

## Energetic Particle Chain—高エネルギー荷電粒子降り込みが中層・下層大気に及ぼす影響—

## 研究背景とプロジェクトの狙い

本融合研究が明らかにするのは、“Energetic Particle Chain (EPC)”である。これは、太陽—太陽風—磁気圏—電離圏—大気圏を「高エネルギー荷電粒子」をキーワードに一つの連鎖システムと捉え（図 1）、その関係性をシームレスに説明することに挑戦するプロジェクトである。

太陽を起源とする高エネルギー荷電粒子は、磁力線に沿って地球の高緯度地域に降り込むが、このようなエネルギーの高い粒子は中層・下層の大気まで到達し、その組成を変化させる（直接効果）。或いは、磁気圏放射線帯の高エネルギー電子は中間圏上部から熱圏という高い高度で大気を電離し、イオン化学反応によって窒素酸化物を生成、それが極渦内で下方輸送されて成層圏オゾン破壊するというシナリオも知られている（間接効果）。しかしこれらはシミュレーションによる予測が主であるため実際の観測データに乏しく、まだ未解明の課題が多く残されている。

衛星・地上観測装置によって得られる観測データは、基本的に磁気圏、電離圏、大気圏のような個々の領域内毎の現象のトレースに特化してしまうため、それらを統一的に理解するにはモデル計算による包括的なシミュレーションを行うことが不可欠である（図 2）。しかし、そのような膨大な観測データと種々のモデル計算手法を

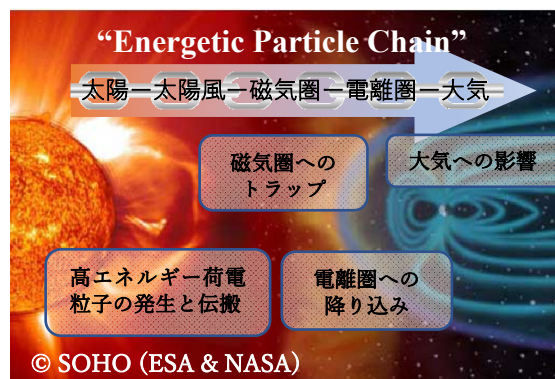


図 1：太陽を起源とする連鎖システムのイメージ。

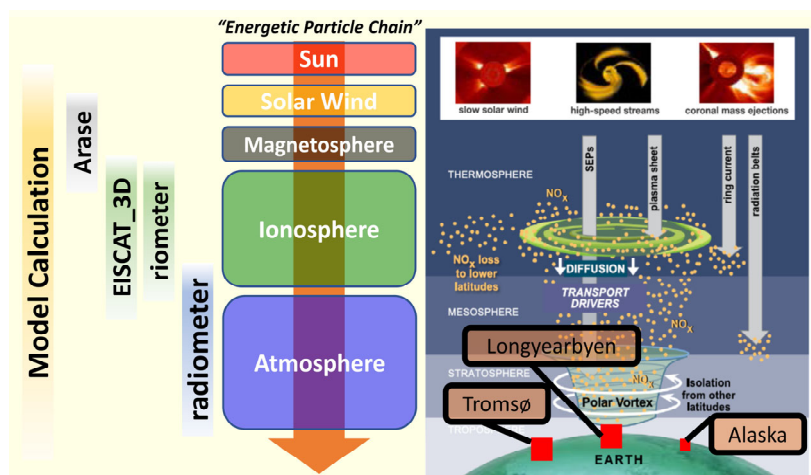


図 2(左)：各装置が観測する領域とシミュレーションによるデータ融合のイメージ、(右)：極冠域内外に新たに設置する観測拠点の位置と降り込み粒子の関係 (Marshall et al., 2020 の図を改変)。

適切に融合させる取り組みは、世界的に見ても不十分な状況にある。本研究では、あらせ衛星（磁気圏）、EISCAT\_3D レーダーとリオメータ（電離圏）、ミリ波大気ラジオメータ（大気圏）により観測データを取得するとともに、これらをインプットとして磁気圏から電離圏への荷電粒子降下や大気圏のイオン化学反応および全球的力学・温度場のモデル計算を行うことで、粒子降下の大気への影響の定量的な解明を目指す。本研究所の研究者を中心として各項目のスペシャリストがチームを結成し、それらを融合した国際的なコンソーシアムでプロジェクトを推進する。

## 2021 年度の主な研究成果

- ① 2つの異なる波長の観測から、オーロラを起こしている電子の downward energy flux および characteristic energy を導出する手法を開発し、トロムソに設置しているカメラデータを用いて脈動オーロラに適用した。
- ② フィンランドに設置した高速撮像カメラとリオメータを用いて、脈動オーロラの形状と降下電子エネルギーフラックスとの関係を調べた。その結果、脈動オーロラがパッチ化すると、脈動周期帯（1-40 秒）のエネルギーフラックスはその低緯度側でのみ hardening し、40 秒以上では softening することが分かった。
- ③ 磁気圏から電離圏への波動粒子相互作用による電子散乱シミュレーションに、準定常的な散乱過程を計算するモジュールを組み込む開発を行い、降下してきた電子による各波長でのオーロラ発光、および CAN の吸収量を計算するコードを開発した。