

# Hairo Michi

原子炉建屋に残る  
燃料と燃料デブリ、  
その取り出しに向けた  
取り組み

P1-3

一つひとつの過程を積み重ね、  
次の工程へつなぐ



P4  
第29回 「あの日から」

P5-6  
若手社員紹介  
第19回「ミライ×Michi」



# 原子炉建屋に残る燃料と燃料デブリ、その取り出しに向けた取り組み

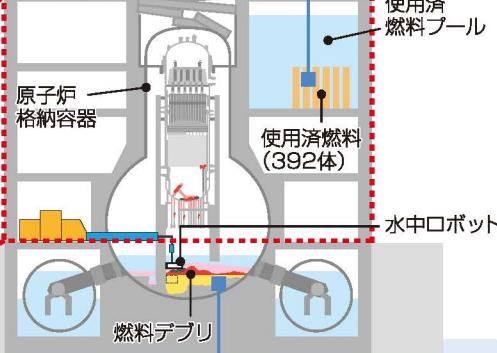
～一つひとつの過程を積み重ね、次の工程へつなぐ～

1号機

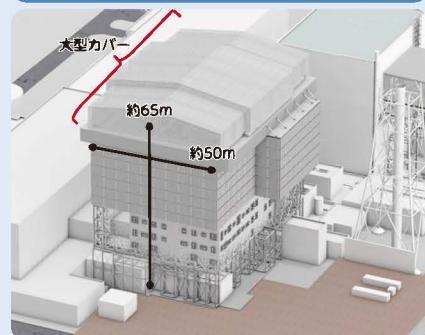
燃料取り出し



建屋断面図(イメージ)



原子炉建屋を覆う大型カバー(イメージ図)



燃料デブリ取り出し

燃料デブリは格納容器内底部にその大半が溶け落ち固まっていますが、その詳細は分かっていません。今後、水中ロボットを活用した格納容器の内部調査を行う予定です。

水中ロボットの通り道となるアクセスルートの構築作業はすでに完了しており、現在、富岡町にある施設でIRID(技術研究組合国際廃炉研究開発機構)・日立GEニュークリア・エナジー株式会社により、現場搬入前の試験等を行っております。

また、水中ロボットや周辺機器の建屋内への搬入に向け、作業エリアのシートの張り替えや機材のセッティングなどの準備を進めています。

内部調査に使用する  
水中ロボット

調査の用途ごとに「事前対策用」1種類と「調査用」5種類の、計6種類の水中ロボットで内部調査を行います。

事前  
対策用

水中でケーブルが絡まらないよう、ロボットが通るルートへガイドリングと呼ばれる金属製の輪を設置します。ガイドリングには強力な磁石が付いているため、格納容器内の構造物に付く仕組みになっています。



調査用

調査項目ごとに5種類に分かれています。【カメラによる目視確認】【堆積物の3Dマッピング】【厚さ測定】【燃料デブリの検知】【堆積物のサンプリング】ができます。調査用ロボットは事前対策用で設置されたガイドリングを通じてそれぞれの調査を行います。

カメラによる  
目視確認を行う  
ROV-A2



困難を乗り越えた開発が広範囲の調査を可能に  
～新たな一步を次につなげる～



日立GEニュークリア・エナジー  
株式会社

福島・廃止措置エンジニアリングセンター  
福島エンジニアリング設計グループ  
主任技師

のなか  
野中 善夫さま



目的を調査するため、装置の仕様検討・設計・要素試験・実規模試験を繰り返し、実際の調査作業の成立性を高めていくことに苦労しながらも、作業・計測などを行う計6種類のロボットを開発しました。

ロボットは全て遠隔操作になりますので、操作者側の制御装置とケーブルでつながっています。1号機の原子炉格納容器内には多量の堆積物が存在し、その下に燃料デブリが広がっていると考えられることから、ロボットが自由に動けるケーブルを開発することも今回の課題でした。また、燃料デブリと堆積物を分けるために、原子炉格納容器内で分析ができるよう10kg以上の計測機材を搭載することも考慮した設計を行いました。

