

# Hairo Miichi

## 福島のロボットで廃炉を進める P1-3

～無限大の若い力～

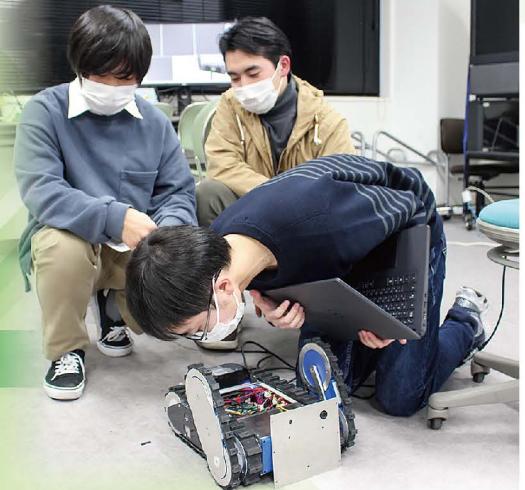
福島工業高等専門学校の取り組み



# 福島のロボットで 廃炉を進める

～無限大の若い力～

福島工業高等専門学校の取り組み



廃炉作業は、多くの地元企業の皆さんをはじめ、日本国内だけでなく世界中の技術を活用しながら進められています。

未知の作業に挑むためにさまざまな装置やロボットが開発され、高線量の作業環境において、すでに数多くの成果を残していますが、今後、原子炉建屋内で行われる高線量下での調査や作業に向けて開発されているロボットの中に、福島工業高等専門学校(以下、福島高専)の学生たちが開発しているロボットがあります。

今回は、これまで廃炉作業でロボットの遠隔操作実績のある株式会社アトックスの皆さんからアドバイスを受けながら、若い力でロボットの開発を行う福島高専の学生の皆さんに、地元福島で廃炉作業に関わる想いをお伺いしました。

廃炉作業に特化した  
ロボットの開発

～若いエンジニアたち～

廃止措置人材育成高専等連携協議会が2016年～2019年は文部科学省、2020年からは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構と毎年開催している「廃炉創造ロボコン」。実際の廃炉の現場を想定した課題が与えられ、それをクリアするためのロボットを開発し成果を競うこの大会に、第1回から参加する福島高専。

震災当時、小学3年生だった鳥羽さん、武田さん、富樫さんの3名は、昨年度「最優秀賞」を受賞した廃炉ロボットのエンジニアです。現在、高専5年生の彼らが、その知識と技術を駆使し開発しているロボットは、高線量下の原子炉建屋内で実際の調査に活用されます。



▲昨年度の廃炉創造ロボコンで「最優秀賞」を受賞した調査用ロボット。今回開発したロボットは当時のロボットに比べ小型化され、より現場に対応できる構造となっています。

## 若い力が廃炉を進める ～その先に見る福島の復興～

福島で生まれ育った若い彼らが、廃炉に関わるきっかけとなった福島高専。そこで工学や廃炉に関する知識を学び、技術を高めた彼らが訪れた福島第一原子力発電所。実際に操作を行っている遠隔操作室の視察は、自分たちが創るべきものを再確認する場となりました。



### 設計担当

機械システム工学科 5年  
とば ひろは  
**鳥羽 広葉さん**  
[北塙原村出身]

構内で働く人の多さに驚き、廃炉が多くの人たちの協力によって進められていることを実感しました。遠隔操作による除染作業を見せていただき、今回私たちが開発しているロボットの重要性を再認識することができました。

震災で多くのものが失われましたが、新しい技術なども生み出されています。新しく得たものを福島の強みにし、復興を加速させ、震災前の福島以上の福島になるよう私たちも今できることを頑張らなくてはと思っています。

# 僕らのことだわり

## ロボットの小型化

狭い場所でも走行できるようロボットの小型化が課題でした。そのため、搭載する部品の一つひとつに至るまでなるべく小さいものを選定しました。



▲製作した制御基板

## 走破性の確保

搭載するセンサの重量により、急勾配や大きな段差での傾き方によってはロボット自体が転倒してしまうことがありました。そこで、タイヤの役割を担うクローラに天然ゴムのブロックを加工して取り付け、地面との接地面を広くすることで安定した走破性を確保しました。



