

原子力の自主的安全性向上の取組の 改善に向けた提言

平成２７年５月２７日

総合資源エネルギー調査会
電力・ガス事業分科会 原子力小委員会
自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ

目次

I.	背景	2
II.	これまでの自主的安全性向上の取組の総点検	4
1.	適切なリスクガバナンスの枠組みの下でのリスクマネジメントの実施	4
2.	東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を出発点に実践が求められる取組	9
①	低頻度の事象を見逃さない網羅的なリスク評価の実施	9
②	深層防護の充実を通じた残余のリスクの低減	13
③	我が国特有の立地条件に伴う地震・津波等の外的事象に着目したプラント毎の事故シーケンス及びクリフエッジの特定と、既存のシステムでは想定されていない事態への備え及び回復を含むレジリエンスの向上	18
④	我が国における軽水炉の更なる安全性向上のための研究の再構築と国内外関係機関との調整の強化	24
III.	こうした取組を着実に進め、根付かせるために特に求められる姿勢に関する指摘	28
1.	批判的思考や残余のリスクへの想像力等を備えた組織文化の実現	28
2.	国内外の最新の知見の迅速な導入と日本の取組の海外発信	28
3.	外部ステークホルダーの参画	29
4.	産業界大での人的・知的基盤の充実	29
5.	ロードマップの共有とローリングを通じた全体最適の追求	30
IV.	原子力の自主的安全性向上の取組の改善に向けた提言	31
1.	適切なリスク管理と予期しない事態へのレジリエンス向上によるリスクの低減	31
2.	事故の可能性も想定した外部ステークホルダーとの適切なリスクコミュニケーション（適切な情報発信と外部ステークホルダーからのフィードバックの自らの意思決定への取り込み）の具体化	32
3.	東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえた組織安全文化の改善と安全確保のための人材育成の継続	33
4.	安全性向上と技術・人材の維持・発展に係る利用と規制の連携強化	34
5.	明確な優先順位付けがなされた軽水炉安全技術・人材ロードマップの策定と国内外からの多様な指摘を踏まえたローリングの実施	34
	用語集	36
	参考資料	41

I. 背景

- 東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえ、平成 26 年 4 月に閣議決定されたエネルギー基本計画においては、原子力事業者を含む産業界による自主的かつ不断に安全を追求する事業体制の確立や安全文化の醸成が必要であるとされた。
- 東京電力福島第一原子力発電所事故を経験した我が国は、規制水準さえ満たせば原発のリスクがないとする「安全神話」と決別し、産業界の自主的かつ継続的な安全性向上により、世界最高水準の安全性を不断に追求していくという新たな高みを目指すことが重要である。この問題意識の下、総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会の下に「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」が設置され、12 回にわたる議論の結果、平成 26 年 5 月 30 日、「原子力の自主的・継続的な安全性向上に向けた提言」（以下、「提言」）として示された。提言においては、原子力の自主的な安全性向上に向けた取組は、政府も含めた原子力産業に関わる者の自主的かつ継続的な行動により具体化され、実践されていくことが重要であるとされ、取組主体と取組の優先順位を明示した「ロードマップの骨格」（別紙 1）が併せて添付されている。

＜原子力の自主的・継続的な安全性向上に向けた提言（概要）＞

- （１）適切なリスクガバナンスの枠組みの下でのリスクマネジメントの実施
- （２）東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を出発点に実践が求められる取組
 - ①低頻度の事象を見逃さない網羅的なリスク評価の実施
 - ②深層防護の充実を通じた残余のリスクの低減
 - ③我が国特有の立地条件に伴う地震・津波等の外的事象に着目したプラント毎の事故シーケンス及びクリフエッジの特定と、既存のシステムでは想定されていない事態への備え及び回復を含むレジリエンスの向上
 - ④我が国における軽水炉の更なる安全性向上のための研究の再構築と国内外関係機関との調整の強化
- （３）こうした取組を着実に進め、根付かせるために特に求められる姿勢
 - ①批判的思考や残余のリスクへの想像力等を備えた組織文化の実現
 - ②国内外の最新の知見の迅速な導入と日本の取組の海外発信

- ③外部ステークホルダーの参画
- ④産業界大での人的・知的基盤の充実
- ⑤ロードマップの共有とローリングを通じた全体最適の追求

- 提言を受け、各電気事業者や産業界団体より、ロードマップの骨格に基づく個社としての自主的安全性向上の取組やそのロードマップが発表された。また、原子力産業界全体の取組として、平成 26 年 10 月、電力中央研究所の下に、確率論的リスク評価（PRA：Probabilistic Risk Assessment）研究開発等において産業界の中核を担う原子力リスク研究センター（NRRC：Nuclear Risk Research Center）が設立された。
- 提言でも示された通り、このような各主体において行われている自主的安全性向上の取組については、関係者間で共有されるとともに、適宜のタイミングでローリングを実施する必要がある。
- このため、大学、研究機関等を中心とする有識者を委員として、総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会の下に「自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ」（以下、「本ワーキンググループ」）が設置され、電気事業者、メーカー、産業界団体等を招聘し、提言後の原子力の自主的安全性向上の取組実態（別紙 2「電気事業者による自主的安全性向上の取組」、別紙 3「第 2 回会合における電気事業者に対する意見・質問事項への回答」、別紙 4「NRRC、JANSI、メーカーによる自主的安全性向上の取組」）を聴取するとともに、平成 26 年 9 月 24 日から平成 27 年 4 月 21 日まで 5 回にわたり、当該自主的安全性向上の取組に関する活発な議題が行われ、平成 27 年 5 月 27 日、「原子力の自主的安全性向上の取組の改善に向けた提言」（以下、「本改善提言」）が取りまとめられた。
- 本改善提言は、提言が示されてから約 1 年の間に、電気事業者、メーカー、産業界団体、学会、政府等により、原子力の自主的安全性向上の取組がどのように進められてきたかを総点検し、提言で示された「東京電力福島第一原子力発電所の事故の経験と教訓を活かし世界の原子力安全の向上を主導する立場を獲得する」という目標の達成に向けた、横断的な課題や各主体の取組の改善点を示すものである。

II. これまでの自主的安全性向上の取組の総点検

昨年 5 月に取りまとめられた「原子力の自主的・継続的な安全性向上に向けた提言」の内容に沿って、電気事業者、メーカー、産業界団体、学会、政府等による原子力の自主的安全性向上の取組がこれまでどのように進められてきたかを総点検し、「東京電力福島第一原子力発電所の事故の経験と教訓を活かし世界の原子力安全の向上を主導する立場を獲得する」という目標に向けた進捗状況、効果的であると考えられる良好事例、改善すべき内容を以下の通り取りまとめる。

(注 1) 提言で示された「ロードマップの骨格」において、短期的に対応することとされている項目については、項目の冒頭に【※】印を付している。

(注 2) 用語集に記載されている用語については、初出の用語の後ろに(＊)印を付している。

1. 適切なリスクガバナンスの枠組みの下でのリスクマネジメントの実施

【※】経営トップのコミットメントの下、リスク情報を経営判断に反映するメカニズムの導入 <電気事業者>

- 電気事業者各社において、リスク(＊)情報を経営判断に反映させるメカニズムが必要であることについて経営トップのコミットメントが示され、そ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、具体的な行動が取られている。
- しかしながら、リスク情報を経営判断に反映するために有効なメカニズムが導入されているのかという観点からは、電気事業者によって、現場からトップまでリスク情報を伝える組織構造が多重的過ぎるといった課題も指摘されている。
- このような中、東京電力においては、原子力・立地本部長を主査とする原子力リスク管理会議が平常時のリスク管理状況を統括し、必要に応じて社長を委員長とするリスク管理委員会に直接報告する体制を構築している。また、原子力安全の観点から執行側に対して監視・助言を行う組織として設置された原子力安全監視室は、複数回にわたって取締役会に推奨事項を提示しており、取締役会はこれを受け入れ、福島第一原子力発電所における工事において、一定以上の線量が予想される場合には遮蔽や遠隔操作など作

業員の被ばく線量低減のための措置を工事計画に盛り込むといった実際の自主的安全性向上のための行動に移している。

- 日本原子力発電においては、日々の発電所のリスク情報の収集や運転状況の監視等を実施するために、海外の良好事例等を参考にしたパフォーマンス改善モデルを取り入れ、その取組を担当役員が参加する毎日の定例会議やパフォーマンスレビュー会議に報告することで、リスク情報を経営層に伝達する取組を実施している。
- 中部電力においては、社長をトップとする常設の経営会議として「原子力安全向上会議」を設置し、原子力部門から直接リスクの評価結果、対応策を報告した上で審議を行う仕組みを構築することで、ガバナンスを強化している。また、内部監査部門が原子力安全に関するリスクマネジメントの状況をモニタリングし、その結果を原子力安全向上会議に報告している。

【※】第三者的な社内原子力安全監視機能の構築 <電気事業者>

- 電気事業者各社において、主に他部門の役員等社内リソースを活用した形での第三者的な監視機能の構築や検討が進められている。
- 特に、東京電力においては、社外より英国原子力公社において安全・保証担当役員を務めた経験を持つジョン・クロフツ氏を、原子力安全監視室の室長として招聘。原子力安全監視室は複数回にわたって取締役会に推奨事項を提示しており、取締役会においてはこれを受け入れ、行動に移している。（再掲）
- 日本原子力発電においては、原子力の安全性向上に関する活動を外部の視点で監視し、改善の確実な実行につなげるため、社外有識者による原子力安全に関する社外評価委員会を設置しており、今年１月には第１回会合を開催している。
- 九州電力においては、社外有識者を中心とした「原子力の業務運営に係る点検・助言委員会」を設置し、多様化・複雑化する原子力のリスクに対する安全性向上への取組について、第三者的な立場で、専門的、技術的な観点からモニタリングを行っている。また、第三者的な観点からのモニタリング機能を強化するため、同委員会の下に「原子力安全性向上分科会」を設置し、より専門的・技術的な立場からモニタリングを行い、原子力の更なる安全性向上を目指している。

【※】リスク情報の収集、データベース化と具体的なリスク指標を活用したプラント監視能力の向上 <電気事業者>

- 電気事業者各社において、PRA(＊)の活用等を通じて原子力事業に関するリスクを最大限収集し、データベース化とリスク指標を活用することにより、プラントの安全確保上脆弱な点を改善させていこうという動きがみられる。
- 例えば、日本原子力発電においては、安全性向上に向けた取組の状況を定量的に監視する項目(パフォーマンス)を設定した上で、炉心損傷頻度、格納容器機能喪失頻度、PRA 結果に基づく設備重要度等を反映した監視項目の指標化を進めている。
- また、関西電力においては、各部署のリスクマネジメントを牽引するリスク管理対応者が部署横断的にリスク評価を行っている。このような仕組みの下でこれまでにリスク評価を行った結果として、非常用電源に関連した2件についてはリスクが高いと判断し、予防処置を行う仕組みの中で、対策の検討や実施を進めている。
- さらに、東京電力においては、プラント全体のリスクを俯瞰する現場組織(原子力安全センター)の設置や、運転中のプラントについてもリスク・モニタリングを通じてより安全なプラント状態を選択していく保守管理方針の導入等の取組を通じて、リスク情報の収集やデータベース化のみならず、実際のプラントの監視能力強化のための取組を進めている。

