

令和5年度
京都大学総合技術部 第23回第5専門技術群（核・放射線系）研修会
京都大学複合原子力科学研究所 第32回原子炉・放射線技術研修会

<講演・技術発表の部>

日時：令和5年11月21日(火) 10:30～17:15

場所：京都大学複合原子力科学研究所 事務棟大会議室

(ZOOMによるオンライン配信も実施予定)

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 黒崎 健
講演(1)：11:00～12:00	司会：奥村 良
先端科学と中等教育の融合に基づく人材育成戦略 ～地元高校生2116名を対象とした放射線教育の実施～ 複合原子力科学研究所 粒子線基礎物性研究部門 助教 中村 秀仁	
昼食：12:00～13:00	
講演(2)：13:00～14:00	司会：奥村 良
日本原子力研究開発機構原子力緊急時支援研究センターにおける人材育成 日本原子力研究開発機構 原子力緊急時支援・研修センター 専門研修グループ 安全研究センター リスク評価・防災研究グループ 研究副主幹 嶋田和真	
休憩：14:00～14:15	
技術発表(1)：14:15～14:45	司会：吉永 尚生
JRR-3 TNRF暗箱の更新 複合原子力科学研究所 技術室 金山 雅哉	
技術発表(2)：14:45～15:15	司会：阪本 雅昭
電子線型加速器施設（ライナック）の最近の更新 複合原子力科学研究所 技術室 阿部 尚也	
休憩：15:15～15:30	
技術発表(3)：15:30～16:00	司会：田中 良明
ドローンによる屋上点検 複合原子力科学研究所 技術室 山田 辰矢	
技術発表(4)：16:00～16:30	司会：中森 輝
計測制御系の保守作業及びトラブル対応について 複合原子力科学研究所 技術室 富永 悠太	
技術発表(5)：16:30～17:00	司会：大野 和臣
中央管理室の移転について 複合原子力科学研究所 技術室 藤原 靖幸	
閉会挨拶：17:00～17:15	複合原子力科学研究所 技術室長 張 俊

令和5年度
京都大学総合技術部 第23回第5専門技術群（核・放射線系）研修会

<見学会の部>

日時：2023年11月17日（金）13:30～16:00

場所： 泉州南消防組合消防本部 5階 研修室・4階 指令センター

プログラム

時間	1班	2班	担当
13:30 } 14:30	警備課 講義（1時間） 「原子力災害発生時の消防体制について（仮）」		警備課
}	休憩（10分）		
14:40 }	指令センター見学 4階（30分）	119番講習	指令課
15:40	119番講習 5階（30分）	指令センター見学	
}	意見交換会（20分）		警備課 指令課
16:00			

京都大学総合技術部 第23回第5専門技術群（核・放射線系）研修会
京都大学複合原子力科学研究所 第32回原子炉・放射線技術研修会

令和5年11月21日(火)
講演・技術発表会

予稿集

先端科学と中等教育の融合に基づく人材育成戦略

～地元高校生 2116 名を対象とした放射線教育の実施～

複合原子力科学研究所 中村秀仁

民間による月面着陸挑戦やゲノム編集技術など、先端科学の推進には常に社会的な話題性が伴う。しかし、東京電力福島第 1 原発の処理水海洋放出に対する近隣諸国の反応を見ても、放射線に対する科学的リテラシーが国際社会でも不足していることは明白である。このような現状において、私は、科学に理解ある社会を実現するには、最先端の研究開発に加え、社会一般の科学的リテラシー涵養という両輪を回す必要がある、と考えている。その第一歩として、自然環境に存在する程度の放射線が身の回りにあるプラスチックに起こす未知の現象の真理を追求すると同時に、それを題材に、科学を縁遠く感じていた文系生徒をも対象に科学への好奇心の育成に挑み、その効果が広く社会に展開する方法のプロトモデル構築を目指す。本講演は、学力の平均層にある地元の一般高校を舞台に、研究活動と人材育成を高度に連動させた高大接続型の研究教育システムの現状について報告するものである。

微弱な放射線はこれまで、物質内でミクロな変化を起こしても、マクロな変化はあり得ないと考えられてきた。予備実験を重ねてきたところ、プラスチックを構成する分子数に比べて無視できるほど少ない微弱放射線が、圧倒的多数である同分子にマクロな変化を及ぼす兆候を掴んだ。この現象は照射線がなくなると消失するため、その現象の本質を知るには、放射線を照射しながら分子の運動状態を直接観測する必要がある。現在、来春から京都大学複合原子力科学研究所の共同利用研究として微弱な放射線に基づく『その場計測』を開始すべく準備を進めている。一方、扇動的情報に動じない知識・思考力を得るには、定量性に代表される科学的思考を学ぶ必要がある。微弱放射線によって先端科学にメスを入れる研究は、そういう意味では相性が良い。さらに測定対象となるプラスチックは、先端科学が身近なものである、と実感できる契機を生む可能性が高い。この研究活動を先端科学と科学的リテラシー涵養を結ぶ接点とした人材育成を試みる。その活動を社会的なインパクトまでに発展させるには、社会の大半を占める文系を含めたアプローチが不可欠となる。

ここでターゲットとなるのが、文系理系を固定化する直前の中等教育を受ける若者である。次の段階を踏む形で、先端科学が生徒及び教員の意識に及ぼす効果の検証を開始した。第一段階では、幅広い生徒を対象に、本核心技術である放射線を単元した授業を文系科目「現代文・英語・地歴・家庭」、理系科目「生物・化学・数学」内に年間計 18 コマ導入した。第二段階では、先端科学に率先して取り組むファーストペンギンと称した生徒・教員を対象に、その場計測実現過程に直接触れる『学びの実体験』の場を年間通じて設けた。第三段階では、顔見知りの生徒・教員が研究活動に携わる姿を定期上映することで、残りの生徒さらには保護者に先端科学が身近であるという感覚を伝搬させ、セカンドペンギンを誘発する。この段階を繰り返すことで、多くの若者を対象とした科学的リテラシー涵養のシステム化を果たし、人材育成戦略を描く。その独創性は、従来の指定高校で専門教員により単発的に特定少数の生徒を対象として科学技術系人材の育成に重点を置く画一的教育と一線を画し、一般高校で研究者自らが教員 150 名とスクラムを組み年間通じて文系理系問わず 2116 名の全生徒を対象に科学的な思考力を伝えることに重点を置く多面的教育を実施する点にある。

日本原子力研究開発機構 原子力緊急時・支援研修センター における人材育成 ～実務人材研修（バスによる住民避難等）を中心に紹介～

日本原子力研究開発機構
原子力緊急時支援・研修センター 専門研修グループ
兼 安全研究センター リスク評価防災研究グループ 嶋田 和真

1. はじめに

日本原子力研究開発機構 原子力緊急時支援・研修センター（NEAT）では、多様なプログラムを準備して原子力災害対応人材の育成を行っている。本発表では、内閣府から受託して実施しているプログラムのうち発表者が担当している実務人材研修（バスによる住民避難等）の概要を紹介するとともに、その中で使用しているバス運転手の被ばく線量を予測するシステムを紹介する。

2. NEAT の概要

日本原子力研究開発機構は災害対策基本法と事態対処法に基づく指定公共機関に指定されており、その中で NEAT は、原子力災害時等の対応にあたる国、地方公共団体、警察、消防などに対して人的・技術的支援を効果的に行う活動拠点とするため、茨城県ひたちなか市と福井県敦賀市に設置されている。この中で現在発表者は、内閣府（原子力防災）より原子力災害対応人材育成事業を受託、実施している専門研修グループに所属している。

