

金属燃料サイクルの実用性評価

背景・目的

金属燃料サイクル(図1)は、当研究所が米国をはじめ欧州、国内の諸機関との共同研究を活用しつつ開発を進めてきた革新的な高速炉(FBR)サイクル技術で、ウラン(U)とプルトニウム(Pu)の合金を燃料とし、冶金的に再処理(乾式再処理)と燃料製造を行うものである。この技術の利点は、熱伝導の良い合金燃料を用いるため高速炉の安全性や燃焼効率の向上が望めること、原理的にPu分離が困難な再処理技術のため核拡散抵抗性が高いこと、半減期が長いマイナーアクチニド(MA)^{*1}を回収・燃焼できるので廃棄物負担が低減されることなどで、システムとしての高い経済性も期待されている。近年、成長が著しいアジア諸国(インド、韓国、中国など)でも高速炉サイクルの実用化技術に金属燃料サイクルが選定され、世界的に注目を集めている。一方、わが国では、酸化物燃料と湿式再処理からなる高速炉サイクルを主概念とし、金属燃料サイクルはそれを超える可能性があるが実績が乏しいとして副概念として位置付けられている。本課題では、高速炉での照射試験や実使用済燃料試験、工学装置開発などを行い、実証的なデータの蓄積を図る。

主な成果

1. MAを添加した金属燃料のフェニックス高速炉での照射試験

金属燃料高速炉のMA燃焼効率に着目し、欧州超ウラン元素研究所(JRC-ITU)と共同で仏国フェニックス炉で照射したMA添加金属燃料(図2)の分析を進めた。核分裂による燃料の膨張(スエリング)が顕著となる燃焼度25MWd/kgまで照射した燃料では、MAを添加していない金属燃料と同様の照射特性が得られ、照射期間を通じて燃料健全性が保たれていることを確認した[L09011]。

2. 乾式リサイクル(乾式再処理、燃料製造)工学装置の開発^{*2}

湿式再処理と異なり、乾式再処理では数トン/年程度の小規模の施設でも高い経済性が期待でき、基数を増やすことで大容量化が可能なことから、数トン/年規模の工学的実証は実用化の最重要ステップである。そこで、リサイクル主要機器(還元、精製、燃料製造)の1トン/年規模の工学試験装置を設計、製作した(図3)。

3. 乾式法による使用済プルサーマル(MOX)燃料からのアクチニド回収実証

JRC-ITUと共同で、少量の使用済軽水炉MOX燃料の乾式再処理によるU、Pu、MAの回収に成功した(図4)。使用済プルサーマル燃料からUとPuだけでなく、MAを伴って回収し、廃棄物の負担低減が期待できることを実証したのは世界で初めての成果である。

*1: ネプツニウム、アメリシウム、キュリウムなどウランより重く、非常に長期間、放射線や熱を発する元素

*2: 本研究の一部は、特別会計に関する法律(エネルギー対策特別会計)に基づく文部科学省からの受託事業として、電力中央研究所が実施した平成21年度「実用化に向けた金属燃料サイクルの工学技術実証に関する研究開発」の成果である。

