



日本における最近の PM_{2.5} 大気汚染の減少傾向を説明

～今後の継続的な大気環境改善に期待～

中国北京周辺での高濃度大気汚染が大々的に報道された 2013 年 1 月以降、中国大陸からの越境輸送などによる国境を超えた高濃度汚染の影響が危惧され、なかでも PM_{2.5} による大気汚染は大きな環境問題となっています。わが国では 2009 年に PM_{2.5} に対する大気環境基準（年平均値 15 μg m⁻³ 以下かつ日平均値 35 μg m⁻³ 以下）が設定され、現在は 1000 力所以上で PM_{2.5} の常時監視が実施されるなど、汚染状況の把握が進められています。日本国内では、2014 年から 2016 年にかけて年平均 PM_{2.5} 濃度は全国的に減少し、環境基準達成率も一般環境測定局で 2014 年の 37.8% から 2016 年には約 88% と大幅に改善されています。この理由を、九州大学応用力学研究所の鶴野伊津志主幹教授らの研究グループは、中国での排出量・濃度の減少と化学輸送モデルによるソース・リセプター解析を使って調べました。中国の地上の PM_{2.5} 濃度や衛星計測 SO₂、NO₂ 濃度は年率約 10% で減少し、これは排出量の減少によると考えられます。ソース・リセプター解析の結果は、中国での濃度が 20% 低下した場合、福岡の PM_{2.5} 年平均濃度は約 12% 減少することを示しており、これは 2014-2016 年にかけての福岡市で観測された減少量（約 10%）に相当しています。中国でこの排出減少率が継続すると、1-2 年の内に PM_{2.5} 年平均基準を満たす地点が増加し、日本国内での PM_{2.5} 高濃度越境問題は急速に改善に向かうと考えられます。

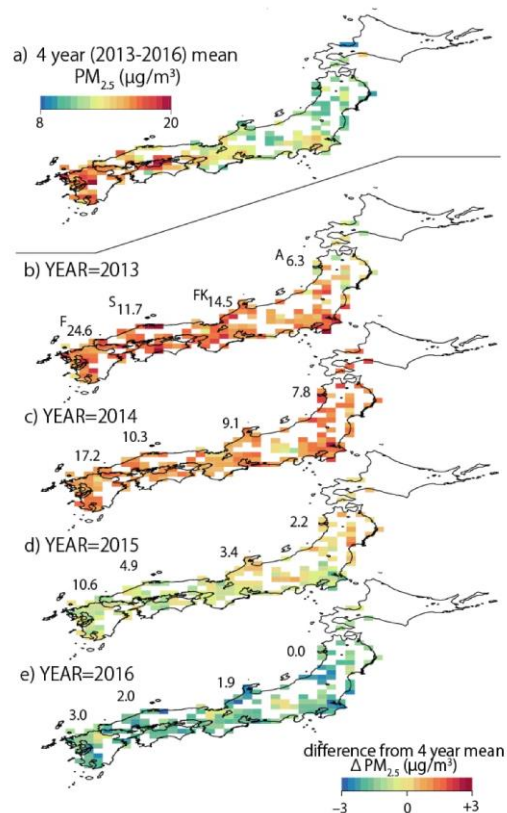
本研究は、日本学術振興会 科学研究費助成事業基盤研究 (S) (JP25220101) の支援を受けました。本研究成果は、2017 年 11 月 10 日（金）発行の大気環境学会誌第 52 巻第 6 号に掲載されました。

研究者からひとこと：

中国国内の PM_{2.5} レベルは依然として基準超過状態です。しかし、現在の中国での排出量の減少率が継続すると、日本国内では 1-2 年の内に PM_{2.5} 年平均基準を満たす地点が増加すると予想されます。化学輸送モデルによる PM_{2.5} 濃度の予報情報が公開されていますが、最近の排出量の急激な変化に対応したモデルの開発が正しい情報発信に重要となっています。

(参考図)

