

がんばろう ふくしま

福島技術本部

ニュース

日本原子力研究開発機構



No.14

2014年 3月

空から放射線を測定する無人飛行機（詳細はp.2）

空から放射線を測定 無人飛行機による初の飛行試験を実施

ズラリと並んだプレスカメラが見つめる中、白い機体はゆっくりと滑走を始めた。ほどなくエンジン音が高まり加速が始まると、意外なほどあっけなく機首を上げフワリと舞い上がり、右へ旋回しながらぐんぐん上昇を続けて、あっという間に青空に吸い込まれていく。地上にはスタッフ、プレス合わせ約50人の安堵に包まれた笑顔が残った。

1月24日、福島県浪江町請戸地区。宇宙航空研究開発機構（JAXA）と日本原子力研究開発機構（原子力機構）は、無人飛行機によるモニタリング（線量測定）試験を実施した。この事業はJAXAと原子力機構が共同で、2012年から3年計画で研究開発を進めてきたもの。実験場ではない実際の環境の中で、無人飛行機を用いた空からのモニタリングは、これが日本で初めてのことだ。

飛行場所となった請戸地区は避難指示解除準備区域で、今も立入りには手続きが必要となる。海岸線まではおよそ800m。津波で大きな被害を受け、滑走路として使用した県道254号線の脇にはまだ、がれきが残ったままだ。

機体は全長2.7m、全幅4.2mで、重さは約50kg。飛行管制は地上に設置されたグランドステーションから行い（写真1、2）、プログラム飛行により100km遠方のモニタリングも可能にすることを目的に開発しているもので、最大6時間のフライトができる。機体下部には、小型軽量化された放射線検出器が設置される。機体開発と遠隔操縦技術をJAXA、線量測定技術を原子力機構が担当。互いの専門分野を合わせてシステム化した。





上は左がJAXAの村岡浩治チームリーダー、右が原子力機構の鳥居建男研究主席、下は同 眞田幸尚副主幹

今回測定するのは請戸地区の上空約1km四方のエリア。自律飛行に切り替えられた機体は、塗りつぶすように測線をずらしながら何往復も飛行を重ねる。飛行軌跡や測定値はグランドステーションに送られ、モニター画面によりリアルタイムで確認できるシステムだ（写真3）。

