

企画セッション | 委員会セッション：標準委員会3（システム安全専門部会，リスク専門部会）

■ 2016年3月28日(月) 13:00～14:30 | 会場 P会場 講義棟C棟 C200

[BC07] 原子力プラントの継続的な安全性向上対策採用の考え方（その3）

座長：関村 直人（東大）

[BC0701] (1)継続的な安全性向上のあり方について

＊越塚 誠一¹ (1.東大)

[BC0702] (2)継続的な安全性向上対策採用の考え方の報告書の概要

＊河井 忠比古¹ (1.原安進)

[BC0703] (3)総合討論

関村 直人¹、越塚 誠一¹、中村 武彦²、成宮 祥介³、鈴木 雅秀⁴ (1.東大、2. JAEA、3. 関西電力、4. 長岡技科大)

標準委員会セッション3（システム安全専門部会，リスク専門部会合同）

原子力プラントの継続的な安全性向上対策採用の考え方（その3）

Basic principles to continuously adopt measures for safety improvements at nuclear power plants
(the third session)

*越塚 誠一¹，*河井 忠比古²，*関村 直人¹，*中村 武彦³，*成宮 祥介⁴，*鈴木 雅秀⁵

¹東京大学，²JANSI，³JAEA，⁴関西電力，⁵長岡技術科学大学

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、福島第一事故という。）に関する各種報告書が、この事故の背後要因の主要なものの1つとし原子力安全のための継続的改善の必要性、重要性を、教訓や提言として出している。安全性向上対策の採否を決定する際には、自主的、強制的を問わず、決定論的評価、確率論的評価、並びに優れた工学的慣行、運転実績や管理措置を考慮に入れて、一貫性がありバランスの取れた選択をすることが大事である。

福島第一事故後に、新規制基準において継続的安全性向上が規定されたが、安全向上対策採否の具体的な考え方については記述されていない。すなわち、新知見をどのようにして反映していくか、リスク重要度とは何か、猶予期間はどうかあるべきか、などについて明らかでない。

そこで、2014年に日本原子力学会標準委員会に安全性向上対策採用の考え方に関するタスク（以下、本タスクという）が設置された。本タスクでは、原子力発電所の安全確保が、科学的、合理的根拠に基づいて総合的にかつ一体的に着実に進展していくように、安全性向上対策採用の考え方に関する国内外の具体論を分析し、自主的、強制的を問わず、統合的な安全性向上対策採用の考え方に係る学会としての考え方を検討してきた。また、日本原子力学会2014年秋の大会および2015年春の年会において、標準委員会セッションとして本タスクでの検討状況を報告してきた。このような経緯を経て、本タスクの報告書を取り纏めることになったので、ここではその紹介をおこなう。

2. 総合的、俯瞰的な安全性向上のための意思決定の考え方

現代の社会を取り巻く環境を見ると、人の快適な生活を脅かすような様々なリスクに囲まれている。このような社会の中で、科学技術の発展や産業活動による経済の発展がもたらすベネフィット（便益）を享受しつつ、それに伴うリスクから人々の生命や財産、社会の秩序をまもるために行われるのが「リスクガバナンス（risk governance）」である。社会環境が複雑化し、リスクも多様化、不確実性が増加する中で、これらのリスクに対応するには、過去の成功事例の手法に学ぶというよりも、失敗を避けて成功のためにリスクをどのように捉えレジリエンスをも考慮してコントロールして行くか、また、リスクは顕現化すると想定して事前の備えを行うインテンジエンスを如何に行うか、が重要となってきた。

【海外における意思決定プロセスの事例】

海外においては、企業や組織が目的達成のために意思決定を行い、業務を遂行する際に生ずるあらゆるリスクを戦略的に最適化し、企業価値の最大化を図るマネジメントを行っている。一方、企業の社会的責任（Corporate Social Responsibility：CSR）も大きく取り上げられ、企業のみならずあらゆる組織において社会のステークホルダー（利害関係者 stakeholder）との関係を抜きにしては適切な意思決定ができない状況と

*Seiichi Koshizuka¹，*Tadahiko Kawai²，*Naoto Sekimura¹，*Takehiko Nakamura³，*Yoshiyuki Narumiya⁴ and *Masahide Suzuki⁵

¹Tokyo Univ.，²JANSI，³JAEA，⁴KEPCO，⁵Nagaoka Univ.

なっている。最近では、このような関係を考慮して、米国の NASA や NRC をはじめ宇宙、防衛、原子力などの先端技術分野では前述のリスクマネジメントを更に拡張して、リスク情報を活用した意思決定プロセス RIDM を組み込むマネジメントシステムを採用し、ステークホルダーとのコミュニケーションを通じて、リスク対応のマネジメントや意思決定の最適化を図ることが広く進められている。



図表 19 NASA RIDM プロセスでの役割とインターフェース

3. 安全性向上対策採用に係る海外事例検討

本章では、安全性向上に向けたシビアアクシデント対策導入のための米国、英国における代表的な意思決定手法について、リスク情報活用を含めた基本的考え方、適用事例及び規制機関、産業界の動向等に関する調査を行った。

米国では、既設炉における法規制の制改定や規制要件の見直し等により、安全性の実質的な向上とこれに係る費用等の正当性についてバリュー・インパクト分析を行い、NRC が最終的な規制を決定するバックフィット、既設炉または新設炉を対象に各々シビアアクシデント時における影響緩和代替案、または設計代替案に対してコスト・ベネフィット評価を行って判断する SAMA、SAMDA がある。

一方、英国では、基本安全限度（BSL）、基本安全目標（BSO）が数値基準として設定され、これらの間のリスク受忍可能範囲内（ALARP）でリスク低減を図る安全評価原則（SAP）の考え方がある。英国では、規制当局がこれらの数値基準に基づいて事業者の安全性向上活動のプロセス及び安全性向上対策の妥当性について評価を行っている。

