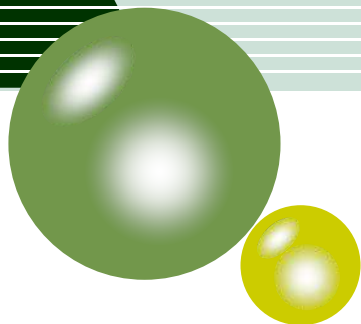


タングステンのガス保持特性に与える 重水素，ヘリウム複合照射効果

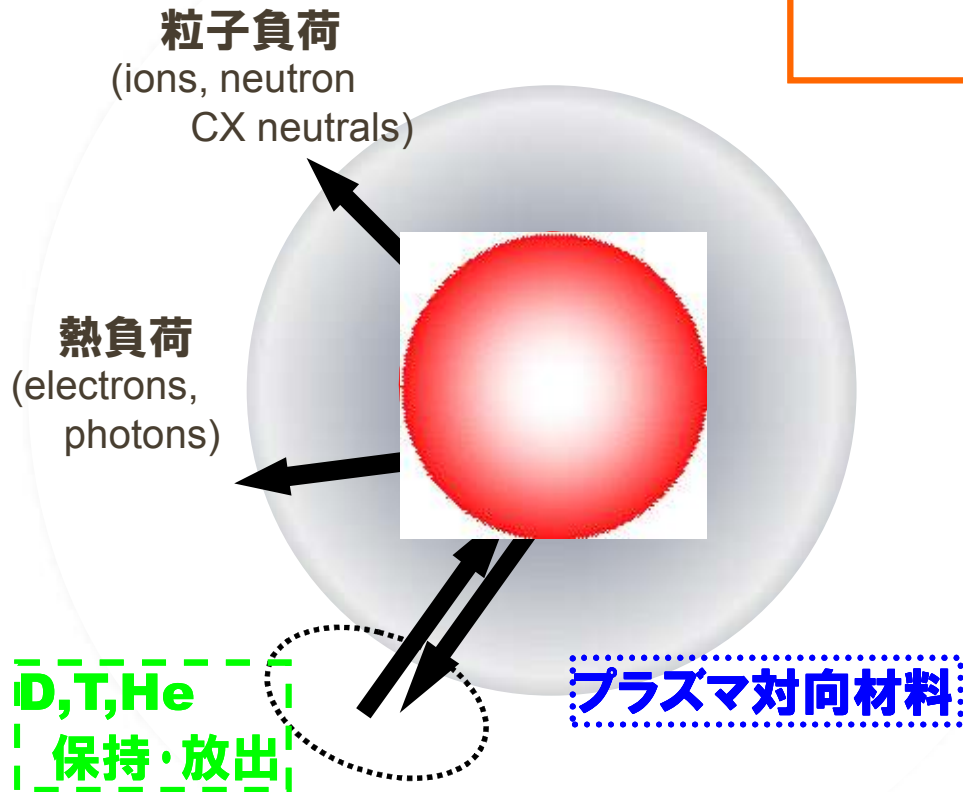
島根大学総合理工学研究科
小野・宮本研究室
迫井 佑己



背景

ダイバータ部の候補材

高融点, 低スパッタ率のW

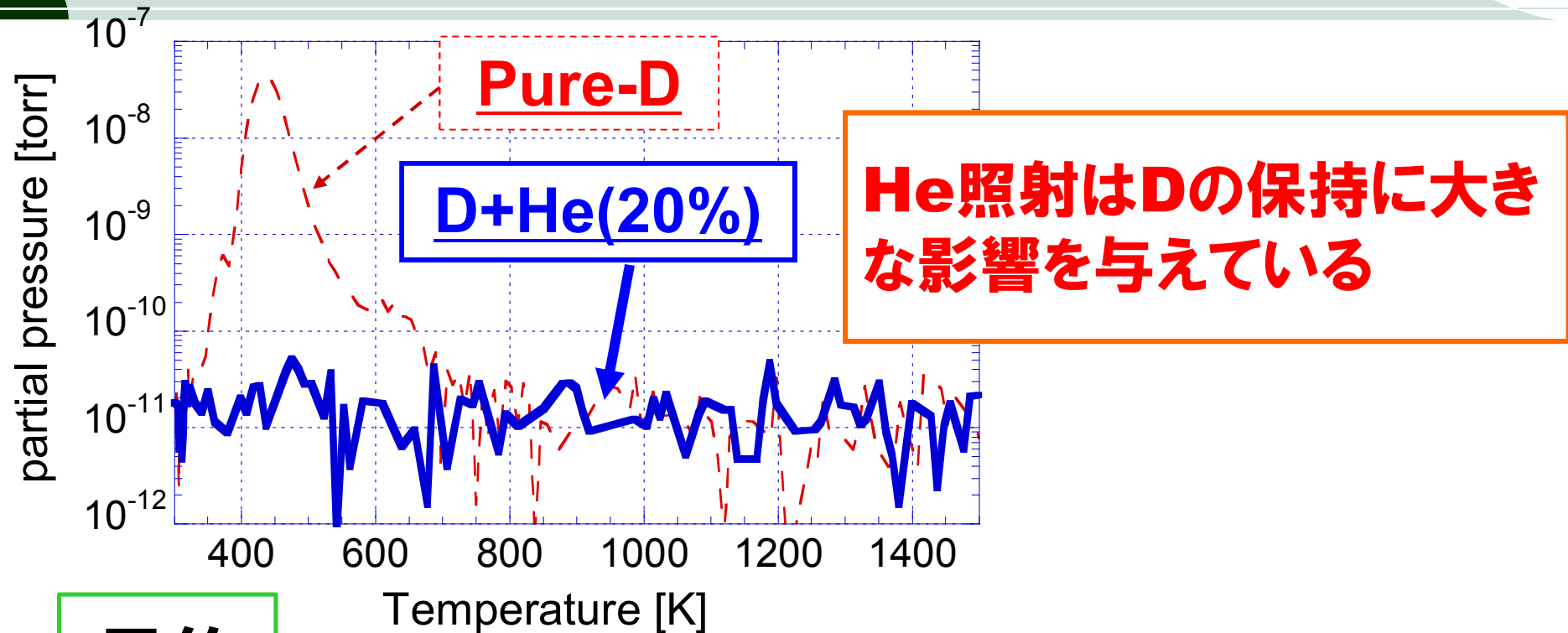


水素同位体やHeによる 粒子リサイクリング

- 炉の安全運転
- 高性能プラズマ制御に影響

水素同位体挙動の理解は重要な課題として認識され精力的な研究が行われている

背景 • PISCESにおけるWへのD+He照射 ~D放出特性~



目的

W中のD保持特性に与えるHe照射の影響をよく制御された系での実験により定量的に評価し, あわせて微視的観点から保持・放出メカニズムに関する知見を得ること

実験方法

He予照射後D照射

1.5keV-D⁺



specimen



試料:再結晶W(10mm×10mm×0.1mm)

□1.5keV-Dイオン単独照射 照射量: 1×10^{21} D/m²

- ① 3keV-Heイオン ⇒ 1.5keV-Dイオン追照射
- ② 1.5keV-Dイオン ⇒ 3keV-Heイオン追照射
- ③ ~10eV-Heプラズマ ⇒ 1.5keV-Dイオン追照射

