

# 国際標準プロアクティブエキスパート育成

Human resource Development Activities lesson learned International standard  
after Fukushima Daiichi Accident towards a Proactive Nuclear Regulatory

東京大学大学院工学系研究科	菅野 眞紀	Masanori KANNO
東京大学大学院工学系研究科	関村 直人	Naoto SEKIMURA
東京大学大学院工学系研究科	岡本 孝司	Koji OKAMOTO
東京大学大学院工学系研究科	糸井 達哉	Tatsuya ITOI
東京大学大学院工学系研究科	エルカン ネジェット	Nejdet ERKAN
東京大学大学院工学系研究科	蛇川 季嗣	Suetsugu JAGAWA

After Fukushima Daiichi Accident, some international organizations have been discussed on importance of defense in depth (DiD), total comprehensive evaluation contained 14 Safety Factors in PSR (IAEA SSG-25) and HOF (Human and Organization Factors). The NRA allowed review by the IAEA Integrated Regulatory Review Service (IRRS) mission team, over the twice of 2008 and 2016. As a few recommendation examples on above these points to NRA, acquisition of human resources as able talented person and personnel training, the law revision for ensuring effectiveness of the inspection, the information exchange with the person of non-regulation were raised up. In view of importance of capable human resources, the University of Tokyo has launched a project from for strategic human resource development named as "Human Resource Development for Proactive Regulation" which is supported by NRA from fiscal years 2016 to 2019. This paper reports the summary of this project.

**Keywords:** Fukushima, accident, PSR, IAEA, IRRS, human resource, proactive, DiD, Safety Factor

## 1. まえがき

これまで補修技術活用推進会議において、既存原子力発電所の安全性確保のためのピラミッドの基盤となるものは、機械系（ハードウェア）と人間系（ソフトウェア）の両面からの保全であるということを前提に、2015年9月以来約1.5年間に亘って議論が積み重ねられてきた。ここで本旨の「国際標準プロアクティブエキスパート育成」を論じる前に、今一度、福島第一原子力発電所の事故（福島第一事故）を受けて、次の4種類の論点について予め述べておきたい。

### 1.1 福島第一事故と深層防護について<sup>[1]</sup>

米国 NRC 発行の NUREG-1860 では、深層防護とは不確かさに対する備えであり、原子力発電所において異常や事故等が発生した場合に被害を防止・緩和するために安全裕度を含む一連の手段を用いることによって不確かさを取扱うために用いられる NRC の安全思想であるとしている。また、IAEA 基本安全原則 (SF-1) でも、深層防護は事故の影響と緩和の主要な手段であるとして、「深層防護とは、人あるいは環境に対して有害な影響を与

えるようなケースにおいて、一つの防護レベル或いは障壁が万一機能し損なった場合でも、次のレベル或いは障壁が機能することをいう。深層防護は、単一の技術的故障、人為的或いは組織上の機能不全だけでは有害な影響につながる可能性がないこと、また、重大な有害影響を引き起こすような機能不全が組合せで発生する確率が非常に低いことを確実にする。異なる防護レベルの独立した有効性が、深層防護の不可欠な要素である。」とされている。端的に言えば、福島第一事故は、第1層（異常運転や事故防止）、第2層（異常運転の制御及び故障の検知）、第3層（設計基準内での事故の制御）、第4層（事故の進展防止及びSAによる影響緩和を含む過酷プラント状態の制御）及び第5層（放射線物質の大規模放出による放射線影響の緩和）の深層防護の内の第4層と第5層が欠落して起きていたのである。

### 1.2 定期安全レビュー (PSR) の重要性について<sup>1)</sup>

IAEA の安全ガイド SSG-25「軽水炉の定期安全レビュー」の5項において、PSR とは、現時点での最新知見・基準に照らしてプラント設計と運転が妥当であるかの評価手段であり、以下に示す14種類の安全要素 (14 Safety

Factor ; SF) への対応に加えて、全 14 SF を含めたシステム安全上の包括的な評価（総合評価）を求めている。

1) プラント設計\*、2) 安全上重要な機器の過渡条件の把握、3) EQ、4) 経年劣化、5) 決定論的安全評価、6) 確率論的安全評価\*、7) ハザードに対する安全評価\*、8) 安全パフォーマンス、9) 他プラントの運転経験及び研究成果の反映\*、10) 組織、管理及び安全文化\*、11) 要領書、12) ヒューマン・ファクター\*、13) 緊急時対策、14) 放射線の環境影響評価

