

企画セッション | 特別セッション：特別セッション[理事会主催 原子力安全部会, 社会・環境部会, 原子力発電部会共催]

■ 2018年9月5日(水) 14:45 ~ 16:45 | 会場 B会場 A棟 A21

[1B_PL02] 世界から見る原子力発電所の安全 原子力発電の安全は今

座長:宮野 廣(法政大)

[1B_PL0201] 挨拶・開催の趣旨

*駒野 康男¹ (1. 会長)

[1B_PL0202] 世界の原子力発電所の安全確保

*松井 三生¹ (1. WANO東京セ)

[1B_PL0203] 日本の原子力発電所の安全確保

*決得 恭弘¹ (1. 関西電力)

[1B_PL0204] 原子力発電所の安全 ― 社会からの問題提起

*寿楽 浩太¹ (1. 東京電機大)

[1B_PL0205] 原子力発電所の安全 ― 学術の視点

*関村 直人¹ (1. 東大)

特別セッション

世界から見る原子力発電所の安全 ～「原子力発電の安全は今」～

Nuclear Power Plant Safety Now

(1) 挨拶・開催の趣旨

(1) The purpose of session

*駒野康男¹ 宮野 廣²¹ 日本原子力学会会長、² 法政大学

抄録 福島第一原子力発電所の事故から7年がたった。原子力発電所の安全は、事故後どのように変わったのか。世界の原子力発電の安全の確保をはじめ、わが国での安全の確保はどのように進展しているのかを、様々な視点から見て、学会として専門家の目線でその安全を確認する。

キーワード：原子力発電所の安全，福島第一の事故の反省，様々な世界の視点

Nuclear Safety, Lesson and Learn from Fukushima-Daiichi Nuclear Power Station, View Points of the World

1. 緒言

福島第一の事故以来7年が経過し、世界の原子力発電所も必要な処置をとり、順調に運用を続けている。わが国の60基あった原子力発電所は、22基が廃炉に、再稼働が9基、原子炉設置許可済みが6基、新規制適合審査中が11基、未申請が12基の状況である。多くの安全策を付加して、関西電力の高浜3/4号機、大飯3/4号機、九州電力の川内1/2号機、玄海3/4号機、また四国電力の伊方3号機の計9基が稼働しているが、今後順次、再稼働していくものと推察される。このような状況の中で、原子力学会は改めて、運用されている原子力発電所の安全の状況を広い学会の立場で、様々な視点から分析し、それを確認し社会に発信しなければならないと考える。

2. 「原子力発電の安全は今」を分析する

今、世界で稼働している原子力発電所の安全策はどのようになっているのか。福島第一の事故の後、わが国の安全確保への見方は大きく変わり、基準の見直し、数多くの取り組みの見直しが実行されている。具体的にどのように安全確保が成されているのか、世界の目線としてWANOの視点からと、わが国での状況を、運用している事業者の目線、受け入れる社会の目線、科学、学術を担う学の目線から、とらえているところを示してみたい。原子力学会は広い分野から、研究を担う部門は、発電炉部会、社会・環境部会、原子力安全部会など19部門で構成されている。原子力発電の安全を担う責任の一翼を担っているものであり、学会としての安全確保の状況を共有したい。

①世界の原子力発電所についての状況を世界の原子力発電所の安全を担うWANOからの報告

②わが国の原子力発電所の取り組みの状況を、代表して関西電力（発電部会で調整）から報告

③原子力発電所の再稼働に当たり社会からはその安全についてどのように受け止められ、どのような問題提起がなされているのか、社会科学の視点からの見解

④包括的に原子力発電所の安全確保についての福島第一事故の後の日本の原子力発電を中心に世界との比較として学術的な評価と見解

この結果を、今後の取り組みの参考とし、更なる安全性の向上に活かしたい。

3. 結言

安全のレベルは高い。しかし、常に安全性の向上に取り組むことが肝要である。

*Yasuo Komano¹, Hiroshi Miyano²

¹Chair of Atomic Energy Society of Japan, ²Hosei Univ.

特別セッション

世界から見る原子力発電所の安全 ～「原子力発電の安全は今」～

Nuclear Power Plant Safety Now

(2) 世界の原子力発電所の安全確保

(2) Securing the safety of the world's nuclear power plants

*松井 三生¹¹WANO 東京センター

抄録 世界の原子力発電所の安全性と信頼性を高めるための組織である世界原子力発電事業者協会(WANO : World Association of Nuclear Operators)の取り組みについて、福島事故後の対応を含め紹介する。

キーワード：世界の原子力発電所の安全性・信頼性、福島第一原子力発電所事故後の対応

The safety and reliability of nuclear power plants worldwide, WANO's response post Fukushima
Daiichi Nuclear Accident

