

プログラム名：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

PM名：藤田 玲子

プロジェクト名：核変換システム評価と要素技術開発

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 28 年度

研究開発課題名：

核変換システム評価

研究開発機関名：

国立研究開発法人理化学研究所

研究開発責任者

櫻井 博儀

# I 当該年度における計画と成果

## 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

平成 26、27 年度内に各々の LLFP に対し、研究開発項目③7-14MeV の中性子ノックアウト方式、②核破碎方式、④中性子捕獲反応方式、⑤ミューオン捕獲方式について検討を進めた。その結果、すべての方式において重陽子を 1 次ビームとすることが有望であることがわかり、元素分離、偶奇分離、同位体分離の必要性、標的材に対する要求、エネルギー回収などをまとめた。さらに議論の過程で、14MeV 中性子生成の新技术として、ミューオン触媒核融合が浮上した。

当該年度はこのまとめをもとに②～⑤各方式の定量化を進め、グループ 2 や 3 から得られる実験データおよび数値データをもとに数値目標をアップデートしながら（研究開発項目⑥）、線形加速器やサイクロトロン等の加速器方式の優劣を定量評価すると共に、標的材の配置やエネルギー回収法、経済性・運用性などを考慮し、各々の LLFP 核種に対して放射能低減化・資源化に応じた最適の核変換システムを取捨選択する。

## 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

### 2-1 進捗状況

当該年度は②～⑤各方式の定量化を進め、グループ 2 や 3 から得られる実験データおよび数値データをもとに数値目標をアップデートしながら（研究開発項目⑥）、線形加速器やサイクロトロン等の加速器方式の優劣を定量的に評価した。その結果、大強度化を最大の目標とした場合、空間電荷効果によりサイクロトロン方式には原理的な問題があることをグループ 4 内で確認し、入射系は線形加速器方式を採用することを第一優先事項と決定した。この検討で、新たな LLFP 核変換用加速器は、未臨界加速器駆動炉の加速器・ターゲットとは異なるものを目指すものとした。核燃料物質による中性子増倍機能を有しないが、中性子を有効利用することは要点であることから、重陽子を加速する大電流システムを目指すこととした。さらに資源化に特化する場合、標的材として液体リチウムの可能性を検討する案も今後調査する。

### 2-2 成果

核変換用の加速器概念構築の方向を検討した結果を加速器性能の現状と将来の開発目標を整理した。

- ・ビーム種は重陽子、エネルギーは、40MeV/u 以上、1000MeV/u 以下で ERIT 方式（FFAG+内部標的）、リニアック方式、サイクロトロン方式のそれぞれについて、大強度化の方向で検討した。
- ・エミッタンスの大きなビームに対応できる ERIT 方式は有望。サイクロトロンは、空間電荷効果の影響を受けやすい。リニアック方式は、口径の大きな加速空洞を設計する必要があるが、大電流化と両立することは可能と考えられる。
- ・加速空洞の高度化については、放電限界で制限されるが、この放電限界は、金属などの物質を利用した場合、避けて通れない問題である。

- ・大強度重陽子ビームを繰出す加速器システムの入射系として線形加速器を採用する案とし、強度の目標値として、現在稼働中の加速器の100倍以上の強度を設定することとした。

摘出した技術検討課題を列記する。

#### ○リニアック方式

強度の目標値として1Aを目指す。設計のポイントは、ビーム広がり大きいビームでも加速できるようにすること。

従来のイオン源+RFQ+RFの組み合わせでは、RFQで受け付けることができるエミッタンスに制限がかかる。

超伝導RFと常伝導RFを比較した場合、長さや運転コストなど経済性、エネルギー消費がどうなるかが重要なファクターになる。

開発項目は、

- ①1Aを加速できる大口径常伝導加速空洞、
- ②1Aを供給できるイオン源システム、
- ③イオン源から加速空洞までのビーム光学設計、
- ④大口径常伝導加速空洞を駆動する省エネRFパワー源、
- ⑤経済効果、省エネルギー効果

#### ○サイクロトロン方式

現状から段階的に増やしていく必要がある。

強度をあげることができる要因を探ることが検討課題。

サイクロトロンとFFAGを組み合わせ、エネルギー増大とともに新方式検討し、取り出し効率を上げることも新方式のサイクロトロンの検討と共に重要となる。

### 2-3 新たな課題など

- ・大電流用重陽子イオン源から初期加速部分の検討。
- ・線形加速器の方式として超伝導加速空洞だけでなく、常伝導空洞も検討し、性能および費用対効果を総合的に検討することになった。

以上の結果をもとに、次年度はLLFP核変換用革新型加速器概念を構築していく。

### 3. アウトリーチ活動報告

特になし