

9. 8 大気環境科

大気環境科では、大気環境監視テレメータシステムにより得られる観測データの常時監視、微小粒子状物質(PM_{2.5})の成分測定(イオン成分、炭素成分、無機元素)、ベンゼン等の有害大気汚染物質調査、酸性雨環境影響調査、航空機騒音調査等を行っている。

1. 試験検査・監視等調査業務

(1) 大気汚染監視調査(環境政策課事業)

島根県は一般環境大気測定局7局(安来市、雲南市、出雲市、大田市、江津市、浜田市、益田市)を設置し、大気環境の状況把握を行っている。当研究所には大気環境監視テレメータシステムの監視センターが設置されており、大気環境の常時監視、測定機器の稼働状況の把握、測定データの確定作業を行った。なお、西津田自動車排出ガス測定局については、松江市の中核市移行に伴い、平成30年度から松江市が管理運営している。

信頼性の高い測定データを確保するために、光化学オキシダント計の目盛校正を各測定局で行った。

微小粒子状物質(PM_{2.5})については、平成25年4月から安来市、出雲市、大田市、江津市、益田市、平成25年7月から雲南市で開始した質量濃度の常時監視、平成25年10月(秋季)から浜田市及び隠岐の島町で開始した成分測定(イオン成分、炭素成分、無機元素)を継続して実施した。

(2) 有害大気汚染物質調査(環境政策課事業、松江市受託事業)

優先取り組み有害大気汚染物質について、県は、安来市中央交流センターで、松江市は、中核市移行に伴い平成30年度からこれまで県が調査を行っていた国設松江大気環境測定所、馬淵工業団地周辺、西津田自動車排出ガス測定局の計3地点で、環境省は、国設隠岐酸性雨測定所で環境モニタリング調査を実施した。なお、松江市が調査を実施した3地点については、松江市から委託を受け、当所が分析を行った。

(3) 酸性雨環境影響調査(環境政策課事業)

酸性雨状況を把握して被害を未然に防止することを目的に、松江市と江津市の2地点でWet-Only採取装置による降水のモニタリング調査を行った。

(4) 国設松江大気環境測定所管理運営(松江市受託事業)

環境省が全国9か所に設置する国設大気環境測定所のひとつである松江大気環境測定所は、昭和55年から松江市西浜佐陀町の現在地で稼働しており、測定機器の保守管理を行っている。

(5) 国設酸性雨測定所管理運営(環境省受託事業)

東アジア酸性雨モニタリングネットワーク(EANET)は2001(平成13)年1月に本格運用を開始し、現在

13ヶ国が参加している。

日本には湿性沈着モニタリングサイトとして9地点あり、島根県には国設隠岐酸性雨測定所(平成元年度開設)が設置されている。降水自動捕集装置、気象観測装置、乾式SO₂-NO_x-O₃計、PM₁₀・PM_{2.5}測定装置、フィルターパック法採取装置が整備されており、測定局舎と、測定機器の保守管理および湿性・乾性沈着モニタリングの調査を行った。

なお、EANETの湿性沈着モニタリングサイトであった国設蟠竜湖酸性雨測定所は、平成31年3月をもって、湿性・乾性沈着モニタリング、SO₂、NO_x、O₃の測定、PM₁₀、PM_{2.5}の測定を終了した。

また、平成12年度から環境放射性物質モニタリングが、隠岐・蟠竜湖の両測定所において行われている。

(6) 黄砂実態解明調査(環境省受託事業)

環境省が全国5か所に設置するライダーモニタリングシステム(松江市、平成17年4月設置)の保守管理を行った。

(7) 三隅発電所周辺環境調査(環境政策課事業)

三隅火力発電所周辺の大気環境モニタリングについて、浜田保健所及び益田保健所が試料採取を、当所が重金属類10物質の分析をそれぞれ担当した(2回/年)。

(8) 化学物質環境汚染実態調査(環境省受託事業)

POPs条約対象物質及び化学物質審査規制法第1、2種特定化学物質等の環境汚染実態を経年的に把握することを目的として、国設隠岐酸性雨測定所において、11月に大気モニタリング調査が実施され、当科はサンプリング機材の調整、準備を行った。

(9) 航空機騒音調査(環境政策課事業)

松江、出雲の各保健所が実施する航空機騒音調査について、当科は騒音計の校正、データ確認及び技術支援を行った。調査回数は、美保飛行場:連続14日間調査を2回、出雲空港:連続7日間調査を4回であった。

2. 研究的業務

(1) 光化学オキシダント及びPM_{2.5}の生成に関連する炭化水素類等の挙動把握に関する研究(平成30~令和4年度)

島根県において光化学オキシダント(Ox)及び微小粒子状物質(PM_{2.5})生成への関与が明らかになっていない炭化水素類及びアルデヒド類について、炭化水素

類は容器（キャニスター）採取ーガスクロマトグラフ質量分析（GC/MS）法、アルデヒド類は固相捕集ー高速液体クロマトグラフ（HPLC）法により、高濃度時を中心に松江で濃度測定を行い、松江における生成関連物質濃度と光化学O_x及びPM_{2.5}の濃度変動との関連性を把握する。令和4年度は、炭化水素類及びアルデヒド類の濃度測定およびPM_{2.5}の成分濃度測定を行った。

(2) 隠岐島における大気粉塵のモニタリングに関する研

究(令和2～4年度)

国立環境研究所が1983年12月から1ヶ月単位で採取した大気粉塵（浮遊粒子状物質）試料について分析し、共同でデータ解析を行う。令和3年度は共同研究者と分析方法や解析方法について、協議を複数回行い、実試料を用いて、前処理及び分析方法等の検討を行った。

島根県における酸性雨の実態 (2000~2022)

池田 有里・倉橋 雅宗・江角 敏明・小原 幸敏・草刈 崇志

1. はじめに

酸性雨が環境問題として注目され始めた 1980 年代から現在に至るまで、島根県では酸性雨の実態を把握し、その酸性化機構を解明するという目的で、さまざまな調査を行ってきた。また、東アジア酸性雨ネットワーク (EANET) のサイトとして、国設隠岐酸性雨測定所 (以下、隠岐)、国設蟠竜湖酸性測定所 (以下、蟠竜湖) において湿性沈着、乾性沈着の調査が行われている (ただし、蟠竜湖は 2018 年で終了)。

本県は、地理的に東アジア地域から長距離輸送された大気汚染物質の影響を受けやすく、また、大気汚染物質の大規模な発生源が比較的少ないことから、各種のデータは、多くの研究者に利用されており、東アジアにおける酸性雨の実態把握につながることを期待されている。