昇温脱離ガス測定及びTEMによる内部観察

イオン照射

イオン加速装置

イオン照射

- He予照射後D照射
- D予照射後He照射

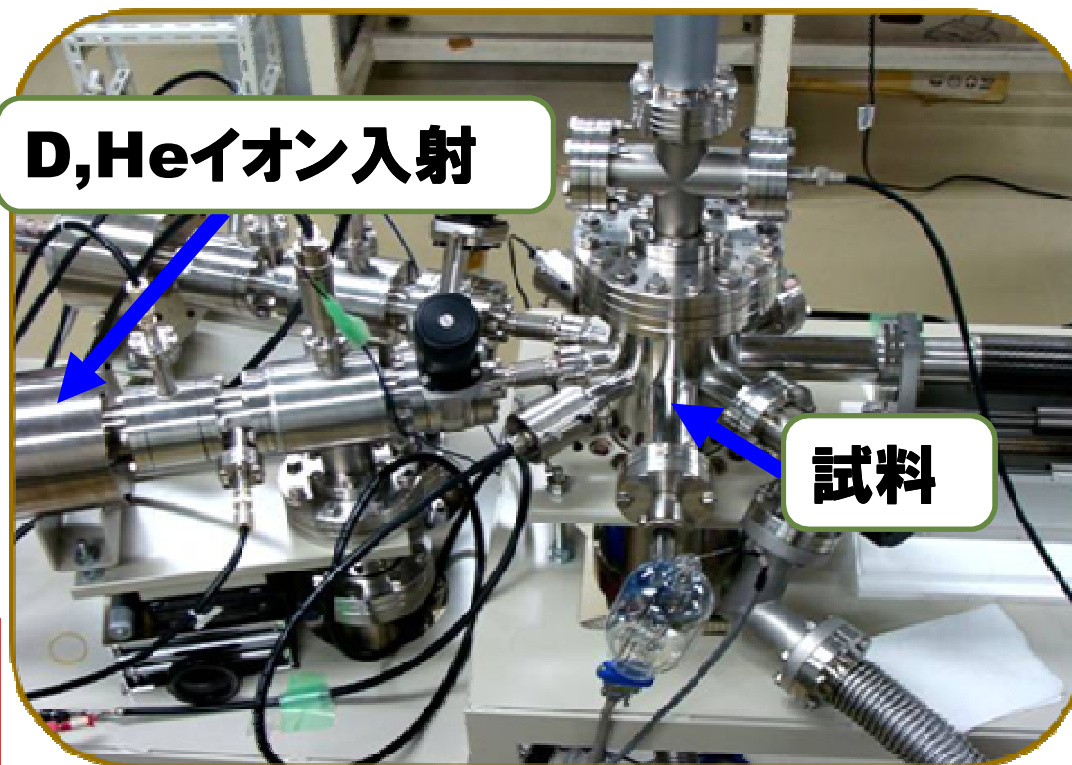
Dイオン照射

加速電圧: 1.5keV-D⁺
照射温度: 室温
照射線束: $\sim 1 \times 10^{18} / \text{m}^2\text{s}$
照射量: $1 \times 10^{21} / \text{m}^2$

Heイオン照射

加速電圧: 3keV-He⁺
照射温度: 室温
照射線束: $\sim 1 \times 10^{18} / \text{m}^2\text{s}$
照射量: $1 \times 10^{21\sim 23} / \text{m}^2$

D,Heイオン入射



試料

TDS装置

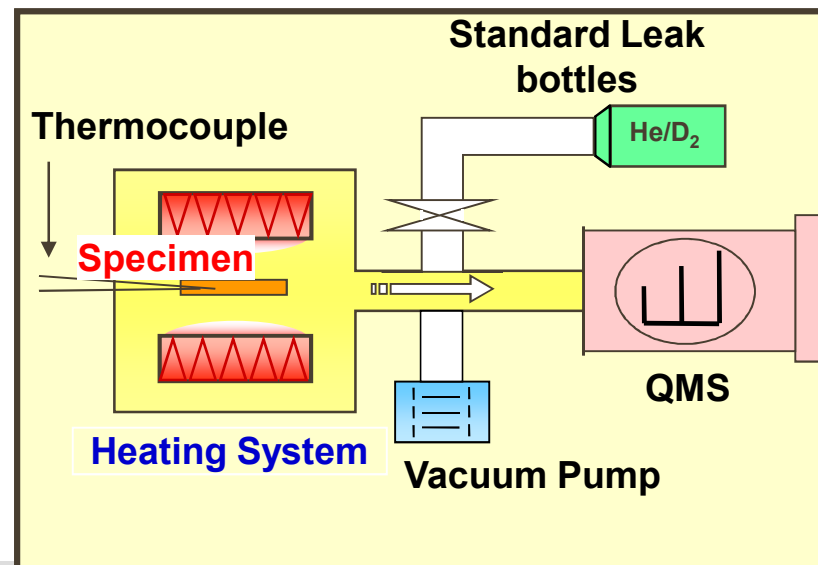
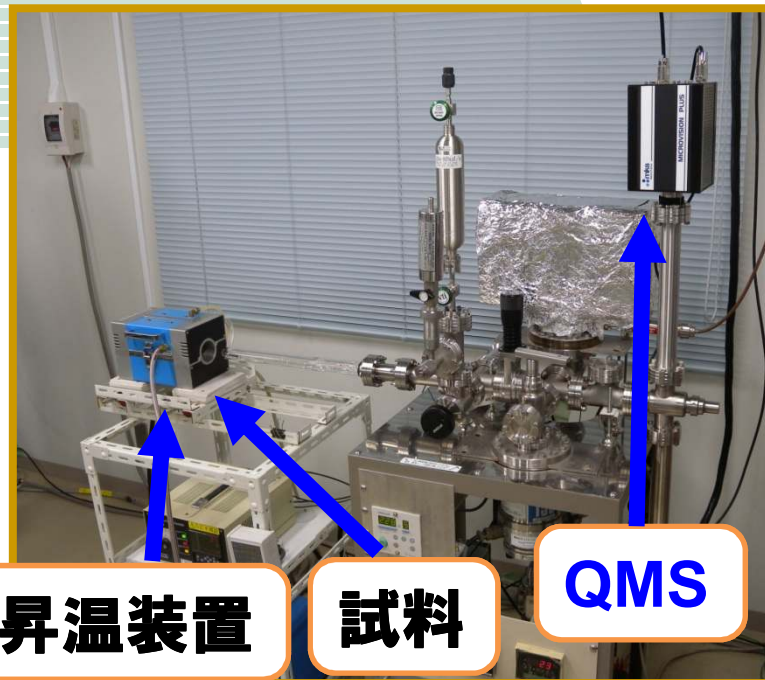
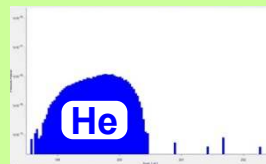
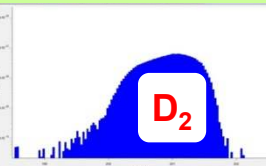
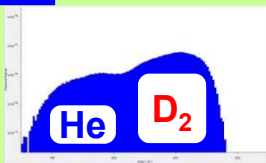
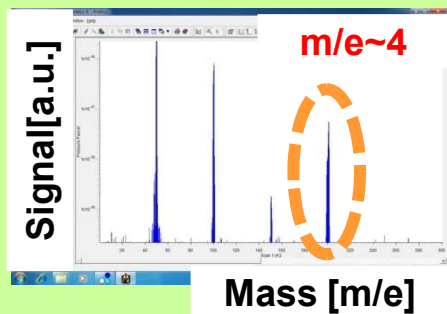
~昇温脱離ガス測定法~

