

## 日本原子力学会標準

原子力発電所の継続的な安全性向上のためのリスク情報を  
活用した統合的意思決定に関する実施基準：201X

標準原案

201X年X月

一般社団法人 日本原子力学会

(白紙)

心 參 保 租 用

## まえがき

“原子力発電所の継続的な安全性向上のためのリスク情報を活用した統合的意思決定に関する実施基準：201X”は、一般社団法人日本原子力学会が標準委員会システム安全専門部会の下に統合的安全性向上分科会を設けて検討し、システム安全専門部会及び標準委員会での審議を経て策定・発行したもので、リスク情報を活用した統合的意思決定（Integrated Risk-Informed Decision Making：IRIDM）の標準的なプロセスを実施するための要件を規定したものです。リスク評価にかかる部分についてはリスク専門部会が検討を分担しました。

我が国においてリスク情報は、1990年代初頭のアクシデントマネジメント（AM）策検討に参考にされるなどの活用を経て、2000年以降、旧原子力安全委員会及び旧原子力・安全保安院からリスク情報活用のための課題と方向性にかかる複数の文書が出され、安全目標、性能目標にかかる審議も進められました。原子力学会標準委員会でも、確率論的リスク評価（PRA）手法の標準を策定・発行していました。特に、2009年の技術レポート“リスク情報活用の本格導入に向けた関連規格の体系化に関する今後の課題と提言”は、リスク情報の本格活用の実現に向けて、規制機関、事業者、研究機関、原子力学会が行うべきことを提言し、リスク評価に留まらない“活用の実行”に期待したものでした。同時期に、標準委員会では“原子力発電所の安全確保活動の変更へのリスク情報活用に関する実施基準：2010”（RIDM2010 標準）を制定発行し、オンラインメンテナンス導入などの実現に必要な技術基盤を提供しました。しかし、10年近い年月をかけ文書及びガイドラインまで出したにも関わらず、当時リスク情報活用は根付きませんでした。その原因は、必ずしも2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所事故（福島第一事故）だけではなく、リスク情報を原子力発電所の様々な意思決定に活用することの重要性、利得の理解の関係組織間の共有が不十分であったこと、客観的な情報による自主的な活動の意義が認識されなかったことも、その一因であると考えられます。

福島第一事故後、リスクマネジメントを導入しPRAなどから得られるリスク情報を活用して安全性を向上することは、事故以前とは違う位置づけでより強く求められています。規制委員会からは、規制基準への適合性審査においてPRAによる代表シナリオの抽出が求められ、事業者から地震PRA及び津波PRAをも含むリスク情報が提示されていることは一つの進歩と言えます。さらに、安全性向上評価の制度は事業者が自ら施設の安全性を評価し安全性向上のために講じた措置を公表する適切な仕組みとして運用されています。さらに検査制度の見直し検討が進んでおり、リスク情報を用いたパフォーマンスベースの制度である米国のROP（Reactor Oversight Process）を参照されています。

原子力発電の安全性を維持、向上させていくには、事業者が、自ら考え自ら行動する原子力施設の安全性確保活動は、対策を実施したことだけで維持されるわけではなく、評価と向上策の検討を常に継続していく必要があります。規制においても絶えざる変革が求められます。そのためには、PRAなどから得られるリスク情報に加え、運転経験、実施のリソース（体制、資金、時間など）ほか、多くの要素を収集、評価し、それを基に統合的な意思決定を行い、マネジメントすることが重要である、と考えます。

そこで、2017年12月に発効した技術レポート“継続的な安全性向上対策採用の考え方について”で調査したリスク情報を活用した意思決定にかかる国内外の諸組織におけるプロセスを参考にしながら、わが国でIRIDMプロセスを実施するために必要な実施事項を標準として制定しました。この標準は、数多くあるリスク情報活用の活動に共通して守るべき事項を規定しています。ただし、活用する活動によってはすべての規定事項を適用することは必要ありません。例えばこの標準では複数の“キーエレメント”を用いて分析を行うことを求めています。問題の軽重により調整することも可能としています。すべての活動

に対し IRIDM を固定的形式的にしてしまうことがないように、この標準ではいくつかの事例を示しています。まだ数は少ないですが、今後取組み事例が増えていけば増強していく予定です。

我が国の原子力規制は、総合規制評価サービス（IRRS ; Integrated Regulatory Review Service）の指摘への対応でリスク情報を活用する検査制度に大きく舵を切っています。我が国の電気事業者 11 社が 2018 年（平成 30 年）2 月に“リスク情報活用の実現に向けた戦略プラン及びアクションプラン”を出していますが、その中ではリスク情報活用の取組みを着実に遂行し自律的な安全性向上を目指す、と明記されています。IRIDM 標準がぜひ、この活動の下支えになるよう、また規制機関及び事業者の活動事例をこの標準へ反映し、将来のより合理的なリスクマネジメントにつなげていくことを希望します。

## FOREWORD

The “Standard of Implementation on Integrated Risk-Informed Decision Making (IRIDM) for Continuous Improvement of Safety of Nuclear Power Plants: 201X” was drafted by the Atomic Energy Society of Japan (AESJ) by establishing a Subcommittee on Integrated Safety Improvement under the System Safety Technical Committee of the AESJ Standards Committee. The AESJ formulated and issued the Standard after deliberation by the System Safety Technical Committee and the Standards Committee. This Standard provides for the requirements for implementing the standardized process of Integrated Risk-Informed Decision Making (IRIDM). The Risk Technical Committee led the discussion about the requirements for risk assessment.

After the risk information was frequently referred to in discussing about accident management measures in the early 1990’s, the former Nuclear Safety Commission and Nuclear and Industrial Safety Agency published many documents about the issues and policies for the utilization of risk information while the deliberation about the safety objectives and performance objectives was promoted. Meanwhile, the AESJ Standards Committee formulated and issued the Probabilistic Risk Assessment (PRA) Implementation Standards. In particular, the technical report published in 2009, “Future Issues and Recommendations Regarding Systematic Development of Codes Related to Full-Scale Introduction of Risk-Informed Approach” summarized the recommendations to be performed by the regulatory authorities, electric power companies, research institutes and the AESJ respectively expecting the “practical use of risk information” beyond the risk assessment itself. At the same time, the Standards Committee issued the “Implementation Standard for Utilization of Risk Information in Changing Safety Related Activities in Nuclear Power Plants: 2010” (RIDM 2010 Standard), which provided the technical base required for the introduction of online maintenance. However, the risk-informed approach was not fully put into practice at that time although various documents and guidelines were prepared and published in about 10 years. The failure in establishing the basis for the risk-informed approach was not only caused by the accident at Tokyo Electric Power’s Fukushima Daiichi Nuclear Power Station in March 2011 but also by the lack of sharing common understanding in the importance and benefits of utilization of risk information in various decision making processes relate to nuclear power plants among related organizations and insufficient recognition about the significance of voluntary activities utilizing objective information.

After the Fukushima Daiichi accident, there has been an increasing demand for the enhancement of nuclear safety by introducing the risk management system and utilizing the risk information obtained from PRA results even greater than before the accident from a different viewpoint. As an advancement in introducing the risk-informed approach, the Nuclear Regulation Authority requires the nuclear power plant operators to perform PRA by identifying the representative accident scenarios as a part of the safety screening process to check for the compliance with the new regulatory requirements while the nuclear industry provides risk information including those related to seismic and tsunami PRA. The electric power companies are running the system for evaluating the effectiveness of the safety enhancement measures as a useful framework for assessing the safety of their own nuclear facilities and announcing the measures taken for safety enhancement officially. On the other hand, as the NPP inspection system in Japan is being reformed, the Reactor Oversight Process (ROP), which is a risk-informed and performance-based system adopted in the U.S., is being referred to.

In order to maintain and improve the safety of nuclear power plants, it is important for the utilities to continuously pursue enhanced safety evaluation and improvement measures while thinking and acting by themselves besides the implementation of safety assurance measures. Similarly, the regulatory system needs to be consistently reformed and

improved. In this regard, it is essential to introduce and establish the integrated decision-making and management process by collecting various information, such as operating experience and risk management resources (organizations, funds, time, etc.) as well as risk information, including PRA results and then evaluating the collected information.

Under the circumstances, this Standard has been developed to provide for the requirements for implementing the IRIDM process in Japan by referring to the Code of Adopting Continuous Safety Improvement Measures put into effect in December 2017, which summarizes the process of integrated decision-making utilizing risk information adopted by various organizations in Japan and abroad. However, it is not always necessary to apply all the requirements specified in the Code to each activity adopting the IRIDM process; for example, this Standard requires the use to perform analysis using multiple “key elements while the use allows the user to adjust the applicability of the key elements depending on the significance of the issue. This Standard introduces several examples of applying IRIDM process so as to avoid fixed or prescriptive operation of IRIDM. There are currently a few examples of actual applications, but it is planned to introduce more examples as applications of IRIDM are promoted in future.

The regulatory system in Japan has been radically changed to introduce a new inspection system utilizing risk information in response to the findings suggested by the Integrated Regulatory Review Service (IRRS) of the International Atomic Energy Agency (IAEA). In February 2018, 11 Japanese electric power companies submitted the strategic plan and the action plan toward achievement of risk-informed approach, which describe their policies aiming at self-sustained enhancement of nuclear safety by pursuing efforts utilizing risk information. It is expected that the IRIDM Standard will provide the basis for such efforts and future activities to be performed by the regulatory authorities and electric power companies will be incorporated into the Standard to develop a more streamlined risk management methodology.

---

制定：201X年X月XX日

この実施基準についての意見又は質問は、一般社団法人 日本原子力学会事務局標準委員会担当(〒105-0004 東京都港区新橋 2-3-7 TEL 03-3508-1263)にご連絡ください。

## 免責条項

この標準は、審議の公平性、公正性、公開性を確保することを基本方針として定められた標準委員会の規則類に従って、所属業種のバランスに配慮して選出された委員で構成された委員会にて、専門知識及び関心を有する人々が参加できるように配慮しながら審議され、さらにその草案に対して産業界、学界、規制当局を含め広く社会から意見を求める公衆審査の手続きを経て制定されました。

一般社団法人日本原子力学会は、この標準に関する説明責任を有しますが、この標準に基づく設備の建設、維持、廃止などの活動に起因する損害に対しては責任を有しません。また、この標準に関連して主張される特許権及び著作権の有効性を判断する責任もそれらの利用によって生じた特許権や著作権の侵害に係る損害賠償請求に応じる責任もありません。そうした責任は全てこの標準の利用者にあります。

なお、この標準の審議に規制当局、産業界の委員が参加している場合においても、この標準が規制当局及び産業界によって承認されたことを意味するものではありません。

## Disclaimer

This standard was developed and approved by the Standards Committee of AESJ in accordance with the Standards Committee Rules, which assure Balance, Due process, and Openness in the process of deliberating on a standard. The Committee is composed of individuals who are competent or interested in the subject and elected, keeping the balance of organizations they belong in the subject, with their professional affiliations well-balanced as specified in the Rules. Furthermore, the standard proposed by the Committee was made available for public review and comment, providing an opportunity for additional input from industry, academia, regulatory agencies and the public-at-large.

AESJ accepts the responsibility for interpreting this standard, but no responsibility is assumed for any detriment caused by the actions based on this standard during construction, operation, or decommissioning of facilities. AESJ does not endorse or approve any item, construction, device or activity based on this standard.

AESJ does not take any position with respect to the validity of any patent rights or copyrights claimed in relation to any items mentioned in this document, nor assume any liability for the infringement of patent rights or copyrights as a result of using this standard. The risk of infringement of such rights shall be assumed entirely by the users.

The Committee acknowledges with appreciation the participation by regulatory agency representatives and industry-affiliated representatives, whose contribution is not to be interpreted that the government or industry has endorsed this standard.



## 日本原子力学会における原子力標準の策定について

標準委員会は、原子力安全の確保を目指して公平、公正、公開の原則のもと、学术界、産業界及び国の機関等に広く所属する幅広い分野の専門家の参加を得て、活動を進めています。東京電力福島第一原子力発電所の事故からの多くの教訓を踏まえて、原子力安全の向上を最も重要な目標として、国際的なエクセレンスに学び、我が国の社会経済的環境、国民性、産業構造の変化や技術の発達等を十分勘案し、原子力発電所など原子力に係るシステムや製品、仕組みに関連する基準を原子力標準として随時制定し、それを新たな知見を随時反映して改定していくことが、標準委員会の使命です。原子力標準は安全性向上に資する最新の知恵の体系であり、真摯な議論を踏まえて、国民が最新の知見を迅速に活用することを可能としています。また原子力安全を最優先として市場競争を行っている産業界は、当該技術が標準化されたことを前提として、比較優位性を生み出す技術開発等に努力を傾け、ひいては原子力安全をより確実にする活動に注力することが可能となります。

我が国においてはこれまで、国民の生活の質を確保し、経済社会の安定な発展を支えるため、国の規制機関が要の基準を国家標準として制定し、行政判断に使用してきました。さらに近年では、機能性化として標準策定の活動を学会に委ねる方向が進展してきました。しかしながら今後は、早期に体系化を整えることに加えて、新知見の取入れをより迅速に行うようにすることで、技術やニーズの変化に合わせて標準を適正化していく作業を加速し、原子力安全の確保の観点で決して陳腐化が起これないように努めなければなりません。学会における標準の策定活動を通じて、福島第一原子力発電所事故の再発を防ぐことはもちろんのこと、いわゆる安全神話が復活することがないように努めていきたいと考えます。

標準委員会としては、原子力安全を担う原子力規制委員会とも緊密な協働の下で、学会が中核となって、全てのステークホルダーから専門家が参画して真摯に議論を深め、優先度を明らかにしつつ、原子力安全の目標を達成するため適正な原子力標準を迅速に策定する役割を担っていきます。

このような精神に則り、標準委員会においては構成する委員一人ひとりが専門家として学会の倫理規程を遵守し、公平、公正、公開の原則のもとに原子力安全の向上に資する原子力標準を策定していきます。公衆審査を経て制定される標準を規制機関と産業界が安全性向上を図るために利用していくことになれば、新しい技術的知見を迅速に、また国民の利用に供することになります。さらに、これらを国際的な標準として提示していく努力を行うことも学会の役割であり、その実現は我が国の国際技術戦略に加え、福島第一原子力発電所事故後の国際社会における原子力安全に対して重要な貢献となると考えます。

201\*年\*\*月

名簿の年月に合わせる

標準委員会  
委員長 関村 直人

## 原子力標準の位置付けについて

“原子力発電所の継続的な安全性向上のためのリスク情報を活用した統合的意思決定に関する実施基準：201X”は、1999年9月22日に設置された日本原子力学会標準委員会（Standards Committee of AESJ）が、原子力施設の安全性と信頼性を確保してその技術水準の維持・向上を図る観点から、原子力施設の設計・建設・運転・廃止措置などの活動において実現すべき技術のあり方を、原子力技術の提供者、利用者、専門家の有する最新の知見を踏まえ、影響を受ける可能性のある関係者の意見をパブリックコメントをも通じて聴取するなど公平、公正、公開の原則を遵守しながら審議し、合意したところを文書化した原子力標準の一つです。

標準委員会は、専門家集団の果たすべきこのような役割と責任を意識しながら、原子力施設の安全性と信頼性の達成に必要なニーズに対応する標準策定活動を行うために、公平、公正、公開の原則に則って定めた運営規則に従い、システム安全専門部会でのこの標準の原案を作成しました。この標準が標準委員会設置の趣旨を踏まえて各方面で活用されることを期待します。

なお、この内容については、常に最新知見を原子力標準に反映すべく、原則として5年ごとに改定することとしておりますので、本委員会はこの標準の利用に際してのご質問や改定に向けてのご提案をいつでも歓迎します。

201\*年\*\*月

名簿の年月に合わせる

標準委員会  
委員長 関村 直人

## システム安全専門部会の活動について

システム安全専門部会（以下、本専門部会）は、標準委員会の下で、原子力施設のシステム安全に関する標準を制定する活動を行っています。「システム安全」のゴールは、複雑な原子力施設をシステムとしてとらえ、総合的な安全を確保することです。具体的には、原子力システムの安全設計や、運転や保守における安全確保に関する考え方などについて、最新の技術的知見を標準としてまとめるとともに、継続的な改善を進める活動を行っています。

2011年3月11日の東日本大震災によって引き起こされた東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故によって、原子力発電に対する国民の信頼が大きく損なわれました。国内外で多くの事故調査報告書が刊行され、様々な視点からの改善提案がなされており、数多くの具体的な安全性向上対策が積極的に進められています。本専門部会の活動についても、しっかりと反省し、二度と大規模な事故を起こさないために、改善を進めていく必要があります。具体的には、従来不十分であった、シビアアクシデントの発生防止、拡大防止及び影響緩和のために必要な標準の策定に、体系的かつ一体的に取り組んでいます。さらに、原子力発電の安全・安定運転に対して従来から取り組んでいる、自主的安全性向上、高経年化対策、炉心燃料、水化学などの標準にも従来に増して安全性の徹底が求められており、引き続き積極的に改善を進めていきます。

このような多くの課題に対して、原子力発電の安全性及び信頼性の一層の向上を図るためには、関係する産業界、学术界、国・官界、学協会が俯瞰的かつ有機的な連携を図っていくことが必要です。さらに、原子力発電所の安全を確保するための体系を確立するために、国の規則として定められる性能規定に基づいて、仕様規定となる標準を民間規格として策定する重要性はさらに増しています。また国の規則と標準がシームレスな関係となり、総合的な安全確保に活用されることが重要です。本専門部会では、国内外の関係組織との役割分担を明確にしつつ、公平性、公正性、公開性を確保しながら、原子力施設のシステム安全に係る標準を体系的かつ計画的に整備する活動を推進しています。対象とする標準としては、国の規制に含まれるものから産業界の諸活動における手引き類までを含みます。国際的な視点がますます重要になってきており、専門部会の活動にも国際的活動を積極的に取り組んでいきます。

本専門部会は公開で行われていますので、事前に連絡頂ければ傍聴することができます。また審議過程は議事録として残し、ホームページにも掲載されますので、活動状況を確認いただくこともできます。標準は、継続的に改善されていくことが必要です。新技術の開発状況や新たに得られた知見に基づいて適切に改定されていくことによって、その利用価値が維持できるものです。少なくとも年に一度は本専門部会で改定の必要性について検討を行うとともに、原則として5年ごとに改定版を発行することを目標に、活動を進めていきたいと考えています。

201×年×月

名簿の年月に合わせる

標準委員会  
システム安全専門部会  
部会長 岡本 孝司

標準委員会，専門部会，分科会 委員名簿

標準委員会

(順不同，敬称略)  
(201X年X月XX日現在)

旧委員 (所属は委員退任時)

制定後記載

## システム安全専門部会

(順不同, 敬称略)  
(201X年X月XX日現在)

旧委員 (所属は委員退任時)

制定後記載

## 統合的安全性向上分科会

(順不同, 敬称略)  
(201X年X月XX日現在)

旧委員 (所属は委員退任時)

常時参加者

制定後記載

## 標準の利用に当たって

標準は対象とする技術，活動又は結果の仕様についての関係者のコンセンサスを規定しているものです。標準にはこうあるべきという義務的事項の他，こうあってもよいとして合意された非義務的な事項も含まれています。しかし，標準は，対象としている技術，活動又は結果の仕様について，規定している以外のものを排除するものではありません。

また，標準が規定のために引用している他の規格・標準は，記載された年度版のものに限定されます。標準は全体として利用されることを前提に作成されており，公式な解釈は標準委員会が行います。標準委員会はそれ以外の解釈については責任を持ちません。標準を利用するに当たってはこれらのことを踏まえてください。

なお，標準委員会では，技術の進歩に対応するため，定期的に標準を見直しています。利用に当たっては，標準が最新版であることを確認してください。

(白紙)

心算帳目用

## 目次

	ページ
1 適用範囲.....	1
2 引用規格.....	1
3 用語, 定義及び略語.....	2
4 IRIDM の目的.....	4
5 IRIDM プロセスの基本的考え方.....	5
5.1 IRIDM プロセスに求められる特性.....	5
5.2 IRIDM プロセスの基本的な枠組み.....	5
5.3 IRIDM プロセスの具体的ステップ.....	7
6 実施体制及び環境整備.....	9
6.1 総括事項.....	9
6.2 必要な体制の構築並びに責任及び権限の明確化.....	9
6.2.1 組織の経営者の責務.....	9
6.2.2 意思決定のために必要な体制の構築.....	9
6.2.3 IRIDM プロセスの評価及び改善.....	9
6.3 実施に係る環境整備.....	9
6.4 専門家の意見の活用.....	10
6.4.1 専門家に求める意見の明確化.....	10
6.4.2 専門家の選任.....	10
6.5 第三者の意見の活用.....	10
6.5.1 第三者に求める役割の明確化.....	10
6.5.2 第三者の選任.....	10
7 統合的な意思決定.....	11
7.1 コミュニケーション.....	11
7.1.1 総括事項.....	11
7.1.2 組織内部でのコミュニケーション (内部コミュニケーション).....	11
7.1.3 組織外部とのコミュニケーション (外部コミュニケーション).....	11
7.1.4 文書化.....	12
7.2 問題の設定.....	13
7.2.1 総括事項.....	13
7.2.2 情報の収集.....	13
7.2.3 問題候補の抽出.....	14
7.2.4 問題候補のプロフィールの把握及びスクリーニング.....	14
7.2.5 問題の設定並びに IRIDM プロセスの範囲及び内容の決定.....	15
7.2.6 文書化.....	15
7.3 選択肢の選定.....	18
7.3.1 総括事項.....	18
7.3.2 選択肢の選定に係る体制構築.....	18

7.3.3	選択肢候補の考案.....	18
7.3.4	複数の選択肢の選定.....	18
7.3.5	文書化.....	19
7.4	統合的な分析.....	21
7.4.1	総括事項.....	21
7.4.2	統合的な分析で考慮するキーエレメントの選定.....	21
7.4.3	キーエレメントに関する情報収集及び評価.....	22
7.4.4	選択肢の総合的な優先順位付け.....	23
7.4.5	分析結果のまとめ及び文書化.....	25
7.5	意思決定.....	27
7.5.1	総括事項.....	27
7.5.2	分析プロセス及び分析結果のレビュー.....	27
7.5.3	解決策の決定.....	27
7.5.4	文書化.....	28
7.6	意思決定結果の実施.....	30
7.6.1	総括事項.....	30
7.6.2	実行組織，マネジメント体制及び管理手順の構築.....	30
7.6.3	実施計画及び実施工程の立案.....	31
7.6.4	実施計画の確実な実行.....	31
7.6.5	文書化.....	31
7.7	モニタリング及びフィードバック.....	34
7.7.1	総括事項.....	34
7.7.2	モニタリング.....	34
7.7.3	フィードバック.....	34
7.7.4	文書化.....	35
8	文書化.....	37
8.1	目的・対象・結果などの文書化.....	37
8.2	規定への適合性の文書化.....	37
8.3	除外事項などの適用の妥当性の文書化.....	37
附属書 A (参考)	キーエレメントの説明.....	38
附属書 B (参考)	IRIDM の対象となる活動の例.....	44
附属書 C (参考)	IRIDM プロセスに求められる特性.....	52
附属書 D (参考)	問題解決プロセスとしての IRIDM プロセスの枠組み.....	55
附属書 E (参考)	リスク情報を統合するアプローチ.....	62
附属書 F (参考)	IRIDM の実施に係る環境整備における留意事項.....	64
附属書 G (参考)	専門家及び／又は第三者の意見の活用.....	66
附属書 H (参考)	コミュニケーションの考え方.....	71
附属書 I (参考)	問題の設定において収集する情報の例.....	87
附属書 J (参考)	実効的な情報収集の考え方.....	90

