



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

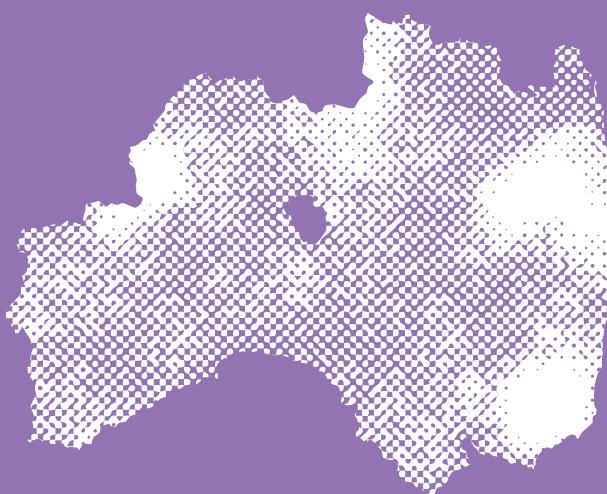
私たちの取組み

福島復興「これまでの」10年の歩み
そして「これから」の役割り

02 歩み続けた10年が「福島復興」と「廃炉」への礎となる
理事・福島研究開発部門長 野田 耕一

06 福島復興への取組み
研究者達の研究開発成果報告
10 Topics福島
15 ふくしまふるさと散歩みち

令和3年2月
No.18



Sector of Fukushima Research and Development,
Japan Atomic Energy Agency

歩み続けた10年が 「福島復興」と「廃炉」への礎となる

◎最前線インタビュー

日本原子力研究開発機構(以下「JAEA」という。)は、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震後の東京電力福島第一原子力発電所(以下「1F」という。)事故直後から、環境モニタリングや除染活動、国・自治体への支援等を行ってきました。

2014年4月には「福島研究開発部門」が組織され、1F廃止措置に向けた研究開発や環境回復に係る取組みを行っています。

1F事故から10年目の節目を迎えるにあたり、これまでの歩み、そしてこれからの方針について、野田部門長に話を聞きました。



理事
福島研究開発部門長

野田 耕一 NODA Koichi

—— 本年3月で東北地方太平洋沖地震に伴う1F事故から10年目を迎えます。この10年間の取組みを振り返っていかがですか？

野田 JAEAは災害対策基本法などで災害発生時の指定公共機関の一つとされており、1F事故直後から福島県内に職員を派遣し、除染技術実証や環境放射線計測、住民への説明などの活動を開始しました。世界に類を見ない原子力事故への対応はもちろん初めての経験であり、非常に混乱した状況の中、新たな環境放射線の測定方法の開発など、手探りで活動を進めました。そうした中で、継続して取得してきたモニタリングのデータや研究開発の成果が、避難区



無人ヘリを用いた環境放射線モニタリング風景
(廃炉環境国際共同研究センター)

域の解除や特定復興拠点の整備に活かされるなど、多くの成果を残してきたと思っています。

また1F廃炉に関しては、国が策定している中長期ロードマップに基づき、各関係機関との連携の下、いくつもの研究開発プロジェクトが立ち上がっていきます。JAEAは我が国唯一の総合的原子力研究開発機関であり、これらの研究開発に積極的に参加しております。

特に燃料デブリ^{*1)}の性状把握や炉内の状況解明、放射性廃棄物の処理処分、さらに遠隔計測技術などは、JAEAに技術的蓄積のある分野であり、主体的に研究を進めております。それに伴い目に見える成果も出てきていると考えています。

また、JAEAの研究開発拠点として、事故後速やかに福島市に福島環境安全センターを設置(2020年に廃炉環境国際共同研究センターと統合し、廃炉環境国際共同研究センターに改組。)しました。その後、楢葉町に「楢葉遠隔技術開発センター」(2016年運用開始)、富岡町、三春町および南相馬市に「廃炉

環境国際共同研究センター」、大熊町の1Fサイトに隣接した場所に「大熊分析・研究センター」(2018年一部施設運用開始)など、研究開発拠点の整備を進めています。

1F廃炉と環境回復へのJAEAの取組みは、国内外から広く認知され、福島の復興にも貢献できているのではないかと考えています。これまでのJAEAの活動内容や研究開発成果などについて、「東京電力福島第一原子力発電所事故の対処に係る研究開発—ふくしま復興に向けた10年の取り組みー」として取りまとめております(右図)。併せて、お読みいただければ幸いです^{*2)}。



—— 研究開発が国内から注目を集める中、海外との関わりやJAEAの役割は、どのようなものとお考えですか？

野田 1F事故直後から欧米諸国よりさまざまな支援があり、海外の技術を取り入れながら1F事故対応に取り組んできましたが、現在も諸外国や国際的な原子力機関との共同研究のプロジェクトが進行していますし、各国の研究機関と連携しながら研究を進めています。

1F廃炉作業に関しては東京電力ホールディングスが主体となりますが、それに伴う技術開発や研究開発にはJAEAも積極的に参加するとともに、国内外の研究機関との連携の結節点、ハブ的な役割を担って進めていきたいと考えております。



2019年12月に開催した福島リサーチカンファレンス
(廃炉環境国際共同研究センター)

—— 2020年4月に廃炉国際共同研究センターと福島環境安全センターの統合や、大熊分析・研究センター及び安全管理部の組織化などの大きな組織改正が行われました。この組織改正を踏まえて、今後どのように研究開発を進めていく計画でしょうか？

