



未来へ **げんき**  
G E N K I

NO.12

平成21年

季刊 未来へ  
げんき

# 未来へ げんき

## G E N K I

今号の「未来へげんき」ではバイオテクノロジーやナノテクノロジーなどの最先端技術の拠点作りに向けて動きだしたJ-PARCについて、茨城県企画部科学技術振興室・高エネルギー加速器研究機構・日本原子力研究開発機構のによる鼎談を掲載しています。

「ふるさとげんき」のコーナーでは、茨城県筑西市(旧・下館市)出身のプロゴルファーの片山晋呉さんにご登場いただきました。

### ■表紙写真：日本三名園「偕楽園」

徳川御三家、水戸藩第9代藩主徳川齊昭公により約170年前に創設されました。偕楽園の梅林の特徴は、広大な園内に約100品種3,000本の梅があり、品種が多様なことから長い期間、観梅できるとともに、異なる品種の梅の花ひとつひとつを楽しむことができます。また、伝統ある梅林であることから、年月を経て、幹がねじれた古木が力強く花を咲かせる姿を見ることができます。



### ■特集

新しい時代の幕明け  
動き始めたJ-PARC

#### 【鼎談】

茨城県企画部科学技術振興室 今瀬 肇さん  
高エネルギー加速器研究機構 大友 季哉さん  
日本原子力研究開発機構 新井 正敏

### ■サイエンスノート

より小さく、より大量の情報を記録

中性子でナノスケールの磁性構造を探る

### ■ふるさと・げんき

プロゴルファー 片山晋呉さん

父の影響で2歳の頃から

自分の背丈より長いゴルフクラブを握っていた

### ■わたしたちの研究

中性子の新しい“眼”で物質を見る

—中性子イメージング—

エックス線では見えない元素を捉える技術

### ■特許ストーリー

“疲れ”をリアルタイムで把握して  
作業員の安全を確保する

リアルタイム疲労度モニタリング装置

### ■新たな発見 科学館へ行こう！

地球のふしぎ、原子のなぞ  
創って試して、科学を体験しよう

アトムワールド(茨城県東海村)

大洗わくわく科学館(茨城県大洗村)

### ■げんきなSTAFF

ノーベル賞級の研究成果誕生にも期待  
世界最強の陽子加速器施設J-PARC

J-PARCセンター

### ■PLAZA

原子力機構の動き

Information

●綴じ込み読者アンケートハガキ

3

6

8

10

12

14

16

18

# 特集

## 新しい時代の幕明け

# 動き始めたJ-PARC

【鼎談】

茨城県企画部科学技術振興室 今瀬 肇 さん  
 高エネルギー加速器研究機構 大友 季哉 さん  
 日本原子力研究開発機構 新井 正敏 さん

平成13年(2001年)から建設が始まった大強度陽子加速器施設「J-PARC」。昨年12月23日には、ビーム利用実験施設のひとつである物質・生命科学実験施設において、8本のビームラインを用いて利用が始まりました。これまで建設に協力いただき、物質・生命科学実験施設に2本のビームラインを持つ茨城県と、J-PARCの建設・運営を共同で行っている高エネルギー加速器研究機構、日本原子力研究開発機構のみならず、いよいよ動き始めたJ-PARCに期待する成果などについてお話をうかがいました。



日本原子力研究開発機構 新井 正敏  
 茨城県企画部科学技術振興室 今瀬 肇 さん  
 高エネルギー加速器研究機構 大友 季哉 さん

●後ろに見える建物は物質・生命科学実験施設。モニュメントは、J-PARCの23本のビームライン(実験装置)を表している。

8年の歳月をかけて建設されたJ-PARC。ついに、昨年12月23日から物質・生命科学実験施設で研究施設の利用が始まりました。

今瀬 茨城県では、J-PARCを中心にして、つくばと並ぶ新たな科学技術拠点をつくる「サイエンスフロントティア21構想\*」を推進しています。産学官が連携して、J-PARCを産学分野で活用する仕組みを作り、多様な人材を育成し、研究を支える地域づくりを行っていく計画です。J-PARCを活用し、茨城県をバイオテクノロジーやナノテクノロジーなどの最先端技術の研究拠点とするべく、県も2つのビームライン\*を設置しました。

新井 J-PARCは計画段階から、産業利用を強く意識して計画されました。平成12年(2000年)に予算を申請したのですが、計画書を手直しするために、真夜中に呼び出されたことが懐かしく思い出されます。日比谷まで、初めて車で移動しましたよ。(笑)

大友 KEK\*では、宇宙の成り立ちを調べたり、宇宙にあるたったひとつの基本法則を見つけたするなど、目的を絞った研究がたくさん行われています。また、生命科学のように広い目的を持った研究も行っていきます。J-PARCのように非常に幅広く利用できる施設の場合は、その目的が大きすぎて説明するのに苦労しますね。

●J-PARC全景/心臓部の50GeVシンクロトロンは、1周約1600m、直径約500m。



\*KEK (けーいーけー)

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構の略称。前身のひとつである高エネルギー物理学研究所のローマ字表記(Kou Enerugii butsurigaku Kenkyusho)の頭文字を取った。

\*ビームライン

J-PARCで生み出された中性子ビームはさまざまな実験に利用される。その設備をビームラインと呼ぶ。

\*サイエンスフロントティア21構想

茨城県が平成14年(2002年)に策定した産業振興戦略。詳細は、茨城県のウェブサイト(<http://www.pref.ibaraki.lg.jp/>)の「プロジェクト」を参照。

\*J-PARC (じえいぱーく)

大強度陽子加速器施設 (Japan Proton Accelerator Research Complex) の愛称。



●(左)手前に見えるビームラインが「高強度汎用全散乱装置」、奥が「茨城県材料構造解析装置 (IMATERIA)」。  
(右)中性子を発生させる「ターゲット」。

## J-IPARCCは、つくばと並ぶ 科学技術創造立県の実点です。

研究開発の強化とその産業  
利用の促進、科学技術を支える  
人材の育成と確保、県民が一体となって  
科学技術を支えていく社会づくりなど、  
茨城県の科学技術振興に携わる。



茨城県企画部科学技術振興室長  
今瀬 肇 (いませ はじめ) さん

今瀬 県民のみなさんにJ-IPARCCの目的や産業利用について説明するのは苦労しました。色々な人に分かりやすい説明をしていただいて、KEKや原子力機構にはとても感謝しています。J-IPARCCが動き始めた今、産業利用を浸透させるために、いっそうの普及啓発活動を行っていきます。

物質・生命科学実験施設\*には27本(うち、中性子ビームライン23本、ミュオン\*ビームライン4本)のビームラインが建設予定ですが、すでに7本の中性子ビームラインと1本のミュオンビームラインの利用が始まっていますね。

大友 物質・生命科学実験施設には、いろいろなビームラインがありますが、和風の色を塗る約束になっています。

J-PARCCにおいて中性子実験装置の建設を統括。  
装置完成後は世界第一級の研究展開ができる環境を提供。

## 基礎研究から産業利用まで、 目的に応じて利用できる のが特長です。



原子力機構 J-PARCCセンター 中性子利用セクション  
セクションリーダー 新井 正敏 (あらい まさとし)

一見、ばらばらに見えるビームラインですが、調和と統一性に配慮して色を決めています。私が担当したビームラインには「菖蒲色(あやめいろ)」という雅な名前の色を選択しましたが、コンクリートに直接塗っているため、色見本よりも少し派手な印象になりました。(笑)

今瀬 茨城県のビームラインには、県のマーク\*を描いていただきました。ビームラインの実際の運用は、茨城大学にお願いしています。県が自前のビームラインを持つことで、産業利用だけでなく、人材育成にも役立つと期待しています。

新井 J-IPARCCには海外からの見学者もたくさん訪れています。大変美しい、素晴らしい色のハーモニーだ、とみなさんから高い評価をいただいています。素晴らしい成果

を生み出すためには、素晴らしい環境が必要なんです。実験が始まると研究者は一日のほとんどをビームラインの側で過ごすことになります。ですから、施設の雰囲気というのも非常に重要なわけです。

PARCCはフランス語で公園を意味するのですが、J-IPARCCの英語表記を見ると、COMPLEX(複合施設)とありますね。

大友 J-IPARCCの特長をよく表している名前だと思います。たとえば主な関係者は茨城県、KEK、原子力機構が複合しています。利用目的も、基礎研究、学術研究、産業利用と、これも複合的です。扱う粒子も陽子やニュートリノ、中性子とこれも複合ですね。全部「複合系」なのです。異質なものがひとつに集まる

\*県のマーク

県花であるバラのつぼみを図案化、「先進性」「躍動」「発展」を表現している。

\*ミュオン

素粒子のうちの「レプトン」のひとつ。電子やニュートリノもレプトンである。

\*物質・生命科学実験施設

J-PARCCには、物質・生命科学実験施設、ハドロン実験施設、ニュートリノ実験施設(建設中)の3つの実験施設がある。

高エネルギー加速器研究機構で、  
中性子源の研究に携わる。  
J-PARCでは、ビームライン  
「高強度汎用全散乱装置」の開発を担当。



高エネルギー加速器研究機構 J-PARCセンター 中性子利用セクション  
大友 季哉 (おおとも としや) さん

今まで想像もしなかったような、  
面白いものを生み出す。

今瀬 茨城県ではJ-PARCの産業  
利用の促進のために、「いばらき量

利用できます。

新井 J-PARCの実験装置には、  
同じ形のものはひとつもありません。  
生物、化学、物理学、材料などカバー  
するサイエンスの範囲はものすご  
く広く、基礎から応用、産業利用ま  
で目的に応じて使い分けることが  
できます。利用者が測定の結果を  
見て、さらに詳しく知りたい、別の  
測定を行いたい、と思ったときには、  
J-PARCの別のビームラインを  
利用できます。

