

Genki

未来へげんき

2020
55

国立研究開発法人
日本原子力研究開発機構

J
A
E
A
×
「
2
0
5
0
」

巻頭インタビュー

はばた
「飛翔く原子力機構」

—機構をとりまく“いま”と“未来”—を開催しました。

AIが「空からの放射線情報」を精密にする

CO₂フリーな水素社会を目指して
—高温ガス炉による水素製造技術の研究開発—

電気より高効率なエネルギー？
「スピン」研究の最前線

「JAEA 2050 +」とは？

トキメキサイエンス

TOKIMEKI SCIENCE



雪の結晶 Snow Crystal

雪の結晶には様々な形がありますが、
基本的には六角形であり、五角形や八角形のものはありません。

例えば、私たちがよく知っているシダ状の結晶は
マイナス15~20℃ほどの、水蒸気が比較的多い時に作られます。
また水蒸気量が少ない時には、角板や角板の結晶になりやすいことが分かっています。

水蒸気を含む空気が上空で冷却されて過飽和になると、
細かいちりなどを芯にしなが凝結し、氷の粒ができます。

水は水素と酸素からできています。
水分子が凝集するときには、水素結合という引き合う力が働きますが、
平面方面に成長していくときには、
1つの酸素のまわりに3つの水素がそれぞれ120°の角度で結合し、
六角形の基本構造を作るのです。

雪の結晶は「2つとして同じ形のものはない」と言われています。
市販のルーペや顕微鏡でも観察することができるので、
雪が降った日には、この自然が生んだ美しい芸術作品を、
ぜひ自分の目で見てみましょう。

Genki 55
未来へげんき 2020

Cover
commentary



月から見た地球の夜明けは鮮やかな弧を描き、美しい輝きに包まれています。アポロ11号による人類初の月面着陸が行われてからおよそ50年、地球の未来のために何ができるのか、今、考えるべき時がきています。

Contents

- 01 巻頭インタビュー
- 04 「^{はばた}飛翔く原子力機構」
—機構をとりまく“いま”と“未来”—を開催しました
- 06 AIが「空からの放射線情報」を精密にする
- 09 CO₂フリーな水素社会を目指して
—高温ガス炉による水素製造技術の研究開発—
- 12 電気より高効率なエネルギー？
「スピン」研究の最前線
- 15 「JAEA 2050 +」とは？
- 16 PLAZA
読者アンケートはがきなど

日本原子力研究開発機構 理事長

こ だま とし お
児玉 敏雄

原子力機構は、2050年に向けた将来の姿を『将来ビジョン「JAEA 2050 +」』として2019年10月に策定しました。気候変動問題やエネルギー問題などの地球規模の課題に際し今後取り組んでいく変革について、話を聞きました。



「JAEA 2050 +」を
今策定した理由とは？」

児玉 東京電力福島第一原子力発電所の事故以降、原子力を取り巻く情勢は非常に厳しく、また新しいことにチャレンジすることが難しい状況にあります。その一方で、地球温暖化をはじめとする気候変動問題に対する対応も、待たなしの状態です。台風の大規模化や大規模な山火事、記録的猛暑など、私たちの想像を超える事態が今まさに起こっています。

こうした状況の中、わが国では、2018年7月に閣議決定された「第5次エネルギー基本計画」において、安全を大前提に安定供給・経済合理性・環境適合性のバランス（S+E）を取った政策を実行すべく、2030年に向けたエネルギーミックスの目標と、2050年に向けたエネルギー転換と脱炭素化の方針が掲げられました。

また、昨年6月に閣議決定された「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」では、「2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指す」としています。

さらに内部に目を向けると、原子力機構は2005年に発足してから、昨年10月で15年目を迎えました。現在は国立研究開発法人として、第3期中長期目標期間の5年目であり、次の2022年からの第4期に向けての備えが必要な時期にきています。

原子力機構が社会に貢献し続けるためには
優秀な若手職員のモチベーションを
高めることが重要です

しかしながら、若手の職員の中には、原子力機構の将来が見えない状況で、悶々と日々の業務にあたっていて、という意見があることも認識していました。

こうした状況を踏まえ、私たちがこの先30年を見ずえ、何を指し、何をすべきかということを示し、職員の方々と共有してベクトルを合わせていくために、この『将来ビジョン「JAEA 2050+」』を策定しました。

策定にあたり、どのような意見を 取り入れましたか？

児玉 私が「なるほど」と思ったのは、原子力機構はこれまでエネルギー利用に特化した研究を行ってきたが、今後はそれだけではなく、原子力の持つポテンシャルを活かし、放射線の利用などの他分野まで幅を広げていくべきだ、という声が、特に若手職員の中で非常に多かったことです。

さらに様々な経歴をお持ちの外部の有識者の方々による「将来ビジョンアドバイザー委員会」を設置し、わが国の気候変動政策やエネルギー情勢、原子力機構が置かれた状況などを踏まえた多様な視点から議論を行っていただきました。これらの意見を参考にしながら、今回の将来ビジョンを策定しました。

気候変動対策に必要な変革とは？

児玉 今から30年後の2050年までに予想される最も大きな社会変革は、気候変動対策としての脱炭素社会への移行だと考えられます。「2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指す」という目標を達成するには、これまでの延長線上にはない、数段階もジャンプするような新しい発想のイノベーションが必要です。再生可能エネルギーや蓄電池、水素、原子力など、あらゆる選択肢の可能性を追求し、最先端

2050年に向け、人類がこれまでに 経験したことのない課題への挑戦が 求められています

技術を駆使した未来社会（Society 5.0）の実現を目指していかねばなりません。

原子力は、発電の過程で温室効果ガスを排出しない、ゼロエミッションエネルギー源です。高密度のエネルギーを安定的に供給することが可能なため、再生可能エネルギーを含むあらゆるエネルギー源と適切に組み合わせる「エネルギーミックス」の実現を、今後は目指していく必要があります。また、水素社会の実現に向けては、高温ガス炉とその熱を利用した水素製造技術が有望視されています。このように様々なポテンシャルを秘める原子力を最大限に活用することが重要であり、私たちが目指していくべきことだと考えています。

東京電力福島第一原子力発電所事故の 反省を踏まえた原子力安全の価値とは？

児玉 国民の皆さまの安心・安全で豊かな生活のために、「安全は何物にも優先する」ということを改めて肝に銘じて行動するべきだと考えています。この認識のもと、従来のエネルギー利用中心の原子力を超えた「新原子力」の実現を、2050年に向けて目指していきます。

「新原子力」が表すものは、一層の安全性向上を含む「S+3E」と社会的課題の解決に依る原子力科学技術システムの構築、そして、他分野との積極的な融

合によるイノベーションの創出、です。原子力機構は、放射線の取扱いや放射性物質の製造に関しては知見がありますので、様々な分野への応用を考えていくべきだと思っています。

「JAEA 2050+」で 掲げたテーマとは？

児玉 原子力機構がなすべき研究開発分野は非常に多岐にわたりますが、将来にわたり社会に貢献し続けるためには、これらの研究を横断的かつ戦略的に進めていくことが必要だと思っております。そのため、①安全の追求、②革新的原子炉システムの探求、③放射性物質のコントロール、④アコミッションング改革、⑤高度化・スピノフ、⑥新知見の創出 という6つの研究テーマを設定しました。

