

放射線環境中のセラミックスがもつ

自己修復能力の発見

---重粒子照射損傷学の新展開---

日本原子力研究開発機構

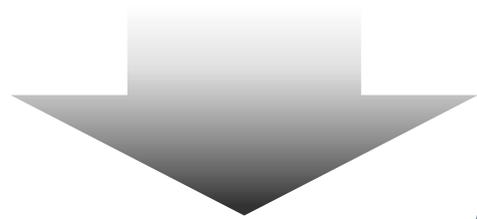
原子力基礎工学研究センター

照射材料工学研究グループ

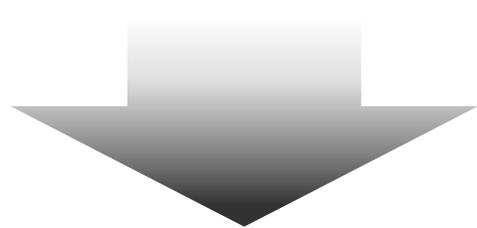
石川法人

原子力発電

「核分裂」



$$E = mc^2$$

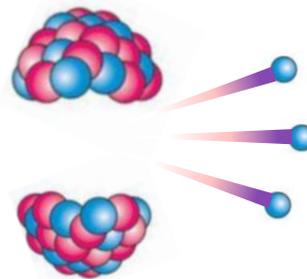


熱エネルギー

「核分裂」

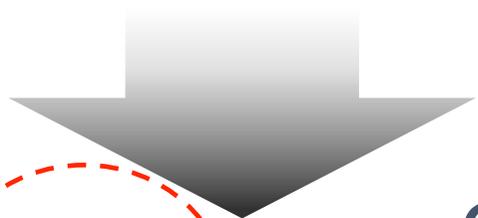
$$E = mc^2$$

熱エネルギー

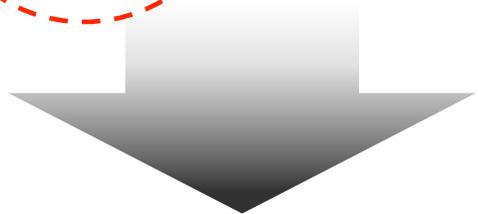


ウラン235の核分裂

「核分裂」



$$E = mc^2$$



熱エネルギー

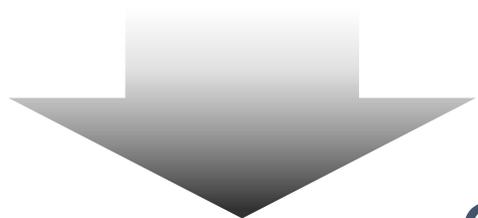
