

2. 高知県における酸性雨調査（第15報） 本県における降水の特徴について

尾崎吉純・武市佳子・山下 浩・山村貞雄・坂本武大*・富田健介**

Acid deposition study of Kochi Prefecture (15TH) The trend of wet deposition in Kochi prefecture

Yoshizumi Ozaki, Yoshiko Takechi, Hiroshi Yamashita,
Sadao Yamamura, Takehiro Sakamoto, Kensuke Tomita

【要旨】 2000年度から2013年度までの香北及び梶原の酸性雨測定局で採取した降水試料の分析結果から、本県の降水の特徴について取りまとめた。

pHの年間値は、香北及び梶原ともに4.6から5.0の範囲で推移しており、おおむね横ばいの傾向を示した。pHの月間値は、香北及び梶原ともに4.1から5.4の範囲で推移していた。

非海塩性硫酸イオン（以下「 $nss-SO_4^{2-}$ 」という。）及び硝酸イオンは、香北では年間値が7.2から18.9 $\mu\text{mol/L}$ 、5.2から13.6 $\mu\text{mol/L}$ の範囲で推移し、梶原では5.4から11.8 $\mu\text{mol/L}$ 、5.5から9.7 $\mu\text{mol/L}$ の範囲で推移しているが、濃度上昇傾向はみられなかった。

香北及び梶原間でのpH及び含有イオン濃度の相関関係をみたところ、pH及びカルシウムイオン、非海塩性カルシウムイオン（以下「 $nss-Ca^{2+}$ 」という。）において、正の相関関係がみられた。

key words : 降水, 相関, 検定

1. はじめに

酸性雨については、1960年代に欧米において湖沼の酸性化及び森林被害が国際問題となり、1970年代には日本でも湿性大気汚染が問題となった¹⁾。

本県では、高岡郡梶原町に設置された国設酸性雨測定局が、東アジア酸性雨モニタリングネットワークに参加している。また、高知県が香美市香北町に設置した測定局が、全国環境研協議会による酸性雨全国調査に加わっており、これら両測定局で酸性雨の観測を行っている。梶原測定局では1999年から、香北測定局では1983年から測定を行っている。

梶原及び香北測定局では、降水試料の採取及びフィルターパック法による粒子及びガス物質の捕集を、併せて香北ではパッシブ法によるガス成分の捕集も行っている。降水試料の採取には、1983年度から1999年7月までは開放型ろ過式捕集装置を、以降は降水時開放型捕集装置（ウェットオン

リーサンプラー）を用い、降水中のイオン濃度等を分析している。

この度、2000年度から2013年度までの降水中のイオン成分等の調査結果から、香北及び梶原の降水の特徴についてまとめたので報告する。

2. 調査方法

2.1 調査地点

酸性雨の調査は、図1に示す測定地点に設置している降水捕集装置で行った。

梶原測定局は、高岡郡梶原町太郎川に位置し、県中央部から西北西へ約50kmの距離にある。本測定局は、四万十川の源流域にあり、測定局の周辺はほぼ山林である。局舎の周辺150m以内には、テレビや電話のアンテナが複数設置されているが、周辺10km以内には、固定発生源はない。

一方、香北測定局は、香美市香北町永瀬に位置し、県中央部から北東へ約30kmの距離にある。物部川中流域にあり、スギ及びヒノキを主

* 現幡多福祉保健所 ** 現環境対策課

とする森林に囲まれている。固定発生源として、10km南西に年排出量SO₂約4t、NO₂約0.6tの温水プールがあるが、そのほか半径10km以内に大きな発生源はない。

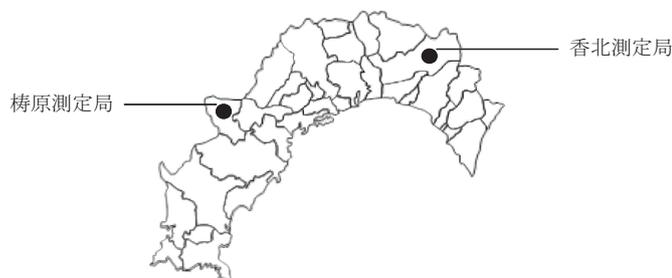


図1 調査地点

2.2 試料採取方法

2.2.1 梶原測定局

株式会社小笠原機器製作所のUS-420Sを用い、1日単位で降水試料を採取し、冷蔵保管を行った。

2.2.2 香北測定局

株式会社小笠原機器製作所のUS-330を用い、1週間または2週間単位で降水試料を採取し、冷蔵保管を行った。

2.3 調査期間

調査期間は、2000年4月から2014年3月までの14年間とした。

なお、香北測定局においては、2001年2月及び2012年7月から10月まで欠測となっている。梶原測定局においては、2001年1月が欠測となっている。

2.4 調査項目および分析方法

降水試料は、分析を行うまでの間冷蔵保存した。得られた降水試料は、0.45μmニトロセルロースろ紙でろ過を行い、イオン成分分析試料とした。また、ろ過しない降水試料をpH及び電気伝導度の測定試料とした。

分析イオン成分は、SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、Na⁺、NH₄⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺とし、イオンクロマトグラフ法により分析を行った。なお、SO₄²⁻及びCa²⁺濃度については、以下の式により海塩由来のイオンを差し引いた非海塩由来のイオン濃度(nss-SO₄²⁻、nss-Ca²⁺)

を算出した。

$$[\text{nss-SO}_4^{2-}] = [\text{SO}_4^{2-}] - 0.06028 \times [\text{Na}^+]$$

$$[\text{nss-Ca}^{2+}] = [\text{Ca}^{2+}] - 0.02161 \times [\text{Na}^+]$$

3. 結果および考察

3.1 降水量の推移

香北及び梶原での降水量の年間値の推移について、図2に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。

図3には、香北及び梶原での各月の降水量について示した。降水量は、1年の中では夏季に増加し、冬季に減少する傾向を示した。

3.2 pHの推移

香北及び梶原での降水のpHの年間値の推移について、図4に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。2000年以降は、香北及び梶原の降水pHは横ばいで推移している。

