

Genki

未来へげんき

2019

53

国立研究開発法人
日本原子力研究開発機構

J
A
E
A
X
「
解
き
あ
か
す
」

超小型装置で時代の謎を
「**解きあかす**」

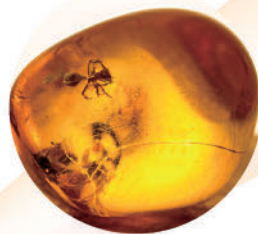
1F内のアルファ線放出核種の分布を
「**解きあかす**」

中性子が地球深部の謎を
「**解きあかす**」

研究用原子炉の状況

トキメキサイエンス

TOKIMEKI SCIENCE



琥珀 Amber

艶色に輝く「琥珀」は、樹木の樹脂が化石化してできる生物起源の宝石です。
数万年以上も前に地上に繁茂していた樹木から分泌された樹脂が
土に埋もれ、そして化石となり、温かな輝きを放つようになります。

琥珀の中には、虫や植物などが混入しているものがあります。
これらは太古の生物の様子や当時の地球環境を知る手がかりとなるため
学術的に価値が高く、またその希少性から高額な値がつくこともあるようです。
映画「ジュラシック・パーク」は、琥珀の中に閉じ込められた蚊の血液から
恐竜のDNAを採取し、絶滅した恐竜を現代に蘇らせるというストーリーでしたが
確かに琥珀という石には、神秘的な力が宿っているように感じられます。

実は日本の琥珀は、世界的に見ても大変歴史が古いと言われています。
特に岩手県久慈市は、バルト、ドミニカと並ぶ世界三大琥珀の産地のひとつであり
約8,500～9,000万年前の白亜紀後期、恐竜が生きていた時代の地層から産出されています。

琥珀を通して、はるか昔の地球の姿を想像してみましょう。
地球という惑星が経験した悠久の時の流れが、そこには閉じ込められているのかもしれない。

Genki 53

未来へげんき

2019

Cover commentary



アメリカ・アリゾナ州のアンテロープ
キャニオンは、砂岩の侵食によってでき
た何百年にも及ぶ地層を形成していま
す。地層の年代は、放射性炭素 (^{14}C) を
用いた測定法などによって知ることが
できます。

Contents

- 01 超小型装置で時代の謎を
「解きあかす」
- 04 1F内のアルファ線放出核種の分布を
「解きあかす」
- 07 中性子が地球深部の謎を
「解きあかす」
- 10 研究用原子炉の状況
- 12 PLAZA
読者アンケートはがきなど

超小型装置で時代の謎を 「解きあかす」🔍

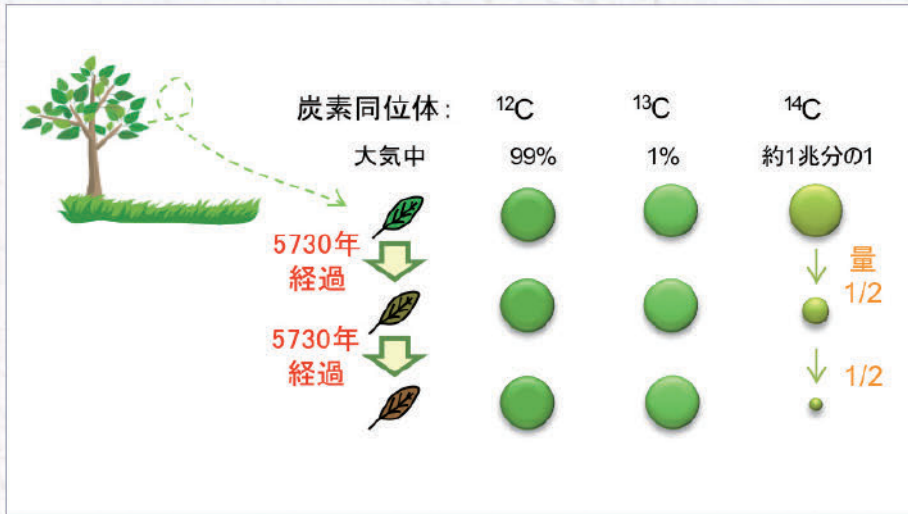


地球科学や考古学の分野において、化石や遺物、
遺跡などの年代を測定する方法のひとつに
炭素の放射性同位体「 ^{14}C 」を使う、という方法があります。
東濃地科学センター土岐地球年代学研究所では、
地質環境の長期安定性に関する研究の一環として、
加速器質量分析装置 (AMS: Accelerator Mass Spectrometer) を用いて
これまで様々な試料の年代測定を行ってきました。
ただし、土岐地球年代学研究所に設置されているAMSのように、
従来型のAMSは「大型・高価・管理区域が必要」などの制限が多く
一般に広く普及させるためにはハードルが高いものでした。
東濃地科学センターの年代測定技術開発グループは、
「超小型・安価・管理区域不要」のテーブルトップ型のAMSを開発中であり、
今後の年代測定手法の開発等に、大きな変革をもたらすことが期待されます。

超小型装置で時代の謎を「解きあかす」



図1 年代測定の原理。同じ元素でも中性子の数が異なるものを「同位体」といい、炭素の同位体のうち、放射性炭素「 ^{14}C 」のみが半減期5730年で元の個数の半分になる。



核燃料・バックエンド研究開発部門
東濃地科学センター
地層科学研究所
年代測定技術開発グループ

ふじ た な つ こ
藤田 奈津子 研究員

年代はどのようにやって測定する？

藤田 「年代測定」というと、イメージしやすいのは、土器や化石といった考古学の例かと思いますが、「ある地層から発見された葉っぱの化石の年代を調べてほしい」という依頼が来た、という想定で、年代測定の仕組みを簡単にご紹介します。

