



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

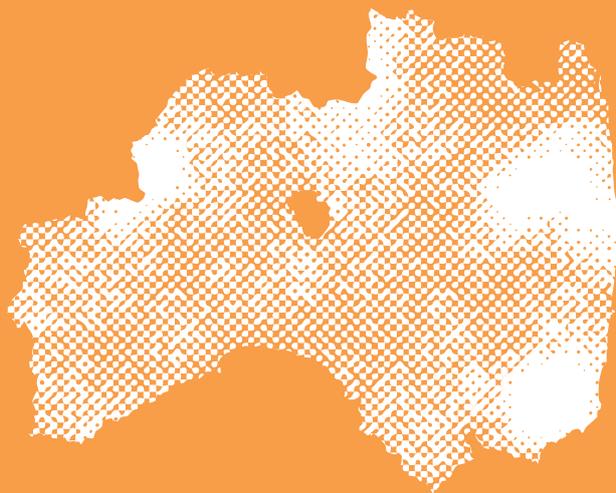
02 【対 談】 Fukushimaの復興を次のステップへ

07 Topics福島

- ・廃炉現場の汚染分布を3次元マップで”見える化”
- ・FaCEIS:調査研究成果を分かり易く発信する取組み
- ・ $\alpha$ 線を放出する粒子の大きさをリアルタイムに計測

15 福島ふるさと散歩みち

令和3年11月  
No.19



Sector of Fukushima Research and Development,  
Japan Atomic Energy Agency

ふくしまの復興を  
次のステップへ

◎ 対 談

より丁寧な情報発信で地域に寄り添い、  
これからもふくしまと共に

2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波の影響による東京電力福島第一原子力発電所(1F)事故から10年が経過しました。その直後から行われてきた日本原子力研究開発機構(JAEA)の取組みを振り返りながら、JAEAとして「福島復興に寄与するためにすべきこと」「地域の方々からの信頼を得るための取組み」「実現に必要な課題」などについて、福島県内で講演やレポーター、司会など“言葉を伝える”お仕事で幅広く活躍されている國井明美さん(福島県出身)と2021年4月にJAEA福島研究開発部門の部門長に就任した舟木健太郎理事に、それぞれの思いや考えについてお話していただきました。



國井 明美

KUNII Akemi  
テレビ・ラジオのレポーター、ナレーター、  
式典の司会など幅広く活動中

舟木 健太郎

FUNAKI Kentaro  
理事  
福島研究開発部門長

**國井** まず始めに、災害直後からこれまで、JAEAではどのように活動されてきたのでしょうか。

**舟木** はい。我々は、事故直後から福島市に福島支援本部を開設し、県内に職員を派遣・常駐させ、除染モデル実証事業、環境中の放射線計測や、地域の方々への説明などの活動を開始し、放射線の専門家として、内部被ばく検査や除染効果の調査、環境動態研究などを行い、地域の方々の不安を少しでも軽減できるような活動に加え、地域の環境回復にも取り組んできました。また、福島県と国立環境研究所とも連携を図りながら、放射線の計測技術開発や環境中の放射性物質がどのように移動して、地域の方々の生活にどのような影響を与えるのか、という課題にも取り組みました。



除染モデル実証事業における屋根の除染



放射線に関するご質問に答える会

1Fの廃炉の取組みにおいては、国が策定している「中長期ロードマップ」に基づき、関係機関と連携し、様々な研究開発プロジェクトを実施しています。JAEAとして進めている研究開発には、燃料デブリの性状把握、炉内状況の解明、放射性廃棄物の処理処分、遠隔計測技術などがあります。このため、

福島県内に様々な研究開発拠点を設置し、近年では、1Fサイトに隣接する大熊分析・研究センターの整備を進めています。

國井さんはJAEAの福島での取組みがどのようなものかご存知でしたでしょうか。

**國井** 2014年に「無人航空機による空からのモニタリング」の動画制作の際にレポーターのお仕事をさせていただきましたので、放射線モニタリングなど一部の活動について知る機会はありましたが、JAEA全体の取組みについては正直なところ、詳しくわかりませんでした。

**舟木** 無人航空機によるモニタリングに興味を持たれたことや印象に残っていることはありますか。

**國井** 最近でこそドローンや無人航空機が身近なものになりましたが、当時はまだそうではなかったと思います。しかし測定器を取付けてこれらを遠隔操作することで、モニタリング調査を行う作業員の方々の被ばくリスクを回避できるという点に関心を持ち、なるほどと理解しました。



無人航空機のスタンバイ

**舟木** 放射線量が高い場所でもドローンや無人航空機を使うことで、被ばくを避けられるだけでなく、現場作業の事故リスクを下げられるなど、作業員の安全を確保する上で重要な役割を果たしてくれます。さらに、高い位置からの広大なエリアのモニタリングも可能となり、効率的に測定できるというメリットがあります。

ドローンや無人航空機の機体の性能向上と測定技術の進歩も目覚ましいものがありますが、これらは福島県の地元企業にご協力いただいた賜物です。

**國井** 現在、JAEAでは福島復興に向けてどのようなことに力を入れていらっしゃいますか。

**舟木** 先ほども紹介しましたが、福島研究開発部門では、環境回復に係る研究、廃炉に係る研究などを進めています。環境回復に係る研究では、福島県や国立環境研究所と連携しつつ、特定復興再生拠点の整備への技術支援につなげるために尽力し、また地域の方々の声に基づいた研究を行い、その成果の発信を行っています。

