

## 大気汚染物質の放出削減で地球温暖化を食い止められるかをシミュレーションで予測する

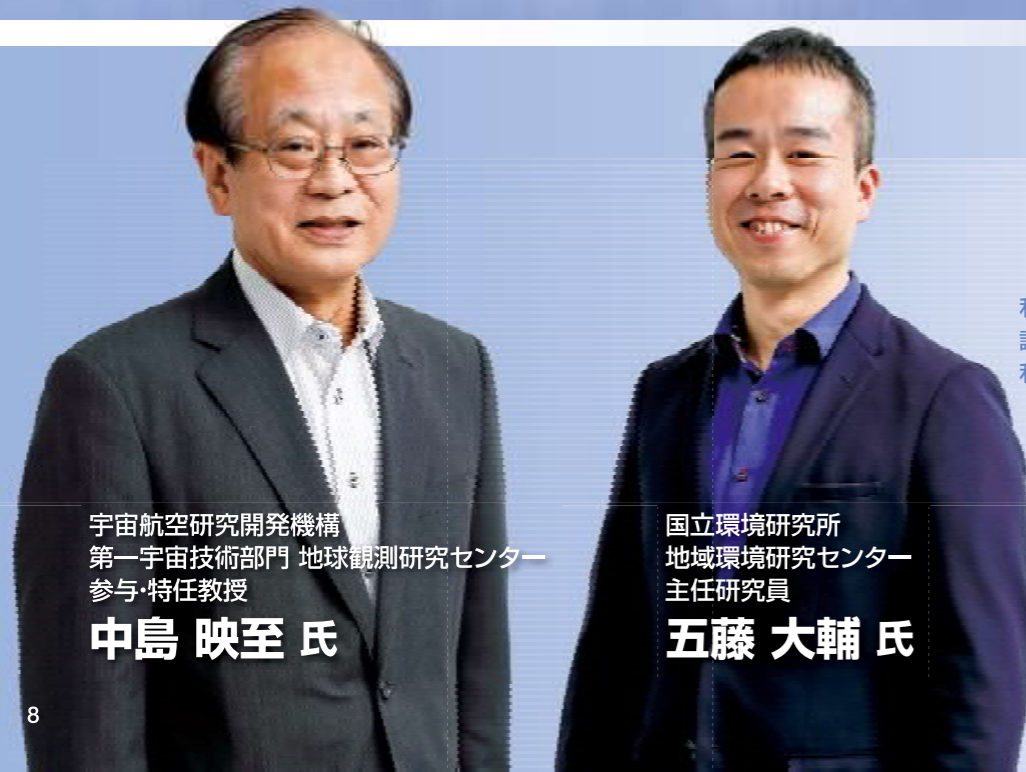
工場や自動車などから放出される種々の大気汚染物質には、PM2.5などのエアロゾルという大気中を漂う微小な粒子が含まれます。エアロゾルの中には太陽光を吸収して気温を上げるものと、反射して気温を下げるものがあります。また、エアロゾルは大気中で様々に変質し、いろいろな場所に存在するため、大気汚染物質の削減が気温にどう影響するかを見積もることは簡単ではありません。そこで、エアロゾルのふるまいを地球規模でシミュレーションし、大気汚染物質の削減策をとった場合の温暖化抑制効果を予測しました。

### 研究成果

- 大気汚染物質であるエアロゾルのふるまいを高解像度でシミュレーションすることにより、今までよくわからなかったエアロゾルの気候効果の理解が進みました。
- このシミュレーション法を用いて、大気汚染物質削減のための3つのシナリオの地球温暖化抑制効果を比較し、どのシナリオを取るべきかを検討しました。

### 未来に向けて

- 本計算システムを使えば、大気汚染物質削減政策の温暖化抑制効果をより詳細に予測できるので、実効のある政策を立案する助けとなります。



宇宙航空研究開発機構  
第一宇宙技術部門 地球観測研究センター  
参与・特任教授  
**中島 映至 氏**

国立環境研究所  
地域環境研究センター  
主任研究員  
**五藤 大輔 氏**

利用計算資源 理化学研究所「京」  
課題番号 hp180012  
利用報告書 <https://www.hpci-office.jp/output/hp180012/outcome.pdf>



## 研究概要

### 大気汚染物質からできるエアロゾルの挙動は複雑

工場の煙、自動車の排ガスなどに含まれる大気汚染物質には、PM2.5などのエアロゾルという小さな粒子が含まれます。その一種である黒色炭素(スス)は太陽光を吸収し、気温を上げる効果があるため、大気汚染物質の放出を削減して黒色炭素の発生を減らせば、地球温暖化を抑制できるのではないかと考えられています。

