

未来の原型炉を支える人材を育む
多様な若手と核融合の架け橋となるスクール

開催日：2026年2月21日(土)～2月24日(火)
場所：つくば国際会議場（小会議室304）

原型炉を目指して ～炉壁とプラズマの課題～

大野哲靖

名古屋大学工学研究科・教授
低温プラズマ科学研究センター長



実験炉 (例: ITER) で得られた成果をベースに, **発電実証と商用炉への橋渡しを行う段階の炉 (DEMO炉)**

- ✓ 数GW級の熱出力を安定生成
- ✓ 数十万~100万kW級の発電実証
- ✓ トリチウム自給 (燃料増殖)
- ✓ 長時間連続運転の実証
- ✓ 発電コスト・保守性の評価



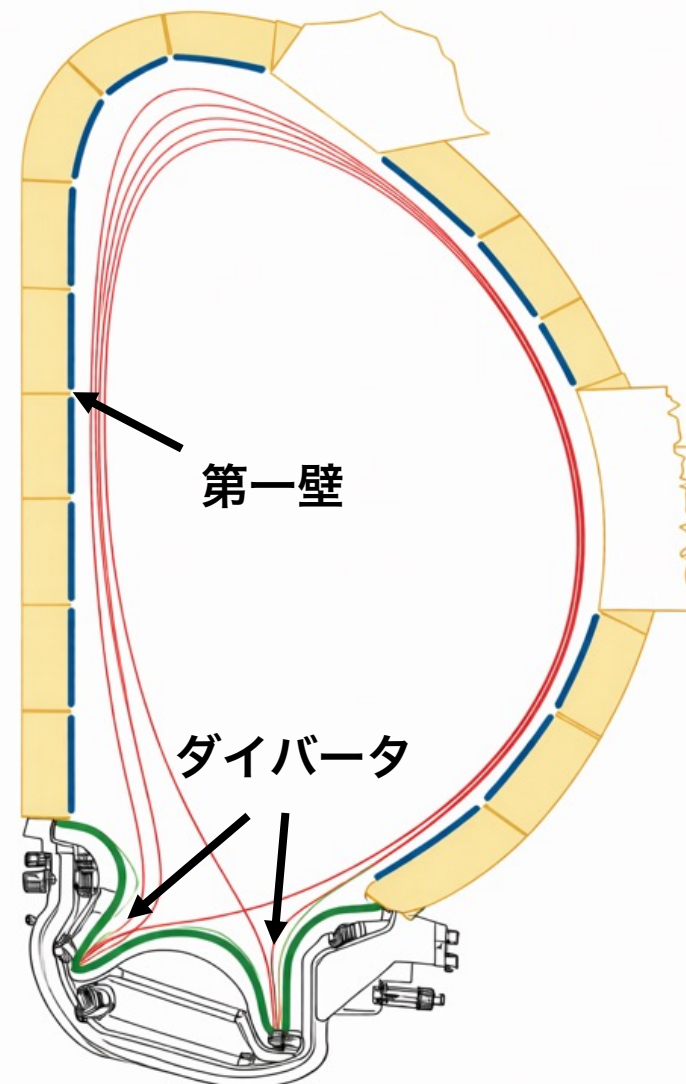
熱輸送制御, 粒子輸送制御が重要

炭素 (C) :

- 高昇華温度 ($\sim 3920\text{K}$)
- 高耐熱衝撃性
- 高い化学スパッタリング率
- 高いトリチウム吸蔵

タングステン(W) :

- 高融点 ($\sim 3700\text{K}$)
- 高い熱伝導率
- 低い物理スパッタリング率
- 低いトリチウム吸蔵
- 高い延性脆性遷移温度
- 難加工性



