

「福島第一原子力発電所における今後のリスク要因とその防護策」  
フォローアップセミナー議事録

主催 日本原子力学会 原子力安全部会  
日時 平成 28 年 6 月 20 日（月） 13:30～17:30  
場所 東京大学武田ホール  
出席者数 約 120 名

（講演者・発言者 敬称略）

**開会の挨拶と趣旨説明： 関村直人（部会長、東京大学）**

原子力安全部会は日本原子力学会の部会の一つだが、設立は意外と新しい。しかし、安全を深く議論していくのと同時に、部会に課せられた課題は大きくなっていると考えている。それは、設立趣旨にあるように、安全が技術、社会の様々な場面に出てくる課題をうまく結びつけながら本来の課題を解決するという、横串を刺すような活動を進めるべきということがあり、安全部会が果たすべき役割は、原子力安全という一般的な用語にはない更に深い意味を持っていると考えている。

原子力安全部会は福島事故後 1 年の内に 8 回連続のセミナーを開催し、2013 年春までに報告書を取りまとめた。学会、IAEA 等で活用され、英文化もできている。その後、2013 年秋から、日本原子力学会春の年会、秋の大会で半年ごとに企画セッションを開催しており、2016 年春の企画セッションで 6 回目となった。しかし、企画セッションは 90 分と時間が限られるので、フォローアップセミナーを企画し、少し時間をゆっくりとって議論をあらためてしている。企画セッションと同様の講演をさせていただいたうえで議論を深めていくやり方をとっている。

今回も春の企画セッションの内容を改めてご講演いただく。資料等はほぼ同様あるいは少しアップデートしたものをご用意いただいた。東京電力 山下様からは「福島第一原子力発電所の現状」について、資源エネルギー庁の青木様からは、国として廃炉を進める立場から「福島第一原子力発電所の廃炉におけるリスク要因と対応策」について、規制庁の金城様からは「規制委員会が目している福島第一原子力発電所の短・中期のリスク」について講演いただく。ご講演の後、総合討論で、東京大学 山口先生、JAEA 小川様、IRID 高森様にパネリストに加わっていただき、議論を深めていく。

このような形で、さまざまな分野に横串を刺すような議論が深められればと考えている。特に福島第一の廃炉は事故炉の廃炉であり、世界でほぼ初めての経験の作業、さまざまプロジェクトが進んでいる。これには規制のみな

らず、推進行政の立場からも的確に進めること、実施母体としての東電はもちろん、IRID等の活動がうまく議論を深めていき、課題を明らかにし、リスクの考え方という原理原則からどのように対応した策を皆さんと一緒に検討できるか、それを実行段階に移せるか、コミュニケーションをどのように進めることが必要か、外に向かったの発信をどうするのか。課題については極めて多岐にわたるものがあると考えている。

日本原子力学会でも廃炉検討委員会で議論が深められているところではあるが、あらためて原子力安全部会としての立場に立って、議論を深めていただければと考えている。福島での廃炉活動は今年で終わったり、来年で完了したりするというものではなく、世代を超えて30年、40年以上の期間の活動となることは明らか。そのためにも安全部会の場を使い、皆さんと基盤的な議論をさせていただくことが極めて有効と考えているので、本日は活発な討論、議論をよろしくお願ひしたい。

#### (1) 福島第一原子力発電所の現状： 山下理道（東京電力）

原子炉等の状況は、圧力容器底部温度、格納容器内温度、燃料プール温度は非常に安定している。注水量も各号機目標にしている4.5m<sup>3</sup>/hくらいで冷却できている。敷地境界の追加的な実効線量は、2015年3月は1.44mSv/年であったが、現在は1mSv/年を切っている。港湾内の放射能濃度は海側遮水壁の閉合後、非常に低い値に下がり、今もその値を維持できている。

続いて、中長期ロードマップの各分野の状況を説明する。

汚染水対策は、汚染源を取り除く、汚染源に水を近づけない、汚染水を漏らさない、の三つの基本方針に基づいて進めている。

一つ目の汚染源を取り除く対策は、多核種除去設備とストロンチウム除去施設で運営している。2015年3月に約17万トンあったRO濃縮塩水をゼロにした。ストロンチウム処理水は、減っていくのが理想だが、18万トンで平衡している。多核種除去設備による汚染水の処理が進み、2016年5月には64万トンとなった。

