



国立研究開発法人
日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門

広報誌

明日へ 向けて

私たちの取り組み

令和2年
1月

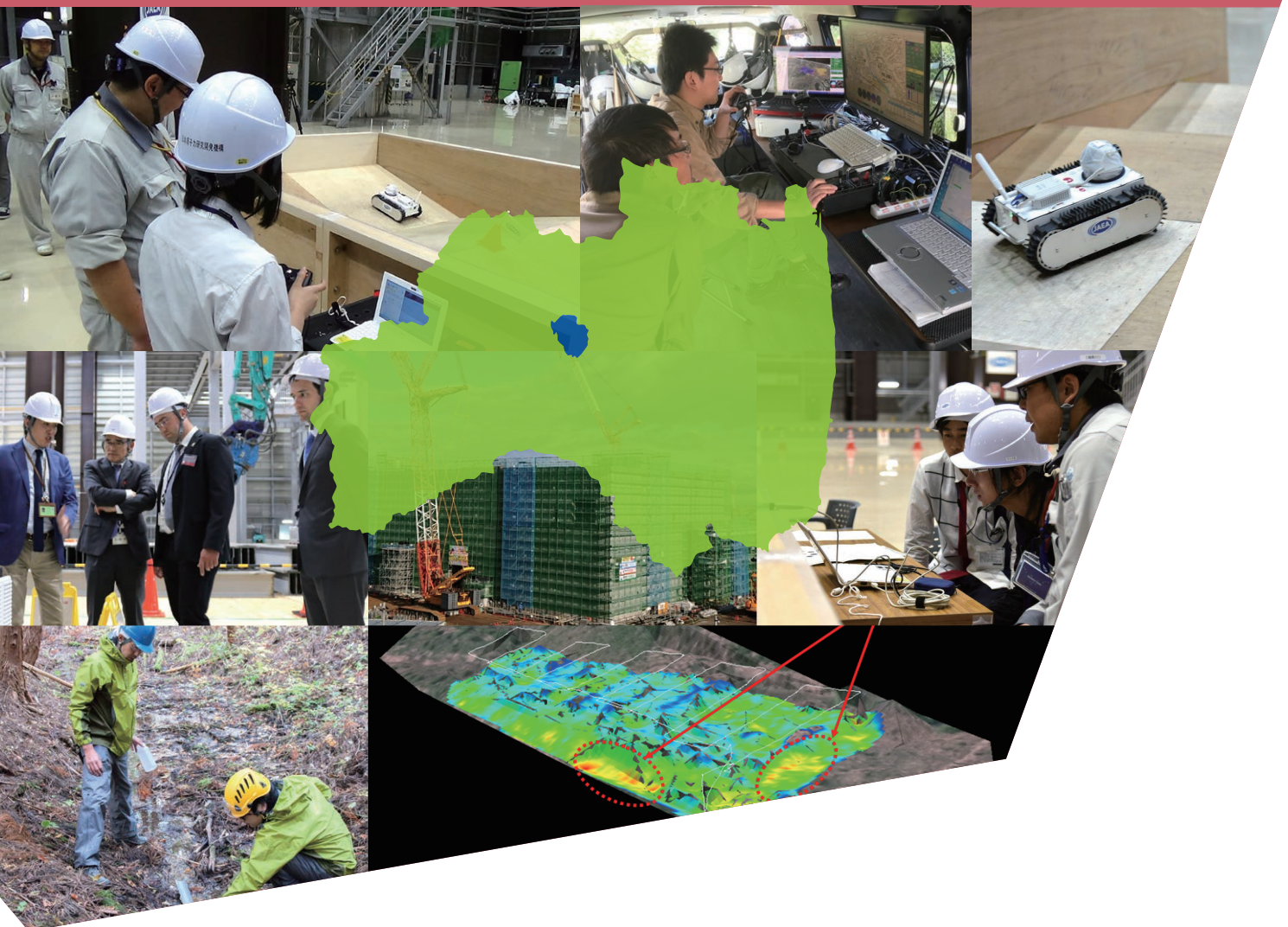
No.16

02 【最前線インタビュー】

廃炉へ向け、いよいよ動き出す最前線基地、
大熊分析・研究センター 中井俊郎センター長に聞く。

04 Topics福島

15 ふくしまふるさと散歩みち



次代の担い手とともに分析・研究を進め、 廃炉への道を歩んでいく。

◎最前線インタビュー

廃炉へ向け、いよいよ動き出す最前線基地、 大熊分析・研究センター 中井俊郎センター長に聞く。

東京電力ホールディングス福島第一原子力発電所(以下1F)西側に隣接する研究開発拠点、『大熊分析・研究センター』は、1F事故で発生した放射性廃棄物や燃料デブリなどの性状把握を行い、1Fの廃炉に資するための研究開発を行う放射性物質分析・研究施設の整備を進めています。

2019年4月に就任した中井センター長に、現状とこれからの展望について聞きました。



大熊分析・研究センター長
中井 俊郎 NAKAI Toshiro

——— 2019年4月に大熊分析・研究センター長として就任されましたが、これまでもを振り返ってみていかがですか。

中井 放射性物質分析・研究施設は施設管理棟・第1棟及び第2棟で構成されており、いま従業員の皆さんが勤務する施設管理棟は、2016(平成28)年10月に着工し、2018(平成30)年3月に開所しました。そして現在、施設管理棟の目の前で、第1棟が2020年度末頃の運用開始を目指し建設が進められ、第2棟が詳細設計中です。

第1棟が運営を開始するまで残り1年あまりとなりま

すが、計画に沿って無事故無災害で建設を進めていくこと、運営に向けた組織体制や陣容を整えることが、私の使命であると認識し身の引き締まる思いで取り組んでいるところです。



施設管理棟外観

——— 1Fの廃炉に向け、この大熊分析・研究センターはどんな役割を持つのでしょうか。

中井 当センターは、1Fの事故で溶け落ちた核燃料（燃料デブリ）や放射性廃棄物を分析し、これらの性状等を把握するための研究開発を担います。

事故で発生した放射性廃棄物や、廃炉を進める上で発生する放射性廃棄物を安全に処理・処分するために、その性状として、付着している放射性物質の種類、濃度、量について情報を知る必要があります。また、燃料デブリについても、安全な取り出しから、保管、長期的には処理処分のために必要な情報を集めることが必要です。

