

## 平成 17 年度 COE 海外インターンシップ成果報告書

書類提出先：理学部新 1 号館 837 号室 多圏地球 COE 推進室 提出締切：帰国後 1 ヶ月以内  
提出形式 デジタルファイル (WORD もしくはテキストファイル), および, それを印刷したもの 1 部.

氏名 (ふりがな)	大島 長 (おおしま なが)
学年 (H17. 4. 1 現在) / 指導教員	博士課程 2 年 / 小池 真
学内居室 / 内線番号	新 1 号館 8 階 8 4 1 号室 / 2 4 6 6 7
電子メールアドレス	oshima@eps.s.u-tokyo.ac.jp

訪問先	ノースカロライナ州立大学
国名・所在地	アメリカ合衆国・Room 5151, Jordan Hall, 2800 Faucette Drive Raleigh, NC 27695-8208, USA
期間 (日数)	平成 17 年 11 月 21 日 から 平成 17 年 12 月 20 日 (30 日間)
受入教員 (部局 / 役職 / 氏名)	Department of Marine, Earth, and Atmospheric Sciences / Assistant Professor / Dr. Yang Zhang
受入教員連絡先 (電話・電子メールアドレス)	(919) 515-9688 (Office), (919) 513-4438 (Lab) yang_zhang@ncsu.edu

1. 経過報告：受け入れ先に到着してから帰国まで、時間順に研究に関しての主要な経過 (セミナー参加, 研究発表, ディスカッション, 受けた指導, 行った実験・解析など) を記載. 600~800 字. 本文とは別に, 補足資料として, 画像ファイルも添付すること. 画像は A4 で 2 枚に納まる分量を限度とする.

今回の海外渡航には, 30 日間の COE 海外インターンシップ後に, さらに 28 日間の科学研究費補助金の申請課題による出張が含まれている. この経過報告では, 一連の海外渡航のうち COE 海外インターンシップ期間 (前半期間, 11/21-12/20) の内容について報告をする.

11/21-11/27: Yang Zhang 博士と滞在期間中の研究計画と研究内容の打ち合わせを行った. 自身の研究内容について説明をし, 自分が考えたブラックカーボン (BC) の混合状態を表現するアイデアを説明したが, 用意したアイデアを既存の 3 次元化学輸送モデルに組み込むことには無理があると指摘された. そのため別のアイデアを考える必要性が生じ, BC モジュールの新しい表現方法を考えた.

11/28-12/5: Yang Zhang 博士との研究打ち合わせを行った. 議論の結果, BC モジュールの表現方法が定まった. BC モジュールを組み込むための時間発展型のボックスモデル (MADRID) を頂いた. モデルを動かすために必要なライブラリ等をそろえた. モデルが東大の計算機で動作することを確認した. グループセミナーに参加し, 質問などをし, 議論に加わった.

12/6-12/11: BC モジュールに入力するエアロゾルのデータを作成するプログラムを作成した. モデルのソースコードを読みこんだ. BC モジュールをモデルにどのように組み込むかを考えた.

12/12-12/14: BC モジュールの coding を開始した. エアロゾルを扱うドライバーに, BC モジュールを組み込んだ. 既存のモデルの内容や表現方法について疑問が出てきたので, Yang Zhang 博士と議論をした. また BC モジュールの組み込み方法や表現方法が妥当であるかどうかの確認を行った.

12/15-12/19: 凝縮 (condensation) に関するプログラムと論文を読んだ. 頂いたモデルでエアロゾルの数が保存していないというミスを見つけ, エアロゾルの数が保存するようにモデルを直した. エアロゾルの粒径方向の成長を表現するプログラムをモデルに追加した.

12/20: EPA (米国環境保護庁) を訪問し, CMAQ を開発した Shawn Roselle 博士と会い, CMAQ でのエアロゾルの雲プロセスの表現を教えて頂き, 自分の BC モジュールでの雲プロセスの扱い方などを議論した. またランチでは, 他の EPA のモデル研究者と話をした.

2. 研究上の成果： 解決した問題点やあらたに発見された問題点、今後の研究の進め方について得られたヒントなどを記載. 600字以上.