二つ目の汚染源に水を近づけない対策としては、サブドレンから地下水をくみ上げ、浄化して排水している。また、凍土方式による陸側遮水壁により建屋への地下水の流入を防ぐため、まず海側の一辺を凍結し、地下水がどのような変化を示すか見定めたいうえで、山側の凍結を開始した。雨水の土壌浸透抑制としては、地表面をアスファルト等で覆うフェーシングを行っている。

三つ目の汚染水を漏らさない対策としては、海底に鋼管矢板を打ち込み、遮水壁を設置した。また、汚染水貯留タンクを、当初のフランジ式から溶接式にリプレースしている。

使用済燃料プールからの使用済燃料の取り出しは、4号機は2014年12月に完了した。3号機は、オペレーティングフロアで有人作業ができるよう除染をするとともに、遮蔽体の設置を始めた。オペレーティングフロアにカバーを設置する訓練を小名浜港で行っている。1号機は今後、ガレキの除去に着手していく。カメラを入れたところ、燃料取扱機や天井クレーンが燃料プールに落ちこんだ様子はなく、燃料が破損している心配はなさそうであった。

燃料デブリの取り出しとして、1号機でミュオンによる透過撮影をした。2号機でも小型の装置で透過撮影を始めた。PCV調査として、1号機ではロボットを2回入れた。今年度中に一つ下のフロアに入れる準備中。2号機は貫通部から入れる計画だが、線量が高くまだ入れられていない。3号機は貫通部からカメラ、温度計、線量計を入れた。線量はPCV壁面近傍で約1Sv/h。

廃棄物対策について、当面10年程度で80万t発生すると予測し、減容して20万tにする計画。現在の保管庫の容量は数万t。雑固体廃棄物焼却設備の運用を開始し、順調に運転している。

最後に労働環境の改善。一時期、日に約7千人超の作業員が入っていたが、凍土壁等の工事が落ち着いてきたこともあり、今は5、6千人の間を推移している。事故前より少ない。地元雇用率は約50%。全面マスクエリアは限定的になった。半面マスクエリアも1～4号機周辺とタンクエリアのみ。それ以外は防塵マスク、サージカルマスクで移動できる。防塵マスク、サージカルマスクエリアの装備は一般作業服である。厚生施設も整備しており、最近、シャワー設備の運用を開始し、コンビニエンスストアも開店した。

## (2) 福島第一原子力発電所の廃炉におけるリスク要因と対応策： 青木常吉 (資源エネルギー庁)

福島第一原発における廃炉・汚染水対策の進捗、福島第一原発の廃炉のリスク要因、燃料デブリ取出しのリスク要因と対応について説明する。

1つめは廃炉・汚染水対策。廃止措置に向けた工程と中長期ロードマップは昨年6月に改訂された。リスク低減を重視しつつ、30～40年後の廃止措置終了を目指して、目標工程を明記した。改訂のポイントは、リスク低減の重視。優先順位を付けて対応し、スピードだけでなく長期的にリスクを確実に低減すること。次にマイルストーンの明確化。地元の声に応え、今後数年の目標を具体化した。また、徹底した情報公開を通じた地元住民との信頼関係を強化するため、福島協議会を設置しコミュニケーションの更なる充実を図る。そして、作業員の被ばく線量のさらなる低減と労働安全衛生管理体制の強化。最後に、原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)を強化した。昨年8月にこれまでの支援機構に廃炉等支援を加えて、研究開発の一元管理、国

内外の叡智結集を図る。汚染水対策の現状については、先ほど東電から詳細な説明あったので省略するが、IAEA の評価では、2013 年 12 月には公衆安全が確保されているとされた。2015 年 6 月には海洋の環境は安定しているものの、モニタリングは継続するべきとされた。

2 つめは福島第一の廃炉におけるリスク要因について。NDF の技術戦略プラン 2015 に記されている「潜在的な影響度の評価」では、各々のリスク源について、放射性物質のイベントリ及び実効線量を評価し、それらの性状を考慮して潜在的影響を評価。「閉じ込め機能喪失の起こりやすさの評価」では、建屋や設備の損傷状態及び管理の必要性等に基づいて比較を行い、閉じ込め機能喪失の起こりやすさを分類した。リスクの起源に応じて最適なタイミングと方法の選択・実施、作業の柔軟な見直し、進め方の十分な説明を行い、全体としてのリスクの最小化を図った上で安全に作業を進め、結果として早期の作業完了につなげていくことで、可能な限り速やかな廃炉を実現していくことが必要。

