

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00525

研究課題名(和文) 東アジアからの越境汚染を中心とした大気中ガス状・粒子状有機硝酸の動態解明

研究課題名(英文) Behavior of gas phase and particulate organic nitrates in the atmosphere, centering on the transboundary pollution from East Asia

研究代表者

定永 靖宗 (Sadanaga, Yasuhiro)

大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：70391109

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)： 粒子状有機硝酸(PONs)の動態を解明することを目的に、PONsの連続測定システムを構築した。また、石川県珠洲市において、2017年11月から2年間PONsの連続観測を行った。

珠洲におけるPONs濃度は全般的に非常に低く、多くの期間で検出下限前後の値であったが、冬季から春季にかけて濃度が上昇し、夏季にかけて濃度が下降する季節変動が見られた。一方、散発的にはPONs濃度の上昇がみられ、特に2018年3月下旬においては、アジア大陸からの越境輸送と考えられる高濃度のPONsが観測された。アジア大陸からPONsが越境輸送される事例を観測により明らかにしたのは本研究が初めてである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、PONsの季節変動や越境輸送の事例が初めて明らかとなった。日本の位置する東アジア地域においては、近年ではPONsの前駆物質となる揮発性有機化合物や窒素酸化物の排出量が特に増大している地域である。すなわち、東アジア地域ではPONsの相対的寄与が今後増してくると考えられる。そのため、大気中PONsに関する研究は、越境大気汚染を含めた大気環境問題において、重要な研究分野となる可能性がある。今後もPONsの観測事例の積み重ね、特に越境輸送の影響の大きい西日本地域で実施することが意義深いと考えられる。

研究成果の概要(英文)： In order to clarify a behavior of particulate organic nitrates (PONs), a continuous measurement system of PONs has been developed, and a continuous measurement of PONs has been conducted at Suzu city, Ishikawa Prefecture, for two years since November 2017.

PONs concentrations at Suzu were generally low and near the detection limit of the measurement system, but PONs exhibited a seasonal cycle, with maximum concentrations in spring, and minimum concentrations in summer-autumn. Meanwhile, concentration increasing of PONs was observed sporadically. Especially, high concentrations of PONs originating in long-range transport from the Asian continent were observed in late March, 2018. This observational study revealed the transboundary transport of PONs from the Asian continent for the first time.

研究分野：大気化学

キーワード：有機硝酸 越境汚染 PM2.5 東アジア

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

大気中の有機エアロゾルは、微小粒子の中でも大きな存在割合を占め、PM_{2.5} (直径 2.5 μm 以下の粒子) の主要な成分の一つとして認識されている。また、最近では有機エアロゾルの多くが、揮発性有機化合物 (VOCs) が大気中で光化学反応を経て生成する二次有機エアロゾル (SOA) であると見積もられている。一方、SOA の動態は不明な点が多いため、現在の化学輸送モデルでは SOA の観測結果を十分に再現できていない。その原因として、SOA 前駆物質の放出量の不確かさや SOA の生成、消失過程が十分に解明されていないことが挙げられる。また、SOA の種類は非常に多く、未知もしくは未考慮の重要な SOA の存在も指摘されている。本研究ではその中でも粒子状有機硝酸 (PONs) に着目した。これまでの国内外における研究から、大気中の PONs は SOA の一部とは認識されており、PONs が SOA の中でも重要な位置づけとなる可能性が示されつつあるが、現在でも PONs の知見は極めて少なく、SOA の動態解明のためには、PONs の動態についての更なる研究が必要である。

一方、東アジア地域では経済発展が著しく、大気汚染物質の濃度上昇を伴っていることはよく知られているが、近年では特に SO₂ に代わり、窒素酸化物 (NO_x) や VOCs の放出量が相対的に重要となってきたと言われている。大陸からの越境汚染で有機エアロゾルが重要な物質の一つであることはよく知られているが、近年の東アジアにおける NO_x、VOCs 双方の排出上昇は SOA の中でも NO_x、VOCs 双方を前駆物質とする PONs が相対的に重要となる可能性を示唆しており、越境汚染による PONs の動態を知ることは将来的にも重要であると考えられる。