PSR の視点から福島第一事故が起きた原因を考えてみるとシステム安全上、十分な対応が為されていなかった SF は上記\*印と考える。最も重要な点は、IAEA の根本安全原理（SF-1）に則り、これら 14 種類の SF から何が最も重要な要素であり、即対応が必要な施策は何かについて優先順位を決定するための包括的な総合評価を行うことである。

カーネギー報告書<sup>[2]</sup>は、「福島第一事故は防ぐことができた。事業者と規制当局が国際的なベストプラクティスと基準に従っていれば、プラントが巨大な津波に襲われる可能性を予測できたと考えられる。津波に対するリスクについては、次の 3 点で国際的な基準に比べて遅れていた。」と痛烈に批判した。

- ・ 約 1000 年に 1 度の頻度で周辺地域を襲う大津波の痕跡に十分な注意が払われていなかった。
- ・ 2008 年に計算した津波リスクを大幅に過小評価していたことをフォローしなかった。
- ・ 規制当局は、事業者に対して適切な計算ツールの開発を促すことをしなかった。

確かに、海外の原子力発電所のシステム安全上の防護対策は、日本よりも進んでいた。フランスの La Blayais 原子力発電所（1999 年 12 月 27 日の洪水による外部電源喪失知見の反映）、及びインドのマドラス原子力発電所（2004 年のスマトラ地震によるインド洋津波高さ 10.5m の経験に基づく緊急用ディーゼル発電機の+2m 高台への移設等）等の運転経験があったにも拘わらず、我が国の原子力発電所には反映されなかった。

我が国の PSR は、事業者が 10 年を超えない期間毎に、原子力施設における保安活動の実施状況の確認、最新の技術的知見の反映状況の評価、及び確率論的安全評価（任意）を行うものであり、IAEA の PSR の要求概念とは似て非なるものであった。平成 4 年 6 月、PSR を行った結果を NISA に報告するよう事業者者に要請し、NISA は、その成果を評価して、原子力安全委員会へ報告するととも

に公表した。平成 15 年 10 月の新しい検査制度の導入により、原子力発電所の安全確保活動を事業者自ら定期的に評価する仕組みとして PSR の実施を義務付けると共に、「保安規定」の要求事項として位置付けた。その上で、事業者自身による PSR の実施に係る一連のプロセスが保安規定の関連部分を適切に遵守して実施されているか否か、保安検査で確認するに留まっていた。つまり、14 種類の SF に関する評価ばかりでなく、最も重要なシステム安全上の包括的な評価、総合評価が行われていなかった。

### 1.3 IRRS ミッションチームからの指摘事項について<sup>[3]</sup>

2008 年と 2016 年の 2 回に亘って、我が国の規制当局は、IAEA 総合原子力規制評価サービス（IRRS）ミッションチームのレビューを受けた。2016 年 1 月 22 日、IAEA-IRRS ミッションチームと原子力規制委員会の合同記者会見が開かれ、その場で、当チームは、日本の原子力及び放射線の安全に係る規制機関として、2012 年、NRA が設置され、以来、独立性及び透明性を体現しつつ規制活動に取り組んできたと評価しつつ、NRA への課題例として、

- ・ 有能な人材獲得と人材育成
- ・ 検査の実効性担保のための法改正
- ・ 非規制者との情報交換等の安全文化の醸成

を取り上げた。早速、NRA は即応し、2016 年 3 月 16 日の原子力規制委員会において、自ら 30 項目の課題に対する対応策を発表した。その中の一つに、「定期的な規制要件及びガイドの見直し」と題し、規制やガイドを定期的に評価し見直す体系的なプロセスの構築とその文書化を行うとした。即ち、基準規則、規則の解釈及びガイド等について、適宜、評価・見直しを行う際の基本方針、スクリーニング手法、優先順位及び体制を明確化した文書を作成し、順次、見直しを行うとした。

- ・ 旧組織（NISA、NSC）からの指針、内部規定類の見直し計画の策定及び見直し
- ・ 学協会規格の活用のある方、学協会規格の見直し計画の策定及び見直し
- ・ IAEA、OECD/NEA 等の国際知見を反映するためのプロセスの策定

この指摘事項は 2008 年 3 月、当時の NISA が IRRS ミッションチームから受けた指摘とほぼ同様である。

- ・ 科学的・定量的な手法で整理できない情報に基づき、確に対応するためのソフトウェア面の規制の推進、及び率直でオープンな産業界との関係醸成
- ・ 効果的な安全規制を行うために必要な最小限の人員計画の作成、人事ローテーション等の工夫

