

# 原子炉や核融合炉の構造材料の安全性を 確保するための基礎研究

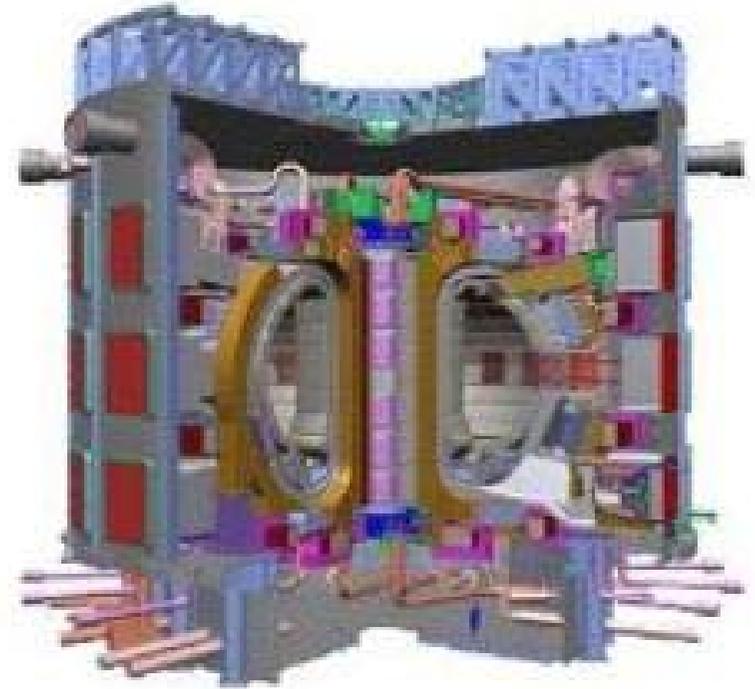
鹿児島大学 学術研究院 理工学域 工学系 機械工学プログラム  
佐藤研究室

# 原子炉や核融合炉の構造材料の特徴

機械材料が使用される過酷な環境の例

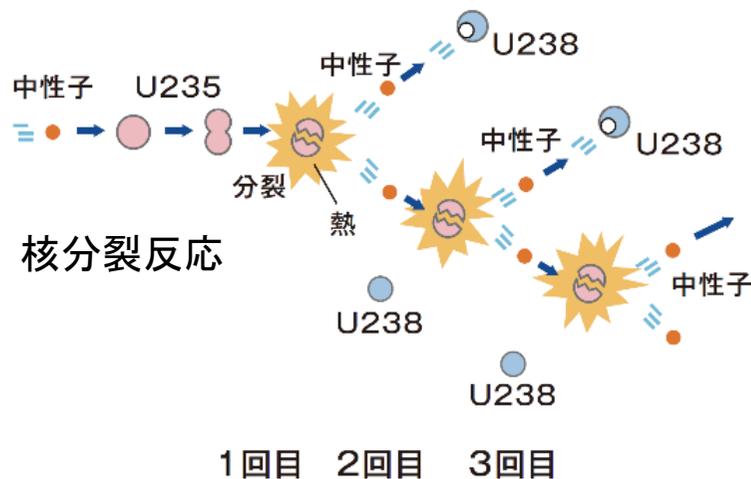
- ・高温 → クリープ
- ・繰返し荷重 → 疲労
- ・衝撃荷重
- ・環境(水や水素) → 腐食・水素脆化など

原子炉・核融合炉材料は高温環境で使われるだけでなく、核反応によって形成する中性子による照射の影響を受ける

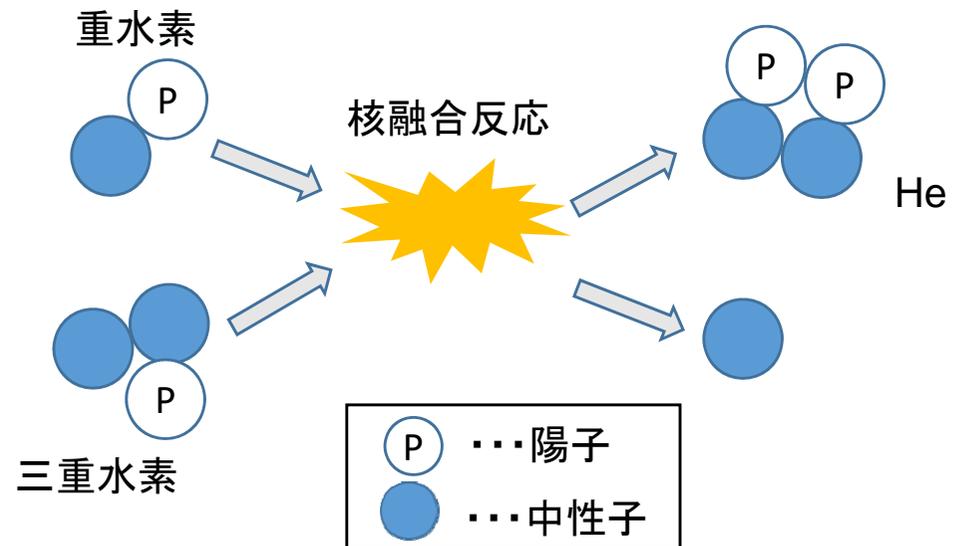


(提供: 日本原子力研究開発機構/ITER機構)