- 昇温装置 昇温速度:1K/s
- 四重極質量分析装置(QMS)
- D₂標準リークボトル

高分解能四十極質量分析装置

◆Microvision Plus (MKS製)

- 僅かな質量差を分離測定可能
- D₂:4.02820
- He:4.00260

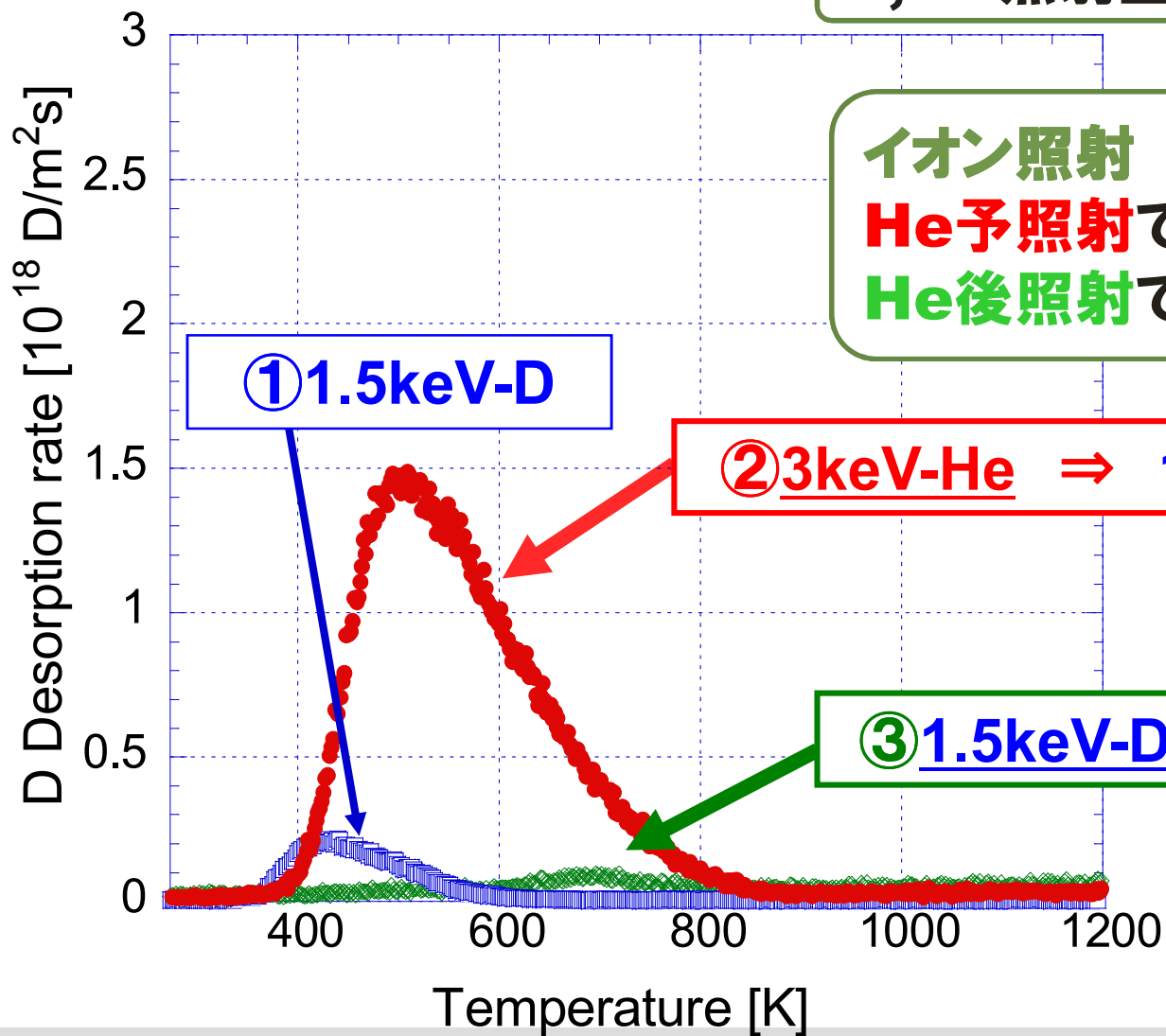


実験結果1

◆イオン照射

1.5keV-D, 3keV-He 逐次照射

D, He 照射量: 10^{21} D, He/m²



イオン照射

He予照射ではD保持増加

He後照射ではD保持減少

① 1.5keV-D

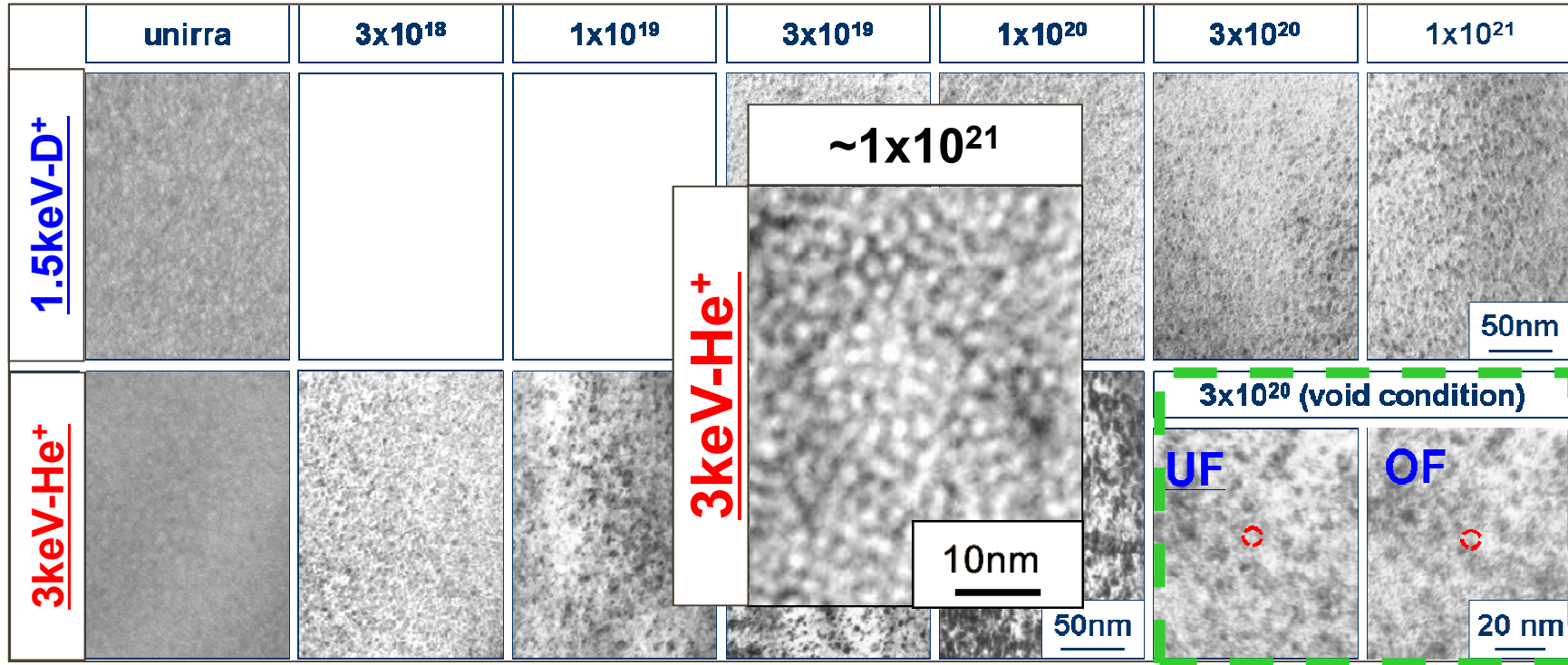
② 3keV-He ⇒ 1.5keV-D

③ 1.5keV-D ⇒ 3keV-He

考察1