香北及び梶原での各月のpHについて、図5に示した。1年の中では、降水量の比較的少ない冬季にpHが低くなる傾向を示した。

3.3 アニオン濃度の推移

3.3.1 nss-SO₄²⁻濃度

香北及び梶原のnss-SO₄²⁻濃度の年間値の推移について、図6に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。

香北及び梶原での各月のnss-SO₄²⁻濃度について、図7に示した。梶原では、降水量の最も多い9月でnss-SO₄²⁻濃度が最も低い値を示し、降水量の最も少ない1月でnss-SO₄²⁻濃度が最も高い値を示した。一方で、香北では、降水量の最も多い7月ではなく9月にnss-SO₄²⁻濃度が最も低い値を示し、降水量の最も少ない1月でnss-SO₄²⁻濃度が最も高い値を示し、異なる挙動を示した。

3.3.2 NO₃⁻濃度

香北及び梶原のNO₃⁻濃度の年間値の推移について、図8に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。香北及び梶原のNO₃⁻濃度の推移は、おおむね類似した挙動を示し、nss-SO₄²⁻濃度の挙動と類似していた。

香北及び梶原での各月の NO_3^- 濃度について、図9に示した。 NO_3^- 濃度においても、 nss-SO_4^{2-} 濃度と同様の傾向を示し、梶原では降水量の最も多い9月に降水中の NO_3^- 濃度は最も低い値を示したが、香北では降水量の最も多かった7月ではなく9月に降水中の NO_3^- 濃度が最も低い値を示した。

3. 3. 3 Cl^- 濃度

香北及び梶原の Cl^- 濃度の年間値の推移について、図10に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。

香北及び梶原での各月の Cl^- 濃度について、図11に示した。香北では、降水中の Cl^- 濃度が8月又は9月に最も高い値を示したのに対して、梶原では12月又は1月に最も高い値を示した。香北の Cl^- 濃度が8月又は9月に最も高い値を示すのは、沿岸等を通過する台風の影響を大きく受けているものと考えられる。梶原では、香北ほど台風の影響がないためか、降水量の最も少ない1月に Cl^- 濃度が最も高い値を示したものと考えられる。

3. 4 カチオン濃度の推移

3. 4. 1 NH_4^+ 濃度

香北及び梶原の NH_4^+ 濃度の年間値の推移について、図12に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。 NH_4^+ 濃度の推移は、 nss-SO_4^{2-} 及び NO_3^- 濃度の推移と類似した挙動を示した。

香北及び梶原での各月の NH_4^+ 濃度について、図13に示した。香北及び梶原では、降水中の NH_4^+ 濃度は9月に最も低い値を示し、香北では1月に、梶原では3月に濃度が最も高い値を示した。いずれの場合も NH_4^+ 粒子が他の月より比較的高く、降水量が少ないためであると考えられる。 NH_4^+ 濃度についても、 nss-SO_4^{2-} 及び NO_3^- 濃度の推移と類似した挙動を示した。

3. 4. 2 nss-Ca^{2+} 濃度

香北及び梶原の nss-Ca^{2+} 濃度の年間値の推移について、図14に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。

香北及び梶原での各月の nss-Ca^{2+} 濃度について、図15に示した。香北及び梶原では、 nss-Ca^{2+} 濃度は

9月に最も低い値を示し、香北では4月に、梶原では3月に濃度が最も高い値を示した。濃度が最も高い値を示した3月又は4月は、本県は黄砂の影響を強く受けるためであると考えられる。

3. 4. 3 Na^+ 濃度

香北及び梶原の Na^+ 濃度の年間値の推移について、図16に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。 Na^+ 濃度の年間値の推移は、 Cl^- 濃度と同様の傾向を示した。

香北及び梶原での各月の Na^+ 濃度について、図17に示した。香北では、 Na^+ 濃度が8月又は9月に最も高い値を示したのに対して、梶原では12月又は1月に最も高い値を示し、 Cl^- 濃度と同様の挙動を示した。

3. 4. 4 K^+ 濃度

香北及び梶原の K^+ 濃度の年間値の推移について、図18に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。

香北及び梶原での各月の K^+ 濃度について、図19に示した。香北では、 K^+ 濃度が8月又は9月に最も高い値を示したのに対して、梶原では12月又は1月に最も高い値を示し、 Na^+ 及び Cl^- 濃度と同様の挙動を示した。

3. 4. 5 Mg^{2+} 濃度

香北及び梶原の Mg^{2+} 濃度の年間値の推移について、図20に示した。また、年間値及び月間値の最大値及び最小値について、表1に示した。

香北及び梶原での各月の Mg^{2+} 濃度について、図21に示した。香北では、 Mg^{2+} 濃度が8月又は9月に最も高い値を示したのに対して、梶原では12月又は1月に最も高い値を示し、 Na^+ 濃度及び K^+ 濃度、 Cl^- 濃度と同様の挙動を示した。

3. 5 降水試料のイオン構成

図22では、年間値からみた香北及び梶原の降水中の主要イオンの累計濃度について示した。主要構成イオンの累計濃度においては、香北及び梶原間での相関関係はみられなかった。

3. 6 降水試料の相関関係

3. 6. 1 同一測定地点でのイオン成分等の相関関係

表2及び表3に2週間又は1週間単位での測定値からみた香北又は梶原での相関関係を示した。梶原は1日単位の試料であるが、香北との関係を見るため、香北での採取周期に合わせて加重平均をとり、データとした。

香北では、 nss-SO_4^{2-} 及び NO_3^- 、 NH_4^+ 濃度は、相互に強い正の相関関係を示し、 nss-Ca^{2+} 濃度はこれらと中程度の相関を示した。

また、 Na^+ 及び K^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 濃度についても、相互に強い正の相関関係を示した。

梶原でも、 nss-SO_4^{2-} 及び NO_3^- 、 NH_4^+ 濃度は、相互に強い正の相関関係を示し、 nss-Ca^{2+} 濃度はこれらと中程度の相関を示した。

