

未来へげんき

G E N K I

NO.26

平成24年

季刊 未来へ
げんき



(本誌は再生紙を使用しています)

今回の「未来へげんき」では、放射性物質の除染活動に、地域の視点で取り組んでいる福島技術本部 福島環境安全センターのスタッフに話を聞きました。「特別インタビュー」では、除染試験・作業が進む福島の現場を視察された大阪大学の宮崎慶次名誉教授が、農地や小学校などの作業状況をご覧になった感想を寄せてくださいました。

CONTENTS

- 3 巻頭インタビュー**
地域の視点に立って
除染活動を支援
- 6 震災対応**
企業と共同で開発した放射線測定装置で、
福島県内の環境復旧が1歩前進
- 8 特別インタビュー**
【福島視察記】
除染モデル実証事業の現場を訪ねて
- 10 サイエンスノート**
世紀の発見。ヒッグス粒子の解明へ
大きな一歩を踏み出す
- 12 放射線セミナー**
中性子の利用で、タンパク質の構造を詳細
に立体的に解明できるようになりました
- 16 放射線Q&A**
中性子って何？
- 18 PLAZA**
原子力機構の動き
INFORMATION

■綴じ込み読者アンケートハガキ



表紙写真：毘沙門沼の紅葉と磐梯山
荒々しい火口壁を見せる磐梯山の麓にある裏磐梯には、五色沼湖沼群をはじめ、検原湖、秋元湖など磐梯山の明治の大噴火によって作られた大小300を超すといわれる湖沼群があります。毘沙門沼は、五色沼の一つで最も大きく、そこから望む磐梯山はまさに絶景。真っ赤に色づいた紅葉が、青緑色の美しい湖面に鮮やかに映えます。
写真提供 新海良夫

地域の視点に 立って 除染活動を 支援

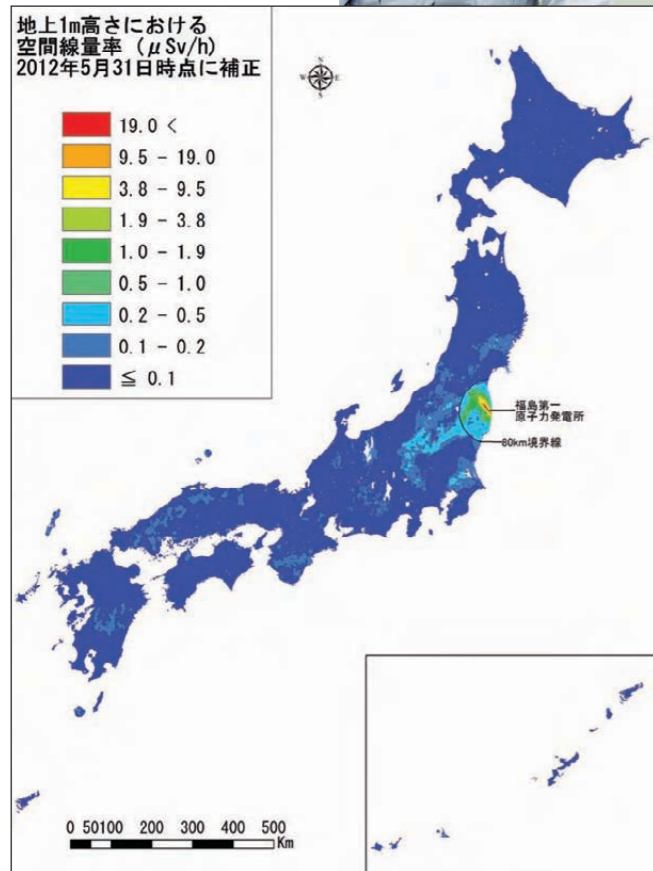
巻頭インタビュー



文部科学省による日本全国の航空機
モニタリングの測定結果について
(日本全国の地表面から1m高さの空間線量率)

◆福島技術本部*福島環境安全センター*(以下「センター」)では、除染を中心にした様々な活動を行っています。これらの活動では大きな達成感もありますが、いろいろな苦労や辛いこともあります。
これまでセンターではどのような活動をしてきたのか、どんな思いを抱いて活動しているのか、石田センター長と二人のスタッフに話し合ってもらいました。

- [出席者]
石田順一郎 (写真中央)
福島技術本部 福島環境安全センター長
茨城県出身 1974年入社
- 内田伸一 (写真右)
福島技術本部 福島環境安全センター
専門家チーム
茨城県出身 1981年入社
- 青野哲也 (写真左)
福島技術本部 福島環境安全センター
直轄グループ員
茨城県出身 1996年入社



*本マップには天然核種による空間線量率が含まれています。

除染を中心に4本柱 で活動

まずセンター長から、
これまでの活動について
ご説明ください。

石田 私たちは4本柱で仕事をしてきました。一つは、文部科学省と連携した環境モニタリング*です。放射性物質が、どこに、どのように、どれだけ存在するか調べるわけですが、東京電力(株)福島第一原子力発電所から北西方向に赤や黄などで色分けしたマップは、このモニタリングによって生まれた成果です。

用語解説

***福島技術本部**

福島技術本部は、理事長を本部長とし、企画調整部、復旧技術部及び福島環境安全センターで構成されています。

***福島環境安全センター**

2011年11月の組織再編で発足。職員は約170名。福島地区における関係機関との連絡・調整・協力、放射線モニタリング・マッピング、環境修復などの活動を行っています。

***環境モニタリング**

事故直後からの環境放射線および土壌等の放射線測定、文部科学省委託事業による詳細マップの作成、航空機による広域モニタリングなどの取り組みを行っています。

***「モデル事業」と「実証試験事業」**

内閣府からの委託を受け、除染技術のノウハウや費用対効果などの検証を行いました。詳細は原子力機構ホームページをご覧ください。
http://www.jaea.go.jp/fukushima/kankyoanzen/d-model_report.html
 また、環境省から委託を受けた「平成24年度除染技術評価等業務」に関する報告書もご覧ください。
http://www.jaea.go.jp/fukushima/techdemo/h23/h23_techdemo_report.html

***ホットスポット**

周囲と比べて特に放射線量の高い場所のこと。一般に放射線量は、発生源から遠くなるほど低くなりますが、実際に観測すると、局地的に高い場所が散在することがわかっています。これは、放射性物質が雨などによって降下し、特定の場所に留まったことにより周辺よりも放射線量が高くなっていると考えられます。

