

未来へげんき

G E N K I

NO.28

平成25年

季刊 未来へ
げんき



(本誌は再生紙を使用しています)



東京電力(株)福島第一原子力発電所事故から2年、原子力機構では福島県の環境回復に向けてさまざまな課題克服に取り組んできました。今回の誌面では、原子力事故後の対応について「巻頭インタビュー」で振り返るとともに、「震災対応」コーナーでは、長期にわたる放射性核種の移動予測を解析する「福島長期環境動態研究」について紹介いたします。

CONTENTS

- 3 巻頭インタビュー
研究開発成果を活用し
福島県の環境回復に全力を挙げる
- 6 震災対応
福島県の環境回復に向けて放射性核種の
環境中移動調査・研究を実施
- 8 震災対応
福島長期環境動態研究
森林・河川調査の現場から
- 10 わたしたちの研究
イオンビーム育種技術を活用して、
新しい吟醸用清酒酵母を開発
- 12 放射線セミナー
高輝度のシンクロトロン放射を
利用して新しいDNA損傷の
しくみを発見しました
- 16 放射線Q&A
ビームって何？
- 18 PLAZA
原子力機構の動き
INFORMATION

■縦じ込み読者アンケートハガキ



表紙写真:鶴ヶ城(福島県)

幕末戊辰戦争の戦場となり、今も会津若松市のシンボルとして地元の方々に親しまれている鶴ヶ城(若松城)。37.2haの城址公園内には約1,000本のソメイヨシノが植えられ、4月中旬から下旬にかけて見頃を迎えます。開花時期は夜間も天守閣に登ることができ、ライトアップされた桜が幻想的な美しさをつくりだします。

写真提供/株進和クリエイティブセンター

巻頭インタビュー

研究開発成果を
活用し福島県の
環境回復に
全力を挙げる

オフサイトでの事故対応活動
この2年間を振り返る



伊藤 洋一
いとう・よういち
日本原子力研究開発機構 理事

Profile

1982年東京大学工学部原子力工学科卒業、1997年7月科学技術庁原子力局政策課原子力調査室長、2007年7月文部科学省研究振興局振興企画課長、2008年7月同省大臣官房参事官、2010年7月同省大臣官房審議官(生涯学習政策局担当)、2012年1月日本原子力研究開発機構理事に就任。福島技術本部本部長代理(オフサイト※担当)。

※原子力施設の事故や緊急事態において、事故が発生した敷地内をオンサイト、敷地外をオフサイトと言います。

原子力事故への
取り組みと経緯

原子力事故から2年、
原子力機構はどのような活動を
してきましたか？

◆2011年3月の東日本大震災から2年が経過しました。原子力機構は、東京電力(株)福島第一原子力発電所事故(以下、「原子力事故」)対応において、災害対策基本法に基づく指定公共機関としてさまざまな活動を続けています。2012年3月には中期計画に事故対応を主要業務として位置付け、原子炉の廃止措置等に向けた研究開発と環境汚染への対応に係る研究開発に取り組んでいます。福島技術本部・本部長代理の伊藤洋一理事に、これまでの活動を振り返り、今後の計画などを語ってもらいました。

◆

伊藤 原子力事故直後、原子力機構では、鈴木篤之理事長を本部長とする原子力機構対策本部を設置し、指定公共機関として緊急事態への支援活動を始めました。全国の拠点・部門からさまざまな職種の職員が参集し、原子力機構を挙げて対応に尽力しました。2011年5月には福島支援本部を設置し、それを11月には、企画調整部、復旧技術部、福島環境安全センターから成る福島技術本部(本部長・鈴木篤之理事長)に組織変更しました。急いで体制を整えた時期でもありましたが、原子力事故後1年間で、延べ4万5000人以上の職員がさまざまな活動に従事しま

した。オフサイトに関しては、福島環境安全センターが中心となり、福島県の環境回復に関する支援や研究開発に携わりました。

このように、1年目は原子力事故直後の緊急対応でしたが、2年目となる2012年は、3月に中期計画を変更し福島対応を事業に明記し、原子力研究開発の専門集団として、福島県の環境回復や、それに係る研究開発に本格的に取り組みました。

オフサイトでの活動内容

具体的な活動について
聞かせてください。

伊藤 オフサイトに係る研究開発としては、震災直後から取り組んでいる「環境モニタリング・マッピング」、2011年末から2012年にかけて実施した「除染モデル実証事業」、2012年末から

用語解説

*除染特別地域

国が除染の計画を策定し除染事業を進める地域。基本的には警戒区域と計画的避難区域を指す。詳細は環境省「除染情報サイト」をご覧ください。
http://josen.env.go.jp/area/roadmap/index.html

*汚染状況重点調査地域

放射性物質汚染対処特措法に基づく汚染状況重点調査地域。市町村が中心となって除染を実施する地域で、1時間当たり0.23マイクロシーベルト以上の地域について重点的に調査測定が必要と指定されている地域。詳細は環境省のホームページをご覧ください。
http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=16105

*ホールボディカウンター

内部被ばく線量を調べるための測定装置。原子力機構が有するホールボディカウンター(WBC)や移動式WBC車を用いて、福島県内及び茨城県内で検査を実施しています。

*福島大学や福島工業高等専門学校との連携協力

福島大学とは2011年7月20日、福島高専とは2012年3月28日に協定を締結しています。(福島高専との協定は、福島高専、国立高等専門学校機構及び原子力機構の3者協定)
http://www.jaea.go.jp/02/press2011/p11072001/index.html
http://www.jaea.go.jp/fukushima/other/2012-0328.pdf

伊藤 放射性物質により汚染された環境を早期に回復し、県民の方々

福島県構想の環境創造センターとも協力していくつもりです。

今後福島環境回復に貢献

インフラや就労・学校の問題といった厳しい現実を指摘する話も伺うようになりまし。他の研究機関や自治体と一体となって、包括的な取り組みとして原子力機構の能力を活かしていかねばならないと考えています。



除染モデル実証事業の様子(大熊町)

ら計画的に取り組んでいかなければ

伊藤 原子力機構では体系的な研修コースを用意しているわけ

人材育成については、どのようになっていますか？

2015年4月の一部供用開始を目指しています。原子力機構としては、モニタリングや調査・研究について積極的に取り組んでいきたいと思っています。

が将来にわたり安心して暮らせる環境を創造するため、福島県は「福島環境創造センター(仮称)」の整備を進めています。この構想ではIAEA(国際原子力機関)を招致し、(独)国立環境研究所や原子力機構との連携など、国内外の研究機関と緊密な協力関係を構築して、プロジェクトを推進することとされています。福島県三春町と南相馬市の2カ所に施設を設け、環境放射能のモニタリング、調査・研究、情報収集発信、教育・研修・交流を行うことが検討されています。

伊藤 福島県は、環境回復や原子炉の廃止措置に向けた道筋をつけることは、原子力研究の専門家集団としての最重要課題であり使命であると強く感じます。「なぜ私たちが福島で活動するのか」との問いは、私にとっては、「なぜ私たちが国民の税金で原子力の研究開発を行っているのか」とイコールなのです。そういう気概と心づもりで、これらの課題には腰を据えて取り組んでいきます。福島県の環境回復の