野田 この組織改正のポイントは2つあります。

1つは1F事故に対するリーディング研究開発機関として廃炉研究と環境回復研究を一体で取り組むことを目的とした研究開発体制の強化です。

もう1つは1Fからの放射性廃棄物の分析を担う大熊分析・研究センターの放射性物質分析・研究施設第1棟の運転開始に備え、その組織体制の強化と安全管理体制の構築です。

昨年度まで、廃炉国際共同研究センターが廃炉の研究開発を、福島環境安全センターが放射線モニタリングや環境動態研究などの環境回復の研究開発を担当して行ってきましたが、それぞれの研究活動は、例えば放射性物質の分析、放射線計測技術の開発など似通っているものも多くありました。今回の組織改正による研究開発の一元化によって、技術開発成果のより幅広い活用や、研究活動を支える人材、設備といった資源をさらに効果的かつ有効に活用できると期待しています。

福島研究開発部門の組織図 (2020年4月1日付け改定)

福島研究開発部門

企画調整室

福島研究開発拠点

安全管理部

計画管理室

福島事業管理部

施設部

廃炉環境国際共同研究センター

楡葉遠隔技術開発センター

大熊分析・研究センター

—— 大熊分析・研究センター建設の進捗はいかがですか？

野田 現在、1

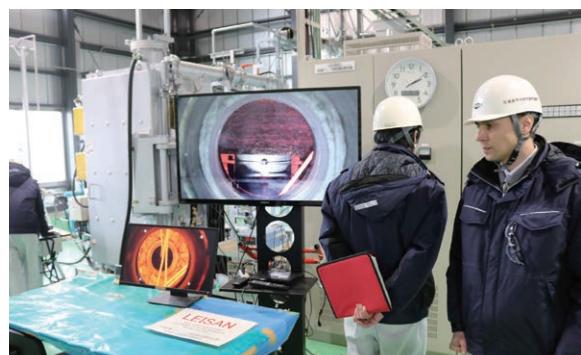
Fの放射性廃棄物の分析を担う放射性物質分析・研究施設第1棟は、建設を進めています。また、燃料デブリの分析を担う第2棟は、安全審査中です。



第1棟建設風景(大熊分析・研究センター)

—— 今後はさらに1Fサイト内、又はサイト内に係る業務や活動が主流になっていくと思いますがいかがでしょうか？

野田 1F廃炉そのものは、中長期ロードマップに沿って東京電力ホールディングスによる各種作業が進められており、今後予定されている燃料デブリの取出し作業に向け、現場では、建屋内の高線量率環境へのアクセスや、解体作業に取り掛かっていく予定です。燃料デブリの分析や高線量廃棄物の分析などは、我々が従来から手掛けているものであり、そういった意味で今後ま



制御棒ブレード破損試験装置(LEISAN)を用いた金属系部材破損・溶融挙動把握のための試験風景(廃炉環境国際共同研究センター)

すますJAEAに期待される部分が多くなってくるのではないうえに、その期待にしっかりと応えるためにも、福島研究開発部門をはじめJAEA全体として取り組んでいくことが必要だと考えています。

さらに、JAEAは原子力に関する基礎から実用に至る幅広い技術を持っていますので、これらの技術を廃炉事業に役立てたいと考えています。東京電力ホールディングスとの技術意見交換、共同研究、人材交流など、階層

に応じた取組みを通じて関わりを深めることと、JAEA全体が持つ知識や技術を1F廃炉に橋渡しする役割も担うことで、廃炉推進に貢献していきたいと思います。

—— 1F廃止措置には長い年月を要します。将来を担う人材の育成が必要だと思いますが、どのようにお考えでしょうか？

野田 まず、地元の高等教育機関である福島大学と福島工業高等専門学校とは、連携協力協定の下に、将来の廃炉等の取組みを担う人材の育成を進めてきており、今後も継続していく予定です。また、国内の大学や工業高等専門学校を対象に、夏期実習や通年で行う福島独自のインターンシップ制度を活用しながら人材の育成を進めています。

さらに、「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」の中には「人材育成強化プログラム」もあり、事業を通じて国内外の大学生、若手の人材育成にも努めてまいります。人材の育成は地道な活動ですが、継続性を持って取り組んでいきます。

—— 夏期実習やインターンシップに参加した学生の意識はいかがですか？

野田 廃炉という世界的にも難易度の高い事業の研究開発やそれに伴うロボット開発等への意識も高く、技術レベルも高いと感じています。特に、ロボット開



学生を対象とした夏期休暇実習風景(楳葉遠隔技術開発センター)

(脚注) —————

*1) 燃料デブリとは、原子炉の事故で炉心が過熱し、溶融した核燃料や被覆管および原子炉構造物などが、冷えて固まったものを言います。

*2) JAEA福島ホームページには、巻末URLまたはQRコードで接続できます。

本文は、2020年9月1日付けでWeb配信した「Topics福島」100号を、「明日へ向けて」18号制作のために加筆・編集したものです。

発に関しては、実際の廃炉現場ではロボットの動き 자체を見ることができません。ロボットのカメラの映像のみを頼りに遠隔で操作しなければならないため、高度な技術やイマジネーションが要求されます。高性能なロボットの開発を担うわけですから、最前線を知ることはとても良い経験になるのではないでしょうか。

—— 最後に、今後の抱負についてお聞かせください。

野田 東北地方太平洋沖地震及び1F事故が発生してから本年3月で10年になります。JAEAは事故直後の混乱した状況から少しづつ組織や体制を整備して現在に至っています。当初は避難区域も広範囲にわたっていましたが、かなりの地域が解除となり、帰還困難区域の一部も解除されつつあるところです。しかし福島の復興はまだ道半ばであると感じています。福島の復興のためにも、中長期的な業務に対してしっかりと取り組んでいかなければならぬないと改めて感じています。

