

## 令和4年度技術職員研修（第5専門技術群：核・放射線系）報告書

第5専門技術群長 複合原子力科学研究所 奥村 良

## 1. 目的

原子炉、放射線関連施設等の保守、安全管理及び関連設備の維持管理は社会的影響の大きい業務であり、現場で業務に携わる技術職員の役割は重要である。本研修では、技術力向上のために広い知見を得ること、技術や情報の共有を図り安全管理、研究の技術支援に貢献することを目的とする。

見学会は大阪公立大学と大阪大学の放射線施設を見学し、施設管理の方法や法令改正への対応について情報共有を行った。

## 2. 開催日

講演・技術発表会：令和4年11月25日（金）

Zoom によるオンラインでの開催も併用

見学会：令和4年12月23日（金）

## 3. 研修場所

講演・技術発表会：京都大学複合原子力科学研究所 事務棟大会議室

見学会：大阪公立大学放射線研究センター（大阪府堺市）

大阪大学核物理研究センター(RCNP)（大阪府茨木市）

## 4. スケジュール

## ①講演・技術発表会 令和4年11月25日（金）

|                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 受付：10:30～10:50                                                                                         |
| 開会挨拶：10:50～11:00 複合原子力科学研究所 所長 中島 健                                                                    |
| 特別講演(1)：11:00～12:00 司会：栗原 孝太<br>「ホウ素中性子捕捉療法の前線」<br>複合原子力科学研究所 粒子線腫瘍学研究センター 教授 田中 浩基                    |
| 昼食：12:00～13:00                                                                                         |
| 特別講演(2)：13:00～14:00 司会：小林 徳香<br>「太陽電池素子の動作原理および応用研究から放射線検出器への適応可能性」<br>複合原子力科学研究所 原子力基礎工学研究部門 助教 奥野 泰希 |
| 休憩：14:00～14:15                                                                                         |
| 技術発表(1)：14:15～14:45 司会：藤原 靖幸<br>「2022年 KUR 健全性調査について」<br>複合原子力科学研究所 技術室 白鳥篤樹                           |
| 技術発表(2)：14:45～15:15 司会：中森 輝<br>「微分反応度の近似曲線について」<br>複合原子力科学研究所 技術室 長谷川 圭                                |
| 休憩：15:15～15:30                                                                                         |

|                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 技術発表(3)：15:30～16:00 司会：吉永 尚生<br>「誘導放射能計算書の Web 化」<br>複合原子力科学研究所 技術室 飯沼 勇人                 |
| 技術発表(4)：16:00～16:30 司会：井本 明花<br>「放射性廃棄物処理設備の保守管理」<br>複合原子力科学研究所 技術室 阪本 雅昭                 |
| 技術発表(5)：16:30～17:00 司会：山田 辰矢<br>「京都大学複合原子力科学研究所における環境放射能測定報告について」<br>複合原子力科学研究所 技術室 栗原 孝太 |
| 閉会挨拶：17:00～17:15 複合原子力科学研究所 技術室長 張 儉                                                      |

## ②見学会 令和4年12月23日(金)

| 時刻    | 内容                                     |
|-------|----------------------------------------|
| 8:30  | 京都大学複合原子力科学研究所正門前集合                    |
| 8:45  | 出発(貸切バスにて)                             |
| 10:00 | 大阪公立大学 研究推進機構 放射線研究センター 着<br>施設見学、質疑応答 |
| 12:00 | 大阪公立大学周辺で昼食 (各自)                       |
| 13:00 | 出発                                     |
| 14:00 | 大阪大学核物理研究センター 着<br>施設見学、質疑応答           |
| 16:15 | 出発                                     |
| 17:15 | 京都大学複合原子力科学研究所 着<br>解散                 |