変な思いをしている住民から「頑強です。自宅に帰りたくても帰れない大変な思いをしている住民から」頑



背中にJAEAのロゴが入った作業服を着て。

象にした説明会などは、日常生活のサイクル上、夜に行われることがあり、福島市内の事務所から車で2時間かけて行き、事務所に戻ってくるのは深夜ということも珍しくありません。

「頑張った」が伝わった。

内田 こういう仕事は経験がなかったもので、当初は戸惑いもありました。普段、職場で当たり前のように使っている専門用語が、住民の方々にとっては実は当たり前ではなく、伝える力が不足していると感じました。簡単に、丁寧に、原子力機構30年のキャリアの経験を混ぜながら、わかりやすく説明することに苦労しました。今でも勉強です。

張って」と声をかけられたことがあります。涙が出るくらい嬉しくなりました。その思いに伝えるため、少しでも自分の知識、経験が役に立てばと思っています。

「責任の重さを日々痛感

石田 センターでは、背中に「JAEA」のロゴが入った作業服を着ています。

内田 この作業服を着て外に出るのが最初は恥ずかしかったのですが、今は誇りに思っています。

青野 除染というのは基本的に手作業です。今年の夏は福島も非常に暑く、炎天下で防護服を着て除染をする作業員の方々は本当に大変だったと思います。除染がうまくいかず、作業のやり直しがあつたりすると、どうしてもモチベーションが下がりが気味になります。そういうことも考えて、私たちは常に適切な指示を出さないといけない。責任の重さを感じる毎日です。

石田 我々は技術者集団ですが、

二人が入っている現場で実際に問題になるのは、住民の方々の思いとか、生活の問題というような社会的現象なのです。ですから、技術者一人一人の生活者としての視点が問われる部分があります。



学校関係者や保護者に除染方法を指導する活動を展開しています(文部科学省「チルドレン・ファースト」への協力)。

大切な”不安の共有”

内田 小さいお子さんのいる親は、

放射線に対してとても敏感です。それは当然のことなのですが、科学的に正確な知識がないと必要以上に不安になってしまいます。住民説明会に行くと、自然界には放射線は全くないと思っている方もたくさんいますが、そうではありません。カリウム40や炭素14など、もともと自然界には放射性物質が存在し、地面、空気、そして普段の食事からも放射性物質を体内に取り込んでいます。また、健康診断などでレントゲン撮影をしますが、物を通り抜ける働きを利用したこのX線も放射線の1つです。

「頑張った」と励まされ

内田 専門家チームの仕事は、市町村に対する除染計画の策定協力と、除染に関わる技術指導・支援等の2つに大きく分けることができます。計画策定協力では、福島県内の市町村を訪問し、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法(除染計画の策定方法等)や技術的内容に関する説明などを行っています。除染に関わる技術指導・支援等では、技術相談・指導、講習会対応、除染作業で発

生した除去土壌等を一時保管するため、「仮置場」の設置に係る技術指導や現地調査、住民説明会への対応を行っています。

専門家チームでは、除染計画の策定支援と技術支援を行っています。



「専門家チームは何人いるのですか。」

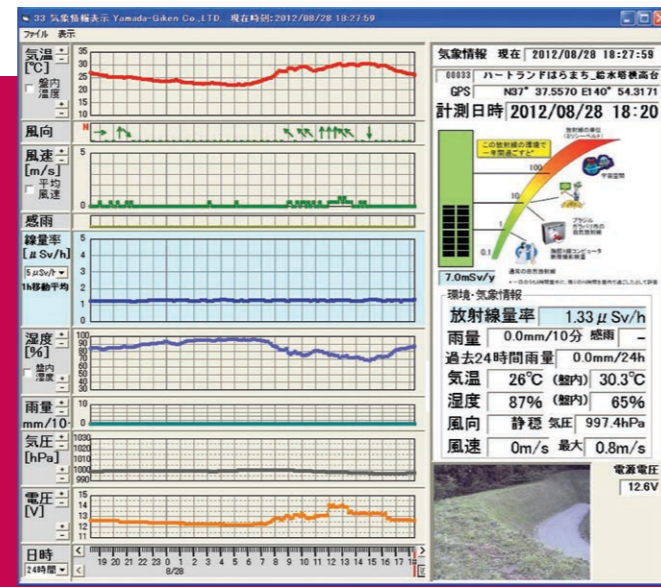
内田 約20人です。住民の方々のための除染ということが前提なので、そのために除染作業の前線に立っている市町村を支えるのが私たちの役割です。住民の方を対

これまで10000件の除染相談・指導等に対応し、自治体の除染をサポートしています。

内田 約20人です。住民の方々のための除染ということが前提なので、そのために除染作業の前線に立っている市町村を支えるのが私たちの役割です。住民の方を対



放射線測定装置を設置する様子



データ表示画面イメージ

震災対応

企業と共同で開発した放射線測定装置で、福島県内の環境復旧が1歩前進

2012年1月、福島県の南相馬市に気象観測装置と一体化した放射線測定装置が設置されました。空間放射線量が気象条件の影響を受けることは従来から言われていましたが、この装置の登場により、そうしたことに対する研究に役立つデータが得られる可能性があります。今後の除染にも大きな役割を果たすことが期待されているこの装置は、原子力機構と民間企業が共同で開発したもので、南相馬市での設置には地元のNPOの皆さんにも協力いただいています。



山田技研株式会社と原子力機構の放射線測定装置開発チーム

原子力機構の特許を民間に提供

原子力機構と共同でこの装置を開発したのは、福島県に本社がある山田技研株式会社（以下「山田技研」）です。雪氷計測センサーなどを開発している山田技研と原子力機構が出会うきっかけになったのは、原子力機構が行っている成果展開事業制度*でした。

「原子力機構の研究開発により生まれた特許や実用新案を活用したい」という企業に提供し、実用化に向けて共同で取り組むのが成果展開事業制度です。こうした制度で原子力機構の研究成果を広く社会に還元していくのが目的で、1998年度から行っています。

2011年度は、震災関連のテーマで募集しました。それに対して、山田技研さんから応募があり、審査した狙いについて、一般社団法人南相馬除染研究所の事務局長理事を務め、NPO法人実践まちづくりの理事長でもある箱崎亮三さんはこういいます。

「この装置を有効活用するには、人が多く集まる場所に設置するのが良いと考えました。自分たちがいる場所で放射線量を継続的に測定しているというだけで街の人は安心する部分がありますし、数値を見れば、それが高いのか低いのかという次の質問に移れます。そうして街の人たちが自分で考え始め、意識が一步前になるようになるのです」