例えば、林業の再生に向けて、放射線量を下げる方向性を定めるために必要な計測やデータの提供を行っています。こうした調査・研究の成果は、JAEAの「FaCEIS」(フェイス)というサイトで見るができます。また、サイト内ではQ&A形式で地域の方々が抱く疑問や懸念にお答えする知見の発信も行っています。

1Fの廃炉については、国内外の研究機関や関連企業・団体、大学などとの連携を深めながら、現場のニーズに対応する基礎基盤から実用に至るまで幅広く研究開発に取り組んでいます。さらに、最も難しいチャレンジである炉内の燃料デブリの取出しとその分析を行うための基盤整備や施設整備を進めています。

地域の方々には環境回復、廃炉などまだまだ不安や心配なところがあると思います。今後も、帰還困難区域の全面解除に向けて調査・評価の結果

得られたデータを発信し続けることで、地域の方々の不安払しょくに貢献できればと考えています。

また、地元企業の方々との連携を強化して、地域経済の復興にも貢献していきたいと思っています。

**國井** 地域の方々と手を取り合いながら復興に尽力するお気持ちが伝わってきました。地域社会との関わりについて、具体的にどのような取組みがあるのでしょうか。

**舟木** 福島復興と廃炉に向けた長い道のりには、未来を担う若者の活躍、若い人材の育成が重要です。このため地元の福島大学や福島工業高等専門学校との間で連携協定を締結し、現場での実習を通して我々の知見を伝え、議論する場を設けています。県内の高等学校、中学校への出前授業も行っています。

さらに国の「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」により、将来を担う研究者の育成にも力を入れ、原子力分野において、世界でもリーダーシップを発揮できる人材を育成していきます。また、地元企業と協働したものづくりや商工会議所との連携も進めています。



郡山の中学生への出張授業

一方で、地域の方々にJAEAの取組みや成果を知っていただく努力はまだ十分ではないとの問題意識を持っています。これから力を入れていきたいと思っていますが、簡単なことではないと感じています。國井さんは普段「伝える」お仕事をされていますが、「伝える」ことで大事なことはどのようなことでしょうか。

**國井** そうですね。こちらから「伝えた」つもりでも相手に「伝わってなかった」としたら、伝えていないことと同じになります。相手に伝わったと感じてもらうことは難しいですが、知りたい情報を順序



よく、わかりやすい言葉でお話することが一番だと思っています。例えば「日本原子力研究開発機構」という名称を聞いただけで、「難しそうだな」「原子力なら自分には関係ないな」と考え、聞けなくなってしまう人もいるかもしれません。だからこそ情報を伝える際には、相手の立場に立って専門用語を使わず、誰もが聞き馴染みのある言葉を選び、順序よく伝えることが大切になってくると思います。

**舟木** なるほど。わかりやすい言葉で順序よく伝えていく、ですね。確かに我々のなかでは馴染みのある言葉でも、一般の方にはわかりにくい言葉が多いかもしれません。これからは、誰にでもわかりやす

い言葉を使うことを意識しながら情報発信をしていかなくてはなりません。

特にJAEAは、今後7年間の活動計画(次期中長期計画)を検討していく重要な時期を迎えます。地域社会の皆さまが課題として認識されていることは何か、JAEAに対する期待やご要望は何かを、よく伺いながら検討を進めていきたいと思っています。

もちろん、わかりやすくご説明させていただくことも忘れずに行っていきます。

福島県でお仕事をなさっているお一人として、國井さんからJAEAに今後期待することやご要望はありますか。

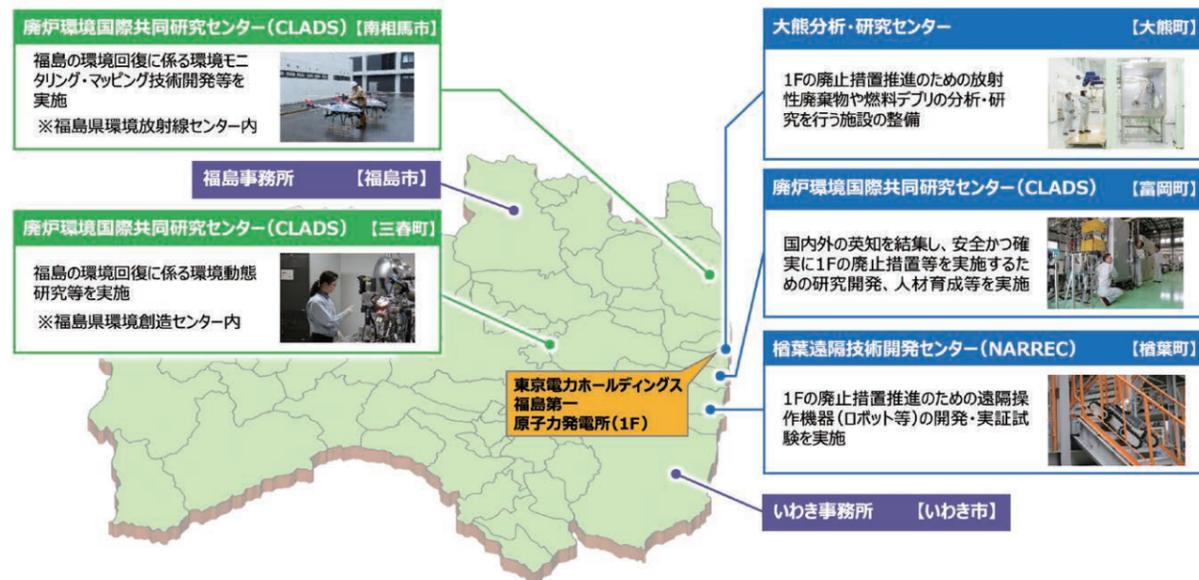
**國井** 私は「発信力」の強化ではないかと考えています。当時を振り返ると1Fの事故後、私たちの周りではさまざまな情報が入り混じり、さらにSNSなどでは間違った情報も流れ、何が正しい情報なのかを判断することが困難だったことを覚えています。ましてや私は妊娠中だったこともあり、どの情報を見ても疑ってしまい、とても不安を感じていました。こうした混乱を二度と招くことがないように正しい情報をわかりやすく「発信」していくことが大切ではないでしょうか。

