

2025年1月9日

早稲田大学ふくしま浜通り未来創造リサーチセンター

早稲田大学ふくしま浜通り未来創造リサーチセンター  
第32回 1F 廃炉の先研究会  
議事録

日時: 2024年11月25日(月) 18:00-20:20

方法: オンライン (Zoom)

出席者: 24名

講演者:

浅間 一: 東京大学国際高等研究所・東京カレッジ・特任教授、東京大学・名誉教授

討論者:

森口祐一: 1F 廃炉の先研究会・副代表、国立環境研究所・理事

井上 正: 1F 廃炉の先研究会・副代表、電力中央研究所・名誉研究アドバイザー

司会:

崎田裕子: 1F 廃炉の先研究会・副代表、環境ジャーナリスト

研究会代表

松岡俊二: 早稲田大学大学院アジア太平洋研究科・教授

オブザーバー:

溝上伸也: 東京電力・廃炉推進カンパニー・燃料デブリ取り出しプログラム部・部長

西巻明美: 株式会社ふたば

藤原広行: 防災科学技術研究所マルチハザードリスク評価研究部門・部門長

伊藤泰夫: 福島イノベーション・コースト構想推進機構

川澄裕生: 共同通信

正岡秀章: 原子力規制庁上席安全審査官東京電力福島第一原子力発電所事故対策室・  
企画調査官(審査担当)・上席安全審査官

吉田明人: NHK 報道局科学・文化部

佐田 務: 日本原子力学会誌・編集長

藤川正浩: NHK 制作局

竹下敦宣: 日本経済新聞

力丸祥子: 朝日新聞

滝 順一: 原子力発電環境整備機構(NUMO) 監事

笹尾英嗣：日本原子力研究開発機構

長沢真路：早稲田大学・学部生

## 事務局

永井祐二：東京農工大学・特任教授

李 洸昊：早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科・講師

任 羽佳：早稲田大学大学院アジア太平洋研究科・博士課程

Hua Yan：早稲田大学大学院アジア太平洋研究科・博士課程

Lin Weiyi：早稲田大学大学院アジア太平洋研究科・博士課程

## 議題：

### 1. 講演

浅間 一：1F 廃炉の技術マネジメントを考える:燃料デブリの試験的取り出しを事例に  
(報告内容は報告資料を参照ください)

## 【質疑・総合討論】

(研究会は研究会メンバーの発言、オブザーバーはオブザーバー出席者の発言です)

井上:なぜロボットが重要なのか。最初に、1F 事故発生後、原子力委員会で事故対応専門部会を立ち上げ、「40年」という廃炉スケジュールが決定された。しかし、このスケジュールには明確な根拠がないまま決定せざるを得なかった経緯がある。その後、浅間さんが話された廃炉汚染水対策の会合にも参加し、議論を重ねたが、途中でその会合を離れた。

次に、私の試験結果に関してが、炉内環境は極めて過酷であり、強い放射線や高温、高湿度が特徴的。放射線によりカメラや半導体、ガイドチューブなどが劣化し、長時間の使用や再利用が難しくなる。また、炉内の構造物がデブリの視認性を妨げ、デブリの状況把握を困難にしている。デブリ表面は酸化が進んでおり、物理的・化学的性質が複雑である。採取されたサンプルはわずか0.7グラムであり、内部の状況を把握するには不十分だが、デブリ取り出しに向けた重要な一歩といえる。

本格的なデブリ取り出しには、まだ時間がかかる見込みであり、準備段階として格納容器や圧力容器にアクセスするための穴を開け、内部構造物を撤去して経路を確保する必要がある。この過程でロボットやその他の高度な技術が不可欠だ。取り出し装置の開発も必要で、デブリを数10キログラム単位で取り出すためには、遠隔操作で動くデバイスを開発することが求められる。取り出したデブリは、例えば、ガラスやジオポリマーで固めて処理する方法も検討されているが、まだ決定には至っていない。今後の技術開発と情報収集が鍵となる。

現在、炉内観察技術の開発が進行中であり、ドローンやテレスコピック装置、歩行装置を活用した技術実験が進められている。これらの技術の早急な実用化が求められている。また、デブリを含む廃棄物の処理方法についても検討が進められており、最終的には廃棄物として安全に処理する必要がある。