3. 原子力災害対応人材育成事業の概要

原子力災害対応人材育成事業の目的は、原子力災害に適切に対応できる人材を育て、より効果的な対応体制を構築することである。このために、国や地方公共団体の担当者に向けて、段階的な能力向上を支援する研修・訓練プログラムを開発し、実施している。その中で、緊急時対応センターや関連拠点で重要な役割を果たす担当者、さらに地方公共団体の部局長や課長などを中核人材と位置づけ、職務経験に合わせて彼らの能力向上をサポートしている。同様に、地方公共団体において実務的な役割を果たす人々を実務担当者として位置づけ、彼らのスキル向上を支援するプログラム（実務人材研修）も開発し、実施している。

4. 実務人材研修（バスによる住民避難等）の概要

上記プログラムのうち、発表者は実務人材研修（バスによる住民避難等）の開発、実施を担当している。本研修は、道府県や市町村の担当要員が、原子力緊急時にバスによる住民避難を円滑かつ確実に実施するために平時に準備すべき事項や、緊急時に実施すべき事項の習得を目的としている。特に、緊急時にバスを運行するためには運転手の被ばく線量の管理が非常に重要であり、活動に先立って被ばく線量を予測するシステムを開発したのでその使い方を研修中で紹介している。

5. バス運転手の被ばく線量予測システムの紹介

このシステムは、原子力規制庁が公開している放射線モニタリング情報共有・公開システム（RAMIS）のモニタリングポストのデータを入力値して空間的内外挿によりバスが運行される区域推定放射線量をマッピングし、これにバスの運転時間と経路を入力することで、バスの運転手の被ばく線量を予め評価することができる。道府県の担当者は、バス運行前に評価したバスの運転手の予測被ばく線量をバス協会・運行会社に通知し、協定で定められた範囲内の被ばく線量になることを確認したうえで、バスの運行を依頼することができ、円滑にバス避難が実施できることが期待される。

6. まとめ

NEAT は原子力災害に備え、各種の人材育成プログラムを提供している。本発表では内閣府の原子力災害対応人材育成事業のうち、実務人材研修（バスによる住民避難等）の概要及びバス運転手の被ばく線量予測システムを紹介した。本研修が原子力災害時のバスの運行に活用され、住民の円滑な避難に貢献することが期待される。

Japan Research Reactor-3 (JRR-3) TNRF 用暗箱の更新

技術室 実験設備管理部 金山 雅哉

1. はじめに

製作工場における主な業務に併せて、スキルアップの一環として研究支援業務（以下、「支援業務」とする）に取り組んでいる。支援業務では、日常の業務で培ったスキルを活かすと共に、新しい環境での技術や知識の向上を目的としている。

本稿では、実際に取り組んだ支援業務について報告すると共に今後の展望について報告する。

2. 概要

以前から研究用原子炉 KUR を利用している研究者や共同利用者の実験装置や実験用部品などの製作や設計相談などを多く受けてきた。特に、KUR の実験孔 B-4 や E-2 を利用した中性子イメージングでは、精密な部品から大型装置までを取扱うため、様々な製作依頼を引き受けてきた。そのような経緯から、2021 年 12 月 15 日付けで、安全原子力システム研究センター／熱エネルギーシステム分野（齊藤研究室）の専属研究支援要員として配属され、今まで以上に中性子イメージングや熱流動実験に関連した業務にを支援することとなった。この研究室では、日本原子力研究開発機構の研究用原子炉 JRR-3 にある中性子ラジオグラフィ装置 TNRF や高強度陽子加速器施設 J-PARC のパルス中性子イメージング設備 RADEN を利用した中性子イメージング実験を行っている。これらの実験に関わることで、KUR 以外の研究施設および装置の現状を把握し、そこで得られた経験が自身のスキルアップにつながると考えた。その第一歩として、Fig.1 に示す JRR-3 における中性子ラジオグラフィ装置である TNRF (Fig.2) について装置担当者らとの意見交換を行った。その際、「TNRF の撮像用暗箱（以下、「暗箱」）を改良したい」との要望があったため、暗箱の設計及び製作に取り組むこととなった。

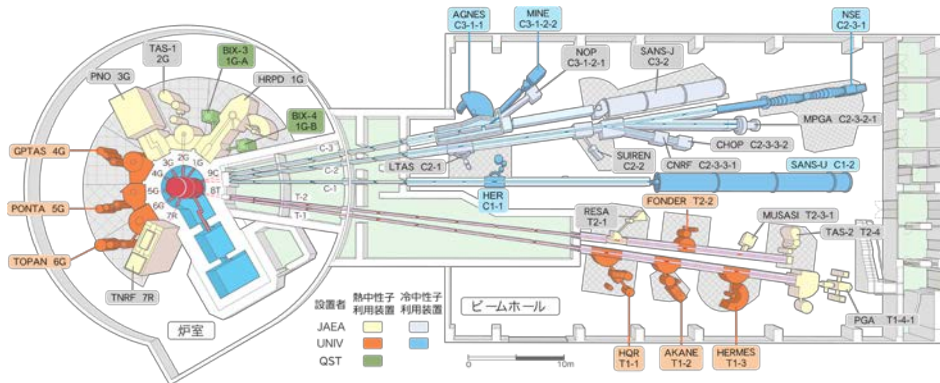


Fig.1 JRR-3 実験装置配置図



Fig.2 TNRF の装置外見

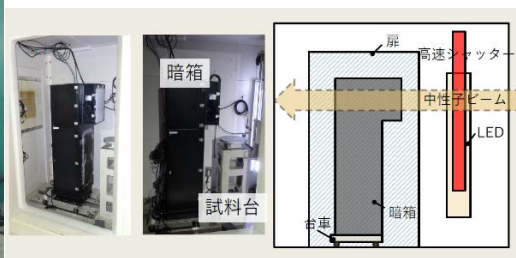


Fig.3 撮影室内部と装置の概要

3. 暗箱の設計から設置まで

○暗箱本体と撮像系について

これまで TNRF で使用されていた暗箱は、鉄アングルで組み立てられた構造であった。そのため、重量があり、運搬するのも困難で改造は非常に難しかった。また、地面とコンバータ面との垂直が担保されておらず、暗箱の歪みも問題となっていた。このような状況のため、関係者での打ち合わせを行い、既存の物を改造するのではなく、新たに暗箱を設計製作することとなった。また、撮像系における調整機構をさらに精密にし、これまで以上に高精度なイメージングの実現に向けて設計を開始した。

新しい暗箱に求められる要望としては、「精度の向上、軽量化、改良がしやすい」の3つが挙げられた。これらの要望に応えるため、軽量で丈夫な材料、安易に板などを取り付けること、更にはカメラを含む撮像機器の固定や微調整が効率よく行えることを考慮し、構造材としてアルミフレームを選定した。アルミフレームは様々な用途に対応できよう色々なサイズのものがあり、今回の暗箱には 40×40 の大きさのアルミフレームを使用した。

中性子イメージングのために必要な機器としては、中性子コンバータ、カメラ（静止画用 CCD カメラや、高速度撮像用の高速度カメラを使い分ける）、光学レンズ、ミラーが挙げられる。また、中性子ビームの位置は決まっているため、それに適した取付け位置や実験用途に対応できるよう微調整をどの部分で行うのかを確認するためにソフトウェア（「Fusion360」@Autodesk）を使って Fig.4 のように 3D モデルを作成し、実際に設置した状態を再現した。また、撮像機器の取付け位置で最も重要なのは、全ての機器や部品の中心位置を合わせることである（Fig.5）。中心がずれてしまうと精密な撮像画像が撮れないため、この部分については抑えておく必要があった。

