

2012年7月下旬の能登半島珠洲市で観測された高濃度の二酸化硫黄 および硫酸塩粒子：桜島の噴煙の影響について

渡 辺 幸 一^{*1}・山 崎 暢 浩^{*2}・水 落 亮 佑^{*2}・岩 本 洋 子^{*3}
松 木 篤^{*4}・定 永 靖 宗^{*5}・坂 東 博^{*5}・岩 坂 泰 信^{*6}

1. はじめに

大気中の二酸化硫黄 (SO₂) や硫酸エアロゾル (硫酸塩粒子) は、代表的な大気汚染物質であり、雲水・降水を酸性化させ、自然環境に深刻な影響を与えるだけでなく、特に硫酸塩粒子は、雲・降水過程や気候システムに大きな影響を与えている (例えば, Seinfeld and Pandis 1998 ; Watanabe *et al.* 2001, 2010). また, 硫酸塩粒子は、最近大きな社会問題となっている PM_{2.5} (50%分離空気力学径2.5 μm 以下のサイズの微小粒子) の主要物質でもある (例えば, 坂本 2011 ; 宮嶋・松田 2011 ; 渡辺ほか 2013).

近年, 日本海側に位置する北陸地方には多量のアジア大陸起源物質が輸送され, 降水や雲水の酸性化, 高濃度の SO₂ や硫酸塩粒子などが度々観測されている (Honoki *et al.* 2007 ; 渡辺ほか 2006, 2013 ; Watanabe *et al.* 2010, 2011 ; Watanabe and Honoki 2013). 人為由来の他に, 大気環境中の SO₂ の起源として火山活動が挙げられるが, 2000年に三宅島 (第1図) が大きな噴火を起こした際には, 国内各地で高濃度の SO₂ や, 降水や雲水の硫酸による酸性化が観測された (例えば, 永井ほか 2001 ; 田子ほか 2003).

日本は, 火山が多く存在するいわゆる「火山国」で

あり, 桜島 (北緯31.58度, 東経130.66度, 標高1117 m, 第1図) に代表される活火山が国内の大気環境へ大きな影響を及ぼしている可能性が考えられる。な

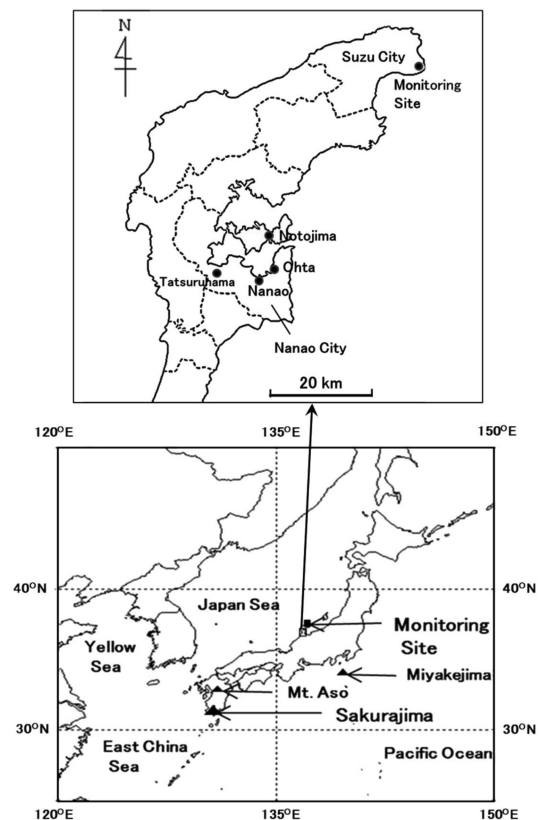


Fig.1 Map of Japan showing the locations of the monitoring site in Suzu City and Sakurajima. The locations of the air pollution monitoring stations (Notojima, Tatsuruhama, Nanao and Ohta), Noto Peninsula, Ishikawa Prefecture are also shown.

*1 (連絡責任著者) 富山県立大学工学部.
nabe@pu-toyama.ac.jp

*2 富山県立大学工学部.

*3 東京理科大学理学部.

*4 金沢大学環日本海域環境研究センター.

*5 大阪府立大学大学院工学研究科.

*6 滋賀県立大学.

—2014年8月18日受領—

—2014年12月13日受理—

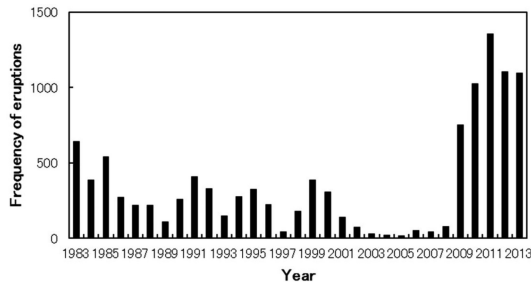


Fig.2 Annual frequency of eruptions of Sakurajima from 1983 to 2013. The data from Kagoshima Local Meteorological Observatory (http://www.jma-net.go.jp/kagoshima/vol/data/skr_erp_num.html) were plotted.

