

高知県における酸性雨調査

第10報 香北町降水の長期変動について

植松 広子

Acid Precipitation Survey in Kochi Prefecture (X)

The long term trends of acid deposition in Kahoku Town

Hiroko UEMATSU

1. はじめに

大気汚染に起因する降水の酸性化は一般に酸性雨といわれ、長距離輸送による地球規模の環境汚染を引き起こすとして、1970年代から国際的に大きな問題となった。

わが国では1975年に環境庁において湿性大気汚染対策についての検討がなされ、1983年からは全国規模での調査が開始されており現在も継続して行われている。高知県においては、当所が1983年9月から県内3ヶ所（香北町、高知市、越知町）で7ヶ月の試験調査を行った結果、pH5以下の酸性雨が降っていることが確認されたことにより、1984年度から酸性雨調査が開始され、2地点（高知市、越知町）の採水地点はその後採取方法、採取期間、採取地点等が変更されたが、香北町の調査地点については当初から今日まで継続して測定している。（1985年度は1年間中断されている）

これまで実施してきた酸性雨調査結果については1年または3年毎に取りまとめ、報告してきた。1), 2), 3), 4), 5), 6), 7), 8), 9)

香北町における降水採取装置は調査開始以来開放型ろ過式採取器（環境庁方式）により行ってきたが、1999年に湿性降下物のみを採取し、冷蔵保存が可能なwet only型採取器に変更された。ろ過式降水採取法による試料とwet only型では、乾性降下物の影響による差が大きく、調査結果の評価も異なってくることから、1983年から1999年までの16年間にわたるろ過式採取装置による調査結果を取りまとめ、降水の酸性化に大きい影響をあたえる主要成分の長期トレンドについて考察した。

2. 調査方法

2. 1. 調査地点

高知県香北町白石字西横谷371

永瀬ダム管理事務所屋上

調査地点の香北町は図1に示すとおり、県中央部より東北東に約30km、海岸線からは約23kmに位置し、人口3800人の山間の町である。10km東方に年排出量SO₂約4t、NO₂約0.6tの温水プール施設があるだけで、採取地点から10kmを半径とする地域では大きい排出源は認められない。

1級河川物部川につくられた永瀬ダムは香北町東端の標高211mの山林にあり、主な植生はスギ、ヒノキである。ダム湖北西岸に建つ永瀬ダム管理事務所の3階屋上に採取装置を設置した。



図1 調査地点

2. 2. 採取方法

環境庁方式といわれる、ろ過式雨水採取器を用いて採取した降水をミリポアフィルター

(AAWPO4700, 0.8 μ m) でろ過して貯水し、ろ液とろ紙を毎週または半月毎に回収した。

回収した降水は実験室に持ち帰った後もう一度同じミリポアフィルターでろ過して分析に供した。受水ロートの交換も回収と同時にを行った。

2. 3. 調査期間および調査試料

調査期間は1984年度、1986年度から1998年度までの14年間に加え、1983年9月から1984年3月までの7ヶ月間、1999年4月から7月までの4ヶ月間の期間。1985年度は調査を行っていない。

調査試料は1983～1993年度までは毎週採取し、1994年度からは月2回採取した全465検体を対象とした。今回のデータの取りまとめについては月の加重平均値を算出し、月毎に1データとなるようにして、採取回数による影響を無くしてから統計処理を行った。処理後データ数は179件である。

2. 4. 調査項目及び分析方法

調査期間1：1983～1991年度

調査項目	分析法
pH	ガラス電極法
EC	電気伝導度法
Na ⁺	原子吸光光度法
K ⁺	〃
Ca ²⁺	〃
Mg ²⁺	〃
SO ₄ ²⁻	トリン法
NO ₃ ⁻	サリチル酸ナトリウム法
Cl ⁻	チオシアン酸第二水銀法
NH ₄ ⁺	インドフェノール法

調査期間2：1992～1999年度

SO ₄ ²⁻	イオンクロマト法
NO ₃ ⁻	〃
Cl ⁻	〃

注) その他の項目については調査期間1と同じ方法で行った

分析法の詳細は環境庁大気保全局大気規制課による酸性雨等調査マニュアル¹⁰⁾に従った。

3. 結果および考察

3. 1. 経月変化

1983年度から1999年度までのpHおよび主要成分の月沈着量の経月変化を図2に示した。硫酸イオン及びカルシウムイオンは海塩の影響を除いた後の値(以下 nss-SO₄²⁻, nss-Ca²⁺)を用いた。

沈着量の算出には採取降水から計算した値を用いた。豪雨や台風などの自然条件や採取器の不調により、全量採取出来ていない試料のなかには採取率80%以下の試料もあったが、これらのデータを削除すると年間数百ミリ分のデータが排除される場合もあり、沈着量に大きな誤差が生じるため、沈着量は採取雨量により算出した。

pHについては1980年代後半にやや低い傾向が認められるが、1991年以降についてはバラツキが大きくなってきており、長期的にみると高くなる傾向がみとめられる。

陰イオンの推移では、nss-SO₄²⁻沈着量は夏季に特異的に高い数値を示す事が多く、この事例について個々のデータをみると台風や前線の活動による豪雨時のものの割合が高かった。降水量の増減がnss-SO₄²⁻沈着量に強く関連していることが推察され、降水の多い夏季に沈着量が増加していると考えられる。全国調査の結果では、日本海側の地域ではnss-SO₄²⁻沈着量が降雪の多い冬季に高く夏季に低い傾向があり、大陸からの影響も示唆されているが、太平洋沿岸地域では香北町と同様に夏季に高い沈着量を示す傾向が認められている。長期トレンドでは増加傾向が認められた。

