



季刊誌

2017

J-PARC

JAPAN PROTON ACCELERATOR RESEARCH COMPLEX

NO. 06

特集

夢の技術

核変換とは？

ADS分離変換技術 研究者インタビュー

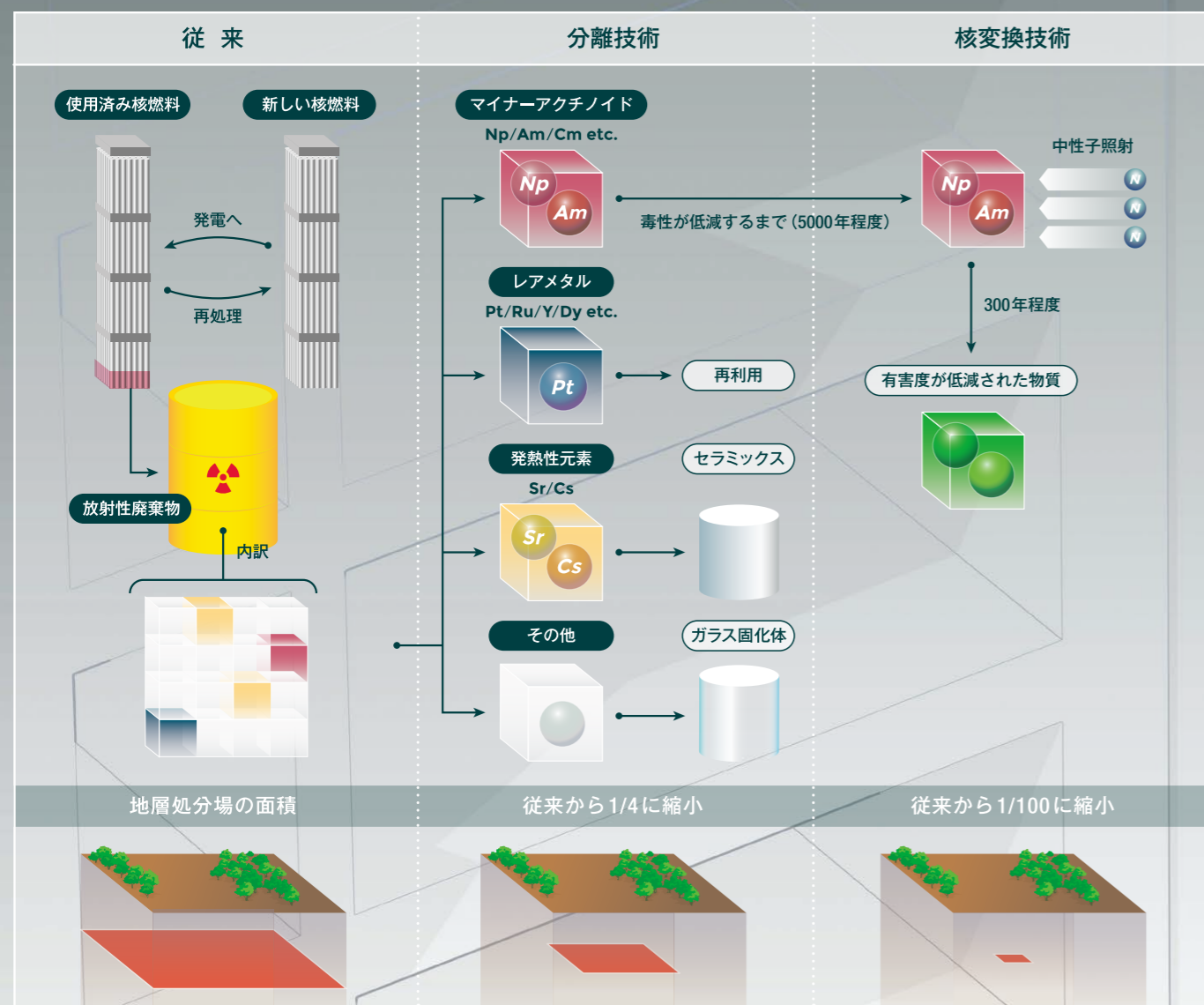
佐々敏信 原子力でもゴミの分別

大林寛生 見えないモノを見通す

「核変換」とは？

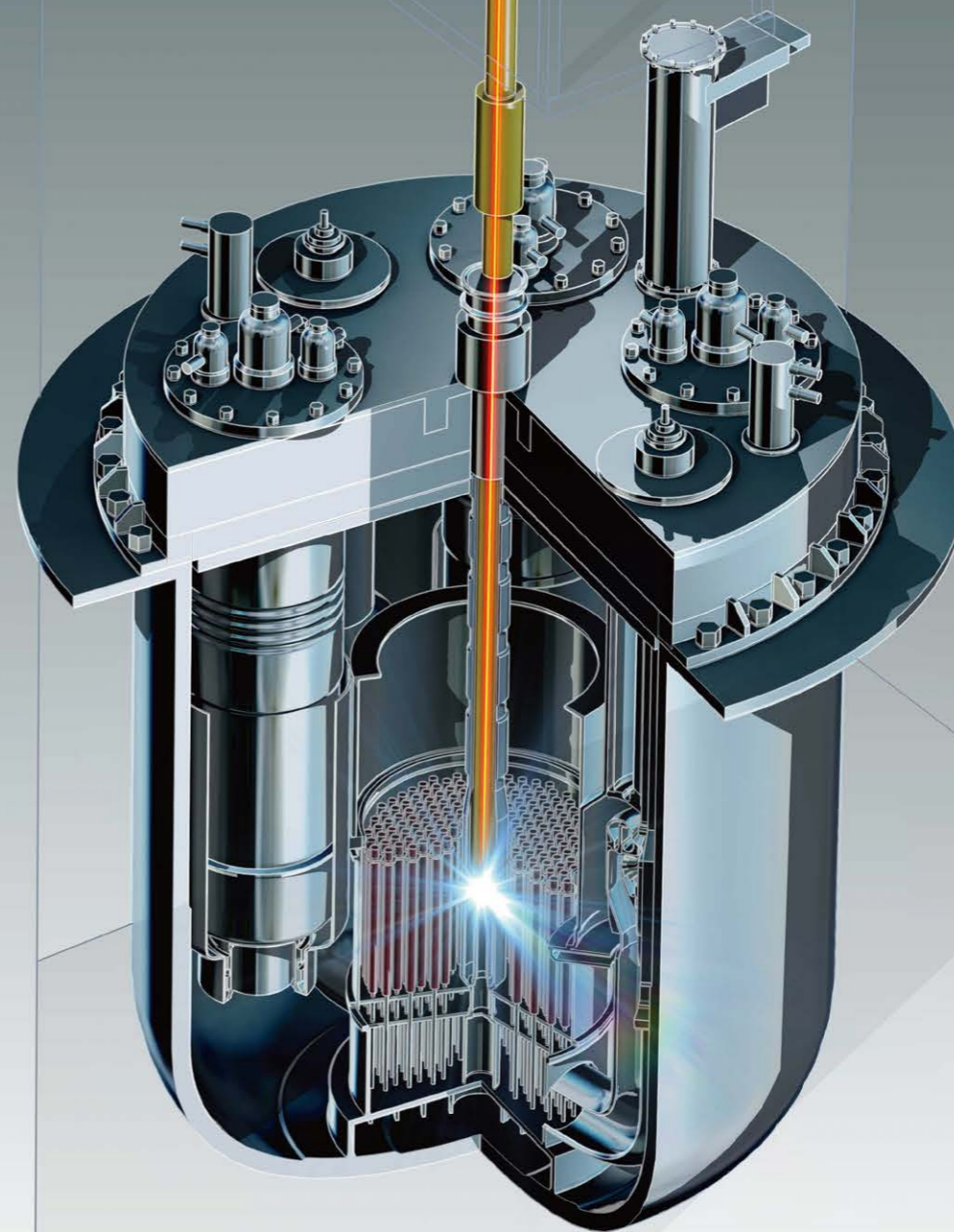
放射性廃棄物の分離変換

家庭のごみのように、原子力のごみをリサイクルし、資源を有効利用して放射性廃棄物を縮小するのが分離変換技術だ。現在は、使用済み核燃料を再処理してウランなどを除いた残りをすべて廃棄する。分離変換技術では、この放射性廃棄物を図中の4種に分類する。マイナーアクチノイド群はADSの技術を用いて核変換し、人体への有害度を低減する。レアメタルなどは再利用する。セシウムやストロンチウムなどの発熱性元素は、熱に強いセラミックスにして処理し、残りをガラス固化体として廃棄する。こうすることで、放射性廃棄物の処理に必要な面積は従来の1/100に、有害度が低減するまでの期間も5,000年から300年に大幅に縮小することが可能だ。



ADS (Accelerator-driven System : 加速器駆動核変換システム)