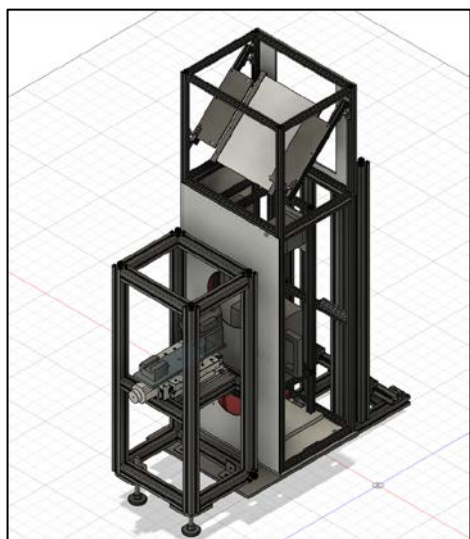


Fig.4 新暗箱の設計時 3D モデル

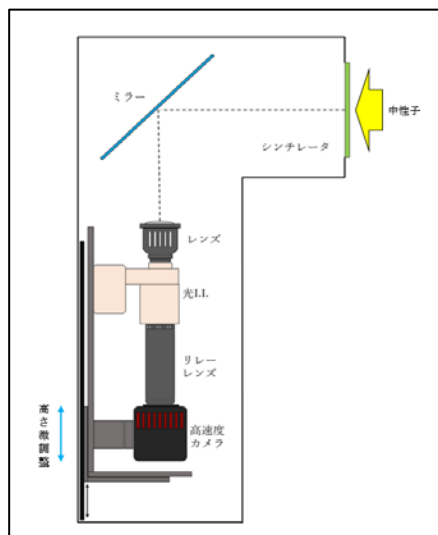


Fig.5 撮像系一式のイメージモデル

○コンバータとエクステンションについて

次に、暗箱へ取り付けるコンバータとエクステンション（スペーサ）の取付けについて検討を行った。コンバータ（板状、356×279×1.5t）は入射する中性子を可視光に変換する役割があり、固定方法としては、暗箱本体へ直接固定する方法とエクステンションを用いて固定する方法がある。どちらの方法でも安易に且つ精度良く固定をすることが求められるため、これについても 3D モデルを作成し設計した。以前は、コンバータをアルミテープで暗箱へ固定していたため、コンバータの脱着に手間がかかるのと、固定

位置の再現性がないことが問題であった。改善策として、Fig.6に示すように専用の枠を製作して、これをパッチン錠で固定する仕様へ変更した。結果、ワンタッチでコンバータを固定できると同時に固定位置の再現性を確保することができた。

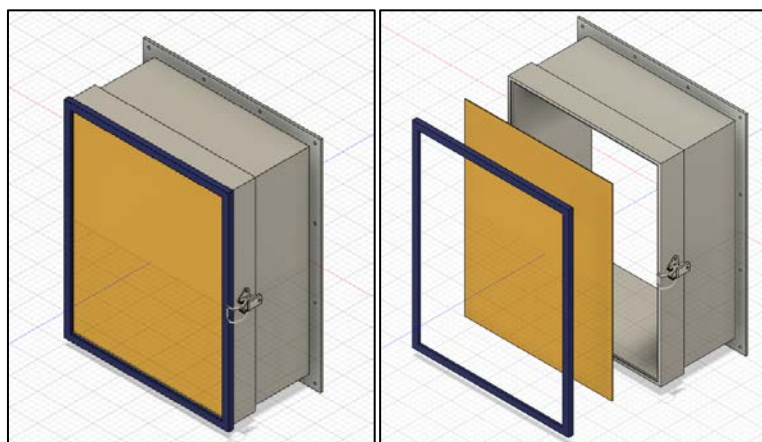


Fig.6 コンバータとエクステンションの仕組み

○ミラーの取付けについて

基本的に第一ミラーは本体に固定した状態にし、第二ミラーは実験用途に応じて取り外す仕様になっている。Fig.7にミラーの取り付け位置を示す。第一ミラーは、両端のアタッチメントにそれぞれバネを入れた2本のネジを設けており、ネジの締め具合でミラーの角度を微調整できるようにした。また、第二ミラーに関しては、微調整機能は無いが、アルミフレームで取り付けられているため、左右方向の自由度は確保している。

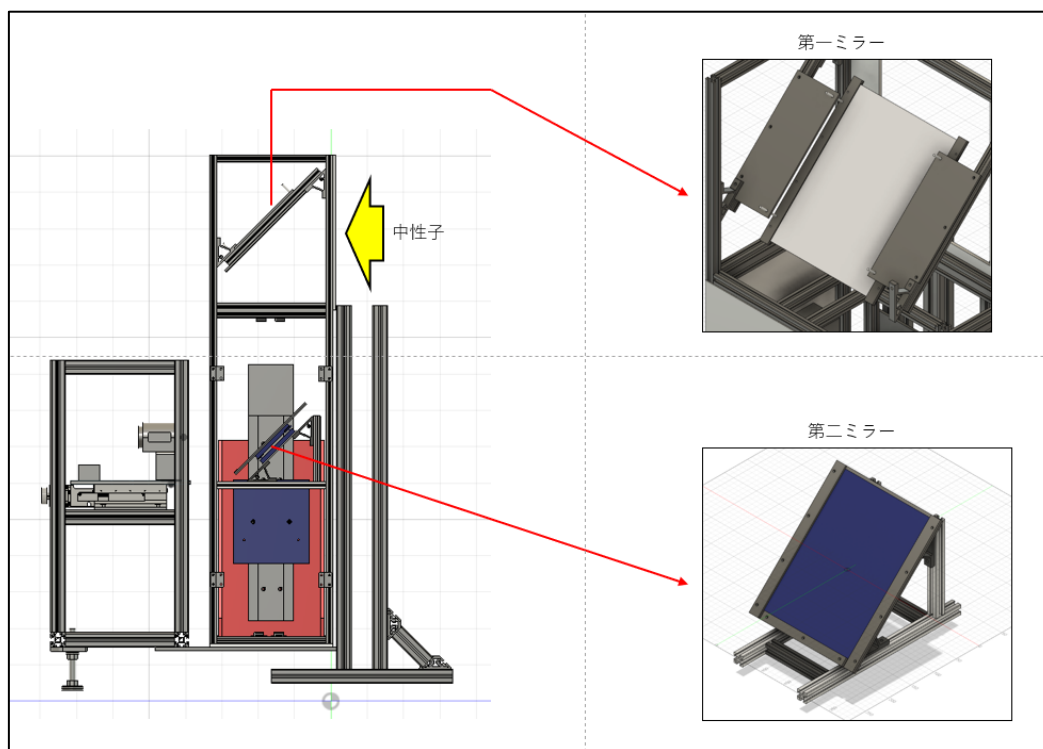


Fig.7 第一ミラーと第二ミラーの取付け概要

○カメラ固定台について

ダブルミラーでの実験の際は、撮像系（カメラなど）は暗箱の外側に設置する必要がある。そのため、Fig.8 に示すように別途アルミフレームで固定台を設け、そこに撮像系を設置する仕様にした。