本研究では、ブラックカーボン（BC）に着目をして、エアロゾルの混合状態や粒径に依存するエアロゾルの成長過程や除去過程を考慮したスキームを作成し、作成したスキームを既存のエアロゾルモジュールである MADRID に組み込むことで、BCの輸送過程を陽に表現することを目的としている。さらに作成したBCモジュールをMM5-CMAQ-MADRIDという既存の3次元化学輸送モデルに組み込むことを最終目標とした。BCモジュールの表現方法やMADRID、3次元化学輸送モデルへの組み込み方法を習得するために、CMAQ-MADRIDの作成者で第一線のエアロゾルの研究者であるYang Zhang博士を訪問し、約2ヶ月間の研究を行った。はじめにBCモジュールの表現方法の考案、次にBCモジュールの作成、及びMADRIDへの組み込み、最後に作成したモデルの検証、及び3次元化学輸送モデルへの組み込み方法の習得を行った。

#### 1. 一連の研究過程

Yang Zhang博士との研究打ち合わせで、日本で用意したBCモジュールのアイデアを既存の3次元化学輸送モデルに組み込むことには無理があると指摘されたことで、別の表現方法をアメリカで考える必要が生じた。しかし、研究テーマの中で何が重要なプロセスで、研究したい現象を評価するためには、どのような考え方、表現方法を採ればよいのか等を考え、英語で議論をしながら研究方針を決め、最終的にBCモジュールを作成することができた。これらの一連の過程は研究においては基本的なことではあるが非常に重要なことであり、自身で解決、達成できたことは、直接的な研究成果とは別の大きな成果であったと思う。

#### 2. モデル研究

私にとってモデル作成は初めての研究手法であったが、CMAQ-MADRIDのようなコミュニティモデルのソースコードを読むことのようなものが得られ、CMAQ-MADRIDの構造・スキーム、モデル内でのエアロゾルの物理過程等の表現方法を理解し、既存のモデルに自身で作成したBCモジュールを組み込んだこと自体が一つの成果であると思う。3次元化学輸送モデルとエアロゾルモジュールとのインターフェースも学んだ。また、今までは単なるモデルユーザーとしての立場や考え方しか持っていなかったが、モデルを作成したことで、公開されているモデルにも表現の限界や問題点などがあることを強く認識させられた。

#### 3. BCモジュールの作成とその結果

- 凝縮（condensation）スキームとして、“kinetic approach”を用いた。公開されているCMAQ-MADRIDで使用されている従来の凝縮スキームは微小粒子と気体は平衡状態を仮定していたが、今回のモデルでは平衡を仮定することなく凝縮の方程式を解く方法を用いることで、より正確に凝縮を表現した。
- 既存の新粒子生成（new particle formation）のスキームには問題点があることが分かった。存在する気体の硫酸の大部分が新粒子生成で使用されてしまい、凝縮に使用される分が不足してしまっていた。また、本来は新粒子生成と凝縮はモデル内では同時に解くべきプロセスであるが、モデルでは独立のプロセスとして扱っていることも問題であることが分かった。
- エアロゾルの混合状態をBCのmass fractionを用いて定義した。ここではBC mass fractionが0-80%, 80-90%, 90-100%の三種類を仮定して、モデルに組み込んだ。エアロゾル粒子の成長を追跡する上で、混合状態の変化と粒子直径の変化を同時に扱うようにした。
- エアロゾル表面での気体の不均一反応をBCモジュールに取り入れた。
- 日本で行われた航空機観測の結果と比較をするために、航空機観測の条件をモデルに設定した。光化学係数（J）は日本の値を設定した（1時間ごとの日変化を考慮）。気体の化学スキームとしてはC B 4を用いた。
- 晴れの気象条件で、航空機観測とモデルの結果の比較を行った。硫酸塩エアロゾルの生成量は、モデルは観測値を大幅に過小評価していた。
- 凝縮による各混合状態のBCのサイズ分布の時間変化は、理論的に妥当な結果であった（図1）。この結果から、作成したBCモジュールの表現方法は妥当であったことが示された。
- 観測値と同程度の硫酸塩エアロゾルが生成された条件下で、BCを含むエアロゾルが疎水性から親水性へと変化する時定数を見積もった。BC mass fractionが80%以下の状態を親水性と仮定した場合、凝縮によるBCの時定数は質量計算で約2.5時間と見積もられた（図2）。これらは初期結果であるが、一般的に報告されているBCの時定数と比較して妥当な値であり、作成したBCモジュールの有効性が示唆された。また、エアロゾル粒子は主に硫酸とアンモニアの凝縮によって被覆（coating）されていた（図3）。
- 気象パラメータの変化によるモデルの感度実験を行った。水蒸気量を増加させると、H<sub>2</sub>O<sub>x</sub>量が増加し、大気酸化力が増加し、気体の硝酸や硫酸の量が増大した。その結果、凝縮により生成するエアロゾルの質量も増大し、特に硝酸塩エアロゾルの変化が大きかった。

#### 4. モデル研究者との交流

インターンシップ訪問先のYang Zhang博士のもとでの研究やEPAのShawn Roselle博士との議論など、第一線のモデル研究者と交流する機会を得られたことは非常に有意義であった。今までも国際学会等で数分間くらいの議論を海外の研究者とすることはあったが、1対1で数時間以上の時間をかけて自身の研究テーマやその重要性について議論をする機会はなかった。今回の一連の渡航によって、多くの有意義な議論をすることができ、また今後の自身のモデル研究を進める上で、モデル研究者によるサポートを期待できるようになった。

3・ インターンシップ制度についての意見, 感想, 提案等. (分量自由, 必要に応じてスペースを増やしてよい). 研究以外の側面も書いてよい.

