

# GAMMA10エンド反射板による粒子制御実験

## —研究の背景と初期結果—

平成25年8月29日  
筑波大学プラズマ研究センターシンポジウム

核融合研・総研大  
廣岡慶彦

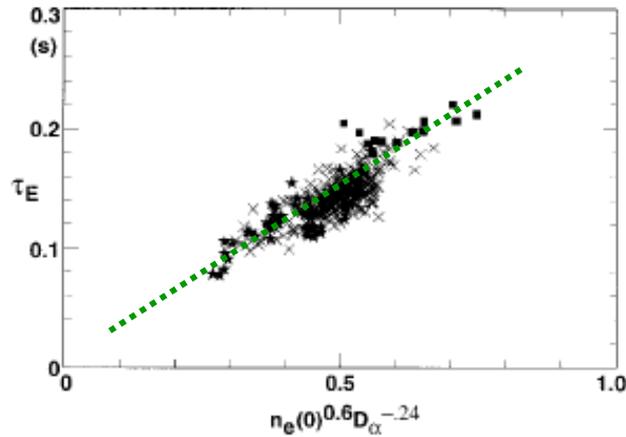
筑波大学  
中嶋洋輔・坂本瑞樹

# 講演概要

- 研究の背景
  - 周辺密度とコア閉じ込めの相関データ
- 実験セットアップ
  - GAMMA-10エンド部反射板による周辺粒子制御
- 実験結果
  - エンド部リサイクリング分光＋照射後TDS
- まとめと将来計画

# 周辺密度低減=> コア閉じ込め改善: A=>B

Supershots in TFTR



After J.D.Strachan, Nucl. Fusion 39(1999)1093.

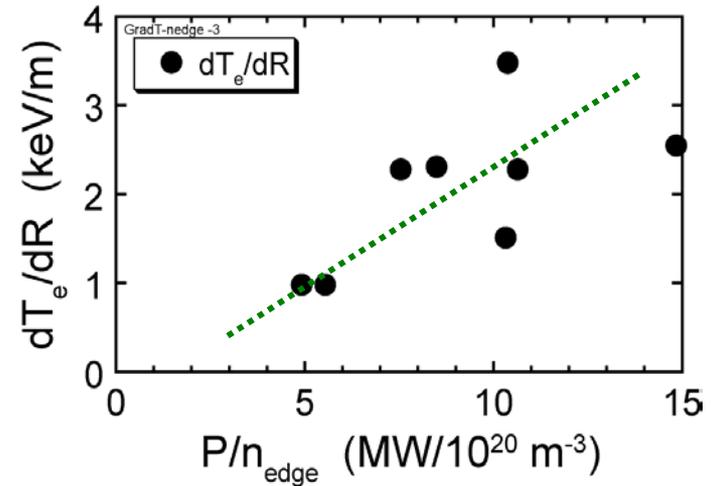
From the TFTR supershot database :

$$\tau_E \propto n_e^{0.6} / D_\alpha^{2.4}$$

where

$$\tau_E = \frac{W}{Q_{ext} + Q_\alpha}, \quad W = \int 3(n_i + n_e) T d^3x = 3\overline{nTV}$$

Super-dense core in LHD



After N. Ohyaabu et al., PRL97(2006)055002.

From the LHD superdense-core plasma exps.:

$$\chi = \frac{1}{2}(\chi_e + \chi_i) = -\frac{1}{2} \frac{q_e + q_i}{n_e (dT/dR)}$$

(after G. Becker, Nucl. Fusion 44(2004)L26)

$$\tau_E^{ELMY} = 0.0365 R^{1.93} P^{-0.63} \bar{n}_e^{-0.41} B^{0.08} \varepsilon^{0.23} I^{0.97} \quad (1)$$

$$\tau_E^{ISS95} = 0.079 a^{2.21} R^{0.65} P^{-0.59} \bar{n}_e^{-0.51} B^{0.80} \tau_{2/3}^{0.40} \quad (2)$$

# コア閉じ込め改善⇒周辺密度減少: B=>A

## L-to-H mode transition with ETB in ASDEX

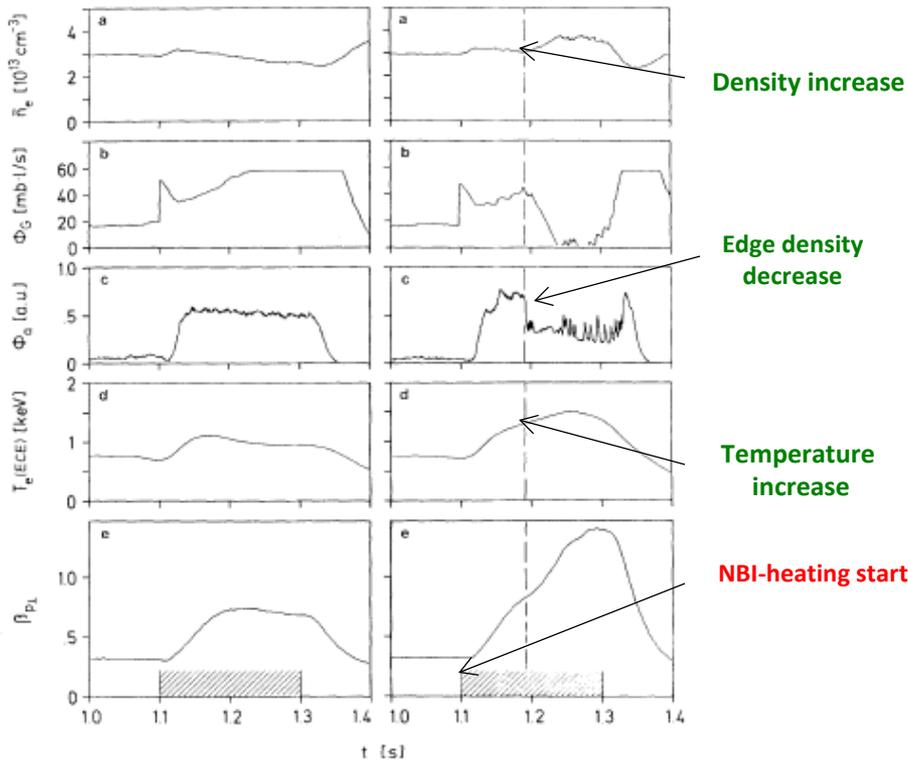


FIG. 1. Time dependence of various plasma parameters of L-type (left column) and H-type (right column) discharges: (a) line averaged density  $\bar{n}_e$ , (b) external gas flux  $\phi_G$ , (c) atom flux  $\phi_a$  ( $E = 273$  eV) reflected from the divertor neutralizer plate, (d) central electron temperature, and (e) beta poloidal. The neutral injection phase is indicated by the hatched time interval. The dashed vertical line indicates the transition from the L to the H regime (see text).