- ・ 技術基準の代替となる技術的手段の利用、設計基準を超える事故に対する AM の推進
- ・ PSR によるプラント全体把握への一層の取組推奨
- ・ 基準整備に要する期間短縮のための合理化及び規則等の策定と確認
- ・ 規制機関のマネジメント

これら国際基準との整合性の観点から、性能規定化された我が国の規制基準体系の中、更なる合理的、効果的な民間規格（維持規格補修章を含む）の活用が求められるが、現段階において、NRA の性能規定化の動きが NISA 時代よりも迅速かつ前進しているようには見えない。正に、この点を 2016 年の IRRS レビューミッションチームに再び指摘されたのである。

#### 1.4 HOF (Human and Organization Factors)について

福島第一事故に関する各種報告書の中に“IAEA Report on International Experts Meeting Human and Organizational Factors in Nuclear Safety in the Light of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant”がある。本書は、40ヶ国、4つの国際機関から計 160 名の専門家が集まり、PSR の内の“10) 組織、管理及び安全文化”及び“12) ヒューマン・ファクター”、即ち、HOF の観点から、出席者の経験、教訓を基に、将来に向けた展望についての討論を行い、下記の議長サマリに取り纏められた。

- ① 統合的手法によるシステム安全；Human Factor (HF)、ITO（個人、技術及び組織との相互関係）及び安全文化の統合的な取組み手法の開発が必要である。
- ② 安全文化；国家の安全文化の評価が必要である。また、規制機関及び事業者による安全文化の自己評価を行うことが規制強化と遵法精神の背景にある安全文化を相互理解することができる。
- ③ 教育・訓練；事故防止或いは安全性向上に関するプロアクティブ手法は効果的な訓練である。外部のステークホルダーと同様に組織内の個々人の信頼と尊厳を醸成することが個々人の能力向上に繋がる。
- ④ 横断的な組織のあり方；緊急事態時における意思決定 (Decision making) 時の指令者の役割と責任の明確化が必要である。政府最高レベルを含む国家レベルの指令系統の明確化が最も重要である。福島第一事故は、安全文化に対して多大な影響を与えた。事業者と規制当局は、「規制の独立性のために距離を置くこと」よりも、福島第一事故から何を学ぶことができるかを見つめなければならない。リスクマネジメントは、安全文化の重要な要素であり、事業者と規制の両組織は、

自己組織の利便性を確認するためにリスクマネジメントを行うべきである。深層防護、安全機能の冗長性、複雑性及び同時複数損傷時の誤ったセキュリティ上の感覚は、全て自己満足に起因する。IAEA が考えている安全性向上のためアクションアイテムとしての勧告は次のとおり。

- ✓ HOF、安全文化、組織文化、システム管理及び ITO の開発又はレビュー
- ✓ 事業者組織の管理／ヒューマン・組織要因／エンジニアリングを確認するための規制組織の総合評価
- ✓ 最新研究に基づく組織的なレジリエンスガイド
- ✓ HOF のストレステスト
- ✓ 規制当局の安全文化

福島第一事故は、国内外の報告書に記載されているように原子炉施設の保守管理が不十分で起きた訳ではない。前述のように PSR を通じたプラント全体の安全性確保の視点（ハザードに対する安全評価など）、科学的・定量的な手法で整理できない情報に基づき的確に対応するためのソフト面の整備（確率論的安全性評価）及び率直でオープンな「産業界」との関係が醸成されていなかったことに因るものである。その根拠として、2007 年 6 月、当時の規制機関である NISA が IAEA の IRRS ミッションチームのレビューを受けた際の査察結果報告書（2008 年 3 月）<sup>[4]</sup>に同様のことが記載されていることを挙げておく。

## 2. 人材育成の必要性について

### 2.1 俯瞰的な人材の育成について

「まえがき」において、補修技術活用推進会議でも議論となった原子力安全において何を為すべきかについて言及できるように、福島第一事故後の国際整合性の観点から俯瞰的な経緯等を述べた。ここで「どのような人材育成が必要か」について述べたい。人材育成の必要性に関する背景、経緯及び論点は次のとおり。

- ① 原子力発電所の新設は皆無に等しいものの、現存する原子力発電所は、廃炉となった原子力発電所も含めて全国に 60 基（運転中 42 基、廃炉措置中もんじゅを含めて 17 基、建設中 1 基）あり、継続的な安全性確保、放射性廃棄物管理等のための設計、運転、廃炉等に関する保全は不可欠である。その責任は第一義的には事業者に帰属されるものの、各ステークホルダーの自律・分散・協調を Key とする自主的安全性向上活動のための人材育成が必要である。
- ② 「福島第一事故は何故起きたのか」について十分に理



