総合資源エネルギー調査会
原子力の自主的安全性向上
に関するWG　第 12 回会合
資料 1

原子力の自主的・継続的な
安全性向上に向けた提言（案）

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

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

目次

１．　はじめに 1

２．　原子力の自主的安全性向上を巡る反省と課題 6

（１）　原子力のリスクとどう向き合うか 6

（２）　リスクマネジメントと組織のあり方 8

（３）　リスク評価とリスク管理目標 12

（４）　リスクコミュニケーション 15

（５）　自主的かつ継続的な安全性向上に資する原子力産業界全体の仕組み 20

（６）　軽水炉の安全研究 24

３．　原子力の自主的・継続的安全性向上に向けた提言 29

（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 29

（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 30

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 30

②　深層防護の充実を通じた残余のリスクの低減 31

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 33

④　我が国で商業運転されてい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コーディネーションの強化 34

（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 35

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 35

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 35

③　外部ステークホルダーのインボルブメント 36

④　産業界大での人的・知的基盤の充実 36

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 37

４．　ロードマップの骨格 37

５．　終わりに 38

用語集 40

参考資料 45

１．　はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故は、我が国の原子力平和利用におけるリスクガバナンスのあり方に大きな疑問を投げかけた。一昨年、原子力規制委員会が設置され、安全の確保を最優先に世界において最も厳しい規制を追求することとされたが、規制水準を満たすこと自体が安全を保証するものではない。原子力事業者が規制水準を満たすだけの対応に終始することは、安全に対する原子力事業者の慢心を呼び、新たな「安全神話」に陥ることになる。国際原子力機関（IAEA）安全基本原則の第一の原則として掲げられているとおり、一義的に安全に責任を負うのは原子力事業者である。このため、原子力事業者が自主的かつ継続的に安全性を向上させていく意思と力を備えることが必要であり、また、これを備えた存在として認識されなければ、国民の原子力事業への信頼も回復しない。

こうした問題意識の下、原子力の自主的かつ継続的な安全性向上について議論するため、平成 25 年 7 月 17 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」が設置された。本ワーキンググループにおいては、大学、研究所等を中心とする有識者を委員とし、原子力事業者、メーカー、産業界団体などからの代表をオブザーバーとして 12 回に亘る活発な議論が行われた。原子力の自主的安全性向上については、積極的に海外に学ぶことが重要であるとの観点から、本ワーキンググループでは、海外有識者をオブザーバーやプレゼンターとして迎えるとともに、同時通訳と資料の英訳等により多様な議論参加の慫慂と情報発信を行ってきた。（巻末「参考資料」参照）

東京電力福島第一原子力発電所事故以前、我が国では、原子力事業者自身の安全性向上に向けた取組の不足、安全性に関する事業者間での相互レビューの未定着、設計ベースを越えるシビアアクシデントへの規制基準整備の遅れなどから、既存のシステムでは想定されていない事態に対する原子力事業者によるリスクマネジメントが適切に行われていなかった。また、原子力事業者に安全か否かの二元論にたったリスク認識や集団思考ゆえの批判的思考の欠如がみられ、また、社会全体としても、リスクに向き合いこれを合理的に低減する風土が定着してこなかった。原子力安全に一義的な責任を有する原子力事業者に

は、社会的仕組みや風土等の改善を受け身で待つのではなく、自らが自主的かつ継続的な安全性向上の具体的な取組を率先して実施して行くことで、能動的に社会的背景や企業風土等に働きかけていく姿勢が求められる。

原子力事業者の自主的な安全性向上に向けた具体的な取組を進めるにあたっては、東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を出発点に位置づけなければならない。まず、従前から評価の対象としてきた内的事象に加え、地震・津波を始めとする外的事象を考慮に入れた、施設の置かれた自然環境特性に応じた総合的なリスク評価が欠如していたことが指摘されている（政府事故調）。また、深層防護の不十分さが挙げられる。IAEA での 5 層の深層防護の考え方に対して、電気事業者がシビアアクシデント対策等の規制強化につながる動きをかたくなに拒み続け、結果として、第 4 層（事故の進展防止、シビアアクシデント時の影響緩和等、発電所の過酷な状況を制御すること）を事業者の自主対応による知識ベースの対策と位置付けて規制対象としなかった。さらに、日本ではこれまで内的事象を対象としたシビアアクシデント対策が主に検討され、外的事象、人為的事象に関しては対策が乏しかったため、実効性のないシビアアクシデント対策となった。（国会事故調）また、いったん事故が発災した後の緊急時対応（第 5 層の防護）について、被害を最小化できなかった最大の原因は「官邸及び規制当局を含めた危機管理体制が機能しなかったこと」、そして「緊急時対応において事業者の責任、政府の責任の境界が曖昧であったこと」にあるとの指摘もある。（国会事故調）

こうした教訓を活かし、以下のような幅広い取組を実践していく必要がある。

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 我が国で商業運転されてい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コーディネーションの強化

そして、これらの取組は、社会に甚大な影響を与え得る原子力事業特有のリスクに照らし、自主的かつ継続的に更なる高みを目指す形で実践されていかなければならない。そのためには、幅広い外部ステークホルダーの関与や世界の

新知見の取り込みを通じて原子力のリスクに関する問題枠組みを設定し、リスク管理目標の下で適切なリスク評価とリスク判断を行い、必要な安全対策を実施する、という常に視野を広く持って安全性向上の更なる高みを目指す「リスクガバナンス枠組み」の構築、特にその枠組みの下での各原子力事業者の適切なリスクマネジメントの実施が前提となる。

但し、こうした取組の質には、組織における各構成員の持つ価値観や姿勢が反映される。原子力事業者における構成員個々人の批判的な思考と疑問を抱く姿勢、残余のリスクへの想像力、発電所の設備・設計への深い知見など、適切なリスクマネジメントの前提となるこうした人的な側面への働きかけも必要であることに留意すべきである。

こうした然るべき人的基盤に支えられた幅広い自主的安全性向上の取組の必要性は、スリーマイル島（TMI）原子力発電所事故、チェルノブイル原子力発電所事故等を受け我が国においても繰り返し謳われてきた内容である。しかしながら、総花的に必要な対策を羅列することやミッションのはっきりしない新組織を立ち上げることでは、自主的な安全性向上が継続的に進展していく望ましい姿が実現しないことは明らかである。優先的に取り組むべき事項を明らかにしながら、望ましい姿の実現に向け、世界最高水準の安全を追求し原子力事業者、メーカー、学協会、政府等の関係者がどのような行動を取っていくべきかのロードマップを掲げていくことが必要である。

ワーキンググループでの議論では、まず、こうした自主的かつ継続的な安全性向上の取組を実現していくためには、各原子力事業者の経営トップのコミットメントの下で、リスク分析、リスク評価、必要な対応策の実施、コミュニケーション等の内容・手順まで考慮した質の高いリスクマネジメントが行われることの重要性が確認された。社会に甚大な被害を与え得る原子力事業において、事故リスクの把握と必要な対応策の実施は経営のトップイシューでなければならず、これを実現するリスクマネジメントの確立は原子力事業の大前提である。

また、事故に繋がる事象の網羅的な評価、脆弱点抽出、対策の効果の定量化などの効果を持つ確率論的リスク評価（PRA）は、効果的なリスクマネジメントを実施する上での出発点となる重要なツールであり、諸外国では積極的に活用されている。他方、我が国においては、PRA は、とりわけ外的事象に関して

これまで必ずしも積極的に活用されてこなかった。東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓でもあるが、可能性は低いが仮に事態が進展してしまうと社会に甚大な影響を与えてしまう事象に対する想像力、緊急時対応の事前準備等を向上させるためにも、PRA を通じた網羅的なリスク評価は不可欠かつ優先して整備すべきリスクマネジメント・ツールである。

さらに、社会に甚大な影響を与えるリスクを内在する原子力事業を行う上では、立地地域の住民の方々をはじめとする多様なステークホルダーとの間で、そのリスクに関する適切な相互理解がコミュニケーションを通じて構築されなければならない。その実現のため、まず実践されるべきなのは、原子力事業者が「安全か否か」との二元論に陥りやすい社会的背景に流されることなく、リスクの存在を前提に丁寧なコミュニケーションを行い、世界の新知見を取り込みつつ、可能な限りリスクを低減させていくマネジメントを実践していくことである。

PRA の積極的活用、必要な安全対策の実施及びリスクコミュニケーションの実施を含む信頼されるリスクマネジメントの確立、既存の軽水炉の安全性向上研究の効率的実施、これらに関係する人材育成等の原子力事業者の自主的安全性向上の取組は、各原子力事業者のコミットメントに基づくものでなければならないが、併せて、海外の事例を参考にしつつ、こうした取組を根付かせるための政府も含めた原子力産業界全体としての仕組みを構築していくことも必要である。

本ワーキンググループでは、原子力安全に一義的責任を有する原子力事業者に担われる原子力事業の自主的かつ継続的な安全性向上に関する論点について、原子力事業者、メーカー、学会、政府の幅広い参加を得て議論を進めてきた。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発的な行動により具体化され、実践されていくべきであり、これらの主体の自主的かつ継続的な行動を期待しつつ、今後必要とされると取組の在り方と然るべきロードマップの骨格について提言を行うこととした。

本提言に基づき、原子力に関わる各主体が自主的かつ継続的な安全性向上に取り組んで追求していく中で、「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

標が共有され、自律的な安全性向上を実現する枠組みが確立することを期待する。

２．　原子力の自主的安全性向上を巡る反省と課題

本ワーキンググループでは、東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓のうち、特に原子力の自主的安全性向上を巡る課題について議論を重ねてきた。原子力のリスクの特殊性と原子力事業に関わる者がそのリスクにどのように向かうべきか、を出発点に、原子力の自主的安全性向上を巡る反省と課題について、以下の通り整理した。

（１）　原子力のリスクとどう向き合うか

＜原子力のリスクの特殊性＞

東京電力福島第一原子力発電所事故は、原子力事業が、ひとたび事故が発生すると、人の健康や環境に影響するだけではなく、避難や食物摂取制限など社会的に甚大な被害を生じさせるリスクを内在することを改めて認識させた。周辺の環境に多量の放射性物質が放出されることで、避難に伴い仕事を失うことや、故郷を失うこと、それに伴う地域社会の崩壊、長期間にわたる避難生活や被ばくへの不安などから生ずるストレス、これらからくる関連死、風評被害など、社会的な側面から大きな被害を生じさせた。また、低線量被ばくの健康への影響は不確かさを伴うものであり、避難に伴う補償、広範囲の除染や食品流通管理の実施といった社会的コストも大きい。同時に、事故を起こした原子炉の廃炉も、溶融デブリ取り出しなどの技術開発を含み長期間が必要で、多額の費用が必要となる。

このように原子力事業は、確率的には事故の発生頻度は低くても、一旦炉心燃料の損傷を伴う大きな事故に至れば、その影響は社会的な広がりをもち、長期に及ぶのが特徴である。そのため、事故を発生させた企業だけの問題にとどまらず、地域社会や日本社会全体あるいは他国にまで長期に亘る影響と被害をもたらし得る。

＜これまでの反省と課題＞

これまで、政府、事業者、学会などの我が国の原子力関係者は、規制水準を満たしたうえで積み重ねられた安全の実績により自信過剰になり、継続的安全

性向上の努力を怠ってきた。発生の頻度が低い外的事象とりわけ津波に対する原子力関係者の感受性も低かった。このような「安全神話」に囚われ、原子力関係者は、原子力の事故リスクについて「極めて小さい」、あるいは「原子力施設は安全なのか」という素朴な問いに対して「安全だ」との説明を行ってきた。その説明は、地震国である我が国の置かれた自然環境に起因するリスクやテロ等の人為的事象などなどについて、想像力を十分に働かせ「どんな悪い事態が起こり得るか」を真摯にかつ網羅的に評価した結果に基づくものではなかった。

