

令和4年10月26日
国立大学法人筑波大学

報道関係者 各位

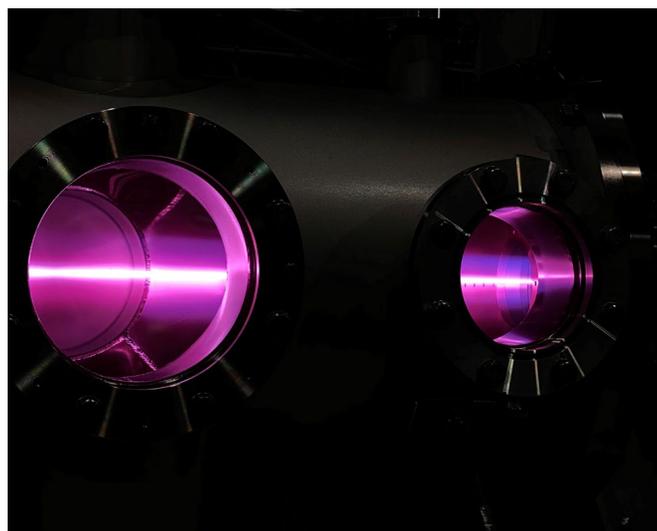
新たな超伝導ミラー型装置においてファーストプラズマの生成に成功 ～将来の原型炉ダイバータ級定常高密度プラズマ達成に向けて前進～

国立大学法人筑波大学プラズマ研究センター(センター長:坂本 瑞樹、「以下、プラズマ研究センター」)では、核融合原型炉開発に向けた定常高密度プラズマ生成を目指し、2018年より新たな超伝導ミラー型装置「Pilot GAMMA PDX-SC」の建設を進めてきました。

この度、2022年10月17日に当装置においてファーストプラズマ生成に成功しました。今後、プラズマ加熱装置の整備を進め、この新装置を用いた熱・粒子制御手法の開発研究を推進し、共同研究の受け入れを予定しております。



Pilot GAMMA PDX-SC



ファーストプラズマの写真(拡大)

【本件に関する問い合わせ先】

- ◆Pilot-GAMMA-PDX-SCに関すること
プラズマ研究センター センター長/教授 坂本 瑞樹(さかもと みずき)
<https://www.prc.tsukuba.ac.jp/>
- ◆取材・報道に関すること
筑波大学広報局報道担当
TEL: 029-853-2040 E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp

【背景】

2050年のカーボンニュートラル達成のために、核融合エネルギーへの期待が高まっています。国際協力で建設が進められている国際熱核融合炉ITER(フランス)は2025年の完成を目指しており、EU、英国、米国、中国などでは核融合原型炉の議論が本格的かつ活発に行われています。日本国内では、文部科学省核融合科学技術委員会において、2019年12月に「原型炉開発に向けたアクションプラン」が策定され、同委員会に設置された原型炉開発総合戦略タスクフォース(TF)において核融合発電の実施時期の前倒しの議論が行われています。

【概要】

原型炉開発における最重要課題のひとつに、核融合プラズマから流出した熱と粒子が集中するダイバータでの熱・粒子制御があります。プラズマ研究センターでは、既存のタンデムミラー型装置(GAMMA 10/PDX)を用いてこの課題に取り組んできましたが、TFでの議論を踏まえ、ダイバータ熱・粒子制御研究のさらなる発展を目的とし、自然科学研究機構核融合科学研究所の双方向型共同研究を基盤にして、2018年より新たな超伝導ミラー型装置(Pilot GAMMA PDX-SC)の建設計画を開始しました。

【Pilot GAMMA PDX-SCの概略目標】

実験装置	[2018年～現在]	[今回]	[将来]
	GAMMA10/PDX	Pilot GAMMA PDX-SC	定常高密度プラズマ実験装置
全長(m)	27	≤ 10	≥ 20
密度(m ⁻³)	~ 10 ¹⁸	> 10 ¹⁹	~ 10 ²⁰
温度(eV)	~ 400	数10 ~ 100	~ 100
生成時間(sec)	0.4	10 ~ 100秒	定常

将来の原型炉ダイバータ級定常高密度プラズマ達成に向けて、性能達成に必要な外挿性の高いデータベースを、既存装置である GAMMA 10/PDXで培った知見に基づいて得ることを目標とし、**現有の電源設備、加熱装置等を最大限に活用**、磁場コイルは端部ミラーを超伝導を用いた長時間放電を目指しています。

【Pilot GAMMA PDX-SC のコンセプト】

1.プラズマ源

「定常高密度プラズマ生成」を担うプラズマ源として、高密度プラズマ生成において高い実績を有するTPD型プラズマ源の知見およびヘリコン波プラズマ源を基盤として、

(1) カスケードアークプラズマ

(2) ヘリコンプラズマによる新たな高密度プラズマ源の開発

を行っています。本プラズマ源の目標とするパラメータは、水素プラズマにおいて、プラズマ密度 > 10¹⁹ m⁻³、プラズマ径 ~ 10 cm(半値全幅では ~ 5cm)、放電時間: 定常(10 ~ 100 秒)とし、放電中は、プラズマ源からプラズマが流入するプラズマ閉じ込め領域のガス圧力を10⁻⁴ Pa 程度に維持。

