

2018  
51

国立研究開発法人  
日本原子力研究開発機構

# 未来へげんき GENKI

Japan Atomic Energy Agency



JAEA  
×  
「つかむ」

アインスタイニウム・ブレイク

**Einsteinium Break**  
の謎を解く

**NSRR**で事故時の状況を  
つかむ

1F内の放射性物質の  
分布を「つかむ」

高速増殖原型炉もんじゅの  
廃止措置について

アインスタイニウム・ブレイク

# Einsteinium Break

## の謎を解く

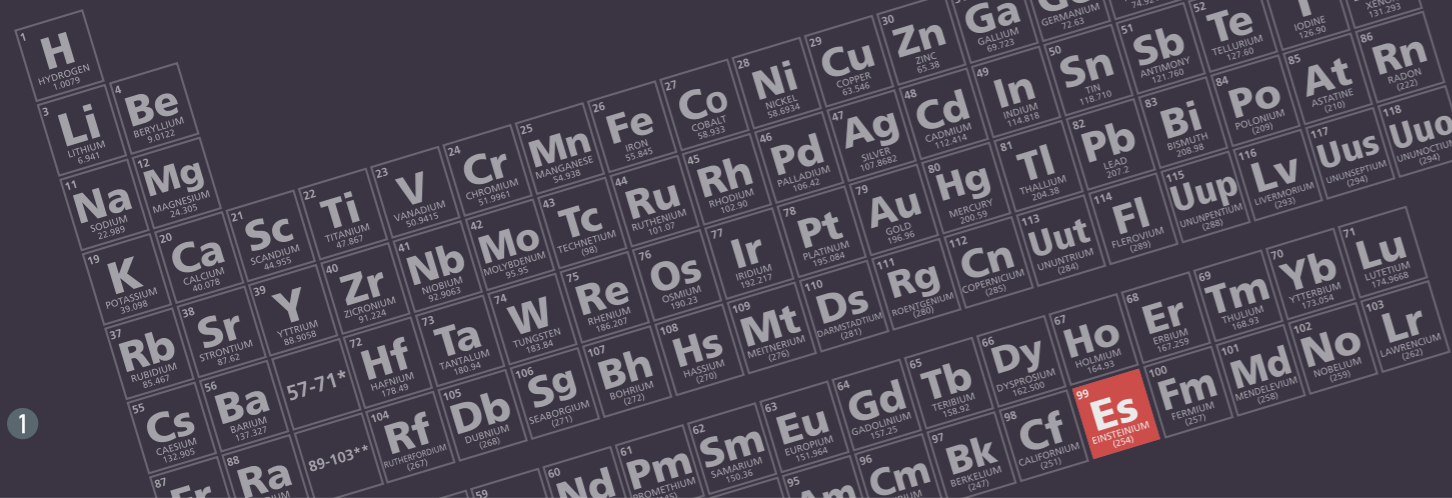
SPring-8 実験で新発見—アインスタイニウムの不思議な現象

99 番元素アインスタイニウム (Es) は、アクチノイド系元素と言われる重い元素のひとつで、元素記号は Es、原子炉で作ることができる一番重い元素です。

この Es が昨年、米国のオークリッジ国立研究所 (米国エネルギー省 DOE 管轄、ORNL) から特別に供給されました。

原子力機構では、このチャンスを最大限に活かす世界初の実験を行っています。

その一つである Es の「かたち」を見る実験が、2018 年 12 月に SPring-8 (兵庫県佐用町) で無事終了し、世界で初めてこれまでの予想をくつがえす不思議な現象をとらえました。



### Cover commentary

99 番元素アインスタイニウムに関する SPring-8 での実験が無事終了し、世界で初めて「アインスタイニウム・ブレイク」という現象をとらえました。



## Tokimeki トキメキサイエンス SCIENCE

### 雪

雪には様々な美しい呼び名があります。

細やかに降る細雪、うっすらと積もり手のひらですーっととけていく淡雪、ひとひらが大きな雪は、牡丹雪、花びら雪ととても華やかな呼び名です。

冬の始まりと終わりを告げる玉雪は、球形をした雪で、雪雲のでき始めの先端部分に見られます。

雪が樹に降りかかり、美しい花が咲いたような様子は、昔から玉雪開花(ぎよくせつはなをひらく)とその情景を愛でられています。

玉雪や牡丹雪がとけ始め水分が多くなると餅雪と呼ばれます。

餅雪の塊は餅のように柔らかく自由に形状を変えられるので、雪玉や雪だるまなどを作るのに一番適しています。

灰のようにふわふわ舞うのが灰雪、風上の降雪地から風によって流されてきた雪は風花、

雪のあまり降らない地方の人々にとって、雪は不思議なほど心惹かれる存在です。

こうした様々な種類の雪の結晶は、本来六角形になるはずが温度や湿度で微妙に変化するためにまったく同じものがないと言われています。

また、雪は小さな氷の粒なのに透き通っていないのは、太陽の光を吸収せずに反射するため、光の3原色を全て混ぜると白になるのと同じ原理で、白く見えるのだそうです。

## Contents

01 アインスタイニウム・ブレイク  
Einsteinium Break  
の謎を解く

07 1F内の放射性物質の  
分布を「つかむ」

04 NSRRで事故時の状況を  
つかむ

10 高速増殖原型炉もんじゅの  
廃止措置について

12 PLAZA  
読者アンケートはがきなど

図3

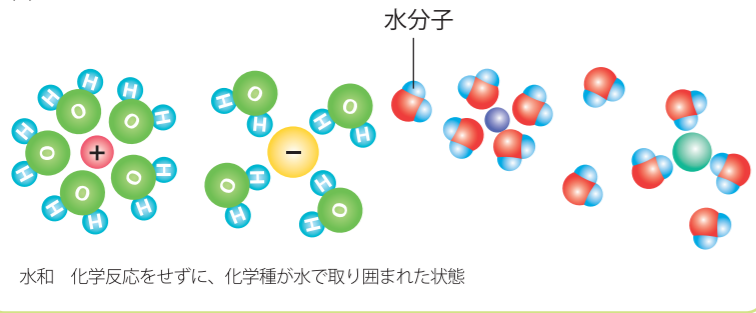


図3は、水分子が周囲の水分子に囲まれて水合状態を形成している様子を示しています。水分子は酸素原子（赤）と水素原子（白）で構成されています。水合状態では、水分子が水分子と水素結合を形成し、ネットワークを形成します。