## 核反応



[電気事業連合会 原子力・エネルギー図面集2015]



# 原子力材料の照射損傷とその微細組織

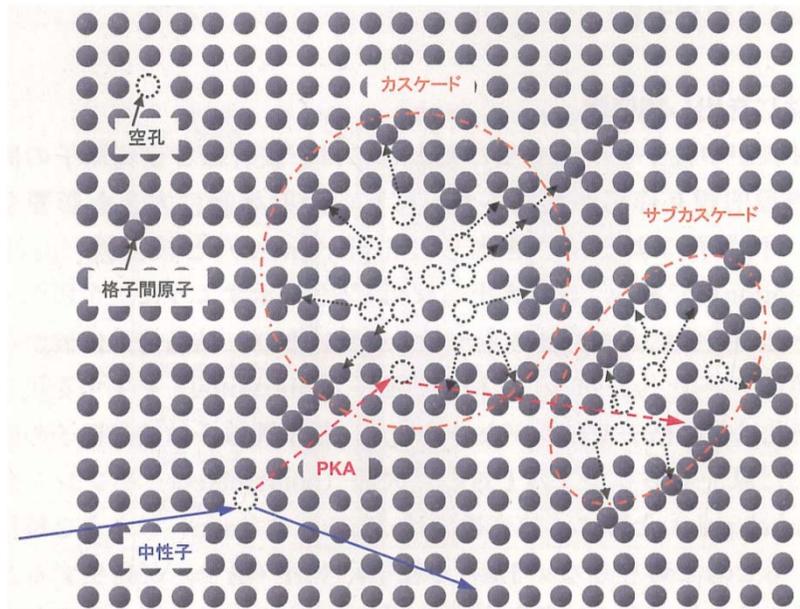


図1. 高エネルギー粒子の照射損傷の模式図

照射損傷によって形成した点欠陥(図1)が移動・集合して、点欠陥集合体を形成する(図2)。点欠陥集合体が転位の移動を阻害する(図3)。

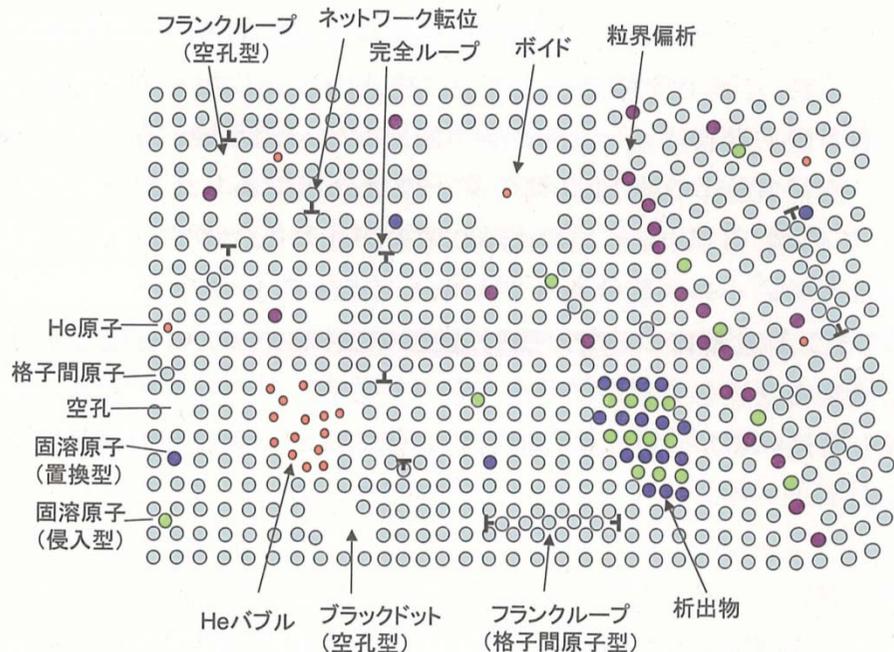


図2. 照射によって形成する微細組織の模式図

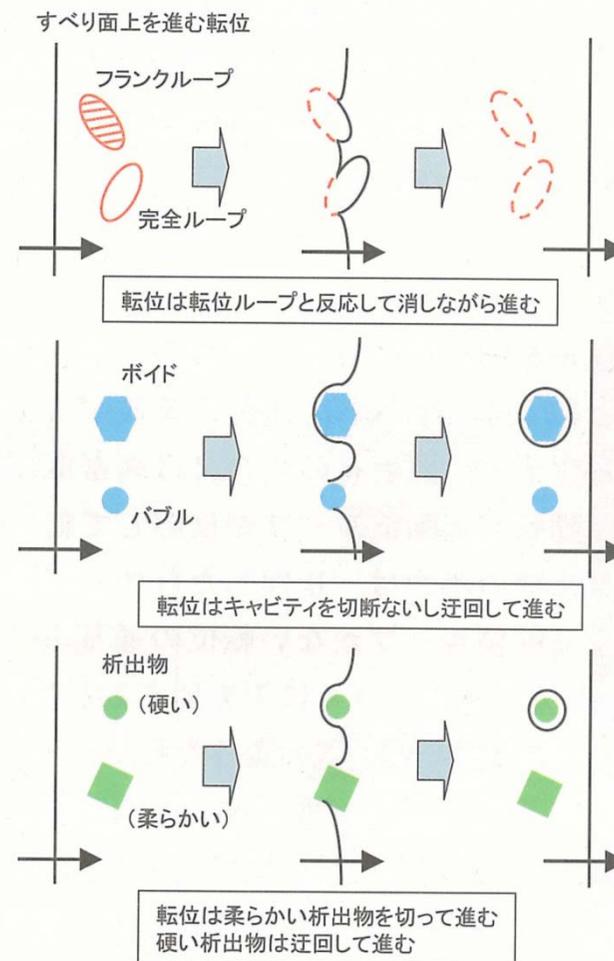


図3. 変形時の転位と微細組織の相互作用の模式図

# 研究を進める手順と目標

1. 原子炉や核融合炉の構造材料に中性子などの高エネルギー粒子を照射し、対象とする材料の照射損傷による微細組織の発達過程を実験とシミュレーションによって調べる。
2. 高エネルギー粒子が照射された材料の機械的特性変化を実験やシミュレーションで調べる。
3. 2.で得られた機械的特性変化から、原子炉や核融合炉の材料の劣化の度合い(寿命)をシミュレーションを用いて予測する。

工学的な最終目標: **耐照射性に優れた材料の開発**  
