

平成 30 年度第 5 専門技術群（核・放射線系）専門研修会報告

複合原子力科学研究所
栗原 孝太

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

3. プログラム

開催日時：平成30年10月31日（水）9：50～17：15

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：9:30～9:50	
開会挨拶：9:50～10:00 複合原子力科学研究所 所長 川端 祐司	
特別講演(1)：10:00～11:00 原子炉施設の耐震安全性－地震の不確かさと規制要求－ 複合原子力科学研究所 安全管理副本部長 特任教授 釜江 克宏	司会：藤原 靖幸
特別講演(2)：11:00～12:00 「量子ビーム実験と構造モデリングによる機能性非晶質材料の構造研究」 複合原子力科学研究所 粒子線 助教 小野寺 陽平	司会：奥村 良
昼食：12:00～13:00	
特別講演(3)：13:15～14:15 「原子力施設等に係る検査制度の見直しへの対応状況について」 複合原子力科学研究所 研究炉部長 准教授 堀 順一	司会：吉野 泰史
休憩：14:15～14:30	
技術発表(1)：14:30～15:00 「野外ダストの移設」	司会：栗原 孝太
	複合原子力科学研究所 技術室 藤原 慶子
技術発表(2)：15:00～15:30 「第二固形廃棄物倉庫新設工事」	司会：張 儉
	複合原子力科学研究所 技術室 猪野 雄太
技術発表(3)：15:30～16:00 「電子線型加速器施設の現状と老朽化トラブル」	司会：吉永 尚生
	複合原子力科学研究所 技術室 阿部 尚也
技術発表(4)：16:00～16:30 「新規制と研究炉の安全管理」	司会：長谷川 圭
	複合原子力科学研究所 技術室 大野 和臣
技術発表(5)：16:30～17:00 「KUCA 水位制御装置更新の品証活動」	司会：竹下 智義
	複合原子力科学研究所 技術室 小林 徳香
閉会挨拶：17:00～17:15 複合原子力科学研究所 技術室長 南 馨	
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3名の教員の方々にご講演頂いた。特別講演（1）、（3）では、原子炉施設の安全及び制度に関する内容で、当該施設で従事する技術職員にとっては、大変重要で日々の業務に有益な講演であった。また、特別講演（2）では、最新の研究内容の聴講することができ、質疑応答も活発に行われ刺激的な講演であった。

技術発表では、当所技術職員が所属している放射線管理部、放射性廃棄物処理部、実験設備管理部、研究炉部、臨界装置部から1名ずつ発表が行われ、各部の状況を全技術職員で共有することができた発表であった。

以降に本研修会の予稿を掲載する。

<特別講演(1)>

原子炉施設の耐震安全性－地震の不確かさと規制要求－

京都大学複合原子力科学研究所
特任教授 釜江克宏

1. はじめに

2011年3月11日、東北地方太平洋沖を震源とする超巨大地震(Mw9.0)が発生した。この地震では巨大津波によって東京電力福島第一原子力発電所において、外部電源、非常用電源などの喪失によって原子炉の冷却機能が失われ、最終的には炉心溶融、水素爆発を招き、放射性物質の漏洩・逸散によって甚大且つ最悪な原子力災害が引き起こされてしまった。

その後、原子力発電所をはじめとする原子力関連施設の安全規制の枠組みが大きく変化した。平成24年9月19日に原子力規制委員会が発足し、その事務局を担う原子力規制庁ができた。また、今回の原発事故を反省し、世界で最も厳しいとされる新規制基準が策定され、平成25年7月18日に原子力発電所の基準が施行され、少し遅れた平成25年12月18日に核燃料施設等（試験研究炉もこの中に含まれる）の基準が施行された。当研究所でも研究用原子炉（KUR）や臨界実験装置（KUCA）に対して新規制基準に従った原子炉設置変更承認申請書を提出し、新規制基準への適合確認審査が行われた。約3年間の種々の審査や工事を経て、昨年の6月（KUCA）、8月（KUR）に両原子炉とも再稼働を果たした。

今回の新規制基準では福島事故を受け、外部事象（特に地震・津波）に対する規制要求が厳しく、特に出力がやや高く（出力5MW）、中出力炉のクラスに入るKURでは、地震に関しては原発とほぼ同様の性能が求められた。ここでは、KURの耐震性能に対する規制要求やその評価結果などを紹介する。地震も含めた自然現象には不確かさが多く含まれ、実務における予測問題への対応には苦慮した。

2. 耐震安全性評価のための基準地震動 S_s の要求

原子炉施設の耐震安全性は、その重要度による3段階（S、B、C）の要求性能に基づき確保される。最も重要度の高いSクラス（原発で言えば原子炉容器や格納容器など）に対しては、敷地ごとに決められる基準地震動 S_s に対して、その安全性評価や設計が行われる。KURについても事故時の影響評価に基づき、炉心冠水維持に必要な施設や設備がSクラスとなった。まず、この基準地震動 S_s の評価のためには検討用地震の抽出が必要である。研究所が立地する大阪平野では発生確率の高い南海トラフの巨大地震に加え、周辺や直下には地震発生源である活断層（中央構造線断層帯、生駒断層帯、六甲淡路断層帯、大阪湾断層帯、上町断層など）が存在するなど、日本の中でも地震危険度が非常に高い。そういった環境の中で、研究炉と言えど、その審査に合格することは高いハードルであった。

