

令和元年度第5 専門技術群（核・放射線系）専門研修会報告

京都大学複合原子力科学研究所
技術室 栗原 孝太

＜特別講演・技術発表＞

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。特別講演では、広い知見を得ること及び最新の技術情報の収集を目的とし、また技術発表では、日常の業務と経験を報告することで技術、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。

2. 受講者名簿

	所属	氏名	所属専門技術群
1	複合原子力科学研究所技術室	張 俊	第5 専門技術群
2	複合原子力科学研究所技術室	吉野 泰史	第3 専門技術群
3	複合原子力科学研究所技術室	大野 和臣	第5 専門技術群
4	複合原子力科学研究所技術室	奥村 良	第5 専門技術群
5	複合原子力科学研究所技術室	竹下 智義	第5 専門技術群
6	複合原子力科学研究所技術室	藤原 靖幸	第5 専門技術群
7	複合原子力科学研究所技術室	栗原 孝太	第5 専門技術群
8	複合原子力科学研究所技術室	吉永 尚生	第5 専門技術群
9	複合原子力科学研究所技術室	長谷川 圭	第5 専門技術群
10	複合原子力科学研究所技術室	山田 辰矢	第5 専門技術群
11	複合原子力科学研究所技術室	田中 良明	第5 専門技術群
12	複合原子力科学研究所技術室	丸山 直矢	第5 専門技術群
13	複合原子力科学研究所技術室	井本 明花	第5 専門技術群
14	複合原子力科学研究所技術室	三宅 智大	第5 専門技術群
15	複合原子力科学研究所技術室	中森 輝	第5 専門技術群
16	複合原子力科学研究所技術室	飯沼 勇人	第5 専門技術群
17	複合原子力科学研究所技術室	荻野 晋也	第5 専門技術群
18	複合原子力科学研究所技術室	小林 徳香	第5 専門技術群
19	複合原子力科学研究所技術室	阿部 尚也	第5 専門技術群
20	複合原子力科学研究所技術室	猪野 雄太	第5 専門技術群
21	複合原子力科学研究所技術室	牧 大介	第5 専門技術群
22	複合原子力科学研究所技術室	上田 哲也	第5 専門技術群
23	複合原子力科学研究所技術室	富永 悠太	第5 専門技術群
24	複合原子力科学研究所技術室	白鳥 篤樹	第5 専門技術群
25	複合原子力科学研究所技術室	山本 弘志	第5 専門技術群
26	複合原子力科学研究所技術室	南 馨	第5 専門技術群

3. プログラム

開催日時：令和年 10 月 17 日（木）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

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：栗原 孝太 「ホウ素中性子捕捉療法の現状と展望 ―研究用中性子源の重要性―」 複合原子力科学研究所 粒子線腫瘍学研究分野 教授 鈴木 実	
昼食：12:00～13:00	
特別講演(2)：13:15～14:15 司会：飯沼 勇人 「京大炉を用いた中性子放射化分析 ―宇宙地球化学分野への応用―」 複合原子力科学研究所 同位体利用化学研究分野 助教 関本 俊	
技術発表(1)：14:15～14:45 司会：小林 徳香 「C 架台炉心温度計用熱電対の破損と交換」 複合原子力科学研究所 技術室 竹下 智義	
休憩：14:45～15:15	
技術発表(2)：15:15～15:45 司会：三宅 智大 「最近の放射線障害防止法改正対応」 複合原子力科学研究所 技術室 牧 大介	
技術発表(3)：15:45～16:15 司会：丸山 直矢 「最近の冷却系の工事について」 複合原子力科学研究所 技術室 荻野 晋也	
技術発表(4)：16:15～16:45 司会：吉永 尚生 「LabVIEW を使った実験装置の制御」 複合原子力科学研究所 技術室 奥村 良	
閉会挨拶：16:45～17:00 複合原子力科学研究所 技術室長 張 俣	
懇 親 会：17:30～	

4. 研修内容

今年度の特別公演は、当所で活躍されている 2 名の教員の方々にご講演頂いた。両者ともに当所原子炉施設の KUR を利用した研究テーマの講演となり、原子炉施設の運転及び安全管理を主業務として従事する我々技術職員にとっては、研究成果を実感できる大変有益な講演であった。

技術発表では、当所技術職員が所属している臨界装置部、放射線管理部、放射性廃棄物処理部、研究炉部、実験設備管理部から 1 名ずつ発表が行われ、各部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。