今後の活動に対する意気込みを聞かせてください。

環境省・地方自治体等の活動への支援・協力はどのようなものですか？

伊藤 福島県を中心とした除染活動を円滑に推進できるように、環境省や地方自治体の活動に対して技術的な支援や協力を実施したものです。福島県内11市町村の除染特別地域においては、環境省の除染活動への支援として、除染作業の立会い・技術指導、住民説明会における説明支援などを行いました。8県101市町村にわたる汚染状況重点調査地域*では、各市町村の除染活動への協力および支援を行っています。また、福島県内の小中学校・幼稚園・保育園の保護者や教職員を対象に「放射線に関するご質問に答える会」を実施しています。原子力機構内から放射線・被ばく管理などの専門知識を持つ職員を派遣し、2013年2月末までに220カ所で開催。約1万7300人に参加していただきました。さらに、ホールボディカウンター(WBC)*による内部被ばく

ばならない時期だと考えています。人材育成に関連して、原子力機構外では福島大学や福島工業高等専門学校(以下、「福島高専」と)との連携協力*を行っており、原子力の人材育成や研究開発についての枠組みを設けています。原子力を指向する学生の減少など厳しい現実もありますが、こういう時だからこそすぐれた人材の育成の重要性は高まっていると考えます。

原子力機構	H.23			H.24			H.25			H.26	H.27	H.28
	1	4	7	10	1	4	7	10	1			
国との協力	文部科学省委託事業(環境モニタリング・マッピング)											
	環境省の除染活動への協力(国直轄除染・市町村除染への支援等)											
福島県等との協力	福島県と連携、笹木野分析所を設置、活動を展開											
	福島県環境創造センター(仮称)											
	施設設計・整備											
	福島県構想検討委員会での審議											
研究計画	遠隔放射線測定技術開発、除染廃棄物減容化技術開発、放射性物質の環境動態研究開発											

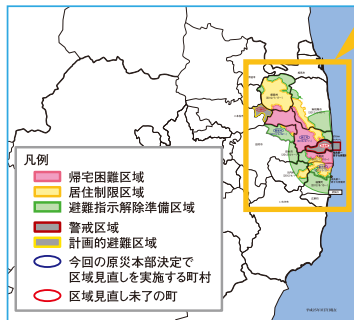
環境回復に向けた中長期的取組構想

ために、自分たちには何ができるのか。原子力に関係する人々には、そういう視点を持ち続けていただきたいと願っています。

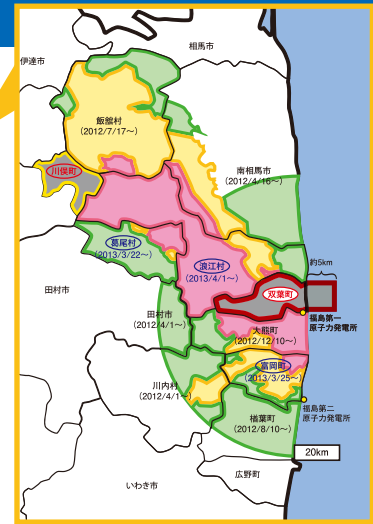
伊藤 文部科学省の委託による放射性物質分布の詳細調査です。原子力事故直後から福島県を中心とする全国の放射線量率測定を多様な手法を用いて行っています。土壌サンプリングや有人、無人ヘリコプターを利用したモニタリングなどで線量率マップ

環境モニタリング・マッピングとはどのようなものですか？

伊藤 本格化している「福島長期環境動態研究プロジェクト」、そして環境省・地方自治体等の除染活動への技術的支援・協力などが挙げられます。



避難指示区域と警戒区域の概念図(経済産業省公開の図
http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/kinkyu.html#shiji
をもとにJAEA作成)2012年3月7日現在



福島長期環境動態研究プロジェクトについて説明してください。

伊藤 中長期、例えば5年から10年、(除染モデル実証事業の報告書は、原子力機構ホームページをご覧ください。http://www.jaea.go.jp/fukushima/index.html)

環境省を中心に行われている本格除染の仕様書作成などに反映されています。

除染モデル実証事業とはどのようなものか？

伊藤 内閣府の委託によるもので、福島県内の11市町村、延べ面積で200ha(200万㎡)を超える広域現場にて除染技術の実証試験を行ったものです。国内初のモデル事業を通じて得られた知見や技術データの整備、除染から除去物の仮置きまでの一連の作業手順を確立しました。この成果については、環境省を中心に行われている本格除染の仕様書作成などに反映されています。

また、迅速かつ簡単に除染現場などで空間線量率が測定できるよう、プラスチックシンチレーションファイバー(PSF)やガンマプロッターHなど新しい測定装置の開発に取り組み、現場に適用を始めています。測定後すぐに測定結果を表示する可視化技術の開発にも成功しました。

福島の方々の反応はどうでしたか？

伊藤 さまざまな活動を通じて、原子力機構の存在が福島県民の方々の中に一定の信頼感を持って受け入れられてきていると感じていますし、取り組みに対する期待も高まっていると実感しています。また、原子力事故以降、時間が経過するにつれ、ニーズの変化もあります。当初は被ばくや除染などに対する不安が多かったのですが、徐々に除染だけでは解決できない

さらには20年、30年という期間で見た場合、福島県内の放射性物質の状況や線量率、住民の方への被ばく線量がどのような推移をたどるのかというところを、科学的、実証的にデータを蓄積、モデル化し、検証するものです(詳細はP6「震災対応」)。

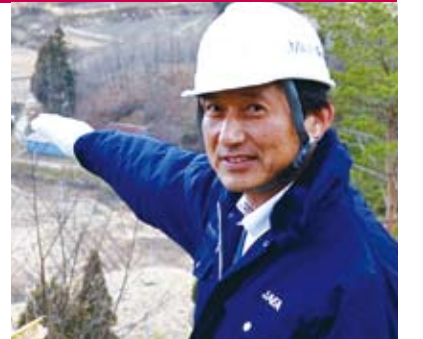
環境省・地方自治体等の活動への支援・協力はどのようなものですか？

伊藤 福島県を中心とした除染活動を円滑に推進できるように、環境省や地方自治体の活動に対して技術的な支援や協力を実施したものです。福島県内11市町村の除染特別地域においては、環境省の除染活動への支援として、除染作業の立会い・技術指導、住民説明会における説明支援などを行いました。8県101市町村にわたる汚染状況重点調査地域*では、各市町村の除染活動への協力および支援を行っています。また、福島県内の小中学校・幼稚園・保育園の保護者や教職員を対象に「放射線に関するご質問に答える会」を実施しています。原子力機構内から放射線・被ばく管理などの専門知識を持つ職員を派遣し、2013年2月末までに220カ所で開催。約1万7300人に参加していただきました。さらに、ホールボディカウンター(WBC)*による内部被ばく

福島技術本部(理事長)
本部長代理
福島技術開発推進会議
福島技術開発特別チーム(168名)
復旧技術部(6名)
福島技術開発現地対応グループ(8名)
原科研(8G 85名)
核サ研(6G 51名)
大洗研(5G 32名)
企画調整部(19名)
福島環境安全センター(184名)
福島対応職員等 385人
*業務(本体制内の組織での業務は除く。委託事業雇用者等を含む)
*平成25年2月1日現在