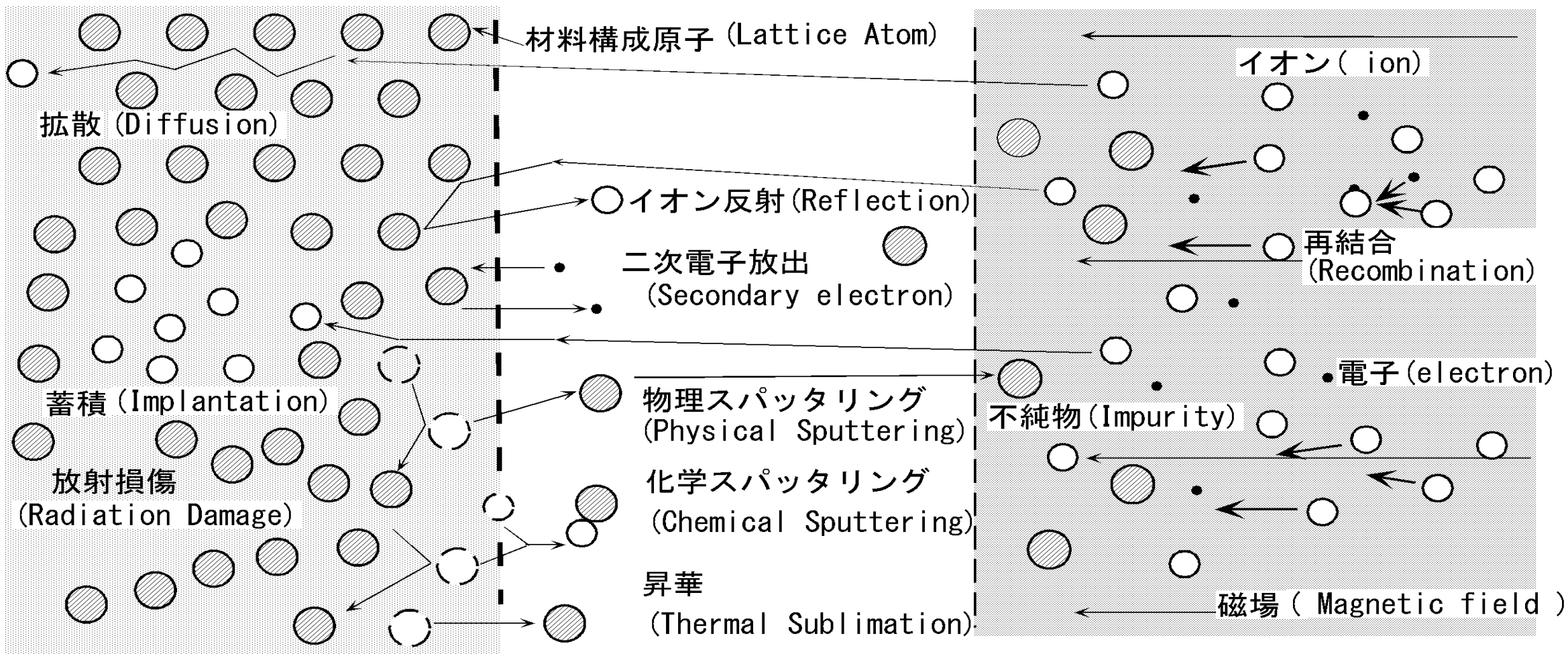
- **極限熱負荷**：10- 20 MW/m²級定常負荷＋ELM/ディスラプションによる過渡熱衝撃
- **材料損傷・スパッタリング・アーキング・He照射効果**
：不純物混入による炉心性能低下，壁寿命短縮，**ダスト生成**
- **トリチウム吸蔵**：炉内保持量の増大と燃料循環効率の低下
- **14 MeV中性子との複合効果**：脆化，欠陥生成，熱伝導率低下
- **プラズマデタッチメント**運転制御：放射冷却と炉心性能の両立
- **長時間連続運転**：累積損耗，遠隔保守，交換頻度の最適化