解する必要がある。適切な教材は、国際機関、我が国の政府、学会等から発行されている次の福島第一事故報告書がある。

- ・原子力安全に関する IAEA 閣僚会議に対する日本政府の報告書（2011 年 6 月版、9 月版）
- ・福島は防ぐことができたそれは何故か（カーネギー財団、2012 年 3 月）
- ・東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会（畑村委員会）2012 年 7 月
- ・東京電力福島第一原子力発電所に関する調査委員会（日本原子力学会）2013 年 3 月
- ・福島第一原子力発電所事故（IAEA）2015 年
- ・Five Years after the Fukushima Daiichi Accident（OECD/NEA）2016 年

③ これまでは、「2 度と同じ失敗は繰り返さない」という運転経験に学ぶ（失敗学）という事後対策が主流であった。しかし、この対応策だけでは、福島第一事故のような大事故は未然防止できないことが明白となった。今後は、システム安全上の弱点を見出だすようなプロアクティブな対応策を抽出することが重要である。現時点での主たる道程は、前述の PSR 14 種類の SF に対応策と包括的総合的評価の実施とリスクマネジメントによるシステム設計上の弱点抽出、そして、それをサポートするトップダウンによる意思決定（HOF）である。

- ④ 原子力発電所の自主的安全性向上に不可欠な論点の一つは、国際整合性であり、IAEA 等の各種基準類、運転情報、研究成果等の反映である。
- ⑤ 人材育成も PSR と同様の考え方の踏襲が必要である。即ち、ステークホルダー別、及び技術分野（設計～製造～運転～廃炉）毎（例えば、補修技術等）の細部に亘る造詣の深い人材育成も必要であるが、原子力発電所のシステム安全を俯瞰できる見識ある人材の育成も極めて重要である。

東京大学は、これらの論点、視点に立脚した人材育成提案書（4 年計画）を原子力規制庁「原子力人材育成等推進事業費補助金（原子力規制人材育成事業）」に提案（応募）し、平成 28 年度から採択された。これまでの議論で強調したいことは、例えば、運転状態、維持段階で必要な補修技術の重要性をいくら声高に訴えても原子力規制庁等のステークホルダーの耳には届かない。最終的な意思決定がなされないということである。

ここで一つの結論を述べたい。原子力発電所のシステ

ム安全上において、補修技術の活用を考える場合、その論点は、当該技術の適用によって、どの程度のリスクが上下するのかということが重要である。システム安全上どれ程の影響があるか俯瞰的に考えるべきである。つまり、当初設計の性能を維持すると事業者が宣言した場合、契約社会においては、法に委ねるべきである。

勿論、事業者は、補修技術を実機に適用する場合の健全性確保等の妥当性検証が必要である。この作業は、原子力安全に対して一義的な責任ある事業者が自主的に評価するか或はその分野の専門家による第三者検証に委ねればよい。福島第一事故以降、原子力規制を白紙に戻したにも拘わらず旧態以前として、淡々と個別技術（補修技術ばかりでなく検査評価）の妥当性を評価し続けるだけでは問題は解決しないし、福島第一事故の反省がなく、2 回に亘る IRRS の指摘を謙虚に受け止めていないこととなる。規制はこのような活動に対しても ROP に徹すると宣言するべきである。この論点は、新たな安全文化の醸成、人材育成に繋がる。

## 2.2 補修技術活用推進検討会での議論

今年（平成 29 年）3 月、日本保全学会が発行した『原子力発電所の保全における補修等は正措置技術活用のための課題と改善提案』の第 7 項「原子力発電所の保全に関する課題と改善提案」、及び添付資料 2-3「国の技術基準の性能規定化と民間規格（補修章）の活用」の中で人材育成の重要性について、次のように記載している。

- ・電気事業者は自主的安全性向上活動の一環として、社内の仕組み作り、社内組織の構築、人材育成、等を具体化することが望まれる。
- ・現在、規制当局では、米国へ技術者を 1 年間派遣し、米国 NRC の規制の考え方や実務をじっくり学び、その成果を国内の具体的な規制行政（検査制度の見直し）へ反映しようとしている。電気事業者も従来のような短期調査ではなく、米国電気事業者等の産業界の考え方や実務をじっくり学ぶ機会を持つ必要があるのではないか。また、他産業や学協会活動等から人材育成を兼ねて、じっくり保全を学ぶべきではないか。
- ・我が国には、廃炉が決定となったプラントも含めて 60 基近い原子力発電所が実存しており、これらのプラントの安全性維持の観点からの人材育成、技術伝承は極めて重要な課題である。しかしながら、原子力発電所の建設（創成期）に携わった設計、建設、製造、検査、評価、補修等の技術者が定年又は高齢化が進む状況下、人材育成の OJT の場として最適な国内原子力発電所の

