Gen-ki 未来へげんき

2024
vol. 73

第19回 原子力機構報告会
原子力による新たな価値の創造に向けて
～ 原子力科学のユビキタス化で未来を切り拓く ～

廃炉から生まれた技術を「次世代」へ
福島の復興に貢献 燃料デブリ分析の最先端

量子ビームで漆技術を「次世代」へ
漆黒の闇に潜む謎を解明

軽水炉の安全研究を「次世代」の原子力へ
安全研究センターのミッション

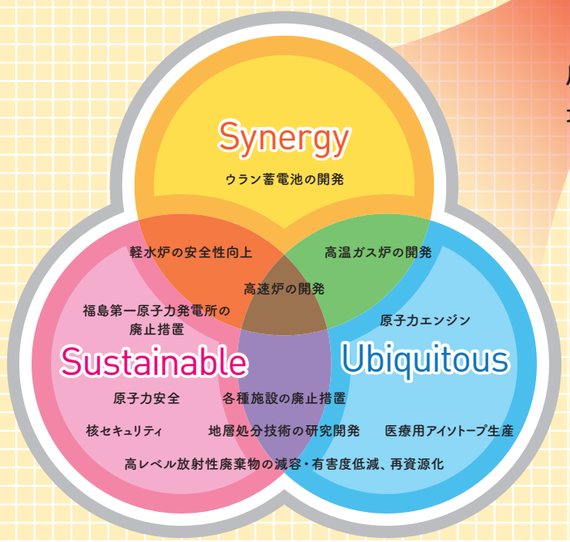
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

原子力機構のビジョン ～目指す将来像～

「ニュークリア×リニューアブル」で拓く新しい未来

原子力(ニュークリア)と
再生可能(リニューアブル)エネルギーが二元論を乗り越え、
融合することで実現する新しい**持続可能**(サステナブル)な
未来社会を目指します。

2050年 脱炭素社会



原子力科学技術を最大限に活用

ニュークリア×リニューアブルの Synergy **相乗効果**のための研究開発

原子力自体を Sustainable **持続可能**にするための研究開発

原子力利用の Ubiquitous **多様化**に向けた研究開発

■ CONTENTS

vol.73 Concept　JAEA ×「次世代」
原子力をサステナブルなものに変えていくため、
次世代につないでいける先進的な研究開発を行っています。

01 第19回 原子力機構報告会
原子力による新たな価値の創造に向けて
～ 原子力科学のユビキタス化で未来を切り拓く ～

06 廃炉から生まれた技術を「次世代」へ
福島の復興に貢献 燃料デブリ分析の最先端

10 量子ビームで漆技術を「次世代」へ
漆黒の闇に潜む謎を解明

13 軽水炉の安全研究を「次世代」の原子力へ
安全研究センターのミッション

16 拠点NEWS

第19回 原子力機構報告会

原子力による新たな価値の創造に向けて

～ 原子力科学のユビキタス化で未来を切り拓く ～

2024年11月21日(木)、第19回 原子力機構報告会「原子力による新たな価値の創造に向けて ～原子力科学のユビキタス化で未来を切り拓く～」を開催しました。原子力機構の研究開発を紹介するパネル展示や、立地自治体の観光紹介も実施。オンライン参加を含めて約1,200名の皆さまにご参加いただきました。

開催概要や発表資料、ライブ配信のアーカイブは、こちらの二次元コードからご覧ください

基調講演

原子力新時代への扉を開く

理事長　小口 正範（こぐち まさのり）

「多消費低効率社会」から「低消費高効率社会」へ

気候変動対策は人類が生存を賭けて取り組むべき大きな課題です。これまでも人類はオゾンホール対策など全世界が一致して対策を打ち、成果を挙げたものもありますが、地球温暖化はそれを遥かに上回る規模で人類社会に影響を及ぼしつつあります。国際社会はこの大きな課題を解決し、人類の長期的発展を可能にするために、再生可能エネルギーと原子力を最大活用することにしました。

一方で、日本においては、原子力の活用にあたって、手前においた解決すべき課題があります。特に福島第一原子力発電所の着実な廃炉、高レベル放射性廃棄物の減容、資源化は最重要事項であり、これらの課題から目をそらすことなく、より安全を高めた次世代革新炉の開発などに繋げていく必要があります。

気候変動対策としての脱炭素社会の建設は大きな社会変革を伴います。それは「多消費低効率社会」から「低消費高効率社会」への変革であります。原子力機構では新しいビジョン「『ニュークリア×リニューアブル』で拓く新しい未来」を掲げ、その社会変革に果敢にチャレンジしていきたいと考えています。

外部講演

多分野連携で推進する標的アルファ線がん治療の社会実装

国立大学法人大阪大学
核物理研究センター　センター長　中野 貴志（なかの たかし）氏

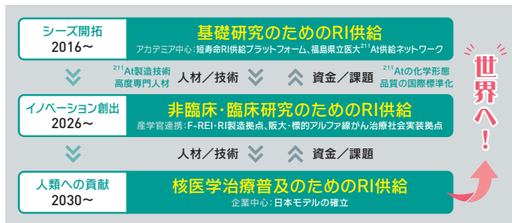
持続可能な研究エコシステムの構築・発展により健康長寿社会を実現

標的アルファ線がん治療は、難治性がんの制圧による健康長寿社会の実現を目指す革新的治療法です。日本はアスタチン211を用いた基礎研究で世界をリードしており、学術論文の約30%が日本発です。実際に大阪大学の医理連携から始まったプロジェクトでは、複数の候補薬剤での非臨床研究の成功を経て、2021年に甲状腺がん、2024年に前立腺がんに対する医師主導の治験開始へと発展しています。

しかし、アスタチン211は半減期が7.2時間と非常に短寿命で、今後の需要急増に対応するためには大量・安定供給が可能な専用施設が必要です。この課題の解決のために大学発ベンチャーのアルファフュージョン社を設立し、アルファ線核医学治療社会実装拠点の整備を進め、アスタチン211創薬のグローバルリーダーとして国際展開を推進しています。協業先の住友重機械工業株式会社では〝アスタチンの不足で創薬を遅らせない〟ために、現行機の7倍のビーム強度を目指す新型サイクロトロン加速器を開発中で、2026年度中の稼働を目指しています。

今後の課題は、短寿命RI（ラジオアイソトープ）の廃棄に関する規制緩和や化学形態・品質の国際標準化の推進であり、持続可能な研究開発エコシステムの構築に向けて急ぎ解決が求められてきます。

〈 持続可能な研究エコシステムの構築と発展 〉



報告 1

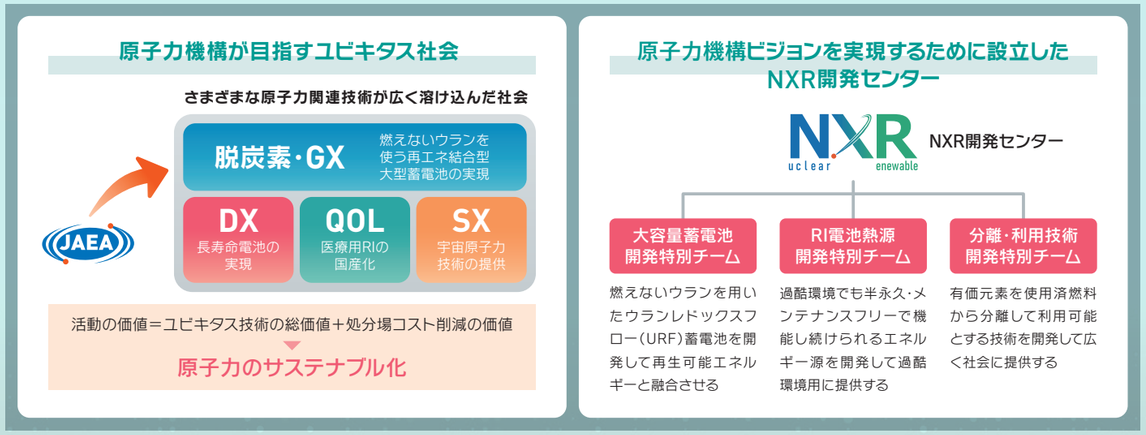
ウランから生成する有価元素が拓く新たなユビキタス社会

原子力科学研究所
NXR開発センター　センター長　呉田 昌俊（くれた まさとし）

発電、基幹IT/IoT、医療、宇宙など社会の幅広い分野で原子力技術を活用

原子力機構では、研究開発によって社会を新しく変えていきたいという思いから、目指す研究開発の3つの柱の1つとして「原子力利用の多様化＝ユビキタス化」に向けた研究開発を推進しています。その取組の1つとして、原子力を「元素製造技術」でもあると再定義し、ビジョン「『ニュークリア×リニューアブル』で拓く新しい未来」の実現をリードする「NXR開発センター」を2024年4月に新設しました。