福島県の環境回復に向けて 放射性核種の 環境中移動調査・研究を実施

福島技術本部・福島環境安全センター(以下、「センター」)は、環境モニタリングや除染技術の実証試験を行うなど、福島県の環境回復に向けてさまざまな活動を展開しています。ここでは、研究テーマの一つ「福島長期環境動態研究」について、福島県川俣町で行われている実地調査と併せて報告します。



中山 真一
なかやま・しんいち
福島技術本部 福島環境安全センター
副センター長
福井県出身 1987年入社

被ばく評価・低減化を 目的とした研究開発

原子力機構は、東京電力(株)福島第一原子力発電所事故(以下、「原子力事故」)後、これまでの研究開発成果や人材を、放射性物質による環境汚染の低減を目指した研究開発に投入しています。2012年より被ばく評価や被ばく低減を目的として次のような「環境回復に向けた研究開発」を行っています。

- ①モニタリング・マッピング技術の高度化
放射線環境を迅速かつ正確に把握するためのモニタリング技術。上空からの精度の高いモニタリング技術、マッピングなどの可視化技術*、通信技術を組み合わせて測定結果を迅速に表示。
- ②除染技術の高度化
超高压洗浄システムの広域・狭

隘部への適用性拡大、量子ビーム*を用いた植物のCs吸着解析技術の開発。

- ③除去物・災害廃棄物の減容方法の開発
高線量域で発生する廃棄物の減容処理技術の開発、および焼却炉内でCsがどのように動くのかの研究。
- ④将来予測モデリングと移動抑制技術の開発
後述の「福島長期環境動態研究」。
- ⑤セシウム* (以下、「Cs」) の吸脱着に関する研究開発
瓦礫や土壌からCsを取り去る研究開発。分子レベルでのCs吸脱着メカニズムを解明し、除染・減容法の開発に資する。

これらの研究開発の中には、既存の技術を応用して1〜2年で現場に投入されることを目指すものもありますし、④⑤のように長期的な継続が必要となるものもあります。

Csの移動を予測解析 「福島長期環境動態研究」

「環境回復に向けた研究開発」の一つ「福島長期環境動態研究」は、放射性核種が環境中でのように移動するのかを調査・研究するものです。「このプロジェクトの発想は、フォローアップモニタリングとモデリングの2つです」と、中山真一副セン



気象観測一体型放射線センサー。
原子力機構と福井市の山田技研(株)が共同研究で開発。

ター長は説明します。「内閣府からの委託による除染モデル実証事業で、いくつかの場所を除染しましたが、周辺からのCsが移動してきて、再び線量が上がる可能性があります。そのため、定期的に除染した場所の線量測定を続けています。これをフォローアップモニタリングと呼んでいます。また、台風の後や融雪時期のCsの移動について綿密にデータをとり、蓄積すれば、それに基づいて数理モデルが構築できるのではないかと。そうすれば、さらに将来のCsの移動も予想できるので

震災対応



LONG-TERM ASSESSMENT OF TRANSPORT OF RADIOACTIVE CONTAMINANT IN THE ENVIRONMENT OF FUKUSHIMA

福島長期環境動態研究プロジェクト

プロジェクトのロゴは、「様々な分野の知の結集」をイメージしたものです

いかと考えました。これがモデリングです」

こうして、長期調査データに基づいたCs移動モデル、その解析結果に基づき被ばく線量評価やCs移動抑制対策を包括した評価システムを構築するのが狙いです。

Csはどう動くのか 森林・河川調査を実施

「原子力事故で飛散したCsは、今は粘土鉱物から成る土壌粒子としっかりと結びついて、Csだけではほとんど移動しません。しかし、台風や大雨によって土壌粒子ごとCsが移動する可能性があります。Csが森林内や河川を介してどう移動していくのか、あるいは移動しないのか。そのプロセスを解析して今後を予測するのが目的です」

Csの移動に関する研究は、1986年のチェルノブイリ原子力発電所の事故後に行われた例を除けば、世界でも例がありません。そのため、何をどう調べるか、手探りの状態から始まりました。

福島市街から、車で1時間ほどです。伊達郡川俣町*の山林およそ10000平方メートルで行っている森林調査は、この地に福島県の典型的な森林や地形、土壌が分布していることから、比較的狭い場所での調査ながらも県内の一般的なデータが取得できると見込まれています。

山へ登る道中には気象観測一体型放射線センサーが据え付けられています。ソーラーパネルを搭載したこの装置は、雨量計や風速計で気象データを観測し、放射線センサーで空間線量率を観測し、カメラで降雨時などの水や土砂の流れなどの基礎的なデータを収集します。森林内では、土壌や地形の細かな調査とともに、土砂の移動や水の流れへの影響を知るために、樹木の種類や高さ、幹の太さ、下草の種類や分布なども記録されています。また、森林調査と併せて浜通り地方では河川調査も行っています(森林・河川調査については8〜9頁で詳しく報告しています)。

「地道に、丹念に、 誠実に」を胸に刻んで

広範囲に広がってしまったCs137の半減期は約30年で、容易に消えることはありません。このプロジェクトは数年単位の長期にわたりますが、まずは環境中のCsの分布がどうなっているかを調べ、どのように移動しそうかを予想し、その結果を踏まえ、どういう対策を取れば生活圏へのCsの移動を抑制できるのかがわかれば、将来的には被ばく線量を減らすことにつながります。

「福島の地をどうするのか、ということから我々は意識を離していません。オフィスにいただけではわからないこともたくさんあり、現地の実地調査は非常に重要です。自然相手ですから簡単にはいきませんが、自治体や地権者の方からご理解とご協力を頂き、地道に、丹念に、誠実にやっていくだけです」と、中山副センター長は意気込みを示しました。

用語解説

*可視化技術

空間線量率や放射性物質の濃度の分布を、グラフや図形を用いて視覚にわかりやすく訴える技術。この場合は、測定数値を線量率範囲ごとに色分けして地図や衛星写真上に示すことを指します。

*セシウム (Cs)

原子力発電の燃料に使われるウランが核分裂する時に生成される放射性核種で、Cs-134の半減期は約2年、Cs-137の半減期は約30年。原子力事故で放出された放射性核種の中で、人体への被ばくに今後長期にわたり影響が続くのはCs-137です。

*量子ビーム

中性子ビーム、イオンビームなどの制御された人工放射線の総称。環境・エネルギー領域、医療・バイオ応用領域、物質・材料領域などへの幅広い貢献が開拓されています。

*川俣町

人口1万4,789人(平成25年1月1日現在)。平安時代から養蚕業や絹織物業が盛んで「絹の町」として知られます。近年は自動車部品・電子部品製造などの工場が立地、産業構造の変化が進んでいます。なお、現在も町の一部が特別除染区域に指定されています。

福島長期環境動態研究 森林・河川調査の現場から

森林調査の目的と手法 地道な作業を長期間継続

「福島県の土地の70%程度が森林です。そして、住居の裏山が針葉樹や広葉樹の山林で、家の前の緩やかな斜面に畑が広がるという典型的なこの場所は、調査地点として最適です」と、福島長期環境動態研究プロジェクトの森林調査に携わるセンターの新里忠史研究副主幹は説明します。