附属書 K (参考)	選択枝候補の考案における留意事項 .....	93
附属書 L (参考)	選択枝の選定における留意事項 .....	95
附属書 M (参考)	深層防護の堅持の確認の考え方 .....	96
附属書 N (参考)	安全余裕の確保の確認の考え方 .....	101
附属書 O (規定)	PRA などの定量的なリスク評価の実施 .....	104
附属書 P (参考)	PRA の範囲及びリスク指標の選定の考え方 .....	109
附属書 Q (参考)	リスク指標に関する判定基準の取扱方法 .....	116
附属書 R (参考)	統合的な分析における PRA での不確実さの考慮 .....	119
附属書 S (参考)	費用便益評価の例 .....	131
附属書 T (参考)	多基準分析の例 .....	143
附属書 U (参考)	意思決定に関する補足説明 .....	152
附属書 V (参考)	プロジェクト的又はプログラムのアプローチのマネジメントの 留意点 .....	164
附属書 W (参考)	実施計画及び実施工程の立案における留意事項及び実施計画の例 .....	166
附属書 X (参考)	モニタリングにおける留意事項及びモニタリング計画の例 .....	170
解説 1	標準制定の趣旨 .....	172
解説 2	標準制定の経緯 .....	174
解説 3	審議中問題となった事項など .....	174
解説 4	適用範囲について .....	175
解説 5	標準の参考とした海外規格・標準など .....	176
解説 6	品質マネジメントシステムなどをベースとする IRIDM プロセスの構築 .....	179
解説 7	意思決定者及び分析者の定義について .....	179
解説 8	IRIDM に係るステークホルダー .....	180
解説 9	IRIDM を実施することの必要性 .....	181
解説 10	IRIDM と安全文化との関係 .....	183
解説 11	コミュニケーションの役割 .....	184
解説 12	自主的な安全性向上活動における IRIDM プロセスについて .....	185
解説 13	PDCA サイクルによる意思決定プロセスへのフィードバック .....	187
解説 14	意思決定におけるバイアスの回避 .....	187
解説 15	安全目標及び性能目標について .....	191
解説 16	リスクに対する判定基準の考え方 .....	192
解説 17	リスク指標としての格納容器機能喪失頻度 (CFF) .....	196
解説 18	懸案事項 .....	200
解説 19	その他の事項 .....	200

(白紙)

心 參 保 租 用

## 日本原子力学会標準

### 原子力発電所の継続的な安全性向上のためのリスク情報を活用した統合的意思決定に関する実施基準：201x

#### Implementation Standard Concerning Integrated Risk-Informed Decision Making for the Continuous Safety Improvements in Nuclear Power Plants: 201x

##### 1 適用範囲

この標準は、発電用軽水型原子炉施設（以下、“原子力発電所”又は“プラント”ともいう）の継続的な安全性の向上に関係する組織の経営者をはじめとする構成員全てが、リスク情報を活用した統合的意思決定（Integrated Risk-Informed Decision Making：IRIDM）の標準的なプロセスを実施するための要件を規定する。【解説 4.1 “継続的な安全性の向上に関係する組織”について 参照】【解説 4.2 “経営者をはじめとする組織の構成員全て”について 参照】【解説 4.3 この標準が対象とする原子力施設 参照】【解説 6 品質マネジメントシステムなどをベースとする IRIDM プロセスの構築 参照】

**注記** ここで“経営者”とは、組織のトップマネジメントのことである。

##### 2 引用規格

次に示す規格は、この標準に引用されることによって、この標準の一部を構成する。引用規格とこの標準との規定に相違がある場合は、この標準の規定を優先する。これらの引用規格は、その最新版（追補を含む）を適用する。

**AESJ-SC-RK003** 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

**AESJ-SC-RK006** 原子力発電所の確率論的リスク評価の品質確保に関する実施基準

**AESJ-SC-S006** 原子力発電所の安全性向上のための定期的な評価に関する指針

### 3 用語、定義及び略語

この標準で用いる主な用語の定義は、2 引用規格に示した規格によるほか、次による。

#### 3.1 意思決定者 (decision maker)

意思決定を行う主体者であり、IRIDM プロセス全体を統括する者。【解説 7 意思決定者及び分析者の定義について 参照】

#### 3.2 キーエレメント (key element)

プラントの安全性に影響を与えることから、IRIDM プロセスにおいて統合的に考慮することが望まれる要素。

**注記** INSAG-25<sup>[1]</sup> においてはキーエレメントとして、①基準及び良好な慣行、②運転経験、③決定論的考慮事項、④確率論的考慮事項、⑤組織に係る考慮事項、⑥セキュリティに係る考慮事項、⑦その他の考慮事項、の七つが示されている。【附属書 A (参考) キーエレメントの説明 参照】

#### 3.3 ステークホルダー (stakeholder)

継続的な安全性向上に影響を与え得るか影響を受ける組織又は個人。【解説 8 IRIDM に係るステークホルダー 参照】

#### 3.4 専門家 (expert)

特定の専門分野において、理論若しくは経験の評価を含む論拠を基にして自分自身の意見を提供できる者、又は複数の“自分自身の意見を提供できる者”からの意見の根拠を評価できる者。

**注記** 当該 IRIDM プロセスを実施する組織に属する者も属さない者も含む。

##### 3.4.1 専門家パネル (expert panel)

複数の専門家で特定の問題について議論をする際の構成員の集合。

**注記** 求める情報に応じて“特定分野型”と“複数分野横断型”とを使い分ける。

#### 3.5 第三者 (third party)

特定の IRIDM プロセスの当事者ではないその他の関係者。

**注記** 特定の IRIDM プロセスに関与する組織に属し、当該 IRIDM プロセスの当事者でない者も含む。

##### 3.5.1 第三者パネル (third party panel)

複数の第三者で特定の問題について議論をする際の構成員の集合。

#### 3.6 分析者 (analyst)

特定の IRIDM プロセスに関与する者であって、分析を行う者、又はプロセスを実行する者。【解説 8 意思決定者及び分析者の定義について 参照】

**注記** 分析を外注する場合は、発注する者と受注する者とをあわせて分析者とする。

#### 3.7 リスク (risk)

望ましくない事象の起こりやすさとその事象による影響の大きさとの積和又は組合せ。

**注記** この標準においては、確率論的リスク評価及び／又はその他のリスク評価から得られるものに限らず、種々のキーエレメントにおける望ましくない影響もリスクと表現する。

##### 3.7.1 リスク情報 (risk information)

確率論的リスク評価及び／又はその他のリスク評価、並びに種々のキーエレメントに関する評価の結果から得られる情報、及びそれらの評価の過程から得られる情報。

**注記** リスク情報としては、例えば次のものがある。

- ・確率論的リスク評価から得られる原子力発電所のリスクの程度についての定量的な情報（リスク指標のうち、リスクの絶対値、リスクの変化量など）
- ・系統・機器などのリスク寄与度に関する情報（リスク指標のうち、重要度など）
- ・上記二つの情報の不確実さに関する情報
- ・その他のリスク評価である、定性的なリスク判断及び発生頻度分析若しくは影響度分析、裕度評価、決定論的な炉心損傷頻度（CDF）評価などから得られる定量的な情報
- ・種々のキーエレメントにおける望ましくない影響に関する情報

**注記** “リスク情報”という語に関する画一的な定義はないが、PRAによる不確かさかもふまえた評価の結果及び評価の背景などの評価の過程から得られる情報を“リスク情報”ということが多い。それに対してこの標準では、IRIDMプロセスにおいては、PRAに限らず検討に必要な考慮事項が多岐にわたることを踏まえ、これらの考慮事項をキーエレメントと定義し、これらのキーエレメントの考慮の結果として得られる情報を全てリスク情報と呼んでいる。

### 3.8 IRIDM プロセス (IRIDM process)

リスク情報などの原子力安全に影響を与える主要な考慮事項を統合して意思決定を行うための系統的なプロセス。

**注記** IRIDM プロセスは、原子力安全に係るリスクマネジメントの中の主要プロセスとして位置付けられる。



## 5 IRIDM プロセスの基本的考え方

### 5.1 IRIDM プロセスに求められる特性

IRIDM プロセスは、様々なステークホルダーが関与する複雑な問題を合理的に解決するために、まずリスクを認識し、科学的根拠に重きを置きながらリスクを分析し、リスク情報の不確かさを考慮に入れつつ判断材料を統合して意思決定を行うプロセスであり、具体的な IRIDM プロセスの構築には、次の a)~d) に示す特性が求められる。【**附属書 C (参考) IRIDM プロセスに求められる特性 参照**】

- a) 論理的かつ包括的であること
- b) 透明性を有すること
- c) 検討過程が適切に文書化され再現可能であること
- d) 公式的なプロセスを適用しており検証可能であること

IRIDM プロセスは、包括的・継続的な安全性向上の枠組みの下で、次の e)~l) に示す特徴をもつ。【**附属書 C (参考) IRIDM プロセスに求められる特性 参照**】

- e) 実効性のある解決策を提示できる
- f) リスク評価の範囲を直接的な因果関係に限定せず、幅広い考察を行える
- g) ステークホルダー間でのコミュニケーションのために共通の指標を使用する
- h) プラントだけでなく、社会への影響も包括して検討できる
- i) 論理的であり、特定の形態のリスクについては安定的で予測可能な意思決定ができる
- j) 異論及び反論のもつ価値を認め真摯に検討する。
- k) 透明性をもち、意思決定の各プロセスにおける判断根拠が明瞭である
- l) 意思決定の監査及び検証が可能である

### 5.2 IRIDM プロセスの基本的な枠組み

IRIDM プロセスは、リスクマネジメントでの意思決定における 1) 問題の明確化及び関係付け, 2) リスクの分析, 3) 選択肢の検討, 4) 意思決定, 5) 対象の実施, 6) 結果の評価 の六つの段階を基本的な枠組みとし、そのプロセスを構築する。これは、一般的な問題解決のプロセスであり、広範囲な問題背景を考慮し、ステークホルダーの参加又は関与を得た上で、反復による改善を考慮し、不確かさの存在する様々なリスク情報を統合することで、総合的にリスクを抑制することのできる、意思決定プロセスとしてきわめて有効なものである。【**附属書 D (参考) 問題解決プロセスとしての IRIDM プロセスの枠組み 参照**】

IRIDM プロセスの基本的な枠組みには、次の a)~e) を考慮する。

a) IRIDM プロセスにおいては、次の 1)~3) を考慮し、様々な課題について、科学的・合理的・主体的な意思決定を行い得る基盤とする。

- 1) **安全のためのリーダーシップと組織文化**：組織の経営者及び意思決定者は、組織の目標、価値及び知識を、問題の明確化及び情報収集活動をはじめとする意思決定プロセスの各段階の活動に適切に組み込む。意思決定者は、安全のためのリーダーシップを発揮し、IRIDM を効果的に実施する。

IRIDM プロセスを適用した意思決定を行っていくことによって、組織の構成員の意識が変革され、組織文化へのフィードバックによって安全のための文化が強化される。【**解説 10 IRIDM と安全文化との関係 参照**】

- 2) **コミュニケーション**：意思決定者は、分析者、ステークホルダー、対象とするリスクに関する専門家（技術的な権威など）及び／又は第三者との相互作用によって意思決定の質を高めるため、内部及び外部コミ

コミュニケーションを確実に実施する。

解決しようとしている問題に対するステークホルダーの認識を把握するために、又は協働するためにコミュニケーションを実施する。問題の解決においてはさまざまな視点があることを踏まえて、関係者の合意を得るために、コミュニケーションを実施する。【解説 11 コミュニケーションの役割 参照】

3) **熟議**：理想と現実との乖離をできるだけ小さくする最適な意思決定を行うために、ステークホルダーの利害及び意見を繰り返し調整する熟議による意思決定を行う。

b) IRIDM プロセスでは、検討の各ステップで問題を適切に捉え、効果的かつ優れた意思決定とするために、リスクを適切に評価し、対処する観点から下記の原則を適用する。

- 1) 広範囲で包括的な視点でその問題の背景を考察し、現実的に問題を捉え、問題における本質的な課題を把握する。
- 2) リスクの性質及びその重要性については多くの対立した解釈があるため、リスクの認識及び評価に当たって、関係者とのコミュニケーション、協議及び協働作業のためステークホルダーの参加又は関与を得る。
- 3) リスクへの対応の必要性、又はリスク対応の性質を変える新たな情報若しくは知見が得られた場合には、それを反映し最適なものとするため、IRIDM プロセスの各段階、場合によっては IRIDM 全体を反復して実行する“反復による改善”を考慮したプロセスとする。
- 4) リスク対応の望ましい影響と望ましくない影響とを、その不確かさも考慮して総合的に評価し、リスク対応の実行に優先順位を付ける“グレーデッド・アプローチ”の考え方を組み込む。

c) IRIDM プロセスでは、様々なキーエレメントからの異なる形式の多様なリスク情報を、統合プロセスによって組み合わせて解決策の案を評価し、その優先順位を決定する。なお、画一的な IRIDM プロセスはなく、厳密なプロセス及び関連する各要素の重要度は、検討対象とする問題に依存する。【附属書 A (参考) キーエレメントの説明 参照】【附属書 E (参考) リスク情報の統合のアプローチ 参照】

IRIDM プロセスにおける判断材料として、異なる形式のリスク情報を次のようにして組み合わせる。

- 1) 問題の明瞭かつ明確な定義及びプロフィール把握による特徴付けによって、どのキーエレメントが意思決定に関連するものか特定する。
- 2) キーエレメントから得られるリスク情報が、各選択肢の優先順位付けの判断基準として適切なものであることを評価する。
- 3) 必要な個々のキーエレメントから得られるリスク情報の評価においては、詳細な技術情報の完全性、特定の不確かさを伴うデータの品質、IRIDM プロセスで用いる評価ツール及びモデルの妥当性確認を確実に行う。
- 4) 個々のキーエレメントから得られるリスク情報の相対的な重要度は、検討対象となる問題に依存するため、リスク情報間の相互関係を明確にし、それぞれのリスク情報の重要度を評価する。
- 5) 個々のキーエレメントから得られるリスク情報を、個々の判断基準に照らして各選択肢の影響評価を行い、その優劣を明確にする。そして、4)のそれぞれのリスク情報の重要度と 5)の選択肢の影響評価の結果とを組み合わせ、リスク情報を統合し、最終的に選択肢の優先順位を決定する。

d) IRIDM プロセスを、組織において行われる次のような多様な意思決定活動に適用し、これによって、様々な問題を解決する意思決定を行う。また、PDCA サイクルによって意思決定プロセスへのフィードバック

クを行うことで、意思決定の質を向上させる。【解説 12 自主的な安全性向上活動における IRIDM プロセスについて 参照】【解説 13 PDCA サイクルによる意思決定プロセスへのフィードバック 参照】

- 1) 組織の経営者は、解決に時間を要する広い問題に対して、新しい制約条件を考慮しながら反復的な意思決定を継続的に実施するに当たり、社会・経済への影響も考慮して長期的な視点で戦略を決めるために IRIDM プロセスを適用する。
  - 2) 組織の管理者は、上位の階層によって決定された戦略を、組織の体制、資源の調達、その運用など、具体的な戦術に落とし込むために IRIDM プロセスを適用する。
  - 3) 組織の構成員は、与えられた役割に応じて日々の業務を効果的に行うために IRIDM プロセスを適用する。
- e) IRIDM プロセスでは、組織において合理的な意思決定を行うため、また、意思決定の質を向上させ、リスクマネジメントを効果的に行うために、次を考慮する。【解説 14 意思決定のバイアスの回避 参照】
- 1) 意思決定における意思決定者の属人的な心理的バイアスの影響を回避するために、意思決定プロセスに構造的な回避手段を組み込むなどの工夫を行う。【附属書 U (参考) 意思決定に関する補足説明 参照】
  - 2) 意思決定者が心理的バイアスに陥っていないか、及び／又は意思決定に係る集団が“集団的浅慮”に起因する意思決定の症状に陥っていないか監視し、組織の目指す方向への意思決定を支援する仕組みを織り込む。
  - 3) また、意思決定を監視、支援する独立した第三者評価のようなメカニズムを組み込んだ意思決定のガバナンス体制を構築する。

### 5.3 IRIDM プロセスの具体的ステップ

IRIDM プロセスは、具体的には次の六つのステップで実施する。これらのプロセスの流れを図 5-1 に示す。これら各ステップの実行過程において、内部・外部コミュニケーションを行う (7.1 で規定)。

- ステップ 1： 問題の設定 (7.2 で規定)
- ステップ 2： 選択肢の選定 (7.3 で規定)
- ステップ 3： 統合的な分析 (7.4 で規定)
- ステップ 4： 意思決定 (7.5 で規定)
- ステップ 5： 意思決定結果の実施 (7.6 で規定)
- ステップ 6： モニタリング及びフィードバック (7.7 で規定)

IRIDM プロセスは、PDCA (Plan-Do-Check-Act: 計画-実行-評価-改善) サイクルを絶えず回していく連続的な活動になるが、図 5-1 のプロセスの流れにおいては、一つのサイクルを対象として、プロセスの開始及び終了を示すものである。

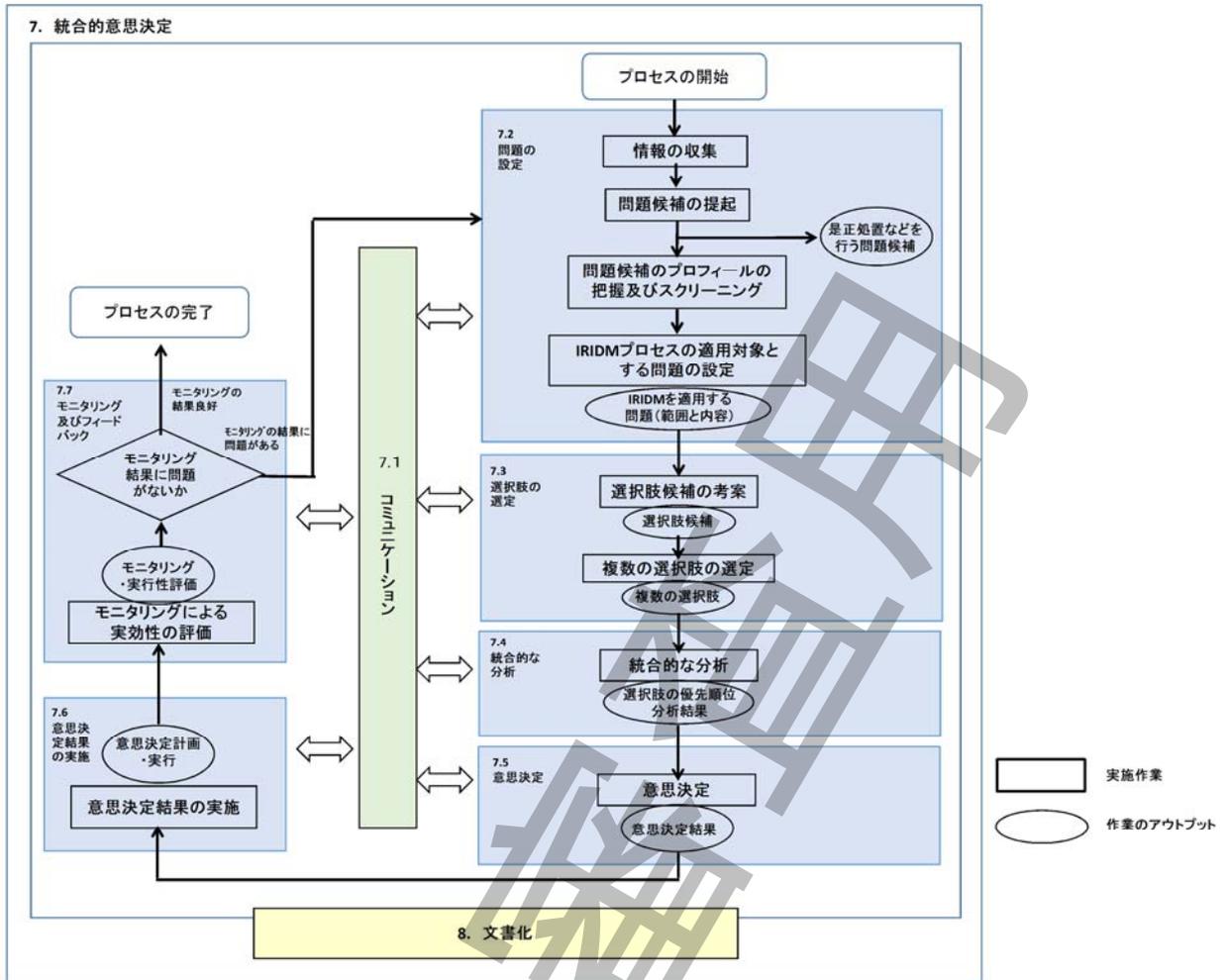


図 5-1 統合的意思決定のプロセスの流れ

## 6 実施体制及び環境整備

### 6.1 総括事項

原子力発電所の継続的な安全性向上のため、組織のマネジメントシステムの中で IRIDM プロセスを構築、運用し、有効に機能することを確実にする。より質が高く、公正な意思決定を迫及し、IRIDM プロセスの継続的な改善を図る。

### 6.2 必要な体制の構築並びに責任及び権限の明確化

#### 6.2.1 組織の経営者の責務

組織の経営者は、組織のマネジメントシステムの中で、組織の意思決定を行うプロセスとして IRIDM を適用する。

組織の経営者は、IRIDM プロセス構築、運用の責任者として、問題の分野、規模などに照らし、適切な意思決定に必要な資質を有する者を意思決定者として指名する。IRIDM プロセス実施体制の構築、実行並びにその環境整備に係る意思決定者の責任及び権限を明確化する。

組織の経営者は、安全のためのリーダーシップを発揮し、意思決定に必要な判断基準の基礎となる基本方針を策定する。基本方針には意思決定における基本的な考え方及び優先順位付けに関する指針を含むものとする。基本方針の策定に際しては、組織の安全目標との整合性を確認する。

組織の経営者は、IRIDM プロセスの構築及び運用を確実にするため、実行プロセス及びそれを支える環境整備に必要な経営資源を配分する。

#### 6.2.2 意思決定のために必要な体制の構築

意思決定者は、組織のマネジメントシステムを踏まえて、IRIDM プロセスを確実かつ効果的に実施できる体制を構築する。実施体制の構築に当たっては、IRIDM プロセスの実効性、完全性、普遍性、包括性、予測可能性、受容性、透明性、及び監査適合性の各特性の確保に留意し、次の事項を行う。【**附属書 C (参考) IRIDM プロセスに求められる特性** 参照】

- ・ IRIDM プロセス実施に必要な分析者の役割、資質・力量及び員数の明確化
- ・ 分析者の選任
- ・ 分析者の責任の明確化
- ・ 適切な内部・外部コミュニケーション機能の確保

#### 6.2.3 IRIDM プロセスの評価及び改善

意思決定者は、7.7.2 **モニタリング**で評価された IRIDM プロセス自体の改善への提案及び／又は組織内外の関係者間のコミュニケーションに係る提案に基づき、IRIDM プロセスが適切に機能しているかを評価し、必要に応じて IRIDM プロセス自体及び／又は実施体制を見直す。

また意思決定者は、IRIDM プロセスが長期的に有効に機能していることを確認するために、学会標準 AESJ-SC-S006 **原子力発電所の安全性向上のための定期的な評価に関する指針** に従って、プロアクティブセーフティレビュー (PSR+) による定期的な評価結果を確認し、IRIDM プロセスの改善に役立てる。

### 6.3 実施に係る環境整備

意思決定者は、IRIDM プロセスの適用を決定し、組織における実行プロセスに影響を及ぼす要因の詳細な分析を行って、次の a)～e)に示す IRIDM 実施に係る環境整備を行う。【**附属書 F (参考) IRIDM の実施に係る環境整備における留意事項** 参照】

- a) **必要な能力及び資源の整備**： IRIDM を実施するために、必要な能力及び資源を抽出する。組織内部で保持又は開発する必要がある能力及び資源、組織外から取得可能な能力及び資源、並びにそれらの調達先を明確にし、IRIDM 実施で利用できるように整備する。
- b) **IRIDM に係る教育・訓練の実施**： IRIDM 実施に係る教育・訓練プログラムを整備し、教育・訓練を実施する。IRIDM の各プロセスにおいて中心となる人は教育・訓練を受けることが望ましい。
- c) **IRIDM プロセスで用いる評価ツールの整備**： IRIDM を実施するために必要な評価ツールを特定し、整備する。IRIDM プロセスの一部を組織外から調達する場合には、その調達先で必要な評価ツールが利用可能なことを確認する。
- d) **マニュアルの整備**： IRIDM プロセスを適用する範囲、IRIDM プロセスのプロセス間の相互関係及び各プロセスの責任箇所を明確にしたマニュアルを整備する。
- e) **文書管理**： IRIDM プロセスにおいて必要とされる文書の管理方法を定める。

## 6.4 専門家の意見の活用

### 6.4.1 専門家に求める意見の明確化

意思決定者は、IRIDM プロセスにおいて、技術的な知見の拡充及び／又は公正・中立的なインプット情報の収集を目的として、専門家の知見を活用する場合には、専門家に求める意見を明確にする。