今後行われる初めての広範囲の調査は、廃炉に向けた重要な一步になると信じています。福島の復興につながるよう、たくさんの方々の協力を得ながら廃炉作業を進めていきます。

日立GEニュークリア・エナジー株式会社では、1号機燃料デブリ取り出しに向け、原子炉格納容器内部を広範囲で調査できる水中ロボットの開発をIRIDの一員として行いました。これまで経験のない難しい開発となりましたが、必要な項

爆発事故等の影響を受けた1~4号機原子炉建屋内に残った燃料。2014年に4号機、2021年2月に3号機の燃料が、それぞれの使用済燃料プールから取り出され、構内の共用プールで安定的に保管されています。

しかし、今なお残っている1,2号機の使用済燃料プール内の燃料と、1~3号機格納容器内に溶け落ちた燃料デブリについては、現在、取り出しに向けた準備が進められています。

今回は、残った燃料の取り出しに向け今行っていること、そして最も困難が予想される燃料デブリの取り出しに向けた取り組みとそれに関わる作業員の皆さまの想いをご紹介します。

## 2号機

### 燃料取り出し

#### 建屋外観



水素爆発を起こさなかった2号機は、原子炉建屋を残したまま使用済燃料プールからの燃料取り出しを実施します。作業時に外部へ放射性物質が飛散しないよう建屋南側に燃料取り出し用構台を設置し、原子炉建屋に作業口を開け、そこから取り出し機器を用いて横から取り出します。2024~2026年度の取り出し開始に向け、現在は、構台を設置するための路盤整備を行っています。

建屋断面図(イメージ)

使用済燃料プール

原子炉格納容器

使用済燃料(615体)

ロボットアーム

燃料取り出し用構台(設置予定)

### 燃料デブリ取り出し



▲掴んで動かせることを確認

1号機同様、燃料デブリは格納容器内底部にその大半が溶け落ち固まっています。これまでの調査で、内部の撮影や、ロボットにより堆積物を掴んで動かせることができます。この調査結果から、燃料デブリの試験的取り出しは2号機から開始します。

燃料デブリは、まず少量を試験的に取り出し、性状の分析等を行い、そこから得られた情報をもとに、取り出し規模を拡大していきます。試験的取り出し作業の準備段階として、アーム型の遠隔操作ロボットを格納容器内に進入させ、障害物の除去作業を行いつつ、内部調査や試験的取り出しを進める予定です。

現在は、使用するロボットの性能確認試験やさまざまな工具を組み合わせたアームの動作確認、操作訓練を実施しています。



▲最大伸長時(約22m)のロボットアーム。

先端に取り付けるさまざまなツールで燃料デブリの採取や干渉物の切断を行います

### 最初の取り出しに向けたロボットアームの開発 ~2号機を成功させ1,3号機につなげる~



三菱重工業株式会社

原子力セグメント  
デコミプロジェクト室

まつ むら たくみ  
松村 広さま



三菱重工業株式会社では、原子力プラントメーカーとして長年培ってきた原子力技術を駆使し、2号機の燃料デブリ試験的取り出しに向けたロボットアームの開発をIRIDの一員として行っています。挿入口から十数メートル先にある燃料デブリ取

