

7-1 原子力の研究開発の基盤形成と新たな原子力利用技術創生

私たちは、総合科学技術である原子力の研究開発の基盤を形成し新たな原子力利用技術を創生するため、原子力基礎工学研究を進めています。

原子力基礎工学に関する研究分野は非常に多岐にわたり、その研究開発活動には次の四つの役割があります。

- ①革新的原子力技術の基盤の構築（高温ガス炉／水素製造技術、分離変換技術研究等）
- ②原子力機構内外の原子力利用・技術開発や国の施策への協力（材料高経年化研究などの安全研究の基盤形成、核不拡散関連分析技術開発等）。
- ③産学に基盤技術開発のプラットフォームを提供する活動、人材育成協力（産学官との各種共同研究、連携大学院、東大専門職大学院への協力等）
- ④以上の基礎となるデータベース、コード等の技術体系の整備と社会への提供（核データ、核・熱設計コード、環境工学研究等）

これらの役割を果たすため、核工学・炉工学、燃料・材料工学研究、環境・放射線工学研究、核変換工学研究、核熱応用工学研究を進めています。

核工学・炉工学研究

革新的原子力システムの創出とそれを導く最先端核物理・炉設計技術の開発を進めています。

核工学研究では、大規模モックアップ臨界実験を必要としない先進的な核設計技術の実現を目指して、評価精度の保証された高精度炉物理解析コードシステムの開発や革新的原子力システムに係る炉物理実験を進めています。また、高速炉・加速器駆動核変換システムなどの革新的原子力技術の基盤を確立するため、マイナーアクチニド核種や長寿命核分裂生成核種の核データの評価・取得を行い、汎用核データライブラリJENDL-4として整備しています。従来の測定法では高精度な核データの導出が難しい核種に対する核データを取得することを目指して、核構造・核反応に関する研究や新たな実験手法の開発を進めています。

炉工学研究では、原子炉内熱流動挙動を計算機上に再

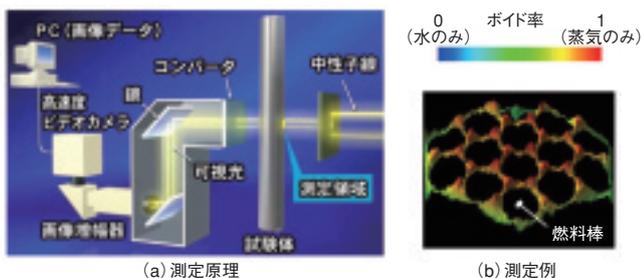


図7-1 中性子ラジオグラフィによる燃料集合体内ボイド率分布測定例

中性子は水に吸収されやすく、金属には吸収されにくい性質を持っています。この性質を用いて、燃料集合体のような複雑管路内のボイド率分布を測定しています。

現することにより実規模試験を代替できる熱設計技術の確立を目指して、スーパーコンピューティング技術を活用した機構論的熱設計手法開発を進めています。また、設計手法検証のため、中性子ラジオグラフィ技術を応用した3次元熱流動計測技術の開発を行っています（図7-1）。

燃料・材料工学研究

革新的核燃料サイクル技術の基盤形成と原子力プラントの健全性・信頼性確保のための研究開発を進めています。

将来の核燃料サイクルでは、廃棄物処分の負担軽減を目指し、現在は高レベル廃棄物に区分されているマイナーアクチニド（MA: Np, Am, Cm）をリサイクル（分離変換）する技術が期待されています。そこでは、MAのふるまいを理解し、制御することが必要です。アクチニド溶液化学に基づくMA分離のための新抽出剤の開発、MAを効率的に分離する新しい湿式分離プロセスの基盤技術開発、熔融塩中でのMA挙動解明、MA含有燃料の調製と物性研究（図7-2）などを、先端の実験設備を利用しながら実施しています。

