

メソスケール気象モデルを用いた森林火災からの汚染物質の対流による輸送特性の解析

豊橋技術科学大学 正会員 倉田学児
豊橋技術科学大学 正会員 北田敏廣
豊橋技術科学大学 学生員 西沢匡人

1.はじめに

インドネシアやマレーシアを始めとした東南アジア諸国では数年おきに激しい森林火災が生じており、そこで発生する大量の汚染物質は、近隣地域に深刻な大気汚染を引き起こすだけでなく、地球規模の大気化学へも大きな影響を及ぼしているものと注目されている。航空機を用いた観測により熱帯対流圏の上部では、バイオマス燃焼起源と思われるCOやオゾンが高濃度となっている層が見つかっている。バイオマス燃焼に伴って排出されたCOやNO_x、炭化水素などの汚染物質が対流圏の大気化学に及ぼす影響を明らかにするために、多くの研究者により3次元の輸送・反応モデルを用いた数値解析などが行われているが、バイオマス燃焼からの各種の化学物質の排出源を地表面に設定している点が、計算結果が観測結果をうまく表現できない原因の一つではないかと考えられてきた。大規模な森林火災では、それ自体が汚染物質をすばやく上空へ輸送するための力を持っていると考えられるからである。

本研究は、その森林火災の面積・燃焼による大気加熱量・及び総観規模での気象場の違いによって汚染物質がどのように上空に輸送されるのかをメソスケール気象モデルであるPSU/NCARのMM5と3次元輸送・拡散モデルを用いて推定したものである。

2.方法

計算領域は、図1のインドネシアのスマトラ島南東部、ジャワ島中部、マレーシアのボルネオ島北部のそれぞれを中心とした約540km四方の領域である。それぞれの領域は、総観規模の大気の安定性が異なっている。水平方向には3段階のネスティングによって最小格子長を1kmとし、鉛直方向は地表から100hPaまでを不等間隔で24層に取った。初期条件と境界条件には、1994年9月15日の7:00(現地時間)から24時間のECMWFの1°×1°の客観解析データを用いた。それぞれの計算領域の中央部で森林火災が生じたと仮定して、火災周辺での熱的に誘導された上昇流と周囲の積雲対流を含む流れ場を再現した。森林火災の想定面積は9km×9kmと3km×3kmの2通りで、単位面積あたりの加熱量は0.5kW/m²～2.0kW/m²に設定した。この値は熱帯季節林の1～6年分の純一次生産が24時間で燃焼するとして算出した。MM5で計算した5分毎の流れ場を3次元輸送・拡散モデルの入力とした。

3次元輸送・拡散モデルでは、3時間毎に火災域の地表に接する最下層にトレーサーを一定濃度で配置し、それがその後60分でどのように輸送されるかを調べた。計算を行ったケースは表1の通りである。

3.結果と考察

図2は、午前10時にトレーサーを初期化して、その60分後のそれぞれのケースの鉛直断面内でのトレーサーの濃度分布と、昼間の4回の計算[10:00, 13:00, 16:00, 19:00]から得られた60分後のトレーサーの各高度での水平方向の積算値の鉛直プロファイル[無次元]である。

まず、Case1は火災による加熱の無い場合であるが、日中の大気境界層の活動による鉛直拡散は見られるが、自由対流圏への輸送は見られない。これとCase2からCase4を比較すると火災による加熱量が増えるにつれて、地表面近くに残留しているトレー