また、1F構内も環境改善などが進み、だいぶ安定した状態となっていますが、今後は燃料デブリの取出しなど、より難易度の高い作業が予定され、JAEAの役割もますます重要になってくるものと考えています。

今後も引き続き、たゆまぬ努力で取り組み、その活動が福島の復興に繋がるよう、一丸となって努めていきたいと思います。



福島復興への取組み 研究者達の研究開発成果報告



福島研究開発部門は、2020年12月5日(土)に「令和2年度福島研究開発部門成果報告会」を富岡町文化交流センター「学びの森」において開催いたしました。新型コロナウイルス感染症対策に万全を期するため、「新しい生活様式」に則って開催され、約150名の方が参加しました(左図)。

また、同日、学びの森に隣接する廃炉環境国際共同研究センター(CLADS)国際共

同研究棟において、「CLADS施設公開」を開催いたしました。約60名の方々が研究棟を訪れ、研究者の説明に、質問を交えながら耳を傾けていました(右図)。

以下では、研究者達が成果報告会で発表した、東京電力福島第一原子力発電所(以下「1F」という。)の廃止措置と福島の環境回復に向けた活動内容をご紹介いたします。



【オフサイトでの活動と成果(事故直後および環境回復に係る研究開発)】

廃炉環境国際共同研究センター／新里 忠史・佐々木 美雪



(新里)1F事故直後、原子力機構では緊急時モニタリングや除染活動の技術指導・支援、環境中の放射性セシウムの動きに関する研究開発である福島長期環境動態研究プロジェクトを開始しました。緊急時支援では延べ4万5千人以上、現在の職員の10倍以上の職員が従事してきました。

また、福島県内の学校での放射線低減の試験、プール除染などの活動を行い、それらの技術的知見や経験などをマニュアルとしてまとめ、それらは自治体の作成する除染の手引の根拠情報として活用されています。さらに、これらの情報に基づき除染作業等の技術指導、支援などを行っています。その際には講義形式だけではなく、実際に皆さんと一緒に作業しながら技術を伝える活動にも取り組んできました。

生活圏での放射性セシウム移動や農林水産物の放射性セシウム濃度予測など、皆様のご懸念に答えていく研究開発として福島長期環境動態研究プロジェクトを進めています(右図)。これまでに、森林域では除染地や林野火災の跡地においても放射性セシウム流出量は数%程度と限定的であり、河川水の放射性セシウム濃度は徐々に低下する傾向が確認され、溶存態セシウム濃度は1Bq/Lを十分下回るデータが得られる等、皆様の不安や懸念払しょくに繋がる研究成果が得られています。また、森林および水域における農林水産物の放射性セシウム濃度予測に関するモデルを開発し、国や自治体のモニタリングデータの解析を行い、成果を提供していくなど、今後の施策に役立つと期待される成果が得られています。



環境動態研究の例(土壤調査)



(佐々木)原子力機構では、1F事故後、広域に汚染されたエリアを面的に素早く測定するニーズに応えるべく、放射線測定技術の開発を行ってまいりました。

地上におけるモニタリングはNaIサーベイメータ(携帯用の放射線測定シンチレーションサーベイメータ)を用いた定点サーベイ、歩いて測定を行う歩行サーベイ、車両に検出器を積んで測定をする走行サーベイなど複数のモニタリング技術を用いて継続してモニタリングを行っています。

空からのモニタリングは有人ヘリコプターによる航空機モニタリングを行い、定期的に計測しています。初めはアメリカの協力の下、測定を行っていましたが、その後、原子力機構が技術を継承しております。

また、1F周辺の航空法上有人ヘリコプターでは入っていけないエリアの測定は、原子力機構が開発した無人ヘリコプターによる測定技術を用いて、1Fから5キロ圏内の測定を行っています(右図)。



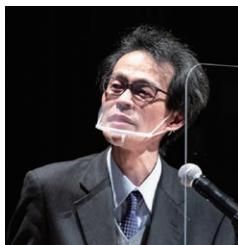
さらに水底調査は、原子力機構が開発したファイバー型の検出器を用い、福島県に3,700箇所ある農業用等のため池の水底の放射能セシウム測定を行っています。この測定技術は農林水産省の対策マニュアルに採用されました。

次に海の調査は、地元企業と協力して、無人観測船を開発し調査を行いました。開発した技術は政府プロジェクトとして一部の海底の放射性セシウムの測定に用いられています。

原子力機構が取得したデータや成果は、避難指示区域解除や地域の皆様の不安払しょくにつながる科学的知見として蓄積され、活用されてきたと考えています。今後も研究開発を通して福島の復興再生に貢献してまいります。

【燃料デブリはどのようにして形成されたか?】

廃炉環境国際共同研究センター／永江 勇二



1F廃炉については、今後予定されている燃料デブリの取出し作業に向け、東京電力ホールディングスにより各種作業に取り掛かっていく予定です。東京電力ホールディングスにより内部調査が行われ、燃料デブリは様々な形状で存在する等の特徴を有することが示されています。しかし、まだまだ内部の状況は把握できていません。安全かつ着実な燃料デブリの取出しのためには、燃料デブリの形成メカニズムの解明を進める必要があります。このメカニズムの解明に向けて、富岡町にある廃炉環境国際共同研究センター(CLADS)にある制御棒ブレード破損試験装置(LEISAN)を使用し、研究を進めています(下図:LEISANからの映像による溶融状況観察の様子)。