お、九州地方における研究例として、阿蘇（阿蘇火山博物館）において阿蘇火山（第1図）からのSO₂の他に桜島由来の高濃度のSO₂を度々観測していた例（直江ほか 1993）や、雲仙野岳で阿蘇火山と桜島からのSO₂および硫酸エアロゾルが観測された事例（森ほか 1999）が挙げられる。第2図に、桜島の年間噴火回数（鹿児島地方気象台 2014）の推移を示す。桜島の噴火回数が、2009年以降非常に増加していることがわかる。活発化している桜島の活動による（九州地方から離れた）国内のPM_{2.5}などへの影響が懸念されるが、火山噴煙由来の硫酸塩粒子やPM_{2.5}についての本州など中部日本での観測研究は非常に少ない。

著者らは、越境大気汚染や国内起源物質の動態などを評価するため、周囲にローカルな人為起源汚染物質の発生源が少ない石川県の能登半島先端部に位置する珠洲市において、微量気体成分やエアロゾル粒子の観測を行っている（井関ほか 2010）。本研究では、2012年夏期の珠洲市において、高濃度のSO₂や硫酸塩粒子が観測された事例を示し、その原因を、特に桜島の噴火活動との関連性について考察する。

2. 方法

本研究での観測は、北緯37.45度、東経137.36度に位置する石川県能登半島珠洲市の金沢大学能登スーパーサイト（NOTO Ground-based Research Observatory (NOTOGRO)、能登半島里山里海自然学校内併設、標高15 m）において2012年夏期に行った。観測地点の位置図を第1図に示す。観測地点の周囲には大気汚染の発生源が少なく、長距離輸送されてくる大気汚染の観測に適していると考えられる。

硫酸塩粒子の計測は、乾式の酸化還元法—紫外蛍光法の測定器であるサルフェイトモニター（Thermo Electron (Thermo Fisher Scientific) 社製サルフェイト粒子濃度測定装置 SPA5020）で、2012年6月中旬から8月中旬にかけて行った。この計測器は、外気をPM_{2.5}サイクロンに通過させて粗大粒子を除去し、デニューダーおよびハイドロカーボンキッカーによって、それぞれSO₂および多環芳香族炭化水素類などの蛍光性成分を除去した後に、約1000°Cに加熱した触媒コンバータに通過させる。この触媒コンバータで、硫酸塩粒子をSO₂に還元酸化させ、紫外線蛍光法によってSO₂濃度を測定し、大気中の硫酸塩粒子濃度を計測する。なお、SPA5020使用法に関する詳細や富山県の平野部や立山での測定例は、渡辺ほか（2013）に記載されている。

SPA5020では、フィルターによる濾過空気と未濾過空気とを交互に測定し、濾過空気測定値をブランクとして、硫酸塩粒子から還元されたSO₂濃度による蛍光を計測する（渡辺ほか 2013）。本研究では、20分間未濾過空気を機器に導入後、濾過空気に切り替えて10分間導入する設定としたため、30分ごとに硫酸塩濃度の計測値を得た。なお、切り替え後3分間に得たデータについては機械的に切り捨て、硫酸塩濃度を求めた。SPA5020の校正は、渡辺ほか（2013）にしたがった。

大気中のSO₂濃度の測定は、紫外線蛍光法（紀本電子工業社製 Model SA-633）で、2012年6月下旬から8月下旬にかけて行った。また、オゾン（O₃）濃度の測定を紫外線吸収法（Thermo Fisher Scientific 社製 Model 49i/J）で、一酸化炭素（CO）濃度の測定を非分散型赤外吸収法（Thermo Fisher Scientific 社製 Model 48 i/J）で行った。O₃およびCO濃度計測についての詳細は、井関ほか（2010）に示されている。微量気体成分濃度の測定では、約10 mの内径4 mm テフロンチューブにより外気を導入した。なお、能登スーパーサイト（NOTOGRO）では窒素酸化物（NO_x）の測定も行っているが、機器のメンテナンスのため、2012年7月下旬についてはNO_x濃度の計測を実施できなかった。

珠洲市での観測結果との比較のため、能登半島中央部に位置する石川県七尾市の能登島測定局（北緯37.12度、東経137.00度）、田鶴浜測定局（北緯37.06度、東経136.89度）、七尾測定局（北緯37.05度、東経136.96度）および大田測定局（北緯37.07度、東経