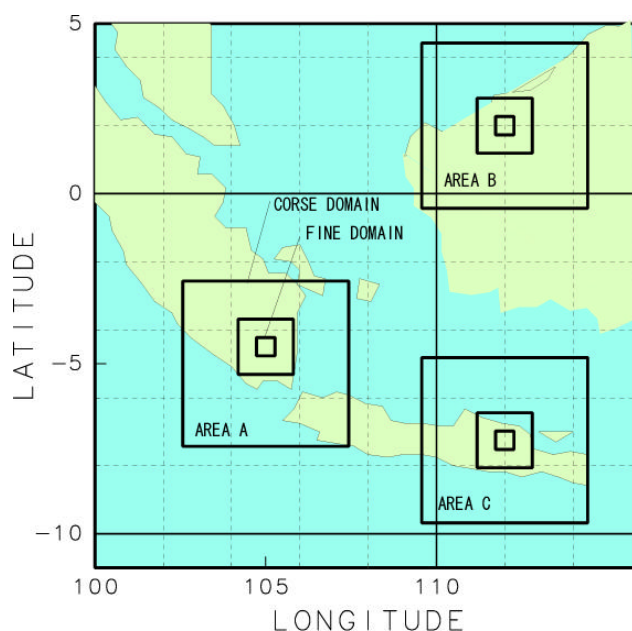


図1. 計算対象エリア

表1. シミュレーションのケース

ケース	場所	加熱量 (kW/m ²)	面積 (km ²)
1	スマトラ島(A)	0.0	-
2	スマトラ島(A)	0.5	9km×9km
3	スマトラ島(A)	1.0	9km×9km
4	スマトラ島(A)	2.0	9km×9km
5	スマトラ島(A)	1.0	3km×3km
6	スマトラ島(A)	2.0	3km×3km
7	ボルネオ島(B)	1.0	9km×9km
8	ジャワ島(C)	1.0	9km×9km

キーワード：バイオマス燃焼、メソスケールモデル、輸送・拡散モデル、MM5

連絡先 (441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1 TEL 0532-44-6918 FAX 0532-44-6929)

サーの量が減少するとともに、鉛直プロファイルに見られるピークの高度が高くなっている事がわかる。これは、9km×9km という大規模な火災では、火災域の上空に熱的な上昇気流が生じると共に、地表面近くが収束域となって効率的に汚染物質を上空へ輸送していることを表している。

次に case5, case6 では、単位面積あたりの火災による加熱量は同じで、火災の面積だけを3km×3km に小さくした場合であるが、前のケースに比べて地表近くに残留するトレーサーの量がかかなり多く、上空へ輸送される量も少なくなっている。組織的な上昇流を形成するには、火災の面積が重要であることが示唆される。

次に caes7 と case8 では、総観規模での大気安定性がどのように鉛直輸送に影響するかを調べた。case7 は熱帯収束域(ITCZ)に近く、積雲対流活動の活発な場所である。この場合には、周囲の活発な積雲対流によって 10000m を超える高度にまで汚染物質が輸送されている。しかし、逆に激しい対流活動のために、火災域がしばしば下降流の支配下になる場合があり、境界層内部で水平に輸送されて下層に残留するトレーサーも随分多いことが分かる。case8 は case1~6 よりもさらに安定な気象条件下にあるが、その安定性のために、上昇流が抑圧されて case-3 よりも低い位置にピークが現れており、またピークも鋭くなっている。この事は、安定した成層にある大気では、上空に高濃度の汚染層を形成する可能性のある事を示唆していると言える。