今回は、2000 年から 2022 年までの県内の湿性沈着と乾性沈着に含まれる主要イオン成分の経年変動や季節変動について報告する。なお、隠岐、蟠竜湖については、EANET が取りまとめ公表しているデータ⁽¹⁾を使用した。

2. 試料採取方法

2.1 降水

調査地点については、当所敷地内 (以下、松江)、江津市 (以下、江津)、隠岐及び蟠竜湖の 4 地点である。

降水の採取は、湿性沈着モニタリング手引書 (第 2 版)⁽²⁾ (以下、手引書) に従って行った。降水時開放型採取装置 (Wet-only、(株)小笠原計器製作所製 US-330H) を用いて、松江では概ね 1 週間ごとに、江津はおおむね 2 週間ごとに採取した。隠岐は 1 日ごと (小笠原計器製作所製、US-420)、蟠竜湖は 1 週間ごと (小笠原計器製作所製、US-420) に採取した。

2.2 粒子状物質、ガス状物質

調査地点については、松江、隠岐の 2 地点である。

松江では、4 段フィルターパック法を用いた。NILU 製の 4 段ろ紙ホルダー (直径 47 mm) に F0 (テフロンろ紙、孔径 0.8 μm 、ADVANTEC 社製)、F1 (ポリアミド

ろ紙、孔径 0.45 μm 、PALL 社製)、F2 (炭酸カリウム含浸セルロースろ紙、ADVANTEC 社製、No.51A)、F3 (リン酸含浸セルロースろ紙、ADVANTEC 社製、No.51A) をセットし、小屋内に上向きに接続し、ポンプで 4 Lmin^{-1} の流量で吸引した。概ね 1 週間ごとに回収している。

隠岐での捕集方法は、4 段ろ紙ホルダーを雨除けの傘の中に下向きに接続して吸引し、概ね 2 週間ごとに回収している。

3. 分析項目及び方法

3.1 降水

降水試料は、貯水量を計測後、メンブランフィルター (孔径 0.45 μm) でろ過し、水素イオン濃度 (pH)、電気伝導率 (EC)、硫酸イオン (SO_4^{2-})、硝酸イオン (NO_3^-)、塩化物イオン (Cl^-)、ナトリウムイオン (Na^+)、アンモニウムイオン (NH_4^+)、カリウムイオン (K^+)、マグネシウムイオン (Mg^{2+})、及びカルシウムイオン (Ca^{2+}) を手引書に従いイオンクロマトグラフィー法により分析した。なお、結果の検討を行うにあたっては、データ数が 80%未満の場合については欠測とした。

3.2 粒子状物質、ガス状物質

回収したろ紙は、超純水 (F2 にはさらに H_2O_2 溶液を添加) で抽出し、メンブランフィルター ((孔径 0.45 μm) でろ過し、水素イオン濃度 (pH)、電気伝導率 (EC)、硫酸イオン (SO_4^{2-})、硝酸イオン (NO_3^-)、塩化物イオン (Cl^-)、ナトリウムイオン (Na^+)、アンモニウムイオン (NH_4^+)、カリウムイオン (K^+)、マグネシウムイオン (Mg^{2+})、及びカルシウムイオン (Ca^{2+}) をイオンクロマトグラフィー法により分析した。なお、結果の検討を行うにあたっては、データ数が 80%未満の場合については欠測とした。

4. 結果及び考察

4.1 降水量と pH の経年変化

4 地点の年降水量と pH の年加重平均値の経年変化を図 1 に示す。降水量は年によって増減はあるものの、調査期間中はほぼ横ばいの状態であり、大きな変動は

なかった。pH は、4 地点とも 2005 年までは低下傾向であるが、その後は緩やかな上昇傾向に転じている。

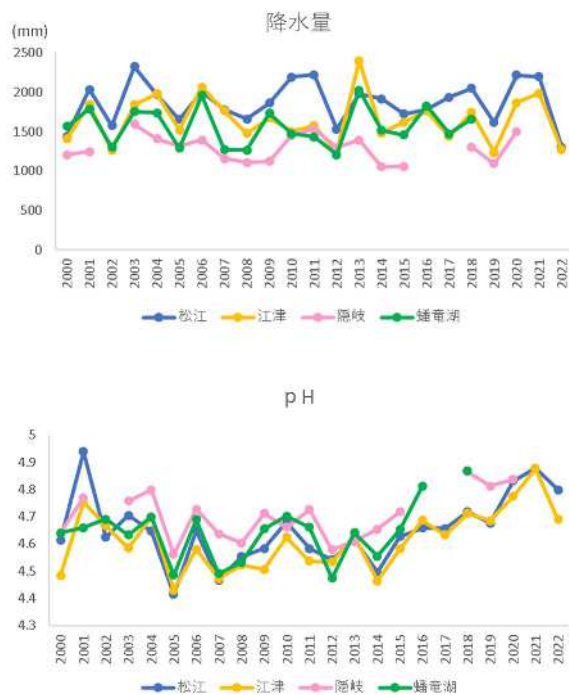


図 1 降水量と pH の経年変化

4.2 降水中の主要イオン成分の経年変化

4 地点の調査期間を通したイオン成分組成の平均値(当量濃度)を図2に示した。4 地点とも測定した9種のイオンで陰イオンと陽イオンのイオンバランスはほぼ取れていた。分析項目のイオン成分濃度から算出した電気伝導度に対して、実測の電気伝導度と比較したところ、ほぼ一致したので、降水に含まれる主要なイオン成分はこれら9種のイオンであったと考えられる。また、 Cl^-/Na^+ 当量比(松江:1.15 江津:1.15 隠岐:1.14、蟠竜湖:1.17)は海水の存在比率1.18とほぼ同じであることから、この2成分は海塩起源と推定される。

そこで、海塩成分の指標として Na^+ を用いて、 SO_4^{2-} と Ca^{2+} について海塩成分を算出し、非海塩由来成分($nss-SO_4^{2-}$ 、 $nss-Ca^{2+}$)を求めた。 Na^+ と Cl^- 、また Na^+ と Mg^{2+} は、それぞれ海水中の存在比率とほぼ一致していたので、これらはすべて海塩由来成分であると推定された。イオン成分について、その構成は、おおよそ松江:72%、江津:73%、隠岐:91%、蟠竜湖:67%程度が海塩由来であった。非海塩由来成分と、海塩由来成分のバランスは、各地点とも、陽イオンと陰イオンでほぼ対応していた。