以下に本研修会の予稿を掲載する。

< 特別講演(1) >

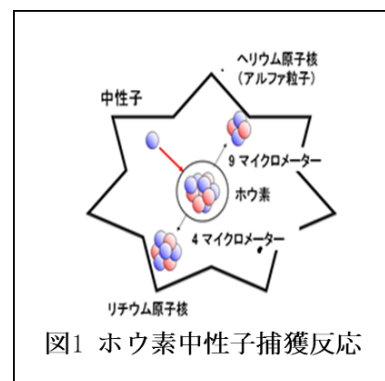
ホウ素中性子捕捉療法の現状と展望 ― 研究用中性子源の重要性 ―

京都大学複合原子力科学研究所
教授 鈴木 実

1. はじめに

ホウ素中性子捕捉療法（Boron neutron capture therapy, 以下 BNCT）は、ホウ素（B）の安定同位体である ^{10}B が、エネルギーの低い熱中性子を吸収して、直ちにヘリウム原子核（アルファ線）とリチウム原子核に分裂するホウ素中性子捕獲反応（図1）を医療に応用した放射線治療である。この反応で、発生する2つのヘリウム原子核とリチウム原子核が、ともに殺細胞効果の強い重粒子線であり、かつ、2つの重粒子線の飛程が、ともに10マイクロメートル以下と細胞1つより短いということが、BNCTの放射線治療として大変ユニークな特長を付与している。

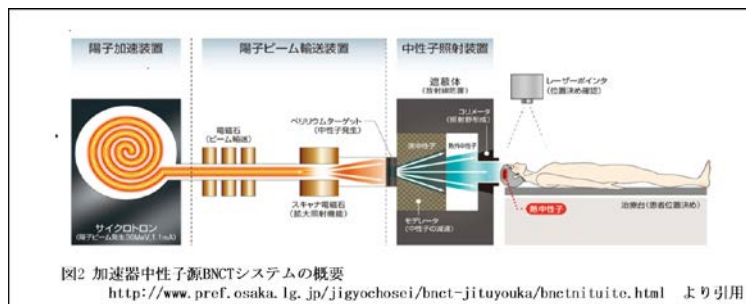
^{10}B を含むホウ素薬剤を、がん細胞に選択的に集積させ研究炉、加速器中性子源からの中性子をがんの部位に照射すると、がん細胞の場で、選択的にホウ素中性子捕獲反応が発生し、重粒子の2つの粒子によりがん細胞を破壊し、その重粒子線は隣接する正常細胞には到達しない。このがん細胞を細胞レベルで選択的に破壊する機序から、BNCTは「がん細胞選択的重粒子線治療」というユニークな特長を有している。



2. BNCT の現状

京都大学複合原子力科学研究所（以下、複合研）・研究炉である Kyoto University Research Reactor（以下 KUR）では、世界で最も多くの600例以上のBNCTを実施してきた。台湾、アルゼンチンでの研究用原子炉で、BNCTの実施は継続しているが、これまでBNCTを実施してきた研究炉は、国内のJRR4を含め、廃炉の方向であり、KURは世界で最もBNCTの症例を実施した研究炉であるという称号は、今後覆ることはない。

BNCTの現状認識として、現時点を含む2010–2020年は、BNCTの歴史において大きな転換期である。この10年間に、BNCTの臨床の場を、研究用原子炉を有する研究所から、加速器中性子源 BNCT 照射システムを導入した病院に移すための、加速器中性子源の開発、その開発機器を使用する種々の物理的試験、細胞、マウスを使用した非臨床試験、承認医療となるための治験が実施された。この治験の実施においては、BNCTのスタッフとして、技術室の職員の方々に参加いただき、照射体位保持のための治具の作成、診療放射線技師業務など、多くの協力があって、無事完遂できたものである。2020年には、大阪府高槻市の大阪医科大学のBNCT共同医療センター、福島県郡山市の南東北 BNCT 研究センターの2つの医療機関に設置された加速器中性子源 BNCT 照射システムの医療機器承認、ホウ素薬剤の承認が期待されている。加速器中性子源 BNCT 照射システムを図2に示す。



3. BNCT の展望

BNCTは「がん細胞選択的重粒子線治療」というユニークな特長により、他の放射線治療が対応できな

い悪性腫瘍への臨床研究を研究炉からの中性子を使用して実施されてきた。主として、初回の標準治療に放射線治療が含まれる悪性脳腫瘍、進行頭頸部がんの照射野内の局所再発腫瘍を対象としての臨床研究が中心であり、加速器中性子源 BNCT 照射システム、ホウ素薬剤の 2020 年に期待されている承認は、この 2 つの悪性腫瘍の BNCT に限局されるものである。

BNCT は、照射された中性子が体内で水素原子核に衝突を繰り返すため、体深部に治療に必要な中性子量が到達しない。そのため、現状のホウ素薬剤では、深部にある膵臓癌などの適応は困難である。今後、医療機関に導入された加速器中性子源 BNCT 照射システムにより、治療に必要な中性子量を照射可能である皮膚がんである悪性黒色腫、比較的浅い部位にある骨軟部肉腫、局所再発乳がん、中性子の減弱が小さい肺に多発する肺転移腫瘍などへの臨床研究が実施されることが期待される。多くの疾患に対する BNCT の効果が確認されることが、今後の BNCT の医療機関への普及に重要である。