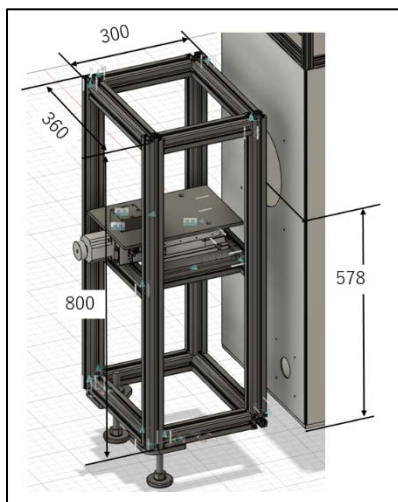


Fig.8 カメラ固定台

4. 現状成果

今回、製作した機材は不具合もなく正常に稼働していると共にユーザーの求める実験結果が得られている。ただ、コンバータを押しえつけるために使用しているスポンジゴムが放射線による劣化の可能性があるため、今後メンテナンスを行う必要があると考えている。

5. まとめと今後の展望

今回の更新作業においては、設計・製作は京大、設置はJAEAが実施という分業体制で行った。今回の仕事は、専属研究支援要員として配属されてから初めての大きな作業だったこともあり、とても貴重な経験となった。また、普段の業務では所外の方々とコミュニケーションをとる機会が少ないため、今回の仕事はとても新鮮であった。このようなことから今回の実験装置を製作するにあたり、新しいことの学びもあり、自身のスキルアップにも繋がったと実感している。今後も今回の経験を活かし、より一層、研究支援要員としての役割を果たしていきたいと思う。

電子線型加速器施設(ライナック)の最近の更新

複合原子力科学研究所 技術室 阿部 尚也

1. はじめに

京都大学複合原子力科学研究所電子線型加速器(ライナック)は1965年に設置された装置であり、現役で稼働している線型加速器としては国内最古のマシンである。1972年に加速管を2本に増設して、最大加速エネルギーを46MeV、最大平均電流を $10\mu\text{A}$ に増強しており、小型加速器としては国内最高クラスの出力である。設置当初は定常中性子源である原子炉と相補的なパルス中性子源としての利用が主であったが、1990年ごろから実験の多様化が進み、従来の中性子源・電子線源に加えてX線源、放射光源としての利用が開始されるようになり、利用時間が増加した。現在では加速エネルギーを抑えた10MeV以下の低エネルギー電子線源や数pA程度の微弱ビーム電子線源としての利用も進み、陽電子線源としての利用も開発中であり、ますます利用が活発になっていくことが想定されている装置である。

今発表では、ライナックにおける近年の大型更新について報告する。

2. パルス変調器(モジュレータ)更新

2022年4月より、パルス変調器(以下モジュレータ)の更新を実施した。モジュレータは加速管毎に1基ずつ設置されており、更新前後のスペックを表1に示す。

表1 モジュレータのスペック

		1段目(No.1)		2段目(No.2)	
		更新前	更新後	更新前	更新後
高圧		10~14 kV	8~17 kV	10~17 kV	8~17 kV
サイラトロン		L-4888B (L3)		L-4888B (L3)	
パルス幅 (flat top)	ショートパルス	2.2 μsec		2.2 μsec	
	ロングパルス	5 μsec	7 μsec	5 μsec	7 μsec
PFN セクション数	ショートパルス	8	7	8	7
	ロングパルス	16		16	
PFN インピーダンス		6 Ω		6 Ω	
パルストランス昇圧比		1 : 14		1 : 14	

モジュレータは様々な機器から構成されているが、高電圧に耐えるために絶縁油が使用されている機器が多い。先述の通り、ライナックは古いマシンであるため、絶縁油に発がん性の高いPCB(ポリ塩化ビフェニル)が含有している機器が存在している可能性があり、PCBの処分期限も近いことから更新を実施した。

更新前に、PCBの含まれていない機器については更新する必要が無いので、PCBの有無について調査を行った。トランス類に関しては、一部採油をすることで調査が可能であったが、結果はほとんどの機器に低濃度のPCBが含有されており、該当機器は更新することとなった。一方、コンデンサ類に関しては、調査のための採油を実施するとコンデンサとして使用できなくなるため、すべてを更新することを余儀なくされた。

また、更新にあたって、加速器の増強も視野に入れ、パルス幅の延長による電子ビーム幅の延長も目的に挙げた。結果、表1の通り、5 μsec のフラットトップから7 μsec 程度まで増加し、電子ビームも従来の4 μsec から5 μsec まで加速できるようになり、ビームの増強につながった。

3. 制御系更新

ライナックの制御系は、設置当初は購入当時に導入された装置を使用していたが、加速管増設にあたって、当時の技術職員の手によって整備された。しかし、整備直後に整備に携わっていた技術職員が転職されたため、図面は残されていたものの不明な部分も多く、トラブルや改造の際には実際に配線を追って確認する必要があった。現在までなんとか使用を継続してきたものの、制御・電源配線の経年・放射線劣化による脆化・液体化の進行もあって、絶縁不良や動作不良などのトラブルが発生するようになっていた。そのため、今回配線を含めて制御系を一新することとした。

今回の更新では、容易に制御の整備ができるようにするためにリレー制御から PLC 制御に変更し、操作系を押しボタン式からタッチパネル式に変更した(図1・2)。加えて、近年加速器施設で発生している火災対応として、制御・電源配線を耐熱性の配線に変更した。

結果、今回の制御系更新により、インターロック整備が行われ、ブラックボックスとなっていた部分はほぼ解消された。また、PLC 制御及びタッチパネル式の操作に変更することで、加速器操作の簡易化が達成され、実際の利用者からも高評価を受けることができた。

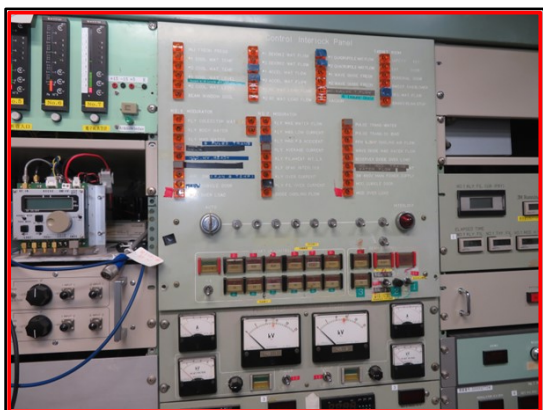


図1 旧制御パネル(押しボタン式)



図2 新制御パネル(タッチパネル式)

4. 更新後のトラブル

モジュレータの更新は約半年、制御系の更新は2ヶ月と長期にわたって作業が実施された。長期にわたる加速器停止の影響もあってか、いずれの作業後も運転再開時にトラブルが発生し、予定していた共同利用再開に支障が出る結果となった。また、モジュレータ更新後に No.1 モジュレータ駆動時のノイズの増加が認められており、ノイズフィルターの追加や一部アースの見直しなど、簡易的にできる対応は実施したが根本的な解決はしておらず、今後の課題となっている。

5. まとめ

ライナックでは近年利用運転が多く、保守にあてられる時間が皆無に等しい状況であったが、今発表で紹介した2年の間に実施できた大型更新により、これまで手を付けられていなかった部分にもある程度手を加えることができた。そのため、経年劣化による突如のトラブルの発生が少なくなることが期待される。

一方、加速器長期運転停止期間後の運転再開にはトラブルが発生したことから課題があると考えられ、より慎重な運転再開方法を検討すべきと思われる。

ドローンによる屋上点検

複合原子力科学研究所技術室 山田辰矢

1. 背景

2015年4月22日、東京都千代田区永田町にある内閣総理大臣官邸の屋上に放射性物質を搭載したドローンが落下する事件が起こった。当時、ドローンは農業分野で導入が進むなど用途が広がっていたが、飛行に関する規制がほぼなかった。この事件により、ドローンの法整備が本格化し、2016年12月10日に施行した改正航空法により、無人航空機（ドローン）の飛行ルールが定められた。