**材料の劣化予測の高精度化**

# 研究テーマ

## 中性子照射による原子炉圧力容器の脆化機構の解明

- ・中性子照射によるCu析出物の形成過程
- ・Cu析出物形成が引張挙動に及ぼす影響
- ・マトリクス中の照射欠陥の蓄積過程とその引張挙動への影響

## 核融合炉構造材料の損傷過程の解明

- ・第一壁材料におけるヘリウムと水素の蓄積過程
- ・ヘリウムと水素が材料力学特性に及ぼす影響(水素脆化研究とも関連)
- ・空孔型欠陥に捕獲された水素原子の非破壊定量評価

## 照射損傷の基礎過程(点欠陥挙動)に関する研究

- ・溶質原子が照射欠陥の成長過程に及ぼす影響の解明
- ・反応速度論を用いた点欠陥集合体の成長過程の解明
- ・らせん転位近傍の点欠陥挙動の解明
- ・核破砕中性子照射した金属の欠陥成長挙動の解明
- ・高弾性歪み下における点欠陥挙動の解明
- ・照射損傷がFe-Cr合金の相分離過程に及ぼす影響の解明

材料の各要素と点欠陥挙動の関係を一つ一つ調べ、それらの知見を蓄積していくことが 原子力材料の開発の第一歩 である！

# 研究で用いる実験装置



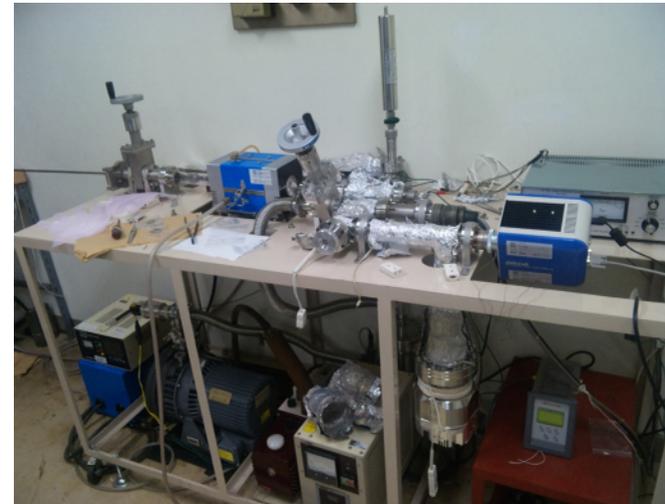
陽電子消滅分光測定装置



透過型電子顕微鏡  
(京都大学複合原子力科学研究所)



引張試験機



昇温脱離ガス分析装置  
(京都大学複合原子力科学研究所)