4. 研究用中性子源の重要性

BNCT は米国生まれ、日本育ちと称されることがある。世界初の BNCT は米国の研究炉で実施され、その後、いくつかの臨床研究は日本、欧米の研究炉で継続されたが、継続的に BNCT の臨床研究が実施されてきた研究炉は、日本の複合研の KUR のみである。米国で失敗し、複合研での BNCT 臨床研究が、現在まで継続して可能であった理由は、大学の研究所として、共同利用を業務とする BNCT を研究する複数の研究分野が継続的に存在し、共同利用に必要な中性子の安定供給にあたる技術室の方々の協力が常に得られてきたことによる。

今後は、BNCT の臨床研究の場は、医療機関に移ることになる。医療機関でより多くのがん患者に BNCT が届けられるようになり、多くの研究者、企業が BNCT に関心を持つことが期待される。実際、この数年、BNCT 関連の共同利用申請件数は増加しており、研究用中性子源をアカデミアの立場で供給する複合研の重要性は、より大きくなることは確実である。

< 特別講演(2) >

京大炉を用いた中性子放射化分析 ―宇宙地球化学分析への応用―

京都大学複合原子力科学研究所

助教 関本 俊

ハロゲン元素は、地殻岩石やマントル物質など、地球化学分野において興味深い試料中で、重要な情報となることが知られている。それは、ハロゲンが元素間で揮発性が大きく異なることから、上記の試料中における、その含有量や相対的な存在度（一つのハロゲンに対する他のハロゲンの存在度）を知ることが、試料そのものの生成過程やその後の変成、つまりそれらの地上への堆積や熔融、沈み込みなどの地球化学的な現象を議論する上で役に立つからである¹⁾。しかし、地殻岩石やマントル捕獲岩などの地球の物質中の、その存在度に関する正確な値はあまり報告されていない。このことは、産業技術総合研究所の地質調査総合センターが発行する標準岩石試料の標準値一覧データベースを見ても明らかである⁵⁾。ほとんどの火成岩、堆積岩試料において、ハロゲンの認証値はほとんど無く、いくつかの参考値が与えられているだけで、値の記載が無いものもある。これは、上記のような固体試料中の微量ハロゲン元素の定量分析が困難であることに起因する。通常、岩石試料中の微量ハロゲンの定量分析には、誘導結合プラズマ質量分析法(Inductively coupled plasma mass spectrometry, ICPMS)や中性子放射化分析法(Neutron activation analysis, NAA)が用いられてきた。ICPMSの場合、臭素やヨウ素は、pyrohydrolysis法により試料からそれらの元素を抽出することにより定量可能であるが、フッ素、塩素の定量は不可能である。一方NAAでは、原理的に4つのハロゲン元素の定量分析が可能であり、特に塩素、臭素、ヨウ素は、放射化学的な手法（中性子照射後の試料における各元素の化学分離）を伴ったNAA(Radiochemical NAA, RNAA)により、ルーチン的に定量可能である²⁾。しかしフッ素は、中性子を捕獲した核種である²⁰Fの半減期が11秒と非常に短いため、RNAAでの定量は実質的には不可能である。尚、フッ素は、短寿命核種の分析に特化したNAAか、放射化学的な手法を伴った光量子放射化分析を用いると、定量可能である³⁾。

近年、講演者らは、従来のRNAAを改良し、それを用いて堆積岩標準試料中の微量ハロゲン元素（塩素、臭素、ヨウ素）を精密に定量した。得られた堆積岩標準試料中の臭素、ヨウ素の定量値と、現在、一般的な元素分析法として汎用的に用いられるICPMSにより得られた定量値を比較すると、後者が系統的に低くなる傾向が示され、ICPMSの際の試料の前処理の段階で、臭素、ヨウ素が定量的に回収されていない可能性を示唆した⁴⁾。本発表では、まず今回改良を行ったRNAAの詳細について紹介する。また米国地質調査所が発行する標準物質17試料におけるRNAAによる微量ハロゲンの分析値と、同様の試料に関して、これまでに報告されている文献値とを比較した結果を説明する⁵⁾。

参考文献

- 1) M. A. Kendrick et al., *Earth Planet. Sci. Lett.*, **365**, 86-96 (2013)
- 2) H. Ozaki and M. Ebihara, *Anal. Chim. Acta*, **583**, 384-391 (2007)
- 3) T. Nakamoto et al., *Anal. Sci.*, **23**, 1113-1119 (2007)
- 4) S. Sekimoto and M. Ebihara, *Anal. Chem.*, **85**, 6336-6341 (2013)
- 5) S. Sekimoto and M. Ebihara, *Geostand. Geoanal. Res.*, **41**, 213-219 (2017)

