

最先端・次世代研究開発支援プログラム  
事後評価書

研究課題名	数値モデルによる大気エアロゾルの環境負荷に関する評価 および予測の高精度化
研究機関・部局・職名	九州大学・応用力学研究所・准教授
氏名	竹村 俊彦

## 【研究目的】

大気浮遊粒子状物質（エアロゾル）には、自然起源と人為起源とがあり、大気汚染を引き起こして人類および他生物の呼吸器系等に悪影響を及ぼしたり視界悪化を招いたりするだけではなく、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)でも指摘されているように、気候変動を誘発する物質である。しかし、化学組成や発生源が多様であること、また、主な温室効果気体と異なり大気滞留時間が短いことなどから、これらの影響を定量的に評価することは難しい。エアロゾルの気候に対する影響として、大別すると直接効果と間接効果とがある。直接効果とは、エアロゾルが太陽放射や赤外放射を散乱・吸収することにより地球大気放射のエネルギー収支に変化を及ぼすことであり、間接効果とは、エアロゾルが水雲の凝結核および氷雲の氷晶核となる機能を通して雲の反射率や寿命を変調させて放射エネルギー収支に変化を及ぼすことである。エアロゾルの化学組成や粒径などに依存して直接・間接効果が大きく異なることも、気候に対する影響を定量的に評価することを難しくしている。

そこで、研究代表者は、これまでに対流圏主要エアロゾルである黒色炭素・有機物・硫酸塩・土壌粒子・海塩粒子の分布や気候影響を地球規模で同時にシミュレートすることが可能なエアロゾル気候モデル SPRINTARS を開発してきた。SPRINTARS は、エアロゾルの輸送プロセス（発生・移流・拡散・化学反応・湿性沈着・乾性沈着・重力落下）を計算するだけでなく、大気大循環モデルの放射過程や雲過程と結合させてエアロゾル直接効果・間接効果を計算することが可能である。また、SPRINTARS は全球モデルであるが、例えば東アジア域における大気汚染物質や黄砂の飛来状況等の領域スケールで短時間の現象の再現性にも優れていることが確認されている。SPRINTARS を用いた研究代表者によるこれまでの研究成果は、すでに各方面において活用されており、例えば、IPCC 第1作業部会第4次評価報告書（AR4）（2007年）の図表や参考文献として多数引用され、研究代表者自身が IPCC AR4 の Contributing Author として第1作業部会の執筆を担当した。IPCC AR4 では、産業革命以降から現在までのエアロゾルの気候に対する影響に関して、定量的評価の進展が見られた。しかし、数年～数十年先の将来の気候におけるエアロゾルの影響に関して、信頼度の高い定量的評価は依然として国際的に形成されていない。また、1週間程度の短期的なエアロゾルの分布予測を詳細に行い、高濃度のエアロゾルが飛来することが高精度で予測可能となれば、健康影響対策をはじめとする様々な対策コストを最低限に抑える効果が期待できる。

以上の研究背景を踏まえ、本研究課題では、エアロゾル数値モデル SPRINTARS を用いて、エアロゾルによる気候変動および大気汚染を定量的に高精度で評価するための次世代モデルの開発を行う。エアロゾルの気候影響評価の定量的不確実性の主要因の1つとして、数値モデルにおける粒径の表現方法が挙げられる。SPRINATRS を含むこれまでの主な全球エアロゾルモデルでは、適当なエアロゾル粒径の頻度分布を仮定してきた。本研究課題では、エアロゾルを粒径別に陽に予報する「ビンモデル」を新たに構築して、SPRINTARS に導入する。これにより、粒径に大きく依存するエアロゾルによる太陽放射・赤外放射の散乱・吸収過程や、エアロゾルが雲の凝結核・氷晶核となる過程の表現の信頼性向上が見込まれる。また、IPCC 第5次評価報告書 (AR5) へ直接貢献するため、IPCC の新排出量予測シナリオである Representative Concentration Pathways (RCPs) を用いたシミュレーションを実施し、数十年スケールの将来の気候変動に対するエアロゾルの効果を定量化する。エアロゾルによる気候変動は、二酸化炭素などの温室効果気体による気候変動と比較して無視できない大きな影響があると言われているが、温室効果気体とは全く異なるメカニズムで気候変動を及ぼし、また、将来の大気中のエアロゾル濃度も、温室効果気体とは全く異なる経緯をたどると予測されている。したがって、最新の排出量予測シナリオを用いた定量的評価を行っておくことは重要である。本研究課題の成果は、2013~2014 年に公表が予定されている IPCC AR5 への貢献など、気候変動研究全般に貢献する。IPCC AR5 には、「雲とエアロゾル」の独立した章が新設されるため、本研究課題におけるエアロゾルの定量的気候影響評価の国際的重要性は極めて高い。また、日本政府が取り組む環境政策や気候変動対策へ向けた科学的根拠資料として提供することが可能となるであろう。