また、この事件後、当研究所においては、2015年4月27日に原子力規制庁核セキュリティ部門より、研究所内の状況確認の依頼があり、巡視対象施設の屋上を目視により点検した。また、2015年5月18日に当研究所の核防護委員会で自主的に定期点検を行うことが決定された。屋上点検を行うためには、点検対象の建屋外壁のタラップを使って昇降しなくてはならず、また安全帯の使用も困難であり、非常に危険であった。そのため、ドローンを使用し屋上点検を行うことになった。

2. 無人航空機（ドローン）に関する制度

- ・2016年 航空法の一部改正 許可承認制度施行
- ・2019年 通達の一部改正 飛行計画通報の義務化
- ・2022年 航空法の一部改正 登録制度施行
- ・2022年 航空法の一部改正 機体認証制度・技能証明制度施行

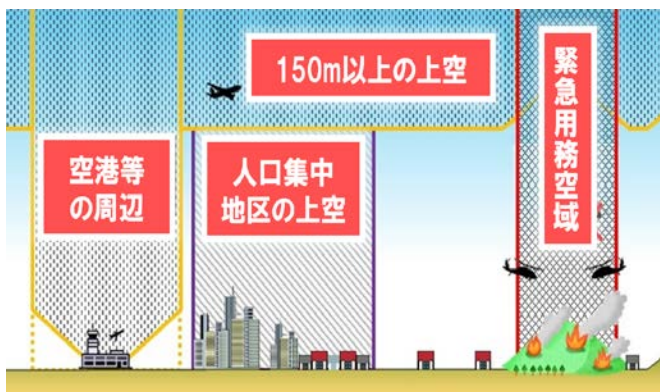


図1 許可承認が必要となる空域



図2 許可承認が必要となる飛行方法

3. 無人航空機（ドローン）を屋外で飛行させるための手続きの流れの一例

- ①機体の購入
- ②機体登録の申請
- ③機体への登録記号の表示及びリモート ID の搭載
- ④飛行許可・承認の申請
- ⑤（飛行前）飛行計画の通報
- ⑥（飛行後）飛行日誌の記載

3. 屋上点検

使用機器：DJI 社製 Phantom4 pro（重量：1388 g、最大速度：72km/h、最大飛行時間：約 30 分）

点検場所：原子炉棟（炉室、燃料プール室）、臨界集合体実験棟（炉室、燃料室）、使用済燃料棟、新燃料室

点検結果：現在まで核防護上問題となる異常等は発見されていない。



写真1 DJI 社製 Phantom4 pro



写真2 使用済燃料室屋上点検時のドローンカメラ画像

出典：国土交通省ウェブサイト (https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10_000042.html)

計測制御系の保守作業及びトラブル対応について

複合原子力科学研究所 技術室 富永悠太

1. はじめに

京都大学研究用原子炉（KUR）周辺には状態の監視・制御の為に多くの計測機器や制御装置が存在している。炉心温度や炉心タンク水位等の信号は制御室及び中央管理室へ集約され、核計装盤・プロセス計装盤・制御卓等で監視や記録を行っている。また、何らかの異常が発生した際には KUR が緊急停止するように安全保護回路が動作するようになっている。

本発表では、計測制御系が行っている保守作業及びトラブル事例の対応について報告する。

2. 計測制御系の保守作業

KUR 非運転中の保守期間には計測制御系の年次点検を行っている。以下に対象機器の一覧を挙げる。

- ・核計装
- ・プロセス計装
- ・制御室・中央管理室記録計
- ・制御室蓄電池設備
- ・炉室地下蓄電池設備
- ・制御室地震計

その他、オシロスコープやデジタルマルチメーター等の計測機器の校正や FC（Fission Chamber：核分裂計数管）駆動機構ケーブルの交換、安全保護回路の動作確認等も保守期間中に行っている。

3. トラブル事例及び対応

3.1. 制御室記録計 No.4 の画面フリーズ

2021 年 11 月 15 日、業務のため KUR 制御室にいた研究炉部員がプロセス計装盤の記録計 No.4（図 1 参照）を見たところ、データ取集中を示す矢印マークのアニメーション表示が停止していた。連絡を受けた保守担当者が確認したところ、記録に関する部分だけでなくトレンドデータの表示画面が完全に停止しており、タッチパネルや押しボタンによる操作も全く受け付けない状態であった。電源ボタンの操作により再起動したところ問題無く起動し、データの記録も開始した。保存データを見ると 11 月 11 日午後から 15 日の再起動までの間のデータが欠落していた。なお、フリーズによる保安規定上定められた記録の欠落およびその他警報動作への影響は無かった。その後メーカーに問い合わせたところ、エラー表示も出ずにフリーズするのは大変珍しい事例であるが過去数例報告されており、原因の特定は出来ないもののファームウェアを更新することで対応できる（フリーズ時に自動で再起動するようになる）との報告を受けた。2021 年 11 月 19 日、記録計 No.4 及び同型機である記録計 No.1 のファームウェアを最新のものに更新した。