NXR開発センターでは、原子力技術と再生可能エネルギーの融合を目指した研究開発を推進していくために、大容量蓄電池開発特別チーム、RI電池熱源開発特別チーム、分離・利用技術開発特別チームを設置しました。原子力を発電のみに活用するのではなく、原子力でのみ可能な元素製造という高度な技術を生かして、基幹IT/IoT、医療、宇宙分野など社会の幅広い分野での活用が見込まれます。

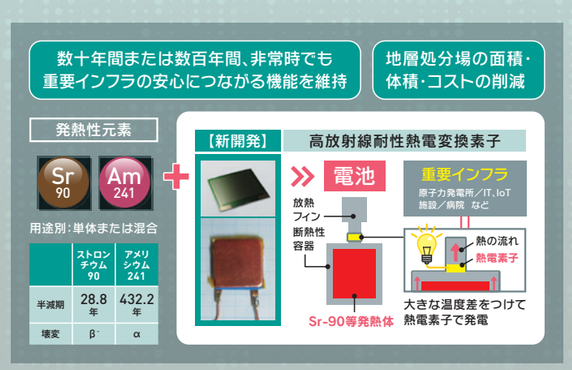


長寿命電池で社会に安心を提供

発熱性元素を使って長寿命電池を作り、社会の安心に貢献します。アメリカでは火星探査などで使用されている技術で、数十年から数百年発電し続けることができる長所があります。ただし、アメリカの宇宙探査で使用されている電池はプルトニウム238という作ることがとても難しい特殊な核物質を使っていて、日本を含む多くの国では作ることも使用することもできません。そこで私たちは、核物質ではないストロンチウムとアメリシウムという元素に注目しています。

長寿命電池を開発できれば、まずは、非常時でも安全に施設を維持するための電源として活用できるようにしていきたいと考えています。例えば、原子力発電所の重要なセンサーや情報機器の機能を維持させたり、重要なITやIoT施設のコア機能を維持させたり、病院の直接命にかかわる医療機器の機能を維持させたりといったところに安心を提供できるようにしていきたいです。

このような電池の開発を目指し、使用済燃料から発熱性元素を分離して電池にするための密封発熱体化技術や放射線耐性が高い新型の熱電素子の開発なども始めていて、徐々に成果が出始めています。

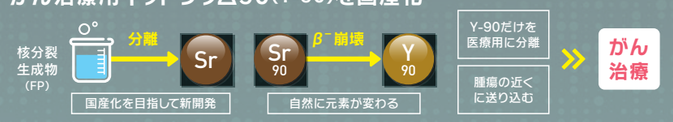


医療用RIの国産化で生活の質の向上に貢献

腫瘍の近くにβ線を放出する医薬品や微小粒子を送り込んで、がん組織を破壊する治療に医療用RIが用いられています。

医療用RIにはさまざまな種類がありますが、イットリウム90に注目しています。イットリウム90は現在全て輸入に頼っていて、半減期が64時間と短いことから輸送の間に能力が大幅に減少してしまいます。原子力機構では使用済燃料から化学的に分離する技術の確立の見通しを得ており、国産安定供給を目指します。

がん治療用イットリウム90(Y-90)を国産化



核分裂生成物からSrを、次にSrからYを分離するだけ　照射炉不要

[Y-90利用の現状(全世界※)]

(例)2020年:Y-90放射性塞栓剤　約1,800億円

外科療法などが適用できない肝臓がん／肝転移

[介入腫瘍学]

北米が市場の43.2%のシェア

アジア太平洋地域が急速増加中

Y-90のさまざまな利用形態に対応した国産提供を目指す

※ Interventional Oncology Market is Expected to Reach $2.9 Billion (hmpgloballearningnetwork.com)

社会に役立てるための分離技術や発熱体製造技術の開発

分離・利用技術開発の現状

原子力機構が開発した化学分離法であるSELECTプロセスを拡張

使用済燃料溶解液 → STEP 1 ウラン(U)、プルトニウム(Pu)、ネプツニウム(Np)の分離 → STEP 2 核分裂生成物(FP)とアメリシウム(Am)、キュリウム(Cm)、希土類(RE)の分離 → STEP 3 希土類(RE)とアメリシウム(Am)、キュリウム(Cm)の分離 → STEP 4 アメリシウム(Am)とキュリウム(Cm)の分離

U/Pu/Np　核分裂生成物　希土類　Am　Cm

新成果

Sr 90　Srを約80%の純度※で分離でき、技術的な見通しあり

※残り20%はBa

Pu 241 —β⁻ 分離→ Am 241　新開発　2系統の分離技術を開発中

長寿命電池用発熱体製造技術を開発

Am 241　焼結したアメリシウム混合酸化物

発熱体を製造できる技術的な見通しを得た

使用済核燃料は「ゴミ」ではない

現在の日本の原子力政策は使用済核燃料を全て廃棄物として扱っています。しかし、そこには資源が多く含まれています。一部の資源は、ほかの技術では実現ができない社会の安心につながる〝Only One〟技術となります。元素製造技術を活用した原子力の利用に世界各国で注目が集まり始めていて、医療用RIの製造・販売競争も国際規模で始まっています。原子力機構も原子力関連技術が広く溶け込んだユビキタス社会の実現にまい進してまいります。

報 告 2

土壌粘土鉱物を活用した革新的なエネルギー変換材料の創製

原子力科学研究所
物質科学研究センター　マネージャー　本田 充紀（ほんだ みつのり）

粘土鉱物を廃棄物から資源へと変える視点

研究を始めたきっかけは福島第一原子力発電所で発生した事故です。放射性セシウムが福島全域に飛散したことから、当時はセシウムの除去や減容に関する研究を進めていました。このセシウムが風化黒雲母という粘土鉱物に強く結合することが判明し、大量の粘土鉱物を単なる廃棄物ではなく資源として活用できないかと考えました。研究過程で普通輝石、赤鉄鉱や和田石などさまざまな結晶鉱物が生成できることが分かり、エネルギー変換材料として広く活用できる可能性を探ることにしました。

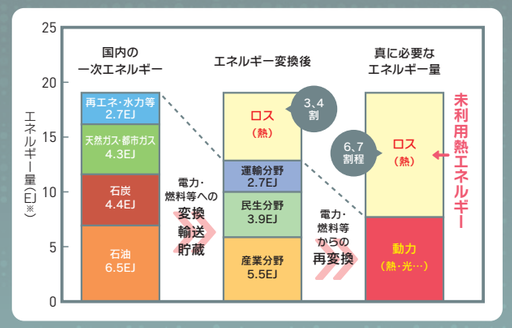
無毒で豊富な風化黒雲母でエネルギー自給率の向上を目指す

エネルギー変換材料に結びついた理由はいくつかあります。まずは、日本のエネルギー自給率はOECD諸国と比べて非常に低く、2021年時点で約13%に留まっていることです。実際、現在の火力発電所で用いる燃料は化石由来のもののほとんどは輸入に頼っています。

さらに、化石燃料を燃やしてエネルギーを生み出すと、それに伴って「熱」が排出されます。この未利用熱も現状では活用されることも少なく、試算では年間約1兆kWの未利用熱が捨てられています。しかも約25%は幅広い産業利用が可能な200℃以上の高温未利用熱です。

熱から電気に変換する熱電変換技術は、現在材料開発が盛んに行われていますが、その中心はビスマスやテルルなどを中心とする高価かつ希少なレアメタルです。そこで着目したのが、無毒で地球上に豊富に存在する風化黒雲母です。高温でも安定な材料であることから、安価に熱電変換材料を製造できると考え、材料開発に挑戦しました。

未利用の熱エネルギーは6～7割とロスが多い



※ EJ=10^{18}ジュール　　出典：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構「ここまで来た熱利用～脱炭素社会を切り拓く熱の3R」

機能もコストも優位な材料の創製へ

実際、熱電変換材料の製造に成功し、特許出願中です。

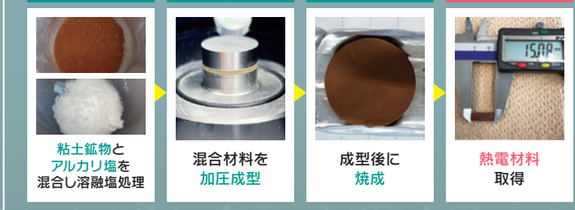
本成果で強調したいポイントは、風化黒雲母とアルカリ塩を混合して溶融塩処理を施し、加圧成型や焼成といった工程を最適化することで熱電変換材料として機能する材料を創製する点です。しかも通常の金属材料とは異なり高温で酸化するなど劣化が少なく安定しており機能として優位です。また、熱電発電コストを試算したところ、本材料はコスト面でも優位であることも示されました。