そのような状況下、研究代表者らは先行研究において、熱分解-キャピティ減衰位相シフト分光法 (TD-CAPS) を用いたガス状有機硝酸 (GONs) の連続測定装置を開発した。また、開発した装置を用いて清浄地域である能登半島珠洲 (珠洲) において、GONs の実時間連続観測を実施し、東アジアからの越境輸送による GONs の動態を解明してきた。本研究では、この TD-CAPS 法による GONs 連続測定装置を PON 測定に応用し、PONs の連続測定装置を開発すること、また開発した装置を用いて、PONs の通年連続観測を世界で初めて行うことを試みた。

2. 研究の目的

以上の背景から、本研究では TD-CAPS 法による PONs 連続測定装置の開発を行うこと、また、開発した連続測定装置を用いて PONs、GONs の通年連続観測を行い、有機硝酸のガス・粒子分配比や PONs、GONs の季節変動、また越境輸送の事例解析を行い、大気中、特に東アジアからの越境輸送における PONs、GONs の動態解明を目指すことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 【PONs 連続測定装置の開発】 測定装置の概要を図 1 に示す。装置は「測定モード」と「バックグラウンドモード」の 2 つから成る。測定モードでは、大気を活性炭デニューダーに導入し、測定の妨害となる NO₂ と GONs を除去する。その後、633 K に加熱された石英管に導入され、PONs が NO₂ へ熱分解される。分解により生成した NO₂ 濃度をキャピティ減衰位相シフト分光法 (CAPS 法) による市販の NO₂ 計で計測することにより、PONs 濃度を定量する。一方のバックグラウンドモードでは、活性炭デニューダーに導入する前に大気をフィルターに通し、粒子成分も除去する。すなわち、粒子成分、NO₂ および GONs が除去された大気が加熱された石英管に導入される。この中では活性炭デニューダーで除去しきれなかった NO₂、GONs 成分など PONs 由来以外の NO₂ 濃度が定量される。測定モード、バックグラウンドモード由来の NO₂ 濃度をそれぞれ [NO₂]_{PONs}、[NO₂]_{BG} とすると、PONs 濃度 ([PONs]) は以下の式により求められる。

$$[\text{PONs}] = [\text{NO}_2]_{\text{PONs}} - [\text{NO}_2]_{\text{BG}}$$

2 つのモードは図 1 中の三方電磁弁により自動的に切り替えられる。

熱分解装置から下流の部分は GONs 測定装置とほぼ同様であり、PONs 測定装置では活性炭デニューダーの性能評価が重要となる。本研究では、十分な性能を持ち、かつ簡便に取り扱えるようにするために、活性炭素繊維シート (ACFS) を用いた活性炭デニューダーの開発を行い、性能評価を行った。ACFS は活性炭素繊維をシート状にしたもので、高比表面積と優れた吸着量を有する。また、非飛散性であることから測定装置内への炭塵の混入が起らず、取り扱いが容易である。さらに、ACFS を用いて活性炭デニューダーを製作する場合、ACFS を管の内壁に貼り付けることで作成できるため、作成・交換が容易であり、また、小型化することができる。

(2) 【観測場所・観測項目について】 石川県能登半島珠洲に位置する「金沢大学能登大気観測スーパーサイト」(NOTOGRO スーパーサイト) において、PONs の連続観測を行った。また、同時に硫酸塩・硝酸塩・アンモニウム塩・有機エアロゾルなどの粒子成分や、反応性総窒素酸化物 (NO_y)、全硝酸 (T.NO₃)、GONs、NO_x (NO、NO₂)、CO、O₃、SO₂ などのガス成分の観測を行った。観測サイトの位置を図 2 に示す。能登半島珠洲は近隣に人為汚染物質の発生源が少ない清浄地域で

