

令和元年6月25日現在

機関番号：82641

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K21690

研究課題名(和文)大気汚染物質沈着量に対するソース・レセプター解析手法の新展開

研究課題名(英文)An Introduction of Source-Receptor Analysis for Depositions of Air Pollutants

研究代表者

板橋 秀一 (Itahashi, Syuichi)

一般財団法人電力中央研究所・環境科学研究所・主任研究員

研究者番号：10714537

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：大気汚染は国境を超えうる問題であり、発生域(ソース)と受容域(レセプター)の関係を定量的に把握する必要がある。本科研費では、大気汚染物質の大気中濃度に適用してきたソース・レセプター解析手法を沈着量に応用する新展開を図った。線型性を仮定し計算負荷を低減したトレーサー法により、硫酸塩の大気中濃度と乾性・湿性沈着量のソース・レセプター関係を通年スケールで評価した。一方、計算負荷は大きい非線形性を評価できる直接感度解析法では、降水イベントそのもののモデル再現性が計算不安定の要因の一つとなった。観測データのとりまとめからは、今後東アジアスケールで窒素沈着が重要となっていく可能性が見出された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

沈着過程は大気からのアウトプットである一方、森林や土壌などの地表面へのインプットでもある。東アジア域の大気汚染物質排出量の増加の影響は、大気中濃度のみならず乾性・湿性沈着にも影響を与える。このことから、本科研費ではソース・レセプター解析手法を沈着量に展開した。湿性沈着量の再現性には、モデル計算値の降水量を観測値で代替する降水量補正法が有効であり、アジア域モデル相互比較研究(MICS-Asia)を通じてもそれを実証した。この成果は世界気象機関(WMO)の専門家会合で講演を行うなど、世界で最も排出量の過密するアジア域における沈着量研究を推進した。

研究成果の概要(英文)：Air pollution can be the trans-boundary problem, and hence the quantitative evaluation between source and receptor is required. In this research, the source-receptor relationship which have been applied to ambient concentration was extended to dry and wet deposition processes. Based on the tracer method, the source-receptor relationships for ambient concentration and depositions were evaluated on through year period. By the decoupled direct method, it was found that the exact simulation of precipitation event played a key role for modeling ability to capture the wet deposition. The 15-year ground-based observations of wet deposition were analyzed and it was demonstrated the increased importance of nitrogen deposition in Asia.

研究分野：大気環境科学

キーワード：沈着量 ソース・レセプター解析 化学物質輸送モデル トレーサー法 直接感度解析法 モデル相互比較研究 降水量補正法 世界気象機関

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 2013年1月に生じた中国のPM_{2.5}激甚大気汚染問題など、東アジア域の拡大する人間活動に伴う大気汚染物質排出量が及ぼす影響について、国民の関心が寄せられている。

(2) PM_{2.5}の主要構成成分である硫酸塩(SO₄²⁻)と硝酸塩(NO₃⁻)はともに酸性物質であり、これらは雲や降水に取り込まれて沈着する(湿性沈着)。これは「酸性雨」としてPM_{2.5}よりも以前からの環境問題であるが、pHの変化を見ても改善されているとは言い難い。

(3) 大気汚染物質は降水を介さずとも乱流運動や重力の影響を受けて絶えず地表面に沈着している(乾性沈着)。

(4) 沈着過程は大気からのアウトプットである一方、森林や土壌など地表面へのインプットでもあり、大気汚染物質の動態を把握するための重要な要素である。大気汚染物質排出量の変化は、大気中濃度のみならず、乾性・湿性沈着にも影響を与える。大気汚染の問題は国境を越える問題でもあり、発生域(ソース)が受容域(レセプター)に与える影響を評価する必要がある。

2. 研究の目的

(1) 大気汚染物質の発生・輸送・化学反応・沈着までの一連の過程を計算する大気質モデルを用いて、従来まで大気中濃度に対して適用してきたソース・レセプター解析手法(トレーサー法・直接感度解析法)を、乾性・湿性沈着量にも適用できるよう手法の開発を行う。

(2) 発生から沈着に至るまでの物質収支の視点を有するソース・レセプター解析手法の確立へ向けた新展開を図る。

3. 研究の方法

(1) トレーサー法では、前駆体と二次生成大気汚染物質の間に線型性を仮定することで計算負荷を低減することができる。線型性の仮定が妥当と考えられるSO₄²⁻に適用し、乾性・湿性沈着量のソース・レセプター関係を定量的に評価する。