第1棟では低線量の放射性固体廃棄物などを、第2棟では高線量の燃料デブリなどを対象に分析する予定です。

——— 現在建設中の第1棟の具体的な目的と設備について教えてください。

中井 第1棟は、1Fで発生するガレキや資機材、土壌、可燃物の焼却灰、汚染水処理に伴い発生する二次廃棄物などの性状を把握することにより、今後の処理・処分方法とその安全性に関する技術的な見通し等を得るため、分析を行うことを目的とした施設です。

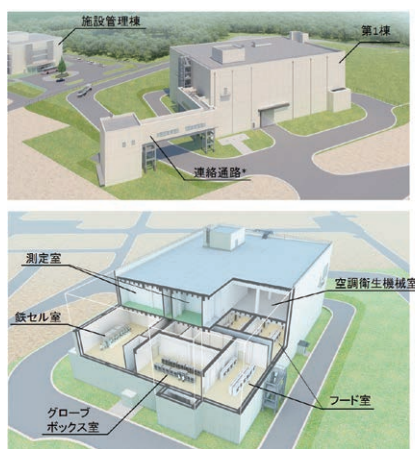
分析対象物の表面線量率や性状等に応じて分析することが可能な試料に調整するため、鉄セル4室、

グローブボックス10基、フード56基などを設置します。

さらに放射能分析、化学分析等を行うために、



建設が進む第1棟（2019年11月撮影）



第1棟イメージ図

放射性核種を測定する液体シンチレーションカウンタやガンマ線スペクトロメータ、また、放射線計測が難しい核種の分析に用いる高周波誘導結合プラズマ質量分析装置の導入を予定しています。

——— 廃炉まで長い道のりですが、これから主役となる若い職員の育成や将来の展望についてお話しいただけますか。

中井 福島研究開発部門は設立されてから日の浅い組織です。分析分野や分析・研究施設の建設、運営について経験がある職員と新たに採用された若い職員で構成されています。

我々は廃炉に向け長い道のりを歩まなくてはなりません。そのため、放射性物質分析・研究施設の運営、分析結果の評価、品質保証などの業務に加えて、分析技術開発や分析技術の継承が必要です。

福島研究開発部門では、ここ数年、化学・物質分野を中心に優秀な若手を採用し、東海地区や

大洗地区にある研究開発施設で分析技術の習得を目的とした研修を行ってきました。そのうち何名かは研修を終え、当施設に戻り第1棟の運用に向けた準備や分析技術開発に携わっています。

廃炉の完遂は若い技術者にかかっていると言っ

ても過言ではありません。しかし彼らだけに任せるのではなく、我々もその力になれるように、ともに歩んでいきたいと思っています。

当施設は地元の「大熊」という名前がついています。これは地元の方々のご理解を踏まえて名前を冠させていただきました。引き続きご理解を得ながら本施設を安全に運営し、1Fの着実な廃炉を目指した分析・研究に取り組んでまいります。





相馬高校生徒によるロボット操作体験実習

2019.7.29 No.93

楢葉遠隔技術開発センターが 「ロボット操作実習プログラム」を開設

福島県立平工業高等学校及び福島県立相馬高等学校生徒が
体験実習に臨む

楢葉遠隔技術開発センター(楢葉町:以下、「楢葉センター」)は、「福島イノベーション・コースト構想」*1におけるロボット関連の人材育成に貢献するため、教育機関や企業を対象に「ロボット操作実習プログラム」を今年度から開設しています。

今般、福島県立平工業高等学校(以下、「平工業高校」)制御工学科の1年生40名、並びに福島県立相馬高等学校(以下、「相馬高校」)普通科及び理数科の2年生41名が当該プログラムを活用し、楢葉センターにおいて、バーチャルリアリティ(以下「VR」)システム、ロボットシミュレータ、クローラ型のロボット操作の体験実習を行いました。

■さあ、学習をはじめよう



概況説明を聴く相馬高校生徒

まず、福島第一原子力発電所(以下、「1F」)の廃止措置を円滑かつ安全に進めるためには、遠隔操作機器(ロボット等)の活用が不可欠であり、楢葉センターはその開発・実証試験が行える施設として企業・大学等が活用している等の概況説明を行いました。

その後生徒達は、あたかも1F原子炉建屋内にいるような模擬空間を体験できるVRシステム実習に進みました。VRシステムは作業計画の立案や訓練に活用することができ、廃止措置作業の効率化や作業員の被ばく低減に役立てることができます。

生徒達は原子炉建屋内の炉内環境を不思議な感覚で体験でき、驚嘆の声を挙げていました。

■ロボット操作を体験しよう

次にクローラ型ロボット操作の体験実習を、大型施設である「試験棟」で行いました。

一人ひとりがシミュレータでロボットの操作方法を学んだ上で、テストフィールドで実際のロボット操作に臨みました。

原子炉建屋内は狭隘部や障害物、段差が多く、遠隔操作でのロボット走行には高度な技術が必要となります。ロボットに搭載されたカメラの映像だけでは見える範囲が極端に狭く、ロボットを直行させたり回転させたりするのに苦勞する生徒達の姿が見受けられました。それでも直ぐに操作方法を習得できたのは、やはり若い世代の生徒ならではの感心しました。

また、プレスが取材に訪れ、生徒たちの体験実習の様子を興味深く見守るとともに、数名の生徒らにインタビューを行いました。生徒たちは楽しくはつきりと、実習で体得したこと等を話していました。



平工業高校生徒の体験実習風景

■体験実習を終えて

相馬高校の中塚涼太さんは、今回の体験実習を終えて次のように話していました。

「最先端の技術であるVRシステムは、日常では体験できない非常に貴重な実習であったと考えています。また、試験棟でのシミュレータや実機でのロボット操作が、こんなに大きな施設で試験研究が進められていることを知ることができ、良い体験を積むことができました。

(今回の体験実習で何か得られたものはありますかの質問に対して)私も福島県民です。1F原子炉(の廃止措置)について知ることが大切であり、それを知ること、何らかの形で表現していろいろな人たちに伝えていくことが必要であると考えています。まずは家族からはじめ、友達等にも伝え広げていきたいです。」

(注 記)