3. 地震及び地震動評価における不確かさと規制要求

2. に示したように、研究所における基準地震動 S_s の策定には多くの検討用地震が対象となり、まずその活断層等から発生する地震の規模評価が重要となる。事前に得られる情報は活断層長さや地下の地震発生層の厚さぐらいで、地震の規模を決めるための震源断層面を評価する上では、震源断層の上端や下端の深さ、傾斜角、震源断層の微視的なパラメータに加え、複数の活断層の連動など、地質学的な過去の情報からしか得られない活断層情報に基づき将来の活動を予測することは不可能に近い。工学的判断としては対象施設の重要性（危険性）によって判断せざるを得ない。現状の審査では、より保守的な方向で判断されている。特に、活断層か否かについては、完全、完璧な証拠がない限り、黒（活断層）となる。原発敷地内に存在する断層が活断層か否かの論争に多くの時間を割いている現状からもよくわかる（活断層が重要構造物の直下であれば廃炉）。ただ、研究所が立地する大阪平野は大都市・大阪が存在することもあり、前述の活断層については、調査データが豊富にあり、議論の余地が少なかったことはただ1点有利なことであった。

地震の想定が終わると、次にその地震が発生した時に地震動を予測する必要がある。この結果から基準地震動が決まる。強震動（強い地震動を強震動と言う）の予測については阪神淡路大震災（1995

年1月17日）以後、その方法論が精力的に研究され、ほぼ実用の域にある。地震本部（文科省の地震調査研究推進本部：地震に関する研究や観測を国として一元化するために設置された）によって、「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（レシピ）」として震源のモデル化から、強震動評価、最後にその検証といった一連の枠組みが提案されており、原則的にはその方法が使われることが多い。中でも震源のモデル化には多くの不確かさが存在する。その不確かさには偶然的不確実性や認識論不確実性があり、予測に必要なパラメータにはこれらの不確実性が存在する。これらの不確実性の取扱も審査のポイントとなり、結果的には保守的に基準地震動を評価せざるを得ない。

こうした KUR の審査会合を研究炉の先陣をきって対応してきた結果、最近では原発とのリスクの違いに配慮するグレーデッドアプローチ（GA）と言う概念が適用されだした。残念ながらここで紹介した基準地震動に対する GA については手がつけられていないが、他の外部事象である竜巻、津波、火山、外部火災などでは原発用のガイドラインとは少し違ったアプローチが認められている。いくつかの GA の適用は残念ながら我々の審査が合格した後の出来事である。

4. おわりに

福島事故を受けてできた新規規制基準、シビアアクシデント対応も含め原発の安全性向上のためにできたものであるが、研究炉に対しては規制要求のすべてが独自（研究炉固有）なものではなく、原子炉の安全性を確保すると言う観点からはややバランスに欠けると感じながらの審査対応だった。約3年間も停止し、利用者（研究者、学生さんに加え、BNCT（中性子を使った医療）の患者さん等）への思いもあって、再稼働を優先した結果である。

新規規制基準の策定にも関わり、また地震動関係の研究を行ってきたものとして、今後の安全規制について、安心・安全を最優先にしながらも、科学的な根拠を背景とした透明性ある方向に進むことを祈念したいと思います。

< 特別講演 (2) >

量子ビーム実験と構造モデリングによる
機能性非晶質材料の構造研究

京都大学複合原子力科学研究所 粒子線基礎物性研究部門
小野寺 陽平

ガラス、液体、アモルファスといった非晶質材料は我々の身のまわりに数多く存在し、とくにガラス材料は窓ガラス、ガラス瓶、光学ガラス、スマートフォンのカバーガラスと多岐の用途に渡って使用されている。代表的なガラス材料である酸化ガラスは、一般的に単独でガラスを形成するネットワーク形成物質 (SiO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 など) と単独でガラスを形成しないネットワーク修飾物質 (Li_2O , Na_2O , MgO , ZnO など) を原料とし、それらの混合物を高温で熔融し急冷することで得られ、構成元素によって様々な機能を発現する。ゆえに、ガラス構造を構成する各元素の機能発現に資する役割を明らかにすることで新規材料のより効率的な設計・開発が可能になると考えられるが、ガラスをはじめとした非晶質材料の原子配列には結晶材料のような長周期的な構造秩序が存在せず、また実験から得られる構造情報が少ないことから、非晶質材料の構造と物性の相関を明らかにすることはこれまで極めて困難であった。しかし、近年、J-PARC や SPring-8 といった大型量子ビーム実験施設の建設によって高強度・高エネルギーの中性子や放射光 X 線を利用した実験および解析技術が飛躍的に発展し、さらに、計算機性能の著しい向上に伴い多くの実験データを同時に再現する構造モデリングが可能となったことから、非晶質材料の構造と機能の相関を解明するための環境は着々と整ってきている。