(2) 直接感度解析法では、発生量などのモデルパラメータに対する濃度の応答を評価できる。線型性を表す応答の傾きに相当する1次感度、非線形性を表す応答の曲率に相当する2次感度の情報をもとに、発生量強度に対する乾性・湿性沈着量の応答の非線形性を評価する。

4. 研究成果

(1) トレーサー法によりSO₄²⁻の乾性・湿性沈着量のソース・レセプター解析を周年スケールで実施した。乾性沈着のモデル化手法による差を検討するために2種類の乾性沈着スキームを適用したところ、スキームの違いによりSO₄²⁻の沈着速度は桁で異なっていたが、東アジア各国の排出量の寄与率としては大きな違いは見られなかった。乾性沈着量への国内外の寄与率は大気中濃度のそれとほぼ対応し、一方で、湿性沈着量については高所点源である火山の影響が大きく見られること(図1左)、降水量の少ない中国東北部(図1右:11.黒竜江省,17.吉林省,18.遼寧省,19.内モンゴル自治区)の影響は小さいことなどが明らかとなった。

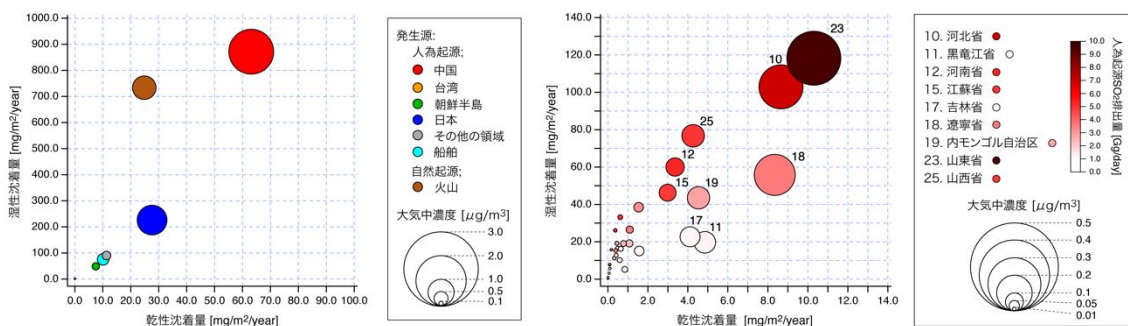


図1:(左)各発生源別に評価した大気中濃度・乾性沈着量・湿性沈着量のバブルチャート。
(右)中国の発生領域別に評価したバブルチャート。図中の番号は判例に対応する。
(雑誌論文1 Fig. 14 を元に作成)

(2) 直接感度解析法により夏季の降水イベントを対象にSO₄²⁻の湿性沈着量に対する排出量の非線形性評価を行った。モデル計算における化学場の初期値や気象モデルの計算に用いる積雲パラメタリゼーションと雲微物理過程などの要因によって計算不安定となる場合が見られた。湿性沈着量そのもののモデル再現性も課題であり、モデル計算による降水量を観測された降水量で代替する降水量補正法はモデル再現性の向上に有効であることがわかった。

(3) 参照していたアジア域モデル相互比較研究(MICS-Asia)において、さまざまなモデルに降水量補正法を適用したところ、いずれのモデルについても無機イオン成分(SO₄²⁻・NO₃⁻・アン

モニウム塩 (NH_4^+) の湿性沈着量のモデル再現性をアジアスケールで大きく向上できることがわかり、モデル再現性の向上に向けた成果を得た。このようなアジア域の沈着量評価における研究成果については、世界気象機関 (WMO) が全球大気監視 (GAW) 計画下で進める全球全大気降水物の観測・モデル統合 (MMF-TAD) の専門家会合で講演を行った。

(4) SO_4^{2-} と NO_3^- の湿性沈着量の経年変化に着目し、排出量と衛星観測データを統合することで、15年間の長期トレンドを解析した。わが国のトレンドは中国の排出量変化と対応し、東アジアにおいては今後、硫黄沈着から窒素沈着が重要となる可能性が示唆された (図2)。