1. はじめに

1986年4月にチェルノブイリ原子力発電所事故が発生し、この事故を機に、世界的な原子力情報交換組織の必要性が高まりました。当時、英国の中央電力庁総裁であったマーシャル卿により世界原子力発電事業者協会(WANO : World Association of Nuclear Operators)の構想が提唱され、1989年5月に世界の原子力発電事業者により、原子力発電所の安全性と信頼性を高めることを目的に、WANOが設立されました。

WANOの使命は、会員間の相互支援、情報交換、切磋琢磨を通じて、それぞれのパフォーマンスを評価し、ベンチマークし、共に向上させることにより、世界の原子力発電所の安全性・信頼性を最高レベルに高めることにあります。

WANOは、世界の原子力発電所の安全性・信頼性を高めるため、ピアレビューを主とした活動を実施してきました。

福島第一原子力発電所事故以降、WANOもこの事故を教訓に、このような事故を2度と起こさないという観点から、安全性・信頼性向上のために活動を充実・拡大してきました。

現在、原子力開発は西欧中心からアジア中心へと遷移しつつあり、中国、インドといった国において、原子力開発が積極的に進められています。そしてさらにバングラディッシュ、トルコ、ベラルーシ、アラブ首長国連邦といった国も、原子力の新規導入を図ろうとしています。

こういった状況変化に適切に対応するため、WANOは長期計画(COMPASS)を策定しました。COMPASSでは、WANOの一貫性をより高めるべく、取り組むべき領域として、“世界の運転中の原子力発電所の高いパフォーマンスを支え続ける”、“高度に訓練された専門化集団を形成し、WANOチームの有効性を最大限に伸ばす”、“より効率的で一貫性のある諸施策を開発する”、“新規ユニットおよび新規参入者の支援をする”を定め、活動しています。

以下、世界の原子力発電所の安全性と信頼性を高めるための組織であるWANOの取り組みについて紹介します。

*Mitsuo Matsui¹, ¹Chairman of WANO Tokyo Centre.

2. WANO の組織

WANO は非営利組織で、商業原子力発電所の全ての事業者が会員であり、125 以上の会員（原子力発電所数：516 基（2017 年末時点））が所属している。

WANO の組織を図 1 に示す。WANO はアトランタ、モスクワ、パリおよび東京の 4 カ所の地域センターと各地域センター理事会の代表者からなる WANO 世界理事会で構成されている。WANO 世界理事会の事務局としてロンドン事務所、そしてそのブランチオフィスで、新規ユニット支援を目的とした香港オフィスがある。

世界中の発電所の安全性を維持、向上していくためには、地政学的に異なる各地域センターが、一貫性のある活動を展開することが重要である。このため、WANO の活動方針やプログラム等は、世界理事会にて決定され、各地域センターは、これらの方針やプログラム等に基づき、各地域内での活動を展開している。また、地域センター間で横串を通すため、ロンドン事務所リードのもと、各層のレベルで定期的にコミュニケーションを図っている。

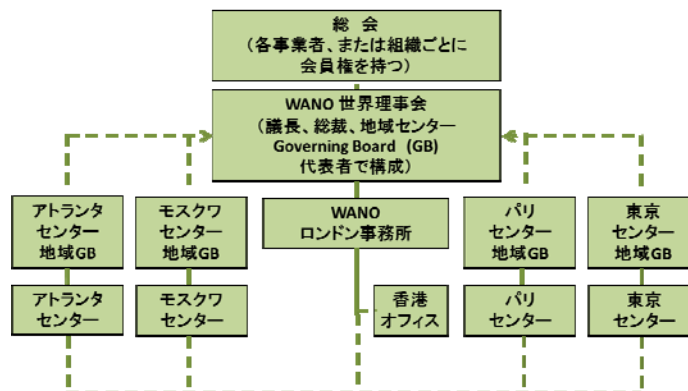


図 1 WANO 組織図

東京センターには、インド、パキスタン、中国、台湾、韓国、日本の事業者が所属している。

3. WANO の活動内容

WANO の活動は 4 つのメインプログラムに集約される。

- ピアレビュー (PR : Peer Review)
- パフォーマンスアナリシス (PA : Performance Analysis)
- トレーニング&デベロップメント (T&D : Training and Development)
- メンバーサポート (MS : Member Support)

3.1 ピアレビュー (PR : Peer Review)

世界中の会員から選出されたメンバーからなる国際性を有するチームが、パフォーマンスの観察、会員のインタビューおよび資料調査を行い、運転管理等の業務の実施状況を検査、評価する。この際には、Performance Objective & Criteria (PO&C) と呼ばれる世界のベストプラクティスをもとにして作られた基準に従い、パフォーマンスが国際的な標準と比較され、要改善事項 (AFI : Area for Improvement) が特定される。従って特定された AFI は、世界のエクセレントとのギャップを意味する。

