

黒色炭素エアロゾルの粒径分布、混合状態の時間変化と雲除去過程

Time evolution of size distribution and mixing state of black carbon and cloud scavenging process

茂木 信宏 [1]; 近藤 豊 [2]; 宮崎 雄三 [3]
Nobuhiro Moteki[1]; Yutaka Kondo[2]; Yuzo Miyazaki[3]

[1] 東大・理・地球惑星; [2] 東大先端研; [3] 東大. 理. 地球惑星物理

[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ; [2] RCAST, Univ. of Tokyo; [3] Earth and Planetary Physics, Univ. of Tokyo

<http://www.atmos.rcast.u-tokyo.ac.jp/>

化石燃料やバイオマスの燃焼に伴い発生する黒色炭素エアロゾル (Black Carbon: BC) は、太陽放射を吸収し大気を加熱し、その放射強制力は温室効果ガスのメタンに匹敵すると見積もられている。BCの光吸収効率は、粒子直径、非吸収成分との内部混合に強く依存するため、質量濃度に加えて粒径分布、混合状態を定量評価することは重要である。

本研究でBC観測に用いたSingle Particle Soot Photometer (SP2) は、レーザー誘起白熱-光散乱法と呼ばれる原理を採用したエアロゾル測定器である。SP2ではエアロゾルをレーザービームに導入し、数 μ sの時間幅の散乱光と白熱光のパルスを検出する。体積等価粒径150-800nmのBC数濃度を定量的に、またBC粒子の混合状態を定性的に観測することが可能である。BCは直径20-30nmの微小粒子の凝集体で、複雑な形状を呈している。そのため、質量を直接評価し、そこから粒径分布を得ることは特殊な技術を必要とする。本研究におけるSP2によるBCの質量の測定は、Aerosol Particle Mass analyzer (APM)により質量で分級したBC粒子の計測実験を行い、得られたBC質量と白熱光強度の関係式を、観測データに適用することで行った。現在のところ、航空機観測に適するような小型で高時間分解能のBC質量・粒径分布の測定法はSP2を用いたこの手法以外にはないと考えられる。またSP2で検出されるBCの混合状態を、散乱光と白熱光の時間差 τ により分類できることが過去の研究によって提唱されている (Schwartz et al., 2006, JGR)。この方法の正当性は、自ら作成したエアロゾル被覆装置と数値シミュレーションによる、被覆の厚さと τ の関係について実験と理論の両面からのアプローチから、 τ と黒鉛の非吸収性成分による被覆の厚さの関係性を調べることによって独自に示した。

2004年3月、太平洋東海沖にて行われたPEACE-C航空機観測で、広域にわたり上空のBCの粒径分布、混合状態のデータをSP2で取得した。また、フィルター光吸収法により得たエアロゾル光吸収係数も同時観測した。観測空気塊の後方流跡線解析を用いて、名古屋都市圏起源の汚染空気塊について、晴天時の境界層内の輸送に伴うBC粒径分布、混合状態、BC光吸収断面積の時間変化の解析を行った。この観測では最大で7時間程度の輸送時間の汚染空気塊を観測した。質量濃度の粒径分布を対数正規分布でフィッティングして解析した結果、輸送時間とともに粒径分布は大きいほうにシフトしていることがわかった。発生源近傍では180nmにピークを持っていたのに対し、7時間の輸送過程を経た海上では220nm付近にピークが存在した。この粒径分布の大きいほうへのシフトは、BCを含む粒子同士の凝集過程が進行したことを示唆している。また、混合状態の解析では、被覆の厚さの指標となる散乱-白熱時間差 τ に基づいて、特定の体積等価直径のBC粒子を、被覆の少ないType1 BC、被覆の多いType2 BCに分類し、その割合の時間変化の解析を行った。直径 180 ± 5 nmのBCについては、Type2の割合は、発生源近傍では0.3程度、7時間の輸送後の海上では0.6であった。BCの内部混合の時間スケールを観測から示したのは本研究が初めてである。さらに、7時間の輸送過程でBCの光吸収断面積は1.4倍に増大していた。これはBCの被覆が進行したことによる質量吸収断面積の増大によるものと考えられる。また、PEACE-C期間中にSP2で取得した、雲の近傍でのBCの粒径分布、混合状態の観測データの解析を行った。直径0.1 - 1.0 μ mのエアロゾルは雲中でサブミクロン範囲から効率的に除かれるが、その主要なメカニズムは、雲凝結核として働き雲粒子へと成長することである。本解析では、雲の下と雲の中において、特定の体積等価径のBCの数濃度を比較することにより、その体積等価径のBC粒子の雲除去率を求めた。その結果、観測期間中の二つの事例で、水平スケール数十キロの範囲で、BC除去率が著しく混合状態に依存している雲領域が存在した。その雲領域では、被覆の多いType2のBCが、被覆の少ないType1に比べて著しく高い効率で除去されていた。この観測結果を説明する仮説として、被覆量が高いType2のほうが、Type1よりも水溶性成分を多く含んでいたため、雲凝結核能が高く、凝結核作用による除去効率が高くなっていたということが考えられる。本研究で、BCの雲除去効率が混合状態に依存するという事例を初めて観測した。