【米国、英国での安全性向上対策採用に関する主な評価事例の概要】

(1) 米国におけるバリュー・インパクト分析の検討例

SBO 規則に関しては、1988 年に NRC は国内 100 プラントを対象に規制措置代替案実施に伴うバリュー（公衆被ばくの低減、環境の改善及びリスク等の低減）とインパクト（安全、環境及び経済性等への悪影響）を定量評価し、評価基準の 2.4 倍のバリューが得られることを確認した。一方、NRC によるフィルター・ベントの設置に関するバリュー・インパクト分析では、インパクトがバリューを大幅に上回り、対費用効果が無いことが確認された。その後、NRC と産業界との間で成立性に関する活発な議論がなされたものの、最終的には 2015 年にフィルター・ベントの設置義務化を成文化しないことが NRC で正式に決定された。

また、新設炉の SAMA/SAMDA 評価としては、ABWR、ESBWR、AP1000、EPR、APWR、APR1400 等の型式認定申請の事例があるが、標準設計以上のシビアアクシデント対応代替案や改良案がいずれも

バリュー・インパクト上効果的ではないことが示されている。

(2) 英国における定量的 ALARP 評価の実施事例

GDA の評価において、EPR では、ALARP 評価に供する設計代替案 7 案を選定し、定量的 ALARP 評価を行い、設計代替案のコストを設計代替案実施によるリスク低減と比較した結果、代替設計案のいずれもコスト上効果的ではないことが確認された。また、AP1000 でも、ALARP 評価に供する設計代替案 (14 案)、設計改良案 (2 案) を選定し、定量的 ALARP 評価を行ったが、同様に設計代替案及び設計改良案のいずれもコスト上効果的ではないことが確認された。

既設炉である Sizewell B の定期安全レビューやストレステストに際しても ALARP に関する評価が行われ、得られた結果、検討課題に基づいて事業者は改善すべき領域を摘出し、適切な安全性向上策を実施してゆくとしている。

4. 安全性向上対策の採用に係る意思決定プロセスの在り方と課題

【安全性向上への取り組みの基本となる考え方】

原子力発電所の安全確保の達成のためには、全てのステークホルダー（規制当局・電力事業者・メーカー・学術団体・地域住民・一般市民等）が、合理的に実行可能な限り出来るだけリスクを低くするという ALARA の考え方の下、それぞれの役割における取組みに継続的な改善を行ない、安全性向上に努める必要がある。

また、ステークホルダーからの理解という社会的な視点や、安全目標に照らしてどこまで安全性を向上させるべきかという視点、深層防護や防災による対応をどこまで行うべきかという視点、など色々な要素を考慮したうえで、総合的にリスクを低減することが重要である。ソフトウェア・ハードウェア・マネジメントにまで至る種々の策の実施において必要となるリソース（人的資源、費用）は無限大に存在する訳ではなく、効果的に配分する必要がある。

原子力事業は社会的リスクを伴うものであるが故に、適切なリスクガバナンスの枠組みの下で、各組織は、常に安全性向上の更なる高みを目指して適切なリスクマネジメントを実施する必要がある。また、多様なステークホルダーとのコミュニケーションを行い、日々変化していく原子力安全を巡る社会情勢、社会風土等と整合を図る。

上記の 2.及び 3.でまとめられている意思決定の考え方に関する国内外の調査結果を参考とし、包括的・継続的な安全性向上の枠組みを図 5-1 に示すように描いた。

【安全性向上の枠組みを踏まえた統合的意思決定プロセス】

安全性向上を目指して種々の意思決定をする際に、どのように考え、どのように評価し、どのような手順で決定することが適切であるか、実効的であるかを考察し、個々の実施事項とその関係性を明らかにした統合的意思決定プロセスを図 5-2 に示した。本プロセスを参考に、各組織の実態に応じて、確実に展開されていくことが重要である。

「問題の設定」では、取り組むべき対象、目標、解決の方向性を明確にするとともに、問題のプロフィールの把握を行う。最新の科学的知見や社会的要求、対策の実効性評価の結果等が契機となる。「選択肢候補の考案」では、対策の実行可能性にかかわらず、複数の幅広い対策を選択肢候補として考案する。「統合的な分析」では、各キーエレメントの観点からの分析、キーエレメントの相対的な重み付け、を行い選択肢候補から選択肢として提案するとともに、その分析結果を意思決定者の判断材料としてまとめる。ここでは、分析におけるバイアスの排除のため、専門家パネルを活用することも有効である。「意思決定（選択肢の採否の決定）」では、「統合的な分析」から得られた選択肢と分析結果に基づき、選択肢の採否に係る意思決定を行う。「意思決定結果の実施」では、採用した対策を計画に従い確実に実施するとともに、想定を

超える事態に対し適切な対応が出来るよう、体制、工程、マネジメント策定などを行う。「モニタリングと実効性の評価」では、実施した対策の実効性の評価や、意思決定時の前提に変化がないかのモニタリングを行い、見直すべきとなった場合には、「問題の設定」に戻り、再度プロセスを廻し検討する。上記のプロセスを通じて、各実施項目内及び実施項目間では組織内・組織外とのコミュニケーションを行うとともに、意思決定プロセスの文書化、体制などもプロセスを進める上では重要となる。