3 つめはデブリ取り出しにおけるリスク要因。福島第一原発の廃炉について、国で予算化して全 14 項目について研究開発を実施。大きく分けて内部調査、取出し工法の開発、作業環境の向上、取出した後の廃棄物処理・処分、使用済燃料保管の長期健全性の評価がある。

燃料デブリの量・位置・性状や放射性物質の分布を把握することは、取出し工法の決定や機器の開発にとって重要。事故進展解析コードに実機の調査から得られるデータを反映して炉内状況の把握の高度化を図る。原子炉格納容器内部の調査にロボットを使う。今後は、ペDESTAL内調査（2号機）、ペDESTAL外調査（1号機）、水中調査（3号機）を行う予定。

その他、原子炉圧力容器及び格納容器の耐震健全性を踏まえた冠水工法成立性評価、ペDESTALの侵食影響評価を実施した。今後は、大規模地震時における圧力容器・格納容器内の重要機器の安全シナリオを構築し、機器が損傷した場合の波及的影響について評価し、その対策案を考察していく。

燃料デブリの臨界管理技術については、最新情報を反映して水張り時及び燃料デブリ取出し時における臨界シナリオと臨界リスクを評価し、重点的に管理すべき箇所を特定した。今後は、臨界管理技術について実機適用性判断のためのデータ取得、運用方法の策定を行う。

原子炉格納容器漏えい箇所の補修技術は、冠水に必要な技術。格納容器を止水し水位を上昇させることができれば、作業員や周辺環境への影響を低減することができる。今後は、止水すべき箇所、止水補修方法及び漏えい量の評価結果を整理し、評価結果を踏まえた実現性の高い格納容器水位等を評価する。

最後に、燃料デブリ取出しにかかるリスクと対応について。リスク評価、リスク低減及びリスク管理のため、研究開発、内外知見活用など。最終的には、地域の方や作業員が受容できるレベルにまで低減させること。

その他の話題について。TMI では事故後、燃料デブリ取出しに至るまで、かなりの時間がかかった。また、NDF を強化するため、NDF、政府、東電、国際廃炉研究開発機構（IRID）、日本原子力研究開発機構（JAEA）、そして原子力規制委員会からなる枠組みを構築した。さらに、研究開発の連携を強化するため、NDF 内に廃炉研究開発連携会議をおいた。2015 年 12 月の第 2 回会議では、研究開発の連携強化に向けた取り組みとして具体的なアクション（研究開発ニーズ、シーズに関する双方向の情報発信・共有と基盤構築、双方向連携の場の強化と多様な研究者の参加拡大、研究施設及び研究現場で協働する連携の強化、人材の育成・確保・流動化に関する取組みの強化）が示された。個人的には 4 つめの人材育成・確保・流動化に関する取組の強化が大変だと考えている。人材を継続的にどのように育てていくかが重要な課題。

#### <質疑応答>

Q（阿部）：中長期ロードマップを読むと、その中には放射線安全上のリスク、労働安全上のリスク、風評被害といった社会的なリスク、廃炉の順調な遂行が影響を受けるリスクなど、放射線リスク以外にもさまざまなリスクが存在する。今回の報告では放射線にかかるリスクについて述べられていたかと思うが、事業が上手く進まないリスク、風評被害に係るリスクなどについてのお考えがあれば教えて頂きたい。

A（青木）：事業が上手く進まないリスク、風評被害によるリスクについて。何もしてないわけではないが、特に汚染水対策など、トリチウムなど、専門家ではないが聞き及ぶ範囲では人体にひどい影響が及ぶほどではないといわれているが、地元の方々には恐怖心がある。その辺もふくめて地元の方々に安心いただけるように対策を進めているところ。