世界のために、

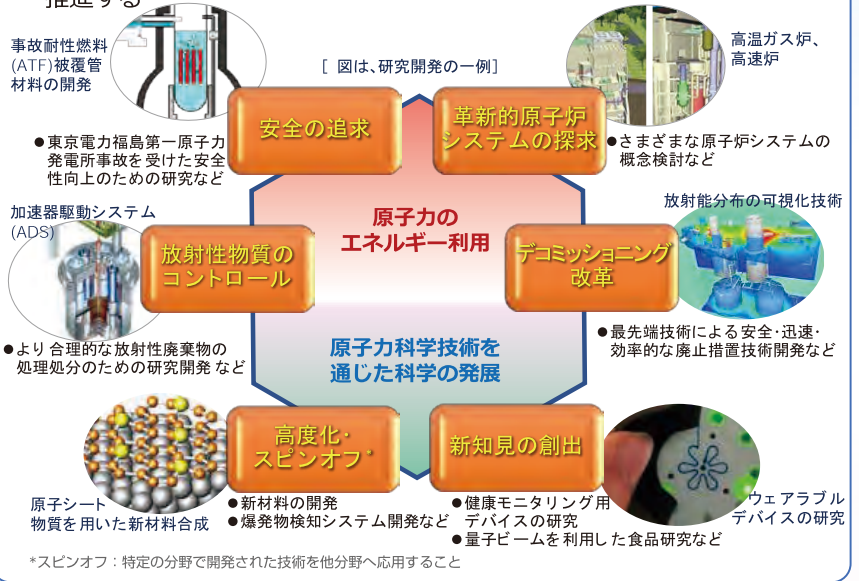
地域のためにできることとは？

児玉 IAEAなどの国際的な原子力コミュニティや、原子力新興国への貢献に積極的に取り組むとともに、核拡散や核テロの脅威のない世界を目指し、核セキュリティの向上にも一層貢献していきます。

さらに地域の方々の安全に向けて、安全確保に万全を期すとともに、双方向のコミュニケーションを通じて信頼醸成に努めます。私たちも地域の一員とし

“新原子力”を実現するための研究開発

□ 6つの研究テーマを設定し、多岐にわたる研究開発を横断的かつ戦略的に推進する



全てを自分たちでやるのではなく、
それぞれの分野と連携して、
1+1が、3にも4にもなるような
取り組みをしていきたい

で、まちづくりと一緒に考え、子どもたちや学生たちが科学技術に触れる機会を設け、未来の科学者・技術者の芽を育む活動を継続して行っていきたくと思っています。

「JAEA 2050+」に向けた

具体的な次のアクションとは？

児玉 キーワードは「実行」です。今回策定した将来ビジョンを、今度は組織の末端まで浸透させることが重要です。現在は「What to do」(将来何をすべきか)を示したものにすぎないので、今後は「How to do」(どのように具現化するか)についてのイノベーション創出戦略を、今年度末を目標に改訂したいと考えています。

また、昨年4月に設置した構造改革推進室を中心に、機構の中の無駄を省き、仕事の進め方を見直すと同時に、若手職員を対象にした個人別の人材育成計画を作成し、機構の将来を担う人材の育成を進めていきます。

研究開発の分野における

アクションとは？

児玉 まずは原子力科学研究所にあるJRR-3の運



「何においても大切なのは人材育成。自然科学・工学系人材と人文・社会科学系人材との積極的な交流を念頭に置いた、多角的な人材の確保や育成を目指します」と語る、児玉理事長。
(「将来ビジョン「JAEA 2050+」」を取りまとめた戦略・国際企画室 永井次長と)

転再開を待つ国内外のユーザーの方々に対し、一日も早くそのニーズに応えられるよう、新規基準への対応工事を進めること。そして、高速炉や高温ガス炉分野で国際協力による研究開発を進めるなど、機構の持つ施設や技術を活用して、研究成果の最大化を目指していきます。

私たちは今、変わろうとしています。これから機構が目指す「新原子力」を共に創造していこうとする志高き若い世代を念頭に置き、今後も努力を惜しむことなく、多様な知恵を絞り出し、社会に貢献し続けることを目指していきます。

はばた
「飛翔く原子力機構」
—機構をとりまく“いま”と“未来”—を開催しました。



2019年11月12日(火)、第14回原子力機構報告会を開催しました。

今年度は『将来ビジョン「JAEA 2050+」』と『福島島の復興・再生への貢献』の2部構成のもと、原子力機構の研究開発成果等について報告させていただきます。

JAEAが策定した『将来ビジョン「JAEA 2050+」』は、これから30年後の2050年を見ずえて、わたしたちが何をめざし、そのために何をすべきか、という原子力機構の将来の姿を、若手職員や外部有識者の意見を踏まえ取りまとめたものです。

今号の「未来へげんき」で紹介している研究成果は、この将来ビジョンの「原子力機構が取り組むべき6つのテーマ(*1)」に沿って、機構報告会で報告されたものです。若手研究者・技術者が取り組んでいる最新の研究成果について、本誌では研究の背景から紹介しています。

報告会では、若手研究者に「成果の信頼性の評価や検証はどのようにするのですか」等の質問や「世界をリードする研究成果だと感じました」等の声を頂きました。ご来場の皆様が原子力機構の研究開発や、その成果が社会をよりよくする可能性に期待を寄せていただいていることを真摯に受け止め、これからもさらなる研究開発成果の創出を目指してまいります。

『将来ビジョン「JAEA 2050+」』に関しては、機構外からの有識者にもご登壇いただき、原子力機構が将来にわたり社会とどのように関わっていくべきかについてトークセッションも実施いたしました。

機構の外からの視点で「社会とコミュニケーション」をしっかりとりながら、前進できる組織

になっていただきたい」「民間との人材交流を積極的に行うプログラムがあってもいいのではないか」などの意見が寄せられ、これからの機構の在り方に関わる議論が交わされました。原子力機構としてもそのようなご意見を今後の研究開発に活かしてまいります。

また、本報告会では、東京電力福島第一原子力発電所(1F)事故の発生後からJAEAが継続して行っている福島島の復興・再生についても、外部有識者を招いた基調講演、トークセッションを行いました。

福島県飯舘村の復興対策課専門員である万福裕造氏の基調講演では、土壌再生利用の現状と課題、次世代人材育成について事例を交え紹介いただき、その後のトークセッションでも地元自治体・企業と連携しながら進められている研究開発や今後の展望、次の世代への技術のつなぎ方等について議論が交わされました。

本報告会では、原子力機構がこれから目指すべきもの、そして重要課題である福島島の復興再生に向けての研究開発を中心にご紹介させていただきます。ただ、ご来場の皆様から頂いたご意見をもとに、今後さらなる成果の創出、現状の課題の解決に向けた研究開発を進めて参ります。

『将来ビジョン「JAEA 2050+」』
具体的テーマ

- 安全の追求
- 革新的原子炉システムの探求
- 放射性物質のコントロール
- デコミッショニング改革
- 高度化・スピノフ
- 新知見の創出

(*1)『将来ビジョン「JAEA 2050+」』にてご紹介している、原子力機構が取り組むべき6つのテーマ

開会挨拶及び『将来ビジョン「JAEA 2050 +」』について

理事長 児玉 敏雄



第1部：『将来ビジョン「JAEA 2050 +」』と原子力機構の研究開発

最先端の研究開発1 **機械学習が開く放射線計測の未来** (本誌P6-P8に掲載)

最先端の研究開発2 **高温ガス炉による水素製造技術の研究開発** (本誌P9-P11に掲載)

最先端の研究開発3 **スピンによるエネルギーの有効利用と展望** (本誌P12-P14に掲載)

トークセッション1 **原子力機構の研究と社会との関わり**

司会者兼パネリスト

・原子力機構 事業計画統括部長 **門馬 利行**

パネリスト(五十音順)

