

原子炉を用いない分離変換複合施設の提案

Proposal of Partitioning and Transmutation Complex without Nuclear Reactors

*菅原 隆徳¹, 佐藤 匠¹, 村上 毅², 西原 健司¹

¹JAEA, ²電中研

分離変換技術の早期実現を目指し、原子炉を用いない分離変換複合施設 (PTComplex) を提案する。PTComplex は乾式再処理施設と陽子加速器から構成され、乾式再処理施設のタンクに直接陽子ビームを入射し、タンク内の熔融塩中の TRU 等を核変換する。

キーワード：分離変換技術、核変換、熔融塩、加速器駆動システム (ADS)

1. 緒言

分離変換 (PT) 技術は、高レベル放射性廃棄物の減容化、有害度低減に大きく資すると考えられているが、その実現は、特に高速炉の導入時期に大きく依存する。本検討では、高速炉導入に依存しない PT 技術実現の方策として、原子炉を用いない分離変換複合施設 (PTComplex) を提案する。

2. PTCOMPLEX の概要

PTComplex は乾式再処理施設と陽子加速器から構成され、乾式再処理施設のタンク (核変換モジュール) に直接陽子ビームを入射し、タンク内の熔融塩中の TRU 等を核変換する。核変換モジュールの実効増倍率は 0.95 以下に保ち、外部中性子源を用いて核分裂反応を持続させることから原子炉ではない。PTComplex の大きな特徴は、運転中オンラインで再処理することが可能な点、そして従来の PT サイクルで必要とされていた燃料製造、燃料および使用済燃料の貯蔵・輸送がなくなり、よりコンパクトな規模で PT 技術が導入できる点にある。また深い未臨界状態で運転することから、燃料組成に対して柔軟であり、MA 核変換だけでなく、Pu 燃焼など幅広い核変換に利用可能である。

3. 核変換モジュールの検討

PTComplex の基本的な性能を決めるため、MA 核変換を目的とした核変換モジュールの核設計を行った。既往の熔融塩 ADS 概念[1]をベースとして、熔融塩として $\text{TRUCl}_3\text{-PbCl}_2$ を用いるとし、熱出力 100 MW、陽子ビームエネルギー 800 MeV の条件で ADS3D コード[2]による解析を行った。解析の結果、最大陽子ビームエネルギー 7 mA が必要となり、40 年間の運転により約 1300 kg の MA を核変換できることを確認した。Np と Am に関しては、運転期間中に供給した量の 90%以上が核変換される。仮に核変換モジュール 10 基を運用する場合、70 mA (56 MW) を供給する陽子加速器群が必要となり、30 t の MA を約 100 年かけて核変換することが可能である。

4. 結論

原子炉を用いない分離変換複合施設として PTCOMPLEX を提案した。PTComplex はコンパクトな PT 技術実現の可能性があり、MA 核変換に対して十分な性能を持つことを示した。

参考文献

- [1] T. Sugawara, Annals of Nuclear Energy 149 (2020) 107818.
[2] T. Sugawara, et al, J. Nucl. Sci. Technol., 53 (12) (2016) pp.2018-2027.

*Takanori Sugawara¹, Takumi Sato¹, Tsuyoshi Murakami² and Kenji Nishihara¹

¹JAEA, ²CRIEPI