【※】リスク管理目標の設定と継続的な見直し <電気事業者>

- 電気事業者各社において、何らかのリスク管理目標を設定し、PDCA (Plan-Do-Check-Act) サイクルを回していくことをリスクマネジメントの一部に組み込んでいくための検討が進められている。しかしながら、こうしたリスクマネジメント改善に向けた取組について、広く一般国民から、規制を超えた自主的かつ継続的な安全性向上に繋がる取組と受け止められるには至っていない。
- PRA 等の評価を行って得られる数値自体を一般国民とのリスクコミュニケーション(＊)ツールとしてそのまま活用することは困難であるが、東京電力福島第一原子力発電所事故の経験と教訓を踏まえた形で電気事業者が自らリスク管理目標を設定し、単純に規制基準を超えることを目指すのではなく、安全目標(＊)に基づいて自らの取組を評価するとともに、その妥当性についてリスク情報を活用し規制当局とも意見交換を行いながら更なる安全性向上を目指すという、適切なリスクガバナンスの枠組み(＊)を確立することが重要である。
- かかる観点から、本ワーキンググループにおいて NRRG 所長のアポストラキ

ス氏から提示された、東京電力福島第一原子力発電所事故の経験を踏まえた多数基立地の影響を考慮した安全目標を産業界として自主的に設定していかうとする試みは注目に値する。

【※】外部ステークホルダーとのリスク認識と課題の共有 <電気事業者>

- 東京電力福島第一原子力発電所事故を受けて、電気事業者各社は、立地自治体の住民をはじめとする外部ステークホルダーとのコミュニケーションの場を設けている。それらの場においては、発電所内の設備が有する安全確保機能の説明に止まらず、その機能が保持されずシビアアクシデント(*)が生じてしまう場合も想定したリスクコミュニケーションが求められており、それをどのように進めていくかについて真摯な検討が進められている。
- 例えば、中国電力においては、外部ステークホルダーとの接点である広報部門に検討チームが立上げられ、外部ステークホルダーとのコミュニケーションにおける問題点等を抽出し、理解活動への反映方法等について検討を行っている。
- しかしながら、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえた原子力発電のリスクをどのように発信していくか、発信した情報に対する外部ステークホルダーからのフィードバックを自らのリスクマネジメントにどのように活用していくのか、という点が具体化されていない。更なる検討と具体的な行動が求められる。
- 特に、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえ拡大された原子力災害対策重点区域に、新たに含まれることとなった地域住民とのリスクコミュニケーションのあり方について具体化が急がれる。

JANSI の機能強化(電力トップのコミットメント強化、ガバナンスの独立性強化等によるリーダーシップの確立、職員のプロパー比率の引き上げ、INPO や WANO との連携強化等) <原子力産業界共通>

- 原子力安全推進協会（JANSI：Japan Nuclear Safety Institute）においては、「日本の原子力産業界における、世界最高水準の安全性の追求」をミッションとし、米国の原子力発電運転協会（INPO）との緊密な連携の下、5ヵ年計画（2013-2017）に基づいて、人材（プロパー率：目標 70%）、人事、予算の独立性を堅持するとともに、技術力を向上させていくこととしている。
- 電気事業者においては、経営層も含めた JANSI の活動への協力が表明されており、プラントメーカーにおいては、安全解析等の専門家の出向やそのプロパー化を通じて JANSI の技術力向上に向けた取組が進められている。

- しかしながら、JANSI は、電気事業者等の関係の深い主体以外からはその位置付けや役割が見えづらいとの指摘がなされている。米国 INPO に見られるような効果的なピアレビューの実施や INPO や WANO との国際的連携を通じて、電気事業者による運転管理の向上を実際にリードしていく役割を早期に確立し、自らの取組に関する対外的な発信を強化していく必要がある。

JANSI によるピアプレッシャーの高度化(運転実態のピアレビュー実施の加速)、評価結果と財産保険等とのリンケージなど、インセンティブの検討 <原子力産業界共通>

- JANSI には、個々の原子力発電所の運転状況や安全システム等を総合的に評価する総合評価システムの構築、各原子力発電所の格付け、評価結果を財産保険料に反映させることで電気事業者へのインセンティブの付与に繋げる仕組みの確立等が期待されているが、いずれも道半ばである。

インセンティブの導入開始 <原子力産業界共通>

- 各原子力発電所の総合評価は、平成 28 年度から段階的に導入される計画とされており、特に当該評価結果を保険料に反映させる仕組みについては、現在日本原子力保険プールとの協議が進められているが、電気事業者に対して継続的な安全性向上を促す仕組みを一日も早く確立すべく、インセンティブの導入に向けた動きを加速させることが望まれる。

効果的な安全性向上策を追求し、科学的・客観的な意見集約・情報発信を行う産業界側の仕組みの構築 <原子力産業界共通>

- 各主体において、個社として様々な自主的安全性向上の取組は進められているが、産業界全体としての安全性向上の方向性が広く国民に認識されているとは言い難い。
- 米国においては、原子力産業界全体を代表する政策対応・情報発信組織として原子力エネルギー協会(NEI)があり、例えば、規制に対する対応方針について原子力事業者の CNO(Chief Nuclear Officer)の投票により意思決定を行い、産業界の統一した見解として、連邦議会、米国原子力規制委員会(NRC)等に意見表明していくとともに、国民への広報活動等も実施している。
- 我が国の原子力産業界においても、あらゆる課題についての対応方針を、全ての参加者が不平を持たない最大公約数としてではなく科学的に説得力ある形で決定し、それを対外的に発信していくための組織の必要性について、検討を行う

ことが望まれる。

適切なパブリックリレーション構築に向けた政府のサポート <政府>

- 政府においては、政府間の会合や一般公衆を対象とした講演会にアンドリュー・シェリー英国国立原子力研究所教授やジェリー・トーマスインペリアルカレッジ教授等を迎え、英国の政府主席科学顧問制度(注1)やサイエンス・メディア・センター(SMC)(注2)のような取組に学び、国民に対して第三者的かつ科学的な立場から情報を提供する仕組みの検討や原子力発電に伴うリスクに関する科学的事実関係への国民理解を深めるための取組の実践を進めている。

(参考)国民への科学的な情報提供に関する英国の取組事例

英国では、原子力を含む科学技術全般について、政府主席科学顧問や SMC が、政府関係者や市民・メディアへの迅速かつ科学的な情報提供・助言を実施。

(注1)政府主席科学顧問制度

専門家の見解をまとめ、科学的根拠に基づくリスク評価を迅速に行い、国民に対して客観的な情報提供を実施。また、首相を始め、政府関係者にも科学技術に関する助言・報告を実施。

(注2)サイエンス・メディア・センター(SMC)

正確かつ科学的根拠に基づく情報を、メディアを通じて国民や政策決定者に提供。また、報道機関や政府広報担当者に対しても、科学知識の提供や専門家の紹介を実施。

2. 東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を出発点に実践が求められる取組

① 低頻度の事象を見逃さない網羅的なリスク評価の実施

【※】既存の原子炉でのレベル 2PRA の実施 <電気事業者>

- 電気事業者各社において、NRRC の研究成果等も踏まえながら、地震や津波等の外的事象(*)を考慮したレベル 2PRA を各プラントにおいて実施すること及びその高度化に向けた検討が進められている。
- 四国電力は、NRRC が実機プラントの情報を用いて実施する地震レベル 2PRA 手法の研究開発について、伊方発電所 3 号機をモデルプラントとすることを自ら宣言するとともに、NRRC の研究成果や助言等を踏まえ、伊方発電所に高度化され

た PRA 手法を適用する方針を明確にしている。

- また、電気事業連合会は、平成 27 年 1 月に「PRA 活用推進タスクチーム」を発足させ、上記四国電力の取組を全面的に支援しており、同タスクチームが中心となり、事業者全体の PRA 活用方針を策定していくこととしている。

【※】PRA 活用の体制整備(リスク情報を扱う部署・人材の拡充) <電気事業者>

- 電気事業者各社において、リスク情報を専門に扱うリスク管理部門の設置や外部機関の教育プログラムを活用した PRA 技術者の育成等、PRA 活用の体制整備に向けた取組が進められている。
- 特に、東京電力においては、各発電所へのシステムエンジニアリンググループの配置、リスク情報の扱いに関する発電所員への社内教育プログラムの整備、グループ会社を通じた PRA 技術者の育成等、各発電所の運転・保守管理に PRA を活用するための体制の強化が進められている。
- また、東北電力においては、従前より内的事象(*)を対象とするレベル 1PRA について、グループ会社での自営化を行うとともに、社員を出向させて技術力の向上を図ってきており、今後も自営化の範囲拡大等に向けた取組を通じて、人材育成や体制の強化を進めていくこととしている。

実サイトでのレベル 3PRA の実施 <電気事業者>

- 電気事業者各社において、NRRC をはじめとする国内外の研究機関の研究成果等を踏まえながら、実機プラントに適用可能なレベル 3PRA 手法の整備に向けた検討が進められている。

【※】各社の PRA 実施を慫慂し、PRA 高度化の研究を担う主体の構築を検討 <原子力産業界共通>

- 原子力産業界における安全性向上に係る研究開発の中核を担う組織として、平成 26 年 10 月に NRRC が設立され、PRA 高度化のための研究開発等を進めている。
- NRRC においては、前 NRC 委員であるジョージ・アポストラキス博士がセンター所長に、元 NRC 委員長であるリチャード A・メザーブ博士がセンター顧問に、現在 NRC の原子炉安全諮問委員会議長を務めるジョン W・ステットカー氏が技術諮問委員会委員長に就任しており、所長の指揮の下、センター顧問や技術諮問委員会の指導・助言を受けながら、今後 PRA の高度化に向けた世界最先端の研究開発を実施していくこととしている。その研究成果の活用を電気事業者に

慫慂し、我が国の電気事業者による PRA の活用を国際的に遜色ないレベルに引き上げることが期待される。

【※】PRA 活用ロードマップ策定 <原子力産業界共通>

- NRRC においては、電気事業者及びプラントメーカー等が参画する形で、産業界の PRA 活用ニーズも踏まえた、安全性向上に係る研究開発ロードマップ(以下、「研究開発ロードマップ」)が策定されている。今後は、NRRC を中心として研究開発ロードマップに沿った研究開発が着実に実施されるとともに、研究成果が産業界全体に水平展開されることが期待される。また、各電気事業者においては、この研究成果を積極的に導入し、各社が実機プラントで実施する PRA の充実化に努めることが望まれる。