これからは廃炉に向けた取組みが本格化することですが、一般県民にとっても大事なことは同じだと思います。正しい情報をいち早く、わかりやすい言葉で発信し続けていただくことが安心につながると感じています。



福島工業高等専門学校磐陽祭へのブース出展

### 福島県内の研究開発拠点



**國井** 最後にJAEA福島研究開発部門長として、福島で仕事することへの思いを教えてください。



**舟木** 福島の復興と1F廃炉は世界的にも先例がない困難な取り組みです。中長期的な課題を特定し、国内外の研究機関や大学の英知を結集して研究開発を進めていく上でJAEAは中心的な役割を担います。

また、復興や廃炉現場のニーズを研究開発につなげ、その成果が最大限活用されるよう、地域の方々との橋渡しを行ってまいります。

震災以降、私たちは復興に力を尽くす地域の方々から多くを学ばせていただき、勇気もいただきました。例えば避難先での厳しい状況下でも未来を見据えて皆を励ます地域のリーダー、復興を目指す共通の目的を合言葉に新たなパートナーとともに新たな日本酒造りに取り組む農家の方々、福島での経験を難民問題など世界の課題の解決にも活かしたいと国際会議で訴える高校生など、復興を貫く強い意志に心打たれたことは数え切れません。



NARRECでの廃炉創造ロボコン開催の様子

私たちは、この福島で働かせていただいていることの責任と重要さを噛み締めながら仕事に向き合い、福島が日本や世界の未来のための「学びの場」であることを伝えていければと思います。

現在、来年度から7年間のJAEA中長期計画を検討中です。研究開発の将来ビジョンを掲げて、新たな

協働を創出し、新たな学びで得られる知見・経験を福島と世界のために役立てることを目指して、福島復興を前に進めるためにできる役割を果たしてまいります。



県内森林での環境動態調査



福島リサーチカンファレンス(国内外の専門家による意見交換)の開催

**國井** 福島の復興、そして1Fの廃炉が完了するまで長い道のりが待っていますが、JAEAはじめ様々な立場の方々が手を取り合い、同じ目標に向かって歩んでいくことで、次世代への道が開けてくると感じることができました。これからのJAEAの取組みに期待したいと思います。