本成果による製造方法

製造工程

特願2023-101148　「ワダライト及びワダライトの製造方法」

工程 1 → 工程 2 → 工程 3 → 完 成



粘土鉱物とアルカリ塩を混合し溶融塩処理 → 混合材料を加圧成型 → 成型後に焼成 → 熱電材料取得

本成果を利用した熱電発電コストの試算

温度差300℃で1日の発電量と材料コストから発電コストを試算

発電量∝(熱電素子の温度差)^2×熱電性能指数

10cmサイズの素子(1cm²が100個配列)

	(例)SiGe	本材料
1日の発電量	2,400Wh	75Wh
材料コスト	300,000円/kg	100円/kg
発電コスト	125円/Wh	1.33円/Wh

本材料は発電コスト面で優位性がある　≫　社会実装へ

社会実装のために産業界との連携を強化

粘土鉱物という、容易に手に入れられる安価な材料から熱電変換材料というエネルギーを生み出す材料を作り出せるのは、社会実装に有利に働くと信じています。現在は、材料の量産化に向けた検討と、熱電モジュール化を見据えた連携を複数の企業と行っています。同時に、温度帯による発電量の評価や、未利用熱の活用先を模索している企業での実証実験を行う予定です。

今後は熱電発電系を確立しながら放射線発電系と連動・共創することで、カーボンニュートラルに貢献できるよう積極的なアクションを行っていきます。

廃エネルギー源を活用してエネルギー自給率の解決へ

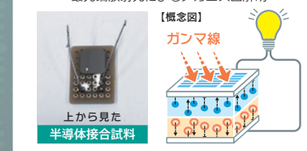
熱電発電系

粘土鉱物と塩から土壌粘土鉱物系熱電材料の創製

廃エネルギー源

放射線発電系

最先端放射光によるメカニズム解明



連動　共創(協奏)

熱　熱の温度差を利用して発電

放射線　放射線によるバンドギャップに応じた電子により発電

土壌からミライへ

出典：国立研究開発法人理化学研究所

Sustainable

廃炉から生まれた技術を「次世代」へ

福島の復興に貢献
燃料デブリ分析の最先端

照射済燃料の分析経験が豊富な大洗原子力工学研究所の照射燃料集合体試験施設（FMF）にて、東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所（以下、1F）から試験的に取り出した燃料デブリを分析し、今後の本格的な燃料デブリ取出しに係る具体的な方策の検討に資する性状データを提供していきます。本分析を通じて、1Fの廃炉推進、被災地の安全・安心の確保に貢献していきます。

大洗原子力工学研究所
燃料材料開発部
部長
前田（まえだ） 宏治（こうじ）

燃料デブリ分析の計画をお聞かせください。

2024年11月12日（火）、1Fから燃料デブリ約0.7グラムを大洗原子力工学研究所の照射燃料集合体試験施設（以下、FMF）に受け入れました。今後はFMFにて1か月程度で非破壊測定を実施し、その後は原子力科学研究所、日本核燃料開発株式会社、MHI原子力研究開発株式会社などへ移送し、各施設での分析も計画しています。

原子力機構は、分析・評価結果を順次とりまとめ、経済産業省に報告する予定です。その後も引き続き当該燃料デブリを利用し、分析を行う計画です。

分析に向けての準備はいつから開始したのですか？

2011年の震災後に1F原子炉建屋内のがれきの分析を開始したことから、ゆくゆくは燃料デブリの分析の一端を担うことになるだろうと考えていました。その後、国の事業や事業者のニーズに合わせて、廃止措置に必要な分析データを得るためのインフラを10年以上かけて整備してきました。燃料デブリ取出しの計画が具体化してからは、規制庁の審査を受け、2020年頃から燃料デブリの分析を見据えた本格的な取組を開始しました。

安全対策はしっかりと講じていますか？

燃料デブリの使用方法、使用設備、安全対策といった全ての取扱いについて、国の安全審査を経て許可を取得しており、許可に基づいて安全に分析を実施します。今回の分析で取り扱う燃料デブリのサンプルは約0.7グラムと極めて少量であり、臨界評価をもとに設定した取扱量の範囲内であることから、臨界が生じる可能性はありません。

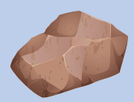
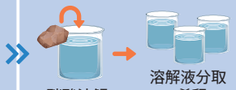
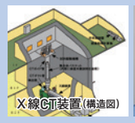
また、FMFでは負圧管理されたセルにおいて、遠隔操作によりサンプルを取り扱い、放射性物質の漏えい及び被ばくを防止します。セル内は不活性ガスで満たしており、空気との接触もないため、火災が生じることもありません。

そのほか、分析作業においては、適時、必要な保護具を装備し、被ばくを防止するとともに、作業時には複数名での作業手順の確認などを徹底します。また、万が一の事故に備えてグリーンハウスを設置し、汚染拡大防止措置も行います。

どのような分析を行い、どのような成果が見込めますか？

燃料デブリを分析することで、事故当時の炉内状況の手がかりを知ることができます。金属組成、結晶構造、酸化状態などの分析結果から、溶融温度、冷却速度、生成時の雰囲気、硬さなどの情報を得ることができ、その結果を受けて、事故当時の燃料デブリがどのように生成し分布しているのかが分かります。

これらの得られた情報は、これまで整備してきた炉内状況推定図に反映・精緻化を図ることにより、取出し工法、安全対策や保管方法の検討など、1Fで今後実施される本格的な燃料デブリ取出しの具体的な方策の検討に資するものとなります。

	非破壊分析	固体分析	化学分析
分析の流れ	①外観観察 ②重量測定 ③線量測定 ④X線CTにより主に密度分布を測定 ⑤電界放出走査型電子顕微鏡・波長分散型X線分析（FE-SEM-WDX）によりウランを探索	①少量サンプルを切断、包埋・研磨 ②電界放出走査型電子顕微鏡・波長分散型X線分析により構成元素を測定 ③精密加工、微細加工、加工確認 ④透過型電子顕微鏡・エネルギー分散型X線分析（TEM-EDX）により結晶構造を測定 ⑤二次イオン質量分析（SIMS）によりウラン粒子中のウラン同位体比を測定	①硝酸溶解・定容 ②溶解液分取・希釈 ③化学分離 ④誘導結合プラズマ質量分析（ICP-MS）により核種・元素量を測定
	 燃料デブリ数グラム	微細加工 切断／研磨 樹脂包埋	 硝酸溶解 溶解液分取・希釈
	 X線CT装置（構造図） FE-SEM-WDX装置	TEM-EDX装置 SIMS装置	ICP-MS装置
分析の内容 ※サンプル量により実施できない分析項目もある	○外観 ○重量 ○線量 ○表面の元素分布 など	○ウラン燃料と周辺材料（ジルカロイやステンレス鋼など）との反応生成物（ウラン粒子など）の結晶状態 ○ウラン粒子などの結晶状態 ○放射光分析結果から、微小結晶構造やウラン価数など評価	○核物質や中性子吸収物質及び発熱性核種の濃度 ○主要構成元素の組成 ○微量元素を含む元素組成及びウラン同位体比
分析の目的	固体分析や化学分析での着目箇所を決定	事故時の炉内状況（溶融温度、冷却速度、デブリ生成時雰囲気など）を推定	デブリの構成材料や臨界の可能性などの基礎データを取得