<技術発表(1)>

C 架台炉心温度計用熱電対の破損と交換

京都大学複合原子力科学研究所
技術室 竹下 智義

1. 熱電対破損

2019 年 4 月 23 日、京都大学臨界実験装置（Kyoto University Critical Assembly、以下「KUCA」と呼ぶ。）C 架台（軽水減速炉心用）の起動前点検途中に制御卓で「CORE TEMP「HIGH」」警報が発報し、調査した結果、C 架台炉心タンク側面に据付けられている炉心温度計 CH6^{※1}用の熱電対^{※2}が破損していた。

（※1：KUCA は A、B 及び C の 3 つの架台を有し、A 及び B の両架台は固体減速炉心用で、各架台の炉心近傍にはそれぞれ 2 本の熱電対が設置され、A、B、C の順に炉心温度計 CH1～6 としている。法令上、炉心温度は運転中連続して記録される必要があるが、CH1、3、5 が正の温度計、CH2、4、6 は予備と見做している。）

（※2：種類は T（構成材量はプラス極が銅、マイナス極が銅及びニッケルを主とした合金（コンスタンタン）で、測定範囲は -200°C ～ $+350^{\circ}\text{C}$ 程度とされている。）である。）

破損の原因として、

- ①経年劣化（KUCA 設置時（1973 年頃）からずっと使い続けてきたと思われる）
- ②コネクタ部の自重による負荷の蓄積（熱電対は直径 1.6mm の細いもの）
- ③年 1 回の炉心タンクからの取外し（水の氷点・沸点での比較校正）時の負荷の蓄積
- ④当該熱電対が長く（約 2m）通路にはみ出しており、人が通過する際触れて負荷を与えていた可能性が考えられた。

2. 交換

破損した時期は施設定期検査期間中^{※3}で、施設定期検査の受検予定日から逆算して諸々のスケジュールがほとんど余裕無く組まれていたこともあり、早急な交換が必要であった。

（※3：施設定期検査とは、原子炉施設を設置する者が定められた時期ごと（KUCA では 13 か月以内）に受けなければならない原子力規制委員会が行う検査で、原子炉施設のうち重要度が高い設備について立会い又は記録確認により実施される。施設定期検査期間とは、利用運転期間以外の施設定期検査を受けるための期間を指し、事業者が行う施設定期自主検査が実施される期間を含む。KUCA では 2019 年は 2 月 25 日（KUCA 利用運転終了日の次の仕事日）から 5 月 21 日（KUCA 施設定期検査合格証交付日）までであった。）

手元にあった熱電対で代用を試みるなどしてみたが、結局同じようなサイズの熱電対を購入し 4 月 26 日に交換した。交換した熱電対を炉心タンクへ据付ける前に、熱電対の応答が正しいことを、比較校正（氷水と沸騰水に熱電対を浸し、その時の熱電対に繋がれた温度記録計の読み値と校正証明書付き水銀棒状温度計の読み値を比較し、判定基準（KUCA では $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ 以内としている）を満たすかどうかを確認することとしている。）により確認した。

3. 交換後の対応

据付け後、5 月 7 日に炉心タンクに交換した熱電対が完全に浸るまで給水し、1 時間経過後に据付け部からの水漏れがないことを確認した。

交換後、保守報告書以外に不適合報告書、是正処置報告書を提出した。
本発表は上記詳細について説明するものである。

<技術発表(2)>

最近の放射線障害防止法改正対応

京都大学複合原子力科学研究所
技術室 牧 大介

先の大戦の後、海外からの放射性同位元素の輸入が始まり、原子力の発展とともに放射性同位元素の利用が進展しはじめた。このため法律による規制が必要となり、昭和 32 年 6 月 10 日に『放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（放射線障害防止法）、昭和 32 年法律第 167 号』が公布され、翌年 4 月 1 日に施行された。

この法律は本年 9 月 1 日に『放射性同位元素等の規制に関する法律（放射性同位元素等規制法）』へ名称が変わった。法律および命令は、その規制内容と実際の RI 取扱施設の実態との乖離、RI 取扱技術の進展及び社会的要請に応じて随時改正される。さらに、国際約束を国内に取り入れる場合にも行う。

今回の法令改正の内容は極めて重大であり、全国の RI 取扱事業所はその対応に追われた（今でも追われているかもしれないが・・・）。大事な変更点として、①報告義務の強化、②廃棄に関する特例、③危険時の措置の強化、④教育訓練の内容変更、⑤特定放射性同位元素防護、である。当所は特定許可使用者であり、特定放射性同位元素を保有するため、すべての変更項目に対応する必要がある、これらの法改正内容に合わせて、放射線障害予防規程を改正（今年 4 月 1 日実施）し、特定放射性同位元素防護規程を制定（先月 1 日）した。ここ数年の放射線取扱主任者業務は、これらの改正準備のために費やした。技術発表当日には、上記の内容に関して、どのような対応をしたのかを報告する。

