

がんばろう ふくしま

福島技術本部ニュース



No.11

2013年 8月20日号

日本原子力研究開発機構

地上の放射線量を測定中の無人ヘリ(平成25年5月)

ため池の底の放射線分布を調べる



福島県内には約3700ヶ所の農業用ため池がある。これらのため池には今、どの程度の放射性物質があるのか。原子力機構ではそれを効率的かつ詳細に調べることが可能となるように、十数ヶ所のため池をモデルとして、様々な手法を用いた池底の放射線測定を行い、モニタリング手法の標準マニュアル化に取り組んでいる。福島県農林水産部農地管理課では、独自に行っている調査と併せて、この測定結果をため池内の放射性物質対策に活用する予定とのことである。ここでは7月に福島県内のため池で行った池底の放射線測定のもようを紹介する。

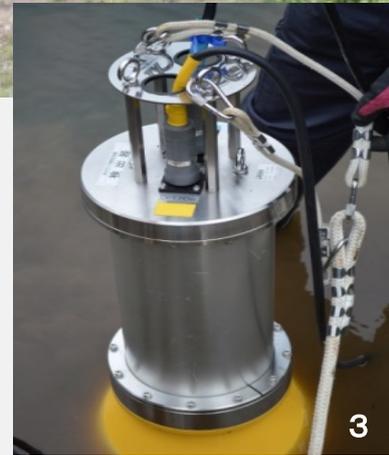
県道を折れると道は次第に細くなる。いつしか未舗装となり、さらに進むとやがてポッカリと視界が開け、緑に囲まれたため池が姿を現した（写真2）。

ここで数日間にわたり、ため池調査が行われる。今にも雨が落ちてきそうな空模様だが、やっかいな風はなく、予定通り、作業は始まった。



2

前日までにプラスチック・シンチレーション・ファイバー（PSF）での水底の面的な線量調査は済んでおり、この日はJ-SubD（水中ガンマ線スペクトロメータ）（写真3）を用いたスポット的な線量調査と、同ポイントでの土壌の採取を行う。



3

まずはJ-SubDが準備された。昨年開発された高分解能を誇る水中専用の測定器だ。池に格子状の測線が5m間隔で設定され、トータルステーション（距離、角度等の測定が可能な測量機器）を用いた測量基点にいる作業責任者の米澤重晃からの指示で、位置を設定したボート上からJ-SubDが水中に正確に落とし込まれていく。（前ページの写真1）



4

昨年度から、PSFの開発を担当する高村善英は、ボート上で検出器をハンドリングする。高村の「着底！」の声を受け、J-subD等の放射線検出システムに精通する山田勉は、地上の基地で、J-SubDからケーブルを伝ってリアルタイムで送られてくるデータを確認する。（写真4）

水位が下がり水中まで陽が差すため藻や水草が繁殖し、ケーブルに絡まる。担当者はそのたびに、これを人力でさばっていく。

（写真5）

時折雨が激しく降る中、作業員たちはそれぞれ役割をこなし、次々とポイントを変え測定が続いていく。「測定作業は晴れた日に行うのに越したことはないですが、ため池を利用する農家の方々のことを考えると、一日も早く調査を進めたいという思いがあります」と、米澤は語る。



5

続いて、エクマンバージ型採泥器と呼ばれる
 土壌採取装置が用意された。一辺20cmほどの立
 方体で、底部の扉を開いた 状態で着底させた
 後、強い力で扉を閉めて土壌を掻き取るもの
 だ。(写真6)



ただ、池の底は砂や泥ばかりではない。水草
 の他、特にここは岩がゴロゴロしている場所も
 多く、全ての測線上で土壌が採取できるわけ
 ではない。採取可能なポイントを見極め、いくつ
 かのポイントから土壌を採取することができ
 た。(写真7)

作業が終わって、担当者たちはずぶ濡れのま
 まで車に乗り込む。車内にはたちまち、雨のし
 ずくと汗からでる湯気が立ち込めた。



土壌サンプルは福島市内の笹木野分析所で分
 析が行われ、測定した放射線データとともに評
 価・解析される。自分たちの測定結果が、水や
 土壌の安全性の判断材料となることで、農家や
 地域の方々の役に立ちたいという思いは、作業
 員全員の共通の思いだ。



プラスチック・シンチレーション・ファイバ(PSF)