酸性化に影響を与えるのは、主に $nss-SO_4^{2-}$ 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 $nss-Ca^{2+}$ であるので、今回は主にこの4種について検討を行った。

図3に降水量と成分濃度の経年変化を、図4に期間中の平均値に対する変化率を示す。4 地点とも各イオン成分ともに2003、2004年頃は成分濃度が低くなっていた。松江では2006年前後にかけて上昇したが、2010年頃から減少傾向が見られた。同じように、江津では2006年頃から、隠岐は2013年頃から、蟠竜湖は2010年頃から減少傾向が見られた。

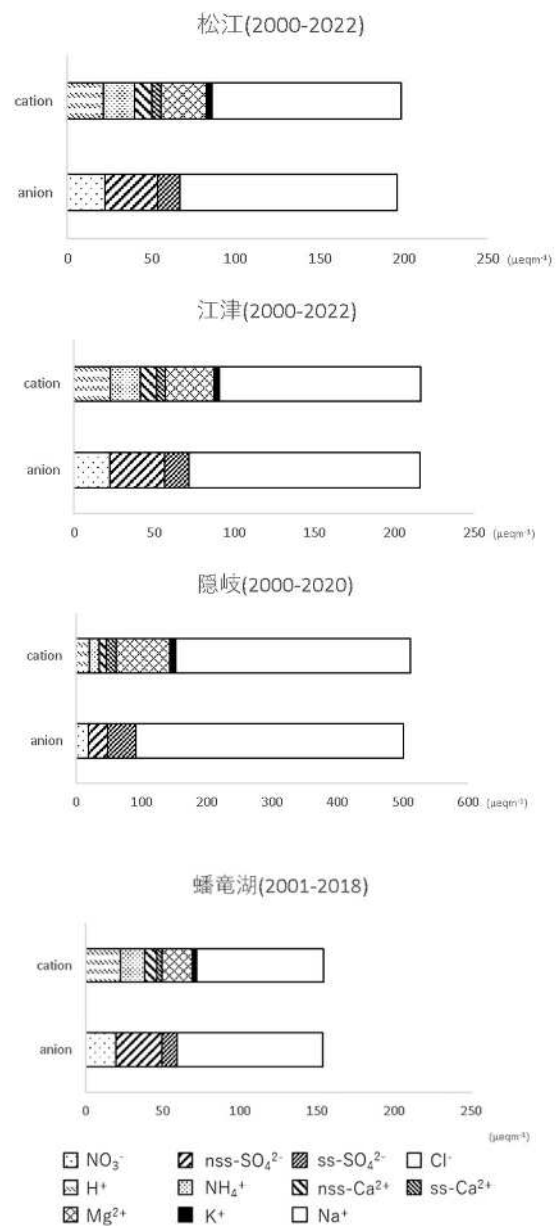


図 2 4 地点のイオン成分組成

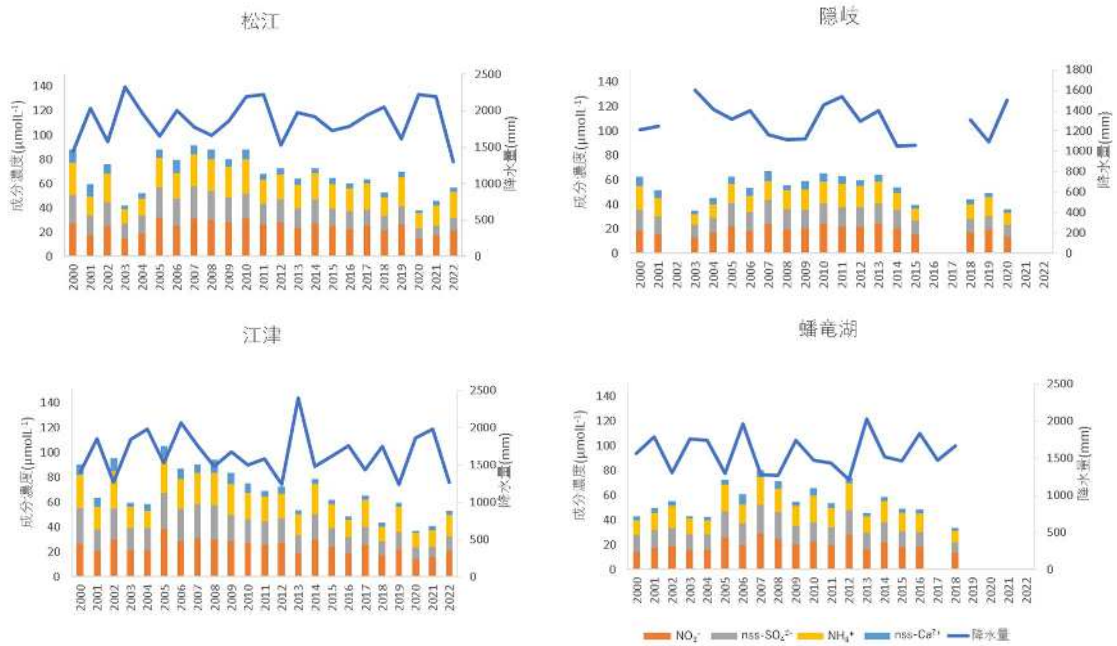


図3 降水量と成分濃度の経年変化

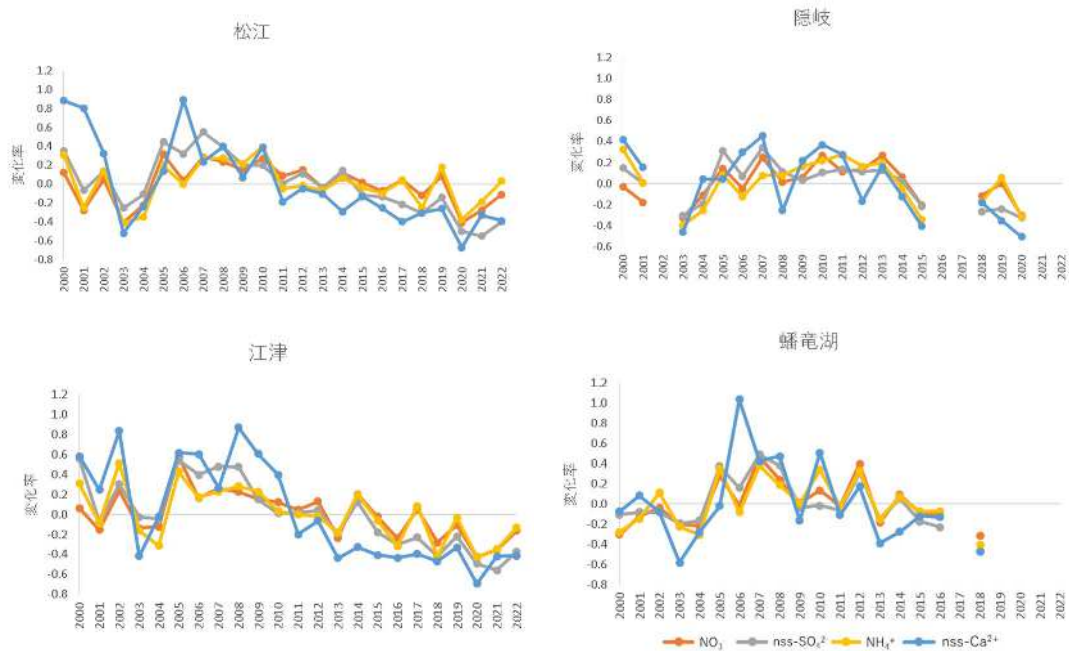


図4 期間中の平均値に対する変化率

4.3 降水中の主要イオン成分の季節ごとの特徴
4地点の期間中の降水の季節別成分濃度、季節別成分組成を図5に示す。なお、春季は3～5月、夏季は6～8月、秋季は9～11月、冬季は12～2月で区切っ

た。地点によって濃度差はあるものの、似た季節変動を示した。4地点とも、成分濃度は、夏期で低く、冬期で高くなった。

各地点とも、陰イオンでは Cl⁻の占める割合が大き

く、特に秋期、冬期で約 70%と大きく、夏期の 2 倍近くとなった。

