



放射性廃棄物の分析業務を学ぶ

福島環境回復と廃炉に向けて

日本原子力研究開発機構(以下「原子力機構」という。)は、我が国の原子力への理解促進や原子力(特に廃炉部門関連を含めた)分野への人材育成に資することを目的として、夏期休暇期間中に学生へ例年、幅広いテーマを設定の上、体験実習を含めた多彩なプログラムを用意し、これらに参加を希望する学生を募っています。このような継続的な取組みは、全国の大学や高等専門学校等との交流が広がり、相互連携や協力体制の強化に繋がってきているところです。

福島研究開発部門大熊分析・研究センター*¹⁾(以下「大熊センター」という。)は、今年も新型コロナウイルス感染症予防対策に万全を期した上で実施しており、今回の実習生の受入れに当たっても、事前に抗原検査を実施するなど入念な準備を整えながら行いました。

国が定めた中長期ロードマップに従い、廃炉の取組みが日々進められている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。)に隣接した大熊センターにおいて、今般、「マニプレータ、グローブボックス及び分析装置に関する実習」をテーマとした体験実習を2021年9月27日(月)から10月1日(金)にかけて行い、茨城大学大学院の学生1名が参加しました。

■ 先ずは、原子力災害からの復興と1F サイトの現状を正しく知ってもらう

実習初日は、中井センター長から開講の挨拶があり、続いて、原子力機構全体の概要と研究体制やその内容、1F 廃止措置に係る機構と福島研究開発部門の役割、部門内の各センターで行っている研究開発、さらには、次世代を担う若者達に期待する将来像について話がありました。

その後、1F 事故から丁度 10 年を経過した福島県の復興のあゆみを理解してもらうため、昨年オープンした「福島県東日本大震災・原子力災害伝承館」で当時の津波被害の状況や刻一刻と変化する原子力事故への対応、国及び自治体等の災害対応や避難の推移、環境回復・復興に向けた取組みを見学し、往復の車窓から浜通りの復興の様子を肌で実感してもらいました。

翌日は、放射性物質を取扱う施設を安全に運用するために基礎となる「放射線安全・防護」に関する講義と、実際の放射線計測装置を扱う放射線管理業務として行っている、施設管理棟内外での NaI シンチレーションカウンタ*²⁾を用いた放射線量測定・スミア測定法*³⁾、ダストサンプラを用いての大気浮遊じん中の放射性物質濃度測定*⁴⁾などの実習を行いました(右図)。



続いて、学生はその測定結果をもとに、現在の放射線量測定結果が自分の暮らす地域の線量と比較してどの程度なのか、1F 周辺監視区域として設置してあるモニタリングポスト(施設管理棟の北側に隣接)の事故直後の線量と減衰した現在の線量との比較を行い、さらには、年間被ばく線量を算出して実際に計測した測定値の持つ意味を把握することで、現在の施設管理棟の職場が安全であることを理解してもらいました。また、これまでの廃炉や除染、オフサイトで進む中間貯蔵施設の状況など、これまでの福島県内の復興への道筋を正しく理解してもらい、学生からは「これまで断片的であった情報や話が相互に関連づけられ、現在の放射線量の実態もよく理解できた」と述べていました。

■ 着実な廃炉に向け、分析技術向上を目指す日々の取組みを理解

いよいよ本題の分析関係業務です。まずは、施設管理棟内にあるワークショップにおいて、模擬の鉄セルとグローブボックス装置の役割や機能を学習した後、実際に自分で操作を体験してもらいました。特に、鉄セルでの実習では、マニプレータを用いての遠隔操作となるため、最初はセル内の道具を自分の思い通りに動かさない感じでしたが、担当職員のアドバイスにより、操作に慣れてくると楽しそうにセル内で自分



の腕のように装置を動かしていました(上図)。

第1棟は、建設中であり、現時点で実際の放射性廃棄物の分析を行うことはできませんが、実際に運用が開始されたことを想定し、体表面放射線モニタや入退出管理装置などの機器が設置してあるエリアから第1棟内に入り、試料搬出入から試料調整を経て、分析測定までの流れに沿って施設内を見学しました。試料の調整については、パネルハウス室、高線量物を取り扱う鉄セル室、中低線量物を取り扱うグローブボックス室、そして分析操作を行うフード室を見学しました(右図)。

最後に放射能濃度などを計測するための測定室では、それぞれの担当者から各測定機器(ICP-MS^{*5)}、HPGe^{*6)}、液体シンチレーションカウンタ^{*7)}、IC/GC^{*8)}等)について詳しい説明を受け、学生は真剣に説明を聞きながら積極的に質問をしていました(冒頭図)。



また、廃炉環境国際共同研究センター(CLADS)で、さらなる分析技術の高度化に向けた取組みを行っており、ICP-MSを用いたMoの回収率測定^{*9)}、固相抽出を用いたSeの分離試験^{*10)}を学びました。

第1棟で始まる本格的な分析業務の実施に向けて、大勢の若手職員がみんな協力しながら、分析技術の開発に当たっている姿に学生は共感を覚えるとともに、手順を一つ一つ確認しながら慎重に分析試験を進める様子に真剣な眼差しで見入っていました(左図)。

■ 実習を終えて～多くの若手職員らが福島復興の現場で活躍していることに驚き～

実習では、このように実際に分析業務で使用する装置や測定機器類を現場で確認するだけでなく、一部については、自分で操作するなど、よりリアルな実習を体験しました。実習の最後となる実習報告書をまとめる前に分析課の職員らと各担当業務の経験について意見交換を行い、また、学生と同じ大学の先輩職員らのアドバイスや激励を交わしてもらった時間も設けました。