学生の時期に海外の研究機関を訪問し、研究をするという機会を得られたことは非常に有意義であった。研究で得られた直接的な研究成果だけでなく、海外で苦労しながらも研究を進め、初期的な結果を得られたという過程自体が有意義な成果だと思う。海外の第一線の研究者と議論をしながら研究を進めるという経験をするためには、それなりの長い滞在期間が必要であると思われるので、COE海外インターンシップ制度は非常に有意義であると思う。ただ一ヶ月という期間は少し短いように思われる。私の場合、研究が軌道に乗りはじめたのは、渡航して3週間が過ぎてからであった。ある程度日本で研究を進め、はじめから渡航先でやることを明確にしておき、海外の研究機関に着いたら後は予定通りやるだけという状況ならば、もっと早く軌道に乗ることができるかもしれない。私の場合は、新しい研究テーマであり、日本で考えたアイデアを持って渡航したが、受入教員との議論の結果、もう一度アイデアを考え直す必要が生じ、最初の2週間でアイデアの練り直しに使ってしまった。しかし、新しい研究テーマの表現方法を海外で考え、受入教員と議論をしながらモデルを作成し、最終的には初期的な結果を得られたので、非常に密度の濃い有意義な経験ができたと思う。このような素晴らしい機会を提供していただいたCOE海外インターンシップ制度に心から感謝をしたい。

研究以外についても記載する。海外渡航の時期と滞在施設の場所には注意をした方がよいと思う。アメリカの場合だが、私の渡航期間は大学の冬休みにあたり、冬休み期間は学食や大学内のバスなどが全て休みになってしまった。幸い私の宿泊した施設は大学のアパートで、研究室は徒歩圏内にあり、アパートの周辺には大型スーパーやレストランなどがあったので、非常に助かった。都心の大学の場合はあまり問題ないかもしれないが、アメリカの地方大学では、車がないと買い物などに出かけるのも一苦労だと思う。重い荷物を持って歩くことになる。

英語についてだが、予想通り苦労をした。特に、予想しない内容を相手が話した場合の聞き取り、多くの人数での対話、細かい内容を相手に伝えること、正確な内容での即答が厳しかった。また、聞き取りの重要性を再認識した。可能ならば、日本で英語の訓練をしてから渡航した方がよいと思う。もちろん、英語での議論も研究内容の深い理解があってこそ成り立つものなので、研究内容についても深く考えて整理しておく必要がある。英語表現に自信がない場合や複雑な話をする場合は、研究内容を頭の中でしっかりと整理をしておかないと、相手に正しい内容を伝えることは難しくなると思われる。

