

## 令和2年度第5専門技術群（核・放射線系）専門研修会

### 第1回目：対面研修（オンラインでの受講も可能）

開催日時：令和2年11月6日（金）10：50～17：00

開催場所：京都大学複合原子力科学研究所 事務棟会議室等

（各勤務場所に応じた居室や会議室等での受講を可とする。）

#### プログラム

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 川端 祐司
特別講演(1)：11:00～12:00 司会：張 儉 【「原子炉を持つ」から「粒子線・RI利用」へ】 複合原子力科学研究所 中性子応用光学研究分野 教授 川端 祐司
昼食：12:00～13:00
業務連絡等：13:00～13:15
特別講演(2)：13:15～14:15 司会：栗原 孝太 【新型コロナウイルス感染防止対策について－産業医の立場から－】 複合原子力科学研究所 放射線管理学研究分野 准教授 木梨 友子
技術発表(1)：14:15～14:45 司会：長谷川 圭 「新技術基準・新検査制度の下での KUR 計装系・安全保護回路にかかる検査について」 複合原子力科学研究所 技術室 中森 輝
休憩：14:45～15:15
技術発表(2)：15:15～15:45 司会：山田 辰矢 「KUR 設工認申請漏れ対応」 複合原子力科学研究所 技術室 井本 明花
技術発表(3)：15:45～16:15 司会：阿部 尚也 「FFAG 加速器火災の復旧作業について」 複合原子力科学研究所 技術室 吉野 泰史
技術発表(4)：16:15～16:45 司会：藤原 靖幸 「KUR 原子炉タンクの健全性調査」 複合原子力科学研究所 技術室 丸山 直矢
閉会挨拶：16:45～17:00 複合原子力科学研究所 技術室長 張 儉

今回の特別講演では、今年度をもって定年退職される川端所長と産業医の木梨先生にご講演を賜った。当研究所の将来と今年世界中で猛威を振るった新型コロナウイルスに関しての内容で、大変有意義な講演であった。

また、技術発表においては、原子炉施設に関する内容が3件、加速器施設に関する内容が1件の発表が行われ、各施設の状況や問題点等を全技術職員で共有することができた発表であった。

<特別講演(1)>

## 「原子炉を持つ」から「放射線・RI 利用」へ

京都大学複合原子力科学研究所  
教授 川端 祐司

### 1. はじめに

本研究所は、1963年に原子炉実験所として設立され、京都大学研究用原子炉（KUR）や京都大学臨界集合体実験装置（KUCA）の利用を中心とする全国共同利用研究所として活動してきた。また、2010年からは、共同利用・共同研究拠点に認定され、引き続き全国の研究者の利用が行われてきている。日本原子力研究開発機構に所属する研究炉や大強度加速器中性子源（J-PARC）といった中性子源は、国家戦略に基づいて世界最大級を実現することでその役割を達成しているのに対し、我々は、主として全国の大学関係の研究者に研究の場を提供し、自由な発想に基づく挑戦的な課題を進めるばかりでなく、多くの学生が訪れる教育の場としても大きな役割を果たしている。

2010年3月に、日本学術会議より「提言 学術の大型施設計画・大規模研究計画 一企画・推進策の在り方とマスタープランの作成について」が公表された。これは、日本学術会議 科学者委員会 学術の大型研究計画検討分科会の審議結果を取りまとめたものであり、「日本学術会議は学術の推進上重大な問題点を認識し、科学者コミュニティの専門的意見を集約して、大型施設計画および大規模研究計画の検討を行い、わが国として初めての全分野にわたる大型計画のマスタープランを策定した」ものである。その後、3年ごと（2014, 2017, 2020）に見直しが進められてきているが、我々の計画は継続的に認められている。

我々の研究所の特徴は、研究用原子炉（KUR）、ホットラボラトリ、臨界集合体実験装置（KUCA）、陽子加速器（FFAG, BNCT用サイクロトロン）、電子線型加速器、コバルト60ガンマ線照射装置等のさまざまな大型装置を利用し、放射線やRIを用いて全国の研究者が自らの発想に基づいた研究を自由に行うための場を提供してきていることであり、幅広い学術分野を基盤から支えるという役割を果たしている。その結果、幅広い研究分野の研究者が日常的に交流し、互いに刺激し合いながら新しい複合研究分野を生み出している。我々はこの様な新分野創出を「複合原子力科学」と定義し、新たなフロンティア開拓を積極的に推進しようとしている。

### 2. 研究所改名

研究所設立以来、半世紀以上が経過し、現在では設立時と比して周囲の意見や我々の意識も大きく変化してきた。現在求められているのは、「もちろん原子炉の安全管理は最優先、しかしそれだけでは不十分であり、高度な研究成果の創成が必須」というものである。KUR建設当時は、まだ原子力の黎明期であり、研究用原子炉を安全に運転・管理をおこなうことだけで「最先端の活動」だった。しかし現在では「研究用原子炉は中性子源として優れてはいるが、やはり研究用ツールの一つに過ぎず、どのような研究成果を生み出しているかが重要」ということが常識となっている。「原子炉の安全確保や安定運転」は、現実的には最重要課題ではあるが、求められていることは、さらにその先の、それらを用いて行う「高度な研究」である。

その「高度な研究」を遂行するためには、我々の研究所の特徴を見極め、その長所を生かすべく勤めなくてはならない。よく考えてみると、この熊取サイトでは通常の研究所ではまず出会うことの無い異分野の研究者が日常的に接触するという「他では得がたい機会創出」がある。その結果、今まで無かった新しい分野が相互刺激によって自然に生まれてくるのが期待できる。これこそが我々の「長所」であり、これからも伸ばすべき特長だと考えた。そして、そのような例として、ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）などといった複数の「研究領域」が融合した新しい研究分野

が生まれてきた。このような状況を踏まえ、多様化する社会の諸課題解決へ大学独自の学術的視点を一層効果的に活用し、異分野が融合した「複合原子力科学」を加速・推進するために、2018年4月1日に研究所の名称を「複合原子力科学研究所 (Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science)」に改名した。

### 3. KUR 及び KUCA の今後

2014年のハーグ核セキュリティサミットにおいて、KUR 資料済み燃料の米国引き取り期限が10年間延長され、2026年度までに使用した燃料を2029年までに返送するという合意がなされた。また、2016年のワシントン核セキュリティサミットにおいては、「KUCA の全て高濃縮ウラン燃料を米国に撤去し、低濃縮燃料に転換することによって、核テロリストによる盗難や利用のリスクをもたらさない燃料を用いて、関連研究や人材育成といった重要な役割を引き続き果たす。」との日米合意がなされた。

これらの結果、当面の間は KUR/KUCA 共に運転継続ができる環境が保証された。しかし、KUR に関しては2026年以降の使用済み燃料問題解決の目途がなく、この問題の解決は極めて困難であろうと関係者の見通しは一致している。つまり、KUCA は燃料の低濃縮化を実施して使用を継続するが、KUR の方はあと5年半で停止しなければならないということの意味している。