建設が皆無に近い。このような状況に鑑み、事業者、原子炉製造メーカ、研究機関、大学等ばかりでなく、NRAの人材育成、技術伝承の観点からも、若い技術者とシニア等と一緒に議論できる維持規格等の技術評価等の検討会等は、適切な人材育成・技術伝承の場といえる。

しかしながら、本報告書の添付資料2-3に詳述しているように、2004年版のJSME維持規格に初めて補修章が組み入れられて以来、十数年経過した今日に至るまで、1度も評価対象となっていない。

### 3. 国際標準プロアクティブエキスパート育成 3.1 事業概要と平成28年度事業成果

本事業の目的と位置づけに関する規制庁からの説明は概ね次のとおりであった。

「できるだけ、多くの人材育成事業を展開することにより、原子力規制について、量的、質的に、ご理解頂ける母集団を増やすことが主目的である。学生が第一のターゲットであるが、社会人、調査研究部門、公共輸送等の様々な分野の方々にも是非参加して頂きたい。本事業の遂行により、原子力規制の重要性を痛感し、やる気のある人材が少しでも増えればよい。規制ばかりでなく、安全確保のための活動、安全研究が行なえる人材を育成したい。理学、工学、システムエンジニアリング等幅広い人材育成が本意であり、原子力規制にご理解頂ける方々を増やしたい。具体的には、原子力安全について、きちんと社会人、国民に説明できる人材（防災、量子物理学、建物の強度など幅広い領域）の確保、即ち、原子力特有の深さ×幅（学問）の大きな広がりのある領域において、どのような人材育成の提案を行って頂けるか大いに期待したい。」

これに対して、東京大学からの提案は、前述の論点をベースに「福島第一事故の充実した知識や教訓を基に、自らの専門分野にとらわれずに総合的視野で物事が判断できる人材の育成、利害相反のある相手と相違点を踏まえながら議論ができ、かつ、相手の立場を認めながら自らの視座で判断でき、国際標準における最新知見を我が国の原子力規制にプロアクティブに反映するためのリーダーシップを取ることができる国際標準プロアクティブエキスパートの育成」を行うとした。

本事業は、東京大学大学院工学系研究科（原子力専攻専門職大学院を含む）における教育実績、工学教程シリーズなどの教育基盤構築をベースとして、次の内容を、

基礎、応用、展開の3ステップで推進する。



Fig.1 事業のステップ概要

<基礎>

#### ① 福島第一事故の実験演習及び報告書分析演習

福島第一事故に関する基礎的な知識を、実験や演習を活用して理解する。

- 1) 超高温材料挙動実験を行うための予備実験、及び、シミュレーション演習(RELAP/ SCDAPSIM等)としてシビアアクシデント時の炉心挙動を解析するシミュレータを導入・整備して予備解析を実施するとともに、これらを用いた演習を行う。(Fig.2及びFig.3参照)
- 2) マネジメントシステムの観点からIAEA等の福島第一事故報告書を学生等に分析させる演習を行う。(Fig.4参照)

(Fig.4参照)

#### ② 原子力プラントの現場視察と対話

福島第一原子力発電所、福島第二原子力発電所等の国内発電所の視察を行い、東日本大震災の経験やその後の教訓を学ぶ。また、欧米などの海外の原子力発電所の現場を視察し、国際的な視野を涵養し、海外の発電所の現場で進められている安全確保対策について対話を通じて経験を積ませる。(Fig.5~11参照)

#### ③ 外部からの講師招聘による講義と対話

福島第一事故後の国際的な動向等について招聘講師による講義を実施し、講義後には学生との対話を中心とする討論会を実施する。具体的には、原子力マネジメントに関する国内外の専門家を、国内の大学等から、また、外国からはIAEA、OECD/NEA、米国NRC等の国際機関等から招聘し、本事業の課題に関する分野の講義と討論会を行う。(Fig.12参照)

<応用>

④ 各種のIAEA基準を対象としたProject Based Learning (PBL) (Fig.13 参照)

