

ImPACT における核変換用加速器開発の進展

(5) 中小型サイクロトロンを用いた核変換システムの概念検討

Advances of Accelerator Technology Development for Nuclear Transmutation in the ImPACT Program

(1) Feasibility Study of Nuclear Transmutation System Using Small and Medium-Sized Cyclotrons

*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, 安田 裕介¹,
中尾 政夫¹, 武田 佳次朗¹, 森田 泰之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

¹阪大核物理研究センター, ²東北大 CYRIC, ³量研機構放医研, ⁴量研機構高崎研

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、中小型サイクロトロンを多数組み合わせた加速器システムの検討状況について報告する。サイクロトロンの高強度化とエネルギー効率向上に必要とされる要素技術や低コストで高出力のサイクロトロンを用いた核変換システムの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 LLFP の内、再利用可能な有用資源を含む 4 種の原子核(Pd-107, Cs-135, Se-79, Zr-93)を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。100MeV/n の重陽子ビームを直接 LLFP ターゲットに照射して核変換効率を高めるだけでなく、高強度の中小型サイクロトロンを多数組み合わせる複数のターゲットに多重入射させ、ビームパワーを分散させながら核変換処理を促進させて有用資源収量の最大化を目指した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仕様

2-1. 中型リングサイクロトロン (D⁺加速と D⁻加速)

100MeV/n まで加速した D⁺イオンを 99%以上のビーム透過効率で引き出すためには、静電デフレクターの入口で 2cm 以上のターンセパレーションが必要とされることから、引出平均半径 400cm における平均磁場を 7.4kG (磁極における最大磁場は約 15kG) とし、セクター電磁石 10 台、基本波加速空洞 6 台、フラットトップ加速空洞 2 台から構成される K=400MeV のリングサイクロトロンを想定する。D⁻加速の場合も同様の構成をベースとし、セクター電磁石間のバレー領域に設置した荷電変換フォイルを用いてほぼ 100%のビーム引出効率を実現させる。

2-3. 小型 AVF サイクロトロン (D⁻加速)

低コスト化を図るため、引出平均半径を 200cm にコンパクト化した K=400MeV の AVF サイクロトロンを想定する。引出平均磁場は 15kG であることから加速途中でのローレンツ・ストリッピングによる負イオンの中性化は最小限に抑えることが可能であり、mA 級の重陽子ビームを安価で供給可能である。

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, Yuusuke Yasuda¹, Masao Nakao¹, Keijirou Takeda¹, Yasuyuki Morita¹, Takashi Wakui³, Nobumasa Miyawaki⁴, Satoshi Kurashima⁴, Masatoshi Itoh², Youhei Matsuda²

¹RCNP, Osaka Univ., ²CYRIC, Tohoku Univ, ³QST-NIRS, ⁴QST-Takasaki