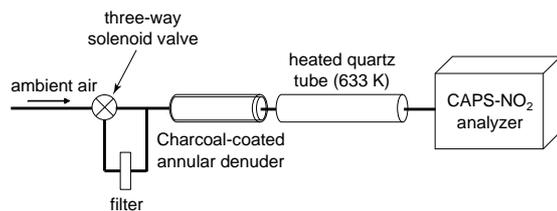


図 1. PONs 連続測定装置の概要。

ある。さらに、日本海側に位置することから、大陸からの気塊を直接受けやすい地域である。また、能登半島珠洲では同じ大陸由来でも中国由来だけでなく、バックグラウンド大気に近いと考えられるシベリア由来の気塊も到達する。一方、日本の都市域からの汚染気塊も到達する。すなわち、大陸からの越境汚染だけでなく、様々な気塊について調べることが可能な地点である。PONs 以外の物質については、研究期間開始前から引き続いて観測を行っており、PONs については 2017 年 11 月より観測を行った。

4. 研究成果

(1) 【PONs 連続測定装置の開発】3 種類の ACFS を用意し、それらを用いて活性炭デニューダーを作成した。なお、ここでは用意した 3 種類の ACFS を ACFS-1、ACFS-2、ACFS-3 とする。まず、3 種類の ACFS から作成した活性炭デニューダーについて、気体分子の除去効率を測定し結果を比較した。除去効率を測定した気体分子は NO₂ とオゾン、および GONs の代表物質としての硝酸イソプロピルと硝酸イソブチルである。オゾンの除去効率を測定したのは、オゾンが残存していると大気中の NO と以下の反応式により反応し、NO₂ が生成するためである。



図 3 に、これらの気体分子の除去効率の活性炭デニューダー長依存性を示す。すべてのデニューダーにおいて、デニューダー長が長くなると除去効率が上昇するのが確認された。中でも ACFS-2 を用いたデニューダーが最も高効率で気体分子を除去し、長さ 100 cm で除去効率がほぼ 100% に達する結果が得られた。図 3 のような違いが現れる理由を調べるため、それぞれの ACFS について BET 比表面積を調べたところ、得られた比表面積は ACFS-1、ACFS-2、ACFS-3 でそれぞれ 100, 1500, 1150 m² g⁻¹ と ACFS-2 が最も大きい結果であった。このことが ACFS-2 が最も高効率で気体分子を除去した理由の一つであると考えられる。本実験の結果から、ACFS-2 を用いた長さ 100 cm のデニューダーが最適であるとした。本節における以後の実験は最適としたデニューダー、すなわち ACFS-2 を用いた長さ 100 cm のデニューダーを用いて行ったものである。なお、ACF-1 は比表面積が著しく小さいにもかかわらず、除去効率が ACFS-3 とあまり変わらないのは、ACFS-1 上には無機アルカリ剤が塗布されており、酸性ガスである GONs をよく吸着したことが考えられる。

PONs の長期連続測定を可能にするには、気体分子の除去効率を長期間高い値で維持できる活性炭デニューダーを用いる必要がある。活性炭デニューダーの破過容量を測定し、長期連続観測に耐えうるかを確認した。具体的には、実大気より高濃度の試料気体を活性炭デニューダーに導入し、十分な除去効率を維持する時間を測定した。試料気体としては NO₂ と O₃、GONs については硝酸イソプロピルを用いた。測定した試料気体の平均濃度 C と、測定時間 t との積を積算濃度とし、各試料の典型的な大気濃度 C_0 で積算濃度を除することで、破過に要する時間 τ を算出した。

$$\tau = \frac{Ct}{C_0}$$

なお、実際の導入時間は数日であったが、その間に活性炭デニューダーが破過しなかったため、本実験では最小の破過容量を算出した。また C_0 として、O₃ については環境基準濃度 (60 ppbv)、GONs、NO₂ については長崎県福江島における NO_y の平均濃度 (3.42 ppbv) を用いた。GONs、NO₂ とも

