

分散ガドリニウム燃料に関する基礎研究

高燃焼度燃料の開発に向けた分散ガドリニウム燃料の熱伝導率評価

Fundamental Researches about Gd_2O_3 -Dispersed UO_2 Pellet

The Evaluation of the Thermal Conductivity of Gd_2O_3 -Dispersed UO_2 Pellet for the High Burn-Up Fuel Development

(原子力部 計画G)

軽水型原子力発電所では、核分裂を制御するためにウラン燃料に中性子を吸収するガドリニウムを添加した燃料が一部に使用されている。

しかし、ガドリニウムの濃度を高めると燃料ペレットの熱伝導率が低下するという課題がある。これを改善する方法として分散ガドリニウム燃料が考えられている。燃料メーカー(GNF-J) 名古屋大学と共同で分散ガドリニウム燃料を試作し、熱伝導率評価に関する研究を実施したので、その概要を紹介する。

1 背景

軽水型原子力発電では、炉心の反応度を適切に制御するため、ウラン燃料の一部にガドリニウム(Gd)を添加して、初期の反応度を抑制している。長期間使用できる高燃焼度燃料の実現に際してはウラン濃縮度増加に合わせてガドリニウムの濃度も増加させる必要がある(第1図)。

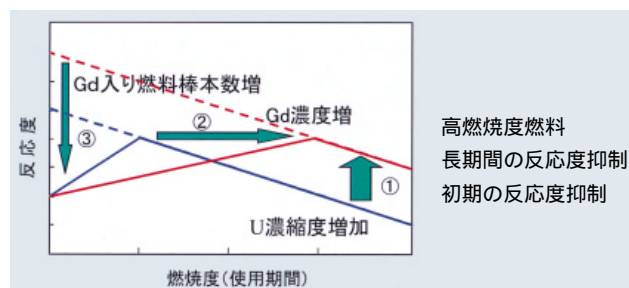
現在の製造方法は、二酸化ウラン(UO_2)とガドリニア(Gd_2O_3)を均質に混合して焼結させることにより、ガドリニウムを二酸化ウランに固溶させる固溶型であるが、ガドリニウム固溶体は二酸化ウランよりも熱伝導率が低下する(第2図)。ガドリニウム固溶量の増加は熱伝導率の低下量を大きくさせるため、これによる燃料の温度上昇が燃料健全性に影響しないようにガドリニウムの濃度の増加が制限され、ウラン濃縮度を増加することができない。ウラン濃縮度を増加した更なる高燃焼度燃料の開発には、この熱伝導率低下を改善する必要がある。

2 分散ガドリニウム燃料の効果

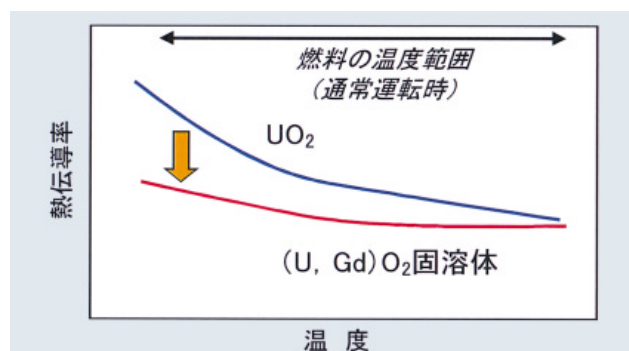
現在の固溶型に変わる燃料として、分散ガドリニウム燃料がある。これは、ガドリニアの微小粒子を二酸化ウランの母材に分散させ、非均質化した燃料であり(第3図) ガドリニウムの固溶が抑制でき、固溶型と同じ濃度でも、熱伝導率を向上させることができる。

(Plant Planning Group, Nuclear Power Department)

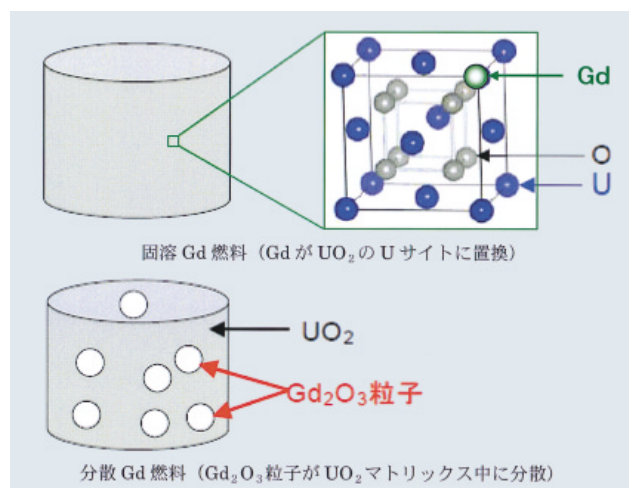
Gd_2O_3 -doped UO_2 pellet has been used in light water reactors as a burnable neutron absorbent. Increased Gd content is desired for high burn-up fuel design in order to suppress the fission rate, but it would lead to the decrease in thermal conductivity of the fuel pellet. In order to improve the thermal conductivity of high burn-up fuel, fundamental researches on Gd_2O_3 -dispersed UO_2 pellet has been carried out as a collaboration with Global Nuclear Fuel-Japan Co., Ltd. and Nagoya University.



