

核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化（加速器技術）

(3)核変換のための高強度小型サイクロトロン概念検討

Reduction and Resource Recycling of High-level Radioactive Wastes through Nuclear Transmutation
(Accelerator Technology)

(3) Conceptual design of high-intensity compact cyclotrons for nuclear transmutation

*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,
畑中 吉治¹, 植田 浩史³, 安田 裕介¹, 久米 世大¹

¹阪大核物理研究センター, ²東北大 CYRIC, ³岡山大自然科学

高強度重陽子ビーム等を用いた長寿命核分裂生成物(LLFP)の核変換を安定且つ安全に高効率で行うため、比較的小型のサイクロトロンを多数組み合わせさせた加速器システムの検討状況について報告する。高強度化、エネルギー効率向上、低コスト化のための技術的課題や想定されるシステム構成などについても議論する。

キーワード: 核変換、重陽子、サイクロトロン

1. 背景と目的

高レベル放射性廃棄物に含まれる長寿命核分裂生成物(LLFP)の内、再利用可能な有用資源を含む4種の元素(Pd, Cs, Se, Zr)について、短寿命核種もしくは安定核種へ核変換するための新しい核変換システムの検討を進めている。本研究では、重陽子ビームを直接 LLFP ターゲットに照射する方法によって核変換の効率を高めるため、比較的安価でハンドリングし易い高強度の小型加速器を多数組み合わせる複数のターゲットにビームパワーを分散させる核変換システムの概念検討を目的としている。

2. LLFP 核変換用サイクロトロンの概要

2-1. 目標性能

LLFP 核種と重陽子ビームの直接反応による核反応を効率良く行うため、最大 100MeV/n 程度の重陽子加速を想定し、サイクロトロン1台当たり 10mA 程度のビーム強度を目指す。この最大ビームパワー2MW を出力するため、30%以上のエネルギー効率を達成できる電磁石・RF システムを想定する。

2-2. 高強度化のための技術的課題

一体型の電磁石から構成される AVF サイクロトロンは、全体が数 m 以内に収まるコンパクト性に優れた加速器であり、量産効果による低コスト化も十分に期待できる。高強度化に当たっての課題は、入射アクセプタンスが小さいこと、入射部や中心領域での空間電荷効果の影響が大きいこと、負イオン加速の場合には荷電変換フォイルの耐久性に限界があること、正イオン加速の場合には1ターン当たりのエネルギー利得とターンセパレーションの増大が鍵を握ることなどが挙げられる。これに対してリングサイクロトロンの場合には、ターンセパレーションが大きく、空間的自由度も大きいという利点があるものの、大型化が避けられない、空間電荷効果への対策、共振空洞のハイパワー化と省電力化などの課題がある。

なお、本研究は、総合科学技術・イノベーション会議が主導する革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) の一環として実施したものです。

*Mitsuhiro Fukuda¹, Hiroshi Toki¹, Ryoichi Seki¹, Tsutomu Shinoduka², Tetsuhiko Yorita¹, Hiroki Kanda¹, Kichiji Hatanaka¹, Hiroshi Ueda³, Yuusuke Yasuda, Toshihiro Kume¹

¹RCNP, Osaka Univ., ²CYRIC, Tohoku Univ, Okayama Univ.