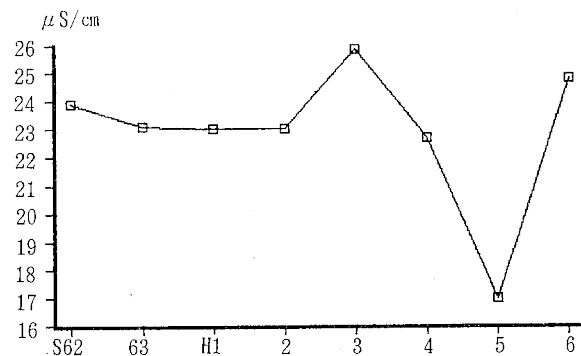


図7 ECの経年変化

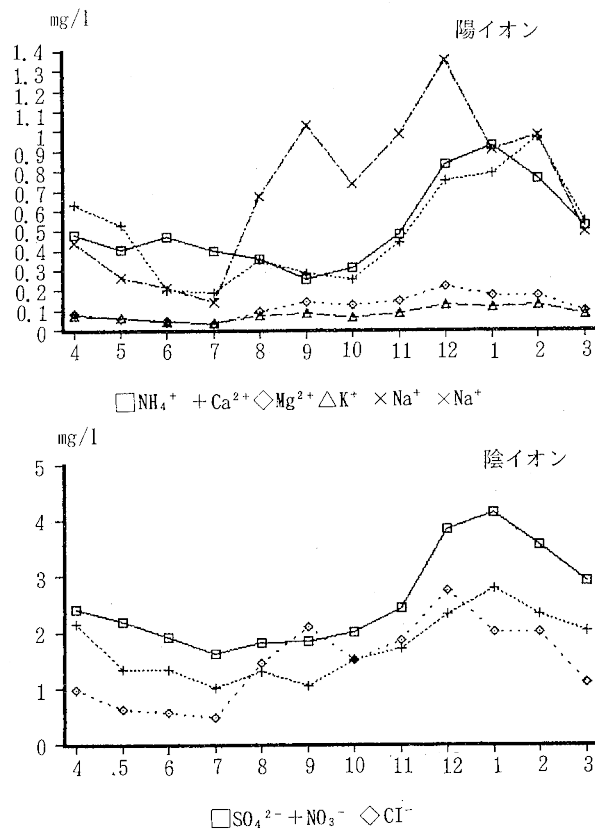


図8 イオン成分濃度の月別変化

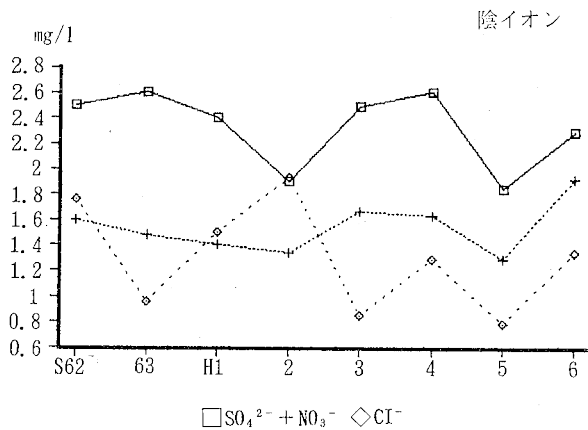
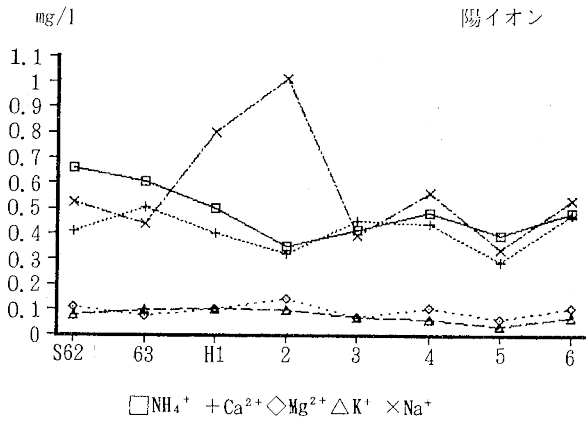


