

# 研究スタッフ

教授： 安藤 晃

## 研究目的

21世紀の宇宙開発や、新エネルギー源としての核融合開発など、先進科学にとって高密度プラズマ流研究は非常に重要です。

本研究室にて開発したマッハ数が1を超える超音速プラズマ流を準定常的に生成できる装置は世界にも例がなく、これを用いた高速プラズマ流の発生と磁場による制御の実験研究をはじめ、先進宇宙プラズマ推進機の開発を進めています。

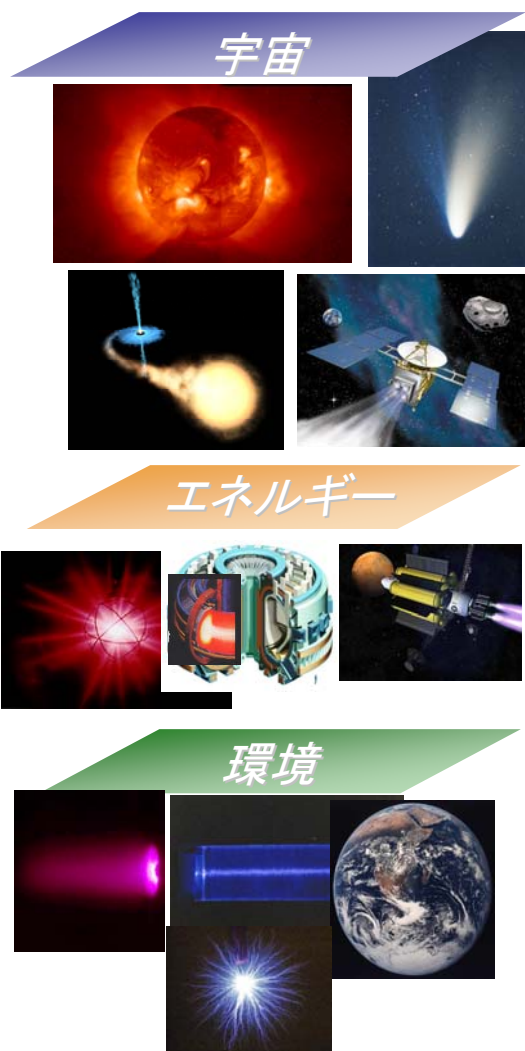
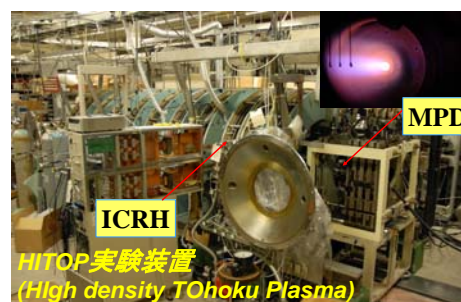
また、将来のエネルギー源として核融合発電の実現を目指した国際核融合実験装置(ITER)研究が進められています。このプラズマ加熱用に大型の中性粒子入射装置が開発されていますが、そのための高周波水素負イオン源や、先進核融合プラズマ加熱法の開発、産業応用に展開可能な低エネルギーイオン源開発を進めています。

さらに、環境工学・材料工学への応用を指向した液体中や大気圧中の放電プラズマによる水の浄化、有害ガスの分解、材料の表面改質・創製、医用工学への応用を指向した応用研究も行っています

## 主な研究テーマ

### 1. 高速プラズマ流の生成と先進宇宙推進機応用

高速プラズマを噴射できる電気推進機は、人工衛星や深宇宙探査機の軽量化・長寿命化などに不可欠です。比推力可変プラズマ推進機VASIMRは、将来の有人火星探査用ロケット主力エンジンとして期待されています。また、MPDプラズマ源は中・大型衛星のエンジンの他、宇宙デブリ（塵）回収、地球直撃小惑星の軌道変更などにも有用です。



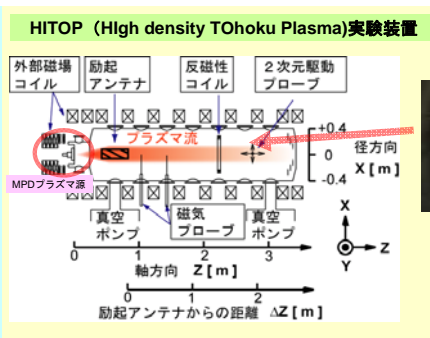
**実用推進体物理学 (MHD) 調査**  
天体ジェット、磁気回転不安定性、太陽フレア、...

**電磁推進体物理学 (MHD) の基礎研究**  
超音速/超アルヴェン速プラズマ流、電磁衝撃波、ヘルスイー則、電磁渦、回転不安定性、...

**高速プラズマ流の生成と制御技術**

**実用推進体物理学への応用**  
高比推力、長時間加速、高周波加熱と加速 (VASIMR)

**高ペータ数融合の実現**  
高速プラズマ流によるMHD安定化、双極子磁場閉じ込め、逆転磁場、スフェロマック配位、...

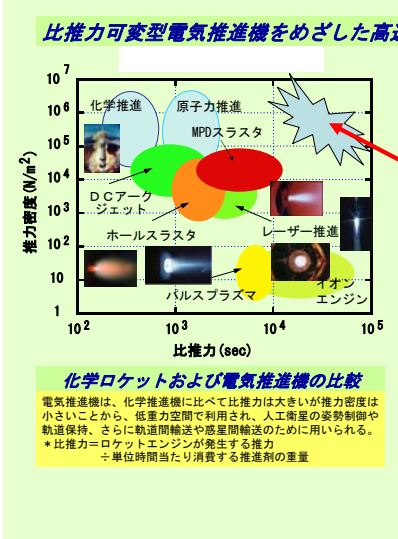


**MPDプラズマ源**

陽極と陰極に流れる電流と自己誘起磁場の相互作用によりプラズマが軸方向に加速され、超音速で噴出する。

準定常放電 ( $t \sim 1\text{ms}$ )  
プラズマ密度  $n \sim 10^{21}\text{m}^{-3}$   
イオンマッハ数  $M_i \sim 1$