137.01度) で2012年7月に計測された浮遊粒子状物質 (SPM) 濃度データを利用した。石川県能登半島および各測定局の位置図を第1図(上部)に示す。

3. 結果と考察

第3図に、2012年夏期(7~8月)の珠洲市におけるSO₂、(PM_{2.5}中の)硫酸塩粒子、O₃およびCO濃度の時系列変化(硫酸塩粒子は30分値、微量気体成分は1時間値)を示す。なお、8月15日で硫酸塩粒子の観測を終了したため、硫酸塩粒子については以降の時系列を示していない。2012年7月下旬にSO₂および硫酸塩粒子が高濃度となる現象が観測された(第3図)。珠洲市におけるSO₂濃度は1ppbv以下(通常0.5ppbv以下)と低い値であったが、7月26~31日に数ppbv(最大で1時間平均が4ppbv以上)となった。PM_{2.5}粒子中の硫酸塩粒子濃度も7月26日頃から急増し(1時間平均が最大で20μg/m³程度)、31日頃まで高い状態が続いていた(第3図)。なお、7月26日午後から31日までのSO₂平均濃度は約0.7ppbv、硫酸塩粒子の平均濃度は約10μg/m³であった。一方、O₃濃度は日中に高濃度となる日変化を示しながら、8月初旬に比較的濃度が高くなっていた。

北陸地方では、これまでも秋期の立山などにおいて、大気汚染物質の長距離輸送(越境大気汚染)による高濃度のSO₂や硫酸塩粒子が度々観測され(渡辺ほか2006, 2013)、日本海沿岸域はアジア大陸からの越境汚染の影響を受けやすいと考えられる。通常、人為由来汚染物質が輸送されてくる際にはO₃やCO濃度も同時に増加するが(例えば, Kato *et al.* 2004; 井関ほか

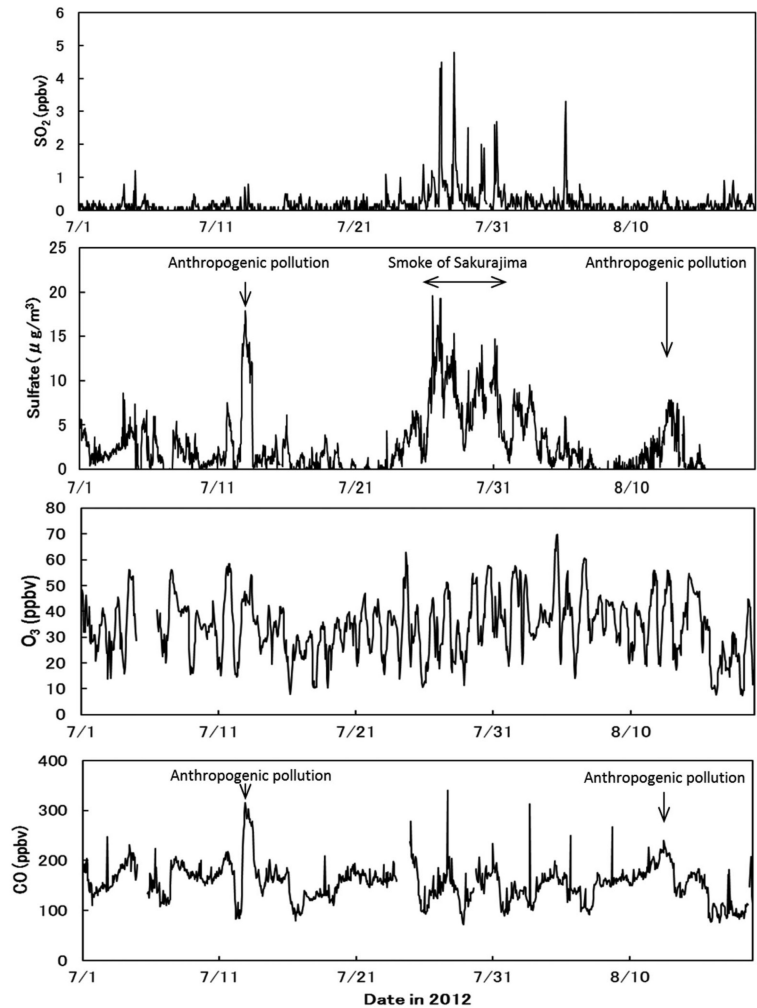


Fig.3 Time series of SO₂, sulfate, O₃ and CO concentrations in Suzu City in the summer (July and August) of 2012. Hourly data of SO₂, O₃ and CO concentrations and 30 minute data of sulfate concentrations were plotted. Measurements of sulfate particles were performed until 15 August.