After F. Wagner et al. PRL 49(1982)1408

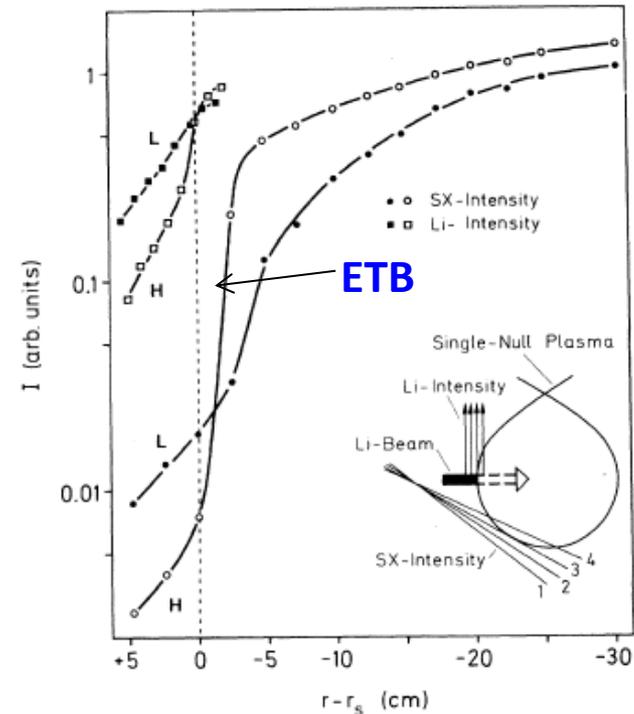


FIG. 2. Radial profiles of the SX ( $2\text{-}\mu\text{m}$  Be filter) and Li-beam intensities in the L phase prior to the H transition and shortly afterwards (SX,  $\Delta t = 20$  ms; Li,  $\Delta t = 55$  ms).  $I_p = 375$  kA,  $B_T = 2.2$  T,  $\bar{n}_e = 3.3 \times 10^{13}$   $\text{cm}^{-3}$ ,  $P_{\text{NBI}} = 0.8$  MW. The inset depicts the observation geometry.

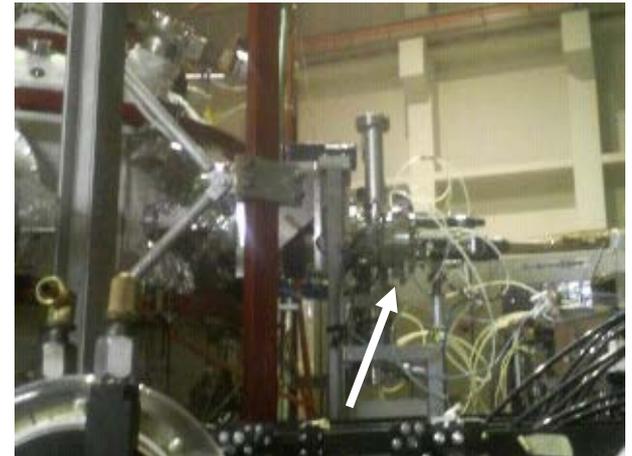
Edge transport barrier  $D_{\perp} = -\frac{\Gamma_{\text{out}}}{(dn/dr)}$

After F. Wagner et al. PRL 53(1984)1408

# 九大STでのリチウム蒸着回転リミター



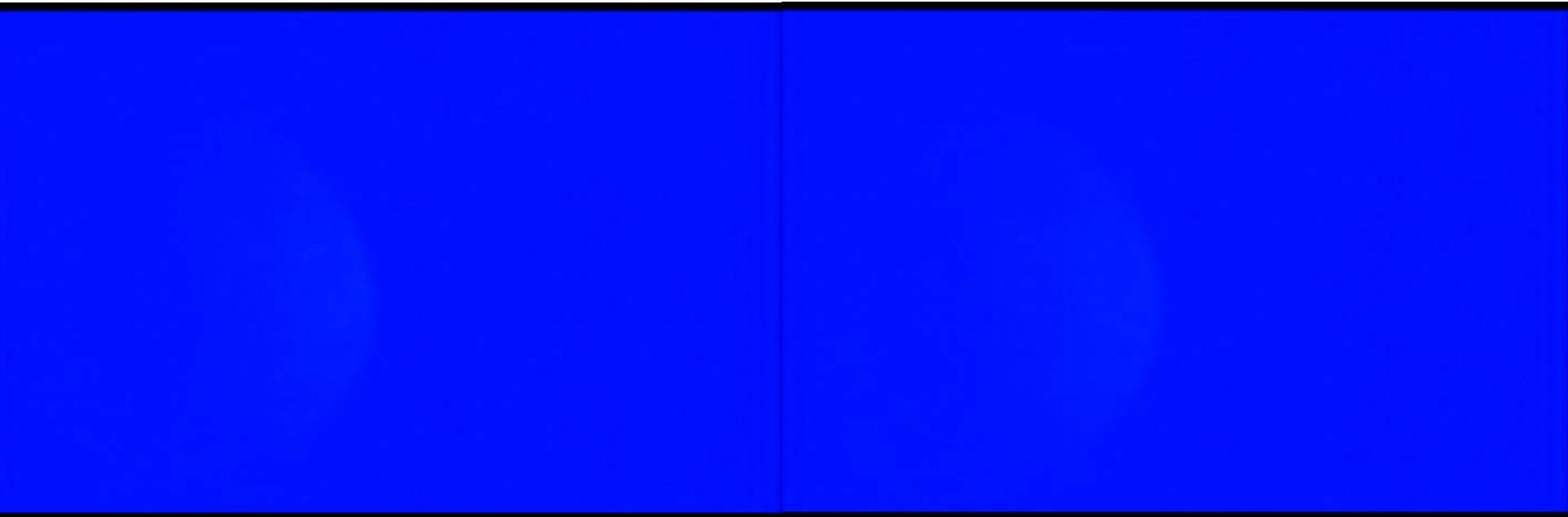
Plasma-sprayed W on the Cu rotating limiter with an active cooling system.



