

緩和渦集積法によるエアロゾル沈着測定器の開発

08T7-041：水上 功

指導教員：松田 和秀

【はじめに】

温室効果ガスや大気汚染物質さらには放射性物質等の大気移流拡散シミュレーションモデルにおいて、大気と陸域間の物質収支は重要な過程の一つである。沈着速度は、物質収支の過程において最も重要なパラメータの一つである。これまで、沈着速度のメカニズムに関する研究は、欧米が主流となって行われてきたため、アジアにおける沈着速度のパラメタリゼーションは、欧米の研究結果を基にしたものが適用されてきた。これは、気候や植生の異なるアジアにおいて欧米での知見が検討されないまま適用されていたことを示す。このような状況は、アジアにおける大気沈着シミュレーションの予測精度を考えた場合、非常に大きな問題を抱えていると言える。近年、アジア地域において直接測定法による乾性沈着のフィールド研究が行われるようになっており、直接測定法の一つである濃度勾配法を用いた沈着速度の研究が進み知見が蓄積されつつある（松田ら,2007）。しかしながら、濃度勾配法は、大気を定常状態と仮定することにより成り立っており長時間のサンプリングが必要な大気中の微量成分の測定には不確実性が大きく、精度上の問題がある。特に微量成分の一つであるエアロゾルの成分測定に応用した場合、長時間のサンプリングが不可欠であり乾性沈着の直接測定精度の向上が課題となっている。

以上のような状況から、本研究ではアジアにおけるエアロゾルの沈着速度の実態を明らかにすることを目的として、濃度勾配法よりも仮定が少なく、より直接的な測定法である緩和渦集積法をエアロゾルの沈着測定に応用した測定器の開発を行った。また、測定器の開発を通して、測定精度の向上とエアロゾルの森林への沈着（乾性沈着）の実態把握を試みた。

【方法】

緩和渦集積法(Relaxed Eddy Accumulation(REA)法)は、三次元超音波風速計を用いて 10Hz 程度の高時間分解能で鉛直風を測定し、鉛直風が上向きするとき (W^+) の大気成分濃度 (C^+) と、下向きするとき (W^-) の大気成分濃度 (C^-) とに分けて大気成分を測定し、両者の濃度差からフラックスを求める方法である。

図 1 に本研究における REA 法エアロゾルフラックス測定装置（試作機）の概要を示す。本試作機は、三次元超音波風速計、ポンプ、マスフローコントローラ、記録機、PM2.5 サイクロン(VSCC, 16.39L/min)、捕集器および捕集ラインの切り替え機（三方電磁弁）からなっている。この、捕集ラインの切り替えには電磁弁を用い、超音波風速計と連動させ鉛直風別に 10Hz (0.1 秒) で切り替えを行っている。まず、吸入部を通過したエアロゾルは、PM2.5 サイクロンを通過し分級される。ここで、三次元超音波風速計で測定された鉛直風の上下別に捕集ラインが瞬時に切り替わり、鉛直風別のフィルターに捕集される。サンプリング流量は、サイクロンの規定流量である 16.39 L/min にマスフローコントローラを用いて一定に保ち、ダイアフラムポンプで大気を吸引した。また、本試作機の特徴として、デッドバンドが挙げられる。デッドバン

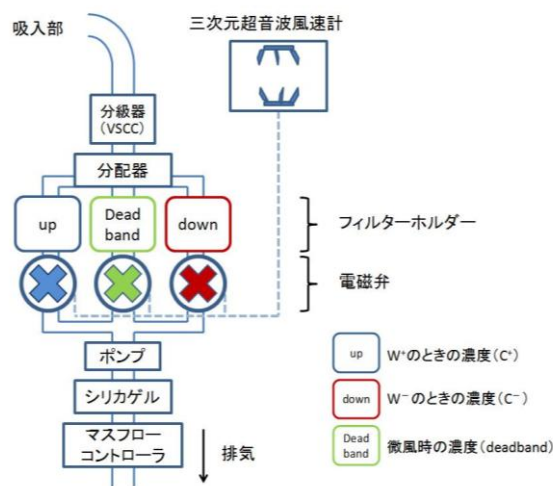


図 1 REA 試作機の概要

ドは、鉛直風が微風時の超音波風速計の検出限界の影響を取り除き、かつ、鉛直風の正負の濃度差を精度よく測定するために導入した。また、測定場所における緩傾斜等の地形条件によって上下風に偏りが現れ捕集割合が偏ることを避けるために、鉛直風速の直前 10 分間の平均値を中心とし、そこから±0.1m/s をデッドバンドとし、10 分毎に変動させた。