PBLにより、規格基準等の制定プロセスや根底にある考え方を理解させることで、具体的な規格等の意義を深く考察する。平成28年度は、特に、IAEAの国際標準等の制定プロセス、経緯、具体的な内容等を受講生に調査させることで、国際的な合意形成プロセスを学ぶ。

<展開>

⑤ インターンシップ

IAEAなどの国際機関等で安全規制に関する実務あるいは福島第一原子力発電所事故に関連する課題解決型研究などをインターンシップとして経験させるための短期インターンシップを実施する。(Fig.14 参照)

**Experimental setup**

**Preparation of setup**

**Data acquisition during the experiment**

- 福島第一の圧力容器の破損モードを理解するため、ステンレス鋼管(計装案内管、制御棒案内管)の座屈モードを対象
- 高速カメラ、データ収録、熱電対などの計測機器を経験
- 参加学生：10名

Tube is at ~1200°C

Filtered high-speed camera image

Buckled specimen

Fig. 2 福島第一事故の解析と実験による可視化(実験)

**GRAPE interface for RELAP/SCDAP**

**Instruction of GRAPE software**

**Students run their simulations**

- 全交流電源喪失、低圧注入系・原子炉隔離時冷却系動作時の事故状態のシミュレーションを実施
- 事故影響低減策を実施した際のプラント挙動について検討
- 実験に参加した10名の学生が参加

Core damage level comparison  
RCIC failure with/without SRV open

Fig. 3 福島事故の解析と実験による可視化(解析)

The Fukushima Daiichi Accident IAEA (2015)

Five Years after the Fukushima Daiichi Accident OECD/NEA (2016)

総合マネジメントの観点から、議論を行い、何をどう改善するべきかを議論

- 学生を2グループに分け、IAEAとOECD/NEAの事故報告書を割り当て
- 実験とシミュレーションを実施し、事故進展を理解した上で、報告書を検討
- IAEA、OECD/NEA報告書それぞれの観点について議論

Fig. 4 福島第一事故の基礎的知識獲得のための分析演習

質疑応答

質疑応答終了後の記念撮影

ASME TUV等の認証多数取得(国際的安全文化、組織文化醸成)

世界最大級の650トン鋼塊

世界最大級の1万4千トン遊径鋼線プレス

日本刀製作の神髄技術伝承

日本刀製作実演(鍛錬)

**主な成果(学んだこと)**

- 世界の品質マネジメントを体験しており、安全文化、組織文化が定着していることを確信
- 鋼塊と同一寸法の巨大な真っ白なサルファプリント群を見て、一目でS等の不純物元素が殆ど含まれていない高品質の原子炉圧力容器が製造されていることを確認
- 日本刀製作の実演により、技術伝承、安全文化の原点を垣間見た。
- 関係者間で大変自由闊達なコミュニケーションが図られており、属人的でない組織風土が培われていることを確認

Fig. 5 日本製鋼所(JSW)視察

平成29年2月10日、学生12名

泊発電所の全景

土砂防壁(約1,000m)

防波堤(高さ16.5m)

代替非常用電源(6台)

各種のSA対応設備を俯瞰

緊急時対策所における質疑応答

緊急時対策所での討論

質疑応答後の記念撮影

**主な成果(学んだこと)**

- 代替非常用発電機、送水ポンプ車、緊急時対策所、オペフロからの全景、各種水素処理装置等のSA対応設備等を確認
- 津波、地震、竜巻、火災等の自然災害に対する備えの重要性を実感
- 自ら考える文化の醸成、属人的組織の排除、地域住民等との積極的なコミュニケーションの重要性を再認識

Fig. 6 北海道電力 泊発電所視察





Fig.7 東京電力 福島第一原子力発電所視察

**主な成果 (学んだこと)**

- ・ニュース等で見た各プラントの上げた姿と現在の現場、現物、現実を確認できた。
- ・千個のタンク群で水処理の困難さを実感
- ・1F事故時に直接現場で対応されていた所属2名との対話会は、安全文化、組織文化、リーダーシップの重要性を再認識
- ・シナリオベースからフレキシブルなものの考え方への移行の重要性