最終的にこれらの作業は、炉内観察、デブリ取り出し、廃棄物処理など複数のプロセスが同時に進行するため、相互に干渉しないようにマネジメントが重要だ。情報の共有と関係者間の連携が不可欠であり、組織間の調整を一元化する管理体制の整備が必要である。組織の役割や責任を明確にし、プロジェクトをスムーズに進めるためには、関係者全員が一丸となって取り組む必要がある。

**森口:**2020年にまとめた報告書では、特にサイト外での放射性物質の研究を進めるためには、サイト内、特に炉内で何が起きていたのかを理解することが非常に重要だと指摘していた。これにより、避難のための拡散モデルの作成が可能となり、サイト内とサイト外の研究連携がテーマになった。

また、放射能の大气への放出の解明に関しても、炉内の状況理解がカギになると考えている。微量であっても燃料デブリの分析が炉内での状況解明につながる可能性があり、この点に大きな関心を持っている。

そして、科学者が肝心の時に頼りにならないという問題は、原発事故や震災だけでなく、放射性物質に関わる分野全般で課題となっている。特に、防災や土木の分野の研究者が連携していない状況では問題解決が難しくなる。このため、防災に関連する多分野の学会ネットワークを構築し、原子力分野でも横の連携を進めることが求められていると感じている。

ロボット技術については、未来志向の技術として非常に大きな可能性があり、廃炉の分野でも夢が広がると感じている。廃炉に必要な人材を集めるには、使命感だけでなく、他の分野でも活躍できる技術の存在が重要だ。ロボットのような技術があれば、次世代の人材も集めやすくなり、明るい未来を描けるのではないかと思う。廃炉の進展には技術開発と学際的な連携が必要であり、その中でロボット技術が重要な役割を果たすと感じている。

**浅間:**二人の意見に全く同感であり、特に井上さんの指摘にはその通りだと感じている。現状、マネジメントの重要性が十分に認識されておらず、NDF（日本原子力発電所）にはプロジェクトマネジメントをもっと徹底してほしいと思うが、現時点ではそこまでできていないのが実情だ。

また、責任の所在が非常に曖昧な点が気になっている。通常、自由度を持つ人間が責任を負うべきだが、責任が曖昧になると自由も制約され、問題が発生した際に誰も責任を取らない状況が生じる。例えば、東電の責任問題が国に波及したり、NDFの存在意義が不明瞭になったりする事態は、大きな問題だ。この不明瞭さは、今後の進展を阻む大きな障害に

なると感じている。

森口先生の話にも同意する。特に災害対応や減多に起こらない事故への備えについては、大きな問題だと思う。災害対応の技術やそれを運用する人材を常に確保する必要があるが、これには高コストが伴う。加えて、企業が関与しないと社会実装は難しいが、企業は利益が見込めない分野には消極的である。このため、ビジネスモデルの構築が極めて重要だと思う。さらに、産業として成立させるには、非常時と日常の両方で活用できる「デュアルユース」の考え方が必要だと感じている。

廃炉に関して再認識した大きな課題として、世代を超えた知識やスキルの伝承である。50年以上かかる廃炉作業では、前の世代が引退し、次世代にその知識やスキルをどのように引き継ぐかが難しい課題だと思っている。この問題は、廃炉作業を継続的に行う上で避けて通れない重要なテーマだと感じている。

滝:当初、日本のロボット技術がどのように活用されるのかが見えなかったため、当時感じられた不満は理解できる。科学技術への期待が大き一方で、成果がすぐに現れない現実が不安や焦りにつながっていたのだと思う。科学者や技術が頼りとなる部分が多い中で、複雑なプロジェクトを進める体制が整っておらず、国やNDF、東京電力の責任範囲が曖昧であることが、マネジメントの機能不全を招いている。これが改善されないと、今後の進展にも支障が出ると感じている。

また、森口先生の指摘にある緊急時の法規制やルールの緩和についても非常に興味深い観点だ。しかし、社会的合意を得ることの難しさが現実の課題として存在している。法律や規制に柔軟性を持たせる必要がある一方で、その変化に対する社会全体の同意を得るのは非常に困難だと感じる。

