

科学研究費補助金研究成果報告書

平成22年 6月30日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19710024
 研究課題名 (和文) 東アジア域における人為起源排出量推計の不確実性要因の解明と高精度化
 研究課題名 (英文) Understanding uncertainties of anthropogenic emission estimation over East Asia

研究代表者
 山地 一代 (YAMAJI KAZUYO)
 独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・研究員
 研究者番号：40399580

研究成果の概要 (和文)：中国における野焼き起源の排出量に着目し、daily agricultural burning emission inventory を作成した。この emission inventory を物質化学輸送モデルに取り込み、東アジア域の大気物質濃度のモデルによる再現性の向上に成功した。さらに、野焼きによる大気物質濃度への影響を定量的に評価した。その結果、中国の野焼きの影響は、6 月前半に集中する事が判明した。さらに、人為起源の BC と CO の排出量が、2 倍程度過小であることを指摘した。

研究成果の概要 (英文)：A daily agricultural burning emission inventory as for open crop residual burning in China has been developed. The inventory has made a success to simulate well atmospheric concentrations over East Asia by a regional transport model. Additionally, the impact of open crop residual burning on air quality over East Asia has been evaluated numerically. The impact of open crop residual burning of China has concentrated in early June. This study has pointed out that anthropogenic CO and BC emissions were underestimated by a factor of 2.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,700,000	0	1,700,000
2008年度	0	0	0
2009年度	600,000	180,000	780,000
総計	2,300,000	180,000	2,480,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：環境変動、物質循環、環境モデル

1. 研究開始当初の背景

著しい経済成長や人口の増大の続く東アジア地域において、人間活動から排出する大気汚染物質が、深刻な環境問題を招いている。この問題は、人為起源排出量の集中するアジ

ア大陸東岸地域に留まらず、半球規模の越境大気汚染や地球温暖化等の地球環境へ及ぶと危惧されており、広域大気汚染対策が国際的な課題となっている。この問題の解決の為に、観測・モデル・排出インベントリの研究

が精力的に進められていた。しかしながら、今なお、エミッション・インベントリとそれを用いたモデルシミュレーション結果に含まれる不確実性は非常に大きい。海洋研究開発機構の観測グループは、国連環境計画（UNEP）の新しいプロジェクトである Atmospheric Brown Cloud (ABC) -Asia へ参加し、2004 年より O_3 および CO の長期観測の本格的稼働を実現させ、中国国内の観測データを蓄積している。2006 年 6 月には、中国華北平原において、集中観測を行い、種々のガス・エアロゾル成分と気象の統合的な観測データ取得に成功した。これらの結果は、今までのモデル研究で予測されている以上に大気汚染が進んでいる可能性を示唆した。一方、本研究に先立って行った、2004、2005 年におけるモデルシミュレーションは、対流圏 O_3 の日変動・季節変動特性を良く捉えられていた。しかし、非常に高い O_3 濃度（120ppbv 以上）を再現できない、稀に、高濃度・低濃度のイベントを再現できていない等の問題点が判明した。このモデルが観測を再現できないと言う問題の原因の一つは、agricultural burning 起源排出量の推計の時間的な粗さにある事が予想された。モデルシミュレーションによる観測値の再現性の限界は、エミッション・インベントリが負う部分が大きいため、その飛躍的な精度の向上の重要性を認識し、本研究課題の提案に至った。

2. 研究の目的

領域化学輸送モデル（CMAQ）とエミッション・インベントリ（REAS）を用いた複数のモデル実験を行い、その結果を bottom-up 型の排出量推計にフィードバックさせ、エミッション・インベントリの改良および再構築を目指す。まず、Streets ら [JGR, 2003] の年間推計値に頼っていた、agricultural burning 起源の排出量に季節変動性を与える。一方、bottom-up 推計方法による排出量推計の見直しを行う。また、詳細な観測データが得られている、2006 年 6 月について、agricultural burning の効果を週一日単位で評価する。これらの結果に基づき、daily agricultural burning emission inventory を構築する。本研究で構築したエミッション・インベントリを CMAQ で利用し、モデルシミュレーションを実施し、大気物質濃度の再現性を確認する。さらに、agricultural burning による大気物質濃度への影響を定量的に評価する。