2012年3月、南相馬市内では積雪を記録しました。福島県の中でも浜通り地方の南相馬市の積雪は珍しいのですが、まちなかひらばに設置した装置のデータでは、雪が降った日は放射線量が顕著に下がっていました。積雪が放射線を遮蔽する効果があることは知られていたのですが、それが

査の結果、採択されたのです」（原子力機構産学連携推進部技術移転課・岩永繁）

山田技研が活用を希望したのは、検出した放射線量の表示技術です。実際にこの特許技術の開発に携わった原子力機構放射線管理部放射線計測技術課の谷村嘉彦研究副主幹は、この技術についてこう説明します。

「1999年にJCOの事故*があつたときは、放射線量に関するマイクロシーベルトなどの単位・用語は、一般にあまり知られていませんでした。そこで専門家でもなくても分かるように、計測した放射線量の数値を絵やグラフを使って表示する技術を開発し、特許を取得したのです」

同一地点で気象と放射線量を計測

山田技研は、原子力機構の特許技術と、自社のセンサー技術や伝送技術などを組み合わせ、気象計測と放射線量計測が1台でできる装置の開発を提案して、成果展開事業制度に応募しました。

山田技研が提案したような簡易な気象観測一体型放射線測定装置ができれば、放射線量と気象条件の関係が解明でき、除染活動にもデータではっきり裏付けられたかたちです。

放射性物質の移動を検出

放射線量は放射能自体の減衰により徐々に低下しますが、降雨や融雪の効果のような自然の風化プロセスと、交通や清掃のような人間の活動によっても下がることガチェルノブイリ事故等の経験から分かっています。（IAEAの『チェルノブイリ事故による環境影響とその修復*』20年の経験）

「チェルノブイリ・フォーラム・エキスポ」の「パート・グループ「環境」を引用）

地域におけるこれらの状況を把握するためには今後の研究が必要となりますが、この装置を用いることで、これらの研究に役立つデータが得られる可能性があります。

今回2012年3月から飲食店の駐車場脇に設置していた2台目の装置を、同年8月、山間部に移動させました。同時に三脚型の装置を山の傾斜地にも設置しました。その目的について、原子力機構

有用なデータが得られることを期待できます。原子力機構もそうした点を評価して同社の提案を採択し、共同で開発することにしたのです。

しかし、山田技研の山田忠幸社長は、この開発が決して簡単なものではなかったといっています。

「2011年の11月に審査をパスして開発を始めたのですが、成果展開事業制度は単年度の制度ですから、年度内に開発を終え、なおかつ実際に計測してデータを取るところまで実施することが必要でした。ですから、いかに早くつくるかが大きな問題でした」

山田技研は放射線に関する知見は持っていませんが、原子力機構の助言を得て、お互いにディスカッションしながら開発に取り組みました。

積雪による線量低下を確認

こうして開発されたこの装置は、風向や風速などの気象観測と空間放射線量を計測し、そのデータを携帯電話のインフラを使って伝送することができます。

その第1号機は、2012年の1月、南相馬市の中でも特に多くの人が集まる「まちなかひろば」に設置されました。この場所に設置された装置は、次のように説明します。

「装置を設置した傾斜地は沢のすぐそばにあり、雨が降れば沢の流れが大きく速くなります。したがってここで長期間継続的に観測して、雨が降ったときの線量の変化などを解析していけば、気象条件などによって放射性物質が移動する様子を検出できる可能性があります。そうしたことが確認できれば、今後の除染活動にも活用できるでしょう」

観測データを伝送できるこの装置は、人が入りにくい場所にも設置して長期的に観測することができます。除染前後の線量の変化を長期的に追うこともできます。

原子力機構が民間企業と共同で開発し、地元の人々やNPOの協力も得て設置を進めていくことで、福島県内各地の除染、そして環境回復に向けた歩みが、着実に前進していくことが期待されているのです。

用語解説

*成果展開事業制度

原子力機構の特許や実用新案を民間企業に提供する制度。原則として実用化開発をするための技術開発能力と意欲がある国内の中小企業を対象に募集します。研究開発費の総額の50%以下の範囲において、最大500万円以下の開発費を原子力機構が負担します。

*JCOの事故

1999年に茨城県那珂郡東海村に所在する住友金属鉱山の子会社の核燃料加工施設、株式会社ジェー・シー・オーが起こした原子力事故（臨界事故）。日本国内で初めて、被ばくによる死亡者を出しました。

*チェルノブイリ事故による環境影響とその修復

Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation, http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub1239_web.pdf

【福島視察記】 除染モデル実証事業の現場を訪ねて

2012年6月中旬、原子力機構が内閣府の委託を受け実施した除染モデル実証事業の報告書をまとめている中、様々な意見をいただくため、関西原子力懇談会*の方々に、警戒区域や計画的避難区域での除染試験や作業の実態を視察していただきました。東京電力(株)福島第一原子力発電所事故(以下「原子力事故」)発生以来、専門の原子炉工学の立場から発言してこられた宮崎慶次大阪大学名誉教授に感想を寄せていただきました。



宮崎 慶次さん
みやざき けいじ
大阪大学名誉教授。専門は原子炉工学、エネルギー変換。原子力学会理事、経済産業省原子炉安全小委員会委員などを歴任。現在、大阪科学技術センター顧問。



除染モデル実証事業で行った道路除染(超高压洗浄)の様子



仮置き場の様子

各機関の取り組みの成果を生かし早期復興を

私たち関西原子力懇談会の一行が福島を訪れたのは、日本列島に台風4号が接近しつつある日でした。実際、その日の夕方に和歌山県南部に上陸、翌日にかけて東日本を縦断することになったのです。視察旅程は一日中、台風の影響を受けてぐずついた天気となりました。

まず、福島駅前にある原子力機構の福島環境安全センター事務所内で、石田順一郎センター長から原子力事故以降の様々な取り組みや除染モデル実証事業について概要説明を受けました。

その後、現場へと向かいました。川俣町では、農林水産省の農地除染対策実証事業*の現場に充てられた農地と、環境省による除染が

本格化した際に拠点(作業本部や作業員の詰所等)となる除染現場である山木屋小学校・幼稚園を視察しました。

私はそれまで、農地にしろ、校庭にしろ、表土を数十センチほど掘って上下の地層を入れ替える「天地返し」を行えば、線量率低下への有効な手段になりうると考えていました。しかし、住民の方々には、地面の下であっても線量の高い土が残ることについて抵抗感が強いようで、そう単純にはいきません。表土を削り取ってしまえば農地のセシウム濃度や空間線量率は格段に下がるにしても、膨大な量の土を移動させて別の土と入れ替えるとなると、その実情を目の当たりにして、こうした作業は大変ですが、頑張っしてほしいと思いました。