人材育成や技術伝承の問題も確かに永遠の課題であり、特に廃炉のように長期にわたる作業では、継続的な知識やスキルの伝承が不可欠だ。この取り組みは100年単位での対応が必要であり、国の役割が極めて重要だ。しかし、近年その役割が薄れつつあるように感じる。特に、廃炉のような重要な課題においては、国がもっと積極的にリーダーシップを取るべきだという意見には賛同する。

全体として、今後の進展には、関係者間での責任の明確化や社会的合意の形成、そして長期的な人材育成に注力しつつ、国がその方向性をしっかり示すことが不可欠だと感じている。

川澄:責任の所在については私も非常に気にしており、今後どこがどのように意思決定を行い、物事を進めていくのかを注視していく必要があると考えている。そして、今回デブリがわずかに取り出されたことを踏まえ、今後大規模な搬出を行う際に、どの部分が最も大きなネックになるのかについて改めて専門家の意見を聞きたいと思う。

**藤川:** 廃炉における責任の所在が曖昧である点については、私も非常に気になっており、マネジメントに関する指摘にも大変共感している。

今回参加した理由は、エコスのロボット技術に関心があったからだ。開発されたばかりの製品であるため、現時点で十分に活用できていないことは理解しているが、デブリの試験的取り出しが遅れた状況を踏まえ、大規模な取り出し作業に向けて時間と費用を有効に使うためには、ロボット技術の活用が重要だと考えている。

さらに、現在開発されたロボット技術をどのように横展開していくべきかという点についても議論があったが、具体的にどのような仕組みや取り組みが必要だと考えているのかを聞きたい。

**吉田:** 取材を通じて廃炉に関わる責任の所在について非常に気になっている。この部分が一番の問題だと感じており、複雑な全体のマネジメントが誰も主体的に判断できていない状況が続いていると強く感じている。特定の組織を批判するのは良くないかもしれないが、この場で率直に話すと、経産省やエネ庁までこれらの議論を受け止め、改善に向けて動いているのかが非常に気になるところだ。福島での取材を続ける中で、東京電力が主体的に判断できていないことが最大の問題だと感じている。その背景には、ロードマップの進め方や世間への説明の仕方が常にネガティブな反応を恐れて進んでいないという現実がある。

特に、今回の試験取り出しでテレスコに切り替える判断について、なぜそのタイミングで切り替えが必要だったのか、納得のいく説明がないのが現実だ。もし急ぐのであれば、もっと早くテレスコにするべきだし、ロボットアームを使って内部調査を行う方法もあったはずだ。東京電力が主体的に判断し、関係者を説得して進めるべきだったと思うが、現状では東京電力が主導しているとは言えない。この問題がこれまでの議論で解決されていないことに対し、大きな疑問を感じている。浅間先生たちはこの状況をどのように感じているか、意見を伺いたい。

**力丸:** ロボット技術は非常に未来がある分野で、多様な応用が可能だと感じている。しかし、原子炉内の環境は非常に特殊であり、一般的な応用が想像しにくい部分も多い。このような環境下で新しいロボットを開発することが、研究分野やビジネス分野にどのような影響を与えるのかを、浅間先生に聞きしたい。また、2号機で複数のロボットが投入されたことを踏まえ、今後1号機や3号機で新しいロボットを作って、さまざまな課題に対応するためのロボットが開発される際、どのような影響が出ると考えられるのかについても聞きたい。

**竹下:** 今年4月から日経新聞の福島支局長として戻ってきたが、震災直後の取材経験を通じて、福島では風化が進み、当時の記憶や技術的な知識が失われつつあることに強い懸念を抱いている。特に、事故当時の詳細を当時の専門家や政府、東電の関係者が忘れているこ

とに驚いた。唯一、福島県民だけが当時の出来事を鮮明に覚えている。デブリの取り出しについても、現場任せにされている部分が多く、細かい質問に答えられないケースが多いと感じている。福島県民は再度の事故が起こるのではないかと不安を抱えており、この不安を解消するためには、国が責任を持って廃炉の管理を行う組織を作り、専門技術を持つ人材を長期間雇用し、技術の伝承を行うべきだと思う。また、福島県内の企業では、現場にもっと主体的に関わるべきだという声が高まっており、下請けから元請けになる動きも見られる。これに対して、福島にもっと投資し、専門家集団を作り、長期的な廃炉作業に取り組む必要があると強く感じている。今後もこの課題に注視し、取材を続けていきたいと思う。

