

Lorentz モデルによる大気の散乱断面積

*大西将徳、渡辺雅之、酒井敏(京大・人環)

1. はじめに

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。この考え方にしたがって散乱断面積 σ_R を波長 λ で書き下せば

$$\sigma_R = \sigma_T \left(\sum_i f_i \frac{\lambda_i^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2} \right)^2$$

(σ_T : Thomson 散乱の散乱断面積、 f_i : 振動子強度、 λ_i : 共鳴波長)

となる。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。よって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。よって本研究では電子のエネルギー準位から窒素、酸素の散乱断面積を計算することを目的とする。

2. 散乱断面積の計算

振動子強度 f_i は吸収係数 k_i との間には

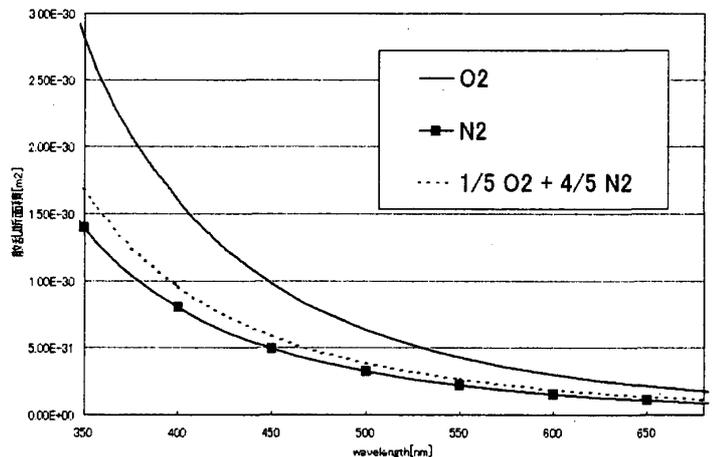
$$f_i = \frac{mc^2}{\pi N e^2} \int k_i(\nu) d\nu$$

(N : 分子数密度、 ν : 波数、 c : 光速)

という関係がある。本研究では吸収係数のスペクトル(Hudson,1971 他、波長範囲 20~200[nm])を用いて散乱断面積の計算を行った。

3. 結果

計算による散乱断面積を下図に示す。



酸素の方が窒素より約2倍散乱断面積が大きいことが分かる。

4. 考察

本研究では窒素と酸素の散乱断面積が約2倍も異なるという計算結果を得た。これは窒素と酸素の組成が異なれば、地表には異なる光環境が作られることを示唆している。またこの結果はこれまでの研究(例えば Nagata,1973)と異なる。しかし酸素についてはよい一致を見せており、窒素の散乱断面積が屈折率からの評価とエネルギー準位からの評価で異なる結果を与えたといえる。この違いが何によるものであるかについては今後の課題である。