

福島第一原子力発電所事故に関する
調査委員会報告における提言の実行度調査
－10年目のフォローアップ－

2021年5月



一般社団法人日本原子力学会

学会事故調提言フォローワーキンググループ

発刊にあたって

東日本大震災に伴い発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故は、大量の放射性物質を放出するという最悪の事態を引き起こしました。事故から10年が経過した今日でも、いまだに帰還できない多くの住民の方がおり、また、事故を起こした原子炉の廃止措置においても、計画が先延ばしとなった燃料デブリの取り出しなど、多くの課題に直面しています。

日本原子力学会は、原子力に関する唯一の総合的学術団体として、この事故を防ぎえなかったことを真摯に受け止め、「東京電力福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会」を立ち上げ、事故原因と事故の影響を調査するとともに、今後解決すべき課題を網羅的に特定し、日本原子力学会からの50項目の提言として公表しました。本会では、これらの提言が関係機関における具体的な活動に結びつくことを期待するとともに、提言の実現に向けて、関係機関への働きかけを続けていくこととしております。その一環として、本会を含む関係機関における提言への取組の状況を定期的に調査することとし、事故から5年目の2016年には調査結果を第1回調査報告書として取りまとめました。

事故から10年目となる本年は、前回の調査以降の取組状況の調査に加え、その実施状況に対する分析と評価を実施致しました。本報告書の分析・評価の結果を踏まえ、今後本会としての取組の検討を進め、示された課題の実現に向けた活動を進めてまいります。また、この結果を関係者で広く共有することにより、関係機関においても提言の実現に向けた継続的な取組が実施されることを期待するとともに、本会としてもその実施に向けて関係機関への働きかけを継続していきます。

なお、提言の実現に向けた取組は、これからも長期にわたり継続が必要な項目もありますので、今後も同様の調査を定期的に行い、その結果を取りまとめ、公開していく予定です。

2021年5月

一般社団法人日本原子力学会
会長 中島 健

目次

要旨	1
1. はじめに	2
2. 根本原因分析の概要	3
(1) 事故の直接要因	3
(2) 事故の背後要因	3
3. 提言のフォロー・評価	4
(1) 提言I：原子力安全の基本的な事項	4
1) 原子力安全の目標の明確化と体系化への取組	4
2) 深層防護の理解の深化と適用の強化	7
(2) 提言II：直接要因に関する事項	10
1) 外的事象への対策の強化	10
2) 過酷事故対策の強化	13
3) 緊急事態への準備と対応体制の強化	13
4) 原子力安全評価技術の高度化	15
(3) 提言III：背後要因のうち組織的なものに関する事項	18
1) 専門家集団としての学会・学术界の取組	18
2) 産業界の取組	20
3) 安全規制機関の取組	21
(4) 提言IV：共通的な事項	25
1) 原子力安全研究基盤の充実強化	25
2) 国際協力体制の強化	26
3) 原子力人材の育成	28
(5) 提言V：今後の復興に関する事項	32
1) 今後の環境修復への取組	32
4. おわりに	35
略語集	37
付録1 フォローアップ協力組織	39
付録2 ワーキンググループメンバー及び協力者	40

要 旨

日本原子力学会が2014年3月8日に公表した東京電力福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会報告書では、福島第一原子力発電所事故の根本的な直接要因は、不十分だった津波対策、不十分だった過酷事故対策、そして不十分だった緊急時対策、事故後対策及び種々の緩和・回復策の3つであったとした。そして、その背後要因として専門家の自らの役割に関する認識の不足、事業者の安全意識と安全に関する取組の不足、規制機関の安全に対する意識の不足など5つの要因を挙げた。これらの要因の改善策として、原子力安全の基本的な事項、直接要因に関する事項など5つの分類にわたり、50項目の提言を行った。

2016年、事故後5年目の契機に、提言の実行状況の調査を関係機関、学会に広く行い、その結果をエビデンスと共にまとめた。

今般、2021年に10年目を迎えるにあたり、再度、実行状況の事実を調べるとともに、実行状況を分析し、達成の度合を評価し、今後更に取り組むべき課題をとりまとめた。

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震及びこれによって引き起こされた津波により、東京電力福島第一原子力発電所（以下「1F」と記す）では炉心溶融事故が生じ、放射性物質の大量放出という事態を引き起こした。放射性物質による汚染は広範囲に及び、今なお帰還困難区域が解消されず、多くの方々か避難を続けている。また、事故を起こした原子炉の廃炉作業は現在も続けられており、残された溶融炉心の取出しについては今後長期にわたって行わなければならない。

日本原子力学会は2012年6月22日に「東京電力福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会」（以後、「学会事故調」と記す）を発足させ、事故の内容及び1Fサイト内外でなされた事故対応について調査し、様々な観点から事故の分析評価と課題の抽出を行った。そして2013年3月に中間報告書を、また、2013年9月に最終報告書ドラフトを公表した。その後、主要各国のピアレビューを受け、2014年3月8日に「福島第一原子力発電所事故 その全貌と明日に向けた提言 ―学会事故調 最終報告書―」¹⁾（以降、本章を除き「学会事故調報告」と記す）を公表した。最終報告書では1F事故の直接要因は、(1) 不十分であった津波対策、(2) 不十分であった過酷事故対策、(3) 不十分であった緊急時対策、事故後対策及び種々の緩和・回復策、の3点であるとした。そして、その背後要因として、① 専門家の自らの役割に関する認識の不足、② 事業者の安全意識と安全に関する取組の不足、③ 規制当局の安全に対する意識の不足、④ 国際的な取組や共同作業から謙虚に学ぼうとする取組の不足、⑤ 社会や経済に深くかかわる巨大複雑システムとしての特性を踏まえ、原子力発電所の安全を確保するための俯瞰的な視点を有する人材及び組織運営基盤が形成されていなかった、ことを挙げた。さらにこれらの要因の改善のために、I 原子力安全の基本的な事項、II 直接要因に関する事項、III 背後要因のうち組織的なものに関する事項、IV 共通的な事項、V 今後の復興に関する事項、の5つに分類し、13課題50項目の提言を行った。

1F事故から10年が経過し、日本原子力学会では最終報告書で提言した5分類13課題50項目のフォローアップを行い、提言がどの程度実行されているかを把握し、今後の活動に反映させるべきと考えた。そこで、2020年8月に提言フォローワーキンググループを設置し、活動を開始した。まず、提言項目に関して学会内外の原子力界の主要な組織に実行状況の情報を提供いただき、提言ごとにそれらを取りまとめた。提供いただいた組織は「付録1：フォローアップ協力組織」にまとめられている。なお、提言項目の実行状況の調査は今回で2回目であり、第1回の調査結果は報告書として2016年3月に公表されている²⁾。今回の調査結果は第1回の結果に追記する形で取りまとめている。本報告書とともに公表される「提言項目整理表」が今回の調査結果のまとめである。

次に、学会内の多数の専門家に依頼して、実行状況に基づいた分析を行い、提言項目ごとの達成度を評価した。この分析と評価は第1回の調査の際には行っていなかったものである。分析・評価いただいた専門家は本ワーキンググループのメンバー及び協力者の方々であり、「付録2：ワーキンググループメンバー及び協力者リスト」として掲載した。提言の13課題ごとに、4～5名の専門家が実行状況に基づいた課題の達成範囲、達成レベル、及び、今後への改善の期待、を分析及び評価した。ただしこの分析と評価は、日本原子力学会の会員の中から各課題に関する専門家に依頼して、それぞれ独自の見識に基づいたものであり、必ずしも日本原子力学会の総意ではないことに注意されたい。各専門家の分析はコメントとして集め、50項目ごとに文書としてまとめた。その文書は本報告書の第3章となっている。

本報告書の位置づけとしては、1F事故から10年が経過した時点で、事故の教訓がどこまで達成されたかを評価するだけでなく、むしろ、事故の教訓の中で更に達成の努力が必要なものや、将来にわたって継続的に達成の努力を続けていかなければならないもの、時間の経過とともに忘れられているものがないかどうか、を点検し、継続的な安全性の向上に向けて今後どのように努力をしていかなければならないかを明らかにすることである。さらに、日本原子力学会としては、1F事故の反省の上に導き出した提言を原点として、そのフォローアップに基づいて今後の活動の方向を定めていくべきと考える。

参考文献

- 1) 一般社団法人 日本原子力学会 東京電力福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会「福島第一原子力発電所事故 その全貌と明日に向けた提言 ―学会事故調 最終報告書―」丸善出版(2014)
- 2) http://aesj.net/hp/documents/2016.3_事故調提言への取組状況第1回調査報告書.pdf

2. 根本原因分析の概要

(1) 事故の直接要因

事故の直接要因としては、以下の4項目が挙げられている。

- 不十分であった津波対策：事前に得られていた2つの重要な警鐘を対策に活かせなかった。第一は貞観三陸沖地震津波、第二は福島県沖海溝沿いの津波地震である。
- 不十分であった過酷事故対策：2002年以降、過酷事故対策の強化が行われなかった。地震、津波などの外的事象に対する過酷事故対策が行われなかった。9.11テロ後に海外で強化されたテロ対策がほとんど行われなかった。
- 不十分だった緊急時対策、事故後対策及び種々の緩和・回復策：10km以内と想定していた緊急時の避難範囲が不十分であった。オフサイトセンターが地震により使用できなかった。ヨウ素の服用指示の連絡が徹底せず、ほとんどの地域で服用されなかった。
- 結果論としてはオンサイトにおける過酷事故の現場対処に不手際が認められるが、それは事前準備に起因するもので、直接要因とは言えない。

(2) 事故の背後要因

事故の背後要因としては5項目が挙げられており、以下にその概要を示す。

1) 専門家の自らの役割に関する認識の不足

- 自然災害に対する原子力安全の専門家の理解が足りなかった。
- 研究や警鐘が社会で活かされる仕組みが不足していた。
- 中立性を守るための努力が不足していた。

2) 事業者の安全意識と安全に関する取組の不足

- 事業者である東京電力は、津波や過酷事故に対する新たな知見により明らかとなったリスクを軽視し必要な安全対策を先延ばしにした。
- 事業者は規制要求以上の安全対策を自ら進める姿勢に欠けていた。
- 事業者は安全を優先させるための俯瞰的なマネジメント能力に欠けていた。リスク管理が経営の一環であるとの認識が不足していた。

3) 規制当局の安全に対する意識の不足

- 規制当局が安全規制に責任をもつ意識が不足していたため、東京電力から得ていた津波想定情報を活かせなかった。
- 過酷事故対策及び原子力防災に関わる安全規制が国際的に大きく後れをとっていたにも拘らず、規制当局は安全規制の進化を迅速に行ってこなかった。
- 緊急時の対策などに関するマネジメントが確立されていなかったことが事故対応における多くの不手際の要因となった。

4) 国際的な取組や共同作業から謙虚に学ぼうとする取組の不足

マグニチュード9.1を記録した平成16年(2004年)のスマトラ沖地震では巨大津波が発生しており、インド洋の対岸にある原子力発電所が浸水するという事態に至っている。しかしながら、このような規模の地震と津波がわが国の近海で発生すると想定し、その場合に原子力発電所が浸水する事態になることを予測し、対策を施すということがなかった。

5) 安全を確保するための人材及び組織運営基盤の不足

原子力発電所は巨大複雑系システムである。これは、単に工学的な巨大複雑システムというだけでなく、社会や経済も深く関わっている。たとえば、安全対策は単に安全機器を設置するだけで機能するものではなく、その維持管理や緊急時の操作など、人的なマネジメントも大きく関わっている。ここまで述べてきた背後要因の更に共通的な要因として、巨大複雑系システムである原子力発電プラントの安全を確保するための俯瞰的な視点を有する人材及び組織運営基盤が形成されていなかったことが挙げられる。

学会事故調報告では背後要因を中心に、執るべき策を策定し提言として取りまとめた。今回のフォローアップでは、提言に対してのその実行度を調査し、その結果を分析・評価し、とりまとめた。以下に分析・評価の結果を示す。

3. 提言のフォロー・評価

(1) 提言 I：原子力安全の基本的な事項

1) 原子力安全の目標の明確化と体系化への取組

①安全目標の合意形成

- ・ 定量性をもった安全目標は、リスクがどの程度であれば社会に受け入れられるかを示すものであり、社会との共有に向けて対話の努力を継続的に行うべきである。
- ・ この安全目標とともに、リスク情報を積極的に活用し、規制機関においては規制活動の透明性、予見性、合理性、整合性の向上を図るべきである。
- ・ 事業者においては原子力利用活動に伴うリスクを合理的に実行可能な限り低くするよう努めるべきである。

注：上記枠内は学会事故調報告における記載内容を示している（以下同様）。

安全目標に関しては、学会事故調報告では、「環境への放射性物質の放出という最悪の事態が現実になり得るものとしての検討が行われていなかった」ことの原因として、「安全の達成目標とその重要性が十分に認識されていなかったこと」が挙げられている。さらに、「安全の達成目標」に関連する検討は行われたものの、「規制への取り入れが避けられてきたこと」、「外的事象の影響度や事象進展に関する分析にリスクの分析評価が十分には利用されていなかった」ことも、指摘されている。

原子力規制委員会において環境を考慮した性能目標(Cs137換算 100TBq, 10⁶/炉年)が2013年に出されていること、2016年には新規制基準と安全目標の関係が示されたこと、2018年には炉安審・燃安審からの安全の目標と、新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にかかる意見を踏まえた原子力規制委員会における安全目標（旧原子力安全委員会における中間とりまとめ）を振り返る議論がなされたこと、日本原子力学会の原子力安全部会では2016年の原子力学会企画セッションで、安全目標の設定と活用に関する議論の場を設け、リスク部会では2018年、2019年に安全目標に関するシンポジウムを開催し安全目標の階層構造、定性的な上位目標の議論を行っていること、電中研NRRCからは学会の企画セッションやシンポジウムにおいて安全目標の階層化などの見解が提示されていることなど、公開の議論が様々に実施されている。

この10年間において、安全目標にかかる活動が、旧原子力安全委員会での議論の時とは異なる形式でなされてきたことは、安全目標が必要であるとの認識がみえる点で、意義が深い。今後も制定に向けて議論を継続することが必要である。しかし、議論を積み重ねるだけに終始してしまい、未だに安全目標の策定には至っておらず、我が国は定量的な安全目標の設定が不明瞭な原子力発電所保有国となっている。原子力規制委員会が安全目標をあいまいなままにしていることについては問題があり、国民とのコンセンサスを得ることを進めなければならない。

この状況をそのまま継続していても、安全目標の制定、活用の段階には到達しない。安全目標が制定されなければリスクインフォームドアプローチが真の意味で実現せず、各関係組織の安全性向上への取組が将来、停滞することも予想される。議論すべき項目とその検討体制を決めること、目標を定めること、工程を作成すること、などを関係組織が集まって早急に行うべきである。学協会、とくに日本原子力学会が大きな役割を果たすことが期待されるものの、残念ながら現在まで役割を果たしてはいない。

安全目標はそもそも社会との合意により成立すべきものであるが、エネルギー安全保障や温暖化対策などの他のエネルギー源を含む大きな議論と社会の合意が上位で必要である。そのためにも社会あるいは地元住民との対話の機会が必要である。対話ということは、一方的な説明により理解を求めるのではなく、相互に意見交換をしっかりと行い、安全目標の制定、そしてその後のリスク情報を活用した活動の実現に資するように、関係組織が心掛けることが重要である。学会らしい社会への働きかけという点から、日本学術会議との連携もその一つであり、原子力の専門家による議論に、他分野（社会科学、人文科学など）の専門家も入れて議論をすることも、社会との合意形成に重要な役割を果たすと考える。

1F事故後2011年に旧原子力安全委員会は、地震、津波などの外的要因も含めたシビアアクシデント対策を図ること、PRAと決定論的評価を併用することなどの新たなシビアアクシデント対策の枠組みを示し、その後、原子力規制委員会は、重大事故等の拡大防止に関する要件の明記、PRA結果を参照した事故シーケンス抽出、などを求めた新規制基準を制定した。これらは、将来に発生する事故の発生防止・影響緩和の点で予見性を有した枠組みになっていると評価できる。2013年には事業者の自主的な安全性向上を目指した安全性向上評価届出制度を開始し、具体的なPRAのガイダンス文書として「PRAの説明における参照事項」を「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイ

ド」の参考資料として発出している。2020年度より実施されている検査制度は、事業者の自主的な安全性向上活動を継続的に行うことをベースにしたもので、リスクインフォームド・パフォーマンスベースの考え方を取り入れている。これらの原子力規制委員会の活動は、1F事故の反映として原子力施設のリスクを把握しその低減対策を立てる仕組みを提供している点で意義は大きい。

資源エネルギー庁は、2014年に「自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ」を設置し自主的安全性向上の取り組みの在り方の検討を行い、日本原子力学会の特別専門委員会での議論を得て2017年にロードマップをまとめた。さらに地震、津波、断層変位のPRA技術開発も支援した。

日本原子力学会においては標準委員会原子力安全検討会に「リスク活用分科会」が設置され、原子力施設の設計、運転管理、規制、防災、リスクコミュニケーション等の分野におけるリスク情報の活用のあるり方に関する調査・検討並びに検討成果の普及活動等を実施している。リスク情報活用を促進するために技術レポート「リスク評価の理解のために」を2016年に作成し、さらに最新の知見を反映し、2020年に改訂した。また、リスク評価の手法の標準としての外的事象も含んだ各種PRA実施基準、リスク情報を活用するためにPSR⁺指針、IRIDM実施基準を発行している。このようにPRA標準、IRIDM標準の整備が進み、リスク情報活用にかかる理解と知識の普及のための技術基盤の整備は進んでいる。日本電気協会、日本機械学会の規格策定の委員会においても、耐震設計技術規程や保守管理規程などにおいて、リスクインフォームドの考え方を導入した規格の策定の議論が開始されている。

電中研NRRCは、PRA、RIDM、リスクコミュニケーションの最新手法を開発し用いることで、原子力事業者及び原子力産業界による、原子力施設の安全性向上のためのたゆまぬ取組を支援している。各種PRA手法の研究開発、リスク情報活用にかかる教育、PRAピアレビューやデータベース整備などに取り組んでいる。PRAやRIDMにかかるシンポジウムを2015年と2019年に、ワークショップを2017年と2018年に開催し、広く知識情報の共有と普及を続けている。

事業者においては、規制の枠組みにとどまることなく、JANSIや電中研NRRC等と連携しながら、PRA、RIDMによる自主的かつ継続的な安全性向上に取り組んでいる。改善活動などにリスク情報を活用することを進めており、実例が積みあがっている。再稼働したプラントだけではあるが、安全性向上評価届出書においてPRAや安全裕度評価等の結果を踏まえた安全性向上計画を記載し、原子力規制庁へ提出するとともに各社のホームページで公開している。リスク情報活用の検討成果は学会等の場での発表あるいは安全性向上評価届出書に対策実績を掲載する、などの形で、自主的に社会への発信がなされている。新しい検査制度においては、事業者の自主的な安全性向上活動を規制が客観的な視点から見ることにより、事業者自らがリスクに注視しその管理に努力することを促す仕組みであることから、安全性向上に有効であると評価できる。

JANSIは事業者のリスクマネジメント体制の構築を支援・牽引するため、2014年に事業者CEOに対して「リスクを考慮した安全確保体制の構築に係る提言」を発出するとともに、2015年にリスクマネジメントエクセレンスガイドラインを策定した。さらに発電所の体制及び本店の関連する体制の確認、ベンチマーキング、個別支援等を通じて、リスクマネジメント体制の確立を支援している。今後は、本店のオーバーサイト機能の観点からのリスクマネジメントの状況も含めて確認することにより、安全性向上機能を継続的に高められるよう支援する。