◆ TEM観察

1.5keV-D⁺, 3keV-He⁺イオン照射



1.5keV-D⁺イオン照射 ⇒ 転位ループの形成

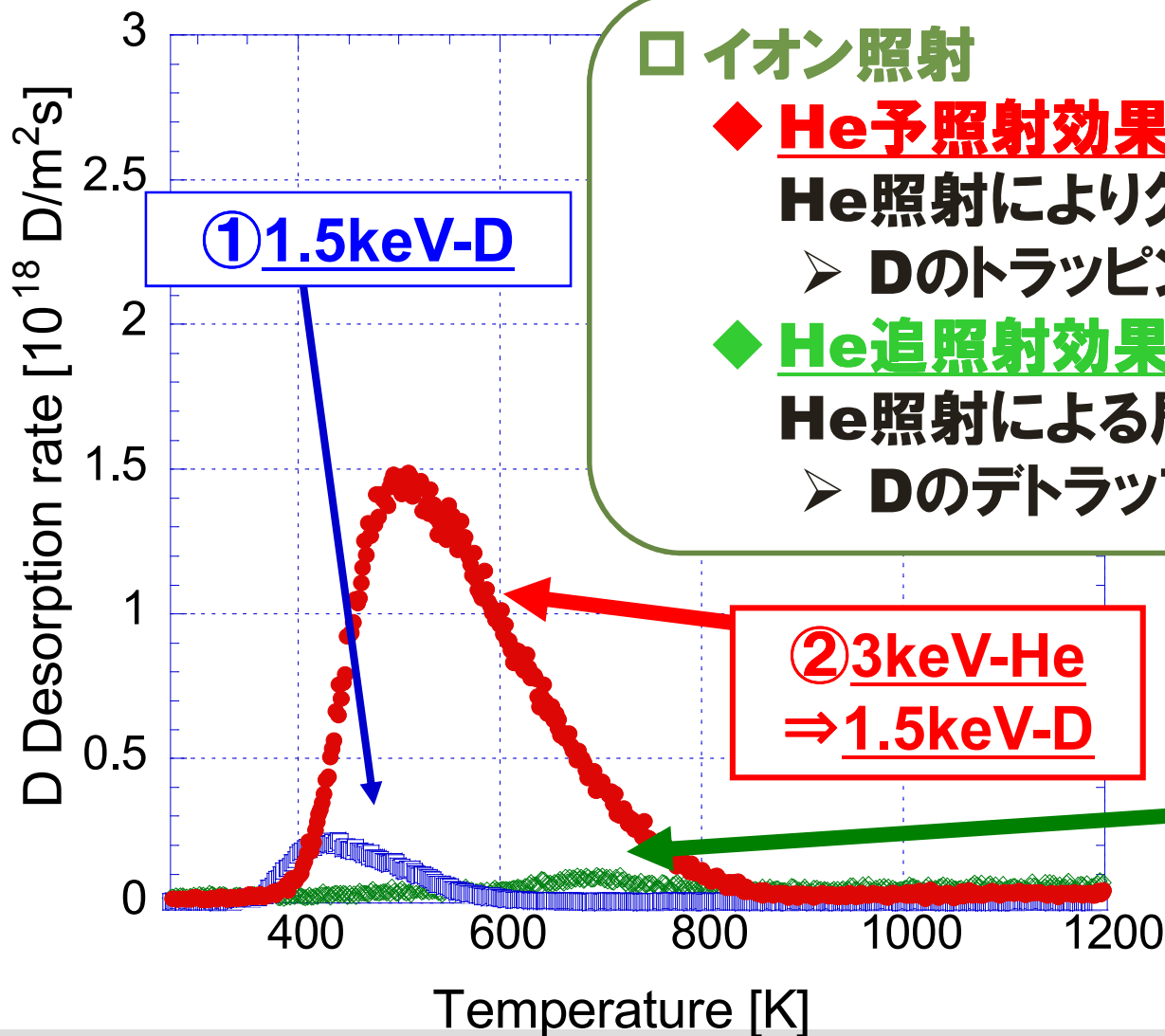
3keV-He⁺イオン照射 ⇒ 転位ループ, 高密度バブル

➤ He照射時は高い損傷形成速度, 高密度Heバブル形成

考察1

◆ イオン照射

1.5keV-D, 3keV-He 逐次照射



□ イオン照射

◆ He予照射効果

He照射により欠陥が多量に形成

➢ Dのトラッピングサイトとして機能

◆ He追照射効果

He照射による局所的な擾乱の発生

➢ Dのデトラップと再配列を誘起

① 1.5keV-D

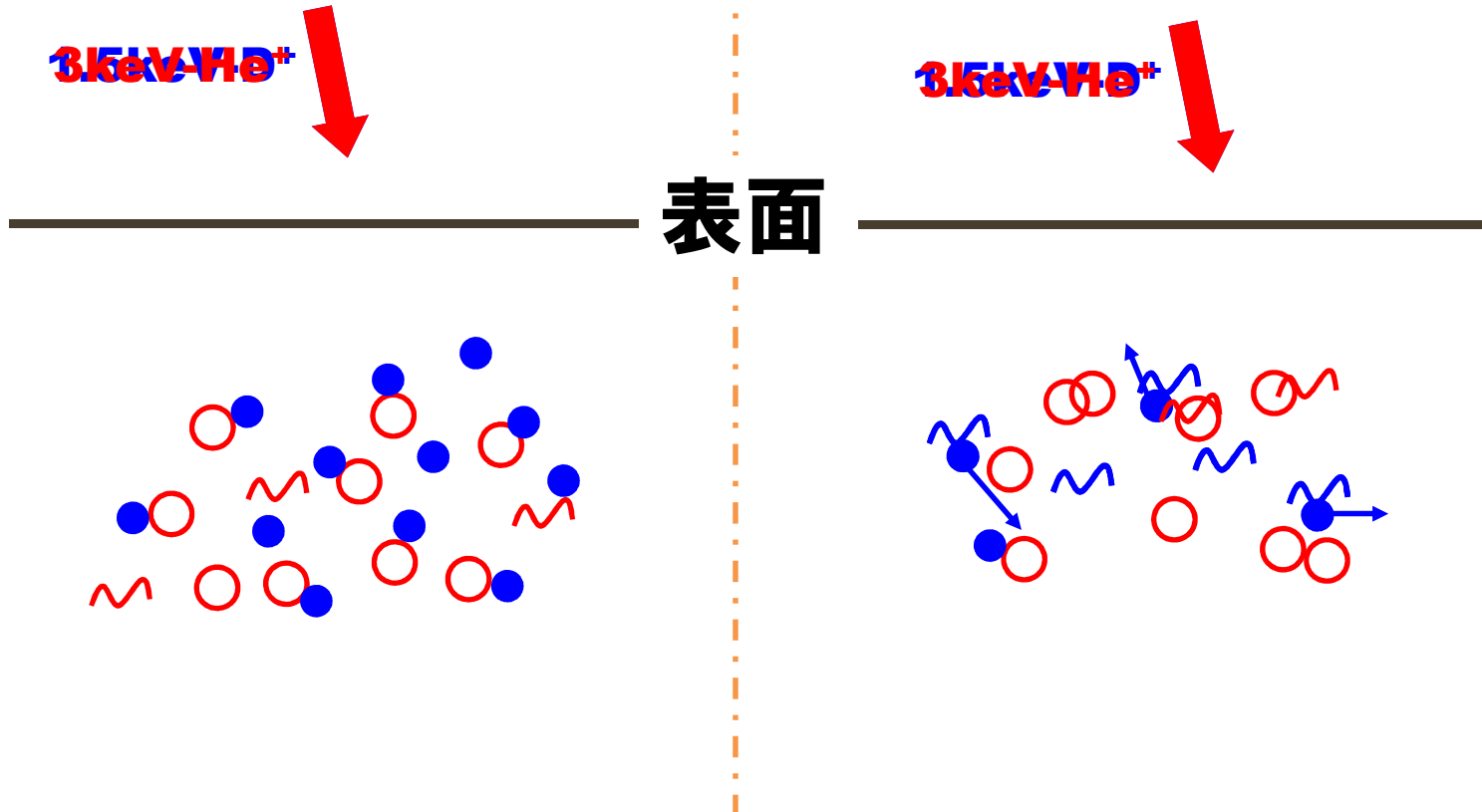
② 3keV-He
⇒ 1.5keV-D