**主な成果 (学んだこと)**

- ・事前学習の成果をプレゼンし、質問を行うとともに、議論を行った。主な課題は、運転経験の活用方法、PRAの定期的な教育、発電所の安全確保と検査官の視点の違い、検査官と発電所のコミュニケーション、発電所との相互信頼の構築、TMI後のNRCの変化、ROPを他の施設(廃棄物管理施設など)に適用しない理由、Cross-cutting issueの評価の方法、緊急時の発電所とNRCの責任範囲と責任者など、規制活動の在り方や、安全確保のための検査官の役割など非常に幅広い領域にわたって議論した。
- ・DB上蓋腐食と福島に対して、NRCの対応について講義をしていただいた。DBの事象は、事業者の失敗でもあるが、NRCの失敗でもあるという認識。福島対応として、巻巻、洪水などプラントに応じた厳しい事象の評価を進めている。
- 振り返りミーティング (ホテルにて)**
  - ・事業者と規制者の立場からの、DB上蓋腐食に対する対応と改善について議論した。
  - ・福島対応については、事業者と規制者が密なコミュニケーションを行い、発電所の安全を高めるための努力を継続している
  - ・安全文化が共通の基礎。どのように安全文化を高めていくか、それぞれの立場で努力を継続

Fig. 10 NRC Region III Office 視察



Fig. 8 東京電力 福島第二原子力発電所視察

**平成29年2月22日、学生9名参加**

**主な成果 (学んだこと)**

- ・Walk downによる何が起きたか、何を優先させたか、的確なマネジメント力の必要性
- ・電動機等手配、総延長9kmに及ぶ重量仮設ケーブル布設など所長以下のリーダーシップ
- ・RPV下のベスタル内構造と福島第一の炉心溶融状況、遠隔ITVの状況確認
- ・被ばく量体験 (約0.01μS/h)

**2017年2月28日、学生7名が参加**

- ・福島事故以降の新たな規制要求事項の背景を理解できた。
- ・実施済/計画中のプラントの具体的改造点 (特にタービン駆動ポンプの追設の必要性) について理解した。
- ・過酷事故対応の現状と訓練状況の概況を学んだ。
- ・事前学習に基づくプレゼンや質疑応答を通して幅広い分野(自然災害対策等)に関して議論することが出来た。
- ・新たな安全機能が追加されたGeneration III+ (EPR)の3号機の建設現場視察
  - ・ERP固有の2重隔壁格納容器などの設備を現場で実感することができた。
  - ・フィンランドの許認可プロセス、安全規制の観点等からの特徴 (特に許認可でのPSAの位置付) を理解した。(主に事前学習)

Fig. 11 フィンランド オルキオト原子力発電所現場視察



Fig.9 デービスパッセ原子力発電所視察

**主な成果 (学んだこと)**

- ・圧力容器上蓋腐食に対して、経緯を学ぶとともに、なぜ兆候が見逃されたのか、規制からのGLを受けながら損傷の発見が遅れたのか、CAPや安全文化の観点から原因について学ぶとともに議論を行った。
- ・福島第一事故を受けて強化されたFLEX対策の一環として、AFWを追加で整備している。トルネード対策が施された新しい建屋に、モバイル発電機、モバイルポンプなどが装備されており、リスク低減を図っている。
- ・タービン建屋視察と、制御室トレーニングセンターの視察を行い、発電所の安全運転への姿勢を学んだ。
- ・再稼働に2年掛かったが、地元の理解が重要であり、Opennessが基本である。

**IAEA NS局原子力施設安全部部長 Greg RZENTKOWSKI氏 (2017年2月13、14日、東京大学福武ホールラウンディングシアター) (参加者58名、うち本学学生22名)**



講演風景

昼食をとりながら学生と対話

- リーダーシップとマネジメント、リスク情報を活用した意思決定、DEC、PE\*を含む設計の考え方のIAEAにおける最新の議論を自身のカナダにおける経験も踏まえて講演
- 講演後、時間を取って対話形式で議論を実施 (主な質疑)
  - Q1: 緊急事態への対応において、しばしばミスをしうる人間が発揮するリーダーシップと、基準のようなマニュアル的なものとは、どちらを優先すべきか?
  - Q2: 新しく導入されたPractically eliminationの考えは、AP1000のような新しい原子炉の設計やオフサイトの原子炉防災の考え方にどのように影響するの?
  - Q3: IAEAの安全基準は、各国の規制の改善にどのように資するの?
  - Q4: 福島第一事故後に挙げられた教訓は、チェルノブイリ事故後になぜ反映されなかったのか?
- 昼食を取りながら、学生からの自己紹介、国際機関での勤務を含めた学生のキャリア形成等について、学生とGreg氏とで意見交換を実施

\* DEC: Design Extension Condition, PE: Practical Elimination

Fig. 12 海外からの専門家講師招聘

■ 安全文化に関するIAEA基準、OECD/NEAのレポート等の内容の変遷を調査し、とりまとめのポイントや合意プロセスについて議論

- IAEA: Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants, Safety Series No.75 - INSAG-3, 1988.
- IAEA: Safety Culture, Safety Series No.75 - INSAG-4, 1991.
- OECD/NEA: The role of the nuclear regulator in promoting and evaluating safety culture, 1999.
- OECD/NEA: regulatory Response Strategies for Safety Culture Problems, 1999.
- OECD/NEA: The Safety Culture of an Effective Nuclear Regulatory Body, 2016.
- IAEA: Human and Organizational Factors In Nuclear Safety In the Light of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, 2013.



