

題目：波動粒子相互作用がつなぐ宇宙と地球高層大気

発表者：栗田 怜（京大生存圏研究所・宇宙圏電磁環境探査分野・准教授）

関連ミッション：ミッション 3（宇宙生存環境）、ミッション 5（高品位生存圏）

要旨：

宇宙空間は真空ではなく、希薄な電離気体（プラズマ）で満たされており、その中を様々な電波（プラズマ波動）が飛び交っている。プラズマが希薄なために、粒子間衝突によるエネルギーのやり取りは起こらないが、その代わりに、プラズマ波動の電界・磁界がプラズマの加速・消失に重要な役割を果たす。この、プラズマとプラズマ波動の間で起こるエネルギーのやり取りを波動粒子相互作用と呼ぶ。地球周辺の宇宙空間においては、さまざまなエネルギーを持つプラズマが固有磁場に捕捉され、地球を周回している。地球周辺の宇宙環境の乱れに伴い、人工衛星に障害を引き起こすような、メガエレクトロンボルト（MeV）のエネルギーを持つ電子が生まれることが知られているが、この生成には、波動粒子相互作用が密接に関係していると考えられてきている。また、プラズマ波動の種類によっては、MeV 電子を宇宙空間から消失させるものもあり、宇宙空間でプラズマ波動を計測し、その特性を明らかにすることは非常に重要な研究課題である。

地球の磁場に捕捉された電子の消失は、プラズマ波動によって電子の運動の軌道が乱され、地球大気に衝突することで起こる。この大気との消失により、オーロラが発生することが知られている。オーロラの発光を担うのは、キロエレクトロンボルト（keV）程度のエネルギーを持つ電子で、高度 100km 程度で大気との衝突で消滅する。一方で、更にエネルギーの高い電子は、より低い高度まで侵入し、大気の異常電離・加熱を引き起こす。この過程により、高層大気の化学反応の時定数に変化が起こり、窒素酸化物（NO_x）や水酸化物（HO_x）の量が増加し、結果としてオゾンの破壊につながる可能性が指摘されている。

波動粒子相互作用という過程によって、宇宙空間で非常に高いエネルギーを持つ電子が生成され、生まれた高エネルギー電子は大気へと侵入し、高層大気へと影響を及ぼすという、一つのサイクルが生まれている。本発表では、このサイクルに関して紹介し、プラズマ波動が、生存圏に重要な役割をもちうることを示す。

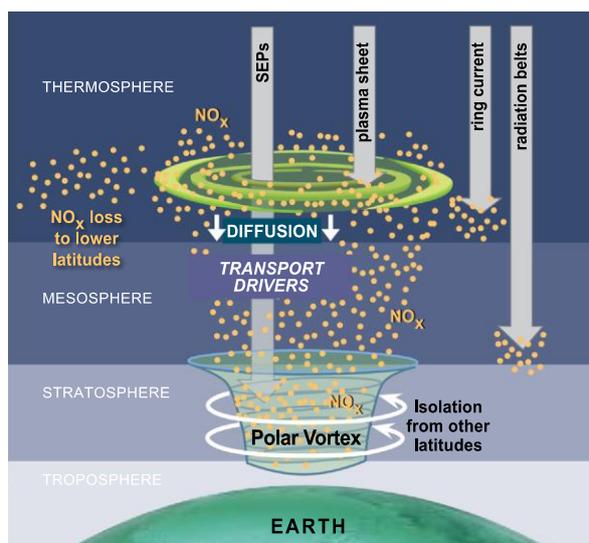


図 1: 宇宙から大気へのエネルギーインプットと生成された NO_x の輸送過程 (Marshall et al., 2020)