### 6.4.2 専門家の選任

意思決定者は、専門家の意見を活用する目的及び求める意見に応じて、単独の専門家又は複数の専門家で構成される専門家パネルのいずれを用いるかを決定し、専門分野の専門家を選任する。該当の専門家が組織内部で選任できない場合には、組織外部の専門家を選任する。該当の専門家が組織内部にいる場合でも、専門家の意見を活用する目的及び求める意見に応じて、組織外部の専門家を選任してもよい。意思決定者は、専門家の責任範囲を明確にする。【**附属書 G (参考) 専門家及び／又は第三者の意見の活用** 参照】

**注記** 該当の専門家が“第三者”である必要はない。

## 6.5 第三者の意見の活用

### 6.5.1 第三者に求める役割の明確化

意思決定者は、IRIDM プロセスにおいて、意思決定の質を向上させ監査適合性を高めるために、第三者の意見を活用する場合には、第三者に求める役割を明確にする。(監査適合性については、**附属書 C (参考) IRIDM プロセスに求められる特性**を参照)

### 6.5.2 第三者の選任

意思決定者は、第三者の意見を活用する目的及び求める役割に応じて、単独の第三者又は複数の第三者で構成される第三者パネルを用いるかのいずれかを決定し、第三者を選任する。該当の第三者が組織内部で選任できない場合には、組織外部の第三者を選任する。該当の第三者が組織内部にいる場合でも、第三者の意見を活用する目的及び求める役割に応じて、組織外部の第三者を選任してもよい。意思決定者は、第三者の意見の責任範囲を明確にする。【**附属書 G (参考) 専門家及び／又は第三者の意見の活用** 参照】

**注記** 該当の第三者が“専門家”である必要はない。なお、“第三者の意見”を“専門家の意見”として活用する場合には、該当の第三者は“専門家”でもある。また、第三者が組織外部のステークホルダーに該当する場合には、利害関係によって監査適合性が損なわれないよう留意する必要がある。

## 7 統合的な意思決定

### 7.1 コミュニケーション

#### 7.1.1 総括事項

統合的な意思決定を行う際には、組織内部の種々の階層及び部門間で実施する内部コミュニケーション、並びに組織外部の種々のステークホルダーと実施する外部コミュニケーションを継続的に実施し、フィードバックを得る。【附属書 H (参考) コミュニケーションの考え方 参照】

#### 7.1.2 組織内部でのコミュニケーション (内部コミュニケーション)

内部コミュニケーションにおいては、基本的に、組織としての目的及びリスクに対する認識は同じとする必要がある。そのため意思決定者と関係者及び関係者間の意思疎通・情報共有を行い、また専門的な情報のやり取り及び判断のすり合わせが円滑に行くことに重点をおいて実施する。

異なる専門性をもつ部署間で、リスクに関する情報をやり取りする際には、明らかにする必要のある点を共有し、評価に用いる事実、仮定、根拠、判断した視点など評価プロセス及び評価に関する情報を互いに提供しあうことで、建設的な議論を行い、協働するための関係者間の相互調整を行う。

内部コミュニケーションを実施するに当たっては、次の点に留意する。

- a) 誰に、何を、なぜ伝えるかを明確にする。(目的及び相手が異なれば、伝える必要のある情報及び／又は対話プロセスは異なる)
- b) 情報及び判断根拠を明確に説明できるよう準備するとともに、情報のスコープ、詳細度、及び品質を相手の技術的知識及び関心に合わせるよう注意する。また、用語の使い方の違いに配慮して、用語の意味を説明し、相手の使っている用語の意味を確認する。
- c) 数値だけを提示するのではなく、数値を意思決定にどのように用いるか、その数値のもつ不確かさについても説明する。定性的な観点も議論する。
- d) 相手の意見のフィードバックなど、議論の結果、情報及び／又は判断結果が変わった場合には、その変更点及び理由を残しておく。
- e) 相手の意見を積極的に聞き、異なる考え方を受け入れようとする姿勢をもつ。
- f) よりよい議論を生み出すには、反論が出るのが有効なので、議論の場において、敢えて反論する役割を割り当ててもよい。

#### 7.1.3 組織外部とのコミュニケーション (外部コミュニケーション)

原子力事業は社会的リスクを伴うものであるが故に、日々変化していく国内外の動向、知見、社会環境などを踏まえるために、組織外部との継続的なコミュニケーションを実施する。ただし、問題の重要性及び／又は組織外への影響の程度に応じて省略することができる。

外部コミュニケーションの場合には、内部コミュニケーションの場合と異なり、供給者、協力パートナー、公衆などの様々な価値観及び利害関係をもつステークホルダーとのコミュニケーションとなるので、相手の立場に立ったコミュニケーションの方法を工夫する。

ステークホルダー間での公正な情報の共有の下、組織におけるリスクアセスメント及びリスクマネジメントを分かりやすく説明することで、信頼を深める。ステークホルダーの理解につながるように、コミュニケーションの結果がどのように意思決定に反映されたかを明らかにする。

ステークホルダーによって重点を置く部分が異なるため、単に発信側の情報を提供するだけでなく、関心に沿った効果的なリスク情報の発信、お互いの考えの理解を進めるための相互のコミュニケーションを実施する。

意思決定の信頼性を確保するためには、意思決定のプロセス、情報、判断根拠などの開示、並びに専門家パネル及び／又は第三者パネルの活用も有効である。

外部コミュニケーションを実施するに当たっては、次の点に留意する。

- a) 何をどう伝えるかを考える前に、伝える必要のある相手は誰か、どのような考えをもっているかを把握する。
- b) 組織の役割及び情報の不確かさについても率直に説明する。
- c) 相手の関心度及び／又は理解度に応じて説明する。
- d) 議論の場においては、相手の発言に耳を傾け反応を観察するとともに、自らが相手からの質問に対して適切に回答しているかを改めて確認する。
- e) 質問に答える機会をもつことが必要であり、議論の場を一度きりとするのではなく、継続的にコミュニケーションを行う。議論の場を定期的にもつことも、有効な方法である。
- f) 議論の状況によっては、中立の組織・人物にファシリテータを依頼することも有効である。

#### 7.1.4 文書化

このステップにおいては、次の項目を含めて文書化を行う。

- a) IRIDM プロセスにおいて実施した内部コミュニケーションの内容及び結果

誰に、何を、なぜ伝えたか、どのような手段でそれが行われたか、及びその結果協働のために何が得られたかなどのコミュニケーションの内容及び結果を明瞭に、情報及び判断根拠を明確に検証できるように文書化する。

- b) IRIDM プロセスにおいて実施した外部コミュニケーションの内容及び結果

文書化の内容は基本的に内部コミュニケーションの場合と同様であるが、外部コミュニケーションの場合には、特にどのような相手とどのようなコミュニケーションを行い、どのようなコミットメントを得たかなど相手の特性を明確にし、それが意思決定にどのような影響を及ぼすものであるかを明確にするよう文書化する。

## 7.2 問題の設定

### 7.2.1 総括事項

最新の科学的知見及び動向を継続的に調査して、IRIDM プロセスを用いて解決する必要がある問題の候補（以下，“問題候補”という。）の抽出に必要な情報を収集する。それに基づいて、現状のプラントの安全確保活動及びプラントの現状と目標とする姿とのギャップを認識し、安全性向上のために取り組む必要がある問題候補を抽出する。

なお、解決する必要がある課題が単純で、是正措置などにおける軽微事象の扱いで対処できる問題候補については、是正措置などの意思決定プロセスに進む。ギャップがどのキーエレメントと関係するかを分析することによって、問題候補のプロフィールを把握し、それをふまえて IRIDM プロセスを適用する問題の設定を行い、IRIDM プロセスの範囲及び内容を決定する。

図 7.2-1 に、7.2 問題の設定に関するフローチャートを示す。

### 7.2.2 情報の収集

意思決定者は、安全に係る情報を継続的に収集するとともに、ステークホルダーの意見を受けるために、次の a)～c)を満たす体制を構築し、維持する。

- a) 継続的な情報収集のために必要な資源を確保する。
- b) 当該プラントにおける活動及びプラントの状況を的確に把握できるとともに、収集した情報が組織内で有効に活用されるために、円滑に内部コミュニケーションができる環境を構築する。
- c) 最新の科学的知見を含む情報を収集するために、円滑に外部コミュニケーションができる環境を構築する。

分析者は、意思決定者の指示に基づいて最新の科学的知見の調査を行い、リスク情報、国内外のプラントの運転実績などの技術情報、及び社会的要求など、問題の設定に必要な安全上のキーエレメントに関する情報を含む、プラントの安全に係る情報を収集する。【附属書 I（参考） 問題の設定において収集する情報の例 参照】

分析者は、実効性のある情報収集を行うために、次の d)～i)に留意する。【附属書 J（参考） 実効的な情報収集の考え方 参照】

- d) 現在のプラント及び活動の状況、並びに組織の安全目標に鑑みて、どのような情報を集める必要があるかを明確にする。
- e) 収集した情報をどのように分析するかをあらかじめ検討してから、情報収集を行う。
- f) 情報収集の方法の妥当性について、その根拠及び合理性を示す。
- g) 情報の網羅性だけを重視するのではなく、問題の設定自体に関連する情報、問題の解決に関連しそうなプラントの現状に関する情報、及びあるべき姿の検討に係る情報が欠落しないように収集する。
- h) 内部コミュニケーションによって、適切なプラントの運転実績などの収集及び確認を行う。
- i) 外部コミュニケーションによって、最新の科学的知見、並びにプラント及び活動の安全性に係るステークホルダーの認識を確認する。

分析者は、次の j)～l)の手順で、収集した情報を分析する。

j) 収集した情報に基づいて、関係する最新の科学的知見を取りまとめる。

k) 関係する技術領域において、どのような変化又は進歩が期待されているかを考察する。ステークホ

ルダーとの間で認識の違いがある場合は、その内容及び違いの大きさを明らかにする。

- l) 対象とするプラント及び活動が最新の科学的知見及び／又は技術領域の変化が、対象とするプラント及び活動に与える影響、並びに影響が顕れる時期を、組織の安全目標に照らして分析する。

分析者は、調査の範囲及び方法、収集した情報、並びに分析結果について文書化する。

### 7.2.3 問題候補の抽出

分析者は、収集した情報に基づき現状のプラントの安全確保活動及びプラントの現状と目標とする姿とのギャップを認識する。

意思決定者は、収集した情報の分析結果に基づいて、認識されたギャップを解消するための本質的な課題を検討し、次のいずれかを行う。

- a) 解決する必要がある課題が単純で、是正措置などにおける軽微事象の扱いで対処できる場合は、**7.2.4** から **7.7 モニタリング及びフィードバック** の対象とはせずに、是正措置などの意思決定プロセスへ進む。ただし、**7.2.6** は実施する。
- b) a) 以外の場合は、解決する必要がある課題を問題候補とし、IRIDM プロセスの範囲及び内容を定めるために、**7.2.4** において、問題候補のプロフィールの把握及びスクリーニングを行う。

### 7.2.4 問題候補のプロフィールの把握及びスクリーニング

意思決定者は、問題候補のプロフィールを把握するために、次の a) 及び b) に留意して体制を構築する。

- a) 問題候補ごとに、対応する部署又は担当者が異なり、部署又は担当者によって問題候補の捉え方が異なることに留意して、様々な視点で問題候補のプロフィールが把握できる体制を構築する。
- b) 過去に実施した対策が期待された効果を発揮していないと判断されて、再度、問題候補として提起された場合、原因を分析できるような体制とすることに留意する。

分析者は、問題候補のプロフィールを把握するために、次の c)～g) を行う。

- c) 問題候補と関係のある構築物、系統及び機器（SSCs）又は運転特性を特定する。
- d) 問題候補と関係する可能性のある規制規則類を含めた安全要件を確認する。
- e) 問題候補の発生要因と考えられるキーエレメント、及び問題候補に影響を与えると考えられるキーエレメント、並びに問題候補の解決策によっては波及的な影響を受けると考えられるキーエレメントを確認し、それを考慮して分析する。全てのキーエレメントを考慮することは必ずしも求められないが、リスク評価を行うことは問題候補のプロフィールの把握に有効である。**【附属書 A (参考) キーエレメントの説明 参照】**
- f) リスク評価によって、問題候補が安全にどのような影響を与えるか把握する。既存の PRA などの評価結果が存在する場合、それを使用してもよい。また、故障率などの定量的なパラメータが得られない場合には、PRA の代替手法として FMEA（Failure Mode and Effect Analysis：故障モード影響解析）、HAZOP（Hazard and Operability Study）スタディーズなどの定性的評価、工学的判断などを使用してもよい。
- g) 問題候補及び関係する可能性のある規制規則類を含めた安全要件を確認し、問題候補と規制規則類との関係を整理する。問題候補が規制規則類の変更に関与する可能性がある場合、関係する規制要求の範囲及び規制規則類を明確にする。

分析者は、問題候補のプロフィールの分析を踏まえて、必要に応じて、一つの問題候補を複数に分割してもよい。

分析者は、問題候補のプロフィールの分析を踏まえて、問題のリスク重要度を判断し、IRIDM プロセスを適用する必要がある問題を検討する。

さらに、次の h)~k)の考え方に基づいて、適用する必要がある IRIDM プロセスの範囲及び内容を検討する。

h) 次のいずれかの場合には、決定論的考慮事項と確率論的考慮事項とを含む全てのキーエレメントを考慮した IRIDM プロセスを適用する。

- ・ リスクが大きいと判断される場合
- ・ 解決する必要がある問題が複雑である場合
- ・ 安全上重要な問題である場合
- ・ 取り得る解決策の選択肢が広いと予想される場合
- ・ 組織外部のステークホルダーと意見の相違が認められる場合

i) 次のいずれかの場合には、決定論的考慮事項を中心とした分析とすることも可能である。

- ・ 専門家、又は検討に必要な情報が欠落している場合
- ・ 利用できる科学的知見が限られている場合
- ・ 分析に利用可能な情報の不確かさが大きい場合

j) 次の場合には、情報収集並びに分析の範囲及び程度を限定して IRIDM プロセスを適用することも可能である。

- ・ 解決する必要がある問題が単純な場合。
- ・ リスク重要度の観点から時間的制約を優先させてもよいと判断される場合。

k) i)又は j)の場合には、解決する必要がある問題に対して、当該 IRIDM プロセスの範囲及び内容が妥当であることを明確に説明し、文書化する。この場合には、7.3 選択肢の選定、7.4 統合的な分析を部分的に適用して 7.5 意思決定以降に進む。

分析者は、問題候補のプロフィールを把握し、適用する必要がある IRIDM プロセスの範囲及び内容を検討した過程を文書化する。特に、問題のプロフィールの把握において採用したリスク評価手法及び評価結果について、その根拠及び合理性を示す。

### 7.2.5 問題の設定並びに IRIDM プロセスの範囲及び内容の決定

意思決定者は、分析者による 7.2.3 及び 7.2.4 の結果をレビューして、IRIDM プロセスを適用する問題の設定を行い、IRIDM プロセスの範囲及び内容を決定する。

意思決定者は、情報の収集から問題の設定、適用する必要がある IRIDM プロセスの範囲及び内容を決定するまでの過程を文書化した記録について、透明性をもって検証可能な形で維持する。この際、IRIDM プロセスの対象とされなかった問題候補について、将来的な再検討を可能にすることに留意する。

### 7.2.6 文書化

このステップにおいては、次の項目を含めて文書化を行う。

- ・ 継続的な情報の収集のために構築した体制の説明及びその維持のための方法の説明
- ・ 情報収集における調査の範囲、方法、及び収集した情報、並びに分析結果
- ・ 問題候補の抽出結果
- ・ 問題候補のプロフィールの把握のために考慮したキーエレメントの範囲及び内容





図 7.2-1 “問題の設定”に関するフローチャート

## 7.3 選択枝の選定

### 7.3.1 総括事項

7.2 問題の設定で設定した問題に対して、分析者は解決策の方向性を検討し、幅広く選択枝の候補（以下、“選択枝候補”という。）を考案する。さらに、選択枝候補の中から、7.4 統合的な分析を行う複数の選択枝を選定する。選択枝候補の考案及び選択枝の選定は、プロセスを区別して実施する。

図 7.3-1 に、7.3 選択枝の選定に関するフローチャートを示す。

### 7.3.2 選択枝の選定に係る体制構築

意思決定者は、幅広く選択枝候補を考案し、その中から複数の選択枝を選定するために、次の a)、b) の体制を構築する。

- a) 分析者が、必要な場合に関係者と協議できる体制とする。
- b) 選択枝候補の考案と選択枝の選定とは、別の分析者が実施することが望ましい。

### 7.3.3 選択枝候補の考案

分析者は、設定した問題のプロフィールに関する情報に基づいて、設定した問題の解決策として、幅広く選択枝候補を考案する。選択枝候補の考案においては、次のことを含める。【附属書 K (参考) 選択枝候補の考案における留意事項 参照】

- a) 国内外プラントの運転経験及び／又は良好事例から得られる問題への解決策は、選択枝候補とする。
- b) リスクの抑制につながると考えられる解決策は、選択枝候補とする。
- c) 実行可能かどうかの制約条件にかかわらず、幅広く選択枝候補を考案する。
- d) 選択枝候補の幅を広げるために、必要に応じて、内部・外部コミュニケーションを行う。

### 7.3.4 複数の選択枝の選定

分析者は、次の方法によって、選択枝候補の実行可能性の観点で、選択枝候補の絞り込みを実施して、複数の選択枝を選定する。【附属書 L (参考) 選択枝の選定における留意事項 参照】

- a) 選択枝候補の実行可能性を分析・評価することによって、選択枝候補の絞り込みを実施する。
  - 1) 選択枝候補について制約条件（技術的、制度的、資源的、社会的など）を調査する。
  - 2) 選択枝候補を組み合わせることで、より効果が大きい選択枝候補とならないかを分析する。
  - 3) 選択枝候補を実施した場合の影響を分析して、選択枝候補のメリット・デメリットを評価し、合理的ではない選択枝候補は除外する。
  - 4) 選択枝候補を実施した場合に二次的な影響が生じる場合は、それが許容できるかどうか評価し、許容できない選択枝候補は除外する。
  - 5) 制約条件が大きく実行可能性が小さい選択枝候補は除外する。
  - 6) 除外せずに絞り込まれた選択枝候補を、選択枝として選定する。
  - 7) 客観性を付与して適切な選択枝を選定するために、必要に応じて、内部・外部コミュニケーションを行う。
- b) 選定する選択枝につき、意思決定結果の実行の段階でのモニタリングに関して、次を確認する。モニタリングの確認については、7.4 統合的な分析での検討において実施することでもよい。

- 1) 従来からの活動からの変更によって生じる可能性のある設備の性能劣化などの変化を把握できるモニタリング方法を確認する。
- 2) 評価の不確かさに影響しているパラメータの変化を把握できるモニタリング方法を確認する。
- c) 現状では様々な制約条件から選択肢となりえないが、将来的には選択肢となる可能性があると考えられる解決策などがある場合には、注記を残して **7.5 意思決定**における参考情報とする。
- d) 選択肢の選定結果は、意思決定者に報告を行い、確認を受けておくことが望ましい。

### 7.3.5 文書化

このステップにおいては、次の項目を含めて文書化を行う。

- ・ 考案した選択肢候補
- ・ 選択肢候補の考案の根拠、及び考案に当たって参考とした文献など（ある場合）
- ・ 選択肢の選定における分析・評価内容

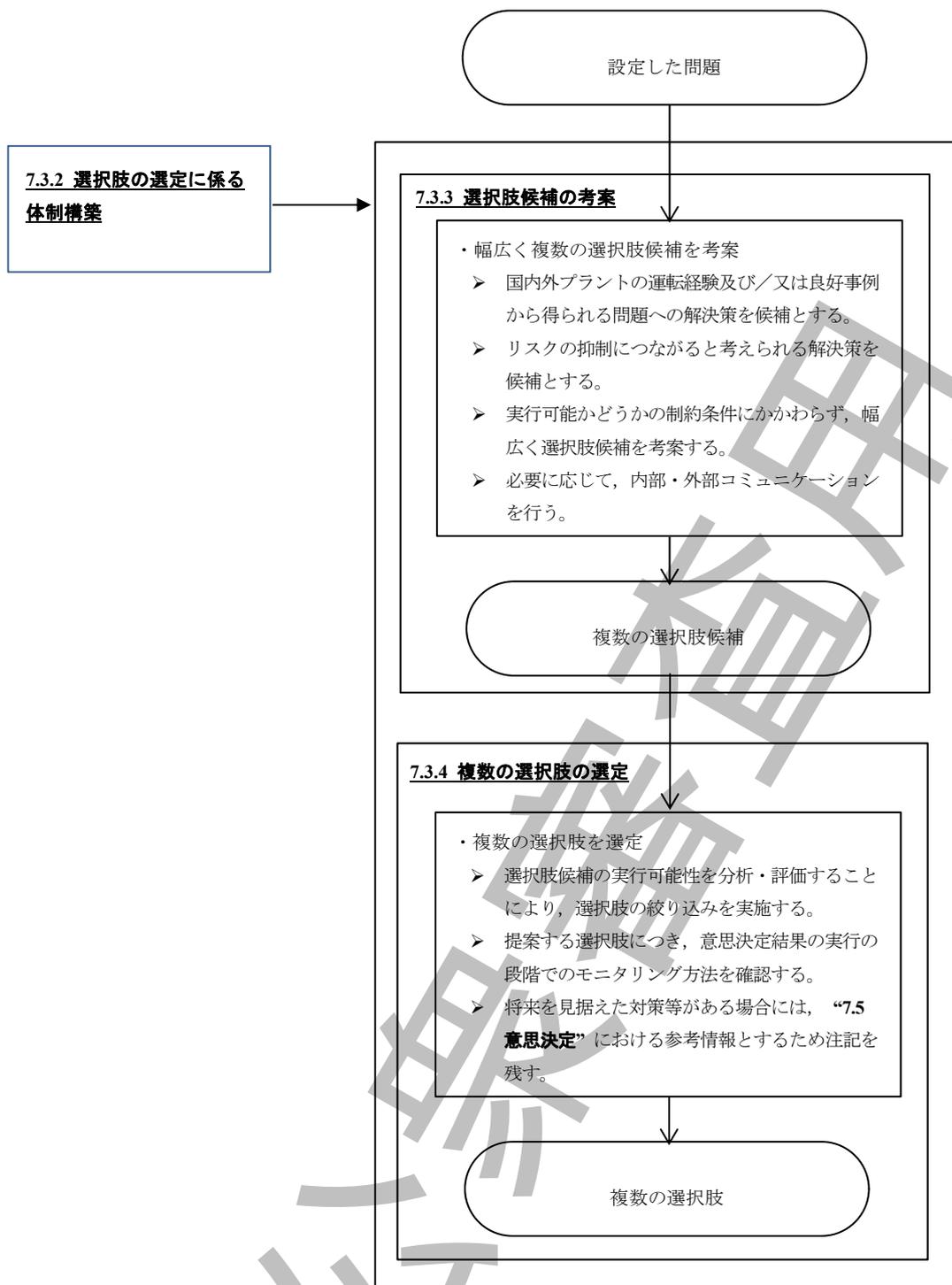


図 7.3-1 “選択肢の選定”におけるフローチャート

## 7.4 統合的な分析

### 7.4.1 総括事項

分析者は、問題のプロフィール、及び選定された選択肢の性質を考慮して、統合的な分析で判断材料として考慮するキーエレメントを選定する。次に、選定したキーエレメントに関する情報を収集して評価し、各キーエレメントの評価から得られるリスク情報を整理し、合理的に選択肢の優先順位を決めるための判断材料とするとともに、判断材料の重要度を評価する。そして、キーエレメントごとに得られる判断材料の重要度とキーエレメントに対する選択肢の評価結果とを組み合わせ、最終的に選択肢の統合的な優先順位を決定する。

統合的に選択肢の優先順位を決定する方法には、判断材料の重要度及び選択肢の評価を定量的な指標で評価し、定量化できない属性を定性的な評価で補う費用便益評価の方法、及び定量的な評価と定性的な評価とを同列に扱い、定量的若しくは半定量的な尺度で、両者の評価を組み合わせ統合する多基準分析の方法がある。前者の方法では、可能な限り貨幣価値などの同一尺度に換算することで定量化する。後者では、費用便益評価の結果も多基準分析の一要素として取り扱ってもよい。