# リチウムによる周辺密度制御の効果

Li-gettering ON

Li-gettering OFF



# GAMMA-10エンド部反射板実験セットアップ

1. 2種類のPWI-特性の異なる金属(W, Ti)をエンドプレートに用いる。
2. これらのエンド部材料は、フリップ式に対向面交替可能⇒周辺特性の能動的制御。
3. 直下の光ファイバーによりH $\alpha$ 測定⇒エンド部水素リサイクリング挙動の評価。
4. プラズマ曝露後、エンドプレートを実行⇒水素リテンション測定。
5. セントラル部プラズマ特性とプラズマ対向材料(W, Ti)の関連調査⇒境界制御効果

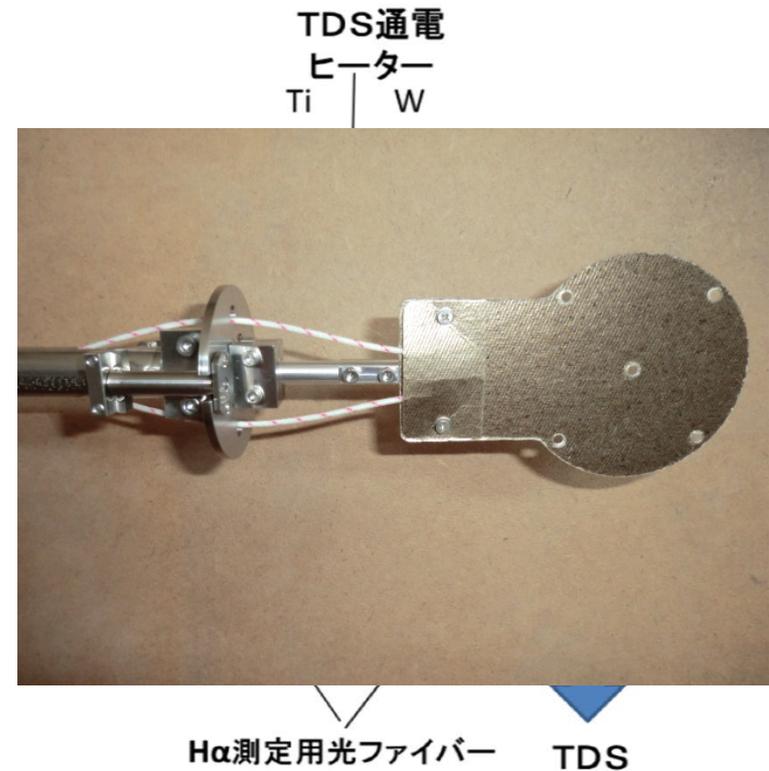


図-1 フリップ式粒子反射板の概念図。