【※】実施体制のピアレビュー等品質保証体制の確立 <原子力産業界共通>

- JANSI においては、電気事業者が実施した PRA のレビューを行う PRA ピアレビュー推進委員会を設置しており、今後、NRRC 等の協力の下、PRA の質の向上を目的としたピアレビューを進めていくこととしている。
- プラントメーカー各社においては、電気事業者による品質保証監査を受け入れ、その結果を元に品質保証体制の改善を図っている。

【※】リスクに関する第三者的警告の実施体制の確立 <原子力産業界共通>

- NRRC は、産業界の PRA 活用ニーズを踏まえつつ、自らも研究開発テーマを起案し、客観的かつ総合的なリスク認識に基づく研究開発ロードマップを策定し、電気事業者及びプラントメーカーと共有することを通じ、事業者やプラントメーカーによるリスク低減策の実施を慫慂している。
- JANSI においては、個々の原子力発電所の運転状況や安全システム等を総合的に評価する総合評価システムと、その結果に基づき各原子力発電所に格付けを行う仕組みを早急に確立し、第三者的な視点から電気事業者を牽引することが望まれる。

【※】PRA の結果の事業者間、多国間での情報共有 <原子力産業界共通>

- 産業界の各主体においては、NRRC の研究開発に参加する形で PRA に係る研究開発を進めていくこととしている。今後 NRRC の研究成果を活用して電気事業者により実施される PRA の結果については、産業界全体に水平展開されるとともに、これらの取組について国内外の学術雑誌や会議での発表を通じて積極的に発

信されていくことが望まれる。

- また、東京電力福島第一原子力発電所事故を経験した我が国としては、NRRC が中心となり、事故の経験を踏まえ、地震・津波等の外的事象、多数基立地条件、過酷な条件下での人間信頼性等に関してリスク評価手法の改善を進め、その研究成果を国際的に共有することが望まれる。

国内研究機関や海外との連携を通じた機器の耐久力等の PRA 基盤データベースの構築とそのデータの活用 <原子力産業界共通>

- JANSI においては、産業界の各主体（電気事業者、プラントメーカー、エンジニアリング会社、電力中央研究所（NRRC））をメンバーとする PRA 用パラメータ整備 WG を設置し、起因事象（＊）発生頻度データシステム、共通原因故障データシステム等、PRA 実施の基盤となるデータベースの構築が進められている。
- しかしながら、当該データベースを、東京電力福島第一原子力発電所事故の経験と教訓を世界と共有するため、あるいは、他国との共通基盤化を進めデータベースとしての質を高めるための海外機関との連携は進んでいない。

国内研究機関や海外との連携を通じた PRA 高度化に向けた基礎研究の実施（レベル 2, レベル 3, 外的事象 PRA 等） <原子力産業界共通>

- 産業界においては、これまで我が国において十分な研究が行われてこなかった、①過酷事故のような高ストレス下における人間信頼性解析手法等のヒューマンファクター（＊）に係る研究開発、②防災やリスクコミュニケーションへの活用も期待されるレベル 3PRA 手法、③多数基立地を考慮した PRA 手法等について、NRRC が中心となり、電気事業者やメーカーも参画する形で研究が進められていくことが望まれる。
- ヒューマンファクターについては、これまで電力中央研究所のヒューマンファクター研究センターにおいて実施されてきており、その研究成果は各電気事業者が実施するヒューマンファクター教育を支援する教材の作成、ヒューマンエラー事象の分析評価手法（J-HPES）の開発等に活用されてきた。一方、ヒューマンファクター技術に対応できる人材が不足しているとの指摘もある。各社においては、NRRC の研究成果に期待するだけでなく、研究開発への積極的な参画を通じて、ヒューマンファクター分野における PRA 人材育成を進めていくことが必要である。
- NRRC においては、日本原子力研究開発機構（JAEA）、原子力規制委員会、大学等の国内機関や、米国電力研究所（EPRI）、エネルギー省（DOE）等の海

外機関との協力関係を構築し、世界最先端の知見も活用しながら、効果的に研究開発を進めていくことが望まれる。

学会等による PRA 活用のための環境整備(基準の策定・高度化等) <学会等>

- 日本原子力学会の標準委員会においては、出力運転時レベル 1PRA 標準(AESJ-SC-P008:2013)の改訂、内部火災 PRA 標準(AESJ-SC-RK007:2014)の策定、外部ハザードのリスク評価方法選定標準(AESJ-SC-RK008:2014)の策定等が行われてきた。
- 今後は、東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、地震や津波等の外的事象の重畳を考慮した PRA 手法、レベル 3PRA 手法、多数基立地の影響を考慮した PRA 手法等の標準の策定や改定を通じて、NRRG や電気事業者による PRA 手法の高度化をリードしていくことが望まれる。

政府による PRA 活用のための環境整備(研究開発支援等) <政府>

- 経済産業省においては、PRA の高度化に必要となるコンピュータ・コードや基盤データベース、地震動等の影響の評価手法、既存のプラントに適用可能な外的事象 PRA 手法等の技術基盤を整備していくことを目的に、平成 26 年度発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業(原子力発電所のリスク評価、研究に係る基盤整備)を実施している。

② 深層防護の充実を通じた残余のリスクの低減

【※】経営トップのリスク情報の把握、適切なリソース配分が可能となる仕組み構築 <電気事業者>

- 電気事業者各社において、リスク情報を経営判断に反映させるメカニズムが必要であることについて経営トップのコミットメントが示され、そ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、具体的な行動が取られている。(再掲)
- しかしながら、リスク情報を経営判断に反映するために有効なメカニズムが導入されているのかという観点からは、電気事業者によって、現場からトップまでリスク情報を伝える組織構造が多重的過ぎるといった課題も指摘されている。(再掲)
- このような中、東京電力においては、原子力・立地本部長を主査とする原

子力リスク管理会議が平常時のリスク管理状況を統括し、必要に応じて社長を委員長とするリスク管理委員会に直接報告する体制を構築している。また、原子力安全の観点から執行側に対して監視・助言を行う組織として設置された原子力安全監視室は、複数回にわたって取締役会に推奨事項を提示しており、取締役会はこれを受け入れ、福島第一原子力発電所における工事において、一定以上の線量が予想される場合には遮蔽や遠隔操作など作業員の被ばく線量低減のための措置を工事計画に盛り込むといった実際の自主的安全性向上のための行動に移している。(再掲)

- また、日本原子力発電においては、日々の発電所のリスク情報の収集や運転状況の監視等を実施するために、海外の良好事例等を参考にしたパフォーマンス改善モデルを取り入れ、その取組を担当役員が参加する毎日の定例会議やパフォーマンスレビュー会議に報告することで、リスク情報を経営層に伝達する取組を実施している。(再掲)
- 各電気事業者において、安全上の優先順位を考慮した適切なリソース配分を行う上では、各プラントにおいて相対的に脆弱な箇所を明らかにする PRA の結果を活用することが有効である。このような観点から、各電気事業者においては、ただ単に PRA 研究を行うだけでなく、運転中の発電所の維持・管理の中で、日々 PRA を活用し、その結果を適切な安全対策の実施という経営上の意思決定に繋げる仕組みを定着させるべく、韓国など海外の事業者による取組事例も踏まえて、更なる行動が求められる。また、そのためには、運転・保守を含む日々のリスク管理に PRA を用いることについて、NRC や韓国原子力安全技術院(KINS)がそうであるように、規制側の理解が必要であり、これらを含めた PRA の活用について、規制当局との対話も必要である。
- なお、深層防護(*)の充実化に向けて各電気事業者は、様々な事故検証における「東京電力福島第一原子力発電所の事故で深層防護がなぜ有効に機能しなかったのか」についての検証結果を分析し、以下のような取組やそのピアレビューを継続的に実施していくことが必要である。
 - PRA を用いたリスク評価による脆弱性の確認と対応策立案
 - 国際原子力機関(IAEA)の報告書(Safety Report Series No. 46)「深層防護の評価」を用いた深層防護評価とオプションの検討
 - ストレステスト等による裕度評価と裕度を増す方策の検討
 - 共通原因による損傷の可能性を考慮した深層防護の各層の独立性確認
 - 格納容器から漏洩した水素が蓄積する場合にどう対処すべきか、圧力容器から格納容器に移動した溶融デブリが冷却されない場合にどう対処すべきか

といった様々な what if study の実施

(参考)韓国水力原子力(KHNP)による PRA の活用例

韓国国内唯一の原子力事業者である韓国水力原子力(KHNP)は、各原子力発電所における PRA の結果を、許容待機除外時間やサーベイランス試験間隔、総合漏えい率試験実施間隔等の運転に係る認可変更の申請や、プラントメーカーと連携した原子炉設計へのフィードバックとして継続的に利用している。この結果、韓国の原子力発電所においては、安全性向上を達成しつつ、90%程度の高い平均設備利用率が維持されている。

【※】設計によるリスク低減、各種運転情報の開示の実施 <電気事業者>

- 電気事業者各社においては、メーカーに対して、発電所のトラブル情報や運転情報等を共有する仕組みの構築や検討が進められている。
- しかしながら、プラントの設計に関する情報を電気事業者自らが統合的に管理し、設計レベルの対策でリスクを低減させていく仕組みや、電気事業者から提供する運転情報等の分析に基づくメーカーからの追加安全対策に関する提案をリスクマネジメントの一環として適切に検討するための仕組みについては、更なる検討が求められる。
- 今後、リスク情報の取り扱いに関するメーカーと電気事業者の間の適切な役割分担が見いだされていくことを期待する。

【※】安全上の課題の横展開、積極的な対策提案の実施 <メーカー>

- わが国原子力産業は、東京電力福島第一原子力発電所事故の原因究明調査や、その教訓として浮かび上がる対応策の検討に積極的に参加するとともに、そこで得られた結果を IAEA 等の国際機関や国内外の電気事業者等に発信することにより、世界の原子力安全の向上に貢献している。
- プラントメーカー各社においては、これまでプラントの建設や保守を通じて培った技術を基盤に、新規規制基準対応のためのプラント解析、安全審査用の評価報告書作成、安全対策工事等を通じて、電気事業者による安全性向上対策を全面的に支援している。
- プラントメーカー各社においては、米国の PWR(加圧水型原子炉)/BWR(沸騰水型原子炉)オーナーズグループや海外メーカー等との連携を通じて、海外の最新知見も活用しながら、フィルターベント設備や全電源喪失対策としての新たなバッテリー設備の導入、事故時操作手順の強化等を、電気事業者とともに積極的に進めている。

炉毎の残余のリスクの存在をステークホルダーと共有すると共に、安全性向上の効果を客観的な形で提示 <電気事業者>

- 東京電力福島第一原子力発電所事故を受けて、電気事業者各社は、立地自治体の住民をはじめとする外部ステークホルダーとのコミュニケーションの場を設けている。それらの場においては、発電所内の設備が有する安全確保機能の説明に止まらず、その機能が保持されずシビアアクシデントが生じてしまう場合も想定したリスクコミュニケーションが求められており、それをどのように進めていくかについて真摯な検討が進められている。(再掲)
- 例えば、中国電力においては、外部ステークホルダーとの接点である広報部門に検討チームが立上げられ、外部ステークホルダーとのコミュニケーションにおける問題点等を抽出し、理解活動への反映方法等について検討を行っている。(再掲)
- しかしながら、外部ステークホルダーに対して、残余のリスク(*)をどのような形で提示すれば受け入れられるのか、あるいは、その低減に向けて自主的に取り組んでいる姿をどのような形で伝えていけば理解が得られるのかという点については、まだ具体化されていない。更なる検討と具体的な行動が求められる。