**浅間:**本格的なデブリ取り出しは試験的取り出しとは全く異なるレベルの作業であり、必要な技術も大きく異なる。具体的には、堆積物を切断し、それを適切に封じ込めて運び出す技術が必要で、そのためにさまざまな技術の検討が求められる。どの方法を選択するかという決断が重要だと感じている。

また、横の連携の必要性についても賛同する。原子力分野では技術開発が進んでいる一方で、他分野との情報交換が不足しているため、学会やシンポジウムなどでの横の連携が重要だと思う。特に原子力は多分野の知識や技術が必要であり、それが外部にうまく共有されていない現状が課題だと感じている。

経産省に関しては、役人が2年ごとに異動するため、長期的に責任を持って取り組む人がいないことが最大の問題だと思う。そのため、学者が中心となり、継続的に議論を進めながら、経産省に対して教育や提案のように体制を作るべきだという意見にも賛成だ。

原子力が他分野に与える影響についての議論が不足している点も大きな課題だと感じている。また、廃炉作業全体を継続的に見守り、マネジメントできる組織がないことも問題だと思う。どこで議論を行い、誰が責任を持つのが明確でない点が重要な課題であり、こうした点について具体的な提案が必要だと思う。

**正岡:**非常時にロボット技術などを産業として運用するのは非常に難しいと感じている。規制側も緊急時の体制をどう整えるかという点で課題を抱えており、緊急時のために予算やリソースを投入するのは現実的ではない場合が多い。そのため、通常業務とどのように組み合わせる技術や知識を引き継いでいくかが大きな課題だ。

また、10年が経過し、3.11の事故を直接知らない世代が増えてきている中で、事故当時の状況をどう伝えていくかが大きな問題となっている。実際の事故では予想をはるかに超える事態が発生するため、それにどう対応するかは難しい課題だと感じている。

最後に、世界の英知を集めることに関連して、アイリッド (IRID) が技術者を集めて活動していたことを知っているが、その機能についてどう評価するか、先生の見解を聞きたい。国が関与した方がうまくいく場合もあれば、関与しない方が良い場合もあると感じて

おり、その点について先生の感触を聞きたい。

**溝上:** 事故後から廃炉作業を見守ってきた中で、ロボット技術と土木技術が廃炉の進展に大きく貢献してきたことは間違いない事実だ。多くのトラブルがあったが、ロボットの活躍には本当に感謝している。最初は、ロボットが現場に入っただけでも成功だと考えられていたが、最近ではマスコミから「何ができたら成功とみなすか」と聞かれることが増えた。現場で働いている立場からすると、こういった質問はプレッシャーに感じることもある。こうした質問が作業者のやる気を引き出すきっかけになるのか、それとも逆にモチベーションを下げる要因になるのか、その点について先生の考えを伺いたい。

**伊藤:** イノベーション構想の中でロボット関連企業の進出が進んでいるが、日本のロボット技術が廃炉にあまり役立たなかったという話をよく耳にする。浅間先生の話聞き、日本には十分な備えがなかったことが改めて実感した。また、平時の利用も含めた話があったが、今後廃炉産業においてロボット技術を開発する際、経済性を担保しつつ産業化を進めることが非常に重要であると感じている。

**笹尾:** 高レベル放射性廃棄物の地層処分を専門としており、現在は原子力機構の施設の廃止措置に携わっている。今日のお話は非常に参考になった。原子力施設の廃炉や廃止措置は長期間を要するため、技術継承や人材育成が重要であると改めて認識した。この点は原子力分野に限らず、広く重要な問題だと感じている。

**佐田:** 私の関心は、デブリが本当に全て取り出せるのか、取り出した後にどうするのか、そしてそもそも取り出した方が良いのかという点だ。これらを暫定的にでも決定し、その決定を基に逆算して取り組みを進める必要があると考えている。ただし、途中で変更する選択肢も常に念頭に置くべきだと思う。