川俣町山木屋坂下地区の植生*と土壌の組み合わせは、福島県内の阿武隈山地に広く見られるもので、ここ川俣町での調査により、県内の一般的な森林のデータが取得できると見込まれています。また、森林内で比較的土砂が移動しやすい場所(樹



川俣町山木屋坂下、森林調査の範囲(赤点線内)

木がなく傾斜が急)と、たまりやすい場所(樹木があり傾斜が緩い)の双方が存在するため、Csの移行挙動を捉えやすいと考えられます。

「一度除染したところの線量率の変化に加えて、ものは高いところから低いところへと移動するので、森林から川へと移動していくCsの挙動を捉えようというのがこの調査の主眼です」(新里研究副主幹)

まずはCsが付着していると考えられる木や葉、土壌、また降雨時にそれらを洗う水を追跡するという考え方で調査は進められます。さらに、Csがどこにどのような状態で存在するのかを分析により調べます。具体的には、植生、地形、土壌の分布を

調べ、降雨量や地表面を流れる水量、水の濁りの程度を定期的に観測するとともに、採取した土壌*や水の分析を行っています。

調査項目は、次の5点です。

- ① 植生の調査
土砂の移動や水の流れへの影響を知るための、森林内の立ち木の密度、樹高、幹の直径、樹種、下草の分布、リター(落ち葉、落枝)の厚さと分布など。
- ② 地形の調査
土砂や水の移動経路を知るための、計測機器を用いた森林内の傾斜や高低差の計測(簡易的地形測量)と、3Dレーザーキャナーによる三次元的な地表面の凹凸の計測。
- ③ 土壌の調査
土壌の分布を地中レーダーなどで調べ、土壌サンプラーやスクレーパープレートで土壌を採取して放射性物質を分析。
- ④ 地衣類*の調査
地衣類を試料として採取し、放射性物質を分析。
- ⑤ 気象・空間線量率の計測
天候と空間線量率の変動の関係を知らずのため、気象と空間線量率を定期的に観測。



土壌サンプラーを用いた土壌採取の様相



湖底の堆積物採取の様子

継続して行う必要があります。こうして得られたデータを用いてCsの移動プロセスを解析し、今後の移動を予測します。

河川調査の目的と手法 増水時の調査が重要

「Csは土壌粒子に付着していて、雨が降った際、雨水とともに森林から流れ出てくる可能性があります。流れ出した土壌粒子は河川にたどり着きますから、流れ出したCsがいつ、どのように移動するのか、どこに溜まっているのかなどを調べるのが河川調

査です」と述べて、センターの三枝博光研究員は河川調査の概要を示しました。福島県内の浜通り地方の5河川を対象に、約70カ所で行われている調査内容は次の通りです。

- ① 横断測量
河川流量や、土壌粒子の流動・堆積に影響する河川の横断方向の形状を測定。
- ② 河川流量・濁度測定
河川流量は、河川の水深と流速を測定し、河川のある地点を通過する水の量を算定。流速の測定には通常はプロベラ式や電磁式の流速計を使用



河川横断測量の様子

用。併せて、河川水中の浮遊懸濁物質*の量を把握するために濁度を測定。濁度は濁度計を使用。

- ③ 試料採取
大雨、雪解けなど、Csの移動が起こりやすい気象条件の前・中(水のみ)・後などにおいて、分析や室内実験に必要な河川水、河底土、河川敷の土壌などの環境試料を採取。
- ④ 空間線量率測定
河川、河川敷および周辺におけるCsの分布状況を観測。
特に重要な点は、さまざまな気象条件の下でこのような調査を継続的



スクレーパープレートを用いた土壌採取の様相

に実施していくことであると三枝研究員は指摘します。「Csは水に溶けて移動するというよりも、とくに粘土鉱物から成る土壌粒子に付きやすいので、その土壌粒子が移動しやすいと考えられる大雨や雪解け後などの増水時の調査が重要です。また、土壌粒子には粗いものから細かいものまでさまざまあり、どの細かいものにCsが付着するかということも分析して調べます」

原子力機構の知見と 経験豊富な人材を活かす

福島長期環境動態研究プロジェクトには、原子力機構が蓄積してきたさまざまな知見が活かされ、実地調査の経験豊富な人材が調査に携わっています。とくに放射性廃棄物の処分に関する、放射性物質の移動の研究や、地表面の地形や植生・土の状況や移動・河川の表層水理調査などの多様な技術が利用され、知見が活用されています。

「フィールドワークの経験もあり、もともと専門が地質学や鉱物学、



地質学や鉱物学、水理学、化学、核種移行などの専門知識とフィールドワークの経験を有するスタッフが調査にあっています

水理学*などの十分な知識を持った十数名がこのプロジェクトに参加しています」(中山副センター長)

このように、原子力機構は、これまでに培ってきた知見や技術を、福島環境回復のために投入しています。福島県の方々と未来への思いを共有し、使命感をもって福島長期環境動態研究を進めています。

用語解説

***植生**
その場所に生育している植物の集団を指します。今回のプロジェクトでは、樹木や下草が土砂の移動や地表を流れる水の動きに影響を与えると考えられるため、種類や本数のみならず、高さや幹周りなど、綿密な調査を行っています。

***土壌**
土壌サンプラーやスクレーパープレートで採取した土壌を、地表面からの深度(2cmまたは1cm単位)で細かく分析し、地表面から地下に向かう放射性物質の分布を調べます。

***地衣類**
菌類と藻類が共存して生活する生物(菌類の仲間)で、さまざまな環境で樹皮や石、土の上などに生育。植物のような根を持たず、水分などは体表面から吸収します。年間を通じて成長し、Csを蓄積できる量が多い傾向があることで知られています。

***浮遊懸濁物質**
水に溶けず水中で浮遊し、水を濁らせている微粒子のこと。非常に細かい砂粒や粘土鉱物、落ち葉の分解物などが含まれています。水の透明度や濁りの程度(濁度)は、水中の浮遊懸濁物質の量と種類に関連しています。

***水理学**
流体(液体)の流動現象に関する力学を研究する学問。川の流れは一定ではなく、早く流れる場所と遅く流れる場所が必ずあります。遅く流れる場所にはCsを含む土砂も多く沈殿するのではないかと考えることができます。

イオンビーム育種技術を活用して、 新しい吟醸用清酒酵母を開発

原子力機構では、高崎量子応用研究所が保有する先進的量子ビーム施設を活用して、植物および微生物の育種に関する研究を行っています。世界に先駆けてイオンビーム*による植物育種技術を確立したイオンビーム変異誘発研究グループはこの度、群馬県との共同研究で「新しい香り」をもつ吟醸用清酒酵母の開発に成功しました。地域に根ざした連携が実を結んだこの成果は、さらなる育種技術発展の可能性を示すものです。



佐藤 勝也
さとう・かつや
量子ビーム応用研究部門
医療・バイオ応用量子ビーム技術研究ユニット
イオンビーム変異誘発研究グループ 研究副主幹/博士(農学)
茨城県出身 2006年入社