→ 高エネルギー核分裂片の発生



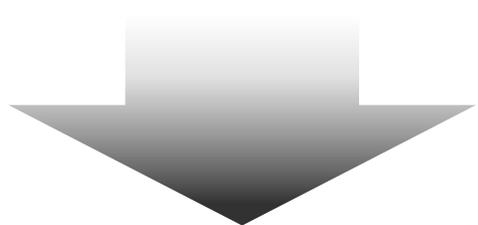
~100 MeV

~100 MeV

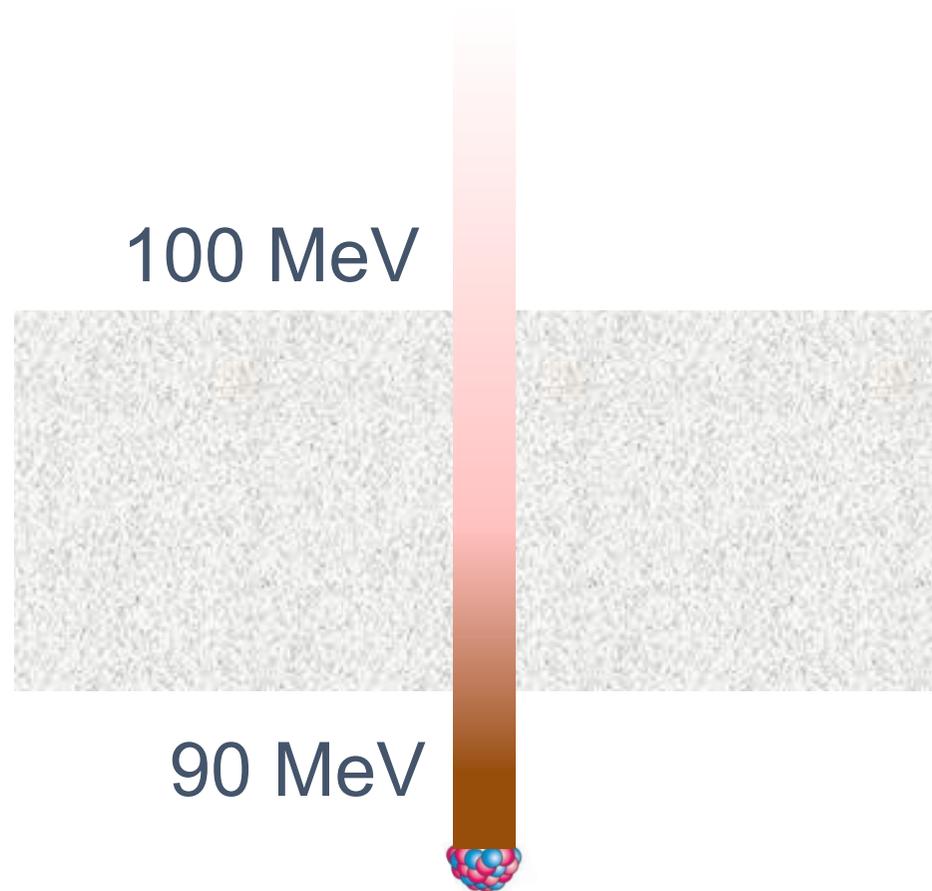
「核分裂」



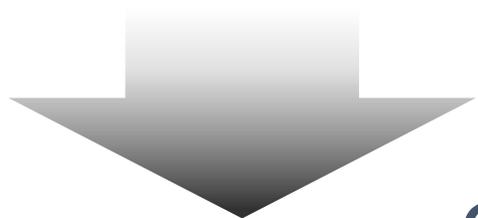
$$E = mc^2$$



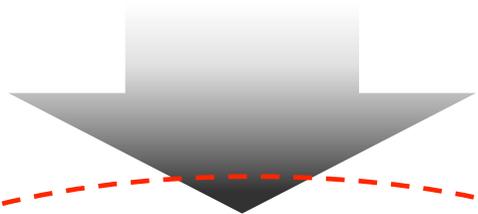
熱エネルギー



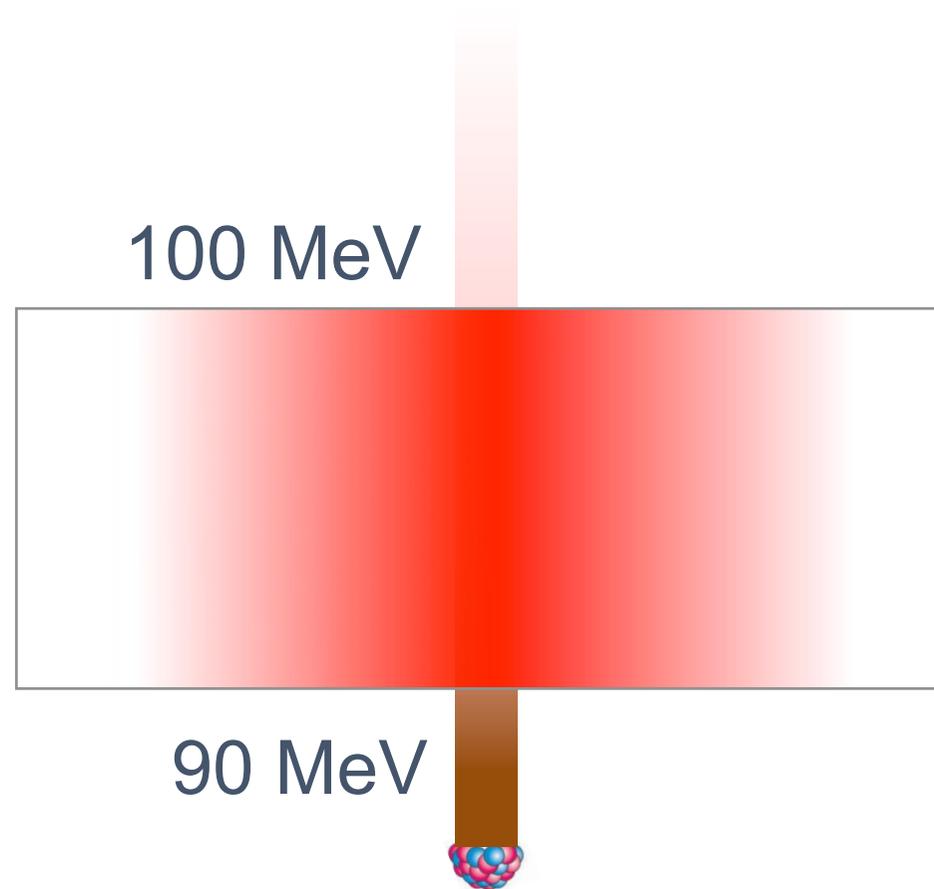
「核分裂」



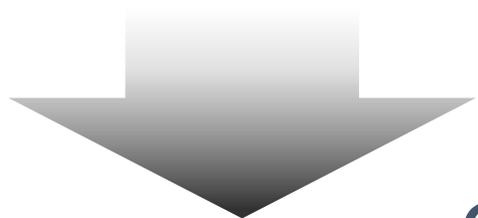
$$E = mc^2$$



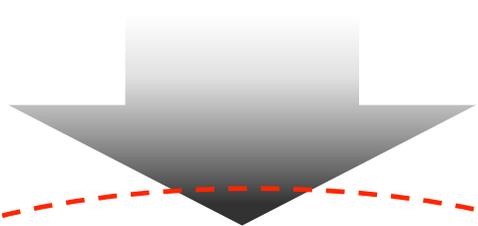
熱エネルギー



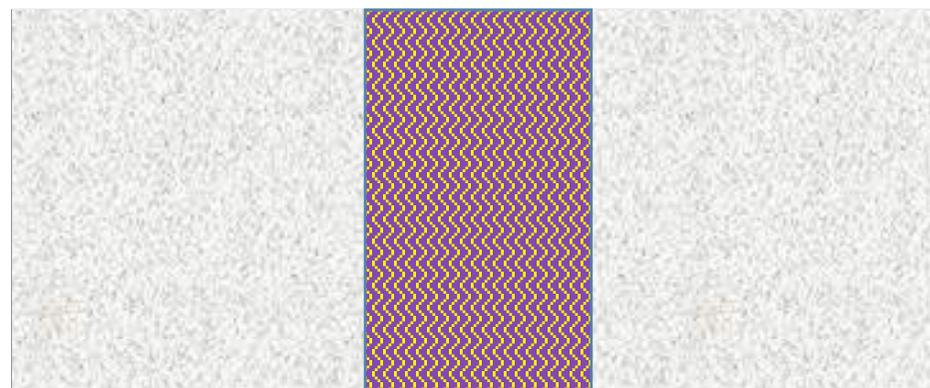
「核分裂」



$$E = mc^2$$