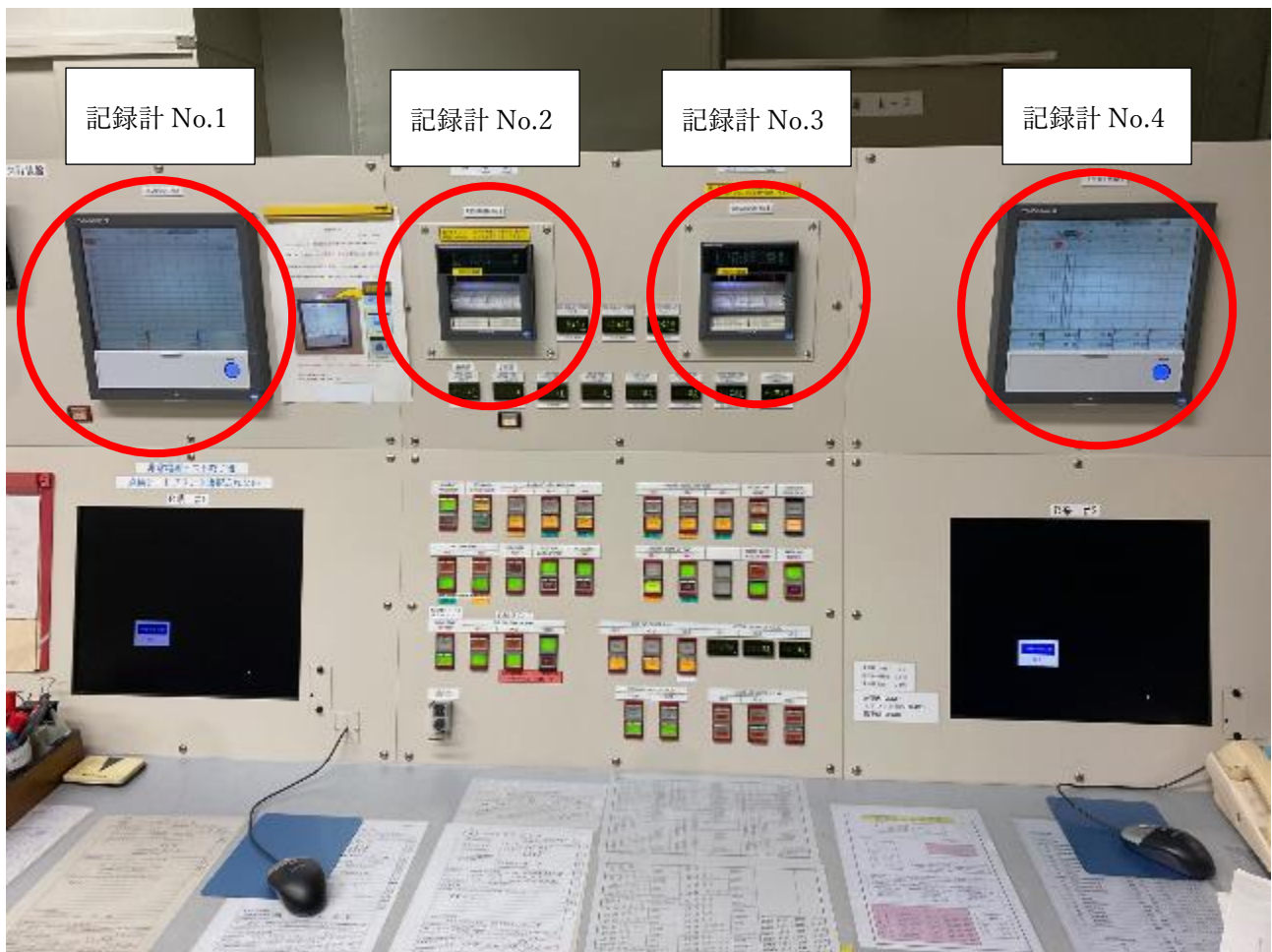


図1 制御室記録計の写真

3.2. オートシム用タイマーリレーの設定時間変更

KURは運転中、出力が線型出力計及び反応度制御系によって一定になるよう微調整用制御棒（以下、微調整棒）による自動制御が行われる。なお、この自動制御は設定したレンジの100%を基準にして行われる。この自動制御において、微調整棒の位置が53.6cm付近以上もしくは13.4cm付近以下に到達するとオートシムが発生する。オートシムとは、指定した粗調整用制御棒（以下、粗調整棒）を設定した時間だけ上下動させ、微調整棒の自動制御の範囲内で基準となる約25cmへと戻す一連の動作の事である。2022年11月8日のKUR運転中、オートシム時に線型出力計の値が最大+104%付近まで上昇した。線型出力が95%から105%の範囲を超えると自動制御が働かなくなり警報が発報する為、予防保全としてオートシム制御用のタイマーリレーの設定時間の変更を行った。タイマーリレーのオフ時間（粗調整棒を引き抜かない時間）を5秒から6秒に変更した。しかし次の運転時にも状況が改善されなかった。オフ時間は6秒のまま、オン時間（粗調整棒を引き抜く時間）を0.5秒から0.4秒に変更した。その後のKUR運転時のオートシム中の線型出力の値は±2%～3%付近であり、状況は改善されたと言える。

3.3. ホットサンプル水位高の誤警報

2023年9月15日KUR運転時にホットサンプル（KUR炉室内で生じた放射性廃水を一時貯留する槽）水位高の警報が発報した（その後複数回発報）。警報は発報の度すぐに復帰、ホットサンプル水位にも異常はなく中央管理室での発報もなかった（なお、その週の運転については、上記の理由や水位計等のパラメータ表示が正常な値であった事から継続して行った）。運転終了後、調査を行った。

警報誤発報時の PLC1・2（警報発報に関する PLC は 2 系統あり）の状態を確認、PLC2 の出力モジュールのみにランプが点灯している箇所があり、PLC2 に不具合があると推定した。また、電磁リレー 265Y1 の不具合も考えられたためリレーの接触抵抗を測定、メーカーの基準値を下回っていた。また、265Y1 が励磁すると警報発報以外にハーモナスや DASBOX にも信号が送られるが、どちらにもログは残っていなかった為、電磁リレーは原因ではなく（また、本事象発生 1 ヶ月程前に 265Y1 の電磁リレーを新品に交換している）、それより下流側に原因があると判断した。電磁リレーより下流側で考えられる原因として、① PLC2 の出力モジュール、② PLC2 の入力モジュール、③ PLC2 のベースユニット、④電磁リレーの信号を PLC2 の入力モジュールへ送る為のケーブルの 4 つの不具合が考えられる。警報発報時の状況から、①出力モジュール及び②入力モジュールの不具合であると推定し、9/15 に出力モジュール及び入力モジュールを新品に交換した。

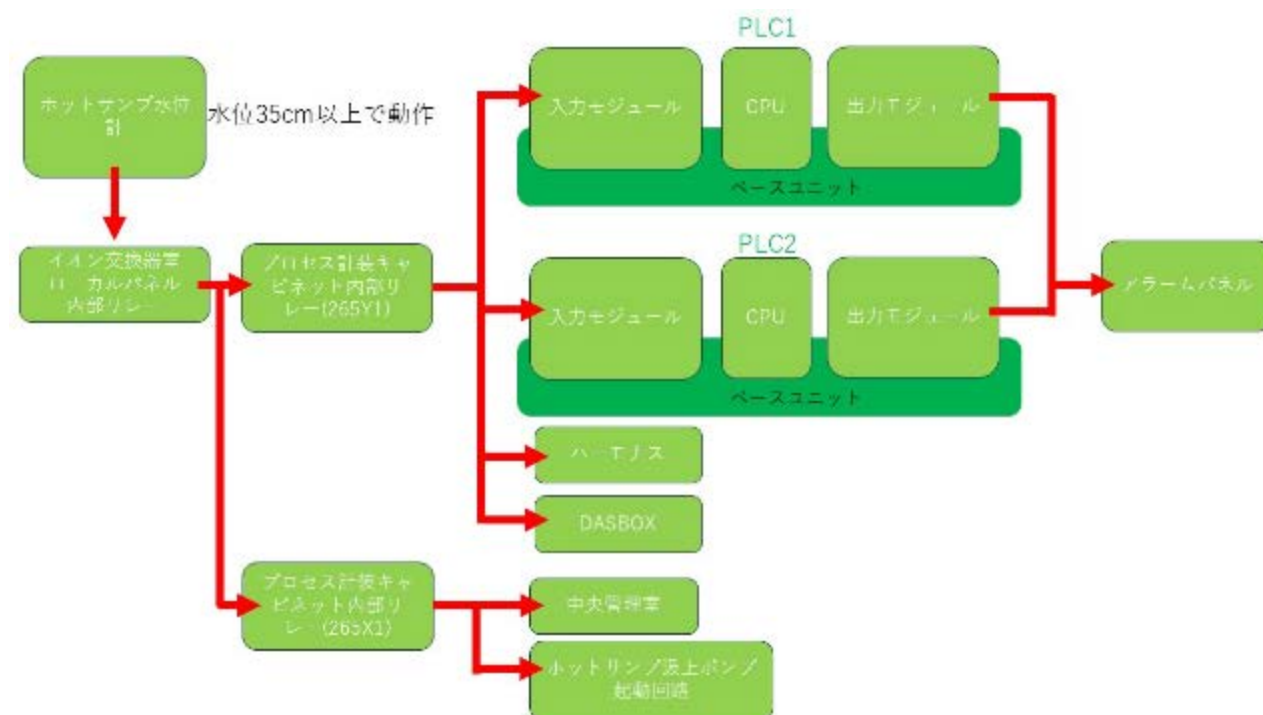


図2 ホットサンプル高水位警報信号経路

4. 最後に

上に挙げたトラブル事案は一例であり、今後も機器の老朽化などに伴う様々なトラブルが考えられるが、数年後の KUR 完全停止までしっかりと計測機器や制御装置の保守を行っていきたい。