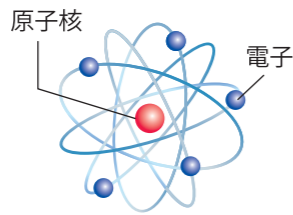


図4  
量子とは物理量の最小単位のこと、量子の性質をもつ粒子の代表が原子核や電子である

図4は、原子の構造を示しています。中心には原子核があり、その周囲には電子が軌道を回っています。量子力学では、電子の位置や運動量を正確に予測することはできません。

「Esのイオン半径には急激な収縮が認められました。」  
この不思議な現象は、水和という化学的アプローチではどうしても説明がつかず、Springerでの研究仲間である山上グループリーダーに固体の電子構造のシミュレーションをお願いしました。

山上 私は、固体の電子構造のシミュレーションが専門でしたので、「水和構造から攻める」という化学の常識となっていた先入観がありませんでした。Esの水和構造が全く変わらないのに、収縮が起こったという現象の理由として、私はまず、電子の量子構造の変化が原因ではないかと考えました。

物質は電子と原子核でできています。電子は、原子核に比べて千分の一から十万分の一の質量でも軽く、原子核の隙間を高速に飛び回るので、物質の主たる性質を決定しています。ですから物質の中の電子の運動がわかれば、物質の性質を予測することができそうです。

今回の不思議な現象も、Es原子の中の電子の挙動が関係しているのではないかと予想しました。

電子の量子構造、つまり電子軌道の占有率の変化でイオン半径を計算してみたところ、実証されたデータとびたりと合ったことに、私自身がものすごく驚きました。

解決できるかもしれません。

### インスタインウム・ブレイク

#### — 答えは名前に隠されていた？ —

塚田 Esという名前はとも魅力的ですが、さらにその現象を説明するために、相対性理論がこれほどまでに影響していることに正直なところでも驚きました。

実は、重たい元素を扱っていると、相対論効果というのはとても大事で、化学的にそれがどう影響してくるのか追いついてきませんでした。今回の現象が量子的なアプローチで説明されたことは私たちだけではなく、重い元素を扱っている世界中の研究者にとって、とても興味深いことだと思います。

重くなって相対論効果がどのように影響してくるかを知らないと、今回の成果は我々が今までやってきた研究のスタート地点に改めて戻ってきたような気がします。

今回の研究成果をきっかけとして、さらに重い元素の化学的な特性を研究していきたいと思っています。

山上 私は逆に、今までほとんど知らなかった水和について非常に興味を持ちました。これまで水和構造をもとに説明できていた現象なども、電子の量子構造による計算で見直していくと新たな発見が得られるかもしれません。水和の計算で得られたアイデアも活用しながら、プルトニウムなど重い元素の固体状態を研究してみたいと思っています。もしかすると、これまで発見できなかった性質が見えてきて、元素の新たな特性の解明につながるかもしれないと期待しています。

## Einsteinium Break

の謎を解く



先端基礎研究センター 重元素核科学研究グループ 研究主席 塚田 和明 (かずあき)

物質科学研究センター 副センター長 やいた つよし (つよし)

物質科学研究センター 電子構造物性研究グループグループリーダー/京産大 教授 やまがみ ひろし (ひろし)

「思ったより小さい」!?  
インスタインウムが

塚田 一般によく知られている周期表の中で、ランタノイド系列とアクチノイド系列とに分類されているのが「重い元素」です。(図1参照) Esは、アクチノイド系列に属しています。

私たちは、今回Springerの放射光を利用して、世界で初めてEsの構造、つまり「かたち」を明らかにしました。もともとの原子の状態では、陽子（ $+$ ）の数と電子（ $-$ ）の数は同じですが、原子が電子のやり取りをして、プラスかマイナスの電気を帯びたものをイオンと言います。重い元素の化学的挙動を見るためには、このイオンの大きさがどうなっていくかを調べるのが重要です。

これまで化学の世界では、アクチノイド系列の重い元素は、原子番号が一つ一つ大きくなるとイオンの大きさが小さくなっていくと予測されてきました。この現象をアクチノイド収縮といいます。同様にランタノイド系列においてもランタノイド収縮が見られ、これらの収縮はグラフにするとほぼ直線的な減少傾向になると思われていました。

ところが今回、99番目の元素であるEsを計測してみると、Esのところで直線的な減少からはずれ、不連続になることがわかりました。(図2)

インスタインウム・ブレイク (Einsteinium Break) の発見です。

図1

ランタノイド系列										アクチノイド系列																			
57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
LANTHANUM (57)	CERNIUM (58)	PRASEODYMIUM (59)	NEODYMIUM (60)	PROMETHIUM (61)	SAMARIUM (62)	EUROPIUM (63)	GADOLINIUM (64)	TERBIUM (65)	DYSPROSIUM (66)	HOLMIUM (67)	ERBIUM (68)	THULIUM (69)	YTTERIUM (70)	LUTETIUM (71)	THORIUM (90)	PROTACTINIUM (91)	URANIUM (92)	NEPTUNIUM (93)	PLUTONIUM (94)	AMERICIUM (95)	CURMIUM (96)	BERKELIUM (97)	CALIFORNIUM (98)	EINSTEINIUM (99)	FERMIIUM (100)	MENDELEVIUM (101)	NOBELLIUM (102)	LAWRENCIUM (103)	

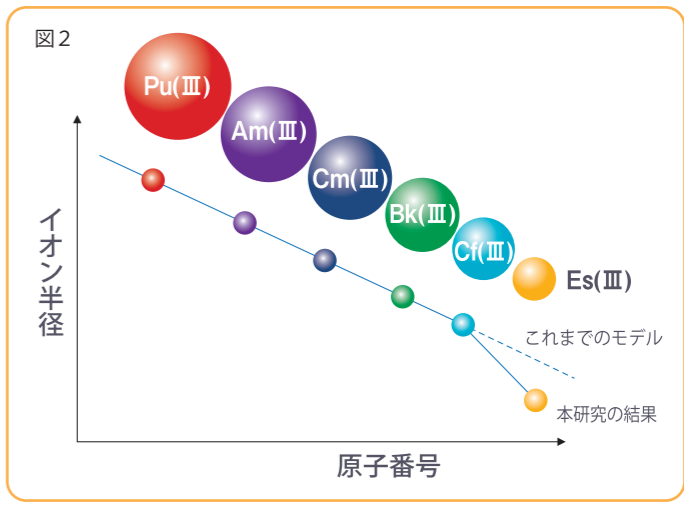


図2

不思議な現象の原因を突き止める

塚田 どうしてEsのところで不連続になるか、我々はまず化学の世界でイオン半径の大きさを調べる手法の一つと考えられる水和構造を調べました。水溶液中でイオンがそのまわりにいくつかの水分子をひきつけて、溶質と水との相互作用を行うことを水和と言います。(図3)