硝酸イオン(以下 NO₃⁻)沈着量はnss-SO₄²⁻沈着量の変動にみられるような大きいバラツキは少なく、降水量に関連する増減も明確でない。降水量が大きい場合は検出されないこともあり、これは長距離輸送により運ばれる高度の高い大気からのイオン成分の取り込みによるレインアウトよりは比較的低い高度の大気中イオン成分を洗い込んで降水となるウォッシュアウトによりもたらされる割合がnss-SO₄²⁻沈着量より高いと考えられた。長期的なトレンドは増加傾向を示している。

nss-Ca²⁺は若干のバラツキがあるが長期的に見れば変動がほとんどなく推移している。

アンモニウムイオン(以下 NH₄⁺)沈着量では増加傾向が認められた。環境省が2002年度にとり

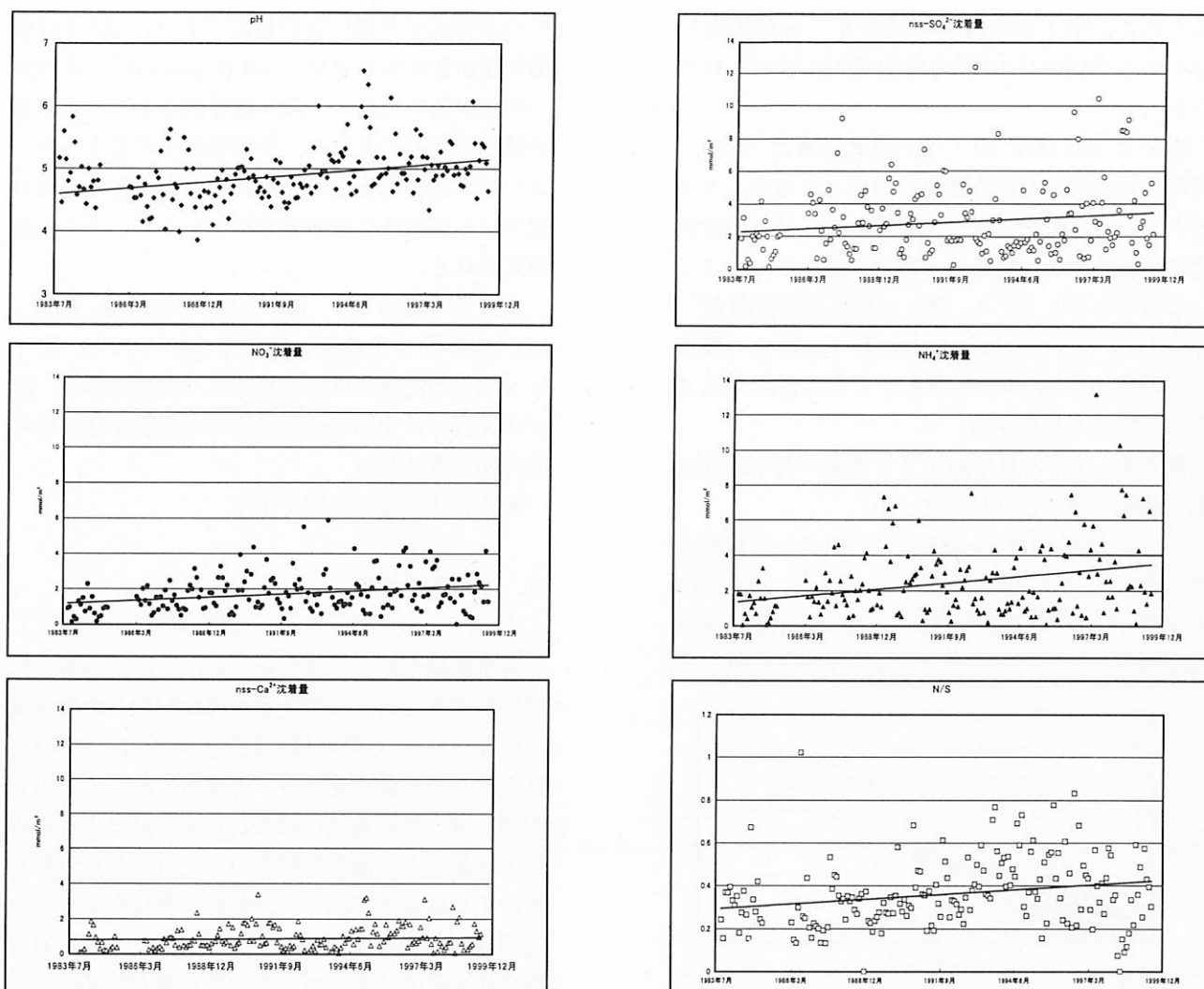


図2 主要成分の経月変化

表1 イオン濃度の相関

単相関	降水量	pH	NO ₃ ⁻	nss-SO ₄ ²⁻	nss-Ca ²⁺	NH ₄ ⁺	N/S
降水量	1.0000						
pH	0.0056	1.0000					
NO ₃	** -0.3900	0.1625	1.0000				
nss-SO ₄ ²⁻	** -0.2842	-0.0507	** 0.7166	1.0000			
nss-Ca ²⁺	** -0.3500	** 0.3507	** 0.8709	** 0.5588	1.0000		
NH ₄ ⁺	** -0.3094	0.0249	** 0.6989	** 0.9027	** 0.4889	1.0000	
N/S	** -0.2553	** 0.3595	** 0.2596	-0.1677	* 0.2122	-0.1228	1.0000

表2 沈着量の相関

単相関	降水量	NO ₃ ⁻	nss-SO ₄ ²⁻	nss-Ca ²⁺	NH ₄ ⁺
降水量	1.0000				
NO ₃ ⁻	** 0.6880	1.0000			
