

ドイツ・超ウラン元素研究所に設置したアルゴン雰囲気ホットセル

将来の放射性廃棄物処分の負荷を軽減するために(その1)

——乾式分離法により実際の高レベル廃液からのマイナーアクチノイド回収に成功——

- 放射性廃棄物の毒性と処分場負担の軽減に向けて
- 乾式分離法での分離に初めて成功
- 将来の高速炉時代を見据えて

● ひとこと 原子力技術研究所 次世代サイクル領域 主任研究員 魚住 浩一

放射性廃棄物の毒性と処分場負担の軽減に向けて

原子力発電所で使用した原子燃料の再処理で発生する高レベル廃液には、長期間にわたって放射能や発熱性を持ち続けるマイナーアクチニド（MA）と呼ばれる元素が含まれています。特に将来、プルトニウムが広く利用されるようになると、使用済燃料中の MA 量が増加するため、高レベル廃液を安定固化した高レベル廃棄物を埋設する廃棄物処分場の負担はより大きくなることが予想されます。しかし、高レベル廃液から MA を回収し原子燃料として再び利用することができれば、高レベル廃棄物の放射能や発熱量を減らすことができ、高レベル廃棄物の毒性と処分場の負担を小さくすることが期待できます。

電力中央研究所では 1986 年より、高レベル廃液からプルトニウムや MA を分離・回収するための「乾式分離法」と呼ばれる処理方法を提案し、EU・超ウラン元素研究所などとの共同研究を行っています。そして今般、原子力発電所で生じた使用済燃料から得られた高レベル廃液から、実際にこの方法を用いて MA を回収することに、世界で初めて成功しました。

■ 厄介者のマイナーアクチニド

原子力発電所から取り出される使用済みの原子燃料には、ウランやプルトニウム、およびこれらが核分裂することで生ずる様々な元素（核分裂生成物）の他に、少量ながらもネプツニウム、アメリシウム、キュリウムといった「マイナーアクチニド」（以下、MA）と呼ばれる元素類が含まれています。MA には非常に長期間にわたって放射能を持ち、発熱し続けるものが多く存在します。

使用済燃料を再処理することで発生する高レベル廃液は、ガラスと混ぜて高レベル廃棄物固化体としますが、これらを地層処分する際には、周囲の温度が上がりすぎないように固化体どうしを十分離して置くなどの措置が取られます。特に、プルトニウムを燃料として積極的に利用する将来においては、使用済燃料中の MA 量が増加し、MA が高レベル廃液中の発熱の大半を占めるようになります（図 1）。このため、処分場の負担がより大きくなることが見込まれています。

そこで、使用済燃料の再処理時に生じる高レベル廃液からあらかじめ MA を分離し、高レベル廃棄物の長期的な放射能・発熱量を少なくすることにより、処分場の負担を小さくすることが期待できます*。

*：「分離変換技術に関する研究開発の現状と今後の進め方」、原子力委員会 研究開発専門部会 分離変換技術検討会、2009 年 4 月

■ MA 回収に向けた取り組み

わが国では、1988 年に原子力委員会で「群分離・消滅処理技術研究開発長期計画」（通称、オメガ計画）を策定し、当研究所のほか、日本原子力研究所、核燃料サイクル開発機構（現在両者は「原子力研究開発機構」として統合）などの機関が分担して、MA などの長寿命核種の分離技術、およびこれらを核変換する技術の研究開発を推進してきました。

一方欧州でも、例えばフランスでは、処分場を法制度化する際の重要な要素技術として MA の分離・変換技術の開発が強く求められており、現在検討が続けられています。また米国においても、将来的には MA を高速炉の燃料として活用する計画を含んだ「GNEP プログラム」により、高レベル廃棄物の地層処分場の有効利用を図る構想が発表されています。

このように、MA を分離・変換するための取り組みは、内外で精力的に進められています。

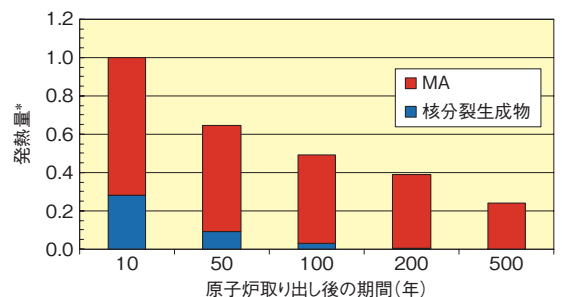


図 1 プルトニウム利用時代の高レベル廃棄物中の発熱量

乾式分離法での分離に初めて成功

■高温冶金法による乾式分離

当研究所では MA の分離技術として、高温冶金法に基づく「乾式分離法」の開発を進めてきました。この方法は、500℃～700℃の高温で液体になった塩化物や金属を溶媒として用い、高レベル廃液からウランやプルトニウム、MA を回収するもので、金属の精錬などで用いられている方法を応用したものです。

これらの溶媒は放射線によって性能が劣化しないため繰り返し用いることができ、フランス等で検討されている水や有機溶媒を用いる湿式分離法に比べて、二次廃棄物の発生量が少なくなる等のメリットがあります。

