

委員会視察報告書

委員会名	柏崎刈羽原子力発電所に関する調査特別委員会
視察地	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（JAEA）檜葉遠隔技術開発センター（NARREC）
調査項目	廃炉技術について
調査目的	福島第一原子力発電所の事故に伴う総合的な研究開発機関である檜葉遠隔技術開発センター（NARREC）の廃炉技術についての視察を行った。
日時	令和5（2023）年11月27日 午後2時50分～4時20分
場所	檜葉遠隔技術開発センター（福島県双葉郡檜葉町大字山田岡字仲丸1番地22）
調査概要	<p>○檜葉遠隔技術開発センター（NARREC）の概要</p> <p>①国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（JAEA）檜葉遠隔技術開発センター（NARREC）は、東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所（1F）の廃炉推進のために遠隔操作機器（ロボット等）の開発実証施設として整備された。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2016年4月本格運用開始 ・2022年度利用実績累計件数496件 <p>②研究管理棟（幅35m×奥行25m×高さ20m）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・VRシステムその他、居室や会議室などの利用が可能 <p>③試験棟（幅60m×奥行80m×高さ40m）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・様々な遠隔操作機器の実証試験に利用可能 <p>ア. ロボット試験用水槽（水中ロボットの実証実験用の円筒形的水槽）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・直径4.5m×水深5m、観察窓12か所、水温：常温～60℃、水質：上水、工水、濁水、塩水 <p>イ. モックアップ階段（傾斜角度、手すり幅、踏板材質が可変式になっており、多様な試験が可能）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・傾斜：40～55度、手すり幅：700～1000mm、踏板：縞鋼板、グレーチング、階段：90度回り、180度回り変更可 <p>ウ. モーションキャプチャ（ドローン及びロボット等の動作を計測可能）</p>

視察の様子	<p>・幅10m×奥行10m×高さ2m、カメラ16台他</p>
	 <p>(会議室での概要説明)</p>
	 <p>(VRシステムの見学)</p>
 <p>(試験棟を背後に研究管理棟玄関前で撮影)</p>	
質疑応答	<p>質問 檜葉遠隔技術開発センターの利用実績の詳細は</p> <p>回答 地元の大学や小・中高生も来られており、コロナ禍で修学旅行でも利用された。また、民間企業の実験や水槽の利用もあった。</p> <p>質問 廃炉全体のロードマップは</p> <p>回答 燃料デブリの取り出しに30年から40年で工程が終</p>

	<p>了を予定している。</p> <p>質問 モックアップ試験でXペネ試験については</p> <p>回答 堆積物については釣り竿でカメラを入れて試験を行っている。</p> <p>質問 施設使用時の費用は誰が負担しているか</p> <p>回答 国の予算で、エネ庁、文科省で予算化されている。</p> <p>質問 水槽の水の管理については</p> <p>回答 水槽の水は定期的に入れ替え、温度管理もしている。</p>
委員会所感	<p>【真貝委員長】</p> <p>国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（JAEA）の櫛葉遠隔技術開発センター（NARREC）は、福島第一原子力発電所の廃炉推進のための遠隔操作機器（ロボット等）の開発実証施設で、研究管理棟と試験棟から構成されている。実規模モックアップ試験を行える屋内大空間・モックアップ試験設備、廃炉作業の作業計画等の検討を行えるVR室、会議・研修を行える多目的室・会議室等の各施設・設備を備えているが、福島第一原子力発電所の廃炉に関わる利用に限らず、幅広い利用が可能である。NARRECでは、遠隔技術に関する幅広い専門分野の研究開発を効率的かつ有効的に進め、得られた成果の情報発信も行う遠隔技術開発の拠点を目指している。国際廃炉研究開発機構（IRID）は、屋内大空間・モックアップ試験設備において、使用済燃料プール燃料取り出しに係る研究開発、デブリの取り出し等のロボット開発研究を行っている。視察の翌日28日、「福島第一原発2号機の格納容器に繋がる扉に詰まった堆積物について、水圧で押し流すための準備作業が始まった。」との報道を研究成果と評価をする。NARRECでは、災害対応ロボットの国際競技会（RoboCup Rescue Robot League）の国内大会であるロボカップジャパンオープンレスキュー実機リーグが開催されており、長岡技大や新潟工科大学も参加している。この大会は研究開発・人材育成に資する活動であり、また、ロボット操作実習プログラムには県内外の中・高等学校が参加しているが、修学旅行で来る中・高等学校もあるとのことである。廃炉、ロボット分野等の体験学習を通して、福島イノベーション・コースト構想に関わる職業や産業への興味・関心を醸成するとともに、将来に対する夢や希望を膨らませることにより、将来を担う人材の育成に向けての取組を高く評価する。柏崎市の中学校も修学旅行等でロボット操作実習プログラム等を体験してもらいたい。</p>