以上のように、関係各組織は、PRAの整備開発とともに、その結果を活用したリスク低減の対策及びマネジメント体制の実現を進めており、安全性向上につながる活動の成果は見えてきている。しかし、安全性向上を進めていく際に、PRA結果だけでなく多様な視点を取り入れることはIRIDMの概念に見られるように重要であるが、この点について、まだ具体的な取組がなされていない点で、改善の余地がある。このような配慮をしつつ、今後もリスク情報活用にかかる取組を継続していくことで、予見性、合理性を備えた継続的な安全性向上が達成できると考える。

安全目標を踏まえたリスク情報活用による継続的な安全性向上の取組は、リスク情報に含まれる不確実さの扱い、意思決定におけるバイアスなどの問題のために、いずれの組織の意思決定においても議論に時間がかかり、結局、リソースの配分を無視した過剰な余裕を施した対策に進んでしまい、安心してしまうことが懸念される。特に、我が国は地震や津波などによる外的事象災害が多いため、その対策（ハードウェアだけでなくマネジメントも含む）を、いままでの10年間に尽力した成果に甘んじることなく、新知見を広く収集、検討して、予見性をもって安全の維持向上を続ける必要がある。これには、安全性向上評価届出の仕組みを活用し、日本原子力学会標準委員会で制定しているPSR⁺指針を用いることも有効な手段である。規制活動の判断において、リスク情報は重要な役割を果たすことから、制度の確立、規制基準、学協会規格・標準の整備と活用を、今後も継続するとともに、新しい知見を反映し改善していくことが必要である。

さらに、個々の取組に加えて、外的事象に代表されるように複数の分野の専門的知見を用いる必要があること、長期間にわたる機能を期待する対策には物理的な変化だけでなく社会における新しい考え方を見る必要があること、な

どから、各組織間の対話や取組の融合など、連携した取組が重要である。

②規制基準などの体系化

- 基本安全原則など安全に関する高次の思想を発展、深化させるための努力を国際社会と協力して行っていくべきである。その際、原子力以外の分野の知見も積極的に取り入れていくべきである。規制組織は原子力安全の基本安全原則など高次の安全思想を規制上に位置づけるとともに、それに基づき規制基準などの体系化を図るべきである。

学会事故調報告書では、「原子力の安全対策を想定が困難な事態にも対応できるものにする重要なアプローチの一つ」として、安全の基本的な考え方の体系的整備を挙げている。これは「様々な事態においても全体システムとして最適に設備、システムを機能させるために、設計からマネジメントまでをカバーする俯瞰的な安全体系に基づいて考える必要がある」と記載し、体系的な考え方の重要性を論じている。また、「我が国は1F事故以前から技術の高度化に努め国際的にも高く評価されているが、安全を体系的に捉え考え方を掘り下げる活動に関係各組織は重点を置いていなかった。2006年にIAEAからSF-1（基本安全原則 Fundamental Safety Principles）が発行されたのちにも、これに相当する上位の安全思想が規制制度において位置付けられることはなかった。」とも記載し、「全体を俯瞰する羅針盤となるもの」の作成の意義を記載している。

規制機関が1F事故後に策定した、重大事故対策、外的事象対策、などの規制基準は、すでに実効を上げている。世界的にみて厳しい規制基準への適合性を認められた原子力発電所は、2021年1月現在で16基に達し、9基が再稼働を果たしている。このことに対しては、再稼働審査に時間がかかり過ぎている、廃炉を決めた原子炉も多く将来の電力供給に問題がある、との意見もあるが、日本は複数の原子炉の過酷事故という世界的に類を見ない事故を経験した国であることを忘れてはならない。規制機関は、審査、面談などの会合を公開し資料もダウンロード可能となり透明性はかなり向上している。

日本原子力学会原子力安全部会では、2017年の日本原子力学会企画セッション・セミナーの場で規制全般の課題と今後の方向性について議論を行い、水化学部会では技術課題を深層防護のレベルと関係づけてロードマップを策定する取り組みを進めている。

関連する学協会規格・標準も整備されて、原子力規制委員会及び事業者において活用されている。特に、地震や津波などの外的事象に関する規制基準、学協会規格・標準、民間ガイドラインの整備は、地道に取り組まれている。これらは規制審査だけでなく、事業者が行う安全性向上に貢献している。原子力規制委員会が策定した安全性向上評価届出の仕組みについても、再稼働を果たしたプラントを対象としていることに検討すべき点はあるが、事業者の自主的な検討と工夫、PRAなどの評価の提示が進んでいることには1F事故以前とは異なる状況がみえる。

しかし、原子力規制委員会から、原子力安全の基本的考え方を示す文書は未だ出されていない。それにつながる学協会規格・標準、民間ガイドラインの体系的関係性も学協会規格類協議会などで議論はされているが、未だに明確になっていない。安全目標とともに、安全に関する基本的な考え方が発出されていないということは、今後、安全性向上の意思決定をする際に、基準となるものが存在しないことを意味している。つまり、属人的、あるいは組織の都合による意思決定がなされ、科学的合理的な判断にならない場合が出てくるのが危惧される。

日本原子力学会標準委員会は、原子力安全の基本原則について検討を行い、基本安全原則や深層防護の考え方に関する技術レポートを発行した。深層防護の適切な実装に関する考え方について公開シンポジウムなどを行い、意見を聴取した。原子力関連学協会規格類協議会は、3学協会*規格策定委員会委員長連名で、学協会規格策定の更なる充実、強化の取組み方針について述べたステートメントを2018年に出している（*日本機械学会、日本原子力学会、日本電気協会）。なかでもIAEAのSF-1を踏まえた技術レポート「原子力安全の基本安全原則」（2012年）は、その後IAEAから出されている文書などを参照して更新する検討も必要ではあるものの、日本として原子力安全の基本的考え方を関係組織合意のもとで原子力規制委員会が制定していくための活動の契機として期待でき、日本原子力学会は議論の場を提供するなどの働きかけを規制、事業者などに広く行う役割を果たすことができると考える。

外的事象にかかる基準、規格の整備については、設計、リスク評価だけの各分野における規格・標準の議論において、新知見を広く収集し反映して継続した改善を行うこと、さらに、地震従属事象のような分野の複合、保守と設計のような部署間の協働について、規制基準、学協会規格・標準の関連性の強化を図る必要がある。その際、個々の学会は、自らの分野だけに籠ることなく、異なる分野との意見交換、情報共有を積極的に行うことも重要である。この意見交換、情報共有の結果、新規の考え方、規格の内容の高度化、拡張が必要になることが露見する場合もあり得るであろう。このように規制基準や規格・標準は常に見直し、これでいいのかの問いかけを行っていかねばならな

い。上述の深化の取組を進める仕組みが必要であろう。

③核セキュリティの強化

- 安全対策と共に核セキュリティ対策が統合的に実施されるよう、それぞれを所掌する組織間において、機微情報の取り扱いに配慮しつつも可能な情報共有や意見交換を進め、この二つの分野ができるだけ相乗効果を産み出すように努めるべきである。

原子力規制委員会は2012年に核セキュリティにかかる検討会を設置し、対策の強化、安全性と核セキュリティの両立のための効率的な連携、を中期目標に掲げて検討を進めた。2015年のIAEAのIPPASミッションで「全体として、強固で持続可能なものであり、また近年顕著に向上している」との評価を得た。日本原子力学会核不拡散・核セキュリティ作業部会では、政策的・技術的課題の検討を進めている。日本原子力学会標準委員会原子力安全検討会では、セキュリティとセーフティ相互の観点からの寄与を検討した。JAEAの核不拡散・核セキュリティ総合支援センターでは国内の産学官と連携して、海外機関とも協力して、関係活動を進めている。事業者は、法令の要求に従い、核物質の不法な移動又は妨害破壊行為、爆発物等の持ち込み及びサイバーテロ対策等の適切な対策を講じている。

このように、関係組織において対策は進んでいる。内容を詳細に公開できるものではないので、専門家間での十分な議論と海外の最新の取組を取り入れた検討を期待する。特に、安全対策と核セキュリティ対策とが統合的に実施されることが必要である。内容を詳細に提示できなくても、このような取組が行われていることは学会での発表を通じて公開することが、核セキュリティに役立つものであることを周知していかなければならない。原子力施設には、核セキュリティ対策で設置した数多くの設備があるため、その管理や操作も複雑になっている。教育訓練により実行性は高く保たれてはいるが、二つの分野が相乗効果を産み出すように今後も努めるべきである。国内外の関係組織と連携して取組を今後もより一層、進める必要がある。

なお、東京電力において2019年に発生したID不正利用、2020年に発覚した核防護設備の故障については、核セキュリティ文化の劣化を示すものであり、原子力界全体として、改めて核セキュリティ文化の醸成に努めるべきと考える。

2) 深層防護の理解の深化と適用の強化

①基本安全原則の明確化

- 日本原子力学会がSF-1を基に立案した「基本安全原則」(平成24年(2012年)11月)を活用し、安全設計の基本的考え方を明文化した規制図書を作成し、公表すべきである。

学会事故調報告では、体系的な文書を作る意義を次のように説明している。「原子力の安全対策を、想定が困難な事態にも対応できるものにするための重要なアプローチの一つが、安全の基本的な考え方を体系的に整備することであると考える。それによって、抜けがなくさまざまな事態に対応できる包括的な安全の取組方針が得られる可能性が高まる。特にアクシデントマネジメントのように固定的な手順がなじまない対策においては、より上位の安全思想の重要性が高まる。IAEAにおけるSF-1や新たな深層防護の検討は、そのような体系的な取組の一環である。」

我が国では、1F事故を経て、原子力安全の確保においては、当該発電所あるいは国内外で経験された事象だけでなく、想定すら困難な事態にも対応せねばならないとの認識を新たにした。基本的な安全の原則を頂点とする体系的な文書を整備すべきであるとの提言は、そのための検討をより良く行うための手段の一つとして提起されている。従って、単純に基本的原則を文書化するというだけではなく、具体的な安全対策の意思決定における指導原理となるものでなければならず、整備の過程で議論がなされ、関係者がその理念を理解し、実際に使われ、抜けがなくさまざまな事態に対応できる包括的な安全の取組として結実しなければ意味がない。そのような取組は、不確かな事項にも対応するためのものなので、必然的に継続的でなければならず、その文書体系自身も継続的に見直されていくべきものである。

なお、日本原子力学会が立案した「基本安全原則」(平成24年(2012年)11月)を活用するとされているのは、それのみで出発点になるということではなく、その基となったIAEAのSF-1や深層防護の検討の成果も取り込み、日本原子力学会の「基本安全原則」と合わせて、継続的な改善を行いながら、役立てて行く必要がある。

また、提言中の「安全設計の基本的考え方」における設計とは、設計/運転/廃止といったライフサイクル内での技術的な設計という意味ではなく、安全確保のための全ての活動を包括的に検討し計画するという意味での設計である。

上述の意図を踏まえれば、評価は、単純に基本原則を示す規制図書はできたかと問うだけでなく、基本原則に関する議論がなされ、関係者の理解は深まったか、そして、それを踏まえて安全確保の在り方は改善されたか、という現実の改善を含めた観点でなされる必要がある。

(1) 基本的考え方を明文化した規制図書はできているか

基本安全原則に相当するような規制機関による文書は単一の形ではまだ作られていない。その意味では、提言は達成されていない。

ただし、規制活動の根底にある基本的な考え方について関係者が共通の理解を持つための文書という意味では、原子力基本法及び原子炉等規制法などの法律を頂点とする規則・基準の体系と、それを補足し理解を助けるための審査ガイド・検査ガイドなどの文書が整備されており、更に多数の規則・基準等に分散した情報を整理し、基本的な考え方を説明した文書として、原子力規制委員会の報告書 NREP-0002「実用発電用原子炉に係る新規規制基準の考え方について」（平成30年12月19日改訂）が作成されている。

また、我が国では、原子力基本法第二条2項において、安全確保は「確立された国際的な基準を踏まえて行う」とされており、その趣旨に沿って IAEA の SF-1 を頂点とする安全基準を踏まえた IRRS による規制活動レビューを積極的に受入れ、その勧告を規制活動の継続的改善に取り入れており、現実はその勧告に基づいて大幅な規制の改善が達成されてきている。また、NREP-0002 においても、IAEA の安全基準の趣旨を国内の規制基準に反映していることを説明している。その意味で SF-1 は、全てとは言えないとしても、我が国の規制活動が基にしている原則の大部分を表現した文書とみることができる。

さらに、日本原子力学会は、SF-1 と調和する形で「基本安全原則」を作成し、国内での議論のための材料を提供してきている。

再稼働が進みつつある現状を踏まえれば、今後特に重要となる観点は、原子炉等規制法により安全性の向上を図るために事業者が自ら行うことが求められている安全性向上評価の在り方について、原則を明確にすることである。継続的な安全性向上については、原子力規制委員会においても、2020年8月から継続的な安全性向上の取組をより一層円滑かつ効果的なものとするを目的として、「継続的な安全性向上に関する検討チーム」を設置して、法律・行政分野の専門家の参加も得ながら、幅広い検討が進められているが、検討結果がどのような形でまとめられるのかは、現時点では定かでない。継続的安全性向上の考え方を含めて、各組織が共有できる「基本安全原則」を定めることが早急に求められる。

(2) 基本的な安全の原則を明確化するための議論がなされ、理解が深まっているか

安全規制のための図書として、SF-1 に対応するような文書を作ろうとする動きとしては、日本原子力学会の「基本安全原則」を作成する段階での議論はなされたが、それに限られており、更に議論を深め、安全規制への反映を提案するまでの動きには至らなかった。

(3) 安全の原則を述べた規制図書に基づき、又はそれをつくる過程の議論に基づき、安全確保の在り方が改善されたか

安全の原則を述べた規制図書を作る動きはなかったため、この問いへの答えは、基本的には否である。

しかしながら、我が国では、1F事故以後、国際的な安全規制や防護対策の状況を参考に、重大事故の防止とその影響の緩和を目的とする規制基準の強化、原子力防災の強化が図られた。また、これらの改善に際しては SF-1 及びその他の IAEA の国際基準文書は、米国 NRC の規制文書と共に、重要な参考情報となった。

以上のことから、基本的な安全の原則をまとめた規制図書は作られておらず、提言は達成されていない。また、提言の意図を踏まえれば、今後の規制活動の継続的改善に役立つ意味で、そのような文書の作成は依然として意義深いことである。そのような議論においては、SF-1 及び日本原子力学会の基本安全原則、及び我が国で導入された新規規制基準とその適用経験は、議論の基盤として役立てて行くべきである。

②深層防護の明文化

- IAEA の深層防護を踏襲した深層防護の考え方やその具体的運用方法などを規制図書として明文化すべきである。

深層防護は安全確保のための最も重要な原則の一つであり、深層防護のための規制図書についても、①と同様のことが言えるので、以下では、特に深層防護に関わる事項について述べる。

深層防護の考え方については、日本原子力学会は、IAEA の深層防護の考え方を基に、学会標準として明文化した。また、継続的安全性向上やリスク概念の活用の観点から、深層防護の強化に役立つ考え方を学会標準や技術レポート

の一部として提示している。しかし、それらを規制図書に採り入れようとする動きには至っていない。

一方、前述のように、我が国では新規規制基準の中で深層防護の第4レベルとなる重大事故対処手段／特定重大事故対処手段の整備が規制要求化され、さらに原子力災害対策指針の策定とそれに基づく施設の防災計画及び地域防災計画の整備により、深層防護第5レベルの大幅な強化が図られてきている。

このような意味で、深層防護への対応は実務上では大きく改善されたと考えることもできるが、例えば、次のような課題が残されており、より良い深層防護の考え方について、更なる議論を積み重ね、提案していく必要がある。

- 深層防護の状況が適切であるかどうかについて客観性のある判断基準が望まれる。
- 深層防護の継続的改善の基本的な考え方はどうあるべきか。
- 深層防護の各層の対策の間の相互依存性や役割分担をどのように考えるべきか。特に、地震等の外的事象を共通原因とする機能喪失への対応をどう考えるべきか。

①及び②に関わる今後の活動に向けた提案

原子力安全の基本原則を明文化するための検討を継続すべきである。その際、次のような事項を含めて、検討すべきである。

(1) 継続的安全性向上に関する原則の明確化と文書化及び社会との対話

継続的安全性向上に関わる基本原則を検討する際には、IAEAのSF-1の原則5（防護の最適化）が参考となる。そこでは、「合理的に達成できる最高レベルの安全を実現するよう防護を最適化しなければならない。」とし、放射線リスクが合理的に達成できる限り低いかどうかを判断するために、通常運転若しくは異常又は事故状態から生じる全てのリスクを演繹的に（グレーデッドアプローチを用いて）評価するとともに、施設と活動の存続期間全体を通して定期的に再評価しなければならないと述べ、継続的な安全性評価と「最適化」及び「ALARA/ALARP」の考え方を明確に結びつけるとともに、その達成を判断するためにグレーデッドアプローチに基づいてなされるリスク評価を用いるべきことを述べている。また、日本原子力学会が策定した「原子力発電所の継続的な安全性向上のためのリスク情報を活用した統合的意思決定に関する実施基準：2019(AESJ-SC-S012：2019)」は、おおよその趣旨に沿っている。

日本原子力学会の基本安全原則では、深層防護の強化が目指す最終的な到達点として、社会から受容される安全の水準を達成することを上げている。ただし、社会からの受容が得られたことの判断基準や受容獲得への道筋は十分に示されていない。この提言の趣旨を活かし、深層防護の強化への努力やそれによるリスク低減効果などを透明性の高い形で社会に説明し、フィードバックを受ける仕組みの構築を検討し、日本原子力学会として可能な貢献を模索する必要がある。また、こうした検討には、社会や経済に関する専門家の参加を得ることも必要である。

(2) 深層防護強化のための方法論の拡張

深層防護の強化については大きな進展が達成されたと言え、深層防護の継続的改善を図る観点から、そのための基本原則を明示すべきである。その際には、深層防護の各層のバランス、有効性について独立性が確保されているか、安全向上への資源配分が適切か、対抗リスクを生じていないかなど、深層防護の質を評価していく必要がある。また、外的事象には地震のように複数層に影響する場合があるので、深層防護全体としての機能と信頼性を向上させるために、システム設計、重大事故解析、耐震／構造設計、アクシデントマネジメント、防災、放射線防護といった幅広い視野から俯瞰した技術的検討も必要であり、そのための技術開発や試行研究が望まれる。さらに、現状での達成度を測る客観的な物差しが必要であり、可能な限り定量化された総合的なリスク評価の活用推進が望まれる。

(2) 提言Ⅱ：直接要因に関する事項

1) 外的事象への対策の強化

①外的事象

- ・ 想定すべきものは、地震、津波、火災、強風（台風、竜巻）、洪水、雪崩、火山、氷結、高温、低温、輸送事故・工場事故、航空機落下などである。これらの外的事象に対する包絡的な評価を行い各プラントの脆弱性を把握し、それによりプラントごとの対応を定めていくことを義務づける必要がある。その際、PRAによる脆弱性の特定に加え、不確かさへの備えから深層防護により対処すべきである。

1 F 事故を受けて 2013 年に施行された規制基準では、地震・津波・その他の自然現象に対して損傷の防止をプラント毎に要求しており、想定条件は最新知見を反映して適切に考慮することとされている。規制基準においては、地震・津波に加えて、火山、竜巻、外部火災についてガイドに基づき、設計基準となる外的事象をプラントごとに設定し、それに基づく決定論的な耐性評価が行われている。また、敷地内の断層に対しては、耐震重要施設の設置許可条件として、将来活動する可能性のある断層等が活動することにより、変位が生ずる恐れがない地盤に設置することを定めており、過去の断層の活動性の有無に基づく決定論的な評価に基づく判断がされている。