(a) 2013-2016 年度の 4 年間平均の PM_{2.5} 濃度分布。(b)-(e) 各年度平均 PM_{2.5} 濃度から (a) の 4 年平均値を差し引いた濃度。濃度の減少が 2015 年度以降に全国的にほぼ同程度の大きさで生じていることが判る。図中の数字は日平均 PM_{2.5} 濃度が 35 μg/m³ を超過した日数。



【お問い合わせ】 応用力学研究所 主幹教授 鶴野 伊津志 (うの いつし)
 電話：092-583-7771 FAX：092-583-7774
 Mail：uno@riam.kyushu-u.ac.jp

■背景

わが国では2009年にPM_{2.5}に対する大気環境基準（年平均値15 $\mu\text{g m}^{-3}$ 以下かつ日平均値35 $\mu\text{g m}^{-3}$ 以下）が設定され、現在は1000カ所以上でPM_{2.5}の常時監視が実施されるなど、汚染状況の把握が進められている。2014年度のPM_{2.5}の環境基準達成率は、一般環境大気測定局では37.8%、自動車排出ガス測定局では25.8%にとどまっていたが、2015年度の達成率はそれぞれ74.5%と58.4%、2016年度の速報値を用いた集計では、約88%と約86%と急速に改善が進んでいる。

一般環境局の達成率を地域的に見ると2014年→2016年にかけて、関東34.6%→97.4%、東海25.9%→98.7%、近畿61.1%→95.3%、中国14.0%→75.8%、四国31.0%→66.7%、九州6.8%→61.5%となり、越境汚染の影響の受けやすい中国・四国・九州で達成率が61-76%であるが、他は95%以上の達成率になっている。日本国内の大気汚染質の排出量は経年的に大きな変化を示しておらず、国内のPM_{2.5}濃度の急激な減少については、国外の排出源の年々変化と気象的な要因も十分に加味した原因究明が、今後の環境政策の上からも重要な課題となっている。

■内容

一般環境測定局のPM_{2.5}濃度の確定値（2013-14年度）と「そらまめ君^{注1)}」の速報値（2015-16年度）の時間値を利用した。測定値は、0.375°×0.375°緯度経度格子で平均して、全国的な濃度分布を得た（参考図）。福岡県太宰府局、糸島局、福岡市元岡局のPM_{2.5}の3局の日平均濃度、中国北京（アメリカ大使館）、上海（アメリカ領事館）の日平均値を計算し、これをもとに月平均値や10、25、50、75、90パーセントタイル値を箱ヒゲ線図で解析した（図1）。NASA Aura衛星搭載のOMIセンサ^{注2)}のNO₂対流圏カラム濃度や、SO₂の惑星境界層（PBL）カラム濃度観測をもとに、中国中央東部域（110-123°E, 30-40°N）の年平均値（2009-2016年）の変化を調べた（図2）。

観測データ解析と平行して、ハーバード大学の研究グループが中心となって開発しているGEOS CHEM化学輸送モデル^{注3)}で詳細なソース・リセプター解析^{注4)}（S/R解析）を行った。モデルは、詳細な化学反応過程を含む全球2°×2.5°度格子の計算結果を境界条件にし、アジア域を0.5°×0.667°度格子で計算した。S/R解析に加えて、NO₂、SO₂、PM_{2.5}濃度への排出量感度を調べるために、人為起源排出量を100%与えた標準計算（CNTL）とアジア全域の人為起源排出量を80%とした感度計算（CNTL₈₀）と、中国全域の人為起源排出量のみを80%とした感度計算（China₈₀）を2014年について行い、排出量の変化率と日本国内で観測されるPM_{2.5}濃度の変化率の対応を調べた。

福岡県内のPM_{2.5}濃度は2014-2016年と減少傾向にあり、日平均濃度の減少と35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を越える日数は激減している。PM_{2.5}濃度の減少は、北京や上海でも明らかである。75%、90%パーセントタイル値の低下が明瞭であり、高濃度の出現頻度が年々低下していることを意味している。