この問題に対応するため、KUR に代わる代替中性子源を計画する必要がある。幸いなことに、加速器 BNCT 治療装置の治験が終了し、イノベーションリサーチラボに設置されていた当該施設を寄付して頂いた。その結果、小型陽子線用サイクロトロンを利用して中性子を発生させると共に、加速された陽子をも利用した多様な粒子線利用装置群を設置し、物質研究・分析研究における広域な研究を推進することによって、KUR を補完・代替する機能を担わせる計画が可能となった。本計画では、中性子利用だけでなく陽子・陽電子利用も計画し、これまでは不可能であった本格的な陽子利用にも研究を拡大する予定である。これによって、本研究所では、中性子線・陽子線・電子線・ガンマ線・X線という多様な粒子線の利用研究が可能となる予定である。

### 4. 「もんじゅサイトに設置する新たな研究炉」計画

現在、「もんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉の概念設計及び運営のあり方検討」についての公募が文部科学省原子力課によって行われている。

この公募要項には、『平成28年12月の原子力関係閣僚会議において、「もんじゅ」の取扱いに関する政府方針が決定され、将来的に「もんじゅ」サイトを活用し、新たな試験研究炉を設置することで、我が国の今後の原子力研究や人材育成を支える基盤となる中核的拠点となるよう位置付けることとされた。また、近年の我が国の試験研究炉の状況を俯瞰すると、施設の高経年化が進むとともに、新規制基準への対応等により、これまで通りの運用が困難な状況になっている中、多くの試験研究炉が廃止の方針となっている。結果、東日本大震災後は運転再開した試験研究炉は4施設のみであり、加えて、その中でも特に多くの利用者が存在する京都大学の KUR に関しても、2026年以降の運転継続は困難と見込まれる状況である等、我が国の研究開発・人材育成を支える基盤がぜい弱化している状況である。』とされており、内容としては、『西日本における原子力分野の研究開発・人材育成の中核的拠点としてふさわしい機能の実現、地元振興への貢献の観点から、「もんじゅ」サイトに新たに設置する試験研究炉として、中性子ビーム利用を主目的とした中出力炉が最も適切であるとの方向性を示した。また、今後の検討の進め方として、「試験研究炉の着実な設計・設置・運転」、「幅広い関係機関が利用出来るような試験研究炉の運営」、「地元関係機関との連携構築」の3つの観点において知見・経験・能力を有する少数の研究機関・大学が、適切な役割分担のもと連携した体制を構築し、これを中核的機関として位置付け、概念設計及び運営の在り方検討を実施することが適切とした。今後の取組として、令和2年度中に概念設計を着手し、令和4年度中に詳細設計の開始を予定している。本事業は、詳細設計の段階に移行するまで、複数年度（3カ年度）にわたり、上述の3つの観点を有する少数の研究

機関・大学が適切な役割分担のもと連携し、これらの機関が中核的機関となって、概念設計及び運営の在り方について、一体的に検討を進めていくものである。』と記されている。

研究所としては、「幅広い関係機関が利用出来るような試験研究炉の運営」を担う中核的機関として参画すべく、日本原子力研究開発機構及び福井大学と共に応募すべく準備中である。

### 5. 今後の研究所の方向性と技術職員への期待

前節に述べた「もんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉」計画に本格的に参画するかどうかによって、本研究所の将来像は大きく変わるが、もし公募に採択された場合、現在の熊取サイトにおける活動だけでなく福井県における大きな活動が加わることになるが、この新研究炉自体の建設・運転・安全管理等には直接には関わらないことである。

いずれにしても、熊取サイトでは、KUCA、各種加速器、ホットラボラトリー、<sup>60</sup>Co $\gamma$ 線照射装置等多くの施設・装置の維持管理と共同利用の実施、さらには KUR の廃炉もあり、多くの安全管理業務が求められる。公募が採択されて福井での活動が追加されると、建設までは新しい研究炉のための準備活動、建設後は運営に関する活動が行われることになる。

以上から、熊取サイトの安全管理に関しては、教員の参加をできるだけ減らし、技術室中心として行って頂くということが今後の技術職員への期待となっていこう。その上で、もし希望者がいれば新研究炉での活躍の場も準備されることになることと予想される。

研究所の全体計画を第 1 図に示すが、いずれにしても第 4 期中期目標・中期計画期間に入ると、新研究炉の建設に向けた本格的活動が開始し、KUR の停止が正式決定され、いよいよ停止という研究所始まって以来の大激動が予想されている。技術職員の皆さんには、何が起きても大丈夫な様にしっかりと技術力を向上させ、自らのやりたい仕事を行えるような実力を蓄えて頂けるよう期待します。