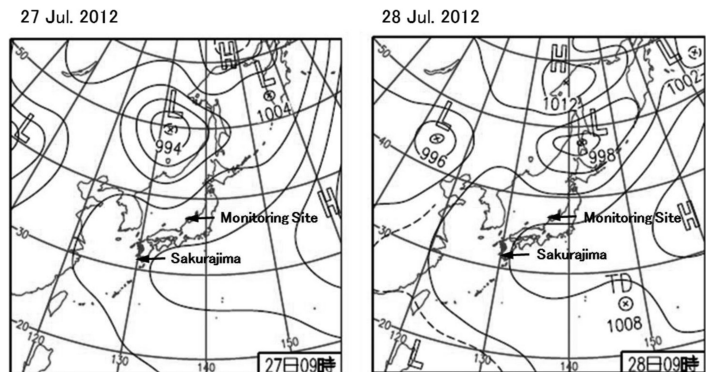


Fig.4 Surface weather charts at 09 JST (00 UTC) on 27 July (left panel) and 28 July (right panel) in 2012.

2010；渡辺ほか 2013), 2012年7月下旬の珠洲市での事例では O₃ および CO 濃度の上昇はみられず (第3図), 人為起源以外の原因が考えられる. 7月12~13日や8月12~13日にも硫酸塩粒子濃度の上昇がみられたが, これらの事例では同時に CO 濃度の増加 (第3図) も観測されたため, 人為起源汚染物質の影響と考えられる.

2012年7月下旬 (7月27, 28日) の地上天気図を第4図に示す. この期間, 北陸地方は日本列島の東側に位置する太平洋高気圧の影響を受け, 南西方向からの気流が卓越していたものと考えられる. また, 夏型の気圧配置であり, (越境汚染の影響を受けやすくなる) 梅雨前線の南下などはみられない. 全国的に気温が上昇し, 関東地方など多くの地点で猛暑日であった (吉門ほか 2014). 第5図に, 2012年7月下旬の珠洲市を起点とする2時間毎の3日間後方流跡線解析の結果を示す. 計算には, 米国海洋大気局 (NOAA) の HYSPLIT4 (Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory) モデル (Draxler and Rolph 2014) を使用した. ここでは, 流跡線の出発高度を, 海拔1000 m とした.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 0000 UTC 29 Jul 12
GDAS Meteorological Data

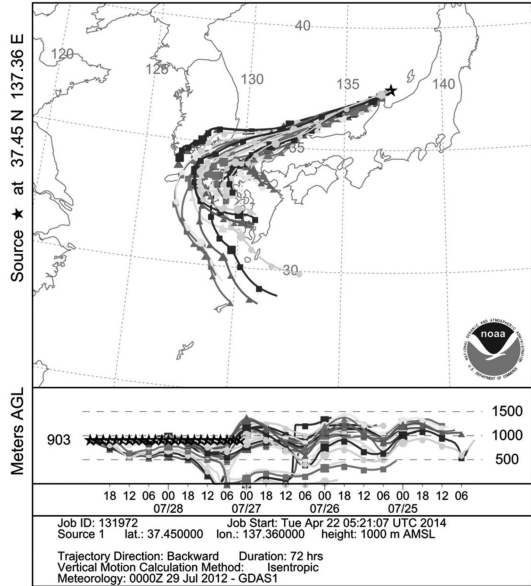
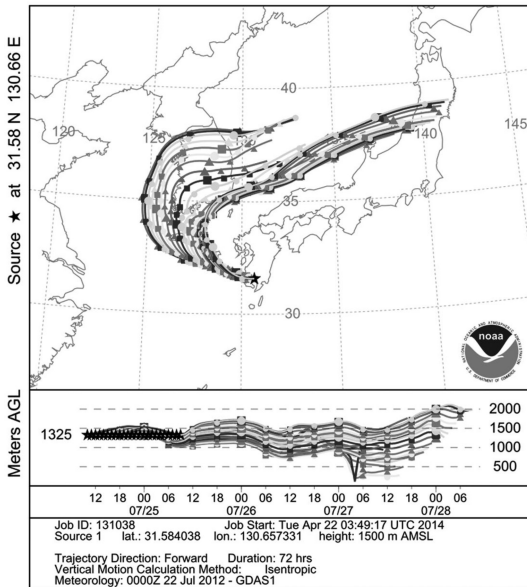


Fig.5 Results of 3-day backward trajectory analyses; the starting times are 09 JST (00 UTC) on 27 July- 09 JST (00 UTC) on 29 July (every 2 hour) in 2012.