**藤原:** 地震のハザード評価を長年行ってきたが、3.11の時には専門家の意見が局所的で、全体をつなげる視点が欠けていたと反省している。今後は、長期間にわたる計画を俯瞰した議論の中で、個別の作業を位置付けることが必要だと考えている。それを行わないと、専門性の高い議論に終始してしまい、全体の最適化ができず、結果的に全体の見通しが狂ってしまうのではないかと危惧している。そのような事態を防ぐことが重要だと思う。

**浅間:** アイリッド(IRID)という技術組合が役立ったかどうかについては、限界があったと感じている。企業間の協調が、形ではなく、お互いに干渉しない形にとどまっており、技術を出し合って解決することが苦手な日本の産業界の課題が浮き彫りになっている。この点が廃炉においても障害となっており、非常時には柔軟に対応できるような仕組みが求められている。

また、日本の体制として、大きなプロジェクトが始まると途中で変更が難しいという問題がある。例えば、テレスコの変更もそうだが、一度計画が始まると臨機応変な対応が難しくなっていると感じる。

さらに、マスコミからのプレッシャーについても同様に、社会全体で失敗を許さない風潮が強く、目標達成が唯一の評価基準となりやすく、その結果、柔軟な対応が難しくなっている。社会がもう少し寛容になれば、より良い結果が生まれるのではないかと思う。

**井上:**1つ目のポイントとして、今後多くのオペレーションが複数の組織で進行する中で、責任を持てる組織で一元化することが非常に重要だと考えている。明確な組織作りが必要だと思う。

2つ目のポイントは、組織内で人が頻繁に変わることへの懸念だ。特に、最初から関わっている人がいなくなると、その影響が大きくなる。専門家集団を作ることが重要であり、若手からシニアまでを含む集団が代替わりしながら継続していく仕組みが必要だと考える。福島に専門家集団を作ることが非常に重要であると強く感じている。

**森口:**井上さんの意見には基本的に同意しているが、私はあまり楽観的には考えていない。日本は福島原発事故のような大きな出来事があったにもかかわらず、あまり変わらなかったことが多かったと感じている。それこそが福島原発事故の最大の教訓だと思う。役所の2年ごとのポジション変更という体制は変わる気配がなく、理想論を語るのは簡単だが、現実の中でどう進めるかが重要だ。

また、福島県知事が繰り返し言っている通り、国が責任を持つと宣言しても、実際には無責任に感じる人が多い。理想通りには進まないことを前提に、現実的な解決策を考えるべきだと思う。

非常時の対応については、災害廃棄物処理に関する法改正が行われ、平時にはできない対応が可能になっているが、それでも依然として不十分だ。大災害が続く中で東日本大震災の教訓は生き続けているものの、原発事故については「二度と起こらない」という思い込みがあり、本気で準備ができていない部分があると思う。こうした現実を踏まえ、現実的な解決策を見つける必要がある。

**崎田:**地域が変わろうとしているという話があり、廃炉の話も地域と連携して技術のことまでしっかりと話せるようになっていけば素晴らしいと感じた。今日の進行を通じて、何かのきっかけになれば嬉しいと思う。

**松岡:**福島の県民の方々が2011年3月以降の出来事をしっかり覚えており、燃料デブリ取り出しやその後の問題に対して深く考えていることは、東京にいる我々もしっかりと受け止めなければならない。また、森口さんが指摘したように、国が責任を持つと宣言することで無責任な構造が生まれやすいということもしっかり考えておく必要がある。

一方で、少しずつ変化もみられる。科学者や技術者が社会と向き合い、様々な分野を超えて協力する形を作り出さない限り、この国は失われた30年から抜け出せないし、福島の教訓も世界に示すことはできないと感じている。この13年8ヶ月を通じて、様々な分野の

方々と議論できるようになったことは前進だと思っており、今後も引き続き、社会が少しずつでも変わるように努力していきたい。それが 1F 廃炉にとっても良い方向に繋がると信じている。

#### 付記

『朝日新聞』2024年11月16日付の「(耕論) どうする廃炉」に、松岡と浅間さんの 1F 廃炉に関するインタビュー記事が掲載されています。

[https://digital.asahi.com/articles/DA3S16084937.html?iref=pc\\_ss\\_date\\_article](https://digital.asahi.com/articles/DA3S16084937.html?iref=pc_ss_date_article)

(以上)