

核分裂生成物(FP)の 核変換データ取得と戦略

平成25年10月30日

独立行政法人 理化学研究所
仁科加速器研究センター 櫻井 博儀

FP核変換の意義

- 我が国の安定的エネルギー確保においては、原子力発電所の再稼働に向けた技術的課題の解決や、核エネルギー利用に係る国民的理解が不可欠。
- 放射性物質の長期的潜在有害度の低減が重要であるが、国民理解を得るためには、100年程度まで有害度の短期間化を目指し、FPの核変換にも取り組むことが必要。
- マイナーアクチノイド(MA)の核変換が確立してもそのプロセスでFPが生産され、数百年単位の有害度が残る。このFPと原子炉から排出されるFPとを群分離した後、安定な核種に変換する技術が求められる。

使用済燃料中の主な長寿命核種



核種	半減期	超ウラン元素 (TRU)	
		線量換算係数 (μSv/kBq)	含有量 (1トン当たり)
U-235	7億年	47	10kg
U-238	45億年	45	930kg

核種	半減期	アクチノイド (MA)	
		線量換算係数 (μSv/kBq)	含有量 (1トン当たり)
Pu-238	87.7年	230	0.3kg
Pu-239	2万4千年	250	6kg
Pu-240	6,564年	250	3kg
Pu-241	14.3年	4.8	1kg

核種	半減期	マイナーアクチノイド (MA)	
		線量換算係数 (μSv/kBq)	含有量 (1トン当たり)
Np-237	214万年	110	0.6kg
Am-241	432年	200	0.4kg
Am-243	7,370年	200	0.2kg
Cm-244	18.1年	120	60g

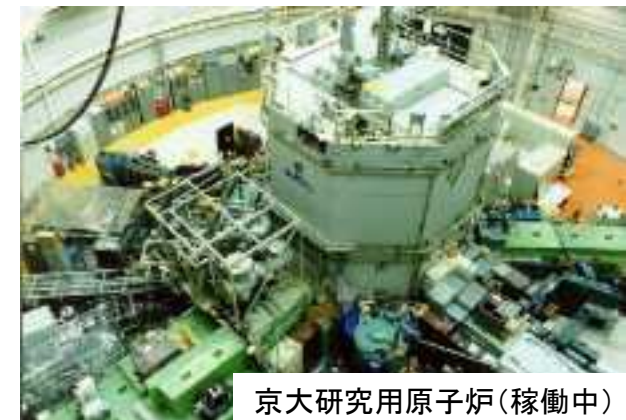
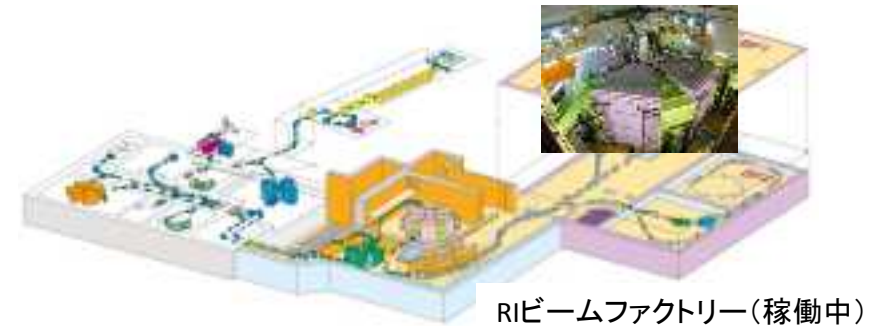
核種	半減期	核分裂生成物 (FP)	
		線量換算係数 (μSv/kBq)	含有量 (1トン当たり)
Se-79	29万5千年	2.9	6g
Sr-90	28.8年	28	0.6kg
Zr-93	153万年	1.1	1kg
Tc-99	21万1千年	0.64	1kg
Pd-107	650万年	0.037	0.3kg
Sn-126	10万年	4.7	30g
I-129	1,570万年	110	0.2kg
Cs-135	230万年	2.0	0.5kg
Cs-137	30.1年	13	1.5kg

線量換算係数:
放射性核種を人体に摂取した時の影響を示す指標。放射能(ベクレル)あたりの被ばく(シーベルト)で示す。

(本部会第2回資料2-4より抜粋)