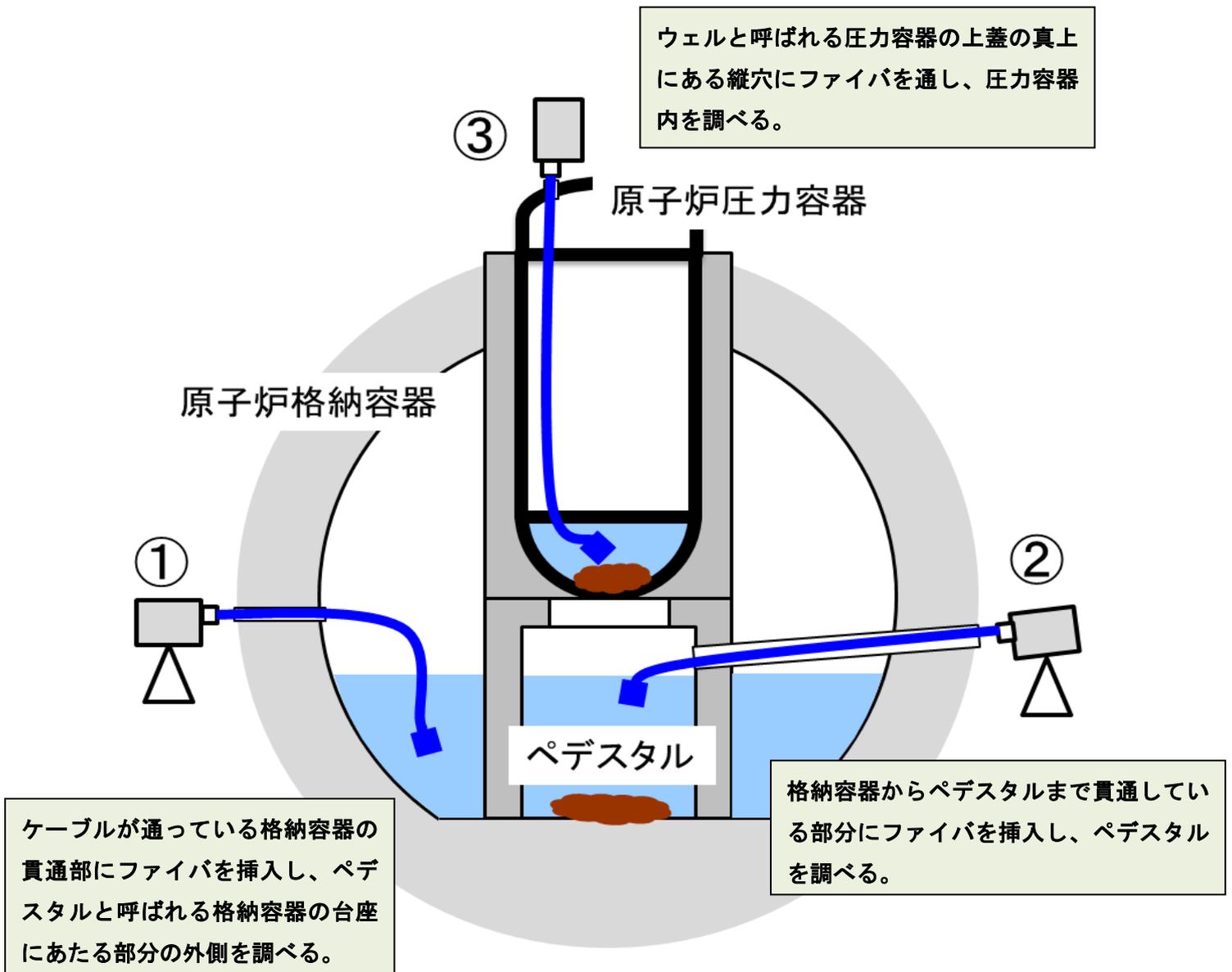
約30分の飛行が終わり、機体は無事着陸。測定データも問題なく取得でき、試験は成功した。今回の飛行試験計画を作成したJAXAの村岡浩治、原子力機構の眞田幸尚の二人は、思わず安堵の表情を浮かべるとともに、飛行試験の重要性和責任の大きさを感じた。

今回、一般道を滑走路として使用するため、一時的に県道を通行止めにし、また飛行中は安全のため約2km四方を立入禁止にする措置をとった。このため地元の浪江町をはじめ、警察、消防、エリア内で作業を実施している工事業者など多方面からのご協力をいただいた。トラブルなく終わられた背景には、多くの方々のご協力があったことを忘れてはならない。

今後の計画について、全体を統括した原子力機構の鳥居建男は「福島県は森林が多く、広い範囲の迅速なモニタリングが重要である。また、緊急時モニタリングにも期待される」とし、「さらなる信頼性の向上と、地形追従飛行など観測飛行能力の向上を図り、運用方法を構築していく」と語った（写真4）。今回の飛行試験により、新たなモニタリング手法の構築に向けて第一歩を踏み出した。



炉心を調べる どうやって内部を調べるのか



事故を起こした東京電力福島第一原子力発電所の炉心の状況はどうなっているのか。放射線量が高いため、人間はおろかロボットさえなかなか近づけない内部の状況を知るためにはまず、どんな技術開発をしなければならないのか。

政府と東京電力は「東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」を定め、使用済燃料プールから燃料を取り出すことと、最終的には炉内から燃料デブリを取り出し安定な状態に持っていくことにより、敷地内外の安全を図ることを目標とした取組みを進めています。

このうちここでは、原子力機構が取り組んでいる格納容器や圧力容器の内部調査の技術開発について紹介します。

福島第一原子力発電所1～3号機の原子炉建屋内は今も放射線量が高く、人が容易に内部に立入ることはできません。そこで、まずは原子炉建屋内の除染を遠隔操作で行って放射線量を下げ人が立入れるようにした上で、遠隔操作により格納容器内部の燃料デブリ等の様子を観察し、それらの結果等を基にして燃料デブリの分布を含む炉内状況を推定することにより、燃料デブリの取出しを効率的かつ確実にする必要があります。

