

【S-7-1】数値モデルと観測を総合した東アジア・半球規模のオゾン・エアロゾル汚染に関する研究 (H21～H25)

金谷 有剛 ((独)海洋研究開発機構)

1. 研究実施体制

- (1) 領域モデルによる東アジア広域汚染の解析 ((独)海洋研究開発機構)
- (2) 大気汚染物質のソースレセプター解析と削減感受性評価 ((独)国立環境研究所)
- (3) 化学気候モデルによる全球大気汚染と温暖化影響の評価 (名古屋大学)
- (4) 北東アジアにおけるモデル精緻化のためのオゾン・エアロゾル現場観測 ((独)海洋研究開発機構、(独)国立環境研究所)
- (5) 地上・衛星ライダーによるアジア域のエアロゾル解析 ((独)国立環境研究所)
- (6) 受動型衛星観測による大気汚染物質の時空間分布の解析 (千葉大学)

2. 研究開発目的

テーマ1では数値モデルと観測を総合し、アジア地域での観測を通じてモデルを精緻化すること、化学輸送モデルにより  $O_3$ ・ $PM_{2.5}$  の東アジア域における越境汚染量、半球規模での大陸間輸送量、わが国における生成量を明らかにし、東アジア域からの寄与を定量化すること、我が国への越境汚染に直接関与する発生源地域を特定し、それらの地域における排出削減の我が国への感度を評価すること、削減により効率的な大気質改善をもたらす排出部門を把握すること、大気汚染物質削減の気候影響感度評価を行うことを目的とした。また、汚染の現状把握のため、福江島での重点観測や衛星観測をモデルと統合的に用い、 $O_3$ ・ $PM_{2.5}$ 、 $NO_2$ 、エアロゾル光学的厚さ(AOD)等の近年の変動傾向を取りまとめ、中国・韓国でも観測を実施し、 $PM_{2.5}$ の化学組成を明らかにして対策立案を推進した。得られた知見は、国内施策に貢献できるよう、また他機関・関係国へ働きかける際の科学的根拠として用いられるように整理し、テーマ3や環境省へ提供すると同時に、社会への情報発信を進め、 $PM_{2.5}$ の越境大気汚染への高い関心に応えた。

3. 本研究により得られた主な成果(研究者による記載)

(1) 科学的意義

本課題で確立した汚染寄与率算定手法は、物質収支や起源推定のための普遍的な方法論と言えるもので、寄与率の値を明らかにしたことに加えて、手法確立の価値も高い。現場・衛星観測と数値モデルを統合し、東アジアにおける  $O_3$ ・ $PM_{2.5}$  に関する広域大気汚染の実態や年々変動傾向を掴んだ。変動要因を排出量変動と気象場変動とに分離して解析した。2009-2013年にかけて、福江では  $O_3$ ・ $PM_{2.5}$ ・BC濃度に弱い低減傾向が見られたが、主原因は気象場の変動で、排出量の低下ではないことが示された。衛星から観測された対流圏  $NO_2$  には、中国中東部において、1996-2011年に有意な濃度上昇が見られ、気象場の年々変動の影響を上回る排出増の影響が示唆された。社会的に高い注目を浴びた中国での広域  $PM_{2.5}$  汚染の時期(2013年1月)には日本への越境輸送は限定的で、 $PM_{2.5}$  高濃度日数も例年の範囲内だったことを示した。 $PM_{2.5}$  の組成毎のモデル再現性を日本・中国・韓国で行った集中観測について横断的に検討したところ、水溶成分やBCの再現性はよいものの、有機物の過小評価が著しい共通傾向が見出され、今後、観測による起源解明や揮発性などに着目した新たなモデル表現の開発が必要とわかった。また粗大粒子が主とされるダストも国内  $PM_{2.5}$  に7-14%程度の寄与をもたらす可能性を見出した。

大気汚染物質排出量変化の影響をモデル評価する際に、水平・鉛直分解能を適切に設定するための指針が得られた。 $O_3$ は  $NO_x$  や  $NMVO_C$  の発存量変化に対し非線形応答し、その応答性は空間解像度や季節にも依存するため、時空間平均値を扱う際に重要となる。衛星観測との比較の際にも、モデルにおける水平解像度の扱いを詳細に検討した。ライダーによるエアロゾル高度分

布観測を指標に境界層厚さのモデル表現を検証し、37層の設定ではほぼ十分な鉛直分解能が得られることが分かった。

排出インベントリを改良するための観測知見も得られた。とくにバイオマス燃焼由来の有機物の発生量見積の適正化に貢献した。模擬燃焼実験からBC粒子の混合状態別の排出情報が得られ、大気中寿命などに及ぼす影響が示唆された。化学気候モデルも改良され、化学種毎の温暖化影響を比較するためのメトリックも導入した。将来予測では、SLCPsが温暖化抑制と大気汚染低減の両面に寄与するためにはSO<sub>2</sub>排出量の動向や硫酸塩の挙動に注意が必要であることが分かった。温室効果気体として重要なメタンについても、排出量変動、化学消失変動の寄与を分離・定量化し、予測の精緻化が実現した。

