

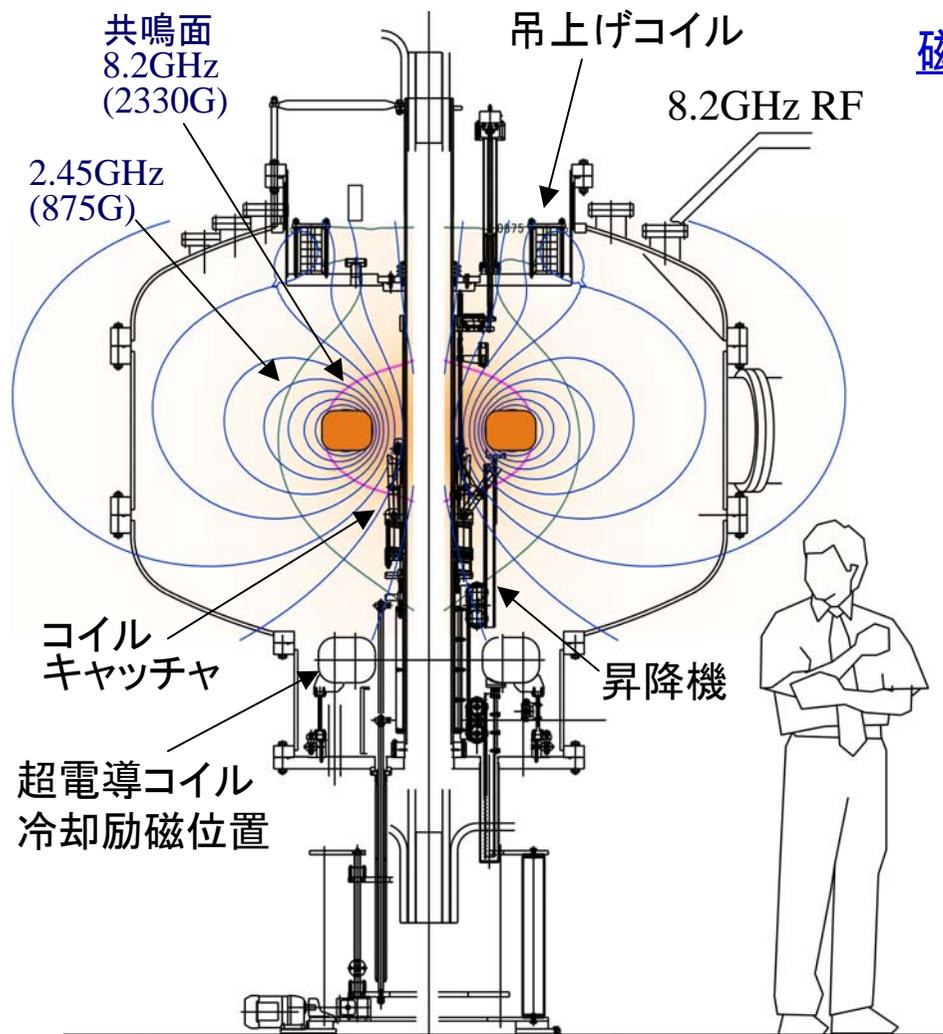
RT-1における初期プラズマ計測実験

東大新領域, 東大高温プラズマセンター^A, 東大工^B

齋藤晴彦, 吉田善章, 小川雄一^A, 森川惇二^B, 渡邊将, 矢野善久, 鈴木順子

- ・ 研究背景 磁気圏型プラズマ装置における実験の概要
- ・ 実験の現状(整備改善状況)
 - － コイルキャッチャシステムの真空中動作試験
 - － 浮上磁場コイル電源の動作安定化
 - － 磁場補正/コイル重量調整によるコイルの水平化
- ・ プラズマ計測系と初期計測実験の結果
- ・ まとめと今後の課題

研究背景：磁気圏型プラズマ閉じ込め実験



Ring Trap 1 (RT1) 装置

高温超電導コイル 115A (250kAT) Bi-2223
吊上げコイル (最大定格90kAT) による制御浮上
クライストロン 8.2GHz 100kW 1s pulse運転

磁気圏型プラズマ実験装置RT1*

2006年1月に運転を開始

- 惑星磁気圏と同様のdipole磁場を生成
- 流れを持つプラズマの平衡状態の検証 (double Beltrami state**)

⇒ 内部電場・流れを持つプラズマの生成、反物質等の各種荷電粒子の閉じ込め

- 超電導コイル磁気浮上システム
- 擾乱を抑制し高性能のプラズマを生成

実験サイクル:

コイル冷却<20K (Heガス冷却による)

⇒ 励磁, コイル上昇

⇒ プラズマ実験

⇒ コイル降下, 再冷却 / 昇温

* Z. Yoshida et al., Plasma Fusion Res. **1**, 008 (2006).