図9 イオン成分濃度の経年変化

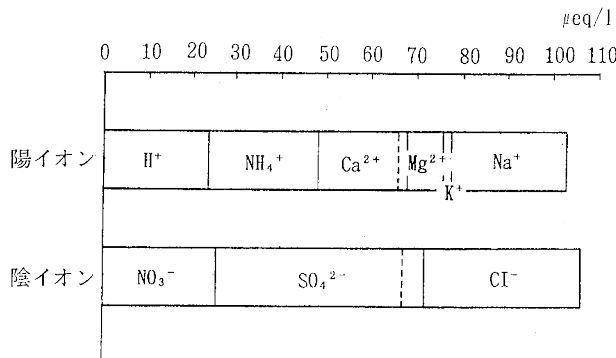


図10 平均イオン組成

3. 降水のイオン成分濃度及び海塩粒子の影響

図6に期間中のECの月別平均値を、図7に経年変化を、また図8にイオン成分濃度の月別平均値を図9に経年変化を示す。ECの月別平均値では4月～11月の暖候期が期間中のECの平均値 $22.5 \mu\text{S}/\text{cm}$ の前後にあるが、12月～3月の寒候期に高くなる傾向にあり、7月と12月の降水ではECに約2.5倍の差があることがわかる。経年変化ではpHとは反対に平成3年度に最大を示し、5年度に最少を示した。イオン成分濃度では全成分とも12月～3月の寒候期に高くなる傾向にあるが、 Na^+ 、 Cl^- 等の海塩由来成分は8月から高くなる傾向を示すなど台風の影響を受けていることがわかる。また経年変化では台風の影響を受けた年度とそうでない年度の差が顕著に現れた。

表3に期間中のpH、EC、各イオン成分当量濃度 ($\mu\text{eq}/\text{l}$ 、以下濃度という)、標準偏差 (SD値) 及び変動係数 (CV値) を示した。

期間中、最も濃度が高い成分は SO_4^{2-} で次に Cl^- であり、年ごとの変動が大きいのは Na^+ 、 Cl^- であった。また、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 Ca^{2+} の変動係数が12～19%であるのに対し海塩由来成分と考えられる Na^+ 、 Cl^- 、 K^+ 、 Mg^{2+} の変動係数がいずれも30%前後の値であることにより、海塩由来成分と非海塩由来成分との間に、変動係数に違いがあることがわかった。

図10に7年間の平均値から求めたイオン組成図を示した。点線より左側が非海塩由来成分、右側が海塩由来成分であることを示す。なお、非海塩由来成分は Na^+ から算出した。図10から高松での降水は約 $100 \mu\text{eq}/\text{l}$ の陽イオン及び陰イオンを含み、この内の約3割が海塩由来成分であることがわかる。これは測定地点が海岸線から1.5km付近にあり比較的海塩粒子の影響を受けやすいことによるものと思われる。また、降水の酸性化に寄与する成分として nssSO_4^{2-} 、 NO_3^- が、中和成分として NH_4^+ 、 nssCa^{2+} が一般的に考えられているが、これらの成分の濃度から考えると高松では NO_3^- より nssSO_4^{2-} の方がpHの低下に寄与していることがわかった。中和には、 nssCa^{2+} 及び NH_4^+ が同程度に寄与しているが、どちらかと言えば NH_4^+ がより中和に寄与している。

表3 降水イオン成分等

	pH	EC	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
	μs/cm		μeq/l							
S62年	4.63	23.9	51.4	26.9	48.7	35.7	20.3	8.8	2.0	22.4
S63年	4.59	23.1	54.2	23.9	27.0	33.5	25.1	6.1	2.5	19.0
H1年	4.65	23.0	49.5	22.1	43.3	29.3	20.5	9.0	2.3	33.7
H2年	4.71	23.0	39.5	21.6	54.4	19.4	16.1	11.8	2.4	43.9
H3年	4.48	25.8	51.9	26.8	24.0	23.0	22.5	5.7	1.8	17.1
H4年	4.63	22.7	54.4	26.3	36.3	26.7	22.0	8.8	1.6	24.3
H5年	4.75	17.0	38.4	20.8	22.1	22.0	14.3	5.1	0.8	14.7
H6年	4.58	24.8	47.0	30.3	37.2	26.6	23.2	8.7	1.8	22.7
平均値	4.63	22.5	46.4	24.4	35.4	24.5	19.5	8.0	1.8	25.1
SD値	0.07	2.3	5.5	2.9	10.4	5.0	3.2	2.0	0.5	8.5
CV値	1.6	10.1	11.5	11.7	28.4	18.6	15.7	24.5	25.5	34.4

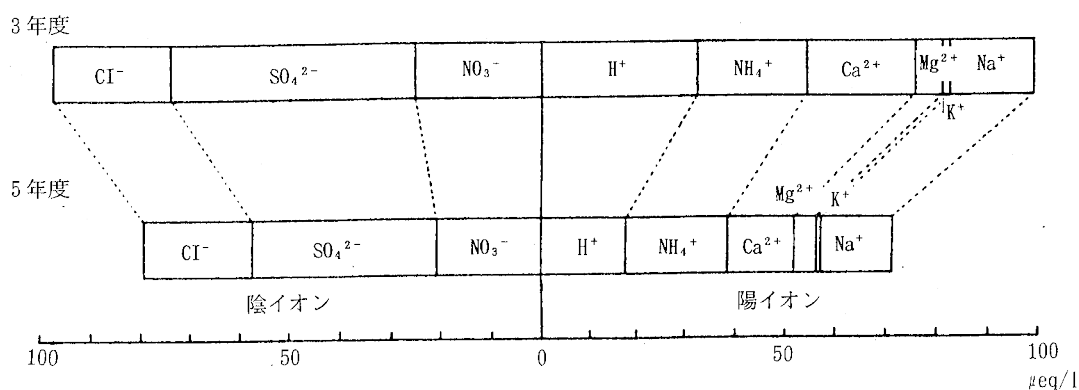


図11 平成3年度, 5年度の平均イオン組成

表4 降水成分の年間降下量

(meq/m²)