また、 Na^+ 及び K^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 濃度についても、相互に強い正の相関関係を示した。

3. 6. 2 香北及び梶原間でのイオン成分等の相関関係

表4に2週間又は1週間単位での測定値からみた香北及び梶原間の相関関係を示した。縦軸は梶原のパラメーターを、横軸は香北のパラメーターを示している。

香北及び梶原間では、 pH-pH 間、 $\text{Ca}^{2+}-\text{Ca}^{2+}$ 間、 $\text{nss-Ca}^{2+}-\text{nss-Ca}^{2+}$ 間で正の相関関係がみられた。約90km離れたこの二地点で、他の成分より相関が強いと言うことは、 nss-Ca^{2+} が他の成分より広域的な影響を受けていることを示しており、黄砂の影響が考えられる。

3. 6. 3 香北及び梶原間での各イオン成分等の関係

2週間又は1週間単位の測定値からみた香北及び梶原間での同一のイオン成分等の関係をみた。2週間又は1週間単位の測定値については、外れ値の影響を除くため、スミルノフ・グラブス検定を行い、5%水準での外れ値を棄却した結果についても示した。

図23から図31にイオン成分等の結果を示した。外れ値を棄却することで、上記 pH 、 Ca^{2+} 、 nss-Ca^{2+} 以外に、 NO_3^- でも相関が見られた。

3. 7 香北及び梶原における降水の類似性の評価

3. 7. 1 降水中のイオン成分等の平均値の推定

高知県全域で同一性状の雨水が降るものとして、香北及び梶原で得られた降水試料の測定値から、母平均を推定した。降水試料の測定値は正規分布に従うものとして平均値の95%信頼区間を求め、結果を表5に示した。

香北及び梶原間で相関の高かった pH 及び Cl^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} では、95%信頼区間が近接していた。一方、 pH と同様に相関の高かった nss-Ca^{2+} 及び nss-SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ の95%信頼区間は近接しておらず、類似性は認められなかった。

3. 8 強い相関が示された成分

3. 8. 1 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^-

表2、3で示したとおり、これらの成分は相互に強い相関を示している。

これらの成分は海水に由来することが知られており、海上あるいは沿岸で巻き上げられた海塩粒子の移動が濃度の変動に関係していると考えられる。

しかし、すでに述べたように香北と梶原では高濃度を示す月が異なっている。

香北では8、9月に高濃度を示す月が多く、これらは台風など南からの強風をとまなう場合が多い。一方、梶原が高濃度を示す12月、1月は、香北では東よりの風が多いのに比べ、梶原ではほとんど北風となっており、風速も他の季節に比べて強くなっている。

以上から、海塩関係の成分は太平洋からの影響の他、冬季の梶原では日本海からの影響を受けていると考えられる。

なお、香北の K^+ に関する相関が他の成分に比べやや低くなっているが、今回の調査では原因は解明できなかった。

3. 8. 2 nss-SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+

これらの成分は梶原、香北両地点で大変強い相関を示している。

SO_4^{2-} 、 NO_3^- の原因となる大気汚染物質 SO_2 、 NO の発生源には工場、自動車、火山などがあるが、中でも SO_2 は石炭・重油を燃料とする工場、 NO は自動車の影響が強いことが知られており、これら

の項目の相関は通常あまり高くない。

一方、 NH_4^+ は SO_4^{2-} と対となって長距離移動することが知られている。

以上から、これらの成分は遠隔発生源からの広域汚染によるものと考えられる。

4. まとめ

2000年から2013年度における香北及び梶原の湿性沈着の結果をとりまとめ、香北及び梶原のイオン成分等の相関関係をみることにより、香北及び梶原で採取された降水試料の共通性について調査した。

海塩粒子由来と考えられる Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- は、同一地点において相互に強い相関を示した。香北では主に夏期に高濃度を示し、これらは太平洋からの影響と考えられた。一方、梶原では冬季に高濃度となり、これらは日本海側からの影響と考えられた。

同一測定地点における、 nssSO_4^{2-} 及び NO_3^- 、 NH_4^+ は、相互に強い正の相関を示した。これらは遠隔汚染源からの広域汚染によるものと考えられたが、香北・梶原の地点間では強い相関は見られなかった。

香北、梶原の測定地点間では、他の成分に比べ Ca^{2+} が強い相関を示していた。約90km離れたこの2地点で、他の成分より相関が強いと言うことは、 nss-Ca^{2+} が他の成分より広域的な影響を受けていることを示しており、黄砂の影響が考えられる。