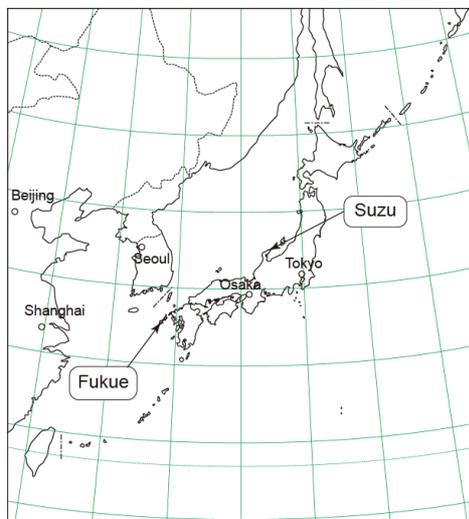


図 2. 能登半島珠洲と五島列島福江島の位置を示した地図。

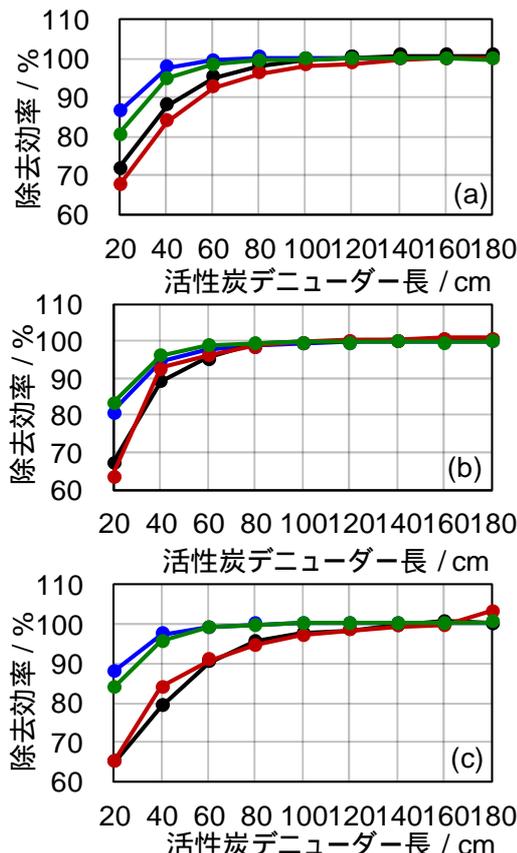


図 3. (a) ACFS-1、(b) ACFS-2、(c) ACFS-3 を用いた活性炭デニューダーによる気体分子除去効率のデニューダー長依存性。黒、赤、青、緑はそれぞれ硝酸イソプロピル、硝酸イソブチル、NO₂、O₃ の除去効率を示す。

NO_y の一部であり、また、長崎県福江島における NO_y 平均濃度は能登半島珠洲のそれより高く、より厳しい破過容量の評価となる。本評価により、GONs, NO₂, O₃ について、半年以上の破過容量を有することを確認することができた。

活性炭デニューダーは高効率で気体分子を除去するのが重要である一方、粒子については高い透過効率を有することが必要である。実際に実験的に PONs を発生させ、活性炭デニューダーの PONs 透過効率を調べた。Sub-ppmv オーダーの NO、リモネン、および ppmv オーダーの O₃ をテフロンバッグ内に導入し、中で反応させることにより PONs を生成させた。透過効率の測定には、同じ活性炭デニューダーを 2 本用い、具体的には以下の方法で行った。テフロンバッグ内で生成した PONs 濃度を C とし、活性炭デニューダーの PONs 透過効率を x とする。同じ活性炭デニューダーを 2 本連結させたとき、1 本目、2 本目の活性炭デニューダー通過直後の PONs 濃度はそれぞれ Cx 、 Cx^2 と表される。したがって、透過効率 x は次の式で求められる。

$$x = \frac{Cx^2}{Cx}$$

容量 100 L のテフロンバッグ内で PONs を発生させ、活性炭デニューダー 1 本のとくと 2 本のとくとで PONs 濃度の測定を行い、その結果から x を求めた。なお、テフロンバッグ内では GONs や NO₂ などと同時に生成するが、それらはすべて 1 本目の活性炭デニューダーで十分に除去されていることをあらかじめ確認した。本測定により、PONs の透過率は $91.9 \pm 1.3\%$ と得られ、十分に高い効率で PONs を透過することが明らかとなった。