＜今後、原子力のリスクとどう向き合っていくか＞

　原子力事業者は、原子力のリスクの特殊性を忘れてはならず、可能な限りリスク低減を追求していくとともに、どこまで安全性が高まっても残余のリスクは存在することを常に意識した事業運営に努めるべきである。
　原子力規制委員会が策定した新規制基準は、原子力事業者が最低限満たすべき基準に過ぎない。社会的なリスクを内在する原子力に関する事業を実施する以上、規制基準を満たすことにとどまらず、残余のリスクを意識して更なる安全性向上に自発的に取り組むことが原子力事業者の社会的な使命である。
　まず、想定外の事象を出来るだけ発生させないよう、網羅的なリスク評価を実施するとともに、想定外の事象の発生にも備え、シビアアクシデント対策、重大事故発生後の被害拡大防止策、防災計画・避難計画なども含め、原子力事故がもたらし得るあらゆる被害を想定した重層的な備えが不可欠である。また、事故の発生を防止するための事前の備えだけではなく、事故の予測や発生してしまった事故への適切な反応、事故からの早期の復旧にも配意した対策を講じることで、「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」、すなわち、「レジリエンス」を向上させることも重要である。

（２） リスクマネジメントと組織のあり方

＜適切なリスクガバナンスの枠組みとリスクマネジメントのあり方＞

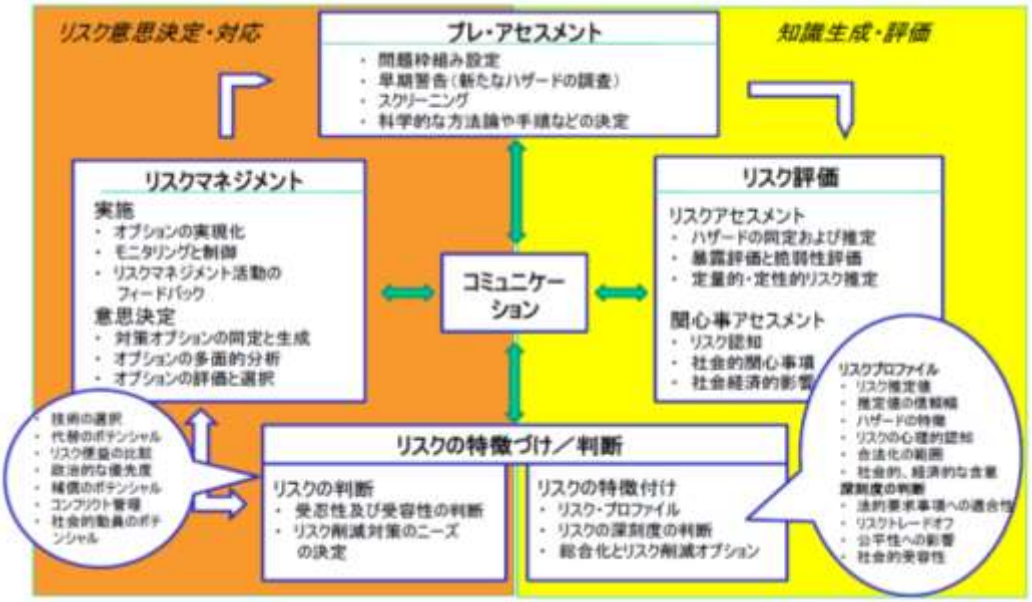
原子力のリスクと適切に向き合っていくためには、各原子力事業者の経営トップのコミットメントの下で、リスク分析、リスク評価、必要な対応策の実施、コミュニケーション等の内容・手順まで考慮した質の高いリスクマネジメントが行われることが重要である。社会に甚大な被害を与え得る原子力事業において、事故リスクの把握と必要な対応策の選択、実施は経営のトップイシューでなければならず、これを実現するリスクマネジメントの確立は原子力事業の大前提である。

原子力事業は社会的リスクを伴うともなうものであるが故に、そのリスクマネジメントは個々の企業だけの問題として完結することはなく、規制当局・産業界・学術団体・地域住民・一般市民等の多様なステークホルダーの利害や、国際環境、社会的風土等の要因など、幅広い利害や要因と関係付けられた適切なリスクガバナンスの下に位置付けられなければならない。適切なリスクガバナンスとは、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文脈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⇒新たな社会的文脈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態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をいう。（図１参照）

なお、リスクガバナンスの枠組みが有効に機能するか否かには、主要な関係主体（原子力事業者、規制当局等）がその役割を遂行する能力、リスクに関する組織文化、社会のリスク許容度やリスクガバナンスに関係する主体への信頼等の社会的風土といった背景要因が大きく影響することにも留意が必要である。

また、東京電力福島第一原子力発電所事故の経験を踏まえた今後のリスクマネジメントの在り方として、上記の「レジリエンス」も重要である。原子力の事故は確率的には頻度が低いが、ひとたび事故が発生すると損害が甚大であること、及び、事故に繋がり得る多様なシナリオが想定されるため、特定の事故シナリオを想定した従来のリスクマネジメントの考え方では対処できない可

能性を認識すべきである。そのため、レジリエンスの高い原子力事業運営が可能となるようなリスクマネジメントが求められる。具体的には、事故が発生することを前提に被害を最小限に抑えるための原子力防災の分野での対策の強化や、想定外の事象発生時にも迅速かつ効果的な対応が可能となるアクシデントリスポンス能力の向上、事故の発生から迅速に元の状態に復元するための体制整備など、事故発生後のスムースな回復を常に意識し必要な対策を講じながら、事故の事前予測や深層防護の徹底等を、柔軟性を持った形で進めていくことが必要である。



（出典）谷口武俊、日本原子力学会標準委員会シンポジウム「原子力安全の基本的考え方について～原子力安全の目的と基本原則～」講演資料, 2013
国際リスクガバナンス協議会、“An introduction to the IRGC Risk Governance Framework”, 2007より

図１　リスクガバナンスの枠組み

＜これまでの反省と課題＞

これまで我が国の原子力事業者は、確率的には頻度が低いが社会的に甚大な被害をもたらし得る原子力特有のリスクについて、経営層も含め十分なリスクマネジメントを行ってこなかった。このことは、原子力特有のリスクに向き合う経営トップのコミットメントの欠如、非常事態に対応可能なプラントの設計理解・判断能力に長けた人材育成・訓練の不足、原子力の安全性に関するリスク情報の整備・活用の不足、リスクマネジメントへ外部の多様なステークホルダーの積極的な参加を求めるコミュニケーションの不足等に表れている。

また、発電所の設計の理解と各種機器の配置・能力などの情報、発電所の弱

点の把握は安全確保の基礎であるにも関わらず、原子力事業者は、メーカーに過度に依存し、これらの知識・経験の蓄積が十分ではなかった。各事業者は、非常事態に適切な事故対応が可能となるよう既設原子力発電所の設計に関連する情報を、自らのものとして統合的に維持・把握することが不可欠である。特に、事故に関する損害賠償責任は、設計がどうであれ事業者が負う事が世界的なルールであることからも、事業者の設計に関する真剣な取組が必要とされる。他方、メーカーにおいても、オーナーズグループ等を通じて、同型原子力発電所の事故情報、安全性向上対策等の積極的共有に貢献するとともに、発注者と請負者という関係性を超え、常に原子力事業者に対して積極的な安全性向上対策を発信していく姿勢が求められる。こうしたメーカーの役割を期待するためにも、原子力事業者は運転情報を適切に開示していくことが必要である。

また、我が国の原子力事業者は、IAEA のシビアアクシデントや PRA のレビューミッションを積極的に活用していないなど、更なる安全性向上を実現すべく世界から学ぶという姿勢が乏しかった。

＜他産業のリスクマネジメント（航空産業の事例）＞

他産業のリスクマネジメントの例として、航空産業（日本航空）の事例が挙げられる。日本航空では、トラブルが多発して 2005 年に業務改善命令を受けたことを契機に、安全担当部門を経営企画部門と並ぶ企業を推進させる両翼のエンジンと位置付け、グループ全体のリスクマネジメントを統括する安全推進本部を社長の直下に設置した。安全推進本部は現場に精通したプロスタッフを擁し、現場に設けられている各安全担当組織の安全管理をモニターしている。また、社長や担当役員をメンバーとして安全対策会議を設置し、経営トップのコミットメントの下、安全に関する各種重要事項が決定され、四半期毎にレビューされる体制が整備されている。各部門横断の仕組みとして、安全情報データベースにトラブル情報を集めるシステムを構築し、収集された情報をリスクマトリックスとして整備し、全部門、全社員がリスクマネジメントのために活用できる仕組みとなっている。

また、航空産業において、規制当局、航空機メーカー、航空会社等が一体となって安全向上のためのロードマップを作成し、達成度評価を行っていることは注目に値する。ロードマップの運用は、規制活動及び事業者の活動に関する項目についてアウトプットの評価を行うとともに、アウトプットの結果の達成度として、地域毎の事故率等の形でアウトカムを公表している。

参考　日本航空のリスクマネジメントと航空産業の安全向上の仕組み

日本航空では、ヒューマンエラーを起因とするトラブルが多発して 2005 年に業務改善命令を受けたことを契機に、日本航空グループの存立基盤として安全を最優先とし、リスクマネジメント改革が実施されてきた。

業務改善命令を受け、日本航空では、従来から安全の最優先を掲げてきたものの、経営の効率化に取り組む中、①安全が最優先であることを常に強調し浸透させる経営の取組が不十分であった、②安全と定時制を安易に両立させようとする風潮を現場に生じさせた、③経営と現場との距離感及び部門間の意思疎通の不足が生じていた、④現場に対する経営トップの双方向コミュニケーションが不十分であった、という自己分析を行った。

安全を最優先とする企業として再生するため、日本航空は安全担当部門を経営企画部門と並ぶ企業を推進させる両翼のエンジンと位置付け、グループ全体のリスクマネジメントを統括する経営の強力な参謀本部として、社長の直下に安全推進本部を設置した。安全推進本部は運行・整備・客室・空港・貨物の現場に精通したプロスタッフを擁し、現場に設けられている各安全担当組織の安全管理をモニターしている。また、社長、副社長、安全担当役員、運航・整備などの担当役員をメンバーとして安全対策会議を設置し、経営トップのコミットメントの下、安全に関する各種重要事項が決定され、四半期毎にレビューされる体制が整備されている。

また、各部門横断の仕組みとして、安全情報データベースにトラブル情報を集めるシステムを構築し、収集された情報をリスクマネジメントに活用している。これらの情報等を踏まえながら、起こり得る最悪の事態も想定したリスクマトリックスを整備して、全部門、全社員がリスクマネジメントのために活用できる仕組みとなっている。

更に、事故件数や重大インシデント件数、ヒューマンエラーによる不具合件数などについて安全指標を定め、定量的に情報を収集することで、安全レベルの可視化を図ると共に、PDCA に活用している。定量化されたパフォーマンスに基づく分析も含む形に、安全監査のシステムも変革している。この際、軽微なヒューマンエラーであっても、非懲戒方針の下、安心して報告できる自発報告制度を整えており、各部門合わせて年間 1 万件程度の報告が寄せられている。

安全文化の浸透という面では、過去の事故の風化を防止し、次の世代に

事故の教訓を引き継ぐことで、安全を大前提とした企業風土を培っている。例えば、グループ全社員 3 万 6000 人に対し、2 年間にわたって安全意識を高める教育を実施した。

