

燃料デブリ資源化構想

(1) 燃料デブリを原料とする RI や有用資源活用の基本概念

Fuel Debris Renewal Concept

(1) Basic concept on practical use of radioisotopes and valuable resources recovered from fuel debris

*高木 直行、小幡 歩夢、川本 航大、佐々木 悠人
東京都市大学

燃料デブリを原料とし、直接もしくは核変換を経て、医用・工業用の放射性同位元素(RI)や有用資源として活用する「燃料デブリ資源化構想」を提案した。

キーワード： 燃料デブリ、資源化、 α 内用療法、医療用放射性同位元素、工業用放射性同位元素

1. 緒言

福島第一原子力発電所 1~3 号機格納容器内部にある燃料デブリ取り出しについては、2021 年内に 2 号機から試験的に着手し、その後段階的に取り出し規模を拡大していくことが計画されている^[1]。デブリ回収後は、「固体廃棄物の性状分析等を進め廃棄体の仕様や製造方法を今後確定し、発電所内に処理設備を設置し処分の見通しを得た上で廃棄体の製造を開始し搬出する」とされているが、デブリにはウランから派生した重元素の他、核分裂や構造材の放射化で生成された RI や自然界に存在しない人工元素が含まれており、これらは分離/変換処理後に医用・工業等の分野で有効に活用できる可能性がある。

2. 燃料デブリに含まれる物質の量と特徴

各号機の燃料デブリには、重元素が 67~92ton、核分裂生成物(FP)が 1.8~2.3ton、放射化生成物が 23~32ton (3 基合計 340ton) 含まれる。事故から 10 年経過現在の総放射能は 750~950PBq (3 基合計 2,600PBq) であり、その約 8 割を FP、約 2 割を重元素が占めている^[2]。

デブリ中には自然界に存在しない RI の他、自然界の元素に比べて同位体組成が重核側にシフトした元素が多く存在する。核分裂起源の FP は、中性子過剰核として生まれた後の崩壊で β 安定曲線の底部で安定化し、中性子欠乏核を生成しにくいいため、この傾向はほぼ全ての FP に共通である。

例として、診断用 RI として最も需要の多い Tc-99m の原料元素である Mo (1F2 デブリに 221kg 存在) の同位体組成を図 1 に示す。天然 Mo には 7 種の安定同位体があるのに対し、デブリ Mo は質量数 95 以上の同位体に偏っている。Tc-99m は原子炉の Mo-98(n, γ)法や加速器の Mo-100 (γ, n)法から生成されるため、デブリ Mo は Tc-99m を生成する原料元素として有利な組成となっている。

また、 α 内用療法の一つである α -DaRT (腫瘍内拡散型 α 放出核療法) に用いられる Ra-224 (半減期 3.7 日) は、各号機毎に 40~50GBq 存在している。Pu-236 を先頭とする U-232 \rightarrow Th-228 \rightarrow Ra-224 の崩壊チェーンの存在により、Ra-224 は現在も増加の途中にあり、親核回収後のミルキングによって、数万件/月以上の治療数に相当する数 100GBq/月の供給を 100 年以上に亘って継続できる可能性がある。

3. 結言

燃料デブリには、核変換無しに医用目的に利用できる RI や、核変換原料として好適な組成の元素が含まれている。多種元素が混在するデブリから目的の元素を分離回収できれば、燃料デブリは資源 (人工鉱山) となる可能性がある。尚、本概念はデブリに特有でなく、あらゆる原子炉の使用済み燃料にも適用可能である。

参考文献： [1] 東京電力ホールディングス(株), 福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ(2019)
[2] 西原他, 福島第一原子力発電所の燃料組成評価, JAEA-Data-Code-2012-018 (2012)

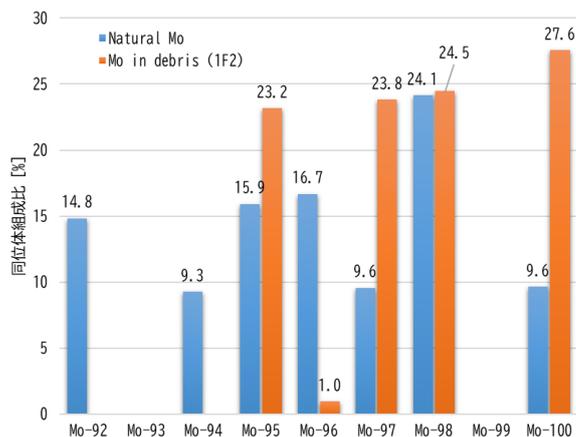


図 1 天然 Mo とデブリ Mo の同位体組成比較

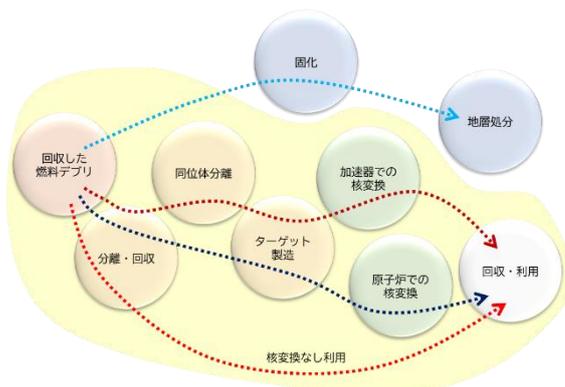


図 2 デブリ資源化方策 (核変換有と回収のみ)

*Naoyuki Takaki, Ayumu Obata, Kota Kawamoto, Yuto Sasaki

Tokyo City University