(2)【能登半島珠洲における観測】2017 年 11 月より NOTOGRO において PONs 測定装置を設置、2 年間の連続観測を行った。観測サイトの詳細は前節の通りである。図 4 に 2017 年 11 月から 2019 年 10 月までに測定された GONs および PONs 濃度の季節変動を示す。当該期間における GONs, PONs 平均濃度はそれぞれ 0.382, 0.018 ppbv であり、PONs/GONs 濃度比は 4.7% であった。GONs については、冬季から春季にかけて濃度が上昇し、夏季にかけて濃度が下降する季節変動が見られた。PONs については全般的に非常に低く、多くの期間で検出下限前後の値であったが、月平均濃度で見ると、GONs と同様の季節変動が見られた。

一方、散発的には PONs 濃度の上昇がみられ、特に 2018 年 3 月下旬においては、アジア大陸からの越境輸送と考えられる高濃度の PONs が観測された。図 5 に 2018 年 3 月における PONs および GONs 濃度の時系列変化を示す。多くの期間において PON 濃度は検出下限前後であったが、散発的な濃度上昇が見られていることがわかる。特に、3 月 25 日から 29 日にかけては最大で 0.3 ppbv 程度の PONs が観測された。また、PONs の濃度上昇が見られた期間は GONs の濃度も上昇し