また、航空産業においては、発生した事故や安全性を低下させ得る重大な不具合を分析した結果必要とされる追加的安全対策について、対象となる航空機の設計を承認した国の追加的規制要求が他国と共有され、他国においても規制要求化される仕組みが整っていること、さらに、規制当局、航空機メーカー、航空会社、加えて労働組合や空港が一体となった安全向上のためのグローバル航空安全ロードマップの作成と達成度評価は注目に値する。ロードマップの運用は、国際標準への適合や規制監督の成熟度等規制活動に関するもの及び業界でのベストプラクティスの活用等事業者の活動に関するものからなる 12 に亘る項目についてアウトプットの評価を行うとともに、アウトプットの結果の達成度として、地域毎の事故率等の形でアウトカムを公表している。

（３） リスク評価とリスク管理目標

＜リスク評価活用の利点＞

原子力のリスクマネジメントは、確率論的リスク評価（PRA）やストレステストの実施によるクリフエッジの特定等の重層的な評価に基づいて行われるべきであるが、事故に繋がる事象の網羅的な評価、脆弱点抽出、対策の効果の定量化などの効果を持つ PRA は、効果的なリスクマネジメントを実施する上での出発点となる重要なツールであり、諸外国では積極的に活用されている。他方、我が国においては、PRA はこれまで必ずしも積極的に活用されてこなかった。東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓でもあるが、可能性は低いが仮に事態が進展してしまうと社会に甚大な影響を与えてしまう事象に対する想像力、緊急時対応の事前準備等を向上させるためにも、PRA を通じた網羅的なリスク評価は不可欠かつ優先して整備すべきリスクマネジメント・ツールである。

PRA は事故シーケンスに応じた被害の発生確率と結果の網羅的な評価、脆弱点の抽出、対策の効果の定量化ができ、適切な深層防護方法を決定するための

情報等、プラントの安全性向上に有用な情報を提供する。また、安全上プライオリティの高い事項に人員・資金等のリソースを適切に配分することや、防災計画立案等の事故が起きた場合への準備等にも役立つ。さらに、リスク評価を行わずに決定論的思考のみで安全対策を検討すると、事故シナリオの網羅的な把握や安全要求の効果の比較の機会に欠けるため、結果として、事業者による自律的で適切なリスクマネジメントが阻害される恐れがある。

「PRA には大きな不確かさがあり、不完全なものである」等の意見もあるが、従来の決定論的手法にも不確かさは存在しており、どちらも不確かさを持つという意味では同じレベルである。PRA は不確かさを作るものではなく、既に存在する不確かさについて分析し、我々は「何を理解していないか」を理解する上で極めて有効なツールとなる。

また、PRA を実施して終わりではなく、その成果をどう解釈し、どのように具体的な安全対策に係る意思決定に繋げるかが重要である。ここにその組織の持つ価値観や姿勢などリスクマネジメントのあり方が反映される。

他方、PRA はリスクマネジメントの為の貴重な技術情報をもたらすものの、①網羅的事故シーケンスの同定の過程等で PRA 分析の対象から外れてしまっている事象（unknown unknowns）や②原子力事業を実施する組織の姿勢や風土等事故の背後要因になる問題を明らかにするものではない点も留意されるべきである。

＜これまでの反省と課題＞

我が国においては、1990 年代に外的事象 PRA に関する手法の研究開発やデータ整備が研究機関において進んだものの、その手法と知見は不確かさが大きい等の理由から、原子力事業者における PRA の実施が不十分であった。東京電力福島第一原子力発電所の事故や昨今の規制課題を振り返っても、津波をはじめとする外的事象に関する不確かさを含めた客観的な評価の実施は最優先課題である。

また、PRA を実施して、その結果を客観的に解釈し具体的対策実施に繋げる上で、我が国において定量的な安全目標が未確立であったことも課題であった。各原子力事業者による適切なリスクマネジメントを実践するため、まずは自主的に管理目標を設けることから取り組むべきとの指摘があった。

＜米国の事例＞

米国においてはTMI原子力発電所事故後、規範的な（達成すべき性能ではなく具体的なプロセス、技術又は手順などを指示する）規制を強化する方向に向かったが、産業界による科学的根拠に基づくリスク評価の実施という真摯な取組が、NRCの規制運用の最適化をもたらしたことから、各原子力事業者のリスク部門の発言力の向上やリスクマネジメントに関するサポートサービスの活躍の場の拡大に繋がった。

米国でPRAを活用する事業者においては、会社経営層のトップダウンの決断の結果として、リスク部門の提案が実際の建設・運転・保守のあり方に反映され、プラントの安全性向上に重要な役割を果たしている。リスク評価の手法や結果をブラックボックスにすることなく、部門にまたがる共通言語として活用しているため、経営トップも含め、PRAに基づくリスク評価に関する幅広いトレーニングが実施されている。

参考　米国におけるリスク評価の活用

米国においては TMI 原子力発電所事故後、規範的な規制を強化する方向に向かったが、保守的すぎる規制は改められるべきという問題意識の下、1984 年に規制課題対応組織として原子力管理人材協議会（NUMARC）（1994 年、原子力エネルギー協会（NEI）設立時に合併）が設立され、「安全目標やPRA技術を活用すべき」、「パフォーマンスベースの考え方をもっと取り入れるべき」といった科学的・合理的な根拠に基づく規制への転換を米国原子力規制委員会（NRC）に対して求めた。こうした産業界の働きかけを受けNRCは、1986年、安全目標声明を公表し、1988年、1991年にはそれぞれ発電所の内的事象のリスク評価、外的事象のリスク評価の実施を各事業者に要求した。また、1995年にはNRCが安全規制にPRAの知見を活用する基本的な考え方を示す「PRA政策声明書」を発表し、その後、NRCと産業界が協力してリスクの知見を活用し運転実績に応じて規制の関与の仕方にメリハリをつける原子炉監視プロセス（ROP）の導入等に至った。

このように、産業界による科学的根拠に基づくリスク評価の実施という真摯な取組が、NRC の規制運用の最適化をもたらしたことから、各原子力

事業者のリスク部門の発言力の向上やリスクマネジメントに関するサポートサービスの活躍の場の拡大に繋がった。その後現在に至るまで、規制運用の最適化がもたらすインセンティブ、原子力事業者のリスクマネジメントへのコミットメント、原子力事業者内外のリスクリテラシーの高い人材の厚みに支えられ､米国の各事業者においてPRAが有効活用されている。

米国でPRAを活用する事業者においては、会社経営層のトップダウンの決断の結果として、リスク部門の提案が実際の建設・運転・保守のあり方に反映され、プラントの安全性向上に重要な役割を果たしている。例えば、運転部門、保守部門、リスク部門等の責任者を集めた意思決定パネルを設置して、その場で、PRA に基づくリスク評価の手法及び結果を共有し、追加的安全対策の要否等の決定を行っている。すなわち、リスク評価の手法や結果をブラックボックスにすることなく、部門にまたがる共通言語として活用している。また、このためにも、経営トップも含め、PRA に基づくリスク評価に関する幅広いトレーニングが実施されている。

（４） リスクコミュニケーション

＜これまでの反省と課題＞

原子力分野においては、これまで、各原子力事業者内、事業者と利害関係者の間、研究者間、あるいは、事業者や専門家と一般公衆との間等あらゆるレベルにおいて、原子力のリスクを提示した上でのコミュニケーションが不十分であった。政府も原子力事業者もその他原子力関係者も、「原子力施設は安全なのか」という素朴な問いに対して、「安全だ」と答えてきてしまった。しかし、あらゆる技術にリスクはあり、それは二元論ではなく連続的なものである。常にゼロリスクではないことを意識したリスクマネジメントと、それを前提としたステークホルダーとの継続的なコミュニケーションを行うべきである。

＜原子力事業のリスクガバナンスとコミュニケーション＞

適切なリスクガバナンスの枠組みが有効に機能するためには、まずは、原子力事業者の組織内部及び多様な外部ステークホルダーとの間での「原子力のリ

スク」に関するコミュニケーションが必要である（図１参照）。
　第一に、事業者の組織内部においてコミュニケーションが実践されることが重要である。懸念事項や関心事項について自由に意見表明でき、リスク認識について異なる者の間で議論することを通じてリスクの削減を目指していく企業風土が必要であり、①現場のリスク情報を経営層まで共有する、②リスク情報について部門横断的に意見交換を行う、③第三者的視点から安全に関する監視を行う技師を置くなどの取組が求められる。
　また、原子力事業者と、様々なステークホルダー間でリスクに関するコミュニケーションが不十分であった。リスクマネジメントのプロセスに、産業界や学術団体、地域住民を含めた多様なステークホルダーの参加を求め、その意見・懸念を聴取し、それを一つ一つ事業者としてのリスクマネジメントに反映させていくことが重要である。適切なリスクガバナンスのあり方としても、原子力のリスクに関する問題枠組み設定（プレアセスメント）の段階から「原子力のリスク」について幅広いステークホルダーと緊密なコミュニケーションを行っていくことで、結果として原子力特有のリスクに対応した適切なリスクマネジメントに繋がっていく。

＜適切なコミュニケーションの前提となる原子力のリスク情報の取扱い＞

　原子力のリスクについて適切なコミュニケーションを実現するためには、リスク情報の取扱いにも課題がある。
　まず、リスク情報が適切に伝達され、また活用されるためには、リスクの大きさの相場観や、当該リスクを避ける選択をした場合に生じる別のリスクやコスト等のトレードオフ関係も含めた全体像を伝達することが重要である。そのためには、異なる専門分野におけるリスク情報を統合した形で取り扱うことが求められる。一方でこれは容易ではない。社会から信頼が極めて低い状況下で、原子力事業者自らが原子力リスクを他リスクと比較し、情報を提示することは更なる不信につながるとの指摘もある。また、専門家として社会とのコミュニケーション以前の問題として、異分野研究者間、例えば、工学系の専門家と人文系の専門家の間でリスクに関する議論が尽くされる必要があるが、それらの議論は極めて不十分だったとの指摘がある。分野を越えたコミュニケーションが不足すると、リスク評価がある一面のみに偏ったバランスを欠く評価に陥りがちとなる。
　東京電力福島第一原子力発電所事故の発生直後においては、低線量被ばくの

影響など不確実さを含むリスク情報をめぐって大きな混乱が生じた。科学的知見に不確実さがある領域では、研究者、医者などの専門家の中でも意見が大きく異なり、その中から国民が自らの生活にとって必要な情報を取捨選択することが困難であった。専門家がどこまでわかっていて、どこからがわかっていないのか議論し、コンセンサスを形成しなかったことが、国や専門家が国民の信頼を失う一因となったとの指摘もあった。

また、過去においては、立地地域住民をはじめとする情報の受け手が、原子力リスクの存在を受容しないのではないかという原子力事業者の懸念が、リスク情報の発信を阻害してきた。しかし、東京電力福島第一原子力発電所事故を経験した現在では、リスクをきちんと説明しないことこそが受け手の不信を生む。

事故により原子力事業者の信頼が低下している中、パブリックアクセプタンス（PA）の概念の下、一方的に一つの考え方への理解を求めるのではなく、双方向のコミュニケーションを行うことが求められている。例えば、専門家が原子力の被害をガンによる死亡と定義するなど被害形態を明確にしてリスクの話をする一方で、一般的に人は被害形態について避難生活や職を失うことなど多様な捉え方をしており、多様なリスク指標についてのリスクプロファイルを描いての議論が必要との指摘があった。また、リスク心理学の観点から、専門家が一般の人にリスクをうまく伝えられるかについては信頼が一つの要因となること、信頼を得るには、コミュニケーションをとる相手の主要な価値観を理解しようとすることが重要との指摘もあった。