陽イオンではNa⁺の占める割合が大きく、特に秋期、冬期ではほぼ夏期の 2 倍近くとなった。春期は nss-Ca²⁺の占める割合が他の季節に比べて多く（春季>冬季>秋季>夏季）、黄砂の影響によるものと考えられる。夏期は降水の成分濃度中の海塩由来成分が成分濃度と割合ともに低く、秋季、冬季では逆に多かった。冬はシベリア気団が発達し、西高東低の気圧配置となることから、北西の季節風が吹き、日本海からの海塩

の影響があるが、夏は小笠原気団が発達し南高北低の気圧配置となることから、南よりの季節風が吹くことによって海塩の影響を受けにくいものと考えられる。

隠岐では他の 3 地点と比べて、どの季節においても海塩成分の濃度、占める割合がともに高かった。これは、調査地点が海塩の影響を受けやすい立地であるためと思われる。

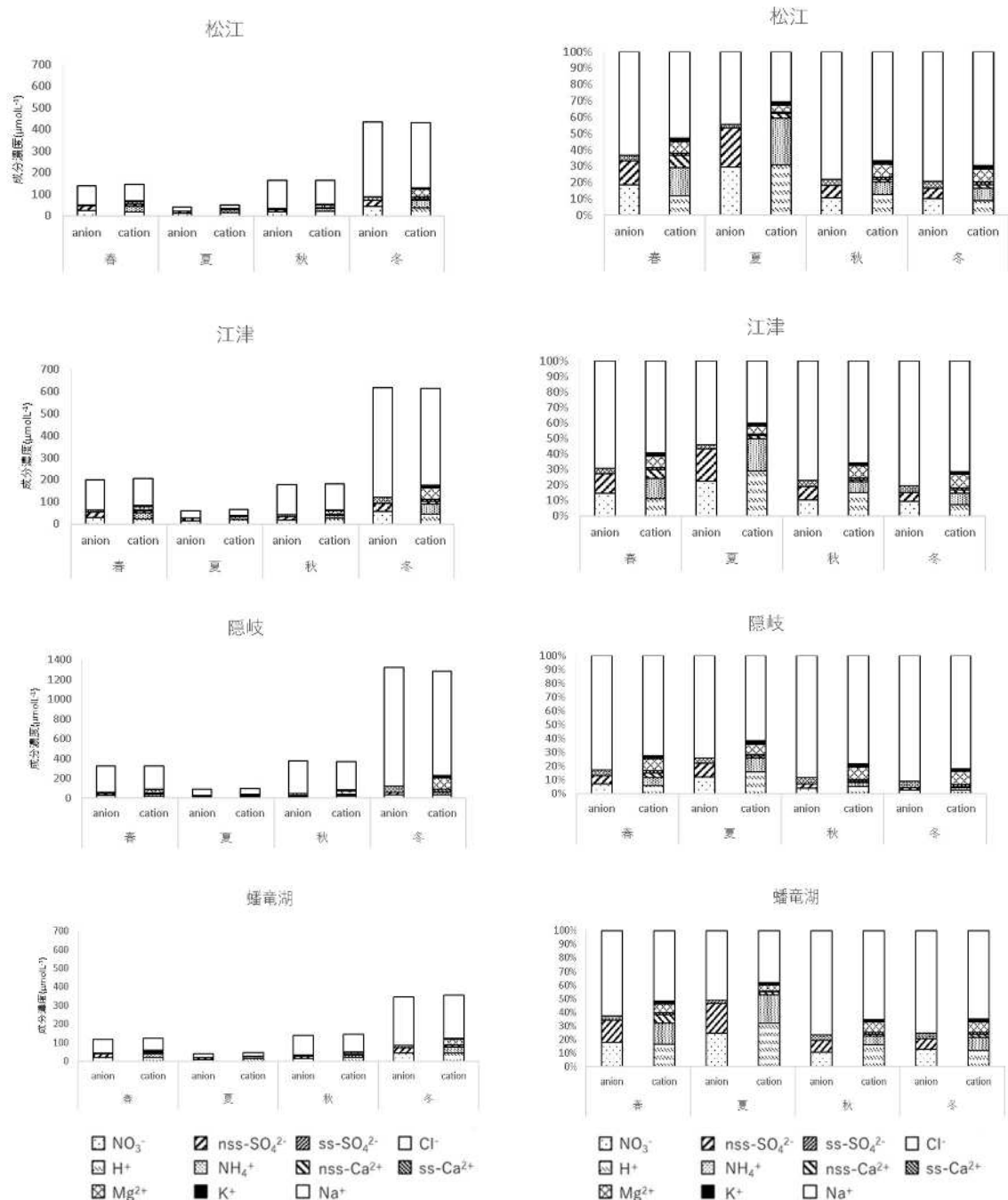


図 5 降水の季節別成分濃度と季節別成分組成

4.4 降水の $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 比

図 6 に、各地点での 2000 年から 2005 年まで、及び 2014 年から 2022 年（隠岐は 2020 年、蟠竜湖は 2018 年）の $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 比（以下、N/S 比）の平均値を四季ごとに示した。N/S 比は 4 地点とも近年では四季を通しておおむね上昇していた。春季、夏季に比べ、冬季で大きく上昇している。酸性化に寄与する成分として近年では NO_3^- の影響が nss-SO_4^{2-} に比べて大きくなっていった。隠岐に比べ、松江、江津、蟠竜湖では冬季の上昇が大きかった。