放射線量を点ではなく線あるいは面的に測定できる、光
 ファイバーを利用した測定器。検出部（光ファイバー）の長
 さは最大20m。直線にした状態で地面と平行に動かすことで
 面的な測定ができるほか、曲線状の地形での測定や、防水加
 工が施されていることから水中でも測定が可能。



J-SubD(水中用ガンマ線スペクトロメータ)

水中専用に新開発された、検出部にLaBrシンチレーション検出器を採
 用した放射線量測定器。水中300mまでの耐水性を有する。また、NaIシ
 ンチレーション測定器よりも高分解能でエネルギースペクトルを測定で
 きることから、放射性セシウムと他の天然の放射性物質とを区別するこ
 とが可能。

無人ヘリからのデータで三次元マップ画像を作成 放射線量マッピングとの組み合わせで地形が及ぼす影響分析が可能に

原子力機構は5月3日に福島大学構内で、無人ヘリコプターによる遠隔放射線測定を行った。原子力機構では平成23年7月に福島大学と研究協力協定を結んでおり、今回の測定はこの協定にもとづくもの。福島大学ではこれらの測定結果をふまえて、敷地内の除染計画を策定する。



測定当日は原子力機構の放射線計測技術グループのメンバーなど22人が福島大学に集合した。構内にある合宿研修施設前の空き地に無人ヘリの離発着地を設定。無人ヘリを自動で操り、飛行状態や測定状態を監視する基地局は、共生システム理工学類研究実験棟の屋上に設営した。

無人ヘリは午前9時に、手動操作で離陸（写真1）。操作を担当しているのは西原克哉で、西原は農薬散布を10年経験しないと取得は難しいといわれている無人ヘリコプターの高度操作の免許をわずか1年で取得した。



無人ヘリは高度を80mまで上げた後、基地局にいる佐藤義治が、事前にプログラムされた自動飛行へと切り替えた。自動飛行に入った無人ヘリはその後、福島大学構内の上空をプログラム通りに飛行。基地局のパソコンには、無人ヘリコプターの位置や高度、空間線量率、そして無人ヘリが撮影した映像がリアルタイムで映しだされた（写真2）。

無人ヘリによる測定は1時間で終了。放射線計測技術グループではそこで得られた放射線データをもとに、構内の放射線量マップを作成した。

また今回は放射線測定とは別に、オルソ画像を作成するためのデータ取得と解析を行い、3D地上マップを作成した。オルソ画像とは航空写真の外周にできるひずみを補正したもの。オルソ画像と放射線量率とのを組合せることで、地形が測定値に与える影響について調べることができる。

なお原子力機構の放射線計測技術グループは、無人ヘリコプターや無人飛行機などを活用した遠隔モニタリングシステムの研究開発に取り組んでいる。このグループは空からのモニタリングだけでなく、河川や湖沼の水中測定システムの研究開発も手がけている。

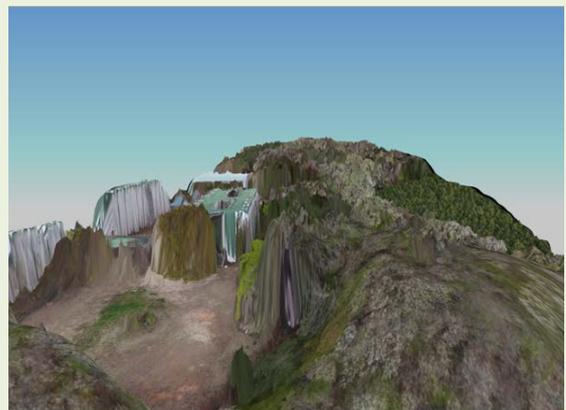
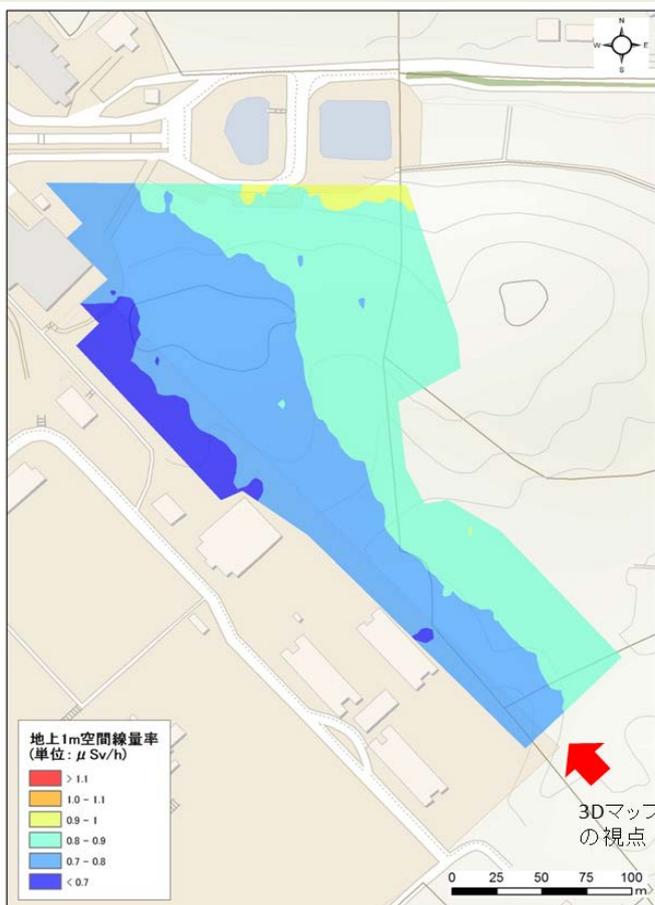
モニタリングの方法