特に、地域住民の方々が問いたいのは、「万が一避難が必要になったときに、『私』は逃げられるのか」という個人の視点であることを改めて認識すべきである。今後は、避難のリスクが存在することを前提に、原子力事業者が防災体制の強化、避難計画への積極的貢献といった姿勢を示していくことが必須となる。今後、例えば、レベル 3PRA（放射性物質の敷地外への放出による公衆へのリスクを評価）のリスク情報を活用し、防災計画など、緊急事態への備えに原子力事業者が関わっていくことが、リスクコミュニケーション上も必要ではないかとの指摘があった。

なお、望ましいリスクガバナンスの前提となる双方向のコミュニケーションは、当事者の信頼が失われた状態では十分成り立たない。原子力事業者をはじめとする当事者がその信頼を得るためには、最終的にはステークホルダーとの

価値の共有が必要となる。原子力に関してステークホルダーが有する価値観は、必ずしも「原子力のリスク」の範囲内には止まらないという現実があり、真に信頼を得るためには、より幅広い論点を念頭に置いたガバナンス枠組みを意識すべきとの指摘があった。具体的には、「原子力のリスク」にとどまらない問題、すなわち、使用済み燃料処分の問題、我が国のエネルギーミックスにおける位置付けなど原子力事業そのものの在り方を含めた形で、双方向のコミュニケーションを通じて、ステークホルダーの価値観を反映し、ガバナンス枠組みにおける問題設定を行っていくことが必要となる。そのため、本ワーキンググループの検討スコープである「原子力のリスク」にとどまらない幅広い論点について、原子力事業者によるもののみならず、原子力事業に関係する政府を含めた幅広い主体によるコミュニケーションを成熟させていくことの必要性が提起された。

＜仏国・米国の事例＞

原子力のリスクを伝えるためのリスクコミュニケーションにおいては、何をコミュニケートするかのみならず、透明性の確保が重要であり、立地地域の住民等のステークホルダーとの透明性の高い意見交換の中で、共同で事実確認を築き上げていくことも可能となる。この観点で仏国の地域情報委員会（CLI）制度には、我が国としても学ぶべき点がある。

また、パブリックリレーションのあり方については、米国原子力エネルギー協会（NEI）の事例が参考になる。東京電力福島第一原子力発電所事故の際、透明性、公開性、迅速性を心がけて、議会、財界、プレスに事実に基づく客観的な情報を集めて公表した。こうした努力が功を奏し、事故後 1 ヶ月の 2011 年 4 月の時点で 70%から 48%までに下がっていた原子力発電に対する一般国民の支持率が、同年 9 月には 68%までに回復した。

参考　仏国の地域情報委員会（CLI）

CLIは原子力施設立地地域の要望を受けて1981年の首相通達により設置され、法的根拠を持たない形で始動した。当初は、財源等も不安定で、各CLIの活動には差があった。2006年、原子力事業の透明性を担保するための一連の規制改革の中で、原子力安全及び透明性に関する法律が制定され、原子力安全局（ASN）の独立性強化と同時に、透明性の高い情報共有のメカニズムとして各原子力施設におけるCLIの設置が義務化された。CLIは政治的な取引を行う場ではなく、原子力施設に関する安全やリスクに関する情報の透明性を確保することを目的とし、立地地域の住民等の多様なステークホルダーとの議論や意見聴取の場として法的に位置付けられている。

CLIの資金については規制当局であるASNが例えば50%を負担するが、残りは関係自治体が拠出し、事業者からの出資は原則禁止されている。CLIは県議会議長を責任者とし、地方議員50%以上、原子力に対し慎重・反対の団体の多い環境保護団体10%以上、雇用や経済問題に関心の高い労働組合 10%以上、専門家・有識者 10%以上という構成で、多様なステークホルダーが参画する。

CLI は恒常的に設置されている組織として、平常時は事業者や規制機関であるASNから事業活動、規制活動について聴取や住民との意見交換会の開催、広報誌やインターネットによる住民への情報発信を行い、トラブル発生時には事業者からトラブル情報を受け取り、メンバー間で情報の共有等を行う。原子力施設の増設や運転再開に際しては、CLI は拒否権を持たないが、ASNからの意見聴取は実施される。（要請があった場合、ASNは説明を拒否できない。）また、CLI は自ら調査等を実施し、「何を確認すべきか」、「どの専門家に協力を依頼するか」を含め自ら意思決定をしている。

一方で、CLI の活動の充実度は住民の関心度合いによるところがあり、全てのCLIが積極的に活動をしているわけではないことには留意が必要。

参考　米国原子力エネルギー協会（NEI）のパブリックリレーション

米国産業界においては、パフォーマンス・インディケータのデータ公開に対して躊躇があったが、透明性向上の観点から公開に踏み切り、毎年評価結果が出る度に、NRC 地方局がサイト周辺で開催する公開会議で評価結果を説明する仕組みとなっている。

米国原子力エネルギー協会（NEI）は、他産業である石油業界のディープ・ウォーター・ホライズンにおける重油流出事故において外部とのコミュニケーションが後手に回ってしまったという事実を対岸の火事とせず教訓とし、東京電力福島第一原子力発電所事故の際にも、透明性、公開性、迅速性を心がけて、議会、財界、プレスに事実に基づく客観的な情報を集めて公表した。こうした努力が功を奏し、事故後 1 ヶ月の 2011 年 4 月の時点で 70%から 48%までに下がっていた原子力発電に対する一般国民の支持率が、同年 9 月には 68%までに回復した。

但し、米国産業界においては、1984 年に規制課題対応組織として NUMARC が設立されているが、広報活動を行う米国エネルギー啓発協議会（USCEA）等を統合して産業界を代表する組織として NEI が設立されたのは 1994 年である。広報だけではなく、技術課題の検討と産業界の意見を集約する機能等も兼ねそろえた組織として現在の公衆の信頼を獲得するまでには時間を要したことには留意が必要である。

（５）　自主的かつ継続的な安全性向上に資する原子力産業界全体の仕組み

＜原子力産業界全体で取り組む必要性＞

適切なリスクガバナンスの枠組みの下に位置づけられるリスクマネジメントの確立、PRA の積極的活用、必要な安全対策の実施及び既存の軽水炉の安全性向上研究の効率的実施、これらに関係する人材育成等の原子力事業者の自主的安全性向上の取組は、各原子力事業者のコミットメントに基づくものでなければならないが、併せて、海外の事例を参考にしつつこうした取組を根付かせるための原子力産業界全体としての仕組みを構築していくことも必要である。

＜これまでの反省と課題＞

然るべき人的基盤に支えられた産業界における幅広い自主的安全性向上の取組の必要性は、TMI 原子力発電所事故、チェルノブイル原子力発電所事故等を受け我が国においても繰り返し謳われてきた内容である。しかしながら、総花的に必要な対策を羅列することやミッションのはっきりしない新組織を立ち上げることでは、自主的な安全性向上が継続的に進展していく望ましい姿が実現しない。

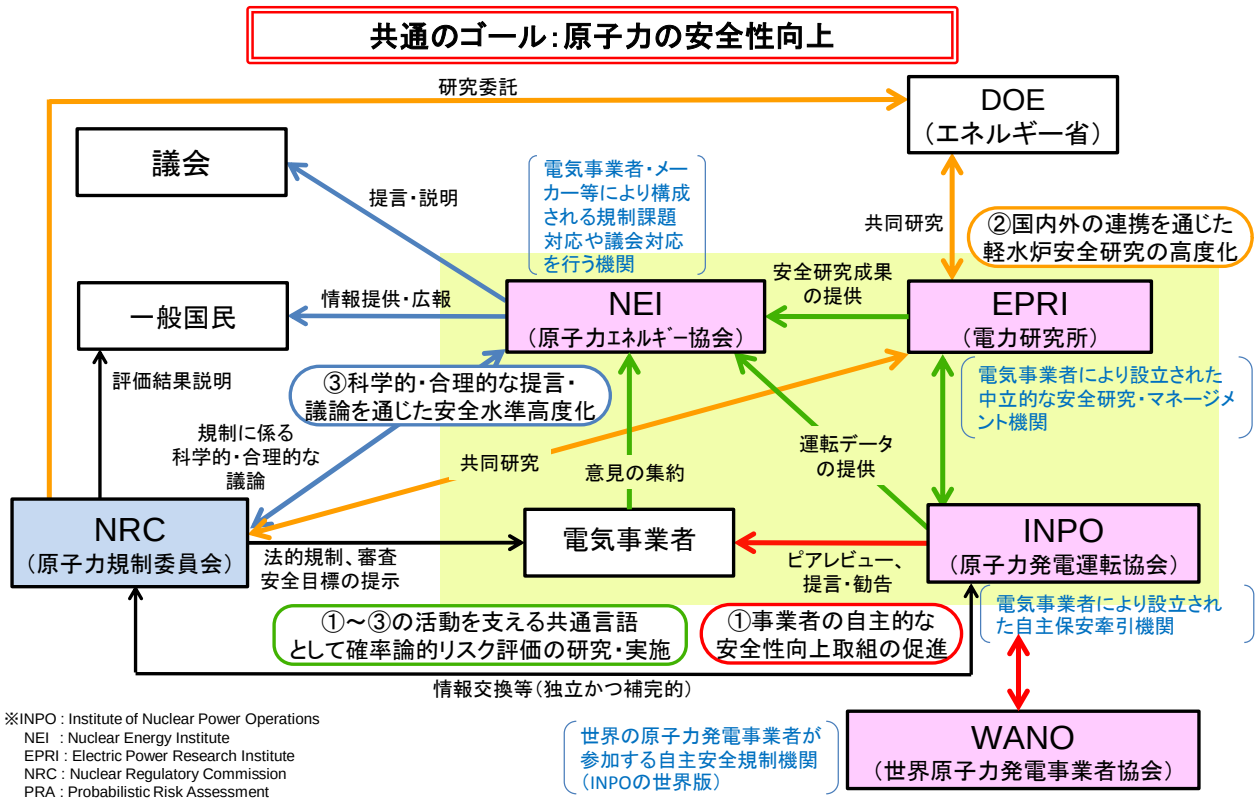
日本の原子力安全推進協会(JANSI)は INPO に倣い 2012 年 11 月に設立された組織であるが、INPO が設立間もない頃と同じく、原子力事業者から独立した形で原子力運営の excellence を追求するリーダーシップを育む途上にある。INPO や世界原子力発電事業者協会（WANO）等のベストプラクティスに学び、一日も早くピアレビューによる各発電所等の評価の手法と体制を確立することが期待される。

一方、日本においては産業界が原子力規制委員会との間で規制課題について科学的かつ建設的なコミュニケーションが十分に出来ていない現状がある。この背景の一つには、安全確保について原子力事業者全体としてプラント毎のリスクの違いを覆い隠す連合体によるロビー活動に依存してきたことがある。そのため、a)安全確保に関する産業界としての情報発信を、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行うための仕組みや、b)自主的安全性向上に向けた各事業者のリスクマネジメントがより信頼されるよう技術的側面からサポートするような機能が必要とされる。

なお、我が国においては、異分野研究者間、例えば、工学系の専門家と人文系の専門家、産業界と規制当局間、研究者と実務者間、産業界と国民との間等、様々なステークホルダー間でリスクに関するコミュニケーションが不十分であったため、リスクガバナンスの枠組みが適切に機能しなかったとの指摘もあった。