酸性雨調査は、湿性沈着及び乾性沈着などの複数の調査を行っており、今後は乾性沈着の視点も踏まえて、香北及び梶原のイオン成分の沈着を総合的に評価する必要がある。

5. 図表

5. 1 降水量

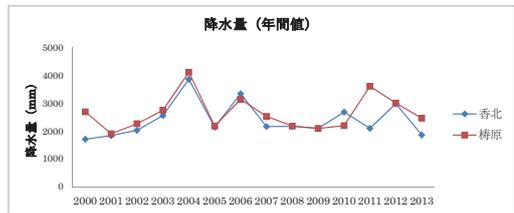


図2 降水量（年間値）の推移（2012年6月から11月までの香北の雨量は、永瀬ダムが別に観測している数値を用いた）

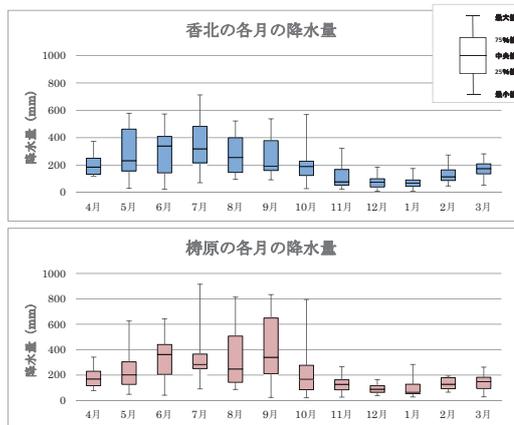


図3 各月の降水量（2012年6月から11月までの香北の雨量は、永瀬ダムが別に観測している数値を用いた）

5. 2 pH

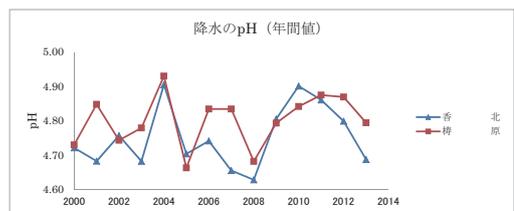


図4 降水のpHの推移（年間値）

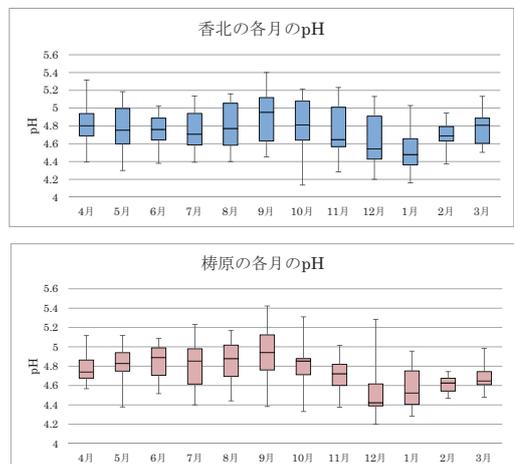


図5 各月のpH

5. 3 各イオン成分

5. 3. 1 nss-SO_4^{2-}

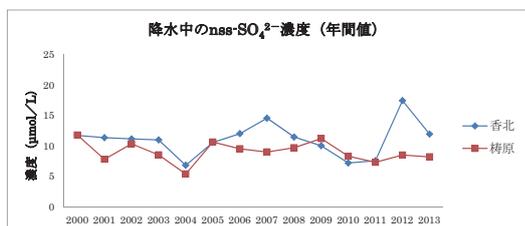


図6 降水中の nss-SO_4^{2-} 濃度の推移 (年間値)

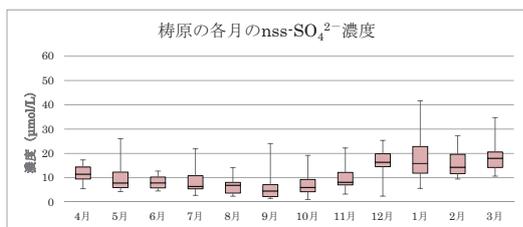
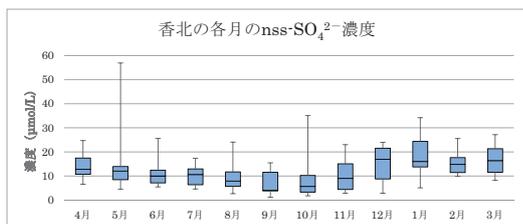


図7 各月の降水中 nss-SO_4^{2-} 濃度

5. 3. 2 NO_3^-

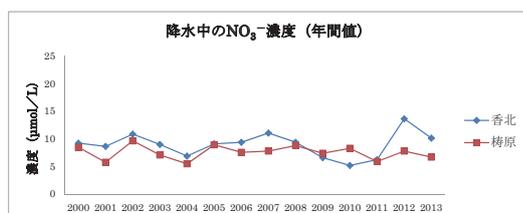


図8 降水中の NO_3^- 濃度の推移 (年間値)

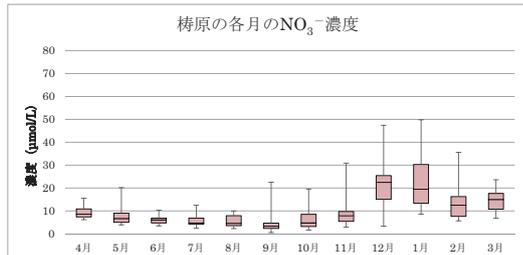
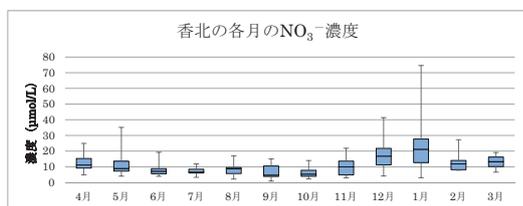


図9 各月の降水中 NO_3^- 濃度

5. 3. 3 Cl^-

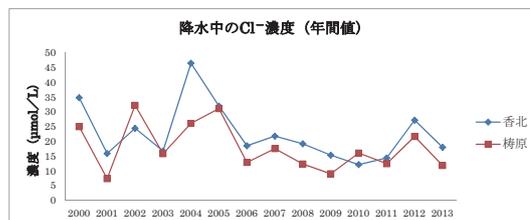


図10 降水中の Cl^- 濃度の推移 (年間値)

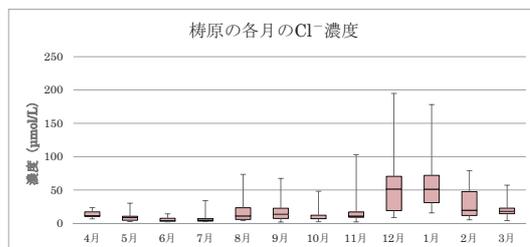
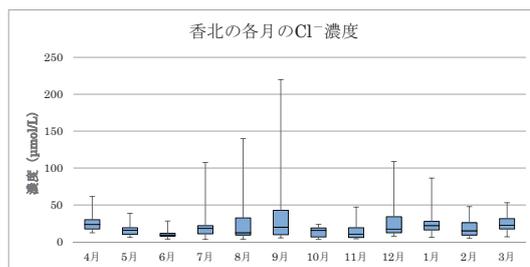