最後に5日間の実習内容をまとめて関係者の前で発表し、それに基づき職員らとの「実習を終えて」の懇談を行いました。学生からは、次のような意見や目標が述べられました。

一茨城大学大学院 齊藤 智幸(さいとう ともゆき)

現在大学院では、細胞に放射線を照射し、その影響を調べる研究を行っています。私が福島の復興を強く意識したのは、浪江町の帰還困難区域での森林と山土における放射性セシウムの計測の研究を行った大学 4 年生の時です。福島関連の仕事、特に、廃炉を進めていく上で重要な燃料デブリの分析は極めて重要な位置付けにあり、大熊分析・研究センターでの業務に少しでも携り、1F 廃炉の完遂に向けて頑張りたいと考えています。

廃炉業務が進み、将来完了すれば、福島復興は必ず成り立つと強く信じています。

大熊センターとしては、今後の1F 廃炉の進展に向け、各界から多大な期待のかかる中、さらなる分析の技術開発と高度化、得られた知見のスピーディーな展開等の業務に一丸となって取り組んで行くことに加え、次世代の人材育成に向けた取組みについてもその重要性を強く認識しながら、努力を続けてまいります。

【用語解説】

* 1) 大熊分析・研究センター

大熊分析・研究センターは、原子力機構福島研究開発部門福島研究開発拠点の組織で、以下の 3 つの施設で構成される「放射性物質分析・研究施設」を整備している。

- ・居室、会議室、ワークショップ等から構成され、第 1 棟・第 2 棟の円滑な設計・建設及び運用に資する「施設管理棟」(2018 年 3 月運用開始)
- ・低中線量のガレキ類、焼却灰や水処理二次廃棄物などの分析を行う「第 1 棟」(建設中)
- ・燃料デブリを含む高線量の放射性物質を分析する「第 2 棟」(許認可手続き中)



*** 2) NaI シンチレーションカウンタ**

γ 線を検出する検出部に NaI(ヨウ化ナトリウム)を利用した放射線の測定器で、正確で感度も良く、環境レベルから $10 \mu\text{Sv/h}$ 程度のガンマ線空間線量率測定に適している。

*** 3) スミア測定法**

表面汚染の程度を把握するため、一定面積をスミアろ紙と呼ばれる専用の紙材で表面をふき取り、表面に付着(汚染)した放射性物質(遮へい影響を受けやすい主に β 線放出核種に着目して)単位面積当たりの濃度を GM サーベイメータで算出する方法。

*** 4) ダストサンプラを用いた大気浮遊じん中の放射性物質濃度**

ローボリューム・エア・サンプラ(吸引装置)を用い、一定量の空気を吸引しながら、専用ろ紙に空気中の粉塵等を採取し、得られたろ紙試料から様々な放射線測定機器を利用して、大気中の放射性物質濃度(例えば Cs-137 等)を測定する。

*** 5) ICP-MS**

ICP-MS とは、誘導型結合プラズマ質量分析法(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry: ICP-MS)をいう。アルゴンガスに高周波電力を与えて生成した誘導結合プラズマ(Inductively Coupled Plasma: ICP)をイオン源に用い、ICP に液体試料を霧状にして導入し、プラズマによってイオン化した試料中の元素を質量分析計(MS)によって、分離・検出する手法。

この測定では、質量分析部は 1 つであり、イオン化された成分がそのまま検出されるため、同じ質量の核種や分子の分析が困難なケースがある。

*** 6) HPGe**

スペクトル分解能がよいため、様々な γ 核種を精確に測定できる高純度ゲルマニウム半導体測定装置のこと。

*** 7) 液体シンチレーションカウンタ**

放射線を検出する際、液体のシンチレータ(発光剤)を利用し、液体内の放射線量(主に β 線放出核種)を測定する装置のこと。

*** 8) IC/GC**

イオンクロマトグラフィーと呼ばれる塩素濃度を測定する測定装置のこと。また、ガスフロー・カウンタは測定の際、ガスを一定量で装置内を循環させ、立体角 2π の半球空間に単位時間に放出される粒子放射線の率を測定する方法。主に β 線放出核種の測定に用いる。

* 9) ICP-MS を用いた Mo の回収率測定

放射性物質である Mo-93(モリブデン 93)は FP(U の核分裂により生成する)核種であるが、同様に1F 事故に伴い生成した Cs-137(セシウム 137)や Sr-90(ストロンチウム 90)に比べ、その生成率は大幅に低く、かつ長半減期核種である。そのため、長半減期核種に対してより感度の優れた質量分析法を用いた分析を検討したが、(同重体の分離等)その分析方法にも大きな困難が伴うのが現状である。このため、質量数 93 の同重体である Zr,Nb,Mo(ジルコニウム、ニオブ、モリブデン)の分離を効率よく行うため、ZR レジンを用いた分析方法をさらに開発し、これらの混合物が入ったカラムに濃度の異なるシュウ酸を順次添加して Zr と Nb を除去し、目的の Mo がどれくらい回収できたかを行う試験。

* 10) 固相抽出法を用いた Se の分離

Se-79(セレン 79)については、Mo-93 と同様に長半減期核種であることから、より感度の高い質量分析法を利用した分析方法を適用したいが、同重体である Br-79(安定元素: 臭素 79)と完全に分離する必要がある。これらの分離については、通常では溶媒抽出を繰り返し行う必要があり、分析手順が複雑となる懸念があった。このため、より分離機能の高い粒子表面に溶媒を吸着させた固相抽出法を検討し、目的とする分離を確実にする手法を開発した。

Topics 福島 No.107

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(Japan Atomic Energy Agency)

福島研究開発部門 福島事業管理部

〒970-8026 福島県いわき市平字大町 7-1 平セントラルビル 8 階

TEL : 0246-35-7650 FAX : 0246-24-4031

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