このLEISANは、高温水蒸気雰囲気で、軸方向温度勾配をかけたまま急速昇温することができ、制御棒材や燃料集合体等の溶融挙動、溶融物の移行・堆積挙動を試験中の映像で把握することができる装置です。事故初期での制御棒や燃料集合体の溶融挙動の評価により、2号機格納容器内で確認されている小石状、プレート状、溶け残ったような構造物状の堆積物と同様のものを確認することができました。模擬物質が作製したことにより、堆積物が辿ってきた過程を推測することができるようになりました。併せて、機構論的な手法により燃料デブリの状態把握の高精度化を図ることで、今後の試験的な燃料デブリの取出しから段階的な規模の拡大に向けた取出し方法の検証や確認を進めることにつながっていくと考えています。



世界初の装置であるLEISANを用いて燃料デブリの形成メカニズムの解明を進めるにあたり、アメリカのサンディア国立研究所やドイツのカールスルーエ工科大、BWRを有しているフィンランドやスウェーデンと協力しています。さらに国際的な研究機関の協力も必要になってくると考えており、海外から研究者を招いて試験を進めてまいります。

今後、燃料デブリが取り出される予定であり、実際の燃料デブリの形成過程の評価から燃料デブリの全体像を把握できるように、試験や解析等のツールを活用していくたいと考えています。

【廃炉に向けた空間情報把握のための研究開発】

廃炉環境国際共同研究センター／川端 邦明



10年前の1F事故後から廃炉作業が行われていますが、事故の影響により原子炉建屋内の作業環境について事前想定が難しく、潜在リスクもわかりにくい状況となっています。そのため、原子炉建屋内の作業環境や空間の状態、つまり立体構造や放射性物質の分布を把握することは、安全、着実な廃炉作業の推進につながります。

作業実施前には入念に検討を行って作業計画をたてるわけですが、カメラで取得された2次元画像からは奥行き情報を推測するのが難しいため、作業空間の3次元構造データを得られれば、直感的に状態を把握することができ有用です。そこで、複数枚の2次元カメラ画像の中から互いに共通する特徴的な点を見つけ出して、それを基に画像を繋ぎ合わせる計算処理を行うことによって、作業空間の立体的なモデルを生成する手法について研究開発しています。

現在、原子炉建屋での撮像条件への考慮や効率的にモデルを生成する方法等に取り組んでいます。

放射性物質の分布測定については、ガンマ線を可視化するため小型のコンプトンカメラを開発しています。コンプトンカメラは面的に放射性物質の分布を取得することができ、作業現場の立体構造データと組み合わせて3次元的な分布を推定する手法についても開発を行っています。

今後、安心・安全な廃炉作業を推進するために、開発している技術によって生成される作業空間立体モデルや放射性物質の分布情報が、廃炉作業の計画立案などに貢献できればと考えています。

【放射性物質分析・研究施設の整備と若手技術者の育成】

大熊分析・研究センター／伊藤 正泰



大熊分析・研究センターは、1F事故によって発生した放射性廃棄物や燃料デブリ等の性状を把握するための放射性物質分析・研究施設の建設を順次進めています。同施設は、施設管理棟、低・中線量の放射性廃棄物の分析を行う第1棟、そして燃料デブリ等の分析を行う第2棟の全3棟から構成されています。

2018年3月に運用を開始した施設管理棟は、事務所や分析作業等の習熟訓練を行うワークショップが備え付けられています。

第1棟の主要な施設には、鉄セル室・グローブボックス室・フード室があります。分析装置を設置した測定室では、搬入された試料の分析を行います。第1棟は、現在建設を進めています。

第2棟は、第1棟と同様に放射線に対して作業員の被ばく等を低減させるために必要な遮へい能力を有する設計になっています。また、コンクリートセルや試料ピットで核燃料物質が含まれることが想定される燃料デブリ等を扱うため、臨界にならないような質量での管理や形状による制限を設け、管理する必要があります。第2棟ではこのような安全対策の他、耐震や火災等を考慮した安全対策を施設設計に反映しています。



放射性物質分析・研究施設完成イメージ図

また、大熊分析・研究センターでは、第1棟及び第2棟の運用開始に向け工務系や放射線業務を行う放射線管理等の若手技術者の育成を行っております。育成にあたっては、施設管理棟のワークショップ、原子力機構 茨城地区の原子力施設を活用します。

さらに、1F施設で分析等の作業を行っている専門部署に若手技術者を派遣し、実務経験を積ませています。これらの活動を通じ、安全かつ着実な1Fの廃炉措置の推進、および福島の復興に貢献したいと考えています。

【楢葉遠隔技術開発センターの取組み】

楢葉遠隔技術開発センター／伊藤 倫太郎



1F事故後、遠隔技術開発の中核拠点として設置された楢葉遠隔技術開発センター(NARREC)は、ロボット等の遠隔操作機器の研究開発における実証試験や、これらの機器を用いた訓練を実施する施設として、1Fの廃炉および福島復興へ貢献しています。

また、施設利用や試験環境整備から得られた課題に対し、自らも遠隔操作機器等の技術開発を行い、施設の高度化を目指しています。NARRECは、研究管理棟と試験棟の2つの建屋で構成され、試験棟には、廃炉作業を実証するための大型のモックアップを設置できる実規模試験エリアなどがあります。

利用事例として、国際廃炉研究開発機構(IRID)による原子炉格納容器漏えい箇所の補修技術の実規模試験、水循環システム構築技術の実規模試験が実施されました。また、2019年度から2号機原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発として、ロボットアーム型装置を用いた内部詳細調査の現場実証を行うことを目的に、原子炉建屋側のX-6ペネトレーション^{*1)}入口からペデスタル^{*2)}内部までのモックアップが設置されています。今後、このモックアップを活用して、2号機内の燃料デブリを試験的に取り出すロボットアーム型装置のアクセス試験および訓練が行われる予定です。