3. 研究の方法

東アジアの agricultural burning から排出される大気物質量の推計に係わる基礎情報

（monthly および daily の hotspot データ、農作物収穫時期データ、農業残差量、emission factor など）を入手し、bottom up 手法による、国および行政区毎の排出量推計を行う。領域毎に推計された排出量を、土地利用データや hot spot データを用いて、daily gridded agricultural burning emission inventory を構築する。hot spot データは、連続する 5 日間の値をスムージングして利用する。構築したエミッション・インベントリを、モデルに取り入れ、シミュレーション実験を実施する。利用するモデルは、Models-3/Community Multiscale Air Quality (CMAQ) Ver.4.4 と Regional Atmospheric Modeling System (RAMS) Ver. 4.3 である。CMAQ の計算対象領域は、水平方向に 80km 格子で 78×68 、鉛直方向に 14 層（最下層 150m、最上部約 23km）、RAMS の計算対象領域は、水平方向に 80km 格子で 100×70 、鉛直方向に 23 層（最下層 150m、最上部約 23km）で、モデル領域の中心は、 $25^\circ \text{ N} \cdot 115^\circ \text{ E}$ である。気象場の計算に際しては、初期値等は、NCEP Final Analysis (FNL from GFS) (ds083.2) (1 degree, every 6 hours) を利用した。CMAQ の化学・エアロゾルスキームは、Statewide Air Pollution Research Center Ver.99 (SAPRC-99) と 3rd generation CMAQ aerosol module (AERO3) (SORGAM, ISSOROPIA, RPM を含む) を利用する。側面境界濃度は、chemical AGCM for study of atmospheric environment and radiative forcing (CHASER) の日平均値を与える。agricultural burning 以外の排出量は、人為起源 (Regional emission inventory in Asia, REAS Ver.1.0 (2006 年の予測値))、自然起源 VOC (GEIA)、野焼き以外のバイオマス・バーニング (ACCESS) の値を用いる。モデル実験に関しては、野焼き起源の排出量入りモデル計算と野焼き起源の排出量無しモデル計算を行ない、中国の野焼きの影響を算出する。

4. 研究成果

bottom up 手法による排出量推計と衛星データ (hot spot、土地利用情報等) を利用して、daily agricultural burning emission inventory を構築した。図 1 に、日毎の排出量変化が考慮された emission inventory map を示す。時間分解を決定する際に、複数の感度実験を実施し、月、週、日単位の何れの hot spot データを用いる事が妥当であるか検証し、日単位の hot spot データを採用した。また、衛星データ気象条件に左右され欠損値が多く含まれるため、本研究では、連続する 5 日間の値をスムージングして利用した。中国華北平原の daily emission に着目すると、多数のホットスポットが確認された 6 月前半

において、野焼き起源の高い排出量が割り当てられた (図 1 参照)。また、この期間の野焼きの寄与は、中国華北平原の中心領域において、6 月 7 日に排出量の割当が最大となり (図 2 c、d 参照)、野焼きの影響は、それぞれ 44% (NO_x)、60% (CO)、63% (PEC)、69% (POC) となった。