図11 各月の降水中 Cl^- 濃度

5. 3. 4 NH_4^+

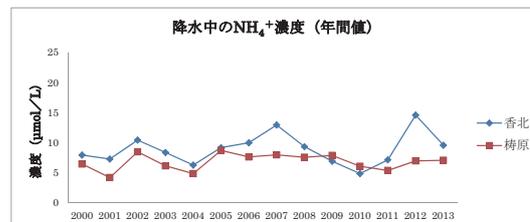


図12 降水中の NH_4^+ 濃度の推移 (年間値)

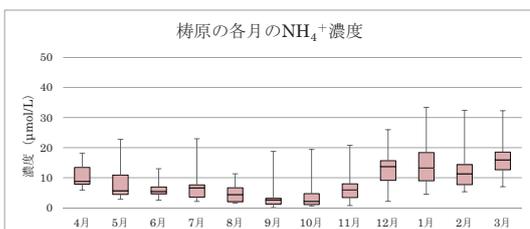
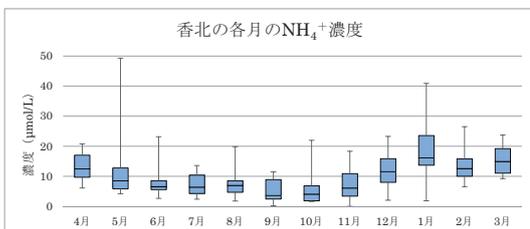


図13 各月の降水中 NH_4^+ 濃度

5. 3. 5 nss-Ca²⁺

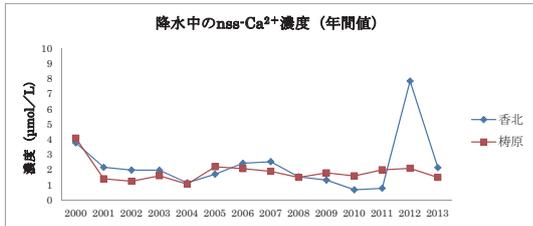


図14 降水中のnss-Ca²⁺濃度の推移 (年間値)

5. 3. 7 K⁺

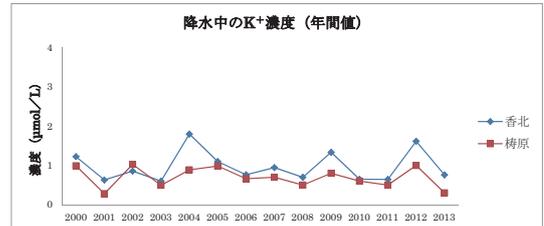


図18 降水中のK⁺濃度の推移 (年間値)

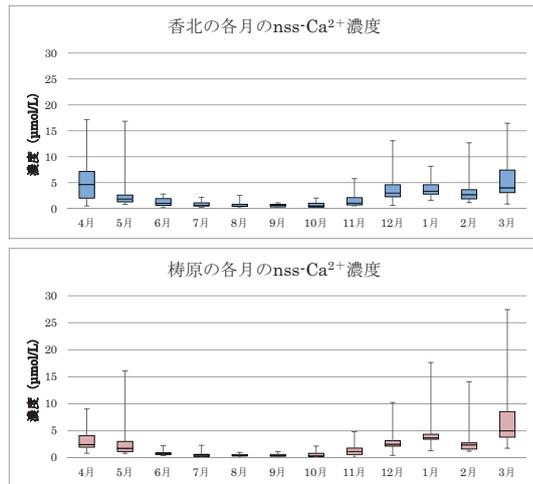


図15 各月の降水中nss-Ca²⁺濃度

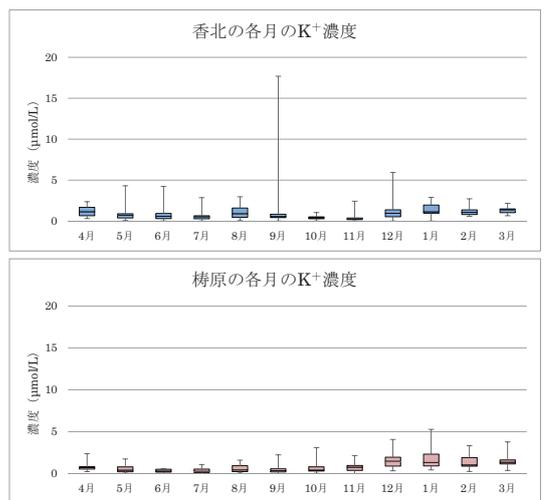


図19 各月の降水中K⁺濃度

5. 3. 6 Na⁺

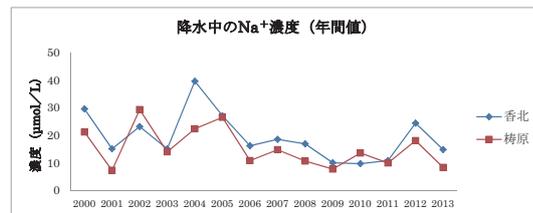


図16 降水中のNa⁺濃度の推移 (年間値)

5. 3. 8 Mg²⁺

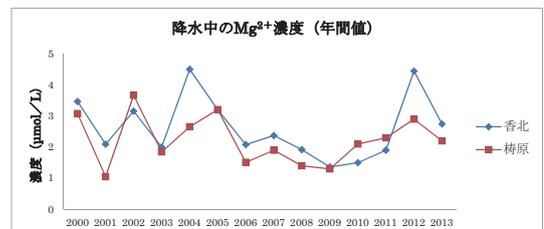


図20 降水中のMg²⁺濃度の推移 (年間値)