放射性廃棄物から分離したマイナーアクチノイド(MA)群を、加速器由来の中性子を使って、異なる元素に核変換するためのシステムがADSだ。線形加速器からの陽子ビームを垂直方向に90°曲げて、原子炉の中央にある鉛-ビスマスターゲットに照射し、発生した中性子が引き起こす核反応によりMA群からエネルギーを回収しながら、人体への有害度の低い核種に変換する。J-PARCでは、ADSによる核変換技術の基礎的な研究を行っている。



原子力でも

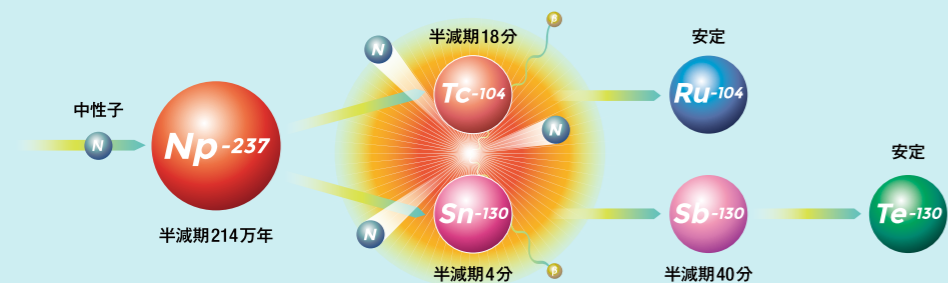
ゴミの分別

INTERVIEW / 1

佐々 敏信

日本原子力研究開発機構 J-PARCセンター
核変換ディビジョン ターゲット技術開発セクション
セクションリーダー

放射性廃棄物、それは原子力発電を使うために避けては通れない問題である。その放射性廃棄物の処分に革新をもたらすADS分離変換技術がJ-PARCで研究されている(ADS: Accelerator-driven System、加速器駆動核変換システム)。今号の特集では、J-PARCでADS分離変換技術の開発に携わる佐々敏信氏にお話を伺った。



核変換の一例