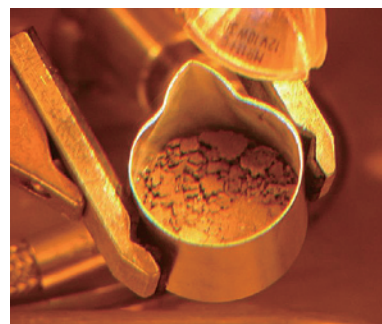
■実際の高レベル廃液を用いた実証試験

実際に原子炉で使用した燃料の再処理で得られた高レベル廃液は、非常に高い放射能を持っています。このため当研究所では、ドイツにある EU・超ウラン元素研究所に共同で設置したアルゴン雰囲気ホットセルで、遠隔操作装置（マニピュレータ）を使って試験を行いました。

約 500g の高レベル廃液を原料として脱硝・塩素化・還元抽出の試験を連続して行った結果、ウラン、プルトニウム、MA を期待通りに回収することができ、乾式分離プロセスが小規模ながらも初めて実証されました。また、核分裂生成物との分離もこれまでの予想通りにできることが確かめられました。



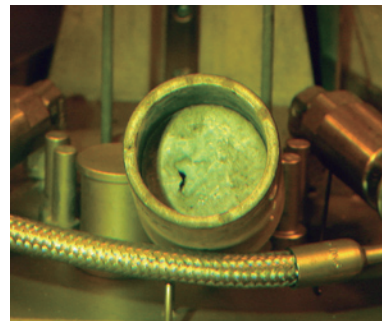
使用した高レベル廃液



空气中で加熱することで酸化物に転換（脱硝工程）



塩素ガスを用いて塩化物に転換（塩素化工程）



ウラン、プルトニウム、MA をカドミウム中に回収（還元抽出工程）

図 2 実際の高レベル廃液による乾式分離試験

将来の高速炉時代を見据えて

■金属燃料 FBR サイクルと一体となった開発

乾式分離法により回収した MA は、ウラン、プルトニウムと共に金属燃料に加工することで、将来実現が期待される金属燃料を用いる高速増殖炉（FBR）で燃焼し、より寿命の短い元素に核変換させることができます。なお、金属燃料 FBR では、現在の軽水炉や酸化物燃料を利用した FBR に比べて MA を効率的に燃焼できることが理論的に分かっています。

さらに当研究所では、金属燃料 FBR の使用済燃料を処理する乾式再処理と射出鋳造による燃料製造からなる、金属燃料高速炉サイクル技術の開発にも取り組んでいます。

両者の基盤となる技術は共通しており、当研究所では乾式分離技術と金属燃料高速炉サイクル技術を一体のものとして、これからも鋭意技術開発を行っていきます。

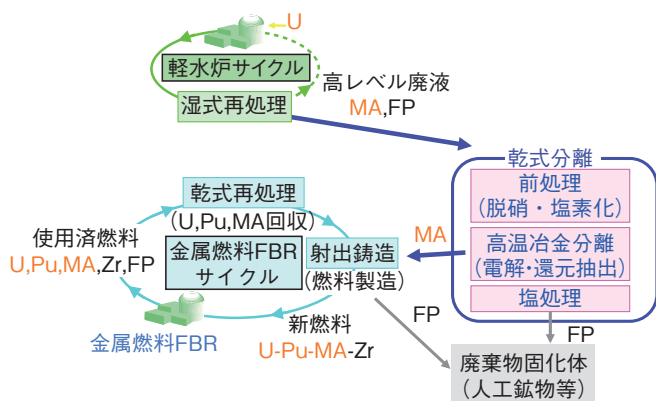


図3 乾式分離と金属燃料高速炉サイクルの連携

関連 報告書

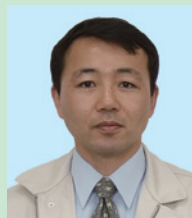
- 「実高レベル廃液による脱硝・塩素化技術の実証」 電力中央研究所報告：L07011
- 「実高レベル廃液による乾式分離プロセスの実証—塩素化生成物からのアクチノイド元素の還元抽出試験—」 電力中央研究所報告：L08011

■実用化に向けて

乾式分離法はこれからの MA 回収技術の一つという位置付けですが、今回、実際の高レベル廃液を用いての実証ができたことにより、将来の原子力時代の有力なオプションであることが示されました。さらに当研究所では、MA を含む金属燃料をフランスの高速炉で照射し、MA が原子炉で核変換した際の燃料の健全性などを調べる試験を行っています。また、照射済みの金属燃料を用いての乾式再処理試験や、新たに製造した金属燃料を国内の原子炉で照射する試験なども計画しています。

このほか、年間数十トンの燃料処理に対応した工学機器開発などを通じて、実用化に向けた様々な課題に取り組んでいます。

●ひとこと



実際の高レベル廃液を用いた試験により乾式分離プロセスが実証されましたが、本試験は国内での実施が困難であったため試験装置を国外に設置せざるを得ませんでした。今後は、高い増殖性、高い核拡散抵抗性、コンパクトで経済性が高いといった魅力をもつ金属燃料 FBR サイクルと、その魅力を最大限に生かすための乾式分離のメリットをアピールすることで、これらの実用化に必要な日本国内でのインフラ整備につなげていきたいと思っています。

原子力技術研究所
次世代サイクル領域
主任研究員
魚住 浩一