PR には、「発電所ピアレビュー」、「フォローアップレビュー」、「起動前ピアレビュー」がある。

3.1.1 発電所ピアレビュー (PR : Peer Review)

PR チームが発電所を訪問し、発電所において作業状況の観察、発電所員のインタビュー、手順書等の資料調査を行う。レビュー結果から発電所の強みと AFI を特定する。PR 後、発電所は、AFI に取り組むためアクションプランを策定する。

3.1.2 フォローアップ・ピアレビュー (FUPR : Follow-up Peer Review)

PR 実施後に、次の PR までの中間時点において、PR チームが発電所を訪問し、策定したアクションプランの進捗状況をフォローし、アクションプランの確実な実施を促す。

3.1.3 起動前ピアレビュー (PSUP : Pre Start Up Peer Review)

新設の発電所に対し、運転開始にあたって安全に起動できる体制が整っているかを初臨界前にレビュー

する。運転開始後は、2年以内に最初のPRを実施する。アジアを中心とする積極的な原子力開発に対応するため、ロンドン事務所のブランチオフィスとして香港事務所を設立し、PSURを実施している。

3.2 パフォーマンスアナリシス (PA : Performance Analysis)

運転経験および運転指標を収集・分類・分析し、教訓や産業界のパフォーマンスに関わる報告書を会員に提供することで、会員のパフォーマンス改善を促す。

3.2.1 運転経験情報の共有 (OE : Operation Experience)

他発電所の事故、トラブル等の情報を会員に提供し、同様事象の発生を防止するための是正措置実施を促す。

「重要事象評価報告」、「重要事象報告書」等の形式で会員に提供する。

3.2.1.1 重要事象評価報告 (SOERs : Significant Operating Experience Reports)

複数の重要事象を分析し、事象の主要因や傾向を特定し、同様事象の発生防止のための勧告事項を会員に提供する。勧告事項の実施状況は、PRで確認する。

「福島第一原子力発電所事故後の教訓」、「リスクマネジメントへの挑戦」、「運転員の基礎能力における弱点」等の報告書を発行している。

3.2.1.2 重要事象報告書 (SERs : Significant Event Reports)

単一の重要事象の詳細分析が実施され、他プラントに役立つ教訓が特定され提供される。

「原子炉スクラム後における所要反応度停止余裕の確立・維持の失敗」、「浸水による計画外停止および機器故障」等の報告書を発行している。

3.2.2 運転指標 (PI : Performance indicators)

運転指標は会員の発電所のパフォーマンスを数値化し、国際的なベンチマークと比較、評価出来るツールとして会員に提供される。

指標としては、「ユニット利用率」、「計画外利用損失率」、「集積線量」、「臨界 7,000 時間あたりの計画外自動スクラム」、「安全系の性能」、「燃料信頼性」、「化学指標」、「送電網関連損失率」、「人身事故率」等があり、四半期ごとに集計している。

3.3 トレーニング&デベロップメント (T&D : Training and Development)

会員の専門知識や技能を向上させるためのフォーラムを開催し、会員が自身の運転と比較して、切磋琢磨することが出来る機会を提供する。ワークショップ、セミナー、トレーニング、リーダーシップコース等を通じて実施される。

2017 年度には「リーダーシップ&安全文化セミナー」「オーバーサイトセミナー」等を開催している。

3.4 メンバーサポート (MS : Member Support)

「メンバーサポートミッション」、「新規ユニット支援」等の独立した活動により実施される。

3.4.1 メンバーサポートミッション (MSMs : Member Support Missions)

会員の要望により実施されるプログラムであり、会員が抱える問題解決に取り組む。分野毎に専門チームを編成し、PRで特定された AFI 等についてレビューし、解決方法を提案する。取り扱った事例としては、「作業管理」、「ヒューマンパフォーマンス」、「設備信頼性」、「放射線防護」、「運転」、「停止期間中の管理」等がある。

3.4.2 新規ユニット支援 (NUA : New Unit Assistance)

建設、試運転を含む計画段階から運転段階までの期間において、安全で信頼性のある運転が出来るよう支援する。WANO の既存会員だけでなく、原子力業界への新規参入者に対しても、その発電所のニーズを考慮して支援を提供する。

3.5 各プログラムの連携

これら 4 つ（PR、PA、T&D、MS）のプログラムを連携し継続的に実施することにより、発電所の安全性・信頼性を向上させる。プログラムの連携内容を図 2 に示す。

3.1.1. で述べたとおり、OE、PI から得られた情報からレビュープランを策定し、PR を実施する。レビューで特定された AFI に対するアクションプランが、発電所により策定される。アクションプラン策定後、アクションプランに対するコメント、レビューを行うアクションプランミーティングを実施する。このミーティングにおいてアクションプランの適切な実施を支援するため、WANO から MSM を提案する。

