

保健物理・環境科学部会セッション

原子力の新しい領域と保健物理・環境科学研究

Recent development of atomic energy, with relation to health physics and environmental science

(3) 使用済み燃料からの有用元素の回収

(3) Resource recycling of high-level radioactive wastes

*藤田 玲子¹¹ 科学技術振興機構

2014年6月から始まった内閣府の ImPACT プログラム (Impulsing Paradigm Change through disruptive Technologies) に上記テーマが採択されて約4年が経った。本稿では使用済み燃料から有用元素の回収の観点から原子力の新しい領域に関するこのプログラムについて紹介する。

1. はじめに

本研究は2011年3月11日の東京電力(株)福島第一発電所事故(福島事故)の後、日本の原子力分野が社会のニーズに答えて新たな研究開発をする必要があると考え提案したもので、原子力の根本の課題である高レベル放射性廃棄物(HLW)の処分の問題解決の一助となり得る研究開発を原子力分野の研究者だけではなく、広く他分野の研究者にも参画していただき、若い研究者に新たな研究開発の分野を提供すると共に、“社会を変える”ハイリスク・ハイインパクトの ImPACT のプログラムとして基礎研究から実用化を目指す研究開発の道筋を示すことをもう1つの目的としている。

ImPACTはH25年度に550億円の基金として設立されたものであるもので、期間はH31年3月までの5年間である。現在、16テーマが採択され研究開発が進められている。

2. 本プログラムの概要

本テーマはHLWを低減すると共に回収した長寿命核分裂生成物(LLFP)を加速器を用いて短半減期核種や安定核種に変換し、有用なものはリサイクルして再利用する新しいアイデアである。

高レベル放射性廃棄物に含まれるLLFPは7核種がある。このうち、原子炉で核変換するには同位体分離が必要となるPd-107、Zr-93、Cs-135、Se-79を選び、加速器で核変換する経路を検討している。プログラムの概念を図に示す。

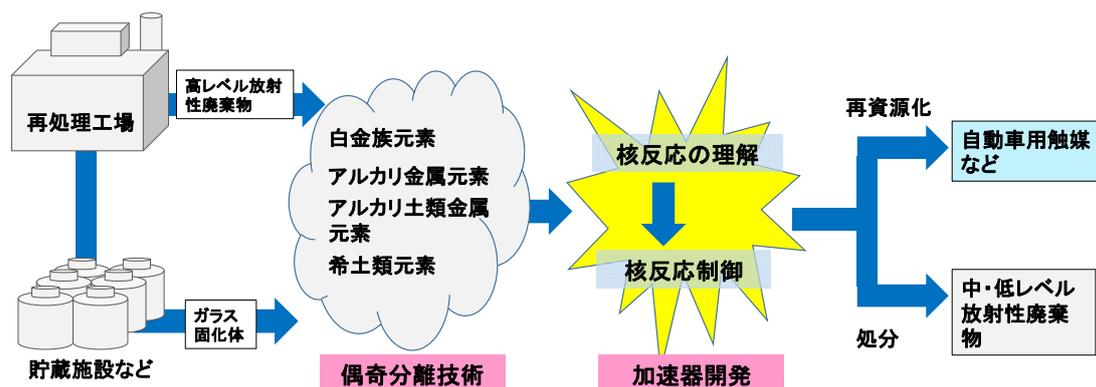


図1 本プログラムの概念

本プログラムはPJ1~5から構成される。

PJ1: HLW から LLFP の回収技術

HLW から LLFP を回収する技術を開発。再処理工場の高レベル廃液とガラス固化体を対象としている。半減期の長い核種は奇数核種が多いことから同位体分離をしない代わりに偶数核種と奇数核種を分離する偶奇分離技術の開発を進めており、Pd-107 および Zr-93 の工学装置の開発に成功した。

PJ2：核変換データの取得と核反応実証試験

RI ビームファクトリー(RIBF) (理研) を用いて、逆運動学法により Pd-107、Zr-93、Se-79、Cs-135 の 100MeV、200MeV、50MeV の陽子、重陽子のデータを取得した。また、低入射エネルギーの測定データの精度を向上するために改造した OEDO (理研) で 25MeV のデータも取得。Pd-107 はインプラントターゲットを作製し、実際の核変換のデータを取得する世界で初めての実証試験を開始。現在、Pd-107 のインプラントターゲットを作製に着手している。

PJ3：理論モデルの構築とシミュレーション

核反応断面積を用いた定量評価を実施し、効果的な核反応の経路を提案する。すでに Pd-107 および Cs-135 については提案済みである。

PJ4：加速器の要素技術およびシステム開発

核変換を実現する ImPACT 加速器仕様を決定した。重陽子ビームを用い、入射エネルギー40~200MeV/u、ビーム電流 1 A、ビームパワー80MW~200MWx2 とした。これを実現する概念設計を各メーカーと開始した。また、実機の加速器に必要な超伝導空洞、プラズマウインドウ、液体ターゲットの開発を実施している。

PJ5：廃棄物低減および資源化シナリオの策定とプロセス概念

LLFP 核変換の処分に与える効果や資源化する際のクリアランスレベルの設定などの検討を実施している。高レベル廃棄物を中間深度処分するための処分概念を見直した。また、回収した Pd-107 と Zr-93 を再利用するために世界で初めてのクリアランスレベルを設定するための研究を開始し、クリアランスレベルを提案。最終的にこのプログラムを実現するプラント概念を提示する。

3. 原子力の新しい領域

本プログラムでは前述したように、偶奇分離技術に基づくレーザー技術および、マクロ量を処理する加速器技術に関して原子力の新しい領域を提案している。一方、環境科学の観点から以下の述べるように核変換した後の有用元素のクリアランスレベルの定義という、全く今までにない原子力の新しい領域の研究を開始した。その概要について述べる。

3-1. 有用元素の回収および課題

PJ1 では高レベル廃棄物から LLFP を化学法で回収し、偶奇分離法により奇数核種を取り出す。使用済みパラジウム (Pd) では偶奇分離法により Pd-105 と Pd-107 を取り出すと残りは Pd-104、Pd-106、Pd-108 および Pd-110 であり、そのまま資源として利用することができる。

偶奇分離法により取り出した Pd-105 および Pd-107 は PJ-2,3,4 により検討した重陽子加速器により核変換し、Pd-102~Pd-106 に核変換する。

偶奇分離もしくは核変換により LLFP を低減した回収 LLFP には半減期の核種が残留している。回収した元素中に含まれる半減期の長い核種の割合をどの程度まで下げることにより再使用できるかを評価する必要がある。すなわち、Pd-107 および Zr-93 の残留量すなわち、混入量の使用限度を評価する必要がある。

3-2. 有用元素のクリアランスレベルの提案

PJ5 では回収した LLFP を資源化するため、回収した元素中に含まれる半減期の長い核種の割合をどの程度まで下げることにより再使用できるかを評価している。まず、再利用のためにリサイクル金属が放出された後、公衆に被ばくを与えると考えられる経路を列挙する。列挙したシナリオのうち、評価すべきシナリオを確定し、被ばく線量評価を行う。年間 10 マイクロシーベルトの線量の放射性廃棄物中の核種濃度から Pd-106 および Zr-93 のクリアランスレベルを算出することにより提案している。

4. おわりに

放射性廃棄物の放射能を低減して再利用、資源化するという原子力の新しい領域を開拓している。環境科学研究という観点からは放射性廃棄物をリサイクルして有用元素のクリアランスを定義するという研究を進めている。今後、この分野が発展することを期待したい。

*Reiko FUJITA¹

¹ Japan Science and Technology Agency²