リン酸塩ガラスは生体関連材料や光学材料としての用途があり、最近ではエントロピー弾性を示すガラスが作製される^[1]など様々な方面に応用が期待されている。リン酸塩ガラスの特徴的な材料特性はネットワーク形成物質である P_2O_5 に対して様々なネットワーク修飾物質を適切に添加することによって得られるが、その機能発現メカニズムとガラス構造との関係はいまだに解明されておらず、リン酸塩ガラスのネットワーク構造の理解はガラス科学における重要な研究テーマの一つであった。本講演では、低融点の光学ガラス材料として有望視されている 2 元系の亜鉛リン酸塩ガラス ($\text{ZnO-P}_2\text{O}_5$ ガラス) に注目し、その熱膨張係数の組成変化に現れる異常なふるまいの起源を明らかにするために、放射光 X 線および中性子回折、広域 X 線吸収微細構造 (Extended X-ray Absorption Fine Structure, EXAFS) といった量子ビーム実験と逆モンテカルロ (reverse Monte Carlo, RMC) 法による構造モデリング、そして固体 NMR を駆使して行った研究の成果^[2]について報告する。さらに、講演者が近年国内および海外の研究者と協力して推進している最先端の非晶質材料研究についても紹介する。

参考文献

- [1] S. Inaba *et al.*, *Nat. Mater.*, **14**, 312 (2015).
- [2] Y. Onodera *et al.*, *Nat. Commun.*, **8**, 15449 (2017).

< 特別講演 (3) >

原子力施設等に係る検査制度見直しへの対応状況について

京都大学複合原子力科学研究所 研究炉部長 堀 順一

1. 検査制度見直しの経緯

福島第一原子力発電所の教訓を踏まえて、平成 25 年に核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律が改正され、新規制基準の策定による安全確保の水準を高める対応がなされたが、検査制度について抜本的な見直しが図られていないことについて、原子力規制委員会に対して IAEA の総合規制評価サービス (IRRS) からの指摘があった。IRRS ミッション報告書の指摘を受けて、平成 28 年から検査制度見直しに関して原子力規制委員会の検討チームによる議論が始まり、平成 29 年 4 月 7 日に「原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律」が可決され、4 月 14 日に公布された。

法改正の主な内容は、原子炉等に係る規制関係と放射性同位元素等に係る規制関係に大別される。原子炉等に係る規制関係については、廃炉に対応する規制整備を公布日から 1 年 6 か月以内、原子力事業者等に対する検査制度の見直し、原子力施設の設計及び工事から使用までの一貫した品質管理の要求等については公布日から 3 年以内に施行することを定めており、新検査制度は 2020 年 4 月 1 日から施行される。施行に向けて、原子力規制委員会と事業者の間では検討チーム、WG を通じて公開の場で検討が進められており、2018 年 10 月からは試運用が開始した。試運用は 3 段階のフェーズで実施することになっており、フェーズ 1 は 2018 年度内に終了する。

本講演では検査制度見直しに向けた原子力規制委員会での検討の経緯について概要を説明する。

2. 法改正に伴う検査制度の変更点

現行の原子力施設の検査では、様々な対象毎に細切れで実施し、その結果の適否を指摘するに留まっていた。今回の検査制度の見直しでは、事業者の安全確保に関する活動すべてに検査の網をかけ、懸念事項を重点的に確認する等、メリハリのある検査とし、一層の安全性向上を目指すものである。具体的には、事業者が原子力施設の基準適合性を維持し、その状況を自ら検査する義務を課した上で、原子力規制委員会が事業者の保安活動全般を常時チェックできる仕組みにするとのことである。大きな変更点としては、現行の原子力規制委員会による検査（原子炉施設定期検査、使用前検査）がなくなり、定期事業者検査、使用前事業者検査を事業者が主体的に行うことになる。一方、年に 4 回の頻度で行っていた保安検査はなくなり、保安規定の遵守状況の監視を含めて、保安活動全体に対して原子力規制委員会による検査（原子力規制検査）が実施され、事業者はフリーアクセスを基本として原子力規制委員会の監視・評価を受けることになる。

3. 検査制度見直しへの事業者の対応状況

検査制度見直しに対応するために、研究所内では「検査制度改正対応 WG」を立ち上げて継続的な検討を行ってきた。主に CAP 活動の在り方、検査制度の独立性確保のための体制、フリーアクセスのための課題抽出、保全計画策定に向けての準備等について検討してきたので、進捗状況について報告する。また、事業者の対応に関して、他事業者 (JAEA, 近畿大学) との情報交換も定期的に行っている。他事業者の検査制度見直しへの対応状況についても紹介する。

4. 今後の課題

試運用期間においては、原子力規制委員会が策定した検査ガイドに基づき、事業者毎に定められた検査ガイドについて試運用検査を受けることになるので、事業者としては検査ガイドを熟読し、運用上の問題点があれば試運用期間内に原子力規制委員会と議論し改善に努める必要がある。さらに、事業者が一義的な責任をもって原子力施設の基準適合性を維持していくための保全計画の策定等についても準備しなければならない。規制側にお墨付きをもらうという受動的な考え方から脱却し、事業者自らが国民への説明責任を果たすという能動的な姿勢が求められている。

<技術発表(1)>

中央観測所ダストモニタの移設

放射線管理部

藤原 慶子

1. はじめに

放射線管理部・野外班で管理している中央観測所ダストモニタ設置物置が雨漏りしているを確認したため、ダストモニタに故障等怒らないように移設作業を部に提案した。部の予算としては毎年減少傾向であるため捻出するのは難しく、所長裁量経費の予算を獲得していた分（記録計更新費用）から捻出し、実施することになった。