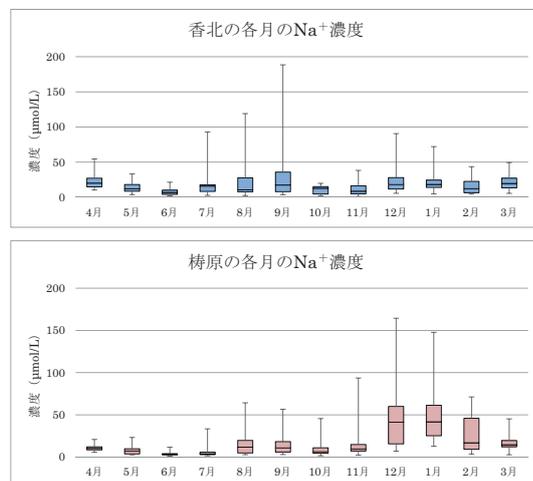


図17 各月の降水中Na⁺濃度

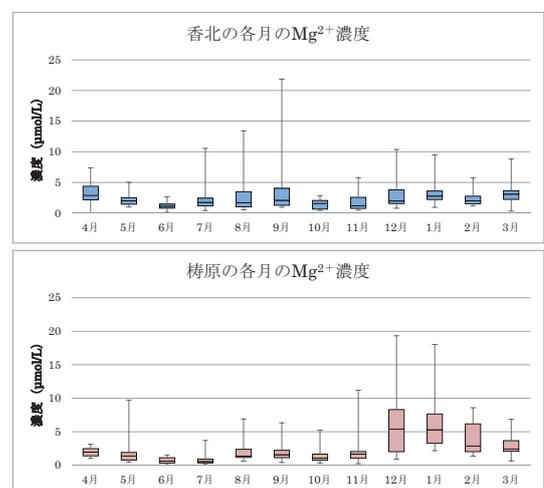


図21 各月の降水中Mg²⁺濃度

5. 3. 9 各イオンの累計濃度

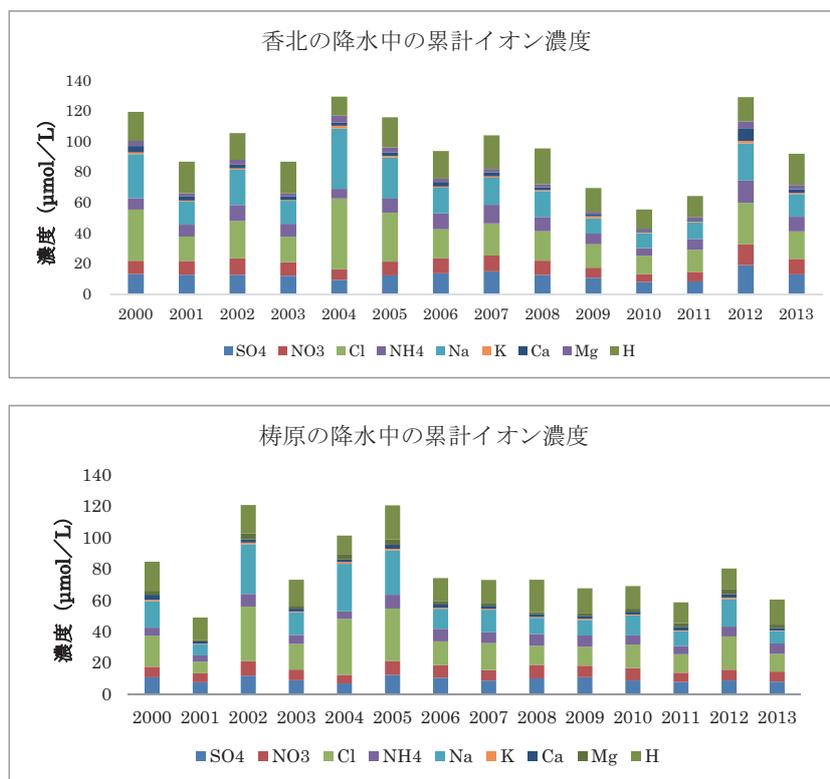


図22 降水の累計イオン濃度（年間値）

5. 4 降水中のイオン成分等の年間値及び月間値

表1 香北及び梼原の降水中のイオン成分等の最大値又は最小値

	香 北						梼 原					
	年 間 値			月 間 値			年 間 値			月 間 値		
	最大	最小	標準偏差	最大	最小	標準偏差	最大	最小	標準偏差	最大	最小	標準偏差
降水量 (mm)	3872	1841	732	712.5	9.0	149.4	4124	2096	590	914.9	21.0	186.2
pH	4.9	4.6	0.1	5.4	4.1	0.3	4.9	4.7	0.1	5.4	4.2	0.2
nss-SO ₄ ²⁻ (μmol/L)	18.9	7.2	2.7	57.0	1.1	7.7	11.8	5.4	1.5	76.4	1.0	7.0
NO ₃ ⁻ (μmol/L)	13.6	5.2	2.2	74.6	0.8	8.8	9.7	5.5	1.2	58.8	1.4	8.8
Cl ⁻ (μmol/L)	46.6	12.2	9.4	219.8	0.6	25.5	32.2	7.4	9.3	194.5	2.1	29.0
NH ₄ ⁺ (μmol/L)	16.4	4.9	2.5	49.3	0.0	7.6	8.7	4.2	1.4	34.3	0.0	6.9
nss-Ca ²⁺ (μmol/L)	7.8	0.7	1.8	37.2	0.0	3.3	4.1	1.1	0.5	26.7	0.1	3.7
Na ⁺ (μmol/L)	36.4	9.7	8.4	188.4	1.1	22.0	29.2	7.4	8.3	164.2	1.0	25.1
K ⁺ (μmol/L)	1.8	0.6	0.4	17.7	0.0	1.6	1.0	0.3	0.3	5.3	0.0	0.9
Mg ²⁺ (μmol/L)	4.5	1.4	1.0	21.8	0.0	2.6	3.7	1.1	0.5	19.3	0.0	3.1

