

## 5-3 ペレットの組織変化は事故時燃料挙動に影響するか — 反応度事故条件下における高燃焼度BWR 燃料からのFPガス放出 —

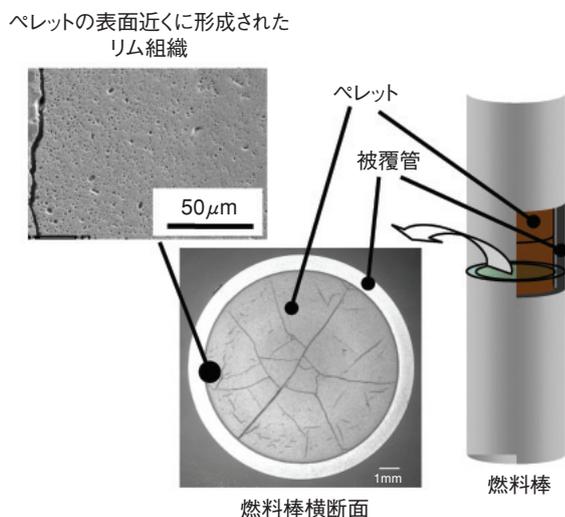


図5-6 パルス照射実験前のペレット結晶組織観察結果  
光学顕微鏡及び走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて原子炉内で長期間使用されたペレットの横断面を観察しました。ペレットの表面近くでは、中間部や中心部に比べ細かなFPガス気泡が高密度に析出するなど、製造時の結晶組織が失われていました。

ウラン資源の有効利用と燃料サイクルコスト低減を目的として、原子炉内での原子燃料の使用期間を延ばす高燃焼度化が段階的に進められています。原子燃料の使用に伴い、熱源であるペレットにはFPが蓄積し、また被覆管には冷却水による腐食が生じるため、高燃焼度化を進めるに当たっては、通常の運転条件に加え事故条件での安全性を十分に検討しておく必要があります。

高燃焼度まで使用したペレットの表面近くには、製造時の結晶組織と異なる、微小な気泡が高密度に析出した領域が観察されます（図5-6）。このように変化した結晶組織はリム組織と呼ばれ、析出した気泡には高圧のFPガスが蓄積されています。反応度事故（RIA）などペレットに急激な温度上昇が加わることによってこの領域に蓄積されたFPガスが燃料棒内部に多量に放出されるようなことが起こると、ペレットと被覆管の間の熱伝達の劣化によってペレット温度が上昇したり、燃料棒内部のガス圧力の上昇によって被覆管が変形したりするなど、燃料棒の健全性に影響する可能性があります。したがって、RIA時のFPガス放出挙動に及ぼすリム組織形成の影響を把握しておくことは重要な研究課題の一つです。

そこで、発電炉で高燃焼度まで使用した燃料棒から試

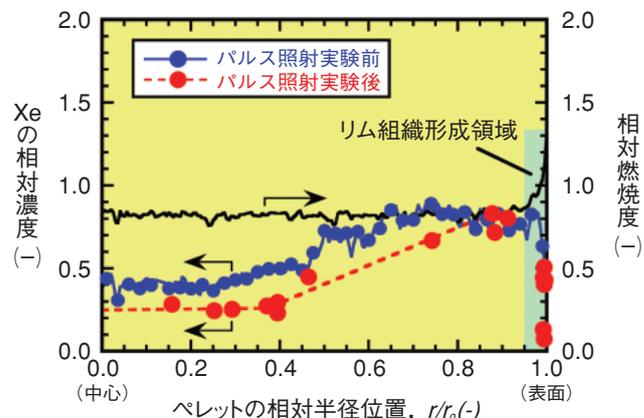


図5-7 パルス照射実験前後の径方向Xe分布プロファイルの比較

NSRRのパルス出力運転により、軽水炉で想定されている反応度事故を安全に模擬することができます。パルス照射実験の結果において、リム組織の形成領域にFPガス気泡の析出に起因する見掛けのXe濃度低下が見られますが、その程度は実験前後でほとんど変化していません。一方、実験後にはペレット中心から中間部にかけてXeの濃度が低下していたことから、FPガスは主にこの領域から放出されたと考えられます。

験燃料棒を調製しNSRRにてRIA条件を模擬したパルス照射実験を行い、実験中に燃料棒内部に放出されたFPガスの量と組成を照射後試験で調べました。電子線マイクロアナライザ（EPMA）を用いて実験前後のペレット半径方向のFPガス原子（Xe）の濃度分布を調べた結果（図5-7）、実験後のXe濃度はペレット中心から中間部にかけて低下しリム組織の形成領域では大きな変化は認められませんでした。実験中に放出されたFPガスの量と組成は、発電炉で使用中にペレット内部に蓄積したFPガスの量と組成の計算値並びに図5-7に示す実験前後のXe濃度分布の差から評価することができ、その結果は実験後の燃料棒内ガスに含まれていたFPガスの分析値と良く一致しました。実験後のペレット中間部に結晶粒の境界（粒界）が分離した領域が観察されたこととあわせて考えると、実験中に放出されたFPガスは主にペレット中間部の粒界に存在していたものであり、リム組織からの放出は非常に少ないことが分かりました。

本研究の結果から、RIA時のFPガス放出量がリム組織形成によって顕著に増加しないことが明らかとなり、RIA時の燃料挙動を解析する上で重要な知見が得られました。

### ●参考文献

Amaya, M. et al., Fission Gas Release in BWR Fuel with a Burnup of 56GWd/t during Simulated Reactivity Initiated Accident (RIA) Condition, Journal of Nuclear Science and Technology, vol.45, no.5, 2008, p.423-431.