ネプツニウム238に加速器由来の中性子をぶつけると、テクネチウム104とスズ130に核分裂する。テクネチウム104はβ崩壊を起こして安定核種のルテニウム104に、スズ130は2回のβ崩壊でアンチモン130を経て、安定核種のテルル130になる。(この図はあくまで一例。実際は核分裂後は様々な核種になる。)



原子力でもゴミの分別

—放射性廃棄物の分離変換を行う意義について教えてください。

原子力発電の課題でまず考えられるのが、「トイレなきマンション」とも言われる放射性廃棄物の処分の問題です。有害な放射性廃棄物をただ埋めるだけではなく、たとえば加速器のような最新の技術を使って、人にもやさしい、環境にもやさしい、そういう処分方法を提案する。日本はその技術を開発できる能力を持つ数少ない国として、この分離変換の研究開発を進めることが大事なのではないかと思います。



—世界における放射性廃棄物処理の状況はどうなっていますか。

使用済み核燃料の放射線レベルが、燃やす前の核燃料のレベルに戻るまで、大体10万年ぐらいかかります。

たとえばフィンランドでは、すでに使用済みの核燃料を地中に埋める処分場の工事が始まっています。その場所で10万年ひたすら人類から隔離します。ヨーロッパでは、このように埋めてしまう選択肢が多く、アメリカも今はこの方法を採用しています。ただ、アメリカの場合は別の事情もあります。使用済みの核燃料を再利用する技術が、核兵器開発につながる恐れがあるため、核兵器廃絶の観点からよろしくない、というスタンスです。