*1「福島イノベーション・コースト構想」

福島イノベーション・コースト構想は、東日本大震災及び原子力災害によって失われた浜通り地域等の産業を回復するため、当該地域の新たな産業基盤の構築を目指す国家プロジェクトです。廃炉、ロボット、エネルギー、農林水産物等の分野におけるプロジェクトの具体化を進めるとともに、産業集積や人材育成、交流人口の拡大等に取り組んでいます。なお、「福島イノベーション・コースト構想」の実現を担う人材育成において、平成30年度から相馬高校はトップリーダー分野で、また平工業高校は工業分野でそれぞれ育成校に指定されています。

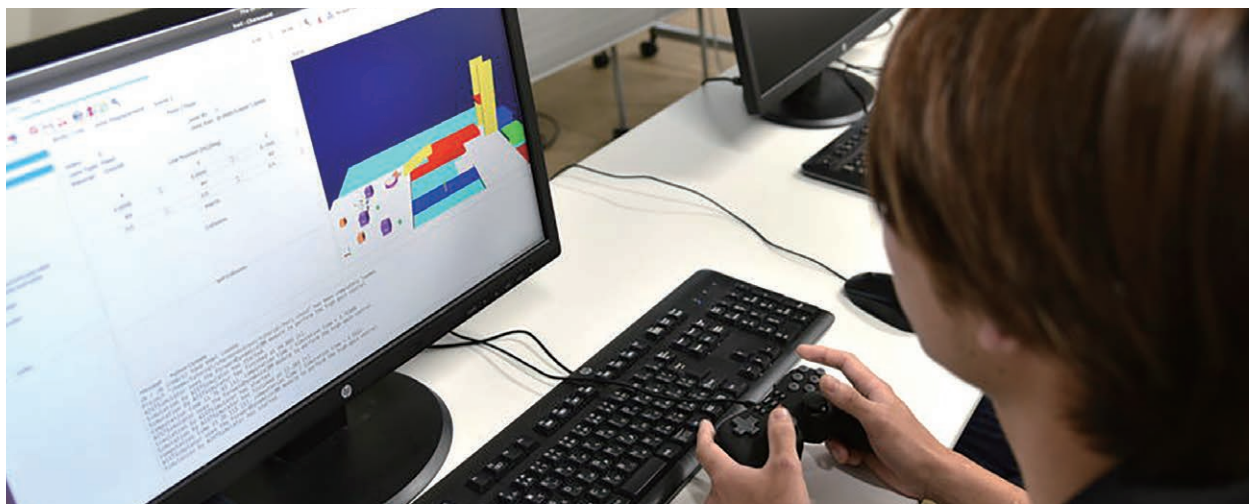
檜葉遠隔技術開発センター(檜葉町)

檜葉遠隔技術開発センターは、ロボット等の遠隔操作機器の開発や、実証試験等を行うことができる施設であり、福島第一原子力発電所の廃止措置を推進するための開発実証試験や企業・研究機関・教育機関等による遠隔操作機器の実験、各種会議、イベントなど幅広く一般にもご利用いただける施設となっています。

特に、今年度から教育機関や企業を対象に「ロボット操作実習プログラム」を開設し、ロボット関連の人材育成に活用されています。

なお、檜葉遠隔技術開発センターの施設利用をご希望される場合は、HP (<https://naraha.jaea.go.jp>) をご確認ください(必要な手続きや料金、ご利用いただける設備等)いただきますよう、よろしくお願いいたします。





ロボットモデル作成実習風景

2019.10.7 No.94

高専生及び大学生が「原子力災害に係る遠隔技術」を学ぶ

——— 檜葉遠隔技術開発センターで夏期休暇実習に参加 ———

檜葉遠隔技術開発センター(檜葉町:以下「檜葉センター」という)では、今年9月上旬に1週間、原子力災害に係る遠隔技術としてロボットの遠隔操作等に係る夏期休暇実習を実施し、福島工業高等専門学校、小山工業高等専門学校、長岡技術科学大学及び名古屋工業大学から5名の学生が参加しました¹⁾。今回、学生がどのような体験実習を行ったのか、その5日間を追いました。

■学生の世界を大きく広げる体験実習

我が国の原子力への理解促進や原子力分野への人材育成に資するため、原子力機構では、夏期休暇期間中の学生に対し例年広範なテーマを設けて体験実習を提供しており、夏期休暇実習生を募集しています。この実習生の受入れは、全国の大学や高等専門学校との交流の広がり、相互の連携や協力の強化などが期待されています。

今般、檜葉センターでは、「福島第一原子力発電所(以下「1F」という)の廃止措置及び原子力災害対応に係る遠隔技術」をテーマに、全国の高専生や大学生を対象に体験実習を行いました。

■まずは、原子力災害に関するロボットの講義と操作から

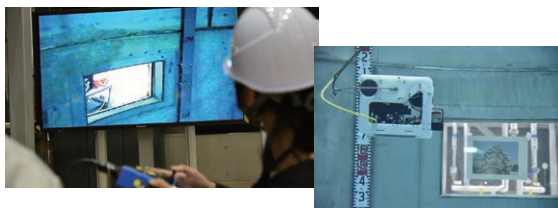


意見をしっかり述べる姿が伺えました。

次に、大型の試験施設である「試験棟」において、クローラ型ロボットや水中ロボット、ドローンの操作実習を行いました。この実習で、学生は陸海空のロボットの操作を体験し、原子炉建屋内等の現場で見られる狭隘部や障害物、段差、水中環境でのロボットの操作の難易度を体感しました。

クローラ型ロボットでは、最初にロボット自身を見ながら操縦した後、搭載されたカメラ映像だけの操縦にチャレンジしました。見える範囲が極端に狭く、目の前のフィールドが見えない状態になるため、最初簡単に操縦できても操作が困難になり、大変苦労している様子が伺えました(右図)。





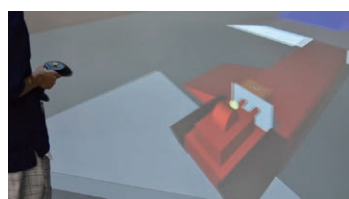
また、水中ロボットでは、ロボット自身の命綱でもある電源・通信用ケーブル自体の“捻じれ”や水中で受ける“抵抗力”の影響で思うように操縦ができず、こちらでも四苦八苦していましたが、動作の特性を見極めるため何度も操縦を繰り返すことにより、ある程度狙った所まで移動できるようになりました(左図)。