Esの水和原子間を測るのは世界で初めてなので、それ自身が非常に注目されることでしたが、その結果にはさらに驚かされました。Esの水和構造はその前の98番カリフォルニウムと全く同じだったのです。構造的な変化がないにも関わらずEsのイオン半径には急激な収縮が認められました。

これは、これまでの予測をくつがえす驚くべきことでした。



### 原子力発電のしくみ

原子力発電は、火力発電と同じように水を沸騰させて蒸気をつくり、蒸気力で発電機をつなぐるタービンを回して電気を作ります。違いは燃料で、火力発電は石油や石炭、天然ガスをボイラーで燃やして水を沸騰させますが、原子力発電では原子炉内にあるウランの核分裂により発生した熱を利用して水を沸騰させます。

原子炉にはいくつかのタイプがありますが、日本では、中性子のスピードを遅くする減速材と核分裂によって発生した熱を取り出す冷却材に水（軽水・ふつうの水）を使用する「軽水炉」というタイプを使用しています。現在、世界でもっとも広く使われているタイプの原子炉です。

「ウランを燃やす」ための装置が「原子炉」で、原子炉内では、ウラン燃料の核分裂が連続して起こっています（連鎖反応）。水や制御棒でこうした核分裂の数をコントロールすることで、一定の出力で運転が行われています。

### 原子炉で想定される事故とは

**宇田川** 我々のグループでは、原子炉の中の核燃料に何らかの問題が生じた場合に起こる燃料の破損等によって原子炉施設により重大なダメージ、即ち原子力事故をもたらす可能性のある事象を研究の対象としています。

事故は冷却側と制御側のどちらに問題が生じたかによって、大きく2つのタイプに分類できます。東京電力福島第一原子力発電所（1F）事故は前者、チェルノブイリ原子力発電所事故は後者と言えます。

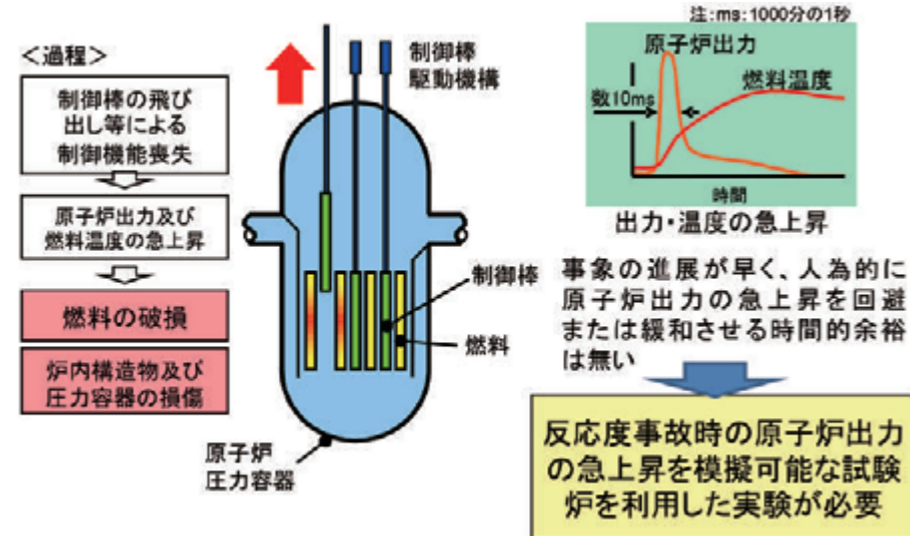
1Fの事故では、津波の影響によって原子炉の炉心を冷却する設備が動かなくなったことで最終的に燃料が極めて高温となって壊れ、圧力容器をも損傷させました。その結果、燃料に含まれていた放射性物質が環境に放出されるに至りました。

一方、チェルノブイリでは、燃料の核分裂反応を止める役割を担っていた制御棒を設計通りに機能させることができず、結果として原子炉の出力を制御できなくなり、燃料の温度が急上昇し原子炉の破壊に至りました。こちらが反応度事故と呼ばれるタイプです。

我が国の原子力発電所はチェルノブイリとは全く異なるタイプの原子炉ですが、国内の原子力発電所の安全規制においては、反応度事故を想定した評価に基づく対策も求めています。この対策が十分であるかを確かめるには、反応度事故の時に燃料がどのようなふるまいをするかを実験等で知らなければなりません（図1）。我々のグループでは、長年にわたってNSRRを用いた実験を行い、国内の軽水炉で使われている燃料の反応度事故時のふるまいに関する研究を進め安全規制に貢献してきました。