新型炉の設計や、事故・トラブル情報などの国内外の最新の知見の収集・共有 <メーカー>

- プラントメーカー各社は、海外の原子力発電プロジェクトにおいても、それぞれウェスティングハウス社、ゼネラルエレクトリック社、アレバ社との密接な協力関係の下、東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえた新型炉の提案や安全性を高めた技術の提供等を積極的に進めている。
- その過程で生じる、各国の規制当局や海外メーカーとのやりとりを通じて得られた知見(高圧注水系の強化 等)については、国内の電気事業者にも共有が図られている。

原子力に係る安全技術情報など国内外の最新の知見の収集・共有、各種規格基準等の整備、具体的な安全対策の提案の実施 <学会等>

- 日本原子力学会は、原子力分野の専門家の学術的な集団として東京電力福島第一原子力発電所事故を防ぎ得なかった反省に立ち、独自の事故調査委員会を設立し、学会内の各部会等での審議結果を基に平成 24 年 8 月から平成 25 年末にかけて 17 回の調査委員会を開催して審議を重ね、その審議の結果を最

終報告書として取りまとめた。最終報告においては、「専門家集団としての学会・学術界の取組み」として、以下の提言がなされている。

➤ 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。また、平成 25 年(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。

➤ 学会における自由な議論

客観的、公平な観点からの自立性をもった活動の重要性を認識し、学会において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。

➤ 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。

➤ 学際的取組みの強化

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。

➤ 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。

また、「原子力安全研究基盤の充実強化」や「国際協力体制の強化」に関するものとして、以下のような提言がなされている。

➤ 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に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ゆくべきである。

➤ 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実効性のある体制づくりを行うべきである。

○ 日本原子力学会原子力安全部会においては、合理的な安全規制、体系的な原子力法制、実効的な原子力防災、長期的な原子力安全研究計画、安全解析手

法の高度化や結果の利用法等、個別の技術分野の検討を超え、学際を跨ぐ総合的な議論が行われている。

- しかしながら、このような場を通じて集約された知見については、実際に原子力施設で安全性向上の取組を行う産業界の各主体や、安全規制を行う規制当局において、十分に活用されていない。
- 特に、こうした議論や得られた知見を踏まえて、安全性は人間のポジティブな寄与によって保たれていることを考慮し、このようなポジティブな寄与を規制運用の中に積極的に取り入れることや、リスク情報を規制に活用することを通じて、電気事業者に対して安全性向上へのインセンティブを与える規制枠組みが構築されることが期待される。
- なお、こうした日本原子力学会の活動は、国内外の専門家や国民に対して目に見える形で進められていくべきであり、その際に行われる外部のステークホルダーとのコミュニケーションを通じて受ける意見や批判を真摯に受け止め、学会自らの活動に反映させていくことが期待される。軽水炉安全技術・人材ロードマップのローリングについても、こうした姿勢で積極的に取り込んでいくことが期待される。

- ③ 我が国特有の立地条件に伴う地震・津波等の外的事象に着目した、プラント毎の事故シーケンス及びクリフエッジの特定と、既存のシステムでは想定されていない事態への備え及び回復を含むレジリエンスの向上

各サイト毎に外部事象に起因する事故シーケンス、クリフエッジの特定 <電気事業者>

- 電気事業者各社において、各サイト固有の立地条件に応じた外的事象を考慮したハザード分析やサイト毎の PRA の実施等を通じて、サイト毎に事故シーケンス(*)やクリフエッジ(*)を特定する取組が進められている。
- 例えば、東京電力においては、規制要求とは別に約 30 件の外的事象を抽出し、設計基準を超えるハザードが発生した場合の発電所への影響を分析しており、原子力・立地本部長を主査とする原子力リスク管理会議の下に設置された専門チームにおける審議の結果、これまでに全ての事象についての対応方針を決定している。
- 今後は、事故シーケンスやクリフエッジに係る分析から得られた情報を脆弱性の改善やクリフエッジまでの距離を伸ばすための安全対策の実施に活用していく

ことが重要である。その際、事故時に場当たりの対応に陥らないよう、クリフエッジを超えてシビアアクシデントが生じることを前提とした対策（クライシスマネジメント）を備えておくことや、レジリエンス（＊）向上の観点から、想定外の事態に対して対処できる代替案を用意しておくことが求められる。

プラントのリスク特性や設計、緊急時対策を熟知し、事故時に緊急時対応をマネージできる人材の育成 <電気事業者>

- 電気事業者各社において、緊急時対応をマネージできる人材の育成に向けて、JANSI 等の外部機関の緊急時対策訓練を活用した人材育成が行われている。
- 例えば、関西電力においては、発電所の設備や事故時のプラントの状況変化等を熟知し、事故時と平時の両方において安全対策を上層部に進言できる人材（安全俯瞰人材）の計画的な育成を進めており、発電所の所長に次ぐ原子力安全統括の職位に配置しており、引き続き計画的に育成を進めている。
- 新規規制基準の下でハード面の安全対策が強化された原子力発電所において今後事故が発生する場合には、東京電力福島第一原子力発電所事故と全く異なるシナリオで事象が進展していくと予想される。そのため、各社においては、外部機関が提供する訓練に加えて、各プラントにおいても様々な想定外に対して、運転員の対処能力を養う訓練を実施していくことが求められる。
- その際、既存の手順書では対応できない想定外への対応に必要な発電所設備の設計に関する知識を身に着けるための教育や訓練についても、更なる取組が求められる。

【※】立地地域との情報共有や緊急時対策立案への協力 <電気事業者>

- 電気事業者各社は、発電所周辺の自治体に対して、東京電力福島第一原子力発電所事故を受けた発電所内の安全対策について、事故前と比べより詳細で幅広い情報提供を行っている。
- 地方自治体による地域防災計画策定への電気事業者の協力については、地域防災計画の充実化を目的に、政府によって原子力発電所の立地地域に設置されたワーキンググループに、九州電力、四国電力、関西電力、東京電力がオブザーバーとして参加している。
- また、日本原子力発電においては、地方自治体の避難計画策定にあたり、原子力発電所の立地地域における安全対策首長会議において、シミュレーターを用いた事象に関する勉強会の開催等の協力案を提示している。
- このような取組に加え、今後も地方自治体に対する防災対策充実に関する電

電気事業者の視点からの提案等、具体的な取組が求められる。

【※】防災等、各種訓練の充実 <電気事業者>

- 電気事業者各社において、防災を目的とした様々な訓練が実施されており、外部機関の緊急時対策訓練も活用しながら、ブラインド訓練等を含めた効果的な取組が行われている。(後掲)

レベル 3PRA の結果や事故シーケンス、クリフエッジの特定結果を踏まえた、避難計画策定協力、緊急時の意思決定者支援機能の拡充 <電気事業者>

- 電気事業者各社において、NRRC をはじめとする国内外の研究機関の研究成果等を踏まえながら、実機プラントに適用可能なレベル 3PRA 手法の整備に向けた検討が進められている。(再掲)
- しかしながら、実プラントにおけるレベル 3PRA の実施には今後追加的な研究開発が必要であり、その結果を地方自治体による避難計画策定や緊急時の意思決定者支援に活用するには至っていない。
- また、地方自治体による地域防災計画策定への電気事業者の協力については、地域防災計画の充実化を目的に、政府によって原子力発電所の立地地域に設置されたワーキンググループに、九州電力、四国電力、関西電力、東京電力がオブザーバーとして参加している。(再掲)
- 電気事業者においては、原子力防災に係る地方自治体との協力体制の強化を図るとともに、外的事象に対するレベル 2PRA から得られる代表的な事故シナリオに関する情報の提供や、地方自治体に対する防災対策充実に関する電気事業者の視点からの提案等、現時点で実施可能な支援から着手することが求められる。

ブラインド訓練など、実践的な訓練の実施、緊急事態対応チーム能力の継続的な向上 <電気事業者>

- 電気事業者各社においては、防災等を目的として、以下のような訓練が行われている。
 - 北海道電力：地方自治体との合同の防災訓練、複数基での事故発生を想定した防災訓練、ブラインド訓練、高線量下を想定した訓練、積雪・寒冷等冬季の厳しい環境下での対応訓練、事故進展予測・事故拡大予測・事故拡大防止対策等対応訓練、電力系統に支障があった場合の対応訓練
 - 東北電力：複数基での事故発生を想定した防災訓練、地方自治体との合

同の防災訓練、他部門も参加した一般防災との合同訓練、ブラインド訓練、冬季訓練、夜間訓練、電源確保訓練、代替注入訓練、ガレキ撤去訓練、オフサイトセンターへの職員を派遣した社外対応訓練

- 東京電力：複数基での事故発生を想定したブラインド訓練、地方自治体と合同の防災訓練、電源確保訓練、代替注入訓練、ガレキ撤去訓練、竜巻の発生を想定した訓練、オフサイトセンター・自治体へ職員を派遣した社外対応訓練、模擬記者会見訓練
 - 中部電力：休日体制による初動対応訓練、有効性評価のシナリオを模擬した総合訓練、地方自治体と合同のスクリーニング防災訓練
 - 北陸電力：国や自治体、協力会社、他部門も参加した、一般防災と合同のブラインド訓練、大地震などを取り入れた緊急事態を想定した訓練、運転訓練シミュレーターを活用した防災訓練
 - 関西電力：地方自治体と連携した住民参加の防災訓練での住民避難支援・スクリーニング訓練、種々の想定や付与情報を入れるブラインド訓練、指揮者対象の机上訓練
 - 中国電力：発電所・本社間の連携訓練、複数の緊急時対応を連携して実施する総合訓練（一部ブラインド訓練）、個別の緊急事態発生を想定した訓練（電源確保、代替注水、ガレキ撤去訓練など）
 - 四国電力：社内で行う通報訓練、緊急時対応訓練、モニタリング訓練、参集訓練などの各災害対応機能別の訓練（ブラインド訓練含む）、炉心損傷防止や格納容器破損防止に対する災害対応全体体制（指揮命令、情報連携、各機能班の連携、その他組織運営など）を確認する総合的な訓練（ブラインド訓練含む）、放射能放出を想定した地方自治体と合同の防災訓練
 - 九州電力：シナリオ非提示型訓練、複数ユニット同時発災時の対応訓練、シナリオを多様化した訓練、国、地方自治体と合同の防災訓練
 - 日本原子力発電：ブラインド訓練、夜間訓練、協力会社・関係会社及び地方自治体と連携した訓練、複数基での事故発生を想定した防災訓練、全面緊急事態に至る事象を想定した訓練
 - 電源開発：県の原子力防災訓練に参加しての住民支援訓練
- 東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、緊急時対応には国や地方自治体以外にも多くの機関が関わることを踏まえ、訓練の有効性を高める観点から、より多様な主体に対して訓練への参加を積極的に促していくことが求められる。