プラズマ-固体壁相互作用

固体

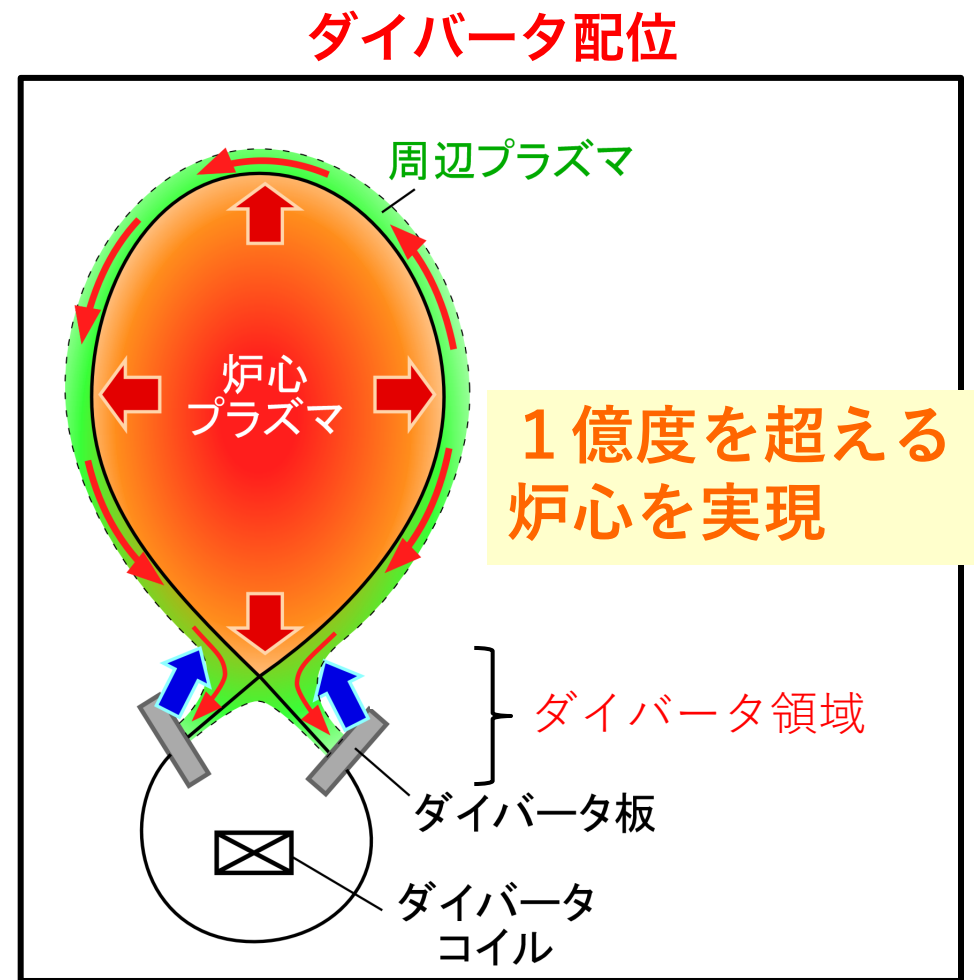
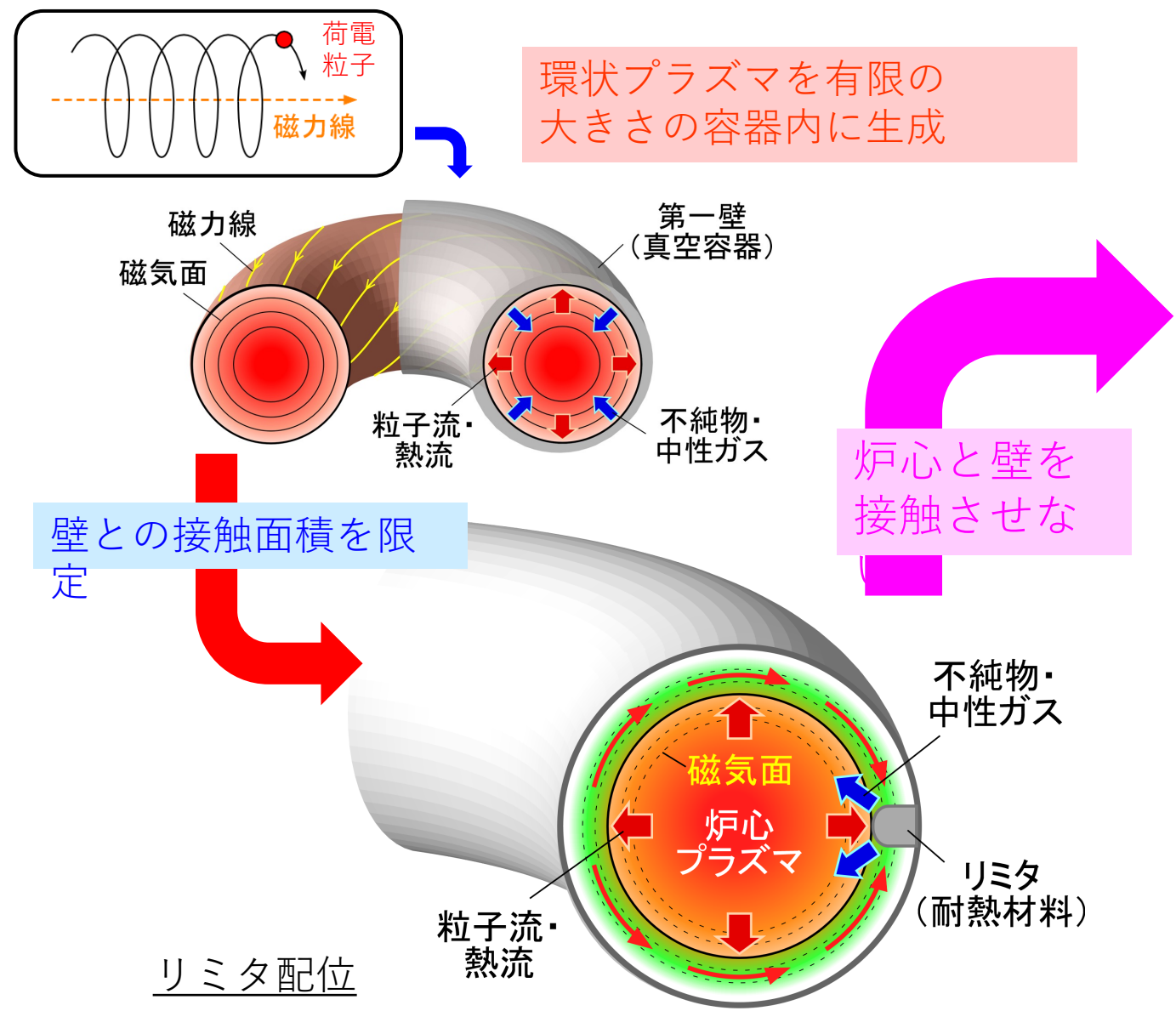
シース