## 5. 参加者

| NO | 氏名    | 所属専門<br>技術群 | 専門分野  | 講演・技<br>術発表会 | 見学会 | 所属  | 備考   |
|----|-------|-------------|-------|--------------|-----|-----|------|
| 1  | 張 儉   | 5           | 原子力工学 | ○            | ○   | 複合研 | 技術室長 |
| 2  | 奥村 良  | 5           | 化学    | ○            | ○   | 複合研 | 群長   |
| 3  | 大野 和臣 | 5           | 機械    | ○            |     | 複合研 |      |
| 4  | 藤原 靖幸 | 5           | 機械    | ○            | ○   | 複合研 |      |
| 5  | 吉野 泰史 | 3           | 機械    |              | ○   | 複合研 |      |
| 6  | 栗原 孝太 | 5           | 医学    | ○            |     | 複合研 | 発表者  |
| 7  | 阿部 尚也 | 5           | 化学    | ○            | ○   | 複合研 |      |
| 8  | 長谷川 圭 | 5           | 電気    | ○            | ○   | 複合研 | 発表者  |
| 9  | 平井 康博 | 6           | 情報    | ○            | ○   | 複合研 |      |
| 10 | 中森 輝  | 5           | 電気    | ○            | ○   | 複合研 |      |
| 11 | 吉永 尚生 | 5           | 機械    | ○            | ○   | 複合研 |      |
| 12 | 山田 辰矢 | 5           | 電気    | ○            | ○   | 複合研 |      |

|    |       |   |      |   |   |            |         |
|----|-------|---|------|---|---|------------|---------|
| 13 | 竹下 智義 | 5 | 情報   | ○ | ○ | 複合研        |         |
| 14 | 小林 徳香 | 5 | 電気   | ○ | ○ | 複合研        |         |
| 15 | 田中 良明 | 5 | 機械   | ○ | ○ | 複合研        |         |
| 16 | 荻野 晋也 | 5 | 機械   | ○ | ○ | 複合研        |         |
| 17 | 飯沼 勇人 | 5 | 電気   | ○ | ○ | 複合研        | 発表者     |
| 18 | 阪本 雅昭 | 5 | 電気   | ○ | ○ | 複合研        | 発表者     |
| 19 | 井本 明花 | 5 | 電気   | ○ | ○ | 複合研        |         |
| 20 | 金山 雅哉 | 5 | 機械   | ○ |   | 複合研        |         |
| 21 | 丸山 直矢 | 5 | 情報   | ○ | ○ | 複合研        |         |
| 22 | 三宅 智大 | 5 | 機械   | ○ | ○ | 複合研        |         |
| 23 | 富永 悠太 | 5 | 電気   |   | ○ | 複合研        |         |
| 24 | 白鳥 篤樹 | 5 | 機械   | ○ | ○ | 複合研        | 発表者     |
| 25 | 前本 桂太 | 5 | 機械   | ○ | ○ | 複合研        |         |
| 26 | 南 馨   | 5 | 機械   | ○ | ○ | 複合研        |         |
| 27 | 青木 健朗 | 3 | 安全衛生 | ○ |   | 環境安全衛生センター | (オンライン) |

## 6. 講演・技術発表会

教員特別講演2件、技術職員による技術発表5件が行われた。特別講演では複合原子力科学研究所で行っている加速器中性子補足療法(BNCT)の最新の動向と燃料電池の技術を用いた開発中の検出器について講演がなされた。また技術発表ではさまざまな分野から現場の改善活動や業務報告がなされた。



中島所長の開会挨拶



田中教授の特別講演



奥野助教の特別講演



長谷川技術専門職(掛長)の技術発表



栗原技術専門職(班長)の技術発表



会場の様子

## 7. 見学会

大阪公立大学では複合原子力科学研究所（複合研）と同じようなRI施設を保有しており、その中で60-Co  $\gamma$ 線照射設備の見学をさせていただいた。また、RI施設管理の管理方法や問題点について放射線取扱主任者から説明を受け、多くのディスカッションがなされた。