- ・株式会社日産アーク 代表取締役常務 **松本 隆** 氏
- ・一般財団法人日本エネルギー経済研究所
戦略研究ユニット 原子力グループ マネージャー **村上 朋子** 氏
- ・一般財団法人持続性推進機構 理事長
経済産業省 資源エネルギー庁 原子力小委員会 委員長 **安井 至** 氏
- ・原子力機構 広報部長 **竹中 信吾**
- ・原子力機構 **家田 淳一** (個別報告登壇者)



第2部：福島復興・再生への貢献

福島の復興・再生に向けて

～機構におけるIF廃止措置・環境回復への取組み～

福島研究開発部門 副部門長 **中山 真一**

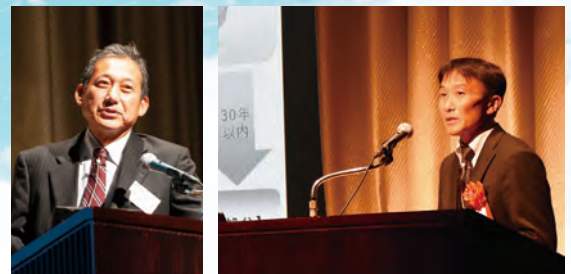
基調講演 **除染廃棄土壌の現状**

—環境再生事業と次世代人材育成—

飯舘村復興対策課専門員

(農業・食品産業技術総合研究機構 企画戦略本部付 上級研究員)

万福 裕造 氏



トークセッション2 **福島の復興・再生**

モデレーター兼ファシリテーター

・飯舘村復興対策課専門員

(農業・食品産業技術総合研究機構 企画戦略本部付 上級研究員)

万福 裕造 氏

パネリスト(五十音順)

- ・公益財団法人福島イノベーション・コースト構想推進機構
専務理事 **伊藤 泰夫** 氏
- ・東京慈恵会医科大学臨床検査医学講座 講師
相馬中央病院、大町病院 非常勤医師 **越智 小枝** 氏
- ・経済産業省 大臣官房 福島復興推進グループ長 **須藤 治** 氏
- ・原子力機構 理事 **野田 耕一** (福島研究開発部門担当)



総括及び閉会挨拶

副理事長 **伊藤 洋一**

第14回原子力機構報告会「飛翔(はばた)く原子力機構」一機構をとりまく「いま」と「未来」の様子は、原子力機構ホームページにて、動画でもご覧いただけます。

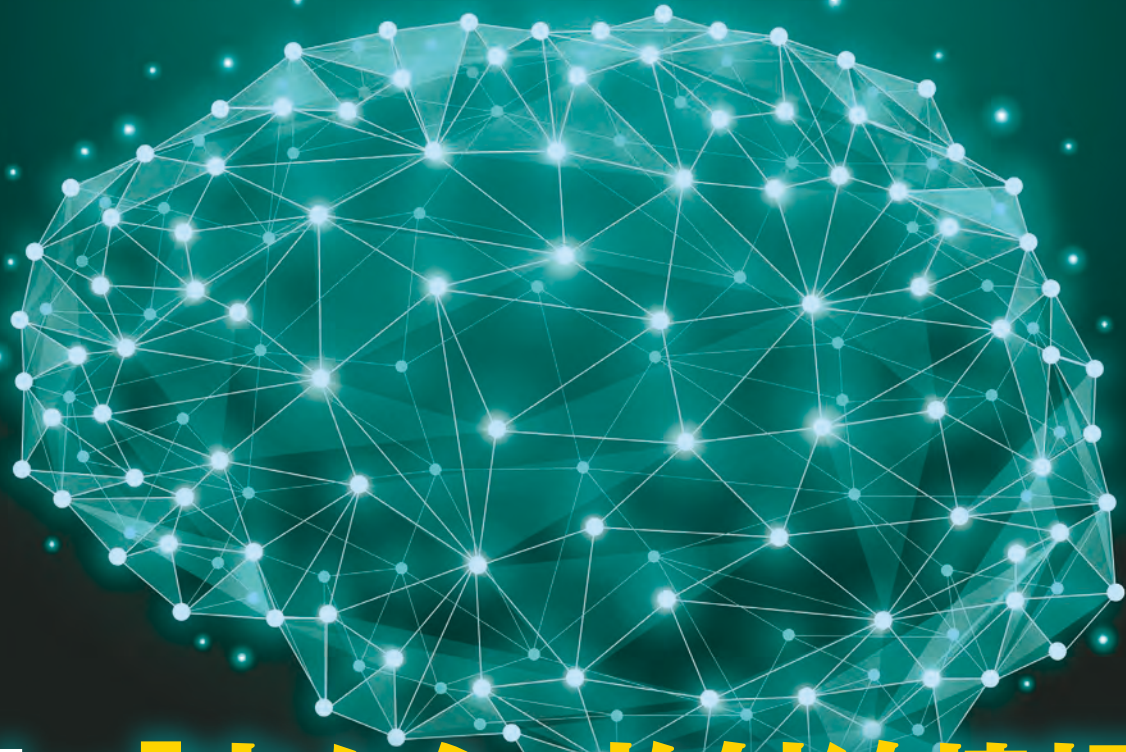


第14回 原子力機構報告会
<https://www.jaea.go.jp/jaea-houkoku14/>

『将来ビジョン「JAEA 2050 +」』は原子力機構ホームページでもご紹介しています。



『将来ビジョン
「JAEA 2050 +」』
<https://www.jaea.go.jp/JAEA2050/>



AIが「空からの放射線情報」を 精密にする

—機械学習が開く放射線計測の未来—

放射性物質が広範囲に拡散される緊急事態が生じた場合、避難指示区域や避難ルートを設定するには「特に放射線量の高い場所はどこか」「どのように放射性物質が分布しているのか」を速やかに把握することが重要です。

ヘリコプター等を用いた上空からの放射線モニタリングは素早く広範囲を測定できる一方、細かい線量分布を表すことが難しいという欠点もあります。この課題を解決するため、AI(人工知能)を用いた換算手法の開発が進められています。

原子力機構はこのたび、“これから30年後の2050年を見ずえて、何をめざし、何をすべきか”という原子力機構の将来の姿『将来ビジョン「JAEA 2050+」』を策定しました(本誌P10-11に詳細)。研究者・技術者が“2050年までに実現したいこと”を、まずはモニタリング研究の視点からご紹介します。



福島研究開発部門 福島研究開発拠点
福島環境安全センター 放射線監視技術開発グループ

さ さ き み ゆ き
佐々木 美雪 研究員

なぜ「空から」なのか

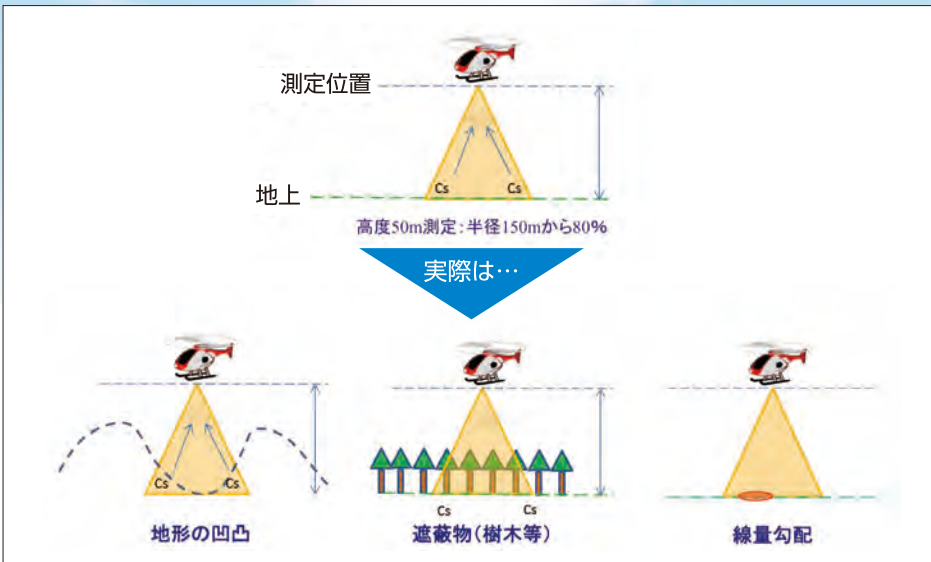
佐々木 私が研究の対象としているのは、上空から計測した放射線量データの解析です。東京電力福島第一原子力発電所の事故以降、福島環境安全センターでは、ヘリコプターを用いた放射線モニタリングを行っています。