nss-SO ₄ ²⁻	** 0.7310	** 0.7159	1.0000		
nss-Ca ²⁺	0.0979	** 0.3376	** 0.3251	1.0000	
NH ₄ ⁺	** 0.5001	** 0.6061	** 0.8133	** 0.3477	1.0000

母相関の検定 * : 5 % ** : 1 %

まとめた、第4次酸性雨対策調査¹¹⁾全国調査においても全国的に NH_4^+ の増加傾向が認められている。

NO_3^- と nss-SO_4^{2-} のイオン濃度当量比(N/S)は酸性化の寄与をみる重要な指標となるが、N/Sのトレンドは微増傾向を示しており、降水の酸性化に硝酸イオンの寄与する割合が高くなってきていることを示している。第4次酸性雨対策調査¹¹⁾や大石ら¹²⁾の報告に、日本における降水の酸性化に対する NO_3^- の寄与が大きくなる傾向があるという結果と合致する。

降水量、pHと月平均イオン濃度、月平均沈着量の相関を表1、2に示す。

イオン濃度では nss-SO_4^{2-} と NH_4^+ の正相関が最も強く、 NO_3^- 、 nss-SO_4^{2-} 、 NH_4^+ 、 nss-Ca^{2+} とそれぞれ正の相関が認められた。降水量はすべ

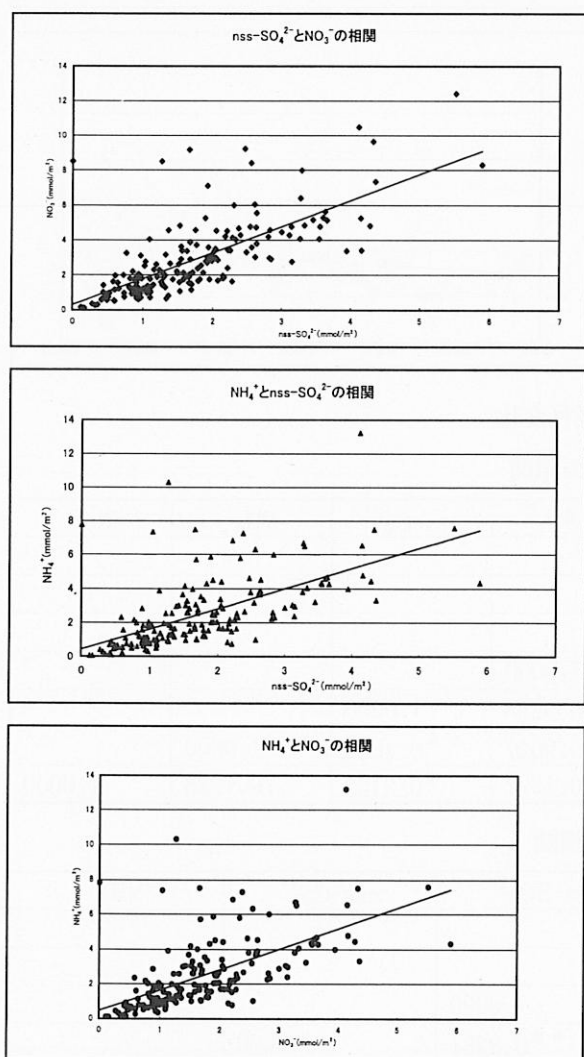


図3 主要成分の相関

での主要成分と弱い負の相関があり、pHとは相関関係が認められない。pHは nss-Ca^{2+} と正の弱い相関が認められた。降水量増減によりイオン成分濃度が変動するため、負の相関性が考えられ、また、海塩の影響を除いた降水の主要成分濃度の比率はある程度一定の幅で存在するということが推定される。

沈着量の相関では、 nss-SO_4^{2-} と降水量、 NH_4^+ 、 NO_3^- の要素に正の強い相関が認められた。陰イオン成分の沈着量は降水量により変動するが、陽イオン成分は季節風や近接地域の影響を受ける可能性が示唆される。