原子炉や再処理施設などで用いられている材料は、放射線照射下の腐食環境中で、健全性が保持されていなければなりません。次世代の原子炉では、より厳しい環境に耐える材料が必要になります。そのため、材料の照射損傷の解明、原子炉材料の照射下応力腐食割れ機構の解明のための照射材データの取得、照射環境下における構造材料の腐食損傷を制御するための基盤技術及び材料開発を実施しています。

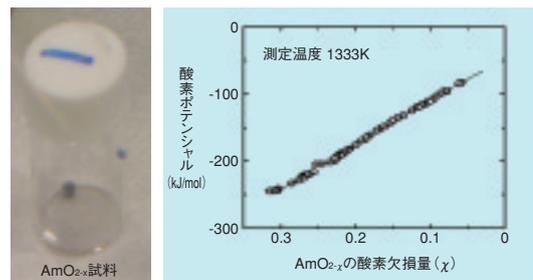


図7-2 アメリカシウム酸化物 (AmO_{2-x}) 試料とその酸素ポテンシャル

AmO_{2-x} の酸素ポテンシャルの酸素欠損量依存性を世界に先駆けて測定・評価しました。このような基礎物性は、マイナーアクチニド含有燃料の照射時や製造時の挙動評価に必要な基礎データです。

環境・放射線工学研究

原子力の着実な進展に資する環境工学研究、核不拡散活動を支援する技術開発、放射線防護研究を進めています。

環境工学研究では、大気・陸地・海洋での放射性物質などの移行挙動の解明・予測の研究（図7-3）と原子力技術を活用した廃棄物の無害化、資源化技術の開発を進めています。核不拡散活動を支援する技術開発では、保障措置（SG）と包括的核実験禁止条約（CTBT）のため

の技術開発を実施し、国際貢献の一翼を担っています。放射線防護研究では、低い線量の放射線が人体に与える影響を解明する放射線影響解析研究、高エネルギー加速器などから発生する中性子の線量評価のための研究、種々の放射線に対する挙動解析・遮へい手法の研究を進めています。

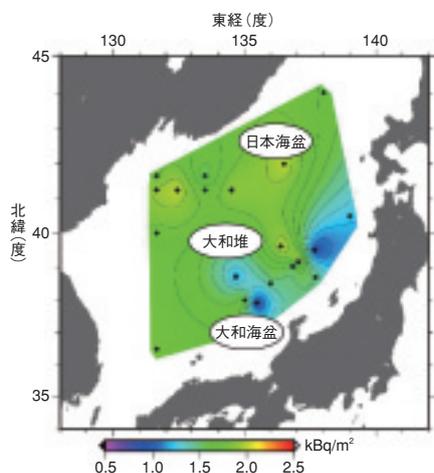


図 7-3 ^{137}Cs の日本海海中分布図

10年に渡る海洋調査を取りまとめ完成したもので、 ^{137}Cs は核実験フォールアウトに起因することを明らかにしました。旧ソ連一口シアが日本海に投棄した放射性廃棄物による放射性影響がないことを確認すると共に、日本海の海水循環や物質移行モデル構築に役立つ情報を提供しています。

核変換工学研究

放射性廃棄物処分に係る負担の軽減を目的として、長期間にわたって放射線を発し続ける長寿命核種を短寿命化する「核変換技術」の研究開発を進めています。

核変換を効率的かつ集中的に実施する方法として、長寿命核種であるマイナーアクチニドを主成分とした燃料で構成する未臨界原子炉と、超伝導陽子加速器を用いた核破砕中性子源とを組み合わせる「加速器駆動システム(ADS)」(図 7-4)を研究対象としています。ADSのための研究開発として、システムの概念検討、核破砕ターゲットや炉心冷却材として用いる液体鉛ビスマス合金に関する技術開発、陽子ビーム窓用材料の研究等を実施しています。