＜米国の事例＞

自主的かつ継続的な安全性向上に資する原子力産業界全体の仕組みを検討するにあたって、米国産業界の原子力発電運転者協会（INPO）による事業者相互レビューや、原子炉メーカー等を含め、産業界の知見を糾合した原子力エネルギー協会（NEI）による科学的情報発信等の機能、軽水炉安全研究のマネジメントを行う米国電力研究所（EPRI）などの事例が参考になる。（図 2 参照）



※その他、規制当局、産業界を含めた原子力業界は、学会や規制情報会議（RIC）等のオープンな場で、規制、被規制の立場を超えて、専門家としての議論を行っている。

図２　米国産業界による自主的かつ継続的な安全性向上に向けた仕組み

参考　米国産業界による自主的かつ継続的な安全性向上に向けた仕組み

INPO は 1979 年 3 月に発生した TMI 原子力発電所事故の調査のために大統領指示で設置されたケメニー委員会の勧告を受けて、業界内で監視評価及び支援を行い、自主保安を牽引する組織として 1979 年 12 月に設置された。プラント職員の知識とパフォーマンス、系統と機器の状態、プログラムと手順の質、プラント管理の有効性等に着目してプラント運転の安全性、信頼性について評価（5 段階）を行い（プラント評価のシステムは 1983 年に開発され、5 段階評価は 1985 年から導入された。）、 年に 1 度開催される非公開の CEO 会議で INPO の CEO が各原子力事業者 CEO に評価結果を直接報告することでピアプレッシャーを与えている。INPO のプラント評価の結果が良い場合、原子力発電共済保険（NEIL）の保険料が減免され、経

済的なインセンティブも伴う。

INPO が設立間もない頃、スタッフの不足、各原子力事業者トップのコミットメントの不足等から、原子力事業者との関係で十分なリーダーシップは果たせなかった。INPO は、米国海軍で原子炉取り扱いの経験のある職員も登用するなど、有能なスタッフの確保に奔走したが、当初電力事業者は有能な人材を出したがらず、プロパー職員の質向上にも時間を必要とした。こうした中、各事業者の CEO に優秀な人材を送るように直接働きかけを行うとともに、出向職員が実際の稼働率向上に繋がる有益な知識を得て出向元である事業者に戻っていったことから、優秀な人材が提供されるようになった。初期においては、職員は業界から INPO に出向し、出身組織に戻っていく前提であったが、1990 年頃には、中核となるスタッフや評価の出来る専門家が必要との認識に至り、現在は 500 名程度の人員の内、約 390 名はプロパー職員で構成される。

また、INPO による自主保安牽引だけではなく、米国においては規制課題について産業界を代表する形で分析を行い、規制当局に対して建設的な代替案を提案する組織として、1984 年に NUMARC が設立され、1994 年には、NUMARC、議会対応を行う米国原子力協議会（ANEC）及びエジソン電気協会（EEI）の原子力部門、広報活動を行う米国エネルギー啓発協議会（USCEA）を統合し、産業界における唯一の政策対応組織として NEI が設立された。NEI は約 120 名のプロパー職員によって支えられ、出向者は数名程度である。

NEI は被規制者ではない独立組織として、規制に対する原子力事業者のポジション・対応方針について 25 電力 CNO の投票により意思決定（80%以上の同意で意思決定を行う）を行い、産業界のワンボイスとして、連邦議会、NRC 等に原子力産業界を代表して働きかけるとともに、国民への広報活動も実施する。意思決定に先立ち、産業界の技術およびビジネスの課題を解決するためのフォーラムとして、原子力事業者以外にもメーカー、コンサルタント等が参加する約 100 の専門家会合で重要課題を検討する。なお、こうした技術課題の検討においては、電力研究所（EPRI）が大概の専門家会合に出席し、国内外の研究機関との連携を媒介してプロジェクトを管理して必要な技術的情報や見地について支援を行っている。このように、NEI は規制・技術課題対応、議会対応、広報活動と、あらゆる解決方策を一つのテーブルで考えることが可能な組織として機能している。

NEI は安全文化について「あなたは自らの問題を発見し解決しようとし

ているか」と産業界に問いかけ、NEI を中心とする産業界のイニシアチブについて NRC から承認を得、原子力の安全性向上に働きかけるとともに公衆の信頼を得てきた。こうした産業界のイニシアチブによる規制最適化は、ROP を始めとして、1988 年からこれまでに 20 件程度あった。

また、こうした米国原子力産業界全体を支える基盤として、人材の層の厚さ、知的基盤の効率的連携が挙げられる。INPO 等においては、原子力発電事業者等以外にも原子力技術の知識を有し、リーダーシップに定評のある海軍出身者が活躍している。軽水炉安全研究をコーディネートする EPRI は、自ら研究開発を実施するだけでなく、エネルギー省傘下の 12 の国立研究所や規制当局(NRC)、米国原子力学会等の知的基盤を連携させることで研究の質向上に繋げている。原子力事業者、メーカー、政府機関等いずれの組織も、雇用に流動性があり、異なる複数の原子力事業会社や規制当局での経験を有する人材によって立ち上げられたコンサルティング会社やエンジニアリング会社は事業者の PRA の実施や NEI の専門家会合をサポートしている。

こうした米国原子力産業界の体制整備は、1980 年、TMI 原子力発電所事故に対応するため設立された事業者による産業界組織である原子力発電事業者監視委員会（UNPOC)、後にメーカー等も参加する形で改編された原子力発電監視委員会（NPOC）において行われた産業界大の自主的な検討に基づくものである。

（６） 軽水炉の安全研究

＜これまでの反省と課題＞

軽水炉が我が国に導入されて数十年が経過し、技術が成熟化してきたことから、1990 年代以降、政府科学技術予算によって研究機関で実施される軽水炉の基礎研究、安全研究は減少してきた。安全研究の大部分が規制課題に対応した研究となる中で、規制対象ではなかった軽水炉のシビアアクシデントに係る研究開発は大幅に縮小し、特に事業者側ではほぼ実施されてこなかった。こうした傾向の下、研究者と軽水炉のユーザーである原子力事業者、メーカーとの連携も不十分であった。このことにより、軽水炉安全研究に係る人材が不足し、

長期的な視点からの研究施設基盤の整備も進まず、研究開発能力は低下し、産業界の慢心にも繋がった。

また、産学官が協力し効率的に研究開発を進めるために燃料高度化や高経年化などの分野で技術戦略ロードマップの策定が進んでいたが、軽水炉安全全般に関する技術戦略ロードマップは存在しなかった。そのため、軽水炉システム全体の安全性高度化に向け、いつまでにどのような研究開発を実施するか、誰がどの研究開発を実施するかについて、基礎研究を行う研究機関、機器を開発するメーカー、実際に技術を活用する原子力事業者、規制高度化する規制当局などの関係者で認識が共有されてこなかった。結果として、限られたリソース（資金、人的リソース、設備）を効率的に活用することができなかった。また、諸外国では当然に行われている、推進側と規制側に共通する知的基盤に関する共同安全研究も限定的にしか実施されてこなかった。規制側が原子力規制委員会として独立した現在、今後の安全研究のあり方について検討することはより重要となる。

＜米国・仏国等の事例＞

米国の軽水炉の安全研究は、主として、電力研究所（EPRI）が中心となり実施されている。EPRI は、産業界のニーズにタイムリーに合致した軽水炉の安全研究を含む各種技術開発ロードマップを作成しており、それに従って EPRI がプロジェクトマネージャーとなる形で研究開発が実施されている。その際、ロードマップ作成段階から EPRI は INPO や NEI、会員等とコミュニケーションを図り、国内外の原子力事業者、NEI、INPO、DOE、NRC、国内外の複数の研究機関と連携しつつ研究開発を進めている。

また、米国原子力規制委員会（NRC）は民間事業者等や DOE 及び DOE の国立研究所等と共同研究開発を行う際、共同研究に関する方針を示した覚書を交わし、研究開発成果について共同で結論を導かない等の工夫をすることにより NRC の独立性を確保した上で、規制・推進に共通する各種基盤研究を実施している。

仏国では、原子力・代替エネルギー庁（CEA)、フランス電力（EDF)、メーカー（AREVA）の三者のパートナーシップ合意に基づき、原子炉分野の研究開発計画について定期的に意見交換を行っている。

また、放射線防護原子力安全研究所（IRSN）は規制当局(ASN)の技術支援機

関であるが、原子力推進側の政府研究機関であるCEAとシビアアクシデント等の分野の共同研究を実施している。実機に関する知識を得るため、IRSNはEDFやAREVAなどの産業界にも契約に基づき技術を提供したり共同研究を行ったりする。

なお、欧州においては、シビアアクシデント研究を欧州各国の規制当局、産業界の関係機関によるネットワークで進める動きがあり、東京電力福島第一原子力発電所事故を受けて活動が活性化されている。

＜安全研究のあり方＞

ある分野で優れた安全な機器を構築しても、他の分野で問題があれば、原子力プラント全体としての安全性向上には繋がらない。つまり、安全研究は、一つの分野に特化するのではなく、多くの分野・領域を俯瞰し、それぞれがコーディネートされた形で進めなければならない。今後、我が国においては、軽水炉の安全向上のための研究開発課題を明確にするとともに、学会、研究機関、メーカー、原子力事業者に軽水炉の安全研究に知見を持つ人材や各種実験施設、資金等が分散する中で、政府が中心となり軽水炉の安全研究に関する技術開発ロードマップ等を策定し、各主体間の連携を可能にすべきであるとの指摘があった。また、ロードマップは、最新の知見が反映され、継続的に見直されるものであることが必要となる。こうした活動を通じて、全体を俯瞰できる人材を育成し、有効な安全研究を効率的に実施するための枠組みを整備して、研究者や研究施設を継続的に確保することが重要である。

その際、国際的な観点から研究開発の重複を排除するためにも、米国や仏国などの原子力技術開発の動向を踏まえ、国際機関での対応も含め、国際協力の下、研究開発を効果的に実施していくべきであるとの指摘があった。

参考　米国における安全研究

米国の軽水炉の安全研究は、主として、電力研究所（EPRI）が中心となり実施されている。EPRI は、産業界のニーズにタイムリーに合致した軽水炉の安全研究を含む各種技術開発ロードマップを作成しており、それに従って EPRI がプロジェクトマネージャーとなる形で研究開発が実施されている。その際、ロードマップ作成段階から EPRI は INPO や NEI、会員等とコミュニケーションを図り、国内外の原子力事業者、NEI、INPO、DOE、NRC、国内外の複数の研究機関と連携しつつ研究開発を進めている。なお、任意加盟の国内外の会員による会費で事業運営されており、原子力関連予算の 8 割は既存軽水炉に関する研究開発に投じられている。

また、米国原子力規制委員会（NRC）は民間事業者等と共同研究開発の契約・合意等を行う際に、利益相反の評価を行うことを法律で規定しているが、仮に利益相反が存在する場合でも、その研究開発を実施することで最大の国益が実現される場合は利益相反の緩和を条件とすることで研究開発を行うことが可能となっている。なお、DOE 及び DOE の国立研究所等の場合、正当な事由があれば利益相反を緩和することなく NRC は共同研究開発を実施することが法的に可能となっている。

この規定等に基づき、DOE や EPRI は NRC と原子力安全の共同研究に関する方針を示した覚書を交わし、研究開発成果を規制や規制ガイダンスへ適用することについては共同で結論を導かない等の工夫をすることにより NRC の独立性を確保した上で、規制・推進に共通する各種基盤研究を実施している。