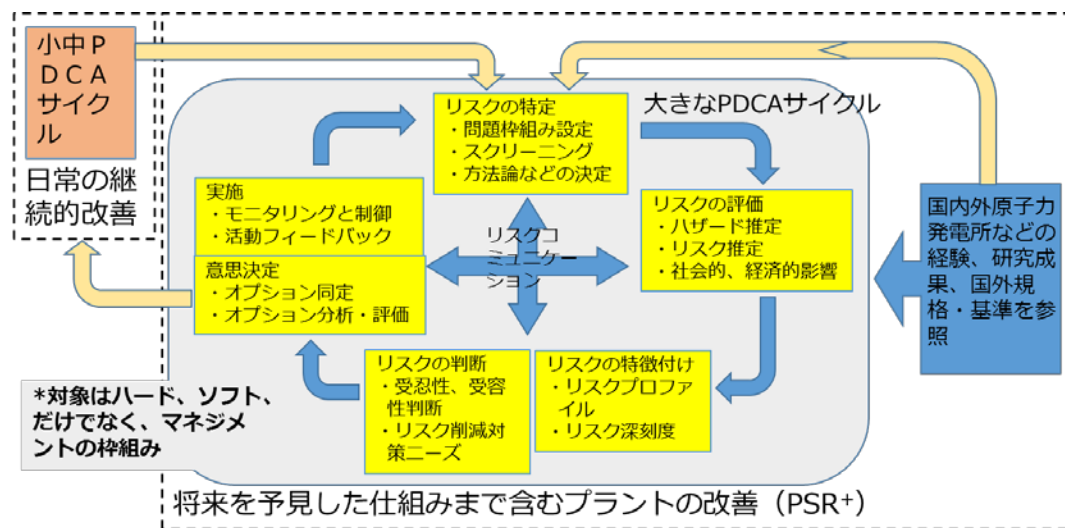


図 5-1 包括的・継続的な安全性向上の枠組み

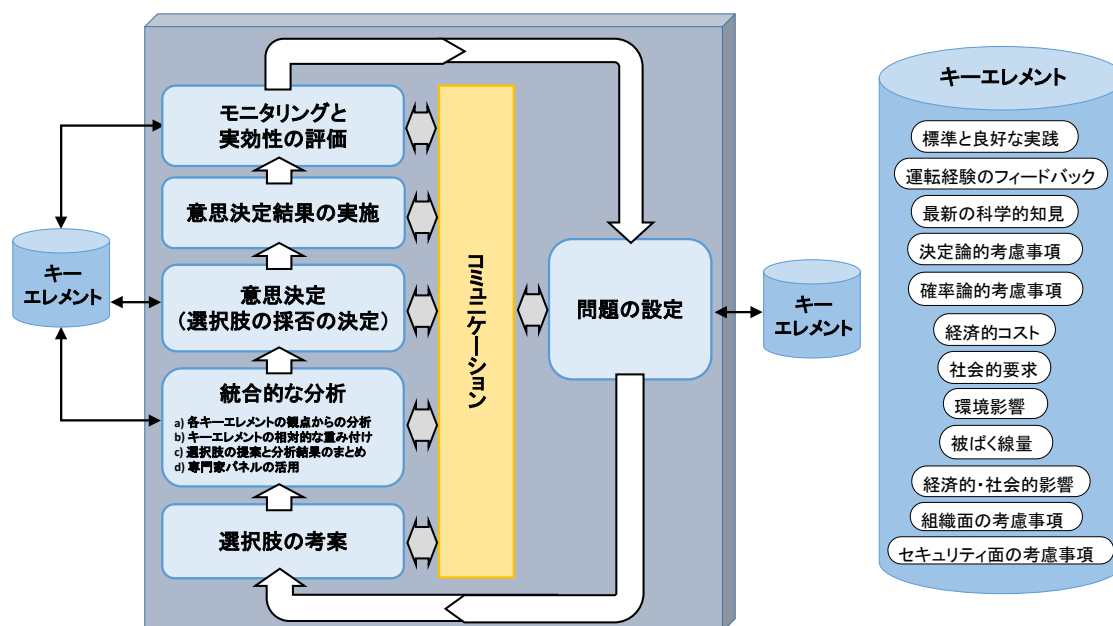


図 5-2 統合的意思決定プロセス

5. 安全性向上の対応策を講じる際の意思決定の実施手順の提案(例示)

本章では上記の 4. で提唱された統合的意思決定プロセスを参考に、具体的な事例について意思決定の具体的な対策を事例として取り上げ、意思決定の実施手順と関連付けてその内容を検討、整理し、課題を摘出する。事例として、以下の 4 つの事例について意思決定の実施手順と関連付けて整理を試みた。

- ・安全上評価すべき重要事故シナリオグループ 選定検討における統合的意思決定プロセス

- ・ ATWS 対策
- ・ SBO 対策
- ・ 自然現象及び人為事象に対する安全対策検討における統合的意思決定プロセス

上記の事例検討から以下の課題を抽出した。

6. まとめ

本タスクにおいては、安全性向上対策に関する意思決定の国内外の事例を分析、評価しつつ、継続的な安全性向上のあり方、考え方を整理し纏め、そこから実際に安全性向上の意思決定を行おうとした時に解決しておくべき重要な課題を抽出した。これらの課題に対して、我が国の現状を踏まえつつ、本タスクにおいて今後の進め方を議論した結果、当面急ぐ課題対応としては下記の2点が合意された。

- ・ 関係組織が新知見の共有、評価を行えるような作業会を設置する。
- ・ コスト・ベネフィット解析の実施の考え方の標準作り、及び意思決定プロセスをさらに具体化した標準作りを推進する。

標準委員会セッション3（システム安全専門部会，リスク専門部会合同）

原子力プラントの継続的な安全性向上対策採用の考え方（その3）

Basic principles to continuously adopt measures for safety improvements at nuclear power plants
(the third session)

*越塚 誠一¹，*河井 忠比古²，*関村 直人¹，*中村 武彦³，*成宮 祥介⁴，*鈴木 雅秀⁵

¹東京大学，²JANSI，³JAEA，⁴関西電力，⁵長岡技術科学大学

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、福島第一事故という。）に関する各種報告書が、この事故の背後要因の主要なものの1つとし原子力安全のための継続的改善の必要性、重要性を、教訓や提言として出している。安全性向上対策の採否を決定する際には、自主的、強制的を問わず、決定論的評価、確率論的評価、並びに優れた工学的慣行、運転実績や管理措置を考慮に入れて、一貫性がありバランスの取れた選択をすることが大事である。

福島第一事故後に、新規制基準において継続的安全性向上が規定されたが、安全向上対策採否の具体的な考え方については記述されていない。すなわち、新知見をどのようにして反映していくか、リスク重要度とは何か、猶予期間はどうかあるべきか、などについて明らかでない。