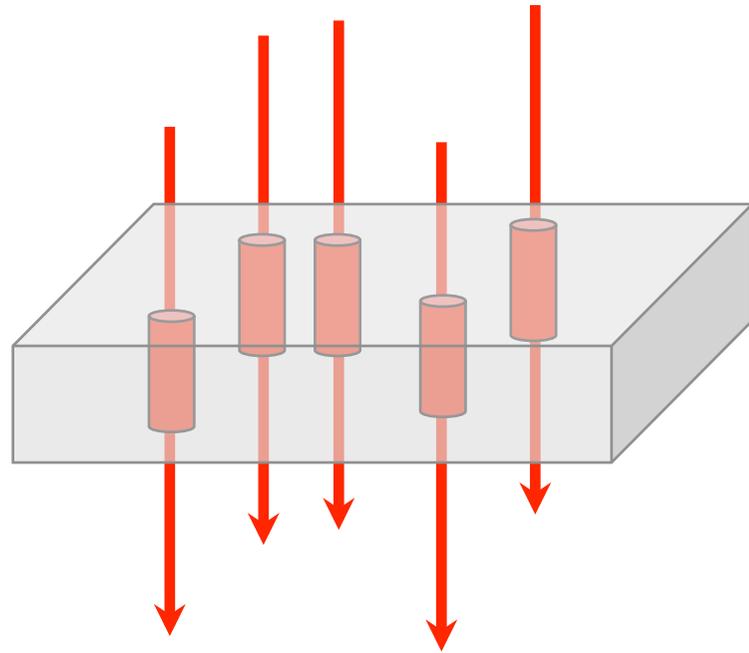


熱エネルギー



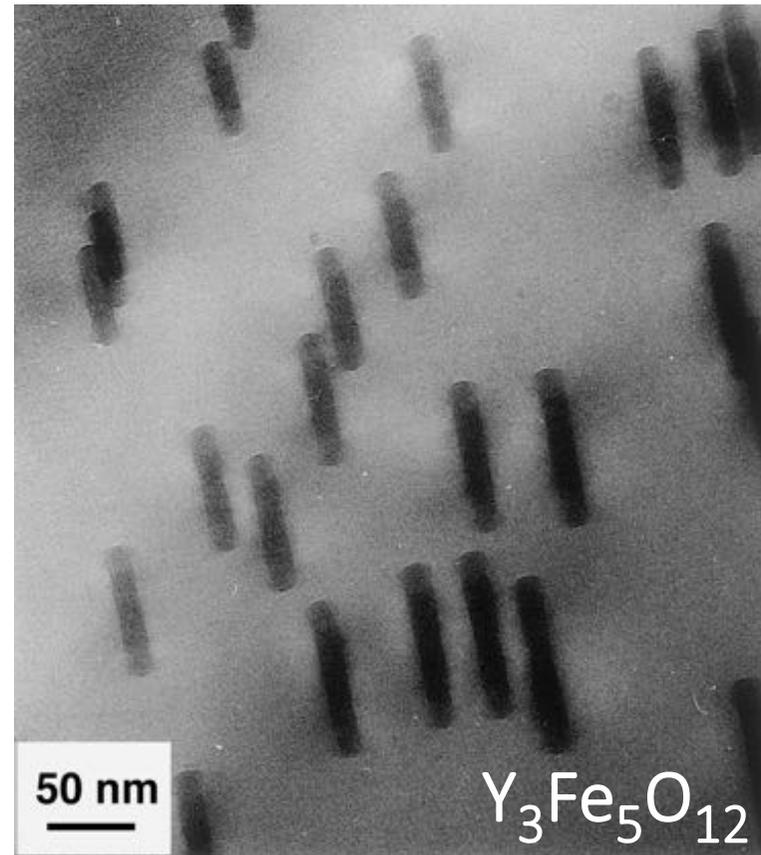
→ 材料を損傷させる.

高エネルギー重粒子による照射損傷



重粒子の通り道に沿って連続的に損傷.

トラック損傷



J. Jensen et al. NIM B 135 (1998) 295.

実験手段としての「加速器」

(研究目的)

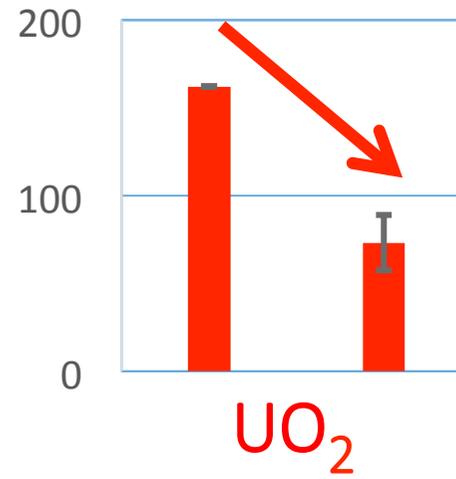
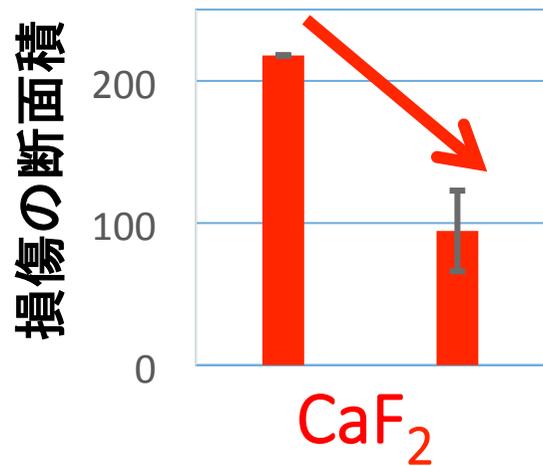
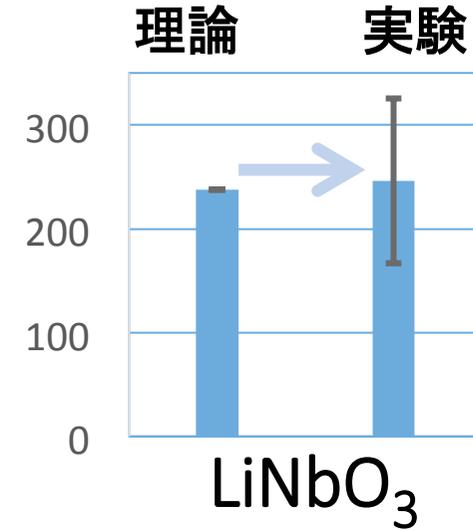
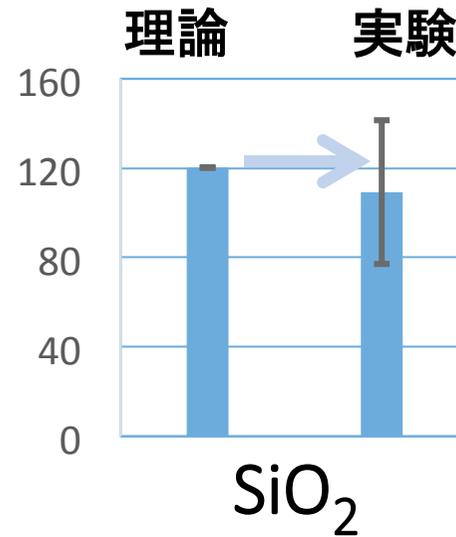
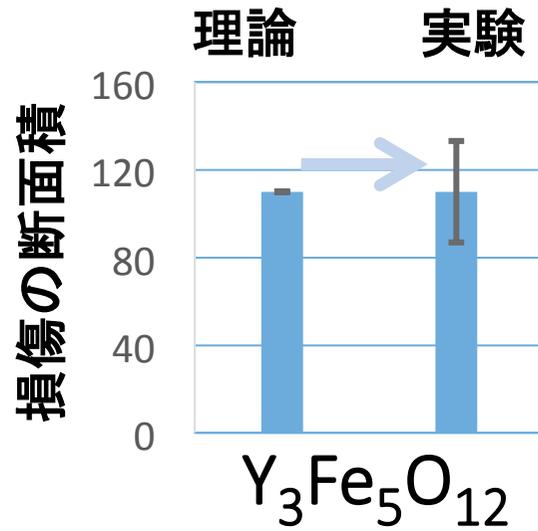
→ 高エネルギー重粒子による
照射損傷のメカニズム解明.