ではまず、どのような方法で、格納容器や圧力容器の内部を調べるのでしょうか。そのためには、どのような技術を開発しなければならないのでしょうか。

格納容器や圧力容器の内部を調べる方法として現在は、次の三つのものが考えられています。

- ① ファイバースコープによる観察技術と、レーザー光を利用した元素分析方法との組み合わせたもの。
- ② 宇宙線ミュオンを用いた非破壊検査技術を応用したもの
- ③ 自己出力型ガンマ線検出器を利用するもの

これらについて、順に説明しましょう。

ファイバースコープとは光ファイバを束にして、先端部分にレンズをつけたものです。私たちにっては胃カメラが、その最も身近な存在でしょう。

炉心を調べる装置の場合、それは強い放射線に耐える性能と、水中でも3次元でくっきりと映像を映し出すことができること、そして映し出された映像の物質の元素が何であるかを判別できること、さらにはその場所の放射線がどのくらいのレベルかを調べる性能が必要になります。このうち、胃カメラで言えば先端のカメラにあたる部分を、プローブ（写真1）と呼びます。

現在、開発中のプローブは防水で、視野角は140度、2万画素の解像度と、100万Gyまでの放射線に耐える性能を持っています。また、このプローブからは、パルスYAGレーザーによる特殊なレーザー光が発射され、対象物に当たると発光します。その発光データから、対象物の元素を調べることができます。



写真2は燃料デブリを模擬したステンレス鋼鉄、写真3はその切断面を水中観察したもの

二つ目の方法は宇宙線ミュオンを利用して、原子炉建屋外から燃料デブリの位置や状況を把握するという方法です。X線は私たちの人体の内部を映しだしてくれますが、ミュオンはさらに、厚いコンクリート壁を貫通することができるため、革新的な非破壊検査技術と言えます。

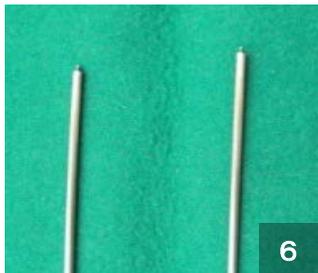
このミュオンは、物質の密度が高いものは透過しにくいいため、格納容器を透過することにより、高密度のデブリの形を調べることができる可能性があります。

原子力機構では高温工学試験研究炉HTTRを対象に、このミュオンを利用して内部構造を見えるようにするための予備試験を実施しました。図4はその模式図で、図5はその時に得られたデータです。現在は、そこで得られたデータを解析し、この方法が本当に適用できるのかどうか、適用する場合にはどのような課題を解決しなければならないかを評価している段階にあります。

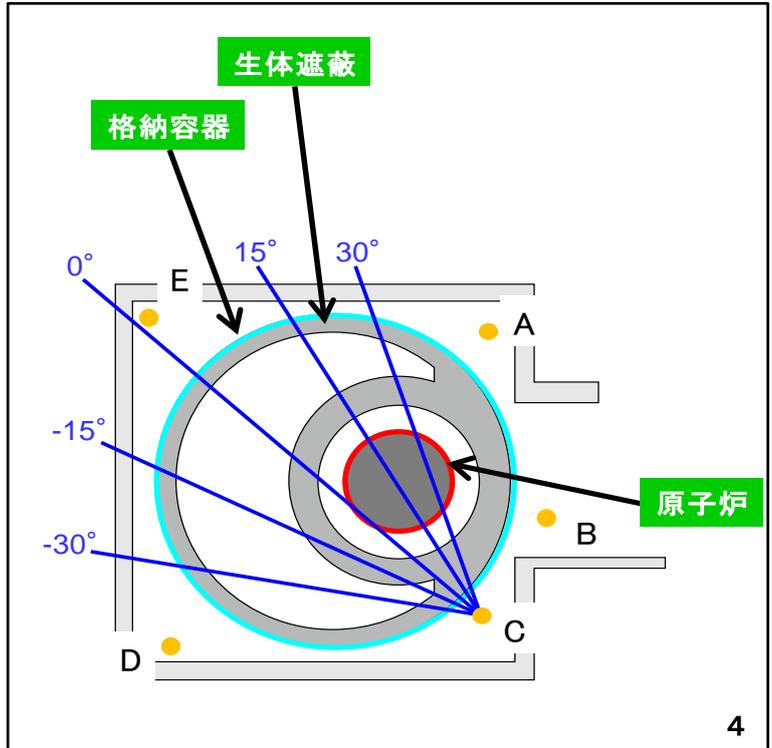
三つ目の方法は、炉内のガンマ線がどの程度のレベルにあるかを調べる装置を開発するものです。炉心の中は放射線量が多いため、従来の検出器ではその量を正確に測定することができませんでした。