図1

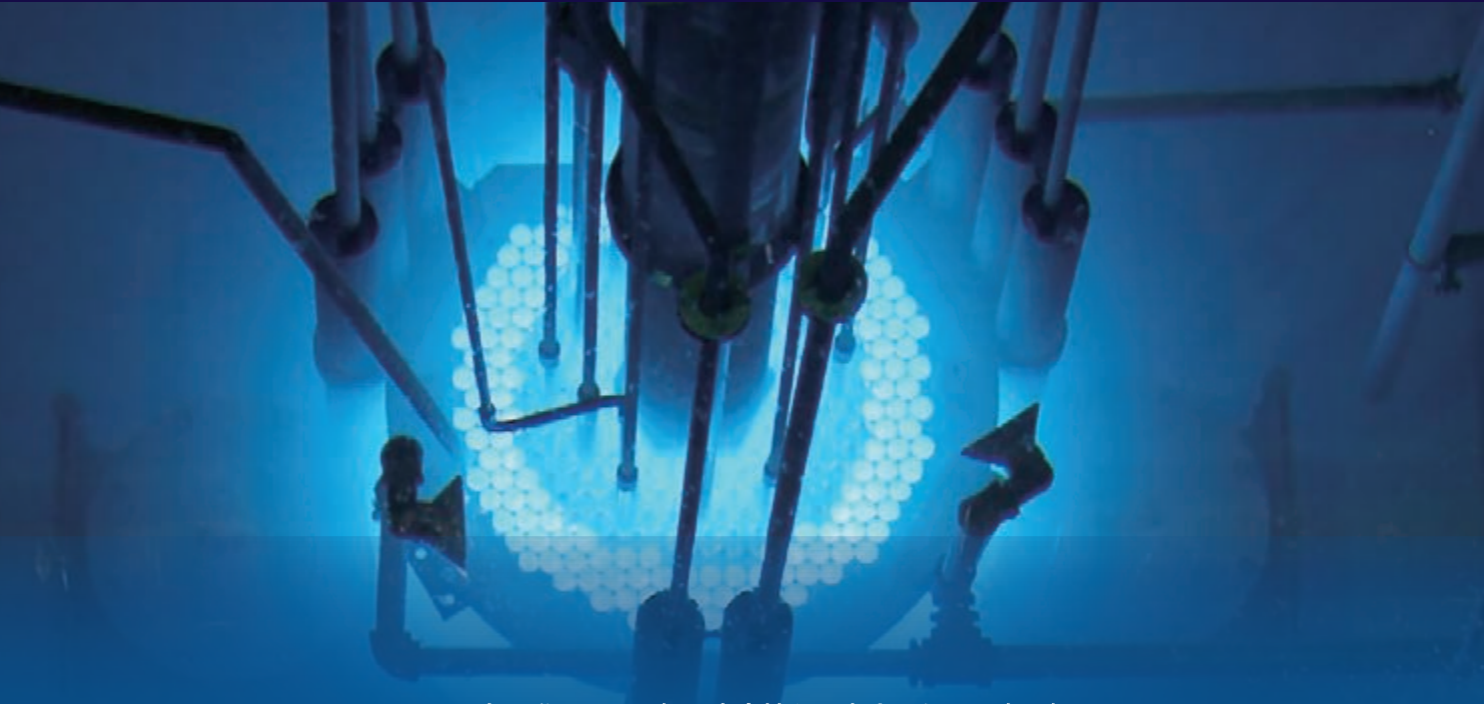
### 反応度事故とは（軽水炉の例）



原子炉の更なる安全性向上のために

# NSRRで事故時の状況を つかむ

原子炉事故時の燃料の挙動や変化を模擬実験で把握



日本で唯一、原子炉の安全性を研究するための専用炉 NSRR (Nuclear Safety Research Reactor: 原子炉安全性研究炉) が、今年度運転を再開しました。NSRRで取得されたデータは日本だけでなく、海外においても原子炉の安全確保に活用されています。NSRRとはどのような研究炉なのか、また、NSRRで行われている実験の成果はどのように活かされていくのかなど、あまり知られていない原子炉の安全研究について話を聞きました。



原子力科学研究所  
研究炉加速器技術部  
NSRR管理課

むらお 村尾 裕之 マネージャー



原子力科学研究所  
研究炉加速器技術部  
NSRR管理課

いとう 伊藤 匡聡 課長



安全研究センター  
原子炉安全研究ディビジョン  
燃料安全研究グループ

うだかわ 宇田川 豊 研究副主幹

# 1F内の放射性物質の分布を「つかむ」

ホットスポットを3次的に可視化し、作業環境の改善をめざす

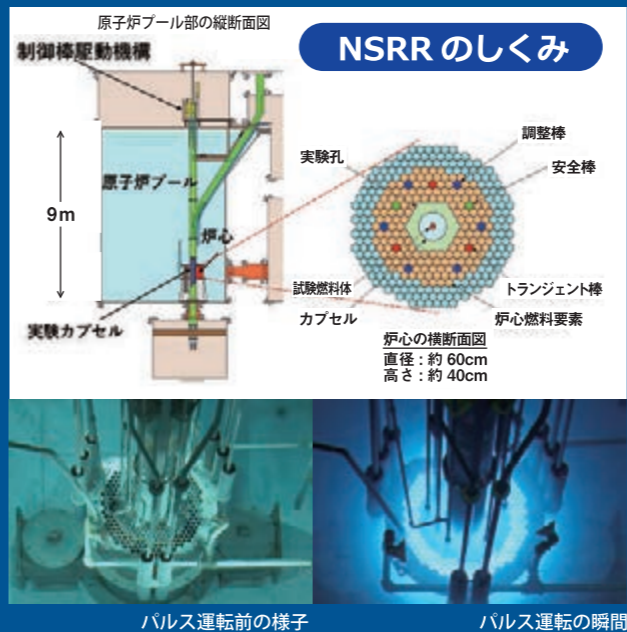
東京電力ホールディングス福島第一原子力発電所（1F）の廃止措置において重要な課題のひとつが現場で働く作業員の被ばく線量を低減させることです。

そのためには、原子炉建屋内に飛散した放射性物質の分布を正確に把握し、適切な作業計画を立てる必要があります。

原子力機構では、作業員の安全を守るための作業環境改善のツールとして、放射性物質を可視化できる小型軽量のカメラを開発し、それをロボットに搭載して、遠隔操作で建屋内のホットスポット（空間線量率が局所的に高くなっている場所）を検知することに成功しました。



図2



パルス運転前の様子      パルス運転の瞬間

図3



## NSRRで事故時の状況をつかむ

**NSRRとは**  
伊藤 NSRRは、瞬間的（約1000分の4秒）1000分の1秒。運転条件によって異なる出力を大きく上げて意図的に反応度事故の環境を作り、その時に原子炉内の燃料がどのように壊れるかを調べることができる日本で唯一の研究炉です。

施設の特徴として、NSRRは発電炉と比べてとてもコンパクトであり、原子炉プール以外の冷却系を必要としないことがあげられます（図2）。

また、特殊な燃料を使っている研究炉なので、パルス運転（\*連続ではなく瞬間的な運転）によって出力は急速に上がりますが、その後は燃料の持つ特性によって核分裂反応が抑えられ自動的に出力が低下する仕組みになっています。そのため、事故と同じ環境を作って、燃料がどのように破壊されるかなどの実験を行っても、NSRRそのものが損傷することはありません。

**安全性の基準となるデータの取得**  
宇田川 原子炉の安全性に着目した研究分野で、最近世界的に関心を集めているのは、材料に様々な改良が施された新しい燃料（改良型燃料）の開発とその採用による軽水炉の安全性向上です。しかし、このような改良型燃料が本当に安全なのかを確かめるためには、NSRRのように事故条件の模擬に特化して設計された装置や設備を使う必要があります。

現在NSRRでは、こうした改良型燃料、かつて実際の原子炉で長期間試験的に使用された後の燃料を対象として、反応度事故時にこれらの燃料がどのようにふるまうかを調べる実験を行っています（図3）。実験結果から燃料の破損する条件などを明らかにすることができ、これらのデータは日本だけでなく世界中で、軽水炉における安全性評価のための基準策定に用いられています。

**今後の課題**  
宇田川 NSRRで最近取得したデータは、その殆どが世界で初めてとなるものですが、とりわけ今年再稼働後の実験では重要なデータが得られたと考えています。また、1F事故のように、事故時に原子炉の炉心が冷却されなくなったような場合に燃料がどのように壊れていくのかを調べる試験もはじめています。今後着実に研究プロジェクトを進め、燃料の安全性を調べるとともに、危険を見落とすことのない、より正確な安全評価のあり方を検討し、軽水炉の継続的な安全性の向上に貢献したいと考えています。

子炉の安全性に貢献していたという自負があります。

2018年は特別な年で、アメリカとフランスで研究炉が再稼働して非常に久しぶりに日米仏という体制が戻ってきました。そういった意味では、原子炉の安全性における研究はさらに進むことを期待しています。