# GAMMA-10エンド部反射板全体図

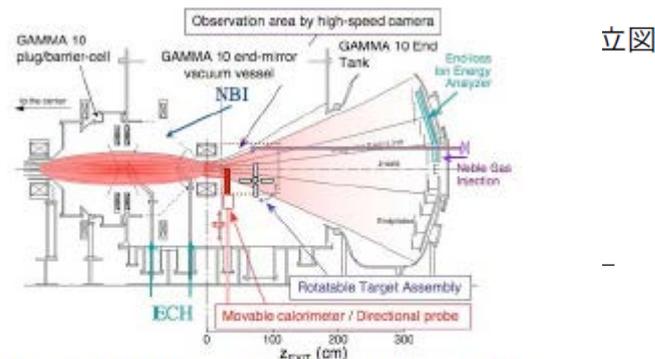
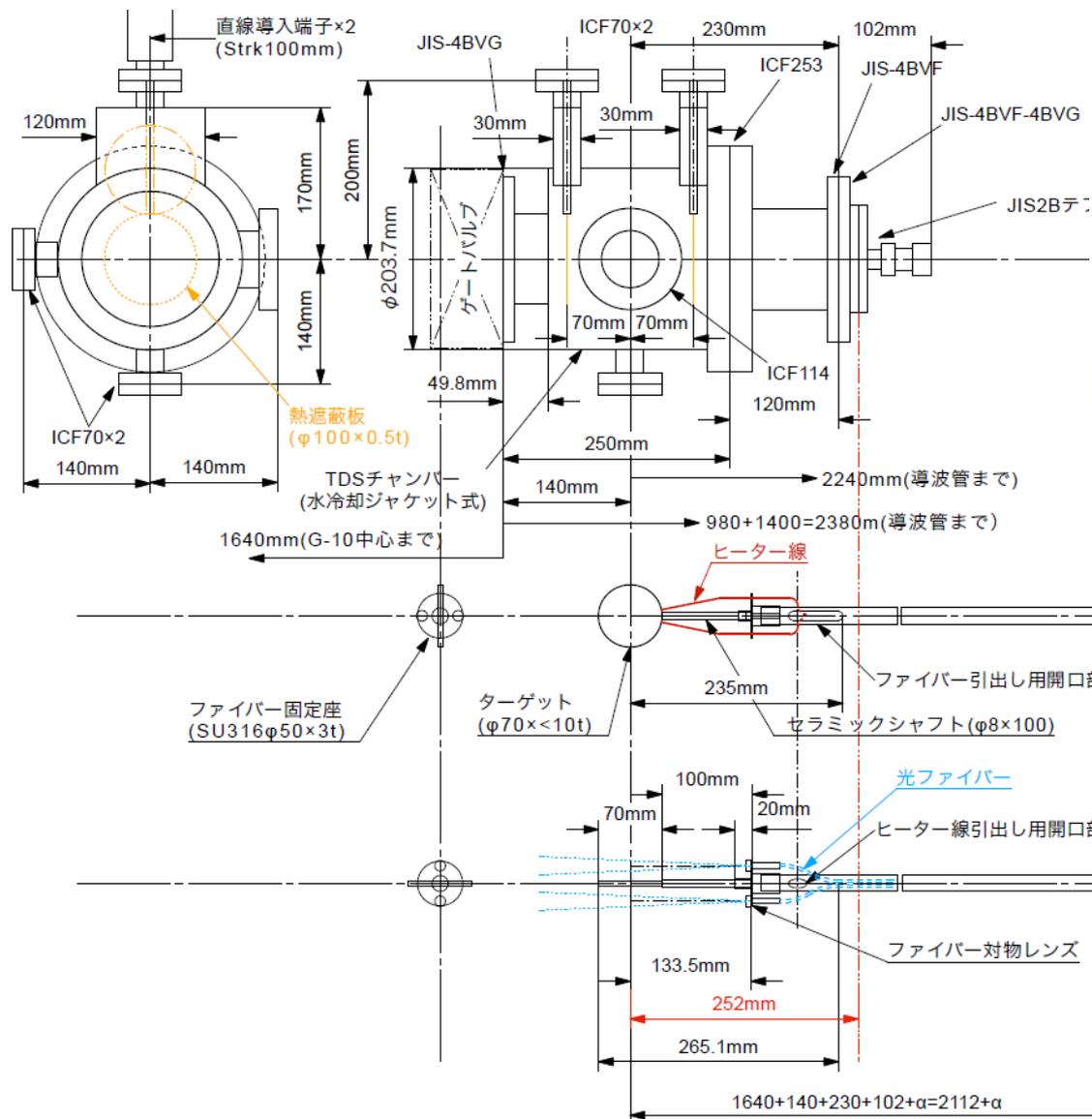
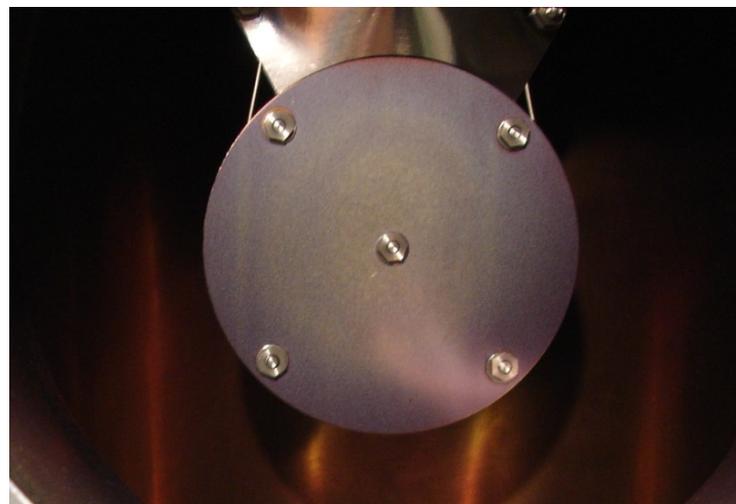
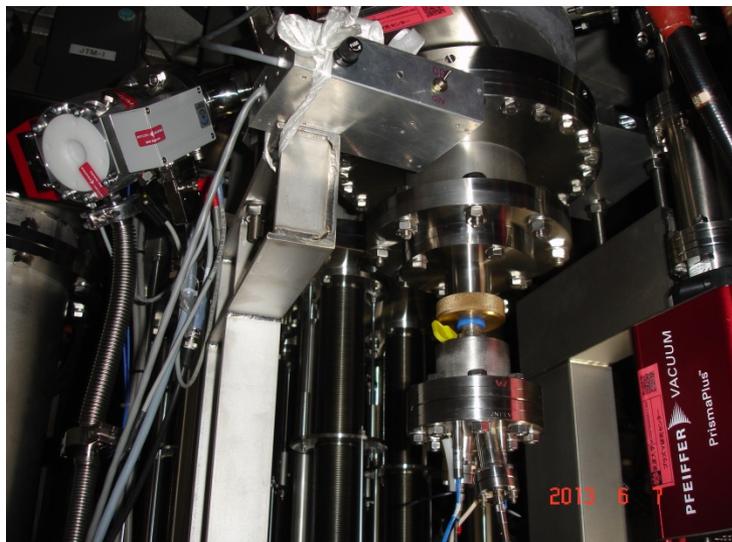
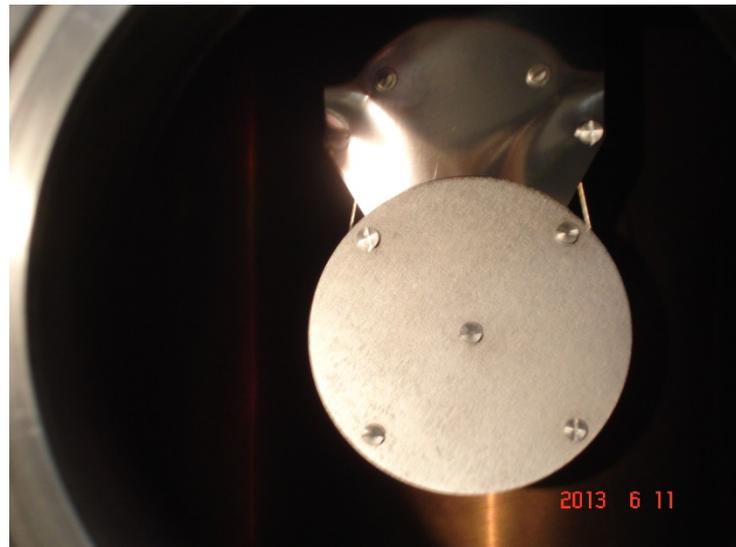
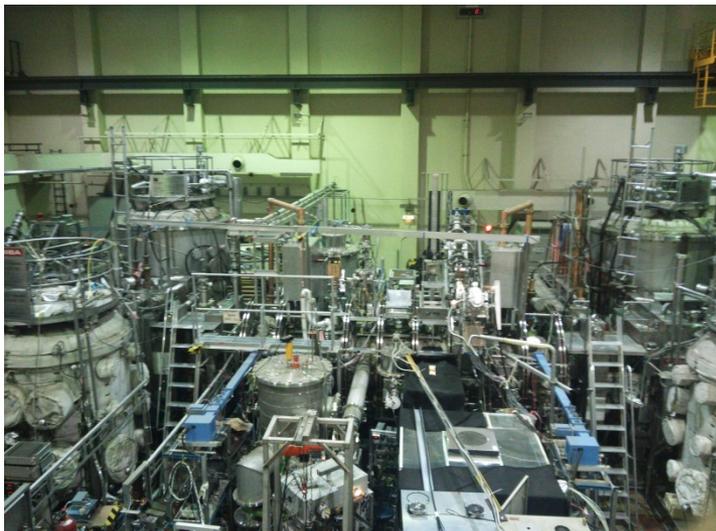


FIG. 1. Schematic view of the experimental setup. Vacuum vessel and the location of the plasma heating and diagnostic systems.