先端研究基盤施設の活用

- J-PARC核変換実験施設の建設が現実的になり、京大原子炉実験所のADS研究施設が稼働し、理研のRIビームファクトリーが大強度のRI(全てのFPを含む)ビームを提供しはじめた。
- これらの基盤を活用し、原子力分野の研究者・技術者のみならず、原子核物理、核化学などの広範な分野の研究者が集結して、本格的に核変換技術開発に取り組むことが可能となった。



RIBFにおける試行的取組(例)

平成25年度「原子力システム研究開発事業」採択課題

(1) 安全基盤技術研究開発

課題名	研究代表	所属機関
事故時高温条件での燃料健全性確保のためのODSフェライト鋼燃料被覆管の研究開発	鵜飼 重治	北海道大学
ナトリウム冷却高速炉における格納容器破損防止対策の有効性評価技術の開発	宇埜 正美	福井大学
ナノ粒子分散ナトリウムによる高速炉の安全性向上技術の開発	荒 邦章	日本原子力研究開発機構
フッ化技術を用いた燃料デブリの安定化処理に関する研究開発	深澤 哲生	日立GEニュークリア・エナジー

(2) 環境負荷低減技術研究開発

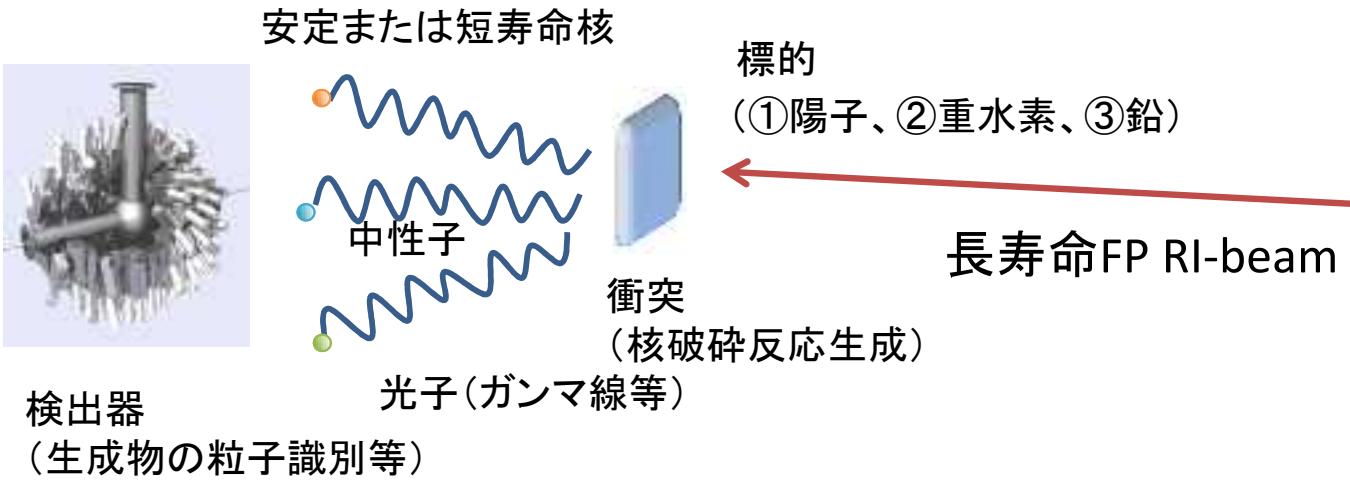
課題名	研究代表	所属機関
<タイプA>		
加速器駆動未臨界システムによる核変換サイクルの工学的課題解決に向けた研究開発	辻本 和文	日本原子力研究開発機構
マイナーアクチニドの中性子核データ精度向上に係る研究開発	原田 秀郎	日本原子力研究開発機構
「もんじゅ」データを活用したマイナーアクチニド核変換の研究	竹田 敏一	福井大学
<タイプB>		
長寿命核分裂廃棄物の変換データとその戦略	櫻井 博儀	理化学研究所
マイナーアクチニド/希土類分離性能の高い乾式処理プロセスの開発	村上 毅	電力中央研究所
マイナーアクチニド分離変換技術の有効性向上のための柔軟な廃棄物管理法の研究開発	稲垣 八穂広	九州大学

■Sr-90, Tc-99, Cs-137を対象に中性子ノックアウト反応データを取得。

■クーロン分解反応、核子移行反応などの反応データや核構造データから中性子捕獲反応、ガンマ線吸収反応の断面積を導出できるため、将来のデータ収集戦略を検討し、工学的な核変換の出口と整合性が取れた計画書を作成。