今日はありがとうございました。

**舟木** こちらこそ、ありがとうございました。

\*対談ではソーシャルディスタンスを確保し、撮影時のみマスクを外しています。

## Topics 福島

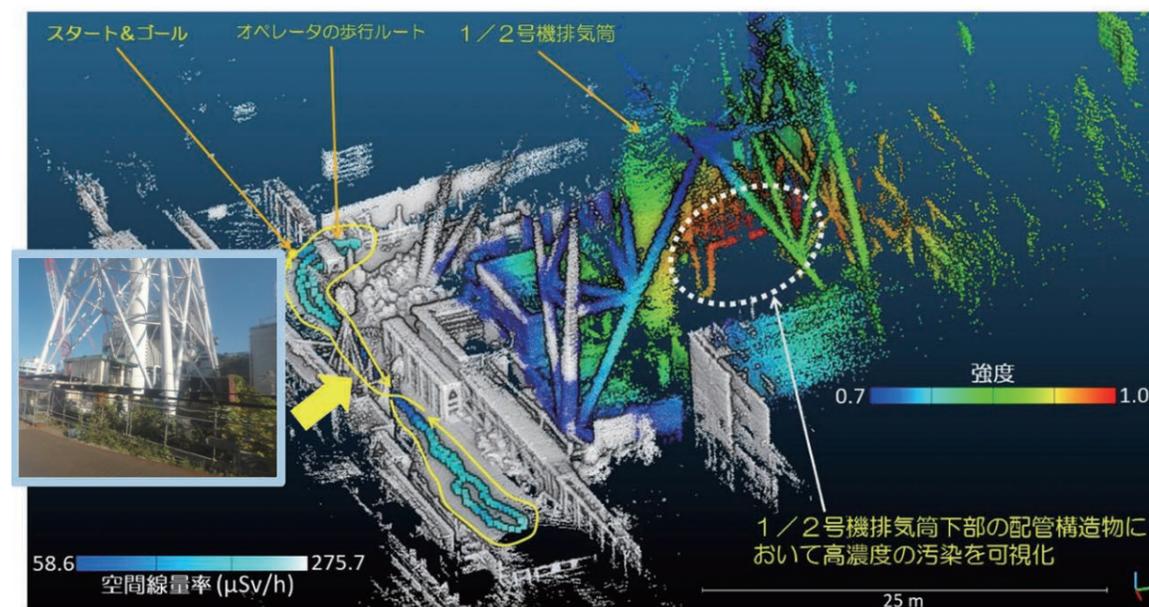


図1 福島第一原子力発電所 1/2号機排気筒付近における空間線量率と高濃度汚染箇所を可視化した3次元マップ

2021.6.8 No.104

### 廃炉現場の汚染分布を3次元マップで“見える化” 見えない汚染を仮想空間で把握し、作業員の被ばくを低減

日本原子力研究開発機構(以下「原子力機構」という。)福島研究開発部門の廃炉環境国際共同研究センター(以下「CLADS」という。)は、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」という。)廃炉現場の3次元マップを仮想空間に描画し、任意の視点から汚染箇所の観察を可能とするシステムとして、放射性物質可視化カメラであるコンプトンカメラ\*1)と3次元測域センサ(以下「3D-LiDAR」\*2)という。)および線量率を計測するサーベイメータを組み合わせた統合型放射線イメージングシステム(以下「iRIS」\*3)を開発しました。

#### ■どのようなシステムか

1Fサイト内には多くの機器やガレキ、建屋といった様々なものに放射性物質が付着しており、汚染が3次的に広がっています。そのような環境では放射線がいたるところを飛び交っているため、従来のサーベイメータのように“その点”での線量率を測定するだけでは正確な汚染の分布が把握できませんでした。さらに、サーベイメータを用いた“点”での測定では、作業現場全体の測定に時間がかかるだけでなく、作業員が被ばくしてしまうという問題がありました。

今般、

- ① 3D-LiDARを用いた自己位置推定と環境地図作成の同時実行(SLAM)\*4)により廃炉現場の3次元モデルを構築するとともに、移動中のシステムの自己位置および姿勢の情報を逐一記録

- ② これらの情報を、コンプトンカメラを用いて各位置で取得した放射線飛来方向の情報に同期→移動しながら取得したデータによる3次元的な汚染の可視化がはじめて実現可能に(図2参照)
- ③ サーベイメータを用いることで、歩行ルート上の線量率を逐一記録
- ④ ①～③のような複数のセンサ情報を入力ファイルとし、数回のボタン操作で3次元汚染マップを描画できる専用ソフトウェア(COMRIS)を新たに開発することで、パソコン上の仮想空間に線量率、高濃度汚染箇所をカラーコンター図\*5)として表示できるようになりました。



図2 3つの機器の組み合わせによる「iRIS」構築図

## 「iRIS」を用いた実証試験結果

「iRIS」を用いた実証試験は、2020年11月に東京電力ホールディングス株式会社(以下「東京電力」という。)の協力により、1Fサイト内1/2号機の排気筒付近で実施しました。当該排気筒の下部は線量率が高く、作業者の長時間の滞在が難しいエリアでした。コンプトンカメラを用いた従来の定点測定では、複数点から対象を測定せねばならず、コンプトンカメラの設置や移動、測定を繰り返す必要がありました。

しかし、「iRIS」を用いることで、排気筒下部に進入することなく比較的線量率の低い通路上を歩行することにより、遠隔でわずか5分未満で測定が完了しました。この測定データをもとに、高濃度汚染箇所を可視化した3次元マップを描画することに成功しました。

冒頭図1は排気筒付近の3次元モデルに、汚染の主な原因である放射性セシウムの分布イメージを赤く投影することによって描画した3次元汚染マップです。これは移動しながらの連続測定によって、1Fに存在する高濃度汚染箇所に近づくことなく汚染分布を“見える化”したはじめての結果です。マップ上にはオペレータの歩行ルート上の空間線量率を併せて表示しました。

この3次元マップはパソコンやタブレットを用いて任意の視点から観察することができ、ホットスポットが存在する1F廃炉現場を360度方向から俯瞰的に観察できます。さらに、市販の仮想現実(VR)ゴーグルを用いることにより、仮想空間に再現した廃炉環境を汚染分布とともに体感することが可能となり、作業者の事前トレーニングにも活用できます。

今後「iRIS」をロボットに搭載することにより、作業者の入域が困難な原子炉建屋のような高線量率エリア内部の3次元汚染分布マップを容易に取得することが可能となります。このマップは作業員の被ばく線量の低減や、除染計画の立案に役立つことが期待されます。

## 進化する「iRIS」

今後、「iRIS」をロボットに搭載し、1F原子炉建屋内部のより深部において汚染箇所の探索を進めていきたいと考えています。「iRIS」を用いることにより、測定のたびにロボットを停止させる必要がなく、短時間で広範囲の汚染箇所や線量率データを収集することができるようになります。また、1F作業現場と汚染分布を仮想空間に再現することで、遮へい設置方法や除染による空間線量率低減の効果を、事前にシミュレーションするといった発展が見込まれます。汚染の効率的な除去や線量率低減に貢献するために、本システムを通して建屋内に存在する汚染箇所や線量率の分布を直感的に俯瞰できる3次元マップを作業員の皆様に提供することを目指し、東京電力と協力して研究開発を継続していきます。

「iRIS」の展開先は廃炉現場のみではありません。これまでに、福島県帰還困難区域における汚染の可視化を目的として、株式会社千代田テクノロと共同でコンプトンカメラ搭載ドローンシステムを開発しました。帰還困難区域に沈着したホットスポットの可視化に成功し(2019年5月9日プレス発表)、現在、当該システムは同社より製品化されています。また、大型のコンプトンカメラを搭載した車両「iRIS-V」(2020年3月27日プレス発表)の開発を継続しており、その性能向上を図っています。加えて、これらの放射性物質可視化技術は、大規模イベント等における核物質を用いたテロ行為の監視といったセキュリティ用途への応用も期待できると考えています。