- ・自律型無人ヘリコプターに搭載した検出器（LaBr3シンチレータ）から得られたデータを、あらかじめ設定したパラメータを用いて地上1m高さの線量率に換算する。
- ・線量率の換算値から、天然の放射性核種による線量率を差し引き、文科省マニュアルに記載のある線量率-放射能換算係数により、Cs-137、Cs-134の沈着量に換算する。
- ・換算値は、市販のGISソフトを用いて、内挿法（クリギング）によりマップ化する。
- ・無人ヘリコプターの対地高度は80-100 m（放射線量測定時）、フライト時の飛行速度は5m/s(=18 km/h)とした。

結果

- ・放射線の分布マップに、大きな勾配はなかった。
- ・最大値は線量率0.93 μ Sv/h、Cs-137沈着量1.93E+5Bq/m²、Cs-134沈着量1.03E+5Bq/m²だった。

今回の放射線量測定結果とオルソ画像から作成した3Dマップ



左は無人ヘリコプターで測定した放射線量率から地上1mの高さを指定したマップ。

上はオルソ画像から作成した3Dマップ。位置情報と高度の情報がデジタルの数値情報として保存される。放射線量と組み合わせることによって地形や植生の関係などの解析に使用できる。

放射性物質の量や化学組成をその場で分析 移動式ラボを開発



発電機は隔離され、振動や騒音が直接伝わらない設計

原子力機構は、土壌や河川水に含まれる放射性物質の核種や量をその場で調べることができる移動式ラボを開発した。トラック車両に、環境試料に含まれる放射性物質の濃度や化学組成を調べることができる分析装置等を搭載したもの。これにより、採取から時間がたったり、運搬時に攪乱されたりして成分が変化してしまう試料も、その場で分析することができる。原子力機構では東京電力福島第一原子力発電所からの放射性物質がどのように拡散し、環境中をどう移動しているかを調べているが、その研究の一環として開発した。

原子力機構では放射性物質がどのように拡散し、環境中をどう移動しているかを調べる環境動態研究に取り組んでいるが、これまでは採取した試料を福島市内にある分析施設に運搬し、そこで分析測定を行っていた。しかし、試料の運搬に時間を要することから河川水は、採取した時から時間が経つと成分に変化が生じる。土壌も運搬の際に振動で、分布や粒径が変化してしまう。



これを受けて、原子力機構では、試料採取地点で分析、測定ができるよう大型トラック車両（写真左上）に発電機（写真右上）、排気排水設備、給排水設備、実験台等を設置した移動式ラボを開発。このうちの1台には環境試料中のガンマ線を測定することができるGe半導体検出器を搭載（写真左下）した。また他の1台には、採取した試料の分析手法により、X線回折装置、蛍光X線分析装置、高速液体クロマトグラフィー、紫外・可視光吸光光度計、赤外線分光光度計、レーザー回折式粒度

分布計、全有機炭素分析計等を搭載することができる。これにより、試料の放射性物質の濃度だけでなく、含まれる粒子の粒径、有機物含有量・分子量分布、pH、その他の化学組成等をその場で調べることが可能になった。