統合的な分析の各プロセスにおいて、問題の特性に応じて、専門家及び／又は第三者の意見を活用する。

図 7.4-1 に、7.4 統合的な分析に関するフローチャートを示す。

### 7.4.2 統合的な分析で考慮するキーエレメントの選定

分析者は、統合的な分析で判断材料として考慮するキーエレメントを選定する。この目的は、意思決定を行うに当たり、問題の特性に応じて統合的な分析で考慮する必要があるキーエレメントを明確にし、判断のために適切なリスク情報を得ることにある。【附属書 A (参考) キーエレメントの説明 参照】

a) キーエレメントの選定に当たっては、次の点に留意する。

- 1) 次の七つのキーエレメントを基本とし、考慮対象とするキーエレメントを選定する。全てのキーエレメントを選定することは必須ではないが、キーエレメントとして選定しない場合には、その理由を明確な根拠をもって示す。
  - 基準及び良好な慣行
  - 運転経験
  - 決定論的考慮事項
  - 確率論的考慮事項
  - 組織に係る考慮事項
  - セキュリティに係る考慮事項
  - その他の考慮事項
- 2) キーエレメントの選定に当たっては、7.2.4 の結果を参考にする。
- 3) また、選定に当たって、キーエレメント間の関係性を考慮する。キーエレメント間に相反的な特性がある場合は、いずれか一方だけを除外してはならない。
- 4) 問題のプロフィールに応じて、キーエレメントを追加してもよい。
- 5) キーエレメントの内容を明確にするため、一つのキーエレメントを複数の項目に細分してもよい。

(例：“決定論的考慮事項”における、“深層防護の堅持”，“安全余裕の確保”)

b) 評価対象の選択肢によっては、確率論的考慮事項における  $\Delta$ CDF などのリスク指標が増加するという

望ましくない影響があるものの、総合的な観点では安全性が向上すると考えられる場合がある。このような場合には、次に示すキーエレメントを対象に、選定した選択枝の実施後においても要件を満足することを確認することによって、評価のバランスを考慮した選択枝の総合的な評価を行う。

- 1) 基準及び良好な慣行： 安全確保活動の変更に関係する規制規則類の遵守状況
  - 2) 決定論的考慮事項： 深層防護の堅持状況及び適切な安全余裕の確保状況
  - 3) 確率論的考慮事項： リスクの十分な抑制状況
- c) 判断材料とするキーエレメントの選定には、意思決定者が関与することが望ましい。
- d) 分析者は、判断材料とするキーエレメントの選定結果及びその選定過程、並びに選定の妥当性を、文書化する。

### 7.4.3 キーエレメントに関する情報収集及び評価

分析者は、各選択枝について、選定したキーエレメントに関する情報を収集・評価することによって、選択枝の優先順位を決めるための定性的及び定量的な判断材料として、リスク情報を整理する。このとき、リスク情報が選択枝の優先順位付けの判断材料として適切であることを、完全性、重複性、操作性、独立性、二重計上のないこと、及び長期的影響の各観点で確認する。【附属書 T (参考) 多基準分析の例 参照】そして、意思決定における、この判断材料の相対的な重要度を評価する。

それぞれのキーエレメントに関する情報収集及び評価は、次の a)～g)に基づいて実施する。

- a) **標準及び良好な慣行**； 参照する最新の標準、及び／又は国内外のプラントでの良好な慣行による状態に対して、選定した選択枝を実施した場合において、現状を改善し、どの程度充足し得るものかを確認、評価する。
  - b) **運転経験**； 選定した選択枝を実施した場合において、対象プラントの設計及び運転状況に、どのような影響を及ぼすかにつき確認、評価する。
  - c) **決定論的考慮事項**； 選定した選択枝を実施した場合においても、深層防護の堅持、及び安全余裕の確保がなされるかにつき確認、評価する。
- 1) 深層防護が堅持されていることを確認する場合は、次の①～⑤について、選定した選択枝を実施した場合における影響の可能性を整理し、適切な補償措置をとることも含めて受ける影響が軽微であることを確認する。

#### 【附属書 M (参考) 深層防護の堅持の確認の考え方 参照】

- ① **防護レベル間のバランス及び独立性の確保**： 深層防護の各防護レベルのバランスについて、一つ又は二つの防護レベルに過度に依存していないこと、かつ、各防護レベル間の独立性が適切に確保されていることを確認する。
- ② **管理的手段への過度な依存の回避**： 各防護レベルの信頼性を確保するに当たり、運転操作、試験、及び検査などの管理的手段に過度に依存しないことを確認する。
- ③ **多重性又は多様性及び独立性の確保**： 原子力発電所における起因事象の発生頻度及びその影響、並びにそれらの不確かさに応じて防護レベルの各対策を受け持つ系統、機器などの多重性又は多様性及び独立性が確保されていることを確認する。
- ④ **共通原因故障に対する防護対策の実施**： 複数の防護レベルに共通に関連する共通原因故障について防護対策が適切に講じられていることを確認する。また、個々の防護レベルの維持に対して影響の大きい共通原因故障の防護対策がとられていることも確認する。
- ⑤ **人的過誤の防止対策の実施**： 複数の防護レベルに共通に関連する人的過誤について防止対策が適切に講じられていることを確認する。また、個々の防護レベルの維持に対して影響の大きい人的過誤の防止

対策がとられていることも確認する。

2) 安全余裕の確保の確認を行う場合は、次の①②を確認することによって行う。【**附属書N (参考) 安全余裕の確保の確認の考え方** 参照】

- ① 選定した選択枝を実施した場合における、設置許可、工事計画認可、保安規定認可などの許認可内容の変更が生じる可能性の有無を明らかにし、許認可内容に変更がないことを確認する。(安全余裕の確保の確認の例を、附属書NのN.2に示す。)
- ② 許認可内容の変更の可能性がある場合は、安全確保活動の変更内容が影響する温度、圧力などの全ての発生荷重を評価し、許認可における規制許容基準を満足することを確認する。

d) **確率論的考慮事項**； PRA などの定量的なリスク評価を行い、選定した選択枝を実施した場合に影響を受ける事故シナリオ、並びにそのシナリオに係る評価上の仮定及び不確かさ因子を特定する。

【**附属書 O (規定) PRA などの定量的なリスク評価の実施** 参照】

- e) **組織に係る考慮事項**； 選定した選択枝を実施した場合に、組織及びマネジメントに、どのような影響を及ぼすかにつき確認、評価する。また、選択枝の実施によって、対象となる認証、保守、検査、及び試験に、どのような影響を及ぼすかにつき確認、評価する。
- f) **セキュリティに係る考慮事項**； 選定した選択枝を実施した場合に、核物質のセキュリティ対策に、どのような影響を及ぼすかにつき確認、評価する。
- g) **その他の考慮事項**； 選択枝の優先順位付けの判断材料であるその他の考慮事項として、選定した選択枝を実施した場合に必要な経済的コストを見積もり評価する。また、選択枝を実施した場合の作業員の被ばく線量に、どのような影響を及ぼすかにつき確認、評価する。さらに、選択枝を実施した場合の影響をモニタリングできる方法につき確認、評価する。

#### 7.4.4 選択枝の総合的な優先順位付け

分析者は、7.4.3 で求めた各キーエレメントについての判断材料の相対的な重要度による重み付けと、各キーエレメントの判断材料に対する選択枝の評価とを組み合わせ、選択枝の総合的な優先順位を決定する。選択枝の総合的な優先順位付けの具体的な方法としては、b) に示す“費用便益評価による方法”，又は c) に示す定性的な方法も含む“多基準分析による方法”のいずれかを使用する。

a) **総合的な優先順位付けの基本的方法**： キーエレメントごとに判断材料に対する選択枝の評価を行うには、定量的な方法又は定性的な方法のいずれも用いることができる。評価においては、次の点に留意する。

- 1) 定量的な方法では、各キーエレメントの判断材料に基づいて、それが選択枝に与える影響（選択枝を選択したときの影響）を定量化することによって評価する。
- 2) 定性的な方法では、各キーエレメントの定性的な判断基準に適合するか否かに基づいて、選択枝の評価を行う。
- 3) 選択枝を採択した際の影響の大きさだけでなく、その不確かさも考慮して評価する。各キーエレメントの判断材料が、選択枝に与える影響の大きさ、及び評価の不確かさ、並びに選択枝の実行に関連する不確かさ（実行の可否及び達成の程度の不確かさ）を、次の点に留意して評価する。【**附属書 R (参考) 統合的な分析における PRA での不確かさの考慮** 参照】

- ・ 技術情報の完全性、特定の不確かさを伴うデータの品質、使用される分析ツール、及びモデルの妥当性を確認する。

- ・ 個々のキーエレメントに対してその選択枝を選択した影響は、正（改善＝望ましい影響）の場合も、

負（悪化＝望ましくない影響）の場合もある。また、キーエレメントごとに、定性的評価を含め、選択肢間で可能な限りの差異を付けるように評価を実施する。

- ・キーエレメントは相互に何らかの形で依存しているので、一つのキーエレメントに関する情報が変更された場合は、他のキーエレメントについても再度、考察を行う。
- ・結果の信頼性を検証するためには、一旦実施された分析の第三者によるレビューを行うことが望ましい。

- 4) 対象とするハザードの性質を考慮する。ハザードによってもたらされる被害が回復不能である場合、又は将来世代へ影響を及ぼす場合には、不確かさの小さな選択肢をより重視する。

**b) 費用便益評価による方法：** 分析者は、7.4.3 で求めた判断材料である各キーエレメントのリスク情報に基づいて、費用便益評価によって定量的な考察を行う。また、定性的な考察を行い、定量的な考察を補完する。【附属書 S（参考） 費用便益評価の例 参照】

- 1) 費用便益評価では、その属性の影響を可能な限り貨幣価値などの同一尺度に換算することで定量化する。貨幣換算が不適切な属性の場合にも、極力定量的な尺度を用いて定量化する。この同一尺度への換算は、その妥当性を明確にして文書化する必要がある。
- 2) 定量化できない属性の場合には、定性的な考察を行い、定量的な属性を補完するものとして、選択肢の総合的な評価に反映する。この場合には、可能な限り、費用対効果分析など定性的な考察に有効な方法を用いる。
- 3) 選択肢の総合的な優先順位付けを行う場合、定量的な考察と定性的な考察とのどちらを優先させるかに関しては恣意性が入りやすいので、判断結果を文書化し、専門性を有する第三者のレビューを行う。

**c) 多基準分析による方法：** 分析者は、7.4.3 で求めたキーエレメントのリスク情報に基づく各判断材料と、ここで設定する“判断材料の相対的な重要度”とを、定量的又は半定量的な尺度によって組み合わせ、最適な選択肢を選定する総合的な評価を行う。【附属書 T（参考）多基準分析の例 参照】

- 1) 次を考慮しながら定性的な考察によって、キーエレメント間の相互関係を考慮して、どのキーエレメントを意思決定において重視するかを目安とするため、それぞれのキーエレメントの相対的な重要度を考慮し、重み係数を割り当てる。重み係数の割当てに先立って、使用する重み付けの尺度及び重み係数の意味を定義する。
- 2) 費用便益評価を行った場合は、それをキーエレメントの“決定論的考慮事項”、“確率論的考慮事項”及び“その他の考慮事項”における経済性の要素とみなし、この分析結果について重み係数を割り当ててもよい。
- 3) キーエレメントごとに評価の不確かさが異なるので、重み付けをする際には、判断材料としての情報の確からしさを考慮する。また、キーエレメントの相互関係は問題ごとに異なるので、複数の問題に対して画一的に同じ尺度及び／又は重み係数を適用してはならない。
- 4) キーエレメントの重み係数と、キーエレメントごとの選択肢の評点とを組み合わせ、選択肢の総合的な優先順位を決める。
- 5) 多基準分析では、特に次の点に留意し、総合的な優先順位付けの客観性及び説明性を高める。
  - i. 重み係数の割当ての際の工学的判断は主観的なものとなるため、重み付けの意味及び方法を文書化し、レビューできる形にする。
  - ii. 重み付けに客観性を付与して適切なものとするには、専門家の判断の活用、ピアレビュー、及び専門家パネルなどの第三者によるレビューが有効である。
  - iii. 評点を用いる際には恣意性が入りやすいことに留意し、意思決定のプロセスを追跡可能にするための詳

細な文書化を行う。

- iv. 総合的な分析結果に客観性を付与して適切なものにするために、専門家及び／又は第三者の意見の活用などのレビューを行う。このとき、異なる専門家及び／又は第三者がレビューを行った場合には、異なる結論が得られる可能性があることに留意する。

#### 7.4.5 分析結果のまとめ及び文書化

分析者は、分析結果のまとめを行い、意思決定者の判断のために報告書を作成する。報告書には、次の内容の説明を含む。

- ・ 技術的に実行可能な選択肢
- ・ 判断材料とするキーエレメントの内容及びそれを選定した過程
- ・ キーエレメントの評価結果の根拠情報及び不確かさ解析の結果
- ・ キーエレメントごとに得られる判断材料の相対的な重要度の評価結果及び根拠
- ・ キーエレメントに対する選択肢の評価結果及び根拠
- ・ 選択肢の総合的な優先順位付けの方法、結果及び根拠
- ・ 分析のために行った内部・外部コミュニケーションの内容及びその結果
- ・ 専門家及び／又は第三者の意見及び反映内容

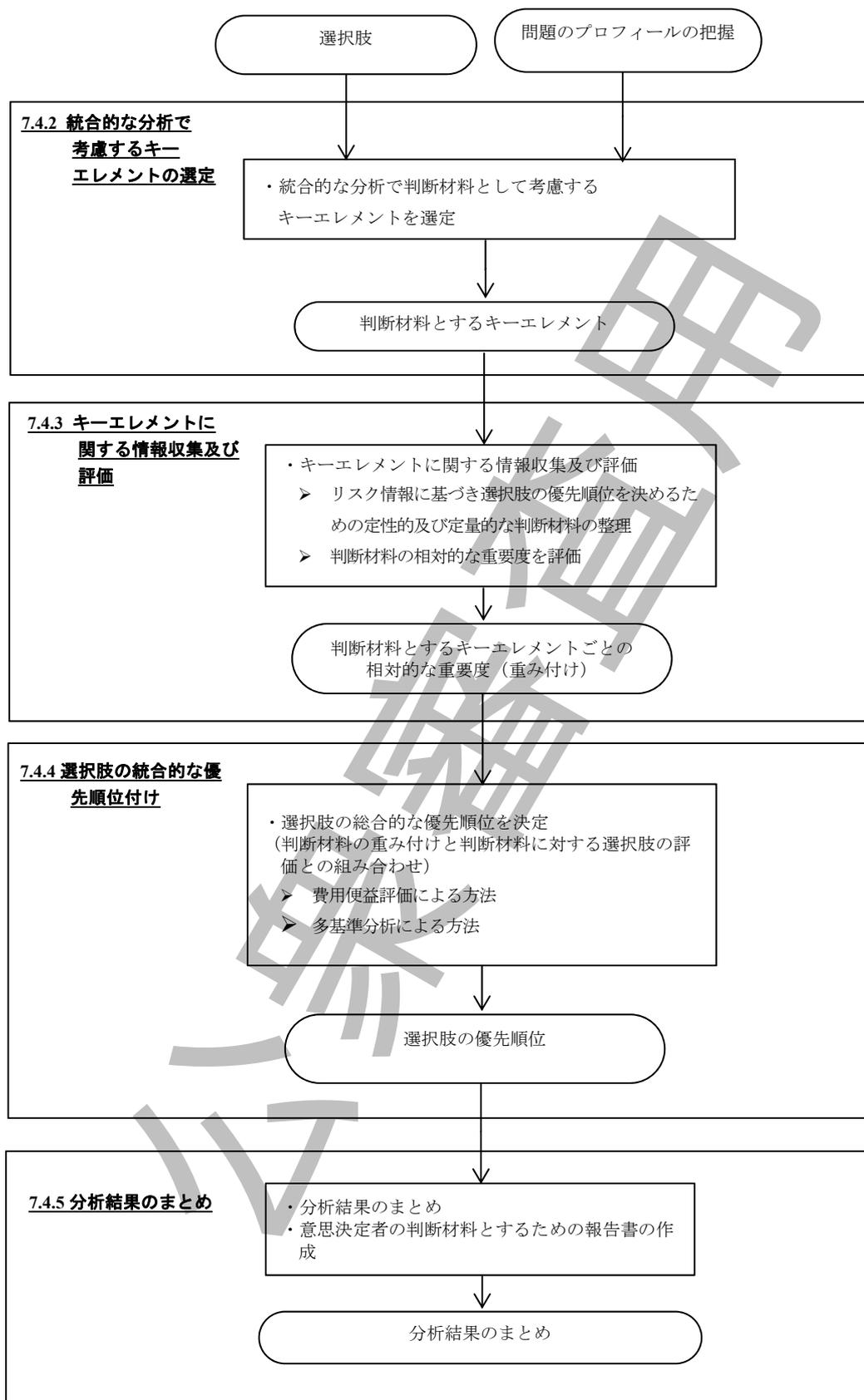


図 7.4-1 “統合的な分析”におけるフローチャート

## 7.5 意思決定

### 7.5.1 総括事項

意思決定者は、設定された問題のプロフィールを踏まえて、分析者によって選定された選択肢が設定した問題の解決策となっていること、及び選択肢の総合的な優先順位付けが妥当であることを確認し、解決策を決定する。万一、分析者の選択肢の選定が不十分な場合には、プロセスの適切なステップに戻って、選択肢を再検討する。【**附属書 U (参考) 意思決定に関する補足説明 参照**】

図 7.5-1 に、7.5 意思決定に関するフローチャートを示す。

### 7.5.2 分析プロセス及び分析結果のレビュー

意思決定者は、次の a)~e)を行い、選定された選択肢に関する分析プロセス及び分析結果のレビューを実施する。

- a) 選択肢の境界条件、仮定、不確かさ、補償手段、代替策などを考慮して、選定された選択肢が設定された問題の解決策として妥当であることを確認する。選定が不十分な場合は、7.2 問題の設定又は 7.3 選択肢の選定まで戻り、選択肢候補の考案以降の検討プロセスを反復する。
- b) 分析に使用したキーエレメントの情報が設定された問題の前提条件を満たしているか確認する。不十分な場合は、7.3 選択肢の選定 又は 7.4 統合的な分析まで戻り、選択肢の選定以降の検討プロセスを反復する。
- c) 選択肢の総合的な優先順位付けが適切なものであるか、次の点に留意して確認する。選定された選択肢の分析が不十分な場合は、7.3 選択肢の選定又は 7.4 統合的な分析に戻って、選定した選択肢とその選択肢に対するキーエレメントの重み付け、及びキーエレメントごとの選択肢の評価を反復する。
  - 1) 選択肢に対するキーエレメントごとのリスク情報の判断基準、評点、並びに重み係数の尺度及び意味などが合理的で妥当であることを確認する。
  - 2) ある問題の解決策が他の問題を引き起こす可能性を踏まえて、相反する安全性のバランスに対して合理的かつ妥当な考慮がなされているか確認する。
- d) 選択肢を実行する段階で、効果的なモニタリングが行えるか確認する。もし、選定が不十分な場合は、7.2 問題の設定又は 7.3 選択肢の選定まで戻り検討するよう、分析者に指示する。
- e) 上記 a)~d) のレビューに際し分析者とコミュニケーションを行い、意思の疎通を図る。ここでは、分析者と意思決定者との間には視点の違いが生じ得ることに留意する。

### 7.5.3 解決策の決定

意思決定者は、意思決定者の視点で次の a)~f)の検討を行い、解決策を決定する。

- a) 安全性向上の契機となった問題に関連する事象及び解決策の境界条件、仮定、不確かさ、補償手段、その他の解決策の考慮などの意思決定者の視点から、選択肢の最終的なレビューを行う。【**附属書 R (参考) 統合的な分析における PRA での不確かさの考慮 参照**】
- b) 次の項目は、判断に属人的な部分があるため、専門家及び/又は第三者の意見、更には少数意見にも配慮する。
  - ・ 最新知見の解釈

- ・ 社会情勢及び／又は安全性に関する価値観
  - ・ PRA の不確かさ
  - ・ 確立された判断基準の存在しないキーエレメントに関するリスク情報に対するアプローチ
  - ・ 相反するキーエレメントのバランス
- c) キーエレメントに関するリスク情報を統合して意思決定する際には、キーエレメントの情報に対するアプローチ、重み付けの考え方、制限条件及び関連する知見を明確にする。
- d) 一つの安全性を向上する解決策が他の安全性の低下を引き起こす可能性に留意し、相違する安全性のバランスをどのように達成するか明確にする。
- e) 安全性向上の効果が同等で全ての要求事項を満足するような複数の解決策案が示された場合、意思決定者は別の要素（例えば、投入する経営資源の大きさ、問題の解決に要する時間など）を考慮してもよい。
- f) 意思決定者の意思決定の内容及びプロセスが妥当かどうか、第三者パネルなどを活用して意見を求めることによって、意思決定の質を向上させることが望ましい。

#### 7.5.4 文書化

このステップにおいては、次の項目を含めて文書化を行う。特に、意思決定者の恣意性及び／又は属人的な認知バイアスが介在しやすい次の事項は確実に文書化する。

- ・ 安全性向上の契機となった問題に関連する事象及び解決策の境界条件、仮定、不確かさ、補償手段、その他の解決策案を決定する際に考慮した、最新知見の解釈、社会情勢及び／又は安全性に関する価値観、PRA の不確かさの解釈、及びキーエレメントに関する相反するリスク情報に対する判断
- ・ キーエレメントの情報に対するアプローチ、重み付けの考え方、制限条件及び関連する知見
- ・ 一つの安全性を向上する解決策が他の安全性の低下を引き起こす可能性についてどのように考え、相違する安全性のバランスをどのように達成したか
- ・ 安全性向上の効果が同等で全ての要求事項を満足するような複数の解決策案があった場合には、どのような要素を考慮して最終決定したか
- ・ 第三者パネルなどを活用して意見を求めた場合には、これらの意見を意思決定時にどのように検討したか

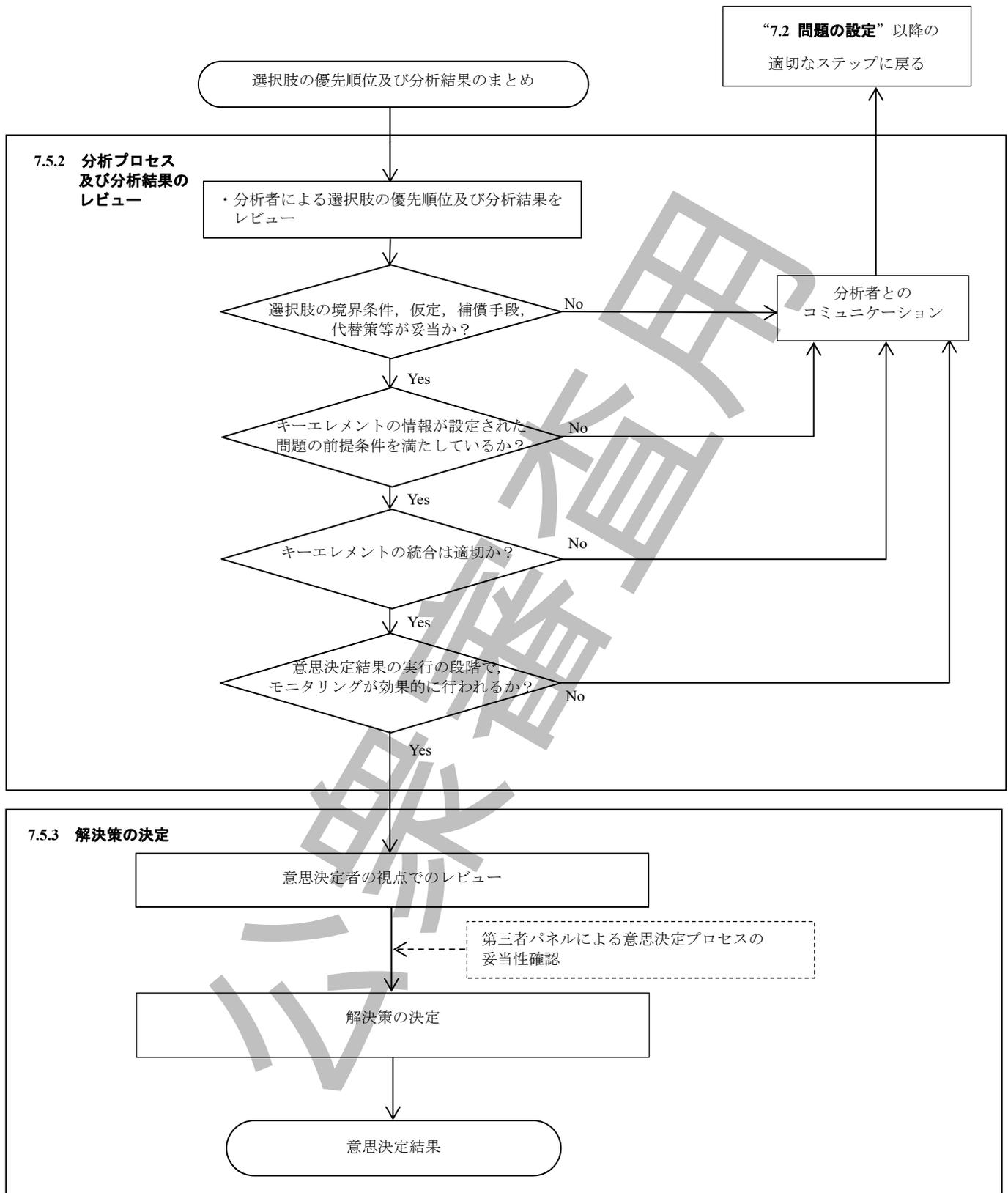


図 7.5-1 “意思決定” におけるフローチャート

## 7.6 意思決定結果の実施

### 7.6.1 総括事項

7.5 意思決定での意思決定結果を実施する実施体制として、実行組織、マネジメント体制及び管理手順などの実施体制を構築し、要員を確保する。意思決定の結果を計画的に実施するために実施計画を策定し、実施段階のリスクをあらかじめ評価して対応を計画に織り込む。立案した計画を確実に実行する。この際には、意思決定結果を関係者全員が理解するための内部・外部コミュニケーションを行う。