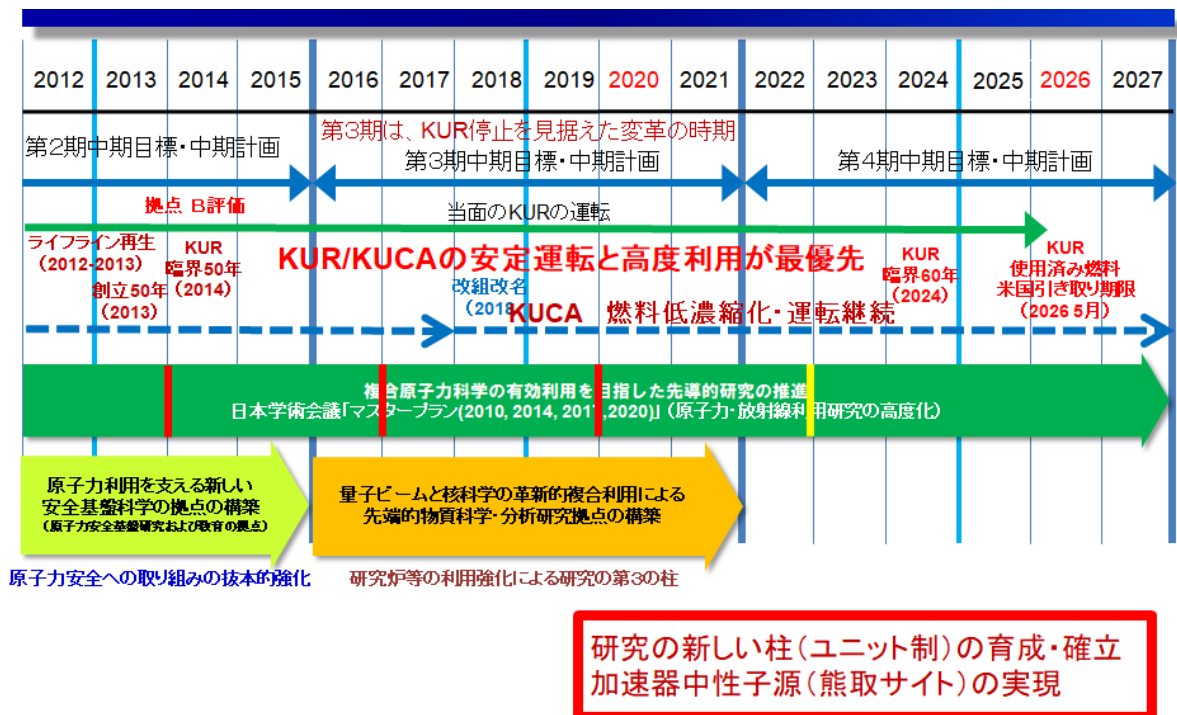


図 1 複合原子力科学研究所の全体計画

< 特別講演 (2) >

## 新型コロナウイルス感染症対策について — 産業医の立場から —

京都大学複合原子力科学研究所

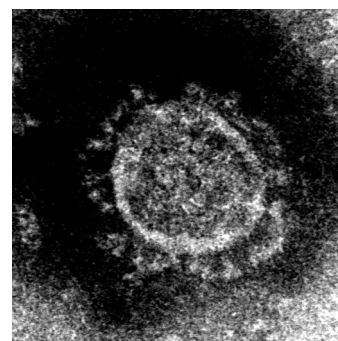
産業医 木梨 友子

### 1. はじめに

2019年12月に中華人民共和国・湖北省武漢で肺炎患者の集団発生が報告され武漢市が封鎖された。原因の新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)の感染は世界に拡大し、日本国内では2020年3月下旬から患者が増加した。世界では、10月20日現在で感染者数4034万人、死者数111万人がこれまでに報告されている。日本では5月25日に緊急事態宣言が解除されたが、6月後半から感染者数が増加し、1日あたりの国内感染者数は8月7日の1605人をピークに、10月中旬では300~700人前後を推移している。10月15日には政府の新型コロナウイルス分科会は専門家の分析に基づき、日本国内の感染状況については、「現在の感染状況について、感染の増加要因と減少要因が拮抗していて大幅な増加がみられない一方で、急激な現象もみられない現象が続いている。」との提言を発表した。新型コロナウイルス感染症と共存せざるを得ない状況下でどのように生活すればよいのかを産業医の立場から考えてみたい。

### 2. 新型コロナウイルスについて

新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)は、SARSやMERSの病原体と同じβコロナウイルスに分類される動物由来コロナウイルスとされているが宿主動物はまだわかっていない。SARS-CoV-2ウイルスは一本鎖プラス類RNAを内部に持ち、その周囲をタンパク質の核で包まれている構造となっている(図1)。円形の膜上にある突起がヒトの細胞上にあるACE2受容体を介して細胞に侵入し、自己の核酸やタンパク質を細胞に複製・合成させて増殖し、細胞を破壊してまた別の細胞に感染して行くことで感染が拡大する。ACE2受容体は肺で多く発現しているため、肺炎を引き起こしやすいとされている。



(国立感染症研究所)

図1 SARS-CoV-2 国立感染症研究所

### 3. 新型コロナウイルス感染症の臨床像

新型コロナウイルス感染の初期症状はインフルエンザや感冒に似ていて、この時期にCOVID-19を鑑別することは困難である。2020年9月4日に発行された「新型コロナウイルス感染症診療の手引き第3版」によると、レジストリ(COVIREGI-JP)に登録された2,600症例の解析から、入院までの中央値は7日で、頻度の症状は発熱、咳、倦怠感、呼吸苦である。下痢は約10%で見られ、味覚症状は17%、嗅覚障害は15%で味覚・嗅覚障害は外国の報告よりも頻度は少ない。発症から1週間程度で軽症のまま治癒する患者は約80%で、発症から1週間から10日目に肺炎症状が増悪し入院する患者は20%。肺炎入院患者の5%が10日以降も肺炎進行して人工呼吸器管理となる。致死率は高齢になるほど高くなり、20歳代までは0%、30歳代は0.1%、40歳代は0.3%、50歳代は0.7%、60歳代は3.5%、70歳代は10.9%、80歳代以上は23%である。重症化のリスクとして、65歳以上の高齢者、慢性閉塞性肺疾患、慢性腎臓病、糖尿病、高血圧、心血管疾患などとされている。

### 4. 新型コロナウイルス感染防止対策

新型コロナウイルス感染が未だ完全には収束しない状態下で日常生活を送るために、内閣官房新型コロナウイルス感染症対策推進室は「スマートライフのために」として新しい生活様式の実践例を発表している。これによると、個人の単位での基本的な感染対策は、①身体的距離の確保、②マスクの

着用、③手洗いである。また、日常生活を営む上での人の集まる場所での生活上の感染対策は、密集回避、密接回避、密閉回避のいわゆる三密回避に加えて、換気、咳エチケットと手洗いが大切であるとしている（図2）。

## 5. 新型コロナウイルス感染と免疫

COVID-19 に対する抗ウイルス剤や症状に応じた治療薬やワクチンの開発は現在進められているところであるが、細菌感染に対する抗生物質のような決め手になる治療法はまだ確定していない。現状において、新型コロナウイルス感染に打ち勝つためには、我々が持っている「免疫力」で新型コロナウイルス感染が起きた細胞を排除することが重要となる。免疫力とは細菌やウイルス感染をはじめとして様々な病気から体を守り健康を維持する力であり、これを担うのが血液中の白血球である。免疫を担う白血球は、自然免疫を担うマクロファージ、単球、顆粒球、NK（ナチュラルキラー）細胞と、獲得免疫を担うTリンパ球およびBリンパ球の二種類がある。ウイルス感染の際には、NK細胞が早い段階で撃退するとされていて、自然免疫で制御できないときに獲得免疫によりウイルス感染した細胞を撃退する仕組みになっている。この免疫力は20歳くらいがピークで、高齢になるほど低下するため、高齢者は感染症や病気にかかりやすくなる。免疫力をつけて新型コロナに打ち勝つ体力を保つには、ストレスをためず、睡眠をしっかりとり、食事については栄養バランスを整えながら適量食べて健康的な生活をするのが基本となる。



図2 内閣府・厚生労働省 新しい生活様式の実践例より

<技術発表(1)>

## 新技術基準・新検査制度の下での KUR 計装系・安全保護回路にかかる検査について

京都大学複合原子力科学研究所

技術室 中森 輝

### 1. はじめに

KUR の計測制御系統施設は 1999 年に大規模な更新が行われ、その際行われた使用前検査の内容に準じて長年施設定期自主検査、施設定期検査が行われてきた。その内容は京都大学原子炉実験所(当時)と科学技術庁の検討により定められたものであり、管轄が科学技術庁から文部科学省、原子力規制庁へと変わった後も根本的な考え方の面では変更無しに引き継がれてきた。(設工認を伴う工事等により項目が追加されることはあった)

以下に 2019 年に行われた KUR の計装系・安全保護回路にかかる検査の概要を示す。

- 施設定期自主検査
  - 自 405 (35 項目)  
原子炉施設保安規定で定められた 23 種類の主要計器にかかる検査。保守業者の年次点検報告書から各系統の測定誤差を確認し、KUR 側で定めた誤差基準を満たしているかどうかで判定を行う。また、安全保護回路の多重性を満たすために多重化している計装系統についてはそのケーブルの外観検査を行う。
  - 自 406 (62 項目)  
原子炉設置変更承認申請書に挙げられている安全保護回路の設定値確認および動作確認。自 405 の実施が検査前条件となる。手動スクラムや非常警報等はボタンを押すだけで動作を確認できるが、設定値が存在するものは一つ一つ模擬信号により細かい設定値確認を行うため時間がかかる。
- 施設定期検査
  - 安全保護回路の作動検査 (62 項目)  
原子炉設置変更承認申請書で挙げられている安全保護回路の動作確認。自 405 と自 406 の実施が検査前条件となる。確認対象となる動作は自 406 と同じだが、すべての項目を立会検査で確認すると時間がかかるため、全体を 3 分割して毎年 1/3 は立会検査を行い、残る 2/3 は自 406 から記録確認を行う。また、検査内容は動作確認のみとし、設定値確認は検査前条件として自 406 の記録を見る形にすることで模擬信号の微調整にかかる時間を短縮する。
- その他の検査
  - 計測制御系検査 (107 項目)  
原子炉設置変更承認申請書に無い警報等、中央管理室の警報等の検査。研究炉部の保守業務の一環として実施され、自 405 の実施が検査前条件となる。検査方法は自 406 と同じで時間がかかる。