また、他発電所とのベンチマーキング訪問や、年間を通じたセミナー、ワークショップ、トレーニング等(T &D)を行い、専門技能の向上に役立てている。

PR 実施後は、3.1.2 で述べたとおり、FUPR を実施する。FUPR の結果に基づき、再び発電所はアクションプランを策定し、WANO は MSM を提案する。このサイクルを繰り返すことにより、発電所の安全性・信頼性を継続して向上させる。

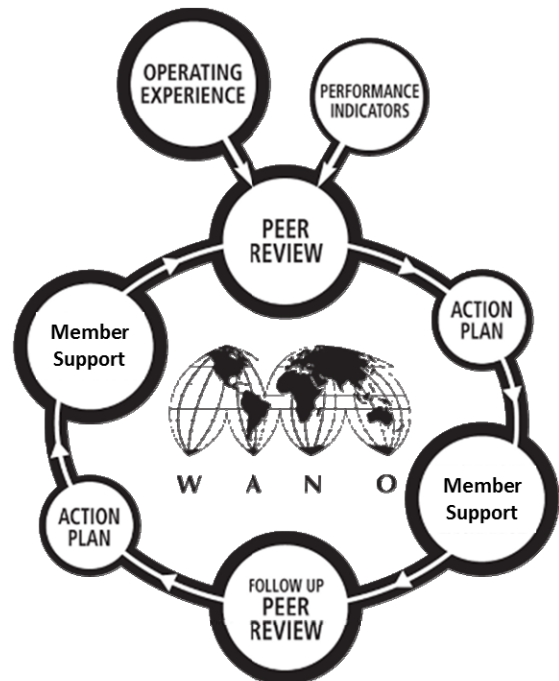


図2 WANO プログラムの連携

4. 福島第一原子力発電所事故後の対応

福島第一原子力発電所事故以降、安全性・信頼性向上のために WANO は活動を充実・拡大をしてきた。充実・拡大した主な活動を以下に示す。

- 発電所のパフォーマンス変化を確実に把握するため、発電所の PR 頻度を 1 回/6 年から 1 回/4 年に短縮
- 安全文化は本社のトップから、発電所の運転に携わる職員にいたる全社員に浸透していなければならないとの考えから、本社において原子力の安全に関わる意思決定がどのように行われたかをレビューする本社ピアレビュー(CPR：Corporate Peer Review)を導入
- 従来 PR 対象でなかった Emergency Preparedness、Severe Accident Management 等を対象に追加
- PR がより確実に改善に繋がるよう、PR 結果を社長（CEO）へ直接報告
- 経営トップ自らが WANO の活動を通じて、原子力発電所の安全性・信頼性向上に直接取り組むべく、社長（CEO）が WANO 東京センター理事会の理事へ就任

5. まとめ

WANO は、福島第一原子力発電所事故で得られた教訓をもとに、世界中の原子力発電所の安全性・信頼性を高めるための強化、改善活動に取り組んでいます。WANO の活動主体である PR を、国際的なチームで一貫した基準により継続的に実施し、将来にわたっても世界中の原子力発電所の安全運転に貢献していきます。

特別セッション

世界から見る原子力発電所の安全 ～「原子力発電の安全は今」～

Nuclear Power Plant Safety Now

(3) 日本の原子力発電所の安全確保

(3) Ensuring the safety of Japanese nuclear power plant

*決得 恭弘¹¹ 関西電力株式会社 原子力事業本部

1. はじめに

我々原子力事業者は、原子力の安全確保の取組みに当たり、二度と福島第一原子力発電所事故と同様の事故を発生させないという強い決意のもと、事故直後の緊急安全対策に始まり、これまで様々な安全性向上対策を講じてきた。

この過程では、福島第一原子力発電所事故を徹底的に分析して得られた知見を踏まえ、様々なハード対策を実施するとともに、地震、津波はもとより、竜巻、外部火災といった発生頻度の低い自然災害等の外的事象についても、そのリスクを低減させる方策に取り組んでいる。

また、福島第一原子力発電所事故においては、災害への対処に必要な要員（重機による瓦礫等の撤去作業・機材による注水作業等）の確保、機材の整備が不十分であったため、迅速な対応に支障をきたしたことを踏まえ、ソフト対策についても取り組んでいる。

今回は、当社高浜発電所3号機ならびに4号機における、安全性向上の取組みを報告する。

2. 安全性向上への取組み（ハード対策）

従来の規制基準では、炉心損傷は想定せず、また単一故障のみを想定していたが、新規規制基準では、地震・津波などの自然災害や火災などへの対応の充実、多重性・多様性・独立性を備えた信頼性のある電源・冷却設備の機能強化など、従来の基準が強化された他、炉心損傷防止対策や格納容器破損防止対策等の基準が新設された。