また、重大事故対策の有効性を評価するための事故シーケンスグループの選定では、内的事象に対する PRA に加えて、外的事象に対する PRA あるいはそれに代わる評価を実施し、その結果を踏まえて選定を行うことが要求されている。事故シーケンスグループの選定において考慮されている外的事象は、現状、地震・津波に限られているなどの課題は挙げられるが、従来と比較すると概して高い堅牢性が要求されており、外的事象に対する安全性は向上しているものと考えられる。また、重大事故等対処施設や特定重大事故等対処施設などの追加施設も要求されるようになったことも、外的事象に対する安全性向上に寄与していると考えられる。

外的事象に対する深層防護による対処について、1 F 事故以前は、深層防護は、設計基準とする外的事象に対してその有効性を担保すれば良いという形で理解され、耐震設計の体系もそのような考え方に基づくものであった。つまり、設計基準の外的事象の不確かさを前提とした体系とはなっていなかった。事故後は、外的事象という共通原因によって、事故の発端となる起因事象（例：冷却材喪失事故や過渡事象）の発生、異常の事故への拡大、設計基準事故における事故の制御、重大事故等への対処のための各種設備（例：非常用炉心冷却系、重大事故等対処設備）の機能喪失や機能低下といった、様々な事態が同時に発生する可能性があることが広く認識された。また、以上の認識のもと、日本原子力学会標準委員会、原子力安全部会や日本地震工学会など学術界を中心に、外的事象に対する深層防護の有効性確保のあり方に対する議論が深められ、外的事象に対する深層防護の考え方が広く普及するとともに、考え方自体も大きく変化した。また、提言時には、PRA と深層防護の関係に関する理解が、多くは、互いに相反するものであるというものとどまっていたが、事故後の議論において、深層防護と PRA との関係や PRA を深層防護の有効性確保にどのように活用するべきかという点においても、議論が深められている。

設計規格については、日本電気協会において、火山影響評価と耐津波設計の規格が発行された。一方で、設計体系において、不確かさにどのように備えるべきか、安全確保を追求する活動全体に外的事象に対する対処を行き渡らせるかという教訓の本質的な部分に対する考え方が広く浸透したかという点については、必要性は一部で認識されているものの実現に至っていない。例えば、耐震設計のような既存の設計規格においても、特に不確かさの取り扱いの欠如などの事故の教訓が反映される必要があるが、そのような観点も含めた包括的な再検討の必要性が関係者に広く認識されているとは必ずしもいえない部分もあり、深層防護を耐震設計も含めた外的事象に対する設計においてどのように効果的に実現するのか、また、PRA などの設計の想定を超える外的事象に対する評価を行いながら、個別の外的事象に対する設計で活用するのか、あるいは、サイト固有の外的事象の特徴を踏まえた効果的な対策をどのように実現するか、という点に関する検討は道半ばであると言える。運転差し止め裁判などの議論における、外的事象の取り扱いが、設計基準としての外的事象の想定が適切であるかといった問題に過度に着目されるなど、事故前とそれほど変わっていないこともこれに関連した課題であると言える。

外的事象に対する PRA（外的事象 PRA）については、資源エネルギー庁の原子力の自主的安全性向上に関するワーキンググループ、自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ等での議論も踏まえ、電中研 NRRC において、自然外部事象に対する PRA の研究開発が行われており、パイロットプラントにおける地震 PRA、津波 PRA の実施、また、SSHAC 手法に基づく専門家判断を活用した確率論的地震動ハザード評価などの PRA に関わる研究に加えて、個々の外的事象に関する要素技術に関する研究が実施されている。2020 年以降、これらの外的事象に対する研究開発の成果を PRA に反映することが、原子力事業者 11 社のアクションプランとして公表されており、パイロットプラント等での成果も踏まえ、着実に実施することが求められる。JAEA では、航空機衝突に対する建屋や建屋内包機器の

健全性評価や地震 PRA に資する建屋や経年設備のフラジリティ評価に係る安全研究に取り組んでいる。また、リスク情報活用推進室が設置され、今後、ハザード評価も含めた外的事象 PRA に関する研究開発が促進されることが期待される。リスク評価手法の標準化については、日本原子力学会標準委員会において検討が進められており、地震 PRA 標準は、1 F 事故の教訓を踏まえて改定された。また、津波や断層変位といった他の外的事象に対する PRA 標準、及び外部ハザードを網羅的に扱いその評価を実施する標準が、事故後新たに策定されている。さらに、核燃料サイクル施設を対象とした地震リスク評価も標準化された。津波 PRA 標準の 2011 年版は津波単独事象を対象にしていたが、その後地震重畳津波に拡張し改定された。レベル 2PRA 標準を地震も含む形で拡張し、津波も含める形での検討が進んでいる。一方、地震による火災や配管破断による浸水を対象とした PRA の標準化が検討されたが、現段階での標準化は見送られている。また、策定された標準の実務での活用、規制審査における活用について、外的事象 PRA に内在する不確かさの取り扱いに関する理解も含めて、部分的なものにとどまっていることは、今後の大きな課題である。1 F 事故の大きな教訓の一つが、技術的に成熟していないとして外的ハザードに対するリスク評価を十分に実施しなかったことであり、同じ過ちを繰り返さないためには、手法の適用限界や不確かさを十分に認識・理解した上で、リスク評価を実施し、それから得られる知見を安全性向上に役立てていく実践が重要である。ここには、PRA を意思決定に効果的に活用するか、また、PRA も含めて様々な要素を考慮して行う意思決定の結果をどのように説明するかという課題も含まれる。

②クリフエッジ対策

- ・ 外的事象に対して、クリフエッジの存在を把握し、安全機能などが喪失した場合のプラント挙動の把握とその対応についての検討を行い、見出した脆弱性に対して適切に対処すべきである。

2011 年 7 月に政府は、定期検査で停止中の原子力発電所の運転再開可否の判断のために、安全上重要な施設・機器等は設計上の想定を超える事象に対してどの程度の安全裕度を有するか評価するストレステスト一次評価を実施することとした。また、総合的な安全評価としてすべての発電所に対してストレステスト二次評価を行うこととなっていた。原子力規制委員会の発足に伴い、「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」が 2013 年 11 月に発行され、安全裕度評価の中で、クリフエッジを特定して、設備の潜在的な脆弱性を明らかにするとともに、設計上の想定を超える外部事象に対する頑健性に関して、総合的に評価することになった。その結果は、安全性向上評価届出書として原子力規制委員会へ提出されるとともに事業者のホームページに公表されている。安全裕度評価としてどのような外的事象を対象とするかは、事業者の判断に依っており、現状、地震動（一部プラントで地震動起因の火災の重畳を考慮）や津波の検討にとどまっている。欧米など諸外国と比較して、安全上重要となる自然現象の数が多い我が国において、PRA やストレステストなどの手法を用いながら、どのように効果的に脆弱性を把握し、必要な対策を検討していくかについては、事業者の自主的取組、規制審査とも道半ばである。また、安全裕度評価で対象とする外的事象については、各プラントにおいて主な事故原因となる外的事象は何かという視点よりは、手法として確立されているかどうかで全プラント一律で決められており、提言とした「各プラントの脆弱性の把握」という観点から懸念がある。また、現状、クリフエッジに対する対処は設備の追加や頑健化など設備強化が中心となっているが、事故発生防止のみでなく、事故の影響緩和や事故後の復旧、またそこに関わる人や組織の役割なども含めて考えることも重要な観点である。

以上に記した、プラントの頑健化と重大事故等対処施設や特定重大事故等対処施設の追設は、1 F 事故前と比較して、安全性を向上させていると考えられるが、事業者、規制、規格基準の策定など関連する活動において、規制審査のガイドに沿った対処を行うことが中心となり、PRA やストレステストなど想定を超える事象の評価と対処、個々の設備のあり方をプラント毎のリスクに即して考えることにリソースが割かれている状況とはいいたい。

一方、個々の設備設計には必ず何らかの想定があるために、設計で保証される機能には限界がある点を踏まえると事故時の備えも重要である。事業者は、地震・津波に加えて、竜巻・火山等について設計での想定を大きく超える事象の発生など、クリフエッジとして把握して対処したこと以上の事象が発生することにも備えて、原子炉施設の大規模な損壊が発生した場合の体制、手順、資機材等を整備して、緩和措置を講じることができるように対処を用意している。ただし、事故時の柔軟なマネジメントの実現には、事故環境での実行上の困難さ、プラント設備との取り合いなど解決すべき課題も残されている。例えば、可搬設備によるマネジメントを実効性があるものとするために、これまでのプラント設備設計で仮定してきた包絡的な事象シナリオよりも、個々の外的事象の特性を考慮したシナリオを考えるほうが合理的な設備の設計が実現すると考えられる。これは、1 F 事故において、プラント外部から可搬設備で格納容器内に注水をする場合に隔離弁などの頑健で冗長な設備により阻まれたという経験、つまり、設計条件とこ

れを超えた事態における取り扱いの相反性、からも理解される。また、事故時のマネジメントは、オンサイトからだけでなく、オフサイトまで拡大して考えることで有効性を効果的に高めることも可能と考えられる。米国では、1F事故の教訓として既存のアクシデントマネジメントなどの緊急時体制の整備に加えて、プラントの外部から可搬設備による炉心損傷緩和や格納容器損壊の防止を行う FLEX (Diverse and Flexible Coping Strategies) が導入された。また、フランスでも原子力事故即応チーム FARN (Force d'Action Rapide Nucléaire) を設立している。迅速で円滑な外部からの支援、及び、長期にわたる活動に対する継続的な支援などについて、平時も含めて体制をどのように考えるか、教育と訓練を含めて課題が残されている。

以上のように、長期的な安全性確保、あるいは、想定を大きく超える外的事象に対する柔軟な事故のマネジメントを高度化するという観点も含めて、不確かさを前提に、発電所のリスクを包括的にかつ継続的にマネジメントしていく点において、改善の余地がある。

③人為的な事象対策

- ・ テロなどの人為的な要因に対しては、海外の知見を積極的に活用するため、国際的な検討に加わり、人材の育成をしつつ備えを強化すべきである。

人為事象への対処は、世界的に見ても大きな課題であり、国際的な取組状況を踏まえながらその備えに関する議論を進めることが重要である。1F事故を踏まえ、またIAEAの勧告(INFCIRC/225/Rev.5)を踏まえた形で、原子炉等規制法関係省令が改正された。原子力規制委員会は、IAEA INSAG-24も踏まえながら安全とセキュリティの両立の観点など外部からの助言を受けながら検討を進めている。例えば、核セキュリティ文化の醸成及び維持に関する指針が策定され、また、IAEAのIPPASミッションを2015年に、フォローアップミッションを2018年に受入れ、報告書に記載された勧告や助言に基づく検討や改善が進められている。一方で、更なる継続的な改善がその課題として認識されている。

規制審査においては、意図的な航空機衝突等のテロなどの人為的な事象により炉心損傷が発生した場合に使用できる施設(特定重大事故等対処施設)の整備も含めた防護措置の強化を要求し、各プラントで設置が進められている。規制におけるこれらの審査は非公開で実施されている。

資源エネルギー庁では、日本原子力学会安全対策高度化技術検討特別専門委員会との議論により、2015年に核セキュリティ対策も含めた形で、技術・人材ロードマップがまとめられた。そこでは、段階的手法と深層防護の深化、内部脅威者の脅威に対する防護、コンピュータセキュリティ、妨害破壊行為の影響の緩和及び最小化、安全とセキュリティのインターフェイスの明確化と協力推進の必要性、核セキュリティ文化、核拡散抵抗性、核セキュリティ教育の観点で現状分析と今後実施すべきことがまとめられたが、その後のローリングは行われていない状況である。

また、関連する研究として、JAEAや原子力規制庁などにおいて、航空機衝突に対する建屋や建屋内包機器の健全性評価に係る安全研究などが実施されている。

テロ対策を含めて、人為的な行為により脅かされる安全は、機密性が高く、非公開での審査などどのように対応しているのか見えにくい状況とならざるを得ない。一方で、このような状況は安全との両立という視点からは必ずしも良いものではない。このような問題意識のもと、より良い仕組みについて模索をして行くことが必要であると考えられる。

(追記)

外的事象への対応のみが対象ではないが、継続的な安全性向上の取組の一つとして、様々な新たな取組が行われている。外的事象への対応については、その中で十分に組み込まれている状況にはない。取組の成果を把握するとともに、今後の改善に活かしていくことが必要である。

一例として、2017年4月に原子炉等規制法改正法が成立し、2018年10月より新しい検査制度の試行、2020年4月より本格運用が開始された。検査制度では、事業者が安全確保に関して一義的な責任があることを前提に、規制機関が事業者の全ての安全活動を監視できるようにすること、検査を「原子力規制検査」に一本化することになった。そこでは、「規定されたルールや手順に従っているか」よりも、「実際の活動が、本来あるべきもので適正であるか」に着眼すること、定量的リスク評価や設備の重要度クラス、施設の状態、過去のトラブル事例、他施設の運転経験などのリスク情報を総合的に活用することなど、リスクインフォームドパフォーマンスベースの検査を目指すことがうたわれている。しかし、その実現は内的事象リスクなど一部にとどまっており、外的事象に対するリスクについては、現状、規制基準を満たしているか、関連法規に適合しているかといった形での「仕様規定的」な検査が行われている。

段階で、その理念からは乖離している現状である。今後その理念の実現に向けた更なる改善が必要である。

2) 過酷事故対策の強化

- 過酷事故では想定したシナリオ通りには事象が進展しない可能性があるため、マネジメントとして事態に対応する柔軟な対応能力が必要である。この醸成には、演習などを通じた継続的な改善活動を行うべきである。

提言としては、過酷事故対応能力の実現を、技術的能力や手順書だけでなく、様々に変化する過酷事故に対して多種多様なハードウェアを敷設し柔軟な対応体制と高い能力を具備させることにより達成するか、また一度の対策改善に留まらず、新知見反映を常に行い継続的に改善していくことを求めている。

1F事故教訓を踏まえた原子力規制委員会の規制基準では、ハードウェアの改善の要求だけでなく、技術的能力にかかる要求も設けている。事業者はその要求を満足する対応策（ハードウェア、手順など）を整備している。更に規制要求に留まらず安全性向上評価届出の制度を利用して、安全性向上措置を提案し実行に移している。深層防護の観点から、第4層の過酷事故対策が強化され、モバイルの資機材を駆使した過酷事故対応が実現している。日本原子力学会標準委員会ではシビアアクシデントマネジメント実施基準（SAM 標準）を発行し、マネジメント能力の維持向上を図ること、PRA 活用、ハードウェア整備のほか、対応能力を持った人材の常駐、教育と訓練を含めた必要な能力の継続的な確認を要求し、さらに低頻度・高影響事象も含めた重大事故の種々のシナリオなどの訓練の充実も求めている。事業者はこの標準を参照してシビアアクシデントマネジメントの具体化に取り組み、電源供給訓練、消防ポンプ設置訓練、がれき撤去訓練など様々な厳しい条件を設定した訓練を、机上、実地（夜間など環境を変えた実地を含む）にて実施している。

これらの安全対策による原子炉の安全性の向上は、PRA により事業者が公開している安全性向上評価届出書などにより明らかである。炉心損傷頻度や格納容器損傷頻度は各段に改善されている。

このように、設計を超える事象に対する影響緩和を達成するため、システム設計、構造設計、耐震設計、アクシデントマネジメントが連携されて実施されることを今後とも期待する。

ハードウェアや訓練メニューはかなり充実し工夫されたものを取り組んでおり、今後、これらの設備や手順が古くならないように、新知見を積極的に導入することが必要であると考え。また設備性能の維持、同じ訓練の繰り返し「継続」であると認識してしまうと、安全の劣化につながるため、見直し、更新を常に試みるように進めていくことが重要である。規制、事業者それぞれで、この仕組みを構築しなければならない。

「過酷事故対策の強化」のためには、単独の「ハードの対応、訓練、教育」だけではなく、外的事象による過酷事故に至る進展過程を、レベル2PRA 等を用いて包括的に想定・評価し、その進展過程の予測想定を前提として、その想定を超える不確定性の高い事象進展に対して、可能な限りどのような対応能力が必要となるかを検討し用意することが実効的であると考え。

1F事故のような、重大事故への対応は関係機関によりこの10年で大きく進展している。これを常に見直していくことが、重大事故を二度と起こさないことに繋がるものと考え。この対応の実績を国民にわかり易く説明することにより、原子力発電所の安全性向上についての理解が進むものといえる。日本原子力学会は、国民に対する原子力発電に関する正確な事実（エビデンス）の提供と意見交換の活動を行っていくべきである。

3) 緊急事態への準備と対応体制の強化

①事業者と地方自治体の連携スキームの確立

- 情報が少なく不確実さが大きい初期の危機管理の段階では、事業者と地方自治体が連携し、施設の状態に関してあらかじめ決められた判断基準に基づいて、決められた手順で放射性物質の環境放出前に迅速に緊急防護措置を実行していくスキームを確立する。

国レベルでは、法律整備、マニュアル制定が進み、具体化されている。ただし、国、地方自治体、事業者が策定している連携スキームが立地住民にとって分かりやすく、理解されやすいものになっているか、また、十分に理解が得られているかは明らかではなく、引き続き各組織からの住民への丁寧な説明が必要と考える。国、事業者、地方自治体そして住民の連携の仕組みが明確でない部分もあり、特に、緊急事態に際しての国、原子力災害対策本部、原子力規制委員会など相互の位置づけを理解してもらう取組や、これらの組織が想定通り機能するかの確認が必要である。

日本原子力学会としては、各機関からの報告だけではなく、確認調査さらには現状を改善していくための修正を提案していくことが必要と考える。

②関係者の役割分担の明文化

- ・ 国、自治体、事業者などの関係者はあらかじめ緊急時におけるオンサイト、オフサイトの役割分担を協議・決定の上明文化する。その際、オンサイトは事業者が、オフサイトは地方公共団体が責任を持って対応し、国はそれを支援することを原則とすべきと考える。

発電所の運用にあたっての役割分担の明文化は、再稼働に必須のため高いレベルまで達成されている。一方、原子力防災への備えと原子力災害発生時の対応については、防災基本計画、道府県や市町村の地域防災計画・避難計画、事業者の防災業務計画等において役割分担が示されているものの、実効性の観点から細目まで役割分担が明文化されている状況にはなく、今後の課題である。

また、これらの役割分担を住民が十分に理解できていないとの懸念があり、住民への丁寧な説明が必要と考える。

③演習の実施

- ・ 危機発生時の手順や緊急措置など詳細な対応方針は、演習などにより問題点を抽出・改善し実効性のあるものとしておくべきである。

「演習の実施」について、原子力総合防災訓練が毎年継続的に行われている。また、防災基本計画に記載されているように、訓練後には専門家の評価を活用して、課題を訓練計画やマニュアル類に反映して改善を行うものとしてされており、継続的な仕組み等の改善に向けて意欲的に取り組まれている。

ただし、防災基本計画においては、「・・・参加者に事前にシナリオを知らせない訓練、訓練開始時間を知らせずに行う訓練、机上において想定事故に対する対応や判断を試す訓練等の工夫や図上演習の方法論を活用するなど、現場における判断力の向上につながる実践的なものとなるよう工夫するものとする。」（第12編原子力災害対策編 第1章 第5節 8 (3)*1）とあるが、これらの内容を部分的に満たしていると考えられるものの、十分に達成していると判断できなかった。特に、あらかじめ定められたシナリオで訓練を行うのではなく、参加者が自ら考え判断・行動する「ブラインド型」訓練の必要性については、他の事故調査報告書（いわゆる民間事故調）でも指摘されているところであり、今後の検討が期待される。ただし、「ブラインド型」訓練には放射線などの十分な知識が必要であり、関係者への教育が日本原子力学会としての重要な役割と考える。演習に学会関係者の立ち合いが不可欠であり、実施報告を受けるという受動的な評価だけでなく、積極的に演習に参加するなど積極的な取組が必要と考える。

