

直線型プラズマ装置TPD-IIの現状

TPD: Test Plasma by Direct current discharge

[これまでの報告]

2021年6月11日 LHD physics meeting

2021年6月29日 課題 No. 19 ユニット個別会合

2021年7月9日 課題 No. 5, 28 ユニット合同会合

核融合科学研究所

林 祐貴

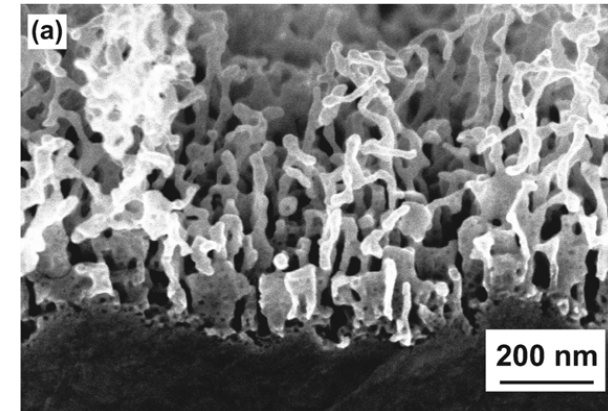
直線型プラズマ装置

直線型装置

大型装置と相補的にダイバータ実験を遂行

- 定常プラズマの生成
- 計測装置への近接性が良い
- プラズマの制御性・再現性が高い

⇒ ダイバータ物理の解明に寄与



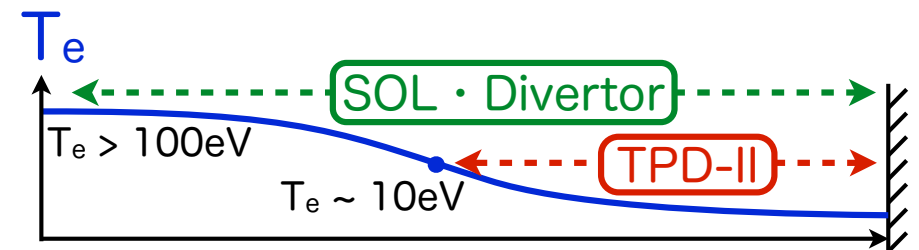
* 繊維状ナノ構造のSEM画像

S. Kajita NF 2009.

	B [T]	n_e [m^{-3}]	T_e [eV]
PISCES-A	0.2	1×10^{19}	20
TPD-I	0.5	6×10^{19}	10
TPD-II	0.2	1×10^{20}	10
NAGDIS-II	0.25	1×10^{20}	10
MAP-2	0.02	5×10^{19}	10
TPD-Sheet IV	0.07	1×10^{19}	15
PSI-2	0.1	1×10^{19}	20
MAGNUM-PSI	2.5	4×10^{21}	2
GAMMA10/PDX	1.5	3×10^{18}	> 100