このため原子力機構では、自己出力型ガンマ線検出器と呼ばれる装置を試作し、検出器の要となるエミッタ材(写真6)の感度を向上させる開発に取り組んでいます。なお、そのエミッタにはガンマ線を吸収して電子を放出しやすい物質を採用することにより、外部から高い電圧をかけなくても作動できるようにすることで、小型化することができます。また、近い将来に、事故を起こした炉心での線量率計測として試用することを検討しています。

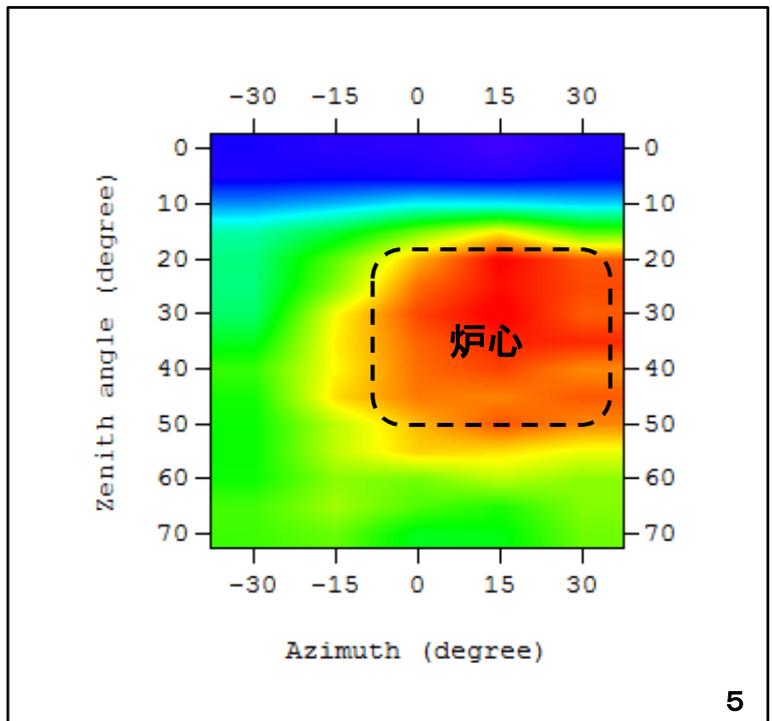
原子力機構では今後、政府や東京電力が実施する格納容器や圧力容器内部調査技術開発において、本研究開発の成果に基づく提案を行い、技術の適用をめざします。



6



4



5

福島の環境回復をどう進めていくか 福島技術本部が研究開発成果で報告会



原子力機構の福島技術本部福島環境安全センターは1月21日、福島市内で平成25年度研究開発成果報告会を開いた。この会合は原子力機構が福島の環境回復に向けて取り組んでいる研究成果と、今後の研究活動について紹介するのが目的。昨年に続いて2回目の開催で、当日は約200人が出席した。会合では石田順一郎・福島環境安全センター長がまず、同センターとしての取り組みの概要を紹介。次に川内村の井出寿一・復興対策課長（=写真）が、東京電力福島第一原子力発電所の事故によって全村避難した経緯やその後の帰村状況、同村がかかえる課題を述べた。続いて5人の研究者が、長期環境動態研究や放射線モニタリング、除染に関わる最新の技術開発の状況を説明した。