## (2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

- 環境省・光化学オキシダント調査検討会 報告書—今後の対策を見すえた調査検討のあり方について—(平成24年3月)にて、p.143では衛星観測から示唆された中国からのNO<sub>x</sub>排出増(サブテーマ6)が、またp.147では我が国のO<sub>3</sub>起源(生成地域別寄与)が取り上げられた(サブテーマ2)。
- 日中韓3カ国環境大臣会合(TEMM) 光化学オキシダントに関する研究協力に関する「日中韓光化学オキシダント科学研究ワークショップ」第2~4回(平成21年12月、平成23年2月、11月)において、本課題の研究成果が最新の科学的知見として交換された。(サブテーマ2、4)
- 環境省・中央環境審議会・微小粒子状物質等専門委員会(平成26年3月12日)では、PM<sub>2.5</sub>対策の検討に際し、我が国地域別のPM<sub>2.5</sub>に対する越境大気汚染・国内汚染の寄与率を定量化した本課題の結果が参考資料として配付された。(サブテーマ1、4)
- 本研究において計算された地上ライダーによるエアロゾル消散係数が、環境省「黄砂による健康影響調査検討WG」において、人為汚染交絡因子の指標として利用され、また環境省「黄砂実態解明調査WG」において煙霧現象の解析を行う際に利用された。(サブテーマ5)
- 国際的なモデル間相互比較や、IPCC第5次報告書に向けたACCMIPやCCMIへ参加し、本課題のCHASER-SPRINTARSモデルによる実験結果もIPCC第5次報告書に採用された。(サブテーマ2、3)

<行政が活用することが見込まれる成果>

- O<sub>3</sub>・PM<sub>2.5</sub>に関する発生源寄与率と必要削減幅について、以下の情報を提供した。

日本上空の春季O<sub>3</sub>の発生源別寄与では、日本起源22%、中国起源12%、欧米起源7%と多様。一方PM<sub>2.5</sub>では西日本・通年で中国寄与は5割以上と大きい。関東では国内寄与が中国寄与を上回る。中国のうち中北部からの影響が重要。PM<sub>2.5</sub>の中国からの寄与率は大きい。対策が確実に行われれば改善効果も大きい。日本での高濃度日数の効果的改善に必要な前駆物質排出削減幅の目安は、O<sub>3</sub>の場合で日中韓に対し30%、PM<sub>2.5</sub>の場合で中韓に対し20%。中国での発電・産業部門からの前駆物質排出削減は日本だけでなく、中国自国のO<sub>3</sub>・PM<sub>2.5</sub>高濃度対策にも効果的(初期結果)。また、O<sub>3</sub>の授受関係では日中韓だけでなく、中国と東南アジアとの間の関係も重要であり、国際協力の枠組みの地域設定の際に考慮すべき。

- 観測からの越境大気汚染実態に関する以下の情報を提供した。

日本西方を代表する福江島では、越境大気汚染の影響を受け、O<sub>3</sub>に加えPM<sub>2.5</sub>の「高濃度」日数が多く、基準を満たせない状況であることを観測から見出した。2009-2013年度の間、状況は改善していない。前駆物質のNO<sub>2</sub>は中国中東部上空で過去15年で約3倍に濃度増加し、国内のO<sub>3</sub>「平均」濃度も2008年頃までは過去約20年に亘り上昇を見せた(光化学オキシダント調

査検討会、2014)。一方、2009-2013年度のO<sub>3</sub>やPM2.5の「平均」濃度は、福江ではむしろ微減傾向にあったが、気象（風系や降水）の年々変動の影響が強いため、前駆物質の排出源強度が減少に転じたわけではない。中国如東・韓国済州島・福江でのPM2.5の化学組成では、硫酸・アンモニウムイオン・有機物が主となる共通の傾向がみられ、それらの削減対策の有効性は高い。改良型の化学気候モデルで再評価されたBCの直接放射強制力は全球平均で0.56W/m<sup>2</sup>となり、硫酸塩等の動向にも配慮すれば排出削減は温暖化緩和と大気汚染の改善に貢献する。

#### 4. 委員の指摘及び提言概要

観測グループとモデルグループが相互に協力して、東アジアにおける大気汚染の実態の理解に関する研究を遂行し、この地域における大気環境問題の対処にとって不可欠な科学的知見を得るとともに、ブラックカーボンやオゾンなどによる温暖化影響についても新たな評価を行っており、戦略的研究S-7プロジェクト全体への貢献が大きい。ただモデルによるPM2.5解析・検証において、全量はモデルで再現されるが、有機エアロゾルが大幅な過小評価となっており、今後その要因の解明とモデルの改善が望まれる。

#### 5. 評点

総合評点：A