立図

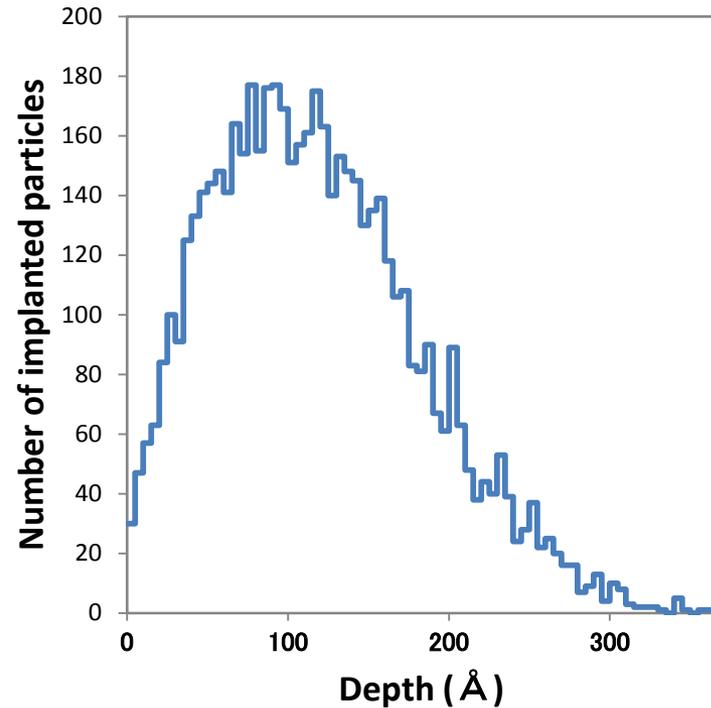
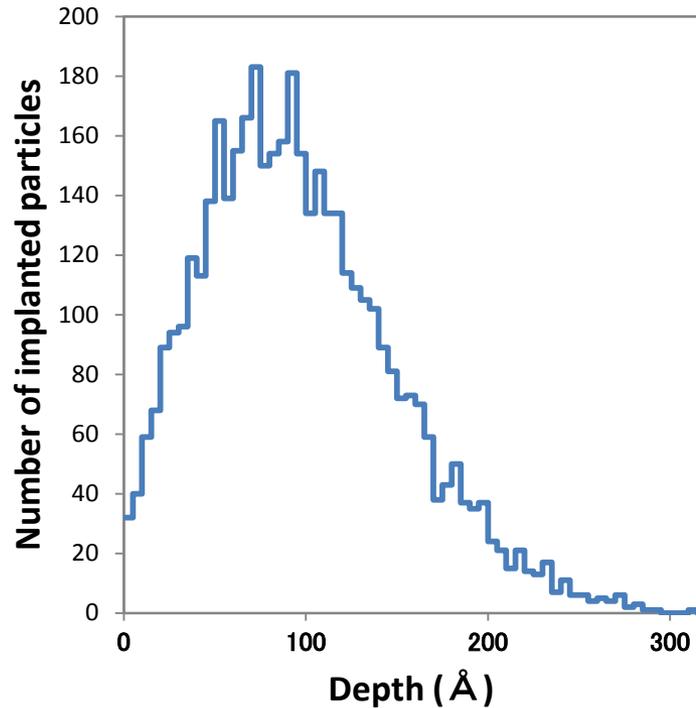
# GAMMA-10エンド部反射板W, Ti



# WとTiの水素イオン打ち込み挙動

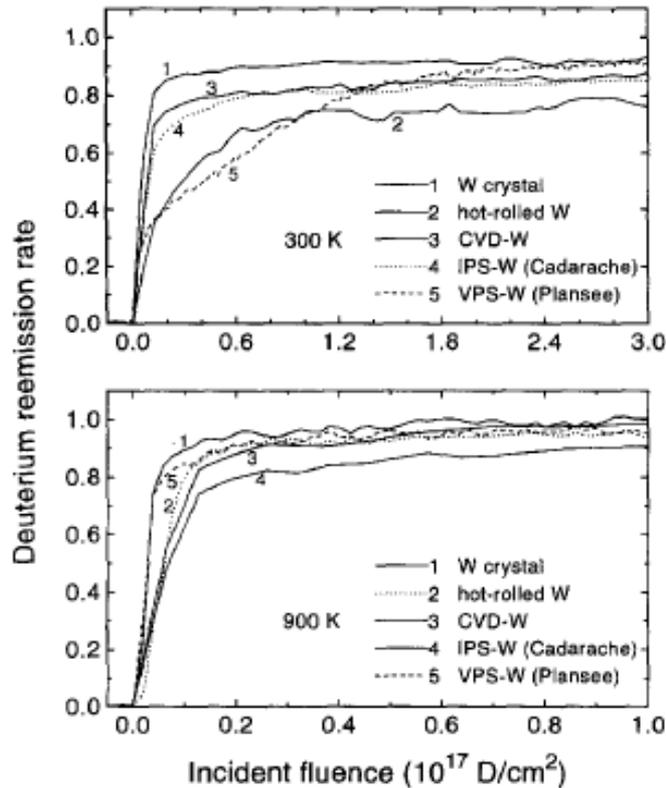
300eV  $H^+ \Rightarrow W$  (Re=0.55, Ys=0.0)

300eV  $H^+ \Rightarrow Ti$  (Re=0.43, Ys=0.010)