そこで、2014年に日本原子力学会標準委員会に安全性向上対策採用の考え方に関するタスク（以下、本タスクという）が設置された。本タスクでは、原子力発電所の安全確保が、科学的、合理的根拠に基づいて総合的にかつ一体的に着実に進展していくように、安全性向上対策採用の考え方に関する国内外の具体論を分析し、自主的、強制的を問わず、統合的な安全性向上対策採用の考え方に係る学会としての考え方を検討してきた。また、日本原子力学会 2014 年秋の大会および 2015 年春の年会において、標準委員会セッションとして本タスクでの検討状況を報告してきた。このような経緯を経て、本タスクの報告書を取り纏めることになったので、ここではその紹介をおこなう。

2. 総合的、俯瞰的な安全性向上のための意思決定の考え方

現代の社会を取り巻く環境を見ると、人の快適な生活を脅かすような様々なリスクに囲まれている。このような社会の中で、科学技術の発展や産業活動による経済の発展がもたらすベネフィット（便益）を享受しつつ、それに伴うリスクから人々の生命や財産、社会の秩序をまもるために行われるのが「リスクガバナンス（risk governance）」である。社会環境が複雑化し、リスクも多様化、不確実性が増加する中で、これらのリスクに対応するには、過去の成功事例の手法に学ぶというよりも、失敗を避けて成功のためにリスクをどのように捉えレジリエンスをも考慮してコントロールして行くか、また、リスクは顕現化すると想定して事前の備えを行うインテンジエンスを如何に行うか、が重要となってきた。

【海外における意思決定プロセスの事例】

海外においては、企業や組織が目的達成のために意思決定を行い、業務を遂行する際に生ずるあらゆるリスクを戦略的に最適化し、企業価値の最大化を図るマネジメントを行っている。一方、企業の社会的責任（Corporate Social Responsibility：CSR）も大きく取り上げられ、企業のみならずあらゆる組織において社会のステークホルダー（利害関係者 stakeholder）との関係を抜きにしては適切な意思決定ができない状況と

*Seiichi Koshizuka¹，*Tadahiko Kawai²，*Naoto Sekimura¹，*Takehiko Nakamura³，*Yoshiyuki Narumiya⁴ and *Masahide Suzuki⁵

¹Tokyo Univ.，²JANSI，³JAEA，⁴KEPCO，⁵Nagaoka Univ.

なっている。最近では、このような関係を考慮して、米国の NASA や NRC をはじめ宇宙、防衛、原子力などの先端技術分野では前述のリスクマネジメントを更に拡張して、リスク情報を活用した意思決定プロセス RIDM を組み込むマネジメントシステムを採用し、ステークホルダーとのコミュニケーションを通じて、リスク対応のマネジメントや意思決定の最適化を図ることが広く進められている。



図表 19 NASA RIDM プロセスでの役割とインターフェース

3. 安全性向上対策採用に係る海外事例検討

本章では、安全性向上に向けたシビアアクシデント対策導入のための米国、英国における代表的な意思決定手法について、リスク情報活用を含めた基本的考え方、適用事例及び規制機関、産業界の動向等に関する調査を行った。

米国では、既設炉における法規制の制改定や規制要件の見直し等により、安全性の実質的な向上とこれに係る費用等の正当性についてバリュー・インパクト分析を行い、NRC が最終的な規制を決定するバックフィット、既設炉または新設炉を対象に各々シビアアクシデント時における影響緩和代替案、または設計代替案に対してコスト・ベネフィット評価を行って判断する SAMA、SAMDA がある。

一方、英国では、基本安全限度（BSL）、基本安全目標（BSO）が数値基準として設定され、これらの間のリスク受忍可能範囲内（ALARP）でリスク低減を図る安全評価原則（SAP）の考え方がある。英国では、規制当局がこれらの数値基準に基づいて事業者の安全性向上活動のプロセス及び安全性向上対策の妥当性について評価を行っている。

【米国、英国での安全性向上対策採用に関する主な評価事例の概要】

(1) 米国におけるバリュー・インパクト分析の検討例

SBO 規則に関しては、1988 年に NRC は国内 100 プラントを対象に規制措置代替案実施に伴うバリュー（公衆被ばくの低減、環境の改善及びリスク等の低減）とインパクト（安全、環境及び経済性等への悪影響）を定量評価し、評価基準の 2.4 倍のバリューが得られることを確認した。一方、NRC によるフィルター・ベントの設置に関するバリュー・インパクト分析では、インパクトがバリューを大幅に上回り、対費用効果が無いことが確認された。その後、NRC と産業界との間で成立性に関する活発な議論がなされたものの、最終的には 2015 年にフィルター・ベントの設置義務化を成文化しないことが NRC で正式に決定された。

また、新設炉の SAMA/SAMDA 評価としては、ABWR、ESBWR、AP1000、EPR、APWR、APR1400 等の型式認定申請の事例があるが、標準設計以上のシビアアクシデント対応代替案や改良案がいずれも

バリュー・インパクト上効果的ではないことが示されている。

(2) 英国における定量的 ALARP 評価の実施事例

GDA の評価において、EPR では、ALARP 評価に供する設計代替案 7 案を選定し、定量的 ALARP 評価を行い、設計代替案のコストを設計代替案実施によるリスク低減と比較した結果、代替設計案のいずれもコスト上効果的ではないことが確認された。また、AP1000 でも、ALARP 評価に供する設計代替案 (14 案)、設計改良案 (2 案) を選定し、定量的 ALARP 評価を行ったが、同様に設計代替案及び設計改良案のいずれもコスト上効果的ではないことが確認された。

既設炉である Sizewell B の定期安全レビューやストレステストに際しても ALARP に関する評価が行われ、得られた結果、検討課題に基づいて事業者は改善すべき領域を摘出し、適切な安全性向上策を実施してゆくとしている。

4. 安全性向上対策の採用に係る意思決定プロセスの在り方と課題

【安全性向上への取り組みの基本となる考え方】

原子力発電所の安全確保の達成のためには、全てのステークホルダー（規制当局・電力事業者・メーカー・学術団体・地域住民・一般市民等）が、合理的に実行可能な限り出来るだけリスクを低くするという ALARA の考え方の下、それぞれの役割における取組みに継続的な改善を行ない、安全性向上に努める必要がある。