ことは、難しい面もありますが、お互  
いに刺激を与えあえる環境でもあり  
ます。今まで別々に研究したり、利  
用したりしていたものが全部一緒に  
なったCOMPLEXで、何か新し  
いものが生まれるのではないかと  
思っています。

世界でも有数の性能を持つJ-PARCから、多くの成果が生まれることが期待されますね。

今瀬 茨城県のビームラインでは、材  
料やタンパク質などの構造を調べる  
ことができます。燃料電池の開発や高  
密度メモリーなどの先端技術の分野

子ビーム研究センター」を開設しまし  
た。また、大学・研究機関・企業の  
交流の場として「東海村研究交流プ  
ラザ」も併設しています。同じ建物  
には、J-PARCの利用者の窓口  
となるユーザーズオフィス\*や展示  
コーナーもあり、J-PARC利用の  
拠点として利用していただきたいと  
考えています。さまざまな分野の研  
究者が集うことで新しい可能性が生  
まれることを期待しています。

や、がんやアルツハイマー病を治療  
するクサリの開発など医療・創薬の  
分野で活用されることを期待してい  
ます。つくばや東海を中心とした「科  
学技術創造立県」を目指しながら、茨  
城県やJ-PARCから日本の明日  
を支えるような情報を発信していき  
たいですね。

大友 J-PARCのようにさまざま  
な機能を持っている施設は世界で  
ほかにありません。ビームラインに  
はそれぞれ特色があります。この問  
題はここが分かれば解決しそうだ、  
というときにJ-PARCのビーム  
ラインを複合的に活用できるように  
していきたいですね。

新井 中性子源の研究ではわが国は  
パイオニアです。中性子源としての  
J-PARCの性能は世界でもトップ  
レベルといえるでしょう。2年前に  
稼働したアメリカのSNS\*の出力  
は1.4 MWでJ-PARCの1 MW  
より大きいのですが、実は発生する  
中性子はJ-PARCの方が5倍も  
強力なのです。J-PARCは、大学  
や企業だけでなく、世界にも広く扉  
を開いています。J-PARCの高い  
性能を活用してもらうために、今後  
は運用などのソフト面を強化してい  
きたいと思っています。

本日はお忙しいなかお集まりいた  
だき、ありがとうございました。



●いばらき量子ビーム研究センター 連絡先/茨城県事務室 (電話: 029-352-3301)



●平成20年(2008年)12月1日にオープンし、12月16日に利用開始の式典が催されました。

\*SNS (Spallation Neutron Source)  
アメリカのオークリッジ国立研究所 (ORNL) にある加速器。

\*ユーザーズオフィス  
J-PARC利用者の窓口。 <http://is.j-parc.jp/uc/>

サイエンスノート

より小さく、より大量の情報を記録

中性子でナノスケールの磁性材料の構造を探る

磁性材料は、パーソナルコンピュータやテレビの記憶装置、カーナビゲーションなど、日常生活では欠かせない幅広い分野で利用されています。とくに記録装置に用いられる磁性材料はより高い性能が求められ、そのためには磁気構造を詳しく調べる必要があります。磁性材料の構造評価に取り組んでいる(株)日立製作所の平野辰巳さんに、お話をうかがいました。

磁性材料はどのような産業分野で利用されているのでしょうか。



一番身近な例は永久磁石やビデオテープなどですが、そのほかにさまざまな分野で磁性材料\*が利用されています。私たちが主に扱うのは、コンピューターなどの記憶装置として利用されるハードディスク\*など、巨大磁気抵抗効果\*を利用した製品です。近年、テレビ番組の録画装置やビデオカメラ、カーナビゲーションなどにもハードディスクが利用されて、その用途は多岐にわたっています。また、ハードディスクに記録するデータの量は年々増大しています。そこでハードディスクの大容量化・小型化への開発競争がはげしいものになっています。ハードディスクは

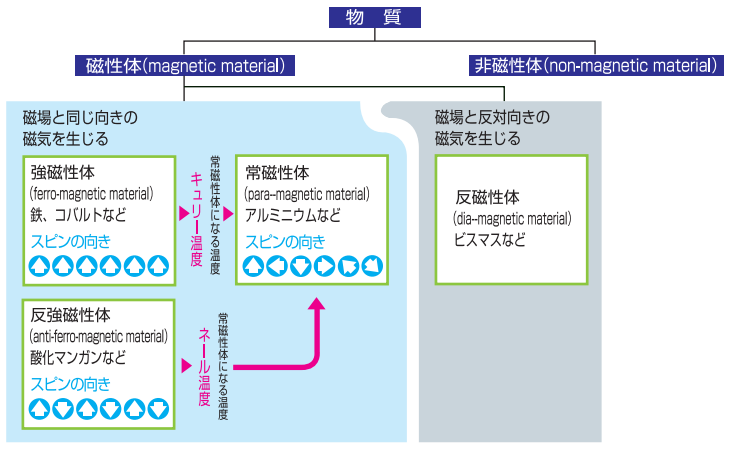
表面に小さな磁区(磁化された領域)をたくさん作り、そのひとつひとつが情報を記録します。磁区を小さくすることで、同じ大きさのハードディスクに、よりたくさんの情報を記録することができるようになります。そのためには、ハードディスクをさらに精密に加工して作る技術が必要です。現在、ハードディスクの表面は、厚さが数ナノメートルの薄膜を何層も重ねた構造になっています。これらがきちんと設計どおりの厚さになっているか、界面が平らになって、期待した性能を持っているかを確認することが重要です。そのためには、磁気構造を詳しく調べる必要があるのですが、非常に薄い膜の断面を見ることが困難でした。



●私たちの生活に欠かせなくなったハードディスクの内部円盤部分に記録される。

■磁性材料とは

磁性材料は、磁場をかけると磁気を生じる「磁性体」を含んでいる。磁性体は、かけた磁場と同じ向きの磁気を生じる(常磁性: para-magnetic)物質と、反対向きの磁気を生じる(反磁性: dia-magnetic)物質の2つに分類される。



\*巨大磁気抵抗効果

GMR効果(Giant Magneto Resistive effect)ともいう。磁場によって電気抵抗が変化する現象で、強磁性と非強磁性の薄膜を重ねることで、大きな抵抗変化が現れること。GMR効果を発見したグレンベルクとフェルトは平成19年(2007年)にノーベル物理学賞を受賞した。

\*ハードディスク

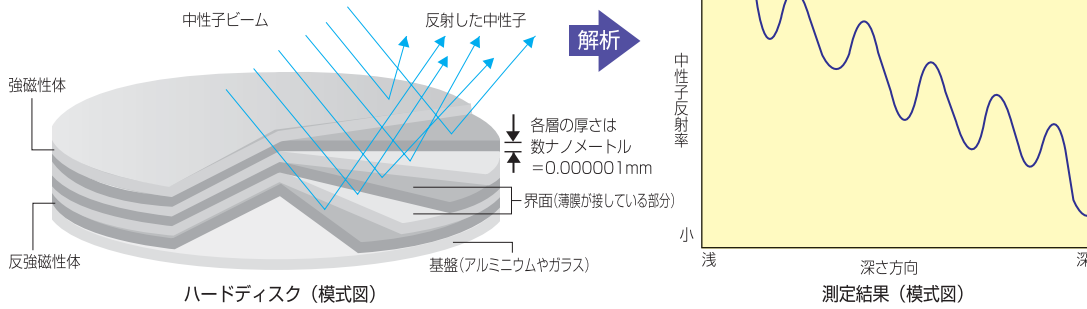
ハードディスクドライブ(Hard disk drive)、固定ディスク、HDD、HDともいう。磁性体を塗布した硬い(ハード)円盤(ディスク)に情報を記録したり、読み出したりする。

\*磁性材料

このページのコラムを参照。

### ■中性子反射率法による磁気構造の評価の仕組み

ハードディスクに照射された中性子は、各層で反射する。反射し、干渉した中性子を解析することで、ハードディスク各層の厚さや磁気的な特性を知ることができる。



では、磁気構造はどのような方法で調べるのでしょうか。  
電子顕微鏡\*やエックス線を利用する方法など、磁気構造を調べるにはいくつかの方法があります。私自



身はもともとエックス線回折\*を専門にしていた。近年の大容量化のニーズから薄膜が接している部分(界面)の磁気構造をより詳しく調べる必要があるために中性子を利用した方法「偏極中性子反射率法」を利用するようになりました。ハードディスクの表面に中性子を斜めに照射すると、ハードディスクの各層で中性子が反射します。中性子は光と同じ波の性質を持つているので、反射した中性子は互いに干渉\*します。どのように干渉しているかを解析することで、ハードディスクの内部の構造をハードディスクを壊すことなく知ることができるのです。