しかしながら 2020 年 4 月より施行された「試験研究の用に供する原子炉等の技術基準に関する規則(以下「新技術基準」という)」の下で KUR の各設備に対しての法的な要求に変更が生じ、その確認のための検査も規制庁主体の施設定期検査に代わり 2020 年より事業者主体の定期事業者検査が実施されている。

本発表では、このような変化に伴い修正された 2020 年の KUR 計測制御系統施設に関する検査について

て報告する。

## 2. 新技術基準の影響

上記のようにこれまでの施設定期自主検査・施設定期検査では設置許可上重要な計装系や安全保護回路を検査対象としていたが、2020年より新技術基準が施行され、その要求事項を満たしていることを検査で確認することが求められるようになり、新技術基準を元にして検査対象を考え直す事となった。

### 2.1 自 405

検討の結果、これまで検査対象ではなかった既存の計装の一部が新技術基準の条文に当てはまると判断され、それらの計装の測定精度についても自 405 で検査を行うこととなった。

逆に、新技術基準上は要求されていないが保安規定上は主要計器に挙げられているという機器もあったが、それについては自 405 から削除せず今後とも同じ検査を行うこととした。

### 2.2 自 406

安全保護回路については既存の検査項目で新技術基準のすべての条文に対応する確認が出来ていると判断された。自 405 と同じく新技術基準上要求されていない既存の項目もあったが、それらも設置変更承認申請書上の要求であることに変わりはないため引き続き検査を行うこととした。

## 3. 新検査制度の影響について

これまでは検査官が 2 回に分けて 2 日または 3 日ずつ規制庁から来所し、KUR にかかる施設定期検査を行って各検査の合否判定を行っていたが、新検査制度の下では定期事業者検査を行って合否判定を出すのは研究所内で任命された検査官であり、規制庁はそれらに対する包括的な評価を行う立場となる。

今年初の定期事業者検査として計装系・安全保護回路の検査を行うにあたり、施設定期検査での検査内容から以下のように変更が加えられた。

- これまでの施設定期検査の内容は主に時間的な制約から自 406 の省略版という形であったが、定期事業者検査では研究所の職員が検査を行うため時間的に余裕がある。よってこれまで記録確認としていた安全保護回路の設定値確認も立会の下で行った。
- ただし全項目について立会で行おうとすると数日がかりになり時間がかかり過ぎるとの意見があった。今年は検査制度の過渡期であり定期事業者検査と並行して自主検査も行われるため、定期事業者検査はこれまで通り全項目を 3 つに分けて 1/3 は立会検査を行い、残る 2/3 は自 406 からの記録確認とした。
- これまで自 405 の内容は検査前条件として確認するという扱いであったが、今後は自 406 と同じように定期事業者検査の検査内容の一つとして扱うこととした。

## 4. 今後の課題

来年以降は保安規定の変更に伴い、これまで行われていた定期自主検査がなくなって定期事業者検査に一本化されるため、一連の検査の進め方に一部変更が生じる。また、今年始めて定期事業者検査を実施してみて改めて判明した改善点もある。

計装系と安全保護回路の検査にかかる今後の検討課題として挙げられているものを以下に記す。

- これまで行われていた自 405 は計装機器を使用する他の検査の検査前条件となっており、検査期間の序盤に実施する必要があった。一方、自 406 は自 405 以外にも安全保護回路にかかる他の検査が検査前条件となっているため、それらの検査を待って比較的終盤に実施する必要があった。今年は計装系にかかる一つの定期事業者検査（事 403）の中に自 405 と自 406 の内容をまとめたため、当該検査の実施時期が二分化され、検査記録の処理が分かりにくくなる場面があった。KUCA では計器類の検査と安全保護回路の検査を別々の定期事業者検査に分けており、KUR



も同じようにした方が分かりやすいと思われる。

- 現在定期事業者検査の対象となっている計器や安全保護回路には
  - 新技術基準上要求されていないが設置変更承認申請書で挙げられているもの
  - 設置変更承認申請書で挙げられてはいないが新技術基準上要求されているもの
  - 新技術基準上要求されており、設置変更承認申請書でも挙げられているものが区別のつかない状態で混在している。何らかの整理が必要かもしれない。
- 来年以降は保安規定の改定に伴い定期自主検査がなくなる。自 406 の記録は今年の定期事業者検査の確認対象であり、来年以降もその点は変わらないと思われるため、位置付けを変更しつつ定期事業者検査前に自 406 と同じ内容の検査を行う必要がある。その場合、これまで通り計測制御系検査とは別の検査として記録を作成するべきか、統合して一つの業務にした方が検査を進めやすいか検討する。
- 定期事業者検査の検査官は研究所の職員ではあるが検査対象設備の保守担当者ではないため、現在の要領書の表現では具体的な手順が分かりにくいところが散見される。

来年の検査ではこれらを踏まえて検査要領書、検査成績書の更なる改善を検査小委員会に諮る予定である。

## 設工認申請漏れ対応について

京都大学複合原子力科学研究所  
技術室 井本 明花

### 1. 概要

2019年9月に原子力規制庁(規制庁)からの要請で、本研究所に対して設計及び工事の方法の承認(設工認)申請漏れの有無について調査を行った。その結果、放射性廃棄物処理部において試験研究炉の用に供する原子炉等の性能に係る技術基準に関する規則のうち、漏水による損傷の防止(第17条第2項)及び廃棄物処理設備(第33条第2項)に該当する設備(管理区域外漏洩防止対策)について設工認申請書には記載されていた。しかし堰の設計条件について設工認申請書に記載されていなかった。また、放射性廃液を貯留する槽(廃液貯留槽)の貯蔵量の管理について保安規定等に記載されていなかったことが判明した。

2019年9月25日、原子力規制委員会にて本研究所における設工認申請漏れを報告した。これに対して、規制庁は事前の設置変更許可申請時の説明資料や現場確認により安全上問題ないことを確認したため研究炉の運転の停止は求めなかった。しかし該当設備に対して性能の評価についての申請を行うことを求めた。今回は“管理区域外漏洩防止”に関する設工認申請から使用前検査合格までの対応について発表する。

### 2. 管理区域外漏洩防止

理区域外漏洩防止対策に該当する設備として、放射性廃液等を野外管理区域外へ漏えいすることを防止する堰(貯留槽にかかる堰)(図1参照)と、放射性廃液を処理する装置(処理装置)が損傷した場合、中に入っている放射性廃水を放射性廃棄物処理工場内に留めることを目的として作られた堰(処理装置等にかかる堰)(図2参照)が挙げられる。