2. 中央管理室ダストモニタ

中央観測所ダストモニタは、野外の空気をサンプリングし、ろ紙に吹き付け、そのろ紙を ZnS(Ag) とプラスチックシンチレーション検出器により測定し α 線及び β 線を計測するモニタであり、「京都大学原子炉実験所原子炉設置変更承認申請書」の添 8-106、屋外管理用の主要な設備の種類に記載されているダストモニタである。

3. 作業

移設場所には、中央観測所の建屋内を選定した。モニタ本体の移設と配線、電気工事、建屋及び物置撤去工事の3つの

作業があるため、関与する業者は3社となった。また、モニタを設置していた物置の撤去を行うに当たり、隣接する農具小屋についても不要になっていたため同時に撤去を行った。

4. 感想

この作業は今年の5月に行った。この後、今年の9月に最大瞬間風速 51.2m/s という大きな台風が関西を直撃し、この泉州地域でも多大な被害を及ぼした。KURやKUCAの運転スケジュールや天気の影響を考え、物置の高経年化に気づいた際に部で相談し、即実行したのが功を奏し、ダストモニタはこの台風の被害を受けず、また、物置・農具小屋の撤去も同時に行っていたことから他の施設や機器へ被害を及ぼすこともなく台風をやり過ごせた。必要と感じた作業は後に延ばさず、出来る限り早急にやるべきだと切に感じた。



<技術発表(2)>

第2 固形廃棄物倉庫新設工事

放射性廃棄物処理部 猪野 雄太

（新設理由）

京都大学複合原子力科学研究所において炉規法に基づく放射性廃棄物の収容先として第1 固形廃棄物倉庫という施設がある。将来的に発生が予想される放射性廃棄物の数量を考えると研究所が存続しているうちに同倉庫への収納が限界に達することが予測される。そこで2017年3月より新たな収納先として第2 固形廃棄物倉庫の建設に着手した。

（同倉庫の収容能力、その他要求事項）

第2 固形廃棄物倉庫は2000ドラム缶換算で約750本の収容能力がある。これは既設の第1 固形廃棄物倉庫の250本を大きく上回るものである。また、第1 固形廃棄物倉庫は竜巻対策の観点から風速92m/sの竜巻に建屋が耐え得れないことが予測されているので、収納した放射性廃棄物はパレットに2000ドラム缶4本を載せたものを2段積みにして固縛装置で床に固定しなければならない。しかし、第2 固形廃棄物倉庫は当初から風速92m/sの竜巻に建屋が耐え得ることを要求事項に盛り込んでいるので床に固定する必要はない。

また、竜巻対策の他に以下の要求事項に対応する性能を有している。

- ①想定する火山活動により降下火砕物の荷重に対し、施設の安全機能が損なわれないこと。
- ②耐震Bクラスを満足すること。
- ③研究所周辺監視区域境界での空気カーマが全施設で年間50 μGy以下、当該施設で15.6 μGy以下となるような構造であること。

（倉庫建設着手から完成までの工程）

おおまかな倉庫建設の流れを以下に示す。

2017年

- 3月 研究所内にて業務担当グループを発足
- 6月 規制庁に設計及び工事の方法の承認申請書を提出
- 8月 規制庁より設計及び工事の方法の承認申請書の承認を受諾
- 9月 施工業者入札開始
- 10月 施工業者決定
- 12月 倉庫建設の基礎となる杭基礎の打設

2018年

- 1月 表層地盤の地盤改良、基礎、基礎梁、床面の型枠、配筋施工
基礎、基礎梁、床面へのコンクリート打設
- 2月 柱、壁の型枠、配筋施工

（倉庫建設着手から完成までの工程 続き）

- 3月 天井梁、屋根スラブの配筋、型枠施工
柱、壁、天井梁、屋根スラブへのコンクリート打設
- 4月 外構（柵、排水溝、アスファルト舗装等）工事
電気（配線、シャッター、電灯、火災感知器等）工事
床面、外壁塗装工事→倉庫完成
- 7月 規制庁による使用前検査を受検→合格

（所内自主検査）

第2 固形廃棄物倉庫が、研究所が要求する性能を満たしているかを確認するために、研究所内の業務担当グループにより検査要領書が作成された。同要領書の完成は2017年10月18日であるが工事業者との打ち合わせ毎に内容の変更が加えられ2018年4月25日の第6改訂版で最終的に内容が確定された。検査項目を以下に示す。

- 杭材料検査（材料証明書により寸法、材質を確認）
- 杭試験及び本杭による杭の検査（施工報告書等により支持層への杭の到達を確認）
- 鉄筋材料検査（材料証明書により寸法、材質を確認）
- 表層地盤検査（一軸圧縮試験報告書により強度を確認）
- 杭頭補強筋員数検査（目視により本数を確認）
- 杭頭補強筋材料検査（材料証明書により寸法、材質を確認）
- 基礎、基礎梁、柱、壁、屋根スラブ型枠検査（実測して寸法が図面通りかを確認）
- 基礎、基礎梁、柱、壁、屋根スラブ配筋検査（目視、実測して配筋が図面通りかを確認）
- エポキシ塗装材料検査（材料証明書により材質を確認）
- コンクリート材料検査（材料証明書により4週強度を確認）
- 倉庫内部寸法検査（実測して寸法が図面通りかを確認）
- 倉庫外観検査（目視により倉庫外観に異常が無いかを確認）
- エポキシ塗装外観検査（目視により床面に異常、塗り残しが無いかを確認）
- 火災感知器員数検査（目視により個数を確認）
- 火災感知器作動検査（煙源を用意して作動を確認）
- 消火器員数検査（目視により本数を確認）