2-1. 地震対策

基準地震動の策定にあたり、敷地近傍の活断層の評価を重点的に行った結果、海域のFO-A断層、FO-B断層に加え、陸域の熊川断層との3連動を震源として考慮した。また、震源の上端深さを従来評価の4kmから3kmに変更した。これらの結果、基準地震動を従来の550ガルから700ガルに見直した。

また、敷地周辺の詳細な調査を実施した場合でも、なお敷地近傍において発生する可能性のある地震の全てを事前に評価しうるとは言い切れないことから、「震源を特定せず策定する地震動」については、平成12年鳥取県西部地震や、平成16年留萌支庁南部地震を考慮した値を基準地震動として策定した。

この基準地震動見直しにより、機器、配管のサポート補強や地すべり対策等の耐震性向上を図った。

2-2. 津波対策

基準津波の策定にあたり、若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべりとの組み合わせ、FO-A断層～FO-B断層～熊川断層の3連動と陸上地すべりとの組み合わせを波源として考慮して想定される津波高さ（入力津波高さ）を設定した。入力津波高さ（放水路奥 6.7m、防潮ゲート前面 6.2m）に対し、敷地への浸水防止対策として、放水口側防潮堤（海面からの高さ 8.0m）、取水路防潮ゲート（海面からの高さ 8.5m）を設置した。その他、非常用ディーゼル発電機給排気口のかさ上げ、水密扉設置等の対策を行った。

*Yasuhiro Kettoku¹¹The Kansai Electric Power Co.,Inc., Nuclear Power Division.

2-3. 内部漏水対策

建屋内に設置されたタンク等から水漏れ等を想定した場合に、重要な設備が浸水の影響を受けないように止水対策および逆流防止対策を行った。その他、重要な設備が被水の影響を受けないように保護カバーや堰の設置等を行った。

2-4. 火災対策

耐震性のあるタンク、ポンプおよび配管等の消火水系統、火災の早期検知のための多様な火災感知器、ポンプ等へのハロン消火設備ならびに可燃物へのスプリンクラー等を設置した。また、森林火災による発電所施設への延焼を防止するために森林を伐採し、幅 18m 以上の防火帯を設置した。

2-5. 竜巻対策

風速 100m/s で飛来物となり得る物品の飛散防止対策（飛散防止、移動、収納）を行うとともに、重要な発電設備を竜巻による飛来物から保護するため、飛来物防護対策を実施した。

2-6. その他

全交流電源が喪失した場合や炉心冷却手段を確保するため、設備の多重性・多様化を図り強化を行った。また、加圧水型原子炉(PWR)プラントは原子炉格納容器が大きく、炉心が損傷しても水素爆発の可能性は極めて小さいが、炉心熔融時に原子炉格納容器内に発生する水素の濃度を低減させる装置を設置した。

3. 安全性向上への取組み（ソフト対策）

3-1. 事故時対応体制の強化

事故対応に必要な技術能力を有する要員を増員し、発電所常駐要員のみで、事故の初動対応を行うことができる体制とするとともに、社員に加え、プラントの詳細情報を持つプラントメーカの技術者や、現場実務に精通している協力会社作業員を緊急時に速やかに召集し、事故の収束に向けた支援を行う体制を構築した。

3-2. 事故時対応能力の向上

事故時の対応能力を向上するため、毎年 1 回原子力防災訓練を実施している他、要員の役割に応じた教育・訓練を行っている。また、新たに配備された設備・資機材や設備変更を踏まえ、技術的習熟が必要となる手順について、訓練設備(モックアップ)を用いて繰り返し訓練を実施することで、対応能力の習熟を図っている。

3-3. 広域避難計画への協力・支援

発電所周辺地域内の住民避難について、自治体からの要請に基づき、社有バスの提供ならびに福祉車両、ヘリ、船舶により、住民数や地域事情を考慮して支援する。

避難者に対するスクリーニングポイントでの汚染検査について、自治体からの要請に基づき、支援協力を行う他、汚染検査等要員の派遣ならびに検査に必要な資機材の提供を行う。

4. まとめ

エネルギー自給率が極めて低い我が国においては、「エネルギーの安定供給」、「経済性」、「環境への適合」(3E)のバランスに優れる原子力発電の果たす役割は大きい。また、今年 7 月 3 日に閣議決定された国のエネルギー基本計画において、原子力発電の比率を 20~22%とする、2030 年のエネルギーミックスの確実な実現へ向けた取組みのさらなる強化を行うことが明記された。

