

サイクロトロンを用いた重陽子入射型 LLFP 核変換用中性子源の概念設計

Conceptual design of neutron source for deuteron-incident LLFP nuclear transmutation using cyclotron

*武田 佳次朗¹, 福田 光宏¹, 土岐 博¹, 関 亮一¹, 篠塚 勉², 依田 哲彦¹, 神田 浩樹¹,
中尾 政夫¹, 涌井 崇志³, 宮脇 信正⁴, 倉島 俊⁴, 伊藤 正俊², 松田 洋平²,
森田泰之¹, 原隆文¹

¹大阪大 RCNP, ²東北大 CYRIC, ³量研機構放医研, ⁴量研機構高崎研

加速器で加速させた高強度重陽子ビームを用いて長寿命核分裂生成物(LLFP)の核変換を安定かつ高効率で行うための核変換用中性子源の概念設計を行っている。本講演では重陽子を入射させる核変換用中性子源の検討状況と新たに開発した核変換量の経時変化計算手法とその計算結果について議論する。

キーワード：核変換、LLFP、核破碎中性子、PHITS、DCHAIN-SP、サイクロトロン

1. 背景と目的

HLW に含まれる LLFP 中の 3 核種(Pd-107, Cs-135, Zr-93)を短寿命、安定核種に核変換し、HLW の低減とレアメタルの再資源化を念頭に、サイクロトロンを多数組み合わせ合わせた核変換システムの検討を進めている。重陽子ビームを直接 LLFP ターゲットに照射して核変換を行うだけでなく二次的に生成される核破碎中性子も核変換に利用するような中性子源の概念設計と、核破碎中性子源特有の高エネルギー中性子による核変換に対応した経時変化計算を可能にするような計算手法の開発を目的としている。

2. LLFP 核変換用中性子源

2-1. 中性子源の基本構造

重陽子入射型 LLFP 核変換用中性子源の核設計を行った。100MeV/u の重陽子ビームを Cs 標的(Cs-135 を含む)に直接照射して Cs-135 の核変換をしつつ、核破碎反応により大量の中性子(2.0 n/d)を生成させる。さらに、生成した核破碎中性子を減速材(Pd, 重水)で熱/熱外中性子まで減速させ、LLFP(Pd-107, Zr-93)を核変換する。高速中性子の減速には Pd が有効であり減速と同時に、カスケード反応などで Pd-107 の核変換も行う。

2-2. PHITS & DCHAIN-PHITS Iteration による核変換量計算

原子炉の燃焼計算コードでは核破碎中性子のような 20MeV を超える中性子や荷電粒子の取り扱いができない。また、核破碎反応と高エネルギー中性子の輸送計算が可能な PHITS と PHITS に対応した燃焼計算コード DCHAIN-PHITS はあるが、繰り返し計算には対応していなかった。これを解消するために、PHITS と DCHAIN-PHITS を再コンパイルして、高エネルギー核反応による LLFP 核変換量の経時変化ができるようにした。今回、核設計した中性子源の燃焼計算を行った結果、ビーム強度 1A, 10 年照射で定期的な LLFP 交換により核変換能力を改善できることが分かった(青、赤線)。レアメタル生成量も同様な結果が得られており、詳細は当日報告する。

参考文献

[1] T.Sato, *et al.*, J. Nucl. Sci. Technol. 55, 684-690(2018)

*Keijiro Takeda¹, Mitsuhiro Fukuda¹, Hiroshi Toki¹, Ryoichi Seki¹, Tsutomu Shinoduka², Tetsuhiko Yorita¹, Hiroki Kanda¹, Masao Nakao¹, Takashi Wakui³, Nobumasa Miyawaki⁴, Satoshi Kurashima⁴, Masatoshi Itoh², Yohei Matsuda², Yasuyuki Morita¹, Takafumi Hara¹ (¹RCNP, Osaka Univ., ²CYRIC, Tohoku Univ., ³QST-NIRS, ⁴QST-Takasaki)

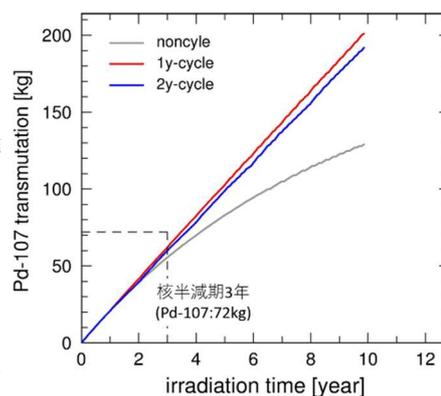


Figure: Pd-107 の核変換量の経時変化 (初期組成を偶奇分離し、LLFP 交換の有無(1or2 年毎)による違いを比較した)