同要領書をもとに検査を実施して以上の検査全てに合格することを確認した。最終的には実測値、担当者のチェック、署名を書き込み材料証明書等の添付資料を加えた144ページの検査記録が完成した。

（使用前検査）

2018年7月10、11日の2日間にかけて原子力規制庁による使用前検査を受けた。1日目は主に書類検査であり所内自主検査の検査記録を元に規制庁の検査官に説明を行った。2日目は現場に向かい倉庫内部の寸法検査、火災感知器の作動検査を実施した。最終的に全ての検査項目に対して合格を受けることが出来た。

<技術発表(3)>

電子線型加速器施設の現状と老朽化トラブル

複合原子力科学研究所 技術室 阿部尚也

京都大学複合原子力科学研究所電子線型加速器施設（KURNS-LINAC：以下ライナック）は1965年に設置された全国共同利用施設である。当初は重金属ターゲット（ライナックではタンタル）に高エネルギーの電子線を当てることで発生する中性子による原子炉と相補的なパルス中性子源として設置され、他にも電子線を直接利用する電子線源、金属ターゲットに電子線を当てることで発生する制動X線を利用するX線源などに長年利用されてきた。近年ではテラヘルツ領域の放射光を利用した放射光源を皮切りに、放射化が起こりにくい10MeV未満の低エネルギー電子線源・X線源や、電子数を調整した微弱ビーム電子線源としても利用されるなど、汎用量子ビーム線源として多様化が進んだ上、従来の中性子源、X線源では実験の多様化が進み、活発な利用が行われている。2017年度の量子ビーム線源別では中性子線>電子線>X線>放射光である（図1）。図2は設置当初からの年間運転時間を記録したグラフである。1990年の放射光源の利用開始より運転時間が増え始め、実験の多様化も進んだ結果、2006年頃より2,000時間を上回るようになり、2017年は2,780.5時間と過去最高の運転時間を記録した。このように運転時間は増加しているが、加速器は設置から50年以上を経過しており様々なトラブルも発生している。

2016年には冷却水配管からの大規模な漏水が発生した。この冷却水配管は40年以上使用し続けているものである。大規模漏水発生の経緯は以下の通りである。冷却水配管のつなぎ目から若干の漏水が複数箇所を確認されたのが初めであった。その漏水対策として作業時間の短さも考慮して、圧着ソケットによる方式を採用した結果、ほとんどの箇所では漏水は止まったが、一箇所のみ漏水が止まらず、増し締め対策をした。しかし効果はなく最終的には水圧によって配管が抜けてしまい（図3）、大規模漏水となった。この圧着ソケットの使用に関して、ピンホールなどの小さな漏れには対応できるが、配管が外れた部分の漏水のように配管全周による漏水には適応外であった。器具選定の際の確認不足が大規模漏水の原因であり、今後の反省点である。また、初めに漏水が発生した原因としては、配管接続時のハンダ溶接が完全ではなかったことが挙げられる（図4）。その対策としては外れた配管の補修時にはガストーチの温度が高いものを使用してハンダが完全に全周になじむことを確認した。根本的な対策としてステンレス配管への更新を考えており、近い将来に実施できることを期待する。

2018年には、放電用真空スイッチの故障が発生した。1971年製のものであり、ソレノイドに通電することで金属棒が数cm離れる形式である（図5左）。動作確認するとソレノイドの動作は正常であったが、真空管の金属蒸着の箇所が金属光沢から白色に変化しており（図5中央）、真空管の真空が保たれていないことが判明した。真空状態でないと高電圧を遮断することができずに通電してしまうので、予備の真空管と交換した（図5右）。交換後、しばらくするとソレノイドの動作が不安定になる現象が発生した。ソレノイドの動作部分を掃除し、潤滑剤を吹き付けることで正常動作するようになった。ソレノイドの予備は無く、真空管の予備も無くなったため、代替品の高電圧スイッチを購入し交換する予定である。現在は数十kVの高電圧でも真空にする必要はなく、大気中で動作するものを検討している。

ここ数年、建屋の漏水（雨漏り）も相次いでいる。漏水の都度、天井のひび割れ部分から薬剤を注入し（図6）、屋上の防水シートの破損部分の補修を行って対応している（図7）が、（記録的な大雨が相次いだこともあり）1年ほどで補修箇所から別の場所で漏水が発生する状況となっている。防水シートの全面補修が望ましいが、モルタルの下や土盛りの下にも防水シートがあるため、作業が困難であることから、建屋全面を覆う屋根やシートの増設も検討しているが、まだ結論に至っていないため、漏水の都度対応せざるを得ない状況が続く。