2014-2016年にかけて観測された変化率に対応する中国の排出量の変化率をモデルの感度解析から求めると、2014-2016年にかけて、SO₂とNO₂は11-14%/年で減少していることが判った。さらに、モデル解析から、中国の排出量が20%減少すると福岡のPM_{2.5}年平均濃度が約12%減ることが示された。従って、2016年に対して排出量が更に20%削減し、気象条件と排出量の地域分布に変化がない場合、福岡（元岡、糸島、太宰府の平均値）の年平均濃度は2016年の16.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ から14.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に減少し、PM_{2.5}の長期基準を満足すると予想された。

■今後の展開

PM_{2.5}濃度とモデル結果の比較は福岡での観測値を中心に行ったが、九州域は越境汚染の「入口」にあたり、九州域での越境PM_{2.5}寄与の減少は、PM_{2.5}濃度の全国的な減少結果を支持している。

化学輸送モデルによるPM_{2.5}濃度の予報結果がホームページ上に多く公開されて、マスコミでも報道されているが、本報告で示したように越境寄与が2015年頃から急速に減少している。これは主に中国での排出量の減少によると考えられ、各モデルの利用している排出源インベントリーを実際の急激な変化に対応するように更新することが必須である。また、越境寄与の減少により、相対的に国内寄与が増大すると考えられるため、国内排出量の精緻化も重要となる。

2016年から始まった中国第13次五ヶ年計画において、PM_{2.5}濃度を5年間で2015年に較べて18%減少させることと、SO₂、NO_xの排出量を2015年に比較して15%削減することが盛り込まれているが、本報告で示した減少率が継続した場合には、日本国内のPM_{2.5}の年平均環境基準を達成する地点のさらなる増加が予想される。

■論文

タイトル：PM_{2.5}越境問題は終焉に向かっているのか？

著者：鵜野 伊津志, 王 哲, 弓本 桂也, 板橋 秀一, 長田和雄, 入江 仁士, 山本 重一, 早崎 将光, 菅田 誠治

掲載雑誌：大気環境学会誌, 52, No. 6 (11月10日発行予定) (2017).