会合のあらましは次の通り。

（詳細は<http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat01/index.html>）

「福島環境安全センターの取り組みについて」

福島技術本部 福島環境安全センター長 石田 順一郎

原子力機構では福島技術本部を司令塔として、東京電力福島第一原子力発電所事故への対応に取り組んでいる。原子力機構が取り組んでいる環境回復に向けた研究開発は大きく評価研究と技術開発に分かれる。評価研究では環境モニタリングやマッピング技術を高度化するとともに、放射性セシウムの将来予測モデリングを行うことで、被ばく線量低減化のための対策等を提案していく。広域の環境モニタリングは有人ヘリコプターによって行うものの、対象エリアがより狭い地域では無人機や無人ヘリを活用するとともに、今後、さらに狭い地域として、1平方キロ未満のエリアにはマイクロヘリを投入する計画だ。

また高分解能のカメラを開発することにより可視化技術を高度化し、ヘリコプターからのモニタリングによってホットスポットを可視化していくことにも取り組んでいく。

技術開発では放射性セシウムの吸脱着過程などのメカニズム解明や、除染技術の高度化、除去物や災害廃棄物の減容方法の開発により、安全な生活環境を取り戻すことを目指す。

「川内村の原発事故に伴う避難からの復興に向けて」

福島県川内村 復興対策課長 井出 寿一

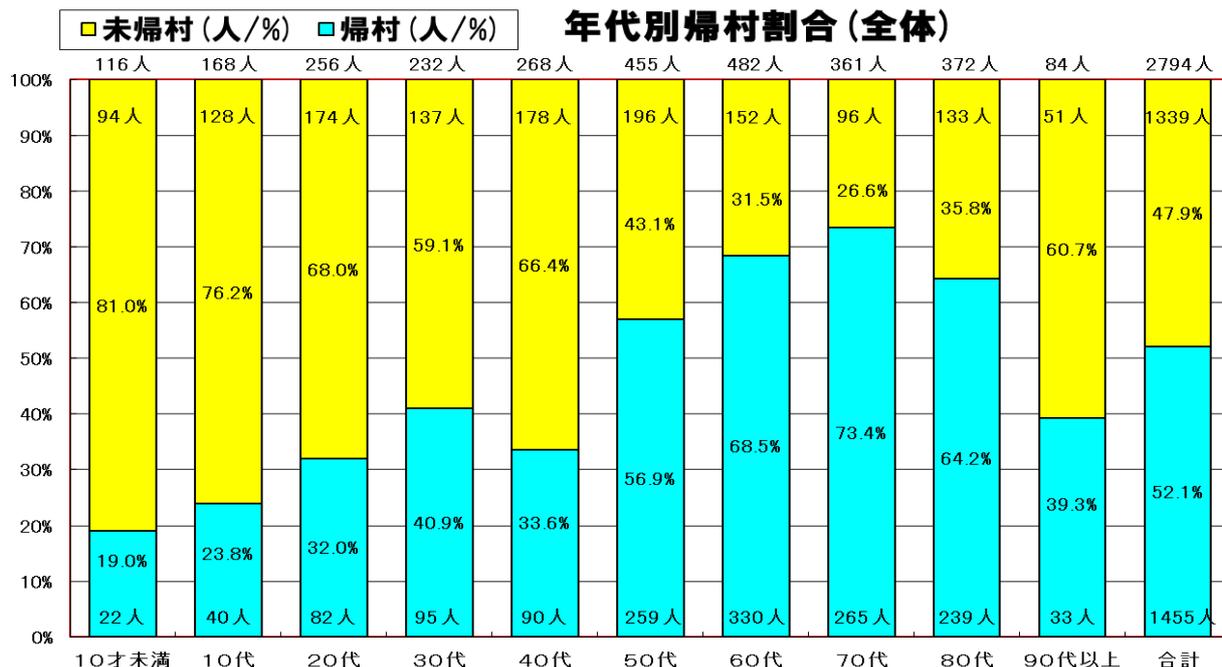
川内村は福島県の浜通りにあり、福島第一、第二原子力発電所の西に位置する。面積は197km²。その86%が山林で、5%が農地だ。震災直後の3月12日には富岡町の人たち約8千人が川内村に避難してこられたが、その後に原発で爆発事故が起きたために、16日には富岡町の人を含め川内村の全町村民が郡山市などに集団避難した。

