

オーロラスペクトログラフを用いたN₂⁺共鳴散乱光観測によるイオンアップフロー現象

遠藤 友 [1]; 坂野井 健 [2]; 小川 泰信 [3]; 鍵谷 将人 [4]

[1] 東北大・理・地物; [2] 東北大・理; [3] 極地研; [4] 東北大・理・惑星プラズマ大気研究センター

Ion upflow with observing N₂⁺ resonant scattering light by Auroral Spectrograph

Yu Endo[1]; Takeshi Sakanoi[2]; Yasunobu Ogawa[3]; Masato Kagitani[4]

[1] Geophysics, Tohoku Univ.; [2] Grad. School of Science, Tohoku Univ.; [3] NIPR; [4] PPARC, Tohoku Univ

We report the ground-based optical remote-sensing of molecular ion upflow by measuring 427.8 nm N₂⁺ resonant scattering in the topside ionosphere using the data obtained with the Aurora Spectrograph (ASG) at Longyearbyen, Svalbard for 13 years. Ion upflow plays an important role on ion outflow which provide oxygen and other heavy ions from the ionosphere to magnetosphere. A plasma upflow speed at the topside ionosphere is typically less than 1 km/s, with which ions cannot reach at escaping velocity (11km/s) from the Earth, and therefore additional acceleration processes should be required. In fact, in addition to O⁺, the heavy ions such as N₂⁺ and NO⁺ were also observed in the magnetosphere during geomagnetically disturbed condition (e.g., Yau et al., 1993), and escape processes of the heavy ions are still open question. Satellite optical remote-sensing of 427.8 nm demonstrated the clear dependence of the 427.8 nm intensity on geomagnetic activities. However, the ground-based optical observation of 427.8 nm emission associated with the ion upflow has never been reported so far.

To measure the N₂⁺ resonant scattering emission caused by ion upflow, we examined the ground-based data taken with the ASG in Longyearbyen, Norway (Geographic latitude : 75.2 deg and geographic longitude: 16.04 deg). The ASG consists a fish-eye lens, slit, grism and a cooled CCD detector which covers the wavelength range of 420-730 nm with a 2.0 nm spectral resolution and field of view of 180 degree along the magnetic meridian. We found 65 events during the period from 2004 to 2016 on which the Kp indices were greater than 4 for more than 9 hours. Furthermore, we extracted 25 events in the period one months before and after the winter solstice. Considering the geometry of geomagnetic field and the field-of-view of ASG, we can regard the auroral distribution in the southward direction as the auroral height profile assuming a single auroral arc. Since it is reasonable that the 557.7 nm emission is only caused by aurora, and it can be used as a reference of auroral appearance. Thus, if the 427.8 nm emission distribution is enhanced compared with the 557.7 nm emission profile, additional emission process, such as the resonance scattering in the sunlit region, is required. We found that such typical enhanced N₂⁺ 427.8 nm emission events on December 20 and 21, 2015. The 427.8 nm emissions extended to the side of higher altitude than the 557.7 nm aurora around 7:20 UT on December 20. Besides, on December 21 event, the 427.8 nm emission was stronger at high altitudes compared with the 557.7 nm aurora trend around 4:10 UT.

イオンアップフロー現象の光学リモートセンシングのために、今回我々はロンゲイヤービンにおけるオーロラスペクトログラフの13年間分のデータ解析から上部電離圏N₂⁺共鳴散乱光を明らかにした成果を報告する。電離圏-磁気圏結合の重要な現象として、極域電離圏から磁気圏へプラズマが流出していくイオンアウトフロー現象がある。その重要なソースとして考えられているのが高度1000km以下で起こるイオンアップフロー現象である。イオンアップフローは典型的な速度が1km/s以下であり、地球の脱出速度(11km/s)に達していないが、イオンアウトフローのソースとして考えられている。低エネルギー粒子の降り込みにより、地磁気擾乱に伴い起こるとされ、主なイオンは電離圏F領域に多く存在する酸素イオンであると考えられる。しかし、磁気圏では窒素分子イオンや一酸化窒素イオンが観測されている(A. W. Yau et al., 1993)。しかしながら、重い分子イオンがどのように上昇するかは未解明である。本研究では、窒素分子イオンが上昇し、日照領域に達した時に発光する共鳴散乱光(427.8nm)とイオンアップフロー現象の関係をノルウェー、ロンゲイヤービエン(地磁気緯度75.2度、経度16.04度)にあるオーロラスペクトログラフ(ASG)のデータを用いて明らかにする。

このオーロラスペクトログラフは魚眼レンズ、スリット、グリズム、CCDから構成され、420nmから730nmの波長範囲で波長分解能2.0nm、視野角180度(磁気南北方向)を有する。観測は2000年から現在(2016年)まで冬季に行われている。しかし、2000年から2003年までは窒素分子イオンの427.8nm発光の波長幅は含まれておらず、データは2004年からとなる。ただし、窒素分子イオンの427.8nm発光観測は2004年以降となる。2004年から2016年の観測日で、Kp指数が9時間以上にわたり4以上であった65日間をすべて解析した。南北方向のオーロラ天頂角分布を調べる際に、磁気南方向ではオーロラが同一緯度上で発生したと仮定すると、天頂角分布はオーロラ高度分布に対応する。ここで、557.7nm発光はオーロラのみ発光であると考えられるため、557.7nm発光と比較して427.8nm発光が強い領域、特に557.7nmオーロラ発光よりも427.8nm発光が高高度側に発光が伸びている領域は窒素分子イオンの共鳴散乱光であると考えられる。そのようなイベントをこれまでの解析から2例見いだした。2015年12月20日7:20UT頃(Kp=6-)において、オーロラ発光の高高度側で427.8nm発光が伸びている領域があり、発光が高高度側で強くなっている。また、2015年12月21日4:10UT頃(Kp=6)では、557.7nmオーロラに比べ、高高度に向かうにつれて427.8nm発光が強くなっていることを確認した。