### 構台設置建設現場



### ロボットアームの操作訓練

想像していたよりも重く  
繊細な操作が求められました



▲グリップを握り、掴む操作をする様子  
◀人間の両腕のような動きをする  
「双腕マニピュレーター」と呼ばれる装置を使います



▲操作に運動して動くロボットアーム

▲訓練用機材を掴む様子

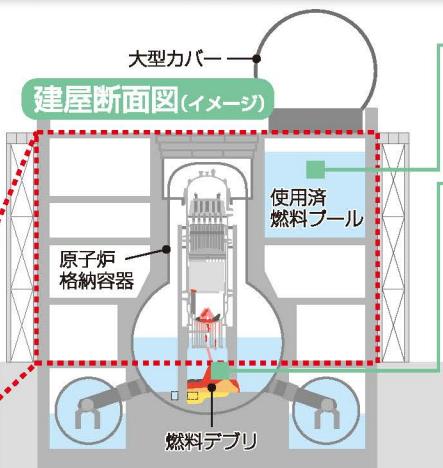
り出しは超高線量環境下で行われる繊細な作業です。そのため、アームのたわみは小さくしなければなりませんが、挿入口の直径が約60cmしかないため単純に太くすることができないなど、たくさんの課題がありました。それを一つひとつ解決し、工程が進むことにやりがいを感じるとともに、英国VNS社との共同開発など、これまで経験したことがないプロジェクトとなりましたが、様々な部門がコミュニケーションを密にとりながら進めてくることができました。

長い廃炉作業も同様に、その積み重ねだと思います。

今回私たちが携わる2号機の試験的燃料デブリ取り出しは、後の1号機、3号機の燃料デブリ取り出しに続く重要なステップと認識しています。福島復興の一翼を担っている事を誇りに「必ず成功させる」という使命感を持ち、これからも取り組んでいきます。

## 3号機

### 建屋外観



### 燃料取り出し

2021年2月に使用済燃料プールから566体の燃料取り出しが完了しています。

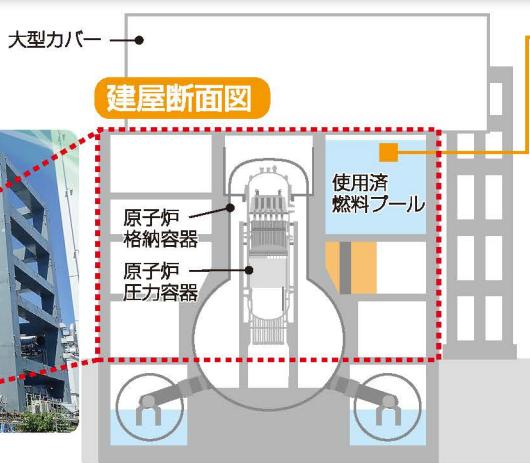
### 燃料デブリ取り出し

これまでに遠隔操作での水中ロボットを使用した2度の格納容器内部調査を実施しており、内部の映像が確認できています。

今後は2号機の試験的取り出しを通じて得られる知見等も活かしながら、取り出し方法を決定し、燃料デブリ取り出し設備の設計・製作・設置を進めていきます。

## 4号機

### 建屋外観



### 燃料取り出し

2014年12月に使用済燃料プールから1535体の燃料取り出しが完了しています。

なお、4号機には燃料デブリはありません。震災当時、定期点検中であったため、原子炉圧力容器内のすべての燃料は使用済燃料プールに移されていたためです。

3号機と繋がっていた共通の配管から4号機へ水素が流入し、原子炉建屋上部の水素爆発が起きましたが、地震と津波により全ての電源が喪失しても燃料のない原子炉圧力容器内は高温になりました。

## 燃料デブリ取り出しに不可欠な人材を目指す～積み重ねた訓練を成果につなげる～



福島第一廃炉推進カンパニー

福島第一原子力発電所  
燃料デブリ取り出しプログラム部  
オペレーション育成PJグループ

外山 翔斗



2号機燃料デブリの試験的取り出しに使用する遠隔操作ロボットのオペレータとして、必要な技術を習得するために訓練を積んでいます。三菱重工業株式会社のご協力をいただき、今年7月より神戸造船所で基本訓練を行っています。2022年前半には楳葉遠隔技術開発センターで、より実践的な訓練に入る予定です。

遠隔操作ロボットは、基本的に人間の手と同じ動きをしますが、遠隔でモニターを見ながら操作するため、距離感に慣れるまで苦労しました。今では、実機練習を繰り返し、ペンを握っていろいろな線を引いたり、掴んだものを移動し積み上げることなどができるようになりました。より正確にスムーズに操作できるようになることが今の目標です。

入社3年目ですが、燃料デブリ取り出しのロボット操作については、安心して任せてくれるようになるまで訓練を積み、廃炉作業の中でも最難関であるこのプロジェクトを安全に進められるよう責任を持って取り組んでいきます。