村尾 NSRRは臨界してから40年を過ぎており、高齢化対策が必要です。また、運転やメンテナンスの仕方など、どんな次の世代への技術継承をしていかなければならないため、人材の確保も課題となっています。

宇田川 人材確保は、研究者についても課題として挙げられます。加えて、原子力発電所の安全の基本ともいえるべき燃料に関する安全研究がしっかりと継続できる環境の維持が必要と考えています。

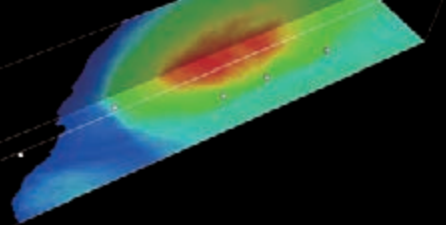


**今後の課題**  
村尾 我々は技術者として、研究者の研究テーマにより、リクエストに合わせ運転計画の立案、実験カプセルの組み立てをし、原子炉を運転して照射、照射後の実験カプセルの解体まで全て行っています。

研究を支える裏方の仕事ですが、NSRRのデータが国の基準となり、原子炉の安全性をサポートしていることを考えると一つの実験に非常に重要な意味があると思っています。

伊藤 2000年初頭から2017年までは、燃料の実証実験を行う研究炉は、世界にNSRRだけしかありませんでした。この間世界中の原

# 1F内の放射性物質の分布を「つかむ」



## 「点」から「面」の情報へ

佐藤 例えばこれから1Fの中に入らなければならぬとしたとき、どのような情報が欲しいと思うでしょうか。自分が向かうところの線量率や、主要な汚染源がどこにあり、放射線安全上どこでどう気をつけたら良いか、というのが最も重要だと思います。ただし、放射性物質は目に見えませんが、特定の場所がどのくらいの線量率であるかを測定し、確認しなくてはなりません。現在はおもに、サーベイメーターとよばれる、手で線量率を測る装置が使われています。

しかし、この装置は「この線量率はこのくらいなのか」をピンポイントで測るものなので、放射線の発生源を特定することはできません。つまり、高い線量率が計測されたとしても、その場所に発生源があるのか、それとも別の場所に汚染された物質があつてその影響を受けている



福島研究開発部門 摩訶国際共同研究センター 遠隔技術ディビジョン 放射線イメージング技術開発グループ  
さとう ゆうき 佐藤 優樹 研究員

図1 開発した680gの小型軽量コンプトンカメラ (写真は遮蔽体を取り外している)

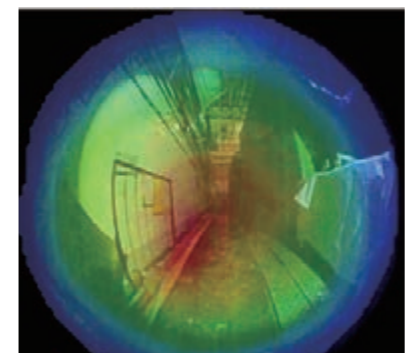


図3 1Fの3号機タービン建屋通路においてホットスポットを検知した結果。コンプトンコーンの重なりで最も多いところが赤色で示されており、周囲に比べて線量率が高い。ホットスポット周辺：毎時0.4~0.5ミリシーベルト / 一番赤いところが最高値で毎時3.5ミリシーベルト (Y. Sato et al., J. Nucl. Sci. Technol. 2018; 55: 965-970.)

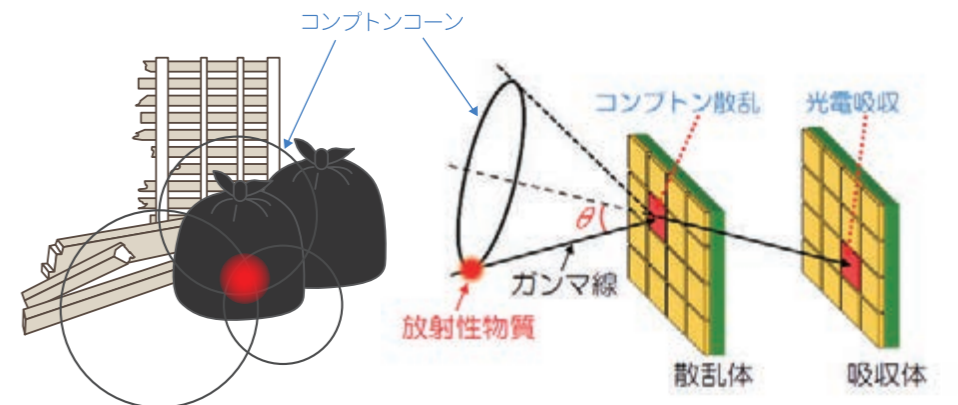


図2 コンプトンカメラの原理 複数のガンマ線を観測することでコンプトンコーンの交点に放射性物質があると予想できる

るのが判断できないのです。発生源を探そうと動き回ると、必要のない被ばくをする恐れもあります。結果的にホットスポットを見誤る可能性もあります。今回開発した放射性物質を可視化するカメラは、対象となる範囲を従来よりも「広く」「短い時間で」可視化できる、作業環境改善のためのツールです。

## 「コーンの「交点」でとらえる

佐藤 私たちはホットスポットの計測のために「コンプトンカメラ」を使用しました(図1)。この中には放射線の一種であるガンマ線をとらえる2枚の検出器が入っています。検出器が2枚あることで、「どの角度から」「どのくらいの強さの」ガンマ線が入ってきたかというデータが得られるのです。得られた角度をもとに円錐(コンプトンコーン)を描き、複数のコーンの交わるところがホットスポットだと分かる。これが、広い範囲を対象に放射性物質の分布を可視化できるコンプトンカメラの原理です(図2)。

コンプトンカメラは早稲田大学と浜松ホトニクス株式会社が開発したものをベースにドローンに載せたり、1Fの建屋内ではクローラーロボットなどに取り付けて遠隔で測定できるように改良を重ねました。ポイントは「高線量率環境への適用」と「ロボットへの搭載」です。高い線量率に耐えられるようにガンマ線の検出器に小さな遮蔽を設ける一方で、1F建屋内の現場で操作し易いようコンパクトなサイズにしました。これを用いて、現場の写真にカメラで計測した放射性物質のイメージを貼り合わせ、図3のようにホットスポットを可視化することに成功しました。