(実験手段)

→ タンデム
加速器



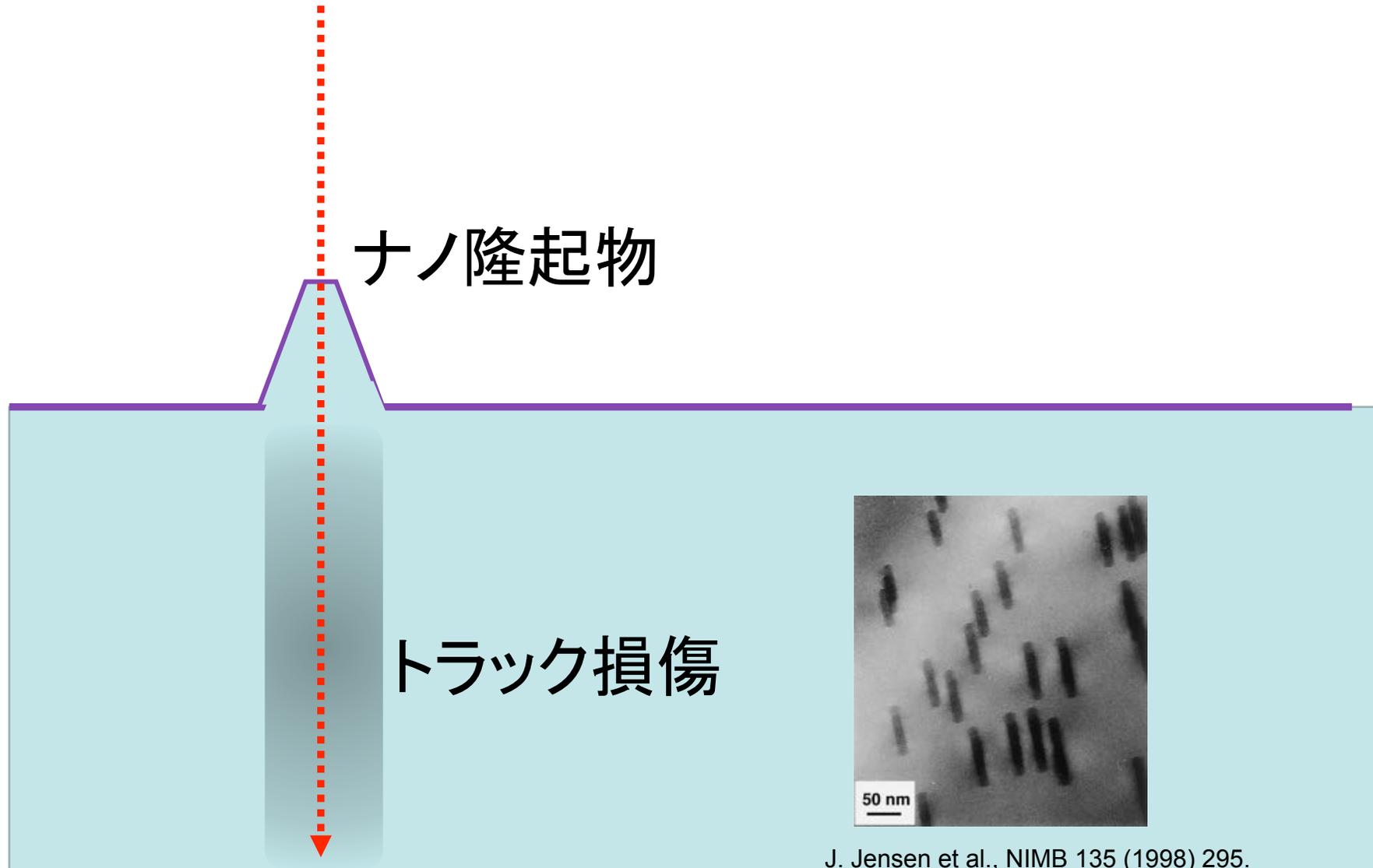
近年のミステリー



→特定のセラミックス
だけ予想より
損傷が少ない.

→「照射に強い」
セラミックス ???