また、ステークホルダーからの理解という社会的な視点や、安全目標に照らしてどこまで安全性を向上させるべきかという視点、深層防護や防災による対応をどこまで行うべきかという視点、など色々な要素を考慮したうえで、総合的にリスクを低減することが重要である。ソフトウェア・ハードウェア・マネジメントにまで至る種々の策の実施において必要となるリソース（人的資源、費用）は無限大に存在する訳ではなく、効果的に配分する必要がある。

原子力事業は社会的リスクを伴うものであるが故に、適切なリスクガバナンスの枠組みの下で、各組織は、常に安全性向上の更なる高みを目指して適切なリスクマネジメントを実施する必要がある。また、多様なステークホルダーとのコミュニケーションを行い、日々変化していく原子力安全を巡る社会情勢、社会風土等と整合を図る。

上記の 2.及び 3.でまとめられている意思決定の考え方に関する国内外の調査結果を参考とし、包括的・継続的な安全性向上の枠組みを図 5-1 に示すように描いた。

【安全性向上の枠組みを踏まえた統合的意思決定プロセス】

安全性向上を目指して種々の意思決定をする際に、どのように考え、どのように評価し、どのような手順で決定することが適切であるか、実効的であるかを考察し、個々の実施事項とその関係性を明らかにした統合的意思決定プロセスを図 5-2 に示した。本プロセスを参考に、各組織の実態に応じて、確実に展開されていくことが重要である。

「問題の設定」では、取り組むべき対象、目標、解決の方向性を明確にするとともに、問題のプロフィールの把握を行う。最新の科学的知見や社会的要求、対策の実効性評価の結果等が契機となる。「選択肢候補の考案」では、対策の実行可能性にかかわらず、複数の幅広い対策を選択肢候補として考案する。「統合的な分析」では、各キーエレメントの観点からの分析、キーエレメントの相対的な重み付け、を行い選択肢候補から選択肢として提案するとともに、その分析結果を意思決定者の判断材料としてまとめる。ここでは、分析におけるバイアスの排除のため、専門家パネルを活用することも有効である。「意思決定（選択肢の採否の決定）」では、「統合的な分析」から得られた選択肢と分析結果に基づき、選択肢の採否に係る意思決定を行う。「意思決定結果の実施」では、採用した対策を計画に従い確実に実施するとともに、想定を

超える事態に対し適切な対応が出来るよう、体制、工程、マネジメント策定などを行う。「モニタリングと実効性の評価」では、実施した対策の実効性の評価や、意思決定時の前提に変化がないかのモニタリングを行い、見直すべきとなった場合には、「問題の設定」に戻り、再度プロセスを廻し検討する。上記のプロセスを通じて、各実施項目内及び実施項目間では組織内・組織外とのコミュニケーションを行うとともに、意思決定プロセスの文書化、体制などもプロセスを進める上では重要となる。