一方で、1Fの建屋内は線量率が高く作業員が長時間作業できない、侵入できないといった環境が存在します。このような環境では、ロボットを用いてコンプトンカメラを現場に運び込む必要があります。また「この場所でホットスポットが確認された」ということを示すには、測定した場所がどこなのか把握していることが大前提です。今回は、1台のロボットにコンプトンカメラを搭載し、その後ろからレーザー距離計やカメラを搭載した「追いかけてロボット」で追いかけて、前のロボットの現在地を確認しました。追いかけてロボットの映像を見ることが、私たちが測定位置を把握できましたが、一番の理想は、コンプトンカメラを搭載したロボットが1台で動き、自分がどこにいて測定しているのかを把握しながら測定することです。360度のレーザー距離計など、車の自動運転で使う技術などを導入すれば、ロボットが自分の位置を認識することができると期待しています。試行錯誤を重ねながら作業環境のさらなる改善のためのツールを研究開発していきたいと思っています。

## 「3次元」にこだわる

私たちはコンプトンカメラをロボットに搭載し、離れた場所から遠隔にてホットスポットの検知を行うことができるシステムを構築しました。システムの動作を事前の実験で確認し、1Fで実践投入を行ったわけです。

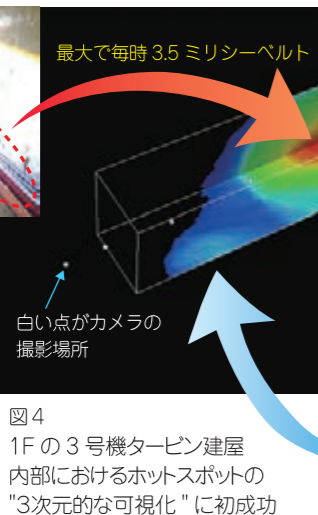
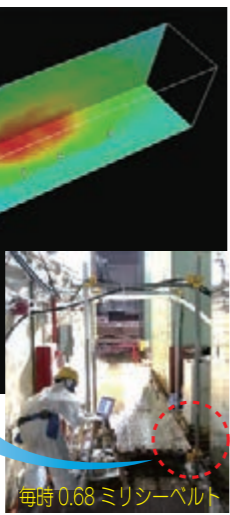
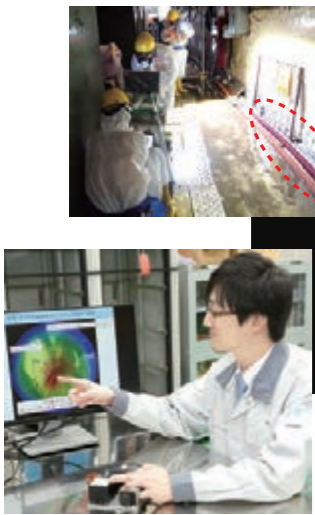


図4 1Fの3号機タービン建屋内部におけるホットスポットの「3次元的可視化」に初成功



佐藤 今後の課題は「より強い放射線環境への適用」と「ロボット自身が『いま自分がどこにいるのか』を把握する機能の向上」です。 今回のカメラで測定できる線量率は毎時5ミリ〜10ミリシーベルトの範囲で、これよりも線量率が高くなりガンマ線の量が多くなると、回路の処理が追いつきません。

## より「強く」より「正確」な計測を目指して

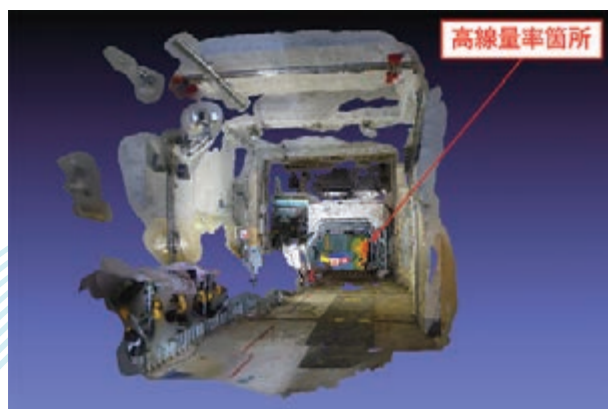


図5 1号機原子炉建屋内の作業現場をフォトグラメトリ技術を用いて3次元モデル化し、ホットスポットのイメージを投影

# 高速増殖原型炉もんじゅの 廃止措置について

## 高速増殖原型炉もんじゅの経緯

高速増殖原型炉もんじゅは、2016年12月21日、政府の原子力関係閣僚会議において、運転再開は行わず、廃止措置に移行することが決定されました。この政府方針決定を受け、2017年6月13日、原子力機構は、政府の『もんじゅ』の廃止措置に関する基本方針に基づき、基本的な計画を策定いたしました。同年12月6日、高速増殖原型炉もんじゅの廃止措置計画認可申請書を原子力規制委員会へ提出し、2018年3月28日に認可を受けました。

## 廃止措置にむけた 実施体制を整備

廃止措置計画に基づく「ふげん」「もんじゅ」の廃止措置を着実に実施することを目的として、2018年4月1日に「敦賀廃止措置実証部門」を新設しました。部門内には、本部組織として「敦賀廃止措置実証本部」を設置しました。この実証本部と「ふげん」「もんじゅ」の現場が密に連携し、「ふげん」「もんじゅ」の廃止措置完了に向け、一元的に進めていくこととしました。この新体制において、これまでに培ってきた技術・経験に電力会社やメーカーの技術力を融合させることで、保安活動を着実に行うとともに、廃止措置を計画かつ効率的に推進してまいります。

## 燃料体取出し作業の概要

燃料体取出し作業は、原子炉容器から燃料体を取り出し、炉外燃料貯蔵槽まで移送する「燃料体の取出し」と、炉外燃料貯蔵槽から燃料体を取り出し、燃料洗浄設備で付着したナトリウムを洗浄し、燃料池に移送・貯蔵する「燃料体の処理」があります。8月30日からは、「燃料体の処理」を開始しています。

燃料体に付着したナトリウムを洗浄する作業では、化学的に不活性なアルゴンガスを燃料洗浄槽内（燃料体を洗浄する設備）に循環させながら、水蒸気を徐々に加えて、ゆっくり燃料体に付着しているナトリウムと水蒸気を反応させます。徐々に水蒸気を加えることで、ナトリウムと水が反応し水素ガスが発生しますが、不活性なアルゴンガス中であるため、燃焼する事はありません。その後、ナトリウムと蒸気が反応したものを水で洗い流してから缶詰缶に収納し、燃料池に移送し、保管します。