*1: 内閣府 防災情報のページ

（防災基本計画 [令和2年5月] http://www.bousai.go.jp/taisaku/keikaku/pdf/kihon_basicplan.pdf）

④放射性物質の拡散解析

- ・ SPEEDI などによる放射性物質の拡散解析情報は、事故初期の避難に活用できないなどの限界を理解した上で、その取扱い方法を明確にしておくべきである。

“放射性物質の拡散解析”による避難を発することは、解析の不確かさが大きく適切ではないと判断しており、これを目安として避難する計画とはなっていない。また、拡散解析の不確かさがどの程度になるかについては、技術的にも追加的な研究が必要であり、かつそれを政策に反映していくような取組は現状では確認できない。

日本原子力学会として拡散解析の高度化に寄与し、拡散解析技術の正しい利用の在り方についての議論が必要と考える。さらに、避難する場合の放射線レベルの定量的な基準を関係者、特に住民にわかりやすく説明する必要がある。

⑤一般災害との共通基盤の統合

- ・ 防護措置実施の運営を担う地方公共団体、住民防護の最前線に立つ警察、消防及び自衛隊、国の活動は他の一般災害における防災活動とほぼ同等であることを踏まえ、海外の事例も参考にして共通の基盤で統合すべきである。

「一般災害との共通基盤の統合」について、原子力防災におけるオールハザードアプローチの取入れについては、国際的には、(i) 緊急時総合調整システムの取入れ（IAEA/EPR-Method 2003^{*2}等に記載）、及び (ii) 自然災害等への対

応との共通点と相違点に基づく効率的かつ効果的な体制と計画の確立（OECD/NEA, 2018, Towards an All Hazards Approach to Emergency Preparedness and Response^{*3}）という2つの方向性が存在する。後者に対しては、防災基本計画において各災害に共通する対策編（第2編）と各災害への対策が区別して記載のあるところである。一方、前者については、国内の原子力防災関連文書においては言及されておらず、そのための検討が十分に行われているという現状にはない。どのように統合して行くべきか、関係機関に更なる働きかけが必要である。

*2: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Method2003_web.pdf

*3: <https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2019-12/7308-all-hazards-epr.pdf>

⑥放射線防護への対処能力強化

- 原子力防災に特有の放射能対策に関しては、全ての事故対応にあたる者が放射線防護の原理と被ばく影響に対する知識を十分に持つようにするとともに対処能力を高めるべきである。

1Fのような原子力事故が発生した場合は、マニュアル通り緊急避難できるとは限らない。その場合の対応は、「放射線防護への対処能力強化」つまり、避難対策を担当する人々そして住民レベルの放射線に対する十分な知識が必要である。

学校教育に関して、日本原子力学会教育委員会の初等中等教育小委員会教科書調査ワーキンググループは、学校の教科書の原子力関連（放射線も含め）の記載の適正化に地道に取り組んでいる。また、日本原子力学会では、支部を中心に原子力オープンスクールの活動を継続的に行っている。

このような地道な活動を更に効果的なものにするために、放射能、放射線に関するわかりやすいテキスト作り、SNSや動画共有サービスを活用した知識の発信が日本原子力学会の大きな役割と考える。

4) 原子力安全評価技術の高度化

①確率論的リスク評価技術の活用

- 自然現象に対する予測の精度を高めるため、自然現象の不確かさやプラントシステムの耐性の不確かさを考慮する確率論的リスク評価の活用に優先的に取り組むべきである。

PRAの活用については、新規基準においてPRA等の結果に基づき、評価の対象とする事故シーケンスグループを抽出して重大事故対策の有効性評価を行うこととなっている。また2020年4月から正式に運用が始まった新検査制度では、原子力安全に係る重要度評価に関するガイドにおいて、「詳細なリスク評価」としてPRAの活用が示されており、リスク評価技術の活用の観点で評価される。ただし、活用自体は現時点で部分的かつ限定的であり、今後継続した活用の拡大が期待される。

事業者側もPRAへの取組、規制審査における有効性評価の実施、自主的安全性向上評価におけるPRAの活用を行っており、今後も継続した活用の拡大が期待される。プラントメーカーにおいても、プラント設備のリスク評価、設備や運用の改善提案を通じて、事業者等を支援し、自主的・継続的な更なる安全性向上に取り組んでいる。

2014年に電中研NRRCが設立され、自然外部事象に対するPRAの研究開発に積極的に取り組むとともに、EPRIや海外専門家の協力を得て、実務者層を対象としたPRA教育訓練コース、意思決定者向けのRIDM演習の実施などPRA技術の向上及びリスク情報の活用のための人材育成に取り組んでいる。またJAEAでは、2020年から安全研究・防災支援部門にリスク情報活用推進室を設立し、リスク情報の活用を積極的に進めている。

日本原子力学会では、標準委員会において関連するPRA標準の策定を行うとともに、リスク情報活用により継続的な安全性向上を進めるために継続的な安全性向上の考え方の技術レポートを発行した。さらにIAEAからIRIDMの概念が提唱され、外的事象リスクが支配的な我が国の今後の安全性向上に必要と考えられたことから、1F事故以前の標準を取り入れて新たにIRIDM標準を発行し、リスク情報の活用に貢献している。加えて、リスク情報活用を効果的、円滑に実施できるための技術レポート「リスク評価の理解のために」の検討を2015年から開始し2017年に初版が発行されたあと、毎年講習会を開催しリスク情報活用に貢献してきた。IRIDMの標準の整備ができ、検査制度でのリスク情報活用が本格化することなどに備えて改定版を発行している。また日本原子力学会では、リスク情報活用を普及させるため、定期的なフォローアップセミナーやワークショップの活動を行っている。

以上、PRAなどリスク評価から得られる情報を活用した対応の選択等、意思決定のあり方については、高いレベルまで達成されており、今後も実践の積み重ねとしての継続的改善を進め、より精度の高いPRAを運用することで、安

全のレベルアップが期待される。また、リスクへの対処としての PRA の位置づけ、評価結果や意思決定について、継続的にその理解を広く普及させることも重要である。

②最先端計算機性能を活用した数値計算技法の活用

- 耐震解析や津波伝播と遡上解析については、常に最先端計算機性能を活用した数値計算技法を活用する方向を目指すべきである。一方で、自然現象の複雑さと我々が持つ知見の限界を認識し、シミュレーション技術の検証と適切な運用を心掛けるべきである。

耐震解析では、最新のシミュレーション技術を駆使して評価法の高度化を進めている。たとえば、地震時の原子炉建屋の有限要素解析を実施し、局所的な破損挙動を大規模計算で実施している。津波伝播遡上解析には最先端計算手法によって詳細なシミュレーションが可能になっている。また、関連する情報として日本地震工学会において、津波防御の考え方を体系化した報告書が策定された。その中で、必要な数値解析手法について整理されており、原子力分野の計算科学技術活用にも応用できるものである。また 2020 年から、原子力分野の基盤基礎として、シミュレーション技術の高度化や妥当性評価が公募研究（文部科学省原子力システム研究開発事業）にも位置づけられている。

日本原子力学会の計算科学技術部会では、学会での企画セッション等を主催し、最先端の耐震・津波解析技術の活用や、シミュレーション技術の V&V への取組について、議論を深める活動を継続的に実施している。また日本原子力学会標準委員会では、解析コードの V&V に係る「シミュレーションの信頼性確保に関するガイドライン 2015」を発行し、講習会の開催や日本原子力学会の各部会における議論を通じて、普及を進めている。日本機械学会では、耐震 S クラス配管を対象により精緻に耐震評価を行うための手段として、材料の弾塑性特性を考慮した応答解析に基づいた事例規格が発行されている。

以上のように、数値シミュレーションを用いた詳細な評価技術については、国際的な優位性の観点からも最先端の技術開発が行われている。一方で、V&V の定量化に関する基準は明確ではなく、今後も継続した議論が必要である。また、重大事故時のプラント状態評価や、敷地外への放射性物質移行挙動（ソースターム評価）や、環境影響評価については、粒子法を用いた解析技術の開発や、日本原子力学会での議論、国際協力を通じた解析技術の高度化が行われているが、国際的な優位性の確保までには至っておらず、今後も継続的な技術開発が重要である。

③安全評価技術の課題や限界の正しい認識

- シミュレーションやリスク評価は、その適用にあたっての課題や限界を正しく認識することによって、安全評価に有効に活用することができる。これらを積極的に活用しつつ、さらにその技術に関して完成度を高める努力、新しい知見を収集する活動、品質を確保する取組を産官学が協力して進めるべきである。

電中研 NRRC は、JANSI が行ってきた活動を引継ぎ、PRA 用パラメータの推定に必要な国内プラントの運転情報を収集することを目的に、産業界関係者をメンバーとした「PRA 用パラメータ整備 WG」を設置し、PRA 用信頼性データベースの構築に取り組んでいる。また、PRA の質向上を目的に、海外エキスパートによる国内 PRA レビューのパイロットプロジェクトの支援や、PRA ピアレビュー実施方法の確立に向けた検討を進めている。

新規制基準では、シミュレーションやリスク評価を有効性評価の中で活用しており、その解析の妥当性を示すことも要求されており、それに対応するように事業者は解析コードの妥当性を示している。その中ではモデルの不確かさ等も認識され、日本原子力学会では解析コードの V&V のガイドラインを発行した。また、PRA の品質確保について学会標準も策定され、事業者は品質向上に努めている。日本原子力学会原子力安全部会では、1 F 事故以降の原子力規制委員会や事業者のリスク情報の活用の取組や継続的改善に関する議論を深める活動を継続的に実施している。さらに、日本原子力学会炉物理部会では、2017 年に原子炉物理分野の研究開発ロードマップを更新した。このロードマップにおいて、安全余裕や不確かさの定量評価技術への取組が示されており、また、これらに関する研究が進められている。

日本原子力学会では、モデリングシミュレーション技術の開発戦略を検討しており、2011 年 3 月には標準委員会、熱流動部会、放射線工学部会、計算科学技術部会が合同で、ワークショップを開催した。また放射線工学部会では、1 F 事故に関し、2011 年 11 月に「原子力発電所事故と放射線工学技術の関わり」と題し、企画セッションを行った。さらに、事故解析並びに廃炉、除染及び廃棄物処理における国産安全解析コード開発戦略を検討することを目的として、2012 年 5 月に「国産安全解析コード開発戦略検討 WG」を設置し、2014 年 11 月「国産安全解析コード開発戦略検討報告書」を、2015 年 12 月に日本原子力学会誌において、解説「国産安全解析コードの現状と課題 我が国の安

全規制へ貢献を目指して」を、2016年6月にIsotope Newsにおいて「世界に残されつつある放射線輸送計算コード開発体制」をそれぞれ刊行した。これらを踏まえて、2016年、放射線工学部会に簡易遮蔽計算コードレビューワーキンググループを設立し、簡易遮蔽計算コードの国産開発と安全性評価に係る研究推進、及び人材育成を図るとともに、2020年より、原子力規制庁の放射線安全規制研究戦略的推進事業の一つに挙げられた、最新の国際勧告及び研究知見を踏まえた遮蔽安全評価法の適切な見直しに協力している。熱水力分野についても、熱流動部会において関連する基盤技術高度化のためのロードマップの議論がなされている。

以上のように、リスク評価におけるデータの不確かさの収集や、個々の数値シミュレーション技術における不確かさの取り扱いについては、継続的な議論が進められており、着実な成果が認められる。一方で、リスク評価結果としての不確かさに対する取り扱いやその認識の共有に関する産官学の連携は十分とは言えず、今後の改善が期待される。

④国際協力の積極的実施

- ・ 原子力安全評価技術における国際協力は相互に恩恵をもたらすものであり、積極的・継続的に取り組むべきである。

評価技術の国際協力に関しては、原子力規制委員会では、国際会議等を通じて情報交換を進め、国際アドバイザーを任命し助言を得ており、またプラントメーカーでは、炉内の事故進展シナリオを把握するためのシビアアクシデント事象解析コードの開発をEPRIと協力して実施している。

特に軽水炉の安全性向上に関しては、OECD/NEA ジョイントリサーチプロジェクト等で多岐にわたる国際協力が以下の通り行われている。

- ・ 1 F 事故分析関連：BSAF, BSAF-2, ARC-F, TCOF 等
- ・ 火災評価関連：HEAF
- ・ 機器構造物関連：COSSAL
- ・ 人間信頼性解析関連：Halden Reactor Project (2021年1月より Halden HTO Project に移行)

特に1 F 事故分析関連では、我が国が果たした貢献は非常に大きい。また日本原子力学会は、リスク部会が主体となり、PRA とその活用にかかるアジアの国際会議としてASRAMを設置し、国際的な議論を行っている。

新型炉分野としては、燃料溶融試験に関するカザフスタンとの二国間協力、ナトリウム冷却高速炉の仏国との研究開発協力が実施されている。また、ナトリウム冷却高速炉の安全設計基準がGIF (Gene-IV Int. Forum) の枠組みで策定され、さらにIAEA, OECD/NEA の各国規制機関の会合であるCNRA-CSNI 合同ワーキンググループ (WGSAR)、各国規制機関のレビューを受けて国際的な議論が進んでいる。

以上より、国際協力分野においても、1 F 事故分析関連や新型炉分野において着実な成果が得られている。一方で、特に軽水炉分野において、個々の技術開発の上位となる、安全確保の基本的な考え方やその基準に関する国際的議論への参画は不十分であり、今後更なる国際的議論に積極的に参加し、検討を深めて行くことが必要である。

(総合評価)

原子力安全評価技術の高度化の観点から、提言の達成度を見た場合、概ね十分に成果が達成されていると考えられ、また今後への改善の期待も高いと考えられる。ただし、リスク評価における不確かさや、国際的な観点での安全確保の基本的な考え方といった一部の分野については、十分に達成できていないと考えられ、より一層の改善が期待される。リスク評価技術の高度化は、海外（特に米国）での実績に見られるように、実践の積み重ねが重要であり、現状の評価技術の限界を認識した上で、継続的かつ積極的に取り込まれ、改善されることが重要である。

(3) 提言Ⅲ：背後要因のうち組織的なものに関する事項

1) 専門家集団としての学会・学術界の取組

①学会が果たすべき責務の再認識

- ・ 社会からの信頼と負託に応える責務を有する。特に原子力技術が場合によっては深刻な影響を人類に与えることを自覚し、常に倫理的な判断と行動をなすことが求められている。
- ・ 2013年6月の日本原子力学会総会において、被災地域の復興と日本の再生に向けた活動が定款に明記されたことから、被災地域の復興と日本の再生に向けた活動も学会の責務であることを再認識しなければならない。

学会事故調報告では、専門家が事故前に学術的立場から事故の危険性を指摘したことがあったにもかかわらず、これらの知見が事故の未然防止に役立てられていなかった反省から、日本原子力学会は安全性改善に係る研究活動を今後も活性化するとともに、国や産業界と連携してこれらの研究成果が実設計や安全規制に反映されるような安全文化の醸成に努めることが肝要であると指摘している。

日本原子力学会は、定款に被災地域の復興と日本の再生に向けた活動を明記したことに加え、2014年5月に行動指針及び倫理規程を改定（倫理規定は2018年に改定、2021年に再度改定予定）して、学会及び学会員のとるべき行動及びあるべき姿を明確に示し、学会ホームページ、メール配信、学会誌掲載や、研究会・研修等への講師派遣などを通して普及、定着を図ってきている。しかし、これらが会員にどれだけ浸透しているか不明である上に、10年経過した今、時間の経過とともに、その意識浸透が薄れてきている懸念もある。被災地域の復興活動では、福島特別プロジェクト及び1F廃炉検討委員会の活動が中心となって行われている。福島特別プロジェクトでは、2014～2018年まで毎年1,2回、福島各地で住民に正確な情報を提供するシンポジウムを開催してきた。日本の再生に向けた活動では、事故の反省を踏まえた日本原子力学会原子力安全部会での意見交換、標準委員会の倫理教育、広報情報委員会の市民目線を意識した学会としての情報発信の見直し、原子カムラの境界を超えるためのコミュニケーション・フィールドの試行で得られた知見等についての学会の年会や大会における報告などが行われてきた。これらの活動には多くの学会員が参加している。これら一連の活動に高いレベルで関わっている人も多いが、会員全般として学会の責務であると再認識しているかは不明であり、その浸透を図るための施策が必要と考えられる。

今回の評価を受けて改善が促進することを期待するが、時間の経過とともに、活動が低下する懸念もある。そのため、理事会はイニシアティブを発揮しなければならない。しかし、学会内の風土や体制が1F事故前と変わらず、理事会が強いイニシアティブをもって学会の今後の方向付けをしているとは言いがたいとの意見もある。たとえば、前述の原子カムラの境界を超えるためのコミュニケーション・フィールドの試行において行われた学会員の規範や意識の分析は、責務の再認識に役立つと思われる。また、部会等の活動に対して、学会内の各組織に対応した提言項目に対する自己点検を定期的に行うのも効果的な方法であろう。このような具体的な会員全体の再認識向上に繋がるような活動によって、今後その効果や成果が出てくるものと期待する。また、アカデミアの活動は研究としては目に見える成果がなくても、それにより優れた人材が輩出されれば立派な成果と言える。このように、将来にわたり長い目で見ていくことが大切であり、学会としてもその様な息の長い取組が重要であろう。

②学会における自由な議論

- ・ 客観的、公平な観点から自立性を持った活動の重要性を認識し、自由で率直な意見交換を行える雰囲気醸成に努めなければならない。

日本原子力学会の年会・大会において分野横断的トピックスを取り上げたり、学会誌では学会外から意見を頻繁に取り上げ、客観的、公平な視線を入れようとの努力がみられ、問題意識の共有化や活発な議論を促し、自由な議論の活性化を目指してきている。また、2016年にANFURDを設立し、被災地域の復興と廃炉推進に向けて、他の学協会との情報交換／一般社会に向けた情報提供等を実施したり、部会における若手の意見交換の場を設けること等に努めている。若手連絡会では、若手討論会や若手勉強会を「チャタム・ハウス・ルール」で開催し、率直かつ質の高い議論の実現を目指している。ただし、自由で率直な意見交換を行える雰囲気の継続的な醸成の努力はなされているが、着手したという段階のものが多く、一定の成果が得られているとは言いがたい。また、取組がどの程度功を奏しているかを確認していく努力も今後必要である。

なお、学会での活動は個人で参加するものであり、倫理規定からも明らかなように自分の所属組織の利益代表としての意見は差し控えるべきである。そうでない方も多少いるようであり、特に原子力の将来の目指す姿について議論する場合、組織を超えた根本的な議論が必要であり、事故前と同様な方針で臨んでいるようでは、今後の原子力は自

減となりかねないと危惧する。そうならないために組織を越えて自由で開かれた議論をすべきである。これら一連のことに関して、学会理事会の果たす役割が大きいことを、改めて認識しなければならない。

③安全研究の強化

- ・ 安全性向上研究を継続的に実施する仕組みを復活させ、安全研究体制が再構築されなければならない。その原子力安全研究について、ロードマップの策定と継続的改訂などを通じて、先導的役割を果たさなければならない。