このほか、民間企業による線量調査のための水中ロボットの操作訓練や、教育機関によるレスキュー・ロボットの階段走行性能の確認、搭載センサーのデータ収集試験が実施されています。



現在、NARREC自身の技術開発としては、試験設備の高度化を目的としたロボットの性能等を定量的に評価する試験法の開発や、ロボットの設計等の検証、操作訓練の高度化を目的としたロボットシミュレータやVR^{*3)}(上図)システムの開発を行っています。今後、得られた知見を基に、1F廃止措置の合理化・効率化のために廃炉作業のデジタル化開発を進めることを考えています。

また、NARRECの施設を用いた独自の実習プログラムとして、ロボット操作実習プログラムを開設し、ロボットの操作やVRの実習、ロボットシミュレータの実習などを実施しており、1Fの廃炉や福島の復興に欠かせない人材育成にも貢献しているところです。

【用語解説】

*1) X-6ペネトレーション

原子炉格納容器に出入りするための貫通部。

*2) ペデスタル

原子炉本体を支持する円筒状の構造物。

*3) VR

バーチャルリアリティについては、P14用語解説参照。



森の中で 環境動態研究の 手法を学ぶ

2週間にわたる夏期休暇実習で、
森林の放射性物質の分布や動きを
調べるためにフィールド調査と
試料分析を体験

2020.10.16 No.101

日本原子力研究開発機構(以下「原子力機構」という。)福島研究開発部門 廃炉環境国際共同研究センター 環境影響研究ディビジョン(三春町)は、学生の夏休みの期間中に、環境放射線や福島の環境回復に興味を持つ全国の高等教育機関の学生を対象にインターンシップ(夏期休暇実習:以下「実習」という。)を行っています。

今年の実習参加者は7名で、その内、京都大学と福島工業高等専門学校の学生各1名計2名が、森林に存在する放射性セシウムの分布と樹木への移行評価に係るフィールド調査の実習に、2020年8月17日(月)から参加しました。

例年の実習とは異なり、新型コロナウイルス感染症対策のため、実習の2週間前から検温、行動履歴の記録等を行って頂き、マスクやフェイスシールドなどを着用した「新しい生活様式」に倣った実習となりました。

■事前準備から森林内フィールド調査へ

森林内で実際にフィールド調査を行うにあたっては、事前知識を取得することが重要です。このため学生達は、実習初日に、これまでの研究・調査の背景、事例から実習の位置付けの説明、フィールド調査の目的や流れ(作業手順)を学びました。また、フィールド調査前に原子力機構職員が実際にしている現場の危険箇所の周知や装備・機材の確認など全般にわたりオリエンテーションを実施し、実習内容などの理解を深めました。



森の中を試験地へ向かう



毎木調査の様子

森林内に実習を行なう前に、森林内に実習を行なう前に、虫さされや怪我予防のために長袖・長ズボン等の作業着を着用し、また、頭部の安全対策としてヘルメットをかぶり準備を整えた後、調査器具を背負って傾斜道を15分程度歩いた先にある試験地に向かいました。

試験地に着いてまず行なうことは、試験地の区画を決めることです。その区画内の樹木を植物図鑑と見比べながら、樹種を特定し、樹木の太さや本数などを調査しました(以下「毎木調査」という)。この毎木調査の結果を基に、試験地として適切な



成長錐で木部を採取

場所か判断し、試料を採取する地点の選定等を行いました。

その後、採取地点の傾斜や位置をスケッチしつつ、落ち葉・落ち枝の採取や、地下25cmほどまでの土を一度で採取できる「ライナーブラック」^{*1)}で土壤の採取を行いました。合わせて樹皮や「成長錐」(樹木の内部をくり貫く器具)を用いての樹木の木部^{*2)}を、さらに、高枝切狭みで葉・枝をそれぞれ採取しました。このようにフィールド調査では、実際に、試料採取の場所の選定から、試料の採取までの一連の作業の流れを経験してもらいました。

■前処理から分析作業へ

フィールド調査で採取した試料は、環境影響研究ディビジョンが駐在している福島県環境創造センター(三春町)の研究棟に持ち帰り、汚染検査後に搬入し分析を行いました。今回の分析では、「Ge半導体検出器」^{*3)}により放射性セシウムの濃度を測定しました。Ge半導体検出器で放射能の分析を行う前には、分析を効率的に行うために様々な前処理作業を行う必要があります。まず、試料の乾燥をしっかりと行うことで、試料内の水分が放射線を遮ることを防ぎます。次に試料を粉碎や攪拌(かくはん)により十分に混ぜ合わせることで、試料中の放射性物質の分布を均一にします。このようにして測定する試料の状態を統一することで、異なる場所で採取した試料の分析結果を比較することができます。学生達は、一つ一つの前処理を行う意味を考えながら、真剣に取り組んでいました。



前処理作業の様子

これらの前処理作業を終え、学生達は自分の手でGe半導体検出器を動かして測定を行いました。また、Ge半導体検出器以外に試料のどこに放射能があるかを可視化できる「オートラジオグラフ」^{*4)}を使って葉や枝、樹皮の観察を行いました。また、得られたデータの扱い方、解析の仕方についても説明を受けて、パソコンでデータの計算、まとめを行いました。

■実習を終えて

実習の最終日には、現地調査や試料分析の結果(樹木の種類、直径、放射性セシウム濃度、オートラジオグラフの結果、解析結果等)、学生達が自分で考えた考察など、実習の成果を各自発表し、原子力機構の実習担当者からは、目的をしっかりと理解して、よくまとまっていたとコメントを受けていました。