なお、来年 4 月に再度の法令改正が行われると聞いている。これは、水晶体の等価線量限度が引き下げられることに伴うもののようである。技術報告では、この話もしたいと考えている。

<技術発表(3)>

最近の冷却系の工事について

京都大学複合原子力科学研究所
技術室 荻野 普也

1. はじめに

KURは昭和37年（1962年）に設置され、昭和43年（1968年）に5MW出力上昇の工事が行われた。原子炉冷却設備については、それ以来ずっと使用を続けている設備もあれば、更新された設備もある。どちらの設備であっても定期的な点検は欠かせず、設備によって定められた期間において点検を行っている。今回の発表では今年度に行った熱交換器と冷却塔に関する工事について発表する。

2. 熱交換器の分解点検

KURの炉心で発生した熱は、燃料から1次冷却水（純水を使用）に伝達され、3基の熱交換器を通して1次冷却水から2次冷却水（一般の水道水を使用）に伝達され、屋外にある冷却塔から大気中に放出される。熱交換器はステンレス鋼製であり、ステンレス鋼は腐食には強いイメージがあるが、腐食が発生しないわけではない。熱交換器で腐食が発生した場合は漏水が発生したり、熱交換器内部の伝熱管に穴が開いてしまった場合は1次冷却水と2次冷却水が混ざり合う可能性がある。このため、熱交換器は定期的に分解点検を行い、内部の確認を行っている。熱交換器No.1について、フランジ部分には腐食はなかったが、内部の部品を押さえる金具に腐食が見られた。この腐食は有意なものではなかったが、可能な限り修復するため、溶接による補修を行った。また、熱交換器No.3について、ピープホール（覗き窓）のフランジ部分に腐食（図.1）が見られたため、溶接補修と部品交換を行った。

内部の伝熱管については、非破壊検査である渦流探傷検査（図.2）を行った。渦流探傷検査とは交流電流を流しているコイルを伝熱管に挿入し、伝熱管に傷や凹みがないか確認する検査である。傷や凹みがある場合、交流電流で発生した磁束に変化が生じ、交流電流に変化が現れる。この変化を観測し、傷や凹みの大きさと深さを測定し、異常かどうかを判断する。今回、熱交換器No.1についてこの検査を行ったところ、傷や凹みはあったが有意な異常ではなかった。

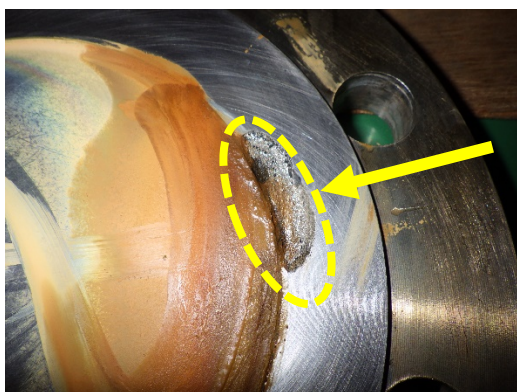


図.1 フランジに発生した腐食



図.2 渦流探傷検査作業風景

3. 冷却塔モーターファンの点検整備

冷却塔は5MW出力上昇工事のときに設置されたものを使用している。冷却塔にはファンが設置されており、2次冷却水はファンの送風により冷却される。このファンと、これを動かすモーターはそれぞれ昭和55年（1980年）と平成2年（1990年）に更新がなされている。このモーターは既に製造中止となっていることから、モーターの更新はできないため、分解整備を行った。モーターの動力を伝える減速機については、ほぼ全ての部品を交換した。ファンの羽根については補修し、元の綺麗な状態

に戻した。全ての整備が完了した後、冷却塔に取り付け試運転を行い、異常なく元の状態に復帰した。

4. 工事をしてきて感じたこと

冷却系担当として工事を行ってきて度々悩まされていることは、設備が古いということである。設備を構成する部品が廃盤となっていたり、メーカーの技術者が退職しているなどの問題が出てきている。また、古いからと言って直ぐに新しいものに取り換えることはできない。そこには規制庁による承認という壁があり、これのために設備の更新には大きな労力と費用と時間を必要とする。よって可能な限り整備を行って、良い状態を維持していく必要がある。

KUR の運転終了まで安全に運転できるよう、設備と向き合っていきたい。

<技術発表(4)>

LabVIEW を使った実験装置の制御

京都大学複合原子力科学研究所
技術室 奥村 良

1. LabVIEW とは

LabVIEW とは、日本ナショナルインスツルメンツ株式会社が販売している高度な計測 / テスト / 制御システムの開発に使用されているグラフィカルプログラミング環境です。アイコンとワイヤを使用するフローチャートに似た直感的なインターフェースが特徴です。多数のハードウェアデバイスとの統合が可能で、高度な解析やデータの可視化が行えるライブラリも数多く内蔵されており、その全てを使って VI を作成することができます。