この車両は、双葉町や大熊町の河川、ダム、溜め池等での測定に使う予定。これにより採取した直後の試料分析ができ、より精度の高いCsの移動モデルを構築することが可能になる。

笹木野分析所の運用

原子力機構と福島県原子力センターは土壌や水質に含まれる放射性物質の分析など各種モニタリング検査の拠点として、福島市笹木野に分析所を共同で整備し、昨年9月19日から運用を開始した。

分析所は3階建てで、1階は福島県原子力センター、2階は原子力機構の分析室や実験室、3階は両組織の事務所となっている。

原子力機構はここで、環境モニタリングで採取した土壌試料などの環境試料の分析を行っている。分析所には、作業者の内部被ばくを測定評価するためのホールボディカウンタやモニタリング車も備えており、国及び福島県と協力し環境回復に向けて取り組んでいる。



分析所の外観

分析所内にあるGe半導体
検出器と分析室

モニタリング車

ホールボディカウンタ

事故直後のヨウ素拡散分布図を作成 航空機モニタリングデータから解析



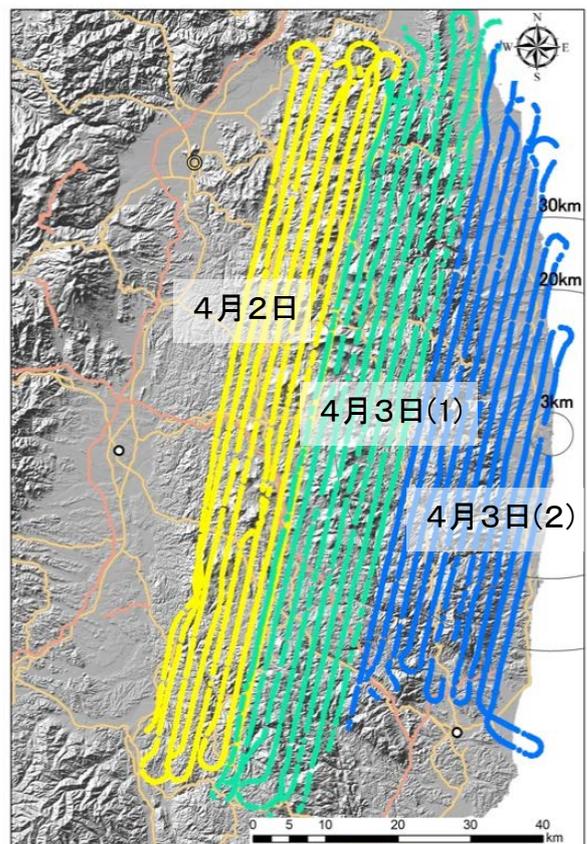
事故直後に福島県上空から空間線量率をモニタリングしたDOEの航空機。右下はその軌跡。

半減期が8日と短いために、東京電力(株)福島原子力第一発電所事故後の拡散状況が詳しくわからなかったヨウ素131。その汚染マップを初めて原子力機構が米国エネルギー省（DOE）との共同研究の成果として公表した。事故直後にDOEが航空機モニタリングで得た測定データをもとに解析したもので、ヨウ素の土壌沈着量は原子力発電所から北西方向に多いこと、また発電所付近では南にも一部流れていることがわかった。

原子力機構は文部科学省原子力災害対策支援本部（当時、以下「文科省EOC」という）の依頼を受け、DOEが事故直後に実施した航空機モニタリングの測定結果を入手し、得られたデータのスペクトルの解析を行った。このうち事故が発生して3週間後の平成23年4月2日と3日に実施された測定結果の中にヨウ素131を示すエネルギーのピーク（365keV）が検出されたことから、ヨウ素131の拡散状況を示す沈着量のマップ化を試みた。検出されたヨウ素131に起因するピーク部分の放射線の計数率を抽出した上で、地表から測定した飛行機の高度までにヨウ素131起因の計数率がどの程度下がるかを求める手法を新たに開発した上で、事故直後にヨウ素が地表面にどの程度、沈着しているかを推定した。

さらに、この方法の妥当性を検証するため、文科省EOCが平成23年6月から7月に実施した土壌データ（6月14日時点で評価）と、今回の解析結果を半減期補正して比較。また、同様のことをセシウム134についても実施した。その結果、地上で測定したヨウ素131、セシウム134の沈着量は推定値とほぼ一致していることを確認した。