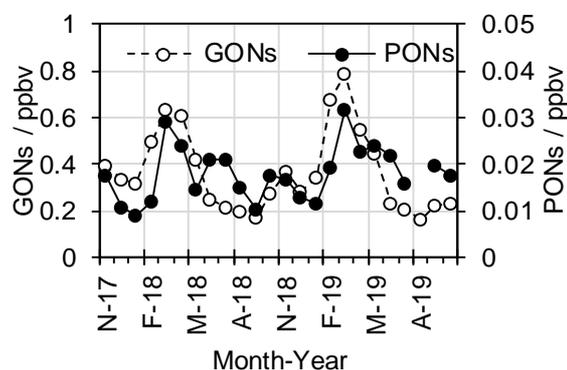


図 4. 2017 年 11 月～2019 年 10 月の期間における GONs, PONs 濃度の季節変動。

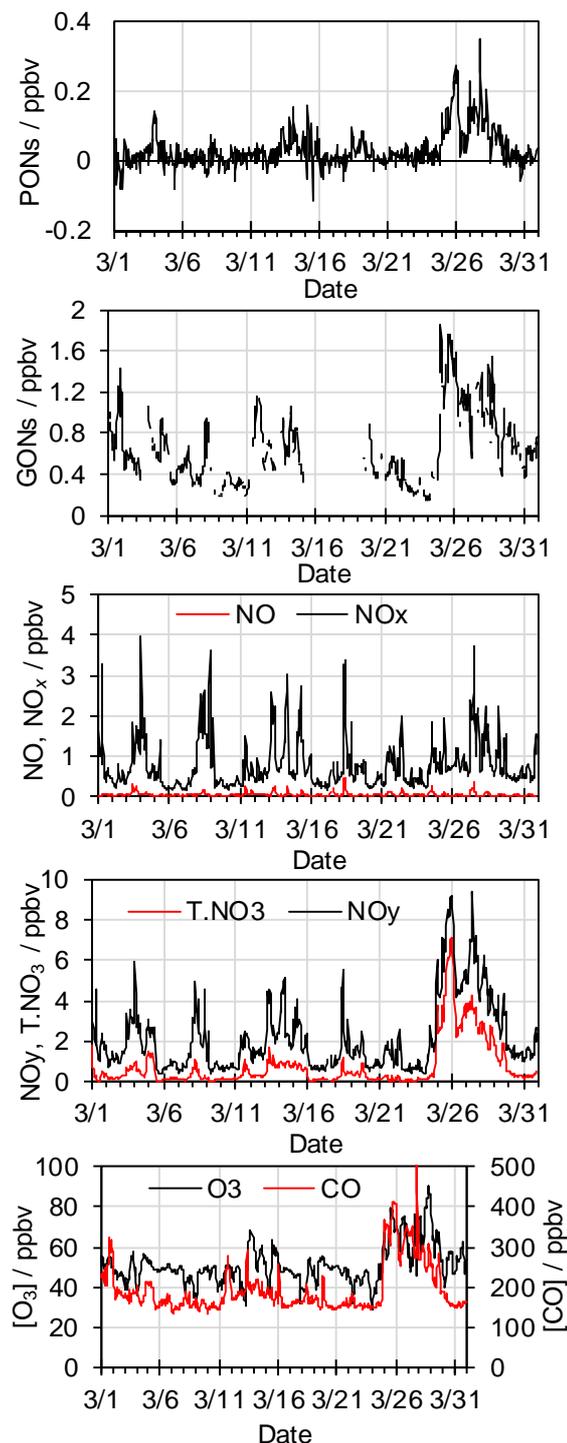


図 5. 2018 年 3 月における PONs, GONs, NO, NO_x, NO_y, T.NO₃, O₃, CO の濃度変動。

た。なお、GONs のデータが飛び飛びになっているのは、GONs 測定装置の性質上、GONs に対して NO_2 の濃度変動が大きいときには GONs の高精度な測定ができないためである。図 5 には 2018 年 3 月に同時に測定していた NO , NO_x , NO_y , T.NO_3 , O_3 , CO 濃度の時系列変化についても示している。PONs, GONs 濃度が上昇した期間においては、 NO_y , T.NO_3 濃度も同時に上昇したことがわかる。一方、 NO , NO_x 濃度については NO_y , T.NO_3 濃度とは異なり、同時に上昇する現象は見られなかった。この違いは窒素酸化物種の反応動態から説明ができる。窒素酸化物種はまず、燃焼過程などから NO_x の形として (90% 程度は NO の形で) 放出される。 NO_x の大気寿命はそれほど長くなく、季節にもよるが 1 日程度の寿命で酸化され、GONs, PONs, T.NO_3 などに変換される。そのため、 NO_x の濃度変動は比較的近傍における窒素酸化物発生源の影響を強く受ける。一方、GONs, PONs, T.NO_3 などは NO_x よりも大気寿命が長く、遠方からの長距離輸送の影響も受けうる。図 5 で得られた結果から、珠洲で PONs の濃度上昇が観測された期間における窒素酸化物種は、観測地点近傍で発生した NO_x による影響ではなく、長距離輸送の影響を受けたものが主であると考えられる。 O_3 , CO に関しては、 NO_y , T.NO_3 ほど顕著ではないが、3 月 25 日から 29 日にかけて PONs が高濃度で観測されたときには、それに同期して高濃度になっていることがわかる。なお、 O_3 , CO も NO_x より大気寿命が長く、長距離輸送の影響を受けうる化学種である。