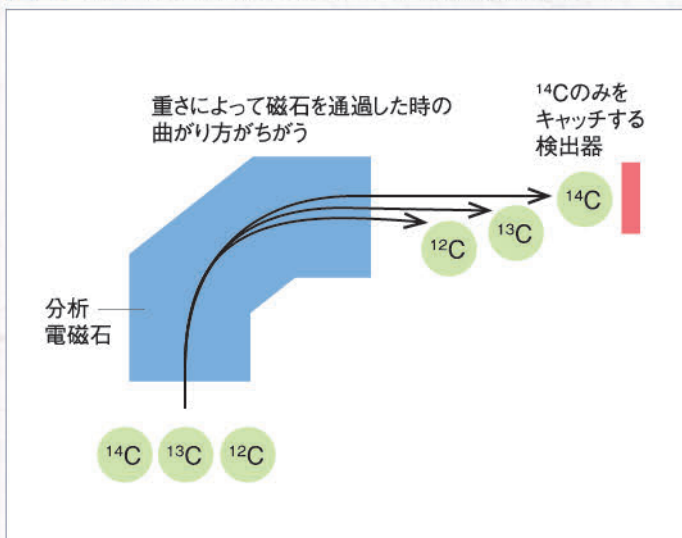
まず、そのような依頼に対して注目するのは、葉っぱの化石に含まれている「炭素(C)」です。実はこの炭素のなかには、重さの異なる3つの種類があり、そのうちの1つだけ、時間の経過とともに量が減っていく放射性炭素「 ^{14}C 」があります。葉っぱが呼吸をしている時は、二酸化炭素として大気中の炭素を取り入れていて、3種類の割合は一定と考えることができます。ですが、葉っぱが枯れてしまうと炭素の交換ができなくなり、そこをスタートとして、「 ^{14}C 」が減少していきます。量が半分になるまでの時間を「半減期」というのですが、「 ^{14}C 」の半減期は5730年なので、量がかわらない他の2種類の炭素の割合と比較して半分になっていたら、その葉っぱは5730年前に枯れたということがわかります【図1】。

AMSっていったい何？

藤田 では、炭素の中から「 ^{14}C 」をどのようにやって測定するのかという疑問が出てきたところで、私が研究をしている「土岐地球年代学研究所」にある「加速器質量分析装置(AMS)」の活躍をご紹介します。

とても単純に言うと、装置の中の炭素の通り道に磁石を仕込むことによって、「重さの違い」で軌道を変え、「 ^{14}C 」を測定する、というものです【図2】。ただし、「 ^{14}C 」の量はとても微量なので、この軌道の違いを生み出すためには、「速いスピードで磁石を通過」し、「強力な分析電磁石で軌道を曲げる」ことがポイントです。

図2 加速器質量分析装置(AMS)での同位体分別のしくみ



しくなりますが、仕組みをご紹介します。まず、測定する炭素をイオン源でマイナスイオンにしたあと、真ん中の加速器タンクの中でアルゴンガスにぶつけて電子をはぎ取り、プラスイオンにします。この「(マイナスイオン)から「+」(プラス)」への変化を利用し、反発させたり引き合わせたりすることで、イオンのスピードを上げていくのです。そして、高速になった炭素イオンが分析電磁石を通過する際に、重さによって軌道が分かれて「 ^{14}C 」だけを重イオン検出器でキャッチできるという仕組みです。

【図3】のとおり、現在のAMSはとても大きな装置であり、購入費用も20年前の導入時で約6億円と大変高価でした。また、放射線管理区域*を設置する必要があります。

もちろん大型であることで、その分測定の精度が高まり、炭素以外の元素に対応できるため、大きなメリッ

*管理区域 放射線による不要な被ばくを防止するため、放射性物質や放射線を扱う施設で人の立ち入りを制限、管理する区域

図3 土岐地球年代学研究所にあるAMS

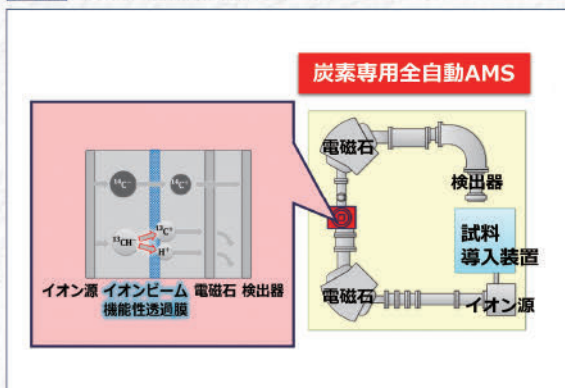


トがあります。しかし、放射性炭素年代測定の需要が多いこと、市役所や博物館など、考古学の発掘で年代測定を必要としているところで、それぞれが自前で測定できるようにすることはできないだろうか、そのための導入のハードルを下げるというのが今回の開発のスタートでした。

小型化のヒントは「膜」にある

藤田 今回私たちが開発を進めているのは、「 ^{14}C 」を測定するための専用装置で、試作機段階で $2 \times 2 \text{ m}$ （実用時は $1 \times 1 \text{ m}$ 級を目標）と、まさに「テーブルに置けるサイズ」の装置です（従来の装置と比較すると【図3】の緑色の図形ほどの大きさになる）。放射線管理区域は不要で、かなり画期的な小型化を実現する予定です。

図4 小型AMSの概念図



ここまで超小型にできた理由は、「膜」の新開発にあります。先ほどAMSの仕組みを説明するときに紹介しましたが、アルゴンガスが詰まった加速器タンクの中で行われていたマイナスイオンからプラスイオンへの変換が、【図4】に示したように、「膜」を通過させるだけで可能になるのです。実験やシミュレーションを重ねて、この効果を生み出すのに必要な材質や膜の厚さなどを検討し、現在特許出願中の「イオンビーム機能性透過膜」を完成させました。この開発により、ガスやタンクが不要になるだけでなく、測定したい核種のガスによる散乱を制御するために相当な大きさが必要だった電磁石までも小型化することができそうです。