- また、緊急時対応体制の強化に向けて、例えば、東京電力においては、情報共有の円滑化や指揮命令系統の見直し等を目的として、柏崎刈羽原子力発電所、福島第一原子力発電所、福島第二原子力発電所及び本社の緊急時の組織体制にインシデント・コマンド・システム（ICS：Incident Command System）を導入している。今後は、このような個社としての取組を前提に、政府も含めたあらゆる主体による規格統一された緊急時対応体制の実現に向けて、更なる検討が期待される。
- なお、我が国においてはシビアアクシデントに対処するための設備が各発電所に設置されており、緊急時対応は発電所内の設備を用いて各電気事業者により実施されとの意見もあるが、フランス電力（EDF）の原子力事故即応部隊（FARN）などを参考に、サイト外の事故対応専門組織に関する検討も期待される。

（参考 1）インシデント・コマンド・システム（ICS）

1970 年代に米国カリフォルニア州で頻発した森林火災への危機対応において問題となった、1 人の管理者への報告の集中、通信手段の互換性の欠如、各機関間で使用される用語の相違等の問題に対応するため、指揮命令系統の明確化、監督限界の設定、専門用語の共通化等の危機対応活動に関する原則を整理した組織体制。現在、米国において、ICS は標準化された危機対応体制として、ほとんどの政府機関及び地方自治体に加え、国内で発生する災害や事件等の緊急事態に対応する多くの民間企業等においても採用されている。また、他国においても、英国、オーストラリア等の消防組織や仏国の消防組織等が ICS に相当する危機管理システムを導入している。

（参考 2）海外の電気事業者による緊急時対応の取組

➤ 原子力事故即応部隊（FARN）

仏国においては、東京電力福島第一原子力発電所事故を受けて実施されたストレステストの結果を踏まえ、原子力安全局（ASN）が EDF に対して、原子力事故即応部隊（FARN）の創設等の要求事項を発出し、これを踏まえ、EDF は、原子力災害の発生から 24 時間以内に人及び資材をサイト内に運搬して事故対応を支援する FARN を創設した。FARN は、パリに拠点を置く司令部と 4 サイトに設置された地方部隊（各サイトの職員で構成）から成り、地方部隊は国内の全サイトの事故に 24 時間以内に対応できるよう配置されている。

➤ 原子力事故ロボット工学的介入経済利益団体（GIE INTRA）

仏国においては、チェルノブイル原子力発電所事故を受けて、EDF、原子

力・代替エネルギー庁（CEA）、アレバ社の出資により、GIE INTRA が設置された。GIE INTRA は、シノン原子力発電所の近くに本拠地を置き、原子力災害時の極限状況下で人間の代わりに作業を行う遠隔操作ロボット等の自動化機器の開発・製造や、機器の作業要員の育成等を実施している。

➤ 地域対応センター（RRC）

米国においては、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえた FLEX 戦略（注）により要求されているオフサイトでのリソース確保のため、緊急時に必要となる可搬式設備や消耗品等を備蓄・管理する RRC が全米 2 ヶ所に設置されている。各事業者は、緊急時には RRC に対して機器等の輸送を要求し、24 時間以内にはサイト内に到着する。

（注）FLEX 戦略

東京電力福島第一原子力発電所事故を受けて NRC は、冷却機能の維持及び復旧のために、初期段階、移行段階、最終段階の 3 段階のアプローチに沿った緩和戦略策定を要求する命令を発出。これを受け、産業界は FLEX 戦略（多様で柔軟性のある対応方策）に基づく緩和戦略を示した産業界ガイダンスを策定し、NRC より承認を受けた。

広域にわたる防災体制の拡充支援や、事業者と連携した実践的な訓練等の検討、実施 <政府>

- 原子力発電所の立地地域ごとに 13 のワーキングチームを設置し、地方自治体との協力の下、関係省庁による地域防災計画・避難計画の充実化に向けた支援が行われている。川内地域の避難計画を含めた緊急時対応については、九州電力もオブザーバーとして参加した川内地域ワーキングチームにおいて取りまとめられ、昨年 9 月の原子力防災会議において「具体的かつ合理的」と確認された。
- 昨年 11 月には、政府、地方自治体、北陸電力の参加の下、原子力総合防災訓練が実施された（訓練参加機関数：約 150、訓練参加人数：約 3740 人）。訓練は、石川県の志賀原子力発電所 2 号機において、地震により高圧送電線鉄塔が倒壊して外部からの電力供給が失われ、原子炉の全ての冷却機能を喪失したという想定の下で行われ、情報連絡体制の確立や情報の伝達・共有等、一連の緊急事態応急対策に関する国、地方自治体、原子力事業者間の連携の確認、社会福祉施設や医療機関における屋内退避、避難及び一時移転の手順の確認、住民の屋内退避、一時移転及び避難退域時検査の手順の確認等が行われている。

④ 我が国における軽水炉の更なる安全性向上のための研究の再構築と国内外関係機関との調整の強化

【※】軽水炉安全研究ロードマップの策定 <原子力分野全体>

- 本ワーキンググループによる国民視点からの課題提示と、日本原子力学会の英知を結集した課題解決策とロードマップの素案の提示というキャッチボールを通じて、東京電力福島第一原子力発電所以外の廃炉を含めた軽水炉(*)の安全技術・人材の維持・発展に重点を置き、国、電気事業者、メーカー、研究機関、学会等関係者間の役割が明確化された、軽水炉安全技術・人材ロードマップ(以下、「本ロードマップ」)の策定が進められている。
- 日本原子力学会においては、本ロードマップの素案策定に向けて、「安全対策高度化技術検討特別専門委員会」が設置され、軽水炉安全に係る取組に携わる多くの研究者及び技術者の参画の下、軽水炉の安全性を高める様々な研究開発や人材育成を広く対象とした検討が行われた。その際、真に原子力安全の向上に資する取組から順に実施していくことの重要性に鑑み、ロードマップの素案に記載される技術課題には明確な優先順位付けがなされる必要がある。
- 産業界の各主体においては、日本原子力学会における本ロードマップの素案策定に向けた検討に、積極的に関与している。
- 今後、本ロードマップが国民に分かりやすい形で広く共有されるとともに、関係者(関係省庁、研究機関、産業界等)が自発的に本ロードマップに従って行動し、真に我が国の軽水炉安全に資する技術開発と人材育成が効率的に進められることが期待される。

【※】規制研究との利害相反を排除するための研究枠組みの構築 <原子力分野全体>

- 米国におけるDOEやEPRIとNRCの共同研究の事例に学び、我が国においても、原子力安全の向上に向けた取組を効率的に進めるために、利益相反を廃した形で利用側と規制側の主体が共同研究を実施するための枠組みを検討する必要がある。
- なお、原子力規制庁は、規制当局としての独立性、透明性を確保しながら、民間研究機関と連携して研究を行うことは排除しないとしており、今後、実効的な研究枠組みの具体化が期待される。

(参考 1) 米国における規制と推進の利益相反を廃した共同研究

DOE と EPRI は、それぞれ NRC と原子力安全の共同研究に関する方針を記した覚書について署名を交わしている。それぞれの覚書においては、利益相反を回避するために、共同研究プログラムにおいては基本的なデータの取得に焦点を当て、特定の規制課題の解決策やデータを規制に適用した結論は扱わないことや、共同研究プログラムから得られたデータや規制または規制ガイダンスに対するデータの適用に関して共同で結論を導いてはならない、といった項目が設けられている。

(参考 2) 原子力規制庁のスタンス

「独立性、透明性を確保しつつ、民間研究機関と連携して研究を行うことは排除しないということは明らかにしていますので、それに沿う形では実行できます。」
(平成 27 年 1 月 8 日 自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ第 4 回会合)

安全研究ロードマップの改訂 <原子力分野全体>

- 本ロードマップは、以下のプロセスでローリングを行っていくこととされた。ローリングのプロセスは、①原子力を取り巻く情勢変化を踏まえた大枠の見直し、②①の見直しや技術開発及び人材育成の達成度評価を踏まえた「評価軸」の見直し、③②で見直された「評価軸」による取組項目の見直し、④①～③を通じて見直された本ロードマップへの改善案等の提示に大別され、このうち①と④を本ワーキンググループが、②と③を日本原子力学会が行うこととされている。
- 産業界の各主体においては、日本原子力学会における本ロードマップのローリングにも積極的に関与していくことが期待される。また、日本原子力学会においては、客観性の向上を図る観点から、本ロードマップを国内外へ広く発信し、研究開発及び人材育成の成果に関して、国内外の中立的な専門家によるピアレビューを主体的に実施していくとともに、得られたコメントをローリングの過程でロードマップに積極的に反映していくことが期待される。

安全研究、機器開発等の実施 <原子力分野全体>

- 文部科学省においては、軽水炉を含めた原子力施設の安全性向上に必須となる、シビアアクシデントを回避するための安全評価用データの取得や安全評価手法の整備、材料照射試験等の基礎基盤研究を実施している。
- 経済産業省においては、東京電力福島第一原子力発電所事故の経験を踏まえ、事故の発生防止に向けた研究開発に加えて、シビアアクシデントを含

む事故への対応能力の強化等に関する研究開発を実施している。

- 原子力規制委員会においては、原子力安全規制等を的確に実施するため、規制基準の整備とその適用に必要な技術的知見の取得、個別の技術的判断の根拠となる知見の取得等を目的として、安全研究を実施している。（「原子力規制委員会における安全研究について」）
- 電気事業者は、東京電力福島第一原子力発電所事故の経験を踏まえ、ハード面での事故発生防止および事故時影響緩和策等の技術開発に加え、ソフト面での事故時対応能力の強化に取り組んでいる。
- プラントメーカーは、成果をプラントの安全性向上に活かすという観点から、プラントの安全確保に必要な設計、運転・保守、廃炉等のニーズを踏まえた技術開発を実施している。
- 学会は、多様な立場の専門家が集う場として、科学的な議論を重ねることにより原子力安全の確保に有効な情報や知見を蓄積・発信するとともに、技術の実用化等に必要となる基準の策定等の環境整備を実施している。
- このうち、軽水炉安全技術に関する研究開発については、本ワーキンググループで策定される軽水炉安全技術・人材ロードマップに従い、関係者（関係省庁、研究機関、産業界等）間で重畳を廃した技術開発が進められていくことが期待される。

原子力安全の基盤となる事項についての共同研究の実施 <原子力分野全体>

- 「規制研究との利害相反を排除するための研究枠組みの構築」（前掲）に記載された考え方の下、利用側と規制側の主体が必要な共同研究を進めていくことが期待される。

国内研究機関や海外との連携を通じた PRA 高度化に向けた基礎研究の実施 <原子力分野全体>（再掲）

- 産業界においては、これまで我が国において十分な研究が行われてこなかった、①過酷事故のような高ストレス下における人間信頼性解析手法等のヒューマンファクターに係る研究開発、②防災やリスクコミュニケーションへの活用も期待されるレベル 3PRA 手法、③多数基立地を考慮した PRA 手法等について、NRRC が中心となり、電気事業者やメーカーも参画する形で研究が進められていくことが望まれる。（再掲）
- ヒューマンファクターについては、これまで電力中央研究所のヒューマンファクター研究センターにおいて実施されてきており、その研究成果は各