地上でのモニタリングももちろん実施していますが、福島県内は森林が多く、山地や森林を細かく定期的に測定するという作業には限界があります。そのため、上空から、遠隔で素早く広範囲を「面」として測定できる「空からのモニタリング」が効果を発揮する場面が多いのです。

ただし、空からの測定では、地上からの距離が離れているため、地上の測定値よりも低い値で観測されます。これをどうやって地上の値に近づけるか、というところが、私が取り組んでいる研究の主な目的です。

現在、その換算方法として一般的なのは、測定する地表を「平面で線源が均一」とであると仮定するやり方

図1 従来の換算方法



です。そこで得られたデータに、「このくらいの高度で測定したのであれば、地上値よりもこのくらい小さな値が出るだろう」という、「高さ」の影響を合わせ、地上値へ換算します【図1】。

しかし、実際の地表は、凸凹や樹木、建物などの遮へい物があるため、「高さ」の影響だけを考えていては正確な地上値を導き出せず、解析した放射線量データを地図に表すと、どうしても「ぼんやり」とした分布になってしまいます。ここが従来法の課題でした。

データから原因を探すという手法

佐々木 上空の値から正確な地上値を導き出すには、まず「地表が平面・線源が均一」という仮定を考え直すなくてはなりません。上空で得られた値を見ながら「この値は何によって影響されているのか」を考えると、ここからはじめました。このように原因から結果を考えるのではなく、結果（測定データ）から原因を導き出す考え方を、「逆問題解析」と呼んでいます。

この「逆問題」の考え方に基づき、「ここには樹木があるので遮へいによる影響がこのくらいあるだろう」「ここには河川が」「ここには建物が」と一つ一つ理論的に計算を行います。そして、「樹木の影響で放射線が遮へいされるので、地上値よりも〇%減」という情報を一つずつ手でコンピュータに打ち込んでいきます。考慮する項目が増えるほど換算精度は高まりますが、今度は、時間と労力が必要になるという課題が生じました。

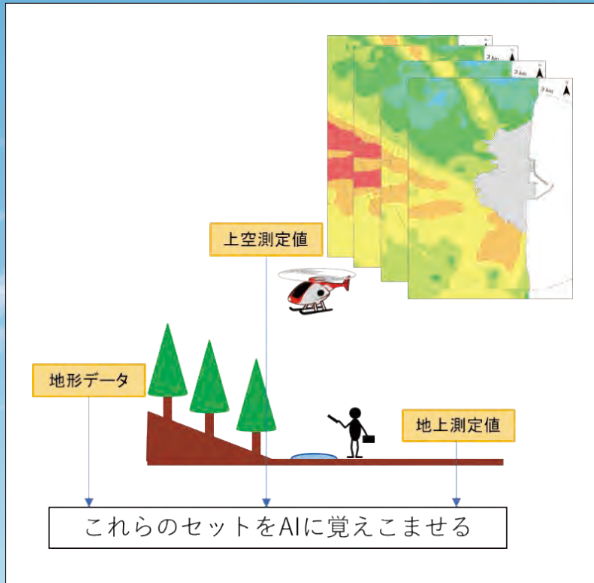
そこで、今の世の中で話題となっていたAI（人工知能）に目を付けました。

これまでの課題を AI（人工知能）が解決!?

佐々木 AIは、人間のように高度な情報処理・判断を行うプログラムです。取引データや天候情報などを読み込ませて商品の売れ行き予想をしたり、自動車の自動運転などでも話題に上がることがあります。AIのうち「記憶」や「学習」といった人間の知的な活動をコンピュータプログラムによって実現する「機械学習」を使って、放射線量の分布マップが作れるのでは、と考えたところが次の研究ステップへのスタートでした。

機械学習を使った計算の手法としては、その名のとおり、「機械（コンピュータ）」に「上空での測定値、地

図2 機械学習のイメージ

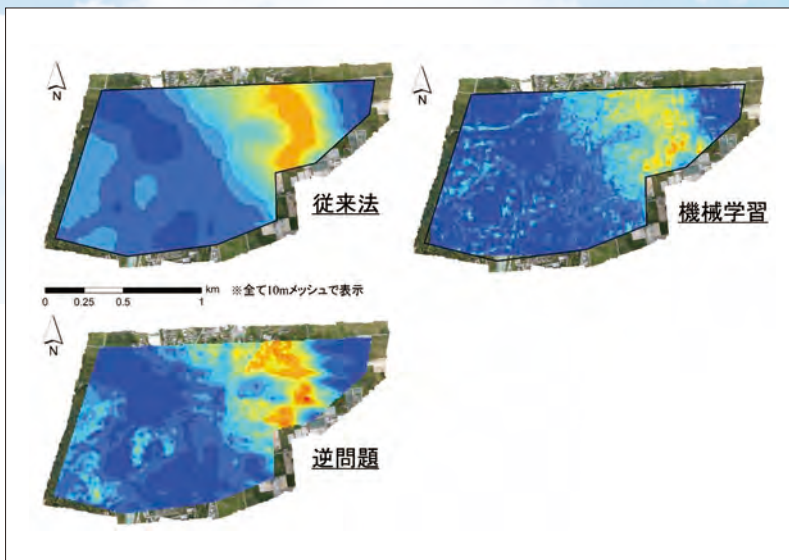


上での測定値、地形データ等の組合せを数多くインプットして「学習」させます。これらのデータのセットをたくさん用意し、経験を積むことで機械自身が「ここには樹木があるので遮へいによる影響がこのくらいあるだろう」といった情報を自動で導き出し、地上での値を算出します。そうすると、今まで手動で行っていた計算式作成の時間と労力が不要になり、かつ、精度よく放射線量の分布を表すことができるのです。

私の知る限り、上空からの測定に機械学習を適応させたという例は、これまでにはありません。実際にテストを行ったところ、「地上を平面と仮定する」従来の手法よりも、より地上で測定した値に近い数値を換算することができました。【図3】

ただし、【図3】の「機械学習」のマップのうち左下のエリアで、「逆問題」で示されている黄色や水色の部分が拾いきれていない、という不十分な状況もあります。その理由は、この付近は森林のエリアで立ち入りが難しく地上での測定が難しいため、機械が十分

図3 換算手法の比較



な判断を行うための「学習の材料」となるデータが不足しているためです。上空での測定、地上での測定を積み重ね、機械に十分なデータを覚えこませることによって、より精度を上げていくことがこれからの研究課題です。

2050年、私の研究成果が緊急時防災ツールとして活用されることを目指す

佐々木 機械学習手法の開発により、私が一番期待しているのが、緊急時の防災ツールとしての活用です。現在は、緊急時には従来法を用いて換算していますが、前述の通り、計算時間が早い代わりに細かい部分まで見るのは苦手な手法でもあります。一方で、一つ一つ