新たな活躍の場に期待

藤田 装置が小型化されることで、遺跡や地質調査の現場に小型AMSを持ち込むことができるようになるかもしれません。将来的に採取した試料をその場で測定することができれば、作業の効率が格段に上がり、地質や考古学における様々な謎を解明するスピードが

さらにはがることも期待できます。

また、地球科学や考古学分野以外にも、この小型AMSの活躍が期待できる分野もあります。例えば、バイオマス由来の材料をどの程度使用しているかを「 ^{14}C 」の測定で見ることができるといえるのがその一つです。タイヤやゴム製品を輸出する際には、国際標準化機構（ISO）の国際規格により、この「バイオベース度（バイオマス由来の割合）」を測定し「どの程度環境に配慮した製品なのか」を表示する必要があります。製品を輸出しようとしている会社が、AMSを自社で購入できるようにすれば、測定を発注するコストの削減につながるかもしれません。また、製薬会社での新薬評価など、AMSに馴染みのなかった業界で活用される機会も増えてくる可能性もあります。

私たちが開発を進める装置が「古い時代の解明」や「新しい時代のための製品の開発」に役立つことを期待しながら、装置の性能・精度をより向上させ、また、導入のハードルを下げるための価格低下につながるような研究を進めていきたいと思っています。



施設の運転をはじめ、定期的に装置の安全管理を行うほか、機構の施設供用利用制度により外部の研究機関や大学からの測定依頼にも対応しています。



土岐地球年代学研究所（東濃地科学センター）
加速器や放射性同位元素実験施設などを活用し、最先端の放射年代測定技術の開発や、テフクロノロジー等を含めた編年技術の高度化、年代測定手法の標準化を目指す研究施設。

1F内のアルファ線放出核種の分布を

「解きあかす」

アルファ核種可視化検出器を用いた スミヤ試料の測定を実施



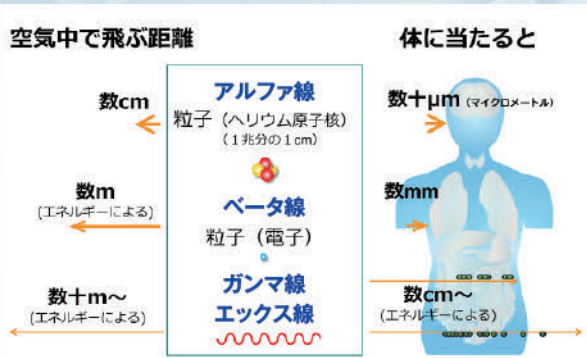
福島研究開発部門 福島研究開発拠点
廃炉国際共同研究センター
遠隔技術ディビジョン
放射線システム開発グループ
もりした ゆう き
森下 祐樹 研究員

現在、東京電力ホールディングス福島第一原子力発電所（1F）では、廃炉に向けて様々な作業が行われています。現場で作業員が安全かつ安心して作業を行うためには、放射線の管理と防護を適切に行う必要があります。これまで関心を集めていたのは、主に放射性セシウムから放出されるガンマ線でした。ただし放射性物質の中には、原子炉内で生成されるプルトニウムやウランなど、アルファ線を放出するものもあり、それらが体内に摂取されると深刻な内部被ばくをもたらします。

廃炉国際共同研究センターでは、現在研究開発を進めている新しい測定機器を用いて、核燃料由来と考えられるアルファ線放出核種の分布状況を高い精度で検知することに成功しました。

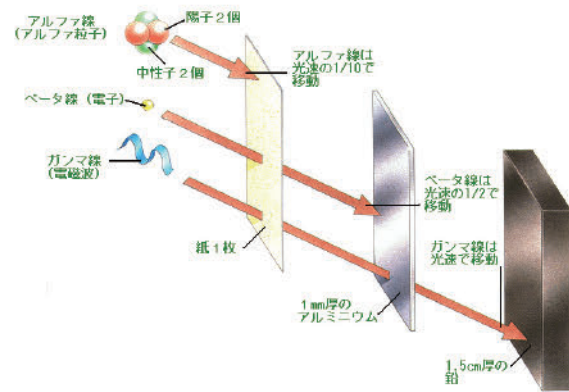
今後、廃炉作業を円滑に進めていくために有用な技術として実用化への期待が集まっています。

図1 放射線の体内での浸透力



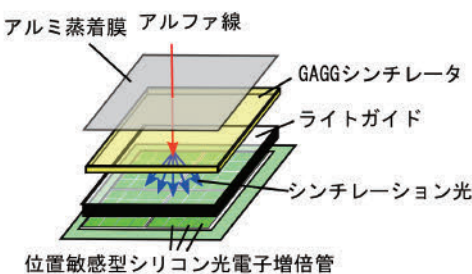
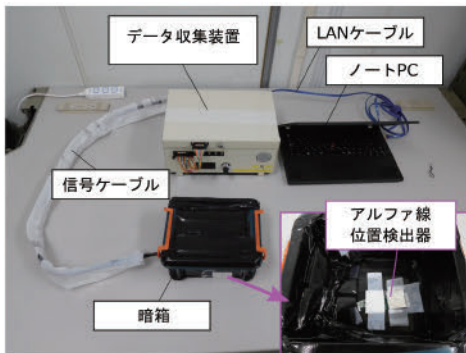
出典:環境省「放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料(平成30年度版)」をもとに作成

図2 アルファ線、ベータ線、ガンマ線の放射線遮へい



出典:S.McKeever, M.Foote(監・編):Science Encyclopedia, Dorling Kindersley(1994)

図3 開発したアルファ核種可視化検出器(上)及びアルファ核種可視化検出器の原理(下)(検出面は上向き。測定時は暗箱の中に封入される)



なぜ「アルファ線」の測定が重要なのか

森下 放射線はその種類によって、空気中や体内の通りやすさが異なり、その特徴に合わせて「どこに放射線源があるのか」という検知や「どうやって無用な被ばくを低減させるか」という防護の仕方が変わってきます【図1】。これまで主な関心を集めてきた「ガンマ線」は透過力が強く、空気中で数十メートル以上の非常に長い距離を飛ぶという特徴があります。つまり、放射線源から遠いところで作業をしていたとしてもその影響を受ける恐れがあり、これまでは外部被ばくを防ぐための研究を中心に進められていました。