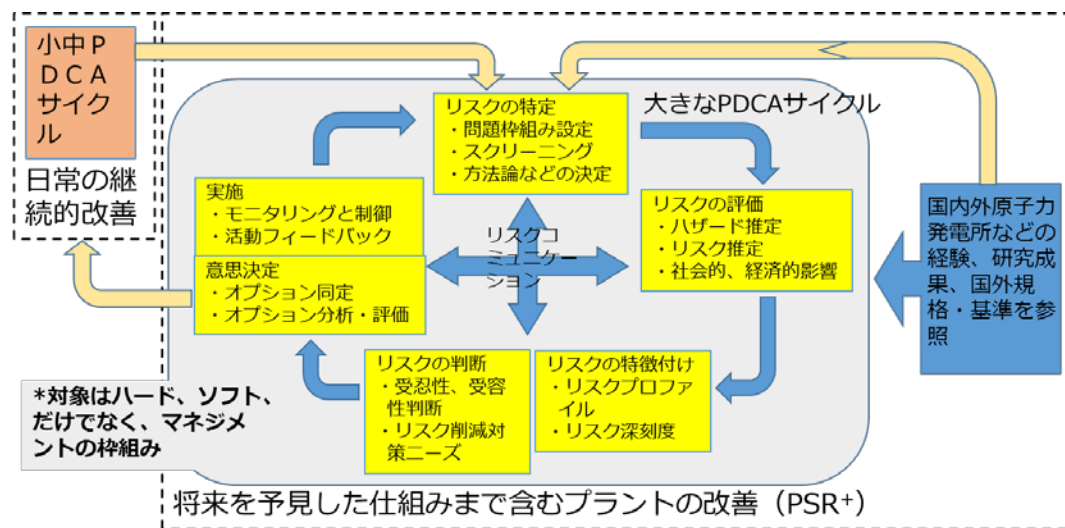


図 5-1 包括的・継続的な安全性向上の枠組み

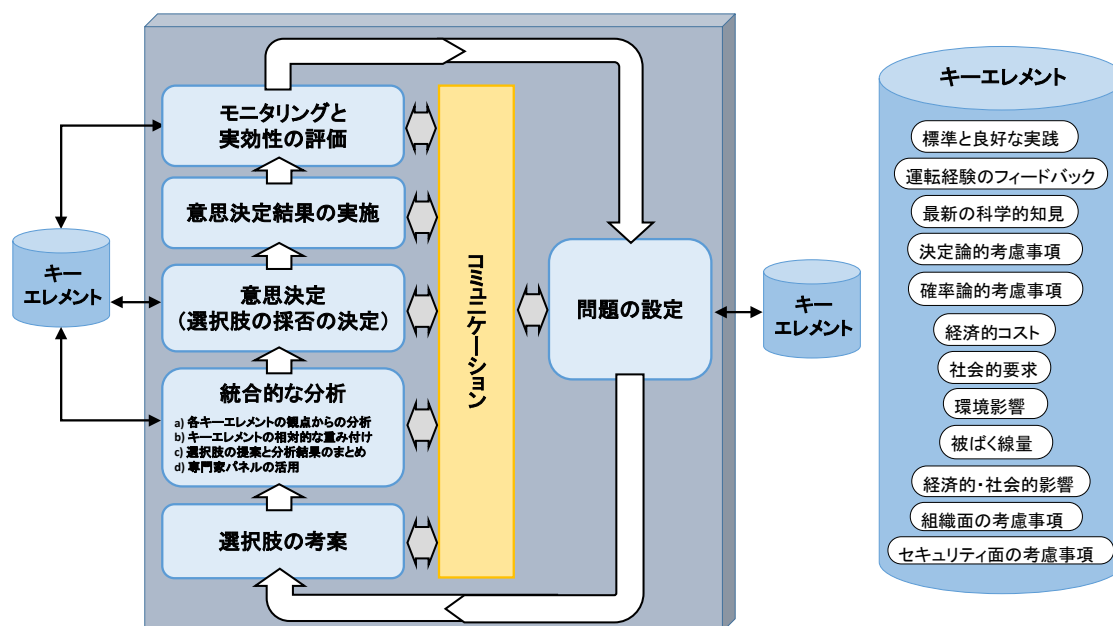


図 5-2 統合的意思決定プロセス

5. 安全性向上の対応策を講じる際の意思決定の実施手順の提案(例示)

本章では上記の 4. で提唱された統合的意思決定プロセスを参考に、具体的な事例について意思決定の具体的な対策を事例として取り上げ、意思決定の実施手順と関連付けてその内容を検討、整理し、課題を摘出する。事例として、以下の 4 つの事例について意思決定の実施手順と関連付けて整理を試みた。

- ・安全上評価すべき重要事故シナリオグループ 選定検討における統合的意思決定プロセス

- ・ ATWS 対策
- ・ SBO 対策
- ・ 自然現象及び人為事象に対する安全対策検討における統合的意思決定プロセス

上記の事例検討から以下の課題を抽出した。

6. まとめ

本タスクにおいては、安全性向上対策に関する意思決定の国内外の事例を分析、評価しつつ、継続的な安全性向上のあり方、考え方を整理し纏め、そこから実際に安全性向上の意思決定を行おうとした時に解決しておくべき重要な課題を抽出した。これらの課題に対して、我が国の現状を踏まえつつ、本タスクにおいて今後の進め方を議論した結果、当面急ぐ課題対応としては下記の2点が合意された。

- ・ 関係組織が新知見の共有、評価を行えるような作業会を設置する。
- ・ コスト・ベネフィット解析の実施の考え方の標準作り、及び意思決定プロセスをさらに具体化した標準作りを推進する。

標準委員会セッション3（システム安全専門部会，リスク専門部会合同）

原子力プラントの継続的な安全性向上対策採用の考え方（その3）

Basic principles to continuously adopt measures for safety improvements at nuclear power plants
(the third session)

*越塚 誠一¹，*河井 忠比古²，*関村 直人¹，*中村 武彦³，*成宮 祥介⁴，*鈴木 雅秀⁵

¹東京大学，²JANSI，³JAEA，⁴関西電力，⁵長岡技術科学大学

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、福島第一事故という。）に関する各種報告書が、この事故の背後要因の主要なものの1つとし原子力安全のための継続的改善の必要性、重要性を、教訓や提言として出している。安全性向上対策の採否を決定する際には、自主的、強制的を問わず、決定論的評価、確率論的評価、並びに優れた工学的慣行、運転実績や管理措置を考慮に入れて、一貫性がありバランスの取れた選択をすることが大事である。

福島第一事故後に、新規制基準において継続的安全性向上が規定されたが、安全向上対策採否の具体的な考え方については記述されていない。すなわち、新知見をどのようにして反映していくか、リスク重要度とは何か、猶予期間はどうかあるべきか、などについて明らかでない。

そこで、2014年に日本原子力学会標準委員会に安全性向上対策採用の考え方に関するタスク（以下、本タスクという）が設置された。本タスクでは、原子力発電所の安全確保が、科学的、合理的根拠に基づいて総合的にかつ一体的に着実に進展していくように、安全性向上対策採用の考え方に関する国内外の具体論を分析し、自主的、強制的を問わず、統合的な安全性向上対策採用の考え方に係る学会としての考え方を検討してきた。また、日本原子力学会 2014 年秋の大会および 2015 年春の年会において、標準委員会セッションとして本タスクでの検討状況を報告してきた。このような経緯を経て、本タスクの報告書を取り纏めることになったので、ここではその紹介をおこなう。

2. 総合的、俯瞰的な安全性向上のための意思決定の考え方

現代の社会を取り巻く環境を見ると、人の快適な生活を脅かすような様々なリスクに囲まれている。このような社会の中で、科学技術の発展や産業活動による経済の発展がもたらすベネフィット（便益）を享受しつつ、それに伴うリスクから人々の生命や財産、社会の秩序をまもるために行われるのが「リスクガバナンス（risk governance）」である。社会環境が複雑化し、リスクも多様化、不確実性が増加する中で、これらのリスクに対応するには、過去の成功事例の手法に学ぶというよりも、失敗を避けて成功のためにリスクをどのように捉えレジリエンスをも考慮してコントロールして行くか、また、リスクは顕現化すると想定して事前の備えを行うインテンジエンスを如何に行うか、が重要となってきた。

【海外における意思決定プロセスの事例】

海外においては、企業や組織が目的達成のために意思決定を行い、業務を遂行する際に生ずるあらゆるリスクを戦略的に最適化し、企業価値の最大化を図るマネジメントを行っている。一方、企業の社会的責任（Corporate Social Responsibility：CSR）も大きく取り上げられ、企業のみならずあらゆる組織において社会のステークホルダー（利害関係者 stakeholder）との関係を抜きにしては適切な意思決定ができない状況と

*Seiichi Koshizuka¹，*Tadahiko Kawai²，*Naoto Sekimura¹，*Takehiko Nakamura³，*Yoshiyuki Narumiya⁴ and *Masahide Suzuki⁵

¹Tokyo Univ.，²JANSI，³JAEA，⁴KEPCO，⁵Nagaoka Univ.