2.プラズマ温度

単純ミラー配位によるプラズマの閉じ込め領域を利用してプラズマの加熱を行い、プラズマ温度の上昇をはかります。ただし、プラズマの不安定性を抑制する工夫が必要となります。

(1) プラズマ安定化: Vortex Confinementを採用

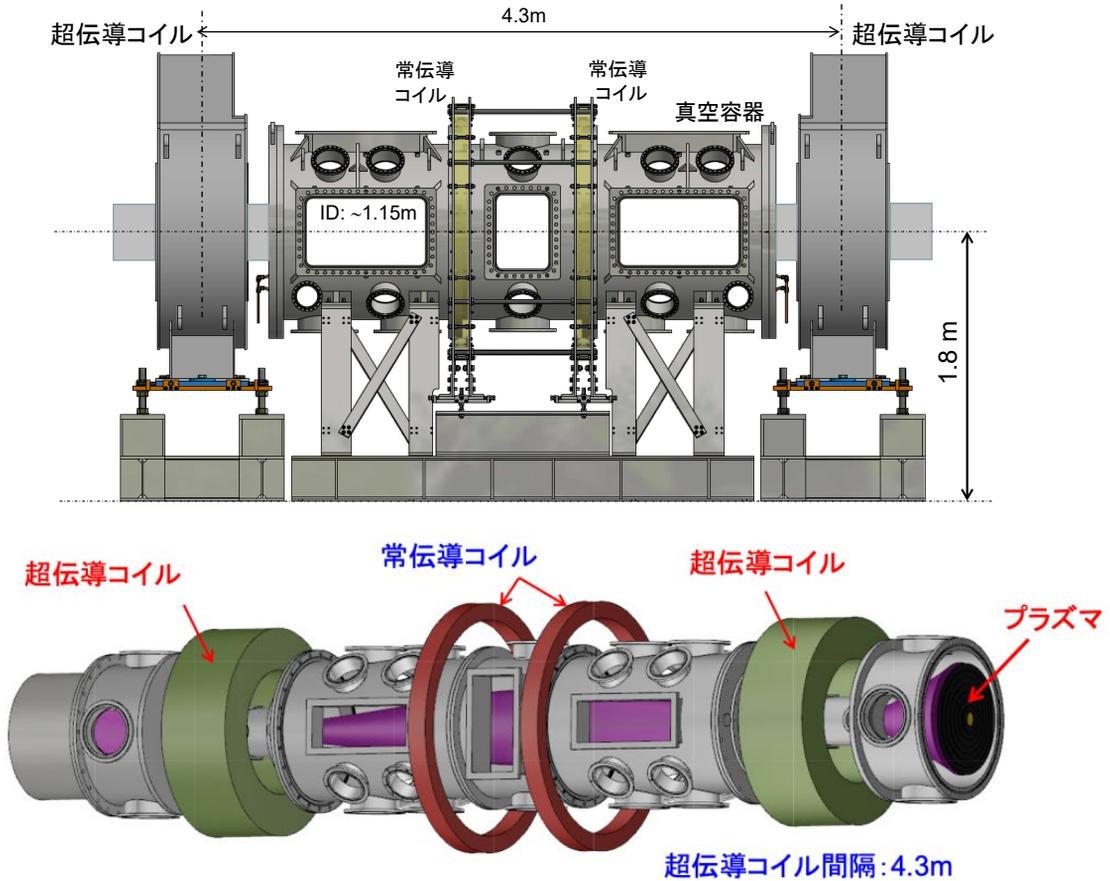
(2) イオン加熱: イオンサイクロトロン周波数帯(ICRF)加熱

(3) 電子加熱: 電子サイクロトロン共鳴加熱(ECRH, 2次高調波)

電子バーンシュタイン波(EBW)加熱

【Pilot GAMMA PDX-SCの概略】

装置の両端にNbTi超伝導コイル、中央に常伝導補助コイルが高精度に設置されている。プラズマは図の左側に設置されたプラズマ源から中央の真空容器(内径1.15m)に入射され閉じ込められる。超伝導コイル中心部では磁場強度は1.5テスラ。



【用語解説】

・ダイバータ

高温で核融合反応を起こしているプラズマから流出した熱と粒子は高温プラズマの周りに存在する磁場に沿ってダイバータへと流入する。この流出した熱・粒子によって真空容器が損傷しないようにダイバータにおいて熱粒子制御が行われる。また、ダイバータは、核融合反応の結果生じるヘリウム粒子や壁から混入する微量の不純物を排出するためにも用いられる。

・ミラー型装置

直線型のプラズマ閉じ込め装置で、コイルで作る磁場の強弱(磁気ミラー)によってプラズマを閉じ込める。プラズマ中の荷電粒子は磁力線に巻きつきながら運動する。この巻きつき方がしっかりしていると、磁場の強い所で荷電粒子跳ね返されるので、粒子は閉じ込められる。荷電粒子がまるで鏡(ミラー)があるかのように反射されるのでミラー型と言われる。また、巻きつきが弱いと装置端部にプラズマが流出する。GAMMA 10/PDXは磁気ミラーが直線状に複数配置(タンデムミラー)されていて、磁気ミラー効果と静電場によってプラズマを閉じ込めている。