当社としても原子力発電は重要な電源であり、国により安全性を確認されたプラントは、有効に活用していくことが重要と考えている。

今後も引き続き、当社と協力会社社員一人ひとりが、今一度、身を引き締め、原子力の安全確保に終わりはなく、さらなる安全性をたゆまず向上させていくとの強い意思と覚悟のもと、安全最優先で緊張感を持って、細心の注意で運転・保全に万全を期したい。また、運転再開後の安全運転の実績を一つひとつ積み重ねるとともに、原子力の重要性や安全性について広く社会の皆さまにご理解を賜る活動に全力を尽くしてまいりたい。

特別セッション

世界から見る原子力発電所の安全 ～「原子力発電の安全は今」～

Nuclear Power Plant Safety Now

(4) 原子力発電所の安全—社会からの問題提起

(4) Safety of Nuclear Power Station: Social Perspectives

*寿楽 浩太¹¹東京電機大学

1. 社会にとっての懸念の本質は何か

日本においては、今や、人びとにとっての原子力事故の典型的見本例は、福島第一原子力発電所事故（福島事故）である。福島事故と日本におけるそれまでの原子力事故やトラブルとの決定的な差異は、オフサイトには有意かつ長期的な影響を広範に生じたことに他ならない。地域社会、あるいは社会一般にとっての懸念の本質は、事故が起こるかどうかではなく、そうした深刻なオフサイト影響が生じるかどうかにある。

2. 原子力発電所の安全と原子力防災の統合の必要性：真の住民保護のために

従って、原子力利用を進める側が社会の懸念、疑念、不信に応えようとするのなら、原子力安全をオンサイト・オフサイトで断絶させず、統合されねばならない。原子力安全の目的は、放射線被ばくの影響から住民や環境を防護するのみならず、地域の生活環境やコミュニティ全体の存続を担保する広い意味での住民保護である必要がある。万一の際の防護措置、被害が生じた場合の補償、そして被災者の支援、これらのいずれもが適切かつ充分になされるか、影響を受けた範囲の地域社会が遅滞なく日常を回復できるのか、そして最終的に、受け入れがたいような不正義が生じないのかどうかこそが重要だ。

この点で、まず、原子炉等規制法と原子力災害特別措置法の並立には多くの課題がある。避難計画の確認が規制当局の規制行政の埒外になっている点、オフサイト防災における事業者の役割や責任が微妙で、積極的な協力を促しがたい点などは特に問題だ。また、福島事故後の SPEEDI の活用をめぐる論争において生じたように、異なる政府機関が具体的な防災上の手法について正反対の見解を示し、自治体に自己責任を求めている点などは、実務上の課題にとどまらず、社会的公正の観点からも許容しがたい^[1]。

加えて、原子力賠償制度の制度改革が未完である点、賠償の範囲を超える、しかしコミュニティの維持や社会正義の観点から必要性が生じる被災者支援のあり方についての議論や実務的な対応が等閑視されてきた点も、同様に実務上と社会的公正の両面で看過しがたい状況にある。

3. 社会の側から見た安全論議の必要性

これらの点への原子力関係者の問題意識が弱く、解決に向けた声をあまり上げてこなかったことは、極めて遺憾なことである。いくつかの司法判断における厳しい批判や、世論調査等において原子力に批判的な意見が多数を占める状況が固定化している背景には、そうした態度への批判も大いに含まれると受け止めるべきだ。プラント側から見た視点ばかりの論理構成、狭い意味での放射線影響に視野を狭めた議論は、社会に見放される原因とはなっても、社会的支持や信頼にはつながらないであろう。

参考文献

[1] Sugawara, S. and K. Juraku, "Post-Fukushima Controversy on SPEEDI System: Contested Imaginary of Real-time Simulation Technology for Emergency Radiation Protection," S. Amir (ed.), *The Sociotechnical Constitution of Resilience: A New Perspective on Governing Risk and Disaster*, Palgrave Macmillan, 2018.

*Kohta Juraku¹

¹Tokyo Denki Univ.

特別セッション

世界から見る原子力発電所の安全 ～「原子力発電の安全は今」～

Nuclear Power Plant Safety Now

(5) 原子力発電所の安全－学術の視点

(5) Safety of Nuclear Power Plant from Academic Points of View

*関村 直人¹¹ 東京大学

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故から7年以上が経過した。その影響は、国内のみならず世界の原子力利用全般に及んでいる。事故からの多くの教訓に基づいて、様々な安全対策が付加されてきた。事故の防止策と同等に、事故影響の緩和や軽減策への備えが必要であって、「深層防護」は原子力安全の基盤として、事故後も重要かつ有効な概念である。

複雑なシステムの災害への備えや対処能力、迅速な回復力を含んだ、より包括的な安全に対して、「レジリエンス」を上位概念として位置付ける試みも進められている[1, 2]。