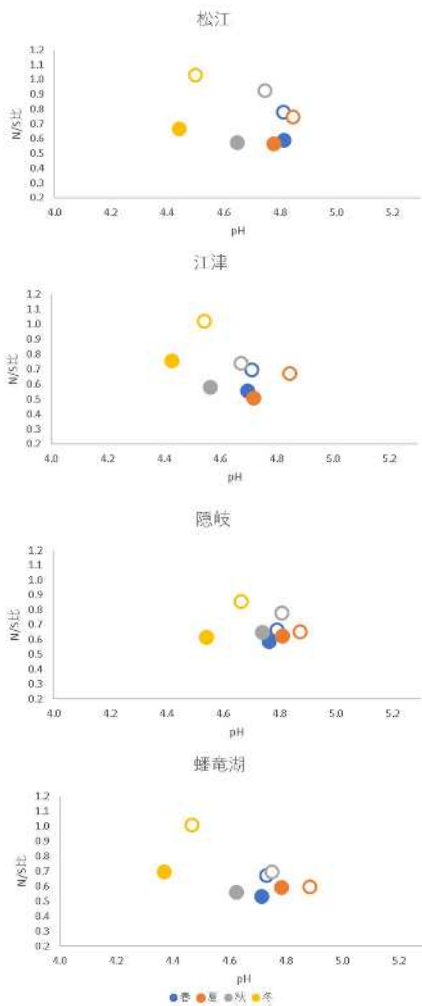


図 6 N/S 比

塗りつぶしは 2000-2005 年、白抜きは松江、江津：2014-2022 年、隠岐：2014-2020 年、蟠竜湖：2014-2018 年の平均値

4.5 降水の沈着量の経年変化

図 7 に 4 地点での降水の沈着量の経年変化を示す。 NO_3^- は、松江、隠岐では 2010 年頃から、江津では 2010 年頃から年によって上下はあるものの緩やかな減少

傾向を示している。江津ではほか 3 成分についても同じような傾向を示した。

国内での大気汚染物質の排出抑制に加え、中国において、 NO_x 排出量は 2011 年以降から、 SO_2 排出量は 2006 年以降に減少傾向にあるとの報告⁽³⁾もあることから、それらが減少したことにより越境汚染も減少し、その影響を受けていることが示唆される。

nss-Ca^{2+} は、2003 年にどの地点においても低くなったが、この年は、全国的に黄砂の飛来が非常に少ない年であったため、黄砂の減少が影響していると考えられる⁽⁴⁾。蟠竜湖は、調査期間を通して、大きな傾向は見られず横ばいが続いた。

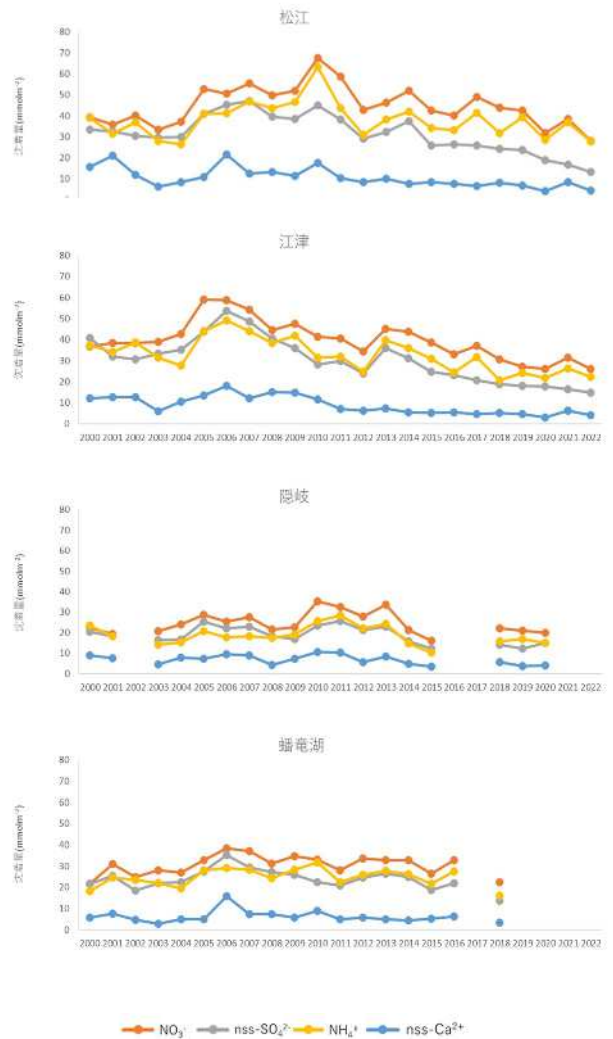


図 7 降水の沈着量の経年変化

4.6 降水の沈着量の季節ごとの特徴

図8に4地点の降水量と沈着量の季節変動を示す。どの地点においても、降水量は夏季が一番多いものの、沈着量は夏季に少なく、冬期が最も多かった。つまり、冬季の降水が汚染物質を最も多く取り込んでいた。冬季は暖房の使用などが増えるため、地域的な汚染が多くなるのが要因として考えられる。また、冬期には石炭燃焼由来の越境汚染の影響を比較的大きく受けていると推測されるとの報告⁽⁶⁾があることから、越境汚染の影響を受けているためと考えられる。

また、沈着量は、濃度に降水量を乗じて求めるため、降水量の影響を受けている。降水量の年間値は調査期間を通して大きな変動はなく横ばい傾向であるとはいえ、個々の年はもちろん、季節によっても降水量は異なるため、経年的に評価することは困難である。そのため大石ら⁽⁶⁾は、季節別に降水量に対する各年度の平均的沈着量を推計し、実測された沈着量との差(以下、 Δ 沈着量)を用いて検討している。