一方、私の研究対象は「アルファ線」です。アルファ線は空気中を数cm程度しか飛ぶことができず、紙1枚で止めることができます【図2】。皮膚表面より深く浸透しないので外部被ばくでは影響が現れることはほぼありませんが、呼吸などで放射性物質を体内に

取り入れてしまった場合には、近くの細胞に集中的にダメージを与え、深刻な内部被ばくをもたらします。1Fでも、今後デブリ(*1)の場所や状態が明らかになるにつれ、放射線源の近くでの作業が増えてくるのが想定されます。内部被ばくを防ぐためにも、「どこに」「どれくらいの強さの」アルファ線放出核種があるかを知ることが、廃炉作業を進める上で大変重要なのです。

従来の測定の課題を克服

森下 1Fではアルファ線の測定のためにサーベイメータという市販の検出器が使用されています。測定したいものにこの検出器を近づけると「検出部分にアルファ線が何回入ってきたか」という数が計測できます。回数が多いほどアルファ線放出核種の放射能が高いことになるのですが、「検出器上などの位置からアルファ線が入ってきたのか」を測定する

ことはできないため、放射線源となっている物質の詳細な分布を特定することは不可能でした。また、アルファ線自体のエネルギー測定ができないため、自然界に存在するラドン等の天然核種と、プルトニウム等の核燃料由来の核種との区別ができませんでした。そこで私たちが新たに開発したのが「アルファ核種可視化検出器」です。私はもともと放射線管理の業務に携わっており、プルトニウムの汚染を迅速かつ正確に検知するための新しい検出器を開発してきました。今回その技術を1Fの試料の測定に応用することで、核燃料由来のアルファ線放出核種を検知しようと試みました。

【図3】が今回開発した検出器です。前述のとおり、アルファ線はベータ線・ガンマ線に比べて飛び距離が極めて短いため、精度よく計測できるよう厚さ50ミクロンという薄い膜のGAGGシンチレータ(*2)を用いました。アルファ線がこの膜に入射すると発光し、この光が光検出器により電気信号に変換され、そこから出力される電気信号を処理することにより、アルファ線が入射した位置がPC上で二次元的に可視化されるのです。

1F内のアルファ線放出核種の分布を「解きあかす」

さらにアルファ線のエネルギー情報も同時に測定することができるので、検出されたアルファ線放出核種が天然核種なのか人工核種なのかの識別も可能になります。

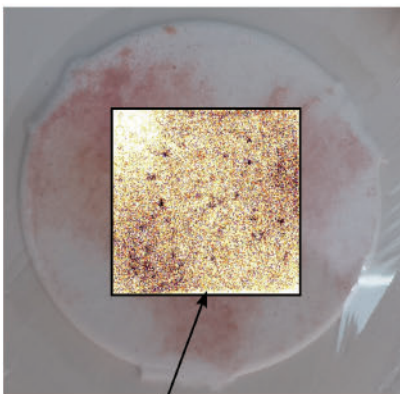
真冬の作業で思わぬトラブルが

森下 この検出器を実際に1Fに持ち込み、実証実験を行ったのが2017年の冬でした。原子炉建屋内の床面を拭き取って採取された放射性物質（スミヤ試料*3）を測定するのですが、現地で電源が確保できないことを想定し、検出器はバッテリー駆動式を採用しました。また廃炉の現場で、想定以上に放射能の高い汚染が検知された場合、その場にいる作業員がその事実を速やかに共有することも重要です。「音の情報が大切」というアラウドバイスを受け、アルファ線が入ると音が鳴る機能も付加しました。しかし、想定外の事態も発生しました。測定は氷点下に近い屋外の倉庫で行ったのですが、突然装置が作動しなくなるといったトラブルが発生したのです。



「アルファ線に関する研究のパイオニアを目指したい」と語る森下さん。

図4 1F原子炉建屋で採取されたスミヤ試料のアルファ線イメージング結果



アルファ線イメージング結果

用語集

(*1) デブリ

原子炉の事故により、溶融した核燃料や炉内の構造物が冷えて固まったもの。

(*2) シンチレータ

放射線によって発光する蛍光物質。電気信号に変換して、入射放射線数やエネルギーを計測します。GAGG シンチレータとは、ガドリニウム、アルミニウム、ガリウム、ガーネットを組成とするシンチレータ結晶のこと。

(*3) スミヤ試料

表面汚染を採取するための円形のろ紙。これで対象物の表面を擦り表面汚染を採取します。

本研究成果は原子力機構のホームページでも紹介しています。



「現場」で「瞬時」に測定するために

森下 今回開発した検出器は、従来のものと比べてアルファ線に関する多くの情報を、迅速かつ簡便に極寒で、かつ防護服や何重もの手袋を装着した上での実験は想像以上に大変でした。実験室での検証だけでなく、過酷な状況での実証実験を何とかクリアし、この装置が必要となる現場を体験できたことは、今後の検出器の改良にもつながると思っています。この装置ではまだ、一度の測定でアルファ線とベータ線を区別することはできませんが、「アルファ線は紙1枚で遮蔽できる」という特徴を利用して、検出器とスミヤ試料の間に紙を1枚はさんでみたところ、紙有り無しでのデータ差でアルファ線のみを測定結果を得ることができました【図4】。この試料と既存のプルトリウム試料のアルファ線のエネルギーを比較すると、両者が非常によく一致していることがわかり、アルファ線のみを効率的に測定する手法に光が見えてきました。