また OECD/NEA が 2016 年に発表した報告書「福島第一原子力発電所事故後の 5 年」[3]では、「安全とは、運転経験の評価と研究を通じて、我々が学ぶことにつれて発展するプロセスである」とされており、原子力安全の新たな考え方が提示されている。

2. 原子力発電プラントをとりまく国際的な状況

IAEA でとりまとめが進められている議論[4]を参考として、原子力発電プラントをとりまく国際的な状況について、以下の4つの観点から俯瞰してみたい。

(1) 原子力安全規制要求の強化に伴う課題

規制基準の強化に伴い、受容限度や裕度に対する考え方が大きく変化している。従前は許容されていた設計上の安全裕度は縮小することになり、設計基準事象の再評価が求められている。このために追加的な技術的知見の整備や再評価が必要となっており、特に外的事象等に対しては、新たな枠組みでの知見の整備や確認作業、さらに標準化のための研究が求められている。

(2) 設計基準事象等に関する考え方のシフト

設計基準事象（DBE）とこれを超える事象（BDBE）に係る考え方も大きく変化している。アクシデントマネジメントに関する規制要求へ応えるのみならず、外部事象に対する裕度への考え方や設計基準の定義づけについても、これまでとは異なった取り組みが必要となっている。

このような変化を伴う領域に対しては、多様な対策の重要度や有効性の判断に確率論的評価が活用できる。しかしながら確率論的な評価を支える基礎的な知見の整備や評価手法の開発を待つのではなく、迅速に優先順位をつけながら対策を実施していくことが要請されているのも、この領域である。

(3) 安全性に係る設備・機器の付加と重要度

規制要求の強化に伴い、外的事象を起因とする事故への備えや電源喪失時のアクシデントマネジメント対策等のために多くの設備や機器が導入されている。また、建屋外や場合によっては敷地外で備えるべき可搬機器や備蓄機器も付加されている。これらのハードウェアに対する安全上の重要度をどの範囲までどのように区分けすべきか、これらに応じて適切な保全計画や品質マネジメントシステムをいかに確立するか、また訓練の立案・実施やマニュアル整備をどのように的確に進めるか等の課題がある。

*Naoto Sekimura¹¹The University of Tokyo.

（４）安全対策コストと達成時期の課題

世界の原子力発電プラントでは、福島第一原子力発電所事故に伴う追加的な安全対策のために１基あたり平均約 200M ユーロ（200 億円超）の費用を支出してきたとされる。我が国では新たな規制基準に対する

バックフィットが要求され、再稼働のための適合性審査が行われてきた。この結果、国内で再稼働した原子炉では、これよりはるかに大きい費用を費やしている。

従前の安全規制と事業者の自主的な安全対策には、グローバルなエクセレンスからどのような点が欠けていたかについて、ハードウェアのみならず広い観点から、改めて具体的に評価を加える必要がある。

一方で、福島第一原子力発電所事故の経験をふまえて、どのようなステップを踏んで安全を達成していくべきかについても、各国とこれまでの経験と将来の計画について共有することも重要である。

３．継続的安全性向上の基盤について

以上のような国際的な状況を踏まえ、新たな検査制度についての具体化が進んでいる現在において、継続的な安全性向上の基盤として、検討を進めるべき論点を提示する。

（１）規制機関と被規制者・事業者の関係

原子力安全は、規制機関と事業者の双方がともに果たしていくべき使命であるが、各々が独立して果たすことが求められる。規制の側からの継続的改善と事業者の「自主的安全性向上」が、互いにスパイラルアップする関係が必要となる。事業者は、現場を持ち安全に対して一義的な責任を持った成熟したプロ集団であり、規制機関と互いの姿勢や努力を認め合う成熟した関係を築いていかなければならない。

（２）原子力安全における優先順位と迅速性

安全上の重要な見落としがないか見つけ、安全上重要な対策を優先し、できるところから迅速に対策をとることが重要である。その上で対策が十分であるかの検討を行い、改善を進める。これらの評価のために、リスクの定量化やモデル化を実施することが、求められよう。

（３）リスク情報の活用

「リスク情報に基づいた意思決定（RIDM）」には、それ以前の課題が大きい。リスク情報から知識を得るためには、機器の故障率データ、ヒューマンエラーの統計的考察など、データの蓄積を進めていく地味な過程が前提となるとともに、個別のプラントが置かれる自然条件に基づいた知見が必要である。またリスク評価には不確かさが含まれ、リスク評価モデルに入っていない知識は使えないなどの限界を有している。