なっている。最近では、このような関係を考慮して、米国の NASA や NRC をはじめ宇宙、防衛、原子力などの先端技術分野では前述のリスクマネジメントを更に拡張して、リスク情報を活用した意思決定プロセス RIDM を組み込むマネジメントシステムを採用し、ステークホルダーとのコミュニケーションを通じて、リスク対応のマネジメントや意思決定の最適化を図ることが広く進められている。



図表 19 NASA RIDM プロセスでの役割とインターフェース

3. 安全性向上対策採用に係る海外事例検討

本章では、安全性向上に向けたシビアアクシデント対策導入のための米国、英国における代表的な意思決定手法について、リスク情報活用を含めた基本的考え方、適用事例及び規制機関、産業界の動向等に関する調査を行った。

米国では、既設炉における法規制の制改定や規制要件の見直し等により、安全性の実質的な向上とこれに係る費用等の正当性についてバリュー・インパクト分析を行い、NRC が最終的な規制を決定するバックフィット、既設炉または新設炉を対象に各々シビアアクシデント時における影響緩和代替案、または設計代替案に対してコスト・ベネフィット評価を行って判断する SAMA、SAMDA がある。

一方、英国では、基本安全限度（BSL）、基本安全目標（BSO）が数値基準として設定され、これらの間のリスク受忍可能範囲内（ALARP）でリスク低減を図る安全評価原則（SAP）の考え方がある。英国では、規制当局がこれらの数値基準に基づいて事業者の安全性向上活動のプロセス及び安全性向上対策の妥当性について評価を行っている。

【米国、英国での安全性向上対策採用に関する主な評価事例の概要】

(1) 米国におけるバリュー・インパクト分析の検討例

SBO 規則に関しては、1988 年に NRC は国内 100 プラントを対象に規制措置代替案実施に伴うバリュー（公衆被ばくの低減、環境の改善及びリスク等の低減）とインパクト（安全、環境及び経済性等への悪影響）を定量評価し、評価基準の 2.4 倍のバリューが得られることを確認した。一方、NRC によるフィルター・ベントの設置に関するバリュー・インパクト分析では、インパクトがバリューを大幅に上回り、対費用効果が無いことが確認された。その後、NRC と産業界との間で成立性に関する活発な議論がなされたものの、最終的には 2015 年にフィルター・ベントの設置義務化を成文化しないことが NRC で正式に決定された。

また、新設炉の SAMA/SAMDA 評価としては、ABWR、ESBWR、AP1000、EPR、APWR、APR1400 等の型式認定申請の事例があるが、標準設計以上のシビアアクシデント対応代替案や改良案がいずれも

バリュー・インパクト上効果的ではないことが示されている。

(2) 英国における定量的 ALARP 評価の実施事例

GDA の評価において、EPR では、ALARP 評価に供する設計代替案 7 案を選定し、定量的 ALARP 評価を行い、設計代替案のコストを設計代替案実施によるリスク低減と比較した結果、代替設計案のいずれもコスト上効果的ではないことが確認された。また、AP1000 でも、ALARP 評価に供する設計代替案 (14 案)、設計改良案 (2 案) を選定し、定量的 ALARP 評価を行ったが、同様に設計代替案及び設計改良案のいずれもコスト上効果的ではないことが確認された。

既設炉である Sizewell B の定期安全レビューやストレステストに際しても ALARP に関する評価が行われ、得られた結果、検討課題に基づいて事業者は改善すべき領域を摘出し、適切な安全性向上策を実施してゆくとしている。

4. 安全性向上対策の採用に係る意思決定プロセスの在り方と課題

【安全性向上への取り組みの基本となる考え方】

原子力発電所の安全確保の達成のためには、全てのステークホルダー（規制当局・電力事業者・メーカー・学術団体・地域住民・一般市民等）が、合理的に実行可能な限り出来るだけリスクを低くするという ALARA の考え方の下、それぞれの役割における取組みに継続的な改善を行ない、安全性向上に努める必要がある。

また、ステークホルダーからの理解という社会的な視点や、安全目標に照らしてどこまで安全性を向上させるべきかという視点、深層防護や防災による対応をどこまで行うべきかという視点、など色々な要素を考慮したうえで、総合的にリスクを低減することが重要である。ソフトウェア・ハードウェア・マネジメントにまで至る種々の策の実施において必要となるリソース（人的資源、費用）は無限大に存在する訳ではなく、効果的に配分する必要がある。

原子力事業は社会的リスクを伴うものであるが故に、適切なリスクガバナンスの枠組みの下で、各組織は、常に安全性向上の更なる高みを目指して適切なリスクマネジメントを実施する必要がある。また、多様なステークホルダーとのコミュニケーションを行い、日々変化していく原子力安全を巡る社会情勢、社会風土等と整合を図る。

上記の 2. 及び 3. でまとめられている意思決定の考え方に関する国内外の調査結果を参考とし、包括的・継続的な安全性向上の枠組みを図 5-1 に示すように描いた。

【安全性向上の枠組みを踏まえた統合的意思決定プロセス】

安全性向上を目指して種々の意思決定をする際に、どのように考え、どのように評価し、どのような手順で決定することが適切であるか、実効的であるかを考察し、個々の実施事項とその関係性を明らかにした統合的意思決定プロセスを図 5-2 に示した。本プロセスを参考に、各組織の実態に応じて、確実に展開されていくことが重要である。

「問題の設定」では、取り組むべき対象、目標、解決の方向性を明確にするとともに、問題のプロフィールの把握を行う。最新の科学的知見や社会的要求、対策の実効性評価の結果等が契機となる。「選択肢候補の考案」では、対策の実行可能性にかかわらず、複数の幅広い対策を選択肢候補として考案する。「統合的な分析」では、各キーエレメントの観点からの分析、キーエレメントの相対的な重み付け、を行い選択肢候補から選択肢として提案するとともに、その分析結果を意思決定者の判断材料としてまとめる。ここでは、分析におけるバイアスの排除のため、専門家パネルを活用することも有効である。「意思決定（選択肢の採否の決定）」では、「統合的な分析」から得られた選択肢と分析結果に基づき、選択肢の採否に係る意思決定を行う。「意思決定結果の実施」では、採用した対策を計画に従い確実に実施するとともに、想定を