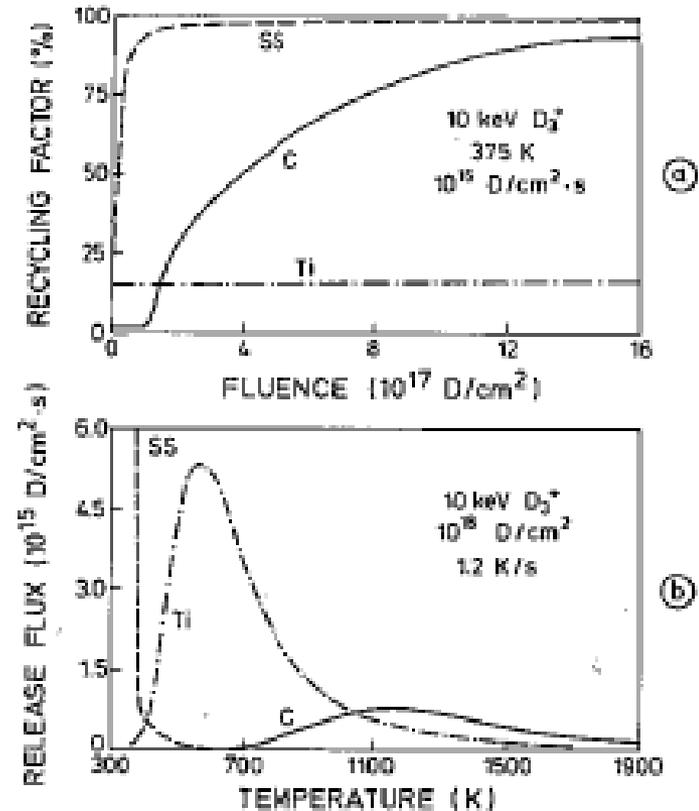
# WとTiの水素リサイクリング挙動

## D-reemission from tungsten



After Alimov and Scherzer (1996)

## H-reemission from titanium



After NATO-series "The Physics of Plasma Wall Interactions" (1984)

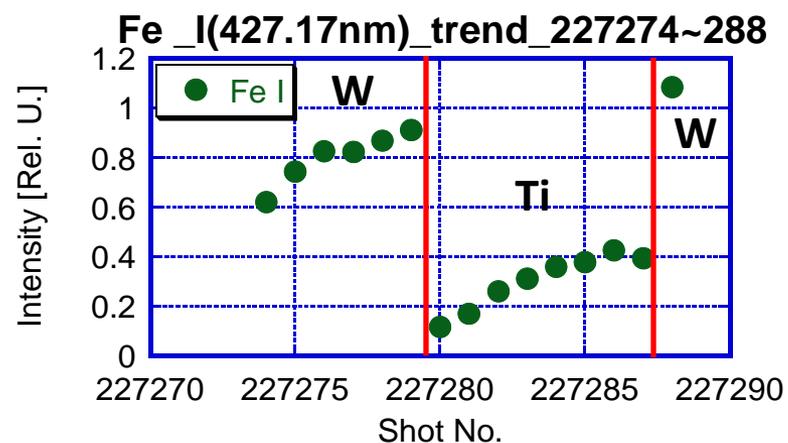
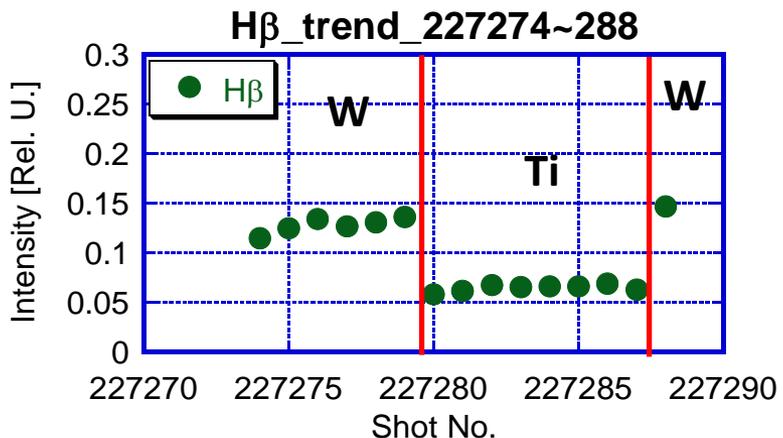
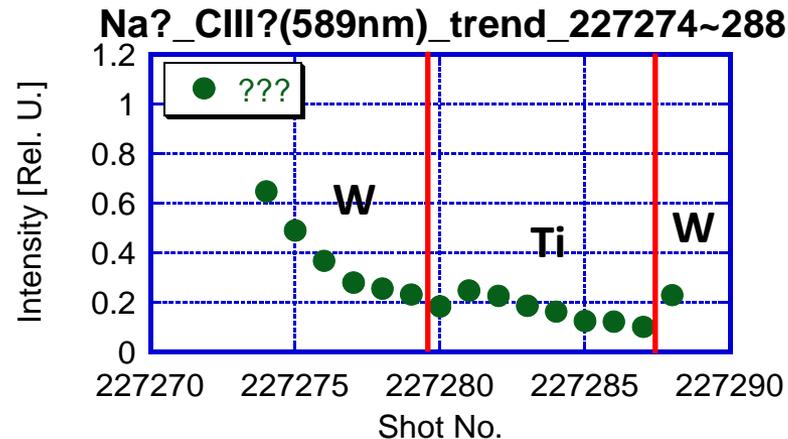
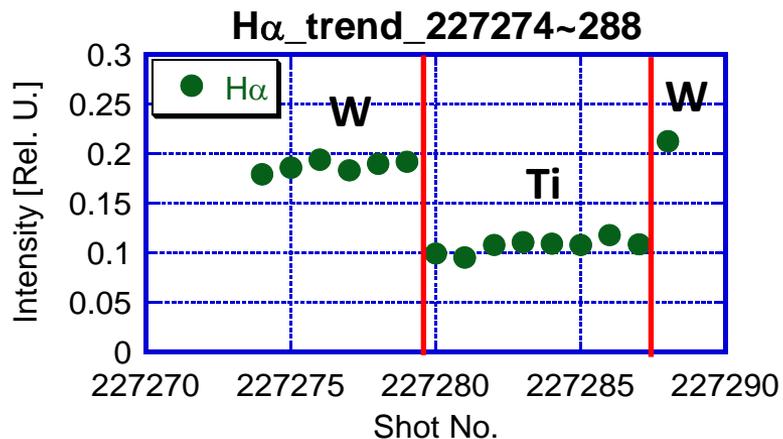
# 測定結果(トレンド)