参考　仏国・欧州における安全研究

仏国では、原子力・代替エネルギー庁（CEA)、フランス電力（EDF)、メーカー（AREVA）の三者のパートナーシップ合意に基づき、原子炉分野の研究開発計画について定期的に意見交換を行っている。CEA は政府研究機関であるが､産業界にとって有用な研究は産業界が CEA に資金を拠出する。

また、仏国内の原子力研究開発全般をコーディネートするハイレベルの原子力エネルギー委員会があり、CEA 長官、省内幹部他、EDF、AREVA、ASN 等が必要に応じて参加する。

放射線防護原子力安全研究所（IRSN）は規制当局(ASN)の技術支援機関であるが、原子力推進側の政府研究機関である CEA とシビアアクシデント等の分野の共同研究を実施している。IRSN は実機に関する知識を得るため、EDF や AREVA などの産業界にも契約に基づき技術を提供したり共同研究を行ったりするが、産業界からの独立性を担保するため、ASN を支援する専門家と産業界を支援する専門家を内部で区別する。

なお、欧州においては IRSN をプロジェクトマネージメントの主体として、シビアアクシデント研究を欧州各国の規制当局、産業界の関係機関によるネットワークで進める動きがあり、東京電力福島第一原子力発電所事故を受けて活動が活性化されている。

３．　原子力の自主的・継続的安全性向上に向けた提言

（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

社会に甚大な被害を与え得る原子力事業では、原子力のリスクと向き合い、経営トップのコミットメントの下で、質の高いリスクマネジメントを行うことが事業を継続する大前提である。このため、原子力事業者は、立地地域の住民等の多様な外部ステークホルダーの関与や世界の新知見の取り込みを通じて、原子力のリスクに関する問題枠組みを設定し、リスク管理目標の下で適切なリスク評価とリスク判断を行い、必要な安全対策を実施する、という常に安全性向上の更なる高みを目指す「リスクガバナンス枠組み」を構築し、その枠組みの下で各原子力事業者が適切なリスクマネジメントを実施することが求められる。

リスク評価の実施、残余のリスク低減のための安全対策の実施、レジリエンスの向上、といったリスクマネジメントを構成する各取組が、それぞれ独立した形で関係性を無視して進められることになると、部分最適の追求に陥り、我が国の原子力利用全体としての安全性向上の最適解は保証されない。また、原子力事業は、国民、政府、立地自治体、地域住民等との幅広い関係性を有するため、東京電力福島第一原子力発電所事故を経験した状況にあってはより一層、こうした幅広いステークホルダーとの間でリスク認識と課題を共有する必要があり、こうしたステークホルダーが関与する形での適切なコミュニケーションの存在が、適切な「リスクガバナンス枠組み」の前提条件となる。

各原子力事業者のレベルにおいては、経営トップのコミットメントの下、原子力リスクを原子力部門の問題として押し込めることなく、組織全体のコミュニケーションの対象とした上で、原子力リスク評価結果を経営上のリスクマネジメントの一環として把握、咀嚼し、実際の安全性向上対策の実施に繋げていくリスクマネジメントを実施しなければならない。そのため、a)PRA 結果をはじめとする定量化されたリスク情報から早期にリスク状態の異変を感知し、経営判断に活かすメカニズムの導入、b)リスク情報の収集、データベース化と積極的活用、c)リスク管理目標の設定と継続的な見直し、d)第三者的な社内安全監視機能の構築、e)多様な外部ステークホルダーとのリスク認識と課題の共有、といった抜本的な社内リスクマネジメント体制の改革が求められる。

また、TMI 原子力発電所事故以後の米国の INPO の機能は、原子力事業者間のピアプレッシャーを通じ、より効果的なリスクマネジメントを促す仕組みとして学ぶべきである。その要諦は、具体的なプラント運営を現場任せにすることのないよう、INPO のリーダーシップにより、他の事業者の好事例の横展開、第三者的立場からの警告といったメカニズムの下で、原子力発電所オペレーションの Excellence を追求するというものである。我が国において、2012 年 11 月に JANSI が設立されたが、事業者から保証された独立性の下で、各事業者のプラント運営の弱点の指摘、各プラント間の運営状況のランキング付け等に関する米国 INPO 並のリーダーシップを迅速に確立する必要がある。職員のプロパー比率の引き上げ、各原子力事業者の適切な参加を通じたピアレビューの効果の引き上げ、INPO や WANO との連携強化、財産保険とランキングとのリンケージの確立等が求められる。

さらに、規制課題に関する規制当局や国民とのコミュニケーションのあり方も、適切なリスクガバナンス枠組みを機能させる方向へ改善する必要がある。規制さえ満たせば良いとの意識や全会一致の意思決定プロセスの下で落としどころを探っていく対応と決別し、効果的な安全性向上策を常に探していく姿勢と科学的な論拠のない主張は切り捨てる姿勢で、産業界としての意向を一本化していく仕組みが必要である。その意味で、優秀なプロパースタッフからなる米国 NEI のパブリックリレーションのあり方から、我が国も大いに学ぶべきである。

（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

東京電力福島第一原子力発電所事故の大きな教訓の一つは、地震・津波をはじめとする外的事象を考慮にいれた、施設の置かれた自然環境特性に応じた総合的なリスク評価が十分でなく、また、リスク評価されても大きな不確かさの前に迅速な意思決定ができなかったことである。特に、大規模な地震・津波など、不確かさが大きく、発生確率が極めて低いと見積もられる事象だからといって、リスクマネジメントの対象から外し、対応を先送りにすることは許されない。適切なリスク評価を実施し、深層防護の考え方の下、不確かさの大きさに応じ

た適切な安全対策の実施に繋げるべきである。

リスク評価は、確率論的リスク評価(PRA)やストレステストの実施、クリフエッジの特定など重層的に行われるべきであるが、東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえれば、事故シーケンスに応じた確率と結果の網羅的評価、脆弱点の抽出、対策の効果の定量化が可能となる PRA の実施に注力すべきである。規制当局がリスク情報を活用していなかったことや社会のリスク情報に対する反応への懸念などから、我が国において、特に地震・津波などの外的事象に起因するシビアアクシデント対策を中心に、PRA の実践が不十分であったことは事実である。各原子力事業者経営トップのコミットメントの下、規制や社会の実態を言い訳とすることなく、原子力事業者自らが率先して取り組んでいくべきである。

まずは、PRA を用いたリスクマネジメントを実効的なものにするために、各原子力事業者のリスク情報を扱う部署や人材を拡充するとともに、既設炉での外的事象も含め対象とした PRA を、実機データを用いて実践することが重要である。

その際、PRA が各原子力事業者のリスクマネジメントの一環として位置づけられることを前提に、その質を高めていくため、a)PRA 実施状況のピアレビューによる PRA の質の向上（PRA 実施の慫慂）、b)PRA データから読み取れるリスクに関する第三者的警告、c)PRA を通じて抽出される脆弱点の事業者間、多国間での情報共有、d)国内研究開発や海外との連携を通じた PRA 手法の高度化や機器の耐久力や故障確率等の PRA 基盤データの構築とそのデータの活用、e) レベル 2、レベル 3PRA、外的事象 PRA 等の基盤研究・高度化の実施や PRA 活用ロードマップの策定等を進める観点から、我が国の原子力リスク研究の人的、知的蓄積を集約した主体を構築することも検討に値する。

なお、PRA を含むリスク評価を網羅的に実施しても、なお想像し得ない事態が起こりえること、つまり残余のリスクが存在していることを忘れてはならない。

② 深層防護の充実を通じた残余のリスクの低減

これまで我が国においては、規制当局も含めて深層防護の第 4 層以降への対策が乏しかった。また、これまでの内的事象を対象としたシ

ビアアクシデント対策から、地震・津波等の外的事象やテロ等の人為的事象に起因するシビアアクシデント対策についても強化していくべきことは当然である。また、事故の背景には、アイソレーション・コンデンサーの弁が電源喪失で「閉」となるのを防ぐ仕組みの欠如や電気品室が地下に設置されていたことなどプラントの設計の問題も必ず存在するため、原子力事業者は設計に関する情報を統合的に管理する能力を高め、深層防護の第一層を含む設計レベルの対策で安全性を高めていくこと(safety by design)も不可欠である。

PRA やストレステスト等の手法を用いてリスクマネジメントのための技術情報は入手できても、それだけでは実際に安全性向上に資する対策が講じられ、残余のリスクの低減に繋がることは保証されない。規制水準を満たすことだけに止まることなく、網羅的なリスク評価を通じて、各原子力施設がおかれた自然環境特性等に応じた最適な対策が実施に移されなければならない。

具体的には、

a) 各原子力事業者経営トップは、リスクマネジメントのための技術情報を低確率の事象も含めて適切に把握し、安全上プライオリティの高い事項に、人員・資金等のリソースを適切に配分すること、
b) メーカーは、他のプラントに横展開すべき安全対策を、積極的に同型プラントを保有する他の原子力事業者に提案するとともに、発注者と請負者という関係性を超え、常に原子力事業者に対して積極的な安全性向上対策を提案していくこと、
c) 各原子力事業者は、設計に関する情報を統合的に管理し設計によるリスク低減に努めた上で、他のプラントに横展開すべき事象に関してメーカーへの各種運転データの開示に努めるとともに、メーカーからの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こと、
d) 原子力事業者、メーカー、学協会等は、新型炉の設計や事故情報など国内外の知見をシビアアクシデント対策の向上や各種規格基準の整備等に常に活かすとともに、具体的な設備等の安全対策の提案を積極的に実施していくこと、
e) 炉毎の残余のリスクの存在を、地域住民の方々や規制機関を含めたステークホルダーと共有するとともに、継続的な安全性向上の取組の効果を客観的な形で示していくこと、

等が不可欠である。

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

我が国においては、起因事象としての地震・津波のリスクが相対的に高いと考えられ、だからこそ、正面からそのリスクと向き合う必要がある。PRA を用いた事故シーケンスに応じた確率と結果の網羅的評価、脆弱点の抽出、対策の効果の定量化に取り組むべきことは言うまでもない。加えて、プラント毎の自然環境特性を前提に外的事象に起因する事故シーケンスとクリフエッジの特定を行い、万が一のシビアアクシデントに最大限備える必要がある。特に重要なことは、設計ベースを超えてどこにクリフエッジが存在するのかを明らかにし、メーカーの知見を活用したハード対策のみならず、ソフト面でのシビアアクシデントマネジメントについても想像力を逞しく備えクリフエッジまでの距離を長くする試みである。

また、東京電力福島第一原子力発電所事故を教訓に、多量の放射性物質の周辺環境への放出という事態も想定した備えが必要である。まず、レベル 3 PRA の高度化研究を通じ、各プラントの自然環境特性に応じた避難計画策定、意思決定者支援機能の拡充に繋げていくことが必要である。併せて、専門家の知識を利用し議論できる仕組みを整備するなど、こうした技術情報を地方自治体や地域住民の方々に分かりやすい形で共有していく能力を高めていく必要がある。さらには、周辺環境に大きな影響を及ぼす事態からの早期回復に配意しながら、不測の事態への対応能力を高めるべく、原子力事業者の緊急事態対応チームの能力の継続的な向上、国レベルでの防災体制の拡充などにも注力し、レジリエンスの向上に努めていく必要がある。

原子力事業者においては、こうした備えの一環として特に、各プラントのリスク特性を把握し、実際の設計対応、シビアアクシデント対応の状況を熟知し、万が一のシビアアクシデント発生の際に緊急時対応を的確にマネージできる判断能力に長けた人材の育成に努めていく必要がある。特に、規制当局を含む政府、地方自治体等も連携し、万が一のシビアアクシデント発生時にも機能する緊急時体制となるよう、ブラインド訓練等、実践的な訓練に取り組む必要がある。