図 7.6-1 に、7.6 意思決定結果の実施に関するフローチャートを示す。

### 7.6.2 実行組織、マネジメント体制及び管理手順の構築

a) 実行組織の定義： 意思決定者は、意思決定結果を実施する体制を構築するため、次を考慮して実行組織を定める。

- 1) 次を明確にして実行組織及びマネジメント体制を構築し、組織に必要な専門性のある要員を確保する。
  - ・ 実行組織のミッション
  - ・ 実行組織の統括責任者（以下，“総括責任者”という。）及びその権限・責務
  - ・ 各部署の担当者及びその権限・責務
- 2) 実行組織は、実行内容に応じて既存担当組織の通常の業務の組織機能に従って定めるか、又は構成員について新たな組織機能を定義して、新たなプロジェクトチーム（又はプログラムチーム）を構築する。【附属書 V（参考）プロジェクト的又はプログラムのアプローチのマネジメントの留意点参照】
- 3) 実行組織には、下記の機能を持たせる。
  - ・ 全体の進捗管理を行う機能（予定どおりに進まない場合、工夫が必要な場合などのコンサルティングも含む）
  - ・ 実行を担う高い専門性をもつ機能（複数の専門グループをつなぐ調整及び目標に向かって統合する機能も含む）
  - ・ 内部コミュニケーション機能及びそれを実行プロセスへフィードバックする機能
  - ・ 外部コミュニケーション機能及びそれを実行プロセスへフィードバックする機能
  - ・ 意思決定結果の実施に関して、リスク管理者（通常、総括責任者がその任に当たる）がリスク分析及び／又はリスク評価を行うための機能（利害関係者の目的（目標）及び／又は価値に係る様々な領域の専門家によって行うこと、又は専門家と協働することを考慮する）
- 4) 外部組織に実行の一部を分担させる場合には、当該外部組織のミッション及び責務、並びに責任者を明確にするとともに、組織間の情報、結果、及び入力条件の受け渡しが行われるように相互の情報伝達・調整の実施方法を明確にする。そのため必要に応じて各組織の情報連絡・調整の窓口を置くことも考慮する。

b) 実行組織の要員の役割の明確化： 意思決定者は、次を考慮して、実行組織の要員の役割を明確化する。

- 1) 組織要員の各自のタスク、並びにコストも含めた責務及び権限を明確化し、組織要員に周知徹底する。
- 2) 組織要員の各タスクの実行順序などの関連性を明確にする。

c) 実行組織のマネジメント体制及び管理手順の確立： 意思決定者は、実行プロセスの品質を確保する

ため、次を考慮して、実行組織のマネジメント体制及び管理手順を確立する。

- 1) マネジメントシステムは、組織における既存の品質マネジメントシステム（QMS）に従う。
- 2) 新しいプロジェクトチーム（又はプログラムチーム）を設けて実行組織を構築する場合には、必要に応じて、既存のQMSとの関連を明確にした管理手順を定める。

### 7.6.3 実施計画及び実施工程の立案

a) **実施計画の立案**： 総括責任者は、次に留意して、意思決定結果を実施するための実施計画を立案する。

- 1) 7.6.2 の内容を含めて、時間、資源、及び品質を包含した活動をバランスさせ、また、利害の異なる関係者との関係を調整して、意思決定結果の期待する目標を到達するかを考慮する。
- 2) 実施の失敗を含め実施段階のリスクをあらかじめ評価して、その対応を計画に織り込む。

b) **実施工程の立案**： 総括責任者は、次に留意して、7.6.2 の実行組織及び役割分担に基づいて、短期及び長期の工程表を作成し、分担を明記して、工程管理を確実にを行う。

- 1) 組織要員の各タスクの実行順序などの関連性を考慮して、実施の時期及び方法を明確にした工程表を作成する。
- 2) 実施工程を作成する際には、各部署のスケジュールの繋ぎ合わせだけを行うのではなく、工程完了が長期化する可能性がないよう全体工程の最適化を行う。

【附属書 W（参考） 実施計画及び実施工程の立案における留意事項及び実施計画の例 参照】

### 7.6.4 実施計画の確実な実行

a) **関係者とのコミュニケーション**： 総括責任者及び実行組織の構成員は、実施計画の理解不足による実施段階のリスク発生を抑制し、確実な実施を行うため、次の1)～3)に留意して、関係者との内部・外部コミュニケーションを行う。

- 1) 意思決定結果の実施には関係者との協働が必須であることを踏まえ、関係者の意思決定結果への理解を促進し、関係者の意識及び方向性をそろえる。
- 2) 意思決定結果の目的、内容、及び実施計画を関係者に理解させる。
- 3) 意思決定の透明性を担保し、各人が主体的に協働に参加できるようにする。

b) **実施計画の実施及びフィードバック**： 実施計画を確実に実行するため、以下を考慮する。

- 1) 7.6.3 の実施計画に基づき、統括責任者は、プロジェクトマネジメントを行い、意思決定結果を円滑かつ効率的に実施する。
- 2) また、統括責任者は、実施に伴って実施計画の検討時に想定したリスクを超えて発生する可能のある新たなリスクを抑制するため、及び更なるリスク対応を不要とするため、リスク及びリスク軽減策のモニタリング及びそのレビューを行い、実施計画及び／又は作業手順へのフィードバックを実施する。

### 7.6.5 文書化

このステップにおいては、意思決定者及び総括責任者は、次の項目を含めて文書化を行う。

- ・ 意思決定結果の実施に当たって構築した実行組織、マネジメント体制、及び管理手順の内容
- ・ 意思決定結果の実施に当たって行った内部・外部コミュニケーションの内容



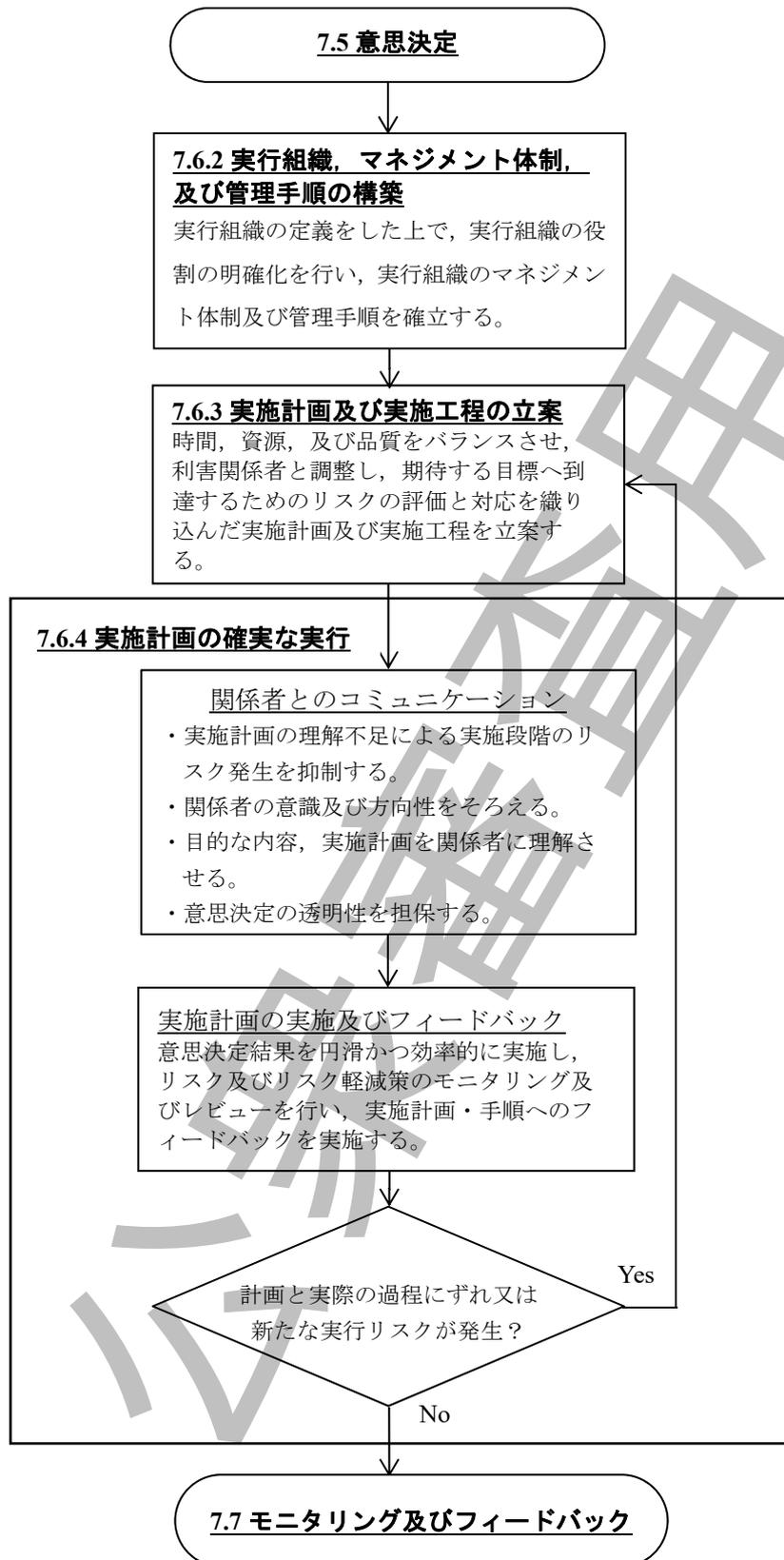


図 7.6-1 “意思決定結果の実施” のフローチャート

## 7.7 モニタリング及びフィードバック

### 7.7.1 総括事項

IRIDM プロセス自体及び意思決定結果の実施に対して、モニタリングを行い、その実効性を評価することで見直す必要がある点がないか検討する。

モニタリングの結果に問題があれば是正処置を検討・実施する。又は **7.2 問題の設定**以降のプロセスの適切なステップに戻り、IRIDM の適切なプロセスを反復する。

IRIDM プロセス自体に見直す点があった場合には、フィードバックする。

図 7.7-1 に、**7.7 モニタリング及びフィードバック**に関するフローチャートを示す。

### 7.7.2 モニタリング

a) 次の点についてモニタリングを行い、IRIDM プロセス自体及び意思決定結果の実施が期待された効果を発揮しているかを評価する。特に、意思決定時に考慮した不確かさが、どのような影響を及ぼしているかに着目して評価する。【附属書 X (参考) **モニタリングにおける留意事項及びモニタリング計画の例 参照**】

1) 意思決定者は、次の観点から、意思決定時の前提に変化がないかを評価する。

- ・ 設定した問題は陳腐化していないかを評価する。問題の設定において収集した情報、プラントのあるべき姿、及び認識したギャップなどに変化があるか確認する。また、新たなリスクが発生していないか評価する。
- ・ IRIDM プロセスの各ステップにおいて、収集した情報及び手法（例えば、リスク評価及び／又は費用便益評価に対して用いられた手法）が適切であったか、及び変化がないかを評価する。
- ・ 意思決定で考慮した選択肢に対するキーエレメントごとの判断基準及び評点、キーエレメントの重み係数の尺度及び意味などに変化がないかを評価する。

2) 意思決定者は、実施した解決策の安全性向上の効果（パフォーマンス）が当初の期待通り発揮されているかを評価する。

3) 意思決定者は、実施した解決策が、想定していなかった新たなリスクを生じさせていないかを評価する。

b) 意思決定者は、IRIDM プロセス自体の改善への提案及び／又は組織内外の関係者間におけるコミュニケーションを一層促進することに係る提案がないかを評価する。

c) モニタリングは意思決定者が主体的に実施するが、評価に意思決定者がかかわることによる認知バイアス、及びそれに伴う評価の質の不確かさの増大を回避するために、意思決定者は第三者にモニタリングを実施させてもよい。

### 7.7.3 フィードバック

a) IRIDM プロセス自体、又は意思決定の実施が期待された効果を発揮していないと判断された場合には、意思決定者はその原因を分析する。

b) 実施した解決策への是正処置によって当初期待した効果を発揮できると見込めると意思決定者が判断した場合には、是正処置を実施して、**7.7.2**に移行する。

c) 是正処置では対処できないと意思決定者が判断した場合には、**7.2 問題の設定**以降のプロセスの適切なステップに戻り、IRIDM の適切なプロセスを反復する。

- 1) 設定した問題の陳腐化などが原因であると判断された場合 **7.2 問題の設定**に戻って、IRIDM プロセス全体を反復する。
  - 2) 選択肢の選定、分析及びキーエレメントの統合に用いた情報の不確かさが原因であると判断された場合は、**7.3 選択肢の選定**に戻って代替案の選択の可否を判断する。
- d) IRIDM プロセス自体の改善への提案、及び／又は組織内外の関係者間におけるコミュニケーションを一層促進することに係る提案を見出した場合には、意思決定者は IRIDM プロセス自体を改善する。

#### 7.7.4 文書化

このステップにおいては、次の項目を含めて文書化を行う。

- ・ モニタリングにおいて実施した意思決定者の評価結果
- ・ 第三者がモニタリングを実施した場合、その評価結果
- ・ フィードバックにおいて実施した分析結果、及び是正処置の内容

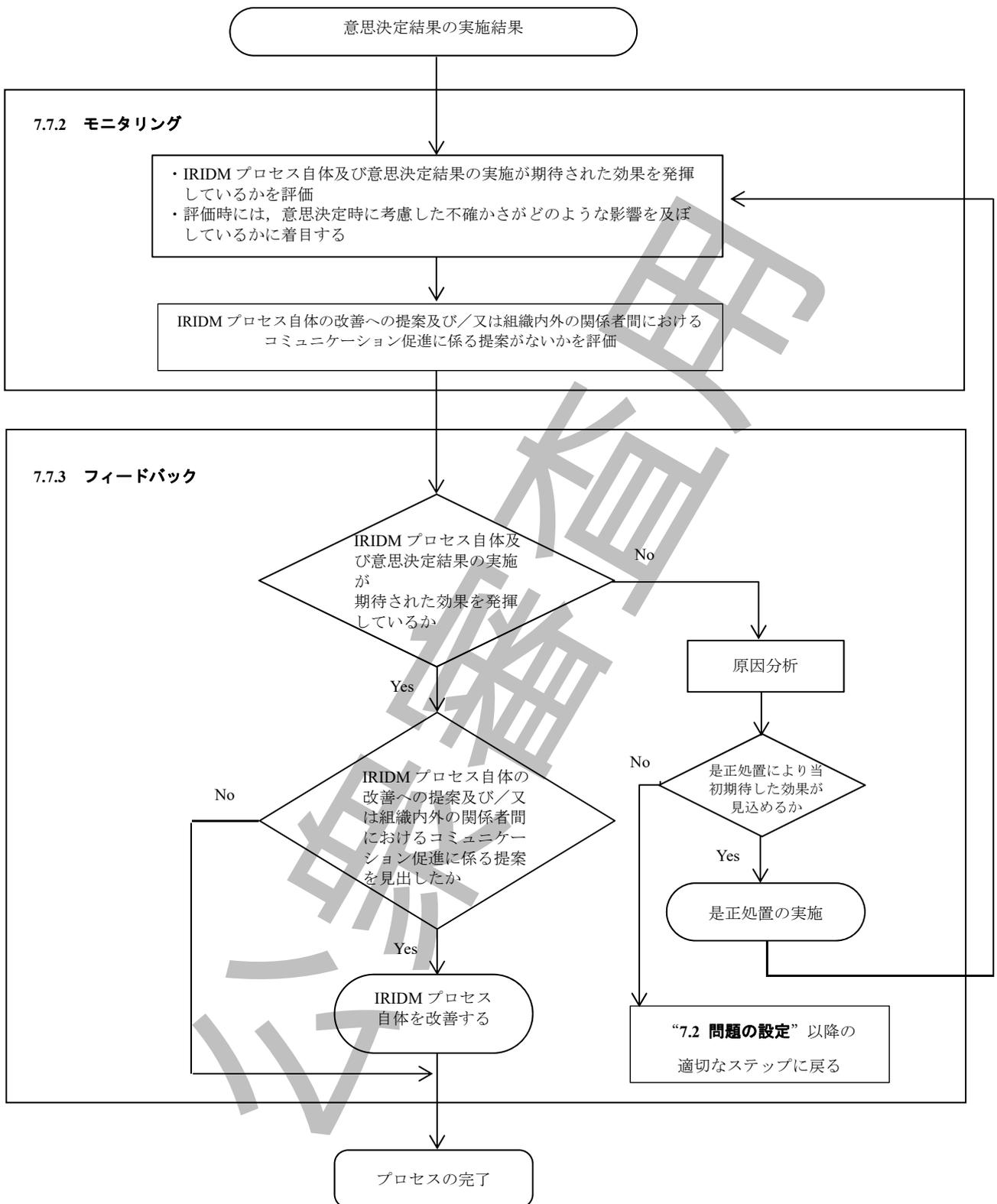


図 7.7-1 “モニタリング及びフィードバック”に関するフローチャート

## 8 文書化

### 8.1 目的・対象・結果などの文書化

IRIDM を行った場合、IRIDM の内容が容易に理解できるよう、IRIDM の目的、対象、分析結果、策定した意思決定の実施計画などを実施の記録である記録文書として、追跡可能な詳細さで文書化する。

IRIDM の各ステップにおいて含める必要のある文書化項目は、それぞれのステップにて示す。

なお、公開する場合は、商業機密を含む情報、及び核物質防護の観点などから公開が不適切であると判断される記録文書は公開対象から除く。

### 8.2 規定への適合性の文書化

リスク情報を活用した統合的意思決定が、この標準の具体的な規定を満足していることを示す。

### 8.3 除外事項などの適用の妥当性の文書化

リスク情報を活用した統合的意思決定において、この標準に記載している除外事項及び／又は例外事項を適用した場合には、その妥当性を示す。

## 参考文献

- [1] IAEA, *A Framework for an Integrated Risk Informed Decision Making Process*, INSAG-25, (2011)

## 附属書 A (参考) キーエレメントの説明

### 序文

この附属書は、キーエレメントについて概要を説明したものである。

### A.1 INSAG-25におけるキーエレメントの例

IRIDMプロセスでの統合的な分析のインプットについて、IAEA INSAG-25<sup>1)</sup>では表A.1-1に示す7分野のキーエレメントを挙げている。これらは原子力安全に関する洞察を得る場合に、考慮する必要のある観点・視点、考慮事項であり、設定した問題に関する好ましくない影響へ対応する解決策の選択肢を評価するための考慮する必要のある要素である。これらのIRIDMプロセスへのインプット情報は、当然、最新の知見に基づくものである必要があり、そうでなければ、時々刻々変化する社会情勢、環境変化、及び安全についての社会の価値観及び考え方に対応した社会を含めたステークホルダーが理解する適切な意思決定はできない。キーエレメントは、これら7分野に限定するものではないが、これらいずれの分野にも定義されていない様々な考慮事項については、“その他の考慮事項”の枠組みの中に取り込み、それに関する洞察を加えて、選択肢を評価することも可能である。

表 A.1-1 IAEA INSAG-25 でのキーエレメント

1)	基準及び良好な慣行 (Standards and good practices) : 例えば、規格基準、手順、経験・研究に基づくエンジニアリングの安全余裕、及びエンジニアリングの管理・慣行。
2)	運転経験 (Operational experience) : 例えば、類似プラント及び/又は他産業プラントの経験。
3)	決定論的考慮事項 (Deterministic considerations) : 例えば、フォールト・トレラント設計 <sup>1)</sup> 、深層防護、決定論的な安全基準、事故の防止・緩和、及び安全余裕。
4)	確率論的考慮事項 (Probabilistic considerations) : 例えば、PRA 手法、確率論的ターゲット、PRA の品質及び適用範囲、並びに不確実さ。
5)	組織に係る考慮事項 (Organizational considerations) : 例えば、マネジメントシステム、訓練及び手順書、リーダーシップ、コア・コンピタンス <sup>2)</sup> 、並びにコミュニケーション。
6)	セキュリティに係る考慮事項 (Security considerations) : 例えば、物的防護、及び安全対策との関係。
7)	その他の考慮事項 (Other considerations) : 例えば、人と環境に与える放射線影響、研究、経済的要因、将来の運転に関する潜在的な影響からの洞察、及びレジリエンス。

<sup>1)</sup> フォールト・トレラント設計 (Fault tolerant design) はシステム設計の手法の一つであり、システムの一部に問題が生じても全体が機能停止することなく (たとえ機能を縮小しても) 動作し続けるようなシステムを設計するもの。

<sup>2)</sup> コア・コンピタンス (Core competence) とは、ある企業の活動分野において“競合他社を圧倒的に上回るレベルの能力”又は“競合他社に真似できない企業の中核となる能力”の事を指す。

次の(1)～(7)において、キーエレメントの内容について概説する<sup>[2][3]</sup>。

### (1) キーエレメント：基準及び良好な慣行 (Standards and good practices)

設計及び運転に関する活動の基盤は、良好なエンジニアリング、並びに健全な運転上の手順及び慣行である。これらは、多くの場合、政府機関、エンジニアリング組織、国内及び国際的な標準策定に係わるグループ、品質保証機関などの専門的な団体・機関によって策定された標準及び／又は規格基準の形で提供されている。これらは、法律及び規制当局によって制定された規制基準から、一般的に受け入れられている国内的、国際的な基準及び手順・要領まで広範囲に及ぶ。

通常、これらの基準及び良好な慣行は、長期のエンジニアリング経験及び／又は原子力施設の運転経験・運転実績に裏打ちされたものであり、特に、経験と研究に裏付けられたエンジニアリング上の安全余裕は、これらの基準の重要な観点であり、原子力安全において維持される必要がある、IRIDMプロセスにおいても重視する必要がある検討因子である。

エンジニアリングと運転上の良好な慣行としては、原子力分野に関しては、IAEAからの刊行物を含め諸外国において安全基準及び／又は報告書などとして示されるものが利用できる。また、原子力分野のみならず、他の産業分野の良好な慣行も含めた広範囲な情報も対象とするのが望ましい。事業者は、これらの良好な慣行を認識し、自らの原子力施設の安全性の向上に適用するために、当該原子力施設及び他の類似施設から、加えて、他の産業分野からの良好な慣行に係る新たな知見を継続的に収集するための体系的なプロセスを確立することが望まれる。

### (2) キーエレメント：運転経験 (Operational experience)

原子力施設の運転及び設計を改善するのに有効な方法は、当該施設、類似の施設、及び他の産業分野の施設で発生した事象から学ぶことである。運転経験は、発生した事象の影響程度の理解という観点においても、重要である。当該原子力施設及び他の類似施設で起こった望ましくない事象からの教訓は、当該原子力施設に何が起こる可能性があり、どのように防止すればよいかという情報を提供してくれる。これには、これらの原子力施設で発生した事象のレビュー又は根本原因分析などを行うことも含まれる。

運転経験分析・評価は、人的過誤に係る事象、安全系の性能などに係る運転実績、といった観点ごとで情報を収集、整理して行うことが望ましい。当該原子力施設の安全性能指標に基づき、これを目安に体系的に収集・整理することも考えられる。