プラズマ



粒子, 熱

高性能プラズマを実現する磁場閉じ込め配位：ダイバータ配位



炉心性能のさらなる向上に伴い
ダイバータ領域で課題が顕在化

原型炉におけるダイバータ熱負荷問題



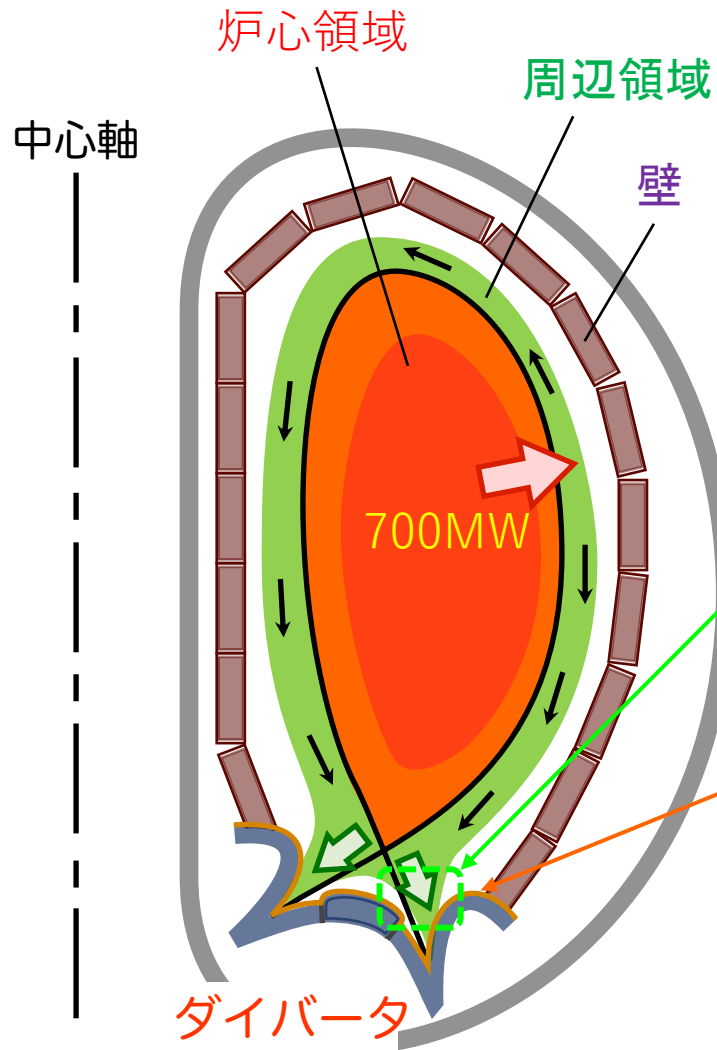
~700MW

~2.4GW

3GW熱出力
(100MW外部加熱)