第1図 Gd入り燃料の反応度変化



第2図 熱伝導率の低下



第3図 固溶型燃料と分散型燃料

3 研究の概要

(1) 研究期間

平成17年3月～平成20年3月

(2) 分散ガドリニウム燃料の試作

当社所有の天然ウラン粉末を用い、ガドリニア添加濃度を10wt%にした分散ガドリニウム燃料を試作し、合わせて比較のため、固溶型も試作した。

固溶型と分散型のガドリニウム分布を第4図に示す。ガドリニア粒子はほぼ均一に分散しており、目標どおりに試作できた。

ガドリニア粒子周りの詳細観察結果を第5図に示す。電子顕微鏡からガドリニア粒子周りに空孔(ポア)が見られた。また、ガドリニウムとウランの分布からガドリニア粒子の表面はウランとガドリニウムとの混合相になっていることが分かった。

(3) 熱伝導率の評価

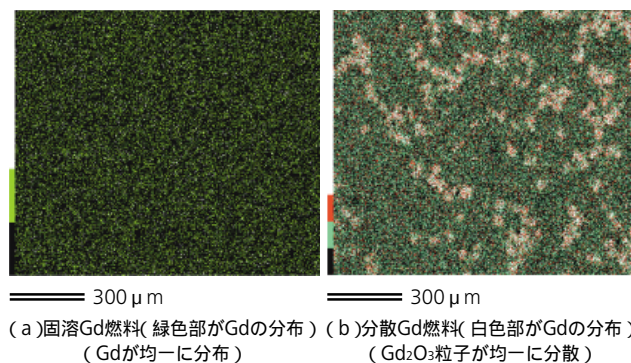
試作した試料の熱伝導率の評価結果を第6図に示す。分散型は固溶型に比べ、熱伝導率が最大1.5倍程度増加しており、分散型による熱伝導率改善の効果を確認した。

4 今後の展望

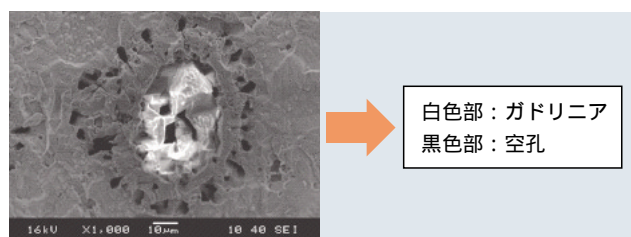
本研究により、分散ガドリニウム燃料の熱伝導率等の基礎データを得ることができた。高燃焼度燃料への成果の反映、実現化には、さらなる基礎データの収集が必要である。

今後、平成20、21年度で、フェーズ2として、以下の基礎研究を実施する予定である。

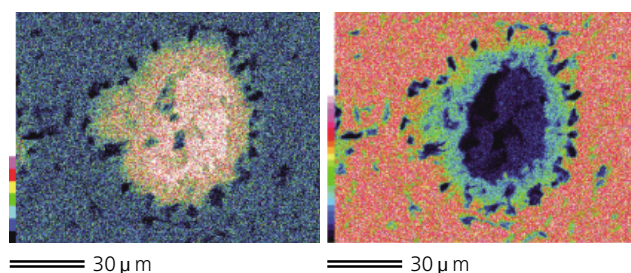
- ・熱伝導率に及ぼすガドリニア粒子径の依存性
- ・原子炉の使用を模擬した高温状態で長期間保持した後の熱伝導率向上効果の確認



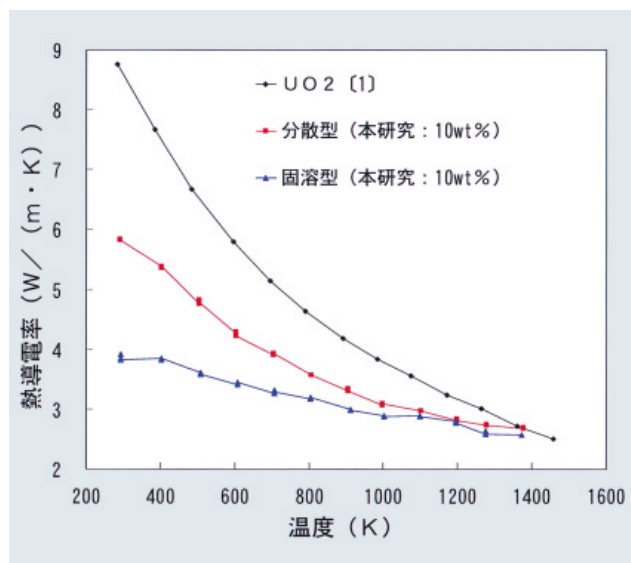
第4図 固溶型、分散型試料のGd分布
(エネルギー分散型X線分光分析像)



(a) 走査電子顕微鏡写真



第5図 ガドリニア粒子周りの詳細観察



第6図 固溶型と分散型の熱伝導率

(1) M. Hirai, J. Nucl. Sci. Technol. 28(1991)995.



執筆者 / 原田健一
Harada.Kenichi@chuden.co.jp