### 燃料デブリを知る

Q そもそも「デブリ」の意味は？

A. 壊れたり崩れたりして散らばった破片や残がいのこと  
を「デブリ」といいます。

Q 燃料デブリってなに？

A. 燃料が過熱し原子炉内の構造物とともに溶け落ち、  
冷えて固まったものを「燃料デブリ」といいます。

Q また溶けることはないの？

A. 繼続的に注水による冷却が実施されており、安定した  
状態を保っているため再度溶ける心配はありません。

Q どうしてすぐに取れないの？

A. 原子炉格納容器の内部は、放射線量が高く、人が立ち入っての作業ができません。また格納容器内や燃料デブリの状況について得られている知見が限られたため、遠隔操作ロボットを使用し試験的取り出しに向けた内部調査を行う必要があります。

Q 取り出した燃料デブリはどこに保管するの？

A. 放射性物質が飛散しないよう、金属製の密閉容器に収納したうえで発電所内の密閉した設備の中で保管します。

# 第29回 あの日から

「知恵と力を合わせ着実に廃炉へ」  
～分野の垣根を越え次世代へつなぐ～

福島第一廃炉推進カンパニー  
福島第一原子力発電所 ALPS処理水プログラム部  
処理水機械設備設置PJグループ チームリーダー

ひらたごろう  
**平田 悟郎**



私は1994年の入社から27年余り、福島第一原子力発電所で働いています。東日本大震災までは原子炉設備の保全の仕事をしており、震災当時は5、6号機を担当していました。2017年からは工事の計画・設計部門に異動し、工事の計画や積算、発注を行う業務に就き、今年9月からはALPS処理水に係る設備の設計などに携わっています。

震災後入社の社員が増える中、あの日現場にいた私たちの経験を伝えることは、とても重要だと思っています。復旧作業の中で人のつながりの大切さ、目の前の仕事が他の仕事とどうつながるかを考える必要性を折に触れて感じたためです。

あの日、地震直後は電源を確保するために車から外したバッテリーを中央制御室まで運ぶ作業などを行いました。暗い中1～4号機の現場に着いたときは、馴れ親しんだ風景が一変していて唖然としました。1～4号機は、入社してから15年間担当していた号機でした。これからどうなるのかわからない不安の中、とにかく電源を何としてでも届けなければという気持ちでした。中央制御室にバッテリーを運び入れた時、懐中電灯の灯りの中で必死に対応している仲間の顔がありました。直接声を掛けることはできませんでしたが、無言のエールを送りました。

その後は担当していた5、6号機の復旧にあたりました。何としてもプラントを守るという気持ちで、上司やチームの仲間と目の前の課題に取り組みました。まず行なったのは、原子炉冷却用の海水をくみ上げる水中ポンプ設置作業です。現場では津波の影響でさまざまな機器が横倒しになり危険と隣り合わせの状況だっ

たため、慎重に安全を確認しながらの作業を交替制で何日も夜通しで続けました。その中で上司から「みんな無事に家族のもとに帰すからな」と言葉を掛けられ、家族と連絡のとれない不安でいっぱいだった胸にこみ上げてくるものがありました。極限状態で現場にいた仲間はプラントを守ろうという同じ目標に向かっており、上司と仲間を信じて、あきらめず、とにかく頑張り続けることができました。

仮設のポンプを設置し、がれきを避けながら重いホースを人力で運んでつなぐ作業もありました。連絡手段が満足に確保できなかつたため運転確認は、最低限の数のトランシーバーと手信号で合図しながら行いました。ポンプが起動し、ようやく通水できた時は、これで冷却ができると安堵したのを覚えています。

その後も設備の復旧作業を「冷却を止めない」を念頭に一つひとつ行いました。協力企業の皆さまをはじめ、分野の垣根を越えて皆が力を合わせ、知恵を出し合いながら作業を進める中、人とのつながりの大切さを改めて感じました。徐々に設備の復旧が進むとその点検作業が主な業務になり、さらには仮設の設備を本設に移行する中で少しずつ復旧への手応えを感じられました。