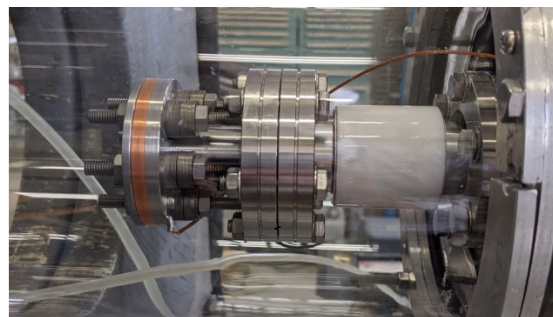
TPD-II

- 高密度 ($\sim 10^{20}m^{-3}$)
- 電離進行 \rightarrow 再結合プラズマ

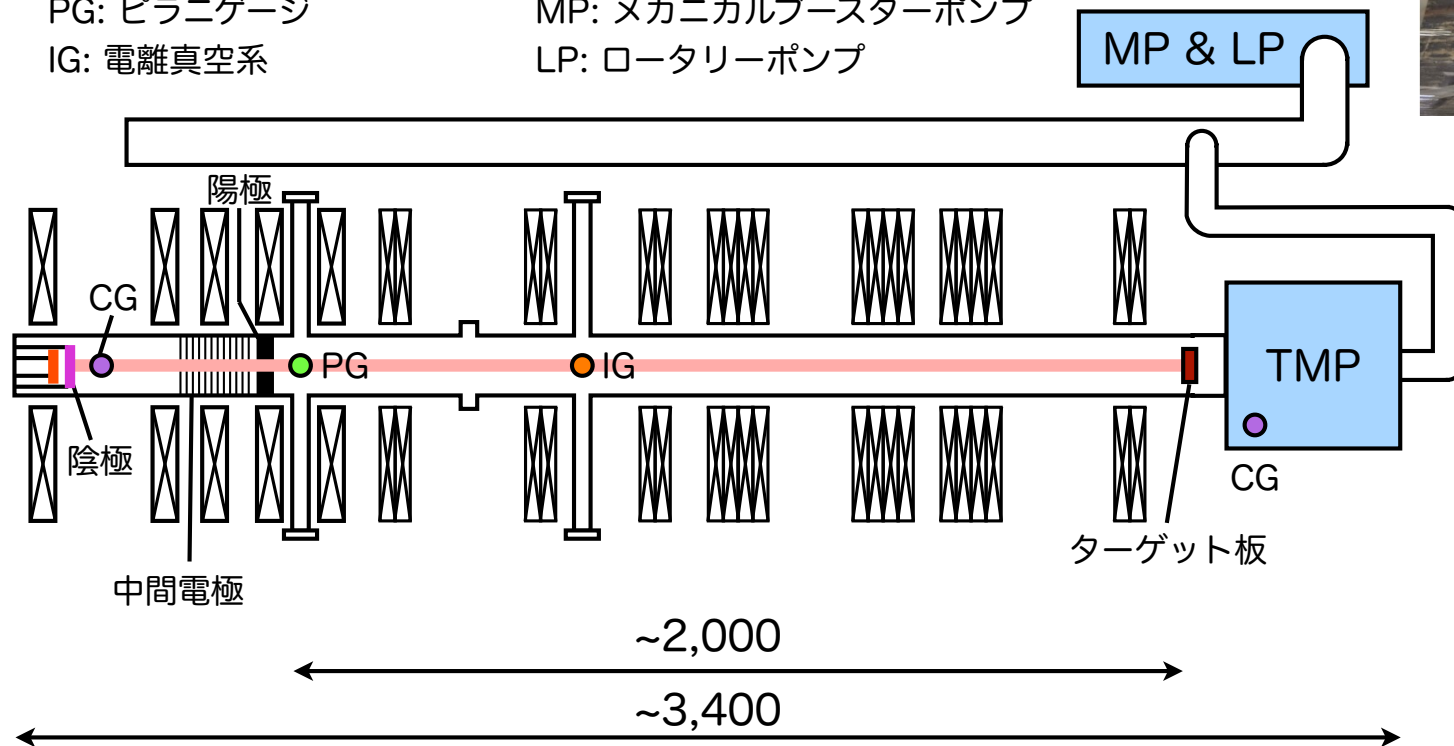


現在のTPD-II装置概要

CG: コンビネーションゲージ TMP: ターボ分子ポンプ
PG: ピラニゲージ MP: メカニカルブースターポンプ
IG: 電離真空系 LP: ロータリーポンプ



ターゲット板 (φ60mm)



装置全長: ~3.4m 陽極-ターゲット間距離: ~2m プラズマ径: ~20mm
最大放電電流: 200A 最大磁場強度: 0.6T
真空容器: ステンレスと石英 (内径φ~200mm)
プラズマ計測装置: なし