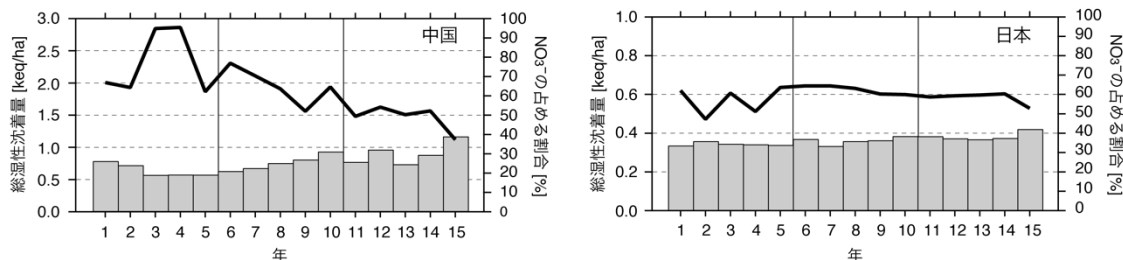


図2:(左)中国および(右)日本における SO_4^{2-} と NO_3^- の総湿性沈着量 (黒太線・左軸) とそのうち NO_3^- の占める割合 (灰色棒グラフ・右軸) の経年変化。

横軸は、例えば1は2001年を、10は2010年を表す。

(雑誌論文 2 Fig. 7 を元に作成)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 3 件)

1 Syuichi Itahashi: Toward Synchronous Evaluation of Source Apportionments for Atmospheric Concentration and Deposition of Sulfate Aerosol over East Asia, Journal of Geophysical Research: Atmosphere, 123, 2927-2953, doi:10.1002/2017JD028110, 2018 (査読あり)

2 Syuichi Itahashi, Keiya Yumimoto, Itsushi Uno, Hiroshi Hayami, Shin-ichi Fujita, Yuepeng Pan, Yuesi Wang: A 15-year record (2001-2015) of the ratio of nitrate to non-sea-salt sulfate in precipitation over East Asia, Atmospheric Chemistry and Physics, 18, 2835-2852, doi:10.5194/acp-18-2835-2018, 2018 (査読あり)

3 板橋秀一: 全球全大気降水物の観測・モデル統合 (MMF-TAD) に関するワークショップへの出席報告, 天気 (最近の学術動向), 64 (6), 465-469, 2017 (査読なし)

[学会発表](計 9 件)

1 Syuichi Itahashi: Update and Future Direction of MICS-Asia activities relevant to MMF-GTAD, Expert Meeting on Measurement-Model Fusion for Global Total Atmospheric Deposition (MMF-GTAD), 2019年2月26日, スイス連邦ジュネーブ, WMO Headquarter (招待講演)

2 Syuichi Itahashi: Synchronous evaluation of source apportionments for ambient concentration and deposition of sulfate in East Asia, 16th Annual CMAS conference, 2017年10月24日, アメリカ合衆国ノースカロライナ州チャペルヒル, University of North Carolina, Friday Center

3 板橋秀一: フォワードモデル, 講演会 PM2.5・O₃ の発生源寄与解析に向けて~モデル・観測・インベントリの現状と課題整理~, 2017年9月22日, 東京都千代田区 (招待講演)

4 板橋秀一, 速水洋, 藤田慎一, 弓本桂也, 鶴野伊津志: 中国の排出量変化に伴う東アジアスケールの硫酸成分濃度の長期変動, 第34回エアロゾル科学・技術研究討論会, 2017年8月4日, 東京都江東区, 芝浦工業大学豊洲キャンパス

5 板橋秀一: 東アジアの窒素負荷: 硝酸エアロゾルの越境輸送・沈着, RIAM フォーラム 2017, 2017年6月1日, 福岡県春日市, 九州大学応用力学研究所

6 板橋秀一：硫酸塩の大気中濃度と沈着量の発生源寄与の統合評価，日本気象学会 2017 年度春季大会，2017 年 5 月 26 日，東京都渋谷区，国立オリンピック記念青少年総合センター

7 Syuichi Itahashi; Regional Modeling and Model Evaluation for Asia, Workshop on Measurement-Model Fusion for Global Total Atmospheric Deposition (MMF-TAD), 2017 年 3 月 1 日，スイス連邦ジュネーブ，WMO Headquarter (招待講演)

8 板橋秀一：反応性窒素の沈着量評価：数値モデルによるアプローチとその課題，第 29 回酸性雨東京講演会，2017 年 2 月 23 日，東京都府中市，東京農工大学府中キャンパス (招待講演)

9 板橋秀一：数値モデルによる反応性窒素の沈着量評価，第 57 回大気環境学会年会 特別集会「反応性窒素の沈着プロセスおよび沈着量評価研究の現在」2016 年 9 月 8 日，北海道札幌市，北海道大学工学部 (招待講演)

〔その他〕

所属機関による研究者紹介

<https://criepi.denken.or.jp/jp/env/profile/isyuichi.html>

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。