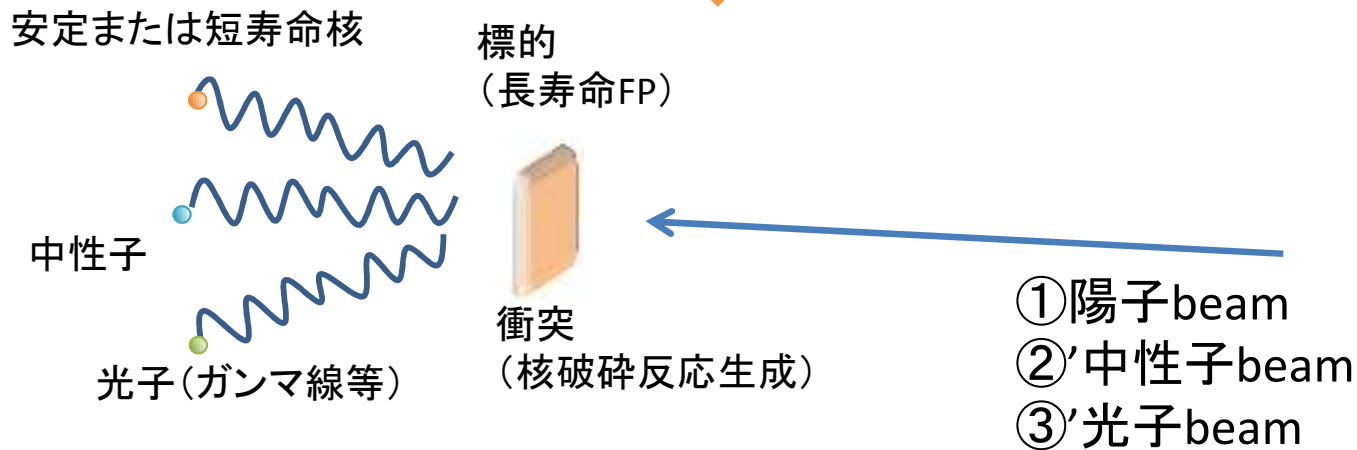
核変換データ取得の仕組み(逆反応の活用)

RIBFにおける核データ取得の仕組み



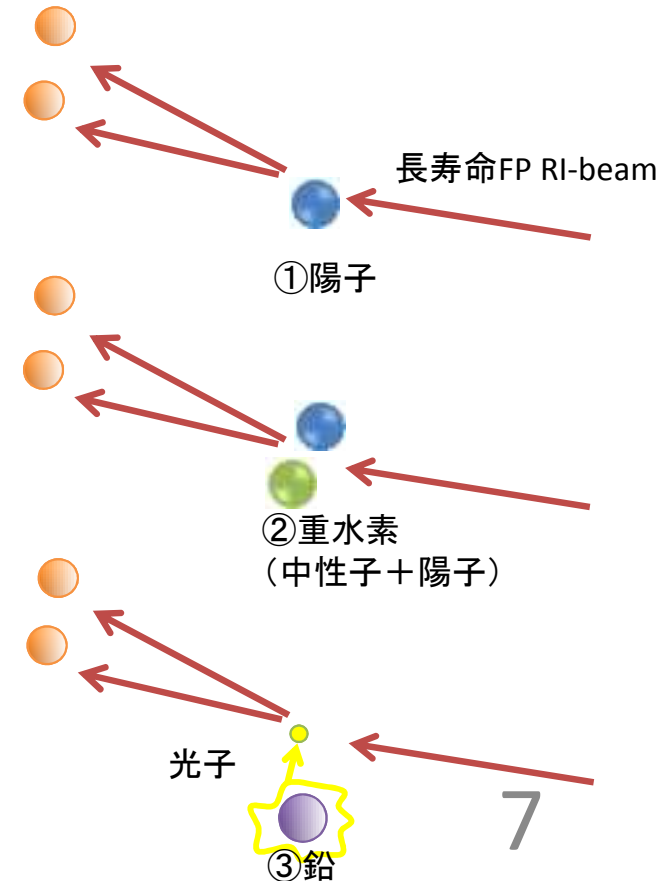
実際の核変換の仕組み

どのビームを、どう当てると最も合理的か(核変換データ)