NOAA HYSPLIT MODEL
Forward trajectories starting at 1000 UTC 24 Jul 12
GDAS Meteorological Data



NOAA HYSPLIT MODEL
Forward trajectories starting at 1000 UTC 24 Jul 12
GDAS Meteorological Data

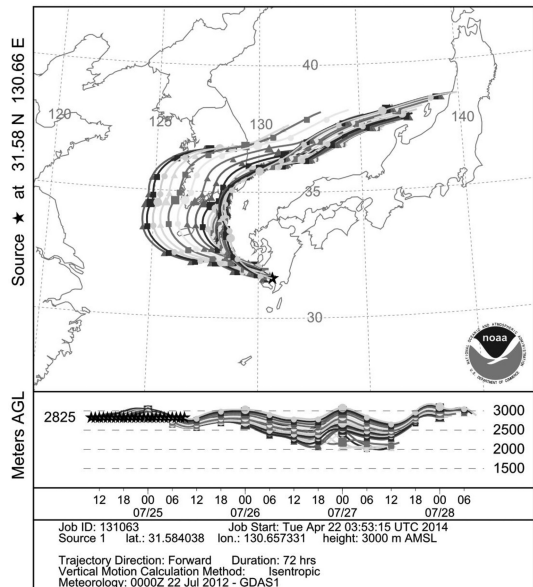


Fig.6 Results of 3-day forward trajectory analyses; the starting times are 19 JST (10 UTC) on 24 July- 18 JST (09 UTC) on 25 July (every 1 hour) in 2012. The starting heights are 1500 m a.s.l. (left panel) and 3000 m a.s.l. (right panel).

後方流跡線解析の結果から、桜島が存在する九州南部方面などを起源とする気塊が輸送されてきたものと考えられる。桜島は、活動が盛んな火山で爆発的な噴火を繰り返しているが、2012年7月24日19時には約1年半ぶりに桜島・南岳で大規模な爆発的噴火があり、鹿児島市内では火山灰降下による大きな交通機関の乱れが生じていた（例えば、千葉大学環境リモートセンシング研究センター 2014；火山活動研究センター 2014）。また、南岳の噴火後には桜島・昭和火口での噴火頻度が増加していた（火山活動研究センター 2014）。

南岳が噴火した2012年7月24日19時（10 UTC）から25日18時（09 UTC）の桜島を起点とする1時間毎の3日間前方流跡線解析の結果を第6図に示す。出発点高度を、海拔1500 m および3000 m とした。桜島から一旦韓国方面へ向かった気流が、（南岳の噴火から2、3日後には）能登半島上空付近に到達していることがわかる。桜島の噴火に伴い、多量のSO₂が放出され、大気中での光化学酸化により硫酸エアロゾルを生成し、能登半島まで輸送されていたものと考えられる。ただし、前方流跡線解析から、韓国由来の大気汚

染物質が混在していた可能性も十分にある。また、桜島の噴煙の影響が韓国方面にも伝わっていたと考えられる。

硫酸塩粒子と共にCO濃度も増加していた2012年7月12日および8月12日の珠洲市を出発点とする3日間後方流跡線解析の結果の例を第7図に示す。7月12日については黄海沿岸域の工業地帯を、8月12日の事例では関西方面を由来としており、これらの地域からの人為起源大気汚染物質が珠洲市へ輸送されていたものと考えられる。CO濃度の増加を伴う人為由来と、COが（ほとんど）増加しない火山起源による硫酸塩粒子との動態の相違が示されていると考えられる。

第8図に、2012年7月の七尾市内（能登半島中央部）の一般環境局（能登島測定局、田鶴浜測定局、七尾測定局および大田測定局）におけるSPM濃度の時系列（1時間値）を示す。珠洲市において桜島の噴煙の影響を受けていたと考えられる7月下旬（26日以降）には、七尾市内の各測定局においてSPM濃度が高くなっており、能登半島一帯で粒子状物質が高かった可能性がある（第8図から、25日にもSPM濃度上昇がみられるが、桜島の噴煙の影響かどうか不明であ