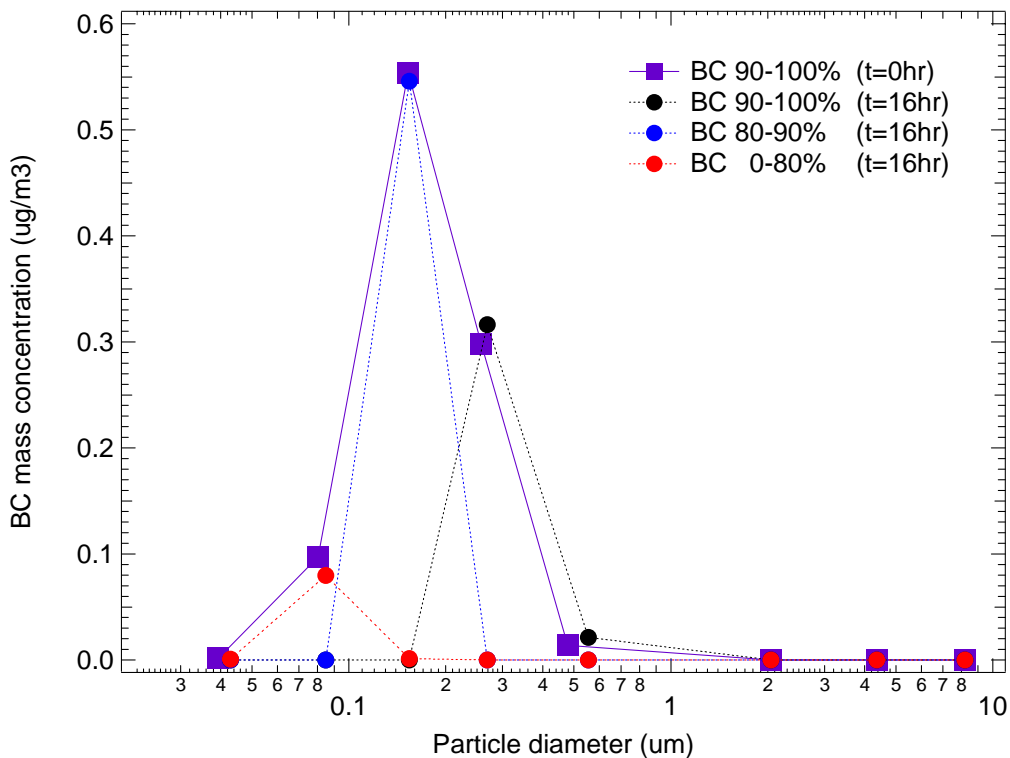


図1. 凝縮 (condensation) のみを考慮した場合での各混合状態のエアロゾル粒子中に含まれるBCの質量のサイズ分布。初期状態のBCのサイズ分布 (紫色の四角印) と16時間後の各混合状態のBCのサイズ分布 (黒、青、赤色の丸印)。粒径が小さいBCほど被覆 (coating) が進み、BC mass fractionが小さくなり、親水性の混合状態へ移る (BC 0-80%、赤色)。粒径が大きいBCは被覆が進まず、疎水性の混合状態に残り続ける (BC 90-100%、黒色)。中間の粒径のBCは、16時間後にはBC 80-90%の状態へ移った (青色)。この結果から、凝縮による被覆の増大の寄与は、小さい粒径の方が大きい粒径よりも大きいことが分かる。

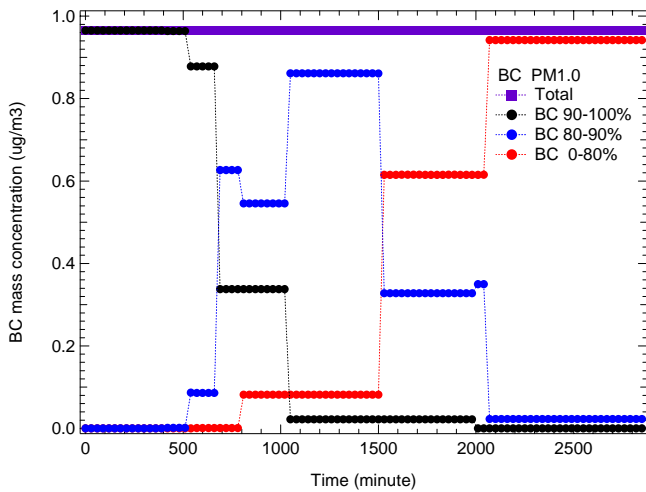


図2. 各混合状態のエアロゾル粒子中に含まれるBCの質量の2日間の時間変化 (PM1 < 1 $\mu$ m)。初期状態ではBCは全て疎水性の状態(黒色)にあったが、約1500分後にはその64%が親水性の状態(赤色)へと移動していた。

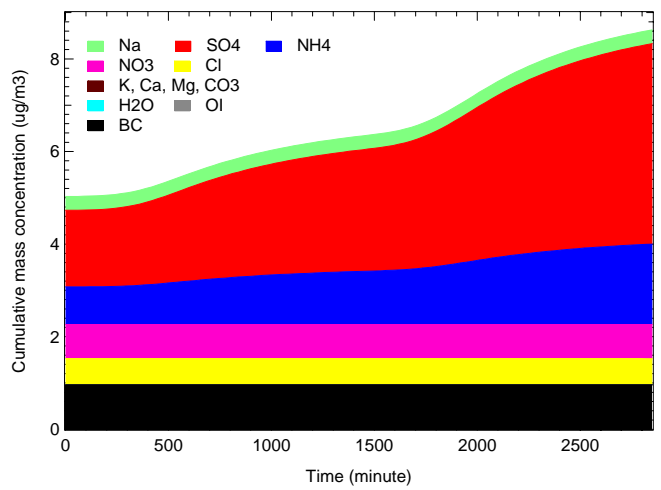


図3. 全ての混合状態を足し合わせたエアロゾル粒子中に含まれる各エアロゾル組成の質量の2日間の時間変化 (PM1 < 1 $\mu$ m)。凝縮によって硫酸塩エアロゾルとアンモニウム塩エアロゾルの質量が増大していた。



1. 受入教員のYang Zhang博士と私。研究室のドアの前で。



2. 研究室の何人かのメンバーと私。研究室の部屋で。



3. 滞在した大学のアパート。設備も充実していた。



4. お世話になった近くのスーパーマーケットFOOD LION。