** S. M. Mahajan, Z. Yoshida, PRL **81**, 4863 (1998).

Z. Yoshida, S. M. Mahajan, PRL **88**, 095001 (2002).

超電導コイル落下対策用キャッチャ機構



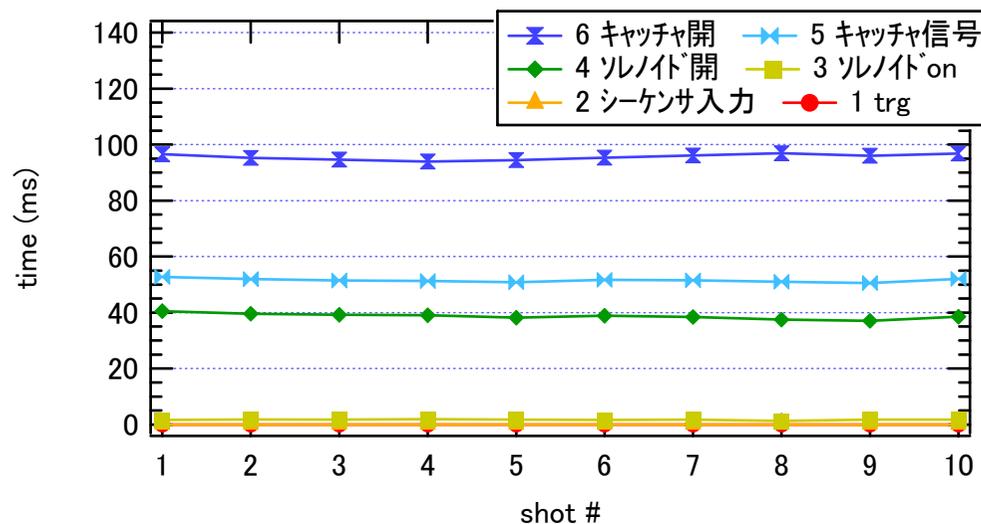
- ・浮上運転中の電源異常/停電による超電導コイルの落下対策の安全装置.
- ・異常発生時, コイル落下時間(～100ms)よりも高速にコイルキャッチャを展開し, 大落下によるコイル破損を防止する.
- ・前回まで: 真空中で動作しないトラブル.