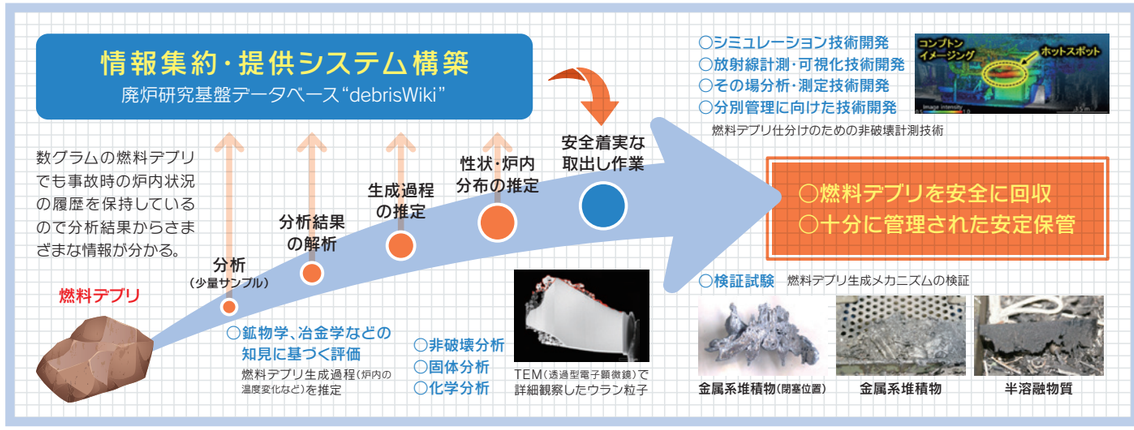
分析を終えたサンプルはどこに保管されますか？

全ての分析が完了し、使用目的がなくなった燃料デブリについては、最終的に東京電力ホールディングス株式会社に返却するため、大洗原子力工学研究所にて、永久に保管するということはありません。ただし、分析手法の確立や分析データの精度向上のため、最初のサンプルと次に来るサンプルの分析結果を比較検討する必要があり、2回目以降の受入サンプルの分析で新たな知見が得られた場合、過去のサンプルについて追加分析を行うことも想定していることから、分析計画を踏まえてある程度の保管が必要となります。

今後の展望をお聞かせください。

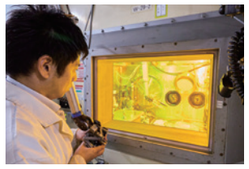
研究開発施設として、廃止措置に必要なデータを確実に取得できる環境を提供していきます。詳細な分析をするためには、局所分析、つまり顕微鏡で細部まで観察することが必要だと考えて設備を整備してきました。これまではサンプルを全て溶液化して分析する手法が一般的でしたが、それでは燃料デブリの組成を正確に把握できません。また、一般的な空気中での分析ではサンプルが酸化してダメージを受けてしまい、再試験が困難になってしまいますが、この施設ではサンプルを空気と接触させないため酸化を防ぐことができ、同じサンプルで複数回の分析が可能です。

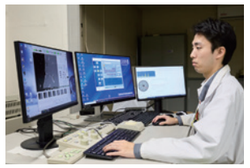
国内有数の施設と幅広い知見をもとに、私たちに託された重要な役割を果たしていきます。



Q&A　照射燃料集合体試験施設（FMF）ってどんな施設？

FMFはこれまでに高速炉燃料集合体の照射後試験を実施しており、核燃料物質の取扱いのノウハウを生かして、1F廃止措置に係る研究開発を進めています。また、原子力施設の人材育成や医療用RIの供給など、社会的貢献に直結する取組も行っています。


金相セルにおけるマニプレータ操作


電界放出走査型電子顕微鏡・波長分散型X線分析（FE-SEM-WDX）

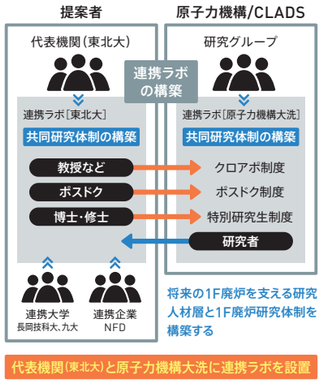
二次イオン質量分析（SIMS）

ICP-MS 準備作業（誘導結合プラズマ質量分析装置）

TOPIC①　人材育成

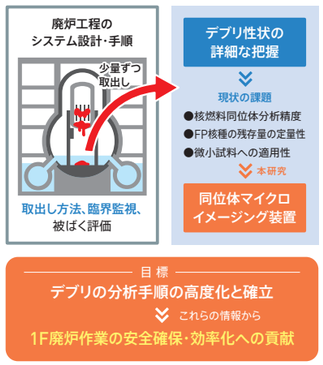
文部科学省1F英知事業
燃料デブリ分析のための超微量分析技術の開発（2019～2023年度）

大学と共同でICPタンデム質量分析装置（ICP-MS/MS）を用いた分析技術の開発を実施し、博士研究員1名を1年間、特別研究生3名を3年間受け入れました。



文部科学省1F英知事業
世界初の同位体分析装置による少量燃料デブリの性状把握分析手法の確立（2021～2023年度）

大学と共同でFMFにて改良型二次イオン質量分析（SIMS装置）の開発及び分析技術の開発を実施し、関連学生を約1か月間受け入れました。



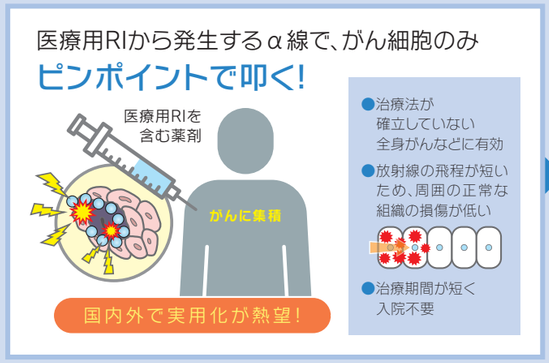
資源エネルギー庁補助事業
放射性物質研究拠点施設等運営事業費補助金事業（2024～2028年度）

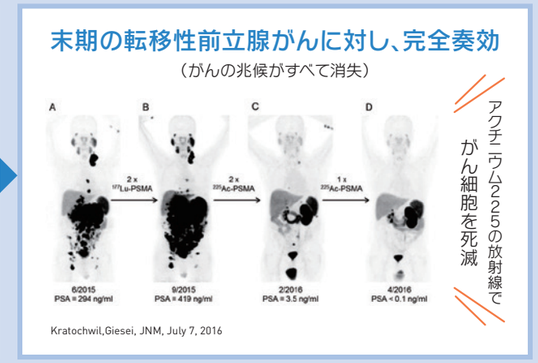
化学分析に関する表面電離型質量分析計（TIMS装置）の整備及び人材育成を計画。2024年度は、9月までに夏期実習生を約2週間受け入れました。今後も企業研究者などの受入れを予定しています。

実験室グローブボックスを用いた試料調製方法に係る実習（3F実験室）

TOPIC②　RI製造

FMFに隣接する高速実験炉「常陽」は、医療用RIを製造するための試料を照射する役割があります。FMFはその試料を受け入れ、将来的にはラジウムやアクチニウムといった医療用RIを医療機関に受け渡す役割を担う予定です。2026年度には医療用RI製造のための最初の照射を実施予定です。





若手の人材が、燃料デブリの分析や、医療用RIの製造に向けた取組などに積極的に関わってくれています。今後も同様に大学や産業界とも広く連携しながら、社会貢献につながるような研究開発を推進していきます。

Ubiquitous

量子ビームで漆技術を「次世代」へ

漆黒の闇に潜む謎を解明

世界初の解明!

漆は、非常に長い歴史があり、縄文時代の遺跡から分解されずに出土するほどの高い安定性を誇り、耐水性・耐薬品性に優れた環境にやさしい天然塗料です。石油から作られるプラスチック製品と異なり、光による劣化を防げば数百年単位で保存できることが知られています。長い歴史がありながらも科学的な解明は遅れていましたが、中性子や放射光を使うことで新たに漆の構造が見えてきました。世界初となるこの成果は、日本の伝統を継承する漆技術を最先端科学技術に転換するための足がかりとなるものです。

原子力科学研究所
プロモーション・オフィス
研究副主幹
南川 卓也

なぜ黒漆に着目したのですか?

日本の伝統工芸品として馴染みのある黒漆は、漆の木から出た液をろ過して不純物を取り除いた生漆(きうるし)に鉄粉を加えることで、美しく深く雅やかな黒色に変化することが昔から知られています。また、黒漆は鉄イオンの作用により生漆より圧倒的に早く乾燥することが知られており、それがさまざまな材料への転換が容易であると考えたからです。世の中で漆を機能性材料として普及させるには、可能な限り簡易な工程で一定の性能を発現させるという観点から、生漆より早く乾く黒漆は優位です。

今でこそ漆には触媒機能や抗菌性があることが分かってきましたが、なぜ鉄粉を加えることで漆が黒色になるのか、黒漆の構造はどうなっているのか、その謎は現代でもほとんど解明されていませんでした。

どのような方法で黒漆の分析を行いましたか?