参加した二人の学生は、「今回の実習を通して、試験地の選定⇒試料採取⇒分析・解析に至る貴重な一連の作業を経験することができました。特に、分析結果の解析方法や測定結果の誤差の取扱いなどについて深く学ぶことができました。」と、感想を述べていました。さらに、「現在はコロナ禍にあるため、学校でもオンライン授業等になり、人との接触や体験ができません。しかし、今回の実習に参加したことで、通常、大学(物理科や化学科の学生)ではできないフィールドワークや、試料の加工など「環境動態研究」の研究開発活動を実際に経験し、大学の講義で学んだ知識が研究活動でどのように関わっているかを実感できたことはとても刺激的で、今後の学習にとって有意義でした。」と話してくれました。

【用語解説】

*1) ライナー採土器

土壤調査用に開発された土壤を採取する器具。長さ30cmほどの筒状の形状で小型軽量のため持ち運びが容易なのが利点。

*2) 木部(もくぶ)

樹木の中心部の色の濃い部分(心材)とその周りの白い部分(辺材)が合わさって木部という。

詳細は、<https://fukushima.jaea.go.jp/QA/tree.html>

*3) Ge半導体検出器

半導体を利用した放射線検出器であり、放射性物質の濃度を測定する分析装置。

*4) オートラジオグラフ

試料に分布している放射性物質から放出される放射線を基に画像を作成する分析手法。

(参考)

2020年度 福島研究開発部門における夏期休暇実習実績は次のとおりです。

○廃炉環境国際共同研究センター(CLADS)

・2020年8月17日～8月28日／2名 「環境動態研究」

・2020年8月24日～8月28日／2名 「環境動態研究」

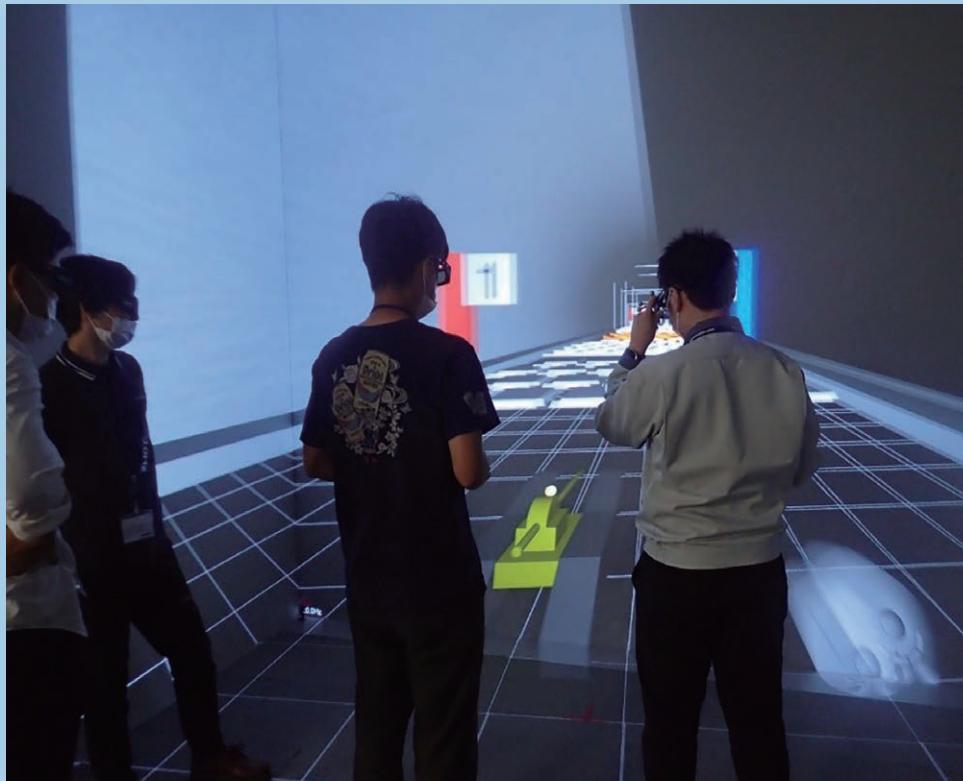
・2020年9月1日～9月11日／3名^(注)「環境動態研究」^(注)期間中、3名のうち1名は、9月3日～9月10日の日程で参加。

・2020年8月17日～28日／2名 「水の放射線分解」

○楳葉遠隔技術開発センター(NARREC)

・2020年8月30日～9月4日／3名 「遠隔技術」





2020.11.11 No.102

VR^{*1}システムを活用したロボットシミュレータ実習風景
(3D映像のため、専用のゴーグルを装着して立体的に見ています。)

『遠隔技術』が1F廃炉を推進する

次世代を担う大学生が夏期休暇実習で学ぶ

日本原子力研究開発機構(以下「原子力機構」という。)は、例年、原子力への理解促進や原子力分野における人材育成に資するための夏期休暇実習を実施しています。

その一環として2020年8月31日(月)から1週間にわたり、福島研究開発部門 楢葉遠隔技術開発センター(楢葉町:以下「NARREC (NARaha center for Remote Control technology developmentの略称)」といふ。)は、「福島第一原子力発電所(以下「1F」といふ。)の廃止措置及び原子力災害対応に係る遠隔技術」をテーマにした実習生を募集し、慶應義塾大学と東京都市大学の学生計3名が参加しました。

今回、学生達が体験した実習の内容をご紹介します。

■ロボットの講義と操作から

実習を開始するにあたり、石原センター長からNARRECの概要、1F廃止措置に係る役割やこれまでの活動実績等について説明がありました。続いて実習に先立ち、1F事故の概要、ロボットによる原子力災害対応及びそこで得られた教訓、放射線管理に関する講義等を行いました。