また、中性子はそれ自身が小さな磁石でもあります。磁石にはS極とN極の磁極がありますが、中性子では「スピン」と呼びます。照射する中性子のスピンと反射した中性子のスピンを比較することで、ハードディスク内部の磁気構造の情報を知ることができのです。実際に私たちが測定する中性子は、ハードディスクを構成する各層から反射した中性子が重なり合っており出てきます。重なり合った各層の情報を必要に応じて分解して取り出すための解析プログラムを作ります。その測定した結果が正しいかどうかを確認することも、私たちの仕事のひとつです。現象を見つけて出し、理論的に解明し、それを確かめるといふプロセスは研究者として喜びを感じるどころです。

企業と大学で、研究者としての違いはありますか。



大学で研究しても、企業で研究しても、物事を突き詰めて考えていくという研究者としての本質の違いは無いと考えています。ただし、学問的には意義のある研究でも、企業では全て行えるわけではありません。たとえば、成功した実験と失敗した実験があった場合、なぜ失敗したのかを考えることは重要なことです。しかし、ものづくりの現場では成功した実験を進展させて、最終的には「製品」を作らなければなりません。学問的には重要でも、失敗の原因を深く追究できない場合があるのです。

子供たちの理科離れ、理系離れが進んでいるとの指摘があります。



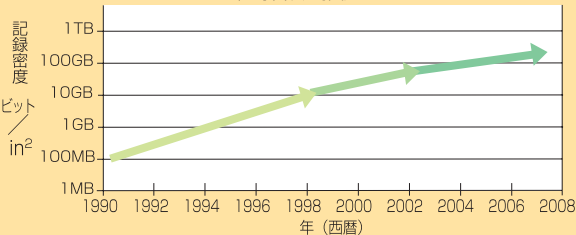
私が理系に進んだきっかけは中学生のときに読んだ相対性理論の本でした。なぜなのだろう、わからないことを知りたい、好奇心があふれ出し調べ学ぶことを求めた結果だと思っています。そこから宇宙物理に興味を持つようになり、エックス線の研究に携わるようになったのです。

なぜそうなっているのかを見つけて出すことは、現在の仕事の中でも一番のよるこびを感じる瞬間です。子供たちにはなぜそうなるのか、と興味を持って考えるようにして欲しいですね。そのためには、実際に見たり、触れたりすることが重要だと思っ

### ■高密度化することにより記録容量を増やす

ハードディスクの性能を示す指標のひとつとして、記録密度があります。平成2年(1990年)頃は1平方インチで100Mビットであったが、現在は100Gビットを超える製品が製造されている。記録密度の向上にはGMR効果の発見が大きく影響している。1ビットは「0」か「1」かを記録する最小の単位で、8ビットで1バイト(1B)になる。現在のハードディスクの記憶容量は、百数十GBから1TBが主流である。

ハードディスクの記録密度の推移



います。科学館や工作教室などには限りませんが、子供たちにはなるべく多く好奇心を養う機会を与えてあげたいですね。

今後の研究の予定などをお聞かせ下さい。



東海村にあるJRR-3\*を利用して行ってきた測定は、今後も続けていきます。また、JIPARCが動き始めたので、JIPARCを利用した新しい測定も行っていきたいと考えています。

この研究所の近くには、原子力機構をはじめ、研究所や大学など様々な施設が集まっていますので、地の利を活かして、いろいろな設備を利用していただきたいと思います。

\*JRR-3

国産初の研究炉。1990年に改造。中性子を利用できるビームラインを持っており、中性子回折や中性子ラジオグラフィといった利用を大学や民間にも開放して進めている共同利用施設。

\*干渉

いくつかの波が重ね合わさることによって、新しい波の形になること。光や電子、エックス線、水面でも見られる。

\*エックス線回折

物質にエックス線を照射して得られる応答を計測し、計測値を解析することで物質の状態を探る。応答を調べることで物質のさまざまな情報を得られる。

\*電子顕微鏡

中性子と同じように電子もスピンを持つ。電子のスピンの変化を利用した「スピン偏極走査型電子顕微鏡(スピンSEM)」によって、磁気構造を評価できる。

●プロゴルファー 片山晋呉さん

# 父の影響で2歳の頃から自分の背丈より長いゴルフクラブを握っていた

茨城県・下館市(現・筑西市)に生れ、プロになるまで両親のもとで暮らしたプロゴルファー・片山晋呉さん。最近では母校で講演する機会もあり、故郷と深い縁が続いています。練習に没頭した学生時代や、そのときの恩師や亡き父の思い出などを熱く語っていました。



**故郷は下館。いつ頃までお住まいだったのでしょうか。**

生れてからずっと下館で、大学もここから通っていました。いや、プロになってからもしばらくは下館からでしたね。今は引越していますが、住民票は去年までは下館だったと思います(笑)。

下館の家は国道50号線のすぐそばで、向かいにゴルフ練習場がありました。いまはもうありませんが、父親はその支配人をやっていました。そういう環境でしたから母親の話では、2歳を半ば過ぎたあたりからはもう背丈より長いゴルフクラブを引きずって練習場に通っていたとか(笑)。中学時代には週末になると、大人に

混じってコースを回っていましたね。

**高校時代にはどんな思い出がありますか。**

高校はゴルフで知られた水戸の水城(すいじょう)高校に進みました。実は最後の最後まで公立に行くか、私立の水城高校に行くか非常に迷いました。結局、個人戦のほかに団体戦でも戦えるというのに憧れて進学を決めたようなものです。高校には自宅に近い無人駅の玉戸駅から朝5時40分発の電車に乗らないと朝練に間に合わない。当時も今もそうですが、単線の水戸線から常磐線に乗り換えて水戸まで通いました。

高校時代は部活に始まり、父親の

ゴルフ場での自主練習、空いた時間はキャデイのアルバイトと、家に帰るのは毎日夜9時くらいでまさにゴルフ漬けでした。部活は、当時のことです。何度やめようと思ったかわからない。なにかと励ましていただいた石井先生がいなければ、本当にやめていたかもしれないです。

ぼくらの頃の水城高校は全日本高等学校ゴルフ選手権で2連覇とか、とにかく強かった。部員は勉強する時間がないほど打ち込んでいましたね。部屋に、「夢はマスターズ\*出場!」みたいな標語が貼ってありましたけど、それはあくまで夢であって、現実になるとは考えもしなかった。その頃とにかくプロになりたい、プロに

なつて優勝したい。1回でも優勝すればスゴイという世界に飛びこめるの夢みていました。

それが、今年の出場でマスターズは8回目になります。ぼくをよく知っている先生が信じられないくらいいいですから。親はもっと信じられない。母は最近、「自分の息子じゃないようだ」と言います。テレビとかの番組でも、これが自分の生んだ息子だろうかといつも不思議に思いながら見ているようですよ(笑)。

**いまでも母校に行くことはあるのですか。**

年に1回は水戸で公式戦があるので必ず帰ります。ぼくを支えてくれ



\*マスターズ

マスターズゴルフトーナメント(The Masters Tournament)は1934年に開幕し、毎年アメリカのジョージア州、オーガスタのオーガスタ・ナショナル・ゴルフクラブで行われる。世界4大ゴルフメジャートーナメントのひとつとして、世界中の選ばれたトッププロたちが競い合う最も重要なトーナメント。



私の好きなふるさと

# JR、関東鉄道、真岡鐵道が 交差するターミナルとして 新しさの中にも 古き良き伝統が 残る街。



●下館駅

## 茨城県筑西市

片山晋呉さんのふるさと、下館(現・筑西市)は栃木県と隣り合わせの町。東西、南北をつなぐ各鉄道の分岐点になっています。片山さんは高校への通学にJR水戸線を使っていたそうで、最寄りの玉戸駅から水戸駅まで通っていたと懐かしそうに話してくれました。

JR水戸線で通学したゴルフの名門・水城(すいじょう)高校がある水戸市は茨城の県庁所在地。梅の名園の偕楽園や水戸納豆などは茨城県を代表する全国ブランドです。名物のあんこう(鮫鱈)料理も人気があります。

そんな茨城県の西にある片山さんのふるさと・下館は、かつて商人の町として栄えました。下館の商人たちは「下館商人」と呼ばれ、彼らの力により町の整備が進み、「関東の大阪」と呼ばれる商都として隆盛を極めました。2005年3月に真壁郡関城町、明野町、協和町と合併して、筑西市(ちくせいし)となりました。



●板谷波山記念館

筑西市には陶芸家・板谷波山の記念館\*、龍の彫刻で知られる中館観音寺などの観光スポットがあります。



●小栗判官まつり

また、戦国絵巻を思わせる武者行列が人気の小栗判官まつり、冬のだるま市なども知られています。

その中心である下館駅はターミナル駅となっています。

下館駅には3路線があり、JR水戸線のほかに真岡鐵道の真岡線、関東鉄道の常総線があります。

真岡鐵道では2両の蒸気機関車(C12 66、C11 325)を保有しており、1994年から蒸気機関車を運行していることで全国的に知られています。



●真岡鐵道・蒸気機関車連行

関東鉄道には常総線と龍ヶ崎線があり、下館駅から出る常総線は取手まで51kmを走っています。途中の守屋駅はつくばエクスプレス(TX)の唯一の乗換駅。かつてこの地域では、都心に出る手段として高速バスしかありませんでしたが、TX開業でがぜん便利になりました。