炉心を加熱
⇒ 周辺領域へ

壁を直接加熱



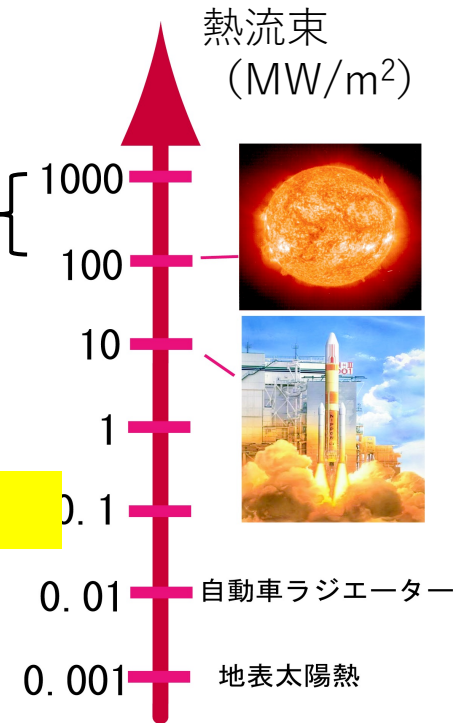
幅~10mm
円周~45m
受熱面積 ~1m²

数百MW/m²の
膨大な熱流束

ダイバータ板

- 配置の工夫 ⇒ 受熱面積を増加 (~10m²)
⇒ 数十MW/m²に低減
- 工学的許容熱負荷 10MW/m²

ギャップ

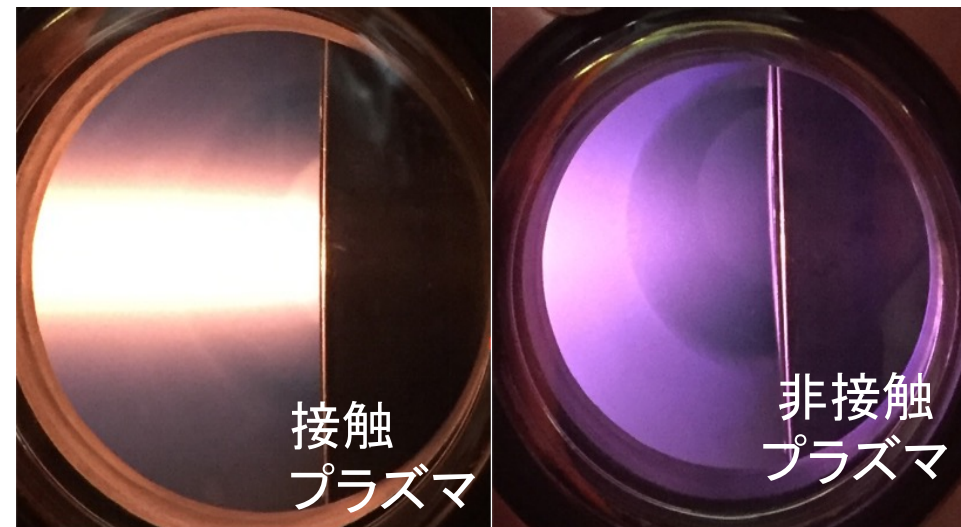


ダイバータ板上流で熱流を低減することが
原型炉実現のための重要研究課題

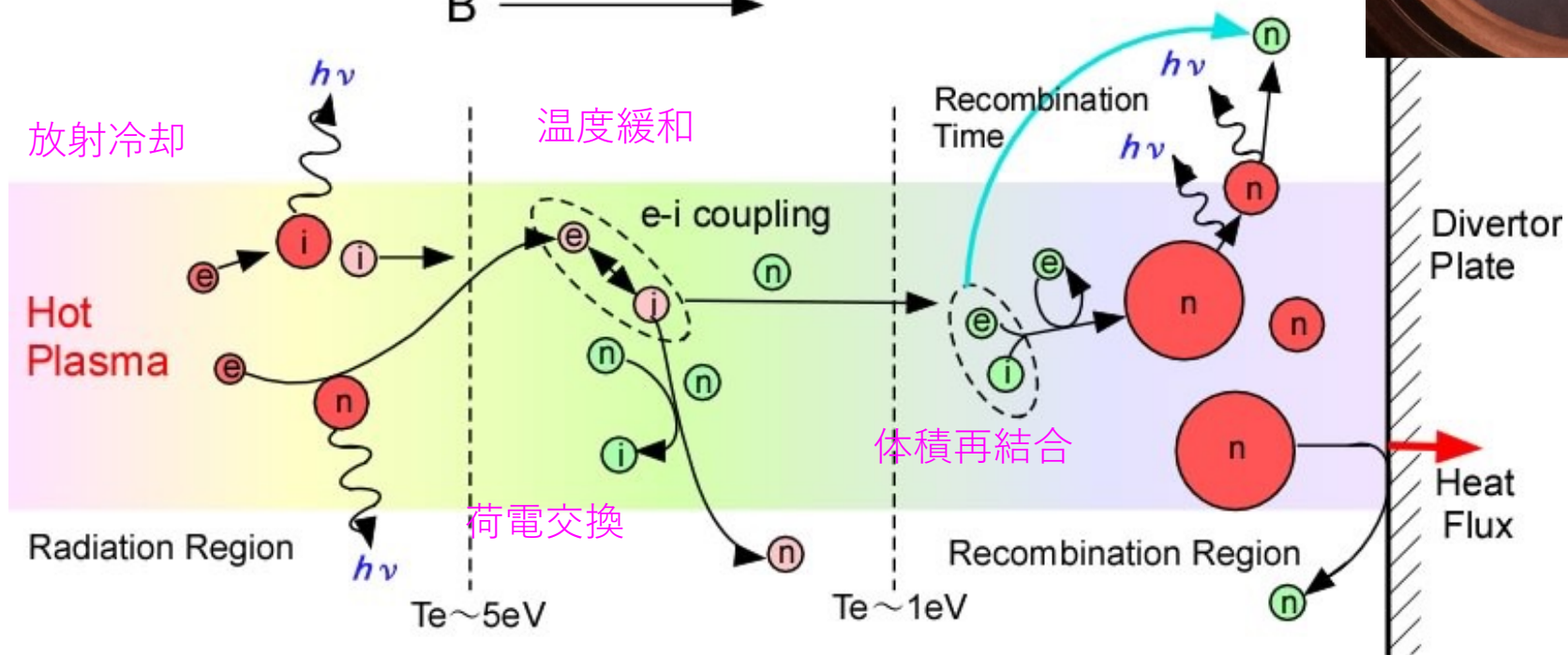
熱流低減の切り札：プラズマデタッチメント

プラズマガス(中性粒子)相互作用の利用

- 低温($< 1 \text{ eV}$) 高密度($> 10^{19} \text{ m}^{-3}$)プラズマの生成
- **体積再結合**により気相中でプラズマが消失(中性化)
- **ダイバータ板上の熱負荷の低減**(エネルギーの分散)