このように様々なトラブルが発生するが、共同利用運転の中止はできるだけ避けなければならない。しかし、利用運転の増加でメンテナンスの時間はほとんどとれず、トラブル発生時の代替も厳しいため、トラブルが起きるたびに即時の対応が求められる。そのためには、原因究明を素早く行い、交換や補修で対応できるものは予備品や補修品を充実することで、利用再開までの期間を短くできると考えている。今後も極力利用時間に影響を与えず、運転時間を維持していくことができるよう努めていく。

※図 1～7 については省略とする。

<技術発表(4)>

必要なのか？止水設備

2018年10月31日
複合原子力科学研究所
技術室 大野 和臣

1. はじめに

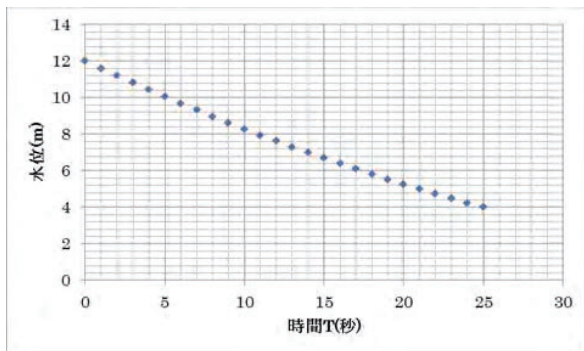
KURは2014年から新規制基準対応で設置変更申請書や保安規定の変更申請、ヒアリングや審査会合でのそれらの審査、既設設備も含めて設工認申請、工事、使用前検査、そして、施設定期検査を終了し、2017年8月に無事運転を再開しました。

この新規制基準対応の中で取り付けることとなった1次冷却系配管の止水設備について、取り付けるに至った経緯と意味について考える。

2. 止水設備について

止水設備はKURの炉心タンク水の急激な漏水を防ぐために取り付けられました。1次冷却設備全体は、異常の発生防止機能を有するものとしてPS-3、異常の影響緩和の機能を有するものとして水圧駆動弁、逆止弁がMS-2、主閉鎖弁がMS-3、炉心直下1次冷却系配管が耐震クラスSとされ、サブパイルルームにある1次冷却設備はKURの安全上重要視されています。

3. 配管破断時の炉心タンクの水位変化



1次冷却設備の配管が瞬時に配管の内径面積がむき出しになるギロチン破断が

起こると、場合によっては左図のように30秒もたたない内に炉心タンク内の水が無くなる恐れがあります。これを防ぐことはできるのか。

注：炉心直下を0mとしているので炉心の正常水位は12mとなる。

4. おわりに

このように新規制基準に沿って見直されていたところ、配管の大規模破断時の安全性を考え、止水設備が取り付けられました。この止水設備について、どのように望まれどのように役立つのかお話しします。

注：諸事情により一部省略しています

KUCA 軽水減速架台の蛇腹配管更新の品質保証について

複合原子力科学研究所 技術室
小林徳香

1. はじめに

KUCA の軽水減速架台(図 1)の溢流器は炉心タンク水位の異常上昇を機械的に防止するものである。溢流器の蛇腹(以下、蛇腹配管)は 1974 年の建設当初より更新が行われていなかったため、予防保全の観点により同等規格品と交換することとなった。

この業務は「試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則」の第三条第一項第三号の「二 計測制御系統施設」に該当するため、「原子炉等の設計及び工事の計画の実施に関する手順書」(品-要領-003)に従って実施した。

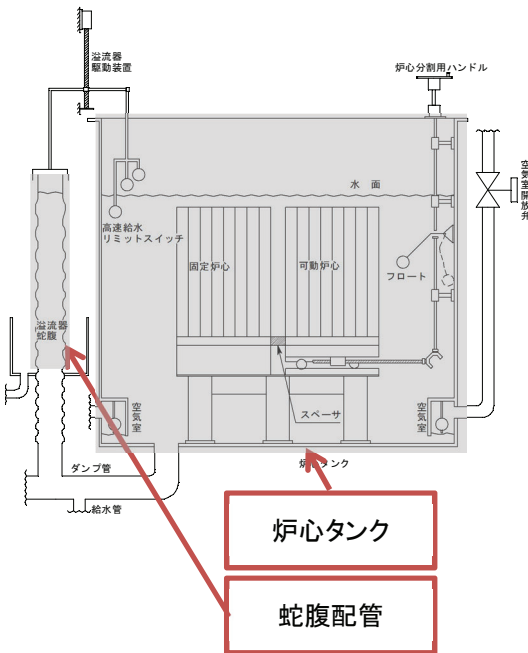


図 1 軽水減速架台(C 架台) 断面概念図

2. 設計開発と検査対象

蛇腹配管は、ゴム板、配管リング 2 種、既設設備への取付バンド、ガイドリングで構成される。

当初、使用前検査の材料検査ではゴム板の強度のみ要求し JIS K 6404 に則った試験報告書にて確認予定であったが、原子力規制庁におけるヒアリングの結果、他の構成要素についてもミルシートを以て強度を

確認することになった。また、原子力規制庁からはデータ改ざんに関する不祥事への対応として該当企業の製品の使用の有無を確認するよう指示を受けており、当該業務においてもその旨を念頭においていた。