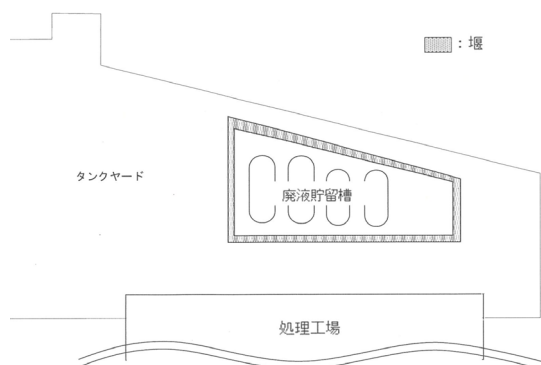


図1. 貯留槽にかかる堰

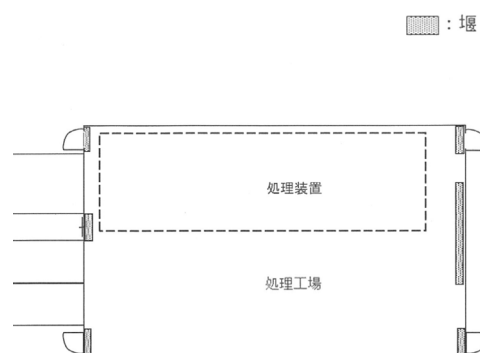


図2. 処理装置等にかかる堰

その2つの設備は既設であるため工事を伴う申請ではない。2019年10月にWG(ワーキンググループ)を立ち上げた。規制庁との審査会合・補正申請を経て2020年3月に設工認申請内容を承認された。自主検査を行い2020年6月に使用前検査に合格した。(表1参照)

表 1. WG 立上から使用前検査合格までのスケジュール

年月日	内容
2019年10月	WG 立ち上げ
2019年12月2日	規制庁と審査会合
2019年12月23日	補正申請
2020年2月7日	再補正申請
2020年3月12日	設工認申請承認
2020年5月19日	自主検査要領書承認
2020年5月22日, 5月27日	自主検査実施
2020年6月3日	使用前検査実施
2020年6月29日	使用前検査合格

設工認承認内容は以下のとおりである。

- ・ 廃液貯留槽にかかる堰
  - 堰の高さが約 23cm～約 26cm であること、堰内有効容積が 30 m<sup>3</sup> 以上であること。なお、有効容積はタンクの土台等の体積を考慮して評価する
  - 液体が浸透し難い塗装が施されていること
- ・ 処理装置等にかかる堰
  - 堰の高さが約 5cm であること、及び堰内有効容積が 26 m<sup>3</sup> 以上であること。なお、有効容積は処理装置等の土台等の体積を考慮して評価する
  - 液体が浸透し難い塗装が施されていること
  - 漏えいした放射性廃液を廃液貯留槽に移送するためのポンプが設置されていること

### 3. 自主検査

自主検査要領書を作成した。要領書は WG でレビューを行った。貯留槽にかかる堰と処理装置等にかかる堰の自主検査は以下の項目で実施した。

- ・ 貯留槽にかかる堰
  - 寸法検査
  - 外観検査
- ・ 処理装置等にかかる堰
  - 寸法検査
  - 外観検査
  - 外観検査(漏えいした放射性廃液を廃液貯留槽に移送するためのポンプ)

図 3 と図 4 は検査記録の一部である。

測定寸法記録欄(測定位置は別 2 図を参照のこと。)

1) 堰の面積にかかる寸法

位置	寸法[cm]	判定基準(設計値)[cm]	判定結果
a-b	1012	≥1000	良・否
b-c	1856	≥1850	良・否
c-d	737	≥730	良・否
d-a	1832	≥1830	良・否

2) 堰の高さ

①a-b間

位置	寸法[cm]
1	24.7
2	28.7
3	29.0
4	28.4
5	26.4

a-b間の平均値

	[cm]	判定基準(設計値)[cm]	判定結果
堰の高さ平均値	27.4	≥26	良・否

②c-d間

位置	寸法[cm]
1	25.5
2	23.6
3	19.8
4	24.7
5	26.8

c-d間の平均値

	[cm]	判定基準(設計値)[cm]	判定結果
堰の高さ平均値	24.0	≥23	良・否

図 3. 自主検査要領書\_検査記録(寸法検査)1

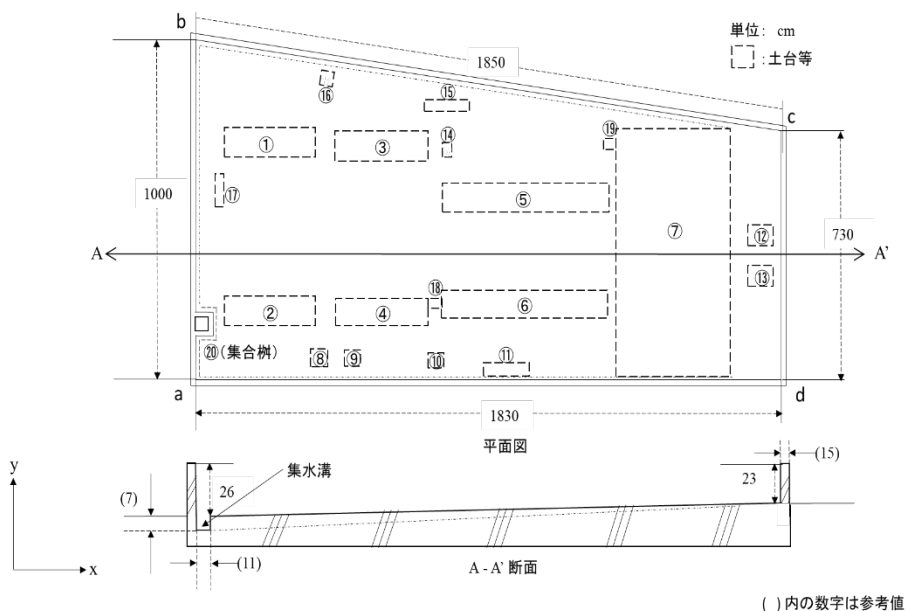


図 4. 自主検査要領書\_検査記録(寸法検査)2

#### 4. 保安規定の改定及び感想

2020年3月に保安規定及びその下位文章である保安指示書を改定した。これは、放射性廃液を貯留する槽(廃液貯留槽)の貯蔵量の管理について保安規定等に記載されていなかったことを受け対応した。

保安規定第 98 条について以下の通りに追記した。

第 98 条

(5) 廃液貯留槽内及び処理工場内の液体状の放射性廃棄物に関して管理区域 外に漏えいさせない処置をとる。なお液体状の廃棄物総量は、廃液貯留槽内 においては  $30\text{m}^3$  以下、処理工場内においては  $26\text{m}^3$  以下で管理する。

保安指示書については、以下の通りに改定した。

3.7.2. 放射性廃液処理設備の運転方法

処理工場内において液体状の廃棄物総量を  $26\text{m}^3$  以下で管理するために、2 系統ある処理設備(凝集沈殿、イオン交換)は、1 系統のみを使用して運転する。