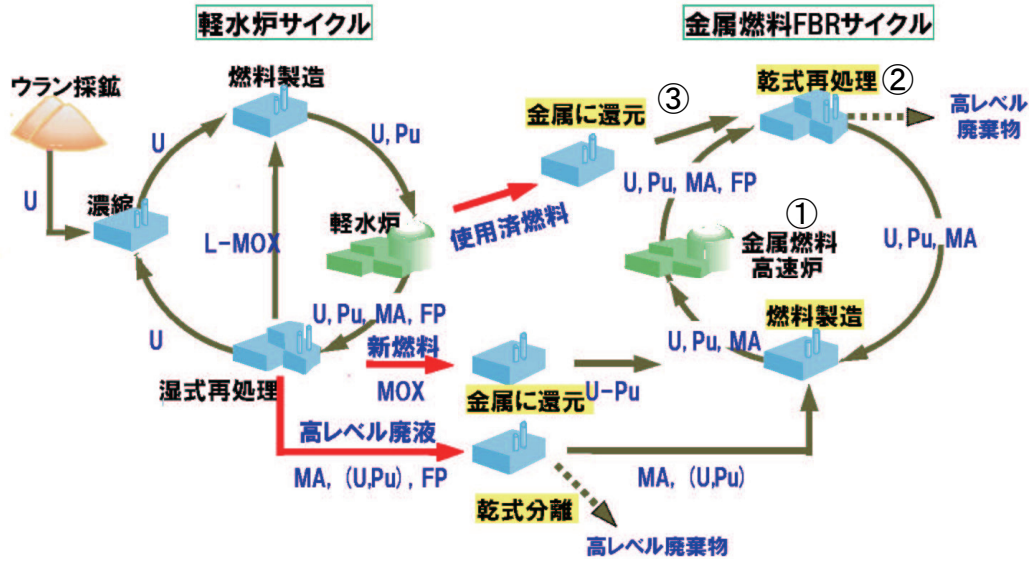


図1 原子燃料サイクルにおける金属燃料サイクル

軽水炉サイクルと高速炉サイクルが乾式再処理により有機的につながったことが特徴。

①、②、③は主な成果1、2、3にそれぞれ対応する技術を示す。

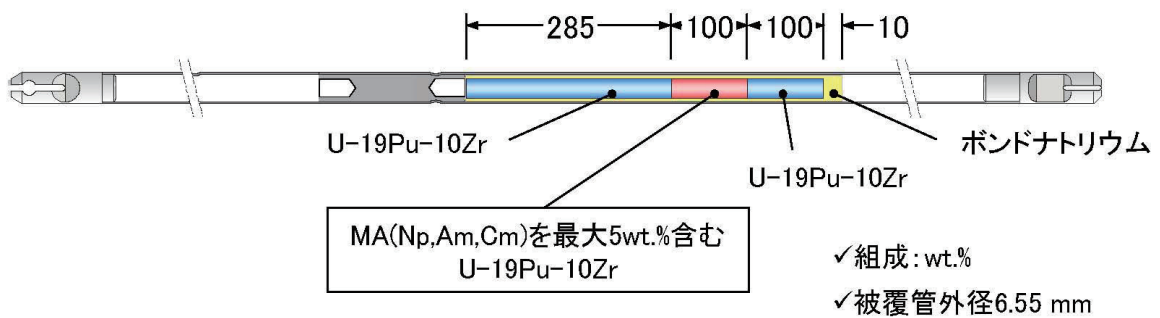


図2 フェニックス炉で照射した金属燃料ピン

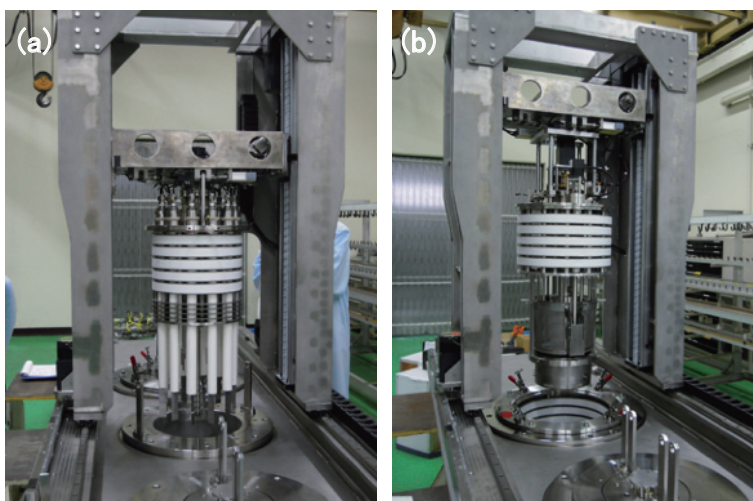


図3 開発した乾式再処理の工学規模試験装置

(a) 酸化物燃料を金属に還元する装置

(b) 還元した金属燃料からUを回収する電解精製装置

本装置により、工学ホット試験に向け、スケールアップと処理速度、信頼性の向上を実証することが可能となった。

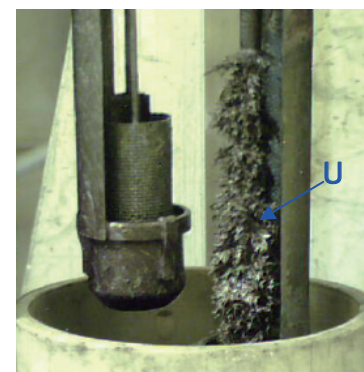


図4 使用済MOX燃料から回収したウラン

左側のルツボのMOX還元物から、右側の鉄棒にUを回収。針状結晶が特徴。