電気事業者が実施するヒューマンファクター教育を支援する教材の作成、ヒューマンエラー事象の分析評価手法(J-HPES)の開発等に活用されてきた。一方、ヒューマンファクター技術に対応できる人材が不足しているとの指摘もある。各社においては、NRRC の研究成果に期待するだけでなく、研究開発への積極的な参画を通じて、ヒューマンファクター分野における PRA 人材育成を進めていくことが必要である。(再掲)

- NRRC においては、JAEA、原子力規制委員会、大学等の国内機関や、EPRI、DOE 等の海外機関との協力関係を構築し、世界最先端の知見も活用しながら、効果的に研究開発を進めていくことが望まれる。(再掲)

III. こうした取組を着実に進め、根付かせるために特に求められる姿勢に関する指摘

昨年5月に取りまとめられた「原子力の自主的・継続的な安全性向上に向けた提言」で「こうした取組を着実に進め、根付かせるために特に求められる姿勢」とされた項目に関し、本ワーキンググループにおいて以下のような指摘がなされた。

1. 批判的思考や残余のリスクへの想像力等を備えた組織文化の実現

- 産業界の各主体においては、東京電力福島第一原子力発電所事故から得られた教訓を職員に伝え続けることで、職員に安全確保の必要性をしっかりと認識させ、安全性向上に向けたモチベーションを維持し続けるための継続的な取組が求められる。このためにも、産業界の各主体においては、外部ステークホルダーとのコミュニケーションや、社内の経営層と現場の縦方向のコミュニケーションのみならず、社内の他部門の従業員同士による横方向のコミュニケーションの活発化にも取り組んでいくことが必要である。また、このような取組を通じて、異なった意見に耳を傾けるという風土が組織内に定着していくことが望まれる。
- 加えて、我が国のエネルギー政策や原子力政策の方針が、安全文化（*）の劣化に対して影響するとの指摘もある。運転プラントが廃炉段階に入った時点で、安全文化の強化をいかに進めるかも重要な視点である。

2. 国内外の最新の知見の迅速な導入と日本の取組の海外発信

- 各電気事業者において、安全上の優先順位を考慮した適切なリソース配分を行う上では、各プラントにおいて相対的に脆弱な箇所を明らかにするPRAの結果を活用することが有効である。このような観点から、各電気事業者においては、ただ単にPRA研究を行うだけでなく、運転中の発電所の維持・管理の中で、日々PRAを活用し、その結果を適切な安全対策の実施という経営上の意思決定に繋げる仕組みを定着させるべく、韓国など海外の事業者による取組事例も踏まえて、更なる行動が求められる。また、そのためには、運転・保守を含む日々のリスク管理にPRAを用いることについて、NRCやKINSがそうであるように、規制側の理解が必要であり、これらを含めたPRAの活用について、規制当局との対話も必要である。（再掲）
- また、東京電力福島第一原子力発電所事故を経験した我が国としては、NRRC

が中心となり、事故の経験を踏まえ、地震・津波等の外的事象、多数基立地条件、過酷な条件下での人間信頼性等に関してリスク評価手法の改善を進め、その研究成果を国際的に共有することが望まれる。(再掲)

3. 外部ステークホルダーの参画

- 東京電力福島第一原子力発電所事故を受けて、電気事業者各社は、立地自治体の住民をはじめとする外部ステークホルダーとのコミュニケーションの場を設けている。それらの場においては、発電所内の設備が有する安全確保機能の説明に止まらず、その機能が保持されずシビアアクシデントが生じてしまう場合も想定したリスクコミュニケーションが求められており、それをどのように進めていくかについて真摯な検討が進められている。(再掲)
- しかしながら、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえた原子力発電のリスクをどのように発信していくか、発信した情報に対する外部ステークホルダーからのフィードバックを自らのリスクマネジメントにどのように活用していくのか、という点が具体化されていない。更なる検討と具体的な行動が求められる。(再掲)
- 特に、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえ拡大された原子力災害対策重点区域に、新たに含まれることとなった地域住民とのリスクコミュニケーションのあり方について具体化が急がれる。(再掲)
- また、これまで我が国の原子力安全研究は、国民が専門家に一任する形で進められてきたが、それが何のために行われるのか、安全を確保する上で本当に重要な取組なのか、といった疑問を国民が解消することのできる機会が用意されていなかった。今後、原子力安全研究を進めていく上で中心となる学会においては、東京電力福島第一原子力発電所事故をどのように捉え、どのように反省し、今後の原子力安全を確立していくために学会自身がどのような取組をしていくのかを、国民や国際社会に対して真摯に示すとともに、得られた意見を絶えず自らの取組に反映していくことが求められる。

4. 産業界大での人的・知的基盤の充実

- 原子力安全の確保に必要な設備の設計や設置及びその運用に係る判断等が人的要因に大きく左右されるという点は、意識されないことも多いが、原子力安全を確保する上で、設備の信頼性確保や手順書の充実にもまして

人と組織の能力及び意思決定の妥当性が重要であることは、スリーマイル島原子力発電所事故、チェルノブイル原子力発電所事故、東京電力福島第一原子力発電所事故等を通じ、繰り返し謳われてきた。このような観点から、原子力の自主的安全性向上の取組を着実に進めていくには、産業界における人的・知的基盤の充実が必要である。本ワーキンググループにおいては、特に、以下のような指摘がなされている。

- 電気事業者各社において、発電所にどの設備を設置すべきか(know what)、対策をどう改善すべきか(know how)の視点だけでなく、なぜその取組が必要なのか、なぜその設計になっているのか、なぜそのような変更がなされたかといった「know why」の視点から物事を考えられる人材の育成が求められる。
- また、産業界全体として継続的に安全性を向上させていく上では、安全工学、情報科学、防災学、組織科学、更には経済学的なアプローチも含む多分野にわたる社会科学等の知見を積極的に収集し、原子力分野以外の多様な学術分野の知見を安全性向上の取組に活用していくことが重要であるが、特に、ヒューマンファクターに係る研究については、技術に対応できる人材が不足しているとの指摘があることも踏まえ、ヒューマンファクター研究センターや NRRC 等が実施する研究開発への積極的な参画を通じて、ヒューマンファクター分野に知見を有する人材の育成に取り組むことも望まれる。また、ヒューマンファクターに関する人材育成は、大学等における教育の段階から不足しており、今後の充実化が求められる。

5. ロードマップの共有とローリングを通じた全体最適の追求

- 原子力の自主的安全性向上の取組が、電気事業者、メーカー、産業界団体、学会、政府等により継続的に進められていることを確認するため、今後も適宜のタイミングで、政府が中心となり、本ワーキンググループのように有識者や電気事業者、メーカー、産業界団体等が参加する審議会場の場を通じて、各主体による取組を共有及び総点検し、改善すべき内容を提示するローリングを継続的に実施していくことが望まれる。

IV. 原子力の自主的安全性向上の取組の改善に向けた提言

昨年５月に取りまとめられた「原子力の自主的・継続的な安全性向上に向けた提言」で示されたロードマップの骨格において、短期的に対応するとされた項目については、概ね各主体の取組に進展が見られる。しかしながら、第Ⅱ章における総点検及び第Ⅲ章における指摘事項を踏まえると、以下に示す項目については、改善に向けた検討と具体的な行動が求められる。なお、原子力の自主的安全性向上の取組に終わりではなく、今後とも自主的かつ継続的な取組が、電気事業者、メーカー、産業界団体、学会、政府等により進められていることを確認するため、適宜のタイミングで政府が中心となり、本ワーキンググループのように有識者や電気事業者、メーカー、産業界団体等が参加する審議会の場を通じて、各主体による取組を共有及び総点検し、改善すべき内容を提示するローリングを継続的に実施していくことが望まれる。

1. 適切なリスク管理と予期しない事態へのレジリエンス向上によるリスクの低減
 - (1) 電気事業者においては、リスク・モニタリングを通じてプラント状態を連続的に把握することも含めて、現場においても日々リスク情報を活用し、リスクを低減しつつ合理的かつ効果的に発電所の運転・管理を行うことが望まれる。そのためには、運転・保守を含む日々のリスク管理にPRAを用いることについて、米国、韓国、台湾等の事例を参考にしながら、規制当局との対話や相互理解を進めていくことが重要である。
 - (2) 東京電力福島第一原子力発電所事故の経験を踏まえ、NRRCを中心に、電気事業者、メーカー、研究機関等が協力し合い、地震・津波等の外的事象、多数基立地条件、過酷な条件下での人間信頼性等に関するリスク評価手法の高度化を国内外の研究機関等と連携しつつ進めることが望まれる。
 - (3) 電気事業者においては、リスク情報とリスク低減のための方策が経営層に適切かつ迅速に伝達され、経営判断に活用されるよう、現場からトップまでの情報伝達の在り方と意思決定の仕組みを改善することが望まれる。なお、リスク情報にはPRAによるものだけではなく、ストレステストのような決定論的手法による安全裕度解析に基づきクリフエッジを特定するとともに、クリフエッジまでの距離を長くするための方策に係る

情報や、ロジックツリーに基づく深層防護確保のための方策に係る情報を含む。

- (4) JANSI が進めている、個々の原子力発電所の運転状況等を総合的に評価する総合評価システムや各原子力発電所の格付けを行う仕組みを早急に確立し、第三者的な視点から電気事業者を牽引することが望まれる。また、評価結果を財産保険料に反映させ、電気事業者に対し継続的な安全性向上のインセンティブを与える仕組みについても早期の導入が必要である。
- (5) 大規模災害も念頭に置いた緊急時対応体制の強化に向けて、政府も含めたあらゆる主体による ICS のような規格統一化された緊急時対応体制の整備や、事故時のプラントの状況変化を熟知し、緊急時の意思決定を独立した立場から監視することのできる人材の各発電所への配置等についても、更なる検討が期待される。
- (6) 電気事業者においては、何を目指して安全性向上を図るのか、またどのような方策がリスク低減上効果的かについて、目標（安全目標）を設定するとともに、その達成度を評価するための手法を確立することが望まれる。既に NRRC において、東京電力福島第一原子力発電所事故がもたらした社会的影響や外的事象による多数基事故といった事実を踏まえ、産業界として自主的に安全目標を設定していこうとする動きが見られるが、この試みに期待する。

2. 事故の可能性も想定した外部ステークホルダーとの適切なリスクコミュニケーション（適切な情報発信と外部ステークホルダーからのフィードバックの自らの意思決定への取り込み）の具体化