除染モデル実証事業で行った重機による田畑の除染(表土除去)

ているところで、このような除染作業に除染モデル実証事業の知見、経験が生かされるとの説明を受けました。

その後、大熊町へと南下する途中の海沿いの地域では、車中からも津波被災の悲惨さが眼前に迫ってきました。私は2011年12月、東北電力(株)女川原子力発電所を視察するため宮城県に行った際に、石巻市の沿海部で見た光景を忘れることができません。かつて賑わいがあつたはずの商店街や一帯の家屋の消失に息をのみ、大型魚油タンクが横倒しになったままの姿に言葉もありませんでした。今回も翌日に再度石巻を訪れ、その感を強くしました。

大熊町は、今回の原子力事故の舞台となった東京電力(株)福島第一原子力発電所の1号機から4号機

の所在地です。ここまで、携帯していた線量計の値はほとんど自然放射線のレベルかその数倍程度でしたが、さすがに発電所から1キロの距離にある夫沢地区の除染モデル実証事業の現場になると、高くなってきます。敷地境界では3マイクロシーベルト/時だったものの、近くの林の中に入ると除染されていないためぐんと高くなりますし、セシウム137は木の葉に沈着することから除染が難しいとのことでした。

町内では、総合スポーツセンターの一角が除染作業で出た除去物の仮置き場となっており、黒いビニール袋が山のように積まれています。表面には保護シートもあり除去物の入った黒い袋は見えません。近くにある大熊町役場周辺は、除染も進み放射線レベルからみても、今すぐにも使用できそうな感じがありました。

最後に、楯葉町にある東京電力(株)福島第二原子力発電所のスク

リーニングポイントで放射線チェックをしたところ、今回の視察中に私の浴びた放射線量は13マイクロシーベルトでしたが、問題はありませんでした。

除染作業を本格化させ 一日も早い復興を望む

起きてはならないはずの事故が起こってしまった以上、地域住民の方々の環境安全のために除染が大事なことは言うまでもありません。私自身、長年にわたり原子力の研究に携わっていた人間のひとりとして、責任も痛感しています。

ただ、原子力事故が多くの方々に、「原子力発電の危険性は人間が制御できないもの」との危惧感を与えてしまったことは、誠に残念でなりません。原子力事故の検証は政府、国会、民間とさまざまなレベルで進められています。専門の原子炉工学の観点から言うと、非常用発電機や配電盤など重要な電気設備をタービン棟の地下に設

置していたことや過酷事故*対策が取られていなかったことなど、東京電力(株)福島第一原子力発電所固有の問題が事故を招いたので、裏返せば、重要な非常用電源・配電設備の高所配置や建屋の防水化を図り、過酷事故対策を徹底すれば、自然災害にも高い安全性が確保できると考えています。

しかし、原子力への懸念は、東日本大震災や原子力事故から1年半が経つ今でも、避難生活を余儀なくされている十数万人の方々がいらつしやることにも表れています。そういう意味でも、今回の福島視察で原子力機構を含め各機関が復旧に全力で取り組んでおられる姿を身近に見て、頼もしくも感じた次第です。こうした成果をもとに一刻も早く、帰還可能な地域と当面は不可能な地域の仕分け・線引きを行い、除染によって発生した除去物の処分地を決定することで、早期の復興を図ってほしいと強く望みます。

用語解説

*関西原子力懇談会

1956年、原子力平和利用の推進、原子力・放射線の基礎知識の普及啓発、放射線取扱主任者の養成や、さまざまな調査研究活動を行うため、(社)日本原子力産業会議(現在は、(社)日本原子力産業協会)の関西地方組織として設立されました。
<http://www.kangenkon.org/index.htm>

*農林水産省の農地除染対策実証事業

<http://www.maff.go.jp/j/press/nousin/noukan/120831.html>

*過酷事故

原子力発電所などの原子炉施設において、設計時に考慮した範囲を超える異常な事態が発生し、想定していた手段では適切に炉心を冷却・制御できない状態になり、炉心溶融や原子炉格納容器の破損に至る事象。シビアアクシデント。



徳宿 克夫さん
とくしゅく かつお
大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
素粒子原子核研究所 副所長 教授
茨城県出身

人類はついにヒッグス粒子を捉えたのですね。

徳宿 2012年7月4日のCERNの発表は暫定的なもので、なお実験データの解析と検証が続いています。これからもたくさんデータを集めて検証していきますが、私たちがヒッグス粒子から寄せられた信号を捉えた、つまりヒッグス粒子の存在を実証(確認)できたことは、まず、間違いないといえるでしょう。

ところでヒッグス粒子とはどういうものですか。

徳宿 物質を限りなく小さくしていく、これ以上分けられなくなつたものが素粒子*で、ヒッグス粒子もその一つです。かつて物質の最小単位とされていた原子は、その後の研究で原子核と電子に分けられ、原子核は陽子と中性子からできていることがわかりました。その陽子や中性子もクォークとい

う素粒子からできており、電子はレプトンという素粒子の仲間です。これらの素粒子が質量を持つて結びついたことで、この世界がつくられたわけです。

というのは、約137億年前のビッグバンと呼ばれる大爆発で宇宙が誕生した時、素粒子には質量がなく光速で飛び回っていました。これでは、素粒子同士がくっ付き合うことはできません。しかしながらその直後、ヒッグス粒子がまわりつき、素粒子が動きづらくなりました。例えば、人間がプールの中を歩くと地上より動きづらくなるので、この動きづらさが質量と考えられます。質量を持つて動きが鈍くなった素粒子が、長い時間をかけて集まって原子核や原子ができ、星や地球ができ、生命が生まれたというのが、物質や宇宙の成り立ちを説明する素粒子物理学の現在の標準理論です。

まいと目を凝らす毎日でした。そして2年分のデータ解析から、どうやらヒッグス粒子を捉えたらしいとわかった時は、劇的な感じではなく、ホッとしたというのが正直な感想です。

国際研究ならではのご苦労があったのではないのでしょうか。

徳宿 たくさんの会議やレポートの提出などがありました。特に問題はありませんでした。また、国による文化の違いもありますが、逆にそれが面白いこともありますし、大概が話し合いで解決できました。国籍の異なる大勢の研究者が知恵を出し合つて協力するといふ、まさに国際協力の理想的なモデルがそこにはあったと思います。