イオンビームを使った 植物・微生物の品種改良

【イオンビーム育種とは
どのような技術ですか？】

佐藤 育種とは品種改良のことで、イオンビームによって突然変異を誘発させ、品種改良を行う技術をイオンビーム育種と呼びます。「突然変異」という言葉には抵抗があるかもしれませんが、自然界でも頻繁に起こる現象で、生じた突然変異がその生物に有用なものであれば、その生物が生き残るという進化の一つとも言えます。

高崎量子応用研究所に、世界初の材料およびバイオ研究用のイオンビーム照射施設であるT I A R A *を設置し、1991年ごろからイオンビームの植物に対する効果の基礎研究を開始しました。イオンビーム

による突然変異の特徴が明らかになるにつれ、植物の新しい育種技術として注目されるようになりました。微生物への利用も同時に進めていましたが、10年ほど前から本格的に微生物を対象とした基礎研究と育種技術の開発を始めました。

【これまでの実績について
聞かせてください】

佐藤 植物においては、キク、カーネーション、メロン、イネなどの植物の新品種を、微生物ではバイオ肥料やバイオ農薬として使用する農業微生物をイオンビーム育種によってつくり出しています。

カーネーションでは花の色や形のバリエーションを増やし、キクでは大輪を咲かせるために不要な側枝*が少なくなる品種をつくりました。メロンでは低温でも育つものや、マスクメロンのネット(網

目) がきれいに入るものをつくっています。最近では、カドミウムを吸収しにくいコシヒカリの作出にも成功しています。

微生物の分野では、味噌・醤油・酒の製造に用いられる麹菌や酵母、肥料に用いられる根粒菌*、農薬に用いられる糸状菌などの産業微生物の研究開発を進めています。例えば根粒菌の育種において、大豆と根粒菌の共生関係を利用した根粒菌バイオ肥料では、従来は高温になると活性低下が見られた根粒菌を、イオンビーム照射により高温耐性変異株を取得することにより、バイオ肥料の改良に成功しています。これはγ線照射では得られなかった結果です。

【イオンビーム育種の
メリットは何ですか？】

佐藤 従来は薬剤やX線、γ(ガンマ)線などで育種を行っていたので

させたものをシャーレの中に収めて、炭素イオンビームを照射します。その酵母を培養して突然変異を固定させた後、カプロン酸エチルを多く生産しているものを選んで、最も甘い香りをもつ酵母を選抜しました。

【新しい酵母で醸造した
清酒の味はどうですか？】

佐藤 群馬産業技術センターで3年間の試験醸造を行い、十分な醸造の適正がある1株の酵母に絞り込みました。昨年の冬から本格的に醸造が始まっていますが、残念ながらまだ口にすることはありません。しかし、試験醸造では従来にない甘い香りが好評だったということで、市販されることが楽しみです。

【今後の展望について
教えてください】

佐藤 イオンビーム育種技術は国産技術です。国内でもまだ数カ所ですが実施されていませんが、非

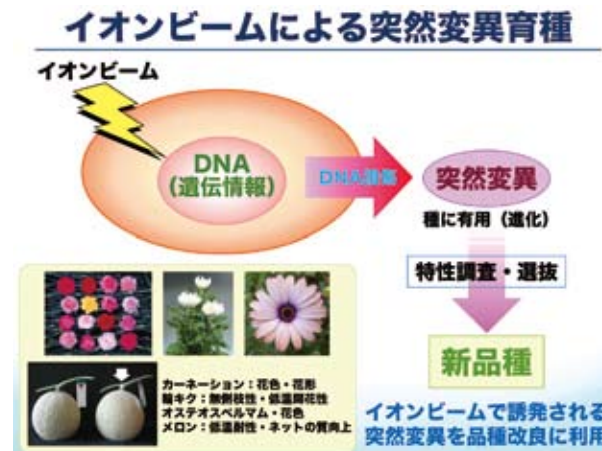
【さまざまな分野で
注目される新技術
今後の展望について
教えてください】

【福島の環境回復に対応
できることはありますか？】

常に注目されている技術です。微生物の育種に関しては、産業微生物として食品や環境、医療に役立っています。また、エネルギー関連としてバイオエタノール*製造に貢献するような微生物が育種できればいいと考えています。

佐藤 現在、放射線抵抗性細菌というものを取り扱っていて、これは放射線に対して高い耐性があり、汚染環境下でも扱えるという利点があるものです。一般的な微生物に比べてセシウムの吸収量が高いものがあり、環境浄化や放射性廃棄物の減容化に利用できるものとして期待されています。微生物は、育種できればあとは培養して増やすだけでよいので、コスト的にも優れています。

研究は始まったばかりですが、近い将来に役立てるようなものをつくりたいと考えています。



イオンビーム育種の特徴

エネルギー付与 γ線、X線等 物質中の透過性が高く均一にエネルギーを付与 イオンビーム 軌跡と止まる直前に大きなエネルギーを付与	細胞への照射 γ線：1 Gy ~2,000ヶ所 炭素イオン：1 Gy ~4ヶ所 10 μm	遺伝子変異 点突然変異が多い 極少数の遺伝子を確実に変化
---	---	---

1. 変異のスペクトルが広い：新しい形質・変異体の創成が可能
2. 変異の誘発率が高い：少ない試料、狭い施設での品種育成が可能
3. 極少数の遺伝子に作用：悪い形質を伴わず、ワンポイント改良が可能

【経緯を聞かせてください】

付加価値の高い清酒をつくる群馬県の新しい酵母の開発

高いという特徴があります。

【どのよう
開発したのですか？】

佐藤 2008年から、群馬県立群馬産業技術センター(以下、「群馬産業技術センター」と新しい酵母開発の共同研究を始めました。群馬産業技術センターは、群馬の水、馬産業技術センターは、群馬の水、米、酵母で、群馬にしかない美味しい清酒をつくる研究に取り組んでいましたが、従来の薬剤を用いた品種改良ではなかなかよい酵母が取れませんでした。そんな折、原子力機構が行った放射線利用のシンポジウムで発表した育種技術が着目され、共同研究を模索したことがきっかけです。

佐藤 近年は香り豊かな清酒が好まれる傾向にあるため、吟醸酒の香り成分の一つで、リンゴや洋ナシのような果物の香りの主成分であるカプロン酸エチルの生成量が向上するような変異株をイオンビームで育種するということを目的としました。

清酒酵母を培養し、培養菌体をセルロース膜の上に塗布して凍結乾燥

用語解説

***イオンビーム**
電氣的に中性だった原子が、プラスもしくはマイナスの電気を帯びた状態になったものをイオンと呼びます。そのイオンを高電圧で加速したものがイオンビームです。

***T I A R A(ティアラ)**
4種類の加速器(AVFサイクロトロン加速器、3MVタンデム加速器、3MVシングルエンド加速器、400kVイオン注入装置)により幅広いエネルギー範囲のイオンビームをつくり出すことができるイオンビーム照射施設。材料科学やバイオ技術の先端を行く研究開発に最適なイオンビームを提供する世界でも唯一の研究施設です。