「iRIS」は若手研究者が中心となって推し進めているプロジェクトであり、個々が自らの専門分野を越えて異分野との融合に力を注ぐことによって、これまでにない新しい放射線イメージング技術の達成を目指しています。

### 【用語解説】

- \*1) コンプトンカメラ  
放射性物質を可視化するための装置であるガンマカメラは、大別して「ピンホールカメラ」と「コンプトンカメラ」がある。ピンホールカメラは簡便だが、大型、高重量となり、狭い現場での測定には向いていない。コンプトンカメラは入射したガンマ線(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、受け取ったエネルギーから、ガンマ線の飛来方向を特定する。解析的に放射線源を求める手法を採用しているため、高重量の遮へい体が原理的には不要であり、小型・軽量化が実現可能であるが、技術的には高度なものである。原子力機構では、浜松ホトニクス株式会社と早稲田大学が開発したコンプトンカメラをベースに、小型ロボットやドローンにも搭載可能となるよう小型軽量化したコンプトンカメラを製作し、1Fにおいて実証試験を実施した。  
(右図説明)  
\*シンチレータ  
放射線によって発光(シンチレーション光)する蛍光物質。シンチレーション光を電気信号に変換して、入射放射線数、エネルギーを計測する。  
\*GAGGシンチレータ  
シンチレータ結晶のひとつ。組成は、ガドリニウム、アルミニウム、ガリウム、ガーネットである。GAGGは従来のシンチレータ結晶(NaI, CsI)に比べ密度が高いため、小さな結晶でも高濃度の放射線測定が可能である。また、潮解性もなく空気中の水分による劣化の心配もないため、長期間安定して使用することができる。  
\*散乱体・吸収体におけるコンプトン散乱とエネルギー付与  
コンプトン散乱は光子(ガンマ線)が物質中の原子に束縛された電子と相互作用して、エネルギーの一部を失う過程で、失われたエネルギーは電子に与えられ、この電子が散乱体もしくは吸収体の中を走行することによってエネルギーが付与される。
- \*2) 3D-LiDAR(3D 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、実証試験では、本装置を用いて作業環境の3次元モデルを取得した。
- \*3) iRIS(integrated Radiation Imaging Systemの略)  
統合型放射線イメージングシステムのこと。放射線測定器を含む複数のセンサ機能を統合することで、移動しながらのデータ取得、汚染箇所の3次元的な可視化、さらには汚染箇所を可視化した廃炉現場のVR体験といった様々な機能付加を達成した。
- \*4) 自己位置推定と環境地図作成の同時実行(SLAM: Simultaneous Localization and Mapping)  
自己位置推定と環境地図作成を同時に実施する技術をいう。カメラやレーザースキャナ等を用いることにより、システムの自己位置や、障害物などの周辺環境の情報を同時に認識するものです。掃除ロボットや自動車の自動運転技術にも応用されている技術である。
- \*5) コンター図  
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。一定値ごとに等値線を描いた図面を等値線図(とうちせんず)とよび、属性・分布状況が感覚的にわかるようになっている。等値線図を見やすくするため、各等値線の間の帯ごとに段階的に色彩を施すことも多い(カラーコンター図)。



図1 リニューアルした根拠情報Q&Aサイト

### ■「根拠情報Q&Aサイト」

どのような情報が掲載されているのかを直感的に表現するイラストで紹介しています(左:図1)。一般の方々が知りたい情報として「線量」、「河川」、「測定」などの項目を吹き出しにし、それらをクリックすると「放射性物質・空間線量率」、「放射性物質の動き-河川」や「被ばく線量評価・除染」など5つのQ&Aサイトにジャンプして説明をご覧いただけるように工夫しました。研究によって得られた最新の知見は、論文や報告書、学会発表などしっかりとした根拠を担保に客観的に記載してあります。それぞれのQ&Aサイトの入り口には特に分かり易い“Q”を表示しており、リンクを深掘りしていけば論文などにもたどり着き、より専門性の高い内容に触れることができます。

### ■「放射性物質モニタリングデータの情報公開サイト」

原子力規制庁、福島県等が公開している東京電力福島第一原子力発電所(以下「1F」という。)事故に起因する福島県及び近隣県における空間線量率の測定結果、陸域土壌(土壌表面及び土中)、海域(海水、海底土)及び河川(河川水、河底土)・地下水、食品(農・林・畜・水産物など)などの放射性物質濃度の分析結果を収集し、それら大量のデータを「見える化」して、一般の方々が直接的に状況把握できるようにするとともに、放射性物質の分布や経時変化の解析を支援するため、それらに影響を与える標高、土壌、植生、土地利用、積雪などの地理的情報も併せて公開しています。

これまでは、国、県などの調査毎にデータを表示していましたが、調査項目やデータなど複数の情報(例:定点測定や走行サーベイデータなど)を同時に表示するとともに、使用する方々が、場所を選択・検索したり、図を拡大・縮小することもできるように改良しました。

## FaCE!S

フェイス

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



2021.5.12 No.103

## 調査研究成果を分かり易く発信する取組み

——— 最新の知見を取込み、親しみやすいデザインなどにリニューアルへ ———

日本原子力研究開発機構(以下「原子力機構」という。)福島研究開発部門の廃炉環境国際共同研究センター(CLADS)は、環境回復に関する調査研究成果を解説とともに取りまとめた「福島総合環境情報サイト(略称:FaCE!S(フェイス))」を見やすくリニューアルし、2021年10月1日に福島研究開発部門のホームページで本格運用を開始しました。