■基本操作から応用編へ ～ロボットシミュレータの実習へ

翌日からは研究管理棟に戻り、2.5日間の日程でChoreonoid²⁾というソフトウェアをベースにした「ロボットシミュレータ実習」に入りました。実習では、まず講義をしながらサンプルモデルの一つである“Tank”モデルをゲームパッドで操作するシミュレーションの作成を行いました(右図)。ここでは、皆要領よくスムーズにシミュレーションデータの作成ができました。その後、本実習のメイン課題である1F環境でのロボット走行の障害となる要素を盛り込んだ競技に向けたロボットモデルの作成を行いました。



競技は得点競争で、①途中に障害物のある細い橋を通過し得点数の高い順に重さが異なるオブジェクトをキャッチ機構で掴む。②①とは別の細い橋を通過。③得点によって高さが異なる台に①で掴んだオブジェクトを置く。というものです。新規に奇抜な発想でモデル作成する人、サンプルをベースにモデルを作り操縦練習を重点的に行う人等、個々に様々な



考えの下、モデル作成・操作練習を行っていました。競技開始時にはVR室に移動し、VRに投影したモデルを見ながら競技を行いました(左図)。競技では緊張から細かい道から落下したり、思った通りにオブジェクトが掴めない等のミスが頻発しました。このような状況でも、少しでも多く得点を得るため得点獲得方法の変更や搭載した機構を本来とは別の使い方を使用する等、様々な工夫を凝らし奮戦している様子が伺えました。

■実習を終えて得たものは何か

学生5名は、最終日に1週間の実習成果や課題等について、10分間程度のプレゼンテーションを行い(下図)、実習で使ったロボットやドローンの利点や欠点、改良点や改善策を講じる必要性などについて発表しました。講評として、プログラミングの構築にあたって自ら工夫をこらしロボットが橋から落ちないようにしている努力の成果が垣間見られているなどの発言がありました。

すべての実習を終えて、福島工業高等専門学校の吉田 萌夏(ヨシダ モエカ)さんは、「ロボットシミュレーションを構築し、VRで投影して実習を行いました。考えていたように動作できず、納得がいきませんでした。またチャレンジしたいと思います。今回いろいろなロボットを操作しましたが、実際の現場で操作する場合には、ロボットのカメラだけを見ながらの操作となるので、かなり難しく、手こずるのではと身を持って感じました。」と述べていました。また、名古屋工業大学の山浦 健介(ヤマウラ ケンスケ)さんは、「今後の大学での遠隔技術の経験を積むために参加しました。パソコンでモデルをプログラミングして、自分で動かす実習を行いました。ロボットのバランスが悪く途中で転んでしまったり、実際に走らせてみたら力学的に動かず、プログラムを再度書き換える作業が発生する等、大学の授業でのプログラミングとは違った大変さがありました。遠隔ロボットは汎用や応用が可能であり、幅広い分野で活用できると考えています。」と感想を述べていました。



楢葉センターは、原子力への理解促進や原子力分野への人材育成に資するため、今後も引き続き人材育成活動に積極的に取り組んでいきます。

(脚 注)

- 1) 原子力機構福島研究開発部門において開講した2019年度夏期休暇実習体験に参加した学生は、次の通りです。
・廃炉国際共同研究センター5名(照射効果他)・楢葉遠隔技術開発センター5名(遠隔技術)・大熊分析・研究センター1名(分析技術) (10/7-10/11まで受入)・福島環境安全センター 6名(環境動態研究)
- 2) Choreonoid(コレオノイド)
産業技術総合研究所が開発・公開したオープンソースのロボット用統合ソフトウェア。汎用的な基本機能の上に任意の機能をプラグイン(機能拡張)として追加可能な設計しており、動力学シミュレーションや振り付け機能もプラグインとして実装されている。プラグインは他のプラグインと連携可能なため、既存の機能を活用しながらに多くの機能を拡張していくことができ、フレームワーク全体として非常に拡張性の高い構造となっている。



試験棟内での見学風景

2019.12.16 No.96

「原子力施設における遠隔技術」を議論

—— 楢葉遠隔技術開発センターにおいて国際会議を開催 ——

原子力災害に対する緊急時の対応や原子力施設の廃止措置を進める上では、放射線や有毒ガス或いは可燃性ガスなどの危険があるため、人に代わって作業するロボット等の遠隔技術の開発は欠かすことができません。今般、センサで広範囲を高精度で計測することが可能となり、コンピュータの高性能化・小型化が進んでいることを背景にロボット技術はめざましい進歩を遂げています。しかし、そのようなロボット技術を原子力施設に適用するには、いまだ多くの技術的な課題があり、加えて整備・訓練・使用など運用上の課題もあります。また、福島第一原子力発電所(1F)の廃炉作業はもちろんのこと、災害対応などは類似の事例が少ないため、技術的な専門家や運用上の知見を持つ人達と、相互に意見・情報の交換を密に実施することが重要となります。

このため、楢葉遠隔技術開発センター(楢葉町:以下、「楢葉センター」)は、2014年度から原子力施設のための遠隔技術を取り扱う国際カンファレンスを開催し、国内外の知見を活用することとしています。今般、「2019年度第4回福島リサーチカンファレンス(FRC*)」を10月23日(水)-24日(木)にかけて楢葉センターで開催し、参加したフランス、韓国、アメリカ、イギリス及び日本の研究者を含む約40名の国内外のロボット有識者が、その取り組みや研究成果を紹介し有意義な意見交換を行いました。

■議論を通して重要なことは何か

はじめに、楢葉遠隔技術開発副センター長、加島洋一が開催挨拶を行い、台風19号による記録的大雨の影響が残る中で無事開催できること、そのような中でも積極的に参加頂いたことに対し謝意を述べました。

基調講演では東京大学の浅間一教授より、これまでの1F廃止措置の進捗について、説明がありました。また、1F廃止措置でも活躍した無人重機のシステムが、1991年に発生した雲仙普賢岳の大火砕流を契機に開発され、その後災害現場で利用され続けてきたため、災害時にも安定して作業できる技術に発展したことを例にあげ、技術を継続して利用し維持することの重要性を述べられました。



基調講演の様子

その他、遠隔地のロボットを操作する難しさを課題に挙げ、その解決となり得るロボットの周囲の状況を認識する能力や操作性に関する最新の研究事例について紹介されました。さらに、1F廃止措置のために培われた技術はインフラ整備や宇宙開発などの他の分野にも適用できる可能性があることを述べられました。講演後、会場からは他の分野との研究者らと協力して1F廃止措置を推進するにはどうすればよいか?といった質問が寄せられ、まずは1F廃止措置の現状を広く伝えることが重要であるとの議論が交わされました。