■プラント現場視察、専門家講師招聘の内容ともリンクさせ、安全文化をテーマとし、国際的な場での合意プロセス、に加えて、現場での適用やあるべき規制枠組みについて議論

東京大学大学院工学系研究科の正規科目「原子力工学修士演習II」として実施  
■ 今年度受講学生数 6 名

Fig. 13 Project Based Learning (PBL)

■ 関村直人教授（担当責任者）が、IAEAを訪問し、今年度を含めたインターンシップ受入の詳細についてIAEA担当者との議論（11月）

■ 本年度は以下の2名がインターンシップに係る活動を実施

□ D T 君

- IAEAを2月に訪問し、NE局のセクションリーダー等と面談し、本人の適性を含めた議論を実施
- 今後実施される公募に合格すれば、本年5月より6ヶ月間インターンシップを実施

□ S W 君

- 英国インベリアルカレッジロンドンへ2ヶ月
- シビアアクシデントに関する研究を実施

Fig. 14 国際インターンシップ

## 4. あとがき

福島第一事故発生以降、規制行政全てが白紙に戻された。その是非はともかく、原子力安全に係る全ての行為の妥当性が今一度問われていると考えることができる。

我が国には、国内外で認められ、かつ実機に適用されてきた数多くのピーニング技術、レーザ表面改質技術等の予防保全技術、テンパービード溶接等の補修技術、炉心シュラウド等の取替技術がある。しかしながら、維持規格の補修章が発行されて以来十数年が経過しているにもかかわらず、未だ一度も規制当局による技術評価が行われていない。補修技術活用という課題について、原子力発電所のシステム安全の観点から考えてみると、その当該技術が実機に適用された場合、どの程度システム安全上のリスク（例えば炉心損傷確率）が上下するののかという点に論点を絞るべきである。現在の性能規定化された規制基準の下では、当該補修技術等を適用しても当初設計の性能レベルを維持できるのであれば、適用を許容してよい筈である。事業者の行為を監視する新しい規制（ROP型）制度に変わろうとしている現在、規制当局が

個別技術の妥当性を微に入り細に入り議論するのではなく、その技術を適用した場合システム安全上の影響度をきちんと評価しているかを監視する制度に移管するものとみている。つまり、第一義的な責任を有する事業者がその補修技術を適用する際に、当初設計の性能を維持できると宣言した場合には、規制当局は許諾してよい筈である。当然、事業者は適用する補修技術の実機への適用性、妥当性等を検証する必要があるが、それは事業者が自主的に評価するか或はその分野の専門家による第三者検証に委ねればよい。

今回のシリーズ発表は、保全（特に補修技術活用）の重要性について論じられているが、逆転の発想、即ち、原子力発電所のシステム安全上の視点から、このような課題解決が行なえる人材育成、安全文化の醸成という観点を主眼において当大学が原子力規制庁から受託した

「国際標準プロアクティブエキスパート育成」の取組みを紹介することにより、補修技術の適用性という課題解決への道を探ってみた。

原子力規制庁は、約3年後のIAEAのIRRSミッションからの勧告等のフォローアップミッションを受けるが、是非、本事業の狙い目である国際標準プロアクティブエキスパート育成が紹介され、維持規格補修章に対する技術評価についても、何らかのフォローアップアクションが包含されていることを期待したい。

## 参考文献

- [1] 「原子力安全の基本的考え方について（第I編 別冊 深層防護の考え方）」、2014年5月、日本原子力学会、標準委員会 技術レポート AESJ-SC-TR005 (ANX):2013
- [2] 「福島は防ぐことができたそれは何故か」、CARNEGIE 報告書、原子力政策、James M. Acton、Mark Hibbs、2012年12月
- [3] 「総合規制評価サービス（IRRS）において明らかになった課題への対応について」（原子力規制庁）  
<https://www.nsr.go.jp/data/000144711.pdf>、2016年3月、pp.5
- [4] IRRS 指摘事項のポイントと取組状況  
<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g90507a12j.pdf>