大阪大学核物理研究センター（RCNP）ではまず、施設の紹介と技術職員の業務内容について説明していただき、その後加速器施設の見学を行った。



利用した大型バス



大阪公立大学放射線研究センター



RCNP 施設説明の様子 1



RCNP 施設説明の様子 2



RCNP 施設見学の様子 1



RCNP 施設見学の様子 2

## 8. 研究会の感想

## ① 特別講演

- 田中先生の講演について：ホウ素中性子捕捉療法（以下 BNCT と略す）の現在に至るまでの歴史・経緯、特定臨床研究に関する法規の変更による KUR での BNCT 実施が出来なくなった背景、加速器中性子源による BNCT システムの設計・開発要素の紹介など包括的なお話しで、長年この研究所にいるが BNCT について聞きかじった程度の知識であったのが、少し理解が深まったと思いました。特に BNCT システムに用いる加速器の選定について、トレードオフ（ビーム電流とターゲット熱除去、減速体系サイズと中性子強度）を考慮したお話しが印象深かったです。奥野先生の講演について：ソーラーパネルについて存在程度しか知りませんでしたが、低炭素とコストを考慮した発電方式の比較紹介から、太陽電池素子である半導体の解説、太陽電池の効率比較・材料比較の紹介から、耐放射線強度の高い太陽電池素子を用いた高線量場測定用長寿命放射線測定システムの開発の検討、と初学者にも大変分かりやすくお話しくださり大変興味深い講演でした。
- 田中先生、奥野先生、お二方ともに凄く興味が沸く講演内容でした。  
田中先生の医療の最先端技術については、「こういった部分で自分の技術が活きているんだ。」と改めて実感し、今後も、自分の技術が今以上に役立てるようスキルを磨き、研究のサポートに努めたいと思います。  
一方で、奥野先生の講演では、「宇宙環境ならではの問題」や「今後の太陽電池の発展と進化」について勉強させて頂きました。太陽電池を搭載した車が市場に出る未来はそう遠くないと感じ、ワクワクしたお話でした。
- 特別講演(1)についてホウ素中性子捕獲療法については、初期の段階から本療法を見ている者の一人として、めざましい技術の進歩を目の当たりにしてきました。初期の頃は炉室のトラックサイズ扉の前で、何の囲いもなくベッドひとつで開頭手術をしながら照射を行っており、その様子を2階のキャットウォークから見てしまい、昼食が食べられなかった事を思い出します。その後は開頭手術も不要となり、また体の他の部位にも応用が可能となるなど、多くの患者さんが療法を受けられる対象となってきました。これらは関係された方々の大変な努力の結果だと感服し、また研究炉を運転管理する側の大きな励みとなってきました。現在、研究炉による医療利用から撤退したことは非常に残念なことではありますが、発展的撤退ということでその任を加速器にゆずり、これからも本療法が多くの患者さんにとってやさしい（体にも、経済的にも）治療として、ますます研究開発が進まれることを切に願っています。特別講演(2)についてごく身近な太陽電池素子が、放射線検出器に応用する研究が進められていることを本講演で始めて知り、大変おもしろく聞かせていただきました。特に東電の原発廃炉に利用するべく研究開発がされているとのこと、現場作業や周辺住民に対し、安心して廃炉作業が進められるためにも、早期の開発と実用化を期待します。
- 「ホウ素中性子捕捉療法の最前線」では BNCT の基礎から現状について聞くことが出来た KUR の医療照射が行われなくなってから BNCT に触れる機会はあまりなかったが、現在も国の承認を目指して臨床試験が盛んにおこなわれている事を知ることが出来て良かった。「太陽電池素子の動作原理および応用研究から放射線検出器への適応可能性」では半導体による発電の原理等学生時代に勉強した内容を改めて学ぶことが出来懐かしさがあった。