関東鉄道・常総線と真岡鐵道・真岡線は共通一日自由きっぷを発売して子どもたちや鉄道マニアの人気を集めています。

る人がたくさんいるので茨城の試合は特に励みになりますね。そのときは高校に立ち寄って、お世話になった石井先生にお会いすることになっています。会うと必ず「賞金王とか、信じられない」というお話をされます。そう言われても、ほく自身信じられないですから(笑)。昨年、賞金王になって、これが5回目です。1勝するのでも難しい世界で、5回ですからね、とでも信じられない。ことは出身の中学校にも行き講演をしました。中学生にもかつてなにをしゃべるか考えて自分でもいい勉強になりました。みんなよく聞いてくれて食っているようにほくを見ていました。母校でできてよかったですね。

### プロになって不調だった時期がありますね。転機になったのは?

その頃はこれ以上ないといっているほどの苦しみでした。とにかく試合に出れば予選落ちが続いて、一体どうしたらいいかわからない。大変悩みました。その状態から脱する転機になったのは、ほくをゴルフという道に導いてくれた父が亡くなったことでしようね。病室で、医者からきびしい状況を伝えられて、ああ、これから父の代わりに母と妹をなんとかしていかなければいけない、今までの調子でやっていたらとんでもないことになるぞと、自分の中で何かが変わるのを感じましたね。それが

転機だったと思います。父が生きている間は1勝も出来なかったが、それからは勝てるようになった。これは父の力だと思いました。きつとどこかで見てくれていて、今の自分を誇りに思ってくれていると思います。それと練習を怠らないことです。なにごとも同じだと思いますが、ゴルフの上達法も練習あるのみ。スイングはプロに見てもらおうといいですね。今年の世界で勝てるようにがんばります。あと今年のはじめにうれしいことがありました。おフクロと初めてゴルフをやったんです。たまたま時間が空いて、ゴルフ行こうかと声をかけたら、泣いて喜んでくれましたね。ああ、親孝行になったなあと思いました。

### ■片山 晋呉(かたやましんご)さん

プロゴルファー。永くシード権保持者。茨城県筑西市(旧・下館市)出身。

父の影響で子供の頃からゴルフを始め、茨城県内のゴルフの名門校である水城高等学校から日本大学に進学。日本アマチュア選手権優勝、日本オープン選手権・ベストアマチュア賞などを獲得する。1995年にプロゴルファーテスト合格。1998年にレギュラーツアー初優勝を果たした。2000年、ダンロップフェニックストーナメントなどで優勝を飾り、初の賞金王(賞金ランキング1位)に輝く。トレードマークはカウボーイハット。アメリカのゴルフファンにも「カウボーイ・シンゴ」という愛称で呼ばれる。2008年に通算25勝となり、永くシード権を獲得した。



### \*陶芸家・板谷波山の記念館

板谷波山は日本陶芸界の巨匠であり、陶芸家として初めて文化勲章を授章する。その業績を伝えるために昭和55年(1980年)、生家敷地内に波山の作品やゆかりの品々などを展示した板谷波山記念館が開館。

# 中性子の新しい“眼”で物質を見る

## —中性子イメージング—

### エックス線では見えない元素を捉える技術

# わたしたちの研究 11



量子ビーム応用研究部門  
中性子産業利用技術研究ユニット長  
中性子イメージング・分析研究グループリーダー  
松林 政仁 (まつばやし まさひと)  
鹿児島県出身 昭和58年(1983年)入社



量子ビーム応用研究部門  
中性子産業利用技術研究ユニット  
中性子イメージング・分析研究グループ  
飯倉 寛 (いいくら ひろし)  
愛知県出身 平成17年(2005年)入社

原子力機構の東海研究開発センターにある研究用原子炉 JRR-3では、多くの企業や研究機関が中性子を利用した試験や測定を行っています。生命の謎や物質の構造を解明するなど、中性子を利用した研究はさまざまな分野に幅広く応用されています。近年、とくに高い関心を集めている水素や炭素などの軽い元素の中性子によるイメージング技術についてご紹介します。

### 企業が注目している 中性子イメージング技術

中性子イメージング技術とは、  
どのようなものですか？

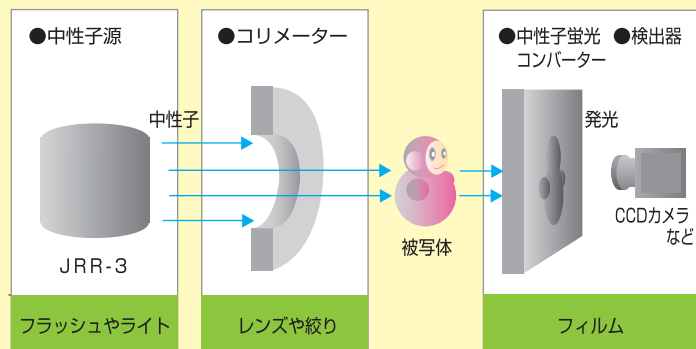
松林 病院で検査のため撮影されるエックス線写真と比較すると分かります。エックス線の代わりに中性子ビームを用いるのが中性子イメージングです。エックス線が電子にぶつかることで画像をつくるのに対して、中性子が原子核にぶつかることで画像をつくります。

中性子イメージングでは、原子核を見ているので、水素、酸素、炭素などの軽い元素を捉えることができます。これが特徴です。これまでは知ることができなかった新しい情報を得ることができるとのことです。

飯倉 たとえば、人間の体は主に水とタンパク質からできていて、その成分は、酸素、炭素、水素が90%を占めます。エックス線では捉えにくい軽い元素を見ることができるといふことは、生命の源であるタンパク質の構造や役割を詳しく調べることができるといふことなのです。また、水分子の位置を知ることが生命の謎を解き明かすうえでも非常に重要です。

#### ■中性子イメージング装置とカメラの比較

JRR-3で発生した中性子は、カメラのレンズや絞りに相当するコリメーターで最適な中性子ビームに調整される。フィルムに相当する中性子蛍光コンバーターは、中性子が当たった部分が発光するので、CCDカメラなどで撮影して、画像を分析する。



●中性子イメージング装置は大きな箱形の装置(後ろクリーム色)。右下のモニターに映像が写る。写真中央右の緑色の部分が中性子発生源となる原子炉。

\*残留応力(ざんりゅうおうりょく)  
熱や力を加えて金属材料を加工した際などに、材料の内部に発生する力で、歪みなどの原因になる。

\*メタンハイドレート  
メタンと水分子からなる固体結晶で、「燃える氷」とも呼ばれる。石油や天然ガスに代わるエネルギー資源として注目されている。

# 全体を最適に チューニングしていく

JRRR-3ではどのような研究が行われているのですか？

松林 量子ビーム応用研究部門には東海、高崎、関西にあわせて3つの拠点があります。中性子を利用した研究は東海で行っていて、生命科学、物質科学、産業利用の3つのユニットに分かれています。タンパク質の構造解析やメタンハイドレート\*の研究、残留応力\*の測定など、研究分野は多岐に渡ります。私たちは中性

子産業利用技術研究ユニットに所属していて、中性子を利用したイメージングと分析についての研究を行っています。

飯倉 中性子イメージング装置は、カメラに似た構造を持っています。フラッシュにあたるのが中性子源である原子炉であり、焦点を合わせるレンズに相当するのがコリメーター\*です。そして、画像が現れるフィルムにあたるのが中性子蛍光コンバーターです。私たちは、より鮮明な画像を得るために、コリメーターや蛍光コンバーターなどの改良を関係する部署の専門家と一緒にを行っています。とくに蛍光コンバーターは、中性子が当たることによってその部分が発光して、画像をつくる重要な部分です。現在、材料や形状を工夫して性能\*を上げる研究に力を入れています。

企業などが原子力機構の  
中性子イメージング技術を利用することが多いそうですね。

飯倉 中性子イメージングを利用する研究機関や企業の目的に合わせて、装置を調整することは私たちの部署の重要な仕事のひとつです。トライアルユース\*などで初めて利用する方も少なくありませんので、どんな測定をしたいのか、何を知りたいのかを事前によく聞いておくことが重要です。中性子イメージングの結果は、その場で見てすぐに分かるので、測

定に来た人が「おおっ！」と驚き、喜んでくれます。その様子は何度見ても、嬉しいですね。

## 幅広い分野での 活用が期待される

今後はどのような分野で  
中性子イメージングの活用が  
期待されているのでしょうか。

松林 タンパク質の構造解析や新しい材料の開発など広い分野での活用が期待されている中性子利用ですが、中性子イメージングでは、新しいエネル

ギーに関する分野での利用を進めています。例を挙げると、たとえば燃料電池\*に水素を供給する水素貯蔵合金タンクの開発に利用されています。現在、私たちは燃料電池の中で水がどのように動いているのかを解明するために中性子イメージング装置の改良を行っているところです。水の位置や動きを捉えることは、燃料電池を開発するうえでとても有益な情報です。これは中性子イメージングでなければ分からない情報なのです。また、強力な中性子源であるJ-PARCが稼働を開始しました。こちらではJRR-3とは異なった測定や試験ができるので、期待しています。

### 中性子の利用に興味をお持ちの方は

原子力機構の中性子をご利用いただくためには、いくつかの方法があります。

#### ●中性子トライアルユース制度

文部科学省が実施している「放射線利用技術・原子力基盤技術に関する技術指導及び情報提供」事業の一環として行われるもの。利用に際して費用はかからないが、成果を公表する必要があります。詳しくは下記にお問い合わせ下さい。