また、運転経験からの教訓は、“決定論的考慮事項”、“確率論的考慮事項”、“組織に係る考慮事項”、“セキュリティに係る考慮事項”などの他の全てのキーエレメントでの評価にも活用できる。これには例えば、運転経験に基づくPRAの更新、機器の構成部品及び材料の履歴分析、並びに供用中検査計画などの活動が含まれる。

### (3) キーエレメント：決定論的考慮事項 (Deterministic considerations)

決定論的考慮事項は、原子力施設の設計と運転の根拠をなす決定論的な原則に基づく安全解析の手法を基本としており、IRIDMプロセスでの意思決定において重視する必要があるキーエレメントの一つである。

決定論的考慮事項では、まずは、満足する必要がある安全（許容）基準、確保する必要がある深層防護の防護レベル、及び確保する必要がある安全余裕を明確にした上で、考慮する評価項目を決定する。

#### ① 設計基準事故 (DBA) の分析によるフォールト・トレラントの検証

選定した選択肢を実施した場合において、安全（許容）基準を満足するかを判断するため、安全

(許容) 基準の定義を行い、DBA の分析を実施する。

② 深層防護の堅持の確認

深層防護は原子力施設の設計の要となるもので、選定した選択肢を実施した場合においても深層防護の堅持を確認することによって、設計基準ベースの安全を確保し、事故の防止及び緩和を確実なものとする。

③ 適切な安全余裕の確保の確認

安全余裕は、指定されたパラメータの安全限界とそれらの実際値との差と定義される。選定した選択肢を実施した場合においても、適切な安全余裕の確保を確認することによって、全ての運転モードにおける原子力施設の安全の確保を確実なものとする。

④ その他の評価項目

決定論的考慮事項において、IRIDM で考慮する必要がある評価項目としては、上記①～③の他に、機器の性能保証、物理的及び材料的分析並びに非破壊試験、共通原因故障の防止、フェールセーフ設計、安全機能のための適切な冗長性と多様性の対策とシステム、及び冗長系統の物理的分離などがある。

**(4) キーエレメント：確率論的考慮事項 (Probabilistic considerations)**

確率論的考慮事項も、IRIDMプロセスでの意思決定において重視する必要があるキーエレメントの一つであり、確率論的考慮事項は、決定論的考慮事項又はその他のキーエレメントにおいて分析されていない、見過ごされるかもしれない故障シーケンスとその寄与を特定することによって、決定論的アプローチを補完することを目的としている。

確率論的考慮事項では、確率論的リスク評価 (Probabilistic Risk Assessment : PRA) が使用されるが、PRAの方法論は、物理現象間の論理的結合を記述するための構造化されたアプローチであり、それはプラント設計、運転慣行、運転履歴、機器信頼性、人的挙動、事故現象などの潜在的な放射線影響に関する情報を統合し、潜在的な故障、欠陥、プラントの脆弱性を特定し、結果の不確かさを含めて広範な課題に対してリスク重要度に応じたバランスの良い安全性の全体像を提供することができる。PRAの使用においては、適切な品質を確保した上で行うことは重要である。

**(5) キーエレメント：組織に係る考慮事項 (Organizational considerations)**

IRIDMでは、組織面、マネジメント面の課題に適切な注意を向ける必要がある。IRIDMプロセスでの意思決定においては、組織に係る考慮事項は、決定論的考慮事項及び確率論的考慮事項と並んで重視する必要があるキーエレメントである。

組織に係る考慮事項への典型的なインプットには、通常運転時及び緊急時の両方の運転状態でのマネジメントシステムに関する情報が含まれる。

① 安全のためのマネジメントシステムの視点：

リーダーシップ、コントロール、中核能力、コミュニケーション、従業員間の協働などの幅広い側面をカバーする、安全のためのマネジメントシステムには、安全への人的資源を維持するために組織面及び管理面への適正かつ適切な配慮が必要である。すなわち、手順及び行動の改善、従業員の適切な訓練による能力開発、機器の保守の体系的な検査及び試験、並びに従業員間の良好なコミュニケーションと協働の必要性へ注目するなどの広範な側面をカバーし、選択肢が、安全のためのマネジメントにどのような影響を及ぼすかを評価する必要がある。

② 意思決定の選択肢の実行についての準備：

選択肢がその決定を実施し監視するために既存の組織システムにどのような影響を及ぼし、どれくらいの努力が必要かを特定することが重要である。結果的に、多くの組織面の変更、例えば、雇用の増加、新しい要員の特別な訓練、装置の近代化と追加の手順の開発などへの正式な準備決定があっても、主たる課題は、目標を達成するためにその調達・実施に十分な時間と財源があるかどうかである。その答えが否の場合は、予備的な安全面の調査からの結果が良好であったか否かにかかわらず、IRIDMの選択肢は棄却することになる。

**(6) キーエレメント：セキュリティに係る考慮事項 (Security considerations)**

原子力施設における核物質のセキュリティ対策及び物的防護は、IRIDMプロセスでの意思決定において重視する必要があるキーエレメントである。ただし、安全性とセキュリティに係る課題の間にはいくらかのインタフェースが存在するため、IRIDMプロセスにおいてそれらの適切な統合が必要である。

・ 安全性とセキュリティに係る課題に関する統合：

テロリストなどの潜在的な脅威を軽減するためには、原子力施設における核物質の物的防護が不可欠である。しかしながら、セキュリティ対策は、ある場合には安全性向上に寄与することができるが、他の場合には、安全性に好ましくない影響を及ぼすこともあり得る。例えば、セキュリティ対策としての強固な構造物は、ある特定の自然外部ハザードに対する防護を向上させることもできるが、セキュリティ対策の導入によって、異常な状況に対応するために迅速にとられねばならない安全行動を妨げたり、遅らせるかもしれない。したがって、セキュリティに係る考慮事項の評価においては、セキュリティに係る課題の安全性との関係を踏まえて検討することが重要である。さらに、セキュリティに係る課題は、新たな投資による経済的要因への影響及び組織構造上の変化をもたらすといった“その他の考慮事項”におけるキーエレメントへの関連もありうる。

・ セキュリティ対策の調整：

異なるプラントの運転モード及びコンフィギュレーションで要求されるセキュリティ対策は、構築物、システム及び機器 (SSCs) の操作性又は重要度の変化に対応するための調整が必要になる可能性がある。例えば、ある特定の領域でのサーベイランス及び/又は物的防護の増加若しくは削減といった調整、並びに原子力施設での追加的な活動 (例えば、プラント改造、停止) を含む状況では、セキュリティ計画に関する調整が必要となることもある。

**(7) キーエレメント：その他の考慮事項 (Other considerations)**

IRIDMプロセスでは、人及び環境に対するリスクに影響するかもしれない全ての関連要因を考察し、それらを、統合的な分析でインプットとする評価項目として取り扱う。そのため、“その他の考慮事項”の範疇で考慮する必要のあるものは広範囲に亘り、例えば、人と環境に与える放射線影響、経済的要因、運転への影響、将来の運転に対する潜在的な影響の洞察、レジリエンスなどが想定される。

IRIDMプロセスの枠組みは完全には固定されたものでもなく、(1)~(6)のキーエレメントの観点だけに限定されるものでもない。IRIDMプロセスの検討の中で特定された課題に関して、特別な考察を行う必要がある場合もありうる。そのため、“その他の考慮事項”としては、ここで例示されたものだけに限定せず、人及び環境に影響を与えるかもしれない全ての関連要因を列挙し、その必要性を明確にして、“その他の考慮事項”における評価項目として定義することも必要である。

・ 人と環境に与える放射線影響：

通常運転でも、その影響は小さいものの放射線被ばくによる従業員及び公衆へのリスクが存在し、通常の作業においても、従事者及び公衆に放射線被ばくのリスクをもたらす。そのため IRIDM プロセスでは、選定した選択枝を実施した場合における、人と環境に対する放射線影響を評価・考察して、それらを実行可能な限り軽減する努力をする必要がある。

- ▶ IRIDM プロセスでは、選定した選択枝の実施が手順の変更若しくはプラント改造を伴うものであれば、通常運転時の放射線量への影響を評価し、また選定した選択枝の実施がメンテナンス及び/又はプラント改造を伴うものであれば、作業員の放射線被ばく線量への影響を評価する。
- ▶ また、環境への放射性廃棄物の排出を最小限に抑えるための要求事項、及びそれらの削減努力を検討する。

・経済的要因：

安全対策には、費用・便益があり、それらのバランスが取れたものである必要があることが、一般的に言われている。このような経済的影響も、IRIDM プロセスの一部として考慮する必要がある。一般的には安全性での課題が優先事項であり、IRIDM の意思決定においても安全性に係る考慮事項は重視されなければならないが、例えば当該施設の寿命が短い場合には、ある追加的な改善のための大きな投資を回避することが、財源不足を理由に特別に正当化されることもあり得る。それらを判断する手段として、費用便益評価は、その有効な方法である。

・レジリエンスの視点：

レジリエンスとは、環境の大きな変化に対して、一時的に機能を失ったとしても柔軟に回復できる能力を指す概念である。このようなレジリエンスの視点を、IRIDM の意思決定における評価項目とすることも必要な場合がある。例えば、想定外の事象の発生にも備え、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、原子力施設の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を実施する。更に、事故が発生してしまった場合には、何を守る必要があるかを明確にし、個別的なリスクに備えるだけでなく、優先順位を付けて複合的なリスクに事前に備える、ダメージを最小化するように事故への適切な対応、事故からの早期の復旧を念頭に置いた対策を講じることを考え、“外乱又は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、若しくは、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”を向上させるようなレジリエンスの向上を検討することも必要である。

## A.2 Regulatory Guide 1.174 におけるキーエレメントの例

Regulatory Guide 1.174<sup>(4)</sup> は、規制規則類を変更するための IRIDM プロセスを示した規制ガイドであるが、ここでは、INSAG-25 で定義されたキーエレメントでいうと、“1) 基準及び良好慣行”，“3) 決定論的考慮事項”，“4) 確率論的考慮事項”，“7) その他の考慮事項”を検討対象として、次に示す観点での評価を行っている。

- 1) 基準及び良好慣行
  - ・ 現在の規制を満たすこと
- 3) 決定論的考慮事項
  - ・ 深層防護の思想と整合すること
  - ・ 十分な安全余裕を維持すること

- 4) 確率論的考慮事項
  - ・ 炉心損傷頻度（CDF）などのリスク指標の増大は小さく，規制の安全目標と整合すること
- 7) その他の考慮事項
  - ・ 変更のパフォーマンスを監視できること

#### 参考文献

- [1] IAEA, *A Framework for an Integrated Risk Informed Decision Making Process*, INSAG-25, (2011)
- [2] Borysiewicz, M., Kowal, K., Prusiński, P. A., Dąbrowski, M., “An Integrated Risk Informed Decision Making in the Nuclear Industry”, IAPGOŚ 2/2013, 22-34, (2013)
- [3] 日本原子力学会標準委員会技術レポート，“継続的な安全性向上対策採用の考え方について”，AESJ-SC-TR012:2015, (2017)
- [4] USNRC, *An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis*, Regulatory Guide 1.174, Revision 3, (2018)

## 附属書 B (参考) IRIDM の対象となる活動の例

### 序文

この附属書は、統合的な意思決定の対象として考えられる活動の例について、IAEA-TECDOC-1804<sup>[1]</sup>を参考に定量的なリスク情報を使用する場合を対象に、次に示す分類にて、各活動の背景、意思決定の内容、意思決定に関わる評価項目などの概要を示したものである。

- ・ プラントの設備変更
- ・ プラントの包括的な安全管理
- ・ プラントの運用改善
- ・ プラントの安全性評価及びパフォーマンス監視

表 B.1 に IRIDM の対象となる活動事例の一覧を、表 B.2 に IRIDM で使用される定量的なリスク情報の例を示す。

### B.1 プラントの設備変更に関連した意思決定の例

#### B.1-1 シビアアクシデントマネジメント対策

シビアアクシデント対策では、緊急時運転手順の開発と改善、アクシデントマネジメント（シビアアクシデントの防止と緩和）の検討、緊急時計画の検討が行われる。

緊急時運転手順の開発と改善では、プラントの脆弱性の体系的評価と PRA プロセスから導き出された洞察を活用して、事象ベース及び徴候ベースの手順の開発・修正、主要な事故シーケンスに対する対策手順の開発などといった緊急時運転手順の確立と改善が行われる。

アクシデントマネジメント（シビアアクシデントの防止と緩和）では、安全関連システムの機能を回復しシビアアクシデントへの事態の悪化を防止する目的で、既存、代替又は追加の系統、機器及び計器を評価し、安全関連系統の機能復旧及びシビアアクシデントへの事象進展の防止を目的とした事故管理手順を導入する。具体的には、最終冷却水喪失時の消火水の活用、及び蒸気発生器配管破断の際に放射性物質保持のため蒸気発生器を水で再充填するなどといった対策の意思決定例が挙げられる。

#### B.1-2 プラントの性能更新

PRA を活用してプラントの設計及び運転の仕様の弱点及び効果的な改善箇所を特定し、これへの対応オプションの評価、及び実際のオプションの選択、設計、変更を行う。典型的な例としては、PWR 発電所におけるフィードアンドブリードの導入が挙げられる。これには、フィードアンドブリードに適した逃がし弁の設置、関連手順の完成及び実施などの機器の性能更新を含む。

“基本ケースの PRA” から得られる重要度指標が、設計の変更候補の優先順位を付けるときのガイドとして使用される。CDF/FDF 及び LERF の変動が、リスクへの許容可能な影響を正当化するため、及びリスク重要度を決定するために使用される。

### B.2 プラントの包括的な安全管理に関連した意思決定の例

#### B.2-1 許容非待機時間と保安規定活動変更

保安規定活動は、従来の工学的基盤から導き出されてきた。これには、例えば、機器の稼働率の低下を補うためのサーベイランス活動の変更などがある。これらは、PRAに基づいて再評価され、最終的にリスクの重要度に応じて変更の意思決定がなされる。具体的な例には、運転中に構成のオンラインでの総点検を可能とするための非常用ディーゼル発電機の AOT 延長がある。

これらの意思決定を行う上で重要なのは、AOT 期間によるリスク影響であり、このためには、次の(a)～(c)の3種類のリスクの評価が必要である。

- (a) 構成機器のメンテナンス中の瞬間的（条件付き）リスク。
- (b) AOT 期間にわたる累積（統合）リスク。
- (c) 構成機器に対するメンテナンスの頻度を考慮した年平均リスク。

### B.2-2 リスク情報を活用した供用期間中検査

リスク情報を活用した供用期間中検査（RI-ISI：Risk-Informed In Service Inspection）の方法は、リスク重要度及び検査戦略（頻度及び方法、サンプルサイズなど）に従って、検査に対する要素（配管の溶接など）の順位付けから構成されている。これによって、検査リソースの効果的な配分の枠組み作成と最も必要な検査活動の抽出が可能である。

意思決定の例としては、配管システムの溶接の供用期間中検査（ISI：In Service Inspection）における非破壊検査（NDE）の数、頻度、方法の変更などが挙げられる。これは、検査のリソースをリスクが最も高い配管要素に割り当てるため、及びパイプの破裂に関する検査のリスク管理のためである。将来的には、現在 ISI でカバーされている SSCs についても取り扱う。

また、RI-ISI は最も蓋然性の高い劣化メカニズムの理解も促進する。これは、予想されるダメージメカニズムに対して、最も適切な検査方法を適用するために必要である。

なお、PRA の適用は一般的に配管システム検査に限られているが、原則として RI-ISI でカバーされる全ての静的機器に適用できる。ただし、これらの静的機器は一般的にベースケース PRA の中にモデル化されていないため、構成機器の故障率レベルの評価のために特別な分析が必要となる。

### B.2-3 リスク情報を活用した火災防護

現在の決定論的火災防護プログラムの強化若しくは、決定論的要求の逸脱の許容を行うため、リスク情報を活用した火災防護（RI-FP：Risk Informed - Fire Protection）による意思決定が行われている。RI-FP の出発点は火災リスク全体が許容可能であることを証明することにあるため、これらの意思決定の際には、決定論的要件を完全には満たしていない条件に対して PRA を活用した  $\Delta$  CDF / LERF の計算が実行される。

## B.3 プラントの運用改善に関連した意思決定の例

### B.3-1 プラント定期検査工程管理

プラントの定期検査工程管理では、定期検査時の保全活動の効率化、期間短縮などの検討が行われる。定期検査工程管理は、短期間での保守活動の増加、及びプラント運転状態（POS）などのプラント条件などの変更によって、複雑になる可能性がある。停止時期間中の計画時又は監視時において、PRA を活用した結果リスクが高いと推定される構成となる場合には、そのリスクを抑制する対策を実行する必要がある。

定期検査工程管理には、停止時 PRA が適用される。系統構成、共通原因故障（CCF）及びモデルの詳細に関する検討が行われる。火災 PRA のシナリオのようなハザード固有の事故シーケンスに関する保守的モデル化が、問題となる場合がある。停止時 PRA は、当初は詳細にモデル化されていない POS の分析を含

むように拡張する必要性が生じる可能性がある。モデルの拡張が行われると、PRA を使用して、プラントが設置されているメンテナンス条件、及びアライメントなどの各 POS での停止時構成のリスクを予測することができる。これによって、プラント全体の停止リスクを抑制するための対策を実行できるリスク情報が得られる。評価項目としては、 $CDF_{AVE}$ 、 $FDFAVE$ 、 $LERFAVE$ 、 $\Delta CDF_{AVE}$ 、 $\Delta LERFAVE$  である。

### B.3-2 リスク情報を活用したオンラインメンテナンス

オンラインメンテナンスにおいては、出力運転時の PRA によって、計画中又は実際のプラント構成ごとに求められたリスク計算結果を活用し、代替手段、スケジュール変更、主要なメンテナンス活動の可視性の向上など、リスクが高いと推定される構成に対してリスク管理措置が行われる。

オンラインメンテナンスの対象が、単一系統の場合は許容待機除外時間 (AOT) 基準、複数系統の場合はリスク許容基準が設定される。これらの基準の規制要件化に関わる意思決定が規制側で行われ、リスク情報を活用した検討が必要となる。

PRA は、モデルの補強によって、保守状態などのプラント構成に対するリスク予測に利用できる。これによって、プラント全体のリスクを抑制するための活動に利用できるリスク情報が得られる。評価項目としては、 $CDF_{AVE}$ 、 $FDFAVE$ 、 $LERFAVE$ 、 $\Delta CDF_{AVE}$ 、 $\Delta LERFAVE$  などが考慮される。

オンラインメンテナンスのための PRA としては、オンラインリスク監視ソフトウェア (リスクモニタ) の利用が一般的である。オンラインリスク監視ソフトウェアには、ハザードと PRA の範囲に基づいて PRA モデルが構築されている。PRA モデルは、プラント構成、プラントでのメンテナンス、気象条件、及び冷却水の温度 (冷却ポンプの台数に影響する) など、リスクに影響を及ぼすその他の因子に基づいて変更される。リスク監視及びその他のオンラインメンテナンスをサポートするために、PRA モデルの補強が行われる。PRA は、出力運転時に変わる可能性がある全てのシステムアライメントを考慮できるように変更され、それぞれのアライメントの確率を考慮できる。

当初、リスク上重要ではなかったが、構成変更時の結果に大きな影響を及ぼす事故シーケンス及びハザードについては、詳細なモデリングを行う必要がある。ただし、火災 PRA などシナリオの大部分が保守的に評価されるハザード特有の PRA モデルを含む場合、リスク推定値は、保守的にモデル化されたシナリオによって支配される点に注意する必要がある。

### B.3-3 職員の訓練

PRA の適用による職員の訓練プログラムの改善の例として、運転員の訓練、保全要員の訓練、プラント管理者の訓練について示す。

対象が運転員であれば、PRA の結果から得られる情報を活用して、事故の過程、支配的事故シーケンスの相対的発生割合、炉心燃料損傷を防止又は緩和するために必要な運転員の活動に関する情報などにつき、運転員のヒューマンエラーの相対的な影響を考慮して、重点的な訓練が有効である活動を特定することによって、運転員の訓練プログラムが改善される。例としては、PRA から支配的事故シーケンスを選択し、それらの事故シーケンスの一部を運転員のシミュレータ訓練に組み入れるといった意思決定である。

対象が保全要員であれば、共通原因故障及び複数の系統に保全を誘発する故障などにつき、保全活動のリスク上重要な潜在的な影響に重点的に取り組むことで、保全プログラムで対処する必要があるリスク上重要な SSCs 及びリスク上重要な機能と故障モードに比重を置くことができ、かつ、リスク管理にとって重要ではない保全タスクを最適化できる。例としては、保全プログラムの範囲内で SSCs のリスク重要度を評価し、リスク重要度が最も高い SSCs について保全要員を訓練するといった意思決定である。また、

PRA からのインサイトを保全の残件管理に役立てることもできる。

プラント管理者は、最終的な意思決定の責任者として、適切な PRA の手法、適用はもちろんのこと、重要なシビアアクシデントシナリオ、それらの発生頻度及び影響、PRA の結果に影響を及ぼすプラント設計と運転特性の関係などについても十分に理解する必要がある。そのため具体例としては、プラントの安全文化の改善、及びプラント管理者を事故リスクの検討及び管理に関与させるなどが行われる（リスク情報を活用した全ての適用にプラント管理者が実際的に関与し、リスクの管理方法に対する認識を深める）。

#### B.3-4 緊急時計画

緊急時計画では、緊急時計画策定の重要要素の探索と適切な戦略の開発が行われる。具体的には、原子力防災対策を重点的に充実する必要がある地域（EPZ：Emergency Planning Zone）の範囲、緊急時活動レベル、並びに避難及び屋内退避行動の計画及び訓練の策定などが挙げられる。この検討には、フルスコープのレベル 3PRA が有効である。

### B.4 プラントの安全性評価及びパフォーマンス監視に関連する意思決定の例

#### B.4-1 定期安全レビュー

定期安全レビューは主として構築物、系統及び機器（SSCs）の経年劣化影響をプラントの安全性向上に対する検討要因として取扱ったものであり、その評価に PRA を用いることで、プラント全体の最新状況を把握し、リスクに対する費用対効果の高い実質的な改善策の意思決定及び／又は安全性の確認が行われている。

具体的な意思決定の場面としては、設計寿命を超えて発電所の運転を継続するための判断である。許認可に当たり、フルスコープの PRA を実施することで定量的健康目標（QHO）<sup>1</sup>又は安全目標を確実に満たしているかを確認するといったことが挙げられる。

定期安全レビューへの PRA の適用においては、プラント固有のデータの使用、稼働中のプラント状態のモデル化、並びに経年劣化現象及び機器寿命が全体的なリスクの定量化に及ぼす影響に対処することが重要であるため、評価項目としては、 $CDF_{AVE}$ 、 $PDF_{AVE}$ 、 $LERF_{AVE}$ 、 $\Delta CDF_{AVE}$ 、 $\Delta LERF_{AVE}$ 、QHO、全ての SSCs、人的過誤、及び起因事象のリスク重要度、などが考慮される。これらに加えて、通常は維持又は交換されない静的機器に対する経年劣化の潜在的影響を評価するために、感度計算も実施されることがある。

#### B.4-2 長期的な規制対応

規制の目標及び要件並びに関連する安全研究の長期的な優先順位付けのガイドとして、PRA のインサイトが活用される。具体的には、PRA の結果によってリスクへのインサイトを深め、リスクレベルを維持又は下げる戦略修正などの意思決定がある。具体的には、リスク指標の変化は、リスク管理戦略を実施するのに必要な要件の変更を評価するために使用される。また、プラントの運転に関わるリスクの抑制を目的として行われる、プラントの全体的な改修が実施されるまで、プラントを停止するか、又はプラントの運

<sup>1</sup> QHO（Quantitative Health Objective）の定義は、以下の通りである。

- ・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を抑制する定量的な目標。
- ・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、施設からある距離にある公衆の個人の平均死亡リスクを抑制する定量的な目標。

実際には、補助的な目標である CDF、CFR、LERF が使用される。

転を打ち切るなどの意思決定もある。使用されるリスク指標としては、 $CDF_{AVE}$ ,  $FDF_{AVE}$ ,  $LERF_{AVE}$ ,  $QHO$ , 全ての SSCs 及び人的過誤のリスク重要度指標, リスクの主要な寄与要因,  $\Delta CDF$ ,  $\Delta LERF_{AVE}$ ,  $CCDP/CFDP$ ,  $CLERP$  などである。

