

振動子強度を用いた大気の散乱断面製の計算

Scattering cross sections of atmospheric gases calculated by resonance frequencies and oscillator strengths

大西 将徳 [1]; 渡邊 雅之 [2]; 酒井 敏 [3]

Masanori Onishi[1]; Masayuki Watanabe[2]; Satoshi Sakai[3]

[1] 京大・人環; [2] 京大院・人環; [3] 京大・人環

[1] Human and Environmental Studies, Kyoto Univ; [2] Human and Env. Studies, Kyoto Univ.; [3] Human and Environ. , Kyoto Univ

地球の青空は空気による Rayleigh 散乱であり、空気の主成分である窒素と酸素はほぼ同じ散乱断面積を持つことが知られている。しかしこれは両物質の散乱を直接測定したわけではなく、屈折率の測定から散乱を計算した結果である。一方散乱の大きさは、より根源的には物質の電子の励起エネルギーの構造により特徴付けられている。この点に着目して散乱断面積を書き下すには Lorentz モデルの考え方を適用するのが有効である。このモデルを適用することにより散乱断面積は共鳴波長と振動子強度の2つのパラメータで表される。ここで共鳴波長は電子の励起エネルギーに対応し、振動子強度はその遷移の大きさ(遷移確率)に比例する量である。これによれば散乱断面積が大きくなるためには電子のエネルギー準位が可視領域に近く、また遷移確率が大きくなればよいことが分かる。

一方窒素、酸素のエネルギー準位を比べると酸素のほうがより可視に近い領域に遷移確率の大きなエネルギー準位が存在する。このことから酸素の方が散乱断面積が大きいことが予想される。これは今まで知られていた事実とは異なるものであり、より原理的なところから散乱断面積を評価することは物理的な意味だけでなく、さまざまな環境における光環境を考える上でも極めて重要である。よって本研究では窒素と酸素が異なる電子のエネルギー準位を持つにもかかわらず、なぜほぼ同じ大きさの散乱断面積を持つのかという点について物理的な考察を行った。

物理的な考察は以下の二つの方向から行った。両分子の電子の励起エネルギーの構造(紫外領域の吸収スペクトル)からの散乱断面積計算と両物質の屈折率からどの電子エネルギーの遷移が大きな寄与を持つかの推定である。

以上の計算により、両物質の散乱断面積はイオン化に関する高エネルギーの遷移の寄与が大きく、Schumann-Runge 帯など低エネルギーの遷移の寄与は小さいことがわかった。つまり、窒素と酸素で異なる低エネルギーの遷移は散乱断面積への寄与が小さく、両物質で似た構造を持つ高エネルギーの遷移が散乱断面積への寄与が大きいため、両物質の散乱断面積はほぼ同じ大きさを持つことがわかった。