森下 今回開発した検出器は、従来のものと比べてアルファ線に関する多くの情報を、迅速かつ簡便に

得ることができます。1Fで廃炉作業が進み、デブリ取り出し等の工程で原子炉建屋に近づく機会が増えていくと、必然的にアルファ線やベータ線を放出する物質が多い環境に置かれることとなります。円滑に作業を進めるためには、アルファ線放出核種の分布の把握や作業員の放射線防護などのリスク対策がますます重要になります。

今後は、検出器の精度をさらに高め、アルファ線とベータ線の識別や、放射線源の粒径なども測定できるような機能を開発していきたいと考えています。同じアルファ線でも、粒径によって体内に取り込まれやすいものとそうでないものがあるので、粒径の測定を現地で速やかにできるようにすれば、より汚染のリスクを軽減することができますと考えています。アルファ線の管理は、ガンマ線と比べて事例が少なく、知見やノウハウをまだ共有しきれていないのが現状だと思います。1Fの廃炉作業を円滑に進めるために、自分たちのこれまで培ってきた技術や経験が少しでも役立つことを願っています。

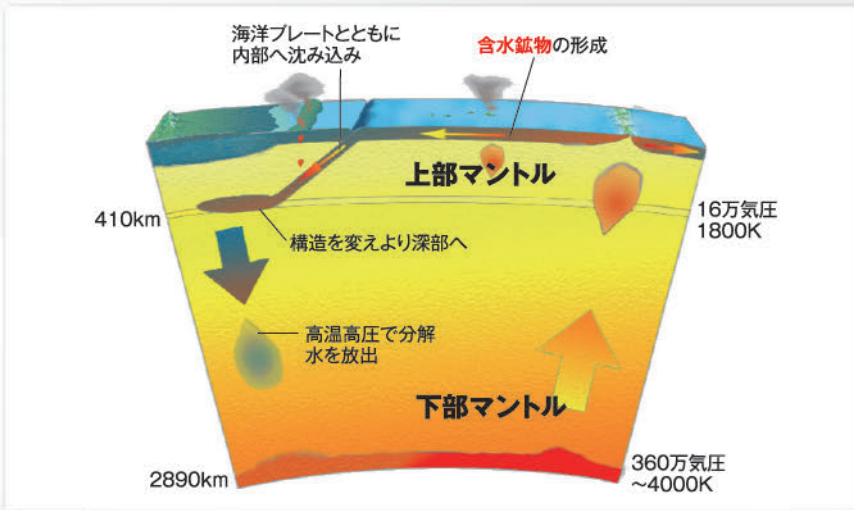
中性子が地球深部の謎を 「解きあかす」

高圧下における水素結合の対称化の直接観察に成功



地球の内部は表面から、地殻、マントル、コア（核）の順で層をなす“卵”のような構造をしていることが、地震波による調査等から明らかになっています。深部に近づくにつれて圧力が増し、温度も高くなりますが、これまで地球内部の状態や物質を直接観察することは困難でした。今回、J-PARCセンターの研究グループは、理論計算で半世紀以上前に“予言”されていた「水素結合の対称化」が高圧下において起こることを中性子実験により初めて実証しました。この研究により水惑星である地球の新たな理解に、一歩近づいたのかもしれませんが。

図1 地球断面・岩石圏の模式図



原子力科学研究部門 J-PARCセンター
物質・生命科学ディビジョン 中性子利用セクション

さの あさみ
佐野 亜沙美 研究副主幹

※クロスアポイントメント契約により
高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所・特別准教授兼任

「水素結合の対称化」とは

佐野 私の専門分野は地球科学で、主に地球の中に存在する水素について研究しています。ここに地球の断面図がありますが【図1】、地下およそ3000 kmまでは岩石で構成されており、それより深部になると鉄を主成分とするコアになります。今回はこの岩石部分のお話になります。

岩石を構成する鉱物は、主にシリコン（ケイ素）やマグネシウムの酸化物です。酸化物は通常、共有結合によってできており、お互いの電子を共有することで骨格を形成します。

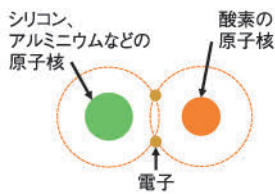
雲母のような含水鉱物は、この骨格に水素が含まれるものです。水素は周期表の最初の原子なので、電子を1つしか持っていない。そのため2つの酸素の間に水素を置くと、片側の酸素に強く引き付けられて共有結合するのですが、反対側の酸素とも弱い相関関係を結びます。この結合を水

素結合と呼び、全体では酸素と酸素の間、だいたい3分の1くらいの長さのところに水素が位置する、非対称な形になります【図2③】。

ただしそれは常圧下での状況であり、地球内部のように温度が高く、さらに高い圧力が加わった状態に含水鉱物が置かれたときに何が起るのかというのは、あまりよくわかっていませんでした。理論では、水素結合は相似形のまま縮んでいくのではなく、あるところで水素が中心に位置し両側の酸素と共有結合し始める「対称化」が起きるだろうという計算結果が1970年代に出ています【図2④】。多くの研究者がそれを直接観察しようとしてきましたが、なかなか実現することができませんでした。今回の私たちが行った中性子回折実験（*1）では、実際に水素が中心に来て、両側の酸素と共有結合しはじめるところを初めて観測することができました。

図2 対称化の模式図と、中性子解析実験により得られた高圧下における水素原子の分布確率

- ① 通常、元素どうしは電子を共有することで結合する



- ② ただし、水素は電子をひとつしかもっていないので



- ③ 2つの酸素の間に置かれると片方と共有結合、片方と弱い相関を結ぶ（両方の酸素の1/3くらいの位置にとどまる）
ただし、圧力を上げていくと...