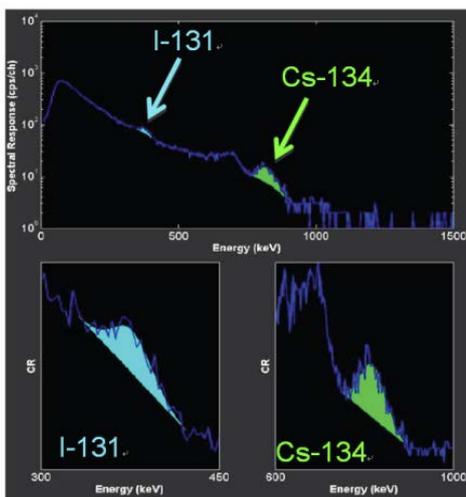
推定結果をまとめた分布図によれば、4月3日時点で沈着量が1平方メートルあたり300万ベクレル以上の地域は北西方向に広がるとともに、南方向にも一部伸びていたことがわかった。



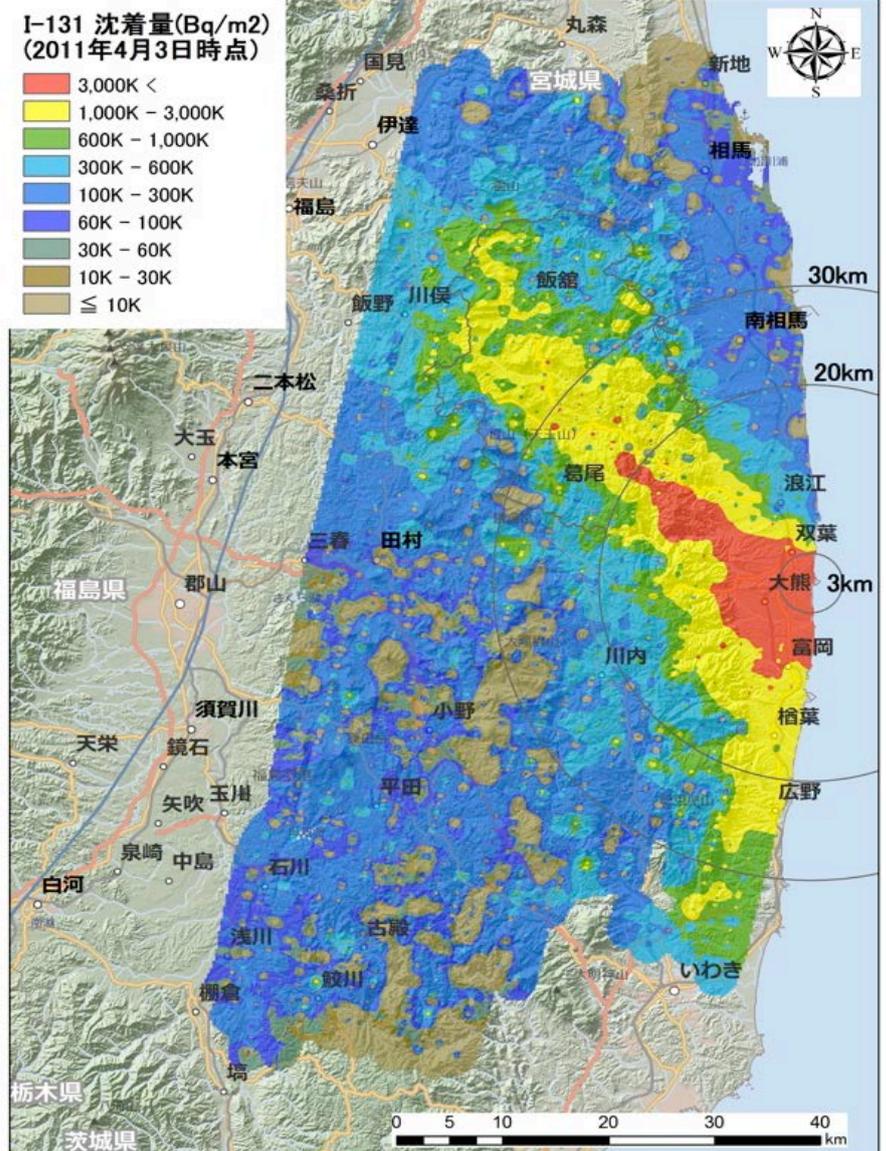
この研究を担当した原子力機構の鳥居建男は、「航空機モニタリング測定で得られたデータからヨウ素由来の信号を抽出するためにスペクトルを解析したが、上空100mから460mの高度で1秒毎に測定したため、ノイズ部分を取り除く作業にさまざまな工夫が要求された。また、地表面にあるヨウ素131が航空機でモニタリングする高度ではどの程度まで減衰するかなどのデータがなかったため、ガンマ線の挙動をシミュレーションするモンテカルロ計算法を用いてヨウ素131に対する検出器の感度特性や地表面から上空に届くまでの減弱量を求める手法を開発し、その減衰係数を求めた。ここで得られたデータは地上での実測値とほぼ一致していることから、地表面に沈着しているヨウ素131の濃度が評価できる」と判断した。また、「今回の解析結果が、これまで少なかったヨウ素131の“面”的な広がりを明らかにしたことから、事故の評価に役立つことを期待している」と語った。さらに、「あつてはならないことだが」と前置きしながら、「今回の手法は、地上での測定を一切使わずに地表面の放射性物質の濃度を評価できることから、緊急時の空からのモニタリングに、新しい手法を持ち込んだ」とも話した。