同じように、今回、4地点における季節別の Δ 沈着量の経年変化を図9に示した。以下、4地点の Δ 沈着量の経年変化について、検討した。なお、降水量と沈着量に相関が見られたものについて考察した。

4.6.1 松江

松江の Δ 沈着量は、 NO_3^- が春季、夏季、冬季において2010年前後から緩やかに減少傾向を示した。

nss-SO_4^{2-} は、春季、冬季は2007年前後から減少傾向を示しており、さらに冬季では2020年頃から横ばいとなっている。

NH_4^+ は、冬期は2016年頃にかけて緩やかに増加傾向が見られたが、その後一転して減少傾向を示している。

4.6.2 江津

江津の Δ 沈着量は、 NO_3^- は春季、夏季、冬季において2007年前後から減少傾向を示している。

nss-SO_4^{2-} も、 NO_3^- と似た挙動を示した。

NH_4^+ も夏季は陰イオンと似た挙動を示した。冬季は、しばらく横ばいで推移したのち、2012年頃から緩やかに減少傾向を示している。

4.6.3 隠岐

隠岐の Δ 沈着量は、 NO_3^- は春期、秋季において2007年前後から、夏季は2012年頃から緩やかに減少傾向を示している。

nss-SO_4^{2-} も NO_3^- と同じような傾向を示したが、特に春期において大きく減少している。

NH_4^+ も陰イオンと似た挙動を示した。

nss-Ca^{2+} は、春期は調査期間を通して減少傾向が見

られ、秋季ではほぼ横ばいであった。

4.6.4 蟠竜湖

蟠竜湖の Δ 沈着量は、春季と秋季は4成分すべて、それに加えて、夏季の NH_4^+ が降水量と沈着量に有意な相関が見られなかった。

NO_3^- は、夏季では2008年頃から、冬季では2012年前後から減少傾向を示した。

nss-SO_4^{2-} も NO_3^- と似た傾向であった。 NH_4^+ は、冬季は2012年前後から減少傾向を示している。夏季と冬季の nss-Ca^{2+} は調査期間を通して大きな変動は見られなかった。