- ④ ある圧力のところで両方の酸素と共有結合する（対称化）



J-PARCだからこぞできる実験

佐野 高圧実験というのは、とてつもない大きな力を微小な試料にかける必要があります。小さな試料に大きな圧力がかった状態にして「地球の深部を再現」しつつ、そこに中性子ビームを当てて、散乱される中性子を観測し、試料の中にある水素の状態を調べるといふのです。そのような実験を行うための設備をもつパルス中性子施設は、世界的に見てもイギリス、アメリカ、日本にしかありません。

私が学生時代に最初に行った実験では、イギリスの施設にある装置を使わせていただきました。ただし、それは10万気圧までしか出せない設定だったのでも、そこでは対称化は起こりませんでした。今回は、私自身も建設に携わったJ-PARCの超高圧中性子回折装置(PLANET)を用いることで実験圧力をのばすことができ、結果として対称化を初めて「見る」ことができました。

試料として使用したのは「 δ (デルタ)相(*2)」という高圧でしか合成できないアルミニウム水酸化物です。高圧実験を数十回も繰り返して作成するのですが、1回の実験で得られる量が少なく、さらに高い圧力がかかるわけですから、実験に必要なパー

ツは消耗品です。かなりの手間を要する作業になりました。

このようにして実験を行った結果、地下約520kmに相当する18万気圧で水素の対称化が起こっているという現象を直接観測することができました。

今回の実験は常温の高圧下で行いましたが、地球の内部は実際には高圧、かつ高温です。J-PARCには、「20万気圧、2000K(*3)以上」という、これまでの中性子実験では不可能であった高温高圧条件を実現できる、世界的に見ても稀有な設備があるので、今後はこちらを使ってより地球の深部に近い条件での実験を行っていく予定です。

地球を理解するには「水素」が重要な鍵となる

佐野 天然のダイヤモンドを調べると、水素を含む鉱物や、氷そのものが見つかることがあります。地球内部の高温高圧下では、水素はそう多くは存在できないのではないかと思われてきましたが、このようなダイヤモンドの研究や今回の私たちのような研究等で、地球内部の水素について、今まさに様々なことが明らかになりつつあります。最初にお話し

しました通り、水素が鉱物に取り込まれると、共有結合でできている骨格の中に水素結合という弱い結合ができるので、鉱物を軟化させると考えられてきました。しかし今回の研究で、圧力が上がると結合様式が変化し、今まで考えられてきたように鉱物を「柔らかく」するのではなく、むしろ「硬く」する影響が出てくることを示唆できたことは、大きな成果なのではないかと思っています。

何故ならそれは、地震波速度の解釈に関わってくるからです。一般的に地震波速度を決定する弾性波(P波及びS波)速度は、「物質が硬いほど速く伝わるので、遅いところには水が含まれている可能性がある」と言われてきました。しかし今回、「高圧下で水があったとしても、対称化という強固な共有結合が起きていれば、逆に地震波の速度が速くなる」ことを明らかにすることができたので、今後の地震波速度の観測データ解析等に役立てていただけないかと考えています。

個人的には、このJ-PARCのビームライン自体が鉱物だけにとどまらず、マグマや核など地球の中にある様々なものに対する謎の答えを与えるための「鍵」となればいいなと思っています。水や水素が、地球の内部にどのような形で貯蔵され、どのように地球の活動に関わっているのか。研究開発を続け、その謎の解明に一步一步迫っていきたいと思っています。

用語集

(*1) 中性子回折実験

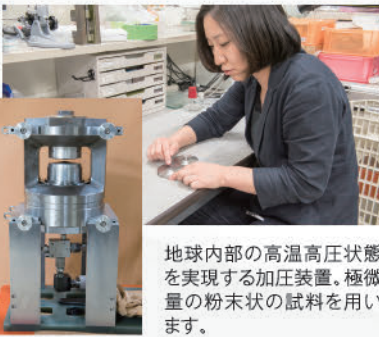
中性子を用いて物質の結晶構造を調べる実験手法。中性子はX線と比較すると特に軽元素との相互作用が強く、構造中の水素位置の決定などに威力を発揮します。

(*2) δ (デルタ)相

アルミニウムの原料のボーキサイトなどに含まれる含水鉱物ダイアスポアの結晶構造が、高温高圧下でより高密度な構造に変化してできる高圧相のこと。

(*3) K(ケルビン)

温度の単位。0°C=273K



地球内部の高温高圧状態を実現する加圧装置。極微量の粉末状の試料を用います。



超高圧中性子回折装置PLANET

J-PARC物質・生命科学実験施設内のビームラインにある粉末回折装置。高圧下における物質や液体の構造を精度よく決定することに特化しています。



大強度陽子加速器施設 J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex)

世界最高レベルの強さの陽子ビームを標的に当てて発生させた、中性子、ミュオン、ニュートリノなどのビームを使って研究を行う施設。素粒子・原子核物理学、物質・生命科学などの基礎研究から産業分野への応用まで幅広い分野の最先端研究を行っています。

※J-PARCは、茨城県東海村にある、日本原子力研究開発機構(JAEA)と高エネルギー加速器研究機構(KEK)が共同で運営する先端大型研究施設です。

研究用原子炉の状況

原子力機構は、研究開発を行うための研究用の原子炉を保有しています。

東京電力福島第一原子力発電所（1F）事故を契機に、耐震化に係る基準や原子力施設に対する規制基準が見直されました。継続利用する施設に対しては、多額の対応費用が発生する状況が顕在化してきた一方、役割を終えた原子力施設については、施設の廃止措置及び放射性廃棄物の処理処分といったバックエンド対策に多額の費用が必要となります。

原子力機構でも、国として、最低限持つべき原子力研究開発機能の維持に必須な施設は、以下の事項を踏まえて可能な限り継続利用する方針です。

- 可能な限り研究開発機能の集約化を図る。
- 安全対策費用等の視点から継続利用が困難な施設は廃止対象とする。
- 外部資金が期待できる施設は優先的に継続利用する。受託研究ニーズが高く、施設の運転、維持管理のための外部資金獲得の可能性の高い施設は優先的に継続利用の候補とする。