窓口：(財)放射線利用振興協会

URL：http://www.rada.or.jp/Neutron/

電話：029-282-6505

#### ●施設共用制度

原子力機構内の施設のうち、あらかじめ定めた施設を、外部の方に利用いただく制度。施設の運転に係る経費を負担することで、成果を非公開にすることも可能です。詳しくは下記にお問い合わせ下さい。

窓口：原子力機構 産学連携推進部

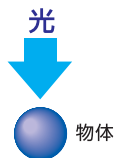
URL：http://sangaku.jaea.go.jp/

電話：029-282-6260

### 中性子イメージングとエックス線写真の違い

[凡例] ← エックス線 ● 中性子 ● 電子 ● 原子核

光の場合(参考)

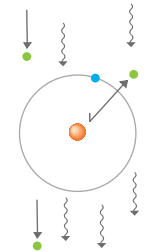


物体

影

途中で光を遮る物体があると、「影」ができる。

軽い元素(水素)

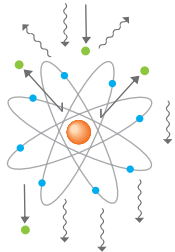


エックス線

中性子

電子の数が少ないため、エックス線はほとんど通り抜けてしまふ。一方、中性子は電子の1000倍以上の重さを持つ原子核に衝突するので、軽い元素でも中性子が衝突しやすい。

重い元素(鉄)



エックス線

中性子

たくさんの電子(鉄の場合は26)を持っているので、エックス線は通り抜けにくい。原子核の大きさは軽い元素と重い元素では10倍程度しか変わらない。

中性子イメージング(中)では、エックス線写真(右)では見えていないマグネなどの水素を多く含むプラスチック部品が良く写っている。一方、エックス線写真ではスプリングやネジなど金属部品が良く写っている。



通常の写真



中性子イメージング



エックス線写真

\*燃料電池

水素と酸素の化学反応により電気エネルギーをつくる仕組み。「水の電気分解」と逆の反応を利用している。

\*トライアルユース

文部科学省の中性子利用技術移転推進プログラムの通称。詳しくはコラムを参照。

\*性能

ここでは、空間分解能を指す。デジタルカメラの解像度に相当する。

\*コリメーター (collimator)

中性子ビームの広がり方向を制限する部品。

# 特許ストーリー 12

## ”疲れ“をリアルタイムで把握して 作業員の安全を確保する

### リアルタイム疲労度モニタリング装置

原子力施設では作業員の安全を守るために「防護服」と呼ばれる特殊な作業着を着用します。作業の内容によっては防護服を重ねて着る必要があります。作業員に大きな負担がかかる場合があります。(株)日本環境調査研究所と原子力機構は、作業員の疲労度を測定する装置を開発することで、作業員が安全に作業できる仕組みを実現しました。

#### 作業員の疲労度を 客観的に把握したい

原子力機構の研究施設や原子力発電所などで作業を行う場合は、必要に応じて防護服\*とよばれる特殊な作業着を着用する必要があります。放射性物質を含んだ粉塵が発生する可能性がある機器の分解点検などを行う場合には、作業員に放射性物質が付着したり原子力設備の外に持ち出さないために、防護服を何枚も重ねて着る場合があります。さらに、作業員が放射性物質を吸い込まないように全面マスクなども着用します。「防護服と全面マスクを着用して作業を行うと、熱が逃げにくいため、体温が上がりやすくなります。これまでの経験から一定時間ごとに休憩時間を定めています。疲労度は作

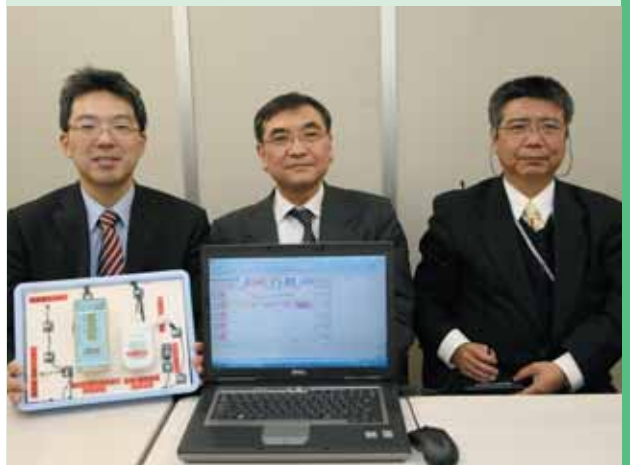
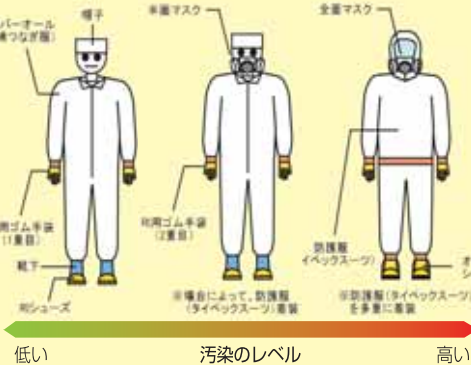
業員ごとに異なります。また、作業員自身が自分の疲労を把握できていない場合も少なくありません。もちろん現場責任者が安全に作業できるように監督していますが、疲労度の把握は作業員の自己申告に頼らざるを得ないのが実情でした。」(高橋)

#### ふとしたキッカケで 共同研究が始まった

原子力施設でさまざまな業務を行ったたり、防護服などを製造・販売している(株)日本環境調査研究所\*は、原子力施設でのRFID\*の利用について原子力機構と共同研究を行うことがありました。「ちょうどRFIDを利用して湿度や温度のデータを送受信する装置の開発を終えたばかりの頃でした。たま

#### ■管理区域と放射線防護

原子力施設では、作業する人の被ばくを最小限にとどめ、放射性物質を管理区域の外に出さないためにALARA(アララ)の考え方\*に基づいて、必要に応じてさまざまな措置が講じられています。通常、管理区域に入る場合には、専用の靴下と靴に履き替え、カパーオールを着ます(左)。汚染の恐れがある区域で作業をする場合には、全身を覆うタイベックスーツと呼ばれる特殊な作業着(防護服)を着用します(中)。さらに、機器の分解点検などを行う場合には、使い捨てのタイベックスーツを重ね着して、全面マスクなどの汚染レベルに応じた防護服を着用します(右)。



●リアルタイム疲労度モニタリング装置は、(株)日本環境調査研究所と原子力機構の共同研究によって開発された。

高橋 直樹 (たかはし なおき)  
原子力機構  
東海研究開発センター  
核燃料サイクル工学研究所  
再処理技術開発センター 技術開発部  
転換技術課 研究開発チーム  
平成7年(1995年)入社 茨城県出身

村山 敏 (むらやま さとし)さん  
(株)日本環境調査研究所  
事業本部  
事業企画部長  
茨城県出身

木梨 秀二 (きなし しゅうじ)さん  
(株)日本環境調査研究所  
茨城営業所  
茨城県出身

\* (株)日本環境調査研究所  
創業●昭和48年(1973年)  
所在地●東京都新宿区西新宿7-8-13 栗原ビル3F  
連絡先●03-3367-3281 (代)  
URL●http://www.jer.co.jp/

\*防護服  
このページのコラムを参照。

## リアルタイム疲労度モニタリング装置(試作機)を装着した様子



測定されたデータはグラフで表示され、作業員の体温などが一目で分かる。



データ記録装置や電源はベストの背中に装着する。



目に鼓膜温度センサーと心拍センサーを取り付ける

したいという話になりました。作業員にセンサーを付けてもらい、測定したデータをRFIDで送信すれば、作業員の疲労度をうまく把握できるのではないかと考えました。」(村山)

作業員の疲労度をセンサーで測定することができれば、現場責任者が休憩などを的確に指示できるようになります。そのためには、現場責任者が作業員の疲労度をモニター画面などでリアルタイムで確認する必要があります。しかし、作業員の作業の

## 何を測るのか どうやって測るのか

しやすさを考えたとき、作業員ひとりひとりとモニター画面をケーブルで結ぶのは現実的ではありませんでした。「作業員の負担にならずに、作業員の疲労度を把握するためには、RFIDが最適な方法でした。」(高橋)

雑談がきっかけで、「リアルタイム疲労度モニタリング装置」の共同研究が始まりましたが、解決しなければならぬ問題がいくつもありました。そのひとつが、「疲労度」の測定方法です。重ね着した防護服の中は、温度や湿度が高く、作業員は熱中症になりやすい環境で作業することになります。

「当社では防護服を製造・販売していますが、数年前に防護服を着て作業を行う場合の疲労度を測定したことがありました。防護服を着た人と着ていない人にそれぞれ同じ運動をしてもらい、体温や心拍数を測定しました。その経験から、温度センサーや心拍計を作業員に付けてもらうことで、疲労度を数値で表すことができると考えました。」(木梨)

作業員の疲労度を測定する項目は、試行錯誤の末、体温、湿度、心拍数と決まりました。しかし、体温の測定で問題が生じました。

「熱中症を予防するためには深部体温\*を測定することが重要です。従来は直腸で体温を測定していましたが、

この方法は現場の作業員には適当ではありません。そこで、より簡単に深部体温を測定する方法を見つける必要があります。」(高橋)

「さまざまなセンサーや体に身につけても邪魔にならないデータ記録装置など、疲労度を測定する装置に最適なそれぞれの要素技術を見つけたのが一番大変でしたね。」(村山)

