

## 燃料デブリ資源化構想 (2) 燃料デブリを原料とする医用RI・工業用RI供給のポテンシャル評価 Fuel debris renewal concept

(2) Potential evaluation on supply of medical and/or industrial radioisotopes made from fuel debris

\*小幡 歩夢, 川本 航大, 佐々木 悠人, 高木 直行  
東京都市大学

燃料デブリに含まれる放射性核種もしくは安定核種の分離回収（および核変換）により生成可能な、医用・工業用RIの種類を特定するとともに、その生成量の概略評価を行った。

**キーワード:** 燃料デブリ、資源化、 $\alpha$ 線内用療法、医療用放射性同位体元素、生成量

### 1. 緒言

本検討では、デブリ中に存在する元素の分離/変換処理による医用RI生成の可能性について検討した。医用RIの一つであるI-131（半減期:8日）は、安定なTe-130の(n, $\gamma$ )反応から生成される。1F2号機のデブリ中にはTeが約31kg存在し、Te-130の同位体比は天然Te中で34.1%に対し、デブリTeでは77.8%と大きくなっている。そこで本検討では、デブリTeを高速実験炉「常陽」にて照射することを想定し、I-131の生成量評価を行った。また同デブリ中には $\alpha$ 内用療法に用いられるRa-224（半減期:3.7日）が約48GBq存在する。Ra-224は親核の存在により過渡平衡状態にあるため、抽出間隔/頻度と年間生成量の関係を調べた。1F事故時から10年経過時のデブリ組成<sup>[1]</sup>を初期値としてORIGENによる燃焼/崩壊計算を行った。

### 2. デブリTeの(n, $\gamma$ )法によるI-131の生成

天然TeおよびデブリTeを常陽（MK-IV炉心）で60日照射した際の解析結果を図1に示す。照射位置は、最も中性子束の高い第0列と、Te-130の共鳴吸収反応を積極的に利用するためにBe減速材集合体でTeターゲットを囲んだ反射体領域の第7列とした。

結果として、第0列での高速中性子照射は第7列での減速中性子照射より優れること、デブリTe照射によるI-131生成量は天然Teの約2.3倍大きくなることが分かった。この生成量の比は、各ターゲットTe中のTe-130同位体比の比率にほぼ等しい。第0列照射での生成量148GBq/g・デブリTeは約40回分の投与量に相当する<sup>[2]</sup>。1F2デブリ中にはTe-130が約24kg存在することから、長期的にI-131を供給できる可能性がある。

### 3. $\alpha$ 内用療法向けRa-224の回収利用

デブリ中にはPu-236（半減期:2.9年）が微量に存在するため、Pu-236→U-232(69年)→Th-228(1.9年)→Ra-224の $\alpha$ 崩壊チェーンにより、Ra-224は事故から10年を経過した現在も増加の途中にある。ここでは、デブリから単離したThからのミルクキングによるRa-224生成量を評価した。

Thの $\alpha$ 崩壊で生成されるRa-224は、3半減期分の10日強で平衡量の9割まで蓄積するため、例えば10日間隔（36回/年）でミルクキングを行うとすると、年間生成量は約1,100GBqとなる。Pu-236の枯渇により、Ra-224の生成速度は今後10年程度で減少に転じるものの、親核U-232の長い半減期のため、今後100年以上は同等の生成量を維持可能である。但し92tonのデブリ中に存在するTh量は123mg（2021年3月現在）と微量であり、その回収技術開発が大きな課題である。

### 4. 結言

燃料デブリを原料として生成可能な医用RIを特定するとともに、I-131およびRa-224の生成可能量を概略評価した。いずれも長期供給が見込めるが、Ra-224については微量Thの回収が課題である。

#### 参考文献

[1] 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)

[2] 日本核医学会分科会腫瘍・免疫核医学会甲状腺RI治療委員会、甲状腺癌の放射性ヨウ素内用療法におけるRI治療病室稼働状況の実態調査報告（第5報）

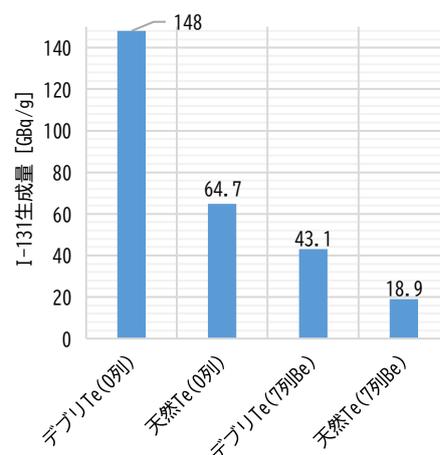


図1 常陽での60日照射によるI-131生成量

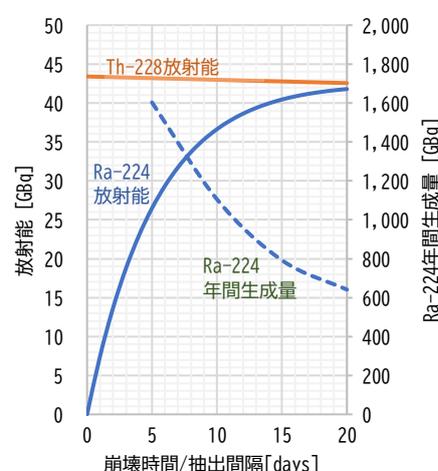


図2 Thから生成されるRa-224の放射能と年間生成量

\*Ayumu Obata, Kota Kawamoto, Yuto Sasaki and Naoyuki Takaki  
Tokyo City Univ.