最初に行ったのは黒漆の測定用サンプルの作製です。先駆けて黒漆に添加されている鉄の量が約0.3%程度であることを明らかにし、同じ条件で調製した漆を用いて黒漆を作製しました。

その後、黒漆の中の鉄を分析するために、大型放射光施設「SPring-8」に設置されているビームラインで放射光X線を使った解析を実施しました。同時に赤外線分光法を使用してUV照射した黒漆の化学変化を測定しました。次に大強度陽子加速器施設「J-PARC」で、生漆と黒漆中に含まれるナノ構造の構成成分を調べました。

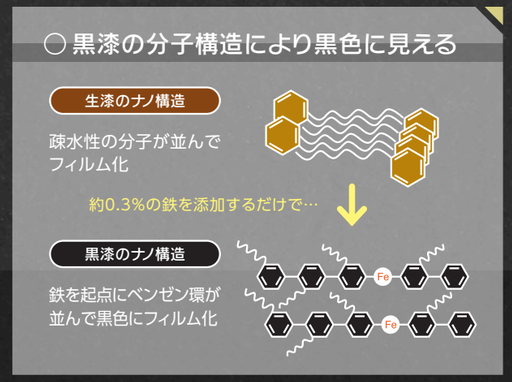
○測定用サンプルと実験の概要

放射光X線や赤外線分光法を用いた解析から分かったことは何ですか?

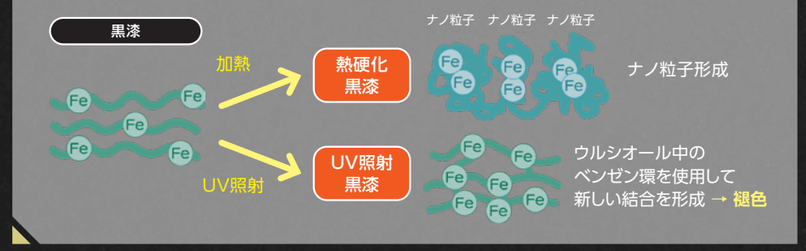
放射光X線を用いた解析では、漆中に微量に含まれる鉄の状態を捉えることに成功しました。その結果、光の吸収率を計算すると、0.3%の鉄だけでは黒漆が黒くなるほど多くの光を吸収できないことも分かりました。この結果から、黒漆膜が黒色になる原因は漆膜の構造にあると考え、中性子を利用したナノ構造解析の実験を計画しました。

また赤外線分光法では、UV照射により鉄とウルシオール重合体中の二重結合と、ウルシオールの長鎖炭化水素の二重結合が光反応で結合していることを解明しました。後で説明する黒漆のナノ構造の解析結果を踏まえると、黒漆のベンゼン環が連なったナノ構造に長鎖炭化水素の二重結合が反応することで黒色が褪色することが分かりました。この結果は、黒漆の褪色を予防する研究に利用できることを示しています。

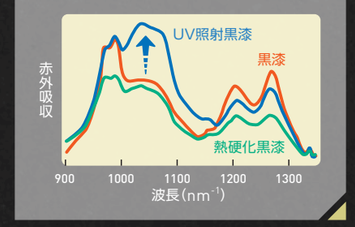
○黒漆の分子構造により黒色に見える



○黒漆の加熱やUV照射で起こる構造変化



○UV照射試料で顕著な赤外線スペクトルの変化を確認

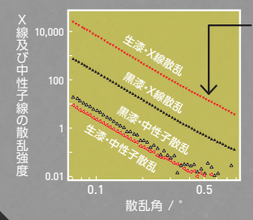


中性子を用いた解析で分かったことを教えてください。

生漆にはウルシオールのアルキル鎖が配列していることが、黒漆では鉄イオンまたはウルシオールのベンゼン環の部位が配列していることが分かりました。生漆に鉄イオンが添加されると、ウルシオールのベンゼン環の部分が連なっていきます。これが、黒漆の黒色を生み出していることが見えてきました。生漆と黒漆ではナノ構造の組成が全く異なることが特に興味深い結果で、世界初の発見です。右の図のように生漆は中性子よりもX線を非常に強く散乱していることが判明しました。

X線と中性子などの特色を利用した一連の分析で、非破壊で漆の構造を見る手法を確立しました。また、黒漆がなぜ黒くなるかの科学的メカニズムを世界で初めて解明しました。

○ 生漆と黒漆でナノ構造の組成が異なることを発見



生漆のX線散乱強度がほかと比べて大きな値に!

生漆と黒漆の強度比（X線散乱強度／中性子線散乱強度）	
黒漆	40±4.7
生漆	2687±220

苦労した点を教えてください。

世界中で誰も取り組んでいないテーマで、全てが手探りの状態でした。最初のハードルは、測定用サンプルとして適した標準的な漆を探すことでした。加えて、漆は液体の状態で皮膚に触れると「漆かぶれ」と呼ばれる触性皮膚炎を引き起こすのですが、測定用のサンプルを作製する過程で気づかないうちにかぶれてしまうこともありました。

Q&A 乾燥した漆でもかぶれることはある?

完全に乾燥した漆でかぶれることはありません。むしろ、乾燥した漆には高い滅菌作用があることが分かっています。日本で食器などに漆を塗っていたのは、このような作用を経験的に知っていたためではないかと推測できます。

今後はどのような活用が展望できますか?

今後、未解明だった黒漆の発祥や、漆を使った重要文化財などの資料を解析したりすることで、今まで明らかになっていなかった歴史の謎を解明できる可能性もあります。また、漆の優れた物性がどのような構造から発現しているのかを明らかにすることで、環境浄化や資源回収などに役立つ自然に優しい次世代材料の開発が期待できます。

漆には、まだ解明されていない謎が存在します。漆の作製もまだ知られていない技法があるものと考えています。原子力機構が保有するさまざまな手法でさまざまな漆を分析し、新たな知見につなげていきたいです。

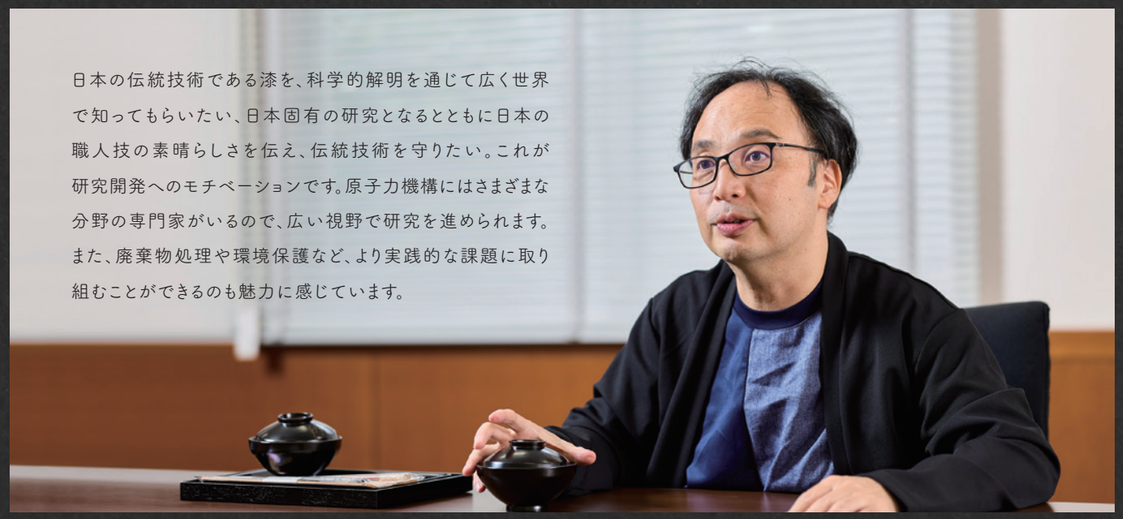
重要文化財の非破壊分析

劣化して褪色した歴史的資料の黒漆を評価

次世代材料の開発

接着剤／抗菌性コーティング／触媒／オイル分離材料など

日本の優れた伝統や技術を世界へ!