最終的には、鼓膜の温度を測定する方法が採用されました。イヤホン型のセンサーによって作業員に負担を与えることなく深部体温を測定することが可能になったのです。

## 小型化・製品化に成功 次の課題は低価格化

完成した試作機は約500グラムで、作業員はベストの背中にデータ記録装置や電源などを装着します。

「はじめは脱着しやすい体の前面に装着していたのですが、電波をうまく送信できないことがありました。金属製の機器に向かって作業する場合に、電波が吸収されてしまうのです。現場で試験を繰り返し返して、問題点を解決していききました。」(村山)

試作機は市販されている機器を組み合わせましたが、その後、リアルタイム疲労度モニタリング装置として設計された改良機を作成しました。改良機は重さが5分の1、大きさは4分の1まで小型化することに成功しています。

「開発したリアルタイム疲労度モニタ

リング装置は、アスベストやダイオキシンを取り扱う作業などでも役立つと考えています。より多くの人に利用してもらうためには、いっそうの低価格化が必要だと感じています。」(高橋)

防護服の着用が必要な作業は原子力施設の内部だけではなく粉塵が発生するような工事現場などもあります。原子力機構との共同研究から生まれた技術が、さまざまな作業現場で役立てられるようになるために、今も開発が続けられています。

## 小型化された改良機

データ記録装置や電源、RFIDなどをひとつのケースに収める設計とした。大きさが4分の1、重さは5分の1に小型化され、防水対策も施されている。



従来機：試作機



改良機

\*深部体温  
脳や心臓など、体の内部の体温。

\*ALARA (アララ) の考え方  
原子力の利用において、被ばくや放出する放射性物質を「合理的に達成できる範囲においてできるだけ少なくする (As Low As Reasonably Achievable)」という原則。

\*RFID  
電波による個体識別 (Radio Frequency Identification) の略で、無線通信によって情報をやりとりする仕組み。ICタグともいう。

# Science museum

新たな発見  
科学館へ行くこう！

## 地球のふしぎ、原子のなぞ 創つて試して、科学を体験しよう

### アトムワールド（茨城県東海村）

### 大洗わくわく科学館（茨城県大洗町）

原子力発祥の地、茨城県東海村周辺には原子力や科学のふしぎを体験できる展示館がいっぱい。今回は原子力エネルギーや核燃料サイクルのしくみを学べる「アトムワールド」と、海と科学の遊び発見館「大洗わくわく科学館」をご紹介します。

### 「アトムワールド」で原子力 エネルギーのふしぎを探る

JR常磐線東海駅から大平洋に向かって車で約10分。東海研究開発センターの隣に位置する「アトムワールド」。核燃料サイクルに関係した立体模型に触れたり、体験操作を楽しみながら理解を深めていきます。

開館は昭和56年（1981年）ですが、核燃料サイクルのしくみを学べる体験型の「サイクル館」に、東海村の紹介や科学のなぞを体験できる「ファミリー館」を増設して体験型の展示館として新装開館したのが平成5年です。年間入館者は8万人を越し、休日には近隣の子供たちや遠方からの団体などの見学者が訪れ、館内を解説付きで回れるのも魅力です。まずはウラン原石の美しい輝きやもんじゅ実物大炉心と核燃料集合体

の実物大模型などを目にして、原子力エネルギーのパワーに圧倒されます。館内は核燃料サイクルの流れに合わせて展示物が設置してあり、一周すると、使用済燃料の再処理、プルトニウム燃料のことや高レベル放射性廃棄物の処理・処分などのことがしつかり理解できるようになっています。

サイクル館で操作できる「マニピュレーター\*」や、実際に手を入れて動かせる「グローブボックス\*」は人気の展示物です。機構には子ども向けの、この疑似体験で技術者の業務に惹かれて将来を決めたという若い職員もいるほどです。

ファミリー館では東海村の歴史や航空写真を見られるほか、エネルギーファクトリーでは飛んだり跳ねたりして自分の体でエネルギーを測定する体験ゲームが見学者を惹きつけます。さらにサイエンスシアターでアトミッ

ク号に乗って3D画像を鑑賞しながら地球環境を学ぶスペースツアーもおすすめのコナーです。

小学生や中学生たちは展示館のオリジナルクイズに挑戦して、記念品をゲット。またIDカードを使って3回来館すれば、その場で撮った写真を使ってジグソーパズルにしてみたいのもいい思い出に。月に一度開催する科学実験教室や季節に応じたイベントも開催され、地域だけでなく各地から訪れる見学者たちが楽しみながら核燃料サイクルのしくみを学べる最適の空間です。



アトムワールド



アトムワールド「ファミリー館」のエネルギーファクトリー



大洗町と協力して行っている実験教室（大洗わくわく科学館）

\*グローブボックス  
放射性物質や装置などを取り扱うとき、気密性の高い箱型の装置に付いたゴム製の手袋を使って作業を行うもの。

\*マニピュレーター  
放射能を帯びた場所や装置を、安全な場所から遠隔操作できるマジックハンド。

## 原子力の魅力や未来をのぞきにいこう

茨城県東海村地域の人ならみんな知っている「科学館」があります。その一つ、「原子力科学館」は、(社)茨城原子力協議会が、原子力への理解を高めるために運営している総合展示館です。現在その一部はリニューアル工事中となっています。

「アインシュタイン・スクエア」は、キャラクターのアインシュタインが案内役。体験コーナーで遊びながら、子どもたちに原子の世界のふしぎを学んでもらうことができます。さらに一歩進んで、「アトミックLABO」では原子力や放射線の利用、原子力の基礎知識を得られます。原子の動きをイメージした映像が流れるパノラマスクリーンや、鉄道模型を走らせて町中の放射線を測定するコーナーなど幅広く楽しめます。桜咲く4月頃には、生まれ変わった館内を堪能できるでしょう。



### ■原子力科学館

<http://www.ibagen.or.jp/>

- 所在地：〒319-1112 茨城県那珂郡東海村村松225-2
- 電話：029-282-3111 (茨城原子力協議会内)
- 休館日：毎週月曜日(祝日の場合は翌日)および年末年始
- 開館時間：9:00AM~4:00PM
- 入館料：無料

リニューアル完成予想図CG

地元の子もたちに人気のある日本原子力発電(株)「東海テラパーク」。ラテン語で地球を意味する「テラ」という言葉通り、原子力の仕組みや安全について学んだり、地球環境を考える展示館です。まずはマジックビジョンの「原子力シアター」で原子力の基礎知識を得るのがおすすめ。原子炉建屋模型と映像をミックスさせた画面で、発電の仕組みや安全性を分かりやすく紹介しています。

展示ホールでは原子力発電の歴史をなぞり、安全管理システムなどを紹介しています。サイエンスプレイランドには科学を体験できる遊具がいっぱい。遊びの中で子どもたちに地球のなぞを知ってもらうコーナーとなっています。

夏には中庭のジャブジャブ池に子どもたちがあふれる地域密着型の展示館は、エネルギーについて学べる貴重なスポットでもあります。



### ■日本原子力発電 東海テラパーク

<http://www.japc.co.jp/>

- 所在地：〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方1-1
- 電話：029-287-1252
- 休館日：年末年始(12月29日~1月3日)
- 開館時間：9:00AM~4:30PM
- 入館料：無料

原子力展示ホール

## 「大洗わくわく科学館」 創って遊んで海を体験する

大洗海岸前、マリントワーや大洗マリーナを臨む爽やかな一角に立つのが「大洗わくわく科学館」です。平成13年(2001年)、海の不思議を中心とした展示物のほか、地域に密着した体験教室やワークショップで子どもたちに科学の楽しさを感じてもらうことをコンセプトにオープンしました。

館内を歩くとポコポコと心地よい泡の音が響くフロアは、1階が海底、2階を海上をイメージしてそれぞれのテーマで展示物が設置されています。1階のウォーターサイエンスコーナーでは、海で生じる現象を説明。波の仕組みを実験装置で見ると、水中に大小の泡を発生させてスピード差を観察する装置や、光と水による水玉のダンス、水中の音を聞く装置など、ふしぎ体験の数々に時間を忘れてしまいます。

また2階には、竜巻を発生させ直接手で触れる「竜巻に触ろう」や風による波のできかたを観察する「風でつくる波」の渦の立体的な構造を見る「ふたごの渦」など実験できる装置があります。展示館の中央ふきぬけに、巨大でカラフルな一番人気のコーナーがあります。マジックハンドでUFOキャッチャーのように海底資源を現したボールを拾うものです。海底がいかに豊富な宝物の集まりかということを学べます。

ほかにも水に浮く石の秘密など、全フロアで20点以上の体験、体感展示を満喫できます。

「わくわく体験教室」では幼児から小中学生を対象に、工作・実験・パソコンを楽しく経験できるので、常に予約がいっぱいです。また、町と協力\*をして実験教室を行い理科教育の支援も行っています。大人も子どもも身近な科学に触れられる貴重な科学館、ぜひ一度訪れてみてください。

### ■アクセス情報

#### アトムワールド

<http://www.jaea.go.jp/04/xtokai/>

- 所在地：〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33
- 電話：029-282-2256
- 休館日：毎週木曜日(祝日の場合はその翌週月曜日)及び年末年始
- 開館時間：9:00AM~4:00PM
- 入館料：無料