③ 1.5keV-D
⇒ 3keV-He

まとめ1 ~イオン照射~

3keV-He \Rightarrow 1.5keV-D

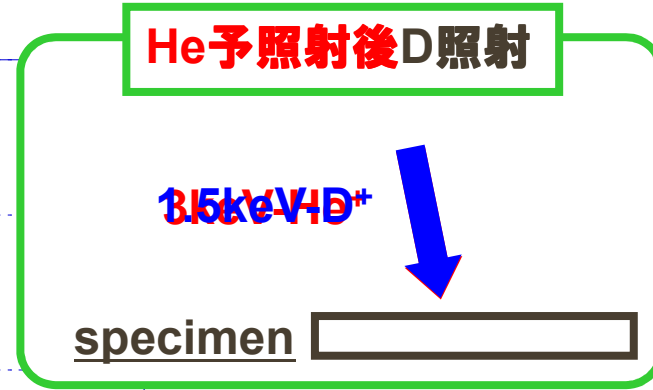
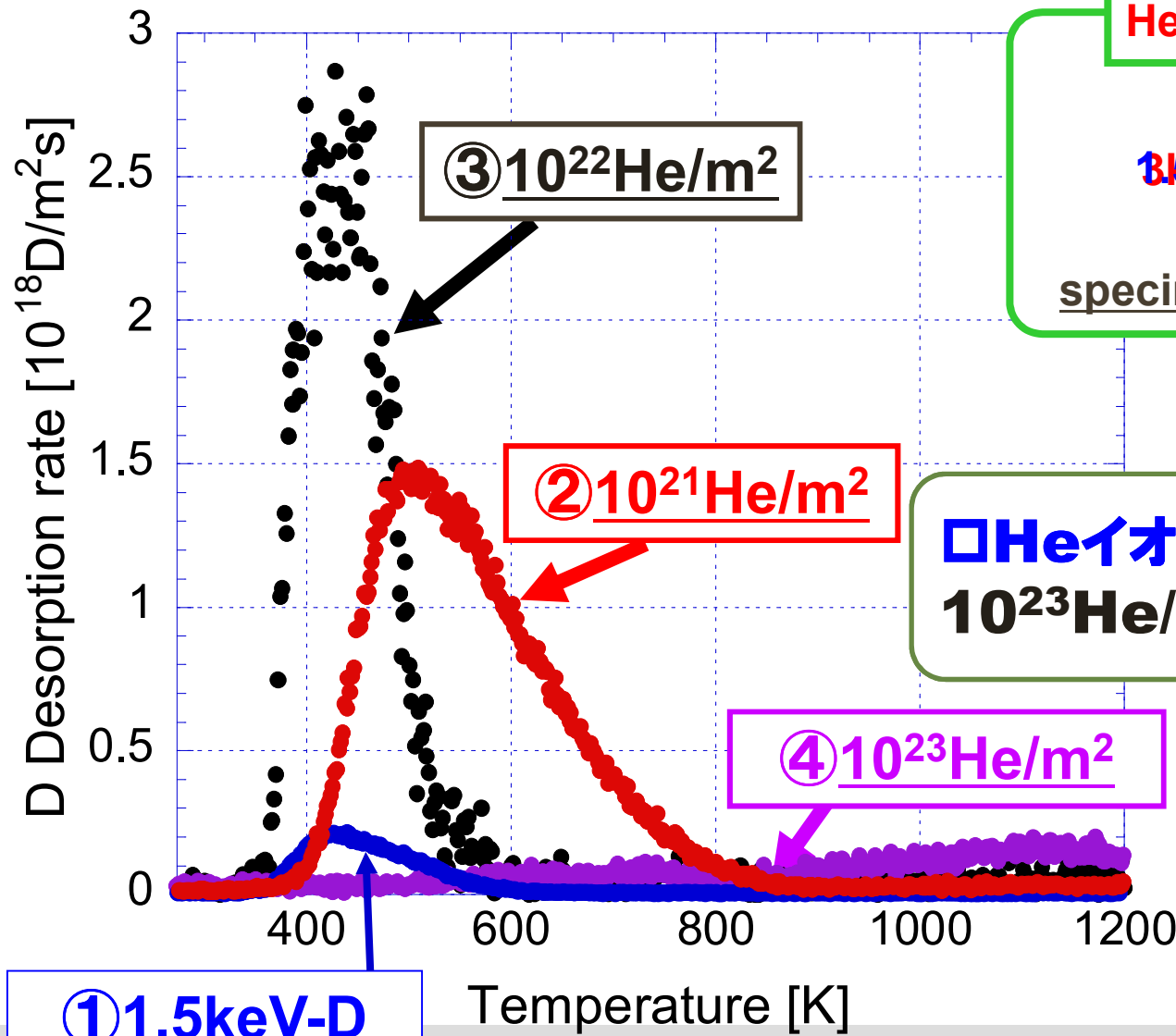
1.5keV-D \Rightarrow 3keV-He



実験結果2

◆ Heイオン予照射

3keV-He ⇒ **1.5keV-D** 逐次照射



□ Heイオン予照射
 $10^{23} \text{He}/\text{m}^2$ ではD保持減少

① 1.5keV-D

Heプラズマ照射

プラズマ照射: **He**予照射後Dイオン照射

1.5keV-Dイオン照射, 10^{21} D/m²

APSEDAS

(PWI模擬実験装置)