■ 招待講演／ポスターセッションを通じた国内外の研究者による意見交換

招待講演では、フランスの原子力災害対応のための機材を整備・運用しているGroupeINTRAのPhilippe Kessler氏が、その取り組みについて講演されました。講演では、GroupeINTRAが整備している機材やそれを整備・運用するチームが紹介されました。会場からはロボットの仕様や訓練方法について関心がよせられ、活発な議論が行われました。また、韓国の原子力研究機関であるKorea Atomic Energy Research Institute (KAERI)のJi Sup Yoon氏が、KAERIでのロボットの研究開発について述べられ、中には基調講演で言及された認識能力や操作性に関する

研究も紹介されました。さらに、韓国においては、それら研究成果を産業に転用する仕組みがあり、いくつかの事例が紹介されました。招待講演者は両者とも、各国の研究機関が相互に連携・協力する重要性について言及されました。

ポスターセッションでは、国内外の若手研究者を中心に7件の発表がありました。発表のテーマは、水中ロボットやドローンをはじめ、3次元データの作成技術やロボットの性能試験など様々な分野に亘り、意見交換が行われました。また、シミュレーション技術を使用したシステムロボットの操作(左図)も体験でき、難しいロボットの走行操作に挑んでいました。



■ 楢葉センターと福島第一原子力発電所を見学

楢葉センターの施設見学では、先ず1F内部を仮想空間で体験できるVR*室に向かいました。VR室では3次元データを元に1F原子炉建屋内を体験しました(右図)。

また、「試験棟」の施設見学では、クローラ型ロボット、水中ロボットやドローン飛行訓練を見学し、施設の規模やロボットの説明に耳を傾けていました(下図)。



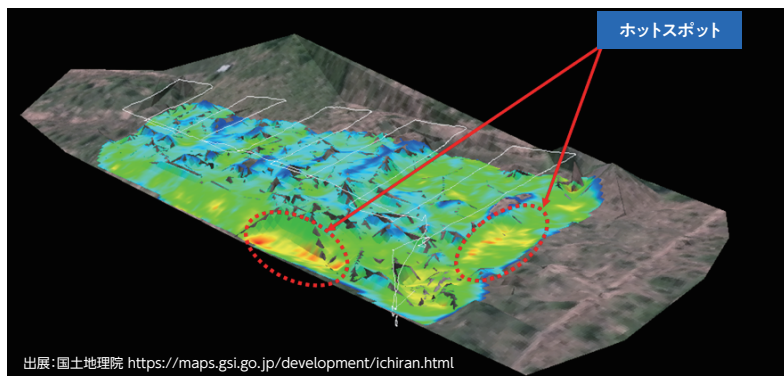
2日目には、1Fの施設見学に向かいました。参加者らは、見学説明者から津波による被害の痕跡や復興の活動についての説明を聞いた上で、遠隔操作ロボットを整備運用するために、1F廃炉の現場を見学できたことは重要かつ貴重であり大変参考になったとの感想を述べていました。

楢葉センターとしては、今後とも引続き1F廃止措置に向けた最新の知見を得るための国際的規模の会議の場を設け、このような意見交換を積極的に展開していきます。

【略語解説】

*FRC:Fukushima Research Conference

*VR:Virtual Reality



3次元的な放射性物質分布図

(実証試験を行ったエリアで測定した放射性物質分布のカラーコンター図^{*1)}。
LiDARセンサで測定した3次元地形モデルに航空写真を貼り付け、さらにコンプトンカメラで撮影した放射性物質分布のイメージを重ね合わせた。)

空からすばやく 環境中の放射性物質分布を3次元で可視化

放射性物質可視化カメラを搭載したドローンシステムを開発

廃炉国際共同研究センター(Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science: 以下CLADS)(富岡町)は、株式会社千代田テクノル(以下、千代田テクノル)らとともに、放射線源の位置を特定できる小型軽量コンプトンカメラ^{*2)}をドローンに載せて、動きながらも放射性物質分布を測定できる遠隔放射線イメージングシステムを開発しました。福島県の帰還困難区域において実施した試験では、約7000m²のエリアの放射性物質分布の3次元可視化に成功するとともに、点在する汚染(ホットスポット)を短時間(半日以上⇒30分未満)で確認できることを実証しました。

本システムは、帰還困難区域内の広いエリアでも、また東京電力ホールディングス福島第一原子力発電所(以下、1F)廃炉作業においても放射性物質の分布を効率的に把握できること等への活用が期待されます。

■測定者の進入をはばむ環境、見えないホットスポット

福島県内の帰還困難区域を含む屋外環境において、1F事故に伴い環境中に飛散・沈着した放射性物質の分布を把握することは、除染作業への情報提供や住民帰還への指標とする上でとても重要です。しかし、従来のサーベイメータでは広範囲なエリアでの測定に時間がかかり、また、測定者が足場の悪い場所で怪我等の危険も伴うことが懸念されます。特に、帰還困難区域の田畑は1F事故後の手入れ・管理がなされず、人の背丈ほどの草木が生い茂っていたり、道路はひび割れた状態でむき出しになったりしているところもあります。また、測定者が目に見えないホットスポットに意図せず接近してしまう可能性もあります。そのため、広範囲の放射性物質の分布を簡便に、遠隔で測定できる手法が求められていました。

■広範囲なエリアに存在する“局所的な汚染”を見逃さない

CLADSでは、ガンマ線の飛来方向を特定し、放射性物質の分布を目に見えるようにするコンプトンカメラの開発を進めており、1Fでの実証試験を積んできました。

この程、千代田テクノル福島営業所(楡葉町)と、福島県浜通りの地元企業である株式会社栄製作所(南相馬市)等と連携して、重さ1.5 kgの小型軽量コンプトンカメラをドローンに搭載し、GPSセンサ及び慣性計測センサ(IMU: Inertial

Measurement Unit)を用いて、コンプトンカメラの自己位置及び姿勢情報をリアルタイムで計測することにより、移動しながらコンプトンカメラによる測定を可能にした遠隔放射線イメージングシステムを開発しました(図1)。