今の川内村は、放射線量に応じて居住制限区域、避難指示解除準備地域に分かれている。震災前に3,028人いた村民のうち、今も村に住むのは535人、週4日以上滞在者は920人で、その合計は1,455人だ。帰村者は増えつつある。しかし、40代以下の若い世代の帰村率は、今も4割以下にとどまっている。若い人たちの帰村を、どうやって促すかが今後の課題だ。



3月12日には8千人の富岡町民が、川内村に避難した

現在の帰村者の状況 (平成25年10月1日現在 1,455人)



帰村しない人たちに、その理由を聞いてみると、「放射線による被害が怖い」が最も多くて、全体の19%を占めた。以下は「医療環境に不安がある」「生活環境(商店や福祉など)に不安がある」「家に戻っても仕事がない」「子供が、避難先で通学している」「農作物などが栽培できない」「警戒区域となっている」「仕事が避難先で見つかった」と続く。震災から2年8ヶ月が過ぎ、村に「戻る」と「戻らない」という二極化が鮮明になりつつある。

村の復興へ向けての最大の課題は、除染の実施と雇用の場の確保である。このために①雇用確保と企業誘致、②住宅不足と定住構想、③生活道路の確保、④川内高原農産物栽培工場(写真下)、⑤利便性の向上(商業施設整備、葬祭センター整備、宿泊施設の増設)、⑥再生可能なエネルギー導入、⑦健康・医療・福祉の充実(放射線対策と特養ホームの建設、診療所充実等)、⑧教育環境の充実—などに取り組んでいる。これによって10~20年先の人口を3千~5千人にすることを目標としている。



「福島長期環境動態研究—調査」

福島技術本部 福島環境安全センター 飯島和毅

福島長期環境動態研究（F-TRACE）プロジェクトは、放射性セシウムの中での挙動を調べ、移動予測モデルを開発すること、その移動による被ばく線量の変化を推定すること、そして被ばく線量低減に資する対策を提案することが目的である。ここではそのうち、放射性物質の移動挙動の調査について述べる。

この調査では、対象を浜通り側の6つの河川流域の森林、河川、ダム、河口域とした。このうち森林内では、地表にある放射性セシウムが土中深くに浸透することはほとんどなく、その多くが地表か地下数センチ以内にとどまっていることがわかった。川内村のスギ林で行った調査では、地表にある放射性セシウムが流出する割合は1年間で0.5%にとどまっていることがわかった。

また、荻野沢水系にある荻ダムの水底では、場所によっては数十cm前後の厚さで放射性セシウムが堆積していることが明らかになった。ただし、湖水に含まれる放射性セシウム濃度は検出限界以下だった。このことからするとセシウムは堆積物、とりわけ粒径が小さい粘土に強く吸着されていると推定される。

請戸川の河川敷で調べた結果では、上流域の空間線量率の減衰は放射性セシウムの物理減衰より遅く、河川周辺からの放射性セシウムの流れ込みや蓄積の影響があると推測される。逆に下流域の空間線量率の減衰は物理減衰より速く、平均すると蓄積量より浸食量の方が多いと考えられる。なお河川敷の中では、河底に堆積した放射性セシウムは浸食されやすく、通常は乾燥していて、洪水時だけ冠水する場所では放射性セシウムが比較的蓄積しやすいことがわかった。

また、ダム、河川および溜め池で、水中および底土等の固体中に存在する放射性セシウムの量の割合を比較したところ、溜め池は水中に比較的多くのセシウムが存在する傾向が見られたことから、有機物の影響が疑われた。しかし、いずれの場所でも底土等に非常に多くの放射性セシウムが存在しており、底土等に強く吸着されていると考えられる。



原子力機構の職員が、学生からの質問に答えました 福島高専の文化祭に参加



「スパークチェンバーって何ですか？」

「この水槽みたいな装置がスパークチェンバーで、中にヘリウムガスが充填されています。これを使うと、はるか先で起きている宇宙の超新星爆発や、太陽表面の爆発で地球に降り注ぐ宇宙線を見ることができます」