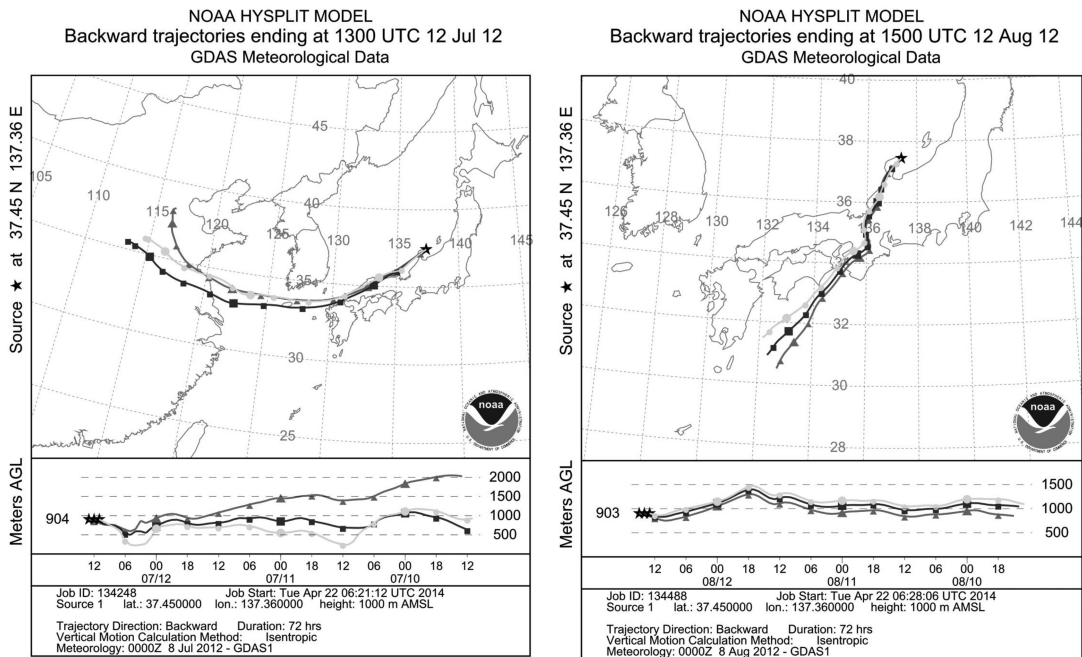


Fig.7 Results of 3-day backward trajectory analyses; the starting times are 20 JST (11 UTC) - 22 JST (13 UTC) on 12 July (left panel) and 22 JST (13 UTC) - 24 JST (15 UTC) on 12 August (right panel) in 2012.

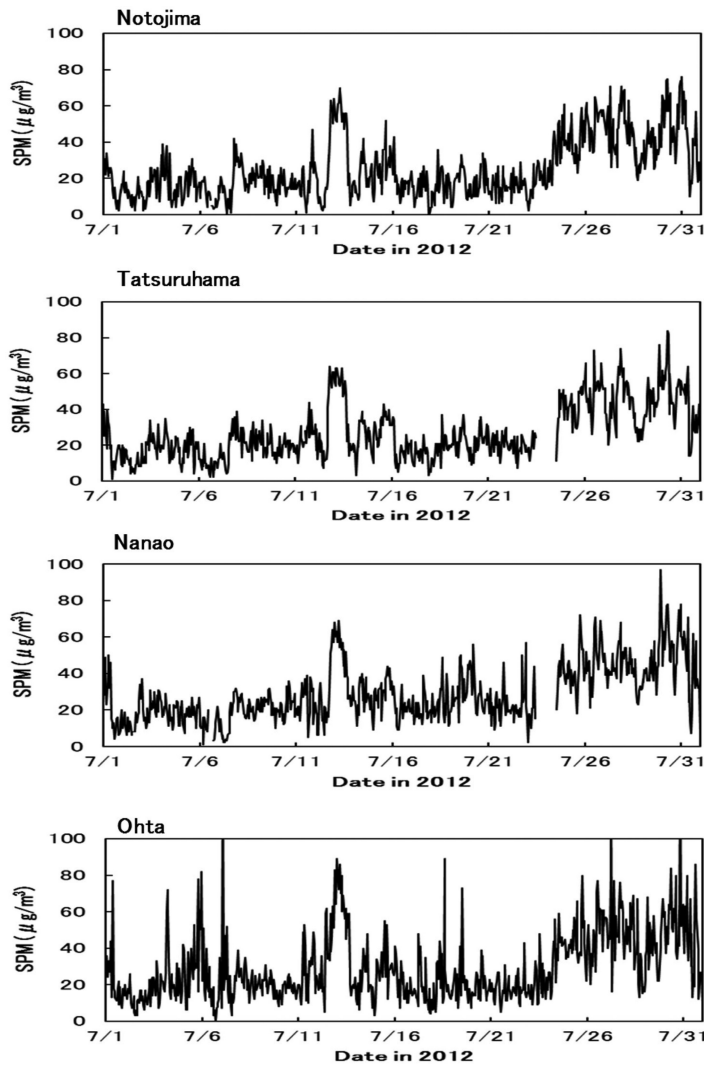


Fig.8 Time series of SPM concentrations in Nanao City (Notojima, Tatsuruhama, Nanao and Ohta) in July 2012. Hourly data were plotted.

る)。なお、越境大気汚染の影響を受けていたと考えられる7月12～13日には、七尾市内においてもSPMが高濃度であった(第8図)。また、南岳噴火翌日の7月25日には九州や瀬戸内地方で高濃度のSO₂が観測されており(千葉大学環境リモートセンシング研究センター 2014)、噴火による影響の拡散・広がりが大きかったものと考えられる。

前述したように、桜島の噴火回数がここ数年で非常に増加しており(第2図)、2012年7月の事例のように規模の大きい噴火活動も最近増加している。2013年

8月18日には昭和火口において、2006年6月に(昭和火口での)活動が再開して以来最大の高さ5000 mに達する噴煙が観測された(福岡管区気象台 2014)。また、2013年7月10日にも噴煙高度3400 mに達する規模の大きな噴火があったが、このときの事例について、気象研究所のエアロゾルモデル(MASINGAR mk-2)を用いたシミュレーションが行われている(田中ほか 2013)。