LabVIEW の特長

- ・短時間でのプログラミングが可能である事 テキスト行ではなくドラッグアンドドロップ式のグラフィカル関数ブロックでプログラミングが可能。
- ・ハードウェアを LabVIEW と統合できる 内蔵のライブラリや多彩な計測機ドライバで、任意の計測機やセンサに接続が可能です。
- ・高度な解析及び信号処理
FFT 解析, カーブフィット等の工学に特化した多数の関数が利用可能。
- ・実行のハイライト内蔵のデバッグツールを使用し、コードを並列実行用に最適化する。

今までの開発例

- ・圧気輸送管(黒鉛)照射設備 (PLC)
- ・RI 排水-Pn 監視システム (PLC)
- ・Ge 検出器用サンプルチェンジャー1 (PLC - MCA)
- ・Ge 検出器用サンプルチェンジャー2 (PLC - MCA)
- ・Ge detector Compton Suppression System (ステッピングモータ)
- ・KURAMA (放射線検出器 - GPS - cRIO)
- ・B-1 監視・制御システム (PLC - cRIO)
- ・B-1 電源制御システム (Power supply)
- ・B-3 中性子回折装置自動測定システム (ゴニオメーター - 計測デバイス)
- ・E-2 ラジオグラフィー試料自動回転撮影システム (ステッピングモータ - CCD カメラ)

KURAMA の現状

GPS 連動型放射線計測システム(KURAMA)は 2011 年の東日本大震災による原子力災害をきっかけに開発された放射線マッピングツールである。KURAMA は LabVIEW をベースに開発しており、これまで何度もバージョンアップを繰り返して様々なシチュエーションに対応してきた。本発表では KURAMA を用いた 様々な取り組みの現状についても紹介する。

5. まとめ

実験設備管理部では実験装置の新規製作や改良を行っており、その製作にあたって放射線、電気、機械、計測・制御の知識が必要とされる。本来であればすべてにおいて深い知識・技術を習得し、それぞれのエキスパートになることが望ましいが現状では難しく、限られた人数で装置を完成させるには深い専門性よりも幅広い知識が要求される。そういう状況において LabVIEW は計測・制御分野において最

適なツールであり、現状でも LabVIEW のスペックで不足するような状況には至っていない。また、計測・制御機器メーカーとしても LabVIEW が標準化してきており製品を購入すると専用の VI (Virtual Instruments, LabVIEW で使用する関数) が付属されていることが多くゼロからプログラミングを作成することがなくなっている。今後も更なる普及を期待したい。

<見学会>

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。

本年度2日目の研修として、近畿大学原子力研究所の見学を行う。近畿大学の原子炉施設は、発電を目的とする実用炉とは違い、当所と同じく研究・教育を目的とする試験研究炉である。他施設の試験研究炉を見学することにより、広い知見を得ることにより、実務に役立てることを目的とする。

2. 受講者名簿

	所属	氏名	所属専門技術群
1	複合原子力科学研究所技術室	張 俟	第5 専門技術群
2	複合原子力科学研究所技術室	大野 和臣	第5 専門技術群
3	複合原子力科学研究所技術室	奥村 良	第5 専門技術群
4	複合原子力科学研究所技術室	竹下 智義	第5 専門技術群
5	複合原子力科学研究所技術室	藤原 靖幸	第5 専門技術群
6	複合原子力科学研究所技術室	栗原 孝太	第5 専門技術群
7	複合原子力科学研究所技術室	吉永 尚生	第5 専門技術群
8	複合原子力科学研究所技術室	長谷川 圭	第5 専門技術群
9	複合原子力科学研究所技術室	山田 辰矢	第5 専門技術群
10	複合原子力科学研究所技術室	田中 良明	第5 専門技術群
11	複合原子力科学研究所技術室	丸山 直矢	第5 専門技術群
12	複合原子力科学研究所技術室	金山 雅哉	第5 専門技術群
13	複合原子力科学研究所技術室	井本 明花	第5 専門技術群
14	複合原子力科学研究所技術室	三宅 智大	第5 専門技術群
15	複合原子力科学研究所技術室	中森 輝	第5 専門技術群
16	複合原子力科学研究所技術室	飯沼 勇人	第5 専門技術群
17	複合原子力科学研究所技術室	荻野 晋也	第5 専門技術群
18	複合原子力科学研究所技術室	小林 徳香	第5 専門技術群
19	複合原子力科学研究所技術室	阿部 尚也	第5 専門技術群
20	複合原子力科学研究所技術室	富永 悠太	第5 専門技術群
21	複合原子力科学研究所技術室	白鳥 篤樹	第5 専門技術群
22	複合原子力科学研究所技術室	山本 弘志	第5 専門技術群
23	複合原子力科学研究所技術室	南 馨	第5 専門技術群