「どうして光っているの？」

「宇宙から降り注いだ宇宙線が地球の大気に届くと、それが大気中の原子核と衝突して、ニュートリノや電子などを二次宇宙線が生まれます。それらがこのスパークチェンバー内を通る時に、放電が起こるような仕組みになっていて、それが光となって見えます。目に見えない宇宙線が通った跡が見えるわけです。けれどもこの宇宙線は、実は皆さんの体の中も通過しているのですよ」

きらきらと好奇心に輝いたくさんの顔。場所は福島県いわき市にある福島高専。ここで開催された同高専の文化祭に実験機材を持ち込んでブースを応援した原子力機構の岩崎真歩と鈴木美穂（写真上は岩崎）は、そんな好奇心にあふれた小中学生や高専生から、しばしば質問攻めにあった。

福島高専は昨年11月3日、文化祭「磐陽祭」を開催した。原子力機構は高専機構と協力協定を結んでおり、高専内で復興に貢献できる人材育成をめざしている地域復興支援室の企画（ブース）に参加して、さまざまな放射線量測定装置の展示や霧箱で放射線を見る実験などを行った。

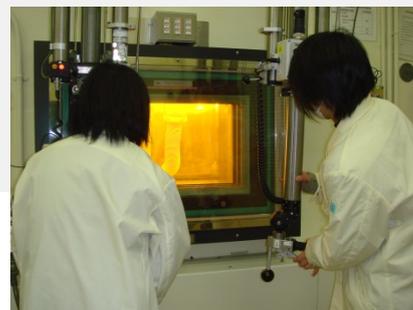
この企画に機構から参加したのは、岩崎と鈴木の2人。ともに福島高専の卒業生だ。福島市内にある福島環境安全センターや、福島高専内にある福島廃炉技術安全研究所の職員とともに、このブースを応援するチームを編成して、対応にあたった。

当日のブースへの来場者は、午前中だけで100人以上。ブースでは高専や機構が準備したパネルをもとに、二人が放射線に関する知識や福島復興に関する研究を紹介するとともに、来場者からの質問に対応した。自然放射線を測定できるサーベイメータや、宇宙線を観察できる前述の装置は、とくに注目の的。また、高専が企画した霧箱の製作では、職員が講師として参加した。

いわき明星大学で放射線取扱実践講座を実施

原子力機構は2月17日～19日、放射性物質の正しい理解を持つ若手教育者を育成するための講座を開催しました。文部科学省の公募事業として実施しているもので、福島県からの受講生を迎えたのは今回が4回目。初日となる17日は、いわき明星大学が会場となり、県内外から約25名が参加しました。2日目からは、原子力機構の大洗研究開発センターで様々な実習が行われました。

左はタイベックスーツ着用実習
右はマニピュレータ操作実習



国立環境研究所と連携して環境回復を

原子力機構は独立行政法人国立環境研究所と協力し、福島の実地環境回復に向けた研究を行っています。2月4日にはコラッセふくしまで、両機関の合同会合を開き、環境動態研究や除染廃棄物についての研究の報告を行うとともに、福島県職員を交えて、新たに建設される福島県環境創造センターへの取り組みについて積極的な議論を交わしました。



福島大学で放射線とエネルギーについて講義

原子力機構の眞田幸尚は1月30日、福島大学の放射線とエネルギーについての授業で、無人飛行機など遠隔による放射線測定の開発について講義しました。講義には理系文系あわせて約30人が参加。検出器の種類や上空から測定する場合の解析方法、放射線の強度とマップの関係等について多くの質問が寄せられました。



福島技術本部ニュース
2014年3月14日 No.14

福島技術本部

〒100-8577 東京都千代田区内幸町2-2-2

TEL 03-3592-2111(代表)

福島環境安全センター

〒960-8031 福島県福島市栄町6-6 NBFユニックスビル7階

TEL 024-524-1060 FAX 024-524-1069

HP: <http://fukushima.jaea.go.jp/>



独立行政法人
日本原子力研究開発機構