図1. 開発した遠隔放射線イメージングシステム。
搭載した(上図)小型軽量コンプトンカメラと
(右図)LiDARセンサ



図1のLiDARセンサ^{*3)}は3次元地形モデルを取得します。これによりドローンと測定対象地点間の距離を把握することができ、地表面までの距離が遠くなることによる放射線検出数の減少を考慮して、地表面に沈着した放射性物質の分布を3次元地形モデル上に可視化することができるようになりました。今般、本システムを用いて帰還困難区域で実証試験を実施し(図2)、冒頭に示すような3次元的な放射性物質分布図を描画することに成功しました(この図では、放射性物質が多く沈着している箇所を赤く示しています)。なお、冒頭の放射性物質分布図との比較のため(図3)にサーベイメータを用い



図2. 実証試験での測定風景

時間で測定することができただけでなく、局所的な汚染を見逃さないシステムに仕上げることができました。これにより、作業者の被ばくや怪我などの安全に対するリスクを低減することにもなります。

て取得した線量率分布マップを示しました。

ドローンを用いた実証試験の結果、道路やあぜ道に存在するホットスポットをドローンの飛行によって遠隔で可視化できることが確認されました。今回測定を行った約7,000m²の広範囲エリアは草木の手入れがされておらず足元も悪かったため、サーベイメータを用いたホットスポットの探索に関わるデータの取得に半日以上を要しました。しかし、本システムを用いることにより、30分未満という短時間で測定することができました。

このように本システムでは、サーベイメータとは異なりガンマ線の飛来方向を特定できるコンプトンカメラ(高精度イメージング)とドローン(優れた機動性)を組み合わせることにより、広範囲な

エリアを短

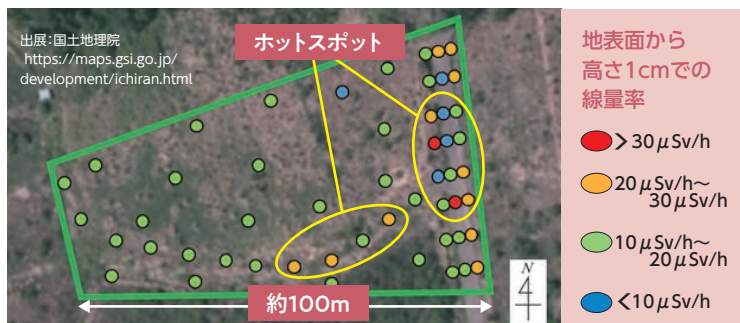


図3. 同じエリアについてサーベイメータを用いて測定した結果(実測値)。測定面積:約7,000㎡

■システム開発で新しい放射線計測を実現

本研究を行っているCLADS佐藤優樹研究員は、「私たちは放射線計測技術と遠隔操作技術、環境認識技術を組み合わせることにより、これまでにない新しい放射線イメージング技術の開発を進めて、1F原子炉建屋内部といった過酷環境でのホットスポット検知に成功してきました。」と語っています。さらに、「開発した技術を廃炉現場だけでなく、福島県帰還困難区域といった環境の放射線計測に役立てられれば嬉しいです。」と続けました。

本システムは、広いエリアでも短時間でモニタリングでき、かつ民家や里山における局所的な汚染の検知に有効であり、帰還困難区域で自治体や帰還を望まれる避難者の皆様への情報提供に資することが期待されます。さらに、廃炉作業が進行中である1Fにおいても、サイト内の放射性物質分布を3次元的に可視化することにより、ホットスポットの効率的な把握や除去、効果的な遮へいにより廃炉作業の円滑な推進に貢献できると考えています。

なお、本事業は福島県地域復興実用化開発等促進事業費補助金事業^{*4)}の採択課題「無人飛行体をプラットフォームとする放射線分布の3D可視化技術の開発」(代表:原子力機構 佐藤優樹研究員、千代田テクノル 小澤慎吾研究員)として実施したものです。

【用語解説】

- *1) コンター(等値線)図: 図面上で、ある量の値が同じであるような点を結んだ線のこと。一定の値毎に等値線を描いた図面を等値線図(とうちせんず)と言い、地形を表現するためによく用いられ、高さの等値線を「等高線」と呼ばれています。等値線図を見易くするため、各等値線の間の帯毎に段階的に色彩を施したものをカラーコンター図と言います。
- *2) コンプトンカメラ: 放射性物質を可視化するための装置としてガンマカメラが知られていますが、コンプトンカメラは、ガンマカメラの一種です。入射したガンマ線(放射線の一種)が散乱体と吸収体の各々で相互作用した位置と受取ったエネルギーから、解析的にガンマ線の飛来方向を特定します。そのため、高重量の遮蔽体が必要ず、ドローンに搭載する上で必要となる小型化が実現可能です。
- *3) LiDARセンサ(LiDAR: Light Detection and Rangingの略): パルス状に発光するレーザー光を用いて対象物を走査し、反射した散乱光が戻ってくるまでの時間から距離を計測するセンサです。これをドローンに搭載することにより、作業環境の3次元的な地形モデルを取得することができます。
- *4) 福島県地域復興実用化開発等促進事業費補助金事業: 福島県浜通り地域等15市町村において、地元企業及び地元企業との連携により、地域振興のための実用化開発等を促進し、浜通り地域の産業復興の早期実現を図るため、政府が支援を実施しています。福島イノベーション・コースト構想の重点分野産業の裾野を広げ、福島県復興の加速化を進めることを目的としています。

廃炉国際共同研究センター(富岡町)

廃炉国際共同研究センターは、1F廃止措置に向けて、国内外の英知を結集する場として、事故進展シナリオの解明、燃料デブリの取出し、放射性廃棄物の処理・処分、遠隔技術による可視化・分析に係る研究開発を実施しています。





無人ヘリコプターによる放射線計測風景

2019.10.15 No.95

福島環境回復に貢献

防災功労者内閣総理大臣表彰を初めて受賞



福島環境安全センター(三春町・南相馬市:以下「環境安全センター」)は、令和元年9月20日に原子力機構として初めての防災功労者内閣総理大臣表彰を受賞しました。これは、『「防災の日」及び「防災週間」について』(昭和57年5月11日閣議了解)に基づき、災害時における人命救助や被害の拡大防止等の防災活動の実施、平時における防災思想の普及又は防災体制の整備の面で貢献し、特にその功績が顕著であると認められる団体又は個人を対象として表彰されるものです。

今回の受賞に関して、環境安全センターの宮原 要(みやはら かなめ)センター長に話を聞きました。

—2019年度4月の「平成31年度科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞(開発部門)」に続き、今回の受賞となりました。長年の功績に対するこのような表彰をどう捉えていますか。

