

BC、OC 粒子の全球規模排出源と濃度分布の推定
ー化石燃料燃焼の寄与ー

豊橋技術科学大学 白川 夢
豊橋技術科学大学 正会員 北田敏廣
豊橋技術科学大学 正会員 倉田学児
豊橋技術科学大学 我谷 薫
豊橋技術科学大学 稲垣亮太

1. 緒言

大気中を浮遊する微粒子であるエアロゾルは、地球大気の放射収支を変化させ、気候変動に影響を与える物質として注目されている。化石燃料やバイオマスの燃焼によって人為的に排出されるエアロゾルによる気候への影響を解明し、これを制御することは地球温暖化問題解決への重要なアプローチである。しかし、これらの影響は複雑な物理化学過程を伴っているため、未だに多くの不確定性を含んでいる。本研究で取り上げている炭素含有エアロゾルには、温暖化促進の効果を持つとされる元素状炭素（Black Carbon: BC）と、抑制の効果を持つとされる有機炭素（Organic Carbon: OC）があり、それぞれの輸送過程、大気中での濃度を知ることは、温暖化に対する影響を評価する上で重要な要素である。しかし、これらのエアロゾルの地球規模での観測は非常に難しく（例えば衛星による解析も陸上は難しい）、また測定値だけでは排出源と濃度場を直接結びつけることができない。そこで、地球規模での輸送や濃度分布の推定を行うモデルが必要となる。本研究では、地球規模での排出源分布推定データを調査し、既存の化学物質グローバル輸送・反応モデル¹⁾による全球シミュレーションを行った。推定された濃度分布から化石燃料燃焼起源の寄与を算出し、制御可能な粒子濃度の推定を行った。

2. 調査・推定方法

2-1) 排出源分布の調査

BC、OC 粒子の主な排出源は燃焼起源と植物起源であると推測されている。燃焼はまた、大きく化石燃料とバイオマス燃焼に分けることができる。これらの BC、OC の全球排出分布の推定データについては、GEIA と Cooke が提供しているデータが入手可能である。これらの推定データに基づく総排出量と IPCC の報告値、計算に使用した推定値を Table1 に示す。

Table1 BC (元素状炭素)、OC (有機炭素)の全球規模推定排出量 (TgC/yr)

排出粒子	総排出量	対象年	参照	備考
化石燃料燃焼起源 BC	12.6	1985	GEIA 1994	
	7.97	1984	GEIA 1997	計算に使用
	5.06	1984	Cooke et al. 1999	<1 μm
	6.6 (6-8)	2000	IPCC 2001	
バイオマス燃焼起源 BC	5.98	1987	GEIA 1997	計算に使用
	5.7 (5-9)	2000	IPCC 2001	
化石燃料燃焼起源 OC	7.01	1984	Cooke et al. 1999	<1 μm, 計算に使用
	28 (10-30)	2000	IPCC 2001	OM (Organic Matter)
バイオマス燃焼起源 OC	29.9	1987	GEIA 1997	BC/OC=0.2 と仮定し BC 排出量=5.98 から推定 計算に使用
	54 (45-80)	2000	IPCC 2001	OM
植物起源 OC	63.5	1990	GEIA1994	OC/VOC=0.5 と仮定し VOC (= terpenes) 排出量= 127 から推定 計算に使用
	56 (0-90)	2000	IPCC 2001	OM, biogenic

IPCC の報告からわかるように推定排出量にはかなりの幅がある。化石燃料起源の BC の 3 つの推定量を比較しても、最大と最小で 2 倍以上の開きがある。BC の排出分布には IPCC のデータと比較し、最も妥当と思われた GEIA(1997)による 1984 年対象のデータを使用した。バイオマス燃焼起源の BC、化石燃料燃焼起源の OC については、それぞれ分布情報が明らかなデータを利用した。推定データのないバイオマス燃焼起源の OC、植物起源の OC については仮定による推定を行った。

2-2) 濃度分布の推定

3 種の排出源からの BC、OC をそれぞれ不活性化化学物質と仮定し、1994 年の 9 月 1 日から 10 月 5 日の期間について既存のモデルを用いた全球シミュレーションを行った。計算領域は地表面から 10hpa までの全

球で、格子長は、水平方向に $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 、鉛直方向は変動格子による 17 点、時間刻みは 30 分である。

3. 結果・考察

3-1) BC、OC 濃度分布

シミュレーションの結果、3 種の排出源（化石燃料燃焼、バイオマス燃焼、植物排出）に基づく BC、OC の全球濃度分布を得た。この結果から BC、OC の濃度に対する化石燃料の寄与率を計算した。Fig.1、2 に BC、OC の全排出源からの濃度と、その濃度に対する化石燃料燃焼の寄与率を示す。BC、OC 共にヨーロッパ、北米、東アジア、アフリカ、南アメリカ、の 5 大排出源において高い値を示している。計算された分布から見える特徴は、(1)BC、OC 共に排出源地帯での局所性が強い。(2)BC が主として北半球に偏っているのに対して、南半球は OC が主体となっている。このことは、エアロゾル粒子の温室効果（直接効果）に対する南北両半球の非対称性の促進を強く示唆する。(3)OC に対しては植物からの直接排出の寄与が大きい。ただし、排出に関して不明確なことが多く、更に検討が必要と考えられる。