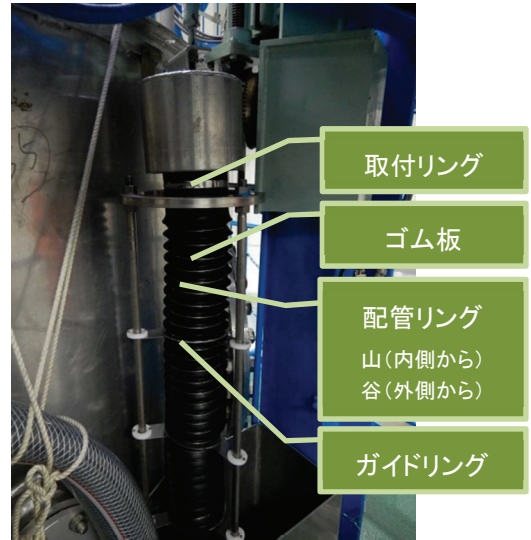


図 2 蛇腹配管

3. 使用前検査における不適合事象と対応

各プロセスを終了し、使用前検査に臨んだところ不適合事象が生じ、再検査を受けることになった。事象と対応概要は下記のとおりである。

1) 品質管理が懸念されている会社の関連会社製品の使用

事象

配管リングのミルシートを発行した会社がデータ改ざんに関与した企業の関連会社であることから信頼性が低いこと、また、その企業が JIS 認定取消処分を受けておりその期間内の日付でミルシートが発行されていたことから、材料とミルシートの信頼性について再確認するようこの検査官からの指摘があった。

対応

再調査が困難であったため、蛇腹配管からリングを取り外し、他社製品の鋼材を使用したリングに交換した。

していることを確認した。

以上 4 件の不適合事象の除去の後に実施した使用前検査(再々検査)にて合格した。

2) 配管リング交換による配管損傷

事象

1) の不適合を受けて実施した配管リングの交換後、自主検査は問題なく終了していたが、後日の使用前検査(再検査)において漏えい検査を実施したところ漏水が確認された。配管の製作者に返送して調査したところ、リング交換でついたと思われる微小な傷が配管リングに隠れた箇所で見つかった。

対応

蛇腹配管を新規作成し、出荷前検査を実施した。

4. 最後に

今回の業務での不適合の共通点は品質保証の考え方について規制庁との間に認識のズレがあったこと。この経験を今後の設工認の業務プロセス実施に活かしていきたい。

自主検査(主に材料検査)についての覚書

- 材料証明書発行者の信頼性確認
 - ・JIS 認定、ISO9001 認証等の確認
(JIS 認定取消は経済産業省 HP で確認)
 - ・不祥事に関わった会社でなくともグループ会社は極力回避するまたは信頼性の高い試験業者に別途試験を依頼する。
- 原材料の製造会社の確認
- 材料の入念な確認、妥当性確認の実施
- 材質やその強度が調達物品に必要な要求事項かどうか？

3) 原材料の製造会社の確認不足

事象

取付リング及びガイドリングのミルシートについて、発行者は不祥事に関わった会社でないが、原材料の製造会社についても確認する必要があるとの指摘を受けた。

対応

各発行者に問い合わせて原材料の製造者に問題ないことを確認した。

4) 材料の妥当性確認不足

事象

蛇腹配管のゴム板には主材クロロプレンゴムの他に基布素材として品質管理体制に問題があるとされていた企業のナイロン原糸を使用していることがわかったが、ゴム材の性能検査で要求を満たしていることが確認できていたため、その製品を使用していることについての妥当性確認を実施していなかった。

対応

試験業者に追加試験を依頼し性能が要求を満た

＜第2回目 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回目の研修として、三菱電機株式会社 電力システム製作所（原子力シュミレーション、発電機工場等）の見学を行う。三菱電機株式会社は、原子力施設を製造する数少ない企業の一つで製造現場における技術等を見学し、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	工学研究科附属桂インテックセンター	西崎 修司	第1 専門技術群
2	滋賀医科大学実験実習支援センター	小山 由起子	—
3	複合原子力科学研究所技術室	南 馨	第5 専門技術群
4	複合原子力科学研究所技術室	吉野 泰史	第3 専門技術群
5	複合原子力科学研究所技術室	張 俊	第5 専門技術群
6	複合原子力科学研究所技術室	奥村 良	第5 専門技術群
7	複合原子力科学研究所技術室	大野 和臣	第5 専門技術群
8	複合原子力科学研究所技術室	竹下 智義	第5 専門技術群
9	複合原子力科学研究所技術室	藤原 靖幸	第5 専門技術群
10	複合原子力科学研究所技術室	栗原 孝太	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	飯沼 勇人	第5 専門技術群
14	複合原子力科学研究所技術室	荻野 晋也	第5 専門技術群
15	複合原子力科学研究所技術室	阿部 尚也	第5 専門技術群
16	複合原子力科学研究所技術室	猪野 雄太	第5 専門技術群
17	複合原子力科学研究所技術室	吉永 尚生	第5 専門技術群
18	複合原子力科学研究所技術室	上田 哲也	第5 専門技術群
19	複合原子力科学研究所技術室	富永 悠太	第5 専門技術群
20	複合原子力科学研究所技術室	山本 弘志	第5 専門技術群