TPD-II復旧作業

~10年の稼働実績なし

2018 復旧作業開始

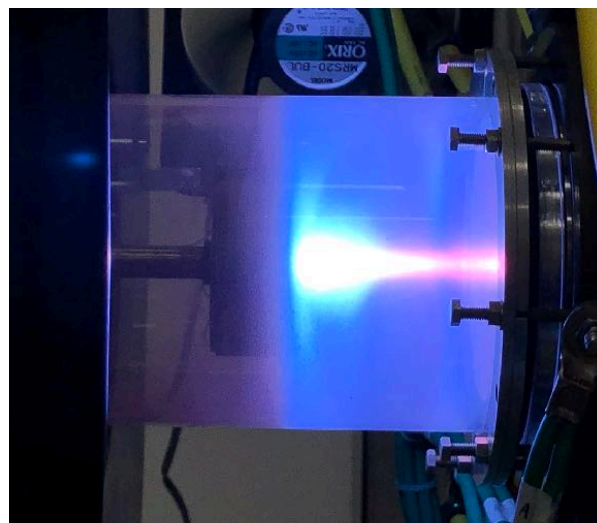
LHD計画共同研究「原型炉級ダイバータ模擬実験に向けたTPD型定常高密度プラズマ源の開発」代表 江角先生 (筑波大学)

2019 動作確認 (冷却系, 真空排気系, 磁場・放電電源)

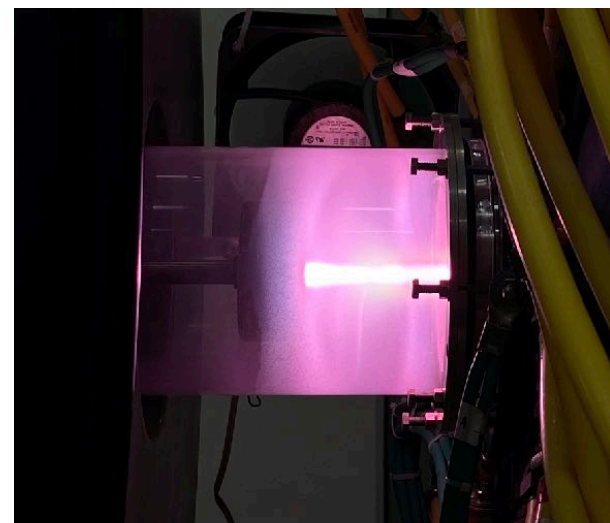
自己加熱型陰極を用いた放電試験



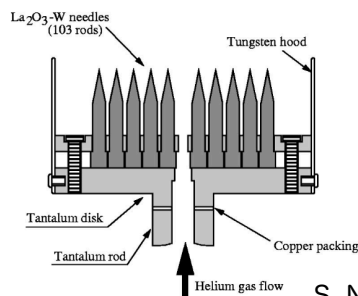
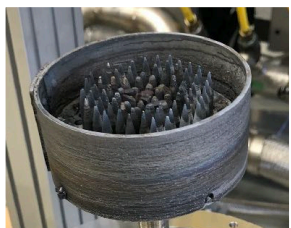
TPD-II