私は入社以来ずっと福島で生活しています。知り合いも多く、自分にとって福島は大切な場所です。この10年仕事を続けることができたのは福島復興の力になりたいという想いがあったからです。地域の皆さまが少しでも安心して生活ができるよう、これからも尽力し廃炉作業に携わっていきます。

## 視野を広げ、安全で着実な 廃炉への一翼を担う

～水処理装置の知識を深め、  
コミュニケーション重視の保守管理を行う～

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 機械部 処理設備グループ

とうま  
**當間**

はやて  
**颯**



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19回目となる今回は、入社4年目の當間颯さんです。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

震災当時は高校3年生で、沖縄県那覇市に住んでいました。震度4弱の揺れがありましたが、それが東日本大震災の余震だと聞いて驚いたことを覚えています。

沖縄の大自然の中で育ち、身近にあった自然に興味があったことから、土や水、植物を含めた環境について幅広く学ぶことができる北里大学へ進学し環境化学を専攻しました。入学時は神奈川県のキャンパスに通っていましたが、2年生から学部の移動で青森県に移ったことで自分にとって東北が身近な場所となりました。

震災後2年がたっていましたが、東北地方で生活していく中で震災の話を聞く機会が増え、環境について学んでいたこともあり、少しずつ放射線に興味を持ち始めるようになりました。その後、放射線に関する知識をより深めたいと思うようになり、震災後にできた環境放射線研究所がある福島大学の大学院へ進学を決めました。大

学院では、土壤から植物に放射線が移動するメカニズムを研究しました。大学の研究フィールドが福島県川俣町にあったほか、土壤以外にも河川や魚の研究をしていた教授とともに県内各地を訪れました。福島の地で放射線を学ぶことに大きな意義を感じる日々でした。

### ■入社の動機を教えて下さい

大学院で学んだ放射線に関する知識を活かしたいと考えるようになりました。廃炉作業を行う福島第一原子力発電所で働くことを希望しました。廃炉の現場で働くことについて家族は心配していましたが、私が放射線について研究し、それを活かしたいという気持ちを今は理解し応援してくれています。

### ■入社後に感じたことはありますか

2018年に入社し、研修で初めて福島第一原子力発電所の構内をバスから視察したのですが、新しい建物ができている反面、震災当時のがれきなどがそのまま残っている場所もあり驚きました。実際に廃炉の現場を見たことで、あらためてここでしっかりと放射線管理をしていくという覚悟をしたことを覚えています。

最初の配属先では、工事の計画や契約に





関わる部署で、**水処理設備**の工事に携わりました。廃炉作業は多くの企業の皆さんにご協力いただきながら進められています。連携して進めるうえで、知識だけでなく**日々のコミュニケーション**が非常に重要であることを感じる毎日でした。

### ■今はどうのような仕事をされていますか

今年4月からは、原子炉建屋に溜まった滞留水から原子炉内を継続的に冷却するために必要な水を作るため、塩分を取り除く**処理装置の点検や保守管理**を担当しています。滞留水には、事故時に原子炉の冷却に海水を注水したことや建屋に流入した津波の影響で塩分が含まれています。万が一不具合が起きると汚染水処理全体の流れに影響する重要な装置ですので、日々メンバーと**現場での点検結果**や関連設備の状況を共有するなどコミュニケーションをとり、**責任を持って保守管理**を行っています。

### ■どんなときにやりがいを感じますか

入社して4年目となり、**自分自身で判断**する場面も増えてきました。責任を担う気持ちとともに、やりがいも感じています。

また、在学中に放射性物質がどのような性状でどう移動をするのか研究をしていたため、水中で放射性物質がどのように沈殿しているか推測できることや、入社後の現場で機械系の知識も学んできたこともあり、**多面的な考え方**で工事計画や不具合の解決策を検討し、一つひとつ形になっていくことにも**達成感**を感じます。