これらの取組は、国、地方自治体、産業界の責任境界を明確にしつつ、地域住民の方々をはじめとするステークホルダーにも透明性の高

い形で、継続的かつ着実に進めていくべきである。

④　我が国で商業運転されてい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コーディネーションの強化

我が国全体として、軽水炉安全研究への重点化、原子力事業者、研究機関、メーカー等関係者間の意思のコーディネーションの強化は必要不可欠である。水素を発生しない軽水炉燃料の開発、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえたシビアアクシデント時炉心挙動解析コードの改良など、既設原子炉の安全性向上に繋がる研究開発課題は多い。

他方、我が国においては、事故を受けて規制当局と推進当局が分離したところ、規制研究と一般的な安全研究との間の重畳を廃し効率的に安全研究を進めていくための工夫がより一層強く求められる。

米国 EPRI が、エネルギー省（DOE）傘下の国立研究所のリソースや産業界のリソースを効率的に束ねながら、産業界のニーズに合致したタイミングで軽水炉研究開発を効果的に進めていくコーディネーション機能のあり方に学ぶ必要がある。

我が国においては、政府が場を設け、JAEA 等、政府系研究機関、学協会、産業界が広く参加する形で「軽水炉安全研究ロードマップ」を策定し、関係者間の役割分担を具体的に決定し、重畳を廃した効率的な研究開発を推進するとともに、そのロードマップを規制当局との間での利害相反を廃した効果的なコミュニケーションツールとして位置づけるべきである。また、研究開発成果の中には、規制当局の規制根拠として位置づけられるものも含まれ得るところ、利害相反を廃した形での共同研究の実施の枠組みについても検討が必要である。

また、PRA については、レベル 2、レベル 3 など、高度化に向けた課題が残されており、上記の知的・人的蓄積を集約した主体を中心に、学協会、産業界、海外の研究主体との連携の下、効果的な研究開発が実施される必要がある。

（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）、（２）で提案された取組の質には、関係する組織の持つ価値観や安全性向上に向けた姿勢が強く反映される。それぞれの取組提案の中でも触れられているが、それぞれの取組を着実に進め根付かせるために、関係する組織が持つべき姿勢について、特に意識的な対応が求められるものを併せて提言する。

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

原子力事業におけるリスク評価、リスク判断、安全対策の実施等、リスクマネジメントあらゆる段階において、構成員個々人の a)批判的な思考と疑問を抱く姿勢、b)残余のリスクへの想像力、c)発電所の設備・設計への深い知見等、人的な側面への働きかけが必要である。

他産業における取組を参考にしながら、リスク情報について部門横断的に意見交換を行う仕組みや第三者的視点から安全に関する監視を行う機能、自発的報告制度の導入、原子力発電所オペレーションの質の向上に繋がるタイミングでの効果的な研修の実施など、安全を第一に考える組織文化構築に向けた継続的な取組が求められる。

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

原子力事業者は、国内外の最新の知見を取り入れるために、IAEA のレビューサービス等、海外の評価制度や国際機関の公表した新知見、考え方などを積極的に活用し、取り入れていくことが必要である。具体的には、既存の規制要求との矛盾に躊躇することなく新知見に基づく提案を行うこと、関係者のコンセンサスを得ることに終始しないこと、軽率は排除されるべきであるが新知見をまず迅速に提案、対策実施として取り入れる工夫が必要である。また、JANSI も INPO や WANO のベストプラクティスに学ぶ必要がある。

更に、メーカー、研究機関、学会は国内外の最先端の知見を常に収集し、安全性向上の技術開発、基準整備等にフィードバックしていくことが求められる。

このような活動で得られた幅広い新知見は、積極的に原子力事業者の経営層等に提案し、各事業者のリスクマネジメント向上のため活用

されていくことが求められる。
　併せて、我が国の各種取組について、様々な場を通じて海外に発信することで、世界の原子力安全に貢献すると共に、諸外国との連携を強化していくべきである。

③ 外部ステークホルダーのインボルブメント

　原子力の自主的安全性向上のためには、多様な外部ステークホルダーとのコミュニケーションを密にしていくことが必要である。
　例えば、各事業者がリスクマネジメントを実施していく上で、プレアセスメントを含め、初期の段階から幅広いステークホルダーとコミュニケーションを実施していくことは重要であり、このような主体とコミュニケーションを実施し、その意見を各事業者のリスクマネジメントに反映する体制（リスクコミュニケーションを担う人材の育成を含む）を早期に構築することが求められる。
　また、地域住民等との関係で原子力のリスクに関する情報を取り扱う際には、原子力の被害をガンによる死亡と定義するといった専門的な整理学のみに依存するのではなく、多様なリスク指標についてのリスクプロファイルを描いての議論が必要である。特に、原子力事業者は「万が一の際の避難」のリスクに正面から向き合い、防災体制の強化、避難計画への積極的貢献といった姿勢が求められる。
　なお、原子力のリスクに関する情報の取り扱う際には、原子力産業全体の信頼性を向上させていくためにも、自主規制機関である JANSI のピアプレッシャーの有効性を阻害しないといった一定の配慮の下、可能な限りの透明性を持って各種情報を開示・発信していくべきである。その一環として、情報の透明度を担保する社会的仕組みの準備についても、早急に検討するべきである。

④ 産業界大での人的・知的基盤の充実

　原子力産業界全体としての原子力安全に関する人的基盤を充実させていく必要がある。国内の大学等からの原子力分野への人材供給が停滞する中、原子力への信頼回復に努めることが第一であるが、併せて国内における原子力分野の雇用の流動性を高め、多様な経験を有する

人材の層を厚くするとともに、広く人的・知的基盤を海外にも求めていく姿勢が不可欠である。

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

本提言で提示された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ションに常に意を尽くす必要がある。

まずは、本提言の中で示したロードマップの骨格を踏まえ、原子力産業界のそれぞれの主体がそれぞれの役割を明確にした上で個別のアクションにブレークダウンし、具体的なロードマップを作成すべきである。そのロードマップは、マイルストーンを設けて、段階毎に具体的に達成すべき体制や取組（アウトプット）とその取組の結果としての原子力安全の向上（アウトカム）との両方を可能な限り定量的な指標を用いて示すべきである。

その上で、政府は当面、各主体のロードマップの進捗状況について、適宜のタイミングにおいて関係者間で共有し、コーディネーションを行う場を設けるべきである。その場で明らかにされる原子力産業界全体の取組の進捗状況や原子力政策の動向、原子力事業の状況等を踏まえ、ロードマップの修正や統合の要否について議論していく必要がある。また、ロードマップに基づく取組の進展を踏まえた継続的なローリングが必要であり、原子力の「自主的」安全性向上という趣旨に照らし相応しい場をどこに設けるかについても、議論を深めるべきである。なお、原子力の安全性向上は規制当局との関係性なしに実現しないため、本ワーキンググループで提言したロードマップ策定・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コミュニケーションを実現していくべきである。

４．　ロードマップの骨格

【別添参照】

５．　終わりに

原子力規制員会が追求する世界において最も厳しい規制の導入や、本ワーキンググループが提言する原子力安全に一義的責任を有する原子力事業者に担われる原子力事業の自主的かつ継続的な安全性向上といった「原子力のリスク」に正面から向き合う取組を進めていくことは、東京電力福島第一原子力発電所事故を受け失墜した国民の信頼回復への出発点にすぎない。

本ワーキンググループにおいても、「原子力のリスク」という検討スコープの範囲には収まらないが、原子力事業への広義の信頼回復のためには、ステークホルダーとの間で、「原子力のリスク」にとどまらない使用済み燃料処分の問題、我が国のエネルギーミックスにおける位置付けなど原子力事業そのものの在り方を含めた形での双方向のコミュニケーションを行っていくことが必要という論点が提示された。

また、東京電力福島第一原子力発電所事故は、「原子力」に限らない国家的危機一般に対する我が国全体としての危機管理体制や危機対応のリーダーシップの不在に関する論点も明らかにした。例えば、官邸が、発災直後の最も重要な時間帯に、緊急事態宣言を速やかに出すことができなかったことや、東電の本店及び現場に直接的な指示を出し、そのことによって現場の指揮命令系統が混乱したこと、また、放射能拡散状況の把握に当たって、用意してきたツールやシステムを生かしきれず、モニタリングデータの共有も不完全であったこと（国会事故調）、県の原子力防災体制は、原子力災害と地震・津波災害とは同時発生しない、という前提に基づいたものであり、今回の事故では、初動の対応体制立ち上げ自体に大きな困難を伴ったこと（国会事故調）、等が指摘されている。

本ワーキンググループは、総花的な対策の羅列を避け、「原子力のリスク」にスコープを限って議論を進めてきたが、今回のワーキンググループでの議論の支柱の一つとなったリスクガバナンス枠組みは、国家的危機一般に対する我が国全体としてのリスクマネジメントのあり方を検討していく上でも同様に有効であることが共通認識になった。然るべきリスクガバナンスの枠組みを危機管理に当てはめれば、危機管理に関係する規制当局を含む政府、地方自治体、原子力事業者等の各主体が、相互の適切なリスクコミュニケーションの下で、

危機に対して各々が備えておくべき核心的能力を見定め、未知のリスクに対するレジリエンスの向上を追求する形でのしかるべきリスクマネジメントを実践することが可能になる。

　このワーキンググループで提言した原子力の自主的かつ継続的な安全性向上に向けた取組は、今後、ロードマップの共有とローリングを通じて全体最適が追求されていくことになる。こうしたローリングの過程においても、その「原子力のリスク」という直接的な検討のスコープの範囲に収まらなくとも、原子力に関する我が国における建設的な議論の展開に資するよう、原子力に対する国民の疑問や不安に応えるため検討が必要な論点について継続的に情報発信されていくことを期待する。

用語集

安全文化

「原子力施設の安全性の問題が、すべ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

原子力安全規制活動が原子力利用活動に対して求めるリスクの抑制の程度。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

－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。

－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。

注記　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」2012 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、それぞれの発生確率と、万一それらが発生した場合の被害の大きさと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／又は格納用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」2012 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をクリフエッジと呼ぶ。

（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。2014 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。

決定論的

個別の原因によって完全にまた確実にあらゆる結果が決定されるという決定論の原理と同じ。原子力分野に適用すれば、通常、事前に決められた有限の事故シーケンスによる影響の観点から原子力発電所の安全性を評価することになる。

（NRC 用語集）

国会事故調

正式名称は東京電力福島原子力発電所事故調査委員会。東京電力や政府など事故の当事者や関係者から独立した事故検証を国会の下で行うため、黒川清東大名誉教授を委員長として設置され、平成 24 年 7 月 5 日に調査報告書が両院議長に提出された。

（国会事故調ウェブサイト）

残余のリスク

この提言では、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。

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）

ストレステスト

原子力発電所の設計時や建設認可時の想定を上回る極端な状況（地震、洪水）が発生し、現状の基準を満たしている安全対策の機能が損なわれた場合（電源喪失、冷却機能喪失、これらの同時発生）における原子力発電所の対処能力（炉心冷却機能喪失、燃料プール冷

却機能喪失、格納容器損傷に対する手段）を確認する、原子力発電所の安全余裕に焦点を絞った再評価作業。
（「EU ストレステスト仕様書」ENSREG、EUMAG（駐日欧州連合代表部の公式ウェブマガジン））

政府事故調

正式名称は東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会。国民の目線に立って開かれた中立的な立場から多角的な事故検証を行い、同種事故の再発防止等に関する政策提言を行うことを目的として、畑村洋太郎東大名誉教授を委員長として、閣議決定に基づき開催され、平成 24 年 7 月 23 日に報告書が総理大臣に提出された。
（政府事故調ウェブサイト）