⇒ キャッチャの支持構造の見直しにより, 真空中でも高速動作を実現



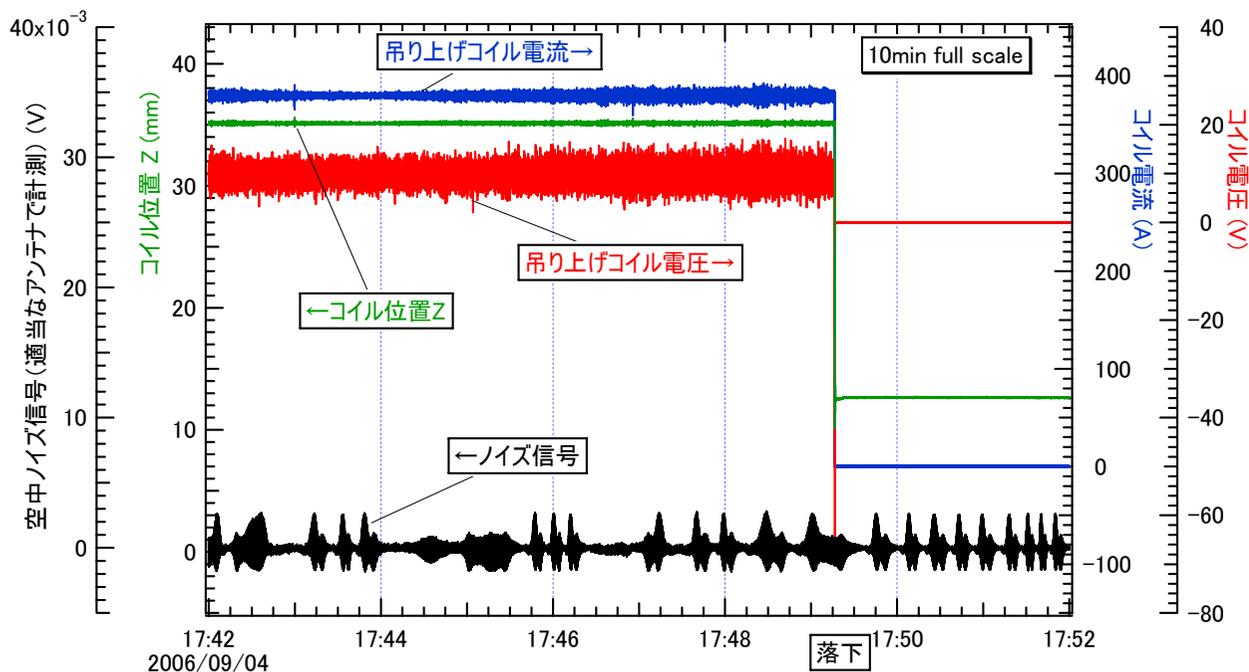
超電導コイルキャッチャー

通常時(上)と事故検出による展開時(下)

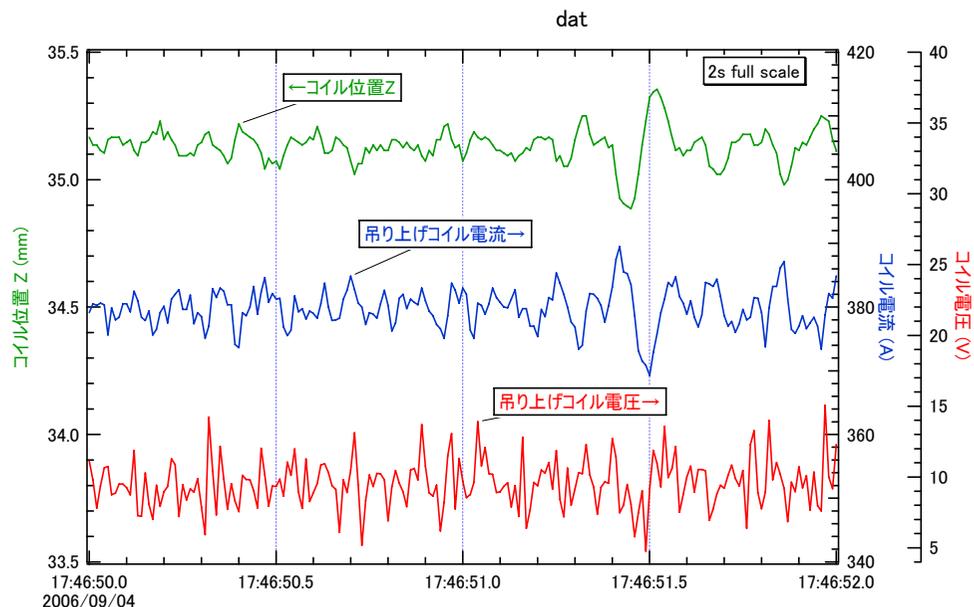


キャッチャー動作時間(各stepの動作)

浮上コイル電源ノイズ対策による浮上の安定化



- ・コイル浮上実験中、浮上コイル電源 (レーザセンサによるコイル位置検出に応じてPID制御を行う) が停止する状況が多発.
- ・コイルの落下に先行して電源の電流降下開始
- ・環境中の電磁ノイズ等は落下発生と無関係