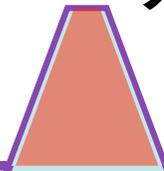
ナノ隆起物



J. Jensen et al., NIMB 135 (1998) 295.

ナノ隆起物

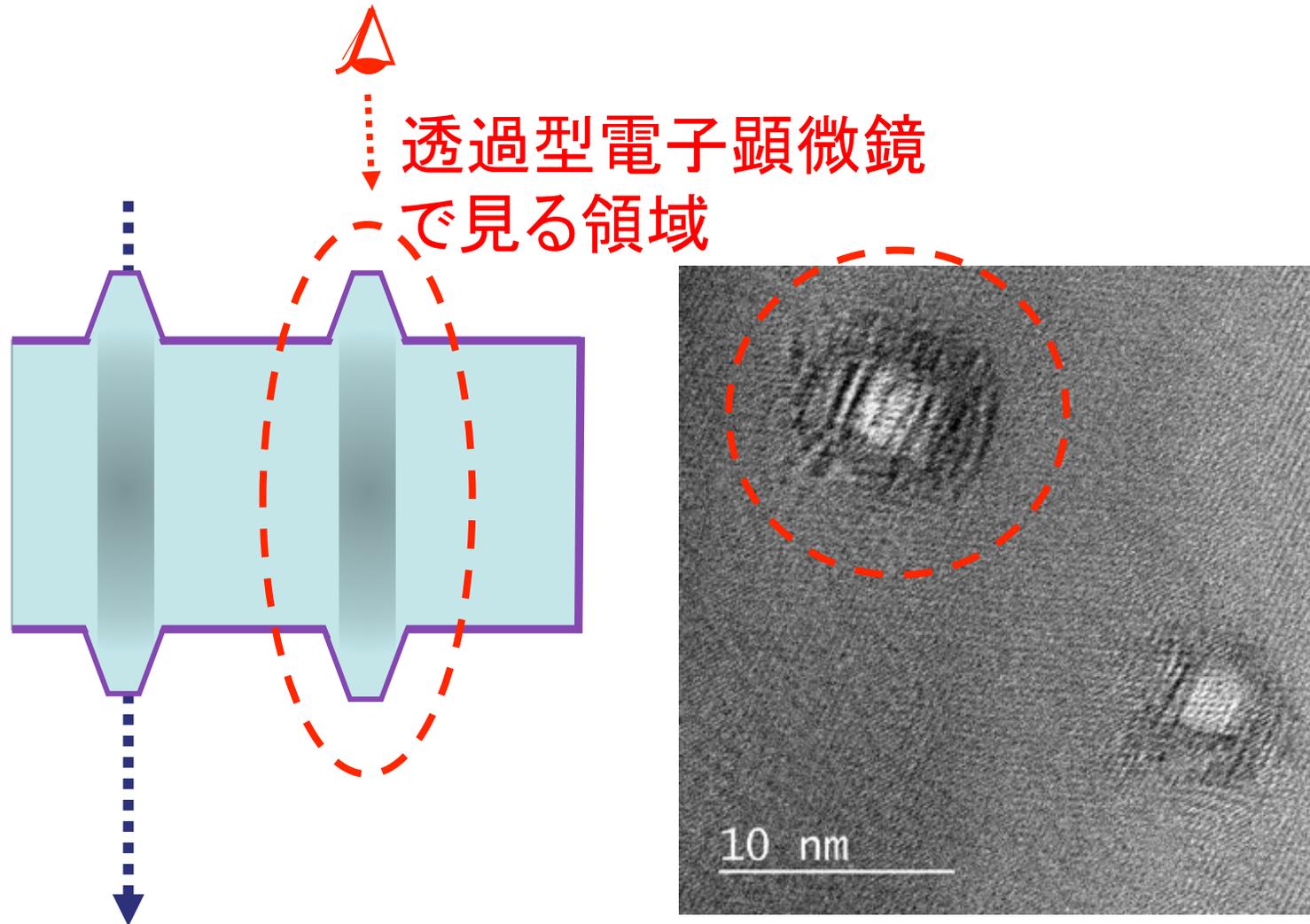
ナノ隆起物



(具体的目標)