#### 大洗わくわく科学館

<http://www.jaea.go.jp/09/wakuwaku/>

- 所在地：〒311-1305 茨城県東茨城郡大洗町港中央12
- 電話：029-267-8989
- 休館日：毎週月曜日・年末年始(月曜日が祝日の場合はその翌平日)
- 開館時間：10:00AM~4:30PM
- 入館料：大人(個人)200円、小中学生(個人)100円(幼児、65歳以上は無料)



大洗わくわく科学館

### \*町と協力

大洗町では子供たちの科学する心を育てるための環境づくりとして、原子力やエネルギー教育に取り組んでおり、わくわく科学館も協力しています。

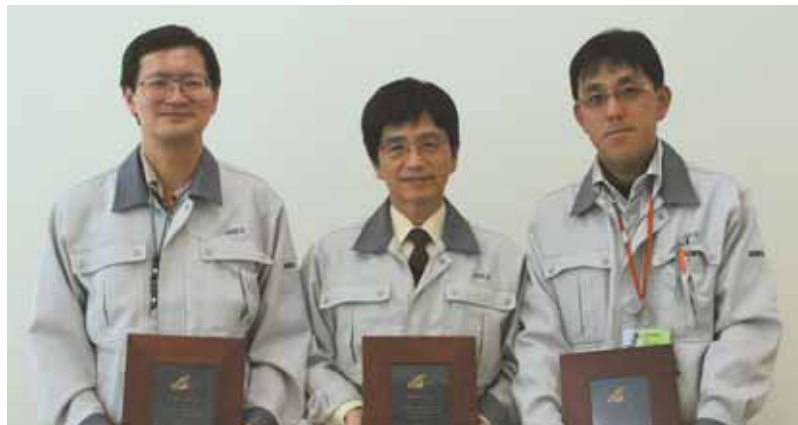
げんきな

# STAFF

## ノーベル賞級の研究成果誕生にも期待 世界最強の陽子加速器施設J-PARC

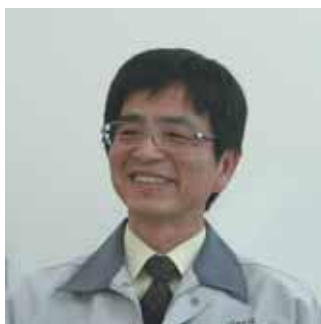
### J-PARCセンター

世界中の科学者が待ち望んでいた原子・分子レベルの構造などをはっきりと見ることができると期待される大強度陽子加速器施設J-PARC。先端的な加速器パルス中性子源の開発で文部科学省科学技術政策研究所による「2008年ナイスステップな研究者」に選ばれた3名を紹介します。



●「2008年ナイスステップな研究者」に選ばれた3名のJ-PARCセンター研究員

「2008年ナイスステップな研究者」プロジェクト部門に選ばれた感想とご担当を教えてください。



■池田 裕二郎 (いけだ ゆうじろう)  
J-PARCセンター  
物質・生命科学ディビジョン長  
高知県出身  
昭和54年(1979年)入社

池田 J-PARCは陽子加速器で作られるさまざまな2次粒子を使った新しい物理から産業応用につながる幅広い研究を行う複数の実験施設の集合体です。わたしたちが担当したのは主に世界最高強度の陽子ビーム

ムを加速する加速器の開発と、その陽子ビームを、標的となる水銀の原子核に当てて中性子を発生させるパルス中性子源施設の建設です。新たな技術に対する挑戦の連続でしたが見事に克服し、平成20年(2008年)5月に世界最高強度の中性子発生に成功しました。今回の受賞は約8年間にわたり、心血を注ぎ要求された性能を実現できたことを評価していただいたものと受け止めています。この施設の建設ではプロジェクトリーダーとして指揮者役を務めさせていただいています。

長谷川 わたしは、J-PARCの最初の陽子を発生し加速させる部分、「リニアック加速器\*」の設計開発を担当しました。J-PARCはまず直線状に並んだ加速器で陽子を光の速



●3GeVシンクロトロン(出射部)



■長谷川 和男 (はせがわ かずお)  
J-PARCセンター  
加速器ディビジョン 第1セクションリーダー  
山形県出身  
平成2年(1990年)入社

度の約50%まで加速します。リニアック加速器は水道に例えれば水源に当たります。水源が少ないと水道をひ

ねつても水はチョロチョロとしか出てきません。私に与えられた最初の任務はいかに大量の陽子を作り、それを大事に加速するかということでした。金正「3GeV(3ジェブ)シンクロトロン(3GeV-RCS)\*」の設計開

\*3GeV(3ジェブ)シンクロトロン(3GeV-RCS)

リニアック加速器で加速された陽子ビームのスピードをさらに増加させる装置で、三角形のおにぎり型をしている。1台5トンから40トンの電磁石、速空洞、そして特殊なパルス電磁石から構成されている。1周約350メートル。またGeVとは陽子のエネルギーのことです。1GeV(ギガエレクトロンボルト)は10億電子ボルト。(RCS: Rapid-Cycling Synchrotron)

\*リニアック加速器

陽子を発生させて少しずつスピードを上げるまっすぐな装置。長さは約330メートルで電磁石や加速空洞などが並べられている。





●リニアック加速器

発を担当しました。3 GeV-IRCSではリニアック加速器から出る陽子をさらに光の速度の約97% 3 GeVまで加速させます。この3 GeV-IRCSも新技術の総結集です。

3 GeV-IRCSの周長は約350 m。それを0.02秒間で陽子を1万4200回も回転させ、その間にJ-PARCで開発した「高周波加速空洞\*」という装置でエネルギーを与えパワーを上げていくのです。

池田 このように加速させた陽子をビームとして取り出します。それを水銀の原子核に当てることで高強度の中性子を発生させています。しかも1秒間に25回の割合で極短い時間で間欠的に中性子を発生させるパルス中性子源\*です。これまでの中性子源のイメージがロウソクの薄明かりとするならば、J-PARCのパルス中性子源はカメラのフラッシュのようなもの。強度が大幅に向上したこ

とで今まで見えなかった原子・分子レベルの働きなどが詳細かつくつきりと見えるようになりまます。これは世界中の研究者の強い願いでした。

### 新たな装置開発で苦労した点などを教えて下さい。

#### ―毎日が工夫の連続―

池田 プロジェクトに課された任務は当時世界最高強度を誇っていた英国の中性子発生装置の1桁上をいく強度の中性子を発生させることでした。そのため、既存の技術ではそれを実現させることはできませんでした。そこでまず、一度に大量の陽子ビームを発生させ、高精度で陽子を飛ばすことができる加速器をゼロから設計しなければなりません。また、原子核から中性子源を取り出すには1メガワットの陽子ビームが必要でした。とにかく全てが世界初の取り組みでした。わたしは優秀な人材に恵まれて本当に感謝しています。

長谷川 現在、当面の目標は達成していますが、今でも日々試行錯誤の連続です。リニアック加速器で発生させた陽子を加速していくわけですが、その際、陽子が暴れて放射\*しないようにそっと加速し、徐々に速度を上げていく必要があります。実はそのための技術も非常に難しく大変苦労しました。

金正 3 GeV-IRCSは25 Hz<sup>2</sup>という速い繰り返し頻度のシンクロトロンなので、その特徴から解決すべき課題がたくさんあり



■金正 倫計 (きんしょう みちかず)  
J-PARCセンター  
加速器ディビジョン 第2セクションリーダー  
大阪府出身  
平成8年(1996年)入社

さんありました。そのほんの一例をお話しします。「高周波加速空洞」は3 GeV-IRCSでビームを加速するための装置です。J-PARCではこれまでの2倍以上の加速性能をもつものを開発しました。しかしながら高性能なゆえに発熱が大きいくその徐熱に苦労しました。また、ビームは気体分子との衝突を避けるために、真空中を加速します。3 GeV-IRCSでは、その特徴のために、加速器の真空容器として一般的に使用されるステンレスやアルミニウムといった金属が使用できないため、アルミナセラミックという焼き物で真空容器を製作しました。その他の装置にも様々な工夫を凝らし、どうにか課題を解決することができました。

### 今後の目標を教えてください。

#### ―ノーベル賞を―

金正 3 GeV-IRCS加速試験開始から1ヶ月足らずで、所期性能であるビームエネルギー3 GeVを達成しました。これは世界でも類を見

ないほど驚くべき早さです。その後ビーム試験を重ねこれまで順調にビームパワーを増強させてきました。今後さらさらに高出力を目指したいですね。そして常に先のことを考え、利用者のニーズに合わせたステップアップを考えていきたいと思っています。

長谷川 J-PARCのリニアックの最大の技術的な貢献は、既存のものよりも高信頼性の高い高周波源のクライストロン\*と呼ばれる電子管を使いながら、大強度を実現させたことです。そのため、欧米、中国でもJ-PARCが開発したクライストロンを採用する動きがあります。このように、3 GeV-IRCSなども含めJ-PARCで培われた数多くの新技術が世界標準となりつつあります。日本の技術を世界中が認めてくれたことに対しては非常に嬉しく思っています。

池田 J-PARCはこれまでの中性子利用研究を根底から変えうる施設であり、多くの先人が果たせなかった夢でした。そういったプロジェクトに関わり、ひとつの成果を果たすことができたことをこの上なく幸せに思っています。本施設は多様な物質構造研究はもとより、難病に対する薬剤の開発の鍵を握るタンパク質の水素原子および、水分子の機能の解明など、様々な方面での画期的な成果が期待されます。今後この施設を使ってノーベル賞級の研究成果が生まれることを期待しています。