J-PARCとはどのような加速器施設ですか。

徳宿 J-PARCは、KEKと原子力機構が茨城県東海村に共同で建設し、運営している大強度陽子加速器施設*です。世界最高の

世紀の発見。ヒッグス粒子の 解明へ大きな一歩を踏み出す

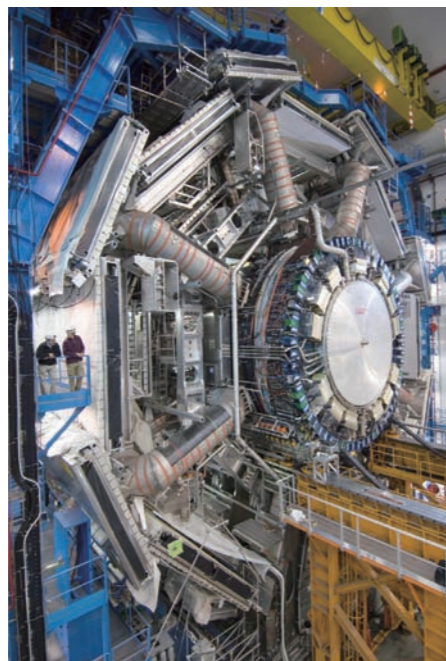
標準理論の正しさが証明されたわけですね。

徳宿 はい。今回の発見は、かつて、天動説に対して地動説が証明されたくらいの、とても大きく大きな成果です。ただ、標準理論が証明されたとしても、宇宙には不思議なことがまだまだいっぱいあります。宇宙を構成している物質のうち、標準理論で説明できるのは全体のごく少数で、残りの大半は正体不明の暗黒物質(ダークマター)や暗黒エネルギーで占められています。ヒッグス粒子を詳しく調べることで、さらなる新しい素粒子の手がかりが得られるかもしれないなど、これは新たな未知への挑戦の始まりといえます。

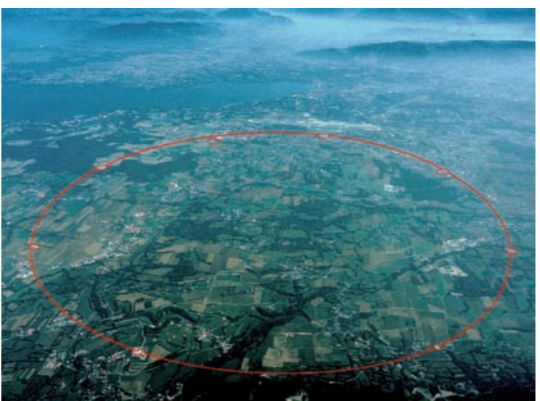
どのようにしてヒッグス粒子を捉えたのですか？

徳宿 スイスのジュネーブ近郊にある世界最大の素粒子物理学研究施設CERNでは、スイスとフラ

強度を持った加速器で、大強度(数多く)の陽子を光速近くまで加速させ、金属的に衝突させて金属の原子核を壊し、その時に発生する中間子やニュートリノなどを用いて素粒子を調べ、物質の構造を探る研究に取り組んでいます。また同時に発生する中性子やミュオンなどを用いて、生命科学や物質科学の研究など、さまざまな研究にも取り組んでおり、その成果は、世界からも注目されています。



ヒッグス粒子や超対称性粒子などの探索に貢献する実験装置ATLAS。Copyright CERN。



7兆電子ボルト(7TeV)の陽子同士を衝突させる大型ハドロン衝突型加速器(LHC)はフランスとスイスの国境をまたいだ地下にあります。Copyright CERN。



標準理論に登場する素粒子の数々。17種類あり、影のない粒子(γ , g)には質量(重さ)がありません。

人類は、万物の質量(重さ)の起源とされ、宇宙の誕生や進化の解明の鍵になるといわれる「ヒッグス粒子」を捉えたようです。この発見の舞台となったのが、欧州原子核研究機構(以下「CERN」)の実験施設です。日本の研究グループの代表として実験・研究に携わる大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構(以下「KEK」)素粒子原子核研究所副所長の徳宿克夫教授に、ヒッグス粒子の正体や今後の展望、実験の状況や国際研究のご苦労などについてうかがいました。

ンスにまたがる地下約100メートルのトンネル内に、国際協力で大型ハドロン衝突型加速器(LHC)*を建設しました。完成は2008年。この加速器のトンネルの中で、陽子と陽子を光速近くに加齢させて正面衝突させ、その時に発生するヒッグス粒子を捉え

用語解説

***素粒子**
物質を構成している最小単位の粒子のこと。物質を形づくるクォークとレプトン、力を伝達するゲージ粒子、そして今回発見されたとされる物質に質量(重さ)を与えるヒッグス粒子があります。なおヒッグス粒子は、その存在が1960年代、P.ヒッグス博士(英)などによって理論的に提唱されましたが、これまで見つかっていませんでした。

***大型ハドロン衝突型加速器(LHC)**
周長約27キロメートルという巨大な加速器で、ビッグバン直後に似た状態を発生させることが可能な最先端の施設です。

***ATLAS**
全長約44メートル、幅約22メートルで重さが約7000トンもあり、6階建てのビルに相当するほど巨大な素粒子検出装置です。

***J-PARC 大強度陽子加速器施設**
日本の高度な技術力を結集して建設された世界最高性能の大型加速器で、65ヘクタール(東京ドーム14個分)もの敷地に3台の大型陽子加速器と、種々の実験装置が設置されています。宇宙誕生の謎の探究から医薬品の開発研究などまで幅広い分野の研究が行われており、世界中の研究者に利用されています。

まず、タンパク質とは
どういうものですか？

新村 ご存知の方が多くと思いますが、タンパク質は炭水化物、脂肪とともに人間の3大栄養素の一つで、身体の組織をつくったり、生命維持のために不可欠なものです。

人間の身体から水分を除いた、残りのおよそ半分がタンパク質で構成されているほどで、人間が動いたり、ものが見えたりするのはすべてタンパク質の働きによるものです。つまり、人間という生命体を動かす、あるいは機能させる根源的な構造物（物質）といってもよいと思います。

タンパク質に関心を
持たれたきっかけは？

新村 私は物理が専門ですが、35歳の時に生物の生命現象に興味を持ち、独学で5年間、生物学を猛勉強しました。人間がどういう仕組みで生きているか、その仕組みの中で細胞やDNA（遺伝子*）がどう働いているのかに興味を持ったのです。人間の身体はおよそ60兆個の細胞できており、