電流指令信号のfiltering (200Hz) により、コイルの安定浮上制御と浮上電源の安定動作を両立

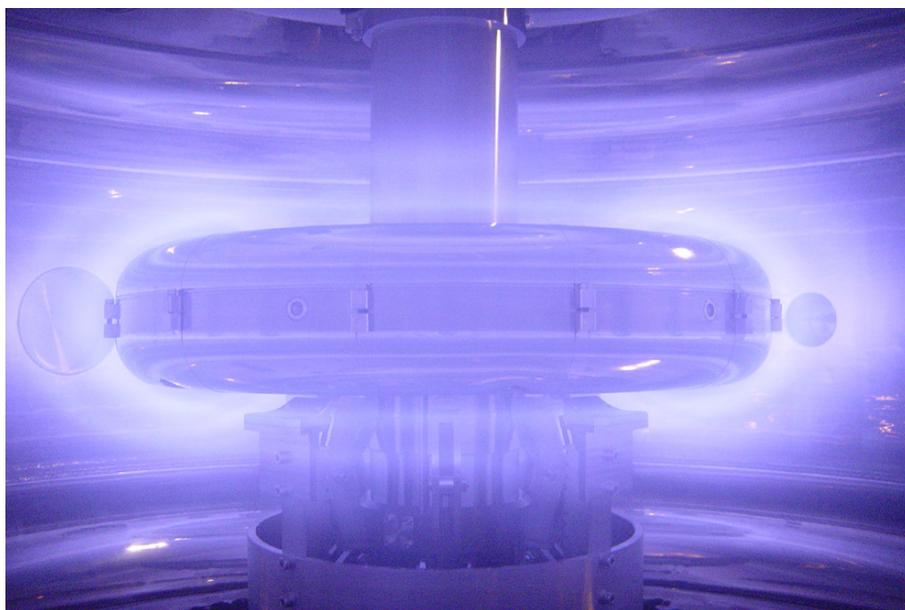
超電導コイル位置と浮上電源の電流／電圧の時系列データ

- (上) コイル落下発生時
- (下) ノイズ状信号に対する応答

磁気浮上状態でのプラズマ生成と初期計測実験

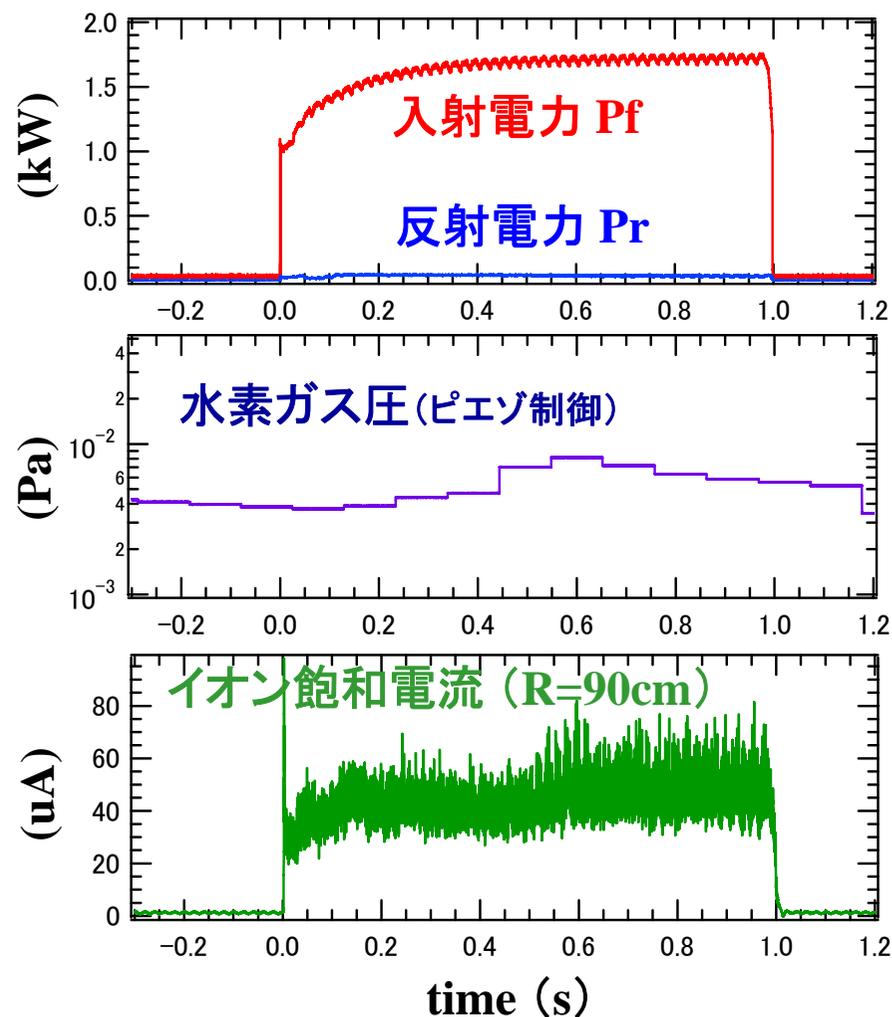
- ・ 浮上コイル電源の過負荷動作対策
- ・ 地磁気補正コイルによるコイル安定化