放射線モニタリングに使用している無人ヘリコプター。プログラミングをしたとおりのルート飛ばすことができる。

理論を構築し手動で計算式を作成する「逆問題」は、精度は高いけれども、緊急時の素早い対応には不向きな部分があります。「機械学習」は、多量のデータを機械に覚えこませることができさえすれば、「精密に」「迅速に」という課題をクリアできる可能性があります。

最終的には、リアルタイムで放射線量の分布を表せるようにすることが目標です。イメージとしては、上空から無人機でモニタリングを行いながら、その結果となるマップが即座に手元のタブレットに表示され、ここは線量が高いから避難ルートはこちらの方が良いとか、緊急時の判断・指示の根拠となるデータを示せることを目指しています。

緊急時の行動は、すべて情報から始まります。近い将来、リアルタイムで精密な放射線量の測定ができ、いち早く緊急時に必要となる放射線量等の情報を共有できるようなシステムを構築することで、緊急時の安全かつ迅速な避難計画を策定できる、そんな強靱な予防線を作るために、この研究が役立てば、と考えています。

CO₂フリーな 水素社会を目指して

— 高温ガス炉による水素製造技術の研究開発 —

今後、日本、そして世界が「水素社会」（水素をエネルギーとして利活用する社会）を実現するためには製造時において二酸化炭素（CO₂）を排出しない「CO₂フリー」な水素が必要です。

しかし、現在実用化されている一般的な水素製造法は、化石燃料を原料としているため、その製造過程で大量の二酸化炭素（CO₂）を排出します。

原子力機構では環境保全性と経済性に優れ、かつ、大量の水素製造に適した技術として期待されている高温ガス炉による水素製造システムの研究開発を行っています。

CO₂フリーな水素社会を目指して

—高温ガス炉による水素製造技術の研究開発—



高速炉・新型炉研究開発部門
大洗研究所 高温ガス炉研究開発センター
水素・熱利用研究開発部
IS プロセス試験グループ
ミヤグマラジャブ
オドツエツエグ 研究員

優れた安全性を有し、

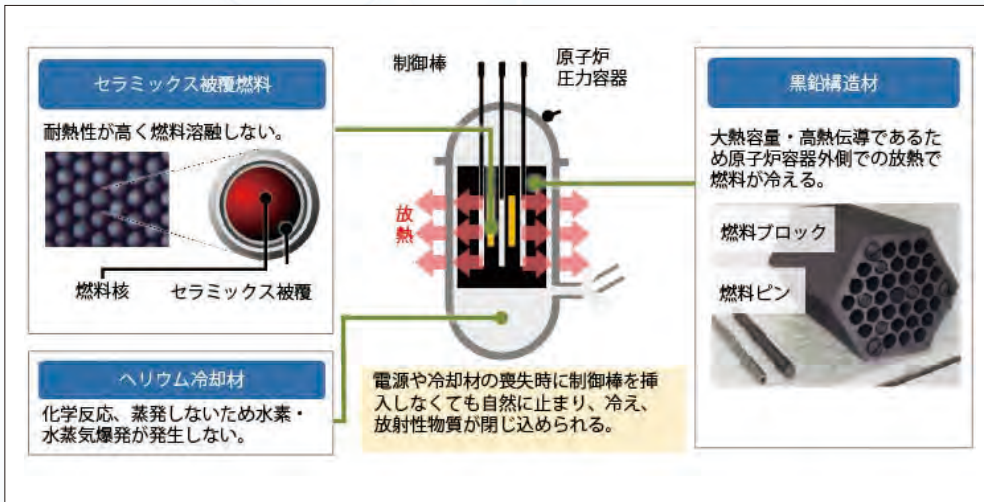
様々な熱利用が可能な「高温ガス炉」

オドツエツエグ 高温ガス炉（HTGR）は、耐熱性に優れたセラミックス材料や、化学的に安定なヘリウムガスを冷却材として利用することで、約1000℃の熱を供給することができるタイプの原子炉です。

その特長のひとつが、高い安全性です。燃料はセラミックス材料によって覆われており、1600℃の高温でも破損や融解が生じません。万が一、異常時にヘリウムガスによる炉心の冷却が停止したとしても、炉心で発生する熱は原子炉圧力容器表面から自然に放出されるため【図1】、炉心温度が急激に上昇することがありません。そのため、高温ガス炉は炉心溶融や大量の放射性物質放出が起きるおそれのない、極めて安全な原子炉と言えます。

また、高温ガス炉から供給される高温の熱は、既存の軽水炉を超える高効率の発電や、CO₂を排出しない水を原料とした熱化学水素製造法の他、化学プラントの熱源となる蒸気製造など様々な熱利用が可能です。

図1 高温ガス炉の構成材料と優れた安全性



「ISプロセス」との組み合わせでCO₂フリーな水素製造を目指す

オドツエツエグ CO₂を排出しない、水素の理想的な原料は地球上に豊富に存在している「水」です。水は熱によって、水素と酸素に分解しますが、これには4000℃以上の温度が必要で、その温度に耐える水素製造装置、高温発生装置の実現は装

置材料の面でも極めて困難です。しかし、複数の化学反応を組み合わせることで、水を水素と酸素に分解する化学プロセスが存在します。水を熱分解する温度を高温ガス炉で到達できる1000℃以下まで低温化できる方法が「熱化学水素製造法」です。原子力機構では1980年代より、ヨウ素（I）と硫黄（S）を用いて水を熱分解する熱化学水素製造法「ISプロセス」の研究開発を行ってきました。

この水を原料とする「ISプロセス」と原子力を用いる「高温ガス炉」を組み合わせることにより、約900℃の熱を高温ガス炉から供給することで、CO₂を排出することなく、大量の水素を水から製造することが可能になるのです。

新開発の「フィルター」で水素製造の効率を上げる！

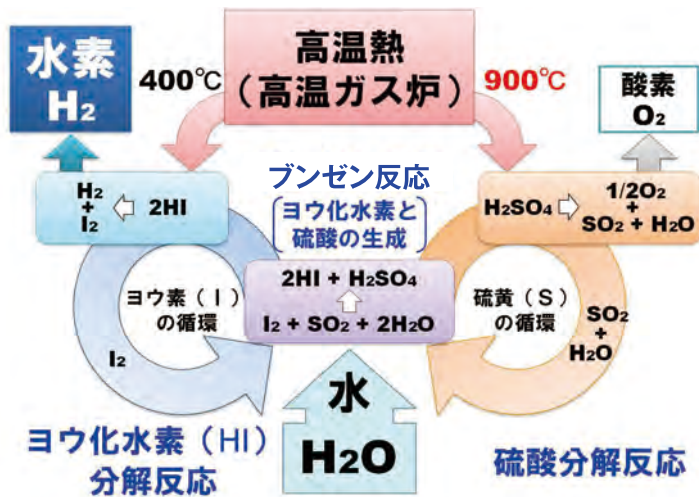
オドツエツエグ ISプロセスは、水から硫酸とヨウ化水素を生成する「ブレンゼン反応」、硫酸から酸素を生成する「硫酸分解反応」、ヨウ化水素から水素を生成する「ヨウ化水素（HI）分解反応」という3つの化学反応で構成されます【図2】。

ISプロセスでは、水素製造の熱効率向上が重要課題の一つです。ヨウ化水素（HI）の分解反応には化学的な制約（分解率が約20%と低い）があり、このことがエネルギーロス等の要因となっています。今回新たに、ある種のフィルター（水素分離膜）を開発することで、この問題を解決する糸口を得ることができました。

水素分離膜は、HI分解反応時に水素のみを選択的に透過させることで、HI分解反応を促進させます。ただし、それを可能にするためには、小さな分子の水素は容易に透過させても、より大きな分子であるHI等は透過させないという篩（ふるい）のような構

