

分子イオン上昇流と電離圏イオン加熱/加速機構

A mechanism of ion heating/acceleration and molecular ion upflow

山田 学[1], 渡部 重十[1], 阿部 琢美[2], 佐川 永一[3], Andrew Yau[4]

Manabu Yamada[1], Shigeto Watanabe[2], Takumi Abe[3], Eiichi Sagawa[4], Andrew Yau[5]

[1] 北大・理・地球惑星, [2] 宇宙研, [3] 通総研, [4] カルガリー大学・天体物理学科

[1] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ, [2] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ., [3] ISAS, [4] CRL, [5] Dept of Phys and Astronomy, Univ of Calgary

あけぼの衛星に搭載された低エネルギーイオン質量分析器(SMS)は、極域電離圏上部で磁力線に垂直な方向のイオン加熱とイオン流出を10年以上観測している。得られた膨大なデータは極域電離圏から H⁺, He⁺, O⁺イオンが数 km/sec の速度をもって常に流出していることを示しており、磁気圏プラズマの供給源として極域電離圏が重要であることが判明した。

レーダー観測高度と衛星観測高度の間となる高1000km付近でなんらかのイオン加熱・加速が起きていることが予想されている。しかし、この高度での観測方法は限られておりデータが少ないため、実際に起きているイオン加熱・加速過程の詳細はわかっていない。

そこで我々は高度1000kmで起きるイオン上昇流のトレーサーとして分子イオンに注目している。SMSは5000km以上の高高度で分子イオンの上昇流を観測することがある。分子イオンがこのような高度にどのように輸送されるか謎であるが、高度数百km程度の電離圏のどこからか運ばれているのは確かである。MSX衛星によるN₂⁺の共鳴散乱光をつかっただ分子イオン上昇流の観測例があるが、地上から定常的にイオン上昇流を光学的に観測できるとすれば電離圏と磁気圏を直接結びつけることが出来る。

本研究は多イオン系の電離圏密度を数値計算し、SMSで観測される分子イオン上昇流の発生傾向と比較することで観測の基礎データを得ることを目的としている。現時点での解析結果は以下の通りである。

[多イオン系の電離圏シミュレーション結果]

極域電離圏のN₂⁺イオン密度の高度プロファイルは良くわかっていない。そこで分子イオンも考慮した多イオン系の電離圏密度高度プロファイルを計算した。用いた式は一次元で連続の式と運動方程式、エネルギーの式である。求めた昼側のN₂⁺, N₀⁺, O₂⁺の密度比を、観測で得られたフラックス比と比較することで分子イオンの供給高度が500km-1000kmの間にあることが示された。

[SMS観測データ解析結果]

- 分子イオン上昇流の発生する磁気地方時/緯度分布。

Yau et al. [1993]は1989年から1990年のSMS観測データからカサブ領域付近と真夜中のオーロラ領域付近で分子イオン上昇流が起きていることを示した。今回1991年から1999年までのデータを調べたところ明け方、夕方での観測例も存在し、他の軽いイオン同様に全ての磁気地方時で分子イオン上昇流が起きることがわかった。

- 分子イオンの加熱高度

観測されたH⁺, He⁺, O⁺, N₂⁺イオンのピッチアングルから各イオンの供給高度が推定できる。加熱/加速が磁力線垂直方向に起きたと仮定した場合もとめられる供給高度は大抵1000kmよりも大きな値をもつ。

以上の結果から、これまで考えられていたより高い高度にあるN₂⁺が輸送されていることが明らかとなった。一方、密度比から推定される供給高度とピッチアングルから推定される加熱高度に違いがある。これは、加熱/加速に有限の時間が必要といった効果、あるいは上昇中のHe⁺とローカルに存在するN₂の電荷交換反応によるN₂⁺生成の効果に関係するかもしれない。今後、シミュレーションの改良、より多くのイベント解析を行うことでN₂⁺イオン上昇流の発生メカニズムを議論する予定である。

参考文献

・Yau, A. W et al., EXOS-D (Akebono) observations of molecular N₀⁺ and N₂⁺ upflowing ions in the high-altitude auroral ionosphere, J. Geophys. Res., 98, 11,205-11,224, 1993.