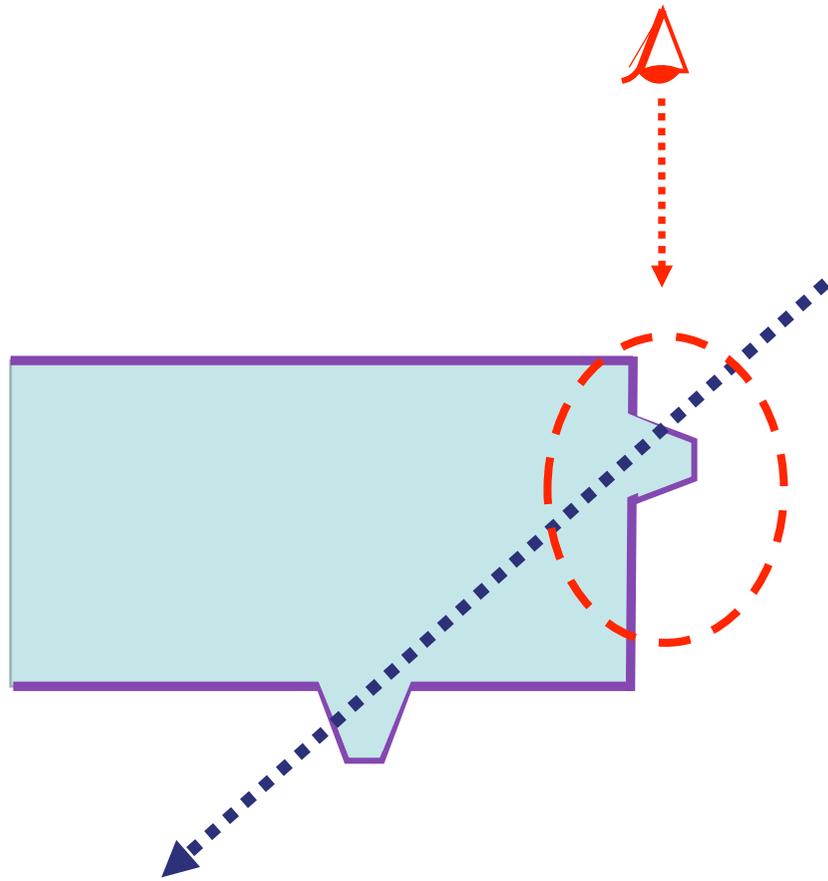
→ ナノ隆起物の内部の構造を
詳細に観察・分析したい。

従来の方法では、よく分からない。

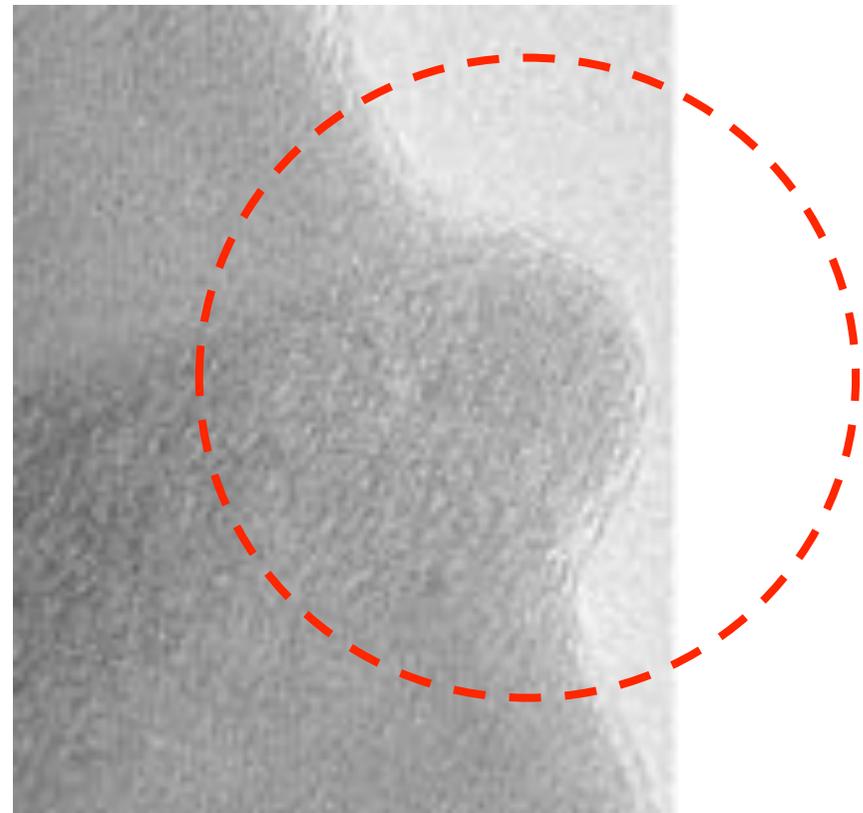


色々な組織が
重なってしまう。

新しい方法によるブレークスルー

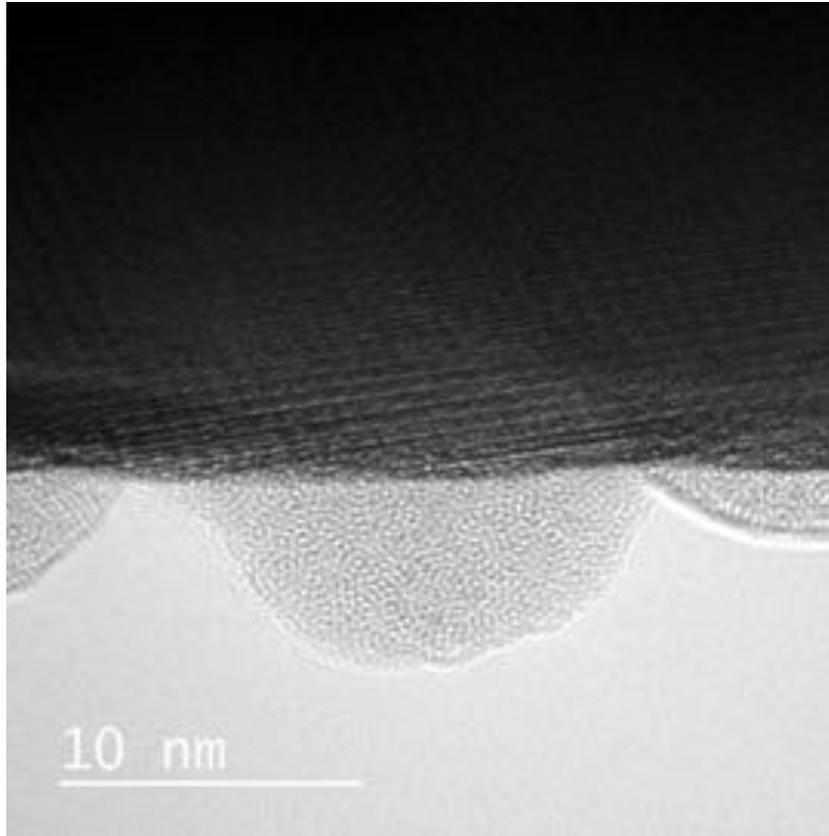


ナノ隆起物のみ
直接観察できる！

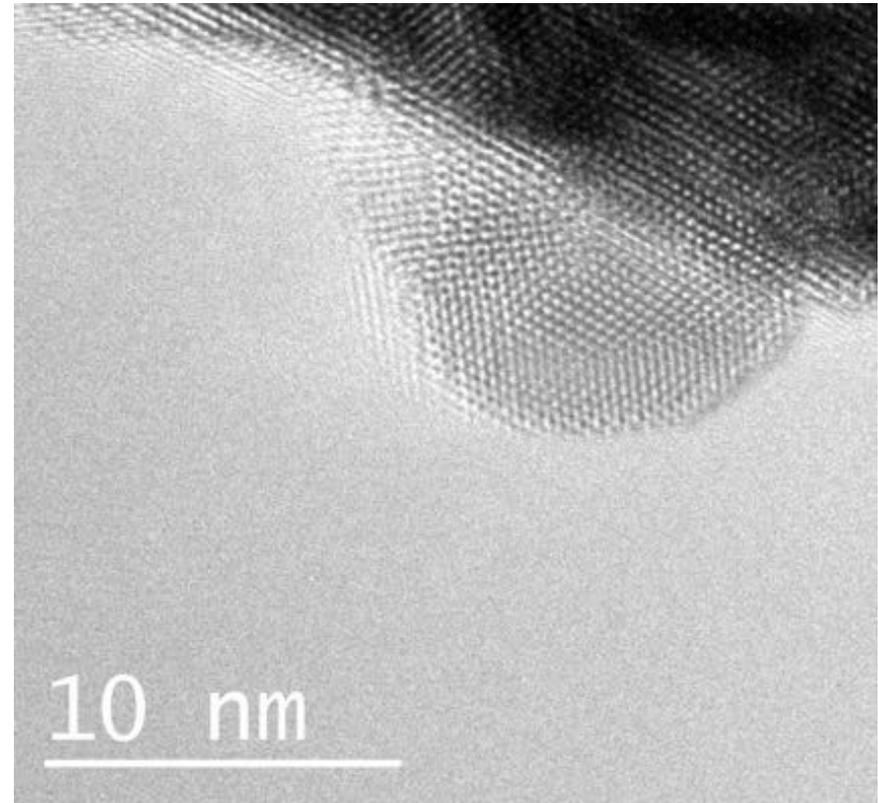


2つのタイプのナノ隆起物