***側枝**
植物の中心の茎から側方に出る枝のこと。キクの場合、中央に一輪を咲かせる品種が人気で、大きな花をつくるためには側枝を摘むことが必要。この作業が大変なために側枝が出にくい品種が好まれます。

***根粒菌**
マメ科植物の根にはこぶ状の根粒があります。この中には根粒菌という細菌がいて、宿主のマメ科植物から栄養をもらって生きている一方、植物がつかれない物質をつくり植物に与えるという共生関係が成立しています。

***バイオエタノール**
トウモロコシやサトウキビなどのバイオマスから製造されるエタノールのこと。枯渇しない再生可能資源として期待されている一方、非食用用の植物を原料とする研究が進められています。

今回発表した研究成果の概要を教えてください

横谷 宇宙や環境からの放射線が、生体の細胞に突然変異を起したり、様々な影響を与えたりすることはよく知られています。その一方で、加速器*から得られる放射線のビームは、ガン組織の細胞死を誘導し治療につなげるという、私たちの生活に重要な役割も果たします。

どうして放射線によって細胞が死ぬのでしょうか。私たちの体をつくる一つひとつの細胞には23対の染色体があり、その中に二重のらせん構造を持つDNA分子があります。そのDNA分子が放射線で損傷を受けると、細胞死が起こるとされています。しかしながら、ヒトのゲノム（遺伝情報）がすべて解読された今日であっても、放射線によってDNAにどのような損傷が起こるのか、そのプロセスはあまりわかっていません。そこで私たちは、放射線の中でも特定のエネルギーのX線を選んで実際にDNAに照射し、その結果生じるDNA分子の変化を物理測定の手法を用いて詳細に調べました。

今回の研究成果は、物理学の専門誌に発表されましたね。

横谷 実は、放射線によるDNA損傷のメカニズムの一部についてはある程度わかっており、またそうして生じたDNA損傷が生体の持つ酵素的な働きによりほとんどが速やかに修復されることも知られています。ただ、もしDNA損傷が狭い範囲に多重に起こった場合には、生体の修復が大きく阻害されると言われています。多重損傷がなぜ起こるのか、そのメカニズムはわかっていません。

この原因について私たちは、放射線照射によりDNA分子中に起こるイオン化*や電子励起現象で生じた電子などがDNA分子の中で動き回ることで、つまりDNA分子自体が持つ物理的な性質が大きく関係している

用語解説

*加速器
電子や陽子などの荷電粒子を光に近い速度まで加速するために、円形あるいは直線状に磁石を配置した装置。

*イオン化
原子内の電子が、放射線のエネルギーを吸収して原子の束縛を振り切って離脱する現象。「イオン化レベル」とはこの現象が生じる最低限のエネルギーのこと。

*不对電子種
イオン化などにより、最外殻を構成する軌道にある一対の電子のうち、一つが失われた後に軌道に残された電子のこと。分子に不对電子が生じるとフリーラジカルと呼ばれ、極めて反応性が高くすぐに周囲の原子・分子と酸化・還元反応性を起こします。

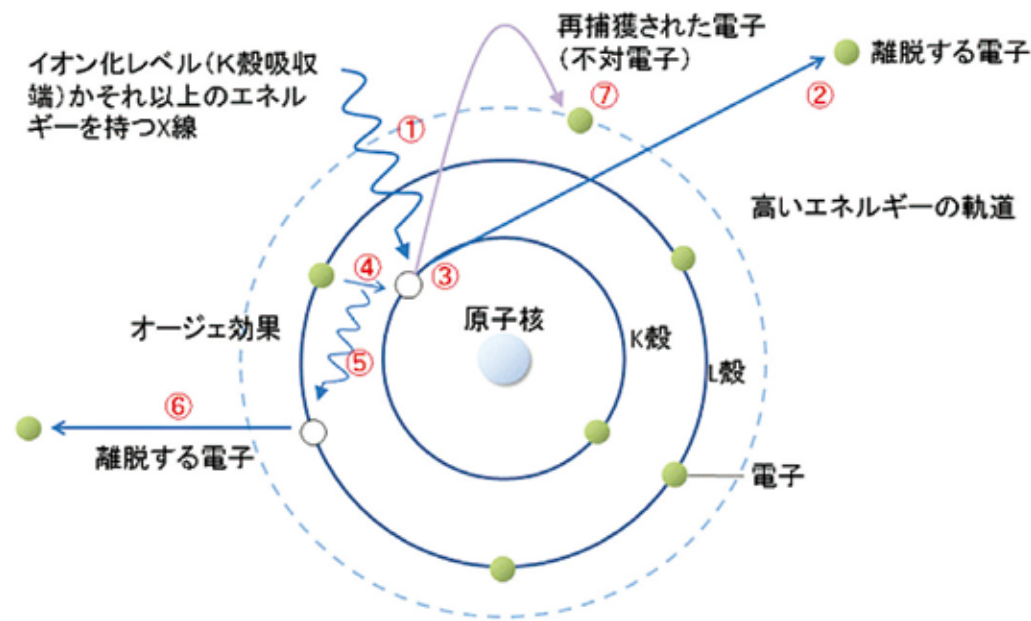
*シンクロトン放射
シンクロトン加速器中で光の速度に近い速度で円運動をしている電子などの荷電粒子は、絶えず中心方向に加速度を受けることにより、円運動の接線方向に赤外光からγ線領域までの広いエネルギー範囲での光を放射します。極めて指向性が高く（高輝度）、日本では放射光と呼ばれ、物質科学から生命科学まで広範囲の研究に活用されています。

*K殻吸収端
原子核の周りを回る電子の軌道は、原子核に近いほうからK殻、L殻、M殻...と呼ばれ、K殻とL殻しかない窒素や酸素の場合、内殻であるK殻の電子が束縛を振り切って離脱するイオン化レベルのエネルギーを指します。

すると、これまで知られていなかったDNA損傷メカニズムがあることを発見したのです。DNA損傷が引き起こされる反応の中間過程では、イオン化によりDNA分子の外に電子が放出された結果、「不对電子種*」と呼ばれる反応性が極めて高い分子状態が現れることが知られていました。ただ反応性が高いということは、非常に不安定ですぐに反応して消滅してしまうことも意味しています。これまでの研究では、照射後のDNA試料に生じた不对電子種が消滅しないよう低温に保持するなどの工夫をしながら、不对電子種を観測するための電子磁性共鳴(EPR)装置まで運んでいました。しかしそれでも、運搬中に消失してしまう不对電子種については、直接測定することは困難でした。

K殻電子離脱によるイオン化及びPCI / 窒素の場合(図表2)

①K殻吸収端以上のエネルギーを持つX線照射により、エネルギーを受け取ったK殻電子は②原子から離脱します。すると、③K殻に電子が失われた状態(ホール)が生じ、1価のイオンになります。④このホールを1個の外殻電子が埋めます。⑤その際に他の外殻電子に余剰エネルギーを与えて⑥原子から離脱させます。この一連の現象をオージェ効果と呼び、原子は最終的には+2価のイオンに変化します。また、①のエネルギーがイオン化レベルすれすれの場合、電子は、オージェ効果により+2価になった原子の束縛を振り切れず、⑦高いエネルギーの軌道に再捕獲され、不对電子となる場合があります。これがPCIと呼ばれる現象です。