「未来へげんき」では、継続利用される原子炉施設のうち主要な施設について、現在の状況（2019年6月末現在）や今後の予定などをご紹介します。

研究用原子炉JRR-3

2018年11月7日、新規基準への適合性確認について、原子炉設置変更許可を取得しました。

JRR-3は、炉内中性子から炉外中性子ビームまで多様な中性子の利用が可能な我が国最大級（20MW）の多目的研究用原子炉です。

JRR-3は、中性子の磁場を感じる能力を活用した超電導の発現機構の研究をはじめ、金属に対して透過率が高い能力を活用し、自動車エンジンを動かしながら潤滑油の流れなどをリアルタイムで

見る“透過高速度撮影”を通じた高燃費エンジンの開発、がん治療に不可欠なRIの製造、電車や送電設備用の高性能Si半導体の製造など、基礎科学から産業利用まで広い分野に貢献してきました。

今後は、2021年2月の運転再開に向けて、これまでの想定を超える事故に備えた設備の設置、建物・構築物の耐震改修など必要な安全対策工事に適切に取り組むとともに、中性子導管のスーパーミラー化による中性子ビーム強度の増強等により利用効率の向上に努め、社会に貢献していきます。



JRR-3 ビームホール



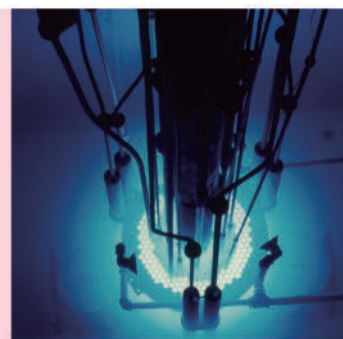
JRR-3で見たユリとカブトムシの透過画像

原子炉安全性研究炉NSRR

2018年1月31日、新規制基準への適合性確認について原子炉設置変更許可を取得、同年6月28日に運転を再開しました(同年9月まで利用運転を行い、その後、耐震補強工事を実施中)。

NSRRは原子炉燃料の安全性を研究するための専用炉で、実験燃料棒に高い出力をパルス状に加える運転を行うことで、原子力発電所の事故時に原子炉内の燃料が破損する条件や破損のメカニズムなどを実験的に研究しています。

今後、NSRRでは、原子炉の事故時に燃料がどのような挙動をするのかを調べる実験、1F事故のような事故の際に燃料に生じる変化等を把握するための実験、NSRR運転実習による人材育成等を通して、原子力の更なる安全性向上に貢献していきます。



チェレンコフ光

定常臨界実験装置STACY

STACYでは、これまでウランを含む溶液燃料の臨界安全を確保するための研究を実施しており、取得したデータは、原子力施設等の安全設計や国の安全審査に活用されています。1999年に茨城県東海村で起きたJCO臨界事故の際、事故収束やその後の事故調査に貢献しました。

2018年1月31日、STACYは、炉心変更及び新規制基準への適合性確認についての原子炉設置変更許可を取得し、更新改造を進めています。更新後のSTACYは、これまでの溶液燃料を用いる臨界実験装置から固体燃料と水減速材を用いる熱中性子体系臨界実験装置へ変更し、原子炉施設等の臨界基礎データを収集するとともに、炉物理教育にも用いて人材育成を行います。

今後は、1Fの燃料デブリ取出しに係る臨界管理技術開発等を行い、1Fの廃炉に係る規制支援に貢献していきます。



STACY 炉心タンク

高速実験炉「常陽」

「常陽」は日本の自主技術で建設された日本初の高速増殖炉です。高速増殖炉は、運転しながら燃えない“ウラン238”を燃える“プルトニウム239”に変えることができるため、消費するよりも多くの燃料を生み出し、ウラン資源を60倍も有効に利用することができます。使用済核燃料中に数百万年も残留する放射線量(放射性物質)は、エネルギーの高い中性子(高速中性子)を利用して少なくすることもでき、国際的な枠組みの中で安全性や経済性に関する研究開発が進んでいます。

「常陽」は、1977年に初めて臨界を達成して以降、増殖性能の確認、ナトリウムを取り扱う機器の運転保守技術の開発、原子炉の安全性に関する実験、将来の原子炉で使用する新たな燃料や材料の開発、高速中性子を用いた研究開発等を行ってきた世界的にも貴重な実験炉です。



常陽

高温工学試験研究炉HTTR

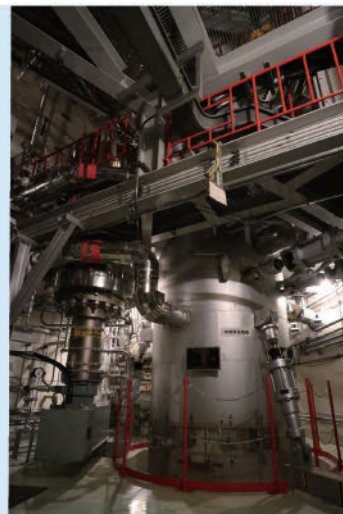
HTTRは、日本初かつ唯一の高温ガス炉です。高温ガス炉は炉心にセラミック被覆燃料粒子を使用していることなどから、炉心熔融を起こすおそれがなく高い安全性をもつ原子炉です。また、最高950℃という高温の熱エネルギーを取り出して利用することができるため、高い効率で発電するだけでなく、次世代のエネルギーとして期待される水素を、二酸化炭素(CO₂)を排出せずに直接水からつくるすることができます。

2010年3月に50日間の高温連続運転(30MW、950℃)を達成するとともに、同年12月には、冷却材の流れをすべて止める安全性実証試験に成功しました。現在は新規制基準への適合性確認を進めています。

今後は、より厳しい条件での安全性実証試験や、CO₂を排出しない熱化学法による水素製造技術の研究開発等を進めていく計画です。



HTTR



原子炉格納容器内

PLAZA

主なプレスリリース

廃炉国際共同研究センター (CLADS)

- 空からすばやく 環境中の放射性物質分布を3次元で可視化
放射性物質可視化カメラを搭載したドローンシステムを開発

福島環境安全センター

- 福島原発事故によって飛散した放射性微粒子の溶解挙動を解明
- 測定・サンプリングなど多目的に使用できる“海洋のドローン”の開発
無人船開発に浜通り企業の技術を結集