- (1) 電気事業者各社において、外部ステークホルダーとのコミュニケーションの場に際して、シビアアクシデントが生じる場合も想定したリスクコミュニケーションが求められている。また、政府においても、従来約 8～10km 圏内と定めていた原子力災害対策を重点的に充実すべき地域の範囲を、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえて約 30km 圏内に拡大している。こうした原子力の安全に対する社会的関心の高まりを受けて、その関心に見合う形で原子力発電のリスクをどのような形の情報として発信していくか、発信した情報についての外部ステークホルダーからのフィードバックを自らのリスクマネジメントにおける意思決定にどのよ

うに活用していくのか、という点について、更なる検討と積極的な取組が求められる。

- (2) 原子力災害時における緊急時対応は、オンサイトについては電気事業者が、オフサイトについては地方自治体が中心となっていくこととなっているが、レベル 3PRA 等により得られるリスク情報は、地域防災計画の策定や事故リスクについて関係者とリスクコミュニケーションを図る上で有用である。このため、政府や電気事業者においては、リスク情報に基づき、地方自治体の地域防災計画策定等にどのように貢献できるかを更に検討することが望まれる。

3. 東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえた組織安全文化の改善と安全確保のための人材育成の継続

- (1) 東京電力福島第一原子力発電所事故後に INPO の報告書等で指摘されてきた、我が国で見られる集団思考や第三者による意見の勘案の不足という問題を踏まえ、疑問を提示し、これを議論する風土づくりを一層進めることが望まれる。
- (2) リスク情報を活用した意思決定は組織の風土や文化、リーダーの判断力や指導力に依存すること、及び第三者による意見の重要性等を踏まえ、適切な意思決定の仕組みを構築することがリスクマネジメント上重要である。電気事業者においては、これらを考慮したリスクマネジメント体制の構築が望まれる。
- (3) 適切な安全文化指標等を用いることにより、安全文化の改善を継続的に監視しつつ、世界的良好事例に学ぶ姿勢を一層強化することが望まれる。
- (4) 「安全確保に対する責任感の欠如、倫理教育の欠陥」、「社会的な影響の認識」、「社会への説明能力を重視する知的環境を整備」、「世界の動向や優れた慣行に習熟」、「社会人教育機能の整備」（平成 24 年 11 月 27 日原子力委員会「原子力人材の確保・育成に関する取組の推進について（見解）」）、「優れた国際感覚やコミュニケーション能力を持った専門家が、国際的な安全基準の策定活動や新規導入国での原子力安全確保に貢献」（平成 23 年 8 月 8 日原子力人材育成ネットワーク「東京電力福島原子力発電所事故を踏まえた原子力人材育成の方向性について」）等の指摘も踏まえ、技術以外の知識も活用して発電所の安全管理を行い、国際安全基準の策定等においても活躍できる人材を育成・確保していくことが望ま

れる。このためには、特に社会人教育機能の一層の整備が求められる。

- (5) 電気事業者等においては、リスク分析やリスク管理及び外部ステークホルダーとのシビアクシデントを想定したリスクコミュニケーションを実施する能力を備えた人材の育成が望まれる。
- (6) 昨年 5 月に取りまとめられた「原子力の自主的・継続的な安全性向上に向けた提言」で示された「東京電力福島第一原子力発電所の事故の経験と教訓を活かし世界の原子力安全の向上を主導する立場を獲得する」との目標の達成に向け、国際的な安全基準の策定活動や新規導入国での原子力安全確保に貢献できる人材の育成に向けた取組の進捗状況を確認していく必要がある。
- (7) 海外や他の産業分野における良好事例等を参考に、資格制度や社会人の継続的な教育システムを検討していくことが望まれる。
- (8) 今後国内の原子力発電所の廃炉が増加していく中で、廃炉や除染という多くの人材が必要ではない分野にも意欲ある人材を呼びこむため、海外や他の産業分野における良好事例等を参考に方策を検討することが求められる。その際、これらの分野で活躍することに対するインセンティブを高める仕組みを考えることが必要である。

4. 安全性向上と技術・人材の維持・発展に係る利用と規制の連携強化

原子力分野全体として、利益相反を廃した形での利用側と規制側の共同研究や運転・保守を含む日々のリスク管理への PRA の活用等、原子力の安全性向上の観点から相互の利益となる問題に対して、利用側と規制側が協力していくための枠組みについて、具体的な検討が求められる。

5. 明確な優先順位付けがなされた軽水炉安全技術・人材ロードマップの策定と国内外からの多様な指摘を踏まえたローリングの実施

我が国の原子力分野全体として、真に原子力安全の向上に資する取組から順に実施していくことの重要性に鑑み、日本原子力学会においては、軽水炉安全技術・人材ロードマップの素案策定の際に技術課題に明確な優先順位付けを行うとともに、客観性の向上を図る観点から本ロードマップを国内外へ広く発信し、国内外の専門家によるピアレビューを主体的に受けながら、得られたコメントをローリングの過程で本ロードマップに積極的に反映して

いくことが期待される。

用語集

安全文化

「原子力施設の安全性の問題が、全てに優先するものとして、その重要性にふさわしい注意が払われること」が実現されている組織・個人における姿勢・ありようを集約したもの。

(IAEA Safety Series No. 75-INSAG-4, 1991、原子力防災基礎用語集)

安全目標

定性的目標と、その具体的水準を示す定量的目標で構成される。

(1) 定性的目標案

原子力利用活動に伴って放射線の放射や放射性物質の放散により公衆の健康被害が発生する可能性は、公衆の日常生活に伴う健康リスクを有意には増加させない水準に抑制されるべきである。

(2) 定量的目標案

ー原子力施設の事故に起因する放射線被ばくによる、施設の敷地境界付近の公衆の個人の平均急性死亡リスクは、年あたり百万分の1程度を超えないように抑制されるべきである。

ーまた、原子力施設の事故に起因する放射線被ばくによって生じ得るがんによる、施設からある範囲の距離にある公衆の個人の平均死亡リスクは、年あたり百万分の1程度を超えないように抑制されるべきである。

(原子力安全委員会安全目標専門部会「安全目標に関する調査審議状況の中間とりまとめ」平成15年12月)

外的事象

地震、津波、洪水などの原子力発電所の外部で発生する要因によって生じる起因事象。

(注) 原子力発電所の内部における火災または溢水によって発生する起因事象は外的事象に分類している。

(AESJ-SC-RK003:2011「日本原子力学会標準：原子力発電所の確率論的リスク評価標準で共通に使用される用語の定義：2011」平成24年1月)

確率論的リスク評価 (Probabilistic Risk Assessment (PRA))

施設を構成する機器・系統等を対象として、発生する可能性がある事象（事故・故障）を網羅的・系統的に分析・評価し、事故シーケンスを網羅的に摘出し、それぞれの発生頻度と、万一それらが発生した場合の被害の大きさを定量的に評価する方法をいう。原子力発電所の PRA を行うことにより、原子力発電所の設計及び運転の長所と短所に関する知見が得られ、予想される結果、感度、重要となる範囲、システムの相互作用及び不確かさの範囲を理解し、リスク上重要なシナリオを特定することが可能となる。

（注）以下の 3 レベルの PRA がある。

レベル 1 PRA：炉心損傷頻度の評価までを行う PRA。

レベル 2 PRA：格納容器応答の評価が含まれ、レベル 1PRA の結果を用いて環境へ多量の放射性物質を放出する事故シーケンスの発生頻度及び放出量の評価までを行う PRA。

レベル 3 PRA：レベル 2 PSA で得られた放射性物質の環境への放出量とその発生頻度をもとに、公衆のリスクの評価までを行う PRA。

（原子力安全保安院・原子力安全基盤機構「原子力発電所における確率論的安全評価（PSA）の品質ガイドライン（試行版）」平成 18 年 4 月、NRC 用語集、「IAEA 原子力安全及び放射線防護で用いる用語の定義」2007 年版）

起因事象

通常の運転状態を妨げる事象であって、炉心損傷及び／又は格納容器機能喪失へ波及する可能性のある事象。

（AESJ-SC-RK003:2011「日本原子力学会標準：原子力発電所の確率論的リスク評価標準で共通に使用される用語の定義：2011」平成 24 年 1 月）

クリフエッジ

東京電力福島第一原子力発電所事故での設計上の想定を大きく上回る津波のように、ある大きさ以上の負荷が加わったときに、共通の要因によって安全機能の広範な喪失が同時に生じて、致命的な状態になるような状況。

（日本原子力学会事故調 最終報告書 付録 1. 用語集）

軽水炉

冷却材として普通の水（軽水）を使用する原子炉のこと。平成 27 年現在、

日本で商用運転している原子力発電所は全て軽水炉である。

残余のリスク (Residual Risk)

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（平成 18 年 9 月 19 日原子力安全委員会決定）においては、「策定された地震動を上回る地震動の影響が施設に及ぶことにより、施設に重大な損傷事象が発生すること、施設から大量の放射性物質が放散される事象が発生すること、あるいはそれらの結果として周辺公衆に対して放射線被ばくによる災害を及ぼすことのリスク」と定義されている。

本改善提言では、安全対策を講じた後に残るリスク。存在することが認識されている不確かなリスク (known unknowns) だけでなく、存在さえ認識されていないリスク (unknown unknowns) も含む概念として用いている。

なお、「残存リスク」と表現すべき、あるいは「残余のリスクを低減する」ではなく、「残余していないリスクを含めた、総合的リスクを低減する」と表現すべき」といった指摘もある。

事故シーケンス

起因事象の発生に加えて、事象の拡大を防止したり、影響を緩和するための設備の機能喪失又は操作の失敗によって炉心損傷、格納容器機能喪失あるいは放射性物質の放出に至る組合せをいう。

（原子力安全保安院・原子力安全基盤機構「原子力発電所における確率論的安全評価（PSA）の品質ガイドライン（試行版）」平成 18 年 4 月）

シビアアクシデント

設計基準事故（原子力施設の設計及び建設において想定する事故。この事故が起きたときに公衆の健康と安全を確保するために必要な系統、構築物及び機器の機能を喪失することなく施設が耐えるように設計及び建設しなければならない。）よりも過酷な事故状態であり、重大な炉心損傷を引き起こすもの。

（「IAEA 原子力安全及び放射線防護で用いる用語の定義」2007 年版、NRC 用語集）

深層防護

放射線又は有害物質の放出事故を防止し緩和するように原子力施設を設計

し、運転するためのアプローチ。要点は、潜在的な人的過誤及び機械的故障を補うため、複数の独立した多重の防護層を作り、単一の層がいかに強固であっても、単一の層だけに依存しないようにすることである。IAEA 基準での深層防護レベルは、次の 5 層で構成されている。

レベル 1：異常運転や故障の防止

レベル 2：異常運転の制御及び故障の検知

レベル 3：設計基準内への事故の制御

レベル 4：事故の進展防止及びシビアアクシデントの影響緩和を含む過酷なプラント状態の制御

レベル 5：放射性物質の大規模な放出による放射線影響の緩和

(NRC 用語集、INSAG-10「原子力発電所の深層防護」1996)