設工認申請及びそれに伴う使用前検査は初めての担当だったのでやることが多く苦労したが多くのサポートを受けて最後までやり遂げることが出来た。

## FFAG 加速器火災の復旧作業について

京都大学複合原子力科学研究所  
技術室 吉野 泰史

### 1. はじめに

2020年1月28日にイノベーションリサーチラボラトリ実験棟実験装置室内に設置されているFFAG加速器の主リングの一部である磁場補正コイル部が通電により過熱され、コイル表面に塗布されていた絶縁材（主成分：エポキシ樹脂）から煙が発生し、実験装置室内及び建屋内に充満するという事象が発生した。

当該コイルは冷却機能を備えており、通常、冷却水を通水したうえで通電という手順をとるが、本事象の際は冷却水を通水せずに通電し、コイルが異常過熱されたことにより発生した。事象発生時は通常のビーム利用のための運転と異なり、当該コイルに隣接する機器（高周波加速装置）の性能試験を行っていた。事象前日、部品交換のために当該コイル直近に設けられたバルブを閉じることにより冷却水を停止（漏水による感電等の事故防止のため）した。事象当日は、バルブが閉じられたまま、すなわち冷却水が通水されないまま通電したため、コイルでの異常過熱をまねいた。この事象の発生により、原子力規制委員会に対して、放射線障害予防規程に基づく事故報告を行う結果となった。今回の研修会では、現在の復旧作業状況について発表する。



Fig.1 火災発生時の実験装置室内

### 2. 本事象の発生原因

異常事象の原因として下記3点が挙げられる。

#### 1) 各機器操作手順書の未整備

通常の加速器ビーム利用運転では、磁場補正コイル直近に設けられたバルブは「常時開」であるため、コイルへの通電前にバルブ「開」の確認は必ずしも行っておらず、冷却水ポンプの稼働確認（ポンプの稼働音による確認）をもって通水の確認としていた。今回の試験は通常利用とは異なりイレギュラーな操作であるため、磁場補正コイルの通水も確認する必要があったが、通常運転時の感覚で作業を進めてしまったため、冷却水ポンプの稼働は確認したものの、前日に閉じたバルブの再開およびコ

イルへの通水の確認を行わなかった。本来このような誤操作を防止するためには、通常運転時の加速器機器操作手順書に加えて各機器単体の操作手順書が必要であるが整備されていなかった。

#### 2) 保護機能回路の不整備

磁場補正コイルの異常過熱を検知し、自動的に通電を停止する機能が備えられていなかった。

#### 3) 人員不足

これまで、同様の機器試験を行う際は、職員最低二人が従事し、一人は制御室から機器の制御を行い、もう一人が装置設置場所で機器の状態を確認するという体制がとられていた。FFAG 陽子加速器を管理する職員は3名である。しかしながら事象発生時は、1名は出張で不在、1名は研究炉の運転支援に入り、残り1名の職員で作業を担当する状態であった。その結果、担当職員が制御室から機器制御行っていたため、目視による試験対象機器の状態確認が困難な状態であった。

### 3. 復旧作業

復旧作業は、作業場所が RI 管理区域であると共に放射化した物を取扱う恐れがあることから各工程に分けることにより確実に作業を行なうこととした。

- ① 高周波加速空洞とその周辺機器（以下、装置）の取出し及び解体、被害状況の確認作業  
（他の機器の被害状況及び影響も確認）
- ② 装置の清掃及び洗浄、修理作業（被害のあった他の機器の修理作業を含む）
- ③ 装置の組み立て作業、保護回路の取り付け
- ④ 各機器の動作確認、各装置の試運転作業
- ⑤ 装置の通常運転試験（ドライラン）
- ⑥ 片付け、廃棄物の処理作業
- ⑦ マニュアルの整備
- ⑧ 運転人員体制の確立

### 4. 作業状況

復旧作業は工程①及び②の作業が終わり、現在、工程③の保護回路の取り付け作業を行なっている。これまでの作業は、大きなトラブルも無く順調であるが、当初予定していたスケジュールより時間を要することになってしまった。その理由としては、通常のトラブルであれば大抵故障した部品の交換で完了するが、今回の作業では現場での補修作業や機器の製作及び改造を自分達で行う作業が多く時間を要している。

今後の作業としては、各機器及び装置の動作試験を行う予定であるが、その際には再発防止の観点からマニュアルもしくはチェックシートを作成し行なう予定である。

また、通常運転を再開については、運転人員体制の見直しを行なった上で運転再開とする方針である。

### 5. 今回の事象を通じての課題

今回の事象を通じ、幾つかの課題が明らかになった。特に以下に示す課題については重要であると考ええる。

- 1) RI 施設の安全管理の問題
- 2) 人員の問題

RI 施設の安全管理の問題については、我々の研究所は原子炉以外にも加速器といった多くの RI 施設を要する研究所でもあるにも関わらず、その認識が欠如し安全管理体制や対応が不十分であった。その理由としては、これまで我々の研究所では何事も原子炉中心で考えられ RI 施設に関することは軽視されていた。結果、RI 施設でこのような事態が発生した際、初動の対応が手間取ったり、装置担当

者はどのような対応をすべきであるかの認識が欠如していたと考える。このようなことから、これまでの慣例を改め、原子炉だけでなく多くの RI 施設を有する研究所であることを認識のもと、RI 施設の安全管理体制や対応の見直しをすべきであると考えます。

人員の問題については、これまでも業務の見直しを図るなどして我々に課せられた業務に対応してきました。しかしながら、近年は法令案件の対応、他管理部や管理室への支援業務が増加し、我々の部だけで対応するには困難な状況になってきた。そのため、特定の部だけで対応するのではなく、技術室もしくは研究所としての対応が必要である。



## KUR 原子炉タンクの健全性調査

京都大学複合原子力科学研究所  
技術室 丸山 直矢

### 1. はじめに

KURは昭和39年(1964年)に稼働開始し、昭和43年(1968年)に5MW出力上昇の工事が行われた。稼働開始してから今年で56年になる。原子炉が作られた当時考えられていた耐用年数をとうに越しているが、主要な設備を随時更新及びメンテナンス管理することによって耐用年数を超えてもなお研究用原子炉として稼働を続けることができた。今回の発表では、主要な設備として最も重要である原子炉タンク(以後炉心タンク)の健全性について調査を行ってきたことについて発表する。

### 2. 健全性調査方法

そもそも、KUR炉心タンクは交換が容易の事ではないため補修ができない箇所が腐食等により浸水した時点で原子炉としての機能を失う。炉心タンク及び溶接により接続されている実験孔等の確認は、目視確認及び超音波測定による金属の板厚を測定することによる腐食の調査を行うこととした。目視確認及び超音波測定による板厚測定を行った上で、健全性を確認するための公正な第三者(米国: General Atomic社、以下GA社)に依頼し、確認をすることで調査及び評価を行うこととした。(1991年第一回炉心タンク健全性調査開始時)

### 3. 目視確認及び超音波測定による板厚測定

目視確認は、目視と水中カメラによる確認を行う。超音波測定による板厚測定には、超音波厚さ測定器及び探触子、測定治具(関節をねじ止めして各箇所用角度をつける)を駆使して行う。