⇒ 安定なプラズマ実験が可能
エッジ部で初期計測を開始



コイル磁気浮上状態でのプラズマ生成

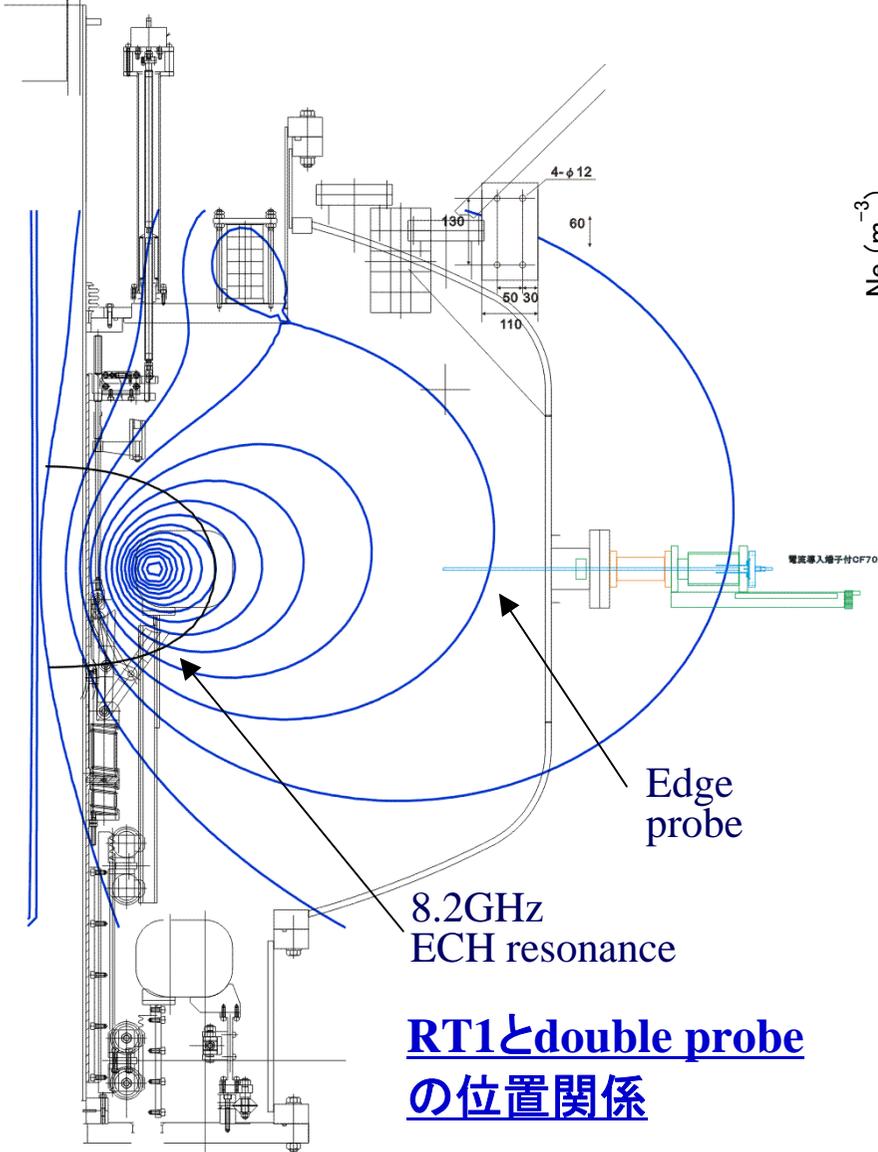
250kAT dipole磁場+ 21kAT浮上コイル磁場
マイクロ波Pf=1.7kW H₂圧力 4×10^{-3} Pa
コイルは昇降機サポートから26mm浮上