### （3）規制委員会が注目している福島第一原子力発電所の短・中期のリスク： 金城慎司（原子力規制庁）

原子力規制委員会が発足後、福島第一原子力発電所は特定原子力施設といった新たな制度で規制されている。特定原子力施設とは、災害が発生した施設について、その状況に応じて適切な管理を行うための制度。規制委員会は「措置をすべき事項」を示し、東京電力がそれに基づいて実施計画を立てている。その認可審査の段階で、規制委員会は計画の安全性を確認している。

原子力規制委員会として早く問題解決するため、平成 27 年 2 月に「中期的リスクの低減目標マップ」を策定。大きなリスクから退治していく目標を決めて、どの時点までに何をするのかを示しており、目に見える形で廃置措置が進んでいることがわかるようにしている。安全上の観点から周辺住民へのメッセージにもなると考えており、各市町村及び公開の場で説明している。

中期的リスクの低減目標マップの 1 項目である「敷地境界外への影響の抑制」としてダスト飛散防止対策が重要であり、構内ダストモニタの増設及び警報発生時の迅速な通報を実施している。

次に労働環境整備として、労働者がゆっくり休憩とれるような給食センター及び大型休憩所の整備、全面マスクの着用不要化に取り組んでいる。

持続可能な汚染水対策／長期安定的な廃棄物管理として、リスクが高いと考えていた 2、3 号機海側配管トレンチの高濃度汚染水が除去されたことで不安定な管理状態にある汚染水中の放射性物質量が 1/100 まで低減された。汲み上げられた汚染水は ALPS で浄化してタンク内で保管している。また汚染された地下水を海に流さないようにするための海側遮水壁も完成している。

液体廃棄物の海洋放出は過去にも従来の原子力施設で実施され、国際基準、個々の法律に基づいて規制されている。公衆被ばくの線量限度は、福島第一原子力発電所でも放射性物質からの影響を合算して年間 1mSv 未満とされている。通常原子力発電所では海水中の放射性物質濃度で判断しているが、福島第一原子力発電所では排水口から海に流す段階で基準を満たしていることを確認している。またトリチウムについても考慮されている。

実施時期が不確定なこととして液体廃棄物の総量の削減がある。その対策として規制基準を満たした形で海洋放出を考えている。地元説明は科学的な説明に加えて、量を目に見える形で説明している。ALPS 処理水の貯蔵を継続することによって労災リスクの増大、作業スペースの縮小などのリスクが増えているために、早急に解決すべきと考えている。

上記のようなしっかりとした土台の上で燃料取り出し／炉内調査があると考えている。燃料取り出し／炉内調査としては、東京電力が実施している計画に対して確認している。時間がかかっているのは原子炉上部の線量が高く、遮蔽を実施し、作業を進めているため。

この他にも外的なリスクを考える必要があり、現実的に想定される地震、津波への対策は実施済みである。さらなる耐震、津波対策の強化など減災を含めた対策を検討・計画している段階である。

#### **(4) 総合討論**

司会：阿部清治（部会幹事）

パネリスト： 山下理道、青木常吉、金城慎司、山口彰（東京大学）、  
小川徹（JAEA）、高守謙郎（IRID）

討論に先立ち、総合討論から参加のパネリスト3名からプレゼンがあった。

○廃炉におけるリスク管理と意思決定（山口彰）

福島第一原子力発電所の廃炉は、プラントの状況把握が不十分であり、多くのリスク要因があり、総合的に見ないといけない。作業が多様である、長期間にわたるので状況が変化する、初めての経験である、などの特徴があり、原子力発電所のリスク評価プロセスとは異質な方法を構築する必要がある。

現在、廃炉検討委員会のリスク評価分科会では、次の6つステップにしたがってリスク評価の検討を行っている。すなわち、①成功パスの明確化、②各要素に対する脅威の洗い出し、③事象の決定、④リスクの定量化、⑤シナリオの分類とリスク曲線、⑥リスク管理の提言、である。

また、リスク指標についても福島第一の廃炉では特徴的なものがあり、放射線リスクに加えて、将来リスク期待値、コスト、廃炉ロードマップへの評価など、プロジェクトリスクも考慮しなければならないという議論をしている。

リスク管理と意思決定につなげていくことがリスク評価の目的であるが、その論点と課題として、次の5つが挙げられる。①経験の不足、②時間の経過とともにリスクが変化する、③多様な指標の比較考量、④評価の判断基準、⑤不確かさの考慮。これらを含めてリスク評価、管理を進めることが肝要。