また、図 6 に同時に観測を行っていた長崎県五島列島福江島における NO , NO_x , NO_y , T.NO_3 濃度の時系列変化を示す (福江島の位置は図 2 を参照)。図 5 と比較すると、福江島と珠洲の両観測地点において 3 月下旬に同期して高濃度の NO_y や T.NO_3 が観測されたことがわかる。また、五島列島においては珠洲よりも 1 日早い 3 月 24 日から NO_y や T.NO_3 の濃度上昇が起きている。この結果は、同じ汚染気塊が珠洲より先に福江島にも到達していることを示唆している。また、図 6 において NO , NO_x 濃度は NO_y , T.NO_3 濃度と同期して上昇していない。このことは、汚染気塊は福江島に滞在していた時点においてもすでに NO_x から T.NO_3 などに酸化されていることを意味している。一方、3 月 25 日から 29 日までにおける、珠洲を起点とした後方流跡線の結果から、PONs 高濃度が観測された日は中国大陸由来の気塊であり、得られた後方流跡線および福江島と珠洲の濃度変動の結果から、高濃度の PONs が観測された 3 月 25 日から 29 日の期間においては、大陸からの越境輸送による汚染気塊が珠洲に到達したものと考えられる。さらに、3 月 25 日から 29 日までの天気図から、汚染気塊が日本列島に到達していた期間においては、移動性高気圧が日本列島の南海上に存在していた。日本列島に移動性高気圧の北～北東縁が位置する場合、高気圧の周回流によってアジア大陸からの汚染物質が日本に到達しうことはよく知られており、3 月 25 日から 29 日の間に観測された PONs 高濃度イベントは、アジア大陸からの汚染物質が移動性高気圧の周回流によって、日本に越境輸送された結果であると考えられる。

(3)【まとめ】以上のように本研究では、東アジアからの越境輸送による PONs の動態解明を目的として、PONs 連続測定装置の開発を行い、それを用いて能登半島珠洲において PONs, GONs の通年連続観測を行った。PONs 連続測定装置の開発には成功し、2 年間の連続観測を実施することができた。珠洲における PONs の濃度は全般的に非常に低く、多くの期間で検出下限前後の値であったが、月平均濃度で見ると、GONs と同様、冬季から春季にかけて濃度が上昇し、夏季にかけて濃度が下降する季節変動が見られた。この要因としては、春季に散発的に PONs 濃度の上昇がみられたことが挙げられる。観測期間内で最も PONs が高濃度であったイベントは平成 30 年 3 月 25 日から 29 日にかけてであり、最大 0.3 ppbv 程度の PONs が観測された。この高濃度イベントは能登半島珠洲、長崎県福江島における大気汚染物質の濃度変動、後方流跡線解析や天気図から、アジア大陸由来の汚染物質が移動性高気圧の周回流によって日本に越境輸送された結果であると結論した。本研究により、アジア大陸から PONs が越境輸送される事例を観測により初めて明らかにすることができた。