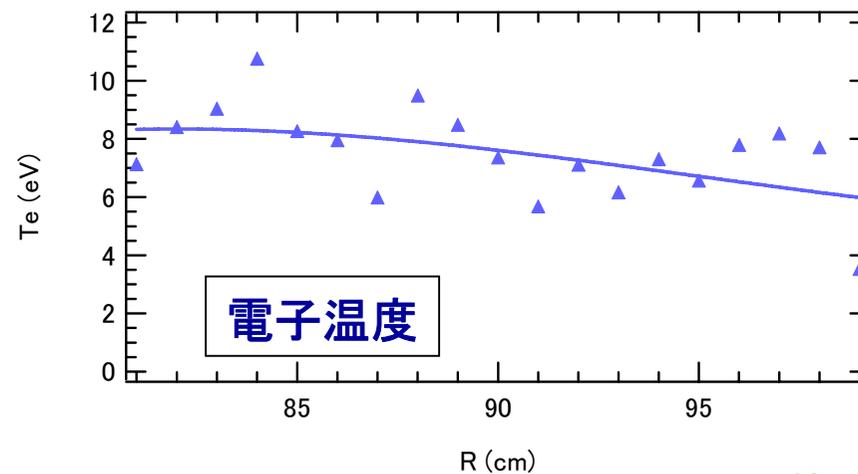
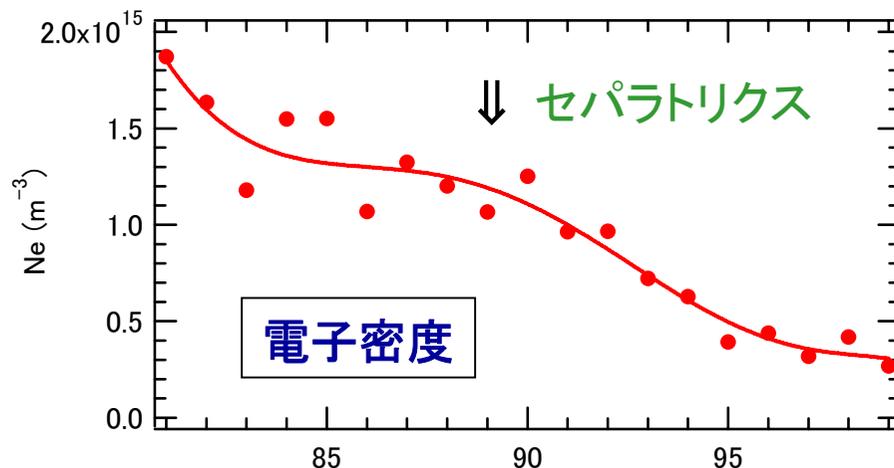
8.2GHzマイクロ波によるプラズマ生成

RF入射1s間の時系列データ

静電プローブによるedge plasma測定



装置の赤道面，壁面～セパトリスから9cm内側の位置まで計測



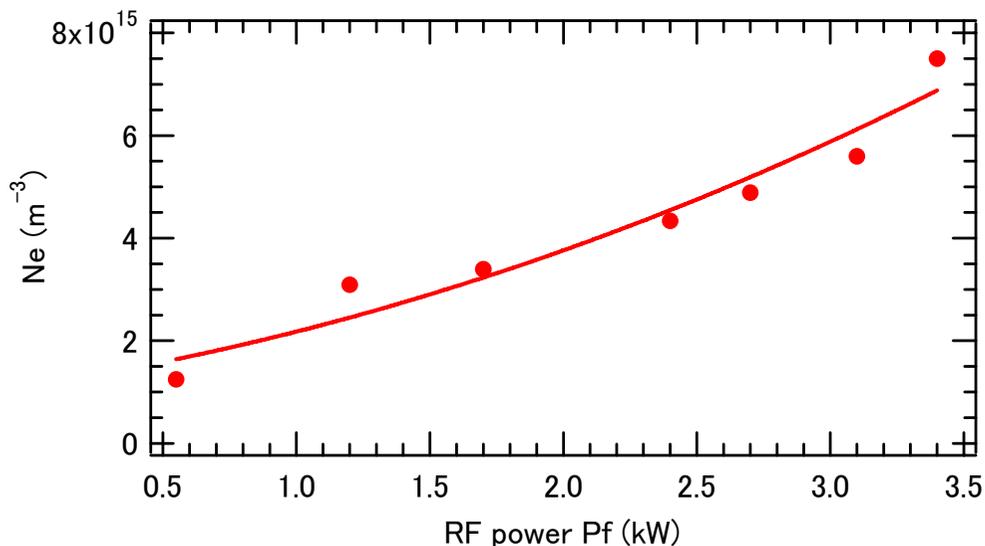
径方向分布 (edge部)