【持田副委員長】

想定していなかった福島第一原発爆発事故。廃炉の完了時期は「40年レベル」と予定されているが、このとおり進行するかどうか、進行させることができるか、困難を極めるのではないか。実態をつぶさにつかむまでの時間もさることながら、その技術の進展、しかもそれが実機に使用できるかどうか、その技術研究と開発が途上であることが確認できる。デブリの存在とその量の確認と取り出しの技術開発は、技術研究組合・国際廃炉研究開発機構（IRID）としての総決算とされ、「数十億キロかなたの小惑星からサンプル採取に成功したはやぶさプロジェクトに匹敵するほど困難な挑戦」として当事者も捉えているものである。しかし現状は、序盤の序盤でもあることは視察行程の中で痛感したところである。つまり、研究し、技術開発し、模擬的実験を行い、安全を確認し、ようやく実機への投入となり、それを更に保守・管理しなければならない。今日、既に700億円規模を投入しての「遠隔技術開発センター」ではあるが、名実ともに、廃炉の完了までに更なる財政投入が必要なことは十分想定できる。同時に重視されなければならないことは、技術者・人材育成である。視察の資料では、「廃炉創造ロボコン」の成果を確認するイベントが継続しているが、この種の取組を進展させることを強く希望するところでもある。さらには、これらの取組が国内におけるロボット技術の向上の中で、地域貢献などへとつながっていくことを望むものである。

【山崎委員】

福島第一原子力発電所の事故を契機に設置された機関であるが、その意義は原子炉格納容器内部モックアップを使った廃炉作業のための試験、訓練や内部の正確なデータ収集によるVRシステムの整備にとどまらず、「廃炉創造ロボコン」など人材育成に寄与する事業も行われていることが、これからも長期にわたって続いていく福島第一原子力発電所の廃炉作業に対する技術者の技術継承につながるものと考えている。ドローンのモーションキャプチャ施設や試験用水槽、モックアップ階段などは廃炉に限らない様々な業態の利用があることが分かった。柏崎刈羽原子力発電所を有する柏崎市においても関連した研究機関の設置場所になり得るのか引き続き注視していきたい。

【星野幸彦委員】

福島第一原子力発電所事故の際、炉心溶融（メルトダウン）により膨大な量の燃料デブリが発生し、事故から12年たっても

取り出しに難航している。この燃料デブリが廃炉作業に影響を及ぼしているわけだが、この櫛葉遠隔技術開発センターの専らの目的は、燃料デブリの取り出しのためであろう。試験棟には様々な実験設備（水中ロボット・アクション解析・階段昇降など）があったが、特に目を引くのは、実際の原子炉格納容器を模したモックアップ試験設備であり、ロボットアームを遠隔で操作し、燃料デブリを取り出すシミュレーションが行われていた。私としては、高線量の燃料デブリを取り出してどうするのか？燃料デブリは取り出さずにチェルノブイリのように永久石棺として管理することの方が現実的であり、放射性物質の拡散の懸念がないのではないかと感じる。

【佐藤正典委員】

櫛葉遠隔技術開発センターは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構に属し、文部科学省及び資源エネルギー庁の所管により国の予算措置がされている国家的なプロジェクトである。施設は最先端の遠隔技術開発を中心とした素晴らしいものであった。国主導で進められていることや、現段階までの遠隔技術の進捗など、初めて現場を視察して実感できた。しかし、改めて原子力発電所の功罪を考えた時に、国の主導によるこれまでの原子力発電政策が明らかに行き詰まりを見せていることについて、今回のような技術開発センターの現場を視察して気付かされた。福島環境回復、福島での研究開発基盤整備などをもって福島復興に貢献していくことが福島研究開発部門としての大きな役割・目的となっているが、やはり福島第一原発の廃止措置に係る放射性廃棄物の処理、すなわち人間が一切立ち入れない現場での燃料デブリ取り出し作業を進めることが大きなミッションとなっていることには変わりがないからだ。志を持った若い世代を始めとした多くの技術者がこの櫛葉遠隔技術開発センターで研究開発を行っている姿を拝見させていただいた。廃止措置（事故原発の廃炉）そのものは生産性のないものだと考えるが、しかし、視察時の説明にもあったとおり、是非ともこの福島で行われている遠隔技術やロボット開発が将来において世界の最先端で活躍できることを心から願うものである。