## ② 技術発表

- 全体的に皆さん大変分かりやすく興味深い内容であったと思います。  
白鳥さんの KUR 健全性調査については、長期にわたる作業の計画を立てられた計画班の一人の発表として、目標日はあるが突発的なトラブルをある程度想定した余裕を持ったスケジューリングに苦心されたのではないかと想像しました。  
長谷川さんの微分反応度の近似曲線については、導入経緯と近似式の検討が良く伝わるように話して下さい、今年の KUR 定事検の制御棒校正の検査担当をさせてもらったのですが、その時のことをよく思い出しながら拝聴しました。  
飯沼さんの誘導放射能計算書の Web 化は、業務が途中で入り拝聴できず残念に思います。RI 管理に関する話で大変興味深いものですから、後ほど予稿や発表資料を拝見してトレースしたいと思います。  
阪本さんの放射性廃棄物処理設備の保守管理は、今まで手が入らず老朽化してきた処理棟の諸々の機器に対し、改善を目指し自学自習される阪本さんに頭が下がる思いがしました。  
栗原さんの環境放射能測定報告については、私は今年から放射線管理部主務となり、放管部員として必須の勉強として拝聴しました。環境放射能の試料採取・処理などに同行させて頂き色々教えて頂いたのですが、まだ全然身についていなく、今後とも取り組んでいかなければならないと思いますが、整理された発表を拝聴し、色々頭の中が整理されました。
- 従来手書きしていた書類を手順見直し、電子化する、すなわち DX 化は全学、部局で最近注目されていると感じ、自分自身も興味が大きい分野である。技術職員による環境導入の事例は以前にも耳にしたことがあり、より効率的、統一的なシステム構築のため情報共有が重要であると感じた。
- 原子炉の安全管理に関わる人、実験者のために知恵を絞る人、住民のために原子炉のために周辺環境を監視する人。どれが欠けても原子炉は動かせないというところに技術職員がかかわれることはすばらしいことだと感じました。
- KUR の健全性調査については、放射線管理関係で一緒に作業を行い、どんなことをするのか等知っていましたが、今回の発表で詳しく聞けてより勉強になりました。誘導放射能計算書の KWFS 化については、放射線管理でも色々な様式類でも利用しているため大変お世話になっています。放射性処理設備の保守管理については、処理部員（兼務）として色々勉強になりました。
- 白鳥さんの発表では、KUR 健全性調査について説明いただいた。KUR 健全性調査の一部には私も少し関わったがそれ以外の作業についても良くまとめられていて、作業の大変さが伝わってきた。水位変化・放射化物移動の流れの図での説明は特に分かり易かった。  
長谷川さんの発表では、近似曲線の関数を論理的に評価されていて、勉強になった。微調整用制御棒の微分反応度の三角関数での近似は私には中々できないと感じた。  
阪本さんの発表では、これまであまり知る機会が無かった廃棄物処理部の業務について、よく知ることができた。今後の業務でより協力できるようになると思う。  
栗原さんの発表は敢えて環境放射能測定報告のままの、文章と測定結果の表のみのスライドであったが口頭の説明が大変上手で、頭に入り易かった。また、原子炉施設に関わる者として、そうでない人々に対する心構えを改めて考えさせられるものであった。

## ③ 大阪公立大学 放射線研究センター見学

- Co60 の照射設備を見学させていただいた。以前から、プール内での水中照射というのはどのようにしているのか気になっていたので興味深く拝見させていただいた。また、研究推進機構での放射線管理についてご説明いただき、概要から現場の業務の細かいところや問題点まで紹介してくださった。他の事業所での放射線管理などについて詳しく聞ける機会はあまりないので、我々の業務との比較することができて勉強になった。
- 歴史の異なる事業所が統廃合された結果、組織としてまとまることにとても苦慮されている様子がよく分かりました。同じような RI の取り扱いでも異なる背景や経歴からそれぞれの部局ごとに異なったやり方が確立されていたり、人員の教育についても教育の目的がそもそも異なるといったことかと拝察しますが各部局の業務を熟知した上で取りまとめなければならない大変さは他人事には感じられませんでした。
- 大阪公立大学の放射線研究センター長の挨拶から始まり、大阪公立大学研究推進機構の放射線取扱主任者をされている松浦寛人先生の講演・フリーディスカッションとコバルト 60 プールの見学をさせていただいた。まず見学について、コバルト 60 プール以外にも、現在使用していない加速器を垣間見させていただいたが、加速器構造物の残骸を保管廃棄されており、加速器施設の廃止措置の大変さを感じた。コバルト 60 プールではチェレンコフ光の青白い光が印象的であったが、やはり古い施設を維持することの大変さを感じた。松浦先生の講演・フリーディスカッションでは RI 規制に対応する大変さを感じ、大阪府立大学と大阪市立大学の統合に対応するための RI 変更申請等のご苦労がにじまれている、今の規制に対しては大学では原子炉施設はもとより RI 施設を維持管理するのも覚悟が無いと出来ないのかと感じた。マンパワー不足や世代交代の問題点も痛切に感じた。
- 今回見学させていただいたコバルト照射施設は古い施設だが、しっかり管理されているようでまだまだ使用できるように感じた。自分が管理している施設も古いものが多いので参考にしたい。少人数で長期間管理しているようなので、今後、人の交代による施設管理に支障が出ないように頑張っていただきたい。