Pf=1.0kW, 封入H₂圧力 4 × 10⁻³Pa

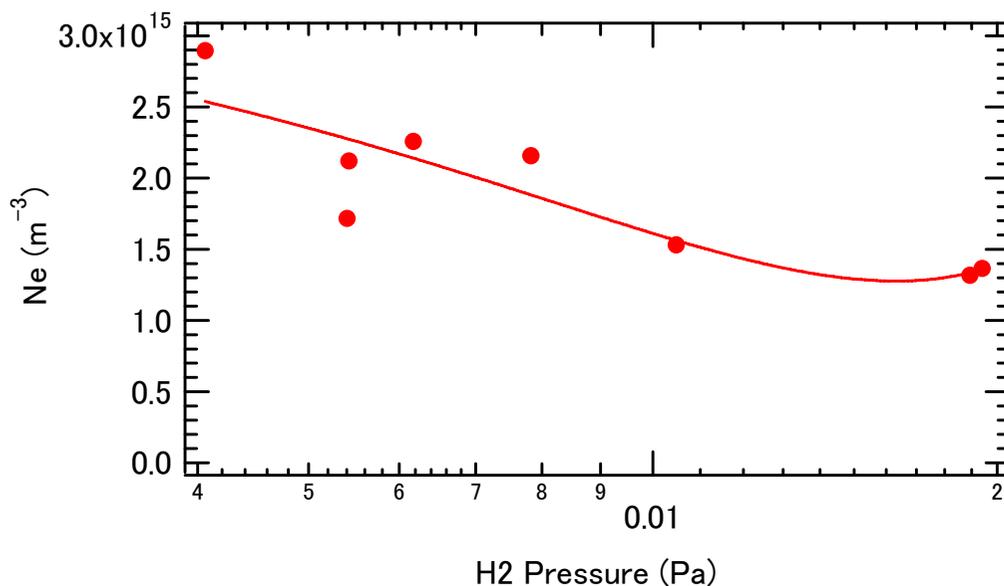
↑ 装置壁面

- ・数密度10¹⁵m⁻³程度 (cf 8.2GHz cutoff 8 × 10¹⁷m⁻³)
- ・セパトリス近傍で明確な密度の低下はない
コイルサポート位置の降下が不十分？

Edge部における初期プラズマ計測



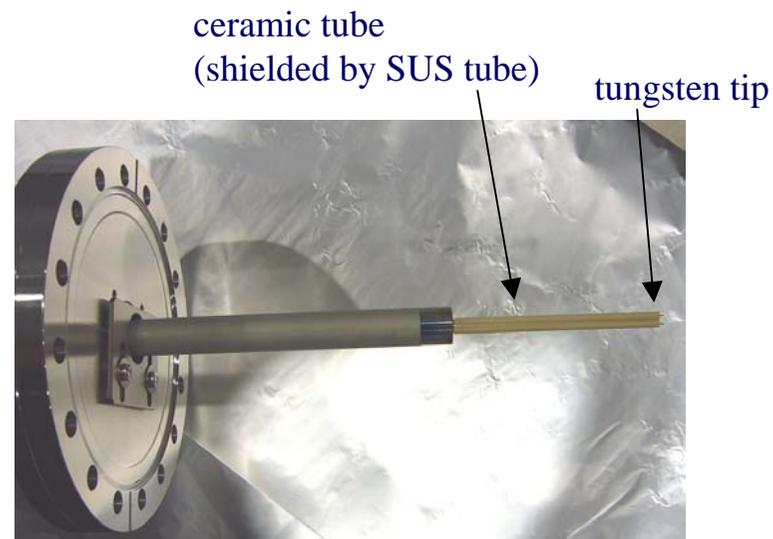
電子密度の入射電力依存 (Pf ~ 3.4kW)