【池野委員】

JAEAは、東日本大震災の後に出来た、我が国唯一の原子力に関する総合的な研究開発機関。初めて視察をさせていただき、東日本大震災で甚大な被害が起きた東京電力福島第一原子力発電所を安全に廃炉にしていくために、国からのお金によって

様々な企業や幅広い専門分野の研究者や技術者、学校なども関わり技術開発や人材育成に力を入れていることが分かった。高線量で人間が入れないため、ロボットが集めてきた映像データを基に、構内での作業をバーチャルで体験できるシステムも視察させてもらい、技術の高さに驚いた。また、試験棟では、ロボットががれきや段差などを乗り越えて行けるよう、高さや傾斜を様々に変えて実証試験をできるモックアップ階段や、水中ロボット用の試験用水槽なども整備されていた。ちょうど、ロボットアームを使って、溶け落ちて炉の下に溜まっている燃料デブリの取り出す実証試験を行っている様子も視察させていただいた。これから先、30～40年掛かると言われている福島第一の廃炉作業において、被ばくを低減し安全で効率良く進めていけるように、尽力されている方々には、引き続き頑張りたい。福島と同じ原発立地地域の柏崎市としては、連携して廃炉の作業の研究に力を入れていけるといいと感じた。

【三嶋委員】

JAEA 檜葉遠隔技術開発センターは、福島第一原子力発電所の事故から5年後に本格運用を開始した原子力研究開発機構である。基本構想から3年の運用の速さ、復興と廃炉作業への取組の姿勢が形になった施設で、研究管理棟、試験棟に分かれている。国及び地元自治体の要請を受け、福島第一原子力発電所から放出された放射性物質による環境への影響調査を行っている。施設の利用実績は、495件でロボット開発、人材育成、民間企業の四足歩行ロボット開発などに使われ、日本屈指の原子力科学技術研究の中核と言える場所である。実験棟では、様々な問題への対応に取り組み、利用者が実験試験を行っている。廃炉作業には、安全性の確保に加え、危険な場所での作業となるために情報収集が重要となってくる。モックアップ試験を重ねて、慎重に作業工程を組む必要があり、どうしても時間が掛かる。国や県、隣接市町が連携を図り、復興を最重要課題と位置付けつつ、廃炉作業に取り組める環境づくりがしっかり整えられている印象を持った。ここで働く職員は、福島のために、科学技術を生かし、責任を持って仕事に取り組んでいた。

【近藤委員】

JAEA 檜葉遠隔技術開発センターでは、福島第一原子力発電所(1F)の廃炉作業のプロセスを見据えた研究・開発、実証試験が行われている。同施設は令和元(2019)年にも視察したが、廃炉作業の着実な進展に伴い、技術革新も進んでいる

様子を確認できた。今回の視察では、廃炉作業の次の山場となる「燃料デブリ取り出し」に使用するロボットアームの遠隔操作試験が、以前よりも詳細な状況想定下で行われていた。VRシステムが進化し、1F建屋内部の状況が点群データとして詳細に示されたことで、具体的なシミュレーションがしやすくなったと思われる。今後の課題は30～40年掛かると言われる廃炉作業を引き継ぐ人材育成であり、改めて「廃炉創造ロボコン」の意義を実感した。過酷事故を起こした1F廃炉作業の進捗や技術革新には世界が注目していると思う。福島イノベーション・コースト構想の実現に向けて、今後も着実な前進を願いたい。

