

論文内容の要旨

論文題目: (ブラックカーボンエアロゾル単一粒子の
測定法の開発と大気観測)

(Development of Method for Single-Particle Measurement of Black Carbon
Aerosol and Atmospheric Observations)

氏名 茂木 信宏

化石燃料やバイオマスの燃焼によって発生するブラックカーボン(BC)エアロゾルは、太陽放射を強く吸収することにより、地球の放射収支に影響を与える。放射影響を評価するためには、質量濃度だけでなく、そのサイズ分布、他のエアロゾル成分との混合状態(被覆量)を知る必要がある。これまで、大部分のBCのサイズ分布や混合状態の測定には、揮発特性よりBCを他のエアロゾルと分離する熱分析法やその類似法が用いられてきた。これらの熱分析法の欠点は、BCの定量性が他の非揮発性エアロゾル成分の干渉を受けるということであった。近年、このBCの測定の従来法の欠点を克服する方法として、レーザー誘起白熱法(LII法)が導入された。本研究の対象であるSingle-particle soot photometer (SP2)はLII法を採用した初めてのBC測定器である。SP2は従来のLII法と従来の光散乱法の単一粒子計測の原理を組み合わせることで、単一BC粒子の計測を行う装置である。本研究は、大気中の被覆BCをSP2で定量的に測定するための基礎研究として位置づけられる。

本研究では、新たに構築した被覆BC生成装置と理論モデルを用いて、SP2の被覆BCに対する応答特性を実験的、理論的に評価した。実験から、SP2で計測されるLII信号は単一粒子あたりのBCの含有量のみ依存し、被覆の影響を受けないことが示された。

また、理論モデルの数値実験により SP2 の計測信号波形を再現することに成功し、被覆 BC 計測の物理過程の詳細を初めて明らかにした。これらの結果から、SP2 による大気中 BC の定量が可能であることが示された。また本研究では、光散乱法において、レーザービーム中で蒸発する粒子の散乱断面積の時間変化を計測するための新たな理論的方法を構築した。その理論的方法の実験的検証も本研究で行った。その新手法を SP2 の計測に応用することで、単一被覆 BC 粒子について、BC 内核サイズと被覆量を同時に定量することを可能にした。

最後に、構築した手法を用いた大気中 BC のサイズ分布と被覆量の先駆的な観測例を提示した。2004 年 3 月の日本近海太平洋上での航空機観測で取得した SP2 のデータを解析し、広域での都市起源空気塊の BC のサイズ別被覆量と、放出後の時間経過に伴う被覆量の変化を詳細に評価した。これは、大気中の BC の被覆量の放出後の時間経過を定量的に評価した初めての研究例である。それゆえ本研究は、大気中の BC の混合状態の微物理を考慮し、エアロゾル放射影響評価をより詳細に行うという、近年の気候研究の中の一つの大きな流れにおいて重要な意味をもつと考えられる。