▲段差を乗り越える様子

## ▼ロボットが映し出す映像

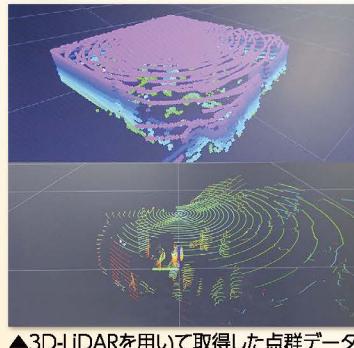


ロボット自体の体勢▶  
もリアルタイムで  
確認できます



## 映像伝送時間の短縮化

搭載した3つのカメラが映しだす映像と「3D-LiDAR」が映し出す周辺の画像は、遠隔操作者の目となります。各カメラの画質を必要最低限まで落とすことによって映像の伝送時間を短縮し、よりリアルタイムに近い映像の取得ができるようになったことで、操作性の向上につながりました。



▲3D-LiDARを用いて取得した点群データ

## リアルタイムでの 自己位置推定と 環境地図作製

原子炉建屋内はGPSが届かないため、ロボットの位置情報を認識するための「3D-LiDAR」という装置を搭載しています。これにより操作者は、リアルタイムでの位置確認が可能となりました。

また、この装置はロボット周辺の環境地図作製を同時にを行うことができるため、ロボット周辺の全体像も同時に把握できるようになりました。

## 加工・組み立て担当

機械システム工学科 5年  
たけだたくみ  
**武田 匠さん**  
〔須賀川市出身〕



初めて原子炉建屋を間近に見ながら、廃炉の難しさを改めて感じました。しかし、そこで遠隔操作ロボットで作業を進めている様子を見せていただき、私たちが目指す小型でパワフルなロボットをより確実に操作するために必要な機能などを考えることができました。

廃炉にはとても長い時間を要することが想像できます。しかし、復興に向け確実に歩んでいます。多くの人たちが繋いできた廃炉への道を今度は私たちの世代が繋いでいきたいと思っています。

## プログラム担当

電子電気システム工学科 5年  
とがし ゆうた  
**富樫 優太さん**  
〔いわき市出身〕



さまざまな企業の方が構内で働いていることに驚き、構内の光景に廃炉の進捗を感じました。除染作業を行うための遠隔操作室では、映し出される多くの画像を見ながら、皆さんが連携して1台のロボットを操作している姿が印象的で、あらためて廃炉作業におけるロボットの必要性を感じました。

少しずつ復興が進んでいる一方で、避難生活を余儀なくされている方がいらっしゃるのも事実です。時間がかかると思いますが、賑わいのある福島になればと思っています。

# 福島高専の取り組み

## ～廃炉に携わる次世代技術者の育成～

福島高専は、全国にある高専の中心となって廃止措置事業などに関する「研究開発を通じた人材育成」に取り組んでいます。「廃炉工学」や「廃炉ロボット概論」といった講義など、学生に廃止措置分野への興味を持たせることを目的とした教育プログラムが整備されています。

その福島高専で、震災前から学生たちの指導を行う鈴木准教授に、学生たちの人材育成と廃炉への関わりについてお話を伺いました。

福島工業高等専門学校 機械システム工学科

すず き しげ かず

鈴木 茂和 准教授 博士(工学)



福島第一原子力発電所の廃炉は事故処理という負の印象を持たれがちですが、放射線量の高い未知の世界に遠隔操作で作業を行うという技術は宇宙開発と同じと言えます。世界初となる技術が数多く使われることになるので、工学を学ぶ若い学生たちに研究に携わってもらうことでやりがいを感じてもらいたいと考えています。

実践的な技術者を育成している高等専門学校(高専)において、福島第一原子力発電所の廃炉は教育や研究において重要なテーマです。福島第一原子力発電所に最も近い国立の工学系高等教育機関である福島高専が全国の高専の中でハブとなり、高専間のネットワークを活用して研究や人材育成を進めて行くことが地域貢献になると考えています。