【田邊委員】

JAEA 櫛葉遠隔技術開発センター（NARREC）の視察は今回2回目となる。ここは研究管理棟と試験棟に分かれており、福島第一原子力発電所（1F）の廃炉が安全かつ効率的に進められるよう、最大の難関である燃料デブリの取り出しに向けた試験や廃炉作業に関する様々な遠隔技術の開発、実証試験が行われている。その他に文部科学省より、英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業の成果を踏まえ「廃炉創造ロボコン」を開催したり、学生実習を行ったり、ロボット操作実習プログラムを組み、技術開発と人材育成にも取り組んでいる。福島第一原子力発電所の事故を忘れないように、あの事故から学ぶべきところは学び、廃炉に向けて、未来に向けて進んでいるという姿勢は非常によく伝わってきた。柏崎刈羽原子力発電所は再稼働やその後の廃炉に向けて人材育成が必要であり、福島と通じるものがあるため、今後も調査、研究をしっかりと行っていきたい。

【山本委員】

今回で2回目となるJAEA 櫛葉遠隔技術開発センターを視察した。施設は東京電力ホールディングス福島第一原子力発電所（1F）の廃炉推進のために遠隔操作機器（ロボット等）の開発実証施設として2016年に整備され運用開始された。研究管理棟と試験棟から構成されるこの施設はロボットシミュレータとモックアップ試験装置を併用でき、廃炉技術について効率的に有効な遠隔技術開発が進められている施設を視察できたことは大変参考になった。特に廃炉技術の研究開発だけでなく、地元小・中・高校の児童・生徒の利用もあるとお聞きし、大学や民間企業の研究や試験などに活用されていた。その中でも廃

炉創造ロボコンが今年で8回目を迎えていて、全国の高専生が廃炉という作業の問題や解決策を考え、ロボット制作を通じて競技課題に取り組んでいる。こういった廃炉技術の研究や人材育成については柏崎刈羽原子力発電所に通ずる部分があるので、今後も調査研究を続けて行きたい。

【西川委員】

檜葉遠隔技術開発センターは、2011. 3. 11東日本大震災における福島第一原子力発電所事故に伴う廃止措置と福島の復興に向けた研究開発を目的として出来た「福島研究開発部門」の活動の一つである。2016年4月の運用開始から7年が経過しており、遠隔技術開発の中核拠点としての役割のほか、企業・大学等に技術開発や実証の場を提供することや、子供や学生など未来の人材育成など地域貢献の役割を担い、実績を積んでいることが理解できた。先進的な設備が整い、技術開発が進められていることに感服するとともに、「福島イノベーション・コースト構想」として浜通り地域等の廃炉、エネルギー・環境・リサイクル、医療関連、ロボット・ドローン、農林水産業、航空宇宙など幅広い分野の産業回復に取り組み、重要な役割だと感じた。これらの活動は、日本だけでなく世界に向けて技術開発・産業支援に寄与できると期待する。また、こういった活動を通して、原子力発電所事故や東京電力の取組を正しく知ることができ、相互理解も進むのではないかと感じた。

【五位野委員】

福島第一原子力発電所事故の発生後、遠隔技術の試験施設として建設が決定され檜葉南工業団地内に建設された。ロボット等遠隔操作技術の研究開発拠点として、燃料デブリ取り出しに向けた訓練を進めていたが、実を結ぶことを期待している。しかし、原子力発電所の事故を想定した訓練は小規模でも実際に事故を起こして訓練することはできず、あくまでも想定した訓練となるので事前にできる訓練は限られたものにならざるを得ない。年間約4千人～5千人の方が檜葉遠隔技術開発センターを視察され、原子力機構では復興に貢献できるように檜葉町と連携して、今後も更に取組を深化させるとのことであるが、根本的な原発政策の転換があつてこそ、被災地と一緒に今後のことを考えることができるのだと思う。

【三宮委員】

デブリの取り出し、廃炉のための最先端技術の開発現場を視察した。VR、ロボットなどは既存技術であるが、高線量下で安

全に確実に作業を進めるために技術者が奮闘していることに敬意を表したい。「イノベーション」を目的にした施設利用の説明があった。全体の利用件数は増えているが、イノベーションを目的とした利用件数が減ってきていた。廃炉を目的とした技術開発と実証試験ではあるが、新たに生まれた技術を活用し、生活シーンを変えるようなイノベーションにつながり産み出されることを大いに期待したい。