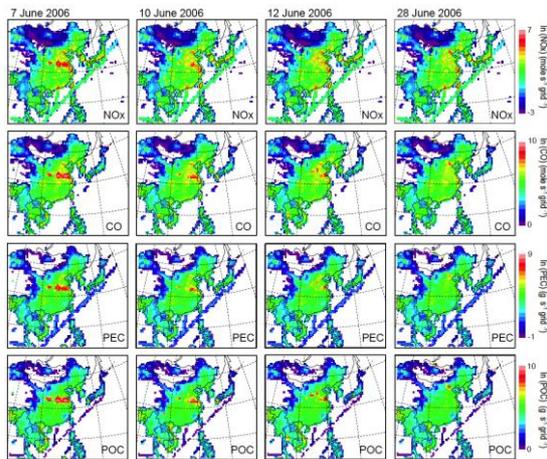


図 1 排出量分布図

図 2 a-b は、中国華北平原に位置する泰山での観測とモデルの気象場 (風向風速と相対湿度) を示す。モデルは、泰山における気象場を比較的良く再現できている事が分かる。さらに、図 2 e-f は、オゾン (O₃)、CO、ブラックカーボン (BC)、オーガニックカーボン (OC) の観測とモデルの結果を示す。モデルは、従来の計算結果 (R00AAM) と今回の daily 排出量の影響を考慮したもの (R06YDD) をプロットした。野焼き起源の日々の影響を考慮したエミッション・インベントリを利用する事で、モデルの再現性が劇的に向上した。例えば、日平均濃度に対するモデル・観測間の相関係数は、0.34 (O₃)、0.11 (CO)、0.04-0.15 (BC)、0.32 (OC) から 0.61 (O₃)、0.55 (CO)、0.64-0.69 (BC)、0.63 (OC) へ、大幅に改善された。また、O₃ の月平均は、80.8ppbv となり、観測値 (81.3ppbv) に非常に近い。また、華北平原南部の野焼きの影響と風向の変化によって引き起こされた、6 月前半の特徴的な濃度変動 (6/5-7 と 12-13 の 2 度の濃度ピークとこれらの日 (6/10) の低濃度) は、本研究において、非常に良くシミュレートされた。特に、この間、従来の計算結果 (R00AAM) では、CO、BC、OC の日平均濃度は、非常に低い値 (200 ppbv (CO)、0.5 μg m⁻³ (BC)、2 μg m⁻³ (OC)) を変動しているのに対して、本研

究結果 (R06YDD) は過小ではあるが濃度ピーク (例えば、6 月 7 日、700 ppbv (CO)、4 μg m⁻³ (BC)、20 μg m⁻³ (OC)) を再現した。本研究は、6 月の華北平原域の高濃度汚染をモデルで再現する為には、OCRB 起源 daily gridded emission data が不可欠である事を示した。一方、CO と BC の日平均濃度に関しては、本研究で作成したエミッション・インベントリを利用してモデルが 2 倍程度過小である事が指摘された。

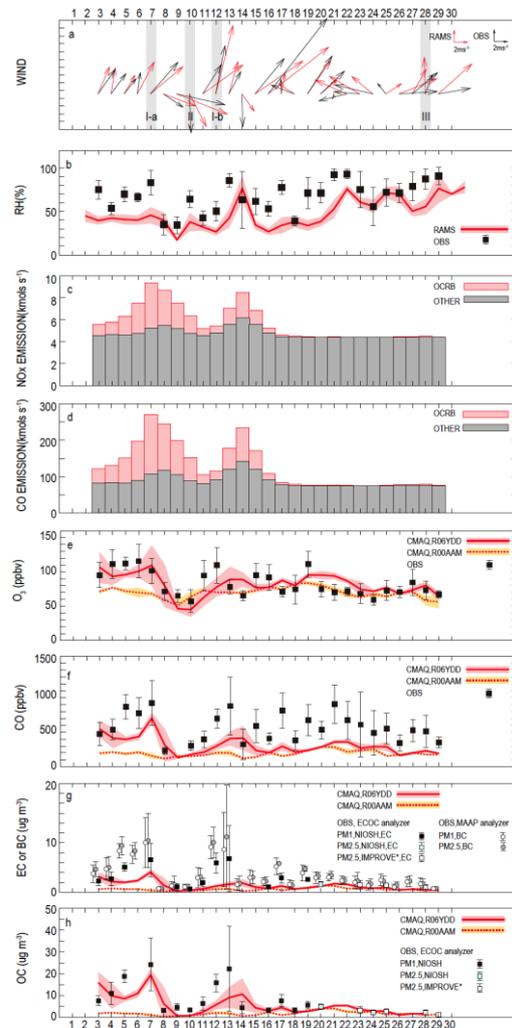


図 2 観測とモデルの比較。風向風速 (a)、相対湿度 (b)、NO_x 排出量 (c)、CO 排出量 (d) オゾン (e)、CO (f)、ブラックカーボン (g)、オーガニックカーボン (h)

図 3 は、日平均大気物質濃度の空間分布を示す。6 月 7 日、野焼きの影響は、華北平原中心部では 12% (O₃)、35% (CO)、56% (BC)、80% (OC) と、非常に大きい。6 月 10 日は、北西からの比較的清浄な大気の影響を受ける泰山では、野焼きの影響がほぼゼロとなる

が、華北平原全体を見ると、相当高い(6% (O₃)、20% (CO)、43% (BC)、53% (OC))。6月後半には、華北平原における大気汚染物質濃度に対する野焼きの影響はほぼゼロになる。本研究は、中国華北平原南部の野焼きの影響を強く受ける6月上旬、この地域の大気汚染状態が悪化する事を示した。また、この野焼きの影響は、日平均濃度に注目すると、北東アジアの広い地域に影響する事が示された。