直径  $D = 0.8\text{m}$   
全長  $L = 3.3\text{m}$   
外部印加磁場  $B_0 \sim 0.1\text{T}$



**VASIMRが目指す新たな領域**

VASIMR: Variable Specific Impulse Magnetoplasma Rocket

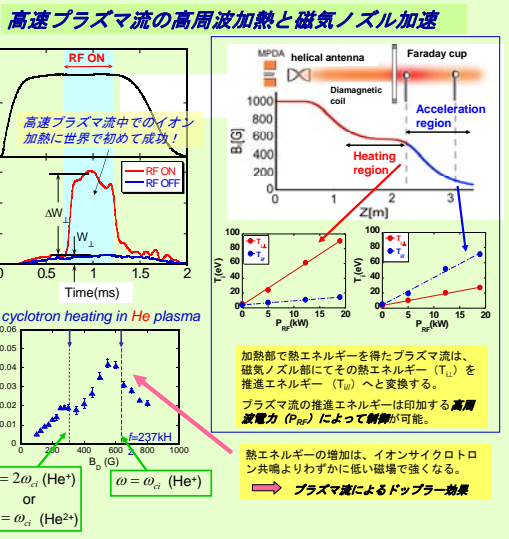
有人火星探査など次世代の宇宙航行用推進機として、比推力可変型電気推進機の開発がNASAで進められている。この実現のためには高速プラズマ流のイオン加熱を実現する必要があるが、未だ成功していなかった。

我々のMPDプラズマ源を用いたHITOPでの研究により、右図に示すように高周波加熱によってプラズマ流の熱エネルギー  $W_{\perp}$  が上昇することが確認され、高密度プラズマ流の高周波加熱に世界で初めて成功した。

Directed by F.R. Chang Diaz, Johnson's Advanced Space Propulsion Laboratory

**NASAのVASIMRプロジェクト**

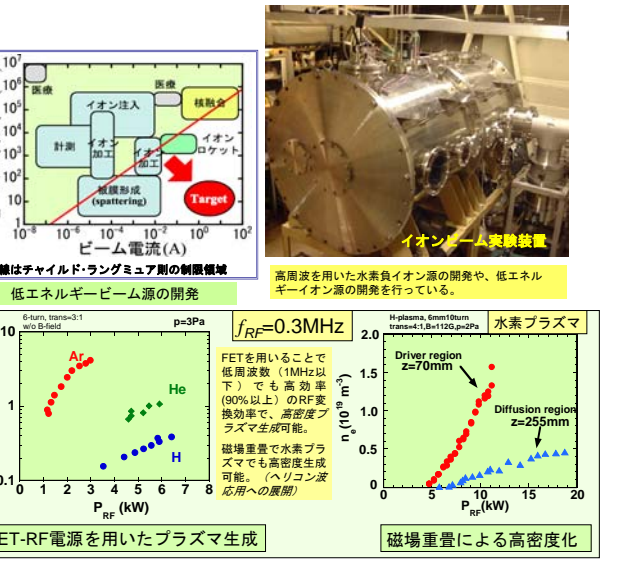
電極のない大型の比推力可変型プラズマ推進機(VASIMR)を使用すれば、有人火星探査をわずか3ヶ月で行える。20年後の実用化に向けた開発研究が本格化している。



## 2. 先進核融合プラズマへの加熱法の開発 ～水素負イオン源と高周波源の開発～

核融合プラズマ実現のために必要な水素負イオン源や様々な産業応用への展開が可能な高周波プラズマ源の開発を進めています。

- 低エネルギー(100eV以下)大電流(電流密度 0.1A/cm<sup>2</sup>以上)のイオン源を開発
  - 種々の材料の表面改質や小型核融合実験の中性粒子ビーム加熱などへ応用。
- FETインバータ電源を用いた高効率高周波源の開発
  - 大型核融合実験用中性粒子ビーム加熱装置や耐熱・耐粒子束壁材料開発などへ応用



## 3. 高電圧応用・大気圧プラズマ生成と環境工学への応用

高速気流による大気圧中での直流グロー放電の維持と表面改質への応用、EHD効果を用いた小型ポンプの開発、水中プラズマ生成による水質浄化などの応用研究を行っています。

**高速気流安定化による直流(DC)グロープラズマの生成**

**電気流体力学(EHD)効果を用いた小型ポンプの開発**

電極間に高電圧を印加することで、機械的駆動のない小型ポンプを実現できる。この技術は、小型電子機器の冷却、医療やバイオテクノロジーの発展にもとより超小型化分析装置の開発につながる。