日本の伝統技術である漆を、科学的解明を通じて広く世界で知ってもらいたい、日本固有の研究となるとともに日本の職人技の素晴らしさを伝え、伝統技術を守りたい。これが研究開発へのモチベーションです。原子力機構にはさまざまな分野の専門家がいるので、広い視野で研究を進められます。また、廃棄物処理や環境保護など、より実践的な課題に取り組むことができるのも魅力に感じています。

Sustainable

軽水炉の安全研究を「次世代」の原子力へ

安全研究センターのミッション

2024年11月、原子力機構の組織改正により、原子力安全・防災研究所 安全研究センターに名称が変更になりました。安全研究センターは、国内外の原子力利用を取り巻く動向、東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所（以下、1F）事故から得られた教訓などを踏まえた研究開発を通じて、原子力安全に係る規制行政や原子力防災の実効性、原子力の安全性向上のための継続的改善などに資する科学的及び技術的知見を創出するとともに原子力規制委員会を技術的に支援しています。

安全研究センターの10の研究グループ

- 熱水力安全研究グループ
- 燃料安全研究グループ
- シビアアクシデント研究グループ
- リスク評価・防災研究グループ
- 経年劣化研究グループ
- 耐震・構造健全性評価研究グループ
- サイクル安全研究グループ
- 廃棄物・環境安全研究グループ
- 臨界安全研究グループ
- 保障措置分析化学研究グループ

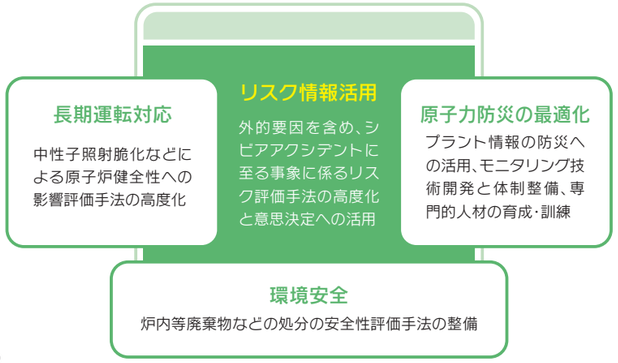
安全研究センター
研究主席
勝山 仁哉（かつやま じんや）

安全研究センター センター長
天谷 政樹（あまや まさき）

安全研究センター
臨界安全研究グループ
グループリーダー
郡司 智（ぐんじ さとし）

現在、安全研究センターでは どのような研究開発を行っていますか？

安全研究センターには10の研究グループがあります。これらの研究グループでは、個々の研究者がそれぞれの専門性を生かし、原子力発電所だけでなく再処理施設や放射性廃棄物処理処分に関する安全性、原子力施設の設計想定を大幅に超える過酷な事故（シビアアクシデント）が発生した場合の公衆と環境への影響、原子力災害発生時の緊急時対応など、幅広い分野にわたる研究を行っています。



特にどのような取組に注力していますか？

現在、安全研究センターで重点的に取り組んでいる研究テーマとして、既存の原子力発電所の長期運転への対応やリスク情報活用、1F事故を受けて国内外で精力的に進められている新型燃料開発などがあります。

長期運転への対応については、2023年の法改正により原子力発電所の60年超運転が可能になりました。このような状況を踏まえ、長期運転に焦点を当てた材料劣化研究や、各種検査の高度化を目指した技術開発などに取り組んでいます。また、1F事故での教訓を踏まえ、リスク情報を活用した安全性向上や原子力防災の高度化などが求められています。このため、原子力防災における防護対策戦略の提案や汚染地域における住民の被ばく管理に役立てることを目的とした研究開発を進めるとともに、世界的にも重要性が増しているリスク評価ツールの開発を進めています。

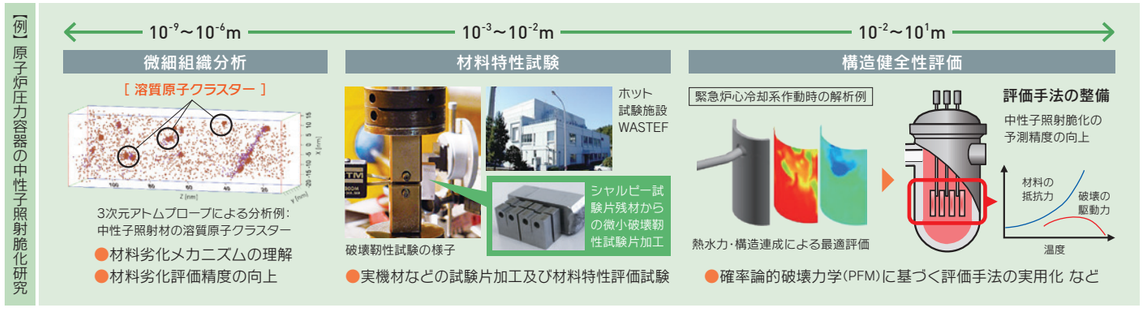
原子力発電所に装荷する燃料については、発電所の通常運転中や事故時の安全性を高めるための研究開発が国内産業界で進められています。このような動向を受け、最近ではいわゆる「10×10燃料」と呼ばれる新しい設計の燃料集合体や、事故時の炉心形状維持や酸化に伴う水素発生抑制のほか、通常運転中の破損防止にも効果があるとされる燃料被覆管（ATF被覆管）の安全規制に必要な知見の取得を進めています。

加えて、原子炉で用いられるウラン、プルトニウムなどの核燃料物質は、原子炉以外の場所で継続的に核分裂が生じる状態（臨界状態）に至ることのないよう、取扱方法や量を定めて適切に管理することが求められます。このため、臨界状態を観察できる小型の原子炉、臨界実験装置を用いた実験及び解析を行うことで、臨界安全に係るリスクの評価を進めています。

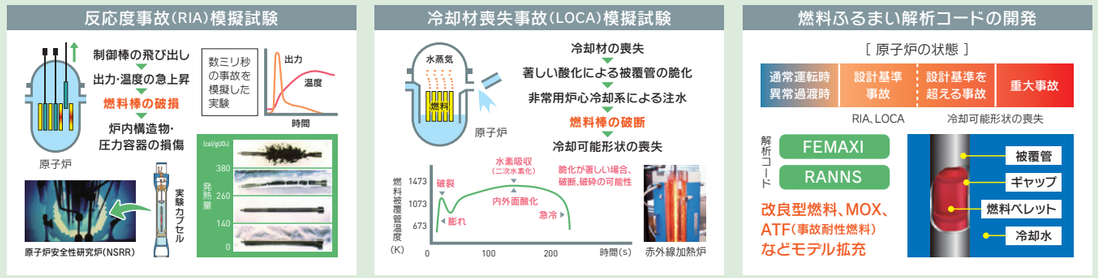
これらの研究成果は、学術誌への論文発表などにより原子力機構外への積極的な公開に努めています。

長期運転対応

軽水炉の長期運転による経年劣化を対象とした研究の推進



燃料の安全研究



※この内容は、原子力規制庁「東京電力福島第一原子力発電所燃料デブリの臨界評価手法の整備事業」の成果の一部を含みます。

原子力機構だからこそ 可能な研究開発があるのですか？

原子力機構の特長は、民間にはない研究炉施設や大型試験施設を用いた実験研究と所有する多種多様な計算コード群を用いた研究の両方を実施できることです。試験施設を用いた実験で得られた結果は、新しい実験技術や解析評価モデルの開発に生かすことができます。研究者自身が計画した実験とその結果を活用した解析評価を同じ場所で行えることは安全研究センターの強みであり、優れた研究成果の創出につながっています。また、このような研究環境は、幅広い分野から意欲のある学生の受け入れを可能とし、将来的な研究人材の育成にも貢献します。

Q&A 原子力での安全を最大限担保するために必要なことは？

原子力施設の有するリスクの大きさを適切に評価し、安全上重要なポイントを抜けなくまた見逃すことなく、必要なリスク対応策を講じることです。このためには、原子力施設の有する安全性を「鳥の目」のように高い視点から俯瞰（ふかん）することが極めて重要です。

安全研究を進めていく上での 課題があれば教えてください。

原子力に係る規制行政を支援する立場から求められる中立性と透明性を保ちながら、事業者などが求めるニーズや課題も考慮して研究開発を進めていく必要があると考えています。原子力機構だけの〝閉じた世界〟のなかに留まることなく、外部組織と効率的・効果的に連携しながら安全研究を進めることが必要かつ重要です。

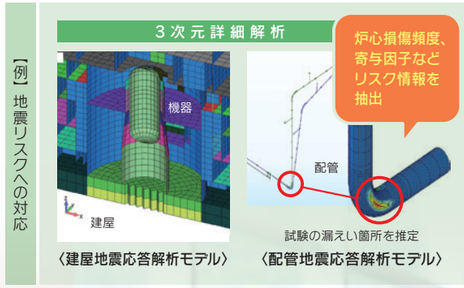
今後の展望を教えてください。

日本において、原子力発電はエネルギーの安定供給や世界的なカーボンニュートラルへの貢献といった観点から必要とされています。このため、原子力発電所を長期間活用するという方針と、新しい設計で安全性を高めた原子力発電所を早期に導入するという取組が国内で進んでいます。これらの国内動向を踏まえ今後の安全研究を進めていく必要があります。

これまでと同様の基礎的な研究や原子力規制委員会や規制庁からの受託事業の実施だけでなく産業界と連携した研究の遂行を通じて、既存及び新型の原子炉施設の安全確保に貢献したいと考えています。