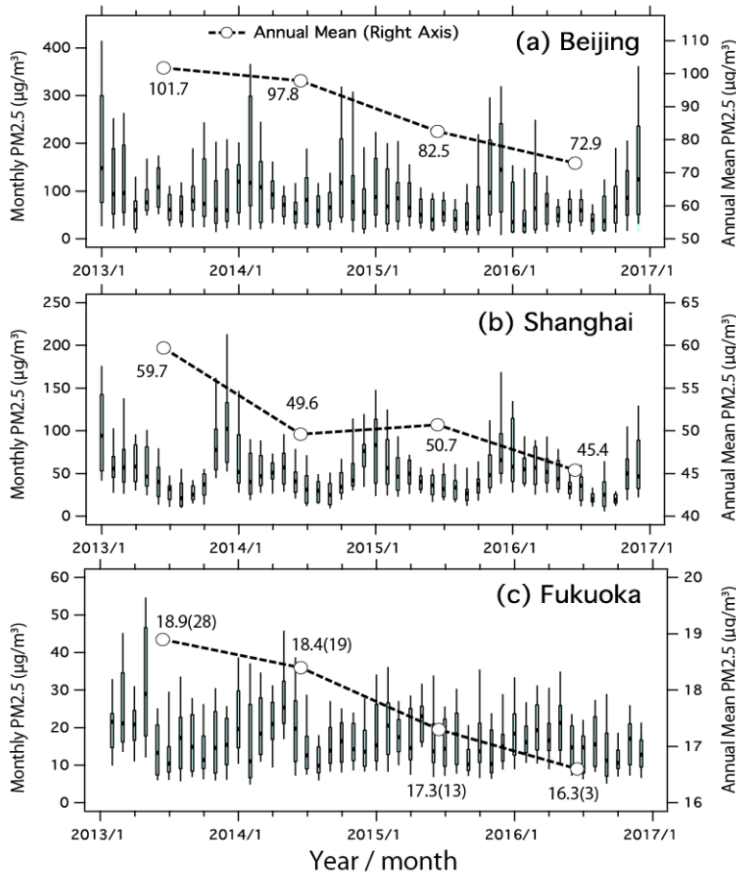


図1 北京、上海、福岡(糸島、元岡、太宰府の平均)でのPM_{2.5}濃度の月平均(箱ヒゲ表示で左軸)・年平均濃度(白丸で右軸、数値は平均濃度)の経年変化。福岡の図の()内は日平均濃度が35μg/m³を超過した日数。

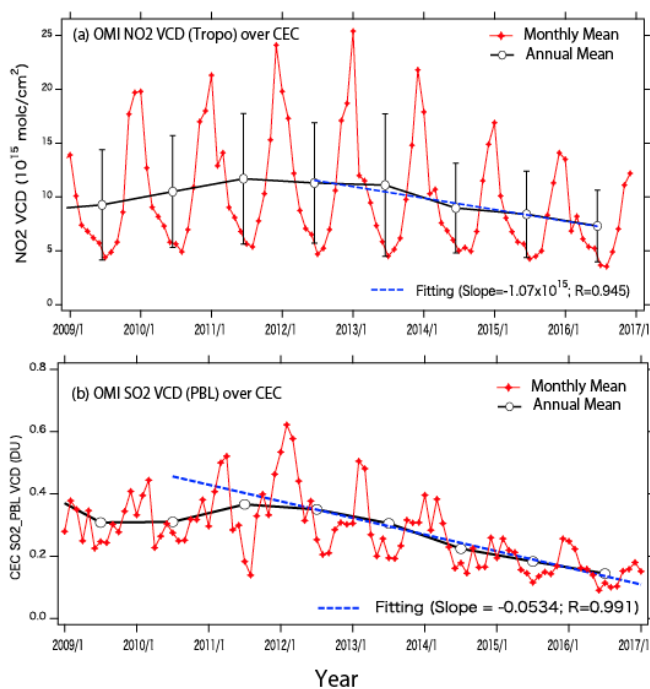


図2 (上段) NASA OMI 衛星で観測された中国中央東部域の平均NO₂対流圏カラム濃度と(下段)SO₂の惑星境界層(PBL)カラム濃度(赤が月平均、白丸実線が年平均濃度)の経年変化。

■用語解説

1) そらまめ君

環境省大気汚染物質広域監視システム (Atmospheric Environmental Regional Observation System : AEROS) の通称で、全国の大気汚染状況について、24 時間情報を提供している。大気汚染測定結果 (時間値) と 光化学オキシダント注意報・警報発令情報の最新 1 週間のデータを地図に表示・提供している。

2) Aura 衛星搭載の OMI センサ

Ozone Monitoring Instrument の略。2004 年に打ち上げられた米国 NASA の衛星 Aura に搭載されているセンサ。オランダ、フィンランド、米国によって運用されている。NO₂ や SO₂ 等の大気汚染物質の鉛直積算濃度 (カラム濃度) を測定することができる。

3) 化学輸送モデル GEOS CHEM

米国ハーバード大学の研究グループが中心になって開発・公開している大気中の化学物質の発生・輸送・化学反応・沈着の諸過程を物理・化学法則に基づいて計算し、その挙動を解析することができる数値モデル。

4) ソース・リセプター解析

特定の発生源 (ソース) から排出された物質が、ある観測地点 (レセプター) の環境濃度にどの程度の影響を与えるかを解析する手法。

■お問い合わせ先

<研究に関すること>

応用力学研究所 主幹教授 鵜野 伊津志 (うの いつし)

Tel : 092-583-7771 Fax : 092-583-7774

E-mail : uno@riam.kyushu-u.ac.jp

<報道に関すること>

九州大学 広報室

Tel : 092-802-2130 Fax : 092-802-2139

E-mail : koho@jimui.kyushu-u.ac.jp