宮原 文部科学大臣表彰は、環境動態研究の組織的な業績として代表5名(個人)が受賞しましたが、今回の内閣総理大臣表彰は、環境安全センターの取組みとして防災体制の整備の観点から、環境モニタリングと環境動態研究の取組みを合わせた業績が団体として表彰されたものです。この団体表彰は、環境安全センターのメンバー一人一人が常日頃から福島の復興に思いをはせ、社会からの信頼を大切に、日々の業務を一つ一つ地道に積み重ねて取り組んできた「あかし」と考えています。



こうした取組みの例として、南相馬市を拠点として、無人ヘリコプター等の遠隔機器を活用して空からや湖沼等での環境モニタリングに取り組んでいるチームがあります。メンバーそれぞれが、遠隔機器運用の全体像を把握した上で、自らの役割を担い、福島第一原子力発電所(1F)事故後から遠隔機器による放射線計測を継続的に取り組んでいます。測定を行う現場は、避難区域での測定が主となります。測定時には基本となるマニュアルを遵守することは当然ながら、日々異なる測定地点での地形や気象など様々な条件を考慮し、その日の条件に見合った適切なやり方で遠隔機器を操作・運用することを積み重ねてきました。チームリーダーとメンバーが、計画段階だけでなく、現場においても積極的にコミュニケーションを取りながら日々最適と判断する計測を行っています。時として、運用上に不具合が生じれば、しっかりと運用データを分析して、二度と同様の不具合が生じないように万全の対策を立てて業務を展開してきました。



一方、環境動態研究では、未除染の森林に沈着して残る放射性セシウムを源にして森林から溪流、河川、河口域へとセシウムがどのように移動するかを定量的に評価することが研究の主眼となっています。我々は放射線の計測や放射性物質の取扱いに強みがありますが、森林の生態や調査の方法については、知見が乏しい状態でプロジェクトが立ち上がりました。

そこで、森林に詳しい研究機関に何回も足を運んで森林内での調査方法について指導を受けることにより、しっかりした調査方法を構築して調査が行えるようになりました。こうした関係機関のご協力は、調査を進める上で大変ありがたく感謝に堪えません。

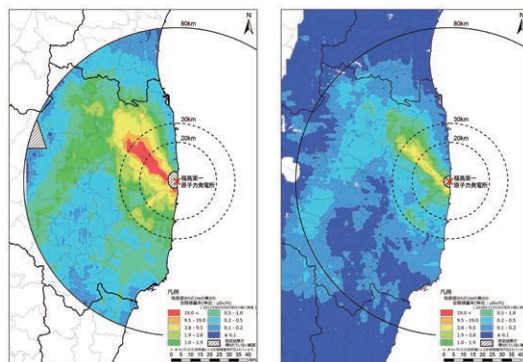
また、環境動態研究では、現場で測定したデータを取得するだけでなく、取得したデータを活用したモデルによる評価を行うことができるのが我々の強みです。モデル評価を行う場合には、データを取得する側とモデルを構築する側との間に認識のズレがないように取組むことが重要です。このため、モデルを構築する側も現場に赴き、データ取得側と積極的に意見交換を行い、相互の問題意識の共有をしっかりと図っています。こうした現場でのコミュニケーションを通じて、信頼性の高いモデル構築と評価に結び付けてきています。

こうした日々の取組みが今回の受賞につながったと考えています。

一対外的には、どのような情報をどのように提供してきたのでしょうか。

宮原 環境モニタリングに関する取組みは、2011年6月から大規模な調査を開始し、空からのモニタリングや自動車による走行サーベイ、サーベイメータによる定点観測等を組み合わせ、福島県内外の空間線量率分布や放射性物質の分布を調査してきました。土壌のサンプリングも広範囲に行い、放射性物質としてセシウムだけでなく、ヨウ素、ストロンチウムなど検出された放射性物質について定量的に分布を把握しました。

空間線量率分布の時間変化をマッピング
(左:2011年4月、右:2017年11月)



福島環境安全センター(三春町・南相馬市)

福島環境安全センターは、ふくしまの環境回復と住民の方々の早期帰還に役立てるため、環境モニタリング・マッピング技術の開発や環境動態研究などの研究開発・支援活動を行っています。

2019年度は、これまでの活動成果・貢献が高く評価され、

●4月17日(水):平成31年度科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞(開発部門)

●9月20日(金):令和元年防災功労者内閣総理大臣表彰

を、それぞれ受賞致しました。

そこで判明したことは、2011年6月の段階で圧倒的にセシウムが空間線量率や被ばく線量を占めているということでした。これを踏まえ、調査ではセシウムを中心に調べれば良いことがわかるとともに、その後の広域の除染計画を策定する上で鍵となる情報となりました。また、調査結果を地図上に示してビジュアルに分かり易くマッピングすることで、一目で定量的に空間線量率の分布や放射性セシウムの量と分布を把握でき、避難区域解除の直接的な科学的根拠となりました。こうした取組みにより、広い範囲を調査し、多くのデータを集めて、統計的に処理を行うことで、面的な分布の把握と将来予測が可能となりました。

一方で、環境動態研究をなぜ行っているのかと言えば、統計的には取り扱えない現象を把握することも重要であると考えたからです。特に、森林に沈着したセシウムが土壌に取り込まれ大雨の際に土壌粒子とともに溪流、河川へと動くことが観測されていますが、このようなセシウムの移動は、時間的にも地域的にも限られた条件での動きがかなり全体の移動量を支配していると考えられました。そこで、環境動態研究では、こうした大雨時のセシウムの移動等、鍵となる移動に支配的な現象を明らかにした上で、それを数式に落としてモデル評価できるようにし、シミュレーションを行うことで様々な条件に応じた予測に結びつけることができました。この結果、森林からのセシウムの移動は大雨が降っても極めて限定的な量しか移動しないという事が分かりました。



※福島総合環境情報サイト：
<https://fukushima.jaea.go.jp/ceis/>

得られた成果は積極的に公開しており、新たな情報サイト「福島総合環境情報サイト」を今年3月に開設しました。これは、他の機関が集めた情報も含めた「環境モニタリングデータの情報公開サイト」、環境動態研究を中心に得られた成果について住民の方々の目線で素朴な質問に科学的知見を持ってお答えする「根拠情報Q&Aサイト」、解析で行った事例を紹介する「解析事例サイト」から構成されており、ユーザの方々が知りたい情報を得られやすいように整理しています。