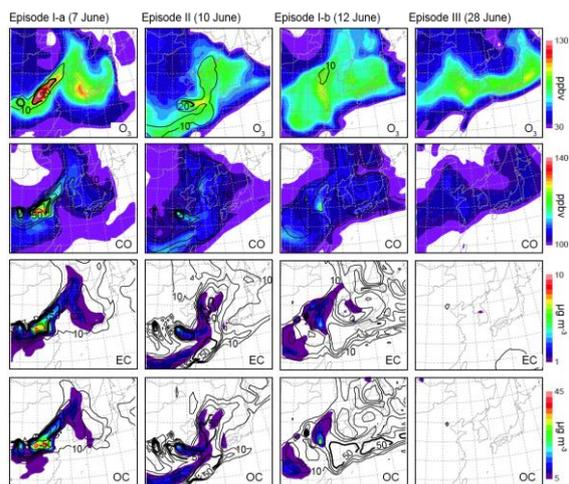


図3 O₃、CO、BC、OC濃度の空間分布(カラー)と野焼きの影響(コンター)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計5件)

① K. Yamaji, J. Li, I. Uno, Y. Kanaya, Y. Komazaki, P. Pochanart, Y. Liu, M. Takigawa, T. Ohara, X. Yan, Z. Wang, and H. Akimoto, Impact of open crop residual burning on air quality over Central Eastern China during the Mount Tai Experiment 2006 (MTX2006), Atmospheric Chemistry and Physics Discussion, 査読有, Volume 9, 22103-22141, 2009

② K. Yamaji, T. Ohara, I. Uno, H. Tanimoto, J. Kurokawa, P. Pochanart, H. Akimoto, Future Prediction of Surface Ozone over East Asia using the Models-3 Community Multi-scale Air Quality Modeling System (CMAQ) and the Regional Emission Inventory in Asia (REAS), Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 査読有, Volume 113, Article Number D08306, doi:10.1029/2007JD008663, 2008

③ J. Li, P. Pochanart, Z. Wang, Y. Liu, K. Yamaji, M. Takigawa, Y. Kanaya, H. Akimoto, Impact of Chemical Production and Transport on Summertime Diurnal Ozone Behavior at a Mountainous Site in North China Plain, SOLA, 査読有, Volume 4, 121-124, 2008

④ J. Li, Z. Wang, H. Akimoto, K. Yamaji, M. Takigawa, P. Pochanart, Y. Liu, Y. Kanaya, Regional-scale modeling of near-ground ozone in the Central East China, source attributions and an assessment of outflow to East Asia? The role of regional-scale transport during MTX2006, Atmospheric Chemistry and Physics Discussion, 査読有, Volume 8, 3159-13195, 2008

⑤ 山地一代, 秋元肇, 特集/光化学オキシダント問題は今: 最近のモデル研究による東アジアオゾン汚染の現状と将来予測、源環境対策, 査読無, Volume 43, 28-35, 2007

〔学会発表〕(計6件)

① K. Yamaji, J. Li, I. Uno, Y. Kanaya, H. Akimoto, Impact of open crop residual burning for air quality of central east China in 2006, 8th Annual CMAS Conference, 2009年10月19-21日, Chapel Hill, NC

② 山地一代, 鶴野伊津志, 金谷有剛, 駒崎雄一, 大原利眞, 秋元肇, 中国華北地方におけるバイオマスバーニングによる大気質への影響, 第50回大気環境学会年会, 2009年9月16-18日, 横浜市(慶應義塾大学 日吉キャンパス)

③ 山地一代, 滝川雅之, J. Li, 鶴野伊津志, 金谷有剛, P. Pochanart, 駒崎雄一, 秋元肇, 華北平原の野焼きによる大気質への影響評価, 日本地球惑星科学連合2009年大会, 2009年5月16-21日, 千葉市(幕張メッセ国際会議場)

④ K. Yamaji, Model simulation of gases and aerosols at Taishan using CMAQ/RAMS and REAS, The Second International Seminar on High-mountain Air Quality Monitoring Technology and Simulation, 2007年2月6日, Beijing

⑤ K. Yamaji, T. Ohara, I. Uno, J. Kurokawa, H. Akimoto, Future Prediction of Surface Ozone over East Asia up to 2020, 6th Annual CMAS Conference, 2007年10月1-3日, Chapel Hill, NC

⑥ 山地一代, 大原利眞, 鶴野伊津志, 金谷有剛, ポチャナー トバクボン, 劉宇, 駒崎雄一, 秋元肇, 王自発, 中国泰山集中観測におけるガス・エアロゾル濃度のモデル解析, 第48回大気環境学会年会, 2007年9月5-7日, 岡山市(岡山理科大学)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山地 一代 (YAMAJI KAZUYO)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・研究員

研究者番号: 40399580