放射線セミナー
放射線を正確に知るために

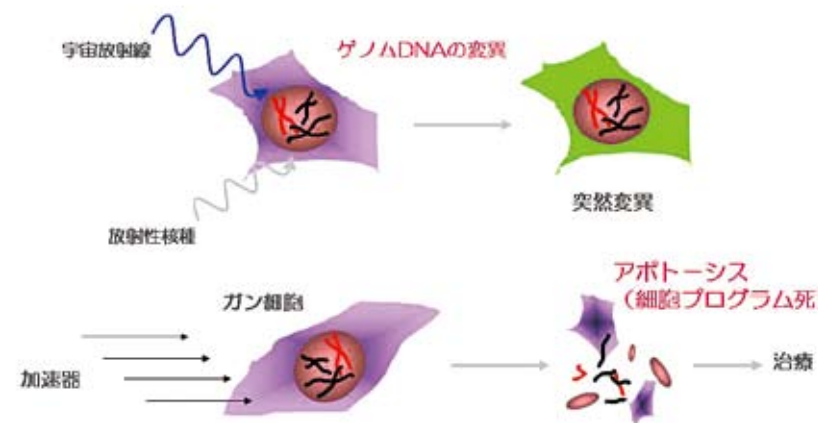
高輝度のシンクロトン放射を利用して新しいDNA損傷のしくみを発見しました



横谷 明德
よこや・あきなり
先端基礎研究センター
放射場生体分子科学研究グループ
リーダー・研究主席/博士(理学)
神奈川県出身 1991年入社

2012年11月、原子力機構の研究チームは、生体内のDNAが放射線によって損傷を受けるとき、これまで知られていなかった損傷のメカニズムがあることを発見しました。東京農工大学大学院の鶴岡正敏教授との共同研究によるもので、今後の放射線影響評価や放射線医療などの分野への応用が期待されています。研究をリードしてきた横谷明德グループリーダーに話を聞きました。

放射場におけるゲノムDNA変異の分光研究(図表1)



自然界の放射線によって、DNAは突然変異を起こす一方、加速器(シンクロトン)などから得られる量子ビームをガン細胞に照射することで、アポトーシスを誘発します。放射場生体分子科学研究グループでは、放射線がDNAにどのような影響を与え、DNAはどのように変異していくのか、そのメカニズムの研究を行っています。

用語解説

*GeV

ギガ電子ボルト。MeVの1000倍で、電子や光子などの素粒子のエネルギーを表わします。「SPRING-8」の8は、電子の最大加速エネルギーである8GeV(80億電子ボルト)にちなんで名づけられました。

*偏向電磁石

シンクロトロン加速器で、電子ビームの進行方向を曲げるための磁石。電子が曲げられた時に、その接線方向上にエネルギーの低い(波長の長い)赤外線からエネルギーの高い(波長の短い)X線まで、広い範囲にわたり電磁波(光)を放射します。

*挿入光源

アンジュレータとも呼びます。磁石を周期的に配置することで電子ビームの蛇行回数を増し、偏向電磁石に比べ特定のエネルギーのX線をさらに明るく放射します。

*SACLA

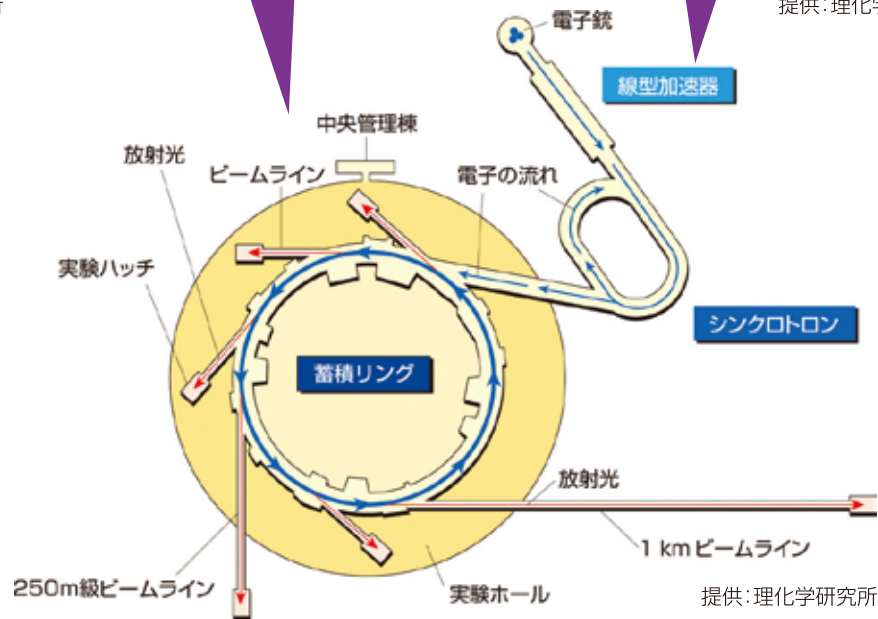
非常に長いアンジュレータを用いてX線領域のレーザーを発振させる施設。原子や分子の瞬間的な動きを観察することが可能になると期待されています。



提供:理化学研究所

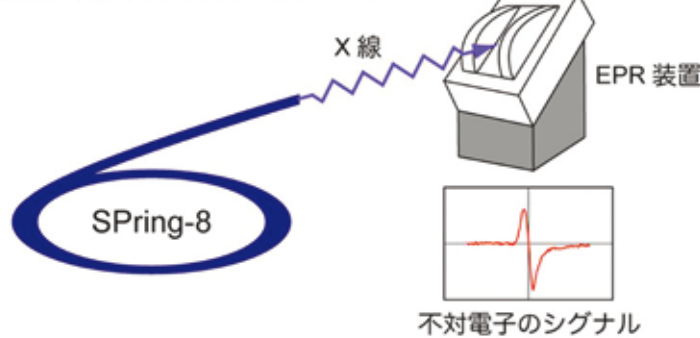


提供:理化学研究所



提供:理化学研究所

X線を照射しながら、ビームラインに直接接続したEPR装置でDNA薄膜の不安定電子を「その場」測定



「SPring-8」

原子力機構では、SPring-8内の原子力機構専用の軟X線ビームライン(BL23SU)に、電子常磁性共鳴(EPR)装置などを設置し、短寿命の不安定電子種やイオンなどの反応中間体を調べています。

Q1 ビームあるいは最近では量子ビームという言葉がよく聞きますが、何ですか？

ビームとは、細くかつまっすぐに進行する粒子の流れを言います。例えばローソクの火はぼんやりと辺りに広がっていますが、懐中電灯の光は前方に集中します。これがビームのイメージです。光のような電磁波も電子やイオンなどの物質も、ミクロな世界では波として振る舞うと同時に粒子としても振る舞うという、不思議な性質を持ちます。このようなミクロな世界を記述する物理学に量子力学があります。

「量子ビーム」とは、ビームそれ自体も、また観測対象についても量子的な振る舞いが支配的となる原子や分子といった極端に小さいナノレベルの世界の事象を探索するためのビームであるという意味が込められて作られた言葉ですが、現在のところ主に日本だけで使われています。

Q2 量子ビームにどのような利用が期待できますか？

半導体や生命科学の分野で物質・材料の構造や機能を原子レベルで探索したり、また新素材の開発を行うための利用研究が、現在数多く行われています。特にタンパク質の構造と機能の研究は、iPS細胞を利用する再生医療などの分野において、今後ますますその重要性が高まると考えられます。

