

戦略的国際科学技術協力推進事業（日本－中国（MOST）研究交流）

1. 研究課題名：「北東アジア域のブラックカーボンの発生、輸送過程の解明と気候変動に関する研究」
2. 研究期間：平成 22 年 2 月～平成 25 年 3 月
3. 支援額： 総額 21,700,000 円
4. 主な参加研究者名：

日本側（研究代表者を含め 6 名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	近藤 豊	東京大学大学院理学系研究科	教授
研究者	小池 真	東京大学大学院理学系研究科	准教授
研究者	茂木 信宏	東京大学大学院理学系研究科	特任助教
研究者	松井 仁志	東京大学大学院理学系研究科	特任助教
研究者	大島 長	気象庁気象研究所	研究官
研究者	梶野 瑞王	気象庁気象研究所	研究官
参加研究者 のべ 11 名			

相手側（研究代表者を含め 6 名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	Jiming Hao	清華大学環境科学工学科	教授
研究者	Kebin He	清華大学環境科学工学科	教授
研究者	Yuxuan Wang	清華大学環境科学工学科	准教授
研究者	Ye Wu	清華大学環境科学工学科	准教授
研究者	Shuxiao Wang	清華大学環境科学工学科	准教授
研究者	Jiayu Xu	清華大学環境科学工学科	准教授
参加研究者 のべ 7 名			

5. 研究・交流の目的

ブラックカーボン（BC）は太陽光を効果的に吸収し、大気加熱効果を持つ。BCは、CO₂に次いで第二の温暖化効果物質と言われている。BCの気候影響は、濃度の時空間分布変動とその光学特性に大きく依存する。中国は世界で最も大きなBC排出国のひとつであるが、排出量とそのトレンドは不確実性が非常に大きい。この不確実性問題を解決するためには、中国国内の様々な地点において大気中濃度と排出量を結びつける高精度の長期間観測を実施する必要がある。そこでまず、清華大学と東京大学は共同で、中国のBCの濃度と排出量を北京、華北平原、揚子江デルタなどの都市域の道路周辺において調査する。また、東京大学は沖縄本島辺戸岬、長崎県福江島、長野県八方尾根において長期間のBC観測を実施している。排出源別、領域別の中国のBC排出量を高精度で見積もり、それと同時に、排出源領域（中国）とその風下域（日本）においてBC濃度を観測することにより、清華・東京大学共同研究チームは、(1)中国国内と北東アジアの風下域におけるBCの領域スケールの気候と大気質への影響を評価し、(2)中国のBC排出量の様々なエネルギー、経済、環境政策シナリオに基づいた推定を行い、(3)気候変化問題および大気質問題の双方にとって効果的な排出規制を検討する。またBC排出量の将来的な削減効果もたらす、領域スケールの気候と

大気質の改善についても評価する。清華・東京大学共同研究チームは、BCが引き起こす気候変化と大気質問題対策に関する長期的な協力体制を構築し、IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 気候変動に関する国家間パネル) の第5次報告書を通して社会に貢献する。

6. 研究・交流の成果

6-1 研究の成果

BCを高精度かつ安定的に測定できるCOSMOS測定器を用いた長期観測を、辺戸岬・福江島・八方において継続して行ったのに加え、中国の北京と台湾のルーリンに新たなCOSMOS測定器を設置した。これらのBCの観測網により、排出源近傍である中国の北京から排出源の下流にあたる辺戸・福江・八方までのBCの同時観測が可能となり、発生源寄与や季節変動など大気境界層内におけるBCの輸送過程の理解が飛躍的に進展しつつある。また、COSMOSのデータを用いて、BCの最大発生源である中国からの排出量の正確な推定を行った。従来のBCの排出量推定には200%程度の大きな誤差があるとされてきたが、本研究によってその不確定性を大幅に減少するに至った。