その大半がタンパク質なので、人間の生命現象を知る一つの手がかりがタンパク質です。

タンパク質は20種類のアミノ酸*がつながってできており、人間がタンパク質を摂取すると身体の中でアミノ酸に分解されて吸収されます。そして、各組織に適したタンパク質に再合成され、臓器や筋肉、皮膚、毛髪、ホルモン、神経伝達物質などになっていきます。人間がものを見られるのは、目に感じた光を、神経伝達物質となったタンパク質が脳に伝えてくれるからです。

ところで問題は、タンパク質がなぜ臓器になったり、筋肉になったりするのですか。これはDNA（遺伝子）の指令によるものですが、この仕組みを解明するためには、タンパク質そのものをよく知ることが基本です。

タンパク質の解明とは
どういったことでしょうか？

新村 タンパク質の機能を、その形（分子構造）から究明しようという考え方で、タンパク質の構造を原子・分子レベルで解明することがねらいです。さまざまな研究がなされてきましたが、それまでの方法は、タンパク質の結晶にX線*を照射するというのが主流でした。

ところで、タンパク質は、人間の身体の約3分の2を占めている水と結合して存在していますので、その構造解析は、タンパク質が水の分子とどのように結びついているかを解明することがとても重要です。しかし、X線は水を構成する酸素と水素のうち、酸素を強く写し出すため、X線で見たタンパク質中の多くの水の構造に水素分子が写っていません。

そこで注目したのが放射線の一種である中性子*です。というのも、中性子はX線と異なり、水の水素分子もきちんと写し出せる機能があります。「中性子によってタ

放射線セミナー
放射線を正確に知るために

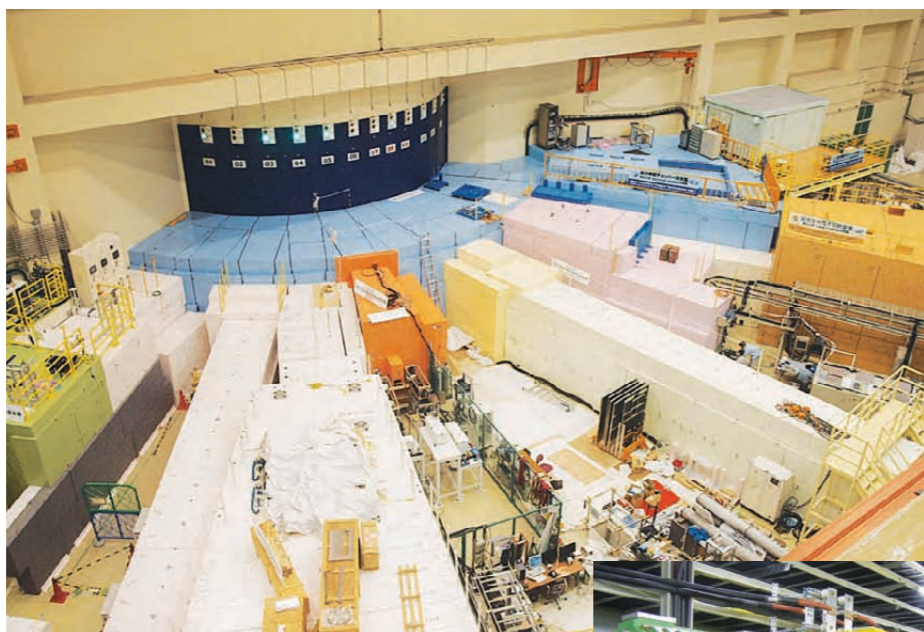
中性子の利用で、
タンパク質の構造を
詳細に立体的に
解明できるようになりました



新村 信雄さん
にいむら・のぶお
茨城大学
フロンティア応用原子
科学研究センター 特任教授

私たちの身体を構成し、生命維持に欠かせない栄養素であるタンパク質。その構造をより詳細に解明できれば、私たちの健康や新しい産業の創出などに大きく役立ちます。今回の「セミナー」は、タンパク質の構造解析に本格的な中性子利用の道を開いた、この分野の世界的な権威である茨城大学フロンティア応用原子科学研究センターの新村信雄特任教授にお話を伺いました。

J-PARC 全景



第1実験ホール
中性子ビームライン



50GeVシンクロトロン(円形加速器)
1周約1600m、直径がおよそ500m
の日本最大の陽子加速器

用語解説

***遺伝子**
親から子へ、あるいは細胞から細胞へ伝えられる形質（性質）を決定する因子のこと。遺伝子の本体をDNAといえます。

***アミノ酸**
20種類のアミノ酸のうち9種類は人体で合成できず、必ず食物など外部から摂取しなければならないので、必須アミノ酸といわれます。必須アミノ酸には、ロイシン、イソロイシン、メチオニン、トレオニン、バリン、フェニルアラニン、トリプトファン及びリシンがあります。

***X線**
医療診断のレントゲン写真に使われている電磁波のこと。放射線の1種。

***中性子**
中性子についてはP.16~17の「放射線Q&A」で詳しく説明しています。

実験・研究はどのように行われたのですか？

新村 原子力機構（実験当時は日本原子力研究所）に研究用原子炉（JRR3*）があり、ここで発生する中性子を利用してのことにしました。しかし当時は研究炉で、中性子によるタンパク質の構造解析に必要な技術開発（特に中性子検出器）はほとんどなされていませんでした。

そこで、私はもともと物理が専門ですから苦労しましたが、世界で初めて、広い角度範囲に散乱する中性子を写し出せる高性能の中性子構造生物学用検出器（中性子イメージングプレート（Neutron Imaging Plate 以下「NIP」）を開発しました。NIPの開発により、それまで1年近くかかっていたデータ収集作業が1カ月以内にできるようになりました。

また、大型タンパク質結晶育成技術なども開発し、これらの技術を組み合わせて確立したのが生体物質用中性子回折法で、15年ほど前のことです。この方法で、中性子利用によるタンパク質の構造が立体的に解明できるようになったのです。中性子回折法に用いる中性子は強度が大き