図1 超音波厚さ測定器

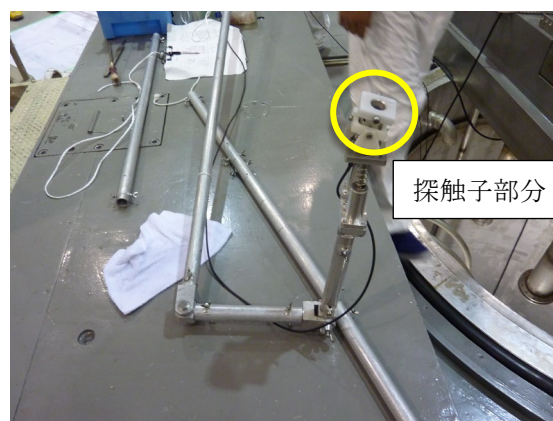


図2 測定治具

炉心タンクは通常水を張った状態で管理しているため、確認するには抜水する必要があった。炉心及び燃料回転ラックに燃料等がある場合、放射線被ばくが問題となるため移送を行わなければならない。燃料等がない状態でも炉心部を構成するステンレス材が高線量なため、水を残した状態と水を抜いた状態による二段階に分割して行う。第一段階では露呈しているタンク部分、水中のタンク部分と実験孔等を行う。なお水中の測定は測定治具と水中カメラを使用して行う。第二段階でタンク内の水をすべて抜き、一次冷却水配管内部の測定を行う。測定点は約6,000点(第一回調査時は約5,000点)行う。

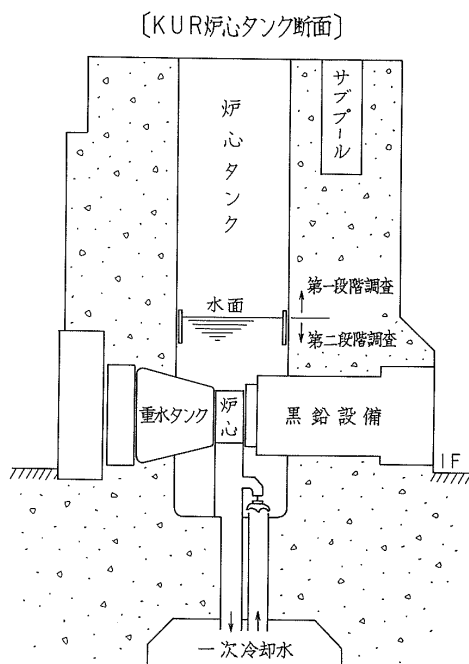


図3 KUR 炉心タンク断面



図4 タンク内超音波測定

#### 4. 評価及び対応

第一回調査終了後、GA 社の評価として「運転継続を不可とするような欠陥並びに腐食は認められなかった。」と評価し、今後の管理に関して「現在まで行ってきた高水準の水質管理、定期的な目視点検、炉心タンク水位変化に関連したパラメータの監視、サブプールの水質管理と定期点検が大切である。」との提言を受けた。

この結果をもとに、研究所として KUR は健全であると判断するとともに GA 社の提言を尊重した管理を継続すること、また更なる健全性の保持向上に努めることとした。以降、約 10 年に一度同様の健全性調査を行い炉心タンク等設備の状態に変化がないことを確認している。次回調査は 2021 年頃行う予定である。

#### 5. 最後に

炉心タンク健全性調査は、GA 社の評価方法、並びに経験を持った専門の業者（株式会社 川重サポート）の協力があるで行うことができている。さらに現在は退職された諸先輩方が原子炉の管理方法を確立していただいたおかげで、原子炉を安全に管理することができている。今回、技術発表という場で個人の技術という点ではふさわしくないが、過去の功績と現在に至るまで原子炉を安全に管理できている方法ということでその発表とかえさせていただきたい。

## 第2回目研修：オンライン研修

開催日時：令和3年2月26日（金）13：00～17：15

開催場所：京都大学複合原子力科学研究所等（各勤務場所に応じた居室や会議室等での受講とする。）

### プログラム

時 間	テーマ：「目標設定研修」 講師：株式会社インソース 松本朗
13:00～13:05	業務連絡
13:05～15:00	<p><u>1. 実行力とは</u></p> <p>【ワーク】 実行力とは何か考える</p> <p>(1) 実行力は仕事を自ら推進していける力</p> <p>(2) 実行力がある人は自分で仕事を進め、継続的に改善できる人</p> <p>(3) 実行力を高める3つの方法</p> <p>①自分を律する ②まわりの力を借りる ③自分の仕事の意義を確認する</p> <p><u>2. 自分を律する① ～ 実行に結びつく目標の立て方</u></p> <p>(1) 目標を立てなければ仕事ははじまらない</p> <p>(2) 具体的な目標を立てるためのポイント</p> <p>【ワーク】 自身の業務での目標を設定してみる</p> <p>【ワーク】 あいまいな目標を修正する</p> <p>(3) 優先順位を明確にする</p> <p>(4) 優先順位のつけ方</p>
15:00～15:15	休 憩
15:15～17:15	<p><u>3. 自分を律する② ～ 具体的な実行計画の立て方</u></p> <p>(1) 目標から逆算する</p> <p>(2) 正確な計画には作業時間の把握が必要</p> <p>【ワーク】 自分の業務を洗い出し、どのくらい時間がかかっているか整理する</p> <p>(3) 計画は日々のスケジュールに落とし込む</p> <p>(4) 計画通りに進んでいるか確認する指標を決める</p> <p>(5) うまく行っていないときは計画を修正する</p> <p><u>4. 自分を律する③ ～ 実行していくときの心構え</u></p> <p>(1) まずはやりきる気持ちを持つ</p> <p>(2) うまくいっているときほど気を抜かない</p> <p><u>5. 自分を律する④ ～ 実行した結果を振り返ることの重要性</u></p> <p>(1) 目標を立てて実行しただけでは大きな成果にはつながらない</p> <p>(2) 振り返りが次のステップへ進むヒントとなる</p> <p>(3) 結果が出ていなくても振り返ることに意義がある</p> <p>(4) 実行した結果と計画を確認する</p> <p>【ワーク】 うまくできていること、できていないことを整理する</p> <p>【ワーク】 ケースをもとに改善点を考える</p> <p><u>6. まとめ</u></p>

## 研修内容

第5 専門技術群専門研修会の2回目では、例年見学会を企画しているが、今年度は、新型コロナウイルス感染症拡大防止の観点からオンライン研修とした。株式会社インソースより、講師をお招きして「目標設定研修」をテーマに実施した。テーマの設定に際しては、今後、技術職員に求められるスキルを勘案し、技術室長と決定した。

本研修では、日ごろ業務を遂行する上で、目標及び計画を立て、実行する大切さを学ぶことができた大変有意義な研修であった。また、研修の所々に、各自で取り組むワークがあった。最後のまとめのワーク（テーマ：本研修を踏まえ、自分の仕事の目標と実行の計画を立てる）を各自作成し、技術室長へ提出することで、理解度を確認した。

なお、本研修後、講師より研修実施報告書を頂戴した。研修内容の理解度及び積極性は、共に普通で、大変おとなしい方が多かったとの報告だった。このような報告書を頂戴することで、我々の弱点が明確となり、有効な研修となった。

## <研修会感想（代表者3名）>

### 研修会感想（1）

京都大学複合原子力科学研究所  
技術室 前本 桂太

#### 1. 原子炉を持つから粒子線の利用へ

- ・技術力があれば、どんなことがあっても大丈夫だと話されていました。
- ・自分にとっての技術力とは何かと、改めて考えると向学心だと思い返しました。
- ・今は主任者の勉強がメインとなっていますが、自分にとって必要だと感じたことをすぐに勉強しようと思えるところが自分の強みだと考えています。
- ・知識を増やして幅広く考えることができる人材になりたいと考えました。