Q3 シンクロトロン放射線ビームにはどんな特徴がありますか？

電子ビームを光とほぼ等しい速度まで加速し、磁石によって進行方向を曲げた時に発生する細く強力な電磁波のことを、シンクロトロン(円形加速器)放射(以下「放射光」と呼びます。放射光には、①極めて明るい、②マイクロメートル以下に絞ることができる、③γ線から赤外線までの広いエネルギー(波長)領域を含む、などの特徴があります。今回利用した「SPring-8」では、太陽の100億倍の明るさにも達するという放射光を用いて物質の原子・分子レベルでの形や機能を調べることができ、生命科学やナノテクノロジー、材料評価などの産業利用まで幅広く最先端の研究が行われています。

Q4 「SPring-8」とはどのような施設ですか？

一方、高エネルギー物理学の世界では、ヒッグス粒子の発見に代表されるような、物質や宇宙の究極を調べるためのツールとして欠かせません。JPARC(大強度陽子加速器施設/茨城県)では、ニュートリノビームを300km西方の岐阜県のスーパーカミオカンデに向けて放射しています。ナノの世界から地球規模のスケールまで、量子ビームがカバーする領域は広がっています。

Q5 ビーム技術でどのような成果が生まれましたか？

大型量子ビーム施設は日本に数カ所あり、中でも「SPring-8」では、多くの大学や産業界の研究者による実験や研究開発が進められてきました。その結果、革新的な自動車用触媒やリチウムイオン電池の開発、医療分野ではインフルエンザの新薬の開発につながるタンパク質の構造解析といった科学の最先端を行くような研究成果に加え、科学捜査にも利用されています。

最近では「はやぶさ」の持ち帰った小惑星「イトカワ」のサンプルの分析も行われました。

旧日本原子力研究所(現日本原子力研究開発機構)が理化学研究所と共同で西播磨地区に建設した世界最大の放射光施設で、平成9年から供用を開始しました。加速器で加速した電子ビームを施設中央の蓄積リングに導入し、8GeV*のエネルギーで電子を周回させながら、偏向電磁石*や挿入光源*により放射光を発生させます。発生した放射光は、ビームラインを通して、蓄積リング外に設けられた様々な実験ステーションに導かれます。

現在SPring-8に接する敷地ではX線領域のレーザー施設(SACLA*)も供用を開始しました。

ビームって何？

今号の「放射線セミナー」では、原子力機構先端基礎研究センター・放射場生体分子科学研究グループの横谷明徳リーダーに、「シンクロトロン放射(X線ビーム)を利用したDNA損傷のしくみの発見」について聞きました。そこで、今回は「ビーム」について解説します。

放射線

Q&A

PLAZA

原子力機構の動き

「原子力と核不拡散、核セキュリティに係る国際フォーラム」の開催

原子力機構は、原子力利用と核不拡散及び核セキュリティに係る一般社会への理解促進と国際貢献を目的として、2012年12月12日（水）、13日（木）に、東京大学伊藤国際学術研究センターで国際フォーラムを開催しました。

フォーラムでは、国内外からの招待者の基調講演の後、「核燃料サイクルのバックエンドにおける核不拡散及び核セキュリティの観点からの課題と対応方策」と、「アジアの原子力利用における核不拡散、核セキュリティ方策及び多国間協力枠組み」に焦点を当てた2つのパネル討論を行いました。前者のパネルでは、「革新的エネルギー・環境戦略」で示された我が国のエネルギー政策を

踏まえ、核燃料サイクルのバックエンドに関する2つのオプション（直接処分、再処理）の核不拡散、核セキュリティ上の課題や対応方策を議論しました。我が国がプルトニウム利用を進めて行く上で、国際社会に対する透明性を確保することの重要性等が指摘されました。後者のパネルでは、アジアの原子力利用における3S（原子力安全、核不拡散、核セキュリティ）を確保する手段の一つとして、核燃料サイクル施設の多国間アプローチ（MNA）に係る種々の提案が紹介され、中長期的なオプションとして、今後もMNAに関する検討を続ける重要性が指摘されました。フォーラムの資料・結果概要はホームページでご覧になれます。
<http://www.jaea.go.jp/04/np/activity/2012-12-12/index.html>



核不拡散等に関する国際フォーラムの様相

平成24年度安全研究センター成果報告会を開催

安全研究センターでは、研究成果の発信を通して原子力の安全確保に貢献するとともに、社会に対してより一層の説明責任を果たすことが責務であると考え、若手研究員が中心となって企画し、安全研究センター成果報告会を開催しています。

本年度は、1月16日（水）に富士ソフトアキバプラザ（東京都千代田区）にて、約90人の参加者を得て開催しました。

報告会では、東京電力(株)福島第一原子力発電所事故に関連した研究として、福島県内における住民の被ばく線量評価や、原子力事故により生じた汚染物の再利用評価に関する成果を報告するとともに、今後の安全研究計画について、地震等の外的事象を考慮した原子力機器の健全性評価や、炉心溶融防止や事故進展の評価のための実験及び熱水力解析技術の高度化に関する研究計画を報告しました。

また、各研究グループの最近の研究トピックスのポスター発表も行い、安全研究に関する研究内容



約90人の参加者を得て開催された成果報告会の様相



報告会では、熱水力解析技術の高度化に関わる研究計画も報告された

や活動の方向性について、活発な議論がなされました。

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駱字表館2番166
TEL 0175-71-6500(代表)

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。

- 福島の除染の状況を引き続き取り上げて下さい。(宮城県仙台市 男性)
- 放射線のこといろいろな角度から取り上げて下さい。(東京都中野区 女性)
- 使用済み核燃料処理の行方について取り上げてほしい。(福井県あわら市 男性)
- 原子力の研究はこれからも必要です。国民の理解を得るために力をつけて下さい。(青森県弘前市 女性)
- 原子炉廃止措置について書いてほしい。原子炉も必要なら廃止できることを説明してほしい。(福井県福井市 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

冬は生き物にとって過酷な季節です。なお植物にとって本当にこわいのは寒さではなく、寒さで細胞内の水分が凍ることにあります。凍結すれば、細胞が破壊されてしまうからです。



けれども冬は、生物にとって決して受難だけの季節ではありません。高山植物の中には半年以上も雪の下に埋もれていて、ごく短い夏の間にも可憐な花を咲かせるものがあります。長い冬の間、その植物はふんわりとした雪に包まれ、じっと眠っています。とはいえ、その体内では、春に備えた活動をさかんにしています。

大岡信氏の文章に、桜の染め物の話が出てきます。染色家の話によると、桜からつくったというあでやかな染め物のそのピンク色は、美しい花びらからではなく、開花する直前の時期の、ごつごつした木の皮からとったものだそうです。あの美しい花を咲かす時、桜は木全体でその色を表現しようとしています。桜は冬の間、目に見えない所で着々と、春の準備をしています。

冬の語源が「ふ(殖)ゆ」だという説があります。寒い季節の中で、来るべき春を期待し、命を増殖させる「ふゆ」。生命を感じさせる言葉です。



未来へ
季刊 **げんき**
NO.28 2013

平成25年
編集・発行：日本原子力研究開発機構 広報部 広報課
制作：株式会社中小企業総合サービス