日本原子力学会では、原子力安全部会を中心に、国全体としての原子力の自主的安全性向上の活動に寄与し、原子力安全研究に関するロードマップの策定と継続的改訂などを実施した。また、各部会においても専門の技術分野のロードマップの改定が行われた。ロードマップに示された通りに目標を達成することは、達成に必要な資金をはじめとする資源の確保にも依存するので容易ではない。学会として、目標達成に向け確実に実施していることのフォローの仕組みと支援（たとえば、産官学での資源確保に向けた算段等）が必要である。また、安全研究強化が図られていることの実績や先導的役割を果たしているかの観点から、目標の達成を評価することとロードマップがどのように役立っているかを検証することも必要である。学会としての取組を考えなければならない。

④学際的取組の強化

- ・ 原子力安全に関する他のアカデミアを含めた俯瞰的な討論と協働のための「場」を構築するとともに、主導的な役割を果たさなければならない。

日本原子力学会では、学会誌で文理にまたがる様々な関連分野の多くの学協会から寄稿を受けたり、研究専門委員会、調査専門委員会において、他の学協会と積極的に連携し学術的な交流を検討に生かすなど、多くの活動を行っている。たとえば、ANFURD の設立による他学会と協働していく仕組み作り、標準委員会での日本機械学会や日本地震工学会、土木学会、日本電気協会などとの連携、学術連携ワーキンググループでの原子力総合シンポジウムの開催（日本学術会議総合工学委員会主催、57 学協会共催、2 団体後援）など、成果が上がっている。しかし、研究専門委員会、調査専門委員会においては、成果実現に向けた継続的な「場」の構築にまでには至っておらず、具体的な成果は少ない。今後も、これらの取組を継続する仕組みを構築することが重要である。他学会との連携活動については、日本原子力学会会員が当該学会に所属して個人的つながりを軸にした連携が多いため一過性の連携になりがちであった。今後、学会連名でアウトプットを出すような連携に積極的に取り組むことが必要であろう。

ANFURD の活動については、今後、日本原子力学会がもっと指導的に動き、他学会と効果的に協力することで、他分野の知見を引き出し、具体的な成果を出していくことに努めなければならない。

⑤安全規制の継続的改善への貢献

- ・ 学会は規制制度の裏付けとなる研究や標準策定活動を強化し、社会的側面の研究も含めその成果を適宜、社会に発信しなければならない。

日本原子力学会では、標準委員会による規制制度の裏付けとなる研究や標準策定活動の強化が図られ、安全規制の改善にも役に立つ標準の策定の活動がなされていると認められる。また、再処理・リサイクル部会が核燃料サイクル施設シビアアクシデント研究に関する成果を発信した。一方、他の委員会や部会において、規制制度の裏付けとなる研究や社会的側面の研究について具体的にどのような活動が行われているかは明確でない。学会の標準作成は着実に進められているが、規制への反映という意味では、日本原子力学会標準の性格上、直接的に原子力規制庁がエンドースしたケースが少ない。一方、新検査制度においては、事業者が自らの責任で原子力施設の検査を実施することが求められており、その活動の中で学会の標準が利用されており、規制制度の裏付けとなっている。規制との連携においては、これらの状況を踏まえつつ、他学会基準等との連携強化を図りながら、今後の取組に工夫が求められる。また、日本原子力学会の標準は原子力の安全確保に重要な役割を果たすことから、社会への発信は重要な役割である。しかし、十分に社会に発信している状況ではない。このため、理事会とともにその取組を見直さなければならない。

一方、社会・環境部会では「規制科学」をめぐる問題の本質に関する分析及び原子力ガバナンスの諸課題について検討する勉強会を実施し、原子力安全の社会認知のための取組を進めているが、その活動の学会員への周知及び社会への発信が不足していた。社会への発信力や規制への影響力の点の工夫が必要である。

2) 産業界の取組

①事故の教訓を産業界全体で共有化

- 原子力発電所の安全問題はひとたび事故を起こすと当該発電所だけの問題に止まらず、社会ひいては全世界に影響を与えるという教訓は、事故の当事者である東京電力のみならず事業者全体の問題でもあり、産業界で改めて認識し、安全意識、技術力、対話力という視点から抽出した組織的課題を産業界の共通の課題として深く受け止め、解消に全力で取り組まなければならない。

学会事故調報告では、1F事故の重要な背後要因として事業者の安全意識と安全に関する認識の不足、技術力の不足と規制機関や地元、社会との対話の不足を指摘し、SF-1を引用し、事業者が「規制要件を満たす」ことに安住するのではなく、合理的に達成可能な範囲で安全性を高める努力を継続すべきであると述べている。

1F事故の教訓を踏まえて、産業界ではJANTIが事務局となって1F事故の分析を行い、対策の検討を行ってきた。2013年7月にJANTIは解散され、より強い独立性と牽引機能を持ったJANSIが改組設立された。JANSIは、事業者が1F事故の教訓を安全性向上業務に反映することを支援するため、国内外の10の事故調査報告書から事業者に有用な教訓を抽出し、「福島第一事故を踏まえた事故調報告等の教訓（指摘事項）への特別会員各社の対応とJANSIの支援活動」を取り纏め公表している。さらに、津波に襲われながらも事態を収束に導くことができた東京電力福島第二原子力発電所（以下、「2F」と記す）での対応状況を検証し、原子力発電所のより一層の事故対応能力を高め、安全性向上に資することを目的に、「東京電力（株）福島第二原子力発電所 東北地方太平洋沖地震及び津波に対する対応状況の調査及び抽出される教訓について（提言）」を取り纏め公表している。そして、JANSIは原子力発電所のピアレビューを行う役割を持った唯一の国内機関として、上述の1F事故の教訓と2Fの教訓をまとめた報告書への対応状況について、再稼働前の各プラントに対して確認を行っている。今後も再稼働前のプラントに対して、同様の確認を行う予定である。

原子力産業界では、1Fのような事故を二度と起こさないという強い決意の下、安全性向上に資する組織による原子力事業者への支援等を通じて、規制の枠に留まらない、より高い次元の安全性確保に向けた取組を進めている。このような原子力産業界の自律的かつ継続的な取組を定着させていくことを目的に、原子力産業界全体の知見・リソースを効果的に活用し、規制機関等とも対話を行いながら、効果ある安全対策を立案し、現場への導入を促す新たな組織として、2018年7月にATENAを設立し、活動を進めてきている。

このように産業界全体として共同組織強化や新設を進めているが、ATENAを設立したことで、JANSIがこれまで果たしてきた重要な役割、諸外国からの情報や安全性向上対策の収集、国内外の知見の集約、産業界各社への提言・勧告、安全性向上活動等が、ATENA/JANSIどちらが責任を担っているのか、考え方も含めて明確にする必要がある。ATENAは設立されて2年ほど経ったが、今後の活動とそれが活用されているかどうかを、日本原子力学会としても注視する必要がある。そして、個々の事業者やメーカー等各組織においては、組織の末端に至るまでこれらの安全性向上活動を浸透させていくことが重要である。また、個々の組織の活動は見えにくいいため、情報発信にも積極的に取り組む必要がある。

原子力の安全確保の一翼を担う日本原子力学会としては、トップのコミットメントも含めた継続的な安全性向上活動が最も重要な項目であると認識し、これらの活動を継続して注視していかなければならない。

②継続的改善の実施

- 産業界全体で、原子力利用に伴う特有のリスクに対する認識を持ち続け、安全性を高める取組を一過性のものに終わらせることなく継続させるべきである。

JANSIは、事業者のリスクマネジメント体制の構築を支援・牽引するため、2014年1月、事業者CEOに対して「リスクを考慮した安全確保体制の構築に係る提言」を发出した。また、事業者の自主的な安全性向上に関わる活動を活性化するため、原子力の安全向上に対する取組状況を、エクセレンスとのギャップで評価し評価点付けする総合評価システムを構築し、その評価結果を用いて自主的な安全性向上のインセンティブを付与している。JANSIは、各発電所ピアレビュー活動を通して、事業者の安全性向上対策への取組を継続的にチェックしている。

各電気事業者は、2014年6月に「JANSIの評価や提言・勧告を真摯に受け止め、各社社長の強い決意と覚悟のもとで安全性を高めるための取組を確実に実行」との取組を宣言した。各社は保安活動の実施状況調査、PRA、安全裕度評価等を実施し、その結果を踏まえた安全性向上計画を作成し、安全性向上評価届出書として原子力規制委員会へ提

出するとともにホームページで公表している。プラントの現状や実態に即した PRA, リスク情報を活用した意思決定の導入など、継続的な安全性向上にも取り組んでいる。そして、原子力発電所毎に、世界原子力発電事業者協会及び JANSI によるピアレビューを定期的（継続的）に受け、継続的な改善に供している。

プラントメーカーは、国、研究機関、事業者と協力し、安全性向上に関わる研究、技術開発を進めている。

日本原子力学会標準委員会では、原子力安全を継続的に向上させるための PSR 指針を発行し、発電所の運用のレビューに供されている。

原子力産業界の自律的かつ継続的な安全性向上に関する取組を定着させていくことを目的に設立された ATENA では、これまでに「国内原子力発電所における非常用ディーゼル発電機不具合の傾向と改善策について」などの技術レポート（2020 年末までに 10 件の安全対策レポートを公表）をまとめて、原子力事業者の現場への改善策の導入を促している。そして、各事業者のそれら安全対策の実施状況や評価についても適宜まとめて公表している。

このように、原子力安全を自主的かつ継続的に向上していく仕組みが作られ、定期的にレビューする活動も行われているが、それらの活動がどれくらい安全性向上に繋がっているのか、日本原子力学会としても継続的に注視していく必要がある。また、安全性向上の指標があれば、活動継続のインセンティブにもなると考えられ、学会として指標の定義、基準化などで貢献することが重要である。

③ トップによる原子力安全へのコミットメント

- ・ トップによる原子力安全を優先するコミットメントが不可欠である。トップは安全に対する過信を排し、自ら原子力安全に関する意識を高める機会に積極的に参加するとともに、組織に継続的に安全性を高める姿勢を堅持する安全文化を浸透させるべきである。

各電気事業者は前述の 2014 年 6 月のトップの宣言（コミットメント）に基づき、個々の品質保証体系（品質方針、品質マニュアル等）の中で、原子力安全を優先し、安全性を高める姿勢を堅持することを示している。ここで、原子力の安全性向上活動が品質保証活動と連携しているのは原子力規制委員会の規制要求（その後、令和 2 年原子力規制委員会規則第 2 号で法令化）に基づいている。また、多くの事業者は「原子力発電の安全性向上への決意」などトップの安全に取り組む決意をホームページに掲載している。そして、経営トップのコミットメントを社内に浸透させるための憲章の制定や会議体の設置等、具体的な行動がとられている。

原子力規制委員会と電気事業者各社社長との面談においても、経営トップによる原子力安全へのコミットメントが求められ、各社で回答が行われている。

JANSI は、事業者の自主規制、自主改善組織として事業者 CEO との意識の共有を図り、ピアプレッシャーを活用して、原子力安全に対する CEO の継続的なコミットメントを求めている。

プラントメーカー各社においてもホームページ等において原子力安全への取組方針を明示している。

このように 2014 年に産業界各社の経営トップの安全優先のコミットメントの下で安全性向上の活動が進められてきているが、今後も継続的にトップコミットメントを発信して活動していく必要がある。

また、事業者の活動が原子力規制委員会の要求とは言え、いわゆる品質向上対策に偏っているため、深層防護としてのレジリエンス強化のための活動も重要と考える。さらに、事業者のリソースが規制要求対応に非効率に多く振り分けられているとの危惧があり、今後規制と事業者とのコミュニケーションを適切にとって、効率的に安全向上活動を進めることが安全性向上に実効的である。

トップのコミットメントは、社会の理解にも有用であり、失墜した原子力の信頼回復には、コンプライアンスの徹底が必要である。

3) 安全規制機関の取組

① 国民の信頼回復

- ・ 福島第一事故によって失われた安全規制に対する信頼回復に努めることが最重要課題である。そのためには、科学的・合理的な判断に基づく規制措置を実績として積み上げていくこと、また、判断のプロセスと結果の説明責任を果たし、透明性を高める努力が必要。そして、被規制者、施設周辺の住民、国民、学術界、国際社会との対話を積極的に推進するべきである。

学会事故調報告では、1 F 事故の背後要因として、国の規制機関の安全に対する意識の不足、過酷事故対策に関する安全規制の後れ、防災対策の実効性のある措置や適切な実施のためのマネジメントの不整備などが指摘された。こ

の問題は原子力規制組織に起因するものであり、事故後に政府が取り組んだ組織面を中心とした規制制度改革により改善が図られていること、中長期的に定着させ規制行為の改善を継続的に進めることが必要と述べている。

原子力規制委員会が三条委員会として独立／中立性を有する組織を確立し、国民からの一定の信頼感を獲得できたことについては評価できる。ただし、様々な取組がなされているものの、国民の信頼回復についてはまだ途上である。原則として会合を全て公開で実施する、被規制者の面談記録を全て公開するなど、情報の公開については透明性の点から評価できる。ただし、様々なステークホルダーに対する情報伝達については、必ずしも十分ではなく、「公開」が、「情報伝達」や「対話」につながっておらず、コミュニケーションの観点からは更に取組の余地がある。

様々なステークホルダーとの対話の重要性については認識がなされており、取組がなされているが、対事業者については必ずしも十分とは言えず、特に対国民の観点からは対話がほとんどなされていないように見受けられる。また、公開の場でなされている炉安審・燃安審との技術的な議論も更に活性化させるべきである。一方、規制者・被規制者・有識者のみならず社会を含む多様なステークホルダーとの対話で得られる気づきが規制の継続的改善と安全性向上に寄与するとのコンセンサスはある。原子力安全は、規制機関のみで確保されるものではなく、多様なステークホルダーとともに作り上げていくものであることを再確認し、独立性を確保しつつ、孤立に陥ることがないように、対等の立場で多様なステークホルダーとの意見交換を積極的に実施することが期待される。また、国際的な関係機関との対話や意見交換は実施されているものの、必ずしも十分に内容や規制への反映事項が公開されておらず、改善の余地がある。

国民が社会通念として許容しているリスクレベルと規制が目指す安全性を直接比較することは、リスク評価の不確かさや不完全さなどの観点から困難な課題ではある。しかしながら、安全の目標などの議論を通じて、透明性を持ちつつ、この課題についてわかりやすく説明し、社会との対話の機会を持つことが説明責任を果たすことにつながる。今後の更なる取組が求められる。

②継続的改善の実施

- ・ 規制機関も事業者と同様、自らの組織や制度に対する継続的な改善が求められる。このため、被規制者と緊密なコミュニケーションをとり、被規制者の持つ最新の一次情報に接するとともに、独善を排し規制制度と運用体制の課題を見出す取組が必要。また、国際的なレビューサービスを活用するとともに監査制度についても検討すべきである。

継続的改善の実施については、IAEAによるIRRSの受け入れや対応、継続的安全性向上検討チームでの議論を含め、様々な取組が進められている。

IRRSについては、報告書の提言や勧告のみならず、IRRS報告書で提言や勧告として明示されていない点についても汲み取るべき事項として炉安審・燃安審において包括的に議論された。これらに対する対応が実施され、成果が上がっていることがIRRSのフォローアップミッションで確認された。ただし、マネジメントシステムの確立など、取組に時間を要するものがあり、今後、対応が的確になされることを注視していく必要がある。

新たな知見をバックフィットとして取り入れるなど、規制の継続的改善に関する取組がなされている。ただし、規制基準に関しては、継続的な改善はまだ部分的である。継続的安全性向上検討チームでは、規制制度のあり方、自主的な安全性向上と規制機関の本来の役割、仕組みとして継続的に安全を向上させるための方策、バックフィットのあり方、迅速な安全対策の実施、などについて幅広く議論が行われているなど、自らを変革する意思が見られる。ただし、継続的な改善が行われる仕組みの構築までには至っていない。このような議論を通じ、規制機関で継続的に改善を行う効果的・体系的な仕組みが確立されることが期待される。

安全性向上のために、新技術を導入していくことも重要である。規制の観点から新技術の導入が阻害されることがないように、新技術の導入を促進する取組も望まれる。

継続的に規制を改善していくためには、外部の意見を継続的に広く集める必要があり、そのための枠組みの構築が求められる。例えば、米国NRCは、規制に関する情報交換会議を定期的実施し、幅広いステークホルダーとの意見交換を行っている。また、このような継続的な改善が適切に実施されているかどうかを第三者が確認・評価することも重要であり、改善の内容をわかりやすく情報発信していくことも必要となる。

事業者に自主的安全性向上を促す上では、規制と事業者のコミュニケーションが重要となる。しかしながら、現時点で規制と事業者が対等の立場でコミュニケーションを行っているとは言えない。規制においても、改善のための方策が求められる。

③リスク情報を活用した規制手法の導入

- ・ 事故の危険性の高い設備やマネジメント活動などに規制資源を傾斜的に投入する観点から、リスク情報を活用した規制手法の導入は、限られた規制資源のもとで有効に安全性向上に寄与するものであり、積極的に取り組むべきである。また、このような取組は規制官においても実質的な安全向上に繋がるリスクを評価する能力を培うことになる。

リスク情報の活用については、2020年の新検査制度の導入などを含め、徐々に取組が始まった段階である。しかし、まだ方法論も含め事業者・規制ともに模索をしている段階である。新検査制度を本格運用していく段階で、リスク情報活用の具体的事例が出てきて、その結果、リスク情報活用の理解が進み、定着していくことが期待される。なお、リスク情報の活用に当たっては、リスク評価手法やリスク情報そのものの前提条件や適用限界を十分に考慮することが重要である。あくまでもリスク情報は統合的な意思決定のための一つの要素であり（リスクインフォームド）、リスク情報のみによって意思決定をする（リスクベースド）ものではないことに留意しなければならない。また、原子力規制委員会として、リスク情報に関する活用の考え方が必ずしも明確になっておらず、被規制者に戸惑いを生じさせている可能性がある。そこで、リスク情報の利用に関する考え方を整理し、文書化し、リスク情報の活用と実践を進めやすくすることが必要である。

リスク情報の活用の際に、重要となる項目の一つに安全目標がある。しかし、原子力規制委員会における「安全の目標」の議論はまだ途上にある。日本では、リスク評価において不確かさが大きくなる外的事象が重要である。しかし、このような背景のもと、安全目標をどのように理解し、活用できるのかについては、まだ十分にコンセンサスが構築されていない。安全目標が原子力施設の安全性を直接判断する基準ではないとの前提のもと、安全目標に関する基本的な考え方、規制でカバーすべき領域／自主的安全性向上でカバーできる領域と安全目標の関係などについてより議論を深めていく必要がある。

④ハード偏重からソフト重視の規制への転換

- ・ ハードウェアの機械的性能に偏してきたこれまでの規制をソフトウェア、すなわち、原子力安全の基本的な考え方やシステム全体の性能・機能とマネジメントを重視する規制体系に転換し、それを可能とする規制人材の育成に努めることが望まれる。

新検査制度における従来のハードウェア（機器や設備）重視・規範的（Prescriptive）な規制からの転換は、パラダイムの転換を伴う。そのコンセプトが広く共有・理解されるまでには、あるいはこのような考え方に対応する人材が育成できるまでには、ある程度の時間を要するものと考えられる。ソフト（運用・手順・人的な対応）重視への規制の転換については、リスクインフォームドやパフォーマンスベースドの考え方が規制・事業者ともに広く理解される必要がある。ソフトやマネジメント重視の規制において重要となるパフォーマンスベースド、グレーデッドアプローチといったキーワードがどのように原子力安全に結びつくかについて、関係者がよく議論を行い、その認識に齟齬がないかどうかを確認することが重要である。また、システムとしての原子力施設の性能・機能、マネジメントの考え方を基盤とし、技術情報基盤を構築・活用できる人材育成についても着実に取り組むことが重要である。