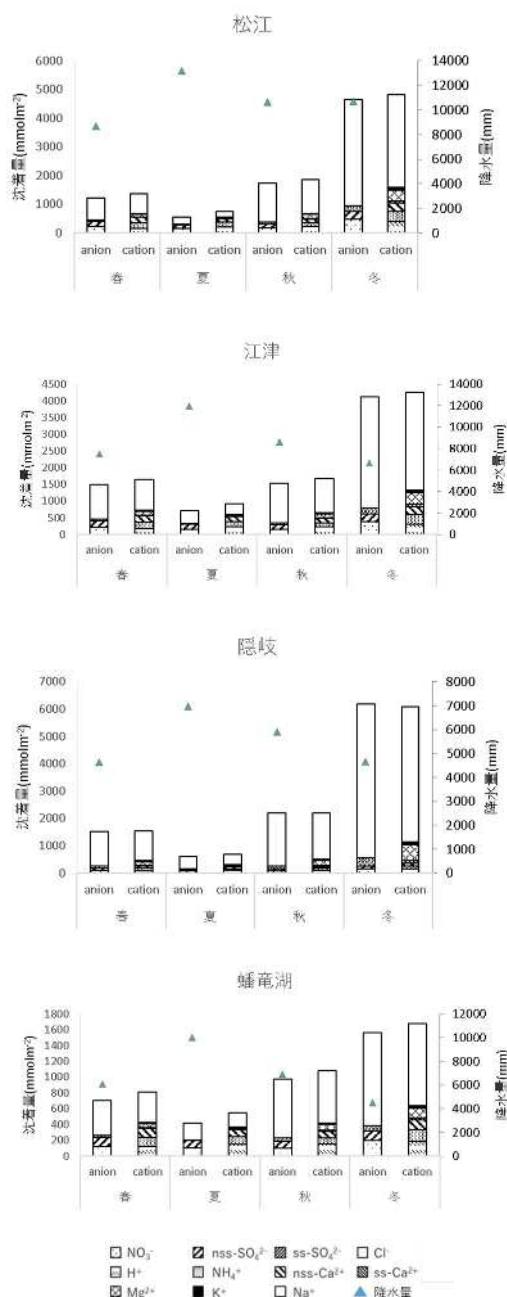


図8 降水量と沈着量の季節変動

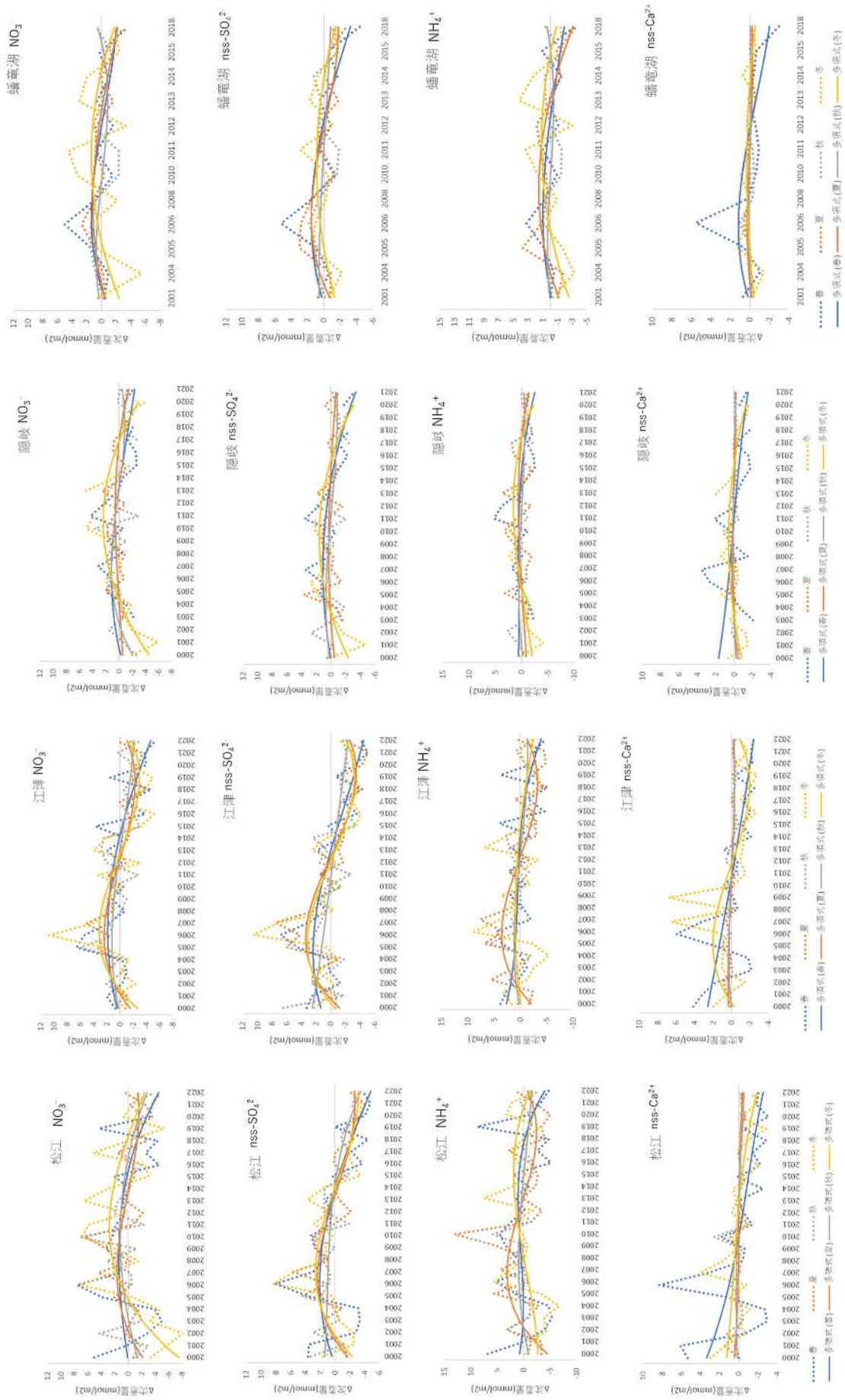


図 9 季節別の Δ沈着量の経年変化

4.6 乾性沈着濃度の経年変化と季節ごとの特徴

大気中では、ガスと粒子間で様々な反応が生じる。フィルターパック法では、最前段の PTFE フィルタを通過するガス成分は、大気中のガス成分の他に、捕集された粒子から揮散するものも含まれ、これが後段のフィルターで捕集されるなど、測定結果へ影響を与えることが知られている。今回の測定結果については、この再揮散等による誤差要因（アーティファクト）について考慮していない。また、乾性沈着については、松江:2012~2022 年、隠岐:2012~2021 年を対象とした。

ガス状成分濃度 ($g\text{HNO}_3$ 、 $g\text{SO}_2$ 、 $g\text{NH}_3$ 及び $g\text{HCl}$) と粒子状成分濃度 ($p\text{HNO}_3^-$ 、 $p\text{SO}_4^{2-}$ 、 $p\text{NH}_4^+$ 、 $p\text{Ca}^{2+}$) の期間中の変動を図 10 に示す。

$g\text{HNO}_3$ は松江では 2012 年頃から減少し、近年は横ばいが続いている。隠岐では横ばいの傾向が見られたが、近年は減少してきている。 $g\text{SO}_2$ 、 $g\text{HCl}$ は 2 地点とも減少傾向となっていた。 $g\text{NH}_3$ は松江では増減しつつも横ばいが続いているが、隠岐では緩やかに増加傾向が見られた。各年の $g\text{HNO}_3$ 、 $g\text{SO}_2$ 及び $g\text{HCl}$ の濃度は隠岐と松江で有意な相関を示した。

2 地点とも $p\text{NO}_3^-$ 、 $p\text{NH}_4^+$ 及び $p\text{Ca}^{2+}$ は調査期間を通して大きな変化は見られなかったが、 $p\text{SO}_4^{2-}$ は減少傾向にあった。 $p\text{SO}_4^{2-}$ 、 $p\text{NH}_4^+$ は、隠岐と松江で有意な相関を示した。

2 地点での各成分の季節変動を図 11 示す。2 地点とも似た傾向を示した。

$g\text{HNO}_3$ 濃度は、春季から夏季にかけて高く、秋季から冬季は低くなる傾向があった。春季、夏季は気温の上昇によって光化学反応が活発となり、窒素酸化物から $g\text{HNO}_3$ への酸化反応が促進されることや、粒子状の NH_4NO_3 の乖離が進むことなどが考えられる。

$g\text{SO}_2$ の季節変動は、秋季に低下し、冬季に高くなった。特に冬季では松江が隠岐に比べ顕著に高かったが、冬季は暖房等の使用が多くなることから、地域的な汚染が増加していることが考えられる。また、春季、秋季は松江と隠岐がほぼ同じくらいの濃度であった。 NH_3 の季節変動は、夏季に最も高くなり、冬季に低くなった。気温が高くなると NH_4NO_3 の乖離が進むこと、気温が下がると粒子化することで減少していると考えられる。また、松江が隠岐に比べて全体的に高いことから、地域的な汚染の可能性が示唆された。

$p\text{NO}_3^-$ は、夏季に低くなった。夏季の低下は、揮発性の粒子のガス化の影響が考えられる。

$p\text{SO}_4^{2-}$ は、春季に高く、秋季に低くなった。ガス状成分の $g\text{SO}_2$ と似た傾向を示した。 $p\text{NH}_4^+$ は、 $p\text{SO}_4^{2-}$ とよく

似た季節変動となった。

$p\text{Ca}^{2+}$ は、春季で最も高くなった。黄砂の影響によるものと思われる。

5. まとめ

(1) 年平均 pH は年によって変動はあるものの、2005 年頃から上昇傾向となっている。

(2) 降水の 4 成分の合計の成分濃度は、松江、江津、蟠竜湖で近年は減少傾向となっている。隠岐ではしばらく横ばいが続き、2013 年頃から減少傾向が見られた。降水の成分濃度は夏季に低く、冬季に高かった。

(3) $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 比は、近年は上昇傾向にあった。酸性化に影響を及ぼす成分として、 nss-SO_4^{2-} に比べて NO_3^- の影響が大きくなっていることが示された。

(4) 降水の沈着量は、推計した平均的沈着量と実際の値の差から経年変化を検討した。 NO_3^- は 2007~2010 年前後から減少傾向が見られた。 nss-SO_4^{2-} は 2007 年前後から、減少傾向が見られた。これは、中国での NO_x 、 SO_2 の排出量の経年変化の傾向と似ていることから、越境汚染の減少の影響を強く受けていると思われる。

(5) ガス状成分でも粒子状成分でも、松江、隠岐ともに $g\text{SO}_2$ 、 $p\text{SO}_4^{2-}$ の減少が見られた。これらは、降水における nss-SO_4^{2-} の減少と同じく、越境汚染の減少の影響を強く受けていると思われる。