#### B.4-3 長期リスクに基づいたパフォーマンス指標

長期的リスクに基づく指標は、プラント挙動のモニタリングに重点を置き、原子力発電所の安全性に関するこれまでの履歴についての洞察を得るとともに、 $CDF_{AVE}$ ,  $FDF_{AVE}$  などのプラントのリスクレベルを示す定量的指標の数値の更新を行う。長期的リスクに基づく指標には、発生した事象、故障及び不稼働時間割合などをまとめた過去のプラント挙動の分析も含まれる。当該情報 ( $CDF/FDF$  の傾向、 $CDF/FDF$  の期待値と計算値間の比較など) は、規制当局及び上位プラント管理者の関心の対象である。長期的リスクに基づく指標は、SSCs に対する経年劣化の影響を正確に示す際にも役立つ。当該情報は、プラントの職員にとって重要であり、設計の変更又はテスト及び保守戦略の改良などの契機となることがある。

パフォーマンス指標の設定には、PRA の結果が活用される。例えば、リスク上重要な SSCs を使い、 $CDF/FDF$  及び  $LERF$  と強い相関のある SSCs のアンアベイラビリティ及び故障率指標を定義することができる。仮に、これらのリスク指標が長期にわたって更新されれば、経年劣化効果も示される可能性がある。

#### B.4-4 短期リスクに基づいたパフォーマンス指標

PRA の結果を活用して、短期間の活動に対する適切なパフォーマンス指標を設定する。

具体的には、リスク上重要な SSCs を使用して、 $CDF/FDF$  及び  $LERF$  への影響と関連が強い SSCs のアンアベイラビリティ指標を定義する。例としては、装置の運用において故障確率を上げる要因となる異常状態の特定を行うことがある。

#### 参考文献

- [1] IAEA, *Attributes of Full Scope Level 1 Probabilistic Safety Assessment (PRA) for Applications in Nuclear Power Plants*, IAEA-TECDOC-1804, (2016)

表 B.1 IRIDM の対象となる活動事例 (1/2)

活動の目的と対象		活動の内容
プラントの 設備変更	設計評価	設計段階の意思決定をサポートするための PRA の適用
		設計認可
		外部事象及び共通原因故障に対する防護の最適化
		製造時の設備の信頼性目標値の設定
		設計をサポートするための研究開発 (R&D) の特定
		運転手順及び訓練プログラムの策定, 並びに人間工学のサポート
	プラントの変 更	プラントの更新, バックフィット作業及びプラントの改良
		寿命延長
プラントの 運用改善	保守	保守プログラムの最適化
		リスク情報を活用した状態監視
		リスク情報を活用した経年劣化管理プログラムのサポート
		リスク情報を活用したオンライン保守
		プラント停止時管理
	事故緩和及び 緊急時計画	緊急時操作手順の策定と改善
		アクシデントマネジメントのサポート (シビアアクシデントの防 止, 緩和)
		緊急時計画のサポート
	訓練	運転員訓練プログラムの改善
		保守要員訓練プログラムの改善
		プラント管理者訓練プログラムの改善
	リスクに基づ く構成管理/ リスクモニタ	プラントの保守及び試験のサポート
		リアルタイムの構成評価及び管理
		運転継続のための技術仕様 (TS) の適用除外と正当化
		動的リスク情報を活用した TS

表 B.1 IRIDM の対象となる活動事例 (2/2)

活動の目的と対象		活動の内容
プラントの 包括的な安全 管理	技術仕様の変 更	許容待機除外時間の変更及び必要な TS の変更に関する判断及び評価
		リスク情報を活用した TS の最適化
		監視テスト間隔 (STI) に対する変更の決定及び評価
		リスク情報を活用した供用期間中試験
		リスク情報を活用した供用期間中検査
	SSCs 用の等級 付け品質保証 プログラムの 確立	設備のリスク重要度評価における SSCs の分類
		QA 要件の変更がリスクにもたらす影響の評価
	リスク情報を 活用した特別 なサイト保護 手段	リスク情報を活用した火災防護
		リスク情報を活用した内部溢水防護
		個別サイトのリスク情報を活用した深層防護 (RI-DID)
	安全上の問題 への対処のた めのリスク評 価	是正措置のリスク評価
		安全上の問題の特定及びランク付けのためのリスク評価
		決定論的設計ルール又はサイトハザードに関する新情報に対する既存のプラント設計と更新/修正後の相違における安全重要度の評価
		マルチユニット事故に関するサイト全体のリスク重要度の評価
		全放射エネルギーがもたらすサイト全体のリスク重要度の評価
プラントの 安全性 向評価及び パフォーマ ンス監視	プラント全体の 評価	プラント全体の安全性の評価
		定期安全レビュー
		設計基準を超えるサイトハザードに対する深層防護 (DID) 及び安全裕度の分析
	性能モニタリ ング	検査活動 (規制及び業界) の計画及び優先順位付け
		長期的リスクに基づいたパフォーマンス指標
		短期的リスクに基づいたパフォーマンス指標
	性能評価	検査結果の評価
		運転事象の評価及び格付け
	規制の意思決 定	長期的な規制の意思決定
		暫定的な規制の意思決定

表 B.2 IRIDM で使用される定量的なリスク情報の例

CCDP	Conditional Core Damage Probability	条件付き炉心損傷確率
CDF	Core Damage Frequency	炉心損傷頻度
CDF <sub>AVE</sub>	Average Core Damage Frequency	炉心損傷頻度平均値
$\Delta$ CDF	Change in Core Damage Frequency	炉心損傷頻度変動
$\Delta$ CDF <sub>AVE</sub>	Average Change in Core Damage Frequency	炉心損傷頻度変動平均値
CFDP	Conditional Fuel Damage Probability	条件付き燃料損傷確率
CLERP	Conditional Large Early Release Probability	条件付き大規模放出確率
FDF	Fuel Damage Frequency	燃料損傷頻度 <sup>2</sup>
FDF <sub>AVE</sub>	Average Fuel Damage Frequency	燃料損傷頻度平均値
F-V	Fussell-Vesely	F-V 重要度
ICCDP	Incremental Conditional Core Damage Probability	条件付き炉心損傷確率変動
ICLERP	Incremental Conditional Large Early Release Probability	条件付き早期大規模放出確率変動
LERF	Large Early Release Frequency	早期大規模放出頻度
LERF <sub>AVE</sub>	Average Large Early Release Frequency	早期大規模放出頻度平均値
$\Delta$ LERF	Change in Large Early Release Frequency	早期大規模放出頻度変動
$\Delta$ LERF <sub>AVE</sub>	Average Change in Large Early Release Frequency	早期大規模放出頻度変動平均値
QHO	Quantitative Health Objective	定量的健康目標
RAW	Risk Achievement Worth	リスク増加価値

<sup>2</sup> 炉心以外の場所（使用済み燃料プール等）の燃料の損傷頻度。

## 附属書 C (参考) IRIDM プロセスに求められる特性

### 序文

この附属書は、IRIDM プロセスに求められる特性を解説するものである。

### C.1 IRIDM プロセスに求められる特性

“リスク評価及びリスク管理に関する米国大統領／議会諮問委員会”が1997年にとりまとめた報告書において、意思決定の原則として、次の a.～e. が示されている<sup>[1][2]</sup>。

- a. まずリスクを認識、評価し、それに対応する意思決定アプローチであること、
  - b. 科学的根拠に重きを置いた、注意深い分析に基づいた意思決定であること、
  - c. 問題となっているリスクに対し重要なインパクトを与えることができる意思決定であること、
  - d. 様々なステークホルダーが関与する複雑な問題を解決する意思決定であるため、その意思決定の判断の基準となる不確実性の存在する様々なリスク情報（インプット情報）を統合する意思決定プロセスであること、
  - e. 効果的、迅速かつ柔軟に、ステークホルダーの理解を得て実施できる意思決定プロセスであること
- 包括的・継続的な安全性向上の枠組みを基礎として、これらの意思決定の原則を達成する実効性のある

IRIDM プロセスではその求められる特性として次の a)～d)が必要である。

- a) 論理的かつ包括的であること
- b) 透明性を有すること
- c) 検討過程が適切に文書化され再現可能であること
- d) 公式的なプロセスを適用しており検証可能であること

### C.2 IRIDM プロセスの特徴

IRIDM プロセスは、包括的・継続的な安全性向上の枠組みと調和しつつ、C.1 に示す特性を有するため、次の特徴をもつことになる<sup>[3]</sup>。

#### ① 実効性 (effectiveness)

問題となっているリスクに対し意思決定の結果が実際的に効果的な影響を与える必要があるため、文書作成だけに終始せず実際的に実行できる具体的措置を考案できること。ステークホルダー間、組織内部署間での意思疎通／指揮命令のためには、文書は重要であるが、具体的措置（規制：行政判断，事業者：対策運用，メーカー：設備設計など）に到達することは、取り組みの成果としてより重要である。特に、規制判断の場合には、リスク抑制の程度と釣り合ったものでなければならない。いくつかの有効な選択肢がある場合、資源の使用を最小限に抑えるオプションを採用することが必要である。

#### ② 完全性 (completeness)

リスクの評価のスコープ（範囲）を、より直接的な因果プロセスだけでなく、蓄積的・相加的・相乗的・間接的な影響まで含むように拡張し、考える全ての事象、運転期間、構築物、系統及び機器、敷地、並びにシナリオを対象とする。空間的な広さ、時間軸の長さに加えて、シナリオの複雑さ及び重畳も考慮する。

設備の不具合だけでなく、人員、組織に係る措置又は仕組みについても、扱う。ただし、“実効性”をあげるためには、対象とする事象、設備、シナリオなどを安全の視点から優先順位を付けることも重要である。また、意思決定は、研究、運用経験などから得られた最良の知識に基づいて行う信頼性（Reliability）のあるものである必要があり、システムの相互作用、技術的な不確実性、活動の多様性を全て考慮する必要がある。

### ③ 普遍性（universal）

リスクとパフォーマンスを積極的にマネージして、戦略の達成を可能にするための共通の指標をもつこと。ステークホルダー間、部署間で専門性及び／又は目的が異なるので、リスクを認識した意思決定において包括的な判断を行う場合にも、コミュニケーションのための共通の指標が必要である。共通の指標としてのリスクは、設計を超える事象を評価する PRA のことだけでなく、考える全ての事象について、その発生頻度、影響、及びそのシナリオで表現されるリスクを意味している。また、全体的な意思決定プロセスの“設計原理”が、特有の意思決定の実践方法、制度、組織文化、プロセスの成り立ちそのものを含み、組織の意思決定プロセスのあらゆる側面とレベルに浸透した首尾一貫したものであることが必要である。

### ④ 包括性（comprehensiveness）

プラントシステム、周辺地域などへの影響を包括して検討する。事象、関与する組織、関係するケースが多様多様なので、意思決定には、それらのいずれかだけに着目して対策を考えるのではなく、プラントシステムに加えて、地域社会、国家、世界への影響も必要な場合には、考慮し包括できることが必要である。

### ⑤ 予測可能性（predictability）

意思決定は、論理的であり、科学的な根拠をもって将来の状況を含めて予測するものであり、特定の形態のリスク<sup>1</sup>についてはできる限り安定的で、予測可能な手法を用いたものであること（異なるタイプのリスクを弁別するための明確な枠組みを用いる）。また、意思決定には一貫性があり、論理的で実用的でなければならない。文書に明示的又は暗示的に記載されているかどうかにかかわらず、組織の戦略と意思決定の目的の間には明確な関連があり、意思決定の目的及びその過程は直ちに理解され、その結果は容易に適用できるものである必要がある。意思決定プロセスはそのような意思決定を提供できるものであること。例えば、設備の信頼性、組織・要員の資質、そして社会動向などは時間経過に伴い変化するため、その将来の状態及び／又は周辺環境の状態を予測することも必要になり、意思決定には、論理性とその基礎にある分析方法の精度、又はそのフレーミングの仮定の違いに対する結果の感度に対する限界が不明瞭なレベルの精度で表現された数値を用いることを避けるなどの正確性が必要である。

### ⑥ 受容性（tolerability）

リスクに関する幅広い議論の品質を確保するため、異論及び反論のもつ価値を認め（科学では組織化された懐疑が品質確保のメカニズムとして働いている）見せかけの合意を求めない意思決定プロセスであること。ステークホルダーの価値観及び実践慣行の多様性を認め、意思決定プロセスの全ての段階・全てのレベルでの新たな知見を真摯に検討し、社会からの学習に努め、一方的なリスクコミュニケーションだけでなく、専門家及び／又はステークホルダーとのコンサルテーション、並びに意思決定プロセスのあり方に関する討議も含む学習に対する寛容さを有するプロセスであること。他施設のトラブル及

<sup>1</sup> “特定の形態のリスク”とは、環境面、健康面、経済面、社会面、倫理面など様々な側面のリスクの中で、“確実性下”及び確率の概念が適用できる“リスク下”若しくは“不確実性下”の一部の意思決定環境における、不確かさが known-known（既知の既知）及び一部の known-unknown（既知の未知）のリスクに分類されるものを意味する（参考文献[1]の図 3.7、図 3.8 参照）。

び運転経験，研究成果，規制文書，他産業の動向などの新知見は大変数が多いため，マネジメントの仕組み自体も過去にこだわらず更新することに対して拒否感が先行するおそれがある。特にマネジメントの仕組みのような基盤を見直すことになると，手間がかかるため躊躇することも考えられる。その分析，反映の判断には，“自らの施設でもあり得るかもしれない”との考えをもって，分析・反映判断に望むことが必要である。

⑦ 透明性 (transparency)

外部への公開性だけでなく，内部の作業ステップ間のスムーズなコミュニケーション。ステークホルダー間，組織内部署間において透明性を確保しつつ意見交換ができる必要がある。IRIDMのアプローチは，様々なリスクを考慮し，決定論的考慮事項，確率論的考慮事項と経済的な側面及び研究的な側面などのその他の考慮事項を組み合わせてそれらを統合した形で意思決定を行うので，合理的な一面，そのプロセスの明瞭性と質を確保するために，評価方法の選択における透明性及び単純さの質を優先し，隠れた変数及び要因をたくさん含んだモデル及び手続きは避けるなど基本的な枠組みとしてプロセスの透明性を担保し，プロセスの各段階での決定事項を文書化することが必須である。

また，原子力安全にかかわる意思決定は，公衆の健康と安全に影響を及ぼすため誠実に行われなければならない。そのため，公衆などのステークホルダーの意思決定プロセスへの関与と参加する機会を含めコミュニケーションが制約なく維持される必要がある。

⑧ 監査適合性 (auditability)

IRIDMは，特定の課題を解決する最適な選択肢を提供する論理的，構造的，包括的な方法であるため，このアプローチでは，意思決定プロセスの透明性が確保され，なぜ，どのようにしてその決定に達したのか，意思決定に際してどの要素が考慮されたのか，それらの相対的な重要度は何か，を理解することが可能であるものでなければならない。

そして，このようにして行われた決定は，十分に文書化され，再現性があり，独立した専門家グループによって検証され得るような透明性があり，かつてなされた決定及びその再検討において，必要に応じて，事実に基づいた根拠をレビューすることも可能である必要がある。科学的情報と社会的情報の説明を結びつけるときには，入力に関する導出結果の詳しい監査ができるようなテクニックを用いたものであること。

更に，(分析の“客観性”及び然るべき手続きがもつ“権威”よりはむしろ)意思決定の最終的な正統性及び説明責任を確保する必要がある。

**参考文献**

- [1] The Presidential / Congressional Commission on Risk Assessment and Risk Management, *The Framework for Environmental Health Risk Management*, Final Report, Volume 1, (1997)
- [2] 日本原子力学会標準委員会技術レポート，“継続的な安全性向上対策採用の考え方について”，AESJ-SC-TR012:2015, (2017)
- [3] USNRC, “Principles of Good Regulation”, <https://www.nrc.gov/docs/ML1413/ML14135A076.pdf>

## 附属書 D (参考)

### 問題解決プロセスとしての IRIDM プロセスの枠組み

#### 序文

IRIDM プロセスは、リスクマネジメントでの意思決定プロセスであり、意思決定プロセスは問題解決プロセスであると捉えられる<sup>[1][2]</sup>。

IRIDM の各実施ステップは、問題解決プロセスに基づくものであり、この附属書では、問題解決プロセスと IRIDM プロセスとの関係、及び一般的な問題解決のプロセスの概要<sup>[3]</sup>につき説明する。

#### D.1 問題解決プロセスと IRIDM プロセスとの関係

意思決定とは、特定の目標を達成するために、最善の解を求めようとする行為であり、それ自体で一定の状況の下での行動と言える<sup>[2]</sup>。この意思決定のプロセスを問題解決のプロセスと捉えて、“問題の設定”、“選択肢の選定”、“統合的な分析”、“意思決定”、“意思決定結果の実施”、“モニタリング及びフィードバック”として具体的な実施ステップを定めたものがこの標準の**箇条 7**である。

問題解決プロセスと IRIDM プロセスとの関係は**表 D.1**のようになる。

**表 D.1 問題解決プロセスと箇条 7 で規定する IRIDM による意思決定プロセスとの関係**

	問題解決プロセス	箇条 7 の IRIDM プロセス
問題認識・ 課題形成	(1) 問題の設定・情報収集	7.2 問題の設定
	(2) 本質的な問題の発見	
	(3) 課題化	
解決策 (選択肢) 探索・選択	(1) 枠組み設定・構想出し	7.3 選択肢の選定
	(2) 解決策(選択肢)案の創出・ 仮説設定	7.4 統合的な分析 7.5 意思決定
	(3) 解決策の検証・最適案の選 択	
実行・フィード バック	(1) 実行計画の立案と準備	7.6 意思決定結果の実施
	(2) 関係者とのコミュニケーションと実行	
	(3) モニタリングとフィードバ ック・見直し	7.7 モニタリング及びフィードバック

#### D.2 一般的な問題解決のプロセス

##### 1) 問題認識・課題形成

まず、現状に対する問題・疑問の認識があつて、何故それが問題なのか(問題が問題である理由)、つま

り、目的性があり、解決する必要性があつて、初めて解決する必要がある“問題”と認識される。この“問題”の認識では、ギャップという漠然とした“問題”を具体的に解決できる“問題”として正しく捉えることが重要である。そのためには、①事実となる情報を集める、②現状とあるべき姿を明確にする、③問題を抽出し解決する必要がある課題が何かを絞り込む、の3点が必要となる。

#### (1) 問題の設定・情報収集

この段階では、まず、問題意識を具体的な形で明らかにするために、問題を設定して、問題を把握するための情報を収集する。

- 問題は、現実の状態と理想の状態の乖離なので、“現実の姿（現在の状態）”と“あるべき姿（理想の状態）”を正しく把握することが、問題の設定において問題を正しく認識することに繋がる。そのため、“現実の姿”を正しく把握するには、事実を最も重視する必要がある。情報収集を行う際には、事実を事実として受け止め、できるだけ意見（解釈）を挟まないことが大切である。ある評価及び／又は解釈に囚われてしまうと、その評価に合うように情報収集をしてしまい、“現実の姿”を正しく把握できなくなる可能性がある。
- 情報収集は基本情報の収集の次に本格情報の収集と2段階で進めるとよい。まず、どのような目的で問題解決に取り組むのか（何が問題であるのか、及びどのような課題なのか）、その背景も含め問題の状況全体を把握するために基本情報を収集する。こうして収集した基本情報によって、“現実の姿（現在の状態）”と“あるべき姿（理想の状態）”を正しく把握し、“問題”を仮設定する。次に、“問題”に関連する情報、目的達成（問題解決）に関連しそうな“現実の姿（現在の状態）”情報、及び“あるべき姿（理想の状態）”に係る情報を必要十分な範囲で本格的に収集する。これによって必要があれば、前提条件を設定し、“問題”を見直し修正する。
- この情報収集の段階では、漠然と抱えている問題意識を明確にするために“集める必要のある情報を収集する”ことを意識する。その際、下記を考慮することによって情報収集の質が向上し、“あるべき姿（理想の状態）”と“現実の姿（現在の状態）”との乖離がより明確になる。
  - 上位の目的を意識することで、将来のあるべき姿（理想の状態）及びその求められる背景が明確になり、集める必要のある情報が具体的になってくる。
  - そして、理想の状態を知るのに必要な情報（集める必要のある情報）が、具体的になると、現状についても、何の情報を把握しなければならないかが分かってくる。
  - また、“現実の姿（現在の状態）”が分かってくる、その現状のまま進んで行くと、どのような不都合な状況が起きているのか、若しくは起き得るのかのシナリオの予測ができる。
- この情報収集の過程で、“問題”についての“考え”は、“あるべき姿”と“現実の姿（現在の状態）”の間を往復しながら、一つの“考え”に収束していく。情報収集を開始した最初の段階では、“考え”は発散することが多いが、情報を整理することで、“考え”は収束してゆく。そして、新たな情報が加わることでまた発散し、また、整理することで“考え”は収束する。こうして、発散と収束を繰り返しながら、“問題”が適切に認識され定義されていくことになる。

#### (2) 本質的な問題の発見

収集した情報を分析して、本質的な問題及び本質的な原因を明らかにする。原因のまた原因を考えていくことで、問題の本質の原因が明らかになり、より解決策の精度を高めることができる。情報の分析・整理・解釈の過程で、集めた情報の不足に気付くことも多いが、その際には、再度、その不足している情報を収集し、この過程を繰り返す。情報の適切な分析を行うために、専門家の力を借りることも必要である。

このようにして明らかになった本質的な問題は、一種の仮説であり、情報収集・分析を繰り返す中で仮説に反する事実があるなら、仮説が誤りであるので修正・棄却する。

- 製品・サービスの品質問題、業績不振、及び事故・トラブルの発生など、現状の“困った事態”が想定される“原因のある問題”に対しては、問題を引き起こしている“本質的な原因”を明らかにする。問題の根本的な解決のためには、根幹となる影響度の高い“本質的な原因”を見極め、“本質的な問題”を把握する。本質的な原因を明らかにするためには、収集した事実情報に基づいて論理思考による分析アプローチによって、その複雑な対象を分析し、物事を構造的に分解して捉え（ピラミッド構造）、考える必要のある項目を明らかにしてゆく。その場合、重要なのは物事を分解して考えるときに漏れなく重複を避けて、考えることである。この論理思考によるアプローチの仕方には大きく分けて、問題のタイプに応じて次に示す3通りの方法がある。

- － 現象型をはじめ全ての問題：論理ピラミッドを構築
- － 発生型の問題：論理ツリーに展開
- － 構造型の問題：原因と結果の因果関係図を作成

これらのいずれかの方法を使って、又はそれらを組み合わせて“本質的な原因”を明らかにする。事実情報の不足によって、“本質的な原因”であると考えたことがどうしても仮説の域を出ない場合には更に仮説を裏付ける情報収集及び再現実験を行うなど原因の特定化に向けて、発散と収束を繰り返す。仮説として明らかにした“本質的な原因”を解消した場合に“問題が解決する”ことが見通せれば、次の“課題化”の段階に進む。

- 新たな技術の開発及び会社の売上向上などの問題といった、“困った事態”が想定されるわけではない“原因がない問題”に対しては、“本質的な原因を明らかにする”必要がないだけで、課題の本質を明確に捉えるという点での分析アプローチは同じである。明確でない問題の本質を明確にする場合には、現象型の問題の論理ピラミッドを構築する方法が有効である。複合的な課題などは、論理ツリーを用いて主課題を要素に分解した上で、各個別課題の本質となる要点を明確にする方法が有効である。

### (3) 課題化

分析して本質的な問題が発見できたら、分析をした個々の情報を総合して整理し、解決する必要がある問題として課題化する。問題全体を把握できるようにするとともに、何を解決すればよいのかという課題を明確にする。必要に応じて、課題のリスク評価を行う。更に、課題をそのリスク重要度に応じて優先順位付けし、詳細に検討する必要がある課題を設定する。

- “原因のある問題”に対しては、本質的な原因が明らかになれば、その“課題化”は原因を命題化し、単に裏返して課題表現とすることによい。“原因のない問題”に対しても、捉えた課題の本質から、解決策の基本方向が明確に定められる。
- 複合的な課題は、論理ツリーを用いて要素に分解した個別課題のそれぞれについて、その本質に注目しながら解決策の基本方向を明確にする。同時に課題に応じて、必要な場合にはコンセプト、定量的な目標、達成基準、及びそれらの確認方法をも明確に設定する。