近年、活発化している桜島の活動により、国内のPM_{2.5}など大気環境に大きな影響を与えている可能性がある。特に、太平洋高気圧の影響下となる夏期には、中部日本一帯で南西方向からの気流が卓越する為、桜島の噴煙の影響を受けやすくなる。火山噴火に伴うSO₂発生量や硫酸エアロゾル生成量の正確な推定・見積もりは困難であると考えられ、珠洲市など周囲に大気汚染源の少ない地域における観測の継続が必要となる。

4. まとめ

2012年夏期に石川県能登半島の珠洲市において、大気中のSO₂濃度や硫酸塩粒子濃度などの測定を行った。7月下旬に高濃度のSO₂および硫酸塩粒子を観測したが、この期間O₃やCO濃度の増加はみられず、人為由来ではないと考えられる。地上天気図や流跡線解析の結果から、

能登半島には南西方向からの気流が卓越し、九州南部方面からの気塊が輸送されていたものと考えられた。

2012年7月24日に桜島南岳で規模の大きな噴火があり(南岳の噴火直後から昭和火口においても噴火が連続していた)、その噴煙の影響を受けていたものと考えられる。近年、桜島の噴火活動が活発化しており、国内のPM_{2.5}など大気環境へ大きな影響を与えている可能性も考えられ、珠洲市などでの今後の観測の継続が必要となる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、金沢大学能登学舎の方々、(株)東京ダイレックの方々、(株)池田理化学工業の池田 昇社長、富山県立大学の中山清宏氏、南 良輔氏に大変お世話になりました。石川県保健環境センターの方々には七尾市内の一般環境局（能登島測定局、田鶴浜測定局、七尾測定局および大田測定局）での観測データを御提供いただきました。流跡線解析を行うにあたって NOAA Air Resources Laboratory (ARL) が提供する HYSPLIT model および READY website を利用しました。記して感謝いたします。また、本研究は、三井物産環境基金2007年度「研究助成」(07研-280)、科学研究費補助金（課題番号2231022, 23120706, 23241008, 23310004, 24501301および25400469）および環境省の環境研究総合推進費（課題番号B-1008）の補助により進められました。

参 考 文 献

- 千葉大学環境リモートセンシング研究センター, 2014: 20120724_eruption_Sakurajima, http://www.cr.chiba-u.jp/~database-jp/wiki/wiki.cgi?page=20120724_eruption_Sakurajima (2014.8.14閲覧).
- Draxler, R. R. and G. D. Rolph, 2014: HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website (<http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD.
- 福岡管区气象台, 2014: 桜島の火山活動解説資料. http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/fukuoka/13m08/20130819_506.pdf (2014.12.13閲覧).
- Honoki, H., K. Watanabe, H. Iida, K. Kawada and K. Hayakawa, 2007: Deposition analysis of non sea-salt sulfate and nitrate along to the northwest winter monsoon in Hokuriku district by a snow boring core and bulk samples. *Bull. Glaciol. Res.*, **24**, 23-28.
- 井関翔太, 定永靖宗, 松木 篤, 岩坂泰信, 佐藤啓市, 竹中規訓, 坂東 博, 2010: 能登半島珠洲におけるオゾンと一酸化炭素の濃度変動要因の解析. *大気環境学会誌*, **45**, 256-263.
- 鹿児島地方气象台, 2014: 桜島の月別の噴火回数, http://www.jma-net.go.jp/kagoshima/vol/data/skr_erp_num.html (2014.8.14閲覧).
- Kato, S., Y. Kajii, R. Itokazu, J. Hirokawa, S. Koda and Y. Kinjo, 2004: Transport of atmospheric carbon monoxide, ozone, and hydrocarbons from Chinese coast to Okinawa island in the Western Pacific during winter. *Atmos. Environ.* **38**, 2975-2981.
- 火山活動研究センター, 2014: 2012年7月24日19時15分の桜島南岳火口における爆発的噴火について, <http://www.svo.dpri.kyoto-u.ac.jp/Exp1120724.pdf> (2014.8.14閲覧).
- 宮嶋洋子, 松田和秀, 2011: 東京多摩地域における春季のPM_{2.5}に与える長距離輸送の影響. *大気環境学会誌*, **46**, 119-123.
- 森 淳子, 鶴野伊津志, 若松伸司, 村野健太郎, 1999: 雲仙野岳で観測されたSO₂とエアロゾル組成. *大気環境学会誌*, **34**, 176-191.
- 永井晴康, 寺田宏明, 茅野政道, 2001: 2000年8月28日に関東地方で発生した異臭騒ぎと三宅島噴火との関連: 数値シミュレーションによる考察. *天気*, **48**, 227-230.
- 直江寛明, 木下紀正, 池辺伸一郎, 1993: 九州における火山ガス長距離輸送の解析. *天気*, **40**, 671-679.
- 坂本和彦, 2011: 微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の測定. *大気環境学会誌*, **46**, 61-69.
- Seinfeld, J. H. and S. N. Pandis, 1998: *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. Wiley Interscience, New York, 1326pp.
- 田子 博, 今井克江, 大谷仁己, 嶋田好孝, 2003: 赤城山の霧水に及ぼす三宅島噴火の影響. *大気環境学会誌*, **38**, 339-346.
- 田中泰宙, 新堀敏基, 関山 剛, 清水 厚, 長田和雄, 2013: 大気汚染と火山噴火: 2013年7月の桜島噴火は本州の大気汚染に影響したか?. *日本気象学会2013年度秋季大会講演予稿集*, 93.
- Watanabe, K. and H. Honoki, 2013: Measurements of aerosol number concentrations and rainwater chemistry at Mt. Tateyama, near the coast of the Japan sea in central Japan: On the influence of high-elevation Asian dust particles in autumn. *J. Atmos. Chem.*, **70**, 115-129.
- Watanabe, K., Y. Ishizaka and C. Takenaka, 2001: Chemical characteristics of cloud water over the Japan Sea and the Northwestern Pacific Ocean near the central part of Japan: Airborne measurements. *Atmos. Environ.*, **35**, 645-655.
- 渡辺幸一, 朴木英治, 吉久真弘, 西野 幹, 柳瀬友治, 2006: 立山・美女平におけるオゾン, 窒素酸化物および二酸化硫黄濃度の測定. *大気環境学会誌*, **41**, 268-278.
- Watanabe, K., H. Honoki, A. Iwai, A. Tomatsu, K. Noritake, N. Miyashita, K. Yamada, H. Yamada, H. Kawamura and K. Aoki, 2010: Chemical characteristics of fog water at Mt. Tateyama, near the coast of