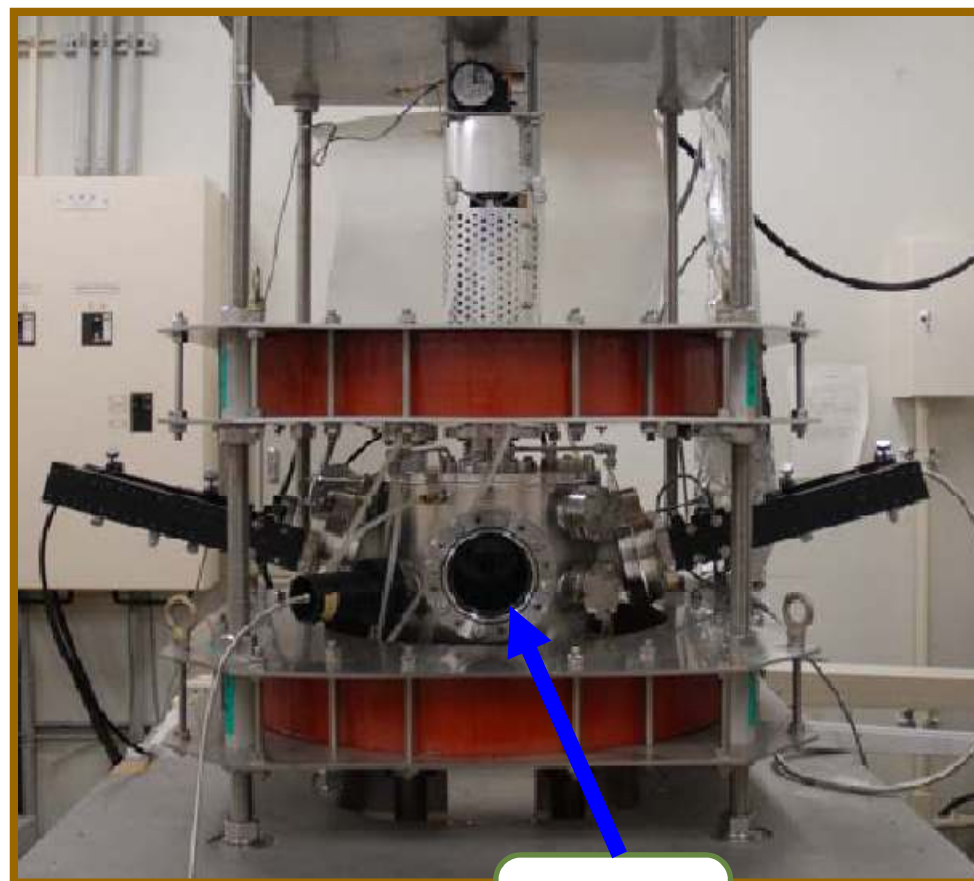
照射エネルギー: **He**: ~10eV

照射温度: ~573K

照射線束: $\sim 3 \times 10^{22}/\text{m}^2\text{s}$

照射量: ~ $1 \times 10^{23-25}/\text{m}^2$

プラズマ密度:
 10^{17-19} (電離度数10%)



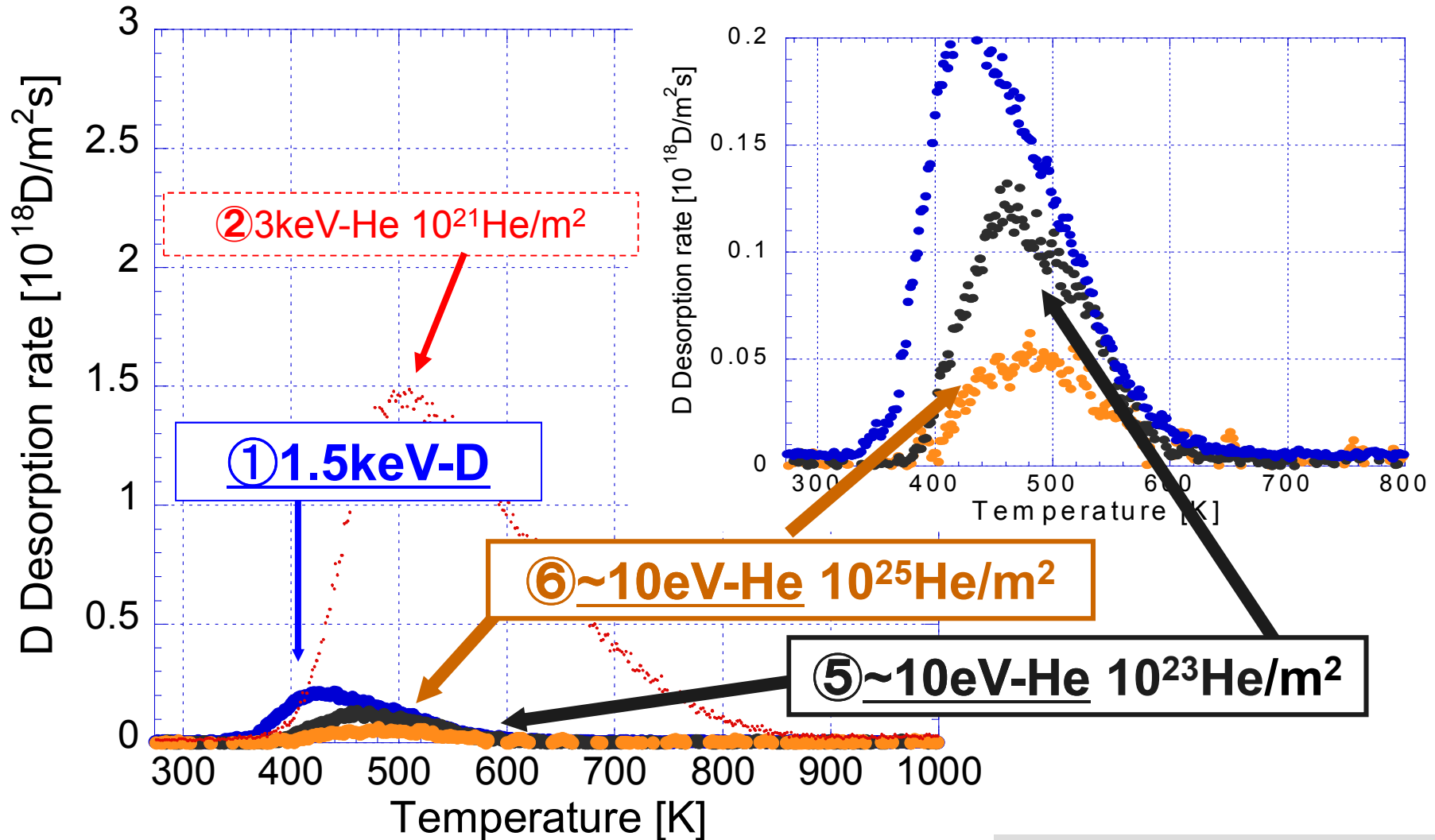
試料

実験結果3

◆ Heプラズマ予照射

~10eV-He(APSEEDAS)