ターゲットに関して

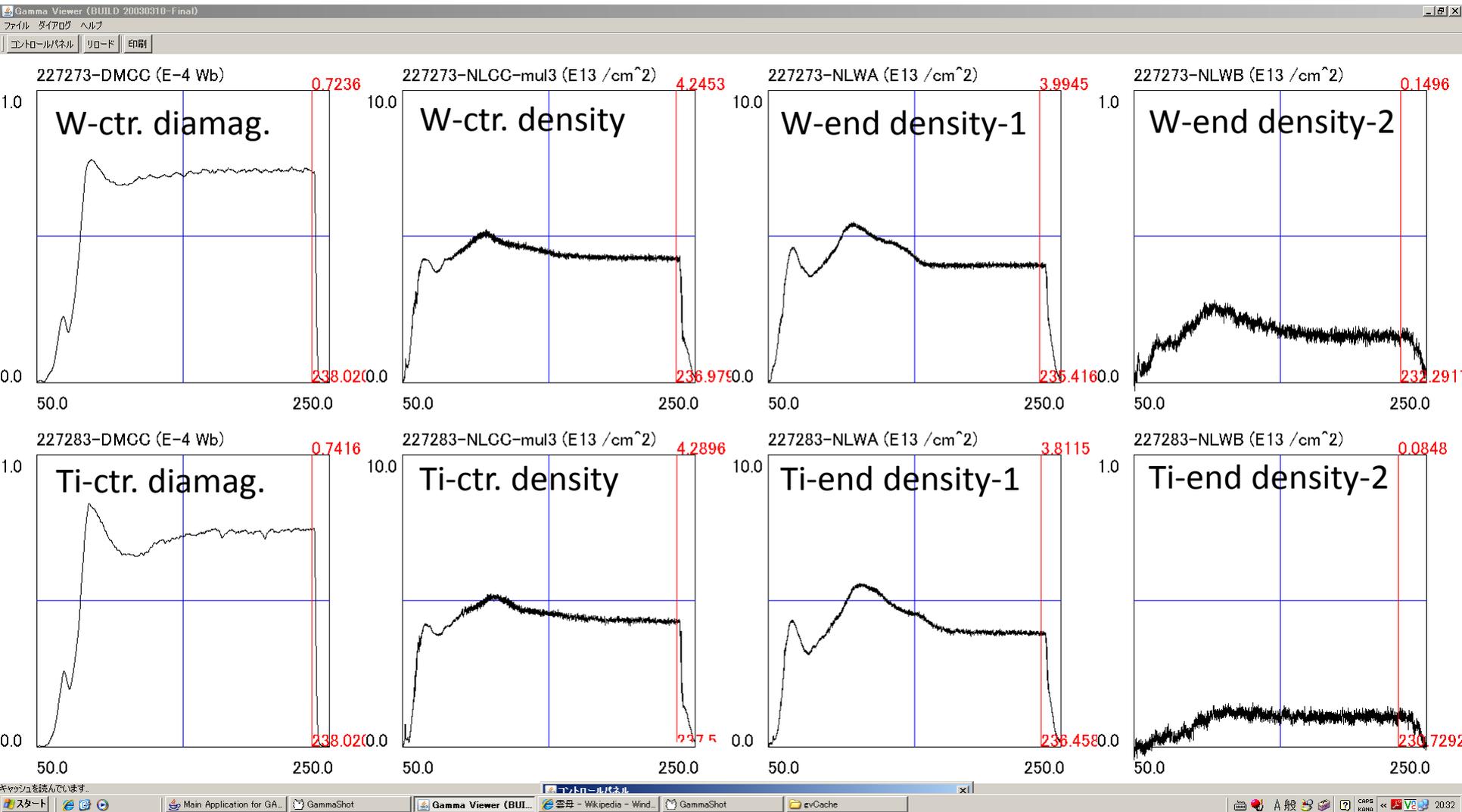
W ターゲット : #227273~#227279、#227288

Ti ターゲット : #227280~#227287

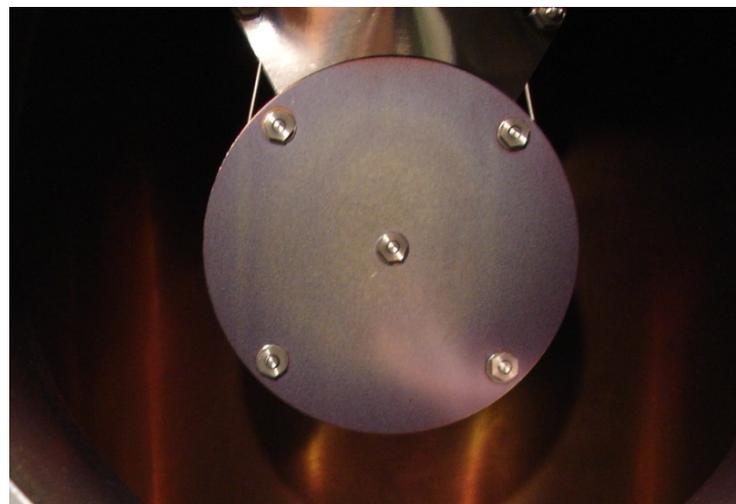
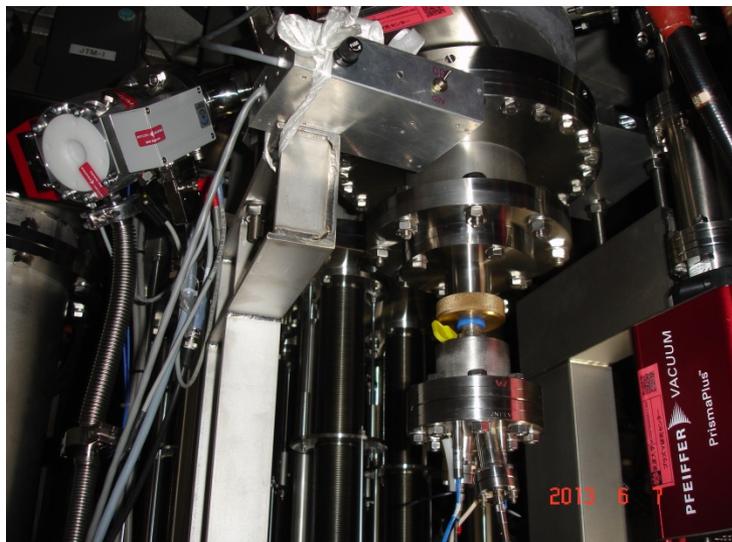
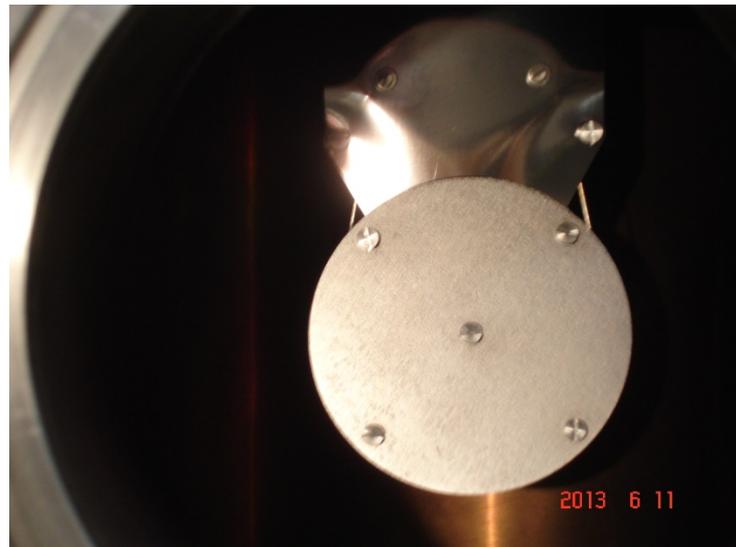
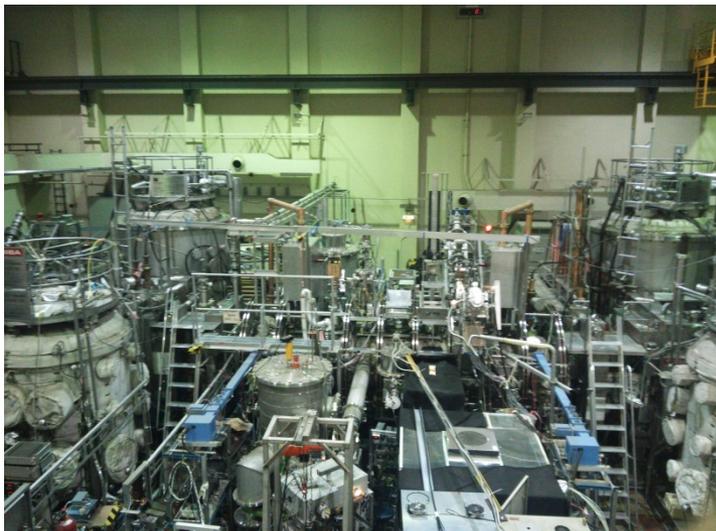
ただし、#227273に関しては  
測定条件が異なるため除外