3-2) BC、OC 分布に対する化石燃料燃焼の寄与

北半球の中緯度帯では、大気中の BC 濃度の 95%以上が化石燃料使用に基づくものであることが示されている(Fig.1b)。OC 濃度に対する化石燃料の寄与は、ヨーロッパ及びアジアの旧大陸で高く（80%以上）、北米の場合は 35%未満と相対的に低い。植物起源の OC 排出の多いことが原因と考えられる。

4. 結論

BC、OC 分布に対する化石燃料の寄与は北半球中緯度において高い比率が示された。南半球では、自然起源の OC の比率が高く、エアロゾル粒子の直接効果の意味では、南北両半球間で温室効果の大きな差（南半球の抑制、北半球の促進）があることが示唆された。このことから、化石燃料の消費や燃焼効率の改善によって、広範囲の地域において炭素含有粒子を制御でき、また放置すれば南北両半球間の温暖化の非対称性が増幅することが示唆された。

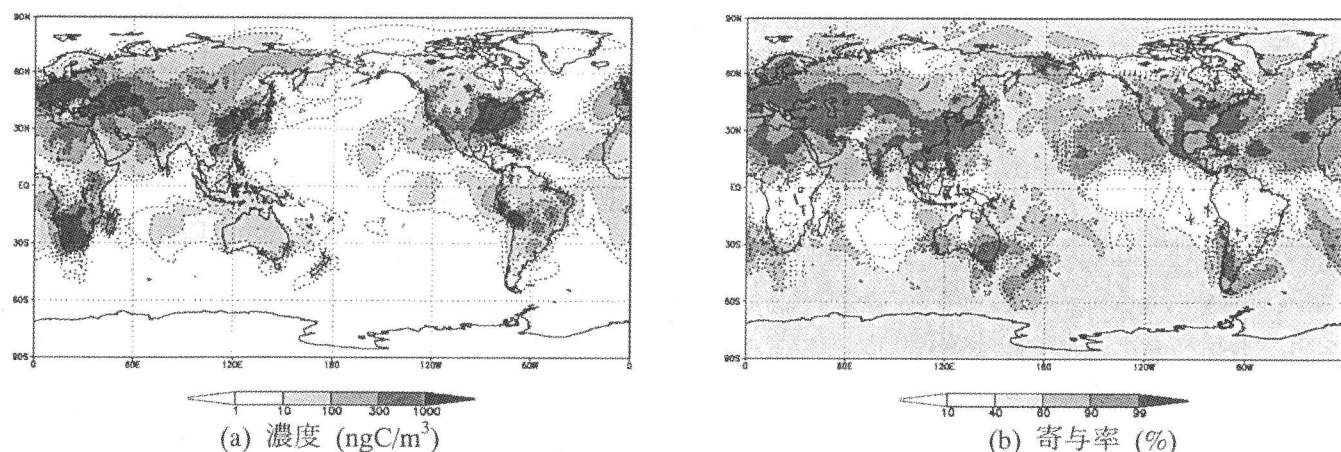


Fig.1 全排出源による BC 濃度と化石燃料燃焼起源の寄与率 10/5/94 12GMT 地表

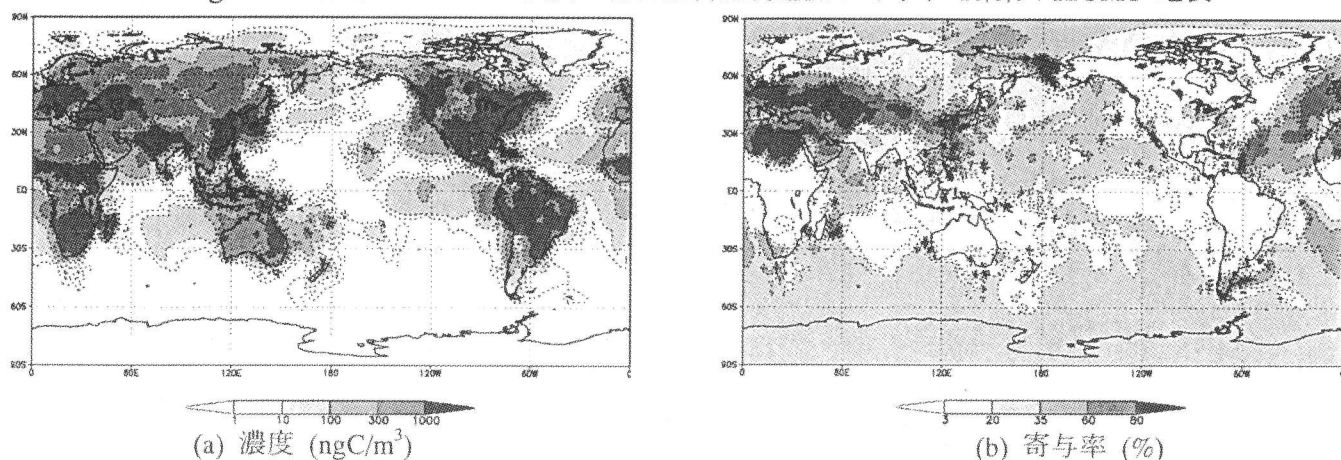


Fig.2 全排出源による OC 濃度と化石燃料燃焼起源の寄与率 10/5/94 12GMT 地表

参考 1) Kitada et al. (2003), 26th NATO ITM on Air Pollution Modelling, to appear.