図2 熱化学水素製造法「ISプロセス」の反応構成

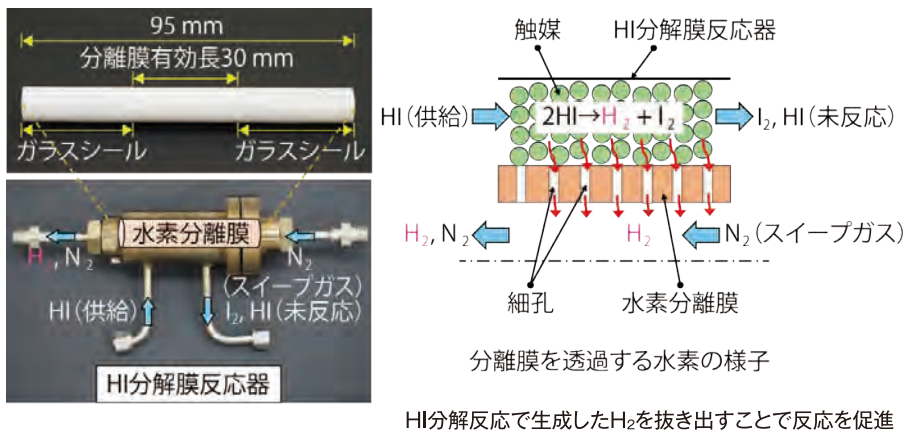
- 水の熱分解：4000℃以上の高温熱が必要
 - ISプロセス：ヨウ素(I)と硫黄(S)を利用して約900℃の熱で水を熱分解
- ヨウ素と硫黄はプロセス内で循環⇒有害物質の排出なし
高温ガス炉との組み合わせ ⇒炭酸ガスの排出なし



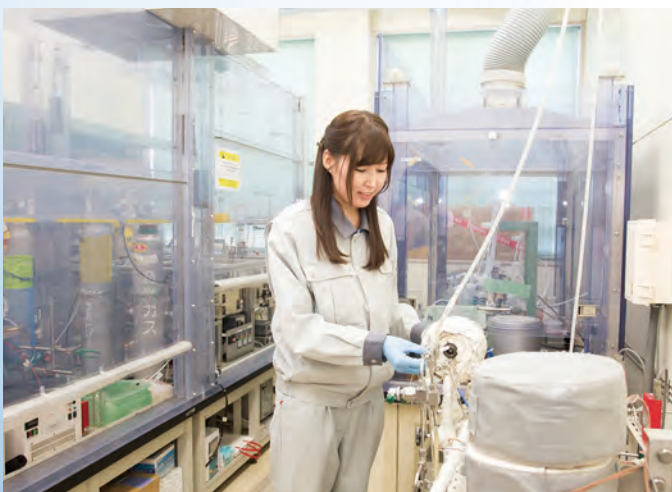
環境問題の解決とエネルギーの安定確保のために
オドツエツェグ 現在開発中の水素分離膜の大き

造であることが必要です。また、この飾は、高温に加えてヨウ化水素による強腐食性の環境でも耐えられるものでなければなりません。そのため、400℃で使用できるセラミックス材料を用いて、諸条件を満たす高性能水素分離膜を開発しました【図3】。この水素分離膜を小型のHI分解膜反応器に組み込み実験を行ったところ、HI分解反応率が従来の20%から50%へと大幅に改善していました。

図3 水素分離膜と小型HI分解膜反応器の外観



さは実験室規模であり、ISプロセスの実用化に向けた膜の大型化技術を開発していく必要があります。具体的には、膜を現在のおよそ0.1mから実用サイズの1mに長尺化し、さらにそれを複数組み合わせて束ねて使用できる、大型の膜反応器が必要です。そのため、長尺化した複数本を組み込んだ膜反応器を開発し、水素製造試験装置に組み込むことによる、技術実証を目指します。



水素分離膜の作製装置に素材をセットするオドツエツェグさん。現在さらなる膜性能の向上や膜の長尺化技術の開発に挑んでいる。

私はもともと、モンゴルの大学で原子核物理学を学んでいました。将来の進路を考えた時に、自分の国、そして世界の状況から、原子力のエネルギー利用を一生の仕事としていこうと考え、日本に来る決断をしました。

今、地球規模で問題になっているエネルギー不足や温暖化を解決するためには、CO₂排出量を抑え、かつ経済性の高い水素製造法の確立が不可欠です。また、原子力機構の今後の展望を示す『将来ビジョン「JAEA2050+」』では、地球環境変動問題に対処しつつ、原子力を用いて持続可能な社会を目指すという大きな目標が掲げられています。この研究を通して、将来、実現が期待される水素社会に不可欠となる、安価でCO₂排出がない水素製造を可能とする技術の実現に貢献していきたいと考えています。

電気より高効率なエネルギー？ 「スピン」研究の最前線

—スピンによるエネルギーの有効利用と展望—

私たちの身の回りにある電子機器は、その名のとおり、「電子」が持つ電気を使って動いています。実はその裏で、情報処理に大量のエネルギーが消費されており、今後、世界の情報化がさらに加速するとエネルギー不足が大きな問題となることが予想されています。近い将来「センサーが年間1兆個のペースで増大する社会が到来する」ともいわれ、その電気・電源をどうやって確保するのかという課題は、私たちの生活を維持するうえで極めて重要なテーマです。

「電子」が持つ隠れた特徴「スピン」。原子力機構では「スピン」の性質を解き明かすとともに、そこからエネルギーを取り出し、情報化社会に貢献するための研究を進めています。

電子の隠れた性質「スピン」

家田 私たちの身の回りにあるパソコンやスマートフォンなどの電子機器には、文字どおり「電子」の力が使われています。電子には電荷、すなわち電気

の性質があるのですが、実はもうひとつ、「スピン」という磁気の性質があることはあまり知られていないのではないかと思います。電荷とスピンは、ともに電子の固有の性質で、全宇宙にあるどの電子もびつたり同じ分量の電荷とスピンを持っています。この「スピン」という名称は、「回転」に関係していることから付けられました。電気を持ったものがぐるぐる回ると磁気を持ちます。電子が発見されたのは今から120年ほど前ですが、電子の中にはどうやら磁気の性質がある、それを説明するために「スピン」というものがないと辻褃があわない、ということまで後に導入された概念でした。

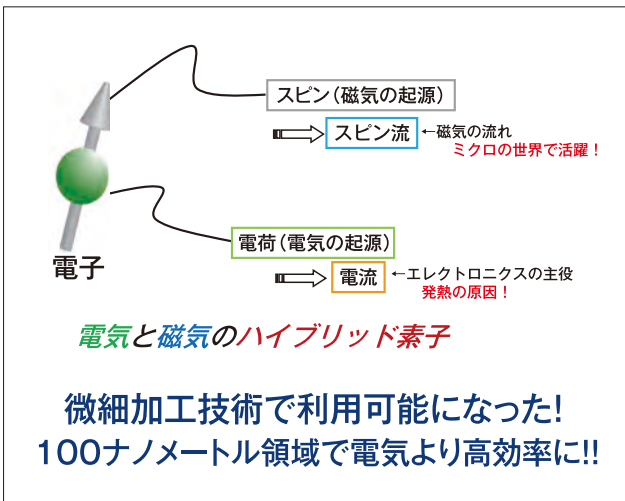
スピン自体は、電気のように、触れると「ビリッ」と感じるわけではありません。スピンの概念が生まれた当時は、日常生活にはほとんど関係ないものだと考えられていたでしょう。しかし、近年になり、実はこのスピンの力をうまく使うと、非常に便利な