3. プログラム

開催日時：令和年 10 月 18 日（金）10：00～16：30

開催場所：近畿大学原子力研究所

プログラム

時 間	内 容
10:00	京都大学複合原子力科学研究所守衛棟前 集合
10:15～13:00	京都大学複合原子力科学研究所 出発 バスにて移動 研究所前－泉佐野北 IC（阪神高速）－東大阪南 IC－近畿大学 近畿大学周辺にて昼食（11:50～12:50） 12:50 近畿大学原子力研究所前集合
13:00～15:00	近畿大学原子力研究所 （大阪府東大阪市小若江 3-4-1） 施設説明、見学（2 時間）
15:10	近畿大学原子力研究所 出発
16:30	京都大学複合原子力科学研究所 着

4. 研修内容

今年度の見学研修会は、近畿大学原子力研究所を見学した。近畿大学原子力研究所は、昭和 35 年 4 月、原子力に関する研究・教育を目的とする 全学共同利用研究所として設立され、近畿大学原子炉（UTR-KINKI）は、同年 8 月に設置が認可され、昭和 36 年 11 月 11 日に臨界に到達し（熱出力 0.1W）、我が国 最初の民間原子炉・大学原子炉として運転を開始された。当所の原子炉施設とは構造が異なるため、運転や日々の安全管理にも違いがあり、情報共有活発で有意義な見学となった。

また、個人的は、日ごろ関係する個人被ばく線量計の取り扱いについて、細部にわたって徹底されており感心した。業務を見直し、他の技術職員に周知徹底するいい機会となった。

5. 見学会写真



< 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 白鳥 篤樹

10/17、18 に開催された京都大学総合技術部第5 専門技術群研修会及び京都大学複合原子力科学研究所原子炉・放射線技術研修会へ参加した。1 日目は複合研事務棟会議室での特別講演2 件と技術発表4 件、2 日目は近畿大学原子力研究所の原子炉の見学であった。

特別講演1 件目は BNCT について、その仕組み、沿革、現状、将来などを、KUR での臨床を中心にまとめたものであった。これまでの BNCT は脳や頭頸部、放射線治療を行えない患者を主な対象として行ってきたこと、体深部の癌への適応の難しさ、BNCT 用の新薬の申請、加速器を用いた病院主導の臨床や治療への移行などの話を聞いた。体深部の治療には飲み込む胃カメラのような飲む中性子源やターゲットのカプセルでも作ればいいのかと思った。

特別講演2 件目は中性子放射化分析についてであった。岩石の分析に有用なハロゲン元素の精密な測定のために放射化前後に化学的な処理を行っていること、ハヤブサやハヤブサ2 が採取したサンプルの分析を行っていたことなどを聞いた。

技術発表では、KUCA 熱電対破損について、放射線障害防止法について、KUR 冷却系について、LabVIEW 制御の装置についての4 件の話を聞いた。KUCA 熱電対破損の要因の一つに点検中の熱電対コードとの接触が繰り返されたことが上げられた。私も KUR 巡視点検時に装置類への不用意な接触をしていないかなど注意をしようと思った。放射線障害防止法改正についての話は、今年度に入所しこれから法令や規則などを勉強する私にとってはとても有意義な内容であった。改正前後の違いについてしっかり意識しながら勉強せねばならないと思った。KUR 冷却系については、熱交換器の分解点検の話が興味深かった。ステンレスが大きく腐食するのは放射線影響下であることも関係しているのだろうかと思った。装置の制御の話では、多くの実験設備が LabVIEW 制御になっていることを知った。また、KURAMA、福島の実状とこれからについても興味深かった。

近畿大学原子力研究所原子炉見学では初めての民間の研究炉であることや、冷却系が存在しないこと、東京での博覧会で運転をしていたことなどの話を聞いた。また、炉室の地震計として炉設置当時の機械式のものも現役で使用されていることに驚いた。

今回の研修では、普段の KUR 運転や Pn を使った照射でどのような研究が行われているのかを少し知ることができ、また、他の研究炉との対照により、自身の職務について再認識することができた。

研修会感想（2）

京都大学複合原子力科学研究所
技術室 山田 辰矢

10 月 17 日と 18 日に令和元年度京都大学総合技術部第 19 回第 5 専門群（核・放射線 系）専門研修会・京都大学複合原子力科学研究所第 28 回原子炉・放射線技術研究会及び見学会が行われ、参加しました。

研修会の特別講演では、鈴木先生からは BNCT での治験の患者さんの患部が治っていく様子を紹介して頂き、関本先生からは放射化分析などを使った研究成果を講演して頂きました。