今後の燃料体取出し作業は、設備の点検を実施し、2019年度夏頃に原子炉容器から燃料体を取り出す「燃料体の取出し」作業を開始します。

燃料処理模擬訓練開始の様子



## 高速増殖原型炉もんじゅの 廃止措置計画について

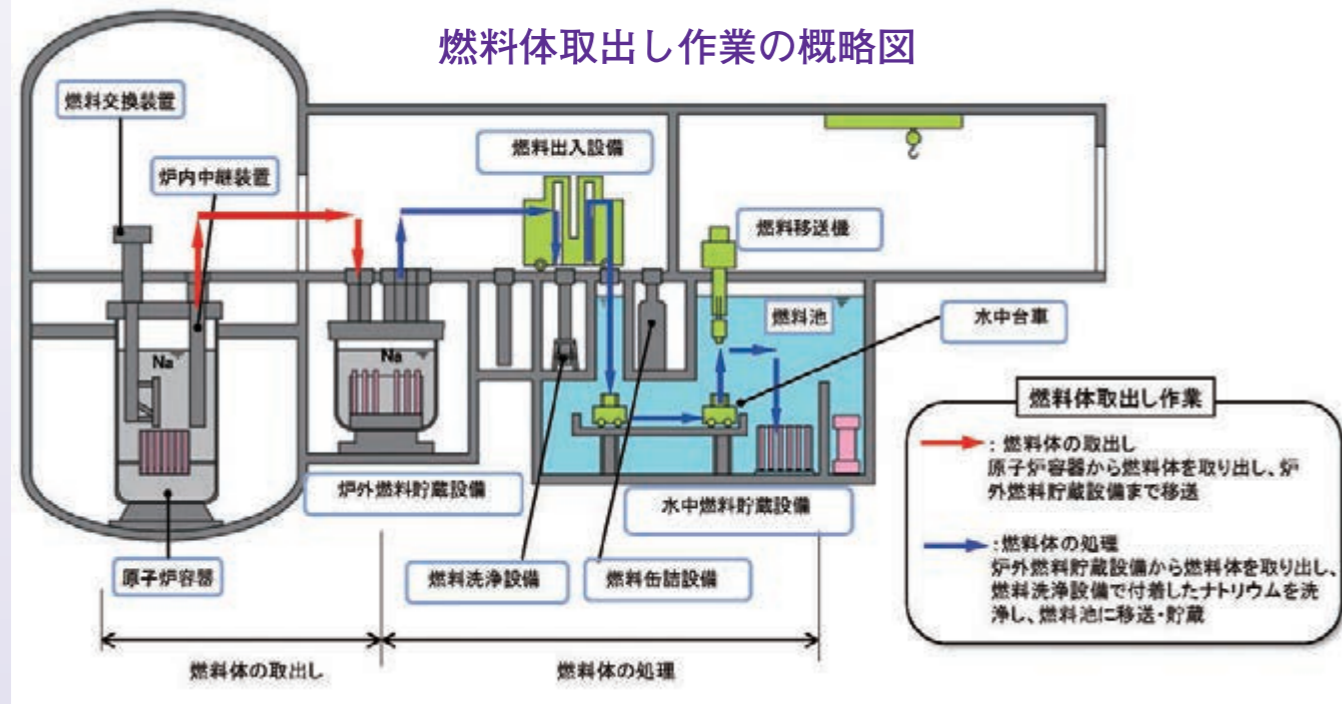
「もんじゅ」の廃止措置計画は、全体を4つの段階に分けて実施し、廃止措置完了は約30年後の2047年度の終了を見込んでいます。燃料体が原子炉にある状態で廃止措置に移行する「もんじゅ」の特殊性を考慮して、燃料体取出し作業を最優先に実施することとしています。第2段階以降に行う具体的な事項については、第2段階に着手するまでに廃止措置計画に反映することとしています。

使用済燃料及びナトリウム処理・処分の方法に係る計画については、政府と連携して検討を進め、第2段階に着手するまでに廃止措置計画に反映することとしており、海外プラントの技術調査及び技術検討を進めています。また、放射性固体廃棄物の廃棄は、放射能レベルに応じて区分し、廃止措置の終了までに廃棄施設に廃棄するとともに、放射性物質として取り扱う必要のないものは、所定の手続及び国の確認を経て、可能な限り再利用します。

## 第1段階の 燃料体取出し作業について

廃止措置の第1段階である燃料体取出し作業に向けて、実施責任者、操作チーム員及び設備チーム員による作業体制を整備しました。その体制の下で、燃料取扱作業の模

## 燃料体取出し作業の概略図



## 燃料体取出し作業の概略工程

年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
燃料体の処理					
燃料体の取出し					
定期設備点検					

燃料体取出し作業完了

「もんじゅ」について詳しくはホームページでもご紹介しています [https://www.jaea.go.jp/04/turuga/monju\\_site/](https://www.jaea.go.jp/04/turuga/monju_site/)

	第1段階 燃料体取出し期間 燃料体の取出し、放射能の調査及び評価	第2段階 解体準備期間 ナトリウム機器の解体準備、水・蒸気系等発電設備の解体・撤去、放射能の調査及び評価(継続)	第3段階 廃止措置期間I ナトリウム機器の解体・撤去、水・蒸気系等発電設備の解体・撤去(継続)	第4段階 廃止措置期間II 管理区域の解除、建物等解体・撤去
年度	2018~2022	2023~2047		
概略工程	燃料体の取出し	ナトリウム機器解体準備 水・蒸気系等発電設備の解体・撤去	ナトリウム機器解体・撤去	建物等解体・撤去

擬訓練等を実施し、2018年8月30日から作業を開始しました。  
2022年度までに530体すべての燃料体を燃料池（水のプール）に移送し、燃料体取出し作業を完了する計画です。

# 皆さまの「声」を ご紹介いたします



アンケートへのご協力ありがとうございます。  
皆様からお寄せいただきました  
ご意見を一部紹介いたします。

- Joshikai の記事があったが、女性科学者の数を増やしてほしい。(大阪府泉南郡 木村様)
- 未来への研究・開発を楽しみにしております。(茨城県日立市 小泉様)
- 半減期 275 日、しかも僅か 0.5 μg の Es 研究のために限られた時間の中で標的作りの苦勞がよく分かった。(愛知県愛西市 水野様)

「未来へげんき」編集部では、皆様からのご意見を編集に反映させてまいります。今後ともよろしくお願いたします。  
※アンケートに記入いただきます個人情報は、本件以外には使用いたしません。

## INFORMATION

ツイッター

最新の研究成果などをお知らせいたします。  
[https://twitter.com/jaea\\_japan](https://twitter.com/jaea_japan)

JAEA  
チャンネル

研究開発成果をわかりやすく紹介する動画「Project JA EA」などを配信しています。  
[https://www.jaea.go.jp/atomic\\_portal/jaea\\_channel/](https://www.jaea.go.jp/atomic_portal/jaea_channel/)

Web  
アンケート

「未来へげんき」へのご意見・ご感想などをお寄せください。  
<https://www.jaea.go.jp/genki/enquete/51/>

「未来へげんき」  
バックナンバー

[https://www.jaea.go.jp/study\\_results/newsletter/](https://www.jaea.go.jp/study_results/newsletter/)