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。
注記　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」2012 年 1 月 ）

パフォーマンス・インディケータ

事業者パフォーマンスの特定の属性の定量的な評価基準。設定された閾値と対比することによりプラントがどれほどよく機能しているかを示す。
（NRC 用語集）

パブリックアクセプタンス

ある政策やある具体的な対策を、それらの実施によって良い影響あるいは悪い影響を受け得る公衆が、明確にあるいは暗に、支持すること。
（IAEA-TECDOC-1566, “Factors Affecting Public and Political Acceptance for the Implementation of Geological Disposal” 2007）

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および行動のあり方。
（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）

不確かさ

PRA を構築する際に利用されるパラメータ及びモデルに関するその時点での知見の信頼性

を表すもの。不確かさは以下の 2 種類に分類される。

偶然の不確かさ： 非決定論的（確率的又はランダムな）現象に固有の不確かさ（ランダム性とも呼ばれる）。確率モデルにより現象をモデル化することにより反映される。原理的に、データや情報の量を増やしても低減することはできない。

知識の不確かさ：現象に関する不完全な知識に起因する不確かさであり、現象のモデル化に影響を与える（モデル化の不確かさとも呼ばれる）。知識の不確かさは、パラメータ値の幅、実行可能なモデルの幅、モデルの詳細度、複数専門家の解釈、統計的信頼度に反映される。原理的に、追加情報の蓄積より低減できる。

（ASME/ANS RA-Sa-2009 ”Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”2009）

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）

参考資料

総合資源エネルギー調査会原子力小委員会
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
委員名簿

座長	安井　至	独立行政法人製品評価技術基盤機構　理事長
委員	井上　正	一般財団法人電力中央研究所研究アドバイザー
	上塚　寛	独立行政法人日本原子力研究開発機構理事
	尾本　彰	東京工業大学特任教授
	桐本　順広	一般財団法人電力中央研究所原子力技術研究所 原子炉システム安全領域上席研究員
	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
	谷口　武俊	東京大学政策ビジョン研究センター教授
	古田　一雄	東京大学大学院工学系研究科附属 レジリエンス工学研究センター教授
	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
	山口　彰	大阪大学大学院工学研究科環境･エネルギー工学専攻教授
	横山　須美	藤田保健衛生大学医療科学部放射線学科准教授
		（計　１１名）
ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ	勝野　哲	中部電力株式会社代表取締役副社長執行役員
	佐治　悦郎	三菱重工業株式会社エネルギー・環境ドメイン 原子力事業部主幹
	ジョン・クロフツ	東京電力株式会社原子力安全監視室室長
	豊松　秀己	関西電力株式会社代表取締役副社長執行役員 原子力事業本部長
	服部　拓也	一般社団法人原子力産業協会理事長
	前川　治	株式会社東芝上席常務　電力システム社副社長
	松浦　祥次郎	一般社団法人原子力安全推進協会代表
	守屋　公三明	日立ＧＥニュークリア・エナジー株式会社技師長
		（計　　８名）

総合資源エネルギー調査会
原子力の自主的安全性向上に
関する WG　第１回会合
資料１

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設置について

平成２５年７月
資源エネルギー庁

○原子力の安全性については、原子力規制委員会の専門的で科学的な判断に委ねられるべきもの。同時に、事業者が、安全確保の一義的責任を負い、常に規制以上の安全レベルの達成を目指すことは当然。

○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。

○そのため、原子力規制委員会の設置、新たな規制基準の施行、原子力防災会議の設置等の制度的な対応とは別に、産業界の意識改革や自主的対策として解決すべき課題を明らかにしていくことが必要。

○以上を踏まえ、原子力事業について、産業界が自主的に安全性を向上していく取組みの在り方について検討を行うため、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」を設置する。

（別添）

総合資源エネルギー調査会の全体像

総合資源エネルギー調査会　会長：　三村明夫　新日鉄住金相談役

- **基本政策分科会**　会長：　三村明夫　新日鉄住金相談役

  東日本大震災、東電福島事故等を踏まえたエネルギー基本計画の見直しを行うべく、エネルギー政策全般について検討を行う。年内のとりまとめを想定。

- 省エネルギー・新エネルギー分科会
- 資源・燃料分科会
- 電力・ガス事業分科会
  - 原子力小委員会　委員長：　田中知　東京大学教授
    - 放射性廃棄物WG　座長：　増田寛也　野村総合研究所顧問／東京大学公共政策大学院客員教授

      使用済核燃料等の放射性廃棄物の最終処分の取組について、これまでの取組状況や原子力委員会提言等を踏まえ、必要な見直しを行う。
    - **原子力の自主的安全性向上WG**　座長：　安井至　独立行政法人 製品評価技術基盤機構

総合資源エネルギー調査会
原子力の自主的安全性向上に
関する WG　第 1 回会合
資料 3

論点（案）

①「安全神話」からの脱却

原子力産業界は、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」に陥ることなく、「残余のリスク」「残る課題」とされた問題へ注力すべきではないか。

② 原子力特有のリスクと向き合うマネジメント強化

原子力事業者は、原子力特有のリスクと向き合い、危機対応を含むリスク・マネジメントの強化を図るべきではないか。

③ 国内外の新たな知見の積極的導入

原子力産業界は、海外における対テロ対策や津波リスクに関する研究等、「国内外の最新の知見を国内の備えに活かすための想像力や体制」を強化すべきではないか。

④ 規制以上の安全レベルを目指す意識の徹底

原子力事業者は、「原子力施設の安全確保の一義的責任を負い、安全に関する説明責任を負っており、常に規制以上の安全レベルの達成を目指す必要がある」との意識を高めるべきではないか。

⑤ 継続的安全性向上に資する目安の設定

原子力事業者は、継続的な安全性向上を達成するため、「何らかの安全性向上の目安」を設定すべきではないか。

⑥ 各プラントに対する総合的かつ継続的なリスク評価

原子力事業者は、各原子力施設が置かれた状況を踏まえた客観的な定量的リスク評価の手法として、「確率論的リスク評価への取組」を強化すべきではないか。

⑦ 適切なリスク・コミュニケーションの実施

原子力事業者は、リスクの存在とそれを抑制する安全対策のあり方について、「広く社会と共有し信頼関係を醸成する」ことに努めるべきではないか。

⑧ 事業者としての原子力安全への向き合い方

原子力事業者は、各原子力施設の安全確保については、連合体に依存した「落としどころを探り合う対応」に陥ることなく、各事業者が独立した責任を果たしていくべきではないか。

⑨ 自主的かつ継続的な安全性向上に必要な仕組み

米国産業界のＩＮＰＯ（原子力発電運転者協会）による事業者相互監視や、原子炉メーカー等を含め、産業界の知見を糾合したＮＥＩ（原子力エネルギー協会）による科学的情報発信等の機能が我が国にも必要ではないか。

⑩ 有効な安全研究の実施

原子力産業界は、自らの原子力施設の実質的な安全性向上に直結する有効な安全研究を強化すべきではないか。

総合資源エネルギー調査会原子力小委員会
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
開催実績

平成 25 年 7 月 17 日　第 1 回会合　今後の進め方、論点について

8 月 15 日　第 2 回会合　原子力のリスクとどう向き合うか

（１）原子力のリスクとどう向き合うか
- 「工学システムの安全設計思想について」（向殿明治大学名誉教授）
- 「放射線影響の不安にどう向き合うか」（横山委員）
- 「産業界による自主的安全性向上に関する参考資料」（事務局）

（２）今後の進め方について

9 月 11 日　第 3 回会合　原子力のリスクアセスメントとリスク管理目標

- 「リスク評価の手法と活用」（山口委員）
- 「ＰＲＡによる安全性と信頼性の向上について」（桐本委員）
- 「レベル３ＰＳＡの現状」（本間日本原子力研究開発機構安全研究センター長）
- 「参考資料　諸外国の PRA 活用状況」（事務局）

10 月 7 日　第 4 回会合　リスクマネジメントと組織のあり方

- 「リスク・ガバナンスの欠陥」（谷口委員）
- 「原子力事業のリスクマネジメントについて」（豊松オブザーバー）
- 「中部電力のリスク管理について」（勝野オブザーバー）
- 「JAL グループの安全の取り組み　～安全文化の醸成～」（権藤日本航空安全推進本部長）

10 月 29 日　第 5 回会合　リスクコミュニケーションについて

- 「リスク認知と信頼」（中谷内同志社大学心理学部教授）
- 「原子力とリスクコミュニケーション」（八木委員）
- 「フランスにおける地域情報委員会と日本における含意」（城山東京大学大学院法学政治学研究科教授）

11 月 21 日　第 6 回会合　　自主的かつ継続的な安全性向上に必要な仕組みについて

・「確率論的リスク評価（PRA）実施のための米国産業界の体制」（事務局）
・「確率論的リスク評価（PRA）日米ラウンドテーブルの設置について」（事務局）
・「原子力発電プラントにおけるリスク管理の検討および導入」（リック・グラントン C. R. Grantom P. E. &Assoc. LLC.社長）
・「レジリエンス工学-残留リスクにどう向き合えばいいのか」（古田委員）
・「原子力産業界のリスク管理に期待すること」（尾本委員）

12 月 10 日　第 7 回会合　　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これまでの議論と今後の議論の方向性

・「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これまでの議論と今後の議論の方向性（案）」（事務局）
・「参考資料－諸外国（米国、仏国、国際）における原子力の安全性向上のための仕組み－」（事務局）

平成 26 年 1 月 30 日　第 8 回会合　　安全性向上に必要な仕組み（米国の事例）及び軽水炉の安全研究について①

・「これまでの議論と今後の議論の方向性」（事務局）
・「ＮＥＩの視点」（ピエトランジェロ原子力エネルギー協会（NEI）上級副社長（SVP）兼最高原子力責任者（CNO））
・「安全対策高度化に係る研究開発」（関村委員）

2 月 5 日　第 9 回会合　　安全性向上に必要な仕組み(米国の事例)及び軽水炉の安全研究について②

・「我が国における原子力の更なる安全性向上のための研究開発」（事務局）
・「原子力規制当局と利用関連機関の共同研究（米国の事例）」（事務局）
・「原子力プラントのリスク・安全に関する EPRI の研究」（ウィルムスハースト 電力研究所（EPRI）副社長（VP）兼最高原子力責任者（CNO））
・「日本原子力研究開発機構における安全研究について」（上塚委員）
・「INPO における産業界の自主的安全性向上に向けた取組」（ロジャー・スピナート原子力発電運転協会（INPO）国際部長）

2 月 25 日　第 10 回会合　　これまでの議論をうけて

- 「原子力の自主的安全性向上の取組（ロードマップ）」（事務局）
- 「参考資料：米国における原子力の安全性向上に向けた取組の経緯」（事務局）

3 月 14 日　第 11 回会合　　ワーキンググループ提言取りまとめに向けた議論①

- 「確率論的リスク評価日米ラウンドテーブルについて」（事務局）
- 「リスクコミュニケーションに関するシンポジウムについて」（事務局）
- 「原子力安全推進協会（ＪＡＮＳＩ）の活動について）」（松浦オブザーバー）
- 「電気事業者における安全性向上の取組み」（豊松オブザーバー）
- 「原子力の自主的・継続的な安全性向上に向けた提言（案）」（事務局）

3 月 25 日　第 12 回会合　　ワーキンググループ提言取りまとめに向けた議論②

- 「原子力の自主的・継続的な安全性向上に向けた提言（案）」（事務局）