- the Japan Sea in central Japan. *Water Air Soil Pollut.*, **211**, 379-393.
- Watanabe, K., H. Honoki, S. Iwama, K. Iwatake, S. Mori, D. Nishimoto, S. Komori, Y. Saito, H. Yamada and Y. Uehara, 2011: Chemical composition of fog water at Mt. Tateyama near the coast of the Japan Sea in central Japan. *Erdkunde*, **65**, 233-245.
- 渡辺幸一, 曹 仁秋, 成瀬 功, 石田幸恵, 上原佳敏, 朴木英治, 2013: サルフェイトモニターによる富山県の平野部および山岳域における硫酸塩粒子の計測. *エアロゾル研究*, **28**, 140-149.
- 吉門 洋, 中島 虹, 川本陽一, 大岡龍三, 2014: 東京の市街化地域を通過する海風の熱収支. *天気*, **61**, 541-548.

High Concentrations of Sulfur Dioxide and Sulfate Particles Observed in Suzu City, the Noto Peninsula in Late July 2012: On the Influence of the Smoke of Sakurajima

Koichi WATANABE^{*1}, Nobuhiro YAMAZAKI^{*2}, Ryosuke MIZUOCHI^{*2},
Yoko IWAMOTO^{*3}, Atsushi MATSUKI^{*4}, Yasuhiro SADANAGA^{*4},
Hiroshi BANDOW^{*5} and Yasunobu IWASAKA^{*6}

^{*1} (*Corresponding author*) *Faculty of Engineering, Toyama Prefectural University, 5180 Kurokawa, Imizu, Toyama 939-0398, Japan.*

E-mail: nabe@pu-toyama.ac.jp

^{*2} *Faculty of Engineering, Toyama Prefectural University.*

^{*3} *Faculty of Science Division 1, Tokyo University of Science.*

^{*4} *Institute of Natural and Environmental Technology, Kanazawa University.*

^{*5} *Department of Applied Chemistry, Osaka Prefecture University.*

^{*6} *The University of Shiga Prefecture.*

(Received 18 August 2014; Accepted 13 December 2014)

Abstract

Measurements of SO₂ and sulfate aerosol concentrations in the atmosphere were performed in Suzu City, the Noto Peninsula, Ishikawa Prefecture in the summer of 2012. High concentrations of SO₂ and sulfate aerosols in PM_{2.5} were observed in late July when CO and O₃ concentrations did not increase. The high SO₂ and sulfate particles may not be due to anthropogenic air pollution. According to the atmospheric pressure pattern in summer and the results of trajectory analyses, the air mass over the Noto Peninsula was transported from the southern part of Kyushu. The large eruption of Sakurajima occurred on 24 July in 2012, and the fumes were transported to the Hokuriku district. Recently, the volcanic eruptions of Sakurajima have increased in activity and may highly affect the air environment, such as PM_{2.5}, over Japan.