#### 2. 新型コロナウイルス感染防止対策

- ・日本でコロナウィルスが抑えられている原因が、清潔な生活様式を持っている国民性だという話が1番印象に残りました。靴を脱ぐ、手を洗う、マスクをつけるなど当たり前のことであるが、大切なことだと再認識しました。
- ・自分としてできることは、最後に話されていた免疫力を高める生活習慣を意識することだと思います。

#### 3. 安全保護回路にかかる検査について

- ・新検査制度での問題点を知ることができ、勉強になりました。
- ・今までは外部の検査官を呼んでいたため、時間の調節ができたが、今回の検査では時間の調節がうまくいかなかったという話が1番引っかけました。
- ・所内で調整できるという甘い認識を持たずに、事前に検査官を呼ぶつもりで、ずらせないという認識を持って日程を固定しておけば防げるのではと思いました。（去年まではできていたようなので）
- ・最後に、南さんが伝えようという姿勢が大切だという話はたしかに大切だと思いました。
- ・11/9のKUR部会でも伝える意識でトリチウム警報の発表を行いました。年末の報告会でも意識したいと思います。

#### 4. KUR 設工認漏れ対応

- ・毎週点検で、処理部のタンクを見るのが有りましたが、貯留槽の下の水色のエリアが漏洩防止の意味があることを知ることができました。
- ・160ポイントの測定など、処理部の仕事の大変さを知ることができました。

#### 5. FFAG 加速器火災の復旧作業について

- ・入社前に、ニュースで知った話を詳しく聞くことができました。
- ・特に、人為的なミスをして事故を防ぐ仕組みを作るという方針は非常に大事なことだと思いました。

また、さまざまな部署で人員不足という話が上がっており、人員を増やす以外の解決策を全体として考えていく大切さを再認識しました。

#### 6. KUR タンクの健全性調査

- ・10年ごとに、タンクの中まで点検を行うということに驚きました。

- ・次回は 2021 年ということで、来年度放管部として立ち会う可能性が高いと思われます。
- ・薄肉の原因が、コンクリートに含まれる水だと伺ったので、特に炉頂付近では気をつけたいです。

## 研修会感想 (2)

京都大学複合原子力科学研究所  
技術室 阿部 尚也

初めに、複合原子力科学研究所（以下複合研）川端教授より【「原子炉を持つ」から「放射線・RI 利用へ」と題して特別講演が行われた。内容で特に気になった点は、KUR に代わる中性子源に関する点ともんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉に関する点であった。前者に関しては、量子線源としての実現可能性がいまだに不透明である点が気になる点である。後者に関しては、複合研として大きくかかわっていく方向性が示され、技術職員も基本的には熊取サイトで協力していく見込みであることが示されたため、今後の不安点が少し解消された。

午後からは、複合研木梨准教授より【新型コロナウイルス感染防止対策について～産業医の立場から～】と題して特別講演が行われた。興味を持った点はコロナウイルスの構造と変異しやすい部分の説明とコロナ感染率の高い大阪府に位置している複合研内の対策を、比較的少ない京都府に位置している本部が参考にしてきた点であった。

次に、複合研技術職員中森氏より【新技術基準・新検査制度の下での KUR 計装系・安全保護回路にかかる検査について】と題して技術発表があった。新検査制度の下で検査官として一部検査に参加していたのでわかりやすい内容であった。一方、今後の課題である区別のつかない状態で混在している機器の整理が気になる点であった。

続いて、複合研技術職員井本氏より【設工認申請漏れ対応について】と題して技術発表が行われた。主に屋外管理区域内の堰の設計条件についての説明であり、実地測定による計算から算出した貯水量だけではなく、実際に水を貯めて貯水量を算出するところが興味深かった。

更に、複合研技術職員吉野氏より【FFAG 加速器火災の復旧作業について】と題して技術発表が行われた。加速器火災に関しては、私の担当する機器が加速器であり、また KEK でも加速器施設の火災があったことから非常に興味深い内容であった。比較的被害が少ない状況であったので復旧も間近であるとの報告には良かったと思う反面、やはり火災が発生するとかなりの時間のロスを生んでしまうので、日ごろの管理を徹底すべきと痛感した。

最後に、複合研技術職員丸山氏より【KUR 原子炉タンクの健全性調査】と題して技術発表が行われた。健全性調査を実施するにあたって、放射線被ばくを軽減するために水位を 2 段階に分けて下げていく工程や長尺である制御棒ユニットを引き抜く工程が興味深かった。一方、この健全性調査が来年度に予定されているとのことで、調査に向けた改善点がもう少し紹介されればと思った。

### 研修会感想 (3)

京都大学複合原子力科学研究所  
技術室 山本 弘志

今回、講演及び技術発表の部について研修会に参加した。内容は、特別講演2件と技術発表が4件あった。

1件目の講演は川端先生による「原子炉を持つ」から「放射線・RI利用」へで、これまでの研究所の活動

と、今後の方向性についてお話を聞くことができた。

2件目は木梨先生による新型コロナウイルス感染防止対策についての講演であった。新型コロナウイルスについては報道等の情報によりある程度の知識はあったものの、あらためて感染対策について徹底していきたいと思う。

技術発表は、技術職員の業務における各部門での対応についてで、研究炉部では新検査制度によって変わった点や検査について、廃棄物処理部では放射性廃液漏洩防止堰の設工認申請漏れ対応について、実験設備管理部のFFAG加速器火災復旧作業について発表があった。それぞれ苦勞した点もあっただろうが、ここで人員不足の問題が浮き彫りになった。各部の協力体制も必要であろうが、大型実験装置の運転には、人員確保が必須であると思える。

原子炉タンクの健全性調査は、初期の段階で携わったことがあり、タンク内の高線量対策について自然循環弁の軸の取り外し等を行った。また、タンク外側の腐食について、サブプールの漏洩防止のため2重化を行なった。次回調査は来年とのことですが健全であってほしいものです。

#### <まとめ>

今年度の研修会は、新型コロナウイルスが世界中で猛威を振るっている中での開催となり、感染拡大防止の徹底やオンライン方式の導入など、これまでとは違った研修となった。両研修ともに、トラブルもなく無事に終えたことに安心している。これもひとえに、入念な事前準備にお付き合いして頂いた世話人会メンバーの協力があったことだと感謝している。特にオンラインによる研修にすることで、遠隔地勤務の技術職員も容易に参加が可能となり、新たなメリットの気づきとなった。実際に2回目の研修では、北海道勤務の技術職員が参加して下さった。今後、オンラインも積極的に活用していく所存ではあるが、来年度には、オフラインでの開催が可能な世の中になることを願っている。

#### <謝辞>

当所技術室で活躍された山本弘志さんが、今年度末をもって定年を迎えられました。長年にわたり、原子炉の運転及び安全管理にご尽力いただき、誠にありがとうございました。ご在任中は、我々後進の指導に多大なるご貢献をいただきました事を深く感謝いたします。益々のご健勝とご発展をお祈りいたします。