	H ⁺	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	非海塩
S62年	19.6	43.0	21.3	40.7	29.8	17.0	7.4	1.7	18.8	151.0
S63年	31.8	67.2	29.6	33.4	41.6	31.1	7.6	3.1	23.6	208.4
H1年	28.1	62.0	27.7	54.2	36.7	25.7	11.3	2.9	42.1	182.0
H2年	27.3	56.0	30.6	77.1	27.5	22.8	16.7	3.5	62.3	163.3
H3年	42.1	66.1	34.2	30.6	29.3	28.7	7.3	2.2	21.8	206.1
H4年	23.3	54.4	26.4	36.3	26.8	22.1	8.7	1.6	24.4	161.1
H5年	28.7	59.2	31.4	32.4	33.9	20.8	7.5	1.3	21.5	181.3
H6年	20.2	36.2	23.3	28.6	20.5	17.9	6.7	1.4	17.4	127.2
平均値	27.6	55.5	28.1	41.7	30.8	23.3	9.2	2.2	29.0	172.6

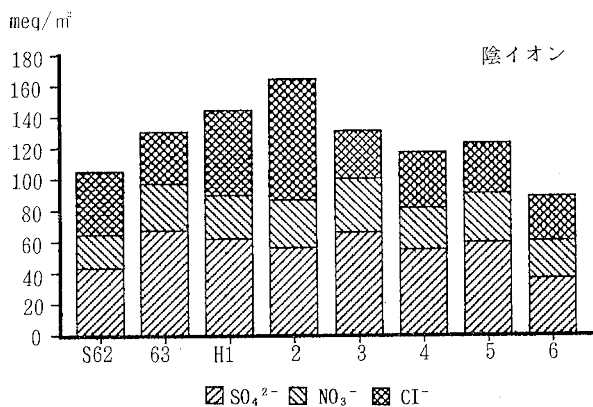
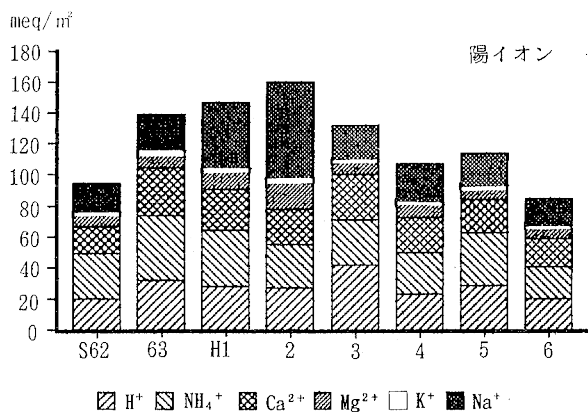


図12 イオン成分降下量の経年変化

次に期間中最もpHが高かった平成5年度と最も低かった3年度のイオン組成を図11に示す。平成5年度に対する3年度の比(H3/H5)がSO₄²⁻では1.35, NO₃⁻:1.29, NH₄⁺:1.05, Ca²⁺:1.58となり、中和成分、酸性化成分とも5年度に比べ3年度の方が濃度が高いが中和に寄与するNH₄⁺濃度がほとんど変わらないのに比べて酸性化に寄与するSO₄²⁻の濃度が高くなっている。このため、結果としてH⁺が増加し、pHが低下したと思われる。

4. 降水成分の降下量

表4に降水成分の年間降下量を、図12に経年変化を示した。年間降下量は濃度と降水量の積として表されることから一般的には降水量が多い年には降下量も多くなる傾向にあり、期間中の降下量は降水量が最も多かった平成2年度が最大を示した。また平成2年度は台風も平年より多かったことから降下量の増加分のほとんどはNa⁺, Cl⁻等の海塩由来成分であった。一方、非海塩由来成分の期間中の変動は127~208meq/m²/年の範囲であり増加の著しい年度はなかった。

ま と め

1. 昭和62年6月から平成6年3月までの7年間の一雨降水のpHの平均値は4.63であった。
2. 期間中の降水ごとのpHの最低は3.41(平成2年8月14日)、最大は7.63(4年5月2日)であった。
3. 期間中の月間平均値の最低は4年9月の4.11、最高は元年4月及び4年8月の5.39であった。また、年間を通してでは1, 3, 12月の降水が4.4台と最も低く、5, 8, 9, 11月の降水が4.7台と最も高かった。
4. 海塩由来成分と非海塩由来成分との間に変動係数の違いがあることがわかった。
5. 高松での降水イオン成分は7年間の平均で陽イオン、陰イオンとも約100μeq/lであり、この内の約3割が海塩由来成分であることがわかった。
6. 非海塩由来成分の期間中の降下量は127~208meq/m²/年の範囲であった。

文 献

- 1) 高松地方気象台：気象月報(1987~1994)