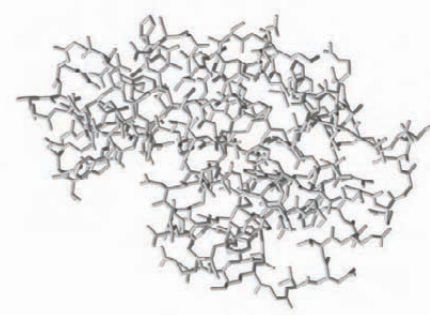
いほど解析精度が上がるので、近年は、原子力機構と高エネルギー加速器研究機構が東海村に共同で建設・運営している世界最高性能の研究施設である大強度陽子加速器施設「J-PARC*」で発生させる、より強力な中性子を用いる実験が進んでおり、中性子による構造解析は一層進んでいます。

タンパク質の構造はどこまで正確に分かったのですか？

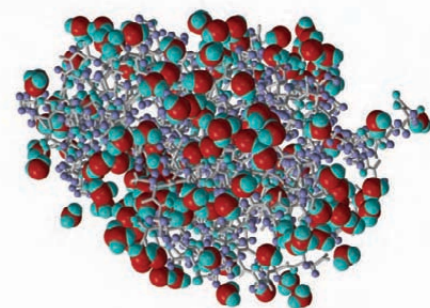
新村 一例ですが、ここに掲げたタンパク質の構造図を見比べてください。X線で見られた結果には水素原子や水分子が見えにくいので表現しておりませんが、中性子では水分子が水素原子を含めはっきり見えています。X線によって解明されたタンパク質構造は約8万個登録されていますが、中性子による解明例が約50個。その半分は私達も含まれますが、日本の研究グループが解いたものです。

この水分子の酸素と水素の位置が分かった上、J-PARCにより、より強い中性子を利用すれば、タンパク質を臓器や筋肉など身体の部位に振り分けているDNAの動きをさらに詳細に解明できるはず

X線で見えたタンパク質の構造と中性子で見えたタンパク質の構造



X線で見えたタンパク質の構造（水分子が見えない）



中性子で見えたタンパク質の構造（水分子が見える）

です。そうなれば、切られた尻尾を再生できるトカゲのように、人間も欠損した部位を容易に再生できる時代が来るかもしれません。

こうした成果は私たちの暮らしにどのような役に立ちますか？

新村 病原菌はタンパク質の働く部位（活性部位といえます）に取り付くのですが、その場所が分かる、つまり病気の原因になる現象が分かるのです。今までは漠然と、この辺りだろうといっていたものが、中性子による解析によって、より具体的に場所や形を示せるようになりました。今、その場所に作用する新薬の研究・開発が続けられています。

例えば、ヨーロッパなどで発生

他にも身近な応用例がありますか？

新村 東京大学農学部のグループが宇宙航空研究開発機構（JAXA）との共同研究で進めていた洗剤用酵素開発研究ですが、水分子が関与す

るので、中性子を使って酵素と水分子の相互作用を調べたいということで、私が関わり始めた研究です。研究の目標は洗剤も水もいらぬ酵素のみの洗濯法の研究です。現在の洗剤は、酵素が汚れ成分（脂質）を分解してきれいにするというものです

が、空気中の水分を利用して、タンパク質で汚れを取り除こうというのです。まだまだ基礎研究の段階ですが、汚れが付いている繊維をごくごく微小ですが、タンパク質の働きで切り離してしまおうというもので、そのうち粉（タンパク質）を振りかけるときれいになるという時代が来るかもしれません。究極のドライクリーニングであり、エコな洗濯です。

このほかにも、タンパク質の構造解析が進むことで、思いも寄らぬアイデアが出てくるかもしれません。

先生が開発した技術は世界中で利用されているようですね。

新村 中性子の検出器であるN

I-Pは、アメリカやヨーロッパ、韓国などで必須の検出器として利用されています。また、最近、ドイツの研究グループが、NIPを用いたタンパク質の構造解析のための装置を完成させました。まだ研究用原子炉からの中性子を利用するケースが多いようですが、そのうち日本のJ-PARCを使いたいという話が必要出てきます。現にヨーロッパに出張した際、J-PARCについて何度も聞かれました。

フロンティア応用原子科学研究センターについて説明ください。

新村 J-PARCを建設するに当たり、茨城県としてJ-PARCを活用して産業利用できる装置などをつくりたいという話がありました。ただし、運営・実験は茨城大に委託したいということで設立したのが、フロンティア応用原子科学研究センターです。

最後に、原子力機構に期待するところをお聞かせください。

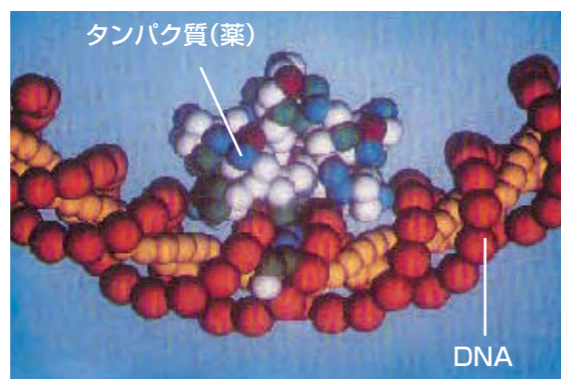
新村 原子力機構とは、相互支援のもとお互いに切磋琢磨し合い、

当センターでは、J-PARCで発生する中性子を利用するiMATERIA*（茨城県材料構造解析装置）と、iBIIX*（茨城県生命物質構造解析装置）をつくり、共同利用に供しています。iMATERIAは、軽い元素*を見ることができると中性子の特性を生かして、リチウムイオン電池などの研究・開発に利用されています。リチウムはX線では見えにくいのですが、中性子ならしっかりと見えます。

また、iBIIXは、私たちが研究しているタンパク質の構造解析のほか、生命活動に欠かせない水や水素原子をよく見ることができると中性子の特性を生かして、医薬品、農業、環境エネルギー等の広い分野の研究への応用が期待されています。

中性子を利用する生命科学研究

中性子は、生命活動に欠かせない水や水素原子をよく見ることができるのでタンパク質の仕組みの解明や、新しい薬や化粧品の開発、食品冷凍技術を向上させる研究などが行われています。



特定の遺伝子をブロックするタンパク質(薬)の働きを解明する

用語解説

***JRR-3**
1962年に初の国産研究炉として建設され、種々の中性子ビーム実験、原子炉燃料・材料の照射試験、医療用ラジオアイソトープ(RI)や核変換ドーピングによるシリコン半導体の製造などが行われ、基礎研究から産業利用に至る幅広い分野に利用されています。