【相澤委員】

この度のナレック（JAEA 檜葉遠隔技術開発センター）視察では、数多くある廃炉作業工程のうち、①デブリ回収作業②原子炉建屋内解体作業、に関するメニューが印象的であり、かつ高度な技術が必要であると感じた。①については、実物大の模型にてリアルな現場の状況を作り、ロボット遠隔操作による作業に必要な技術の開発や高度化を図る研究と訓練を実施していた。②については、事故後1～2年後の原子炉建屋内の様子を、数億本のレーザースキャンで点群データを集め、リアルな状態をVR（バーチャルリアリティ）体験できるようにシステム化して、今後原子炉建屋内の物を解体して外へ運び出す際、他に干渉することのない形やサイズの検討ができる装置であった。どちらも気の遠くなるようなデータの収集と解析で、作業被ばくの低減を第一に考えて作られていた。福島第一事故から12年以上が経過するも、いまだ原子炉建屋内は高線量区域のため、人による直接的な作業は困難である。廃炉作業には遠隔操作技術の開発と習熟、そしてリアルな環境を模擬した体験型の訓練なしでは、作業安全は守れないと考える。そしてこれら技術の継承も大変重要であると感じた。

【佐藤和典委員】

JAEA 檜葉遠隔技術開発センターは「福島イノベーション・コースト構想」の一つに位置付けられている。試験棟では「実規模実証試験設備」「ロボット試験用水槽」「モックアップ階段」「モーションキャプチャ」などの設備がずらりと並び、復旧作業に向けての研究が日々進められている。私自身が前回訪れた時よりも、研究者、作業者が多く活動されており、この施設の重要性を改めて感じた。研究管理棟では、福島第一原子力発電所の原子炉建屋内（模擬空間）を自由に移動でき、そこにいるような感覚を体験できる「バーチャルリアリティ（VR）システム」があり実際に体験した。これは、移動経路や速度を設定し、情報の記録・再生が可能であるため、燃料デブリ取り出し、

作業者訓練や作業計画の検討・立案等のためには最も効果のあるソフト対策であると考えます。また、この施設では、廃炉作業の技術開発だけではなく、学生に対してロボット操作実習を行うなど、技術開発に向けた人材育成や地域への貢献に力を入れている。こういったことを考えると、柏崎刈羽原子力発電所を抱える柏崎市としては、廃炉作業も含めた原子力に関する研究開発施設等の誘致を目指すべきだと感じた。

【阿部委員】

数年ぶりに福島第一原子力発電所の事故に伴う総合的な研究開発機関である楡葉遠隔技術開発センターを視察した。試験棟には廃炉作業を実施するための実規模モックアップ試験設備が加わり、以前よりも研究者が多く見られ、ロボットアームなどの性能試験が着実に行われていた。事故を起こしてしまった原子炉を廃炉とする作業は難しく、難題が多いと思うが、前回の視察同様に試験棟内の時間がゆっくりと感じられる。ここでは、廃炉の研究だけではなく、学生に対してロボット操作実習を行うなど、人材育成や地域への貢献に力を入れている。福島のものづくり産業を復活させるための国家プロジェクトである。柏崎刈羽原子力発電所は7基の原子炉を有し、世界最大級の施設であるため、原子力発電に要する研究開発施設の誘致を目指すべきと感じた。今後、研究開発施設の誘致に対して、調査、研究を進める。

【春川委員】

福島第一原子力発電所の廃炉に向けた様々な取組について国費を投入し調査開発研究をしていることに対し、我が国の技術革新の展望が強く望めた。JAEAの組織の中で福島研究開発部門が正に、廃炉措置と福島の復興に向けた研究開発そのものである。1Fの原子炉格納容器底部にある燃料デブリの取り出しに向け、アームロボット開発に試行錯誤し技術的な取組となっており、今後の開発が待たれる。燃料デブリの取り出しの最終的な操作は、東京電力の社員が作業に従事することが分かった。廃炉創造ロボコンは令和4（2022）年で7回目であり、全国の高専12校の参加で今年も12月23日に開催され、ロボットがスタート地点から指定された経路を通り、汚染された高さ2.7m×幅1mの壁の上部を除染し、作業後に再びスタート地点に戻るといった競技の大会とされている。今後もこうした技術更新により、廃炉作業に欠かせない進化したロボットが現れることを期待したい。