\*クライストロン

電子ビームのエネルギーを利用して数万倍の大電力マイクロ波に増幅させるための真空管。0.5~10GHzの高周波の共振または増幅ができる。

\*放射化

放射能を持っていない物質が陽子や中性子により放射能を持つようになること。

\*パルス中性子源

カメラのフラッシュの強い光を使って写真を撮るように、強い中性子のパルスが発生させたもの。

\*高周波加速空洞

シンクロトロンで陽子ビームを加速する装置。新しい材料を使用した空洞をJ-PARCで開発し、世界の注目を集めている。

# PLAZA

原子力機構の動き



## 草津温泉から希少金属の回収に成功

平成20年(2008年)10月7日、日本カーリット(株)、(株)アンサイ、(株)群馬分析センター、(財)群馬県産業支援機構および原子力機構は、共同事業で開発した金属捕集布を用いて草津温泉の温泉水に含まれる高価な希少金属であるスカンジウムを、選択的かつ効率的に回収することに成功しました。

今回は、酸やアルカリに強いポリエチレン不織布基材に、放射線グラフト重合技術でスカンジウムと親和性の高いリン



## JAEAで活躍する 海外からの研究者

今回は、J-PARCで働くサハ・プラナブさんに日本の印象や原子力機構の印象を伺いました。

Q. 来日してどれくらいですか?

A. 私がバングラディッシュから日本に来たのは平成10年(1998年)10月で、10年が経ちます。最初は、日本の大学院の博士課程に入り、KEKなどで研究を行なっていました。その後また大学で研究活動を続け、平成16年(2004年)4月に原子力機構に入社しました。

Q. 日本の印象はいかがですか?

A. 言葉や食べ物にも比較的早く慣れ、研究を深めるために続けて日本に住みたいと思うようになりました。日本食は色々なメニューが多く健康志向がとりいられ食の文化に感心します。またこれまで日本各地に旅行もしましたが、バングラディッシュと違いどこへ行っても商業施設・公共施設が整っていて便利だというのが基本的な印象です。今後も地域の交流活動などにも積極的に参加して日本の文化や日本料理を習得し、バングラディッシュの友人や親戚にも伝えたいと思います。

Q. JAEAの印象はいかがですか?

A. 現在は、J-PARCの3GeVシンクロトロンでビーム試験を担当しています。私は、大きな加速器で研究をしたいという希望もあり、それが叶って大変よい環境で働いています。質のよいビームを作り、よい研究成果を出せるようにがんばっています。職場でも英語での会話がもう少しが使われればなと思っています。



量子ビーム応用研究部門  
金属捕集・生分解生高分子研究グループリーダー  
玉田 正男

酸基を導入した金属捕集布を製作しました。そして、温泉水が流れ込む湯川に、流量の千分の1の温泉水が処理できる装置を草津町の協力を得て設置し、金属捕集布の性能評価を行いました。  
その結果、金属捕集布は、温泉水から連続的に95%以上の回収率でスカンジウムを捕集可能なことを実証しました。この装置を1000倍にスケールアップすることにより、約200kg/年のスカンジウムが捕集可能です。この技術は金属捕集布の化学構造を変えることにより、ウランなどの回収にも応用可能であり、日本では採れない鉱物資源の回収技術として大きく期待されています。

## エンジン内部の潤滑オイル挙動の 高速度可視化技術共同開発を開始 CO<sub>2</sub>排出量削減に向け、 低燃費エンジン開発を加速

平成20年(2008年)11月10日、日産自動車(株)と原子力機構は、クルマの低燃費化によるCO<sub>2</sub>排出量の削減に向けて、エンジンや駆動系部品内部の潤滑オイルの挙動を可視化する技術の共同開発を開始しました。

共同開発に先駆けて、エンジン内部の潤滑オイル挙動の高速度撮像に関する技術的検討を行いました。その結果、「高速度撮影中性子ラジオグラフィ」という、軽金属製容器内部の水やオイルの流動を中性子で透過しスローモーションで観察・計測する高速度可視化計測・解析技術を応用することにより、エンジン内部の潤滑オイルの挙動も可視化できることを確認しました。  
今回は、世界で初めて、研究用原子炉JRR-3を活用し、高速で運転するエンジン内部の潤滑オイル挙動解析を実現す

るため、撮像システムと解析手法の開発を進めていく予定です。両者の連携により、更に最適なオイル循環設計を可能とし、低フリクション設計の最適化による低燃費化を加速させ、CO<sub>2</sub>排出量の削減を目指す方針です。



原子力基礎工学研究部門  
原子力センシング研究グループリーダー  
呉田 昌俊



日産自動車株式会社  
計測技術部 計測開発グループ  
久保 純

●皆様の「声」を紹介いたします●

アンケートに多数のご回答をいただき、ありがとうございます。皆さまからお寄せいただきましたご意見を一部紹介させていただきます。「未来へげんき」編集部では、皆さまからのご意見を編集に反映させてまいります。

- ・「もんじゅ」の運転再開にむけた工程の見直しなどについては逐次情報開示をおねがいします。(福井県あらわ市 男性)
- ・福井県やアクアトムに行ってみたくなりました。(山形県山形市 男性)
- ・科学技術の勉強に役に立っています。(埼玉県さいたま市 男性)
- ・理解しやすい解説なので読みごたえがある。(福井県坂井市 女性)

※アンケートに記載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●

●メルマガ配信の募集について

原子力機構は、メールマガジンにより情報を配信しています。メールマガジンでは、原子力機構の最近のプレス発表、イベント開催の案内など、情報を随時お知らせいたします。配信を希望される方は、下記ホームページよりお申し込みください。



独立行政法人  
日本原子力研究開発機構 広報部 広報課  
Japan Atomic Energy Agency (JAEA)  
〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49  
電話029-282-1122(代表) FAX029-282-4934

原子力機構の情報は、インターネットで自由にご覧いただけます。

インターネットホームページアドレス

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

編集後記

科学は見えないものを見ることにより発展し続けてきました。J-PARCでは水を見ることによってつくりを知ることができ新しい薬や新しい植物、材料を作り出すことができます。また、中間子を研究することで宇宙はどうやってつくられたのか、なぜ物に重さがあるのか、そういった謎がわかるかもしれません。専門用語が多く難しい内容になりがちですが、「なぜこうなるのだろう」、「これを見ることができたら・・・」というシンプルなきっかけが研究者の心を動かすのかもしれません。広報誌「未来へげんき」では、原子力機構の業務の他、原子力エネルギーや放射線など、原子力に関することをわかりやすい言葉で正確にみなさんに提供できるよう、未来に向かって元気に頑張ってまいります。



未来へ  
季刊 **げんき**  
No.12 2009

平成21年  
編集・発行：日本原子力研究開発機構 広報部 広報課  
制作：株式会社千創

日本原子力研究開発機構 研究開発拠点一覧

本部  
〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49  
TEL 029-282-1122(代表)

原子力緊急時支援・研修センター  
〒311-1206 茨城県ひたちなか市西十三奉行11601番13  
TEL 029-265-5111(代表)

東京地区

東京事務所  
〒100-8577 東京都千代田区内幸町2丁目1番地8号  
TEL 03-3592-2111(代表)

システム計算科学センター

〒110-0015 東京都台東区東上野6丁目9番地3号  
TEL 03-5246-2505(代表)

東海研究開発センター

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4  
TEL 029-282-5100(代表)

原子力科学研究所

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4  
TEL 029-282-5100(代表)

核燃料サイクル工学研究所

〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4番地33  
TEL 029-282-1111(代表)

J-PARCセンター

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4  
TEL 029-282-5100(代表)

大洗研究開発センター

〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002番  
TEL 029-267-4141(代表)

敦賀地区

敦賀本部

〒914-8585 福井県敦賀市木崎65号20番  
TEL 0770-23-3021(代表)

高速増殖炉研究開発センター

〒919-1279 福井県敦賀市白木2丁目1番地  
TEL 0770-39-1031(代表)

原子炉廃止措置研究開発センター

〒914-8510 福井県敦賀市明神町3番地  
TEL 0770-26-1221(代表)

那珂核融合研究所

〒311-0193 茨城県那珂市向山801番地1  
TEL 029-270-7213(代表)

高崎量子応用研究所

〒370-1292 群馬県高崎市綿貫町1233番地  
TEL 027-346-9232(代表)

関西光科学研究所

木津

〒619-0215 京都府木津川市梅美台8丁目1番  
TEL 0774-71-3000(代表)

播磨

〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都1丁目1番地1号  
TEL 0791-58-0822(代表)

幌延深地層研究センター

〒098-3224 北海道天塩郡幌延町北進432番2  
TEL 01632-5-2022(代表)

東濃地科学センター

〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺959番地31  
TEL 0572-53-0211(代表)

瑞浪超深地層研究所

〒509-6132 岐阜県瑞浪市明世町山野内1番地64  
TEL 0572-66-2244(代表)

人形峠環境技術センター

〒708-0698 岡山県苫田郡鏡野町上齋原1550番地  
TEL 0868-44-2211(代表)

青森研究開発センター

〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駁字野附1番地3 オブチMOビル  
TEL 0175-45-1240(代表)



(本誌は再生紙を使用しています)

