

フィルタ上エアロゾルサンプルの複素屈折率虚数部の測定

*青木輝夫・朽木勝幸・庭野匡思（気象研究所）

はじめに

フィルタ上に採取したエアロゾルの吸収特性を測定するには一般に透過率や反射率を測定する方法が良く用いられるが、粒子による散乱の効果やフィルタの光学特性が測定精度に影響するため、透過率や反射率を特定の方向のみで測定する方法では誤差が大きい。そこで、積分球と分光器を用いて、フィルタに対する透過光及び反射光の全成分の寄与を波長別に測定する装置を開発し、ダストの複素屈折率の虚数部を測定した。

測定原理

図1に測定装置の概念図を示す。Aにフィルタ（or 素通し）、B₁、B₂、Tに白色版（WR）をセットすることにより透過率を測定し、Aを素通し、B₁にフィルタ（or WR）、B₂にWR（or フィルタ）、TにWRをセットすることにより、反射率を測定する。反射率の測定時に、Tにトラップをセットすれば、フィルタからの鏡面反射成分を除くことができる。

フィルタ及びサンプルの反射率と透過率をそれぞれ、 r_f, t_f, r_s, t_s とおき、図2の様にフィルタとサンプル間の多重反射を考慮すると、系全体の反射率と透過率はそれぞれ、

$$r_{s+f} = r_s^{dir} + \frac{t_s^{dir} r_f^{dif} t_s^{dif}}{1 - r_f^{dif} r_s^{dif}}, \quad (1)$$

$$t_{s+f} = \frac{t_s^{dir} t_f^{dif}}{1 - r_f^{dif} r_s^{dif}}, \quad (2)$$

と表すことができる。ここで、添字のdirとdifは直達成分（平行光源）と散乱成分（フィルタ及びサンプルに対する透過光と反射光）を意味する。 r_s, t_s が求まれば、吸収率が求まる。一方、サンプル重量と比重を測定または仮定することにより、吸収率から物質の体積吸収係数 β_a が求まり、波長 λ における複素屈折率の虚数部は $n_i = \lambda \beta_a / 4\pi$ より求まる。

測定手順は始めに未使用フィルタの反射率と透過率を測定し、次にエアロゾルサンプルを採取したフィルタの反射率と透過率を測定する。簡易的な方法として、透過率及び反射率がdirとdifに対して同じであると仮定すると、上記の測定のみから式(1)-(2)によって r_s, t_s が決まる。dirとdifを区別するときには、2枚重ねの未使用フィルタ及び、裏返しにしたサンプルフィルタに対する反射率と透過率の測定から、 $r_s^{dir}, r_s^{dif}, t_s^{dir}, t_s^{dif}$ がそれぞれ決まる。

測定条件

ダストは中国タクラマカン沙漠のゴビ土壌サンプルを使用し、水に混ぜて nuclepore フィルタで濾過した。サンプル重量は濾過前後のフィルタ重量から求め、密度は 2.6 g/cm^3 と仮定した。

測定結果

ダストのフィルタ上重量を5通り変えた場合の複素屈折率測定結果と既存データベースを図3に示す。波長 $1.0 \mu\text{m}$ よりも長波長側で測定結果にばらつきが大きい理由は、光源が暗いことによるSN比が悪いためである。フィルタ上重量の違いによる測定結果のばらつきは、数10%程度であった。既存のデータと比較すると、Myhre (2003)の結果に最も近く、OPACに比べると吸収が1桁近く小さかった。測定方法として、dirとdifを区別した場合と簡易的な方法での差は非常に小さかった。

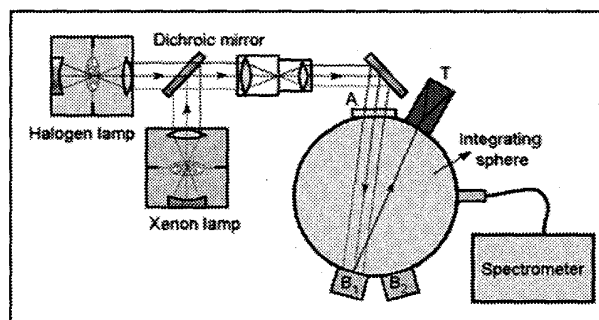


図1 積分球型透過率・反射率測定装置。測定対象に合わせて、A、B₁、B₂にフィルタ及び白色版（WR）を、TにはトラップまたはWRをセットする。

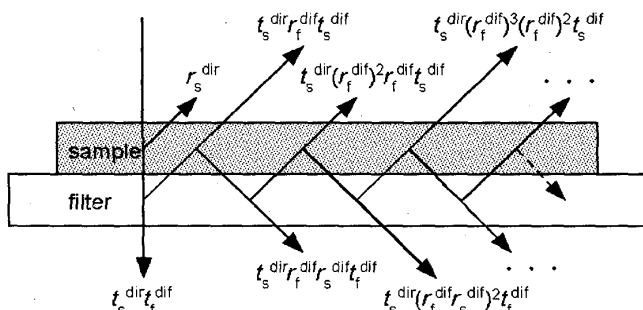


図2 フィルタとサンプル間の多重反射による各成分から寄与。

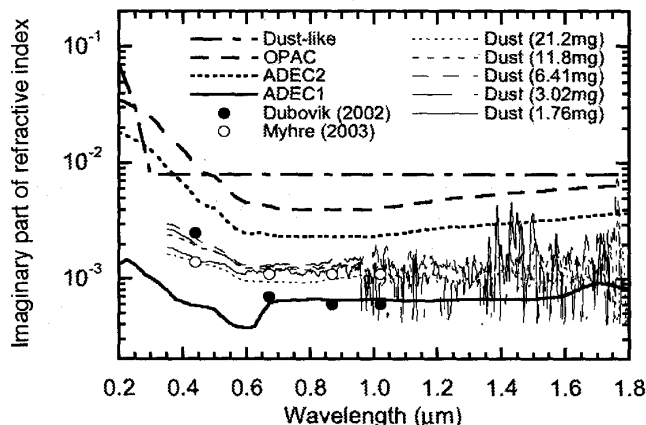


図3 ダストの複素屈折率測定結果（細線）と既存の測定結果及びデータベース。