現行規制基準は、ハードウェア重視であった旧安全設計審査指針をベースにしており、ハードウェアの観点とソフトウェア的観点のバランスは必ずしも十分ではない側面がある。IAEAの安全基準は、第一分冊がハードウェア、第二分冊がソフトウェアを対象としたものとなっている。国際的に確立した基準を参考にしつつ、規制基準をより良い形に改善していくことも望まれる。

なお、現在の規制基準に基づく安全性適合審査では、例えばシビアアクシデントマネジメントの体制について確認するなど、部分的にはソフト面をより重視する方向となっている。ただし、事業者においては、安全性適合審査における予見性が高まるとの理由で、先行する安全性適合審査で採用されたハードウェアを仕様規定として採用するなどの事例があり、ハードウェア偏重の傾向は依然として解消していない。ハードウェアの増設は、システムの複雑化、人的過誤率の上昇などを引き起こし、安全上のメリットばかりでないことを再認識する必要がある。原子力施設の安全性は、ハードウェアの性能とマネジメント能力が相まって確保されることを改めて念頭に置き、事業者・規制は、個々のプラントの事情にあったハードウェアとソフトウェアの最適な組み合わせからなる安全対策をとることができるよう、パフォーマンスに重点を置いた取組を進めるべきである。

⑤事業者への自主的安全性向上姿勢の定着化指導

- ・ 原子力安全の継続的な維持・向上を図るには、事業者の自主的な安全性向上努力を促すことが重要。事業者が「規制に従えば良い」との考えに陥ることがないように措置が必要。リスク情報を活用した規制は事業者の努力を引き出す上で重要であり、わが国でも欧米の規制体系のように民間の規格基準を積極的に活用するよう努めるべき。これが安全基準に対する民間の技術力を高めるとともに、規格基準技術者のすそ野を広げることにも繋がり、ひいては長期に亘る安全性向上にも寄与する。

比較的発生頻度が高いマイナーなトラブルに対する事業者の自主的安全性向上の取組姿勢は、CAPなどに代表される新検査制度の導入などに伴い、確実なものとなりつつある。この取組が定着するまで引き続き注視する必要がある。

一方、しばしば大きなリソースが必要となり、新知見の不確かさも大きい低頻度高影響事象については、自主的安全性向上の方法論などについて議論の余地がある。原子力規制委員会の継続的安全性向上検討チームでは、「規制要求」「自主的安全性向上」の2カテゴリに当てはまらない新たな考え方を導入することが議論されている。このような新たな規制の枠組みについて議論するとともに、規制と事業者が率直な意見交換を通じて、考え方を整理する必要がある。この際、バックフィットの基本的な考え方などを整理・明確にすることで、バックフィットが事業者のインセンティブを削がぬよう留意することも重要である。なお、安全目標と規制の枠組みの関係についても議論がなされ、共通理解が醸成されることが望まれる。

事業者のCEO/CNOと原子力規制委員会の意見交換が継続されていることは評価できる。ただし、事業者との意見交換、相互理解は十分とは言えず、より実務に近い担当者同士の意見交換などを公開で実施することも考えられる。原子力安全・保安院が2010年に開催した原子力安全規制情報会議と類似の会合を毎年開催するなど、より広いチャンネルで意見を聞くことも重要であると考えられる。

現状では、規制において民間の規格基準類を引用することにより活用がはかられているが、引用にあたっては現行規制基準類との適合性について、改めての技術評価が行われている。評価を実施する人材、技術評価の方法、最新知見の迅速な取り込みなどを含めて課題はあり、今後、更に検討を進める必要がある。

⑥広範囲の専門家知見のバランス良い活用

- ・ 原子力技術は裾野の広い複合的な技術であり、規制にあたっては関係する専門家の知見をバランスよく最大限に活用することが必要。審議会等の運用においては日本原子力学会などの学術組織を活用し専門家が偏ることのないよう、構成に十分配慮すべきである。

専門家のバランス良い活用に関し、炉安審・燃安審では幅広い専門家が選任されている。現状では炉安審・燃安審のミッションは原子力規制委員会からの諮問事項の議論に限られているものの、原子力規制委員会との意見交換の場で幅広い議論がなされていることは評価できる。また、大学・研究機関における原子力関係の専門家が減少している中、炉安審・燃安審における議論が、規制及び原子力安全に関する幅広いバックグラウンドを持った人材の確保につながっている側面も重要である。

また、原子力規制庁で専門家を育成し、国内外の学会活動などを通じて、広く学識の見解を集めて規制に活かす仕組みも必要である。このような取組はなされているが、今後も着実に進める必要がある。一方で、規制組織のみに依存した知見の集約には限界があり、広く知見を集める方法論を模索すべきであろう。

規制を継続的に改善して行くにあたり、様々な専門家の知見を広く集め活用する方策について、体系的に検討する時期に来ているものと考えられる。当面は、審査会が原子力規制委員会と継続して幅広く意見交換をすることで、その知見を規制の改善に活用することが期待される。

原子力安全は、幅広い専門知によって確保される。安全研究や運転経験などを反映した技術情報の基盤をもとに、統合的な意思決定ができる人材が育成できるよう、幅広い関係者が留意すべきである。

(4) 提言Ⅳ：共通的な事項

1) 原子力安全研究基盤の充実強化

①安全性向上の駆動力

- 原子力に関する安全研究は、安全に対するアプローチを俯瞰するための理解を深め、多様な安全向上のためのソフト、ハードの継続的な高度化を進めるための駆動力となるべきである。

原子力安全を確保するためには、その基本的な考え方を明確にし、安全目標を設定して確率論的リスク評価に基づいて安全性向上に寄与すること、そして深層防護の考え方を正しく適用したプラント設計、アクシデントマネジメント、防災対策などを継続的に進めることが重要である。原子力安全研究は、これらの安全に対する継続的な取組の基盤となるものである。

1 F事故後まもなく、学会事故調の提言で掲げられた項目の多くは取組が開始され、安全研究ロードマップの策定など積極的な活動も一部では見られた。時間経過とともに、国民の多くが地球温暖化対策と原子力を関連づけて考えないなど、原子力利用に関する社会的期待が原子カルネサンスを迎えていた1 F事故直前の想定を大きく超えて低下した。日本原子力学会の議論も、原子力発電を担う地元にまで届いているとは思えない。こうした背景から、1 F事故後に原子力エネルギー分野の経済規模（原子力委員会調査）は大幅に縮小した。その結果、安全研究の基盤（施設、人材、意識など）を強化する取組に対して継続的な支援や資源の投入が行われなくなった。

安全研究への取組においても原子力界全体に意欲の低下がみられる。原子力安全研究基盤の充実強化の駆動力は、将来的に我が国で原子力利用が維持・拡大される見込みがあるか否かにかかっている。安全研究活動が低下すると、将来の原子力安全の確保に影響を及ぼすことが危惧される。政府のエネルギー政策における原子力の位置づけが本質的に変更されない限りこの状況は改善されない。

安全性向上の駆動力を向上させるには、CO₂を発生させない我国のエネルギー源としての原子力の必要性について社会からのコンセンサスが必要である。第6次エネルギー基本計画に向けて、学会らしい情報発信を考えるべきである。例えば、地域住民と接点を持つ活動、あるいは共同での研究提案を促進する機会を増やす、国民の興味を惹き、受けとり易いように、情報発信方法を早急に工夫する、「原子力アゴラ調査専門委員会地球環境問題対応検討・提言分科会」での検討提言のような活動を広げる、などの方法が考えられる。

②人材の維持、育成

- 安全研究は高度な原子力人材を維持、育成するためにも重要であって、国際的な協力を進めつつ、真摯に取り組むべきである

1 F事故の対応への取組に、人材育成策と資源が注入されている。将来に向けた次世代炉の研究や試験炉を使った研究は、次世代炉研究そのものが少ないため、人材育成資源も限定的である。次世代炉研究実施への意欲はあるものの、将来の政府のエネルギー政策には反映されておらず、予算確保等の課題が多い。

1 F事故対応のみでは、安全研究基盤の充実に実質的に貢献するとは考え難い。また、人材を広く集めることが難しい。

原子力人材を維持、育成するためには、次世代を担う学生にとって原子力技術をいかに魅力ある技術とするか、また若手研究者のモチベーションをいかに維持するかが、重要な課題である。例えば、新型炉など夢のある研究課題を設定する、試行錯誤を許容した研究自体の楽しさをアピールするなどが考えられる。

原子力プラントのような複雑で巨大なシステムの安全を確保するためには、原理原則に立ち返り全体を俯瞰してマネジメントできる人材を一定数確保する必要がある。そのための教育には、知識を与える座学だけでは不十分であり、考え方や態度を身に付けるための実習や体験が重視される。また、我が国は細部を丁寧かつ正確に詰めることは得意であるが、システム作りは海外に強みがある。こうしたことから、海外派遣を含む国際協力に基づく教育の強化を提案する。

③安全研究は産学官の義務

- 産学官は社会における多様なレベルでの情報交換や議論を通じて、安全研究を進める義務を有することを認識すべきである。

1 F事故後当初は、産学官の取組を記載した安全研究ロードマップの策定など、積極的な取組がなされた。

時間経過とともに、国、事業者の安全研究への資源、資金の投入が少なくなり、研究活動は衰退している。

「安全性向上の駆動力」の項で記述したが、国が1F事故の対応以外の原子力には腰が引けていることが背景となり、民間は原子力撤退で惨憺たる状況に陥っている。JAEA においては使命を終えた研究開発施設の廃止措置や1F事故対応が主要活動となっている。継続的に予算が投じられている原子力規制庁の活動は規制基盤の充実を目的としたものである。

この状況で考えられる方法として、独立性、透明性を確保した上で、原子力規制庁の研究活動と学会・産業界との連携強化を提案する。なお、日本原子力学会の標準委員会や1F 廃炉検討委員会等において、新たな安全コンセプトや知見に関する情報を社会に対して発信していることは意義があり、今後も継続して実施するべきである。

④確率論的リスク評価手法の適用範囲の拡大

- 全体像把握のための確率論的リスク評価手法は、津波、火災などの外的事象を誘因とする安全研究へも適用範囲を広げるべきである。なお、この観点からは安全研究と並んでセキュリティに関する深く広い研究についても取り組むべきである。

1F事故後、日本原子力学会は深層防護強化やリスク情報活用などの必要性を訴え、リスク評価活用の啓蒙啓発に注力してきた。PRA の評価ツールの改良や、個別現象の解析コードの研究、それらを検証するための基礎データの拡充など、従来研究の延長又は限られた資源で実施可能な範囲で進んでいる。

しかし、広くリスク評価を行う研究開発までは広がりが見えない。セキュリティを含む外的事象に対しては、研究が進んでない。また、実務者が考え方に追いついてない面があり実務者への普及が今後の課題である。

リスク評価手法の適用範囲の拡大を図るには、実務に落とし込むための、考え方、方法論、例題を提示しながら、それに資する新技術の研究開発を継続的に促す必要がある。また、個々に開発されたツールやコードを統合して、リスクを正確に評価し、安全パフォーマンスを効率よく向上させるためには、従来の研究とは異なる発想と、その実現に必要な革新技術の開発が必要である。

⑤安全研究ロードマップの策定

- 原子力安全の目標を達成するためにあるべき姿を議論し、現在の技術を直視することによって、取り組むべき俯瞰的な技術課題のマップを準備し、これらの課題解決のための短期的視点のみならず、中長期的なロードマップを策定すべきである。さらに、その評価の視点とともに広く社会に提示して、社会とのコミュニケーションを通じて継続的に改訂していくべきである。

1F事故後当初、ロードマップの策定、整備については、取組が進んだ。ロードマップに従い、深層防護やリスク情報活用など安全の考え方などについてまとめられ、日本原子力学会標準として発行された。

しかし、1F事故後当初の取組を終えて、更なる見直しとロードマップによる研究開発の実施については、全く進展がない。安全の考え方などについて、規格基準を策定する他学会への波及や、実プラントへの実装が進んでない。安全目標の実装のための研究や、防災などの記載がロードマップには見当たらない。分野ごとのロードマップにとどまっているものが多く、俯瞰的に取り組むべきとする提言の趣旨からは不十分である。今後どのように取り組むのかという点では明確な根拠をもって説明できるものはやや少ない。

ロードマップは作るだけでは意味がない。ローリングで何が進展したかを示すべきである。例えば、安全性向上効果のわかる指標の提示が、安全研究や自主的安全性向上へのモチベーションにつながると思われる。少なくとも今後も継続的に取り組むという意味を常に明確に示すことが重要と考えられる。

2) 国際協力体制の強化

①国際的活動を国内へ反映させる体制の整備

- 積極的に国際的な活動へ参加し、そこでの議論を国内に反映させる体制づくりを行うべきである。

原子力の利用は、その当初から国際的な枠組みの中で開始され、条約による義務的な活動から、競争研究、情報交換など多国間、二国間でのさまざまな国際協力が活発に行なわれてきた。わが国もこのような国際的な枠組みに積極的に参加し、原子力に対する高い技術と豊富な経験を持つ国として扱われてきており、IAEA, OECD/NEA 等の活動には国内各組織が積極的に参加し、情報の収集と提供、国際基準の作り込みへの協力を実施してきている。

例えばIAEA 関連では、2007年の新潟県中越沖地震を契機に、当時の資源エネルギー庁・原子力安全基盤機構が米国NRCと協働してIAEA International Seismic Safety Centerに呼び掛け、耐震特別プログラム（IAEA ISSC EBP）を立上げ、10カ国30機関を超える参加を得て、耐震・対津波だけでなくPRA・多数基立地・リスクコミュニケーション等多くの分野のIAEA Safety Report, Tec. Doc.に結実しつつあり、1F事故後の調査・評価に係る専門家会合（IEM1～9）には資源エネルギー庁・原子力規制庁及び国内学識者が積極的に貢献した。また、IAEA 基準についても、耐震・津波・高経年等各分野のSafety Guide 作り込みの専門家会合に資源エネルギー庁・原子力規制庁及び国内各組織が継続して参加し貢献している。特に、放射線管理についてのIAEA 基準類は1F廃炉・廃棄物管理に直接影響するが、RS-G-1.7 (2004)やBSS-GSR Part3 (2014)の更新作業が2017年から始まっている中、国内専門家が積極的に貢献している。

OECD/NEA 関連では、1F事故後、JAEAが軸となってBSAF/BSAF2（1F事故ベンチマーク）及びARC-F（1F建屋/CVからの情報分析プロジェクト（BSAF後継））を企画・運営し、10カ国を超える参加を得ている。また、OECD/NEA/IAGEの高経年ワーキンググループ、耐震ワーキンググループ、事故耐性燃料（ATF）開発ワーキンググループ（NEA Expert Group on Accident-tolerant Fuels for Light Water Reactors [EGATFL]）に国内各組織が積極的に関与している。EGATFL報告書「State-of-the-Art Report on Light Water Reactor Accident-Tolerant」の知見は日本の研究活動に反映されており、経済産業省事業としてJAEAや国内プラントメーカの共同研究事業が開始されて、文部科学省原子力システム研究開発事業にも課題が採択されているが、ATF開発への日本の一層の貢献が望まれる。

一方、原子力は国策であり、国としての戦略に沿って一貫した発信を国際的に継続することが重要で、国内横断の体制整備に対する国の責任は重い。また、対IAEA, OECD/NEA等国際機関及び対米国NRC等二国間の取りまとめの国の役割は大きい。原子力規制庁・資源エネルギー庁・文部科学省は、国際プロジェクトに継続した支援を行い、国内関連組織の活力の維持に努力するものの、連携した動きにはなっていない。原子力国際協力の体制は、組織ごとには整備されて来たが、国レベルで組織相互の連携を有機的に推進できる仕組みの確立が急務である。

日本原子力学会も米国原子力学会、日本機械学会等国内外の原子力関連学会と密接な連携をとりつつ、原子力工学各分野に亘る以下の国際会議の主催・共催・後援と、関連する活動を行うとともに、英文ジャーナル発行、標準類の英訳、及び、1F事故に関連した論文誌掲載論文・学会誌掲載記事の英訳事業を進めているが、総じて従来の延長線上の動きに留まっており、学会は1F事故後の原子力界を主導するとともに、学会長が率先して国際学会で世界に1F事故の教訓を発信し、世界の原子力安全に貢献していかなければならない。

（日本原子力学会が主導的に参画する国際会議）

SMiRT, ICAPP, ICONS（以上原子力工学全般）, NUTHOS（熱水力）, TOP FUEL, WRFPM（水炉料）, SCIS（計算）, PSAM（PRA）, PATRAM（放射性物質輸送）, D&RS（デコミ）, SSD（放射線計測）, NPC（原子力化学）, EAFORM（廃棄物管理・東アジア）, ANUP（再処理・アジア）, ASRAM（リスク評価・アジア）, NTHAS（熱流動・日韓）, IYNC（若手連携）等;

②新規原子力導入国への貢献

- 今後、新たに原子力利用に乗り出す国が増えると見込まれる中、それらの国に対して、原子力災害も含めたわが国の経験を積極的に提供し、原子力安全確保に向けた体制づくりに貢献すべきである。この観点で、国際的な議論をリードする役割を担う人材の育成が求められる。

1F事故後には国や各組織レベルで次の通り様々な人材育成事業が展開されており、その中には国際的視点を有するものが多々あり、評価できる。例えば、OECD/NEAのNESTに文部科学省・JAEA廃炉環境国際共同研究センターが参画し、国内まとめのJAEAは、パイロット版NEST活動として、東京大学と協働して2018年度より国内外の若手研究者を継続して受け入れ中である。また、国内では次の例が挙げられる。

- 原子力規制委員会「原子力人材育成等推進事業費補助金」
- 文部科学省「国際原子力人材育成イニシアティブ事業」
- 経済産業省「原子力人材育成プログラム補助事業（国際原子力人材プログラム）」
- 日本学術振興会「大学の世界展開力強化事業」
- 「エネルギーシステムと都市のレジリエンス工学日土協働教育プログラム」（東京大学、東京工業大学）

日本原子力学会も、若手連絡会がIYNCと密接な連携を取り、各国IYNC関係者を招いた1F・周辺地域の視察等の

活動を行っている。

これらの活動は個々には評価できるが、活動相互の関連も含めて新規原子力導入国の原子力基盤の整備にどのように貢献しうるのかという俯瞰的な議論が我が国の戦略を踏まえてなされてきたかは疑問である。当事国の人材育成を含めた産業基盤の整備や規制制度の設計等にどのように貢献できたかのフォローアップ、更には我が国とその国との原子力分野を含めた協力関係にどのように有効であったかの評価をしっかりと行う仕組みづくりが今後の課題である。

③産業界の国際的活動への参画

- ・ わが国のプラントメーカーが今後国際的な事業展開を目指すのであれば、産業界としても世界の原子力安全確保、向上など国際的な枠組みづくりに積極的に参画するべきである。

原子力産業が海外で健全に成立、生育するためには、健全な原子力インフラが成立する必要がある、原子力先進国としての支援が有効である。インフラには工業インフラだけではなく、文化インフラ、規制インフラ等があげられる。わが国プラントメーカーは、例えばベトナムに対して、当該地での原子力に限らぬ工業分野での製造技術の展開の実績、ハノイ工科大学への原子力発電分野の講座の開設による人材育成、原子力発電導入の基盤づくり等を行ってきた。高耐震国である日本は、耐震や津波に対しては技術力や経験が豊かであり、東南アジアや中近東のような地震が多い地域でこれらを活用し、当該国での規制基準類を含めた技術基盤の整備に貢献することは今後とも非常に有用である。