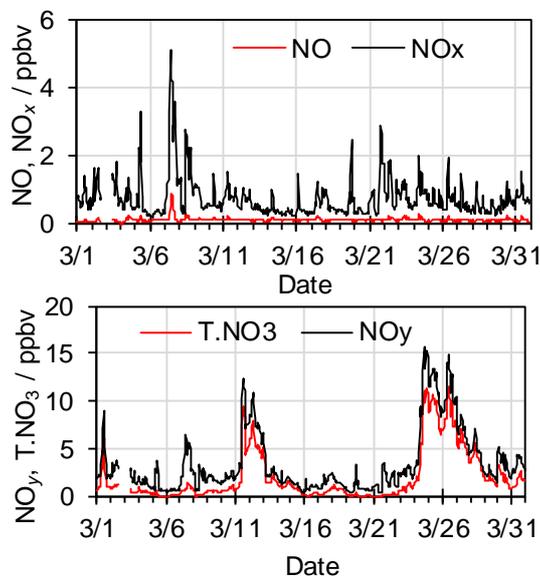


図 6. 2018 年 3 月に長崎県五島列島福江島で観測された、 NO , NO_x , NO_y , T.NO_3 の濃度変動。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 向井 智樹、松本 淳、松岡 雅也、定永 靖宗	4. 巻 54
2. 論文標題 粒子状有機硝酸連続測定装置の開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 大気環境学会誌	6. 最初と最後の頁 195 ~ 201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11298/taiki.54.195	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 R. Wada, Y. Sadanaga, S. Kato, N. Katsumi, H. Okochi, Y. Iwamoto, K. Miura, H. Kobayashi, M. Kamogawa, J. Matsumoto S. Yonemura, Y. Matsumi, M. Kajino, S. Hatakeyama	4. 巻 76
2. 論文標題 Ground-based observation of lightning-induced nitrogen oxides at a mountaintop in free troposphere	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Atmospheric Chemistry	6. 最初と最後の頁 133 ~ 150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10874-019-09391-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Y. Sadanaga, A. Ishiyama, R. Takaji, A. Matsuki, S. Kato, K. Sato, K. Osada, H. Bandow	4. 巻 196
2. 論文標題 Behavior of total peroxy and total organic nitrate concentrations at Suzu on the Noto Peninsula, Japan: Long-range transport and local photochemical production	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Atmos. Environ.	6. 最初と最後の頁 20-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.atmosenv.2018.10.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Y. Sadanaga, R. Takaji, A. Takami, H. Bandow	4. 巻 17
2. 論文標題 Transboundary transport of nitrogen oxides from the Asian continent to Fukue Island, Japan: Analyses for long-range transport of nitrogen compounds	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Aerosol Air Qual. Res.	6. 最初と最後の頁 2981-2987
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4209/aaqr.2016.12.0557	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計40件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 10件）

1. 発表者名 松本淳, 定永靖宗, 松木篤
2. 発表標題 能登半島珠洲における粒子状有機硝酸エステル濃度の通年観測
3. 学会等名 第36回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Choi, Y. Kanaya, S.-M. Park, A. Matsuki, Y. Sadanaga, S.-W. Kim, I. Uno, X. Pan, M. Lee, H. Kim, D. H. Jung
2. 発表標題 Regional variability in black carbon and carbon monoxide ratio from longterm observations over East Asia: Assessment of representativeness for BC and CO emission inventories
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大原和, 向井智樹, 松岡雅也, 定永靖宗
2. 発表標題 ガス状有機硝酸連続測定装置に対する窒素酸化物による干渉の影響評価
3. 学会等名 2019年度大気環境学会近畿支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Wada, Y. Sadanaga, S. Kato, N. Katsumi, H. Okochi, Y. Iwamoto, K. Miura, H. Kobayashi, H. Kamogawa, J. Matsumoto, S. Yonemura, Y. Matsumi, M. Kajino, S. Hatakeyama
2. 発表標題 Direct ground-based observation of lightning-induced nitrogen oxides in the free troposphere
3. 学会等名 2018 joint 14th iCACGP Symposium and 15th IGAC Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Sadanaga, T. Moriya, N. Kohno, M. Nakagawa, Y. Sakamoto, T. Fujii, M. Takemura, K. Matsuoka, J. Li, K. Sato, R. Sathiyamurthi, A. Takami, A. Yoshino, T. Nakayama, Y. Nakashima, S. Kato, M. Matsuoka, Y. Kajii
2. 発表標題 Direct evaluation of photochemical ozone production regime
3. 学会等名 2018 joint 14th iCACGP Symposium and 15th IGAC Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 向井智樹, 松本淳, 松岡雅也, 定永靖宗
2. 発表標題 粒子状有機硝酸連続測定装置の開発
3. 学会等名 第35回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 向井智樹, 松本淳, 松岡雅也, 定永靖宗
2. 発表標題 粒子状有機硝酸連続測定装置の開発
3. 学会等名 第59回大気環境学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本淳, 定永靖宗, 松木篤
2. 発表標題 能登半島珠洲における粒子状有機硝酸エステル濃度の連続観測
3. 学会等名 第59回大気環境学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 定永靖宗, 梶井克純
2. 発表標題 HOx サイクルにより二次生成する物質: 光化学オキシダントと有機硝酸
3. 学会等名 第59回大気環境学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 向井智樹, 松本淳, 松岡雅也, 定永靖宗
2. 発表標題 粒子状有機硝酸測定装置の開発
3. 学会等名 2017年度大気環境学会近畿支部研究発表会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	松本 淳 (Matsumoto Jun)		
研究協力者	松木 篤 (Matsuki Atsushi)		