普段、私たちが淡々と当たり前のように行っている安全管理業務があるからこそその成果であることを改めて感じることができました。

技術職員の発表ではトラブル対応や RI 規制対応、自動化装置の開発など他の技術職員もそれぞれ自分の職務を頑張っていると感じ刺激を受けました。

近大炉見学では、規模は違うが、東大阪にも京大炉と同じような装置が置かれ、京大炉と同じように管理が行われていることが分かりうれしく感じました。また、京大炉以外の放射線管理区域には入ったのは、10年以上前に RI 協会の放射線取扱主任者 1 種の講習以来だったので、新鮮でした。

今回の研修では、何か新しいことを得たというよりも、普段忘れていた大事なものを再認識する機会になった研修でした。

研修会感想（3）

京都大学複合原子力科学研究所
技術室 中森 輝

・講演、技術発表について

BNCT については現場近くにいながら詳しい内容や現状について先生方から聞く機会があまり無かったためとても参考になった。見学案内のポスター等には BNCT の利点が主に説明されているが、BNCT といえど万能のがん治療法ではなく、がんの体内での位置や種類によって得意不得意があることが写真からも説明され興味深かった。また、複数の症例について治療前後でがんが小さくなっている様子が写真により示されたが、こういうものを見ると自分達の行っている業務が人の役に立っているということが改めて実感できて良い。現在は研究上の理由から他の治療法であまり効果の無かった患者さんに絞って BNCT を行う事が多いとの事だったが、早くもっと一般的になって治療法の最初の選択肢として BNCT を選べるような状況になることを願う。

KUCA の C 架台炉心部温度計の故障については自分の担当と同じ計装系の話ということで特に興味深かったが、これと同じ事が設工認申請に記載のある計器で起こった場合などは直に交換することも出来ず、しばらく原子炉の運転を止めざるを得ないと思われる。現状把握と計画的な保守・予防保全の大切さを改めて認識した。

LabVIEW の使用例の話では実験設備の自動化によって現場に人がいる必要性がなくなってきたという話であった。KUR の夜間運転をしていると炉室に誰も人がおらず、誰も使っていない原子炉を無駄に稼働させているのではないかと思う時が偶にあったが、人がいなくてもちゃんと実験は続いているという事が聞けて良かった。また、KURAMA についての続報を聞くことが出来、以前聞いた時よりも更に大規模な話になっているので驚いた。福島の新等除染についてもあまり聞いた事のない具体的な話を聞くことが出来興味深かった。新等の除染後、表層の土を混ぜ返す事で除染のむらを均一化することが出来るとの事であったが、それでは表面に残った線源を埋めただけなのではないかという疑問が残った。新等で育てる野菜によって混ぜ返す土の深さ等が違うとの事だったので恐らくちゃんと考えられているのだと思うが、当日の質疑応答の際に聞けばよかったと後悔している。

・近畿大学原子力研究所の見学について

2009 年以来 10 年振りの見学となった。前回は遮へい体で載っていて見られなかった炉心を見ることが出来、直接電離箱や実験用計測器、スクラム用バネについて確認できたのが良かった。原子炉設置時の総長の話などについても聞くことが出来、また配布資料の中でも経緯が書かれており興味深かった。後から気付いた事だが、制御卓に掲げられている設備名が 10 年前の「UTR-KINKI CONTROL CONSOLE」から「UTR-KINDAI CONTROL CONSOLE」になっていた。大学の英名が「KINKI UNIVERSITY」から「KINDAI UNIVERSITY」に変わったとの事なのでその影響かとも思ったが、炉室内の表示やパンフレット、公式 HP によると近畿大学原子炉の英名は現在も「UTR-KINKI」のようなので、何故制御卓だけ「UTR-KINDAI」に変更されたのか気になる。

＜まとめ＞

今年度の研修会も世話人会メンバーの協力もあって、トラブルもなく無事に本研修会を終えることができ安心している。昨年度の懸念事項であった特別講演・技術発表会の出席者が、今年度も当所技術室の技術職員のみでした。特別講演内容も「がん治療」及び「宇宙」に関する講演テーマとし、他の所属の方々も興味をもってもらえるように努めたが、残念な結果となってしまった。

また、研修会を開催するにあたり、申請等の手続きを開始するのが遅くなり、研修会のアナウンスから開催までの期間が短くなってしまい反省している。スケジュール管理を徹底し、来年度は早め早めの行動を心掛ける。

＜謝辞＞

近畿大学原子力研究所を見学するにあたり、お忙しい時期にご対応頂いた近畿大学准教授 佐野忠史先生に心よりお礼申し上げます。佐野先生は、2019 年 3 月まで当所助教として、我々技術職員と一緒に京大原子炉施設の運転・安全管理にも携わってこられた同士でもあります。研修会に参加した全技術職員が面識のある先生ですので、和気あいあいとした楽しい雰囲気の見学会となりました。

令和元年度 第5 専門技術群専門研修世話人会
張 俊、吉野 泰史、大野 和臣、栗原 孝太