FaCE!Sは、

- ① 調査や解析で分かったことをQ&A形式で紹介する「根拠情報Q&Aサイト」
- ② これまでに得られた様々な観測データのデータベースである「放射性物質モニタリングデータの情報公開サイト」の2つのサイトから構成されており、今般のリニューアルは、最新の知見を取り入れるとともに、一般の方々などのご意見も踏まえて、より親しみやすく、かつ分かり易く表現することを念頭に行いました。

ここでは、リニューアルの内容について紹介します。

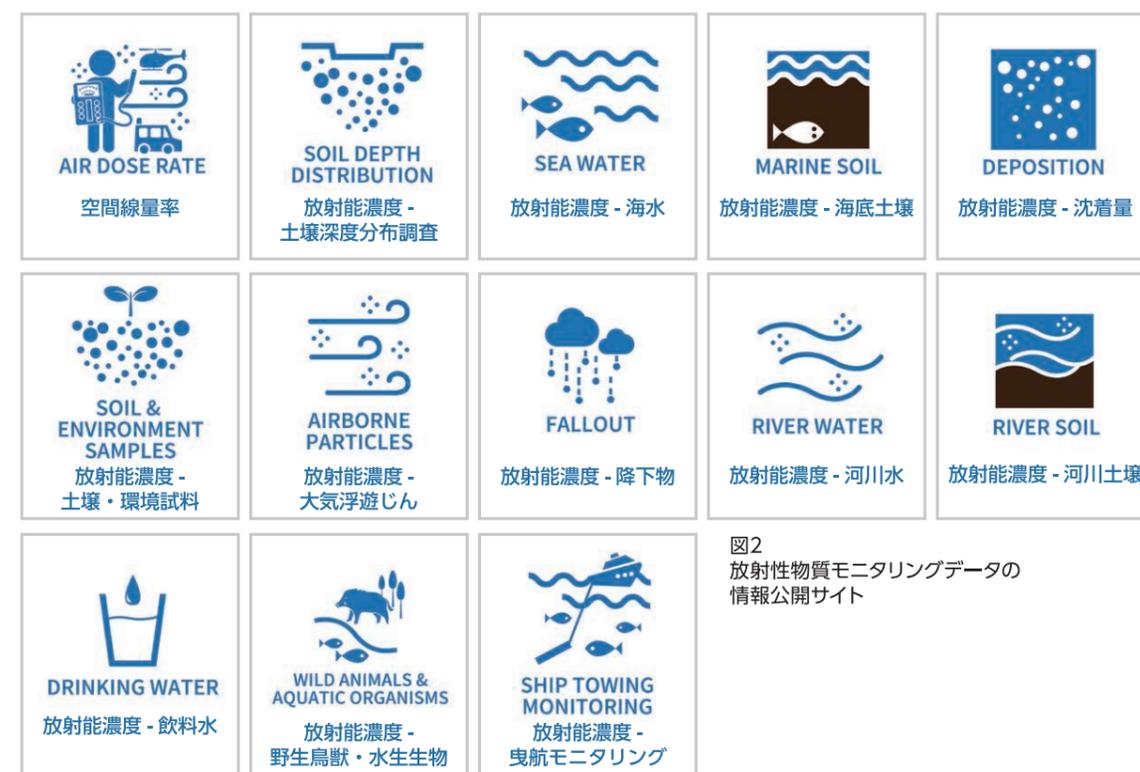


図2 放射性物質モニタリングデータの情報公開サイト

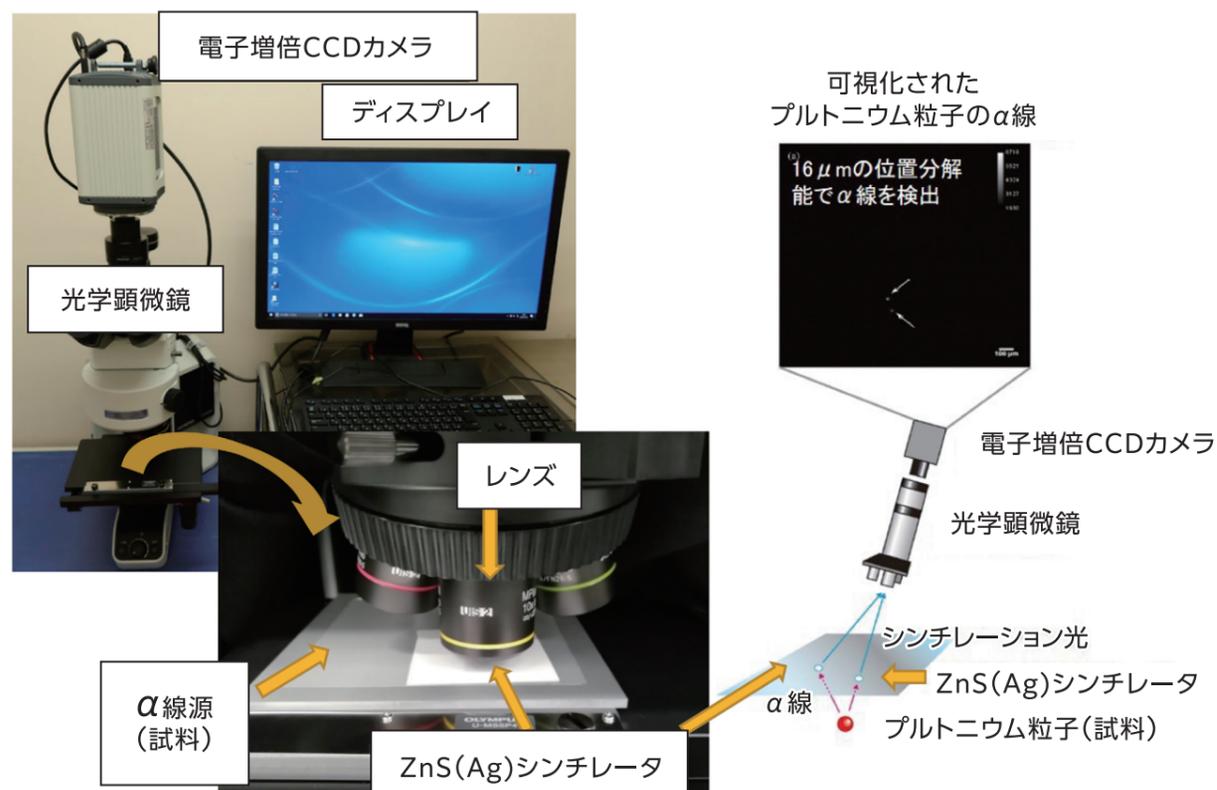


図1 超高位置分解能α線イメージング検出器とプルトニウム粒子のα線の可視化

電子増倍CCDカメラと光学顕微鏡を組み合わせ16μm<sup>\*1)</sup>の位置分解能で一つ一つのα線が重なることなくリアルタイムに可視化できる超高位置分解能α線イメージング検出器。

プルトニウム粒子から放出されたα線はシンチレータによって光として可視化される。このα線をリアルタイムに計数することでプルトニウムの量が分かり、その粒子の大きさを評価することができる。位置分解能が高いほど、隣接するプルトニウム粒子との識別が容易となる。

シンチレーション光へと変換し、このシンチレーション光を光学顕微鏡を介して電子増倍CCDカメラで撮像することにより可視化するものです。実際にPuO<sub>2</sub>試料に適用したところ、一つ一つのα線をリアルタイムに可視化することに成功しました。また、α線の位置分解能<sup>\*4)</sup>として、16μmが得られ、従来の検出器を上回る性能が確認できました。