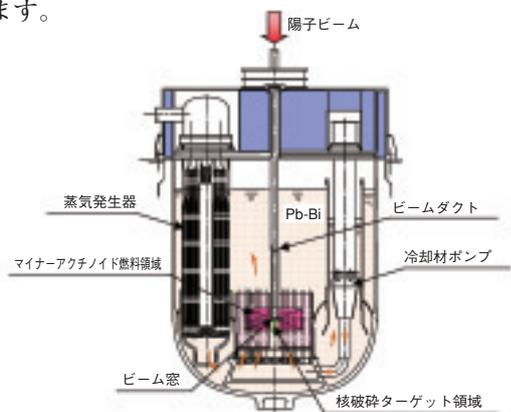


図 7-4 加速器駆動核変換システム (ADS) の概念

陽子ビーム出力30MWの核破砕ターゲットと熱出力800MWの未臨界炉心を組み合わせて、原子力発電所(1GWe)約10基で生じるマイナーアクチニド(250kg)を核変換できます。

核熱応用工学研究

原子力エネルギー利用の多様化を図るため、高温ガス炉とこれを用いた水素製造に関する研究開発を進めています。高温ガス炉の研究開発では、我が国唯一の高温ガス炉である高温工学試験研究炉 (HTTR) を用いて、炉心の燃焼特性、ヘリウムの純度管理、高温機器の性能・健全性など高温ガス炉の実用化に必要なデータを着実に取得・整備し、2004年に世界で初めて950℃のヘリウムガスを炉外に取り出すことに成功しました。これにより、水素と電力を併産する高温ガス炉システム (図 7-5) の実用化に向けて大きく前進しました。また、高温ガス炉技術を更に高度化するために、流量喪失などの異常事象を模擬したHTTR試験を通して高温ガス炉固有の高い安全性をより向上させるための研究、燃焼度を大幅に向上させる燃料や炉内構造物を長寿命化する研究開発を進めています。

水素製造に関する研究開発では、地球温暖化ガス(CO₂)発生を伴わない熱化学法ISプロセスの研究開発を進めています。ISプロセスは、ヨウ素(I)と硫黄(S)の化合物を循環させて、高温ガス炉からの熱で水を分解する世界最先端の水素製造技術です。2004年に毎時約30ℓで1週間の連続水素製造を世界で初めて達成し、2006年には世界に先駆けてセラミクスを用いた硫酸分解器の試作に成功しました。このISプロセスの研究開発を世界のトップランナーとして進めています。

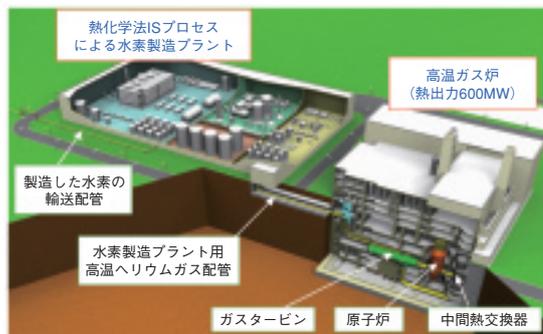


図 7-5 水素と電力を併産する高温ガス炉システム

高温ガス炉コジェネレーションシステムの概念設計例で、950℃の熱を、順次、用いて水素製造と発電を行います。

外部機関との連携／人材育成への貢献

「産学に基盤技術開発のプラットフォームを提供する活動」として、原子力機構研究資源を開放し共通課題解決に向けて産業界との連携を強化するため、「原子力エネルギー基盤連携センター」を設立しました。この制度により産業界からの研究者が機構職員と同様に必要な施設・装置を利用して共同で研究開発が可能となります。現在、次世代の再処理材料開発、軽水炉熱流動、廃棄物中のUやPuの非破壊検出などの分野で、産業界と原子力機構との共同研究グループが、本格的な活動を開始しています。

また、産学との各種共同研究を進めると共に、連携大学院、東大専門職大学院の原子力人材育成に協力しています。