場合(1): $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$

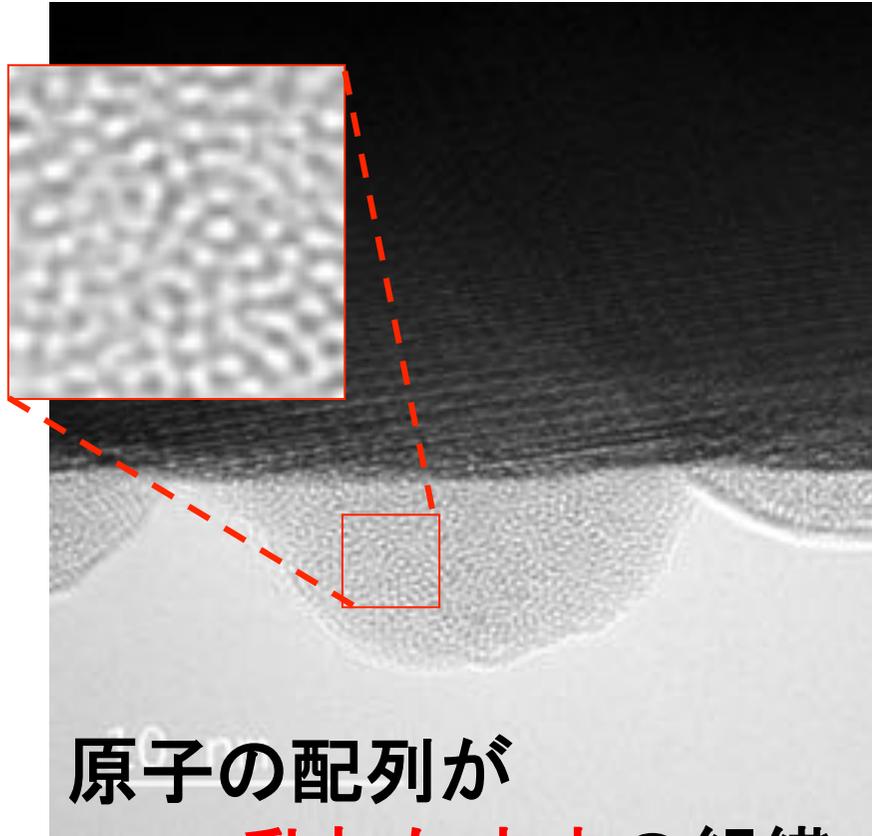


場合(2): BaF_2



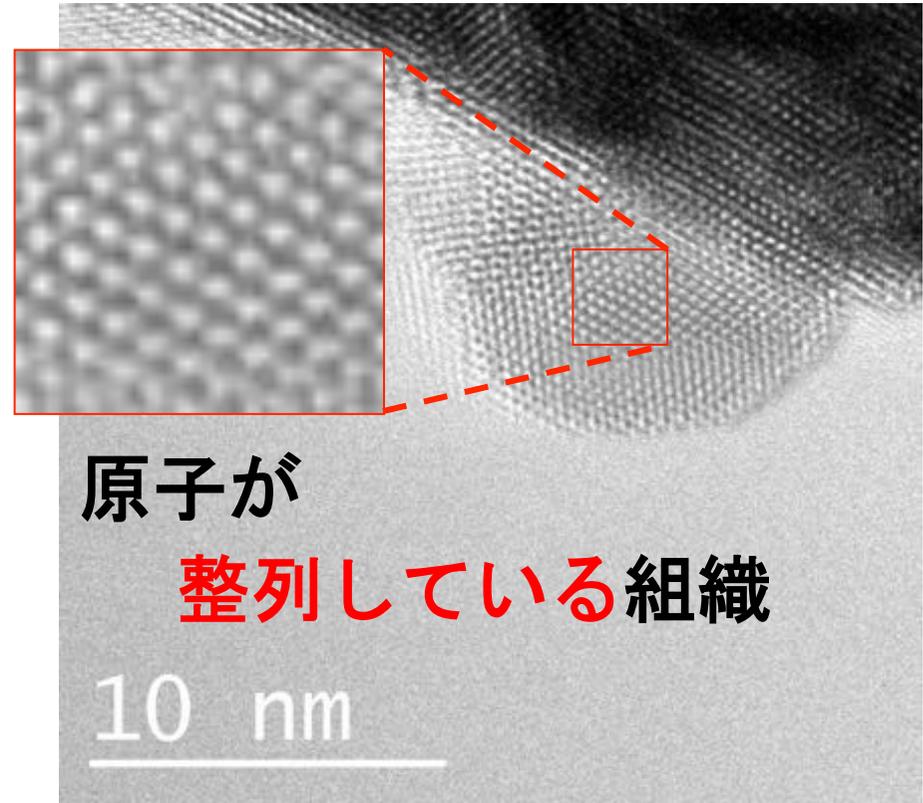
2つのタイプのナノ隆起物

場合(1): $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$



原子の配列が
乱れたままの組織

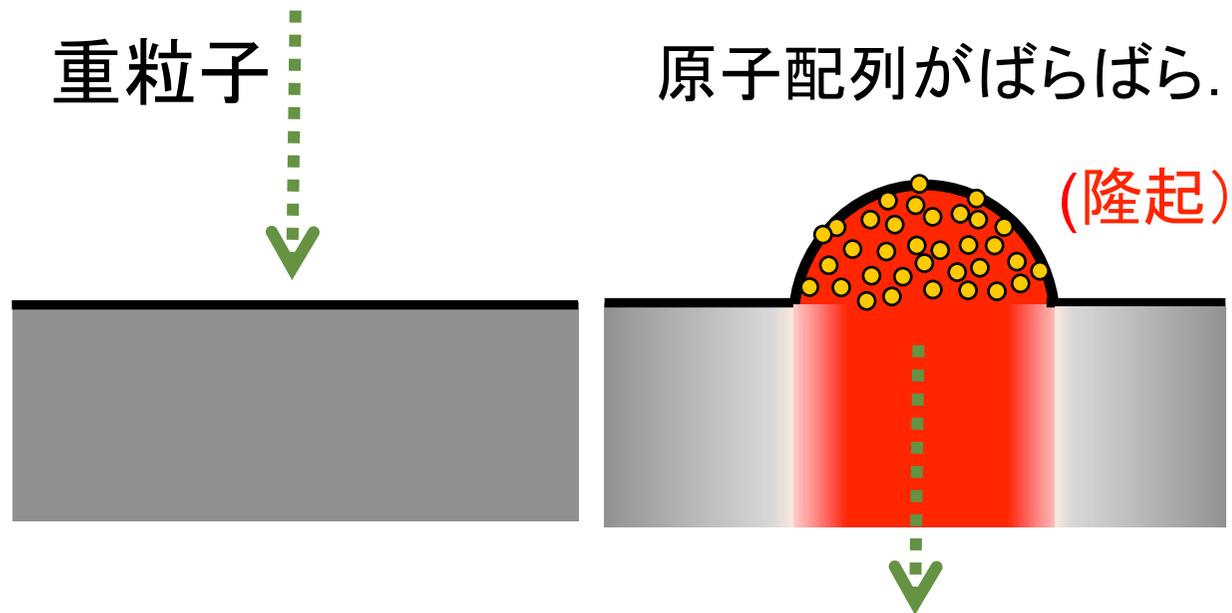
場合(2): BaF_2



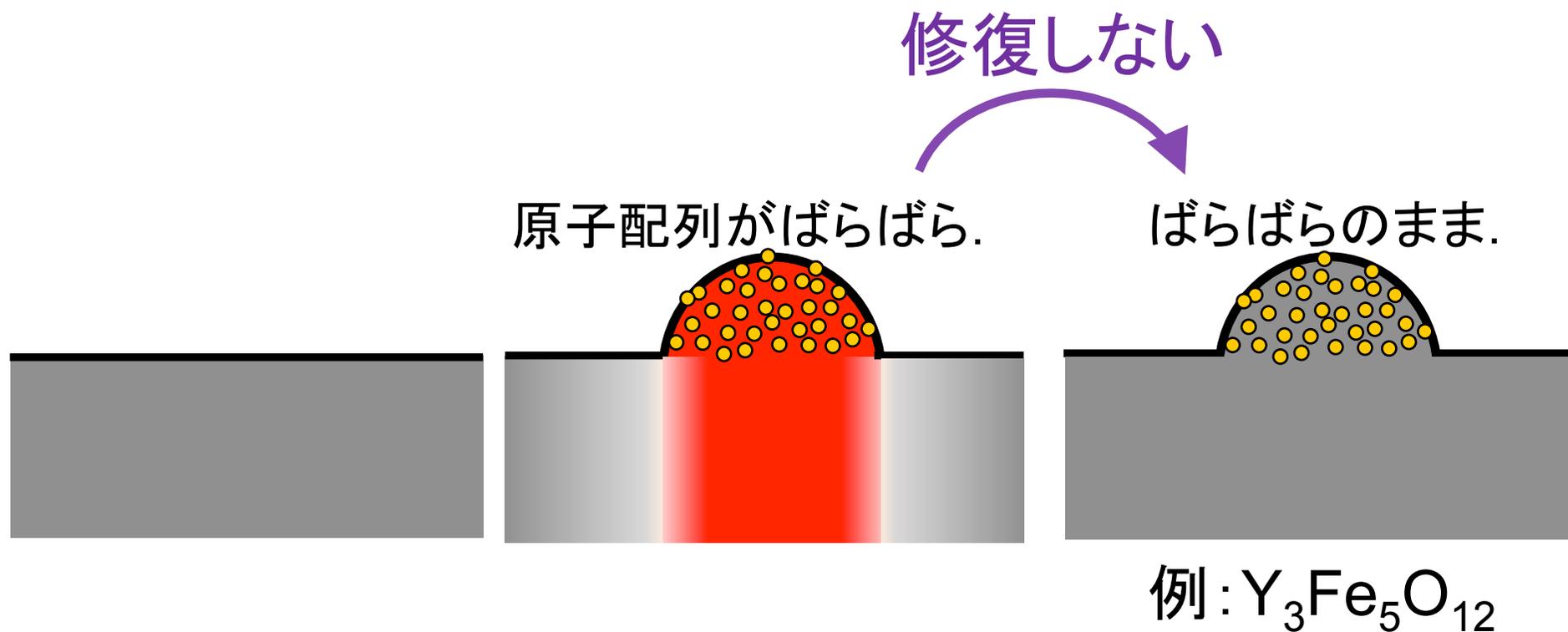