図3に沈着量の相関を示す。

3. 2. 年平均値

表3、表4、図4に年平均値の推移を示す。

降水量は採取した試料から算出した降水量と採取器を設置したダム管理事務所が観測した降水量を併記した。採取降水量と観測降水量はそれぞれ、採取した試料量を受水ロート面積で除して算出した降水量と採取地点に設置した雨量計による観測値を併記した。調査期間中の香北町における降水量は平均雨量2575mmで、同期間に環境庁が行った酸性雨対策調査での全国平均降水量1502mmの1.7倍に相当する降水であった。降水量が3000mmをこえる年度は1989～1990年度、1992～1993年度で、2000mmを下回るのは1984、1994年度であった。1994～1996年度は夏季の前線活動が活発でなく、本土に接近する台風が少なかったため全国的に降水量は少なかった。1998年度は4月から7月にかけて降水量が多く、9月には記録的な豪雨があった。採取容器をオーバーフローし、降水全量を採取できないことが多く、観測雨量と計算雨量には1000mm以上の差があった。

黄砂は近年大量に飛来する事が多くなり注目されているが、降水中の成分は黄砂の飛来回数や濃度により大きな影響を受ける。特に開放型の採取器による降水試料はその影響が強く表れる。調査期間中では1988～1990年度、1994年度、1996年度に飛来回数が多く、1986～1987年度は少なかった。

加重平均により算出した年平均pHは1984年に降すべて5.6以下の酸性雨であった。

pHは1992年度まで比較的低い値であるが、

1993年度以降高めに推移している。年間降水量が3000mm前後と多い年は、溶存イオンの希薄な降水となるためpHが高い傾向が認められるが、1989年度は例外的に低値であった。

nss-SO₄²⁻濃度の変動は降水量の変動に従っていたが、1995年度から降水量に連動せず、増加している。

NH₄⁺濃度は降水量と連動する傾向があまりみられず、近年は大きく増加している。宮廻ら¹³⁾の報告によるとNH₄⁺はバルクデータにおいてはwet only データに比べ地点差、年差が大きいとされている。

NO₃⁻濃度は1994年度以降増加傾向があるが、1998年度は特異的に低値を示した。1998年は5月、6月に例年の2倍近い降水量を記録し、9月には集中豪雨があり、非常に降水量の多い年度であった。オーバーフローのため観測降水量3978mmに比べて採取試料が2721mmと採取率が68%と14年間で最も低い。個々のデータでは短時間での強い降雨のため1回の降水量が非常に多く、また希薄な降水のためイオン濃度が検出下限値以下になった事例がありNO₃⁻やCa²⁺、Mg²⁺のイオン濃度が影響を受けた。特にNO₃⁻濃度は検出しなかった回数が多く、年平均値に影響したと考えられた。

表3 年平均MOL濃度 (単位: μmol/l)

年度	pH	H	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	nss-Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	N/S	NH ₄ ⁺ /NO ₃ ⁻
1983	4.85	14.1	12.4	6.4	30.2	9.7	4.2	2.7	3.1	27.2	0.52	1.31
1984	4.76	17.2	13.4	7.3	19.5	9.5	4.3	3.8	2.4	23.4	0.54	1.31
1985	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
1986	4.52	30.1	14.2	6.4	19.8	8.2	2.4	1.9	1.3	15.1	0.45	1.29
1987	4.68	20.8	13.5	6.1	26.1	10.1	3.6	2.2	1.9	20.2	0.45	1.66
1988	4.72	19.2	12.7	7.6	14.9	8.4	3.7	2.3	2.3	10.6	0.60	1.11
1989	4.63	23.2	12.0	6.9	14.3	14.1	3.7	2.3	2.2	13.0	0.57	2.05
1990	4.91	12.2	10.6	7.0	14.8	8.3	4.5	1.9	1.3	13.4	0.67	1.18
1991	4.61	24.3	14.4	8.3	28.7	10.6	3.5	2.6	1.5	23.3	0.57	1.28
1992	4.75	17.8	12.5	7.6	34.5	9.3	2.2	3.7	1.2	29.9	0.61	1.22
1993	5.00	10.1	7.5	6.4	30.5	5.7	1.4	3.2	2.0	29.7	0.85	0.89
1994	4.99	10.3	11.7	11.4	25.6	13.0	10.2	3.2	3.6	23.1	0.98	1.14
1995	4.87	12.6	15.9	12.0	23.8	14.3	6.6	2.6	2.5	21.7	0.75	1.19
1996	4.95	11.3	20.4	13.2	37.5	20.0	7.2	4.6	2.4	35.8	0.65	1.51
1997	4.86	14.7	18.6	12.7	43.5	20.4	3.5	4.5	2.5	43.5	0.68	1.61
1998	4.92	12.1	20.3	6.4	17.0	19.7	4.3	2.0	2.5	19.6	0.32	3.07
平均	4.78	16.9	13.7	8.1	24.7	11.8	4.1	2.8	2.0	22.4	0.59	1.46
全国平均	4.7	20.0	23.1	16.9	87.7	23.8	13.8	8.7	4.1	67.9	0.73	1.41

全国平均：第1次全国調査（ろ過式水溶）1984-87

表4 年平均沈着量 (単位: mmol/m²)

