

## 再使用ロケットによる大気組成観測

## Atmospheric composition measurement with re-usable rocket

# 岩上 直幹 [1]

# Naomoto Iwagami[1]

[1] 東大院・理・地球惑星科学

[1] Earth and Planetary Science, U Tokyo

中間圏・下部熱圏 (MLT) 領域において低速ロケット観測の有効な対象として酸素原子密度の測定を提案する。MLT 領域における大気光化学において、酸素原子は中心的役割を果たしているにもかかわらず、未だにその測定法は充分には確立されていない。

酸素原子は反応性が高く、MLT 領域のほとんどすべての化学反応系を制御している最重要成分であり、昼間に太陽 UV による酸素分子の光解離により生成される。原子という形で貯えられたエネルギーは、拡散により下方に運ばれ、大気光など夜間のすべての現象の源となっている。さらに、熱圏では主成分となり、高度 120km 付近で密度は酸素分子を追い越す。つまり、MLT 領域では酸素原子密度を把握しなければ、光化学過程は理解することができない。それにもかかわらず、測定法が確立されていない原因は、衛星からの光学リモートセンシングが有効でないこと、主存在領域が大気球の届く 50km よりはるかに高いこと、そしてロケット上での近接測定ではロケット自体の作る衝撃波およびドップラーシフトの影響を避けきれないことにある。

大気光研究の最終目標のひとつは、おそらく大気光放射率から酸素原子密度を逆に解くことにある。測定の簡単な 558nm 大気光などからこれができるればいいのだが、大気光励起メカニズム自体が確立されておらず、今のところ実用化されていない。途中が解らなくても、放射率と酸素原子密度の両者を測定し、つき合わせて経験式をつくれればよさそうだが、酸素原子密度測定値の不確かさが大きいため、データセット間の整合性は乏しい。

この不確かさは主にロケット本体により作られる衝撃波による密度・温度擾乱と、ロケット姿勢変化によるドップラーシフトから生じている。この高度域における酸素原子測定法として、最も信頼性が高いとされているのは共鳴線ランプ法で、酸素原子によって共鳴散乱される輝線のみを放出する特殊なランプによって周辺大気を照射し、散乱光強度から酸素原子密度を定量する。原理的には極めて単純明快だが、密度ピークの 95km 付近を S-310 ロケットはマッハ 5 で通過するため、衝撃波による擾乱の影響を避けるべく工夫をしなければならない。図 1 はこれまでロケット観測で用いてきた測器で、楔形の形状により衝撃波の厚みを最小に押さえ、かつ散乱領域を衝撃波の外側に設定することで、衝撃波による密度・温度擾乱から逃れるよう最適化されている。散乱領域までの距離を大きく設定しすぎると、自己吸収により測定精度が落ちてしまう。図 2 はモンテカルロ法によって計算した高度 90km での衝撃波による密度変化であり、上記の戦略はこの高度ではほぼ目的を達していることが解かる。しかし、図 3 に示すように高度 105km では衝撃波形状がふくらみ、当初の目論みがやや危なくなっている。また、共鳴散乱を利用しているため、測器視線方向をロケットスピン軸に垂直に設定することにより、ドップラーシフトによる散乱効率の変化を避けるようにしてあるが、実際はスピン軸が速度ベクトルと一致しないため、無視できない誤差が生じる場合がある。以上に述べた不確定原因である衝撃波およびドップラーシフトは、いずれも低速ロケットを使用すれば根本的に避けることができる。

このように、MLT 領域の最重要パラメータである酸素原子密度の定量には低速ロケットが極めて有効であり、低速ロケットによる確かな情報は、この領域の光化学の理解に革命的な飛躍をもたらす可能性がある。未だに確定しない大気光の励起メカニズムも、実験室をそのまま飛ばすような実験が可能になれば確定可能であろう。水化イオンなど、壊れやすい分子・イオンの測定にも、絶大な威力を発揮するだろう。

図 1 酸素原子測定器の構成:左は保護蓋が開いた測定状態、右は蓋が閉じた動作チェック状態

図 2 上昇時・高度 90km における衝撃波による密度変化:中央左の矩形は散乱領域

図 3 上昇時・高度 105km における衝撃波による密度変化:中央左の矩形は散乱領域

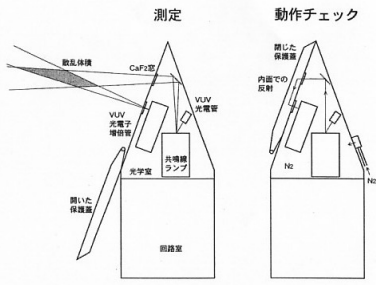


図1 観測電子測定器の構成と動作状態の模式図  
左は保護蓋が閉じた測定状態、右は蓋が開いた動作チェック状態。

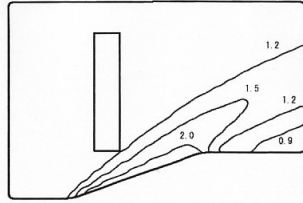


図2 上昇時・高度 90km における観測値による密度変化  
中央左の矩形は観測領域。

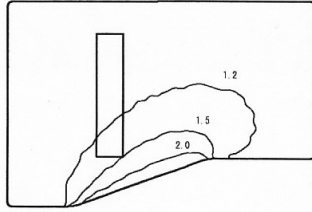


図3 上昇時・高度 105km における観測値による密度変化