内的事象

原子力発電所内部の原因によって引き起こされる起因事象。

(注) 外部電源の喪失はその原因が原子力発電所外部にある場合も含めて内的事象として扱われる。また、原子力発電所の内部における火災又は溢水によって発生する起因事象は外的事象に分類している。

(AESJ-SC-RK003:2011「日本原子力学会標準：原子力発電所の確率論的リスク評価標準で共通に使用される用語の定義：2011」平成 24 年 1 月)

パブリックリレーション

組織とその組織を取り巻く人間（個人・集団・社会）との望ましい関係をつくり出すための考え方及び行動のあり方。

(公益社団法人日本パブリックリレーションズ協会ウェブサイト)

ヒューマンファクター

機械やシステムを安全に、しかも有効に機能させるために必要とされる、人間の能力や限界、特性などに関する実践的学問。

(日本ヒューマンファクター研究所ウェブサイト)

リスク

リスクとは、「どんな悪い事態が起こり得るのか」、「それは、どの程度起こりやすいのか」、「起こった場合の影響はどのようなものか」を考える 3 つの質問に対する複合回答である。これら 3 つの質問により、予想される結果、

感度、重要となる範囲、システムの相互作用及び不確かさの範囲を理解し、これにより、リスク上重要なシナリオを特定することが可能となる。
(NRC 用語集)

リスクガバナンスの枠組み

本改善提言では、リスクのプレアセスメント（原子力事業が置かれた社会的
位置付けの把握と網羅的な被害可能性の調査）⇒リスク評価⇒リスクの特徴
付け／判断⇒リスクマネジメント（他の選択肢を検討した上で適切な対策を
選択・実施）⇒その効果の検証⇒新たな社会的位置付けの下でのリスクのプ
レアセスメントへという循環を通じて動的かつ継続的にリスクの低減を
目指すものであって、そのあらゆる機会において、多様なステークホルダー
とのコミュニケーションを行うことで日々変化していく国際情勢、社会風土
等の要因に整合的な形で進められていく自律的なプロセスのこと。

リスクコミュニケーション

リスク評価者、リスクマネージャ、ニュースメディア、利害関係者及び一般
公衆の間で行われる（健康又は環境）リスクについての双方向の情報交換。
（「世界保健機関（WHO）国際化学物質安全性プログラム（IPCS）リスクアセ
スメント用語集」2004 年）

レジリエンス

本改善提言では、「外乱やシステム内部の変動がシステムの全体機能に与え
る影響を吸収し、状態を平常に保つシステムの能力、あるいは、想定を超え
るような外乱が加わった場合であっても機能を大きく損なわない、損なった
としても早期に機能回復できるシステムの能力」と定義。

参考資料

総合資源エネルギー調査会原子力小委員会
自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ 委員等名簿

座長 委員	山口 彰	東京大学大学院工学系研究科原子力専攻教授
	秋庭 悦子	消費生活アドバイザー
	糸井 達哉	東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻准教授
	伊藤 聡子	フリーキャスター
	大場 恭子(注)	東京工業大学特任准教授
	岡本 孝司	東京大学大学院工学系研究科原子力専攻教授
	尾本 彰	東京工業大学特任教授
	梶川 裕矢	東京工業大学大学院イノベーションマネジメント 研究科准教授
	関村 直人	東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻教授
	高橋 信	東北大学大学院工学研究科教授
	谷口 武俊	東京大学政策ビジョン研究センター教授
	前田 荘六	日本ヒューマンファクター研究所取締役副所長兼 危機管理リスクマネジメント研究室長
	八木 絵香	大阪大学コミュニケーションデザイン・センター 准教授
	山本 章夫	名古屋大学大学院工学研究科マテリアル理工学専攻教授

(計 14 名)

オブザーバー	増子 宏	文部科学省研究開発局原子力課長
自主的安全性向上に関する 審議におけるオブザーバー	ジョージ・アポストラキス	一般財団法人電力中央研究所 原子力リスク研究センター所長
	藤江 孝夫	一般社団法人原子力安全推進協会理事長
軽水炉安全技術・人材に関する 審議におけるオブザーバー	中村 秀夫	独立行政法人日本原子力研究開発機構 安全研究センター副センター長
	服部 拓也	一般社団法人日本原子力産業協会理事長

(注)平成 27 年 4 月 20 日に、総合資源エネルギー調査会臨時委員を辞任。

自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループの設置について

平成 26 年 8 月
資源エネルギー庁

- 東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえ、エネルギー基本計画（平成 26 年 4 月閣議決定）では、原子力事業者を含む産業界による自主的かつ不断に安全を追求する事業体制の確立や安全文化の醸成、過酷事故対策を含めた軽水炉安全性向上に資する技術や信頼性・効率性を高める技術等の開発、東京電力福島第一原子力発電所や今後増える古い原子力発電所の廃炉を安全かつ円滑に進めるための高いレベルの原子力技術・人材の維持・発展、周辺国の原子力安全の向上に貢献できる原子力技術・人材の維持・発展、資源の有効活用や放射性廃棄物の減容化・有害度低減等の観点からの国際協力を含めた高速炉等研究開発、安全性の高度化に貢献する原子力技術の研究開発の推進が必要であるとされた。
- これらの課題に対応するためには、関係者間の役割分担を明確化するとともに相互に認識し、我が国全体として重畳を廃して最適な取組が進められることが必要である。
- 以上を踏まえ、総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会の下に「自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ」を設置する（「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」は廃止する）。特に当面は、喫緊の課題への対応として、東京電力福島第一原子力発電所以外の廃炉を含めた軽水炉の安全技術・人材の維持・発展に重点を置き、国、事業者、メーカー、研究機関、学会等関係者間の役割が明確化された原子力安全技術・人材に関するロードマップを作成し、これらに関係者間で共有するとともに、原子力事業者を含めた産業界が行う自主的安全性向上に係る取組を共有及び調整し、改善すべき内容の取りまとめを行う。さらに、高速炉を含めた次世代炉の研究開発の方向性を議論する。

自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループの進め方

1. 総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会では、自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ設置に際し、「特に当面は、喫緊の課題への対応として、東京電力福島第一原子力発電所以外の廃炉を含めた軽水炉の安全技術・人材の維持・発展に重点を置き、国、事業者、メーカー、研究機関、学会等関係者間の役割が明確化された原子力安全技術・人材に関するロードマップを作成し、これらに関係者間で共有するとともに、原子力事業者を含めた産業界が行う自主的安全性向上に係る取組を共有及び調整し、改善すべき内容の取りまとめを行う。さらに、高速炉を含めた次世代炉の研究開発の方向性を議論する。」としている。
2. そのうち、喫緊の課題への対応については、年度明け(平成 27 年 4 月または 5 月頃)取りまとめを目処に、以下の通り議論を進める。
 - (1) 軽水炉安全に関する技術・人材ロードマップ(以下、「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」という)は、東京電力福島第一原子力発電所事故の経験で得られた教訓を踏まえ、軽水炉安全への国民の信頼が得られるものでなければならない。そのため、技術開発項目や、それを支える人材の維持・発展について、軽水炉安全への国民の信頼やその安全な持続的利用に繋げるための課題を掲げ、その解決に資するか否かを基準として従来の技術開発の優先順位やスケジュールの見直しによるロードマップの再構築が必要。
また、軽水炉安全技術・人材ロードマップは、学会、国、事業者、メーカー、研究機関等関係者間の役割分担を明確化し、我が国全体として重畳を廃して最適な取組を実現するものでなければならない。さらに、研究開発の重複を排除しながら最高レベルの成果を得るため、世界的な研究開発や人材育成の動向を踏まえ、必要な国際共同研究の組成を本ロードマップに積極的に取り込んでいくべきである。
このため、軽水炉安全技術・人材ロードマップは、本ワーキンググループによる国民視点からの課題に基づく基本方針の提示とそれを受けた日本原子力学会等での分野横断的な英知を結集した総合的解決策の提示というキャッチボールを通じて策定していく。
なお、一般的な軽水炉安全研究と規制研究との間には、共通の技術課題及び人材の維持・発展に関する課題が含まれることが想定されるところ、我が国全体としての安全性向上という目的に関係者の間で共有・達成することが重

要である。特に規制当局との連携は重要であり、日本原子力学会等での検討及び取りまとめ後の段階において、本ロードマップを共有し、産業界や規制当局を含む各主体の課題解決の取組に活用することにより安全性向上の相乗効果が発揮され则认为る。

- (2) 「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」の提言(平成 26 年 5 月 30 日)にもある通り、自主的安全性向上のために実践すべき取組を担当組織、担当部署に割り当てて、それぞれの部分最適の追求に委ねるのではなく、各取組相互の関係性、進捗状況等を踏まえた産業界全体としてのコーディネートに常に意を尽くす必要がある。

そのため、本ワーキンググループでは、電気事業者、メーカー、原子力安全推進協会、原子力リスク研究センター(仮称)から、それぞれが策定する自主的安全性向上に係る取組のロードマップの内容についてヒアリングを行うとともに、横断的な課題の抽出や各主体のロードマップの改善点等の提言を取りまとめる。

なお、原子力の安全性向上には規制当局との関係が重要であるため、本ワーキンググループにおけるロードマップ策定・ローリングのプロセスを実効的に進めていくことを通じ、規制当局との間での相互不信のない、安全性向上を共通目標としたコミュニケーションを実現していくべきである。

- (3) その際、海外の技術・人材に関するロードマップ、自主的安全性向上に係る取組についても議論の材料とする。

総合資源エネルギー調査会原子力小委員会
自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ 開催実績

- 平成 26 年 9 月 24 日 第 1 回会合
議題: 自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループの進め方(案)
軽水炉安全技術・人材ロードマップ策定の基本方針(案)
- 平成 26 年 10 月 28 日 第 2 回会合
議題: 原子力の自主的安全性向上について
- 平成 26 年 11 月 10 日 第 3 回会合
議題: 軽水炉安全技術・人材ロードマップについて
- 平成 27 年 1 月 8 日 第 4 回会合
議題: 軽水炉安全技術・人材ロードマップについて
- 平成 27 年 1 月 21 日 第 5 回会合
議題: 原子力の自主的安全性向上について
- 平成 27 年 2 月 13 日 第 6 回会合
議題: 軽水炉安全技術・人材ロードマップについて
- 平成 27 年 3 月 31 日 第 7 回会合
議題: 軽水炉安全技術・人材ロードマップについて
原子力の自主的安全性向上について
- 平成 27 年 4 月 21 日 第 8 回会合
議題: 原子力の自主的安全性向上について
- 平成 27 年 5 月 27 日 第 9 回会合
議題: 軽水炉安全技術・人材ロードマップについて

ロードマップの骨格

【別紙 1 参照】

電気事業者による自主的安全性向上の取組

【別紙 2 参照】

第 2 回会合における電気事業者に対する意見・質問事項への回答

【別紙 3 参照】

NRRC、JANSI、メーカーによる自主的安全性向上の取組

【別紙 4 参照】

自主的安全性向上の取組に対する委員からの主な意見

【別紙 5 参照】