年度	観測降水量	計算降水量	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	nss-Ca ²⁺
1984	2441	1561	21.0	11.4	12.6	6.7
1985	*	*	*	*	*	*
1986	2364	2457	35.0	15.7	20.3	6.0
1987	2426	2511	34.0	15.2	25.3	8.9
1988	2591	2641	33.5	20.0	22.2	9.7
1989	3405	3239	39.0	22.2	45.4	12.0
1990	3296	3675	38.9	25.9	30.5	15.4
1991	2312	2509	36.1	20.7	26.6	8.8
1992	2905	3095	38.7	23.5	28.8	6.7
1993	3309	3570	26.9	22.8	20.3	5.1
1994	1643	1796	21.0	20.5	23.3	18.3
1995	2339	2004	31.9	24.1	28.7	13.2
1996	2130	2097	42.9	27.8	42.0	15.2
1997	2661	2179	40.6	27.6	44.4	7.6
1998	3978	2721	55.2	17.5	53.6	11.6
平均	2700	2575	35.3	21.1	30.3	10.4

nss-Ca²⁺ではイオン濃度の大きな変動はみられないが、1994年度以降高くなる傾向が認められた。

1994年は雨量が少なく、また、黄砂飛来の多い年であった。このため nss-SO₄²⁻、NO₃⁻、NH₄⁺、nss-Ca²⁺すべて高濃度を示している。国が取りまとめた第3次酸性雨対策調査¹⁴⁾においても1994年度の主要成分全国平均濃度は高値を示している。

環境庁が実施した第4次酸性雨対策調査¹¹⁾ではN/S比の1998年度全国平均値は0.57となっている。香北町におけるN/S比は1993~1995年度に高い値を示し、そのほかの年度は0.5~0.6前後で推移することが多かったが1998年度は0.31と低値であった。この年はnss-SO₄²⁻濃度が前年と同じ程度であったがNO₃⁻濃度が前年の約2分の1と低値であったため、降水の酸性化物質のバランスが大きく異なる結果となった。

NH₄⁺とNO₃⁻の当量比は1993年度以外は1以上になっており、NH₄⁺とNO₃⁻が化学的に結合して輸送されてきたと考えるにはNH₄⁺の割合が高いことがわかった。全国的に見ればNH₄⁺は冬季に日本海側で、夏季に西日本で高い濃度を示し、NH₄⁺+NO₃⁻の形で圏外から輸送されることが多いとされている。¹²⁾ 香北町においては長距離輸送によるものに加え、周辺地域の発生源の関与が示唆された。

沈着量ではイオン濃度の変動に比べると全体に変動が少ないが、雨量の増減により、nss-SO₄²⁻とNH₄⁺の沈着量が増減する傾向が認められる。しかし1995年度以降は降水量の増減にかかわらず、nss-SO₄²⁻とNH₄⁺の沈着量の増加が著しい。NO₃⁻沈着量も同様の傾向を示し、nss-Ca²⁺を除く主要成分は近年増加していることが認められた。

nss-Ca²⁺の沈着量は1991年度までは降水量にほぼ連動して増減しているが、黄砂飛来が多い年度はnss-Ca²⁺の増加がみられ、経年的には明確な

表5 沈着量の5年間平均値 (mmol/m²)

年度	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	nss-Ca ²⁺	降水量
1984~1989	32.48	16.90	25.16	8.68	2482
1994~1998	38.29	23.48	38.38	13.18	2160
増加割合	1.18	1.39	1.53	1.52	0.87

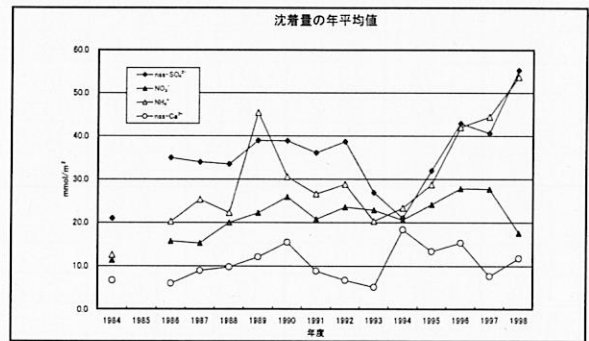
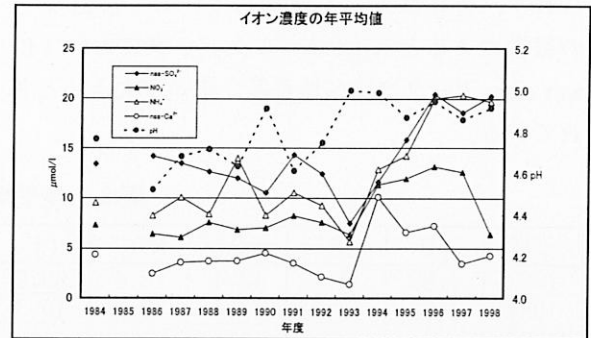
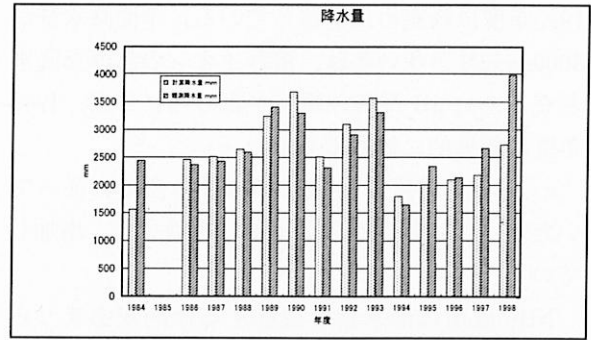