中央管理室の移転について

複合原子力科学研究所 技術室 藤原靖幸

1. はじめに

令和3年度から令和6年度までの期間で「総合研究棟(複合原子力科学系)改修・増築工事」及び「ライフライン再生(消防設備等)工事」が実施されることになった。今回は「総合研究棟(複合原子力科学系)改修・増築工事」及び「ライフライン再生(消防設備等)工事」のうち、中央管理室の移転に関する部分について紹介する。特に規制対応、切替工事及び検査について詳細に述べる。

2. 中央管理室の移転に関する工事について

「総合研究棟(複合原子力科学系)改修・増築工事」では従来の研究棟(以下、「第1研究棟」という。)の横に新たな建物(以下、「第2研究棟」という。)を増築し、第1研究棟にある中央管理室やRI管理室、実験室等を第2研究棟に移転させたのちに、第1研究棟を改修するという工事である。また「ライフライン再生(消防設備等)工事」は複合原子力科学研究所(以下、「研究所」という。)の自動火災報知設備、屋内消火栓及び放送設備の更新工事を令和3年度から令和4年度(I期)で実施し、実験排水設備及び放射線施設防犯設備の工事を令和5年度から令和6年度(II期)で実施するというものである。なお「ライフライン再生(消防設備等)工事」には中央管理室に設置する自動火災報知設備や放送設備も含まれる。

中央管理室を移転するためには中央管理室にあるさまざまな機能(監視盤、自動火災報知設備、放送設備、その他)についても移転する必要がある。また中央管理室は原子炉施設であるため、原子炉施設として必要な機能については原子力規制委員会に設計及び工事の計画の承認(以下、「設工認」という。)の申請を行い、承認を受けなければならない。

3. 業務範囲及び体制

「総合研究棟(複合原子力科学系)改修・増築工事」のうち中央管理室の移転に関する業務と「ライフライン再生(消防設備等)工事」のうち、消防設備や放送設備に関する業務のそれぞれを個別業務としてワーキンググループ(以下、「WG」という。)が設置されることになった。WGの業務範囲を図1示す。

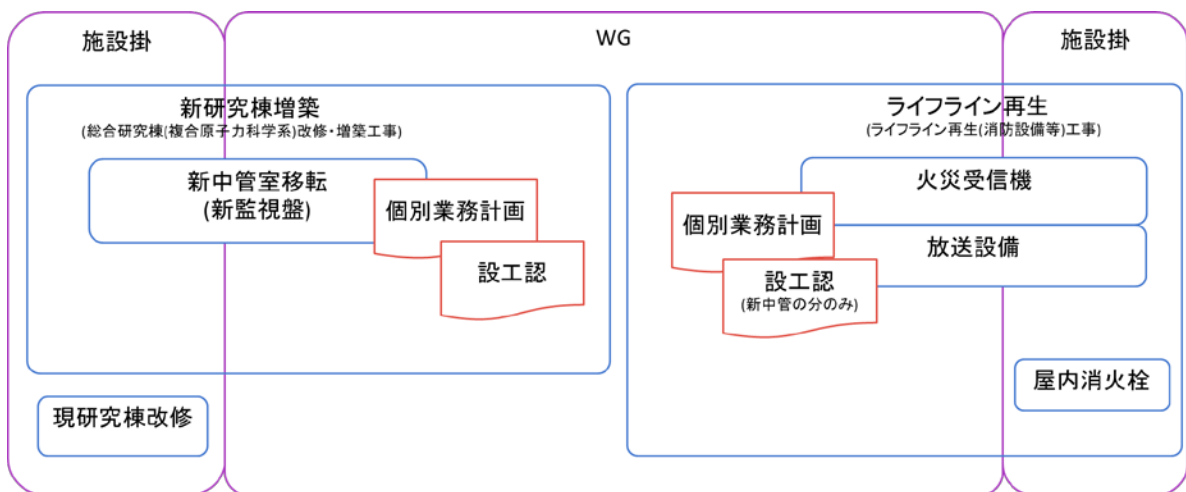


図1 WGの業務範囲

設工認の対象となるのは第2研究棟の中央管理室(以下、「新中管室」という。)の「中央監視盤」、「火災受信機」、「火災感知器」、「消火器」、「放送設備」となった。

2つの業務は相互に調整が必要のため、同じメンバーが対応する方が望ましいと思われたので、同じWGメンバーで2つの個別業務を実施する体制となった。WGの体制を表1に示す。

表1 WGの体制

区分	体制	役割分担
教員	[中]3名 [臨]1名 [廃]2名 [核]1名 [品]1名	業務責任者[中]、設工認申請担当者[中]、 部内点検責任者[中]、部内点検確認者[中][臨][廃]、 品質管理担当者[品]*4、 情報共有[核][品]
技術職員	[中]藤原靖幸 [研]2名 [臨]1名⇒2名*1 [放]2名 [実]1名 [廃]1名 [RI]1名*2 [核]1名	個別業務計画担当者[中]、 調達担当者[研]、設工認申請担当者[中]、 工事担当者[中][研][臨][放][実][廃]、 部内点検担当者[中][研][臨][放][実][廃]、 議事録担当者[臨][放]、 品質管理担当者[品・研]*5 [品・廃]、 検証者[研]、 情報共有[RI]*2[核]
事務職員、 他	[事]3名⇒2名*3 [中]1名	調達担当者[事]、工事担当者[事] 議事録担当者[中]

[中]：中央管理室、[研]：研究炉部、[臨]：臨界装置部、[放]：放射線管理部、[実]実験設備部、[廃]：放射性廃棄物処理部、
[RI]：RI管理室、[核]：核燃料管理室、[品]品質管理室、[事]：事務管理部

*1：2023/4/1以降、*2：2022/6/30まで、*3：3名のうち2名は2023/3/31まで、2023/4/1以降に1名追加、

*4：2021/12/15まで、*5：2021/12/15以降

各管理部のメンバーは設計担当者として各管理部で管理している部分の配線調査や設計への反映状況の確認などを行い、工事担当者として工事の際の立会い、部内点検担当者として部内点検要領の作成及び点検実施などを担当した。設工認申請担当者は設工認申請書の作成から設工認申請書承認までの規制対応全般(ヒアリングや審査会合など)を担当した。品質管理担当者はレビュー記録等の品質記録の作成、管理を担当した。なお、WGには品質管理担当者は割り当てているが念のため品質管理室長にも情報共有するようにした。

工事期間中に異動等の理由でメンバーの変更が行われている。特に第2研究棟に中央管理室を移転する時期(2023年3月～5月)に事務管理部(設備掛)の担当者2名が異動、1名が後任となったときは引継ぎ等がうまく出来ているかなど心配もあったが、後任の担当者と密に確認することで大きな問題もなく対応できた。

4. 規制対応

(1) 設工認対象に関する行政相談

原子炉施設の工事の場合、設工認の対象かどうかで、業務内容が大きく変わってくる。今回の工事では設工認の対象として、第2研究棟の建設自体が設工認の対象となるのか、KURやKUCAの放送設備や新中管室以外の火災受信機などを設工認対象外と考えているがその考えで良いかなどを原子力規制庁

に行政相談を行った。その結果、第2研究棟の建設自体について設工認は不要だが、中央管理室の移転に関する設工認申請において第2研究棟が耐震Cクラス相当であることを明記することとなった。また新中管室以外の放送設備や火災受信機等についても設工認は不要であるとの回答を得た。