⇒ 1.5keV-Dイオン照射

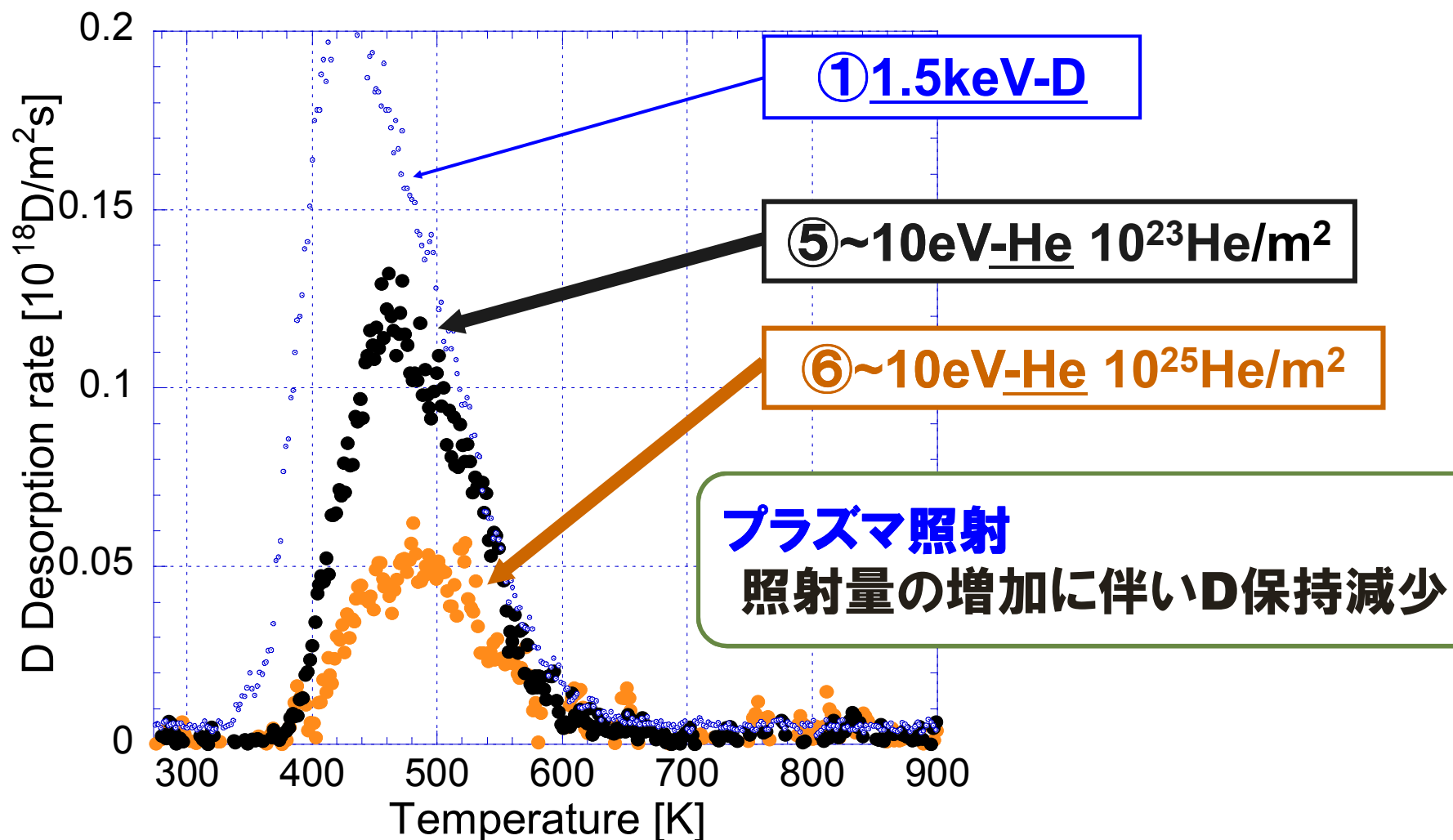


実験結果3

◆ Heプラズマ予照射

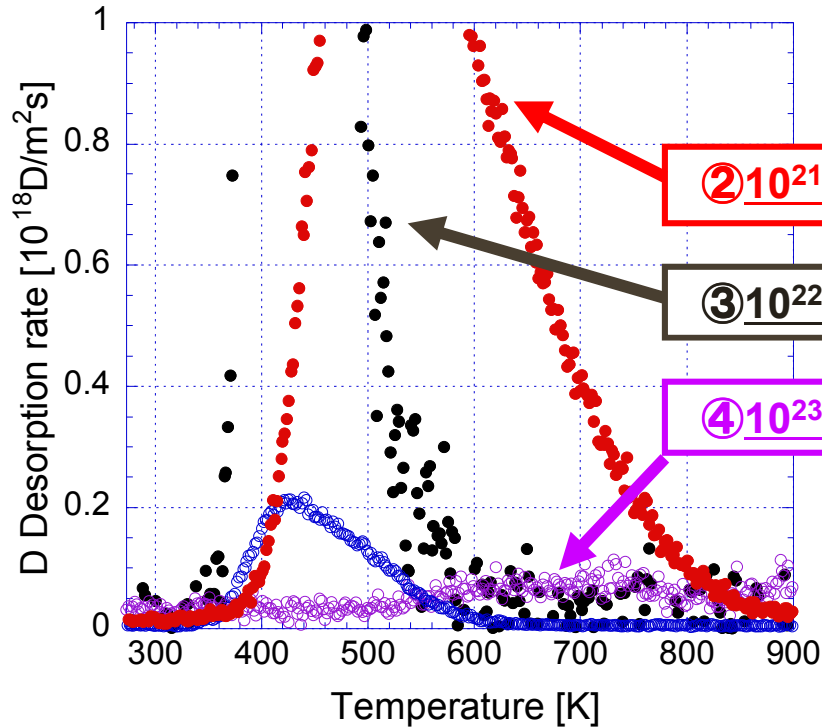
~10eV-He(APSEDAS)