5. 5 降水中のイオン成分等の相関関係

表2 香北の降水試料に係る測定値の相関関係 (n=338)

	pH	導電率	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	Mg ²⁺	降水量
pH	1.00												
導電率	-0.63	1.00											
SO ₄ ²⁻	-0.63	0.94	1.00										
nss-SO ₄ ²⁻	-0.65	0.91	0.99	1.00									
NO ₃ ⁻	-0.46	0.93	0.87	0.84	1.00								
Cl ⁻	-0.28	0.78	0.64	0.55	0.70	1.00							
NH ₄ ⁺	-0.50	0.91	0.93	0.92	0.94	0.63	1.00						
Na ⁺	-0.26	0.78	0.64	0.55	0.72	1.00	0.64	1.00					
K ⁺	-0.16	0.54	0.55	0.50	0.49	0.66	0.50	0.66	1.00				
Ca ²⁺	-0.14	0.64	0.72	0.69	0.72	0.57	0.71	0.59	0.58	1.00			
nss-Ca ²⁺	-0.11	0.58	0.68	0.67	0.68	0.48	0.68	0.50	0.53	0.99	1.00		
Mg ²⁺	-0.25	0.79	0.69	0.61	0.75	0.98	0.68	0.98	0.71	0.70	0.62	1.00	
降水量	0.42	-0.28	-0.33	-0.35	-0.28	-0.07	-0.30	-0.07	-0.14	-0.24	-0.25	-0.11	1.00

表3 梶原の降水試料に係る測定値の相関関係 (n=339)

	pH	導電率	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	Mg ²⁺	降水量
pH	1.00												
導電率	-0.74	1.00											
SO ₄ ²⁻	-0.77	0.93	1.00										
nss-SO ₄ ²⁻	-0.80	0.86	0.98	1.00									
NO ₃ ⁻	-0.64	0.87	0.86	0.82	1.00								
Cl ⁻	-0.39	0.85	0.68	0.53	0.69	1.00							
NH ₄ ⁺	-0.65	0.73	0.87	0.89	0.82	0.45	1.00						
Na ⁺	-0.38	0.84	0.67	0.53	0.67	1.00	0.44	1.00					
K ⁺	-0.45	0.82	0.78	0.69	0.79	0.85	0.70	0.85	1.00				
Ca ²⁺	-0.27	0.56	0.66	0.62	0.70	0.55	0.63	0.54	0.71	1.00			
nss-Ca ²⁺	-0.22	0.44	0.59	0.58	0.63	0.39	0.60	0.39	0.60	0.99	1.00		
Mg ²⁺	-0.39	0.84	0.70	0.57	0.72	0.98	0.51	0.97	0.88	0.66	0.52	1.00	
降水量	0.56	-0.35	-0.42	-0.45	-0.40	-0.14	-0.41	-0.14	-0.24	-0.26	-0.25	-0.17	1.00

表4 香北及び梶原の降水試料にかかる測定値の相関関係 (n=330)

	香 北													
	pH	導電率	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	Mg ²⁺	降水量	
梶 原	pH	0.66	-0.40	-0.43	-0.45	-0.30	-0.13	-0.33	-0.12	-0.09	-0.17	-0.16	-0.13	0.50
	導電率	-0.49	0.51	0.50	0.49	0.44	0.38	0.44	0.36	0.19	0.33	0.31	0.37	-0.38
	SO ₄ ²⁻	-0.51	0.51	0.55	0.56	0.45	0.31	0.49	0.30	0.19	0.40	0.39	0.33	-0.41
	nss-SO ₄ ²⁻	-0.52	0.48	0.55	0.56	0.41	0.24	0.47	0.23	0.16	0.37	0.37	0.27	-0.42
	NO ₃ ⁻	-0.48	0.57	0.56	0.57	0.57	0.35	0.57	0.33	0.21	0.42	0.41	0.36	-0.42
	Cl ⁻	-0.26	0.43	0.36	0.33	0.42	0.48	0.36	0.47	0.23	0.35	0.32	0.46	-0.23
	NH ₄ ⁺	-0.44	0.44	0.51	0.52	0.42	0.23	0.50	0.22	0.17	0.38	0.38	0.26	-0.39
	Na ⁺	-0.26	0.42	0.35	0.32	0.41	0.48	0.35	0.47	0.23	0.34	0.31	0.46	-0.22
	K ⁺	-0.32	0.51	0.49	0.47	0.51	0.47	0.50	0.46	0.29	0.48	0.46	0.48	-0.30
	Ca ²⁺	-0.19	0.44	0.49	0.48	0.50	0.36	0.50	0.36	0.24	0.62	0.62	0.42	-0.27
	nss-Ca ²⁺	-0.15	0.40	0.47	0.46	0.47	0.30	0.48	0.30	0.21	0.61	0.62	0.37	-0.25
	Mg ²⁺	-0.27	0.46	0.41	0.37	0.46	0.49	0.41	0.48	0.25	0.41	0.38	0.49	-0.25
	降水量	0.41	-0.21	-0.28	-0.32	-0.23	0.08	-0.25	0.08	0.01	-0.18	-0.21	0.04	0.75