また、原子力はグローバルな産業分野・研究分野であり、国際機関への参画や国際基準策定への参画は、海外への支援のみならず、日本のプレゼンス提示として非常に意味が大きい。国際安全基準等の策定においては、産業界はかねてから、日本電気協会あるいは原子力安全研究協会のもとに参画し協力してきている。これらは、我が国の規制基準の改訂にも反映されている。IAEA や OECD/NEA の技術プログラムに対しても、産業界は原子力規制庁や経済産業省のとりまとめの下、参画、協力してきている。

なお、メーカー・電力など産業界は、原子力ビジネス環境やコロナ禍も含めた経済事情により、海外との協調や海外進出へのインセンティブがそがれている。これまでトルコやベトナムで実施したような海外協力・支援のレベルは低下している現況ではあるが、日本の経験を生かした技術の国際展開に向けての努力は評価されるべきである。

(総合評価)

事故後 10 年を経た今後の国際協力の在り方として、海外の動きを国内に反映する受け身の姿勢だけではなく、1 F 事故とその廃炉への挑戦^{*4} 並びに、我が国の立地と原子力発電所の豊富な設計・製作・運転経験に基づく優れた原子力研究・技術を積極的に発信し、世界の原子力安全に貢献して行く発想の転換が重要であろう。「国際活動の国内への反映」ではなく、廃炉技術開発、耐震・津波・高経年対応^{*5} など「世界をリードできる国内原子力技術の海外への発信」にも力点を置くべきである。日本原子力学会は、その先導的役割を果たさなければならない。

^{*4}: 1 F 事故については、デブリ取出しに向けて海外研究・技術機関の協力を仰いでいる。この事故の経験を広く世界と共有して、炉心溶融事故や大量の放射性物質放出の発生防止といった安全面への貢献、適切な社会的緊急対応策（避難を含む）の検討を含めた社会科学的な国際的連携に結び付ける動きに展開することが望まれる。

^{*5}: 我が国は地震・津波発生頻度の大きい領域に位置し、この分野の原子力研究・技術開発力は世界のトップレベルにある。また、50 基×30 年を超える豊富な原子力発電所運転経験を有する。

なお、国際的な活動については国と協働して、原子力界全体として戦略的に進める必要がある。IAEA や OECD/NEA だけではなく、国連など広く発信が必要である。原子力国際戦略について、積極的な提言の取りまとめとそのアップデートを行う活動が、日本原子力学会の今後の重要な役割である。2050 年にカーボンニュートラルを実現するためには原子力発電は有力な技術選択肢であり、日本原子力学会は各機関とともに、その原子力技術に関する国際協力を国家戦略として強く進展させ、世界に貢献することが求められる。

3) 原子力人材の育成

①原子力安全を最優先する価値観

- ・ 原子力分野の人材の育成にあたっては、「原子力安全」を最優先する価値観の継続的向上を図るべきである。常に過信や慢心を排し、「学ぶ態度」及び「問いかける姿勢」を根付かせ、その定着度合いを定期的に確認・評価する必要がある。

- ・ 原子力関係組織のトップが原子力安全に強いコミットメントを示すことが不可欠であり、トップ自らが機会あるごとに原子力安全の意識を高める指導を行わなければならない。
- ・ 原子力分野の職務には放射線防護などに原子力特有の安全知識と経験が必須であることを制度的に明確化し、必要な教育・訓練を徹底すべきである。

電気事業者では経営トップのコミットメントが示され社内浸透の行動がとられている。プラントメーカーも「安全・品質が最優先」を基本姿勢とする風土を醸成する取組が行われている。規制側でも職員の人材育成の基本方針が示され、育成するプロセスの体系化が行われ、現場対応能力や実務を担う専門性を向上させる取組が行われている。

電気事業者及びプラントメーカーは、定期的に JANSI の安全文化醸成活動の支援を受け、定期的に安全意識の定着度の確認を行っているなど、原子力安全を最優先する価値観の定着に向けた取組が行われ、提言のカバーが進んでいる。ただし、これらの取組の実効性、長期的な視点に立ったときの定着と継続性について、注視しておく必要がある。

電気事業者では、マネジメント層に対する研修などにより、原子力固有のリスクに対するリーダーシップ育成や社員への指導を開始している。その反面、震災以降、国内メーカーでは原子力関連業務に従事する技術者が減少しており、また、原子力特有の技術を持つサプライヤーの一部が原子力事業から撤退している。原子力プラントの長期停止により、プラントの運転・保守作業の実務経験の機会が減少している。原子力技術としての技術開発力、製造技術や運転保守技術を維持するために、新規制基準を満たした原子力プラントの再稼働を円滑に進めて技術力の維持に努めるとともに、原子力産業界には人材の確保やその育成に向けた取組を継続的に実施することが求められる。

②資格制度の充実

- ・ 原子力分野の人材に必要な知識や技量が、資格制度を充実するなどにより明示的になるようにすべきである。具体的には、原子力発電所の緊急時対応を考慮した所長及び運転責任者の資格要件の明確化、国家資格である原子炉主任技術者が平常時及び事故時に責任を持った対応ができるような役割の明確化、規制人材の専門性、国際性、及び判断力の向上、などがあげられる。さらに、こうした能力やキャリアを獲得した人材が評価されるような組織運営を行って、組織員のインセンティブを高めることも重要である。

提言に具体例として掲げられている、原子力発電所の緊急時対応も考慮した所長及び運転責任者の資格要件の明確化と要件を満たす人材の育成や資格認定のための資格制度の充実が必要である。特に、国家資格である原子炉主任技術者が平常時及び事故時に責任を持った対応ができるような役割の明確化と資格制度の充実を早急に図るために、今後も精力的な取組が求められる。

規制制度そのものについては、国際アドバイザーとの意見交換、IRRS によるレビューや、諸外国の規制機関や事業者との意見交換を通じて改善に努めている。今後もこれらの取組を通して、規制人材の専門性、国際性や判断力の継続的向上が求められる。

運転責任者や原子炉主任技術者など、資格を獲得した人材が評価されるような組織運営が進んでおらず、こうした能力やキャリアを獲得した人材が評価されてそれが組織員に周知される組織運営を行って、組織員のインセンティブを高めることも重要である。

技術士（原子力・放射線部門）などの原子力安全に広い視野を持った人材育成への取組も期待したいが、技術士に関しては、その受験者数が減少傾向にあり、資格取得に関する大学との連携や事業者等における資格の活用などを通じて、より一層、安全確保や社会貢献につながるよう、資格取得によるメリットを示すなどして資格の取得を継続して奨励する取組が求められる。また、有資格者の継続研鑽によるレベル維持・向上への取組にも注力が必要である。

③大学における原子力教育・研究の重要性

- ・ 高い技術力、マネジメント力が求められる原子力分野の人材を継続的に確保するために、大学における原子力教育の充実を図ることが重要である。同時に、大学での教育、研究人材の育成にも注力すべきである。最新の研究成果を取り入れて原子力安全を世界最高水準に維持するためには、研究レベルを最先端に保つことが必須であり、国、規制機関、産業界のそれぞれが安全研究へ積極的に関与することが望まれる。

1 F 事故を鑑みれば、想定シナリオになかった事故が発生した緊急事態でも、思考し判断し対応することができる人材の育成・確保が最重要課題である。また、今後 40 年以上にわたる廃止措置を最終段階まで行うには、専門性を有する人材を、大学において長期にわたり育成することが不可欠である。

大学における原子力安全教育を含めた原子力教育・研究に関して、1F事故以降、大学特に大学院での原子力教育の充実がある程度は進んでいる。学生を対象とした、国からの支援による原子力人材育成が大学・産業界において活発に実施されており、国の研究機関や企業の施設を活用して原子力教育が実施され、若手の人材育成が注力されている。原子力規制に関わる人材に関しては、国内の大学等と連携した人材育成事業が実施されている。その一方で学科の廃止などもあり、将来における原子力界への人材確保に懸念がある。将来の中核的な技術者の養成・確保が困難にならないよう、大学間で連携した対策も求められる。

原子力人材育成ネットワークでは、人材育成ロードマップを2014年に策定している。廃炉技術を含む原子力のコア技術の教育・訓練について再整理するとともに、デジタル化などの最先端の技術を導入するように、人材育成ロードマップの適切な更新を行うことが求められる。

原子力安全研究に関しても国の研究機関・規制機関・産業界が研究・技術開発を継続しており、国から産業界や大学等における技術開発、基礎研究への支援が行われ、これらを通じて若手の技術力向上が図られ、波及効果は大きくないものの人材の育成の努力がされている。

原子力安全を世界最高水準に継続的に維持するためには、安全工学に関する研究とともに、基盤となる原子力技術の研究レベルを最先端に保つことが必要である。そのために、研究・試験施設の更新とこれを活用した新規性や独創性のある研究テーマも含めた教育プログラムの拡充及び、若手の研究・技術開発への積極的な参画が必要である。国内外からの英知を一層結集し、デジタル化技術などの革新技术を積極的に取り組みながら、原子力技術を教える大学教員や研究・試験施設の維持のための人材を含む環境の整備を早急に行うことが求められる。2020年度から開始された文部科学省の国際原子力人材育成イニシアティブでは、原子力教育に関し、全国規模のコンソーシアムを構築することで、この課題に取り組んでいる。

原子力産業セミナー・原子力産業協会なども連携して原子力業界の将来像を示したり、原子力関連学科や専攻では機械工学、材料科学、計算科学、ロボット工学、安全工学などの多様な学問を学べることから幅広い就職先があることをアピールしたりすることで原子力関係学科への若年層の勧誘や、工業高等専門学校学生への原子力教育の充実を図ることが望まれる。

④小中高校における原子力・放射線教育

- ・人材の継続的な育成の観点から若い世代の原子力への関心を高めることが求められる。そのため、放射線教育を充実させることは急務である。原子力関係者は、小中高教員への原子力・放射線についての研修に協力するとともに、原子力への興味を高めるための情報発信をしていかなければならない。

小中高校生及び教員に対する原子力・放射線に対する教育や啓蒙的活動が原子力関係の各組織により行われているとともに、原子力・放射線の理解を促進するための各種の情報発信が行われている。地方自治体でも放射線の理解を促す素材などが提供されている。

日本原子力学会教育委員会は、小・中・高等学校の社会（地理歴史科、公民科）、理科教科書などについて、1F事故及び関連したエネルギー、原子力、放射線に関する記述を調査し、必要なコメントや修正文案を文部科学省などに提出し、教科書の記載の充実化を図ってきた。その一方で、原子力・放射線の理解度について、日本原子力文化財団の2019年度「原子力に関する世論調査」*6（調査対象は、15歳から79歳まで、10代は全体の6.2%）によれば、原子力分野の情報の保有量はこの3年間では横ばい、放射線分野の情報量は他の年代よりも少ない傾向にあるとの報告もある。

小中高校生の原子力・放射線の理解が進むように改善の余地があり、世の中には放射線が様々な応用されていることや人類の宇宙空間での活動には放射線防護が重要な課題であることなど、原子力・放射線に対する教育を一層深めていかなければならない。2020年度から使用されている中学校理科教科書（2、3年）において、放射線に関する教育内容がかなり充実した。これらを含めて、エネルギーや環境の切り口においても原子力技術を考える教育を行うための調査活動を継続して支援することが望まれる。

小中高校生・教員に対する原子力・放射線に対する教育や啓蒙的活動が行われているものの、その効果を継続的に見ていく必要がある。原子力関係の各組織は、デジタル化など最先端の技術を導入すべく、人材の育成を中長期的な視点で行うよう施策を継続することが求められる。若い世代と同様に小中高校教員への原子力・放射線についての研修を原子力関係者が実施できるような支援を行うとともに、様々な媒体の活用も含めて原子力・放射線への興味を高めるための情報発信を継続的に実施していくことが求められる。

原子力・放射線教育の範囲にとどまらず、我が国及び世界における地球環境問題、エネルギー問題の状況を踏まえ

た初等中等教育への原子力界全体としての関与が期待される。我が国の国際的な原子力・エネルギー、放射線教育への協力が、1F事故をきっかけに更に活発になされていることを評価する。

*6:「原子力に関する世論調査」[<https://www.jaero.or.jp/data/01jigyoutyousakenkyu2019.html>]

(総合評価)

原子力人材の育成の提言が理解され、提言の各項目について、日本原子力学会をはじめとして関係機関・団体による種々の取組が行われ、目標達成に向けてスピード感は感じられないが少しずつ進展して相応の成果が得られていると判断する。しかしながら、研究・人材育成支援の取組が必ずしも十分な成果に繋がっているとは言えない。この要因には、類似の支援活動が多くあり消化不良を起こしていること、原子力分野の教員や研究者が減少していること、国内メーカの原子力関連業務に従事する技術者が減少していること、若者が原子力技術に魅力を感じなくなってきており原子力を学ぶ学生もあまり増えていないことがある。

若者は、醒めた目で原子力技術と業界を観ており、原子力技術に魅力や夢を感じなくなってきている。若手研究者・技術者についても、「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」の若手枠の応募者数が低調であることなどが象徴的であるように、原子力技術に人生の舞台を求める者が増えていない。現状の取組だけでは若手のモチベーションが十分には向上しないと考えられる。人材育成は時間がかかり、人材育成をする方もされる方もその気にならなければ前に進まない。原子力の健全な発展を担う次世代を確保して育成するためには、原子力全体を覆う閉塞感を払拭する展開がいよいよ必要になってきている。今の原子力技術及び業界が能力ある若者の目にどのように映っているのかを、結果を恐れずにストレートに知ることが必要と思われる。

原子力人材の育成に関しては、一般市民の理解が重要であり、原子力技術の将来に対してのポジティブな見通しが、優秀な人材の確保や人材育成にとっての条件である。産官学が共に強い連携の下、将来に夢と希望の持てる原子力界を構築し、高いモチベーションと使命感を持ち、原則に基づき俯瞰的に考えられる人材を育成しなければならない。原子力業界を支える人材を一定数確保するためには、産業界の技術基盤の維持とその強化とともに、研究炉の新設や新しい動力炉の導入などによる原子力技術の研究開発機能の維持・促進や実学を重視した若手人材育成のための基盤の構築が必要である。すなわち、原子力プラントの新増設や革新的な原子炉技術の導入を推進する取組が求められる。また、現場要員の知識やスキルの伝承や育成には実際の運転経験が重要であることから、安全性の確認された原子力発電所の速やかな再稼働が求められる。その一方で、大学における原子力関連の大型実験装置は、維持管理が危機的な状況にあり、原子力人材育成ネットワークなどでも危惧が報告されている。人材育成に不可欠なこれらの装置の維持への支援は喫緊の課題と考える。さらに、サイエンスや技術としても経済的な利益としても夢のある分野に優秀な人材が集まる傾向にあることから、廃炉や廃棄物処理に関する技術だけでなく、魅力ある原子力技術とするために、商用炉の発電効率の飛躍的向上や高度な安全性を持つ将来炉の開発プロジェクトや高レベル廃棄物を長期間のエネルギー源として発電に活用するための技術開発などのプロジェクト研究の充実・創設なども必要と思われる。

原子力利用を含むエネルギー問題、放射線、廃棄物処分などに関する国民の理解は少しずつ進んでいると思われるが、原子力界に若い人材を迎え入れるためにも、国民の更なる理解を得る活動への努力が不可欠である。人材活用の観点では、特に緊急事態に必要な情報を正確に発信のできる人材が重要である。万が一の緊急事態に際して必要な情報を市民に正しく伝わるように発信できる、リスクコミュニケーション力を備えた専門家の育成が急務であり、原子力人材育成での課題の1つとして検討すべきである。また、原子力技術は総合工学であり、幅広い専門技術から構成されているので、様々な状況下で専門性の高い人材が活用できるように、各専門技術領域の人材を把握・体系化し、人的ネットワークを構築しておくことが求められる。

エネルギーの安定供給と地球温暖化対策に対して、原子力技術は重要なエネルギー技術の1つであるが、研究炉や動力炉の再稼働が遅れている中、このままでは脱炭素社会は望めない。原子力システムの安全な運用のためには将来の原子力技術を支える人材育成が不可欠であり、学会として原子力の必要性について率先して強く主張すべきである。

(5) 提言 V : 今後の復興に関する事項

福島における環境修復については、この 10 年間で除染が進み、汚染状況重点調査地域の除染は終了し、除染特別地域の避難指示も帰還困難区域を除き解除されている、また、仮置き場から中間貯蔵施設への除去土壌・除染廃棄物（以下、「除去土壌等」という）の搬出が進められており、移送後の仮置き場の原状回復も進められるなど、大きな進展が見られる。一方、除去土壌等の処理・処分への取組は、未だ多くがその途上にあると言わざるを得ない。特に、県外での最終処分に向けては、除去土壌等の減容化・再利用を含め最終処分の方針や方法など、長期に亘り取り組むべき大きな課題が残されている。

このような課題については、地元の住民、自治体、関係機関との密接なコミュニケーションの下で、検討を進めることが重要である。また、時間の経過と共に、これらの問題に対する国民の関心の低下が懸念される。今後の復興のためには、達成度を随時検証しつつ、適切な地元支援を地道に継続することが必要である。

1) 今後の環境修復への取組

①環境放射線モニタリング

- ・ 初期段階から一元的にデータを収集、保存するためのシステムを確立しておく必要があり、緊急時に対応できるような体制整備を図るべきである。
- ・ 今後は小児も含め住民の長期の線量評価も必要であり、個人線量モニタリングの新しい手法を開発し、継続的評価管理を進める仕組みを構築すべきである。

原子力災害対策指針が制定・改訂されてきており、その中で緊急時モニタリングについても関係機関の役割等が定められており、統一的・一元的な体制作りが目指されている。関係機関が連携しての原子力防災訓練も定期的を実施されており、実効性のあるシステムの確立が進められている。また、環境放射線モニタリング技術、例えば航空機や無人飛行機、無人観測船によるモニタリング技術などの開発も継続的に行われてきている。以上から、優れた成果があげられているものと認められる。なお、緊急時モニタリングで収集されるデータには、各機関の情報伝達の時間差や一定の不確実性などが内包されることを考慮し、実効性のある活用方法について検討を深める必要がある。

小児を含めた住民の長期の線量評価は、環境放射能などの測定結果や住民の個人被ばく線量の調査結果などに基づき開発された被ばく評価手法を用いて行われるようになってきている。国及び福島県は、関連機関や大学と連携し、必要な被ばく線量把握や健康調査を行っており、小児の甲状腺被ばくに対しては、健康を長期に見守ることを目的に甲状腺検査が継続的に実施されている。なお、粉塵による内部被ばくについても調査が行われており現状では特段の課題は報告されていないが、廃炉の進展に伴い粉塵が飛散するようなトラブル発生の可能性に備えて、今後は、粉塵のモニタリングについても留意する必要がある。

②法規制とガイドライン

- ・ 仮置き場などの施設の設置が遅れていること、除染効果が顕著でないケースもあることから、除染実施方法の指針であるガイドラインを、最新知見を取り入れることにより充実するとともに、除染に柔軟に現実的に対応できるようにすべきである。
- ・ 汚染土壌、がれき、草木などの発生は、発電所サイト内、サイト外でも同じであることから、より効果的な対応として、放射性物質汚染対処特措法（以下「特措法」という）と従来から存在する原子炉等規制法などとの関係を整理するとともに、これらの法律の上位の考え方を纏めるべきである。

環境省において、「除染関係ガイドライン」と「廃棄物関係ガイドライン」が制定され、その後、前者については、河川・湖沼等の除染、森林の除染、仮置場の原状回復に関する内容が追加され、後者については、「特定廃棄物関係ガイドライン」が追加されている。このように、最新知見に基づき、随時見直し・拡充が行われており、除染の現場で適用できるようなガイドラインの整備が進んでいる。今後も、帰還困難区域での除染も考慮し、これまでの除染経験をガイドラインに反映する努力を継続する必要がある。