なぜ逆反応を活用するのか

- ビーム核と標的核を入れ替えても起こる反応は同じであることを利用する。
- 最適な厚みの標的をFPで作ることや、生成物が標的に留まるなど測定が困難であるが、例えば理研の装置を利用すると反応生成物全ての種類と性質を同時に正確に求めることができる。
- 同時にできるもの全ての性質(種類やエネルギー等)が分かれば、これを利用して再処理のためのシミュレーションが可能になる。



長寿命FP核種のビーム開発と核変換データの取得(例)

①長寿命FP核種 (Sr-90, Tc-99, Cs-137等)ビームの開発

②標的厚の決定

③反応生成物の粒子識別

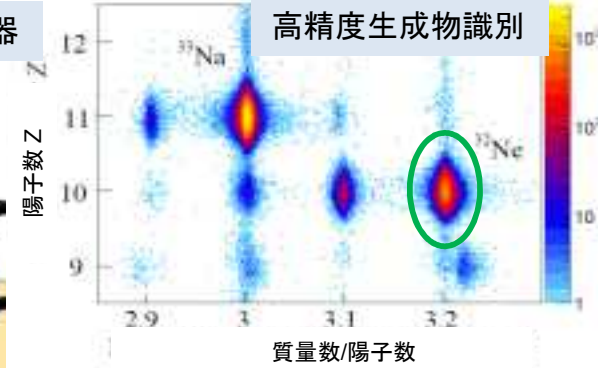
上記、3点は相互に強く関連。

(n, 2n)の他、(n,3n), (p,np)などのデータを取得することが可能。

③ゼロ度スペクトロメータで反応生成物の観測と識別

高効率ガンマ線検出器

高精度ガンマ線検出器



超伝導リングサイクロトロン (SRC)
大強度ウラン-238イオンの加速

ウラン-238ビーム

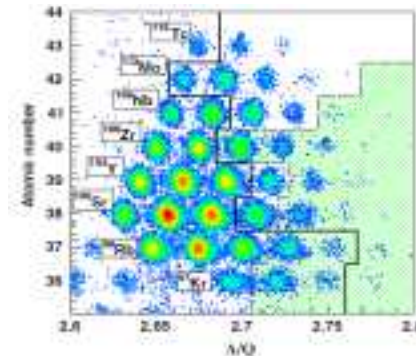
ベリリウム
生成標的

①超伝導RIBビーム生成分離装置
長寿命FPの生成、分離、識別

BigRIPSの粒子識別能力
=FPの選別

②二次標的

水素、重水素、鉛標的
水素標的 = 陽子ビーム
重水素-水素 = 中性子ビーム
鉛(光子反応) = 電子ビーム

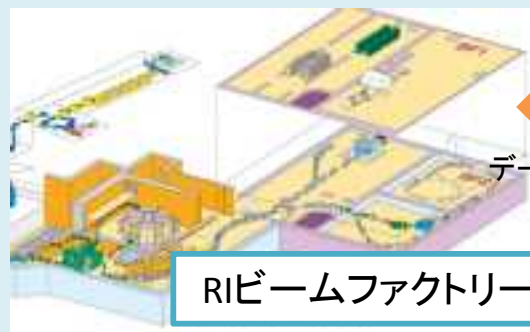


全国的な推進体制の構築(必要性)

～工学的・経済的出口を見据えた核データ取得～

長寿命・高発熱性FP及びMAの核データ取得

1. 中性子ノック反応、クーロン分解反応、核子移行反応、中性子放出閾値近傍の非束縛状態の観測
2. これらの反応データや核構造データからの中性子捕獲反応、ガンマ線吸収反応の断面積の導出



データ取得

核物理、核工学の専門家
(京大、東北大、北大、東大、東工大、
JAEA、阪大、福井大、理研等)

データ取得

京大研究用原子炉

データ取得



※ 理工連携による核データコミュニティとの力強い連携
(工学系核データ、理学系実験・理論、シミュレーション、加速器)

施設概念設計の完成

(理研、JAEA等)

FP加速器核変換施設の整備

2025

2050

課題

- FP核変換関連研究者の意見を取りまとめ、国の研究開発戦略におけるFP核変換技術開発の位置づけ
- 研究機関、大学等で行われている核変換データ取得など基礎基盤研究の充実（ネットワーク化）
- これらの研究に対する先端研究基盤施設の利用拡大、施設間の連携
- 国際的な先導性の維持・確保

（独法施設等は基盤的経費削減のため運転経費等が確保できず、十分に活用できていない。）