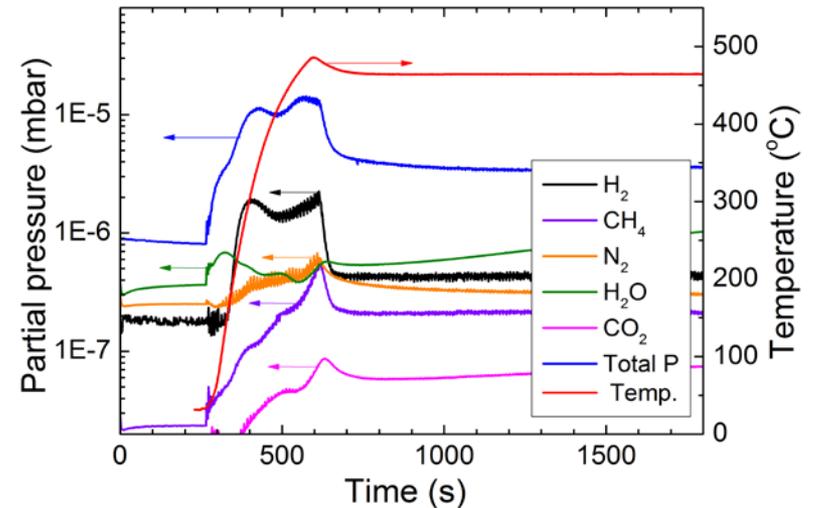
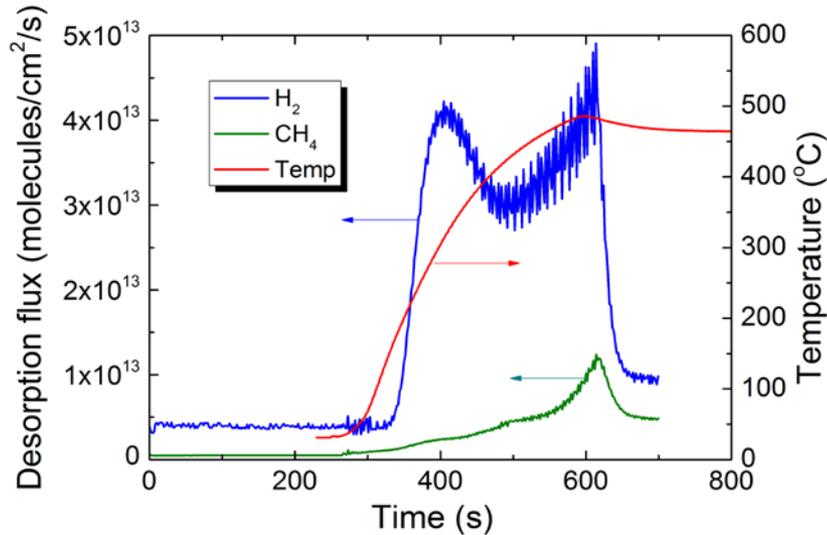
# エンド部反射板実験:チャンネル別信号波形



# GAMMA-10エンド部反射板W, Ti



# TDS after plasma exposure



Total H-exposure fluence in GAMMA-10= $\sim 10^{18}$  H/cm<sup>2</sup>

Total H-retention from TDS meas. = $3.1 \times 10^{16}$  H/cm<sup>2</sup>

# まとめと将来計画

- GAMMA-10エンド部にW-Tiヒーター内臓回転式反射板を設置。
- Ti-表面時のリサイクリング： $H\alpha$ 、 $H\beta$ は、W-表面時の約半分であった。
- Ti, W-反射板の差異によるセントラル部プラズマへの顕著な影響は、認められなかった。
- 照射後TDSから水素リテンションは、全体で $3.1e16$  H/cm<sup>2</sup>であったが、これは、大部分Tiによるものであると考えられる。
- 次のステップとして、第2反射板を反対側エンド部に設置、「挟み撃ち」粒子制御によるセントラル部への影響を観測する実験を準備中(コアーエッジ相関実験)。