本試作機の捕集精度の評価を目的に予備試験を行った。測定場所は明星大学 20 号館屋上、測定期間は 2011 年 5 月 13 日から 7 月 13 日とし、日中に 6 時間から 8 時間サンプリングを行った。また、同一地点で濃度 (Reference) の測定を行い REA 法により捕集した大気中のエアロゾルの無機イオン成分濃度と比較した。なお、予備試験では、粒径の分級を行わないでサンプリングを行った。

本試作機の森林でのフィールド試験として、長野県北佐久郡の電力中央研究所北佐久試験サイトの観測鉄塔にて 2011 年 9 月 1 日から 9 月 7 日の日中と夜間の一日二回サンプリングを行った。さらに、東京農工大学 FM 多摩丘陵の観測鉄塔にて 2011 年 10 月 24 日から 11 月 30 日の昼間にサンプリングを行った。これらの観測では、Reference は、PM2.5 カットインパクターを用いて規定流量 20L/min で分級を行った。

【結果および考察】

図 2 に、明星大における REA 試作機および Reference の硫酸イオンの濃度の散布図を示す。図 2 より、試作機と Reference の硫酸イオン濃度は、ほぼ同様の変動を示した。また、両者はほぼ同等の濃度を示し、相関係数は 0.91 であった。図 3 に農工大観測での硫酸イオン REA と Reference の散布図を示す。相関係数は 0.99 となり、高い相関が得られた。北佐久における硫酸イオンの REA と Reference の相関係数は、0.89 であり予備試験とほぼ同等の値を示した。

図 4 に REA における硫酸イオンの C⁺ (up) と C⁻ (down) を示す。9 月 5 日までは、台風起因する悪天候で良好なコンディションで測定を行うことができなかったが、9 月 6 日および 9 月 7 日の昼には良好なコンディションで測定を行うことができた。この 2 サンプルともに、硫酸イオンの濃度が C⁺ < C⁻ となり、エアロゾルの沈着をとらえることができた。今後さらなる測定、検証の蓄積が望まれる。

【文献】

松田ら, 大気環境学会誌, 42, 261-270 (2007)

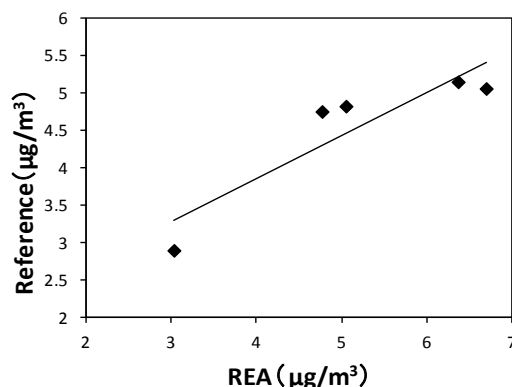


図 2 REA と Reference の硫酸イオンの比較濃度 (明星大)

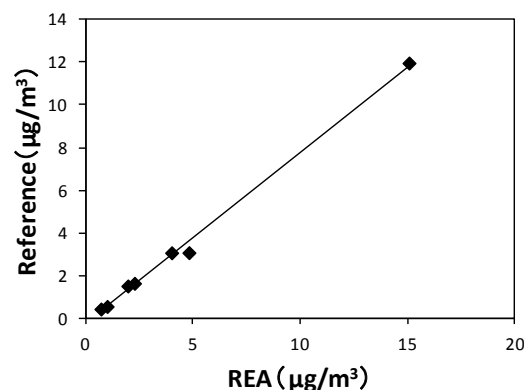


図 3 REA と Reference の硫酸イオンの濃度比較 (FM 多摩丘陵)

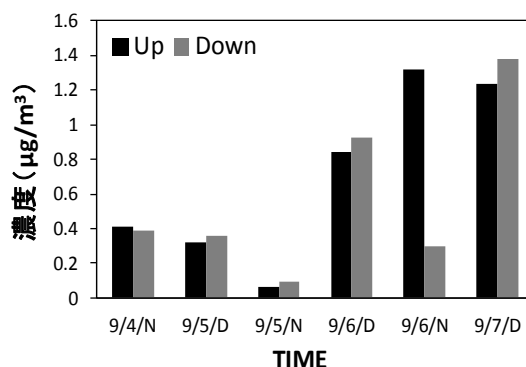


図 4 硫酸イオンの C⁺ および C⁻ 濃度 (北佐久)