

(続紙1)

京都大学	博士 (エネルギー科学)	氏名	山崎 正俊
論文題目	中性子吸収材エルビアを用いた濃縮度 5 w t % を超える原子炉用燃料の実現に関する研究		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、原子力エネルギーの有効利用を目指した原子炉用燃料利用高度化の有効なアプローチであるウラン濃縮度 5wt% を超える燃料の導入を目指し、実用化を促進するため、濃縮度 5wt% を超える全てのウラン燃料について再転換後に低濃度のエルビア (<math>\text{Er}_2\text{O}_3</math>) を混入する「エルビアクレジット燃料」に関する技術的課題の解決および経済性の観点からの導入効果に関する研究成果を取りまとめたものであり、6章からなっている。</p> <p>第1章は序論で、原子力エネルギーの有効利用に係る背景、現状の整理及び課題について述べている。その上で、濃縮度 5wt% を超える原子炉用燃料の実現のために中性子吸収材エルビアを用いる意義について述べている。</p> <p>第2章では、燃料の濃縮度を 5wt% 超に上昇させた高濃縮度燃料について、特にフロントエンド側に着目し、国内外の規制や海外の動向などについて述べている。また、濃縮度 5wt% 超燃料実現のための有効な手段として、濃縮度 5wt% を超える全てのウラン燃料について再転換後に低濃度のエルビアを混入し、濃縮度 5wt% 以下のウラン燃料と同等の臨界安全性を担保することにより、それ以後の輸送や成型加工施設における臨界安全上の設計変更を不要とするという概念である「エルビアクレジット燃料」を提案し、その概念と効果、供給可能性などについて議論している。</p> <p>第3章では、エルビアクレジット燃料を実用化するための技術課題のうち、エルビアの核特性データ取得とその解析評価について述べている。エルビアクレジット燃料の実用化に資する核特性データ取得については、京都大学臨界集合体実験装置 KUCA を使用した一連のエルビア燃料の臨界実験を実施し、幅広い中性子スペクトル条件下におけるエルビアの反応度効果に関する系統的な実験データを取得している。さらに、日本国内の標準的解析コードを用いた解析を行ない、現在の核特性解析手法は、エルビアの吸収効果を幅広い濃縮度および中性子スペクトル場に対して精度良く予測することが可能であるとの結論を得ている。さらに、得られた測定データを用い、加工施設の臨界安全性評価コードとして広く用いられている KENO コードの信頼性を確認し、KENO コードを用いて臨界安全性評価を実施することの妥当性を検証している。</p> <p>第4章では、エルビアクレジットを用いた臨界安全評価として、実際の加工施設の設計を踏まえ、複雑形状にエルビアクレジットを適用した場合の臨界安全評価を実施し、濃縮度 5wt% と等価な反応度となるエルビア添加量とウラン濃縮度の関係を示す相関図 (ECOS 図) を得るとともに、複雑形状における臨界安全評価上の留意点を明らかとしている。さらに、この ECOS 図に基づいて現行規制下の加工施設で未臨界性を担保するためのウラン濃縮度とエルビア添加量の関係を明らかとしている。</p> <p>第5章では、エルビアクレジットの導入効果の検討を目的とした経済性評価として、上記で得られた工学的知見を踏まえた燃料サイクルコスト及び発電コスト評価が行われ、濃縮度向上に伴い高燃焼度化が図られるため、基本的に発電コストは減少傾向となり、濃縮度 5-9wt% の範囲においては、発電コストは最大で 1.0\$/MWh 程度の低減効果があること等を示している。一方で、濃縮度 5wt% 超燃料の導入に伴い、</p>			

臨界質量の観点から成型加工施設の燃料取扱量が減ること、設備投資に伴う資本費が増大することから、燃料サイクルコストの傾向は一義的でないことを指摘している。また、これらの成果を踏まえて日本における濃縮度 5wt%超エルビアクレジット燃料導入シナリオについて検討し、濃縮度 6wt%程度までなら海外の濃縮施設および再転換施設を活用し当該燃料の実現を図るのが現実的であること、それ以上の濃縮度については日本国内で濃縮・再転換を実施することが有効であること等の知見が得られている。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果の要約と、今後の展望について述べている。

(続紙2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、原子力エネルギーの有効利用を目指した原子炉用燃料利用高度化の有効なアプローチである濃縮度 5wt%を超える燃料の導入を目指し、実用化を促進するため、濃縮度 5wt%を超える全てのウラン燃料について再転換後に低濃度の中性子吸収材エルビア ( $\text{Er}_2\text{O}_3$ ) を混入する「エルビアクレジット燃料」に関する技術的課題の解決および経済性の観点からの導入効果に関する研究成果を取りまとめたものである。得られた主な成果は次のとおりである。

1) エルビアクレジット燃料の実用化に資する核特性データ取得については、京都大学臨界集合体実験装置 KUCA を使用した一連のエルビア燃料の臨界実験を実施し、幅広い中性子スペクトル条件下におけるエルビアの反応度効果に関する系統的な実験データを世界に先駆けて取得した。さらに、日本国内の標準的解析コードを用いた解析を行ない、現在の核特性解析手法を用いてエルビアの吸収効果を精度良く予測することが可能であることを示した。

2) エルビアクレジットを用いた臨界安全評価では、実プラントにエルビアクレジットを適用した場合の臨界安全評価を実施し、濃縮度 5wt%と等価な反応度となるエルビア添加量とウラン濃縮度の関係を示す相関図 (ECOS 図) を得るとともに、臨界安全評価上の留意点を明らかとした。さらに、得られた ECOS 図に基づいて、現行規制下の加工施設で未臨界性を担保するためのウラン濃縮度とエルビア添加量の関係を明らかとした。

3) エルビアクレジットの導入効果の検討を目的とした経済性評価では、上記で得られた工学的知見を踏まえた評価の結果、濃縮度向上と燃料サイクルコスト及び発電コストとの関係を定量的に示した。また、これらの成果を踏まえて日本における濃縮度 5wt%超エルビアクレジット燃料導入シナリオについて検討し、濃縮度 6wt%程度までなら海外の濃縮施設および再転換施設を活用し、当該燃料の実現を図るのが現実的であること等を明らかとした。

以上、本研究の成果は、濃縮度 5wt%超燃料を用いた原子炉用燃料運用シナリオの実現を促進し、原子力エネルギーの利用の高度化に貢献するものであり、当研究によって開発あるいは得られた様々な知見は、次世代原子炉用燃料開発における幅広い応用発展性を持つ技術として、エネルギー科学の進展に学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士 (エネルギー科学) の学位論文としての価値あるものと認める。また、平成 25 年 4 月 26 日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。

論文内容の要旨及び審査の結果の要旨は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。特許申請、雑誌掲載等の関係により、学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降