図4 年平均値の推移

増加傾向は認められない。

主要成分沈着量について1984年度から1989年度までの5年間の平均値と1994年度から1998年度の5年間平均値を表5に示す。

すべての主要イオンが増加しているが、降水による酸性化物質の沈着量の増加よりも中和成分の増加する割合が1.5倍以上と高くなっている。

3. 3. 季節別推移

図5に採取降水量、pH、N/S比およびnss-SO₄²⁻、NO₃⁻、NH₄⁺、nss-Ca²⁺の沈着量について季節別平均値を示した。降水量は夏季、次いで春季に多く、秋季、冬季の順になることが多いが、1988年は冬季の降水が春季とほぼ同量、1990年度は秋季の降水量が最も多い特異的な降水パターンを示している。この四季別降水量のパター

ンに各成分沈着量を照らし合わせて考察を行った。nss-SO₄²⁻沈着量は1993年度までは降水量変動と良く一致しており、降水量が多いと沈着量も多いというパターンで推移していた。1994~1996年度は降水量が少ない年度で、1994, 1995年度は夏季の降水量が例年よりも少ないことが特徴的で、この2年間の夏季の沈着量は大きく減少している。しかし、1995年度の春季沈着量、1996年度

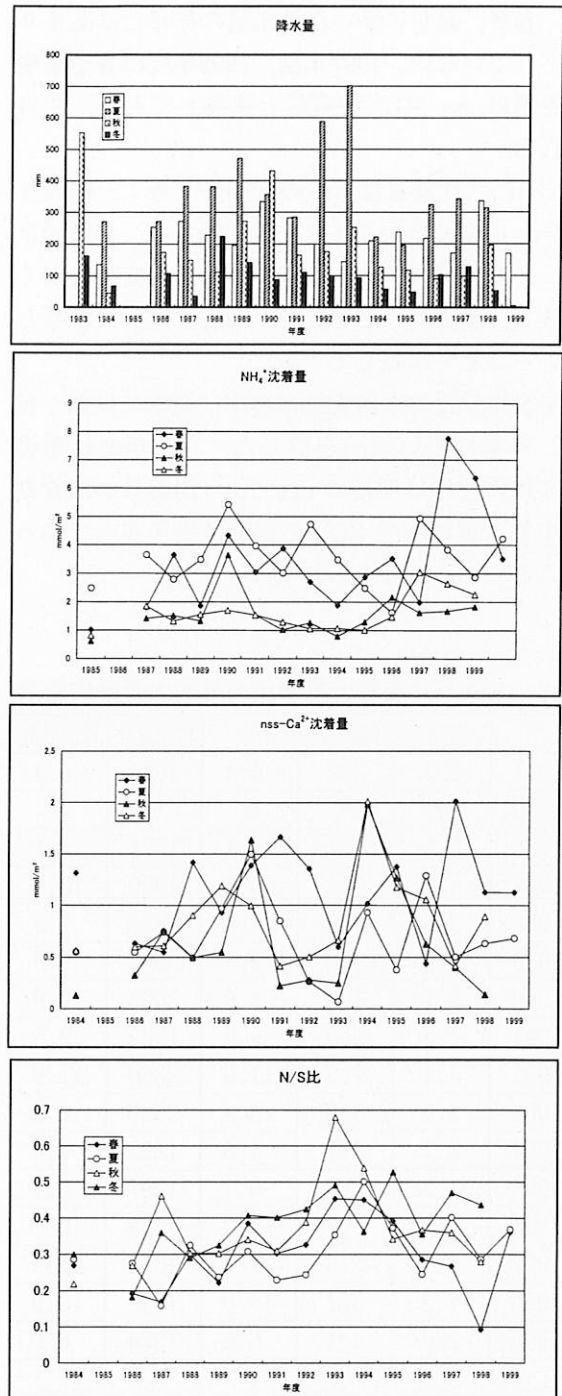
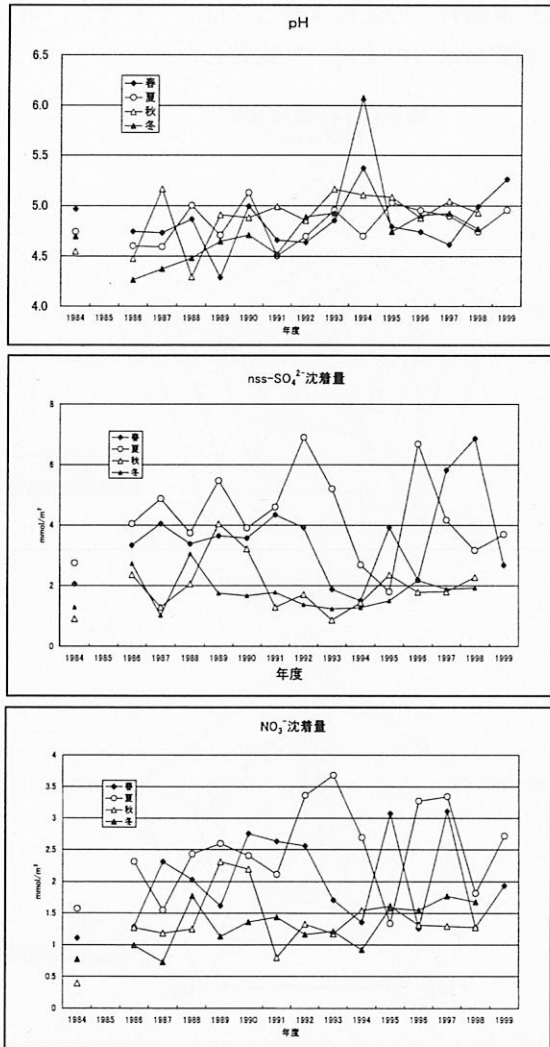


