

## 論文の内容の要旨

論文題名 低減速 BWR の核変換特性

氏名 深谷 裕司

核変換特性は核燃料廃棄物の変換・消滅や使用済燃料の特性に大きな影響を与えるため、重要である。これらの項目に関しては、使用済燃料の一時貯蔵、輸送、ガラス固化時における安全管理の観点や最終的な環境負荷を決定するため、その研究が必要となる。特に、この核変換特性は炉内スペクトルや燃焼度、運転期間といった炉心特性の違いに大きく依存するものであり、新概念炉心である低減速 BWR においては、その特性の研究が必要である。このことから、本研究の目的は低減速 BWR の核変換特性の解明である。

低減速 BWR は日本原子力研究開発機構において研究されてきた新概念炉心である。この炉心概念においては、既存の軽水炉技術を基盤として、将来に向けての継続的なエネルギー供給を目的とした炉型である。低減速 BWR は稠密三角格子に配列された MOX 燃料を用いた先進的な BWR 炉心概念であり、ABWR のプラントシステムを使用し炉心構成のみを変更した炉心概念である。また、低減速 BWR は2つの炉心概念からなる。高転換型低減速 BWR と増殖型低減速 BWR である。高転換型低減速 BWR は現行軽水炉技術とのギャップが少ないため、早期導入が可能な炉心であり、ワンスルーの燃料サイクルを想定している。増殖型低減速 BWR は転換比 1.0 以上を達成できる炉心概念であり、マルチサイクルが可能な炉型である。

本研究においては、低減速 BWR の使用済燃料特性の検討を軽水炉、高燃焼度軽水炉、フル MOX 軽水炉、Na 冷却高速炉などと比較検討した。検討項目としては、使用済燃料の安全管理上必要とされる使用済燃料からの 2 年冷却及び 4 年冷却時における崩壊熱と放射能、ガラス固化時及び地層処分時の発熱制限に関する項目、ガラス固化時に問題となる白金族や Mo の発生量、LLFP 及び MA の発生量などである。これらの検討の中で、2 年冷却及び 4 年冷却時の FP 核種からの崩壊熱と放射能に関しては、炉型間の FP の核分裂収率の違いによる差が無視できる程度であること、運転期間も放射性 FP 核種の減衰に寄与する重要な項目であることが明らかになった。このことにより、運転期間が 3000 日程度と長い増殖型低減速 BWR の FP 核種からの崩壊熱と放射能は運転期間における減衰の効果により他の炉型よりも有利であることが分かった。この運転期間の長さは、スペクトルの硬い増殖型低減速 BWR の高い転換比によるものである。また、増殖型低減速 BWR のアクチノイド核種からの崩壊熱と放射能についても、燃料 Pu 組成として硬いスペクトルによって照射されて発生した多重リサイクル組成を用いていることから、Pu の高次化の程度が少ないため、MA の発生が少ないということが分かった。

また、低減速 BWR における MA 及び LLFP の変換についても検討した。MA 変換に関

しては、高転換型低減速 BWR における MA リサイクル炉心を三次元核熱結合炉心解析により行った。結果として、核種移行解析により環境負荷低減に有効な核種とされる  $Np$  に対して、装荷量の約 4 割、軽水炉から発生する  $Np$  の約 22 基分を低減できることが分かった。また、設計点の決定は主にボイド反応度係数を負にすることを目的として行われたが、この過程を厳密摂動論を用いることによって、炉物理的に考察した。MA 添加によって、随伴中性子束が変化することにより散乱項を通じて反応度が添加されること、燃料棒直径及び炉心長を変化させることにより、散乱項の反応度を負の方向へシフトさせ、漏洩項の反応度効果により最終的にボイド反応度係数を負にする設計を決定する過程を定量的に確認した。この特性は、軽水冷却 MOX 燃料炉心に共通する特性であり、これらの知見の応用が可能であると思われる。