

ヘリコン波動の伝搬とプラズマ生成過程

諫山 翔伍 [1]; 羽田 亨 [1]; 篠原 俊二郎 [2]; 谷川 隆夫 [3]
[1] 九大総理工; [2] 東京農工大・工; [3] 東海大・総科研

Helicon wave propagation and the physical process of helicon plasma production

Shogo Isayama[1]; Tohru Hada[1]; Shunjiro Shinohara[2]; Takao Tanikawa[3]
[1] ESST, Kyushu Univ; [2] Inst. Eng, TUAT; [3] RIST, Tokai Univ.

Helicon plasma is a high-density and low-temperature plasma generated by the helicon wave i.e., electromagnetic whistler wave bounded typically in the cylindrical geometry. Helicon plasma is expected to be applications for various fields including next generation electric thrusters. On the other hand, there still remain unsolved physical issues regarding how the plasma is generated using the helicon wave. For further optimization of plasma production, it is important to clarify the mechanism of helicon plasma production.

Helicon plasma production involves such physical processes as wave propagation, mode conversion, and collisionless as well as collisional wave damping that leads to ionization/recombination of neutral particles. In particular, Shamrai proposed the linear mode conversion process that can contribute to high efficient RF power deposition. According to his scenario, the long wavelength helicon wave is linearly mode converted to the TG wave, which then dissipates rapidly due to its large wave number. On the other hand, the efficiency of the mode conversion depends strongly on the magnitudes of dissipation parameters. When the dissipation is dominant, the TG wave is no longer excited and the input helicon wave directly dissipates.

We will discuss the dependence of mode conversion efficiency on the parameter of electron-neutral collisions and the structure of plasma heating by fluid simulations. And we will discuss the processes of plasma heating and plasma production by using self-consistent model which includes processes of inelastic collisions between electrons and neutrals, and ionization/recombination of neutrals.

ヘリコンプラズマとは、アルゴンなどの中性ガス中に電磁波（ヘリコン波）を励起して生成するプラズマである（広い意味においてヘリコン波は、有限円柱境界をもつ「ホイッスラー波」として定義できる）。ヘリコンプラズマは室内で効率よく低温・高密度なプラズマを生成できるため、次世代の電気推進機など、幅広い分野での応用が期待されている。その一方でヘリコンプラズマの生成過程には未だ未解明の部分が多く残されている。生成機構を解明する事により、プラズマ生成の最適化が期待され、ヘリコンプラズマのさらなる応用領域の拡大につながると考えられる。

ヘリコンプラズマ生成のメカニズムには、ヘリコン波動の伝搬、プラズマ密度の非一様性によるヘリコン波から TG (Trivelpiece-Gould) 波へのモード変換、衝突・無衝突によるプラズマの加熱、中性粒子の電離・再結合を考慮した分散関係の時間発展が挙げられる。特にアンテナからの高効率なパワー吸収機構として Shamrai の提唱したモード変換機構がある。Shamrai のシナリオによれば、アンテナより励起されたヘリコン波は非一様密度プラズマ中で TG 波へモード変換し、モード変換によって励起された TG 波はその大きな波数のため大きく減衰する。一方で、モード変換効率すなわち TG 波の励起はプラズマ中の散逸の大きさに強く依存する。特に散逸が大きい場合には TG 波は励起されず、ヘリコン波の直接減衰によるパワー吸収が主となる。

本発表では、流体シミュレーションによりモード変換効率の散逸パラメータ（電子 - 中性粒子間衝突）への依存性、プラズマ加熱機構の変化を議論する。さらに、電子 - 中性粒子間の非弾性衝突、中性粒子の電離・再結合過程をセルフコンシステントに取り入れたモデルによりプラズマ加熱、生成過程を議論する。