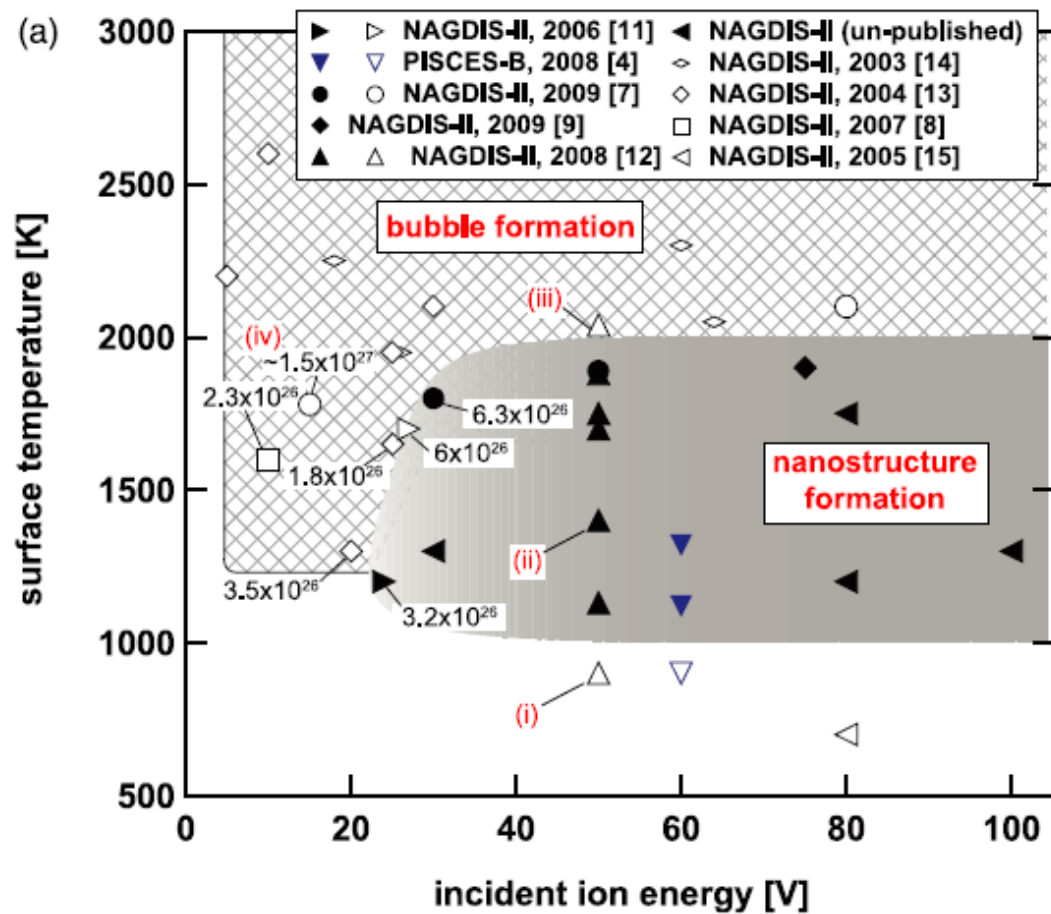


非接触プラズマ中の物理過程



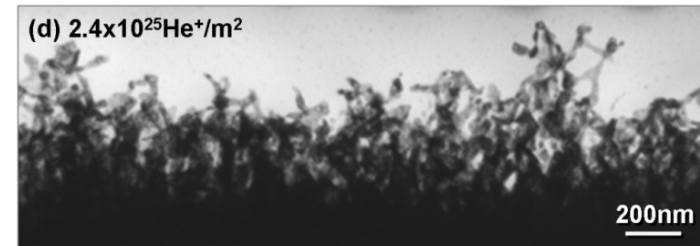
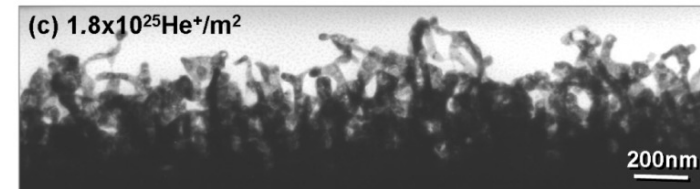
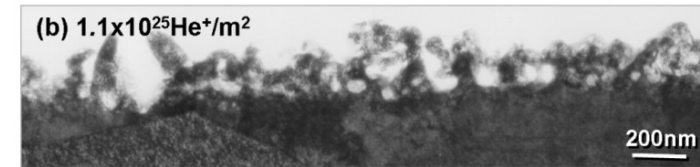
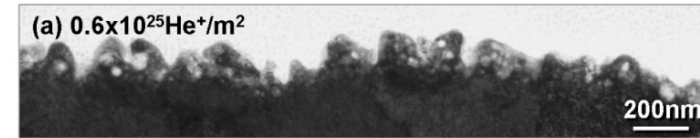
核融合発電実現には、
非接触プラズマの生成と
制御が不可欠！