## ④ 大阪大学 核物理研究センター見学

- 大阪大学のキャンパスは以前一度行ったことがあったが、殆ど記憶に残っていなかった。案内していただいた建屋はリングサイクロトン棟といい、建屋内をぐるっと一周するルートだったようだが迷路のような構造で自分が今どこにいるのかよくわからないままかなり広い施設のような印象を受けた。棟内の各部屋にそれぞれ設備があるが、全体を管理している職員の中で純粋な技術職は 5 名だけということだった。それでは保守作業の立会すらままならないのではないかと思ったが、上手く効率化されているのか特に問題はないようだった。  
癌治療のための放射性同位体（アスタチン）を生成しているとの説明があった。複合研で行っている BNCT はがん細胞にボロンを集積して中性子を照射することでアルファ線を放出させるが、薬剤がそのままアルファ線を出すのであれば原子炉や加速器が要らなくなるので格段に利便性が高くなることと思われる。更には腫瘍に直接注射することで血流が少なかったり薬剤の届きにくい箇所の癌にも有効とのことであり、非常に期待を抱かせる研究であった。
- RCNP について、加速器の施設というくらいの漠然としたイメージしかなかったので、施設・設備の規模の大きさに驚かされた。技術職員をはじめとした管理に関わる阪大の職員が少ないとのことだったが、

企業との共同研究をしているため、それぞれの共同研究機関が保守等していたり、管理業務を外注していたりすることであった。将来の複合研が取り得る運営のモデルの1つなのではないかと思った。放射化物を整理整頓して保管されていたので、見習うべきだと思った。

- 大学の大型実験装置はどこも予算削減で終息に向かっているのではないかと想像していたが、RCNPは古いながらも新たな利用創出と予算獲得に成功して活気がある印象を受けた。大学は違うけど部局の規模としては熊取の方が大きいはずで、同じ放射線利用施設でなぜこのような違いが出るのか考えざるを得なかった。
- 通路がしっかり確保されている、使用しないものが区画ごとにまとめられている、保管物に手が届く（奥のロッカーの備品にアクセスするために目の前の山積みには段ボールやかごをよけなければならない、といった余計な作業が発生しない）、整頓された環境を見ることが刺激になった。一方で何も知らずに見学順路で水溜まりを踏み込んだときはびっくりしたので、自分たちの作業環境も共同利用者、見学者、工事作業者が安心して出入りできる環境を整えておきたい。
- 主要な機器や装置を見せて頂いた。癌患者に投与するための  $^{211}\text{At}$  を製造されていた。産学官の連携がうまくいっており、複合研も見習うべきことがあると感じた。また、放射線管理は、外注をうまく使い、少人数で管理が行われていたように感じた。

## 9. まとめ

第5専門技術群は核・放射線という特殊な分野であるため他部局との交流が少なく、また複合原子力科学研究所は大阪南部に位置することから本学の技術職員との情報共有や施設の実態などが把握しにくい状況にある。今回の研修会では同じ大阪府下にある他大学の放射線施設を見学することで技術職員が置かれている状況や施設管理の方法や考え方の違いなどを知ることにより、今後大きな変革が行われるであろう複合原子力研究所の技術職員として各個人で考える良い機会になったのではないと思う。技術発表にもあったように技術職員自らが業務改善を提案し、実行して結果を出していくということを今後も継続し、またまわりの技術職員もそれに刺激を受けて日々の業務に真摯に取り組んでいていただきたい。その結果、特別講演でご講演いただいた先生方の素晴らしい研究に間接的ではあるが貢献できればと思う。