## 経験を伝え、技術をつなぐ

～世代を超えた連携で挑む～

2号機原子炉建屋内で行われた除染や遮へいを設置する作業。そこで使用された遠隔操作ロボット。そのオペレータを担当していたのは株式会社アトックスの皆さんでした。

今回、そこで得た知見を福島高専の学生たちのロボット開発に活かすべく、世代を超えた連携が実現しました。

実際の廃炉作業でロボットを活用する意義、そしてそこで得たものや学生たちにロボット開発に期待することなどについて、お話を伺いました。



株式会社アトックス  
福島復興支社 廃炉事業部  
廃炉技術課

か とう たか ゆき  
加藤 貴志 さま

今回、福島高専の皆さんとの共同開発という初の試みとなりましたが、完成に近づくロボットを実際に見せていただき、その耐久性と何よりもその性能に驚きました。

私たちは、これまでの廃炉作業におけるロボット操作で得たさまざまな知見から、現場の状況に適した機材の選定やメンテナンスしやすいパーツの選定などの助言をさせていただきました。

開発している調査用ロボットは、現場の状況把握や作業方法の検討など、今後廃炉作業を進めるための重要な役割を担うことになります。

皆さんが学んでいるプログラミングや廃炉に関する知識そして柔軟な発想は、イメージしているロボットの実現に大いに役立っていると思いますし、今後の技術力のさらなる向上にも期待しています。

もちろん私自身も、ロボットの遠隔操作技術を磨き、その経験を廃炉作業に幅広く活かしていきたいです。



◆今後予定されている2号機原子炉格納容器内の燃料デブリの試験的取り出し。アーム型の遠隔操作ロボットで、原子炉格納容器内の障害物の除去や内部調査、燃料デブリの試験的取り出しを進める予定です。

※本研究開発プロジェクトは、経済産業省の「廃炉・汚染水対策事業補助金」を用いて実施されたものです。

## 廃炉作業で活躍した (今後活用する) ロボット・装置の一例



◆2号機使用済燃料プール内の調査に使用した水中ロボット。  
調査の結果、使用済燃料プール内に、燃料取り出しに支障となる状況は確認されませんでした。



◆巨大な解体装置は、高さ約120mの排気筒の上部約60mを解体するためを使われたもの。この装置を排気筒の上部に設置し、地元企業株式会社エイブルさまにより遠隔操作で行われました。

# あの日から

「着実に廃炉作業を進める」

これまでの経験をこれからに活かす

福島第一廃炉推進カンパニー 福島第一原子力発電所  
建設・運用・保守センター  
敷地機械部 1・5・6号機械設備グループ 兼  
敷地全般管理・対応プログラム部 5・6号対応PJグループ

菅野  
かんの  
哲史  
さとし



私は2007年に入社して以来、福島第一原子力発電所に勤務しています。発電の運転操作を行う当直員として3・4号機で経験を積み、震災当時は5・6号機のターピン設備の保全業務に就いていました。

あの日、私は復旧班として地震や津波の影響を確認するため、先輩社員とともに5・6号機に向かいました。余震が続き、また津波が来るのではないかという不安の中、ヘッドライトの先に映った光景を今でもはっきりと覚えています。津波の影響で敷地内に散乱した漂流物、そして浸水した建屋。ここからどうやって復旧すればいいのか、自分に何ができるのか、呆然と立ちすくむしかありませんでした。

5・6号機是非常用発電機で最低限の電気をまかなうことができていましたが、その後、電源復旧に向け、建屋内に滞留する海水を除去する作業が始まりました。暗い中、全面マスクを装着し、仮設ポンプやホースを敷設する作業が続きました。ホースはずっしりと重く体力の消耗が激しい作業でしたが、入社後に現場を学んだ1～4号機も予断を許さない状況にあったため、せめて目の前の5・6号機は状況を悪化させてはいけないという使命感が私たちを動かしていたのだと思います。

ようやく海水の移送が始まり、電源設備を復旧できるという段階になったところで、少しだけですが、安堵することができたのを覚えています。震災後、復旧の手応えを感じることができたのは、仮設の設備で行っていた原子炉冷却が、本設に移行したときです。着実に前に進むことができて、そして私自身がそれに携わっていると実感しました。