(2) 設工認申請書類の不備による申請取り下げ及び再申請

新中管室の「中央監視盤」、「火災受信機」、「火災感知器」、「消火器」、「放送設備」の設工認申請はWGによる品証プロセスを実施したうえで令和4年2月28日に原子力委員会(原子力規制庁の審査班)に提出した。しかし、設工認申請書の添付書類(設置変更承認申請書によるものであることを説明した書類)に不備(添付漏れ)があるとの指摘を受けたため、3月11日に申請取り下げ願いを提出し、3月18日に再度申請をやり直した。

(3) 原子力規制委員会による審査

原子力規制委員会による審査の大まかな流れを図2に示す。

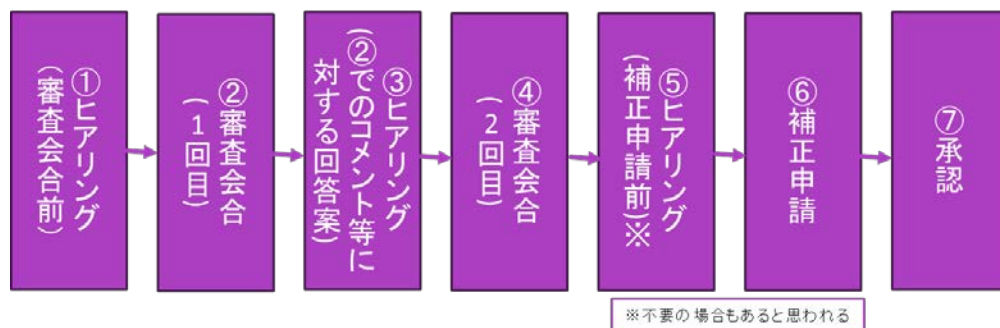


図2 審査の大まかな流れ

今回の設工認では⑤のヒアリングの中で技術基準規則との適合性に変更が必要なものが出てきたため、再度審査会合(3回目)が必要となった。

ヒアリング(11回)や審査会合(3回)では主に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、「技術基準規則」という。)との適合性についての確認があり、いくつかの条項に対する適合性を見直す必要があった。

その後、令和4年11月11日に補正申請、12月19日にまとめ資料の提出を行い、令和5年1月25日に設工認の承認を得た。なお、最近では設工認申請書の記載だけではわかりにくいことや補足説明が必要になったこと等をヒアリングで確認し、その説明に使用した資料をまとめたものをまとめ資料として別途提出を求められる傾向になっている。

(4) 使用前事業者検査、使用前確認、軽微な変更届出

設工認対象設備については、研究所内の独立検査組織である検査小委員会による使用前事業者検査と原子力規制委員会(原子力規制庁の検査班)による使用前確認が必要となる。通常、設工認対象設備は使用前確認の確認証の交付を受けないと使用することができないが、今回の設工認対象設備である中央監視盤や火災対応機器、放送設備は旧中管室から新中管室に切り替えた時点から新中管室での運用が必要となることもあり、切り替えから使用前確認証交付までの間の位置付けなどについて、早めに行政相談を行必要があったため設工認承認後すぐに使用前確認申請を行った。

なお、設工認の承認後に機器の配置の変更が必要となったため、行政相談を行った結果、軽微な変更の届出が必要との回答を得たため、令和5年3月31日に軽微な変更の届出を提出した。

5. 切替工事及び検査

(1) 中央監視盤

中央監視盤を据付するためのチャンネルベースのアンカー打設を令和5年3月3日に行い、3月7日に中央監視盤を据付した。その後に配線や試験調整などを行い、3月29日から各所からの切替工事を開始した。信号切替後は警報や指示・記録が正常に作動していることをその都度、使用前事業者検査を実施して確認した。切替済の警報は新中管室の中央監視盤での警報発報となるが、工事中はまだ新中管室に人が常駐できる状態ではなく、旧中管室に人が常駐しているので、新中管室の中央監視盤で警報発報したことが旧中管室で確認できるように仮設の一括警報を設けて対応した。(図3)

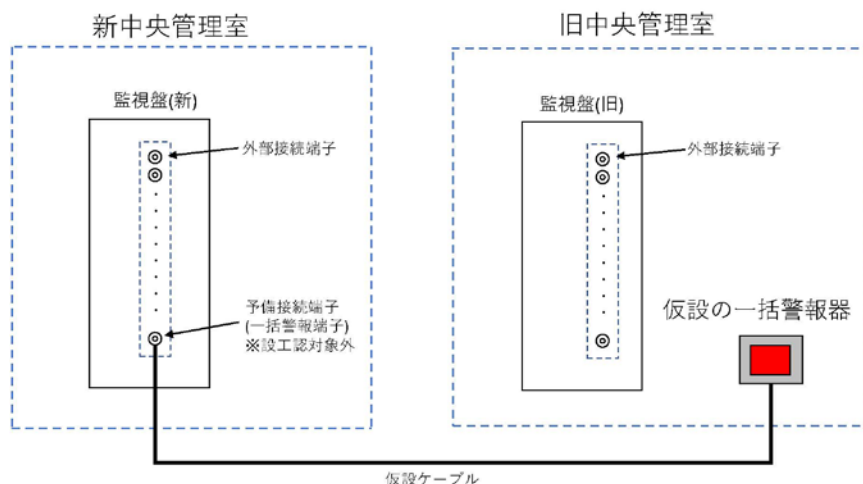


図3 切替工事中の代替措置(一括警報)

(2) 火災対応機器及び放送設備

中央監視盤の切替後に火災受信機の切替を行い、火災感知器、消火器も含めた火災対応機器に対する使用前事業者検査を実施した。その後に放送設備の切替を行い、使用前事業者検査を実施した。また品質マネジメントシステムに関する使用前事業者検査も実施し、令和5年5月17日に使用前事業者検査の合格証の交付を受けた。

(3) 使用前確認

原子力規制庁の検査班が実施する使用前確認に関して、1回目は原子力規制検査として令和5年4月12日、13日に実施した。このときは中央監視盤の切替工事後の使用前事業者検査を立会で確認することと、この時点までに実施した使用前事業者検査に係る検査記録等を確認した。2回目は令和5年5月18日、19日で18日が原子力規制検査、19日が使用前確認として実施した。2回目は令和5年5月17日に合格証が交付された使用前事業者検査のすべての検査記録を確認した。使用前確認の結果、指摘事項はなかったが、気づき事項としていくつかのコメントを頂いた。令和5年5月26日に使用前確認証の交付を受けた。

6. まとめ

中央管理室は職員が24時間365日常駐し、異常の有無を監視する場所のため、監視に必要な中央監視盤や火災受信機(自動火災報知設備)や異常等の周知に必要な放送設備の更新を行う今回の工事は非常に重要な工事であった。また、中央監視盤に関する工事は「総合研究棟(複合原子力科学系)改修・増築

工事」で、火災対応機器や放送設備に関する工事は「ライフライン再生(消防設備等)工事」と別発注の工事2つの工事をそれぞれの個別業務として並行して実施する必要があり、また旧中管室から新中管室への切替期間中の警報管理や代替措置をどうするかなど、複雑さも、かなり大変だった。

中央監視盤はすべての管理部に関連する警報等を集約しているため、WGメンバーもすべての管理部から集め、それぞれの管理部に関連する部分を各管理部の担当で分担して調査や点検等を実施していただいたが、各管理部からの情報集約や確認依頼など全体的なプロセス管理や工事業者との確認事項の整理など取りまとめ的な役割及び規制対応を主に担当した。

今回は設工認申請で添付書類の不備があったり、技術基準規則との適合性について見直しをする必要があったり、工事を伴う使用前確認が初めてであったりしたので、法令関係を再度確認し、設工認申請の業務や使用前事業者検査の業務のやり方を再確認するのに良い機会になった。