ビンモデルの開発や最新排出量シナリオを用いた実験と並行して、1週間スケールの短期的なエアロゾル分布予測を高精度で行うシステムの構築も行う。SPRINTARS を用いたエアロゾル週間予測システムの初期型はすでに稼働しており (<http://sprintars.net/forecastj.html>)、一般向けにも活用されてきている。しかし、予測精度の点では改良の余地がある。人為的発生源のエアロゾルに関しては、過去の社会経済的統計量から排出量を推定したデータを使用しているが、そのデータには多くの誤差が含まれていることが知られている。また、黄砂発生量の時空間分布は予測システム内部で推定しているが、この推定式に誤差が含まれている。そこで、本研究課題では、リアルタイムに近い大気エアロゾルの観測情報を用いたデータ同化手法を予測システムに導入し、予測精度の向上を狙う。大気中の物質の輸送に関してデータ同化を適用する研究自体が世界的に黎明期であるが、研究代表者が実施してきた研究において、データ同化システムを開発してきた。これを本研究課題で発展的に引き継ぎ、予測システムへ導入して実用化を目指す。高精度のエアロゾル週間予測システムを開発することにより、健康被害や環境変化による損失を抑制することに寄与するなど、一般社会生活にとって非常に有益な情報が提供可能となることが期待できる。

【総合評価】	
○	特に優れた成果が得られている
	優れた成果が得られている
	一定の成果が得られている
	十分な成果が得られていない

【所見】
① 総合所見
<p>エアロゾルによる気候変動予測の精度向上へ向けたエアロゾルビンモデルの構築が完了した。また、IPCC 新排出量予測シナリオを用いたエアロゾル将来予測シミュレーションの結果および解析結果に関しては、すでに学術雑誌に掲載済みである。また、データ同化手法を適用したエアロゾル週間予測システムの構築が完了している。</p> <p>この意味で、研究計画やその実施体制は妥当なものであり、期待される成果を十分に得ていると判断できる。また、IPCC 報告書、放射性核種の大気拡散、エアロゾル濃度予測など、社会的にも重要な課題に的確に対応している。</p>

② 目的の達成状況
<p>・所期の目的が  <input checked="" type="checkbox"/> 全て達成された ・ <input type="checkbox"/> 一部達成された ・ <input type="checkbox"/> 達成されなかった)</p> <p>本研究課題の目的は、ビンモデルの導入による SPRINTARS の改良と、データ同化による短期予報精度の向上である。とくに、エアロゾルによる気候変動予測の精度向上へ向けたエアロゾルビンモデルの構築が完了した。また、IPCC 新排出量予測シナリオを用いたエアロゾル将来予測シミュレーションの結果および解析結果に関しては、すでに学術雑誌に掲載済みである。また、データ同化手法を適用したエアロゾル週間予測システムの構築が完了している。</p> <p>また、当初計画になかった福島第一原子力発電所からの放射性物質の大気拡散シミュレーションなどにも対応している。</p>

③ 研究の成果
<p>・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が  <input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない)</p> <p>・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が  <input checked="" type="checkbox"/> 創出された ・ <input type="checkbox"/> 創出されなかった)</p> <p>・当初の目的の他に得られた成果が (<input checked="" type="checkbox"/> ある ・ <input type="checkbox"/> ない)</p> <p>SPRINTARS と本研究代表者は、エアロゾル研究において世界的優位性を持っており、それは現在も変わるところがない。また、研究成果が IPCC 報告書に貢献することが見込まれるなど研究内容は世界レベルでも先端的といつてよい。</p> <p>放射性物質の輸送に関するシミュレーションを行った内容は、事故前の研究開始当時には計画されていなかったが、モデルの検証の観点からも有用な成果であるといえる。</p>

**④ 研究成果の効果**

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が

( 見込まれる ・ 見込まれない )

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が

( 見込まれる ・ 見込まれない )

SPRINTARS は、非常に実用的で信頼性が高いと評価されており、陸性物質の沈着量など、海洋を含む生物地球化学分野への貢献は非常に大きい。また、エアロゾルの輸送とその大気での挙動理解は IPCC 報告書でも取り上げられている重要な観点であり、広く気候変動問題の解明に寄与している。

**⑤ 研究実施マネジメントの状況**

・適切なマネジメントが ( 行われた ・ 行われなかった )

中堅クラスの研究者が取り組んだプロジェクトとしてみると、研究計画やその実施体制は妥当なものであると判断できる。また、研究代表者自身が中心的に成果を出しており、独立性を持ってプロジェクトが推進されていると思われる。

雑誌論文や会議発表が十分に行われているとともに、研究内容が非常に多くの新聞や雑誌等にも取り上げられており、成果の発信は適切に行われていると判断できる。