電子密度の封入水素ガス圧依存

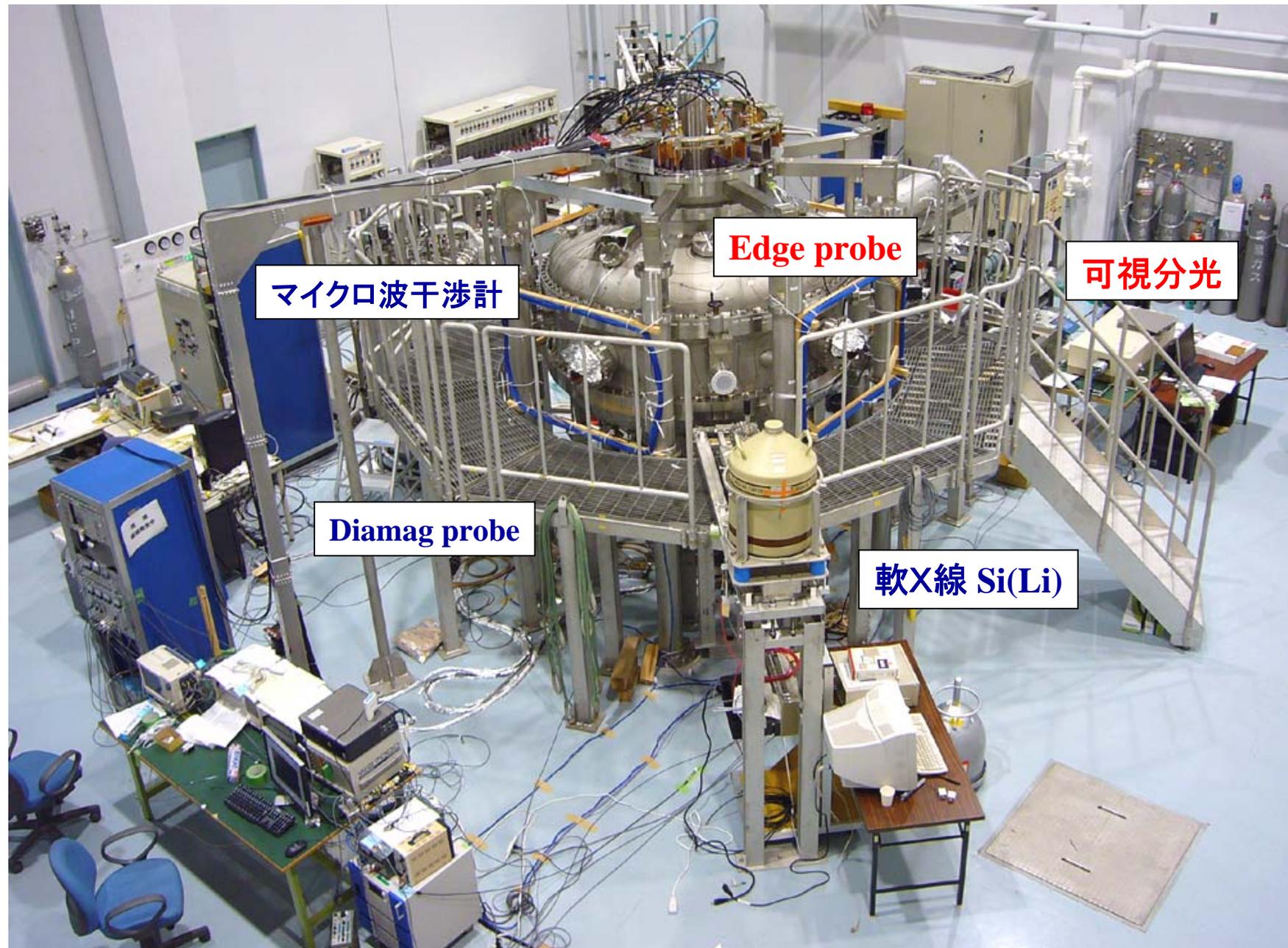
- ・ マイクロ波入射電力 3.4kW時に電子密度 $8 \times 10^{15} \text{m}^{-3}$ 程度まで上昇, さらに上昇傾向を示す.
- ・ 封入ガス圧力の上昇により, 周辺部のプラズマ密度はむしろ減少傾向.
RF窓付近に高密度領域?

⇒ 安定なプラズマ生成条件下で密度増大が今後の課題



Double probeの構造

RT1のプラズマ計測器配置図(予定を含む)



まとめと今後の課題

Ring Trap 1 磁気圏型プラズマ装置における初期プラズマ実験
(超電導磁気浮上状態で低パワーの水素プラズマを生成, 初期計測)

- 安定なプラズマ生成を行う為の装置改善整備
 - Gas puffによる水素ガス供給系(コイル温度)
 - 地磁気による不正磁場の矯正, コイル傾きの補正
 - コイル重量の不均一性による傾きの補正
- 計測系の導入整備
 - Edge Langmuir probe – 電子密度, 温度
 - 可視分光 – イオン温度, 流速(径方向電場)分布
 - 軟X線計測 – 電子温度, エネルギー分布
 - マイクロ波干渉計 – 電子密度
- より高性能なプラズマの生成, 流れ場形成に向けて
 - 実験時コイルサポート完全降下(キャッチャ機構)
 - 入射電力の上昇(クライストロン定格100kW, 現在3kWで使用)