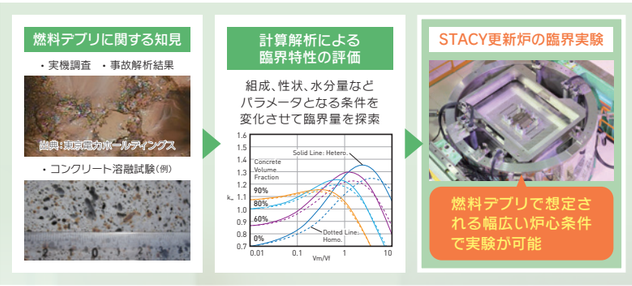
リスク情報活用

新検査制度に係る指摘事項の重要度評価、安全性向上対策の実効性向上などに関連するリスク情報の活用に向けた研究の推進



燃料デブリの臨界安全性評価

1Fの過酷事故により発生した燃料デブリを安全に取出し保管するため、その臨界安全管理評価手法を臨界実験で得られたデータとの比較を通じて検証



自分の専門分野を生かしながら研究開発に没頭できるだけの十分な環境を与えられている研究者は、世の中を見回してもひと握りだと感じます。当センターの研究成果は国内外の原子力発電所の安全に直結する高い価値があります。原子力機構の恵まれた環境のなかで、若い世代が広く活躍できるような土壌を培っていきたいです。（勝山）

安全研究センターでの取組は、今ある原子力発電所の安全確保はもちろん、今後想定される新型の原子炉施設の開発にも役立つものです。産業界や規制側のニーズをタイムリーにキャッチしながら当センターとして安全研究を推進し、原子力安全規制に貢献していきます。（天谷）

民間から転職してきている身としては、豊富な原子炉施設、特に日本に2つしかない臨界実験装置の1つ、STACY更新炉を用いて実験データを取っていけることに大きなやりがいを感じます。また、自身の研究テーマが1F廃炉支援を含め、原子力を持続的に利用していく上でも活用されるのがモチベーションです。（郡司）

お知らせ

「福島廃炉安全工学研究所成果報告会」開催のお知らせ

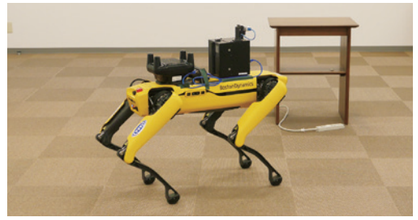
2025年1月31日(金)に、「令和6年度福島廃炉安全工学研究所成果報告会」を開催します。福島第一原子力発電所の廃炉と福島県内の環境回復に関するこれまでの取組や、未来へつながる研究成果を皆さまに分かりやすくお伝えします。ぜひご参加ください。

参加申込みはこちらから

地域交流

「廃炉環境国際共同研究センター(CLADS)施設公開」を開催

11月9日(土)に、2年振りとなるCLADS施設見学会を開催しました。今回の施設見学会では、四足歩行ロボットや電子顕微鏡、「コンプトンカメラ」という放射線を見ることができるカメラなど、CLADSならではの測定器を準備しました。当日は、若手研究者をはじめ職員が来場者の方へ説明を行い、目の前での実演や操作の体験をしていただきました。



地域交流

「学園祭(技大祭&磐陽祭)」に出展

毎年恒例の学祭シーズン!2024年も9月14日(土)、15日(日)に長岡技術科学大学の技大祭、11月2日(土)に福島工業高等専門学校の磐陽祭に出展しました。福島廃炉安全工学研究所からは移動式ホールボディカウンタ車を搬入し、原子力機構職員と学生が一緒になって体内の放射能量を測定する実習体験を行いました。ご来場の方々には自分の体の中にも放射能があることに興味を持っていただきました。一方、ブースでは来場者にサーベイメータやVRを体験していただきました。

機器に実際に触れることで、放射線や福島研を身近に感じていただけたのではないでしょうか。

お知らせ

楢葉遠隔技術開発センター(NARREC)見学者3万人達成

11月29日(金)にNARRECの見学者が通算3万人(2015年10月の開所以来)に到達し、セレモニーを開催しました。3万人達成日の見学者は福島県立ふたば未来学園中学校の生徒さん。記念品として町産のゆずドレッシングと干し芋を贈呈しました。NARRECでは随時一般見学を受け付けていますので、ご希望の方は下記までご連絡ください。【電話:0240-26-1040】

お知らせ

日本機械学会の貢献表彰を受賞 TVFガラス固化技術の改良が評価 (TVF:ガラス固化技術開発施設)

核燃料サイクル工学研究所 東海再処理施設において取り組んでいる新型ガラス溶融炉の開発の成果が、日本機械学会動力エネルギーシステム部門貢献表彰を受賞しました。溶融炉内部に白金族元素が滞留すると運転に支障を来すため、滞留しにくく流れやすい炉底形状に改良したことなどが評価されたものです。今後、新型溶融炉へ更新し、安定したガラス固化処理を目指します。

核燃料サイクル工学研究所 TRP廃止措置技術開発部 ガラス固化管理課
左から 受賞者:宮田 晃志、白水 大貴、小林 秀和、朝日 良光(欠席:福田 茂樹)

地域交流

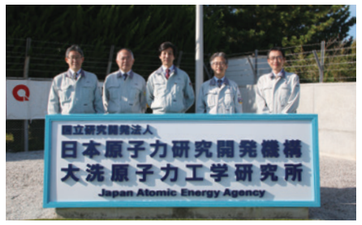
「原子力科学研究所施設公開2024」を開催

10月26日(土)“原子力の日”に「原子力科学研究所施設公開2024」を開催しました。当日は天気にも恵まれ、地域の皆さまをはじめとする800名を超える方々にご来場いただきました。研究紹介や各種展示、科学実験教室・工作教室、普段は立ち入ることができないJRR-3、STACY、NSRR、タンデム加速器といった大型施設の見学、VR体験ツアーなどにより、開催テーマである、“見る、聴く、触れる”ことで科学の面白さを通して、原子力科学研究所で取り組んでいる最先端の研究や活動を知っていただく良い機会となりました。

お知らせ

「大洗原子力工学研究所」への組織名称変更について

2024年11月、大洗原子力工学研究所は、組織改正に伴い、組織名称を「大洗研究所」から「大洗原子力工学研究所」に変更しました。今後とも、安全を最優先に研究開発を進め、次世代革新炉の開発をはじめとした当研究所のミッションを果たすべく挑戦し続けてまいります。



地域交流

地域イベントに参加

大洗原子力工学研究所では、10月14日(月)に鉾田市の「鉾田オータムフェスティバル2024」、11月10日(日)に水戸市の「第34回風土記の丘ふるさと祭り」、11月16日(土)・17日(日)には大洗町の「大洗商工感謝祭＆あんこう祭」へブース出展しました。研究所について知ってもらう展示パネルを見てクイズにチャレンジするコーナーを設置したり、子ども向けとしてオリジナルキーホルダーや缶バッジ作成を行いました。研究内容について熱心に質問をされる方もおられ、大変有意義なブース出展になったと感じました。今後もこのような活動を通じて、地域の皆さまへの理解促進や地域共生に積極的に取り組んでいきます。

地域交流

小中学校への理科教育の支援

大洗わくわく科学館では、大洗町教育委員会が行う「大洗町原子力教育推進研究委員会(原推研)」の一環で大洗町の小中学校の理科教育の支援事業を行っています。本事業は、学校の理科の授業時間に子どもたちに科学館で授業を受けてもらったり、科学館のスタッフが中学校へ出向いて出張授業を行うものです。学年や学校カリキュラムにあわせた内容で、科学館の設備を使った大掛かりな実験などを織り交ぜた科学館ならではの授業を行っています。授業中、子どもたちが真剣な表情で授業を受け、実験に歓声をあげて目を輝かせている姿を見ると、わくわく科学館の設立趣旨である、「子どもたちの科学に親しむ心・考える力を育む」ことに貢献できていることを実感します。今後も各学校の先生からの要望を取り入れながら、科学館ならではの授業を子どもたちに提供していく予定です。

お知らせ

「もんじゅ」廃止措置の現況について

「もんじゅ」の廃止措置は2024年度から第2段階となる解体準備期間に入りました。現在は、ナトリウム機器の解体準備や非管理区域である水・蒸気系等発電設備の解体撤去を計画どおり進めているところです。

しゃへい体等取出し作業

2023年6月からナトリウム機器の解体準備として、炉心にあるしゃへい体等を取り出す作業を行っています。2023年10月、機器の不具合により中断しておりましたが、手順書の見直しなどの再発防止策を講じ、関連設備の点検と定期事業者検査を完了し、設備の健全性が確認できたことから10月11日(金)に作業を再開しました。なお、取出し作業の完了については、作業プロセスの最適化や点検の合理化を図ることにより、当初計画の2026年度に完了する見込みです。