3. 研修内容

今年度の見学研修会は、三菱電機株式会社 電力システム製作所の原子力運転シュミレータ（総合デジタル計測制御システム）及びタービン発電機の製造工場を見学した。

原子力運転シュミレータでは、原子力発電所でも利用されている最新の運転システムを拝見し、一見してどこかの IT 企業の一室に来たのかと錯覚する程、ハード的な装置が少なく、安全性を確保しつつもデジタル化されているのに驚かされた。

また、タービン発電機の製造工場では、大型設備の製造現場を拝見でき、スケールの大きさ及び日本企業の技術力の高さを目の当たりにした。同じ「技術」を職とする我々にとって、大変有意義な見学であった。

4. 見学会感想（代表者3名）

見学会感想（1）

複合原子力科学研究所技術室 上田 哲也

三菱電機神戸製作所では主に原子炉制御盤と発電用に用いられるローターを製造する部門を見学させていただきました。原子炉の最新の制御盤は、普段私が運転している KUCA の制御盤とは異なり緊急用（スクラムで用いるレバー等）以外はほぼすべてデジタルタッチスクリーンで運転する仕組みとなっており、驚きと共に CA でもこの様な制御盤で運転したいと思った。

ローターを製造する部門ではスケールの大きい物を製造しており、物を吊り上げるクレーン、ローターを削り出す旋盤を大きくした様な切削機械等、自分が職場で使用している物より大きい物が大きく、大きい物を取り扱っているながら、その精密さに驚いた。また使っている工具等がきちんと整理されていたので、CA でも三菱電機さんの様に整理整頓を心掛けたいと思った。

見学会感想（2）

複合原子力科学研究所技術室 金山 雅哉

今回の研修見学会の場所は、三菱電機株式会社 電力システム製作所へ訪問させていただきました。内容としては、タービン発電機の製作工場の見学と発電プラント計装制御システムのシミュレーション&トレーニングセンターでの見学と体験をしました。

私の業務上、製作工場の見学が凄く刺激のあった内容でした。

私の配属している研究所内で製作する製品とは比にならないくらいのスケールの大きさで、且つ高精度な製品を提供されている技術を拝見できたのが初めてのことで、自分にとって凄く勉強になりました。

「高精度なものを製作するのは、製作者にとっても良い環境でなければならない。」というモットーのもと溶接工程の現場では、溶接者が一番良い体制で作業ができるように足場の高さ調整ができるようになっていたりなどさまざまな配慮がなされていました。最先端の機械や設備なども必要ですが、やはり作業員に対しての細かい配慮などもしっかりとサポートされていたため、こういった環境作りも必要なのだと改めて実感しました。

今回見学させて頂いて、私にとって良い刺激と凄く勉強になる部分がたくさんあり、本当に参加してよかったと思っています。ありがとうございました。

見学会感想（3）

複合原子力科学研究所技術室 荻野 晋也

三菱電機電力システム製作所における見学において、原子力発電の運転シミュレータと発電機工場の見学をした。運転シミュレータについてはそのシミュレータ制御台が、一部のボタンを除いて全てタッチパネルとなっており、非常に整理された作りとなっていた。また、警報の発報時にその内容を音声でも知らせるシステムとなっていて、運転の補助をする効果が期待できる。シミュレータの設定を変えて緊急時の対応の訓練も行うことができる。KUR でも、このようなシミュレータを使用した訓練として緊急対応の練習を行うことができれば、より確かな運転班員の教育が行えるものと考えます。

工場においては制御用の電気盤や発電機を構成する部品の製作現場を見せて頂いた。工場内は整理整頓が行き届いており、作業環境として非常に良いものであった。発電機の製作過程も興味深いものがあった。発電機内部にある回転子や固定子には大きな電流が流れて熱が発生するため、発熱に対する冷却用ガスが流れ

るための穴や隙間が多数設けられていた。またそれらも場所によってサイズが異なっており、冷却を最適化するためのノウハウが感じられた。機械や技術に対する知見を広げることが出来て、非常に良い見学であったと考える。

5. 見学会写真



<まとめ>

今年度より第5 専門技術群長を拝命し、前群長である南技術室長のご指導及び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大変感謝しています。

一点だけ気がかりだったのが、特別講演・技術発表会の出席者が、当所技術室の技術職員のみでした。本来、放射線の利用は物理、化学、生物、医学など多岐にわたり、またそれらの設備の運転及び安全管理には、電気や機械の知識や技術は必須です。したがって、第5 専門技術群とは、まさに複合的な分野の集団と言っても過言ではありません(よって、当所技術職員の得意分野は様々です)。遠隔地という不利な条件ながらも、今後は、他の専門技術群の技術職員にとっても魅力ある活発な報告会になるように精一杯努めたいと思います。

<謝辞>

これまで、当所原子炉施設の運転及び安全管理に多大なるご尽力をされた南技術室長が、3 月末でご定年を迎えられます。南技術室長の当所でのご活躍及びご貢献は計り知れません。また、我々後進の技術職員の育成にも精力的に取り組んで下さったことに、心よりお礼申し上げます。

4 月以降も再雇用職員として勤務して頂けるとのことですので、引き続きご指導ご鞭撻の程、宜しくお願い申し上げます。

平成 30 年度 第5 専門技術群専門研修世話人会
南 馨、張 俊、吉野 泰史、大野 和臣、栗原 孝太