○福島第一原子力発電所の廃炉における基礎基盤研究の役割（小川徹）

福島第一の廃炉は、経験のない、非常に様々な技術、知見を必要とすることから、まず第一に研究の人材、技術分野といったリソーススペースの拡大に取り組まないといけない。そのために廃炉基盤研究プラットフォームを形成した。

官民で福島第一廃炉国際フォーラムにおいて、英国の参加者から廃炉のリスクと許容される時間の範囲について、官民が議論しているという図が示された。維持困難な時間領域に入るまでの時間尤度、リスクを早期に低減するために増加する短期的なリスクをどう抑えるかを考えないといけない。

時間尤度の評価では、構造材料の健全性評価、防食技術、デブリの長期的劣化など。構造用鋼の放射線複合条件下腐食、酸化ウラン・デブリの長期安定性などに取り組んでいる。短期的リスクの増加抑制では、作

業者被ばく、環境放出の抑制、計量管理、可燃性ガスの管理など。線量分布評価の高精度化、炉内デブリ組成遠隔その場分析法の開発などに取り組んでいる。これらのキーワードを挙げながら基礎基盤研究マップを作っている。

基礎基盤の役割として、廃炉の研究を進める中で、事象を調査して初めて分かったことを将来の安全性向上へと展開することも考えていけないといけない。セシウム含有粒子がその典型。

#### ○IRIDにおける燃料デブリ取出し技術の開発（高守謙郎）

デブリ取り出し技術開発の安全設計方針の検討状況を紹介する。

現在、工法検討、システム検討、取出装置開発の実現性を見ながら29年度以降の開発計画を策定している。

基本プロセスフローから工法の詳細ステップを検討している。負圧管理システムなどの主要システムは、火災、漏えい、臨界のリスクなどを考えながら要求事項を作っている。個々のリスクに対する設計は開始できているが、その体系化にあたっては深層防護を考えることになる。しかし、そのモデルがないので基本に戻って検討を始めた。燃料デブリ取り出しの場合は10年以上冷却した使用済燃料なので、冷やす、止めるはかなり軽減され、閉じ込める機能が徹底的に求められる。弱点はバウンダリ。現状のバウンダリをどこまで補修できるか、新たにどのようなバウンダリを作って、深層防護を高めていくのかが一番難しいところ。

議論をしつつ基本に立ち返らないと体系的な深層防護を作れない。原子力安全が初めにあり、安全原則、基本安全機能、そして安全機能を設定する。

深層防護を見ながら安全上の要求機能を深めていく一方で、それらを束ねて安全設計方針を組み、規制要求事項も含めて一旦安全要求をまとめる。そして機器に対する機能要求・概念設計となり、必要に応じて見直ししながら最適な設計を進めていく。

課題は、例えば立派な安全要求仕様を作っても、合理的な作業線量で構成が作れるのか、作業ができるのかという心配が出てくる。相反するリスクが出てくる可能性がある。

安全要求を確定し、それに従って設計を進める新設プラントのようなやり方には限界がある可能性。しかしその中で最適点を見出していかなければならない。個々の安全要求を束ねた中での最適化が、深層防護の構成を作っていく中で非常に大きなポイントになる。最大リスクに対してトータルリスクという観点からのトレードオフも考えていけないといけない。



司会により課題が次の7つに整理された。

- ① 汚染水対策
- ② 施設内の状況 (e.g. デブリの性状や分布) の把握
- ③ デブリ取り出し工法に係る課題と解決策
- ④ 作業の安全な遂行に寄与する支援技術
- ⑤ プロジェクトに係るリスク評価・リスク管理のあり方
- ⑥ リスク・コミュニケーションのあり方
- ⑦ その他の課題

<課題解決を支援する側のプレゼンに対するニーズ側からのコメント>

山下：小川さんがプレゼンで示された、時間とリスクの管理に係る考え方の図は、福島第一の廃炉を進めるにあたっての社内での議論と同様である。ただし、縦軸のリスクを何にするかが難しい。例えば、公衆被ばくを縦軸にするとしても、どの様に定量化するかとなると難しい。縦軸を何にするかの合意ができて、リスクの増減についてステークホルダーとの合意ができないと作業が進まない。通常原子炉と異なり、福島第一原子力発電所においては作業が進まないということはリスクが減らないことを意味する。色々な形で作業を進めていく必要があり、どの様に縦軸のリスクを考えるかが課題。皆さんのご意見も伺いたい。