学生達は真剣な眼差しで聴講し、積極的に質問する等、前向きに取り組む姿勢が伺えました(右図)。





所まで移動できるようになりました。次に、ロボットに搭載されたカメラ映像だけを頼りにした操作にチャレンジしました。見える範囲が目視と比べて極端に狭く、ロボットの向きや距離感が分からず状態になり、操作



に大変苦労している様子が伺えました(右図)。

また、クローラ型ロボットの実習では、凹凸のあるフィールドで走行するため、ロボットが転倒しないように、また、安全なラインを選ぶ等考えながらロボットを操作し、その難しさを実感していました(左図)。

次に、大型の試験施設である「試験棟」において、水中ロボット、クローラ(車輪としてベルトを使用している構造)型ロボットやドローンの操作実習を行いました(左図)。学生達は、原子炉建屋内等の実際の現場で想定される水中環境や障害物、段差という局面でのロボット操作の難しさを体感しました。

まず水中ロボットでは、水槽の窓から観察し、水槽内に設置した障害物を潜り抜ける操作を行いました。当初、水中で受ける抵抗力等の影響で思うような操作ができませんでしたが、練習を重ねるうちに、段々と狙った

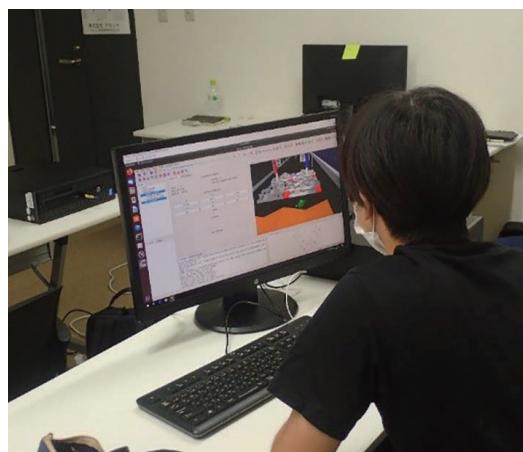


■ロボットシミュレータの実習へ

翌日からは2.5日間の日程でChoreonoid^{*2)}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。

最初に、基本操作を学ぶべく、講義を聴きながらサンプルモデルである“Tank”モデルをゲームパッドで操作するシミュレーションデータの作成を行いました。

次に、災害現場を模擬したコースを、学生達が自ら作成したロボットモデルで走行させる応用課題が与えられ、学生達は課題を解決するために、ロボットモデルを改良する作業に移りました。競技コースは、狭隘(きょうあい)部や障害物、段差が設置されており、最初に作った“Tank”モデルでは、段差を乗り越えられなかったり、転倒したりと完走できませんでした。しかし、実習で操作したクローラ型ロボットを参考に、モデルを改良したり、ロボットを安定させるために重心を低くしたり、安全な走行ルートを模索する等、学生達は試行錯誤しながら操作技術を高めていきました(右上図)。



応用課題の仕上げとして、今回作成したモデルをVRで見ながら操作するといった競技を行いました(冒頭図)。競技では学生達が自ら考え出した創意工夫で成果を発揮し、全員が見事にコースを完走することができました。次に細い橋を通過してオブジェクトを移動させる競技コースにも挑戦しました。短い作業時間の中で、コースに合わせて独創的なモデル改良を行う等、工夫を凝らして奮戦している様子が伺えました。

■実習を終えて

最終日には、学生達一人ひとりによる1週間の実習のまとめと発表が行われ、それぞれの研究課題の克服と感想を述べました。最後に、加島副センター長が、「1F廃炉に興味があると聞き、志が高く大変うれしく思います。現場での作業を円滑に進めることができる遠隔技術の体験を通じて、今後の皆さんの(原子力分野における)ご活躍を期待します。」と挨拶し、実習を締めくくりました。

実習を終えて、3名の学生がインタビューに応じ、感想や抱負を述べてくれました。

―― 慶應義塾大学　田中　秀磨(たなか　しゅうま)さん

テレビで原子力機構の1F廃止措置に係る映像を見ました。実際にはどのように行っているのか分からなかったけれども、今回の体験を通じて良く理解できました。

将来、原発に関するロボット開発に携わりたいと考えています。

―― 東京都市大学　鈴木　一真(すずき　かずま)さん

1F廃炉に関する様々な遠隔技術を体験することができ、とても新鮮でした。実機とシミュレーションの両方の実習を行うことができました。大学の研究では経験できなかったため、とても楽しくて嬉しかったです。

Choreonoidでのシミュレータを今後の研究に役立てていきたいと考えています。

―― 東京都市大学　増子　元海(ましこ　もとみ)さん

実習を通じていろいろな遠隔技術を体験できました。特に、「試験棟」内の実習でカメラを見ながらロボットを操作しましたが、思った通り動かすことができず、難しかったです。

1F廃炉の道はまだ険しいと感じましたが、今後一步一步着実に進めていくことが重要であると痛切に感じました。

NARRECは、学生の皆様からのご意見を始めとする実習実績を踏まえ、一層のプログラムの充実を図る等、今後も引き続き人材育成活動に積極的に取り組むとともに、1F廃止措置の円滑な実施に資するため、遠隔技術開発の推進に貢献していきます。

【用語解説】

*1) Virtual Reality (VR=バーチャルリアリティ)