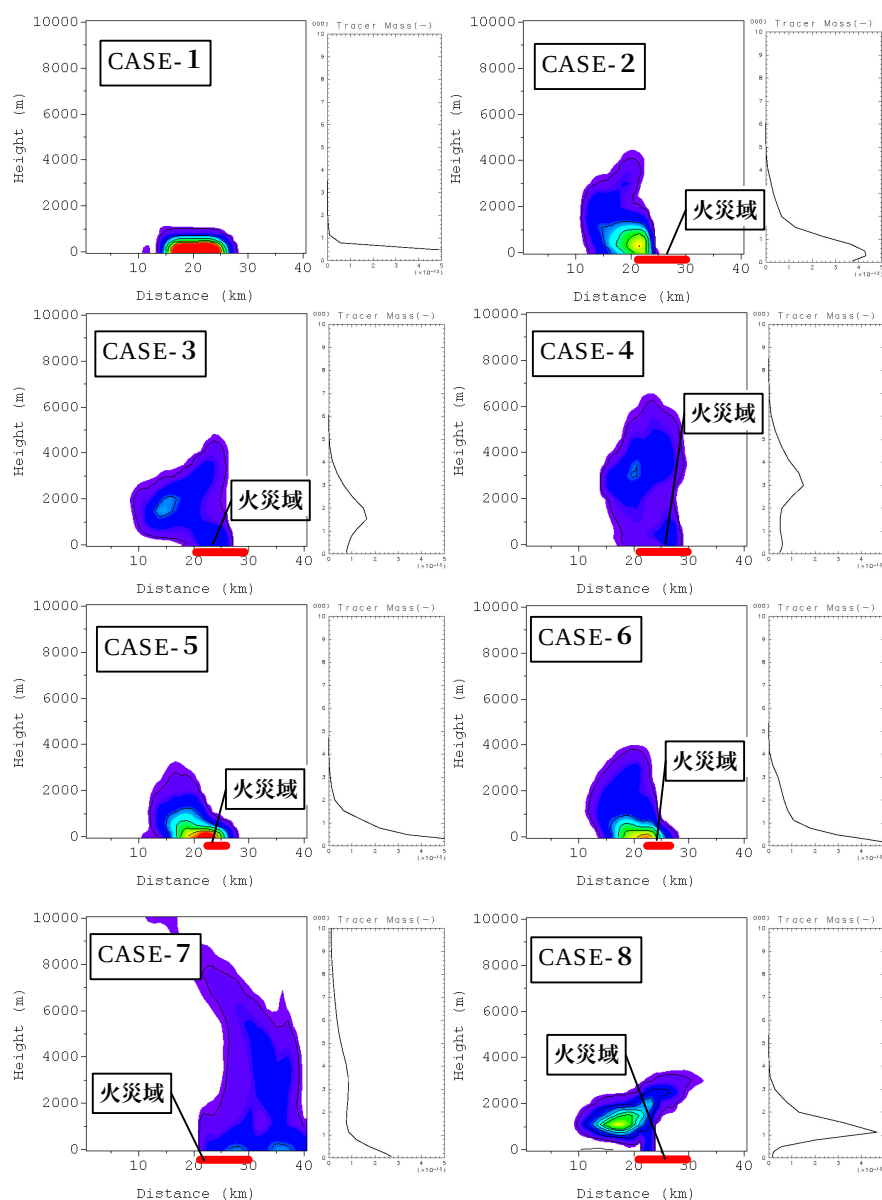


図2 各ケースのトレーサーの鉛直分布と鉛直プロファイル

4.おわりに

本研究の結果から、森林火災による熱的に誘導される上昇流は、熱帯地域の積雲対流の活動に比べると、ずっと弱いものであるが、上昇流の生じる場所が常に火災からの汚染物質の排出源と重なることから、効率的に汚染物質を自由対流圏へ輸送する能力を持っていることが明らかとなった。この結果を3次元化学輸送モデルのサブグリッドスケールのモデルとして一般化するためには、さらに様々な気象条件や火災規模によって計算を行う必要があるが、本研究で扱った火災面積・加熱量・総観規模での大気安定性は、いずれも重要なパラメータであることが明らかとなった。また、実際の森林火災では、植生・土壌・気象条件などによって、燃焼状況やそこから排出される化学物質の質や量が大きく異なると考えられる。人工衛星を使ったりリモートセンシングによりある程度の情報は取得可能であると考えられ、今後さらなる検討が必要である。

[参考文献] [1] Kitada, T. & Nishizawa, M., Modeling study of the long range transport of acidic pollutants over East Asia and the west Pacific ocean – Sensitivity of acid deposition to scavenging model parameters and emission source distribution -, *Journal of Global Environment Engineering*, **4**, pp. 1-29, 1998 [2] 倉田学児・北田敏廣、メソスケール気象モデルを用いた熱帯地域でのバイオマス燃焼に伴う汚染気塊の初期輸送高さの推定、第40回大気環境学会年会講演概要集、p527、(1999)