また、各部署の工事日程の調整をする業務も行いました。錯綜する情報のなか、どういった工程で進めれば最短で復旧できるのか、最優先の作業は何かなど、多くの部門の方々との検討・調整が必要となる難しい業務でしたが、社内外問わず多くの方々に助けられながら続けることができました。

2020年からは、建屋内滞留水移送設備や貯留設備の保全業務に携わっています。

入社以来、福島第一原子力発電所で働き、ここには自分が担当する多くの設備があるという責任を忘れたことはありません。震災直後からこれまでをふり返ると、復旧工事を一つ終えるごとに、自分も廃炉作業に携わる一員なのだという自覚が強まっていると感じます。事故を起こしたという事実をしっかりと受け止め、5・6号機の復旧をはじめこれまで行ってきた業務のノウハウを蓄積して、後進に伝えていくことも私の責務です。当時を知る一人として経験や技術を伝えながら、日々の業務に真摯に取り組み、廃炉作業を安全に一歩ずつ着実に進めています。

# ミライ×Michi

廃炉の完遂に向け、経験を積み知識を深める



福島第一廃炉推進カンパニー  
福島第一原子力発電所  
計画・設計センター 機械技術グループ

きた にし まき  
**北西 真希**



未来を担っていく若手社員に仕事への想いなどを語ってもらう「ミライ×Michi」。第20回目となる今回は、入社して3年目の北西真希さんです。入社の動機や現在携わっている業務、これからの目標などについて聞きました。

## ■東日本大震災のときはどうされましたか

当時は石川県金沢市に住んでおり、中学2年生でした。地震があったときは学校で卒業式の予行練習をしていましたが、揺れはほとんど感じず、家に帰ってテレビを見て初めて東北で大きな地震が起きたことを知りとても驚きました。

その後、テレビや新聞の報道などで福島第一原子力発電所の事故が大きく取り上げ続けられているのを見ていたが、当時は原子力の知識がなかったため、事故の深刻さを理解できませんでした。石川県にも志賀原子力発電所があるものの、自分自身何も知らないことに気づき、いま原子力を学びたいと思い、大学の原子力学科に進学しました。

## ■大学ではどのようなことを学びましたか

放射線に関する知識や原子力発電の仕組み、機械工学などを勉強しました。また、放射線測定器や放射線を発生させる照射装置を実際に使用したり、放射線を応用して物を壊すことなく内部の傷などを検出する非破壊検査などの実習も行いました。さらに、国内各地の発電所をはじめとする関連施設を見学したほか、海外ではフランスの高速増殖炉や、カナダの黒鉛炉も見学

に行きました。国内外どこの施設見学に行っても、必ずといっていいほど福島第一原子力発電所事故が話題となり、その都度、事故の大きさを実感していました。

## ■初めて福島第一原子力発電所を訪れたのはいつですか

最初に訪れたのは、震災後5年が経過した大学2年生のときです。富岡町の廃炉資料館に集合し、そこからバスで帰還困難区域を通って入構しました。その道中、時間が止まったままの町内の様子に言葉を失いバスの中が静まり返ったの覚えています。

一方で、構内の視察ではバスから降車はしませんでしたが、マスクなどの装備を付けることなく原子炉建屋の間近を通過することができるほど、構内の環境が改善されていることも感じました。

## ■入社の動機を教えてください

大学3年生のときに再び福島第一原子力発電所を訪れた際、前回はなかった3号機の建屋カバーの設置が進んでいるなど、目に見て廃炉が進んでいることを実感しました。自分自身が学んでいることをここで活かし、廃炉作業に携わりたいと思い、入社を希望しました。



◀▲工事の現場を確認している様子▶

### ■入社後はどのような仕事をしていましたか

2019年に入社し、半年間の研修を経て、貯留設備グループに配属となりました。構内に設置されているタンクや配管の保全業務が主な仕事です。放射性物質を含んだ水を扱う設備もありますので、水が漏えいすることのないよう、設備診断や異常の把握など工事監理員としての視点を学びました。

震災後に作られた設備ですので、安全に維持していくために新たな知見を積み上げていくことも重要です。そのために、工事に関わる協力企業の皆さまとの連携や日々のコミュニケーションを大切にしています。