グロー放電



アーク放電



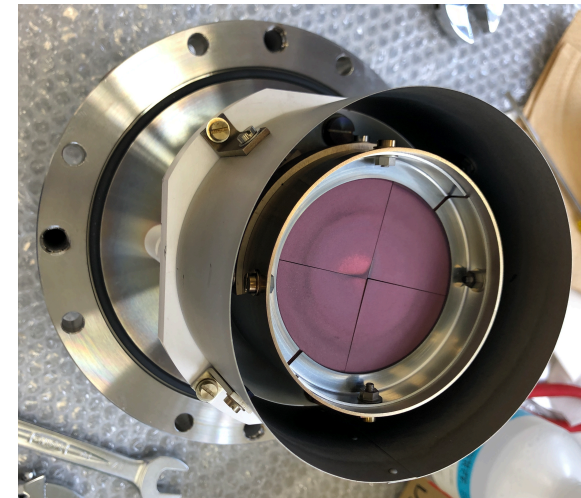
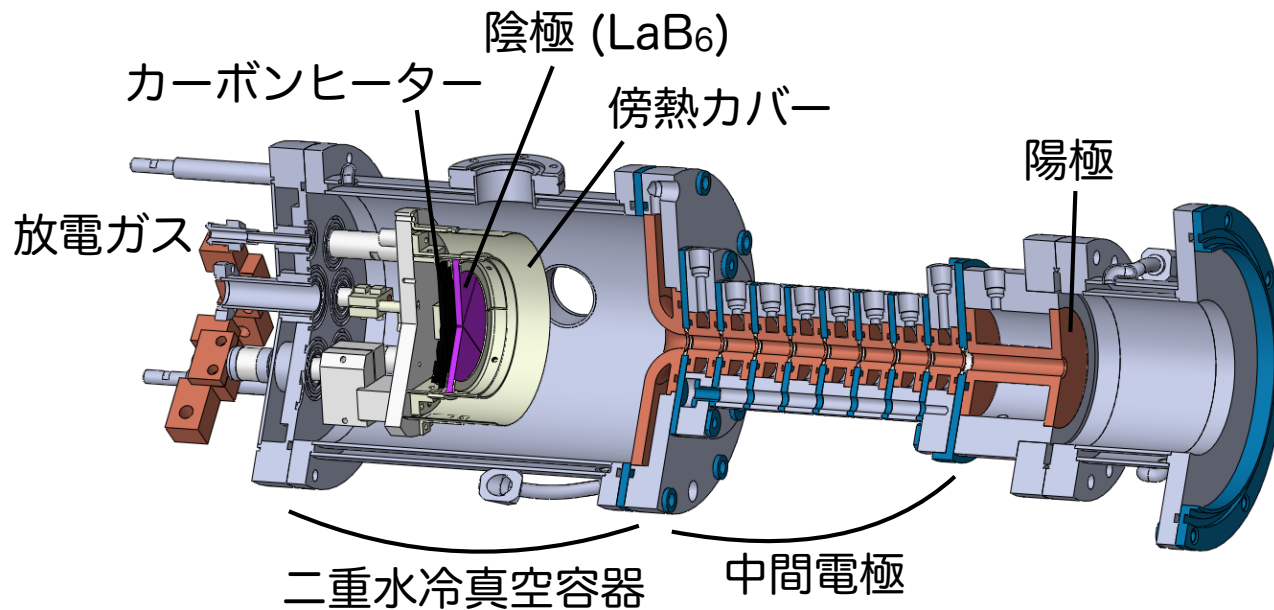
S. Namba JAP 2000