⇒ 1.5keV-Dイオン照射

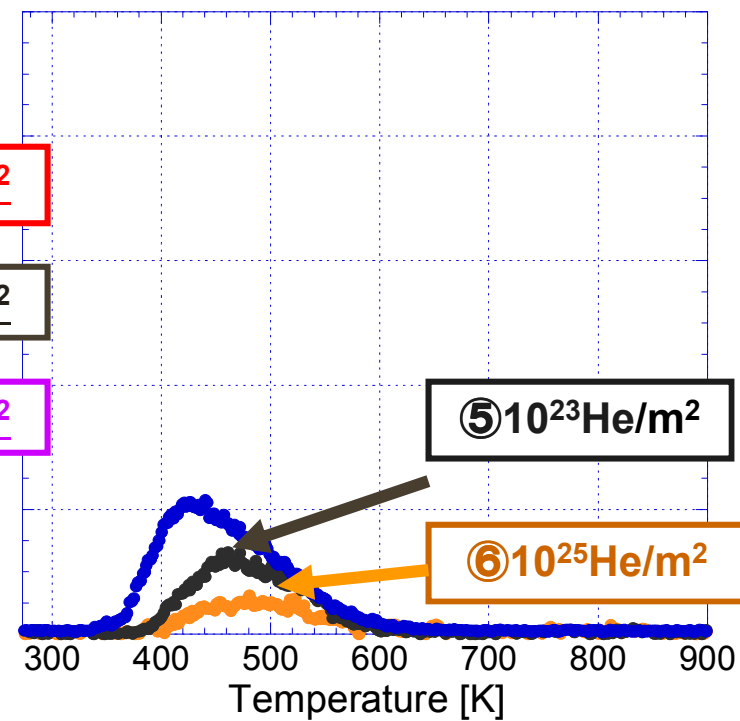


実験結果3 ～He予照射効果～

3keV-Heイオン予照射



～10eV-Heプラズマ予照射

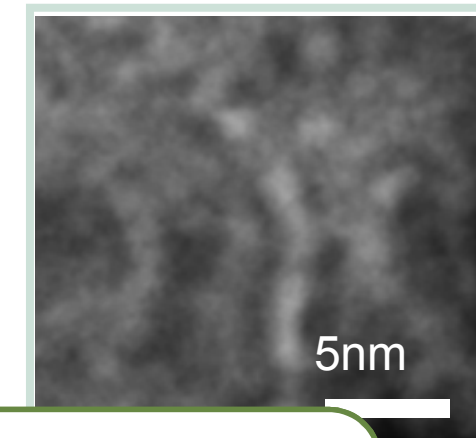
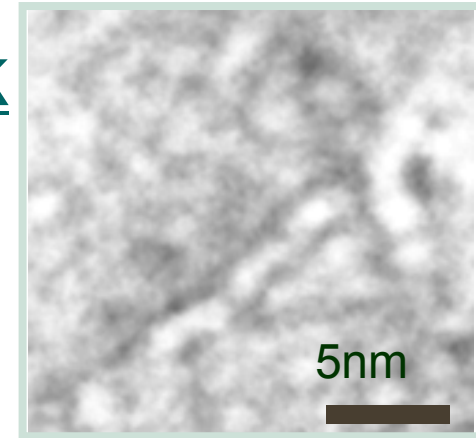
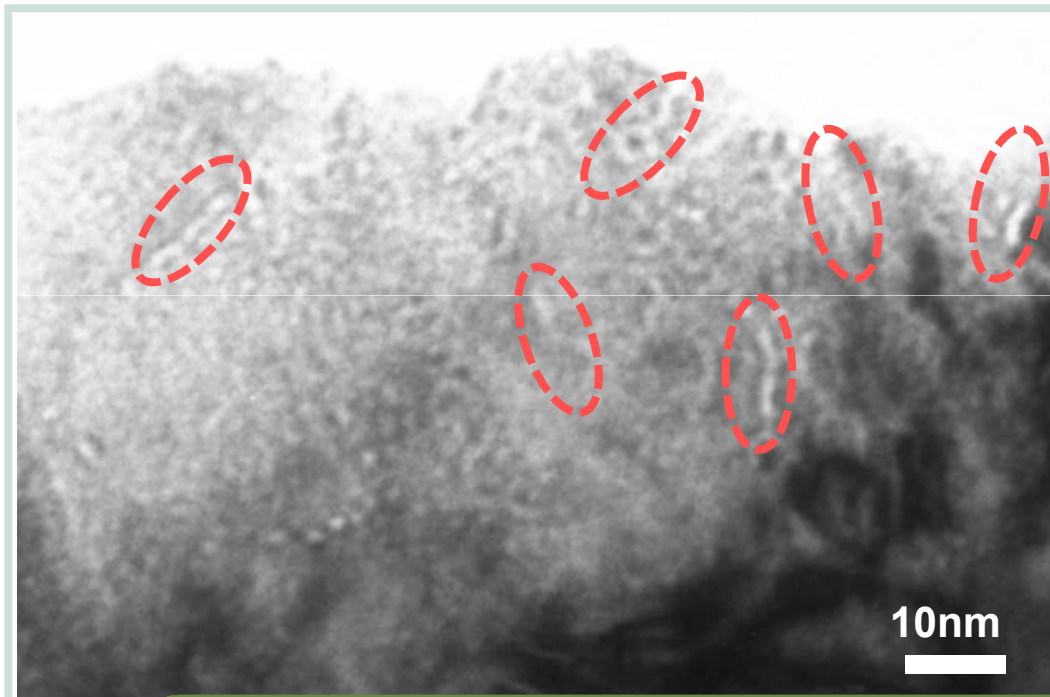


He予照射

He高照射領域においてはプラズマ照射,
イオン照射に関係なくD保持が減少する

考察 W断面観察 ~PISCESにおけるWへのD+He照射~

D+He(20%), 1×10^{25} He/m², 120eV, $T_s \sim 773$ K



表

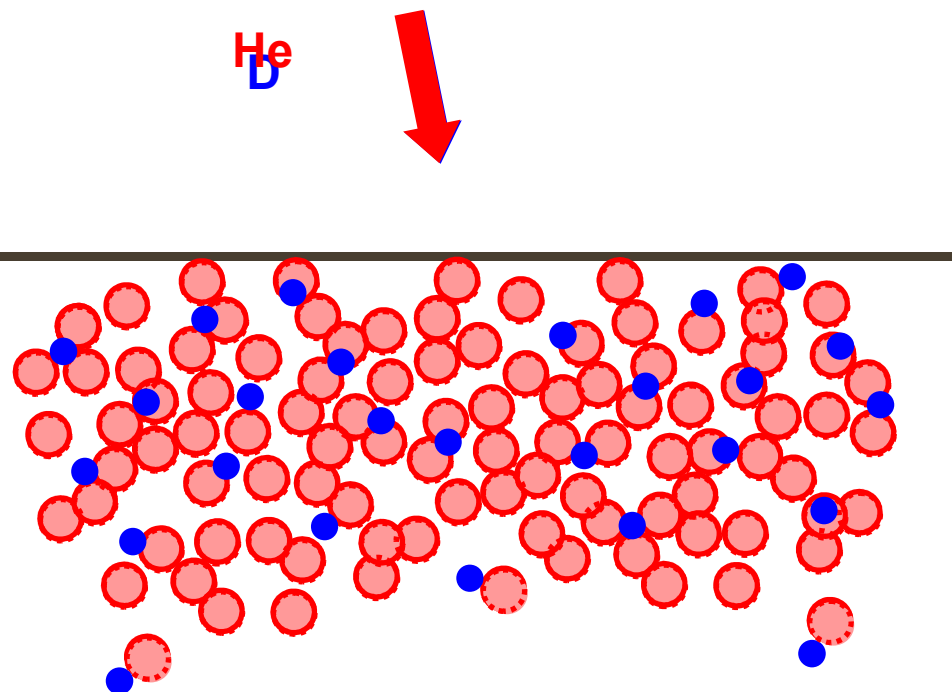
➤ バブル同士が接触し巨大なクラスタを形成し, Dの拡散パスとして機能した

と

まとめ2 ~He予照射効果~

高He照射時

表面



まとめ

タングステン中のD保持放出特性に与えるHe混合の影響を調べるために、イオン照射及びプラズマ照射による逐次照射実験を行った。

□ D保持に与えるHeの効果

◆ He予照射

- 低He照射領域においては多量に導入された転位ループ、Heバブルなどの欠陥がDの保持を促し、Dイオン単独照射時と比較して一桁程度大幅に増加した。
- 高He照射領域においては高密度ヘリウムバブルの連結による重水素の脱離の形成によりDの保持が減少した。

◆ He後照射

- Heイオン照射時には欠陥によるトラッピングサイト生成、さらに局所的擾乱発生による重水素の再配列の誘起の効果が考えられ、Dイオン単独照射時と比較して減少(~1/2)することが明らかになった。

◆ 微細組織観察

- 重水素保持に影響を与えるHeの効果は欠陥形成量との密接な関連が指摘された。

今後の予定

イオン照射

- 照射下ガス放出測定
- He+D同時照射実験

□微細組織観察

- 昇温下でのTEM内部観察