除去土壌等の処理・処分に関する規制は、サイト外については 1 F 事故による環境汚染に対応するために制定された特措法に基づき、また、サイト内については原子炉等規制法に基づき、それぞれ行われていてその内容は異なったものとなっているが、当面は、サイト外とサイト内での状況に応じた取組を、対応した法律に基づき確実に進めることが重要と考えられる。

一方、事故後の法改正により、放射性物質による環境汚染も環境基本法の対象となり、これを受けて、大気汚染防止法、水質汚濁防止法等が改正された。しかしながら、特措法との関係が深い土壤汚染防止法や廃棄物処理法等については、特措法との関係整理が必要であるとして今後の検討課題とされた状態にある。

このため、除染土壤等の処理・処分に関する規制について、国際的な放射線防護の考え方も踏まえつつ、サイト内とサイト外の間の整合や、事故前から存在しているものと事故後に新たに発生したものの間の整合を含めて考え方を検討することが必要である。このような検討結果が、特措法と原子炉等規制法、土壤汚染対策法、廃棄物処理法等との関係についての整理に繋がることが期待される。

③除染対象区域の設定

- ・ 国は一律に追加被ばく線量が 1 mSv/年以上となる区域を除染対象とした。1 mSv/年を長期目標として位置づけつつ ICRP の最適化の原則を踏まえ、除染の効果と要する時間や費用、個人年間実効残存線量などを考慮して、現実的な除染目標や除染区域を設定すべきである。
- ・ 除染にあたっては被ばく管理に「平均的個人」でなく、各個人の線量測定結果に基づいて見直すべきである。

除染特別地域については、帰還困難区域を除く全ての市町村において、面的除染が完了し避難指示も解除された。汚染状況重点調査地域については、指定解除の要件である毎時 0.23 μ Sv 未満となった市町村について、指定の解除が順次行われている。このように、除染区域の指定においては、除染の状況を統一的に評価する観点から、空間線量率から推定される被ばく線量が 1 mSv/年以上であることを基準としており、この点は変わっていない。

一方、避難指示解除は年間 20 mSv 以下であることを要件の一つとしつつ、避難指示解除後の地域の状況に関して、ICRP が提示する現存被ばく状況に準じた扱いをすることが妥当との考えから、原子力規制委員会は、帰還後の住民の被ばく線量の評価に当たっては、空間線量率から推定される被ばく線量ではなく、個人線量を用いることを基本とすべきことを示した。この基本的考え方は、内閣府原子力被災者生活支援チーム、復興庁、環境省、原子力規制庁が、平成 30 年 12 月に発表した「特定復興再生拠点区域における放射線防護対策について」に取り入れられ、特定復興再生拠点区域の除染後の避難指示解除、帰還、居住に活用されている。このように提言に沿った対応が取られていると認められる。

このような対応自体は評価できるが、空間線量率から推定される被ばく線量が 1 mSv/年を超える段階での避難指示解除は、不安を抱く住民もみられることから、個人線量計の活用などによる個々の住民の被ばく線量の把握やきめ細かいリスクコミュニケーションにより住民の不安軽減努力を続けることが重要である。

④除染と除染技術

- ・ 市町村が行う除染では地域の状況に合わせて柔軟に除染ができるよう、現場に近いところで意思決定が速やかにできるようにすべきである。除染の実施にあたっては、地域住民の協力、参加が得られるように関係者は最大限の努力を払うべきである。
- ・ 除染技術の選定にあたっては、場所や対象物の特徴に応じて個別に判断することが必要である。各関係機関で実施している成果を体系的に整理し、有機的に連携させ、その成果を効果的に除染の指針や手引きに反映させる仕組みを政府、自治体が一体となって構築するワンストップサービスの早期実現を図るべきである。

汚染状況重点調査地域では、自治体や土地の所有者等が協働して土壤等の除染等を実施することとなっており、現場に近いところでの意思決定が実施しやすい仕組みが取られている。また、環境省では、情報提供や専門家派遣等を通じて、地方公共団体が行う住民説明等の場で、除染箇所に応じた除染技術の選定等がなされるよう支援を行っている。

除染技術については、日本原子力学会福島特別プロジェクト（クリーンアップ分科会）が作成した「除染技術カタログ」や EURANOS 除染技術データなどの諸外国の知見、さらには除染実証試験の結果等を踏まえ、内閣府により「除染技術カタログ」がとりまとめられた。これを参考にして、環境省において、「除染関係ガイドライン」が作成・開示されると共に、これらに基づく技術や今後活用し得る可能性のある技術の実証事業が継続的に実施されている。また、これらの情報は、環境省の除染情報サイトでの提供が行われており、ワンストップサービスの体制が整っていると認められる。

今後は、除染が未実施の地域やホット・スポット、生活圏に含まれる河川・湖沼、森林の中に位置する公共的な施設など、見逃されていた箇所が無いか、きめ細かい対応を継続して進めると共に、特定再生復興拠点で行われている

除染の経験も踏まえた帰還困難区域での除染の在り方についても検討することが必要である。

⑤除染廃棄物の保管・貯蔵

- ・ 仮置き場の設置が除染の進展に直ちに影響することから、関係者は住民との対話、また場所の選定にあたっては住民の参加を積極的に行うことが必要である。
- ・ 除染廃棄物は仮置き場から中間貯蔵施設で、更には最終処分場にて管理することとなる。この流れにおいて移動する物量の最小化は速やかな移動に大きく貢献する。このため、除染廃棄物の減容処理、再利用は不可欠となる。速やかにそれらの措置がとれるよう関係者は必要な措置を講じるべきである。

仮置き場については、基本的には除染特別地域では環境省が、汚染状況重点調査地域では当該市町村が、関係住民と交渉を繰り返し行い、多くの市町村では必要な数が確保・設置されたが、福島市、郡山市など人口が多いところでは仮置き場の設置が困難な場所もあり、それらでは自宅敷地内に保管（現場保管）された。現在、除去土壌等が中間貯蔵施設に搬出された仮置き場に関して、順次原状回復が行われており、現場保管の汚染土壌等の仮置き場への移送も進められている。また、除去土壌等の減容処理や再利用については、中間貯蔵施設への移送の負担を軽減するため、仮置き場において取組が進むことを期待したが、具体的な方法の策定や住民との調整等が難しく実現しなかった。

このため、仮置き場から中間貯蔵施設への移送量は、減らすことができず、移送による交通量の大幅な増加に伴う問題が懸念された。除去土壌の移送は2015年度のパイロット輸送を経て、基本計画と各年度の輸送計画に基づき実施され、2020年末において既に除去土壌等の7割以上が中間貯蔵施設への搬出を終えており、2021年度に搬入がほぼ終わる予定である。このように計画に従って確実に中間貯蔵施設への移送が進められている。なお、軽微なものがほとんどであるものの交通事故が増加しており、事故防止策の徹底が求められる。

除去土壌等の減容処理、再利用は、移送先の中間貯蔵施設において、最終処分量を大幅に低減する観点から取組が進められている。環境省は、有識者で構成する検討会を設け、減容処理・再利用技術の開発戦略を中心に、県外最終処分に向けた取組についても検討を進めている。ここでの検討結果を踏まえ、技術開発戦略と工程表、また除去土壌等の再生利用を段階的に進めるための指針が取りまとめられ、これに沿った除去土壌等の再生利用実証事業が、南相馬市や飯舘村において進められ安全性の確認が行われている。しかし、土壌の再生利用を円滑に進めるためには、住民が抱く不安に対して丁寧な対話を行うなど住民と連携した取組が必要である。

また、除去土壌等については、中間貯蔵施設で保管した後、2045年までに県外最終処分を行うこととなっている。既に工程表に基づき検討が始まっているが、最終処分に向けて、基本となる方針や方法について早期の段階から国民全体で議論し、時間をかけて合意形成を図ることが必要である。

その他、以下のような課題にも、適切に取り組むことが求められる。

- ・ 仮置き場の原状回復に当たっては、営農再開ができるような農地に戻す努力（地味等の面での改善など）を行うと共に、住民の意向を反映し、運動場や公園等地域の復興につながるような利用方法も検討すべきである。
- ・ 放射能濃度が一定の範囲内の汚染廃棄物は、管理型処分場での埋め立てが行われているが、その際、処分場の線量モニタリングと場内から排出される浸出水等のモニタリングの継続実施が求められる。
- ・ 中間貯蔵施設の稼働においては、除去土壌や焼却灰の取扱いに伴う放射性物質の飛散防止策を十分に講じると共に、そのモニタリングを行い、周辺住民はもとより、従業員の被ばく防止を図る必要がある。
- ・ 福島県外の汚染状況重点調査地域の自治体では、除去土壌等の処理処分に向けた取組が進んでおらず、住民の反対から仮置き場が見つからず現場保管が行われている例があるなど、支援の強化が必要と考えられる。

4. おわりに

学会事故調からの提言項目は、以下である。

- 1) 原子力安全の基本的な事項
 - (1) 原子力安全の目標の明確化と体系化への取組
 - (2) 深層防護の理解の深化と適用の強化
- 2) 直接要因に関する事項
 - (1) 外的事象への対策の強化
 - (2) 過酷事故対策の強化
 - (3) 緊急事態への準備と対応体制の強化
 - (4) 原子力安全評価技術の高度化
- 3) 背後要因のうち組織的なものに関する事項
 - (1) 専門家集団としての学会・学術界の取組
 - (2) 産業界の取組
 - (3) 安全規制機関の取組
- 4) 共通的な事項
 - (1) 原子力安全研究基盤の充実強化
 - (2) 国際協力体制の強化
 - (3) 原子力人材の育成
- 5) 今後の復興に関する事項
 - (1) 今後の環境修復への取組
 - ①環境放射線モニタリング
 - ②法規制とガイドライン
 - ③除染対象区域の設定
 - ④除染と除染技術
 - ⑤除染廃棄物の保管・貯蔵

それぞれの項目での活動実績（添付資料参照）を見ると、多くの活動に取り組み、成果を上げてきたことがわかる。特に、1F事故を踏まえた技術的な対策に関する教訓、すなわち原子力発電所の安全確保への取組については、規制機関をはじめ、事業者各社、産業界や学術界において、様々に実行されてきた。現在の原子力発電所の安全性については、格段に向上しているものと考えられる。

一方、学会事故調で提言された多くの項目は、安全確保のための単なる取組ではなく、提言を実効あるものとする仕組みの構築をねらったものであった。組織間の連携や共有をはじめ、協働の取組のほか、特に社会との対話や情報の共有、活動などのつながりが強く求められた。このような項目については、全般的には、提言の実現はまだまだ進んでいないという評価が多い。

特に、1) 原子力安全の基本的な事項における、(1) 原子力安全の目標の明確化と体系化への取組や、(2) 深層防護の理解の深化と適用の強化、及び、2) 直接要因に関する事項での、(1) 外的事象への対策の強化、また、3) 背後要因のうち組織的なものに関する事項での、(1) 専門家集団としての学会・学術界の取組、及び(3) 安全規制機関の取組、さらには、4) 共通的な事項での、(2) 国際協力体制の強化など、の項目では取組に十分な進展が見られないという厳しい評価であった。添付資料にエビデンスの調査結果がまとめられているが、それぞれの項目では多くの取組は成されていることがわかる。しかし、従来の定型的な対応であったり、若しくは新しい仕組みとしての取組となっていないという評価が多いとの分析であり、今後、更なる工夫が必要であると指摘されている。一方、2) 直接要因に関する事項での、(4) 原子力安全評価技術の高度化のように、純粋な学術的部分では進展があったという評価であったが、規制機関、事業者、産業界、さらには社会への積極的なかわりが不足しており、提言の実現、仕組みの構築は、遅れているという反省である。

日本原子力学会として、この分析評価の結果をもとに、原子力安全の確保に更にとどのように取り組めば良いのかの検討を進め、提言の実現に向けて更なる努力をしていかなければならない。

各項目、分析・評価に基づき、今後、日本原子力学会として取り組むべきと指摘された課題を以下にまとめる。

- ・社会との対話を進め、情報の共有や理解を得、新たな取組に反映させる。
- ・ロードマップの活用等により安全研究を積極的に推進する。
- ・他学会との連携を含めて、広い分野での専門家を集めて自由に議論できる仕組み、場を設ける。
- ・規制機関や事業者、産業界とのトップ対話をはじめ各層での対話に積極的に取り組み、提言の実現に寄与する。
- ・各層の教育に積極的に関与し、実践する。
- ・他の学会とも連携し、新知見へのアンテナを高くして積極的に取り込み、新技術の分析、評価を実施し、規制機関、事業者等の関係者に提供する。
- ・国のエネルギー計画の策定（第6次エネルギー基本計画など）に提案を出していく。
- ・社会と共に歩み、声明、提言、意見、情報を発信する。
- ・1F事故の廃炉への支援やそれに関連しての地元の復興への支援を積極的に継続して進める。

本報告に書かれた学会事故調提言フォローアップの分析結果が規制機関を始めとする政府、産業界、学術・研究機関などさまざまな関係者において、今後の具体的な活動に結びついていかなければならない。また、日本原子力学会自らが取り組むべき課題も含まれており、それらへの真剣な取組を含め、今後、それらが実現するよう、学会として関係機関へ働きかけ、協働を続けていかなければならない。さらに、原子力を専門とする者が狭い視野に陥らないようにするためには、社会や他分野との幅広い交流をさらに深めることが必要である。

学会事故調提言フォローアップの分析結果は、何よりも原子力関係情報の透明性を重視する立場から、原子力発電に関心を持つあらゆる人々と共有されるべきものと考え。原子力に係る全ての組織と専門家がここで示された課題を自らへの問いかけととらえ、真剣に取り組むことが必要である。これができないと組織と専門家は、原子力に携わる資格がないと改めて自覚しなければならない。

以上

略語集

略語	英語	日本語
ALARA	As Low As Reasonably Achievable	ALARA
ALARP	As Low As Reasonably Practicable	ALARP
ANFURD	Academic Network contributing to Fukushima Reconstruction and Reactor Decommissioning	福島復興・廃炉推進に貢献する学協会連絡会
ARC-F	Analysis of Information from Reactor Building and Containment Vessel and Water Sampling in Fukushima Daiichi Nuclear Power Station	ARC-F
ASRAM	Asian Symposium on Risk Assessment and Management	ASRAM
ATENA	Atomic Energy Association	原子力エネルギー協議会
ATF	Accident Tolerant Fuel	事故耐性燃料
BSAF	Benchmark Study of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station	BSAF
CAP	Corrective Action Program	是正措置プログラム
CEO	Chief Executive Officer	最高経営責任者
CNO	Chief Nuclear Officer	原子力部門の責任者
CNRA	Committee on Nuclear Regulatory Activities	CNRA
CSNI	Committee on Safety of Nuclear Installations	CSNI
CV	Containment Vessel	原子炉格納容器
EBP	Extra Budgetary Program	EBP
EPRI	Electric Power Research Institute	(米国)電力研究所
EURANOS	European approach to nuclear and radiological emergency management and rehabilitation strategies	EURANOS
IAEA	International Atomic Energy Agency	国際原子力機関
IAGE	Integrity and Ageing of Components and Structures	IAGE
ICRP	International Commission on Radiological Protection	国際放射線防護委員会
IPPAS	International Physical Protection Advisory Service	国際核物質防護諮問サービス
IRIDM	Integrated Risk Informed Decision Making	統合的リスク情報活用意思決定
IRRS	Integrated Regulatory Reviews Service	総合規制評価サービス
IYNC	International Youth Nuclear Congress	IYNC
JAEA	Japan Atomic Energy Agency	(国研)日本原子力研究開発機構
JANSI	Japan Nuclear Safety Institute	(一社)原子力安全推進協会
JANTI	Japan Nuclear Technology Institute	(一社)日本原子力技術協会
NEST	Nuclear Education, Skills and Technology	NEST

略語集（つづき）

略語	英語	日本語
OECD/NEA	Organization for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency	経済協力開発機構／原子力機関
PRA	Probabilistic Risk Assessment	確率論的リスク評価
PSR ⁺ 指針	Proactive Safety Review Guideline	プロアクティブセーフティレビュー指針
RIDM	Risk Informed Decision Making	リスク情報を活用した意思決定
SF-1	Fundamental Safety Principle	基本安全原則
SSHAC	Senior Seismic Hazard Analysis Committee	SSHAC
V&V	Verification and Validation	(解析コードの) 検証及び妥当性確認
WGSAR	Working Group on the Safety of Advanced Reactors	WGSAR
電中研 NRRC	Nuclear Risk Research Center	電力中央研究所原子力リスク研究センター
米国 NRC	Nuclear Regulatory Commission	(米国)原子力規制委員会
炉安審		原子炉安全専門審査会
燃安審		核燃料安全専門審査会

付録1 フォローアップ協力組織

フォローアップ組織（五十音順）

環境省	(一社)日本電気協会
技術研究組合国際廃炉研究開発機構	(一社)日本電機工業会
経済産業省（資源エネルギー庁）	(一社)日本保全学会
(一社)原子力安全推進協会	電気事業連合会
原子力規制庁（2015年調査）	(一財)電力中央研究所
原子力損害賠償・廃炉等支援機構	内閣府
(一社)日本機械学会（発電用設備規格委員会）	福島復興・廃炉推進に貢献する学協会連絡会
(国研)日本原子力研究開発機構	文部科学省
(一社)日本原子力産業協会	

日本原子力学会内フォローアップ組織

企画委員会	熱流動部会
編集委員会	放射線工学部会
広報情報委員会	ヒューマン・マシン・システム研究部会
教育委員会	加速器・ビーム部会
国際活動委員会	社会・環境部会
標準委員会	保健物理・環境科学部会
倫理委員会	核データ部会
福島特別プロジェクト	材料部会
北海道支部	原子力発電部会
東北支部	再処理・リサイクル部会
北関東支部	計算科学技術部会
関東・甲越支部	水化学部会
関西支部	原子力安全部会
中国・四国支部	新型炉部会
炉物理部会	リスク部会
核融合部会	若手連絡会
核燃料部会	学生連絡会
バックエンド部会	学術連携ワーキンググループ

付録2 ワーキンググループメンバー及び協力者

学会事故調提言フォローワーキンググループメンバー（敬称略）

越塚 誠一（主査）	鈴木 俊一	村松 健	幹事
糸井 達哉	関村 直人	師岡 慎一	浅沼 徳子
内田 俊介	高田 孝	山内 豊明	安部 浩
岡本 孝司	田中 隆則	山口 彰	可児 祐子
笠原 直人	中島 健	山本 章夫	川原 博人
工藤 和彦	奈良林 直	林道 寛	富田 靖
五福 明夫	新堀 雄一		成宮 祥介
佐治 悦郎	宮野 廣		矢板 由美

協力者（五十音順，敬称略）

阿部 弘亨	大場 恭子	高木 敏行	松山 昌史
阿部 豊	岡嶋 成晃	高田 毅士	三島 嘉一郎
新井 剛	小原 徹	高原 省五	牟田 仁
井口 哲夫	片岡 勲	田中 忠夫	守屋 公三明
伊藤 哲夫	黒田 雄二	田中 治邦	諸葛 宗男
井上 正	駒野 康男	中田 耕太郎	山内 澄
上塚 寛	三倉 通孝	服部 隆利	吉田 博之
氏田 博士	杉本 純	藤田 玲子	渡邊 豊
宇埜 正美	鈴木 達也	堀池 寛	
梅澤 成光	鈴木 雅秀	松井 一秋	