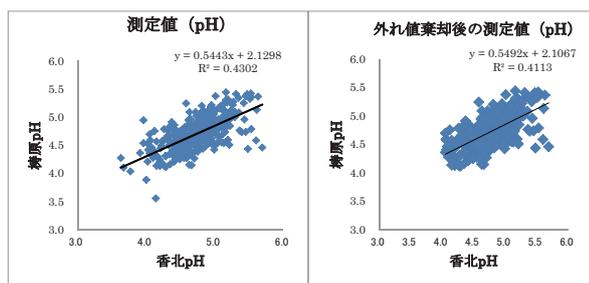


図23 香北及び梲原の降水pH

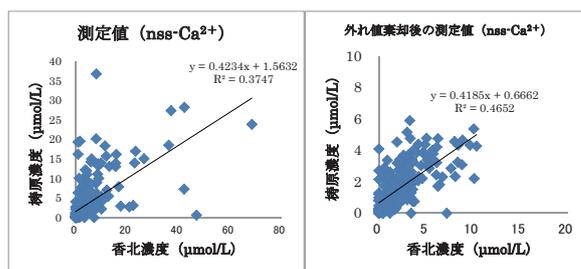


図28 香北及び梲原の降水中のnss-Ca²⁺濃度

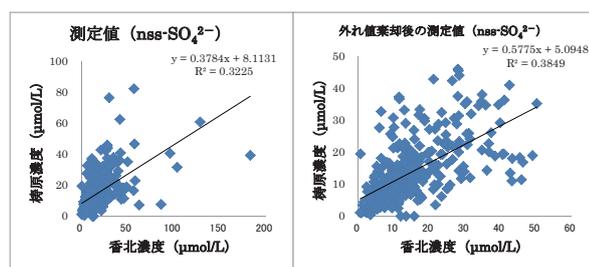


図24 香北及び梲原の降水中のnss-SO₄²⁻濃度

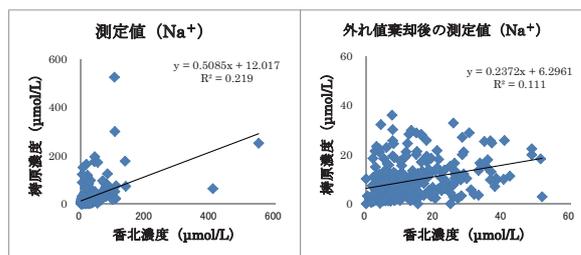


図29 香北及び梲原の降水中のNa⁺濃度

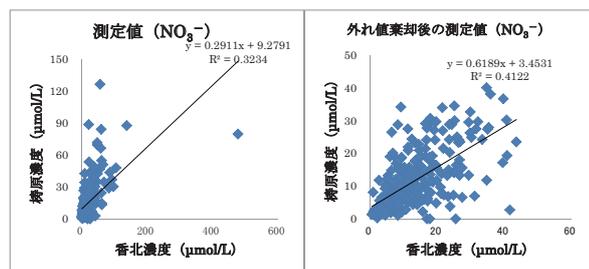


図25 香北及び梲原の降水中のNO₃⁻濃度

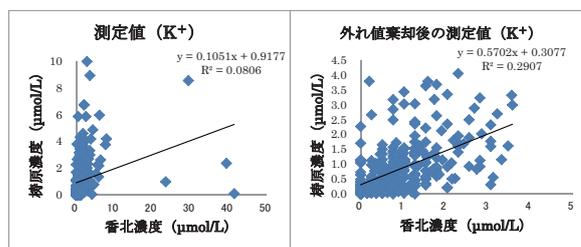


図30 香北及び梲原の降水中のK⁺濃度

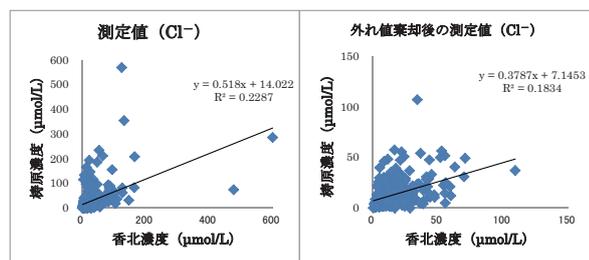


図26 香北及び梲原の降水中のCl⁻濃度

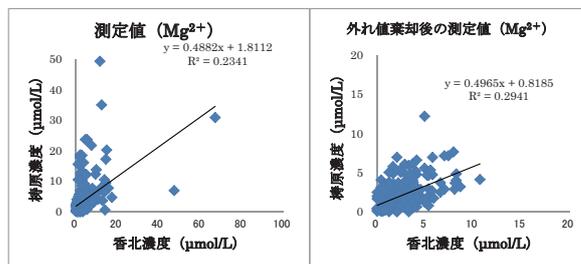


図31 香北及び梲原の降水中のMg²⁺濃度

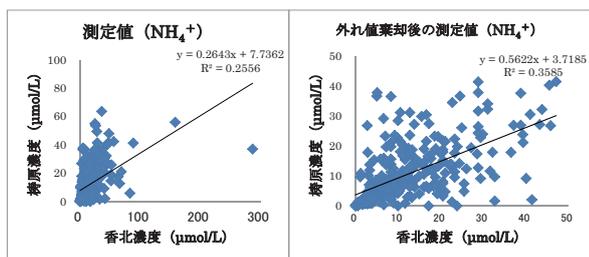


図27 香北及び梲原の降水中のNH₄⁺濃度

5.6 母平均の区間推定

表5 香北及び梶原の測定値から推定した高知県の降水のイオン成分等の平均値の95%信頼区間（香北はn=348, 梶原はn=345, pHのみ単位なし, イオン成分の単位は $\mu\text{mol/L}$ ）

	95%区間			
	香 北		梶 原	
	下 限	上 限	下 限	上 限
pH	4.07	4.53	4.15	4.56
nss-SO ₄ ²⁻	18.24	52.87	15.44	38.31
NO ₃ ⁻	19.25	76.62	15.52	45.28
Cl ⁻	29.66	120.13	31.26	129.05
NH ₄ ⁺	16.57	57.21	12.67	34.63
nss-Ca ₂ ⁺	4.19	17.37	3.45	12.57
Na ⁺	25.82	106.95	26.70	113.41
K ⁺	1.75	8.88	1.18	3.85
Mg ²⁺	3.52	13.42	3.71	13.58

文 献

- 1) 環境省：越境大気汚染・酸性雨長期モニタリング報告書, 2014
- 2) 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
- 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, 鎮西正道, 近澤紘史：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, 34-41, 1990
- 5) 岡林理恵, 鎮西正道, 近澤紘史：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
- 6) 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
- 7) 植松広子ら：高知県における酸性雨調査（第9報）, 高知県環境研究センター所報, 15, 117-124, 1998
- 8) 山村貞雄, 武市佳子：高知県における酸性雨調査（第12報）, 高知県環境研究センター所報, 23, 21-26, 2006
- 9) 富田健介, 桑尾房子：高知県における酸性雨調査（第13報）, 高知県環境研究センター所報, 28, 25-30, 2011
- 10) 全国環境研会誌事務局：全国環境研会誌, 39 (3), 100-146, 2014
- 11) 西川嘉範：大阪府環境農林水産総合研究所研究報告, 2, 1-14, 2009