青木：汚染水対策は国として最初に取り組むべき課題である。風評被害はリスクコミュニケーションに通じるのではないか。汚染水は増え、汚染水のタンクも増えていくため、地域の人も含めてどの様に対処するか、学会としての認知を図っていくことも課題である。知見を持った人の方法を活用すれば、課題は解決するのではないか。マスクを必要とするエリアが大幅に減少していることなど、現状に対する国民全体の認知度を上げていく必要がある。

金城：一つ一つの成功の path を定量化する必要がある。廃炉作業を進める際、人と環境を守る必要がある。汚染水対策をどの様に講じるのかは最初に考えるべき課題であるが、燃料デブリの取り出し等と比較すると、一番簡単かも知れない。それは液体廃棄物の海洋への排出といった道が見えており、他の課題に比べれば情報も経験もあるためである。汚染水対策の解決策を持っているため、時間軸をいかに早く進めるかが重要な論点。敷地外の人たちへの影響などについて定量的な議論をすることも必要である。

<課題解決を支援する側からのコメント>

山口：原子力発電所のリスクを語るときは社会的正当性を考える。福島はゴールは廃炉を確実に進めることと考えると、人と環境を護るためのリスク指標だけでは不十分で、更に付加的なリスク指標を考え、意思決定のためには定量性の考慮、複数の指標の統合化、不確かさの考慮が必要。福島の廃炉のゴールは人と環境を守ることと考えると、誤った方向に行く可能性がある。我々全体としてリスク管理目標をどの様に定めるのかを考えるのが非常に重要。リスク・コミュニケーションはこれに続くものとする。

小川：経験が無い世界のため、オペレーション・フィージビリティをリスクの観点から方法論を含めて評価する必要がある。作業の停滞自体がリスクであり、停滞をいかに避けるかについて議論する必要がある。リスク・コミュニケーションでは、足踏み状態が問題となる。

高守：作業員の被ばくは実線量であり、他のリスクと異なり実数である。燃料デブリ取り出しの際、作業線量がどこまで許されるのか、社会的な問題として正当化されないと、早期に廃炉作業を進めるのは難しいと感じている。

阿部：実際に測れるリスクと、可能性としてのリスクがあり、また、健康に対するリスクだけでなく、プロジェクト失敗のリスクなど、色々なリスクがある。これら全体を見渡していく必要があるということについて、両サイドから同様に意見が出されたと理解。これら新しい問題、新しいリスクの評価に積極的に取り組んでいただきたい。

関村：プロジェクトのロードマップと研究のロードマップは本質的に異なる。福島の廃炉が価値になる様な研究課題の設定が重要である。廃炉という未経験の課題を産官学で解決した、となれば、これはとてつもない価値。研究のロードマップの作成に当たっては、こういった価値を目指していくことが重要。また、研究のロードマップにおいては、課題の設定力、人材、創造力、体系的なマネジメントを培っていくことが重要。創造力については、第1に見る（診る）、第2に評価、第3に知識化、第4に社会の中での共有化といった4つのステップがあり、こういったものを見通してロードマップを作るべき。人材については、原子力のみならず他の分野の人も入ったヒューマンリソースを拡大する必要がある。こういったことを考える上で、廃炉は格好の題材。

#### <課題①汚染水対策>

金城：人と環境を護ることが目標（ゴール）でないという話があったが、汚染水対策について、どういう解決策をもってそう話しているのか伺いたい。

山口：汚染水の本質が共有化されていない。得体の知れないおぼけを怖がっている一方で、汚染水タンクは現場で相当負担になるものである。タンクやトリチウムの問題に対し、Valued impact や安全目標としてのALARA 的考え方を評価する要件について規制側で検討して欲しい。

