

高エネルギー降下粒子が Na 層に与える影響に関する化学モデル計算

滝沢響吾¹, 津田卓雄¹

¹電気通信大学

Chemical model calculations on Na layer variation induced by energetic particle precipitation

Kyogo Takizawa¹, and Takuo T. Tsuda¹

¹*The University of Electro-Communications*

Metallic atom and ion layers, such as Na, K, Fe, and Ca⁺ layers, exist in the mesosphere and lower thermosphere (MLT). The height range of the MLT region corresponds to the ionospheric *D* and *E* regions, and in the polar region energetic particles precipitating from the magnetosphere can often penetrate into the *E* region and even into the *D* region. Therefore, the influence of energetic particles on the metallic atom and ion layers is of interest regarding changes in atmospheric composition accompanied by auroral activity or geomagnetic activity.

In this study, we have developed a numerical model to understand importance of the Na chemical process triggered by ionization, i.e. enhancements of electron and ion densities, due to energetic particle precipitation. The model describes simply continuity equations related with Na chemical reactions. To investigate the ionization effects on the Na layer, we have performed two calculations using the model. One is the case of higher electron and ion densities, i.e. the case of ionization induced by energetic particle precipitation, and the other is the case of lower electron and ion densities, i.e. the case of no ionization. Regarding the results, we found that the calculated Na density in the case of ionization was lower than that in the case of no ionization. Thus, the enhancements of electron and ion densities can induce Na density decrease through the Na chemical process. In the presentation, we will introduce our model and show the results. Furthermore, we will compare the results with previous observations.

中間圏・下部熱圏 (MLT) 領域には流星由来の金属原子, 金属イオン (Na, K, Fe, Ca⁺ など) が分布しており, 金属層と呼ばれている. 極域へと降り注ぐ磁気圏からのオーロラ高エネルギー粒子は, MLT 領域の高度範囲 (電離圏 D, E 領域に相当) へと侵入し得ることが知られているが, 高エネルギー粒子が金属層にあたえる影響についてはあまりよく知られていない.

最近の観測研究より, オーロラ活動の活発化に伴って極域では Na 密度が減少する傾向にあることが報告されている. 先行研究では, Na 密度が減少するメカニズムとして, 高エネルギー粒子によって電離生成された NO⁺, O₂⁺ が Na との電荷交換反応 (Na のイオン化) を促進することで Na 密度を減少させることが指摘されており, 電荷交換反応を含むイオン化学過程, 及び分子化学過程についての詳細な調査が必要である.

我々は, 高エネルギー粒子による電離が駆動する Na のイオン化学過程・分子化学過程について詳細な調査を実施することを目的とし, Na イオン化学過程・分子化学過程についての数値モデルを開発している. 第一段階の基礎モデルとして, Na の化学反応過程について連続の式を解くモデルを開発した. 高エネルギー粒子による電離の影響を調査するため, 電子密度及びイオン密度の量を変化させてモデル計算を実施し, Na 密度がどのように増減するか精査した. その際, 電子密度及びイオン密度以外の背景場のパラメータ (大気温度, 各種中性組成の密度など) については経験的モデルから一般的な値を与えた. 電離生成による電子密度及びイオン密度を 10⁶ cm⁻³ に設定し, 60 分間の計算を行った結果, Na 密度が減少し, Na⁺ 密度が増加する傾向が見られた. 変化量は高度 100 km において最大値をとり, Na 密度の減少量は 約 1900 cm⁻³, Na⁺ 密度の増加量は 約 1900 cm⁻³ であった. このことから, 電子密度及びイオン密度の増大が Na の減少 (Na のイオン化) を引き起こしていると考えられる.

発表では, 本研究で開発したモデルを紹介し, 以上の結果について報告するとともに, 先行研究における観測結果との比較を行う. また, モデル計算で用いている背景場パラメータを変化させた場合の結果への影響, 現在の基礎モデルの課題や今後の改善点・発展性などについて議論することを予定している.