原子力科学研究部門 原子力科学研究所
先端基礎研究センター
スピンエネルギー変換材料科学研究グループ

いえだ じゅんいち
家田 淳一 研究主幹

図1 スピントロニクスイメージ



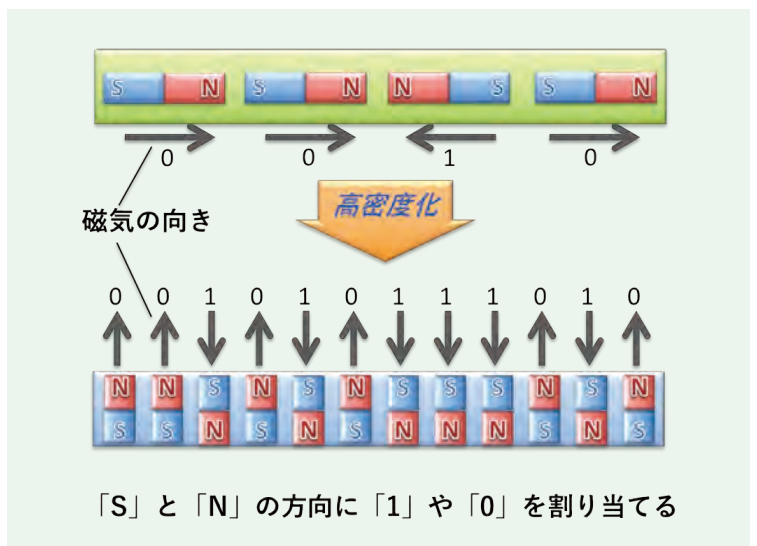
スピんで「情報を貯める」

機能が手に入るということがわかってきているので

家田 スピンの利用法として最も重要なのが、情報の記憶です。

電子機器に記憶され処理されるデジタルデータやデジタル信号は、「0」と「1」の無数の組合せによって成り立っています。そしてスピンの導く磁気には、棒磁石のように「S」と「N」という向きがあり、その向きに電子機器に必要な「0」と「1」というデジタルデータを割り当てることが出来ます。磁気の向きを変えるだけで「0」と「1」を交換することが出来るため、電気よりも少ないエネルギーで、より多くの情報を記憶することが出来ます。

ただしその情報も、以前は文字だけだったのが、次第に音声、画像、動画と必要とされる容量が増



加し、それに伴い情報記憶も、なるべく小さいところにたくさんさんの情報を安定して蓄積する高密度化が求められてきました。スピンをコントロールする技術を開発することで、より高密度に、より強い磁石を作る研究が現在世界中で進められています。

また、電子機器は電気エネルギーを消費して動作するのですが、どうしても余計なところにもエネルギーが使われてしまいます。例えばパソコンは使い続けるととても熱くなります。その発熱は大きな無駄ですし、誤作動の原因にもなります。電気の力とスピンの力、両方をハイブリッドに（組み合わせて）使うことで、より高い機能を獲得したり、余分なエネルギーロスをカットしたりできれば嬉しい。これを追求するのが「スピントロニクス」です【図1】。

「スピン」研究の最前線

図2 マイクロチップの中身のイメージ図



私たちが使用している電子機器が、よりコンパクトに、より多くの情報を効率よく処理できるようになる。「スピン」は私たちの生活を大きく変える可能性を秘めています。

スピンで「電気を作る」

家田 スピンを使った新しい方向性に、「スピンで発電する」という挑戦があります。これまで電気で動いていたものの情報処理の一部をスピンの担えることになったら、世の中の動きがかなり変わりそうです【図2】。ここでは、最新の研究成果を少しだけご紹介させていただきます。

【図3】のように、細い管に水銀のような液体金属を流すところから実験は始まります。そうすると、管の内側の壁と液体金属の摩擦によって、液体金属の中に渦が生じます。この「渦」は流体の「回転運動」です【図4】。これが、液体金属中の電子が持つ「スピン」に影響を与えれば、電子の流れ、つまり電気が発生するはず。つまり、この実験は、液体金属を管に流すことで、スピンを使って電気を作り出す

図3 細管に液体金属を流すイメージ図(実験装置の概略図)

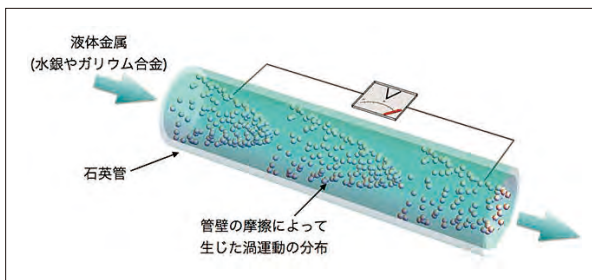
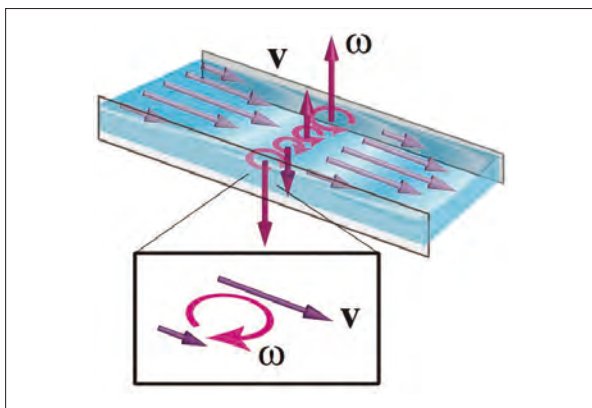


図4 細管内に発生する渦運動



「スピンは多様な可能性を秘めている」と語る家田研究主幹。

せることを実際に確かめるものです。

原子力機構の研究チームでは、この実験を通して世界で初めて、「液体金属の渦から100ナノボルト(1000万分の1ボルト)の電気信号を取り出す」ことに成功しました。この成果は、将来、流速計などのセンサー応用や未来のナノマシンへの給電方法となる可能性を秘めています。

2050年、センサー1兆個の世界でスピンの活躍する時代に、

家田 「スピン」は人間の五感で感じることでできない電子の「隠れた性質」です。これが将来、重要なエネルギーの「もと」となる可能性があるなんて、不思議な気もします。私がスピンの研究を始めたきっかけも、磁気自体に対する関心はもろいんですが、人間の五感では体感できないスピンという不思議な存在を積極的に使おうとするスピントロニクス

の考え方に興味を持ったからです。

今、私たちが未来に向けた研究として重要視しているテーマは、「エネルギー問題をスピンで解決する」ということです。近い将来、あらゆるモノがインターネットを通じてつながりを持つ社会では、毎年1兆個ものセンサーが世の中に溢れ出ると言われています。それらの電源等の問題を解決する策のひとつが、「スピン」になるのではないのでしょうか。

また、今までの発電は、発電所で大規模に集中的に電力を生み出して送電するというものが主流でした。今後はそれほど大きな電力を使用しないものであれば、スピンの持つ「色々なエネルギーを電気に変える力」を使って、超小規模に、それぞれの電子機器が分散的に自前でエネルギーをまかなっていくことも可能になるでしょう。

2050年、「エネルギー」と言えば「電気」そして「スピン」という考え方が普通になるように、情報が溢れる社会を支えるための「スピンの可能性」を拓いていきたいです。

プレスリリース「磁石の中を高速に伝播する“磁気”の運動を電圧で制御することに成功」
<https://www.jaea.go.jp/02/press2018/p18122201/>



Q 『将来ビジョン「JAEA 2050 +」』とは何ですか

わが国の政策目標（「エネルギー基本計画」、「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」、Society5.0（*1）、持続可能な開発目標（SDGs））を踏まえ、原子力機構が将来にわたって社会に貢献し続けるために、2050年にむけて、何を目指し、そのために何をすべきか、を取りまとめたものです。