しかし、大気汚染物質からできるエアロゾルの中には気温を下げる効果をもつものもあります。また、エアロゾルは大気の流れに乗って移動し、その間にほかの物質や雲と作用したり、海に落ちたり、雨に溶けたりとどんどん変化します。このため、大気汚染物質の削減によって、どのぐらい温暖化を抑制できるかは、簡単には予測できません。

そこで私たちのグループは、このようなエアロゾルの複雑なふるまいを高解像度でシミュレーションするために、NICAM-Chemというソフトウェアを開発してきました。これは、地球全体の雲の動きを高精度に計算するNICAMという既存ソフトウェアに、エアロゾルの発生・移動・化学変化・消滅などを計算する機能を加えたものです。計算を高解像度で行うことができたのは、まさに「京」を使ったからです(図1)。

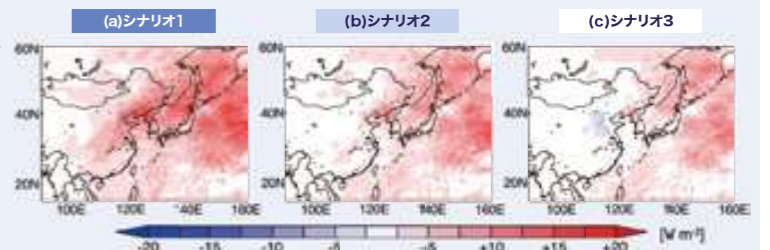


図1 全球3.5kmの高解像度NICAM-Chemで計算をしたエアロゾルと雲の分布

「京」を使った世界最高解像度レベルのエアロゾルシミュレーション結果。色の違いが物質の違いを示しており、地球上には様々な種類のエアロゾルが混ざり合っていることがわかる。

図2 大気汚染物質削減シナリオによる太陽光吸収量の変化

(a)~(c)2030年の太陽光吸収量(専門的には「大気層短波放射フラックス」という量)が2010年と比べてどれだけ変化するかを計算した結果。2030年の3つのシナリオは、国立環境研究所が開発したAIM(温室効果ガス排出量の予測や対策を統合評価するためのソフトウェア)を用いて、社会経済活動に基づいた様々な大気汚染物質削減対策を検討して提案されたもの。これらのシナリオが実現された場合、赤色は2010年よりも太陽光吸収量が増えることを、青色は減ることを示す。シナリオは1から3に向けて規制がきびしくなり、1は現在の対策を続ける場合、2は現在より対策を強め、2°C目標低炭素対策のうち、電気自動車や再生可能エネルギーの導入を推進する場合、3はさらに民生部門(住宅や第三次産業の事業所)を電化し、黒色炭素の削減を大きく進める場合である。2010年からの太陽光吸収量の増加は、シナリオ1(a)ではアジア全体で大きい(赤が濃い)が、シナリオがきびしくなるにつれて減り、シナリオ3(c)では、中国大陸や日本列島など広い範囲で太陽光吸収量が2010年と同等(白)か、減っている(青)。この結果から、いちばんきびしいシナリオ3を実行すれば、特に黒色炭素の削減によって大気を冷やす効果が期待できることがわかる。



研究では、このソフトウェアを用いて、今後、大気汚染物質を減らすための3通りの取り組み(将来シナリオ)を実行した場合、それぞれがどの程度の温暖化抑制効果をもたらすかを予測しました。

### シミュレーションで大気汚染物質削減の効果が確かめられた

シミュレーションは地球規模で行い、特に、アジア地域を詳しく計算しました。まず、2010年のエアロゾルの空間分布を計算したうえで、そのエアロゾルがどのぐらい太陽光を吸収するかを求めました。次に、3つのシナリオを実行した場合に2030年の大気汚染物質放出量はそれぞれどうなるかという予測値(シナリオに基づいて別の研究者が算出)を用いて、同様の計算を行いました。

2030年の計算結果から2010年の計算結果を引けば、太陽光吸収量の変化が求められます(図2)。3つのうちでいちばん規制のきびしいシナリオ3の場合、黒色炭素が大幅に削減され、エアロゾルによる太陽光吸収量は、広い地域で2010年と同程度が減少するという結果が得られました。つまり、このシナリオでは、大気汚染物質の削減により大気を冷却する効果が期待できるのです。

また、高解像度計算ができたことで、今までよくわからなかった黒色炭素の気候効果の理解も進みました。黒色炭素の削減によって大気が不安定になり、上層の雲が増え、その温室効果によって黒色炭素削減の冷却効果を相殺する現象が見られました。つまり、黒色炭素の削減による冷却効果は、これまでの予想よりもかなり小さそうです。

今回のシミュレーションを応用すれば、たとえば「日本中の自動車をすべて電気自動車に替えた場合の温暖化抑制効果」などを精度良く予測できるので、大気汚染物質削減の政策立案に大きく貢献できると考えています。