（４）安全対策機器の増設に伴う課題

我が国ではシビアアクシデント対策が規制上の要求とされたことに伴い、事故に至るリスクは低減されたと言える。一方で、多数の機器の導入に伴うシステムの機能喪失確率の上昇やヒューマンエラーの発生確率が上昇することによるデメリットがある。これらのデメリットを低減するための努力が、規制と事業者の双方からなされるべきである。コンフィグレーション・マネジメント、安全上重要度並びにリスク情報に基づいたメンテナンス、多様なメニューを含む訓練等が重要な課題である。また最新の知見を獲得する努力を進め、これに基づいた学協会規格を活用することも重要である。

（５）安全評価手法と判断基準

安全評価手法の高度化を進めることは、規制判断のための基準もバランスよく高度化される必要がある。規制基準の高度化は規制側の重要な責任であり、保守的な規制判断は前提としつつも、評価手法の高精度化が進むことと同時に並行的に、判断基準の高度化を進展させることが必要である。

（６）規制機関における安全の目標について

平成 30 年 4 月 5 日に炉安審・燃安審は、原子力規制委員会に対して、規制機関における安全の目標について、以下のような回答を提示している[5]。

- ・ 原子力規制委員会が示す安全の目標は、福島第一原子力発電所事故のような重大な事故を再び起こさないとの決意の下、安全神話に陥ることなく、不断に安全性向上を図るとの姿勢に基づくものである。
- ・ また安全の目標は、原子力規制委員会が規制基準の策定などに当たり参照すべきものである。

- ・ 原子力規制委員会が示す安全の目標と、規制基準への適合によって達成される安全の水準を、確率という尺度のみを用いて直接に比較評価し、説明することは現状できないし、行うべきものではない。
- ・ 安全の目標については、以上のような点こそ、国民に説明するべきものである。
一方で事業者の自主的安全性向上においても、独立して安全の目標を議論していくことが求められる。

(7) 組織文化と安全文化の課題

IAEA は、「安全のためのリーダーシップとマネジメント (GSR Part 2)」を 2016 年 6 月に改訂している。これは、従前の GS-R-3 を置き換えた全般的な安全要件であり、組織構想、目標、戦略、計画及び目的を定めかつ統合すること、電離放射線の有害な影響から人及び環境を防護すること、要員がこれを実施・約束するよう先導すること、及び基本安全原則を支持し、行動による期待事項の確立及び強固な安全文化を醸成することを求めている。

安全を損なうかどうかかわからないリスク情報に対して、資源を投入する決断をいかに行うか、また不確実な将来に対して、現状維持ではなく、行動ができるのか、不作為や先送りを犯すことはいかに戒められるべきか、多くの課題が組織文化と安全文化の課題として指摘できる。インセンティブを持ち、優先順位付けを行っていく際には多くの障害がありうるが、これらをどのように打破できるのか、事業者と規制機関に課せられている課題は大きい。

4. まとめ

福島第一原子力発電所事故は、我が国のみならず世界のすべての原子力発電プラントの安全対策に大きな影響を与えてきている。我が国では、バックフィットを取り込んだ規制基準に基づいた審査が行われつつあるが、再稼働には多くの制約があり、廃炉となったプラントも多い。一方で審査に加えて、新たな検査制度の枠組みが構築されつつある。リスク情報を活用したパフォーマンスベースで監査型の検査制度が、試行を通じて定着し、事業者と規制側の双方が継続的な安全性向上活動を互いにスパイラルアップしながら進めていくことが望まれる。

規制側と事業者のみならず、学協会や地方自治体が地元住民や公衆とともに重要なステークホルダーとして、継続的な安全性向上の基盤を形成していくことが必要である。

参考文献

- [1] 北村正晴「原子力安全理論の再構築とレジリエンスベースの安全学」日本原子力学会誌第 54 巻 11 号 (2012)
- [2] Naoto Sekimura, Hiroshi Miyano and Tatsuya Itoi, "Resilience Engineering: New Discipline for Enhancement of Nuclear Safety", Proceedings of The 2nd international Conference on Maintenance Science and Technology (ICMST-Kobe 2014). Nov. 2014, Kobe.
- [3] Five Years after the Fukushima Daiichi Accident: Nuclear Safety Improvements and Lessons Learnt, OECD/NEA 邦題「福島第一原発事故から 5 年：原子力安全向上と教訓」
<https://www.oecd-nea.org/nsd/pubs/2016/7284-five-years-fukushima.pdf>
<https://www.oecd-nea.org/nsd/pubs/2016/7285-five-years-fukushima-es-jp.pdf>
- [4] Arif Nesimi Kilic, Implementation of and Sustainability of Post-Fukushima Daiichi Accident at NPPs, IAEA, Feb. 2017
- [5] 「原子力規制委員会が目指す安全の目標と新規規制基準への適合によって達成される安全の水準との比較評価（国民に対するわかりやすい説明方法等）について」2018 年 4 月 5 日（炉安審・燃安審）
<http://www.nsr.go.jp/data/000227853.pdf>