安全研究センター

- 原子炉運転中の燃料のふるまいを計算で再現
国内唯一の軽水炉燃料解析コードの適用範囲を飛躍的に拡大

原子力基礎工学研究センター

- 放射性のゴミを分別する「SELECTプロセス」の開発に成功
高レベル放射性廃液の有害度低減・減容化を目指す分離変換技術の開発に進展

J-PARCセンター

- 固体冷媒を用いた新しい冷却技術の開発に期待
「柔軟性結晶」の圧力変化に伴う分子運動の変化が巨大な「熱量効果」をひきおこすことを解明
- 量子磁性体でのトポロジカル準粒子の観測に成功
トポロジカルに保護された磁性準粒子端状態の予言

高速炉サイクル研究開発センター

- 高速炉を冷やしてまもる
熱と流れの複雑現象をナトリウム試験で解明
ナトリウム冷却高速炉の炉心崩壊熱を確実に除去する
冷却システムの実証と性能予測精度の向上

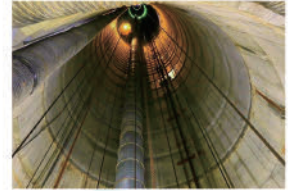
東濃地科学センター

- いつ山は高くなったのか？
山地形成過程の解明に新たなアプローチ
大量の鉱物粒子の迅速な元素分析を可能にする
高速定量分析技術の開発
- 花崗岩内の物質移動経路に関する新知見
斜長石の熱水変質で生じる微小孔の役割と
物質移動の解明

トピックス

幌延深地層研究センター

幌延深地層研究センターにおける堆積岩を対象とした基盤的な研究開発が画期的なプロジェクトとして評価され、平成30年度土木学会賞の技術賞を受賞しました。



大洗研究所

【広報誌】

広報誌「夏海湖の四季」88号を発行しました。「高速炉を冷やしてまもる 熱と流れの複雑現象をナトリウム試験で解明」などを掲載しています。

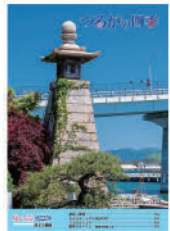
夏海湖の四季



敦賀事業本部

【広報誌】

「つるがの四季」No.122を発行しました。「就任ご挨拶」などを掲載しています。



人形峠環境技術センター

広報紙「にんぎょうとうげ」94号を発行しました。「ウランと環境研究懇話会を開催して」などを掲載しています。



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をご覧ください。

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

令和元年春の紫綬褒章の受章について



原子力科学研究部門 原子力科学研究所 原子力基礎工学研究センター長 遠藤 章が令和元年春の褒章において、紫綬褒章を受章しました。

遠藤センター長は、放射性医薬品が人体に与える影響をDNAレベルまで詳細に評価できる計算手法を開発するとともに、大型加速器で発生する高エネルギー放射線に対する線量評価手法を確立し、米国核医学会、ICRP（国際放射線防護委員会）の線量評価用データベースを新たに開発しました。

開発したデータベースは、先進的な診断・治療の研究や先端加速器の開発を可能にし、医療技術の発展を通して生活と福祉の向上に貢献しました。本功績は線量評価の世界標準データに日本の成果が全面採用された画期的なものであり、核医学及び放射線防護分野の発展に貢献した功績が評価されました。

皆さまの「声」をご紹介します

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。



もんじゅは残念ですが、今後も廃止措置の状況を伝えてほしい。
その他、核燃料サイクル全体の今後の動向や増殖炉、海外の連携等についても知らせてほしい。
(東京都新宿区 中山様)



高度に専門的な内容がわかりやすい言葉で説明されて、とても良かった(NSRRの記事を読んで)
(千葉県松戸市 佐々木様)

「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。今後ともよろしく願いいたします。

※アンケートに記入いただきます個人情報、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

JAEA
チャンネル

研究開発成果を分かりやすく紹介する動画「Project JAEA」などを配信しています。
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/53/>

「未来へげんき」
バックナンバー

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

HP https://www.jaea.go.jp/about_JAEA/fdonation/

■ お問い合わせ先

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1765番地1
TEL:029-282-4059(寄附金専用窓口) E-mail:zaimukikaku@jaea.go.jp

(キリトリ線)

未来へげんき
Japan Atomic Energy Agency
2019 VOL. 53

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。

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)

①超小型装置で時代の話を「解きあかす」
②1F内のアルファ線放出核種の分布を「解きあかす」
③中性子が地球深部の話を「解きあかす」
④研究用原子炉の状況
⑤PLAZA
⑥その他()

3 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

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はじめお読みになった方)

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
送付先が所属に変わりがございませぬ場合は、お手数ですがご住所のハガキにて変更内容をお知らせください。

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。
ご紹介する際に、お住まい(市町村まで)及び苗字を紹介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した。

編集後記

今号は「JAEA」×「解きあかす」のテーマで、年代測定、1Fの廃止措置、地球の内部に迫る研究と、さまざまな分野からの成果をご紹介します。さまざまな謎や課題を「解きあかす」ための研究について、皆様に興味を持っていただければ嬉しいです。今後も、幅広い分野からの研究成果をご紹介します。

また、2019年度第1回目の発行ということで、表紙デザインを一新いたしました。今年度も「未来へげんき」をどうぞよろしくお願いいたします。

季刊

未来へげんき

Japan Atomic Energy Agency

2019 VOL. 53 令和元年6月

● 編集・発行

日本原子力研究開発機構
広報部広報課

● 制作

株式会社 毎日映画社



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な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、原子力の安定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。

(キリトリ線)

料金受取人払郵便

ひたちなか郵便局承認

263

差出有効期間
2020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
広報部「未来へげんき」係宛



お名前

年齢 歳 男・女

ご職業

ご住所 〒

お電話

Japan Atomic Energy Agency