—これらは1F事故対応に具体的にどのような役割を担ってきたとお考えですか。

宮原 環境モニタリングによる広域のデータを統計的に処理するアプローチと環境動態研究による現象理解に基づくシミュレーションを組み合わせることで得られた成果は、避難区域の解除や放射線防護対策の見直しなどに活用して頂きました。また、得られた成果は、毎年関係する自治体に報告しており、それが住民の方々の安全確保や安心感の醸成に繋がっていると考えています。

—現在も継続してこれらの活動を行っていますが、何が継続に重要と考えますか。

宮原 国による帰還困難区域の全面解除に向けて、住民の方々に分かり易く説明するとともに、避難区域が解除され戻って来られた住民の方々が、その後も安心して暮らせるよう継続的に活動していくことが重要であると考えています。

環境モニタリングでは、国の総合モニタリング計画に沿って環境安全センターが担うべき役割を着実に果たしていくことが肝要です。また、環境動態の観点からは、長期間の調査で鍵となってくるのが、土壌粒子に付着したセシウムの移動だけでなく、水に溶けているセシウムの濃度の時間変化を継続的に把握し、その濃度の時間変化を支配する要因を理解し、将来予測に結び付けていくことです。溶けているセシウムは、例えば河川水中では高いところでも飲料水の基準である10Bq/Lを大きく下回る0.数Bq/Lと非常に低い濃度になっています。一方で、この水に溶けているセシウムがキノコ類や淡水魚などの現在も基準を超えているものがみられる要因の一つと考えられ、継続的に取り組むことが求められます。



—人材の育成に関して聞かせて下さい。

宮原 センターの若手については、福島の現場で研究や取組みの全体像を把握し、仲間と問題意識を共有しながら、自らの役割を果たしていくことが福島の復興に繋ることになり、それが自身の成長にも繋がって行くと考えています。

また、機構の外部の方々とは、今年度から3機関3大学によるネットワーク型拠点に参加し連携を進めています。多くの若い研究者が参加しており、私共の研究開発に携わる部分でも人材育成に役立てていきたいと考えています。

—今後の抱負を教えてください。

宮原 環境安全センターで進めてきたオフサイト（環境）の取組みをオンサイト（1F廃止措置）に生かしていくことが重要と考えています。これまで、1F周辺のオフサイトでの放射性物質の分布状況をしっかりと調査することで、1F事故当初のオンサイトの分布状況を推定できないかという取組みを行ってきています。また、1Fの排水路のモニタリングでは我々が計測技術で培ったシンチレーションファイバーを適用させて頂いています。このようなオフサイトの技術をオンサイトにも活用していくことにさらに力を注いで参ります。また、これまで3回実施した国際セシウムワークショップ等を通じて海外の方々にも御協力を頂いており、チェルノブイリ事故による環境影響との比較検討を行い、しっかりと情報・知見を国際的に発信して参ります。

2021年3月には事故から10年が経過しますが、これまでの福島研究開発部門の取組みについてプロGRESSレポートとして取りまとめ、将来を担う若い方々や海外の関心のある方々にも我々の取組みをしっかりと伝えていきたいと考えています。



福島市内の天気は、なぜか吾妻連峰の西側の会津地方の天気に左右されることが多いような気がする。会津地方の雪が吾妻連峰に懸かると、その雪雲が吾妻連峰を滑り降りて、福島市内に雪を降らせたり、雪をちらつかせたりする。2019年の4月上旬の桜の時期に至っても結構雪が舞ったり積もったりしていた。

さて、その『会津地方』と言えば、「喜多方ラーメン」や、2018年には戊辰戦争150年目の節目に当たり「会津若松城攻防戦」と答える方が多いだろうが、歴史的にはかなり遡る。第10代崇神天皇の御代(3世紀頃)になって、ヤマト朝廷は大和地方からの東征を開始。北陸道軍を率いた大彦命(将軍 おおひとのみこと)と、東海道軍を率いた建沼川別命(将軍 たけぬなかわわけのみこと)が落ち合った地が「相津(あいず)」であり、今日の福島県「会津」の由来である。二人は会津で中央(大和地方)の農耕技術・先進文化を伝えた後、国家鎮護の目的で現

在の会津美里町に「伊佐須美神社」を創祀した。

会津若松市内には、9世紀初頭に養蠶産業の新興の目的で創建した「蚕養国(こがいくに)神社」がある。敷地内は広く建屋は立派であり、静かな雰囲気漂わせていた。

柳津町には、日本三大虚空蔵堂(茨城県東海村の村松虚空蔵堂はそのひとつ)のひとつである「円蔵寺」があり、河(只見川)から見上げるような断崖上に寺社を建設するのに力を発揮した赤い牛「赤べこ」の発祥地として知られている。

また、和歌山県の熊野三山(本宮・新宮・那智)を祀っている喜多方市の「新宮熊野神社」は、特に「長床」と呼ばれている拝殿が有名である。平屋27m×12mの長方形で円柱44本が等間隔で並び柱間は全て吹き抜けて壁がなく壮観である。



クリスマスローズ



国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 福島研究開発部門

■福島事業管理部

いわき事務所 〒970-8026 福島県いわき市平字大町7-1 平セントラルビル8F
TEL 0246-35-7650 FAX 0246-24-4031

福島事務所 〒960-8031 福島県福島市栄町6-6 NBFユニックスビル7F
TEL 024-524-1060 FAX 024-524-1069

■廃炉国際共同研究センター

〒979-1151 福島県双葉郡富岡町大字本岡字王塚790-1
TEL 0240-21-3530 FAX 0240-22-0100

■楢葉遠隔技術開発センター

〒979-0513 福島県双葉郡楢葉町大字山田岡字仲丸1-22
TEL 0240-26-1040 FAX 0240-26-1041
<https://naraha.jaea.go.jp/>

■大熊分析・研究センター

TEL 0246-35-7650 (いわき事務所取扱い)

■福島環境安全センター

〒963-7700
福島県田村郡三春町深作10-2
福島県環境創造センター研究棟内
TEL 0247-61-2910 FAX 0247-62-3650

〒975-0036
福島県南相馬市原町区萱浜字巢掛場45-169
福島県環境創造センター環境放射線センター内
TEL 0244-25-2072 FAX 0244-24-2011



JAEA福島研究開発部門

<https://fukushima.jaea.go.jp/>



2020年1月発行