## 当機構の研究・開発へのご支援をお願いします！

- 寄附金募集
- お問い合わせ先

HP  
[https://www.jaea.go.jp/about\\_JAEA/fdonation/](https://www.jaea.go.jp/about_JAEA/fdonation/)

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 財務部寄附金担当  
〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字舟石川765番地1  
TEL:029-282-4059 (寄付金専用窓口) E-mail:zaimukikaku@jaea.go.jp

(キリトリ線)

皆様の声をお寄せください。  
今後の編集の参考にさせていただきます。

未来へげんき  
Japan Atomic Energy Agency  
2018 vol.51

1. 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( )

2. 今号の記事・読み物で良かったもの(複数回答可)

- ①Einsteinium Break (アインスタイニウム・ブレイク)の謎を解く
- ②NSRRで事故時の状況をつかむ
- ③1F内の放射性物質の分布を「つかむ」
- ④高速増殖炉原型炉もんじゅの廃止措置について
- ⑤PLAZA
- ⑥その他( )

3. 表紙や紙面のデザイン印象

- ① 良い ② まあ良い ③ 普通 ④ あまり良くない ⑤ 悪い

4. 「未来へげんき」の冊子配送についてお伺いいたします。  
(イベント等で本誌をばらまいてお届きになった方)

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:

□ 表紙に記載した住所・お名前宛に送付を希望する  
送付先に所属に変更がございます場合も、お手数ですがこちらの「送付先」欄に記入をお願いします。

5. 原子力機構およ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。

いただいたご意見を、巻末でご紹介させていただいております。  
ご紹介する際、お住まい(市町村まで)及び苗字を報告させていただきますので、ご了承ください。

□ お住まい(市町村まで)及び苗字の紹介を許可しない  
ご協力ありがとうございます。

## 編集後記

今号ではようやく、アインスタイニウムを使った研究について、新たな情報をお届けすることができました。原子力機構ならではのユニークな研究を面白く感じていただければ幸いです。

また、「JA EA×つかむ」をテーマとして、安全研究と福島の研究の2点を取り上げました。「もんじゅ」の廃止措置計画については、次号でも継続してお伝えする予定です。

新しい年も是非、「未来へげんき」をよろしくお願いたします。

## 季刊

未来へげんき  
Japan Atomic Energy Agency

2018 VOL. 51 平成 30 年 12 月

### ● 編集・発行

日本原子力研究開発機構  
広報部広報課

### ● 制作

有限会社 オズクリエイティブルーム

# PLAZA

## 主なプレスリリース

### 福島環境安全センター

- 湖沼等の底質中の放射性セシウムの深さ分布の可視化  
試料を採取しなくても汚染実態解明へ

### 先端基礎研究センター

- 鉄リン系超伝導体で高エネルギーの反強磁性磁気ゆらぎを  
世界で初めて発見  
鉄系超伝導体の機構の解明、新しい超伝導体の探索へ

### 原子力基礎工学研究センター

- 放射性廃棄物は何へ、どれだけ変換されるか？  
重陽子による核変換のメカニズムを解明

### 物質科学研究センター

- 数万気圧環境下での中性子3次元偏極解析に世界で初めて成功  
完全非磁性の高圧セル開発で実現 圧力下でのスピン配列の解明に期待

### J-PARC センター

- 超伝導検出器を使った全固体ワンチップの  
中性子高速イメージング装置を開発

### システム計算科学センター

- 放射線量の詳細分布の推定を可能にする計算システム「3D-ADRES」を開発  
リモートセンシング情報に基づき任意のエリアの放射線量の3次元分布が取得可能に

### 高速炉・新型炉研究開発部門

- 安全性・核セキュリティ・核不拡散性を強化したプルトニウムを  
燃料とする高温ガス炉の燃料製造基盤技術の確立に向けた研究開発  
日本が保有する4tのプルトニウムのさらなる有効利用

### 東濃地科学センター

- 国内初、炭酸塩鉱物の微小領域の  
年代測定手法を開発  
過去の地下水環境の変遷の推定に有効な  
“地下水の化石”の局所分析技術

## トピックス

### 青森研究開発センター

第14回むつ海洋・環境科学シンポジウムを開催しました。

### 原子力科学研究所

「原子力科学研究所施設公開」を実施しました。



### 研究連携成果展開部

成果普及情報誌「原子力機構の研究開発成果 2018-19」を掲載しました。

### 敦賀事業本部

【広報誌】

「つるがの四季」No.119を  
発行しました。  
『もんじゅ』廃止措置の  
スタートを切りました」  
ほか。



### 東濃地科学センター

「地層研ニュース」11月号を発行しました。  
『おもしろ科学館 2018 in みずなみ』への出展」ほか。

### 第13回 原子力機構報告会を開催しました。

11月13日、有楽町朝日ホール(東京都千代田区有楽町)にて、第13回原子力機構報告会を開催しました。  
今年度は機構の概況や研究開発の取り組みについて、機構だけではなく、他機関からの報告もいただきました。また、米国物理学者 Taylor Wilson 氏を招へいしての特別講演を行いました。  
皆様から頂いた感想やアンケートの結果をもとに、次年度の報告会をより良いものにできるよう努めてまいります。



アニュアルレポート  
「原子力機構 2018」  
—未来へつなぐ  
エネルギーを目指して—  
を発行しました。

原子力機構の2017年度における事業活動や様々な活動を総合的に報告しています。



その他の  
プレスリリースは  
こちら

<https://www.jaea.go.jp/news/press/results.html>



「PLAZA」と  
「INFORMATION」で  
紹介している情報の詳細は  
原子力機構ホームページで  
ご覧いただけます。

<https://www.jaea.go.jp/>





# 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

日本原子力研究開発機構は、日本で唯一の原子力に関する総合的研究開発機関として、「原子力の未来を切り拓き、人類社会の福祉に貢献する」をミッションとしています。

主な業務として、東京電力福島第一原子力発電所事故への最優先での対応、原子力の安全性向上のための研究、核燃料サイクルの研究開発、放射性廃棄物処理・処分の技術開発といった分野に重点的に取り組むとともに、これらの研究開発を支え、新たな原子力利用技術を創出する基礎基盤研究と人材育成に取り組んでいます。

料金受取人払郵便

3191190

ひたちなか郵便局承認

222

差出有効期限  
平成31年3月  
31日まで

切手不要

(受取人)

茨城県那珂郡東海村  
大字舟石川1765番地1

国立研究開発法人

日本原子力研究開発機構

広報部「未来へげんき」係 宛



(キリトリ線)

氏名	フリガナ	性別	男・女
住所	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	都道 府県	
電話	(      )	年齢	歳