図5 季節別経年変化

の春季, 夏季沈着量が降水量の変動とは異なる推移がみられる。春季と夏季の nss-SO₄²⁻沈着量の合計と降水量の合計の推移では、図6, 表6のようになり、春季と夏季の合計値の推移は降水量にほぼ連動している。実際の東アジア地域の気候変化と春季(3月から5月), 夏季(6月から8月)という季節分け区分が対応しなかったということも考えられるので、季節風や気温, 気圧配置など

の解析, 流積線解析等が必要と考えられた。1996年度以降は沈着量が増加する傾向が認められ、秋季, 冬季の沈着量の年度による変動はあまり無いことから、春季と夏季における沈着量が増加している傾向が認められた。

NO₃⁻沈着量も nss-SO₄²⁻と似た推移を示し、1994年度以降は特に夏季と春季に変動が大きい。陽イオンでは NH₄⁺沈着量は秋季, 冬季に少な

く、春季、夏季に多いが降水量の推移とはあまり対応していない。1997年度、1998年度の春季濃度の急増は nss-SO₄²⁻沈着量と連動しており、注目される。

nss-Ca²⁺沈着量は年毎の変動が大きく、他の3成分とは全く異なるパターンを示した。1990年度、1994年度の特徴的な変動は pH の変動とよく一致し、黄砂による nss-Ca²⁺が pH 上昇に寄与していることを示唆している。

N/S 当量比の季節変動は春季、夏季には低く秋季、冬季に高い傾向を示した。1993年度秋季の N/S 比の急増は同期の nss-SO₄²⁻沈着量が調査期間中最も低濃度で NO₃⁻沈着量は平年並みであったことによると考えられた。

表6 SO₄²⁻沈着量と降水量の春季と夏季の合計

	春季	夏季	計	降水量計	沈着量計
1984	2.3	3.2	5.4	1084	5.4
1985	*	*	*	*	*
1986	3.5	4.7	8.1	1571	8.1
1987	4.7	5.4	10.1	1960	10.1
1988	3.5	3.8	7.3	1826	7.3
1989	3.8	5.8	9.6	2003	9.6
1990	3.7	4.3	7.9	2068	7.9
1991	4.5	5.0	9.5	1702	9.5
1992	4.1	7.8	11.9	2360	11.9
1993	2.0	6.3	8.3	2536	8.3
1994	1.7	3.1	4.8	1291	4.8
1995	4.2	2.0	6.1	1297	6.1
1996	2.5	7.7	10.2	1622	10.2
1997	6.1	5.3	11.4	1539	11.4
1998	7.2	3.7	10.9	1946	10.9
1999	2.9	4.1	6.9	1374	6.9

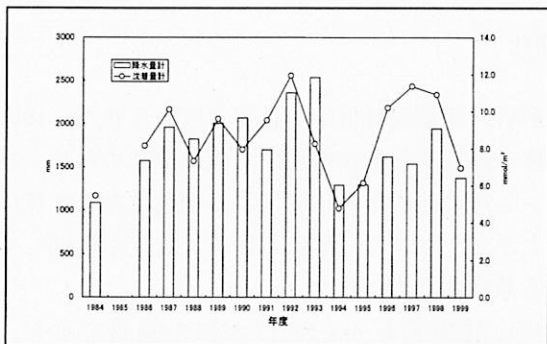


図6 SO₄²⁻と降水量の推移(春季と夏季の合計)

3. 4. 主要成分の比較

図7に香北町における14年間の主要成分加重平均イオン濃度および年間沈着量と環境庁が実施した第1次全国調査(1983~1987年度)¹⁵⁾との主要成分の比較を示す。この全国調査は香北町での調査期間の前期5年間に相当する期間の調査結果であるが、第2次全国調査以降では wet only 型の採取器による試料が対象となっているため、ろ過式採取試料との比較は適当ではないと考え、第1次調査結果のみを用いて比較した。