### 開発の概要

原子力施設などにおいて、どの程度の大きさのα線を放出する粒子が作業現場に存在しているかを知ることは、作業者の内部被ばく評価に重要です。従来の検出器では、リアルタイムの測定ができず、また、α線以外の放射線にも感度を有するものもあり、α線とその他の線種の放射線(X線、γ線、β線、中性子線など)との識別が必要でした。

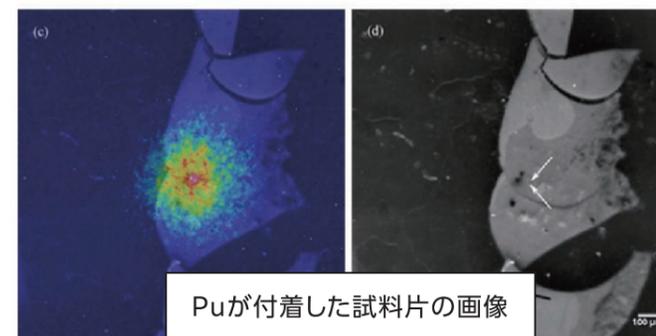
超高位置分解能α線イメージング検出器に実際のPuO<sub>2</sub>試料を用いて検出を行ったところ、一つ一つのα線が重なることなくリアルタイムに可視化することができました。また、α線の位置分解能として16μmが得られました。測定原理が異なるので単純な比較はできませんが、従来の25μmを上回る細かさでα線の検出位置の情報を識別できる

性能が確認できました。これにより隣接する異なるPu粒子の識別が容易となります。

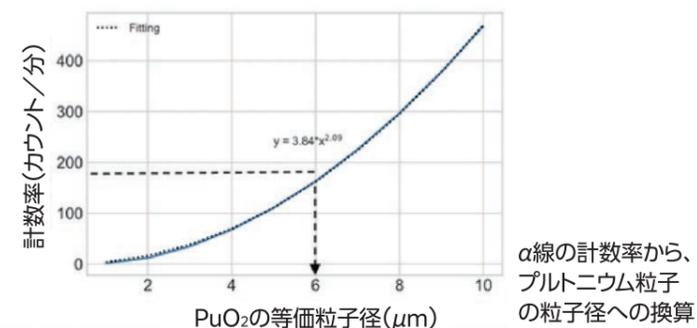
下図は実際のPu粒子(PuO<sub>2</sub>)による撮像結果です。PuO<sub>2</sub>試料の光学画像とPu粒子の存在位置が正確に特定できました。

本装置では、一つ一つのα線位置が可視化できるため、そのα線の数から個々のPu粒子の計数率(カウント率)を直接的に評価することができます。この結果を利用し、粒子の大きさ(等価粒子径<sup>\*5)</sup>)を求める手法も考案しました。

Pu粒子の粒径は、その放射能に対応したα線の計数率から解析できますが、粒子径を正確に求めるためには、α線粒子による自己遮蔽(しゃへい)効果や汚染防止フィルムによる減衰を考慮する必要があります。そこでこれらの効果を考慮した計算を行い、計数率から粒径を解析する換算曲線を求めました。これにより、リアルタイムで測定したα線の計数率からPu粒子の等価粒子