金城：汚染水対策については具体的な解決策を持っていて、判断基準も明確にしている。

山口：明確な指標があるということならば、社会との対話という論点で議論するのがよい。

阿部：タンクを放置することのリスクと、汚染水を流してしまうことのリスクの違いが明示されないままなのが良くない。

金城：汚染水対策はこれまでの経験が活かせるところであり、最も簡単などころではある。色々と技術的に支援して欲しい。

小川：汚染水タンクが林立していることは、作業停滞の象徴となっている。汚染水タンクを除いて、現場では一目で進展していることが分かる。廃炉に対して明確な目標があれば、タンクの問題も解決に近づくのではないか。

山下：汚染水タンクの林立を解決する必要がある。福島第一を安定化するため、汚染水対策が、最初に行うべきことである。敷地やタンクの寿命には限りがあり、汚染水タンクは10年、20年維持できるものではない。切り札にはたどり着いていないが、東電が最終的に責任を持って作業に取り組んでいる。

山口：本当の最後のゴールを見失わないようにしなければならない。公衆の安全を護ることを目標に据えると、タンクに汚染水を溜め続けることが、当面の最良の手順に見えてしまう。リスク管理目標として、メリットとデメリットを発信する必要がある。

阿部：そのために必要な具体策が何なのかを議論できるとよい。

#### <課題②施設内の状況把握>

山下：原子炉建屋の中には人が入っていないので状態が分かっていない。燃料デブリがどこにあるかも分かっていない。状況が分かってから対応を考えるのでは遅いため、色々と想像しながら研究が進められている。今は、燃料デブリをどの様に取り出すかという議論の時期ではないのではないか。ロードマップありきではなくて、どこかでロードマップを見直す必要がある。燃料デブリ取り出しに関して、いつが適切な時期であるか議論する必要がある。

関村：プロジェクトのロードマップとかみ合っていないのが事実であり、これまで率直な議論ができていなかった。今回の議論により、一步進んだ

と考えている。この様な議論の場をうまく活用していきたい。

青木：燃料デブリの取り出しについて、現場の状況が良く分からず、研究開発のシーズと現場のニーズが、かみ合っていない部分もあるが、目標を定めてできる限りのことをやっていく必要がある。説明もしていく。こういうことをしないと、世間が許してくれない。2年後を目標とした燃料デブリの取り出しについて、現時点では今のロードマップにしたがってやっていくことを説明していく。

阿部：それぞれの時点で最良のロードマップを作るということについては、誰も異論はないと思う。

高守：炉内把握，ロボット技術，事故解析などを通じて，どの様に燃料デブリにアクセスするのかについて，factが無いと前に進めない。事故解析コードを用いて，次に何をすべきかを考える。一つでもfactを増やしていくことを積み重ねていく。2017年の夏までにロボットを投入したい。スケジュールは大変厳しいが，あきらめてはいない。

#### <課題③デブリ取り出し工法に係る課題と解決策>

山下：まず現状を把握したい。目の前の敵を知る必要がある。できる限り安定した状態で，どれだけ早く燃料デブリに近づけるか，一本道ではなく，色々なことを考えながら，役立つものは取り入れる必要がある。

小川：デブリ取り出しの工法について，オーソドックスな概念を柱に置きつつ，燃料デブリがどこに分布しているかを知り，工法を考えていくと思うが，同時にオーソドックスな概念の外についても考える必要がある。中身をちゃんと知らないといけない。格納容器内に人がアクセスできない，ロボットのアクセス時間も制限される，という状況では，例えばセンサー技術の能力を上げる必要ということも考えられる。耐放射線量が数kGyから数10kGyといった一桁の改良があれば世界が変わると思う。

#### <課題②と課題③についてのフローアからの意見>

小飼様（元 IRID）の意見：過去と一緒にファイバーの技術開発を行っていた会社が現在も継続して技術開発を行っており，ファイバーが役立つのではないか。

#### <課題④作業の安全な遂行に寄与する支援技術>

山下：作業安全の観点からは，滑るや転ぶといった怪我などはある。福島第一は一般の作業と異なり，ゼロ災害が必要と見られている。現状，作業員が6000人に対して東電管理者は1000人程度であり，作業員を管理する人が十分か否かの議論はある。作業員を減らすか，管理者を増やすかといった考え方がある。マネジメント・オブザベーションの質を高める必要がある。中堅が居ないこと，経験が無い作業がある。東電はしつ