ヘリウムプラズマ照射によるナノ構造(Fuzz)形成



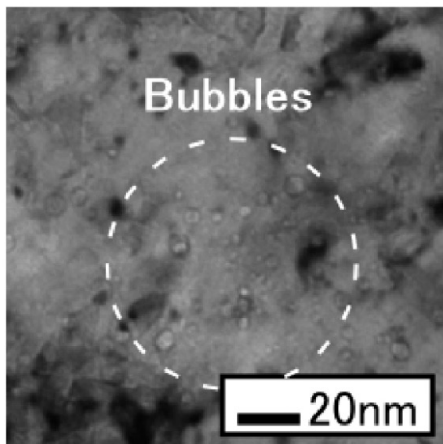
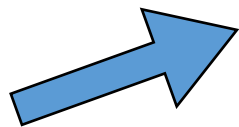
ヘリウムプラズマをタングステンに照射すると（表面温度1000-2000 K，入射イオンエネルギー30 eV以上），繊維状のナノ構造が形成される。

S. Kajita et al. Nucl. Fusion (2009)



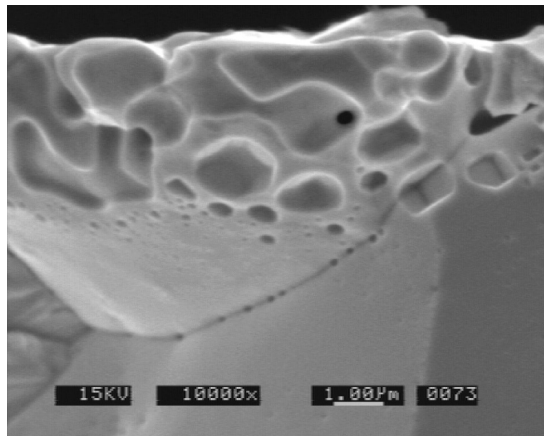
タングステンダスト形成過程

ヘリウムプラズマ
照射



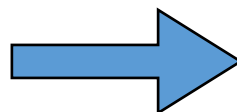
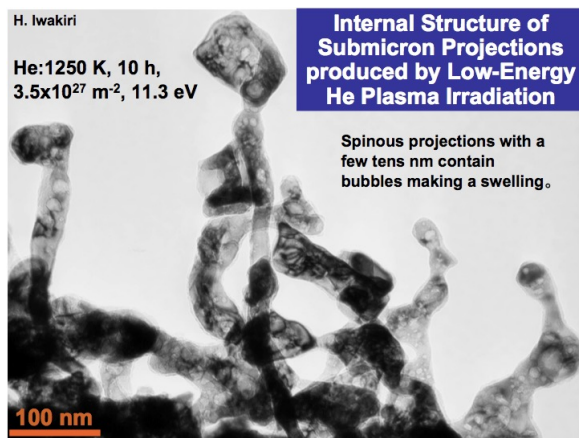
入射イオンエネルギー依存性

表面温度依存性

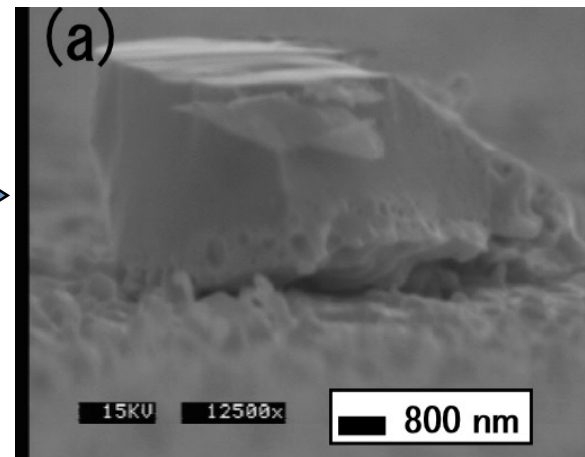


ヘリウムホール

Wナノファイバー構造

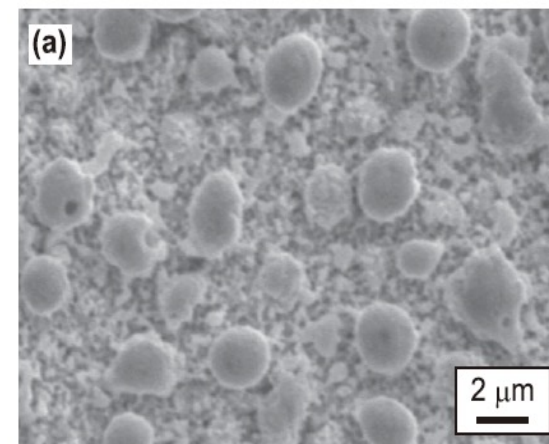
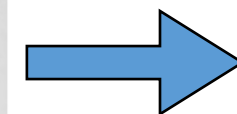