本解析で得られた結果は、米国保健物理学会誌Health Physics 8月号に掲載され、同誌ON-LINE版やiPad版でも公表されている。

<http://journals.lww.com/health-physics/pages/currenttoc.aspx>



上はモニタリングデータに現れたスペクトル、右は平成23年4月3日時点でのヨウ素131の地表面沈着量、単位はBq/m²



福井県原子力環境監視 センター職員の研修



原子力機構は7月22日から24日までの3日間、福井県原子力環境監視センター職員に環境モニタリング研修を実施しました。

原子力防災用測定器の整備に取り組んでいる福井県からの依頼を受けて実施したものです。

写真は、福井県で使っている検出器と原子力機構で開発した検出器の実測定を行っているところです。

受賞しました

日本保健物理学会・論文賞

福島環境安全センターの津田研究副主幹らは6月24日、「種々の大きさのCsI(Tl)シンチレーション検出器の γ 線に対するスペクトルー線量変換演算子(G(E)関数)の計算と評価」の業績により、平成24年度日本保健物理学会・論文賞を受賞しました。

この論文は、広域の線量モニタリングに使用される車走行サーベイシステム(KURAMA)に組み込まれたCsI(Tl)シンチレーション検出器に対するスペクトルー線量変換演算子(G(E)関数)を計算し、校正場における精度検証をまとめたものです。モニタリングの精度向上に貢献したことが評価されました。左の写真は、堤正博技術副主幹(左)と津田修一研究副主幹(右)。



日本大気電気学会学術研究賞

福島環境安全センターの鳥居建男研究主席は7月4日、これまで地球物理学上の謎であった雷雲到来時の放射線レベルの上昇について測定と解析の両面からそのメカニズムを研究した「雷雲活動に起因した高エネルギー放射線に関する研究」の業績により、平成25年度日本大気電気学会学術研究賞を受賞しました。

鳥居研究主席は、福島第一原子力発電所事故により環境中に放出された放射性セシウムの航空機モニタリング、放射線の遠隔測定技術に関する研究に従事しています。





日本応用地質学会が視察

日本応用地質学会の学会員が7月30日に福島を訪れ、福島長期環境動態研究プロジェクトの調査現場を見学しました。

写真は小高川での河川調査を見学しているところです。

ふくしま再生シンポジウムに協力

国立大学協会と福島大学は6月17～18日に、「ふくしま再生シンポジウム」を開催しました。また、会合にあわせて伊達市で実施された研修・見学会で、原子力機構は会合参加者に対し、ガンマプロッターとP S Fを用いた仮置場での線量測定のもようを紹介しました。

石田センター長も福島県内の除染状況について説明を行いました。



筑波大学で特別講義

原子力機構の職員9名が7月3、10、17日の3日間、筑波大学で開催された「構造エネルギー工学大学院特別講義」で、将来の技術者をめざす大学院生に、環境回復や、福島第一原発の廃止措置に向けた原子力機構の取組について講演を行いました。

参加した学生からは、モニタリングでの具体的なデータの取り方が分かった、経験を活かしてより良い技術者をめざしたいなどの感想がありました。

福島技術本部ニュース
2013年8月20日 No.11

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