2009年の春季に東シナ海・黄海上空で行われた航空機観測では、BCの微物理特性やエアロゾル・雲粒の数濃度が0-9kmの高度領域で測定された。この観測のデータ解析により、東アジア域におけるBCの微物理特性(質量濃度・粒径分布・混合状態)やエアロゾルの数濃度・粒径分布の鉛直分布が初めて明らかになった。また、BCの質量濃度や粒径分布の変動メカニズムを、アジア大陸からの大気境界層内の輸送、境界層から自由対流圏への輸送過程と合わせて理解した。さらに、アジア域におけるエアロゾル-雲相互作用(エアロゾル数と雲粒数の対応)を明らかにした。このような東アジアでの高精度エアロゾル観測は初めてであり、アジア域におけるエアロゾル研究全体に大きな貢献をなしたと考えられる。

また、エアロゾルの混合状態・数濃度・粒径分布を表現可能な領域3次元モデルを開発し、地上・航空機観測による検証を行った。このモデルにはエアロゾルの生成・変質・除去を支配する詳細な微物理過程が組み込まれており、従来の領域モデルやIPCCの評価などで用いられてきた全球気候モデルに比べて、エアロゾルの表現が格段に改善した。このような数値モデルの開発は、エアロゾルの直接・間接効果やBCの削減効果を精度良く見積もる上で不可欠なツールとなる。特に、BCの削減効果は、正の放射強制力を低減させるのと同時に、雲粒数を増やすことにより負の放射強制力をもたらす間接効果も同時に低減し、効果を相殺してしまう可能性も考えられ、非常に複雑な過程を含んでいる。詳細なエアロゾル過程が組み込まれた数値モデルによる精度の良い見積りが期待されており、本研究で開発したモデルはそれに答え得ることが期待される。

6-2 人的交流の成果

東京大学の研究員が清華大学を訪問し、観測地点の査察を行うとともに、観測の初期解析結果についての打合せ・議論を行った。(2010年8月)。

また、清華大学グループと密に連携を取り、COSMOS装置のトラブルに伴うメンテナンス・修理等に関して東京大学グループが迅速な対応を行っている。

東京大学に滞在しCOSMOS装置の動作を習得した清華大学の研究員が、中国の観測点における観測のセットアップを行い、長期観測を開始した。清華大学グループと密に連携を取り、COSMOS装置のトラブルに伴うメンテナンス・修理等に関して東京大学グループが迅速な対応を行っている。

7. 主な論文発表・特許等(5件以内)

相手側との共著論文については、その旨を備考欄にご記載ください。

論文 or	・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、	備考

特許	出願番号、出願人、発明者等	
論文	Kondo, Y. N. Oshima, M. Kajino, R. Mikami, N. Moteki, N. Takegawa, R. L. Verma, Y. Kajii, S. Kato, and A. Takami, Emissions of black carbon in East Asia estimated from the observations at a remote site in the East China Sea, <i>J. Geophys. Res.</i> , 116, D16291, doi:10.1029/2011JD015637, 2011.	
論文	Wang, Y., X. Wang, Y. Kondo, M. Kajino, J. W. Munger, and J. Hao, Black carbon and its correlation with trace gases at a rural site in Beijing: Top-down constraints from ambient measurements on bottom-up emissions, <i>J. Geophys. Res.</i> , 116, D24304, doi:10.1029/2011JD016575, 2011.	
論文	Liu, X., Y. Kondo, K. Ram, H. Matsui, N. Oshima, K. Nakagomi, T. Ikeda, N. Oshima, R. L. Verma, N. Takegawa, M. Koike, and M. Kajino, Seasonal variations of black carbon observed at the remote mountain site Happo in Japan, <i>J. Geophys. Res.</i> , DOI: 10.1002/jgrd.50317, 2013	
論文	Matsui, H., M. Koike, Y. Kondo, N. Moteki, J. D. Fast, and R. A. Zaveri, Development and validation of a black carbon mixing state resolved three-dimensional model: Aging processes and radiative impact, <i>J. Geophys. Res. Atmos.</i> , 118, doi:10.1029/2012JD018446, 2013	
論文	Wang, X., Y. Wang, J. Hao, Y. Kondo, M. Irwin, J. W. Munger, Y. Zhao, Top-down estimate of China's black carbon emissions using surface observations: sensitivity to observation representativeness and transport model error, <i>J. Geophys. Res.</i> , in press	