日本場合は、放射性廃棄物を安全に埋める技術もちろん研究していますが、放射性廃棄物をきちんとリサイクルして、資源を有効利用しましょう、そしてホントにいらぬものだけをまとめて処分し、なおかつそれを監視する時間もグッと減らしていきましょう、という分離変換技術も将来の選択肢として

研究しているところです。

分離変換のできる国として

—放射性廃棄物を処理できる技術を持っている国は少ないのですか？

放射性廃棄物を処理するために必要な技術をすべて持っている国となると、アメリカ、ヨーロッパの国々、そして日本ぐらいになってきます。核燃料サイクルの技術、それから高速炉の技術、それとADSの場合には加速器の技術ですね。全ての技術を高いレベルで持っているとなると、これらの限られた国のみです。

原子力発電自体は今、世界でも導入しようという国が増えていて、石油を持っている中東の国々ですら、安定した電源として原子力を持とうとしています。使う国が増えれば当然廃棄物も増えていきます。原子炉だけを持つ国は多いですが、加速器は非常に高い技術なので、むずかしい。また、分離変換に必要な核燃料サイクルの技術は、核兵器開発につながる技術でもあり、平和利用として

認められている国は日本だけです。そういう意味でも、日本が主導的に研究していくことは、世界的に見て非常に重要な事です。

—分離変換技術の開発は、今どの段階まで来ているのでしょうか？

今すぐスタート、とはいかない状況です。研究のレベルとしては、まず研究室で実験をする基礎研究レベルがあって、大きな実験装置を作って調べる工学的なレベルを経て、最後に実用レベルに至る三段階が想定されますが、日本の原子力学会でも、現在は基礎研究から工学的研究に至る間にあると評価されました。基礎研究の中でも一番工学研究に近いレベルにはあると思います。たとえば、取り扱える物量がピーカーサイズからスケールアップできたり、ADSであれば、実験用の小規模な装置から、鉛ビスマスという液体金属が実際に流れるようなシステムを組めたり、そういうものを作れるレベルにはなっています。特に、ADSの研究には強い陽子ビームが欠かせません。そのためのインフラがJ-PARCの実験施設になります。

—J-PARCのADS施設は、いつ頃完成するのでしょうか？

まだ計画の段階ですが、建設がスタートすれば3~4年で完成できるだろうと考えています。

技術の安全性向上は果てしない

—どのような経緯で、分離変換の研究に関わるようになったのでしょうか？

中学生の頃に核融合の本を読んで、子供ながらにこういう技術が日本には必要だと思って、そこからずっと原子力に興味を持っていました。大学では原子炉や核融合炉から出てくる粒子のふるまいや、放射線から人体を守る遮へいなどを研究テーマにしていました。日本原子力研究所(現在の日本原子力研究開発機構)に入ってから、高温ガス炉の実験をしていたのですが、加速器を使った新しいシステムの設計をする人間が必要ということで、ADSの設計に関わるようになりました。

業務として始めたことですが、放射性廃棄物の問題は日本のような国には必要な技術であるし、意義のあるものだという意識を持って、研究に携わっています。

—最後に、若い研究者に向けてメッセージをお願いします。

日常生活には電気が必要です。原子力は日本では必須の電力源として位置付けられるべきだ、と思って仕事をしています。福島事故もあり、原子力の技術者として大きな責任を感じる中で、放射性廃棄物まで含めたトータルとしての原子力技術というものの安全性、信頼性を高める仕事を続けていきたいし、若い方にもそれを期待したいと思います。そして、その技術は日本だけにとどまるものではなく、今後世界で使われていく原子力システムに役立つものになると信じています。技術の安全性向上というのは多分、果てしないです。きっと、どこまで行っても終わらない。そういう所に挑戦してほしいですね。