***J-PARC**
原子力機構と高エネルギー加速器研究機構が共同で、茨城県東海村に建設・運営している、世界最高性能の研究施設で、65ha（東京ドーム14個分）の敷地に3台の大型陽子加速器と、種々の実験施設が設置されています。宇宙誕生の謎探求から医薬品の開発研究まで、幅広い分野の研究が行われ、世界中の研究者に利用されています。

***iMATERIA**
茨城県がJ-PARCに設置した、粉末試料を中心とした材料の結晶構造を広い範囲で測定・解析できる高能率汎用中性子回折装置。材料構造解析装置。

***iBIIX**
茨城県がJ-PARCに設置した、有機物質・タンパク質などの単結晶構造を精密に解析するための中性子回折装置。生命物質構造解析装置。

***軽い元素**
H、He、Li、Be、B、C、N、Oなど、周期律表の最初に出てくる元素。

PLAZA

原子力機構の動き

前川センター長が、 磁性分野での貢献で 国際的な賞を受賞

先端基礎研究センターの前川禎通センター長が、磁性の分野に顕著な貢献をした科学者に対して贈られる Magnetism Award and Néel Medal を受賞しました。

この賞は、物理学の発展や国際協力を行う国際的な学術連合組織である国際純粋・応用物理学連合(IUPAP)が、近代磁気物理学の創始者のひとりである Louis Néel 博士を記念して設けているもの。3年に一度贈られるもので、この分野では国際的に最も権威ある賞です。同氏の『磁気伝導現象に関する先導的研究とスピントロニクス基礎理論の構築』に関する研究が評価されたもので、東京大学の十倉好紀教授(兼理化学研究所)

ループダイレクター」と連名での受賞となりました。

授与式は、2012年7月9日に韓国・釜山にて開かれた「The 19th International Conference on Magnetism (ICM 2012)」で行われました。



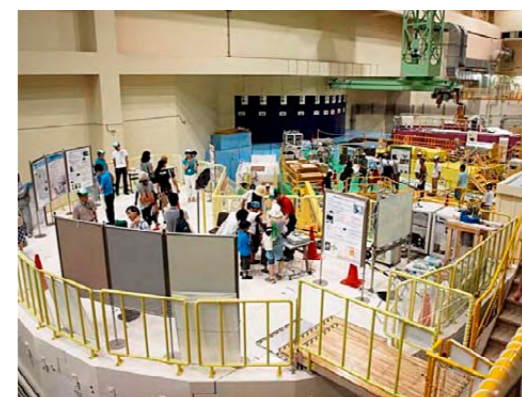
授与式で講演する前川禎通センター長

J・PARC 施設公開を開催

2012年7月29日に、J・PARC施設公開を行い、加速器(50 GeVシンクロトロン)と、実験施設(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)を公開しました。

J・PARC施設公開は毎年開催していますが、昨年度は東日本大震災の影響で開催することができませんでした。今回の施設公開

は、東日本大震災後初めての施設公開であり、茨城県内のみならず、県外からも多くの来場者がありました(約2,100名来場)。



実験施設見学の様子

職員によるJ・PARCに関する説明会では、予想をはるかに上回る聴講者が集まり、大盛況となりました。



講演会の様子

高崎量子応用研究 シンポジウムを開催

高崎量子応用研究所では、10月11日(木)・12日(金)に、高崎シティギャラリーにおいて「第7回高崎量子応用研究シンポジウム」を開催しました。本シンポジウムは、イオン照射研究施設(TJARA)、電子線及びコバルト60ガンマ線照射施設等において実施された研究成果の発表、利用者や利用を計画している研究者が情報交換・討論を行うことにより量子ビーム応用研究の推進と施設の有効利用を図ることを目的として開催しました。放射線医学総合研究所発達期・被ばく影響研究プログラムの島田義也氏による、低線量放射線の生体影響に関する特別講演も行われました。



高崎量子応用研究シンポジウムの様子

日本原子力研究開発機構 所在地一覧

- 本部**
〒319-1184 茨城県那珂郡東海村松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幸行11601番13
TEL 029-265-5111(代表)
- 東京事務所**
〒100-8577 東京都千代田区内幸町2丁目2番地2号
TEL 03-3592-2111(代表)
- システム計算科学センター**
〒277-8587 千葉県柏市柏の葉5-1-5
東京大学柏キャンパス内
TEL 04-7135-2350(代表)
- 福島環境安全センター**
〒960-8031 福島県福島市栄町6-6NBFユニックスビル
TEL 024-524-1060(代表)
- 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)
- 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)
- 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番地7
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敷字表館2番166
TEL 0175-71-6500(代表)

第7回 原子力機構報告会を開催します

原子力機構は、「第7回 原子力機構報告会『私たちの取り組み—原子力事故を踏まえて—』」を平成24年11月28日(水)に開催します。詳細は原子力機構ホームページをご覧ください。

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

皆さまの「声」をご紹介します

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。

- これからの日本のエネルギーの行方に原子力はどのような役割を持っていくのか知りたい。(奈良県大和郡 男性)
- 原子力発電完全廃止に対する問題点を技術的に教えてほしい。(愛知県春日井市 男性)
- 用語解説は大変ありがたい。(福井県敦賀市 女性)
- 脱原子力発電後のエネルギー確保に不安が残る。(埼玉県さいたま市 男性)
- さらなる「見える化」をお願いしたい。(東京都 男性)

*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、原子力機構の最新のプレス発表、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込みください。

http://www.jaea.go.jp/14/14_0.html

●ツイッターによる情報発信について

原子力機構は、福島支援状況や研究開発成果などをツイッターで情報発信しています。

http://twitter.com/JAEA_japan

編集後記

今号の取材のため、南相馬市に行きました。南相馬市南部の海岸沿いまで足を運びましたが、ここは未だ津波の爪あとが残っていました。警戒区域の浪江町に近い南相馬市の南部は、2012年4月に警戒区域が解除されたばかり。そのため、復旧作業はほとんど進んでいない状態でした。

しばらくその光景を呆然と眺めることしかできませんでした。周囲を見渡してみると、津波の被害を受けた民家が数軒残っていることがわかりました。

陸に打ち上げられた船の向こうに見える一軒の民家の庭に、鯉のぼりを見つけてきました。その鯉のぼりはボロボロでした。真夏の太陽の下でボロボロの鯉のぼりが風になびいている光景に、いろいろな思いがこみ上げてきました。



原子力機構では、福島環境安全センターを中心に、福島県内の環境復旧のための様々な取り組みを行っています。

ボロボロの鯉のぼりではなく、ピカピカの鯉のぼりがげんきに泳ぐ日が来ることを願い、全力で取り組んでまいります。