原子が
整列している組織

10 nm

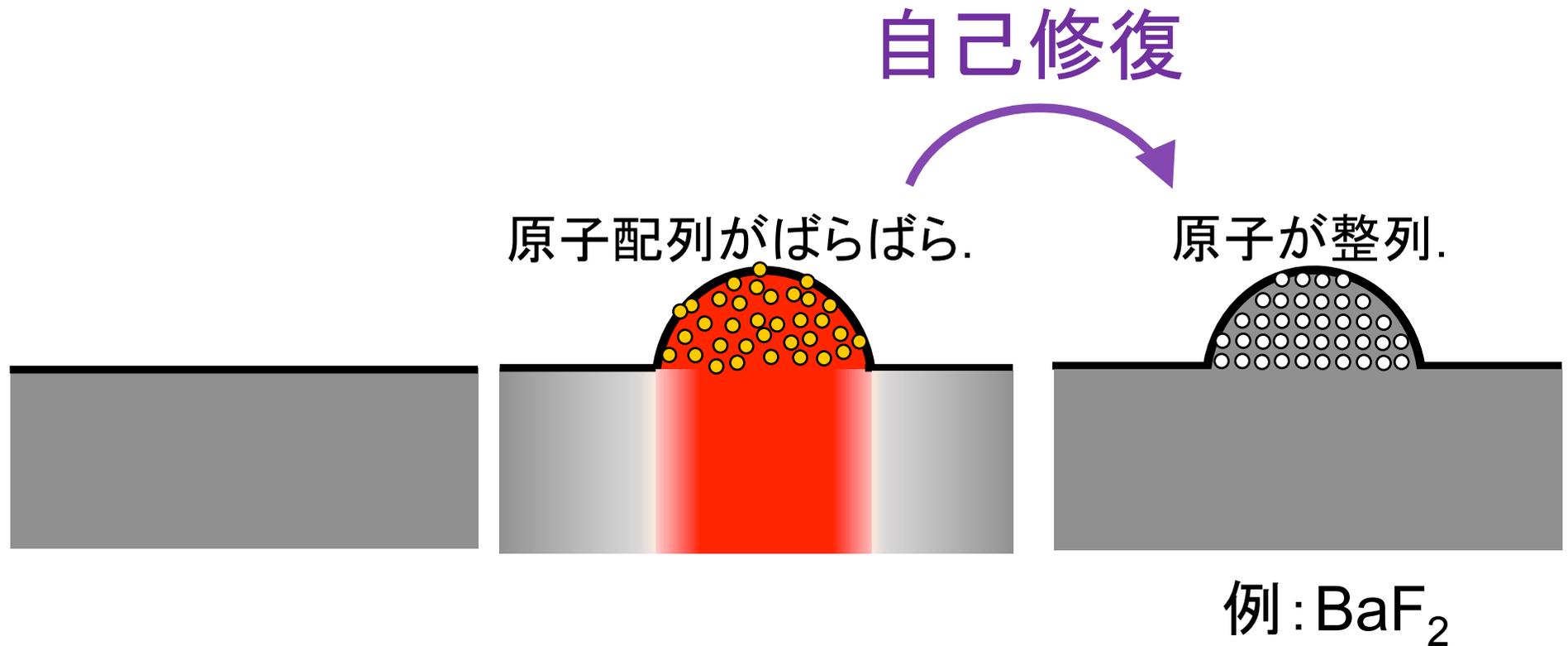
高エネルギー重粒子による影響



場合(1):修復しないセラミックス



場合(2):修復するセラミックス



(N. Ishikawa et al., *Nanotechnology* 28 (2017) 445708.)

まとめ

1) 特定のセラミックスにおいて

高エネルギー重粒子を照射した際の
自己修復を初めて明らかにした。

2) 将来展望

セラミックスがもつ自己修復能力の解明.

→放射線に強いセラミックスの

宇宙材料や原子力材料への利用拡大に期待.