左:試料の光学画像とプルトニウム粒子のα線の分布の重ね合わせ  
右:重ね合わせによりプルトニウム粒子の存在位置が正確に特定可能



α線の計数率から、プルトニウム粒子の粒子径への換算

径への換算ができます。今回測定したPu粒子の等価粒子径は、従来の手法で測定された結果と比較しても矛盾はなく、妥当性が確認されました。

従来の方法では、α線の放射エネルギーによって10分から1時間の測定時間のほか、読み取り処理の時間も必要でした。また、測定した画像を確認してみないと、Puの分布の偏りなどは分からず、再測定が必要となることもありましたが、今回の検出器の開発により、リアルタイムの粒子径測定に繋がりました。

2021.8.31 No.105

## α線を放出する粒子の大きさをリアルタイムに計測

### 超高位置分解能α線イメージング検出器を開発

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(CLADS)は、東北大学・三菱電機と共同で、医療分野等で開発が進められているα線イメージング検出器を基にして、原子力施設に適用するために極めて薄いシンチレータ<sup>\*2)</sup>と電子増倍CCD(Charge Coupled Device)カメラ、光学顕微鏡を組み合わせた「超高位置分解能α線イメージング検出器」を開発しました。

本装置は厚みの薄い(約8μm)ZnS(Ag)シンチレータによってプルトニウム(Pu)<sup>\*3)</sup>粒子から放出されるα線のみを

## ■今後の計画

読み取り処理を必要とせず、作業現場でリアルタイムに粒径分布を評価できる「超高位置分解能α線イメージング検出器」の開発により、Pu粒子の迅速な粒径分布測定が可能となり、原子力発電所や核燃料施設で働く作業員の内部被ばく線量評価の精度向上に役立つと考えています。

今後は、PuO<sub>2</sub>以外の様々な試料に適用することでデータを拡充し、他の粒径測定方法と比較することにより、さらなる換算精度の向上とその実証を進めます。また、福島第一原子力発電所の実試料の測定に適用し、作業現場のα核種の粒径分布を評価することを最優先に進めたいと考えています。これらの測定を通して、内部被ばく線量評価の精度向上や作業現場の放射線防護に貢献して参ります。

### 【用語解説】

- \*1) μm  
長さの単位で「マイクロメートル」と読む。1μmは、0.001mm(ミリメートル)
- \*2) シンチレータ  
放射線が入射すると、その放射線エネルギーが吸収されて発光する物質のこと。ZnS(Ag)シンチレータは、α線の測定に広く用いられる銀活性硫化亜鉛を用いたシンチレータ。白色の粉末状で透明基盤上に薄く塗布し、α線の検出に用いる。
- \*3) プルトニウム(Pu)  
原子力発電所の運転中に、燃料であるウランの一部が変化して生まれる放射性物質で、プルトニウム238、239、240などがある。元素記号は「Pu」。プルトニウムが放出するα(アルファ)線は、空気中では数センチしか飛ばず、紙1枚でさえぎることができるので外部被ばくの抑制は容易だが、口や鼻などから吸い込み、体内に入ると細胞に大きな影響(内部被ばく)をおこすので、Pu粒子は厳重な管理が必要である。日本では単体でのプルトニウムは使用できないため、ウランとの混合粉末で二酸化プルトニウム(PuO<sub>2</sub>:本文中のPuO<sub>2</sub>と同じ)として燃料を作製している。
- \*4) α線の位置分解能  
分解能とは、測定対象となる信号がどの程度細かく検出できるかの能力(識別限界)をいう。ここでは、画像上のα線が検出された位置をどこまで細かく分解できるかを示す指標のこと。
- \*5) 等価粒子径  
同じ体積の球形粒子の直径のこと。

本記事は、2021年8月3日にプレス発表した内容を編集したものです。



## 朝廷と東北地方



東北地方を訪ね歩いていて、よく耳にする人物は、第1に「坂上田村麻呂」、第2に「源頼義・義家」である。8世紀後半から9世紀前半にかけて、坂上田村麻呂は朝廷の意を受けて、東北地方の蝦夷討伐を行い、合わせて各地に勧請などを行っている。伝説では、793年三春地方で地元の蝦夷との戦闘に苦戦していた時、何処ともなく現れた馬(駒)に助けられた。その後、郡山市(江戸時代は三春藩領高柴村)の伝統工芸品としての「三春駒」が誕生した。三春駒は白と黒があり、黒駒は子宝・安産・子育てのお守りで、白駒はお年寄りの長寿のお守りとしての意味を成しており、必ずしも一対で購入する必要はないと聞いている。

一方、時代が下がり、平安時代後期に源頼義と嫡男(八幡太郎)義家も、前九年の役・後三年の役で蝦夷討伐に戦功があり、その後の東北地方は平泉文化(中尊寺や毛越寺など)に象徴される藤原三代の治めるところとなった。

これらの話の中で共通するのは宮城県側の太平洋側から産出した「黄金」である。749年に日本で初めて黄金(砂金)が朝廷に献上され、建造中の奈良の東大寺盧舎那仏像に使用(金箔)した。また、奥州藤原三代の中尊寺金色堂は、現在でも黄金の輝きを放っている。

今回は、子楯倉神社(いわき市)、三春大神宮(三春町)、安積国造神社(郡山市)、鹿嶋御子神社(南相馬市)、山本不動尊(棚倉町)を参拝しました。

(裏表紙の写真: シクラメン原種)



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

■楢葉遠隔技術開発センター(NARREC)

〒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

〒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/>