### ■今はどのような仕事をしていますか

2021年4月から計画・設計センターの機械技術グループに所属しています。新たな工事を発注するにあたって、工事計画を立て、予算設計をするのが主な業務です。工事全体をイメージしながら作業工程や細かな現場状況を考えていきます。現場での工事監理とは異なる難しさがありますが、図面や取扱説明書を確認し実際に現場を見て情報を習得しています。

### ■どんなときにやりがいを感じますか

さまざまな部門の方々や協力企業の皆さまと一緒に一つの工事をつくりあげていくことに非常にやりが

いを感じますし、担当した工事が無事に完了したときには達成感があります。入社当初の部署での現場経験が今の仕事にも活かせていることも嬉しいです。

### ■今後の目標について聞かせてください

昨年、3ヶ月の本社駐在研修で、原子力の品質・安全を学びました。設備保全の重要性と私自身が携わっている業務の責任の重さを感じる研修となりました。現在は機械に携わる業務が多いので、より知識を深めたるために機械系の資格を取得するため、勉強を始めました。

近隣の町は、徐々に整備され復興に向かっていることを感じます。

今後も廃炉の完遂に向け、さまざまな視点から物事を柔軟にとらえ、考えをとめることなく業務に取り組み、しっかりと自分自身の役割を果たしていきたいです。

#### 機械技術グループ川枝マネージャーより

「大学で学んだ知識を廃炉に役立てる」という、大きな志をもって入社した北西さん。

明るい性格で、常に前向きに業務に取り組む姿をいつも頼もしく感じています。

これからさまざまな課題に直面すると思いますが、持ち前のチャレンジ精神で、何事にも意欲的に取り組んでほしいと思います。



# Hairo Michi

「はいろみち」は、2017年4月の発刊から今回で第30号となりました。お手にとって頂きありがとうございます。廃炉の進捗と廃炉作業に携わる人が見えるような誌面づくりを心がけております。皆さまのご感想を挟み込ませていただきました「郵便はがき」でお聞かせいただけますと幸いです。

東京電力 はいろみち

## ときを繋ぐ、まちの風景



高校時代に毎日通学で利用した双葉駅を訪れた帰り道、ふと見上げた標識に書かれた「Re-Start」の文字。

開発整備が進む双葉駅周辺から西に位置する中野地区でも、復興の先駆けとなる「中野復興拠点」が整備されています。

復興は通常であれば「Reconstruction」(リコンストラクション)ですが、町づくりはここから始まるとの意味を込めて記された「Re-Start」。

「再出発」を意味するその文字がとても印象的でした。



双葉産業交流センター  
屋上からみた  
整備が進む町の様子

## 編集後記

福島高専の鳥羽さん、武田さん、富樫さんの3名は、震災の時は小学3年生だったとお伺いしました。

福島で震災を経験し、福島で技術を学び、今、廃炉で活用するロボットの開発をする姿を、当時小学3年生の彼らは想像もしていなかったと思います。

10年の時を経て未知の分野に挑む姿はとても頼もしく、鈴木先生のもとで開発に励む皆さん的眼差しに、復興への強い想いを感じる取材となりました。

世代を超えて技術が繋がれ、廃炉は進められています。私自身小学生の子を持つ母として、次の世代のために、地元福島で廃炉に携わっていきます。



(サキ)

## 今回の表紙

福島高専の鳥羽さん、武田さん、富樫さんと株式会社アトックスの加藤さん。  
ほぼ完成に近づいた廃炉調査用ロボットを前に、その性能や動きの確認をしています。



Made in  
Fukushima

この印刷物は、復興支援の一環として、福島県の印刷会社に、デザイン制作および製造を依頼し発行したものです。

\*本誌掲載のマスク未着用の写真については、撮影者との適切な間隔を確保したうえで、撮影時のみマスクを外していただいております。

「廃炉プロジェクト」  
ホームページURL  
<https://www.tepco.co.jp/decommission/index-j.html>

「はいろみち」  
バックナンバーURL  
<https://www.tepco.co.jp/decommission/visual/magazine/>

1FOR ALL JAPAN  
<https://1f-all.jp/>



公式Facebook  
[facebook.com/OfficialTEPCO](https://facebook.com/OfficialTEPCO)



公式SNS  
(@TEPCO\_Nuclear)