### ■今後の目標について聞かせてください

昨年、本社で3ヶ月ほどの駐在研修があり、**廃炉全体の流れ**を検討する機会がありました。その経験を通して視野が広がり、仕事をするうえでの意識にも変化が生じたように感じています。これから廃炉作業を進めていく中で、私たちの世代が中心となってその作業を担っていくことになります。自部門だけでなく**関連する部門との連携**が必要不可欠ですので、日々コミュニケーションを大切にし、メールや電話に頼らず、できる限り直接話をして**課題に向き合い連携**し信頼関係を深めていきたいです。私自身、周囲から頼られる存在になれるよう、**知識を活かし経験を積み重ね**、着実に廃炉作業を進める一翼を担っていきたいと思っています。

処理設備グループメンバー  
大和田さんより

責任を持って真摯に業務に取り組む當間さんの姿勢は、常に周りのメンバーの模範となっています。

仕事を進める上で大切な基本を疎かにせず、入社4年目ですが、すでになくてはならない存在です。

設備の保全という重要な役割を担う仕事に、これからも持ち前の明るさで、チームの中心として取り組んでもらいたいです。

# ときを繋ぐ、まちの風景

今回は、秋の浜通りで行われた2つの祭りをご紹介します。

## 「心の復興応援 富岡太鼓まつり」

福島県双葉郡富岡町の和太鼓団体でつくる「team風童」が、東日本大震災後の支援への感謝と地元へ元気を届けるために企画し、10月10日(日)に富岡町文化交流センター学びの森で開催されました。

会場は県内外の和太鼓チームによる演奏や、よさこいの披露などで活気に溢っていました。

「迫力ある演奏と演奏者の姿に元気をもらいました。まさに心の復興そのものです」と話してくださいました富岡町にお住まいの方の笑顔がとても印象的でした。

富岡町出身で、廃炉作業に従事している上村さん、稻元さんも、当

日は小浜風童太鼓のメンバーとして、地元の復興への想いを胸に演奏に参加していました。



## しねは 「標葉祭り」

古くは標葉郡と呼ばれていた浪江町、双葉町、大熊町、葛尾村。その4町村の伝統芸能や文化、そして復興をPRしようと浪江青年会議所のみなさんが企画し、11月6日(土)に道の駅なみえで開催されました。

ステージイベントや多くの体験、飲食のブースが設けられ、お子さまをはじめ多くの方々で賑わっていました。

資源エネルギー庁と当社のブースでは、廃炉状況の取組みなどをご説明させていただいたほか、廃炉作業で使用している遠隔操作ロボットの実演操作では「動く廃炉ロボットを始めて見た」「精巧な作りや細やかな動きに驚いた」といった声を直接お伺いすることができました。

このような地域の行事に参加させていただけたことにあらためて感謝いたします。

## 編 集 後 記

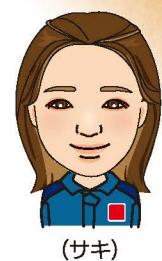
燃料デブリの取り出しという初めての試みに挑む皆さまを取材させていただきました。

プロジェクトを成功させるため試行錯誤を繰り返した開発、何度も繰り返す訓練。

廃炉という大きな目標を達成するため「燃料デブリを安全に取り出し次の工程へつなげる」という強い想いを感じました。

私自身、今年に入り新たな挑戦を始めました。うまくいかずには諦めようと思ったこともありましたが、継続することの大変さを感じながらも、練習を繰り返したことで自信を持って臨めた発表。そして得ることができた何ものにも代えがたい達成感。これからも続けていこうと思っています。

今回お話を伺ったのが同じ時期だったこともあり、プロジェクトに取り組む皆さまの想いに私自身の気持ちが重なり、心の中で強く共感する取材となりました。



## 今回の表紙

廃炉作業にロボットの活用は欠かせません。

人が立ち入れない環境、遠隔での操作、様々な障害物など通常想定されない現場の状況や作業の目的に応じたロボットが多くの方々によって開発されている様子と、実際に廃炉作業で活用している、そして今後活用するロボットの写真です。

\*本誌掲載の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。

\*本誌掲載のマスク未着用の写真については、撮影者との適切な距離を確保したうえで、撮影時のみマスクを外していただいている、



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。

