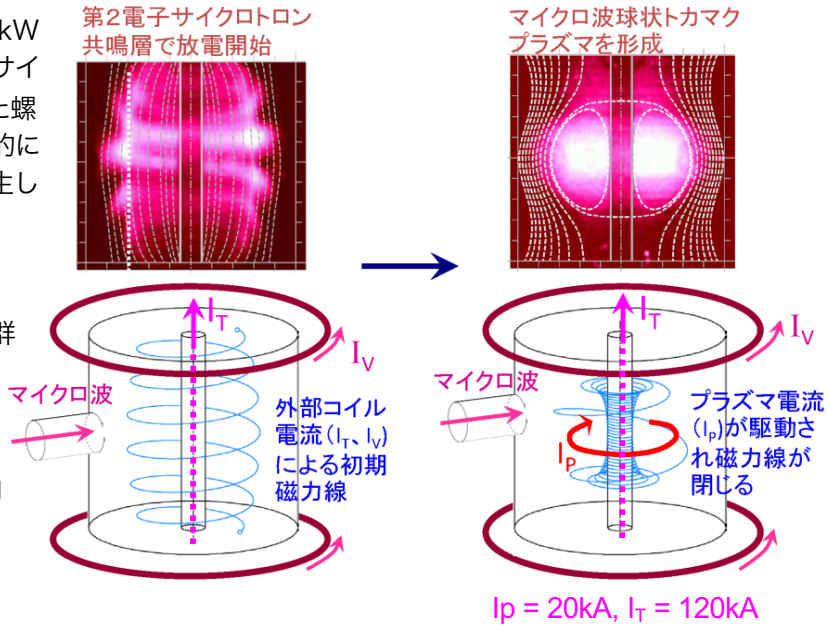
プラズマはアボガドロ数的な大量の荷電粒子（イオンや電子）がマクロスケールで飛び交う電離気体であり、外部から加えられた場（電場、磁場、重力場）だけでなく、自分自身が運動することによって生成する自己場の影響も受けながら集団として複雑な非線形発展をしてゆきます。当研究室のLATE装置では、マイクロ波により生成されたプラズマが自己形成してゆく物理過程を実験的、理論的に研究しています。

マイクロ波による球状トカマクの形成

～ 自発的トロイダル電流発生を介したトーラスプラズマの自己形成 ～

外部コイルによる螺旋状の磁力線構造に100 kWレベルのマイクロ波を入射すると初めは電子サイクロトロン共鳴(ECR)層近傍に磁力線に沿った螺旋状のプラズマが発生しますが、やがて自発的にプラズマ中に環状電流(プラズマ電流 Ip)が発生して閉じた球状プラズマが自己形成されます。



プラズマ電流は?

マイクロ波により一方向に運動する高速電子群が形成されることにより運ばれます。

電流の方向は?

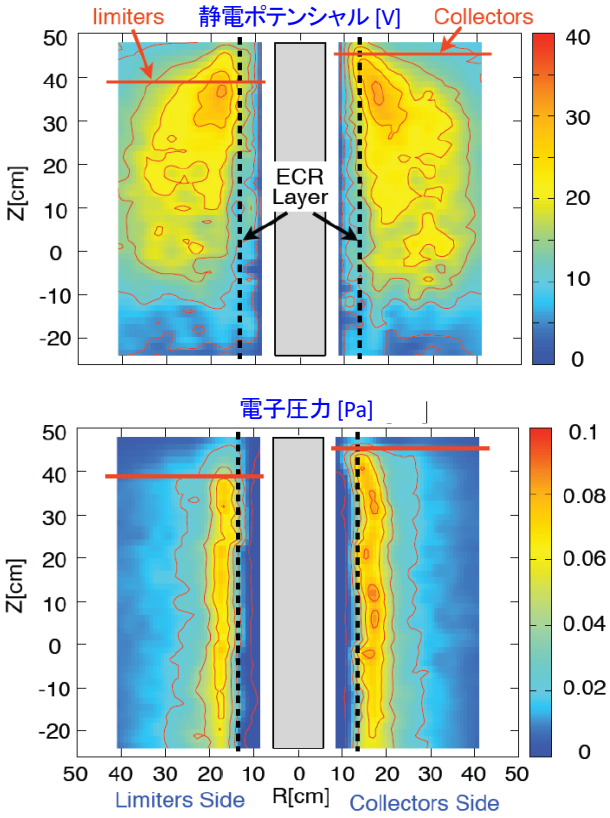
外部コイル(Iv)の作る磁場との平衡を満たす向きのみが自発的に成長して、選択されます。

その意義は?

この方式を核融合プラズマの起動に適用できれば従来の誘導起動法で用いる中心ソレノイドが不要となるため、将来の核融合発電炉の劇的な簡素化が可能となります。当研究室では、小型のLATE装置において本方式が原理的に可能であることを実証しました。現在、他研究機関と協力し大型装置への適応を積極的に進めています。

単純トロイダル磁場中の電子サイクロトロン共鳴プラズマ

～ 自発的静電ポテンシャルを介したプラズマの自己形成 ～



単純なトロイダル磁場中に、1kWレベルのマイクロ波を入射すると、電子サイクロトロン共鳴(ECR)層近傍に縦に伸びたプラズマが生成・維持されます。このとき、プラズマ中には左図に示すような静電ポテンシャル分布が自発的に形成され、電子とイオンの流れを自己調節することで、プラズマが維持されます。

単純トロイダル磁場中では

磁場の勾配・湾曲により電子は下向き、イオンは上向きにドリフトするため、上下方向に荷電分離を生じます。

自発的な静電ポテンシャルの形成により

等ポテンシャル面に沿ったドリフト運動（E×Bドリフト）が生じ、これによりイオンと電子の流れが自己調節され、プラズマ圧力は左図に示すように上下方向にほぼ一定となります。さらに、この機構により荷電分離が抑えられて、プラズマの電気的中性度が保たれます。電荷密度の偏りはわずか10^{-5} %という驚異的なオーダーです。