

審査の結果の要旨

氏名 深野 義隆

本論文は高速炉 MOX 燃料の過渡時燃料挙動に係る研究をまとめたもので 6 章より構成されている。

第 1 章は序論であり、本論文の研究テーマ選定の背景、及び必要性を述べている。安全性と経済性を両立する高速炉燃料の実用化に向けては、合理的な燃料破損限界評価手法の整備が必要となるとしている。このため本研究では、炉内過出力試験を実施するとともに、既存の試験データを併せた統一的な分析により、燃料条件に依存した燃料破損メカニズムを明らかにすること、及びその知見を過渡時燃料挙動評価コードに反映させることを研究の目的としている。また、燃料製造時の品質のばらつきや照射条件の幅を踏まえ、代表的な破損限界よりも低い条件で燃料熔融を伴った偶発的破損を想定した場合にも破損伝播が防止される可能性を実験的に確認することも研究の目的としている。

第 2 章は CABRI 炉内試験計画におけるランプ型及びパルス型過出力試験の結果とその分析内容について述べている。高スミア密度燃料を用いたランプ型過出力試験では定格出力の 2 倍程度で破損し、初期出力の 1~3% 毎秒の範囲では出力上昇速度の燃料破損限界に対する影響が小さいことを明らかにしている。低スミア密度燃料を用いたランプ型過出力試験では、熔融限界線出力を明らかにするとともに、定格出力の 3 倍以上の過出力でも燃料ピンは破損せず、高い破損限界を有することを明らかにしている。また、パルス型過出力試験についても同様に低スミア密度燃料が高い破損限界を有していることも示している。

第 3 章は燃料破損メカニズムについて述べている。本研究で実施した CABRI 炉内試験結果に加え、過去に実施された CABRI 炉内試験、米国 TREAT 炉内試験等、既存の炉内ランプ型過出力試験データを統一的に分析することにより、燃料スミア密度が燃料破損限界に対する支配因子であることを明らかにしている。また、軽水炉燃料の燃料破損限界が燃料燃焼度の増加に伴って低下するのに対し、高速炉燃料では 12at.% までの燃焼度の範囲では燃料破損限界に対する燃料燃焼度の影響は小さく、非常に高い破損限界を有していることも示している。さらに、被覆管の応力評価により、中、低スミア密度燃料では、被覆管の高温化に伴う強度低下に至るまで破損しないことを解明している。

第 4 章は破損メカニズムの解析モデルへの反映と評価について述べている。過渡時燃料挙動評価コードに対して燃料内の気相空間が燃料熱膨張、燃料スウェリング等を吸収するメカニズム及び燃料スウェリングに寄与する FP ガスが自由空間に移行するメカニズムをモデル化し、既存のランプ型、パルス型過出力試験に適用した結果、被覆管の歪を精度良く解析できることを示している。

第 5 章は偶発的破損条件下での破損伝播の防止に関する実験研究の成果について述べている。燃料熔融を伴った偶発的ピン破損を想定した場合にも、25g 程度の燃料熔融に対しては冷却材中への溶

融燃料放出が抑制されること、有意な燃料放出がなくとも遅発中性子の観測によって異常状態を検知できる可能性があること、及び 50g程度の燃料放出があっても冷却材によって冷却され、破損伝播が防止される可能性が高いことを示している。

第6章は本論文の結論であり、本研究のまとめが述べられている。

以上を要約するに、高速炉 MOX 燃料の過渡時燃料挙動について研究し、高速炉燃料の過出力時の高い燃料破損限界及びその燃料破損メカニズム、さらに偶発的破損想定時の安全裕度を明らかにしている。この成果は原子力工学の進展に貢献するところが少なくない。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。