磁場強度: 0.2 T 放電電流: 5A
He 流量: 100 sccm 放電電圧: 500V
圧力: 0.3 Pa

TPD-II復旧作業

2020 傍熱型プラズマ源と中間電極の設計と開発

2021 傍熱型LaB₆陰極を用いた放電試験

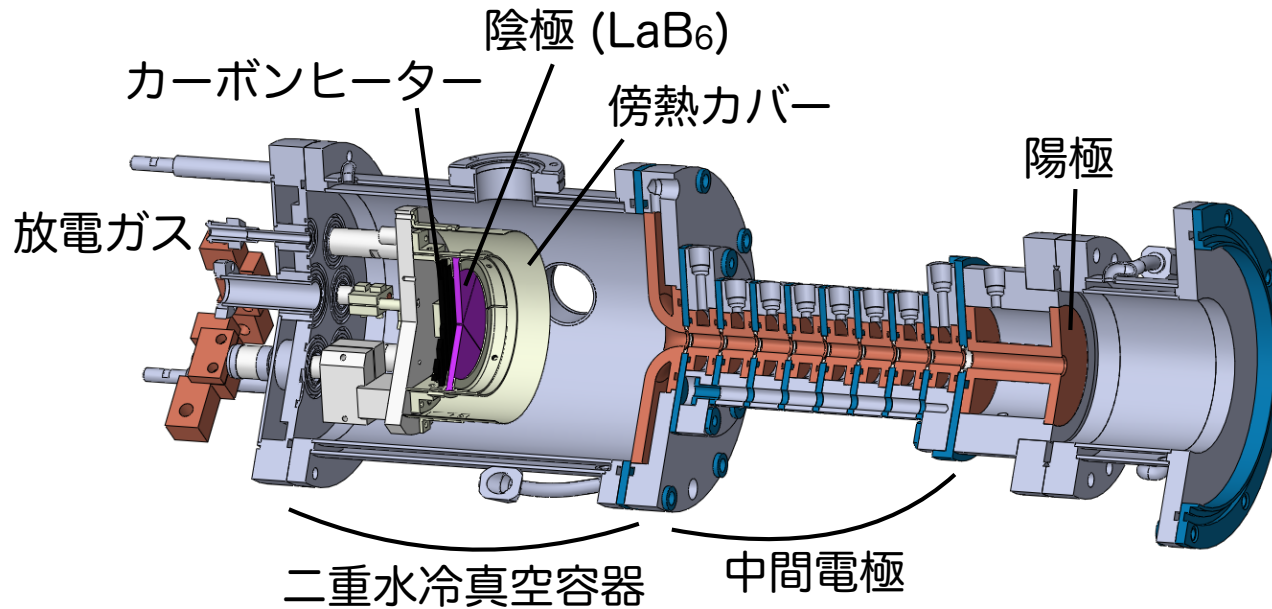


大面積のLaB₆円盤を陰極とした傍熱型プラズマ源を採用
カーボンヒーターからの輻射(~2kW)でLaB₆を加熱
中間電極を小型化し、電位分布の測定・制御が可能とした

TPD-II復旧作業

2020 傍熱型プラズマ源と中間電極の設計と開発

2021 傍熱型LaB₆陰極を用いた放電試験



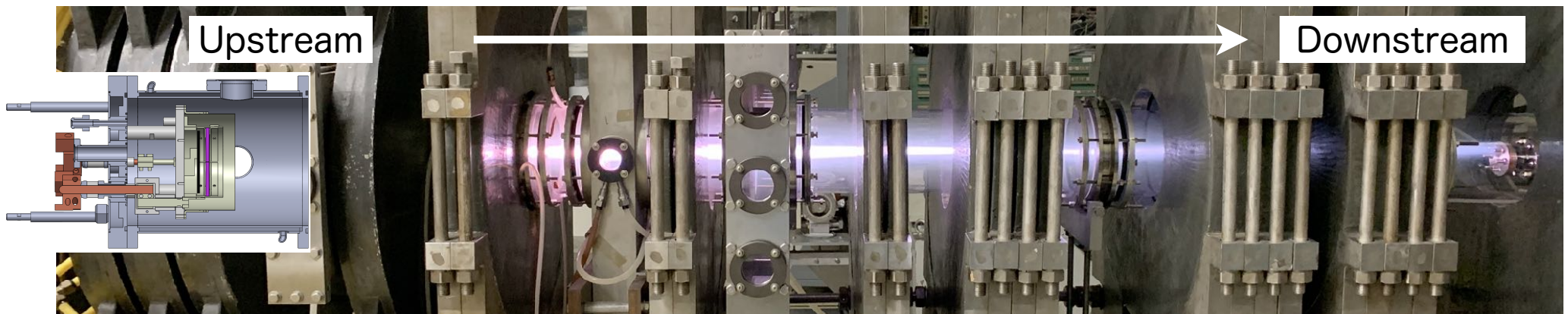
磁場強度: 0.13 T

He流量: 100 sccm

圧力: 0.1 Pa

放電電流: 20A

放電電圧: 150V



TPD-IIでやるべきこと

パラメータを追う研究・開発

EU: 世界に先駆けたパイロット装置 -> Magnum-PSIの開発 (n_e : $10^{21}m^{-3}$ 、 B : 2.5T)

US: 超伝導&ヘリコンプラズマのMPEX (n_e : $10^{21}m^{-3}$ 、 B : 1.0T)

日本でも「原型炉に向けたアクションプラン(文科省)」でダイバータ級定常高密度プラズマ実験装置の開発と実験の必要性が謳われている

核融合炉へ貢献できる物理実験と他分野への応用

本来、直線装置は核融合ダイバータ領域の模擬とその物理を研究するための装置
パラメータは原型炉未満の装置がほとんどだが、特徴を生かし物理を研究している

※Pilot-PSI・Magnum-PSIはその特徴が高いパラメータ

組み合わせ 既存の設備 + 新しい設備 例) プラズマ源 + イオンビーム

既存の設備 + 新しい手法 例) 大量データ + データ駆動

別の見方 既知の現象 -> 他分野の対象 例) ファズ -> 触媒応用

例) 非接触プラズマ -> 遮断機

装置自身ではなく何をやるかに新規性・オリジナリティを出す