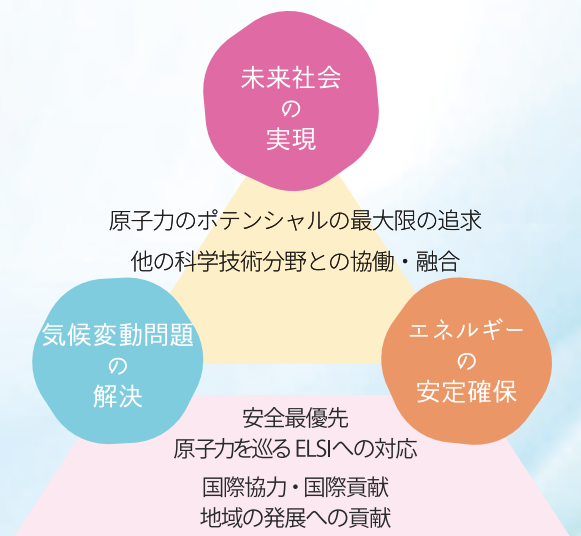
Q 原子力機構では、2050年に向けてどのようなことを目指しているのでしょうか

原子力のポテンシャルを最大限に活用し、将来社会の変革に向けた貢献を目指します。

また、東京電力福島第一原子力発電所事故の反省のうえに立って、原子力安全の価値を再認識した“新原子力”の実現を目指していきます。

“新原子力”とは、従来の取組を超えて、将来社会への貢献を目指し、社会との双方向の対話とともに以下の実現を目指す新たな取組です。一層の安全性向上を含む「S+3E」（*2）と社会的課題の解決に応える原子力科学技術システムの構築と、他分野との積極的な融合によるイノベーションの創出を目標として掲げています。

“新原子力”の実現に向けて、原子力を巡るELSI（*3）を含めた諸課題に原子力科学技術を駆使して挑戦し、解決策を提案します。



Q “新原子力”を実現するために、原子力機構はどのようなことを行っていくのですか?

原子力機構では、6つの研究テーマを設定し、多岐にわたる研究開発を横断的かつ戦略的に推進していきます。



原子力機構ホームページでは、『将来ビジョン「JAEA 2050 +」』についてより詳しくご紹介しています。



- *1 「第5期科学技術基本計画」において初めて提唱されたわが国が目指すべき未来社会の姿のこと。IoTですべての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、新たな価値を生み出し、また、AIにより、必要な情報が必要な時に提供されるようになり、ロボットや自動走行車などの技術で、少子高齢化、地方の過疎化などの課題が克服されることが期待されている。
- *2 「エネルギー基本計画」では、エネルギー基本政策の視点として、安全性（Safety）を前提とし、安定供給（Energy security）、低コストでの供給（Economic efficiency）、環境への適合（Environment）からなる「S+3E」を掲げている。
- *3 Ethical, Legal and Social Issuesの略で、原子力科学技術を利用するうえで不可避な倫理的、法的、社会的問題。

PLAZA

主なプレスリリース

先端基礎研究センター

- グラフェン超伝導材料の原子配列解明に成功
薄くて柔らかい、原子スケールの2次元超伝導材料の開発に新たな道

原子力基礎工学研究センター

- 核変換のための基盤データの信頼性を大幅に向上
原子核反応データと計算科学で放射性廃棄物の課題へ挑む
- 放射性廃棄物を減らす核変換技術の実用化に道筋
核変換用燃料のふるまい予測に必要な物性データベースを開発
- 太陽放射線被ばく警報システム(WASAVIES)の開発に成功
ICAOグローバル宇宙天気センターの一員としてデータ提供開始

物質科学研究センター

- アルミでコンピュータメモリを省電力化する
アルミ酸化膜を用いた新しい不揮発メモリの動作メカニズムを解明

高速炉・新型炉研究開発部門

- 高性能かつ量産可能・実用化レベルの
高温ガス炉用燃料を開発
小型モジュール高温ガス炉技術の鍵で世界を牽引

東濃地科学センター

- マグマ由来の流体による微小な割れ目網
が地下水の流路に
世界初、白亜紀の花崗岩中に超臨界流体の
痕跡を発見

トピックス

福島研究開発部門

【広報誌】
「明日へ向けて」16号を
発行しました。大熊分析・
研究センター長の取材
内容や最近の「Topics
福島」などを掲載してい
ます。



原子力科学研究所

「原子力科学研究所
施設公開」を開催し
ました。



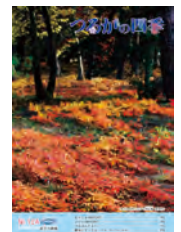
大洗研究所

【広報誌】
「夏海湖の四季」90号を
発行しました。
「日本の高温ガス炉技術
開発の高度化、国際競争
力強化に向けた大きな一
歩～ポーランド国立原子
力研究センターとの研究
開発協力実施取決めに
署名～」などを掲載して
います。



敦賀事業本部

【広報誌】
「つるがの四季」No. 124
を発行しました。「もん
じゅ」燃料体取出し作業
の状況」などを掲載して
います。



福島研究開発部門 福島研究開発拠点 福島環境安全センターが令和元年防災功労者内閣
総理大臣表彰を受賞しました。

本表彰は、防災思想の普及又は防災体制の整備の面等で貢献した団体又は個人を対象と
して表彰されるものです。

当センターは、東京電力福島第一原子力発電所事故直後から環境放射線のモニタリング
技術の開発、環境動態研究を実施し、継続的に福島県内を中心とした空間線量率やセシウム
の沈着量の分布状況を示すマップの作成、環境中のセシウムの挙
動を表現するモデルの構築及び定量的な評価手法の開発を行って
います。

これらの成果は、避難区域の設定・解除、除染区域の決定、放射
線防護対策の立案・見直し、被ばく線量抑制等に貢献する科学的な
基盤データとして活用されており、業績として評価されました。



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/>

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。



原子力に関する研究は発電以外にもさまざまなところで活用されていることが分かりました。
高速実験炉「常陽」について取り上げて欲しいです。(神奈川県川崎市 宮田様)



本号の内容は興味深く読ませて頂きました。さらなる機構ご活動のトピックスをお願い致します。
(群馬県伊勢崎市 大和様)

「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

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/55/>

「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765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
2020VOL.55

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巻頭インタビュー
②「飛翔(はばた)く原子力機構」一機機をとりまく「いま」と「未来」を開催しました。
③AIが「空からの放射線情報」を精密にする
④CO₂フリーな水素社会を目指して「高温ガス炉による水素製造技術の研究開発」
⑤電気より高効率なエネルギー? 「スピル」研究の最新線
⑥「JAEA 2050+」とは?
⑦PLAZA
⑧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とお読みになった方)
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:

表紙に記載した住所、お名前宛てに送付を希望する

送付先と所属に変更がございます場合は、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。

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。

ご紹介の際に、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」×「2050」をテーマに、「30年後の2050年、わたしたちが何をめざし、何をすべきか」という原子力機構の将来の姿について、個別の研究の視点から「未来の目標」を掲載しました。

掲載した分野以外にも、それぞれ研究者・技術者が目指す目標や「このように社会に貢献したい」という夢を達成すべく、これからも、真摯に研究開発に取り組んでまいります。

今後も様々な研究開発にスポットをあて「未来へげんき」を発行してまいりますので、どうぞよろしくお願いたします。

季刊

未来へげんき

Japan Atomic Energy Agency

2020VOL.55 令和2年2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)

郵便はがき

3 1 9 - 1 1 9 0

料金受取人払郵便

ひたちなか
郵便局承認

38

差出有効期間
2021年3月
31日まで

切手不要

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