VRとは、実物・現実ではないが、感覚的に本物と同様な環境を作り出す技術で「仮想現実」という。NARRECはこの技術を用いてあたかも1F現場にいる感覚を体験できるシステムを有しており、これを活用することにより、作業者の訓練や作業計画の立案等を行うことが可能となる。1F内で作業する作業者の被ばく低減や効率的な作業等に役立つことが期待されている。

*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としており、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さ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。

(参考)

2020年度　福島研究開発部門における夏期休暇実習実績は次のとおりです。

○楳葉遠隔技術開発センター(NARREC)

・2020年8月31日～9月4日／3名 「遠隔技術」

○廃炉環境国際共同研究センター(CLADS)

・2020年8月17日～8月28日／2名 「環境動態研究」

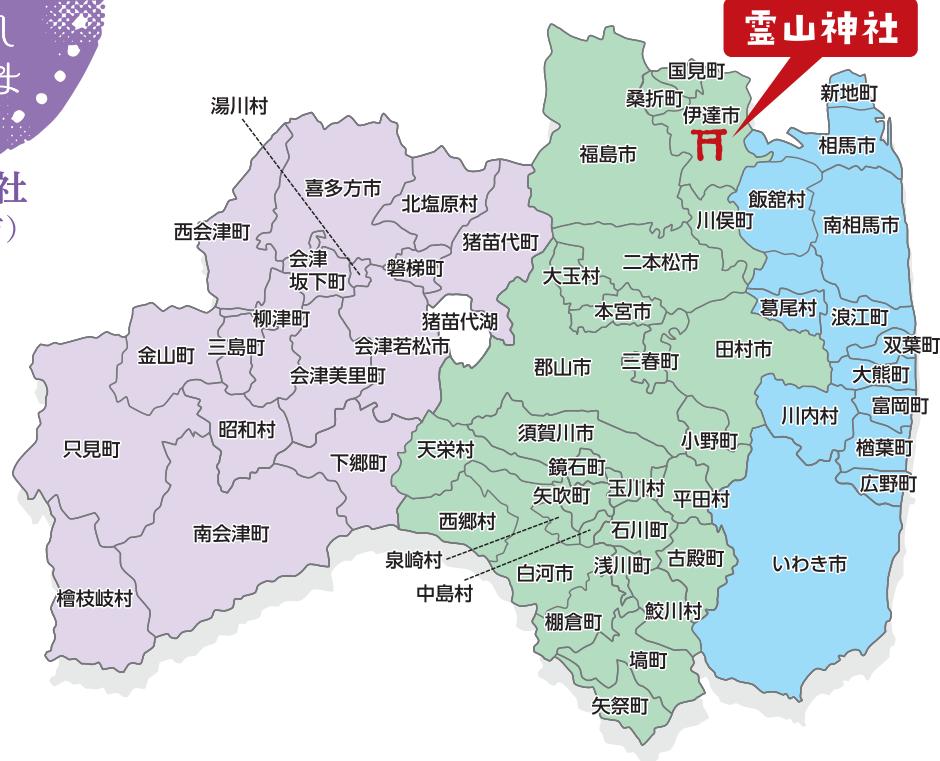
・2020年8月24日～8月28日／2名 「環境動態研究」

・2020年9月1日～9月11日／3名^(注)「環境動態研究」^(注)期間中、3名のうち1名は、9月3日～9月10日の日程で参加。

・2020年8月17日～8月28日／2名 「水の放射線分解」



靈山神社
(伊達市)



「令和」—新たな歴史が始まり、もう3年目を迎えるに至った。新聞や雑誌では、天皇即位に関連した記事の掲載が続いている。中でも南朝に係わる記事が数々出回っていたが、南朝の中でも、楠木正成公(大楠公)は後醍醐天皇の忠臣として奉られてきている。

福島県の伊達市には南朝の正当性を説き「神皇正統記」を著した北畠親房、さらに、その嫡男で建武の新政下、陸奥守として東北地方を治め、足利尊氏との戦いが始まると、東北の拠点多賀城から京都まで数万人規模の軍勢を連れ、足利尊氏と決戦に及んだが、二度目の石津の戦い(1338年:現在の大坂府堺市)において、わずか享年21歳で戦乱に散った北畠顕家らを、同じく忠臣として祀っている靈山(りょうぜん)神社がある。靈山神社は山間部に位置し、坂道を上り詰めたところに静寂さを伴って佇んでいる。北畠顕家らは、足利尊氏との二度目の対戦に駆け付けるため、直ちに京都に赴こうとしたが、北朝勢力に周辺を固められ、なかなか京都に赴くことができず、その間に楠木正成は、湊川の戦い(1336年)で散ってしまった。

もともと北畠氏は、御所の北に畠(畠)を賜った由から名付けられたものと聞いている。北畠顕家後は、青森県の青森市(旧浪岡町)に「浪岡御所」を設けたが、後年、南部氏から分かれた津軽氏に滅ぼされたとされている(北畠宗家は、伊勢に定着)。



浪岡御所跡

今般、伊達市靈山町には、新たに常磐道に直結する高速道路(東北中央自動車道)が開通し、「靈山IC」が設けられている。靈山ICの出入り口には「道の駅 伊達の郷りょうぜん」があり、利用者で賑わっていた。



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

■廃炉環境国際共同研究センター(CLADS)

〒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
〒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巣掛場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
<https://clads.jaea.go.jp/>

■檜葉遠隔技術開発センター(NARREC)

〒979-0513
福島県双葉郡檜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

〒970-8026
福島県いわき市平字大町7-1
平セントラルビル8F(いわき事務所取扱い)
TEL 080-4651-1911
FAX 0240-32-7630



JAEA福島研究開発部門

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



ふくしまから
はじめよう。

2021年2月発行