水素プラズマ照射

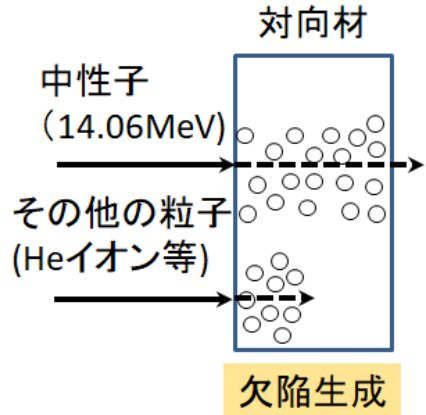


ダスト発生

熱パルス



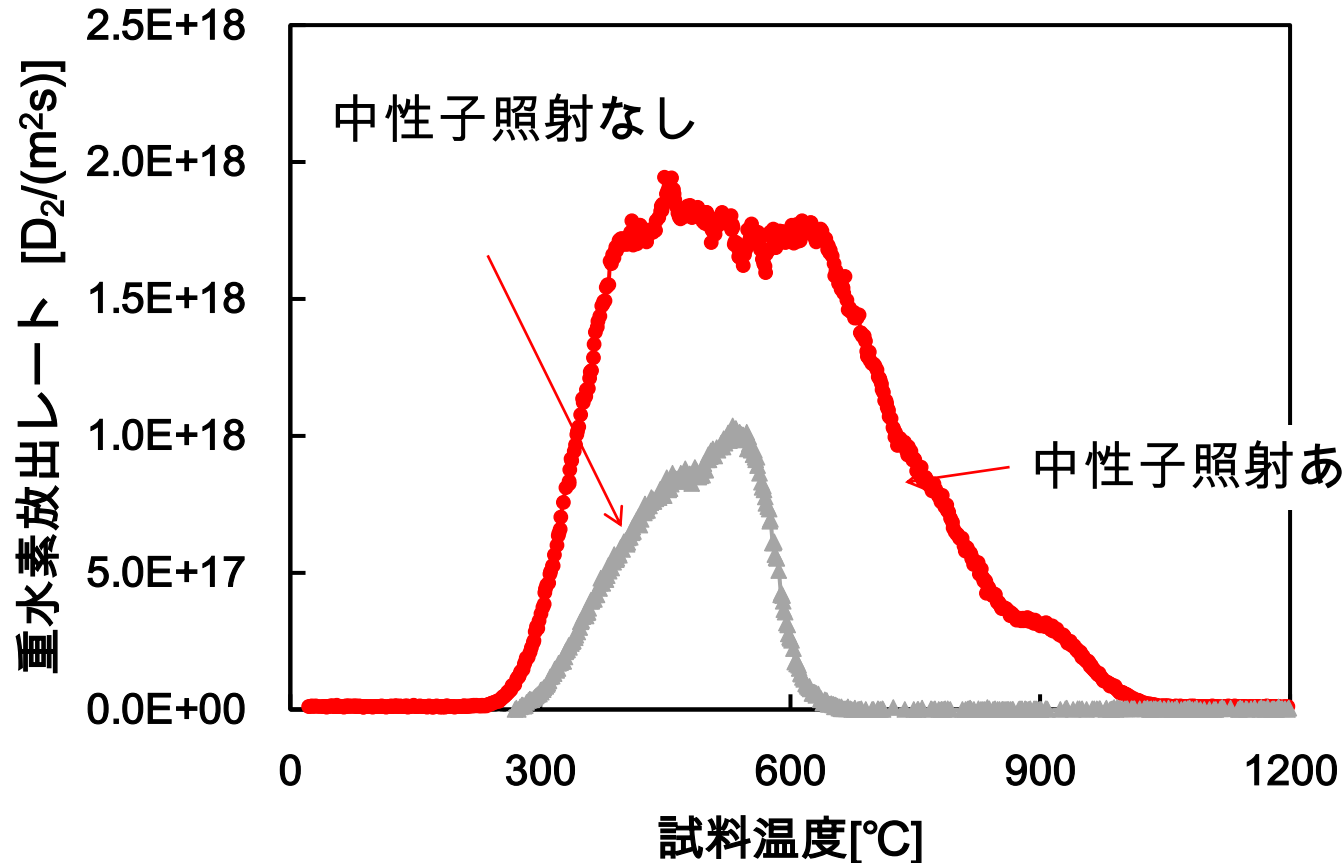
中性子照射タングステン材における水素同位体吸蔵



→ 中性子が材料内に均一な欠陥を多数生成

プラズマ照射中、水素同位体は欠陥に捕捉されながら拡散

吸蔵特性が変化



← 昇温脱離スペクトルが高温領域まで広がる

吸蔵量が増加