水・蒸気系等発電設備の解体撤去

2023年7月からタービン建物にあるタービン発電機、復水器、給水加熱器などの機器等の解体撤去を開始し、8月には給水加熱器の解体撤去を終え、引き続き蒸気タービン発電機等の解体撤去を実施しています。

第2段階に係る廃止措置計画の変更認可申請

10月11日(金)には、第2段階で今後実施する作業内容をさらに具体化し、廃止措置計画へ反映するため、廃止措置変更認可申請を行いました。ここでは主に「もんじゅ」で保有している非放射性ナトリウムの搬出方法や、非管理区域のナトリウム取扱機器の解体撤去作業などについて記載しています。

[タービン発電機解体の様子]

タービン発電機(解体前)

タービン発電機(解体中)

「もんじゅ」は国内初のナトリウム冷却型高速炉の廃止措置を通じて、経験や知見を積み重ねながら、引き続き安全第一に作業を進め、サステナブルな社会実現に貢献してまいります。

拠点NEWS

05 幌延

お知らせ

幌延深地層研究センター 地下施設の整備状況について

幌延深地層研究センター地下施設では、2023年9月29日(金)より深度500mに向けた掘削工事を行っており、2024年9月5日(木)に東立坑が深度500mに到達しました。換気立坑、西立坑については現在も掘削を続けています。また、9月17日(火)より深度500m水平坑道の掘削も開始しております。掘削工事は順調に進んでおり、2025年末の第3期施設整備完了を目指して、引き続き安全第一に地下施設整備工事を進めてまいります。

拠点NEWS

06 青森

お知らせ

「むつ海洋・環境科学シンポジウム」を開催

11月14日(木)にむつ海洋・環境科学シンポジウムを、むつ市など青森県内に拠点を置く4研究機関、下北地域県民局及びむつ市で共同開催しました。今年は記念すべき20回目の開催で、原子力機構が目指す将来像や近況などの報告に加え、むつ工業高校3年生のチーム「Aries」より「風向風速観測機(簡易タイプ)実用化へ向けて」と題した発表がなされ、参加者の皆さまは興味深く聴講していました。次年度以降も有意義な開催となるよう、青森研究開発センターが一丸となって創意工夫を凝らし、より一層努力していきます。

拠点NEWS

07 東濃

地域交流

「ブック＆サイエンスフェス2024」に出展

11月10日(日)、土岐市役所・土岐市文化プラザにて開催されたブック＆サイエンスフェス2024において、「キラキラ光る石を探してみよう!」「岩石のコースターを作ろう!」などを出展しました。「キラキラ光る石を探してみよう!」では、砂を入れた箱に6種の鉱物を埋めて、制限時間内に子どもたちに鉱物を探してもらう内容で、鉱石を見つけた後に研究者から本を使って鉱物の説明を行いました。子どもたちからは「鉱石ゲット!コンプリート!」などの楽しそうな声が多く聞かれました。

拠点NEWS

08 人形峠

地域交流

「わくわく宇宙実験教室」を開催

10月27日(日)に宇宙航空研究開発機構、日本宇宙フォーラム、鏡野町と連携した「わくわく宇宙実験教室」を鏡野町中央公民館にて開催しました。「宇宙空間」をテーマに、マシュマロや風船を使った真空実験、ペットボトルを使った無重力状態の観察を行いました。極低温実験では液体窒素につけて凍結したバナナで釘を打つと驚きの声があがり、凍結した花に触れると、粉々になる様子を体験していただきました。また、放射線の飛跡を目で見ることができる「霧箱」やさまざまな科学おもちゃに触れ、科学への関心を高めていただきました。

花が粉々になる様子

mirai no science

未来を変える、明るくする、科学技術 「ミライノサイエンス」

「天気の操作」

楽しみにしているお出かけや重要なイベントの前に、晴天を祈って「てるてる坊主」をつるした経験はありますか？今ではてるてる坊主に頼ることなく雨を晴天に変える科学技術が進んでおり、前もって人工的に雨雲を消してしまう人工消雨が広く知られています。

地球温暖化の進行により台風や豪雨などといった気象災害が激甚化している今、世界中で災害を引き起こす天気操作への取組が進んでおり、日本でも台風や線状降水帯などによる豪雨を制御するシステムの構築が進んでいます。

2050年までに、台風や豪雨の強度・タイミング・発生範囲などを変化させる人工的な制御によって極端風水害による被害を大幅に軽減するという目標を立て、2030年までには計算機上で実証し、気象制御に関わる屋外実験を行う予定です。

自然への畏敬の念を忘れてはなりませんが、新しい技術を活用して天気とうまく付き合っていくこともこれからの時代に求められる選択肢かもしれません。

読者アンケート

ご意見・ご感想などをお寄せください。

今回の「未来へげんき」はいかがだったでしょうか？
今後の誌面作りの参考にさせていただきます。

https://www.jaea.go.jp/genki/enquete/73/

編集後記

「JAEA×『次世代』」をテーマに、1Fから取り出した燃料デブリ分析や、量子ビームを用いた「漆黒の闇」の謎に迫る研究などを紹介しました。先に開催しました第19回 原子力機構報告会「原子力による新たな価値の創造に向けて」では、原子力機構の研究開発の3つの柱の1つである「Ubiquitous」分野における取組を中心に報告しました。脱炭素、低資源・高効率な社会の実現のため、今後も原子力科学技術の社会実装に貢献していきます。

季刊 未来へげんき
Japan Atomic Energy Agency
2024 vol.73
令和6年12月

●編集・発行／日本原子力研究開発機構 総務部広報課（TEL:029-282-0749）
●制作／TOPPAN株式会社 東日本事業本部

未来へげんき
To the Future / JAEA

（キリトリ線）

皆さまの声をお寄せください。
今後の誌面作りの参考にさせていただきます。

2024 Genki vol.73 未来へげんき

❶ 本誌「未来へげんき」をどこで入手されましたか。
①原子力機構施設など　②公共施設　③郵送　④その他（　　）

❷ 今号の記事・読み物で良かったもの（複数回答可）
① 第19回 原子力機構報告会　原子力による新たな価値の創造に向けて
② 福島の復興に貢献 燃料デブリ分析の最先端
③ 漆黒の闇に潜む謎を解明
④ 安全研究センターのミッション
⑤ 拠点NEWS
⑥ その他（　　）

❸ 表紙や紙面のデザインの印象
①良い　②まあ良い　③普通　④あまり良くない　⑤悪い

❹「未来へげんき」の冊子配送についてお伺いいたします。
（イベントなどで本誌をはじめてお読みになった方）
本誌は年4回発行しています。今後の郵送を希望される方は送付先のご記入をお願いします。

【「未来へげんき」の郵送をご希望の場合】
ご住所:
お名前:
☐ 表面に記載した住所・お名前宛てに送付を希望する
送付先やご所属に変更がございます場合も、お手数ですがこちらのハガキにて変更内容をお知らせください。

❺ 原子力機構及び本誌に関するご意見・ご要望をお聞かせください。また、今後取り上げてほしいテーマなどご自由にご記入ください。

ご協力ありがとうございました。

原子力機構ビジョンPR動画のご紹介！

2050年脱炭素社会の実現に向けて打ち出した、原子力機構ビジョン「『ニュークリア×リニューアブル』で拓く新しい未来」のPR動画を制作しました。
「Synergy」「Sustainable」「Ubiquitous」を3つの柱として、原子力がもつ無限のポテンシャルを最大限に活用し、原子力科学技術を通じて人類社会の福祉と繁栄に貢献します。

「原子力機構ビジョンPR動画」はこちらから ››› https://youtu.be/_JKsxmbSDUI?si=_HTX7IsiwkDFFCCZ

（キリトリ線）

料金受取人払郵便

ひたちなか
郵便局承認
319

差出有効期間
2025年
3月31日まで

切手不要

郵便はがき

3 1 9 - 1 1 9 0

茨城県那珂郡東海村
大字舟石川765番地1

（受取人）
国立研究開発法人
日本原子力研究開発機構
総務部「未来へげんき」係 宛

お名前	年齢　　歳
ご職業	
ご住所	〒
お電話	

Japan Atomic Energy Agency JAEA

原子力機構の最新の情報や研究開発成果をチェック！

Webサイト
https://www.jaea.go.jp/

「未来へげんき」
バックナンバー
https://www.jaea.go.jp/genki/backnumber/

〈X〉
@JAEA_japan
https://x.com/jaea_japan

〈YouTube〉
@JAEA Channel
https://youtube.com/@JAEAChannel