かりやっていることを見ていただき信頼を勝ち取っていくことが大きな課題である。

青木：東電の安全に対する取組みにより数値として事故が減ってきている。事故は人に依るため、努力の積み重ねであるが、1日6000人の人が作業している中で災害をゼロにするのは困難ではないか。重大な事故について防止することが重要。

山口：プロジェクトの遅れなどに直結するため、作業安全は重要である。全体的にプロジェクトが遅れる恐れがあるような要因は全て評価していく必要があり、これは作業安全にも当てはめていくべきである。

小川：建屋の中にかにして人がアクセスするかは大きな課題である。日本の遠隔操作技術は高いが、高放射線条件下でのロボットのオペレーション技術を高める必要がある。

高守：燃料デブリ取り出しに参画する。システムや技術構成について、設計段階から東電など現場からコミットしてもらっている。

山下：最近の作業員の怪我の傾向は一般的な作業と同じ。タンクの堰に水が溜まると、コンクリートに塗装を施しているため、慣れない人が歩くと滑る。または、全面マスクを付けているため、足場に体をぶつける。こういった些細なことを潰していく必要がある。もう一つ、放射線の被ばくをどの様に減らすかが課題である。被ばく線量を減らしたいから人海戦術というのはダメで、遮への検討やロボットの活用といった発想が必要である。

中村(JAEA)からの質問：作業するに当たっての安全文化醸成の取組みはどうか。

山下：安全文化については組織に誇りを持ち、自ら改善する、安全第一が重要でということを示していく必要がある。適切に線量計を置くなど、出来る範囲のところでは実施している。また、作業準備の段階から、管理する人も入って、現場の安全を作っていく取り組みをしている。年1回アンケートを行っており、作業員から前向きな回答も増えていると思うが、足りないところもあるため、取り組みを積み重ねていきたい。

<課題⑤リスク評価・リスク管理，課題⑥リスク・コミュニケーションのあり方、課題⑦その他の課題>

阿部：今回色々な課題をあげているが、再度どこかの場で議論すべきと考える点をあげていただきたい。

山下：リスク・コミュニケーションが一番難しいところである。是非どこかで話を聞きたい。

青木：汚染水問題は近々の課題であるため、話を聞きたい。プロジェクト推

進側組織と支援組織の協調のあり方については、原子力学会の方にご協力いただきたい。

山口：リスク・コミュニケーションに大きな期待をかけ過ぎている。目的を明確に決めて行うことが肝心である。一つではなく多くの **option** を示して、適切な選択をすることが重要である。意思決定のためのリスク・コミュニケーションとして、何が **best** かを探す必要がある。

小川：安全部会に対して、多変量の問題であるリスク評価・リスク安全に関して、どのようなアプローチを採るのか、どのような考え方があるのか、しっかり整理して欲しい。

高守：技術構成を深めて、深層防護をいかにロバストにするのか、リスクの評価や **mitigation** をいかに合理的にして、どの様に示すことができるかが重要である。

関村：その他の課題については、直接解決すべき課題であるかを考える必要がある。ニーズを考えた場合、本質的な課題設定が重要である。基盤となる原理・原則、柔軟な方策を分けて議論すべきである。リスク評価、リスクマネジメント、安全文化をどのような問題として捉え、どこまで踏み込んでいくのかを考える必要がある。現状、規制側と実施側がかみ合っていない安全目標をどの様に決めていくのか。これは基本的な考え方がどこにどうあるのかを考えなければならないということであり、深層防護やリスクの考え方の先にあるものを考えていかなければならないということ。今回、現場の率直な意見を聞いたが、何が **fact** であるかについての説明をどの様な場でやっていくのか、そういう場を設定していく必要がある。安全部会として、今回のような場を設定しても、限られた参加者の集団となる傾向にあり、課題設定を含めた議論の場を他にも積極的に作っていく必要がある。廃炉という、大きな意義のあるテーマに対して我々が試されていることを認識すべきである。

#### まとめ・閉会の挨拶： 守屋公三明（副部長、日立GE）

大きなテーマに率直な意見と多少の激論もあったが、広範なテーマであったために、十分深められなかった感がある。今後も継続的にこのようなテーマを取り上げて、議論を深めていきたい。確実なことは誰も言えないテーマであり、セミナーのやり方は従来から変えていく必要もある。幹事会で検討していくので、またの参加をお願いしたい。