超える事態に対し適切な対応が出来るよう、体制、工程、マネジメント策定などを行う。「モニタリングと実効性の評価」では、実施した対策の実効性の評価や、意思決定時の前提に変化がないかのモニタリングを行い、見直すべきとなった場合には、「問題の設定」に戻り、再度プロセスを廻し検討する。上記のプロセスを通じて、各実施項目内及び実施項目間では組織内・組織外とのコミュニケーションを行うとともに、意思決定プロセスの文書化、体制などもプロセスを進める上では重要となる。

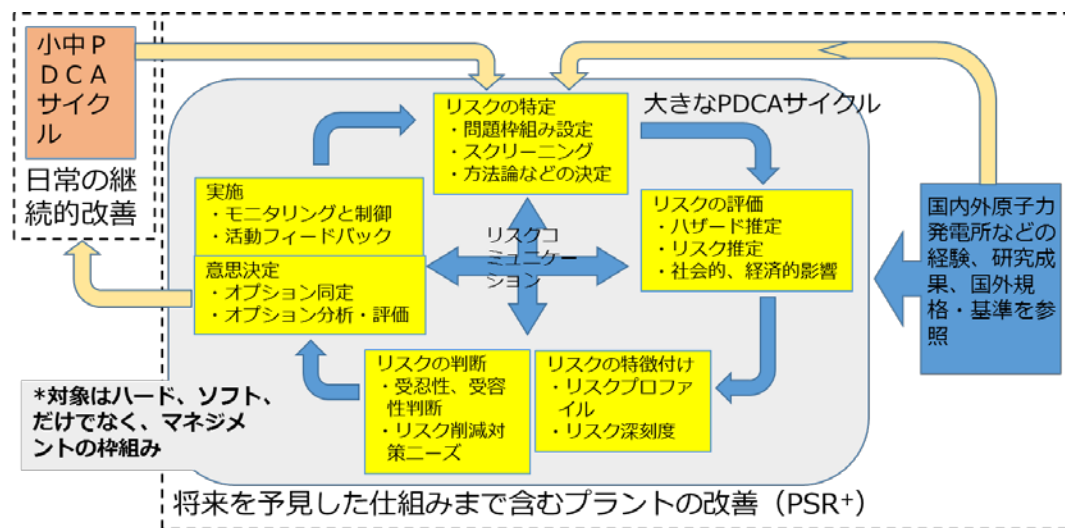


図 5-1 包括的・継続的な安全性向上の枠組み

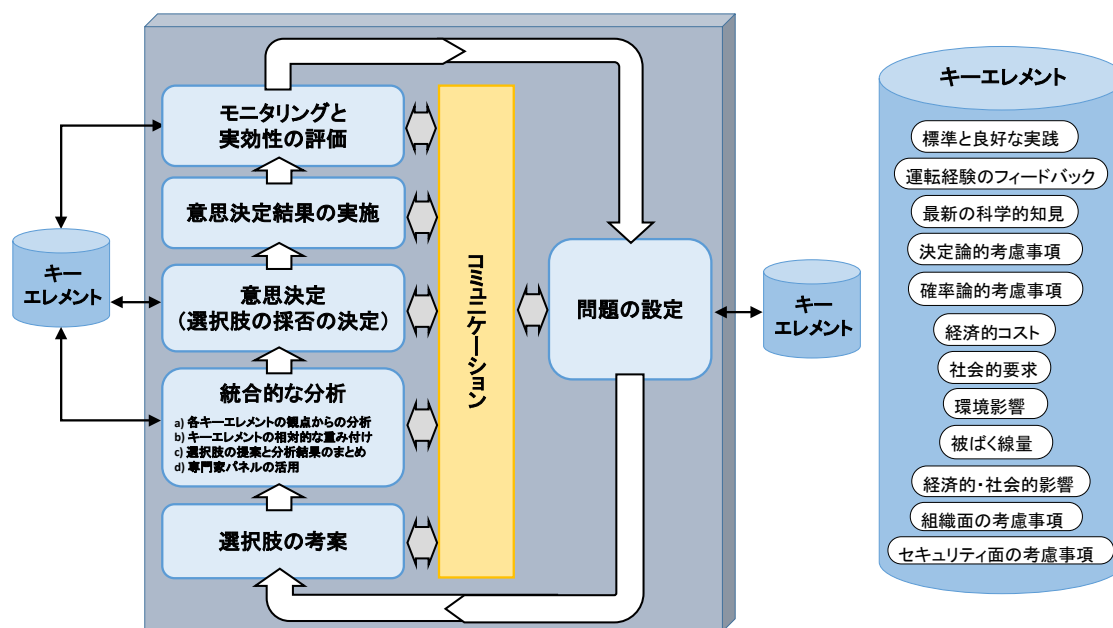


図 5-2 統合的意思決定プロセス

5. 安全性向上の対応策を講じる際の意思決定の実施手順の提案(例示)

本章では上記の 4. で提唱された統合的意思決定プロセスを参考に、具体的な事例について意思決定の具体的な対策を事例として取り上げ、意思決定の実施手順と関連付けてその内容を検討、整理し、課題を摘出する。事例として、以下の 4 つの事例について意思決定の実施手順と関連付けて整理を試みた。

- ・安全上評価すべき重要事故シナシグループ 選定検討における統合的意思決定プロセス

- ・ ATWS 対策
- ・ SBO 対策
- ・ 自然現象及び人為事象に対する安全対策検討における統合的意思決定プロセス

上記の事例検討から以下の課題を抽出した。

6. まとめ

本タスクにおいては、安全性向上対策に関する意思決定の国内外の事例を分析、評価しつつ、継続的な安全性向上のあり方、考え方を整理し纏め、そこから実際に安全性向上の意思決定を行おうとした時に解決しておくべき重要な課題を抽出した。これらの課題に対して、我が国の現状を踏まえつつ、本タスクにおいて今後の進め方を議論した結果、当面急ぐ課題対応としては下記の2点が合意された。

- ・ 関係組織が新知見の共有、評価を行えるような作業会を設置する。
- ・ コスト・ベネフィット解析の実施の考え方の標準作り、及び意思決定プロセスをさらに具体化した標準作りを推進する。