見えない

モノを見通す

INTERVIEW / 2

大林 寛生

日本原子力研究開発機構 J-PARCセンター
核変換ディビジョン
ターゲット技術開発セクション

ADS分離変換技術(ADS: Accelerator-driven System)は多くの要素技術から成り立っている。陽子ビームが通過する金属の窓を冷却する鉛-ビスマス冷却系もその一つだ。液体重金属である鉛-ビスマスの流れの可視化に携わっているJ-PARCセンター核変換ディビジョンの大林寛生 研究員に話を伺った。

見えないモノを見通す

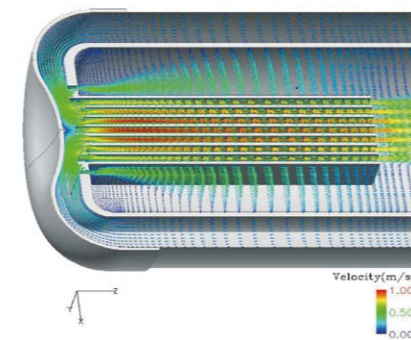
—どのような研究をされているのですか。

私は流れと熱の関係について研究開発を行っています。現在は液体重金属の流れを、超音波を使って計測・可視化する技術を開発しています。ADSでは、陽子ビームをターゲットに打ち込むことで中性子を発生させ、その中性子を使って核変換を行います。液体重金属のひとつである鉛-ビスマス合金は中性子を発生させるターゲット材としての役割とシステムの冷却材の役割の両方を担っています。効率的な冷却のために鉛-ビスマスの流れを計測し可視化することは、ADS分離変換技術を実現する上で極めて重要な要素です。

—その研究にはどういう経緯で携わるようになったのですか？

大学ではもともと機械工学を専攻してい

ました。当時は液体金属ではなく、一般的な液体や気体の流れとそれに伴う様々な現象を対象にした研究をしていました。例えば、カーエアコンのプロワ形状の改良や、樹木周辺の流れの様子などです。あるときに、原子力機構から、鉛-ビスマス流れの計測の依頼があって、それで液体重金属の流れの可視化に興味を持ったのがきっかけです。



核破砕ターゲット中の鉛-ビスマス流れの数値計算例

—ご自身の研究で面白いところや大変なところはどんなところでしょうか？

小さい頃から「流れ」というものに興味があって、この分野に進みました。空気や水は、ちょっとした工夫で「見る」ことができますが、鉛-ビスマスのような液体金属では、それ自身が不透明で、かつ金属配管中を流すので、直接見ることはできません。こういう不可視の流体を可視化できるというのが、自分のやっている研究の一番面白いところだと思っています。逆に見るができないゆえに、自分が計測した情報がどこまで正しいのか確認するところが一番大変です。数値計算と実験の情報を照らし合わせながら、測定の精度を上げていく必要があります。

今後目指すもの

—今後の研究でどんなところを目指したいですか？

直近のところ来说うと、今開発している超音波を用いた流量計測技術は、流れている鉛-ビスマスとセンサーが直接接触するタイプを使っています。これは少なからず流れを乱すので、流れを乱さない、配管の外から非接触で測定する技術を実現したい。

将来的な話ですと、液体重金属の流体計測技術の第一人者になれるような研究者になりたいと思っています。

—最後に、若い研究者へメッセージを。

私自身、機械工学の出身なので、原子力の研究はまったく別の分野に足を踏み入れることでしたが、違う分野に入ること、自分が学んできたことについて、もう一度見直すことができます。また、いろんな分野の人と話をすることは、自分自身の研究開発に非常に役に立つことなので、周囲の方、特に現場で作業をされている方と積極的に話しをして、可能であれば一緒にやってみて、結果として様々なことが学べて良い研究ができるようになるのではないかと思います。

建設予定の
2つの施設

TEF-P: 核変換物理実験施設

目的: 低出力で未臨界炉心の物理的特性の探索とADSの運転制御経験を蓄積

施設区分: 原子炉(臨界実験施設)

陽子ビーム: 400MeV-10W

熱出力: 500W以下

TEF-T: ADSターゲット試験施設

目的: 大強度陽子ビームでの核破砕ターゲットの技術開発及び材料の研究開発

施設区分: 放射線発生装置

陽子ビーム: 400MeV-250kW

ターゲット: 鉛・ビスマス合金