6. 参考文献

- (1) EANET : DataReport
<https://monitoring.eanet.asia/document/public/index> (2023.12.13 アクセス)
- (2) 環境省：湿性沈着モニタリング手引書(第2版)
- (3) 全国環境研協議会 酸性雨広域大気汚染調査研究部会；第6次酸性雨全国調査報告書 2021(令和3)年度
- (4) 気象庁：1967年から2023年までの黄砂観測日数表
https://www.data.jma.go.jp/env/kosahp/kosatable_1.html (2023.12.13 アクセス)
- (5) 園山隼人、金津雅紀、小原幸敏、藤原誠 (2019)；島根県における PM2.5 濃度の経年変動 (2014~2019 年度) 島根保環研所報第 61 号
- (6) 大石興弘、濱村研吾、藤川和浩、村野健太郎 (2014)：福岡県における湿性沈着量の経年変化 (1995~2011) 大気環境学会誌. 49 : 198-206

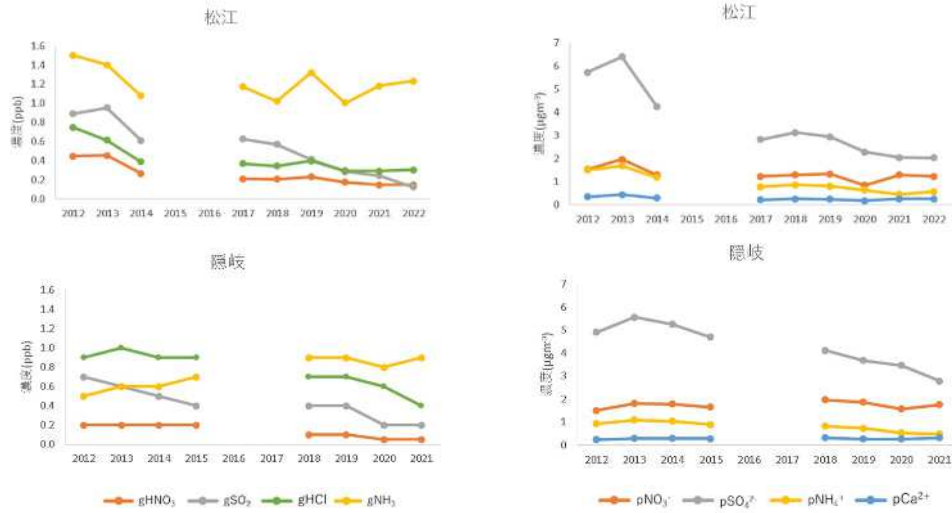


図 10 ガス状成分と粒子状成分濃度の期間中の変化

(ただし、隠岐の gHNO₃ について、2000-2021 年は <0.1 と表記されていたため、0.05ppb でプロットした)

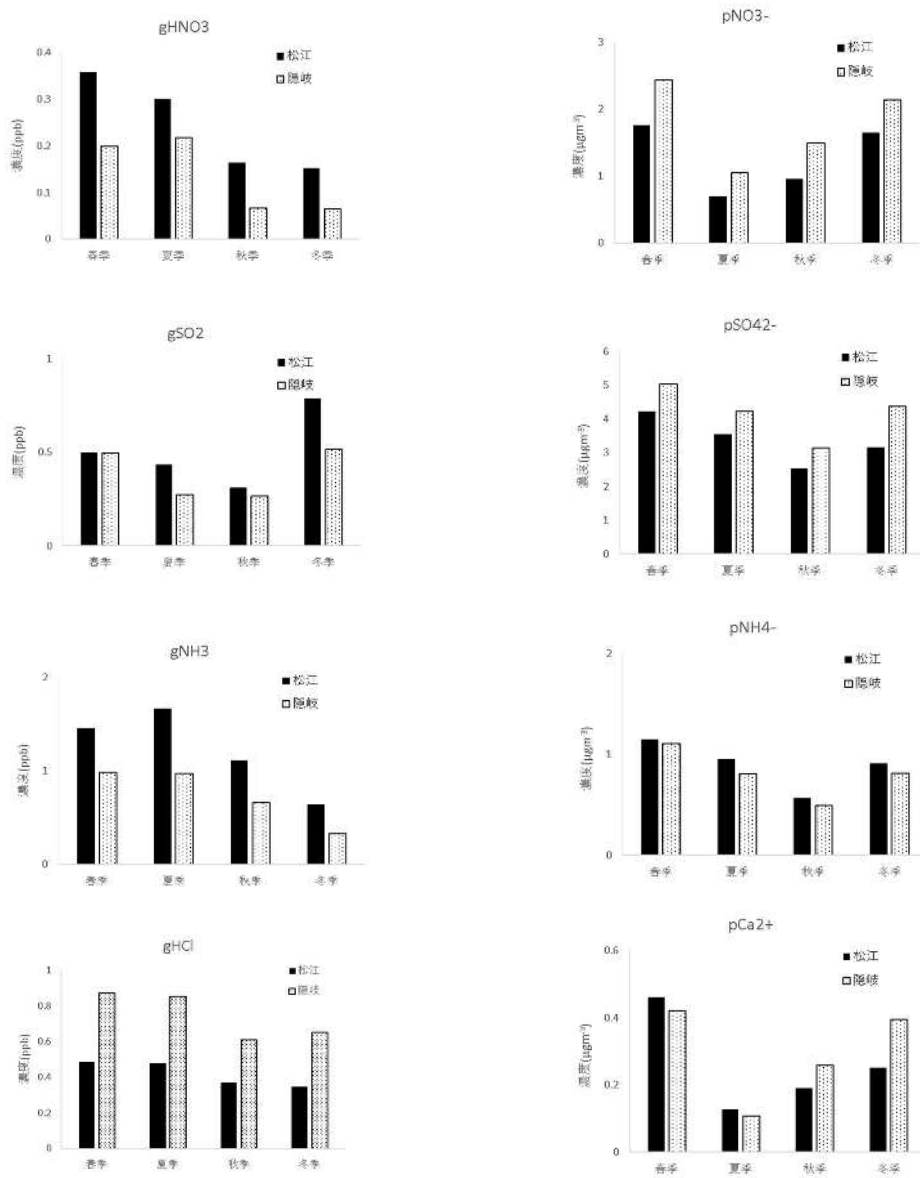


図 11 成分濃度の季節変動