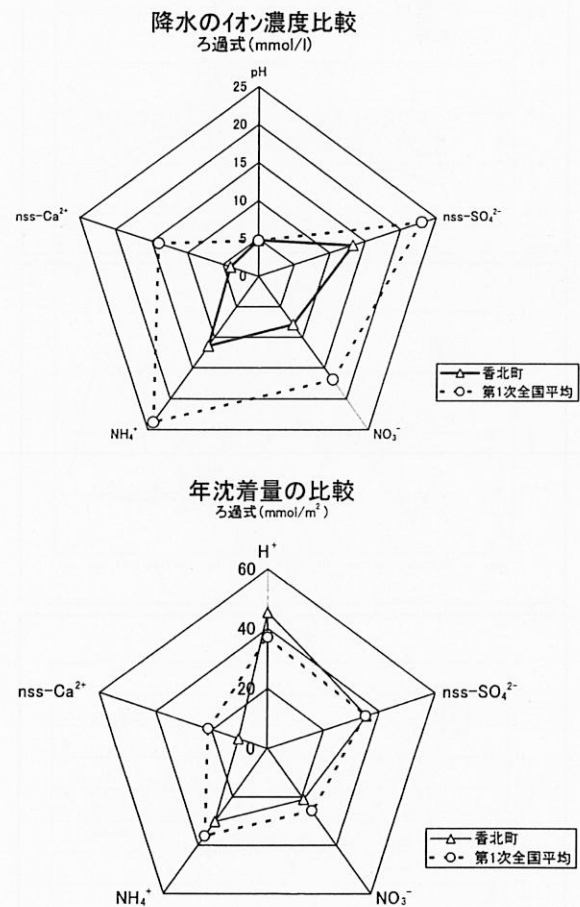


図7 主要成分の比較

イオン濃度では、香北町における降水は pH が全国平均値とほぼ同じレベルであり、nss-SO₄²⁻、NO₃⁻、NH₄⁺、nss-Ca²⁺は全国平均値の0.4~0.6の割合で、降水のイオン濃度は希薄であることを示している。

沈着量では水素イオンが全国平均を上回ったが、nss-SO₄²⁻、NO₃⁻、nss-Ca²⁺、NH₄⁺の沈着量は全国平均に比べてやや少量であった。香北

町の降水量は全国平均に比較すると、1493mmに対し2700mmとおよそ2倍であるため、沈着量がイオン濃度に比較して大きな値になり、イオン沈着量総量はほぼ全国平均値と同じレベルであった。

4. まとめ

- (1) 香北町におけるろ過式採取による降水の1998年度までの14年長期変動では pH はわずかに高くなる傾向にあり、 NH_4^+ 、 NO_3^- および nss-SO_4^{2-} は沈着量が増加傾向にある。
- (2) N/S 比は増加傾向にあり、酸性化に NO_3^- の寄与する割合が高くなってきている。
- (3) 降水量の酸性化に関わる主要成分のうち NH_4^+ と nss-Ca^{2+} の沈着量は14年間の間におよそ1.5倍の増加を示した。
- (4) nss-SO_4^{2-} 、 NO_3^- の沈着量は正の相関があり、香北町では春季、夏季に多く、秋季、冬季に少ない。降水量との相関も認められた。 NH_4^+ と nss-Ca^{2+} の沈着量は降水量との相関はみられなかった。
- (5) 黄砂による nss-Ca^{2+} の増加は pH の上昇の一因となっている。
- (6) 香北町における降水の主要成分濃度は全国の降水濃度と比較すると0.4~0.6の割合で低値であり、沈着量はほぼ全国並みであった。

文 献

- 1) 川村速雄ら：高知県における酸性雨調査（第1報），高知県公害防止センター所報，1，105-112，1984
- 2) 門田泰昌ら：高知県における酸性雨調査（第2報），高知県公害防止センター所報，4，23-32，1987
- 3) 樋口美和ら：高知県における酸性雨調査（第3報），高知県公害防止センター所報，5，29-35，1988
- 4) 岡林理恵ら：高知県における酸性雨調査（第4報），高知県公害防止センター所報，6，29-31，1989
- 5) 岡林理恵ら：高知県における酸性雨調査（第5報），高知県公害防止センター所報，7，37-41，1990
- 6) 岡林理恵ら：高知県における酸性雨調査（第6報），高知県公害防止センター所報，8，29-34，1991
- 7) 岡林理恵ら：高知県における酸性雨調査（第7報），高知県公害防止センター所報，9，35-39，1992
- 8) 鎮西正道ら：高知県における酸性雨調査（第8報），高知県公害防止センター所報，11，49-68，1994
- 9) 植松広子ら：高知県における酸性雨調査（第9報），高知県公害防止センター所報，15，117-124，1998
- 10) 環境庁大気保全局：酸性雨等調査マニュアル（改訂版），平成2年3月
- 11) 環境省，（財）日本環境センター酸性雨センター：第4次酸性雨対策調査データ集（大気系調査分冊），平成14年9月
- 12) 大石興弘ら：降水化学の全国的状況(1)，大気環境学会誌，39，1211，1998
- 13) 宮廻ら：鳥根県における酸性雨の長期変動，全国環境研究会誌，27，43-49，2003
- 14) 環境庁，（財）日本環境センター酸性雨センター：第3次酸性雨対策調査データ集（大気系調査分冊），平成11年3月
- 15) 酸性雨対策調査報告書：酸性雨対策検討会大気分科会，平成2年1月