## 2) 解決策（選択肢）探索・選択

“解決策（選択肢）探索・選択”プロセスでは、前項の“問題認識・課題形成プロセス”で課題化した課題について、その“解決策の基本方向”に沿って解決策を考案する。まず、そのための適切な枠組みを設定

し、枠組み<sup>1</sup>に沿った複数の解決策の選択肢を創出し、それらの実効性及び実現可能性を検証・評価し、最も適切と考えられる仮説案を選択して絞り込む。そして、解決策の仮説案に対しては本当に問題が解決できるのか検証した後、実行計画を立てる。

この段階では、解決策（最適選択肢）の精度を高めるために、解決策の選択肢の検証・評価及び最適選択肢の検証・評価に第三者による評価（例えば、ピアレビュー）を加えること、並びに意思決定の質を高めるために、**附属書 U（参考）** 及び**解説 14** に示す手法を用いて意思決定プロセスにおけるコミュニケーションを促すこと、及び各層の意見に対する第三者評価などが重要となる。

(1) 枠組み設定・構想出し

問題認識・課題形成プロセスによって、“問題”が解決する必要のある“課題”として明確になった時点で、解決の基本的な方向性が絞られてくるので、解決策を一つ一つ細かく考える前に、まず、この解決の基本方向に従ってどのような解決策を立てる必要があるかの枠組みを設定する。そして、それに沿って解決策の構想を大まかに創出してゆく。解決策創出のための適切な枠組みが設定されると、“構想出し”（解決策（選択肢）案の創出）が容易になる。

構想を出す際のポイントは、大きく分けて二つある。

- i. 論理思考の観点に立つ（目的・原点に立ち返る、本質を見直す、概念に沿う）
- ii. 創造思考の観点に立つ（全ての制約条件をはずす、自由度を拡大する）

(2) 解決策（選択肢）案の創出・仮説設定

仮説設定の枠組みができ、構想が出たら、一つ一つの解決策を具体的に考え、解決策（選択肢）案を考案する。その際には、解決策（選択肢）案を具体的にどう実行すればよいのか、実行するには何が必要なのか、といったことを考え、解決策の実行可能性、実効性を強く意識して選択肢案を創出する。

- 解決の道筋の仮説を組み立て、解決策（選択肢）案の構想を具体化するとき、本当に課題を解決できるのか、実際に実行できるのか（実現可能性）も考える。課題が本当に解決できるのかが分かれば、解決策（選択肢）案の実効性が見通せる。
- しかし、この段階では実行していないので、解決策（選択肢）案の構想は未だ仮説の段階である。解決の道筋を具体的なものに検討して行く過程で、実行可能性、実効性が不十分で具体化が難しければ、構想を再び見直し仮説を設定し直す。これを繰り返して、解決策（選択肢）案を練る。

(3) 解決策の検証・最適案の選択

最後に、複数の解決策（選択肢）案を検証して比較することで、最適な解決策を選択する。検証する際には、前提となる技術情報の品質及びその範囲が本質的であるので、解決する必要のある問題・課題や特定された選択肢案に関連するインプット情報（及びその不確かさ）を明確にし、また、その相対的な重要度を明確にする。

• **複数の解決策（選択肢）案の検証・評価：**

具体化された複数の解決策（選択肢）案それぞれについて、課題の解決に実効性はあるのか、解決策を実際に行えるのかという実現可能性を確認する。そして、解決策（選択肢）案の優先順位付けを行い、各案の実効性及び実現可能性の高さなどを比べて、どの解決策（選択肢）案が最適かを選別する。

---

<sup>1</sup> ここで言う枠組み（Framework）は、命題及び概念を MECE に分解するための論理構造の枠組みである。

- **解決策（最適選択肢）の選択：**

次に解決策（選択肢）案を評価し、どの解決策（選択肢）案を選択するかを意思決定する。評価は課題を取巻く状況に応じて、選択が最適となるように実現可能性などの評価項目と内容も設定して行う。例えば、もし解決策の方向を定めたという程度の段階である場合、又は選択した解決策（選択肢）案が具体的でない場合には、具体策のための枠組みを再度設定し、再び解決策（選択肢）案を創出・選択するということを繰り返し、ここでも必要に応じて発散と収束を繰り返す。選択された解決策（選択肢）案は行動が可能なレベルまで具体化されていなければならない。どの解決策（選択肢）案を選択するとしても、選択された解決策（最適選択肢）はこの段階では仮説である。

- **解決策（最適選択肢）の検証：**

最終的に選択した解決策（最適選択肢）について“問題が解決できること”を検証する。検証は、実験、調査、シミュレーション、試験、ヒアリング、アンケート調査、分析などを目的と状況に応じて実施して実現可能性と有効性を確認する。なお、評価・選択に先立って検証し、その結果を踏まえて解決策を選択するという進め方もある。検証が終了したら、次段階（実行・フィードバックプロセス）として行動が可能なレベルの解決策（最適選択肢）にまで具体化した実行ステップ及び解決策（最適選択肢）のモニタリング計画を立案する。

### 3) 実行・フィードバック

解決策（最適選択肢）が選択・決定できたら、次は、実行段階である。組織においては、コミュニケーションによって情報収集をはじめ意思決定プロセスの各ステップで意思決定者と組織の各階層、各個々人をつなぐ組織における主要な相互作用が行われ、組織構成員は、組織目的に沿って責任をもって行動選択し組織行動を行う。そのため、意思決定プロセスにおいては、コミュニケーションによって意思決定の透明性を担保し、各個々人が信念をもって協働に参加できるようにすることが重要になる。

意思決定した個人だけで解決策を実行できる場合は少なく、関係者との協働による実行が必須である。そのため、関係者間における解決策への理解が必要で、実行・フィードバックプロセスでは、まず、関係者とコミュニケーションし、問題をどのように捉え、その解決策が何故最適であるのかについて理解を得る。そして、計画に沿って進め、モニタリング、必要に応じて実行計画の見直し・修正及び上流プロセスへのフィードバックを行う。また、実行計画を実行する段階では、プログラムのアプローチ<sup>2</sup>又はプロジェクト的アプローチ<sup>3</sup>などのマネジメント手法を駆使した効率的な運営を志すのが一般的である。

#### (1) 実行計画の立案と準備

解決策（最適選択肢）が、行動が可能なレベルの実行ステップまで具体化されたら、具体的な実行体制を確立し、解決策を実行するための実行計画を作成する。ここでは実行体制、経営資源の配分を含めた作業計画、スケジュールを明確化するとともに、問題・課題及び解決策について関係者の理解を得て、問題解決のベクトルを合わせるべく、関係者とのコミュニケーションの準備を行う。

---

<sup>2</sup> プログラム的アプローチは、組織の価値創造の実現に向けて、複数のプロジェクトを有機的に結合して運営する活動で、不確実性が高いため、適当なタイミングで外部・内部環境をチェックし、必要に応じて中断、中止を含めて判断する。

<sup>3</sup> プロジェクト的アプローチは、特定されたゴール設定に対して、決められた期日までに具体的な作業を行い目的を達成する活動で、有期性があり、ゴールが明確なためWBSにやるべきことを分解し、実行する。これは想定範囲内で物事が進むことを前提とする。

- **実行体制の確立：**

具体的な実行体制を構築する際には、問題解決を進める時点から実行体制が想定されている場合が多く、その主要メンバーは検討の当初から参画していることは多いが、実行内容に即したマネジメント及び対象内容に精通したメンバー若しくは技術的専門家の参画が必要である。

- ▶ 規模が大きな場合は、プログラム又はプロジェクト組織が組まれるのが一般的であり、また、組織内で主体的に実務を処理するのか、多くの部分を外部に委託するかによって組織の構成は異なる。全体のマネジメント、特に進捗の管理責任を明確にするなど必要な責任と権限を明確にした実行体制を確立することが必要である。
- ▶ 外部組織の参画が多い場合には、組織間のコミュニケーションの維持が最大の課題になるので、その面での管理体制と実行状況の確認などの管理システムの充実が欠かせない。特に距離的に離れた組織間の連携による推進の際には現場間の連携維持が障害にならないようにコミュニケーションに考慮した組織づくりが必要である。

- **実行計画の立案：**

ここで中心となるのはスケジュールの展開と必要な経営資源の配分計画である。

- ▶ 投入する経営資源は、スケジュールの展開計画に大きく影響される。重要なのは分野間のインタフェースで、相互に無駄なく連携できることが原則で、実行の部分工程及び担当部門別の工程などが全体計画と整合性をもって展開されているかが重要である。また、実際には実行計画の推進中に外部環境及び／又は内部ニーズが変化してくることは日常的に起こるので、変化に耐えるプロセスを利用することが不可欠になる。
- ▶ 経営資源配分の主要なものは、人、物、金、情報と言われているが、課題及び問題解決においては、能力ある人材の投入が最も重要な要素である。実行の際に種々な問題が発生するが、それらを判断し、効率よく処理できる能力、技術及びそれに伴う行動、並びに成果の品質も重要な資源であるという認識が必要である。

- **関係者の理解のための準備：**

関係者との協働による実行のためには、関係者間における解決策及び意思決定内容の理解が必要である。

- ▶ 妥当な問題解決プロセス及び意思決定の経緯説明を通じて、意思決定の前提、課題を明確化した論理性、選択した解決策の適切性、及び実現可能性といった問題と解決策の論理と意思決定内容を関係者間で共有し、協働のためのベクトル合わせのための準備を行う。

(2) 関係者とのコミュニケーションと実行

明確化された問題と解決策について関係者とコミュニケーションによって協働のベクトル合わせを行い、解決策を実行計画に沿って実行する段階である。

- **実行のためのコミュニケーション：**

関係者全員とのコミュニケーションによって実行計画の理解を得ることが必要である。大きな決定権をもつ、又は影響力をもつキーパーソンを理解を得ることが重要となる。

- ▶ 解決案の実行に際しては、様々な困難及び障害が想定されるので、関係者が解決策の実施に際して本気になって取組まなければ、多くの場合実行段階で失敗してしまう。関係者が解決策を単に認識レベルで理解するだけでなく、できれば共感、少なくとも感情レベルでの同意、納得することが必要である。そのためには、解決策の説明及び実施において、関係者の立場に立ち誠実にその目線に合わせ、使命感と情熱をもって真摯に働きかけることが必要である。

- **解決策の実行：**

そして、キーパーソン及びメンバー達が主体的に問題解決に向かうようベクトルを合わせて、力を結集する。円滑かつ効率的に実行するためには責任者のプログラムマネジメント又はプロジェクトマネジメントの能力が必須で重要な課題となる。

(3) モニタリングとフィードバック・見直し

実行の段階では、当初の計画通りに全てが進むことは稀であって、当初は予想していなかったことが起き、何らかの変更及び/又は軌道修正が生じることが多い。そこで、常に、実行計画と実際に行われていることを照らし合わせる事が大切になり、これが“モニタリングとフィードバック・見直し”の段階である。

- **モニタリングと見直し：**

実行計画と実際の過程にズレが生じていないかを常にモニタリングし、計画と実際の過程にズレが生じたら、計画を見直して修正するか、計画通りに行われていない可能性を考えて実際に行われていることを修正するなどが必要である。必要ならば実行計画を見直し、修正しながらゴールまで進める。

- **有効性の評価と上流プロセスへのフィードバック：**

状況は刻々と変化するので時には解決策が意味のないものになってしまう場合、又は方向転換しななければならない場合もある。また、新たな問題が発生している場合もある。状況が当初の状態と全く変わってしまっており、見直して変更する必要があるなら、“解決策（選択肢）探索・選択プロセス”で検討した別の解決策（選択肢）案に乗り換えることも、若しくは時には課題化の段階に戻ることも必要となる場合がある。

➤ 実施した結果を計画と比較して解決策の有効性を評価する。結果が計画と乖離しており、評価結果が不満足なものであれば、新たな解決策を考案するなど対策をとらねばならない。問題が解決していれば、その解決策が今後の同様な問題にも利用できることになる。また、リスクが発現する前にモニタリングによってその予兆を捉え、意思決定の反復プロセスにフィードバックして意思決定結果を再検討することも必要である。

## 参考文献

- [1] IAEA, *A Framework for an Integrated Risk Informed Decision Making Process*, INSAG-25, (2011)
- [2] Simon, Herbert A., *Administrative Behavior Fourth Edition* (二村敏子ほか訳, “[新版] 経営行動”),ダイヤモンド社, (2009)
- [3] ロジカルシンキング研修.com “論理思考テキスト講座”, <http://www.Itkensyu.com/ligicalthinking.html>

## 附属書 E (参考) リスク情報を統合するアプローチ

### 序文

この附属書は、リスク情報を統合するアプローチにつき、その特徴を説明するとともに、このアプローチにおける重要な観点である決定論的考慮事項と確率論的考慮事項の扱いの解説をするものである<sup>[1]</sup>。

### E.1 リスク情報を統合するアプローチの特徴

IRIDM プロセスは、当初、IAEA では、原子力発電プラントの安全に影響を与える主たる寄与因子の特定とバランスの取れた統合に対する近代的で体系的なアプローチとして定義されてきたが、しかし、その方法論は、研究原子炉、原子力施設、放射線・放射エネルギーの使用、放射性物質の輸送及び放射性廃棄物の管理を含む放射線リスクを引き起こすあらゆる種類の原子力の施設と活動に適用可能であるものとして、その普遍性が認められ、また、今日では、用途に応じて適切な調整を行えば、原子力以外の施設にも適用できる柔軟なツールとしても認識されている。

IRIDM プロセスにおける統合アプローチは、受け入れ可能な結果につながる多くの異なる選択肢がある場合に特に有用であり、複数の属性の安全性、セキュリティ及び規制の課題などについての様々なリスク情報を活用して分析評価し、最適な解決策を決定するため、意思決定の最適化プロセスとして十分強力なものであると考えられる。また、IRIDM プロセスは、プラントにおける施設及び活動の安全性に関連する設計及び手順の変更、テロリストの脅威の影響を軽減するためのセキュリティ・システムの変更についての意思決定の包括的な方法として活用できるので、安全とセキュリティの問題を、統合的な方法で検討し、これらの両者の領域での対策強化が他方に悪影響を与えず、互いに補完する首尾一貫とした解決策につながることを期待される。

IRIDM の統合プロセスは、それがバランスよく包括的に実施されれば、複雑な意思決定に透明性 (transparency) と監査適合性 (auditability) をもたらすものであるが、しかし、その適用の有効性は、異なって重み付けされた多くの要素の適切な統合に強く依存する。具体的な意思決定プロセスを構築する際には、リスク情報の統合プロセスは、IRIDM のキー・プロセスであることを十分認識し、また、その特徴と留意点をよく認識した上で、より合理的なプロセスを構築する必要がある。

### E.2 決定論的考慮事項と確率論的考慮事項の取扱い

決定論的考慮事項と確率論的考慮事項は相反的ではなく、同一の傾向を示す場合が多い。このような場合には、決定論的考慮事項と確率論的考慮事項の重み (重要度) は相対的には重要とはならず、従業員の被ばく線量、費用便益評価の結果などの他の考慮事項が意思決定を左右する場合もある。一方、決定論的考慮事項と確率論的考慮事項が相反的である場合には、保守的な考慮事項 (改善を示唆する考慮事項) の重み (重要度) を増加する必要がある。

また、決定論的考慮事項及び確率論的考慮事項における考慮の度合いを判断する上で、達成する必要があるターゲットを自主的に設定又は想定して、選択肢の定性的評価を実施することに言及する。この定性的評価の結果から、選択肢の決定論的考慮事項及び確率論的考慮事項のそれぞれの考慮度合いの“バランス”を取る必要があり、そうした意思決定がなされるようインプット情報 (キーエレメント) の重み (重要度) の検討を行



## 附属書 F (参考)

### IRIDM の実施に係る環境整備における留意事項

#### 序文

IRIDM プロセスは、いかなる組織（例えば、規制当局、原子力発電所、設計組織、など）においても適用することができるが、当初の目的を効果的に達成し、且つ、その成果を充実したものにするには、組織の高いレベルにおいてもその効果を理解し、実行を促進するための、IRIDM の実施に係る環境整備を行うことが必要である。

この附属書は、IRIDM の実施に係る環境整備につき、説明を行うものである。

#### F.1 実行プロセスに影響を及ぼす要因の分析

意思決定者は、IRIDM 実施に係る環境整備に当たり、実行プロセスに影響を及ぼす要因の詳細な分析を行う。IRIDM プロセスの実行に影響を与える要因の例を、次に示す。これらの要因は、時間の経過とともに変化するものもあり、それに伴い必要に応じて環境整備を見直すことも重要である。

- ・ 原子力についての全般的な国及び事業者の 政策・方針
- ・ 既存の組織構造及びマネジメントシステム
- ・ 組織内の中核能力及び能力のレベル
- ・ 安全評価に関する研究の適用性、範囲及び品質（決定論的及び確率論的）

#### F.2 必要な能力及び資源の整備

組織の経営者によって配分された経営資源に基づき、意思決定者は、IRIDM を実施するために必要な能力及び資源を明確にし、整備する必要がある。必要な能力及び資源は、必ずしも組織内部で保持又は開発する必要があるわけではなく、組織外で利用可能なことを確認しておくことでもよい。例えば、原子力事業者は、プラント設備に係る知見・技術について、メーカーとの協力関係の基に利用可能な状態とすることが考えられる。

#### F.3 IRIDM に係る教育・訓練の実施

IRIDM の実効性を高めるためには、教育・訓練も重要である。IRIDM プロセスの当事者が IRIDM の原理を理解することで、各プロセスの質を高めることができる。また、IRIDM の原理の理解は比較的簡単であるが、実際の適用は必ずしも容易ではないため、チーム全体の IRIDM の訓練の他に、チーム内の各分野に応じて、グループごとに様々な分野に特有の専門技術の体系的な教育・訓練を行うことが重要である。

IRIDM に係る教育・訓練は、必ずしも IRIDM プロセスの当事者全てが受ける必要があるわけではないが、IRIDM の各プロセスにおいて中心となる人は教育・訓練を受けることが望ましい。

#### F.4 IRIDM プロセスで用いる評価ツールの整備

PRA に係る評価ツールなど、IRIDM を実施するために必要な評価ツールがあるが、それらは特定され、利用可能でなければならない。ただし、F.2 必要な能力及び資源の整備と同様に、必要な評価ツール全てを組織内で整備する必要はない。例えば PRA の計算プロセスを外注する場合には、外注先で PRA 評価ツ

ルが利用可能であることを確認することになる。

#### F.5 品質マニュアルの整備

IRIDM に係る基本的な事項は品質マニュアルに記載されることが望ましい。この標準では特に IRIDM プロセスを適用する範囲、IRIDM プロセスのプロセス間の相互関係及び各プロセスの責任箇所を明確にすることを要求事項としたが、その他 IRIDM に係る必要な事項についても品質マニュアルに記載されることが望ましい。

#### F.6 文書管理

IRIDM プロセスにおいて必要とされる文書の管理方法を定めることは、**5.1 IRIDM プロセスに求められる特性**に示した、透明性、再現可能性及び検証可能性に繋がるものである。特に、記録は文書の一種であるが、IRIDM の証拠を記したものであるため、適切に管理する。また、IRIDM プロセスでは多様な問題を取り扱うことから、全ての問題に対して一律の管理方法とする必要はなく、その問題に応じた管理方法を定めることもある。

#### F.7 その他の事項

この標準の要求事項ではないが、環境整備として次の事項が考えられる。

**a)判断基準策定のための指針の整備** 組織の経営者が策定する基本方針に基づき、設定された問題ごとに意思決定に必要な判断基準を策定するための指針を整備することは、個別の問題に対する意思決定のために有効となり得る。ただし、経営者の策定する基本方針に基づき、意思決定者は個別の問題に対して判断することも可能なこと、意思決定者が問題に応じて多数存在することを踏まえると、必須ではない。

**b)コア・チームの設定** IRIDM プロセスについて訓練を受けて適切な適用が可能であり、かつ、IRIDM のガイドライン及び手順を策定する能力のある専門家を含むコア・チームを設定することも有効である。また、コア・チームリーダーは、様々なリスクに対応した異なるインプット情報に責任をもち、このリーダーには、学際的であることが期待され、異なるインプット情報からの結論の重要度を理解し、評価する能力があることが期待される。IRIDM プロセスは、技術的、経済的、心理的なものまで幅広い問題をカバーしているため、コア・チームのメンバーはその専門分野をカバーすることが望ましい。

## 附属書 G (参考) 専門家及び／又は第三者の意見の活用

### 序文

この附属書は、IRIDM プロセスにおいて専門家及び／又は第三者の意見を活用する場合の活用パターンの例などを示すものである。

### G.1 専門家及び／又は第三者の意見を活用する目的の例

IRIDM プロセスにおいては、論理的かつ包括的な意思決定を提供するものであること、意思決定の質を高めること、複雑な意思決定に透明性と監査適合性（再現性と検証可能性）をもたらすものであること及びステークホルダーへの説明性を確保することが重要であり、専門家及び／又は第三者の意見の活用はこの達成に資するものである。

活用には、その形態によって得られる効果が異なることから、活用の目的に応じて活用の形態を選択するとよい。次に活用の目的の例を示す。専門家の意見の活用によって **a)** 及び **b)** の効果が得られ、第三者の意見の活用によって **c)** の効果が得られる。特に後者については、単にプロセスに従って意思決定がされているかを検証するだけでなく、**解説 14** に示した“システム 2”思考による検証を求めることで、**b)** 及び **d)** の効果を得ることもできる。なお、複数の機能を一人の者又は一つのパネルに求める場合もある。

#### a) 知見の拡充

IRIDM プロセスに足りない知見を補う又はより広い知見を得る。

#### b) 集団的浅慮の防止

意思決定及び分析において、コンセンサスを形成しようという圧力が、異論及び他の選択肢の検討を抑えてしまう集団的浅慮に陥り、選択肢について十分検討せずに決定することを回避する。

#### c) 検証

IRIDM プロセスに従って意思決定がされていることを検証する。

#### d) バイアスの排除

意思決定及び分析において、認識、選択、評価などの際に生じる認知バイアス、並びに“経験及び知識に基づく直感的判断”の際に生じる心理的バイアスを防ぐ。

### G.2 専門家及び／又は第三者の意見の活用パターンの例

G.1 で示した活用の目的それぞれに対して、適切な活用の形態を選択するために、次の観点から整理した。

- ・ 個別の専門家（第三者）／専門家パネル（第三者パネル）
- ・ 専門家パネルのメンバー構成（特定分野型／複数分野横断型）
- ・ 専門家（第三者）個人の要件（専門分野、組織内／外）

活用の形態を構成する要素がどのように選択される必要があるかの例を**表 G.1** 及び**表 G.2** に、IRIDM のフロー図における活用パターンの例を**図 G.1** に示す。

また、専門家及び専門家パネルに関する留意事項を次に示す。

#### 1) 専門家パネルの活用が推奨されるケース

- 意思決定プロセスでは、しばしば大きく異なる重み付けがなされている非常に多くのインプット情報及び要因を検討し組み合わせて決定することがある。また、意思決定で考慮する必要のある情報には、定量的情報及び定性的情報があり、更に、関連する専門領域の幅も広い。
  - このような場合は、複数分野横断型の専門家パネルを用いることが好ましい。
- 2) 専門家パネルを構成する専門家
- 専門家パネルを構成する専門家は、取り扱う問題に関係する分野全てにわたり集団として専門知識を有するように選ぶことが好ましい。
  - 専門分野には、通常、運転、保守、エンジニアリング、安全解析、許認可、PRAなどが含まれるが、取り扱う問題の性質に依存する。
- 3) 専門家／専門家パネルを構成する専門家の能力
- 専門家／専門家パネルを構成する専門家は、取り扱う問題に関係する専門領域のうちの少なくとも一つの専門領域における高い専門性を有し、重み付けの異なるインプット情報を取り扱う能力を備えている必要がある。なお、高い専門性を有するかどうかの判断に、専門分野に関する資格を保有するかどうかの情報は有効となり得る。

表 G.1 専門家の意見の活用パターンの例

目的	求める情報	単独の専門家／専門家パネル	専門家パネルのメンバー構成	専門家個人の要件		例
				専門分野	組織内／組織外	
知見の拡充	単独の専門分野に関する知見	個別の専門家	—	求める情報に関連する分野	問わない	エンジニアリング会社に分析作業をアウトソースする（選択肢候補の考案など）
	単独の専門分野に関する知見（不確かさが大きい（と考えられる）場合）	専門家パネル	特定分野型	求める情報に関連する分野	問わない	PRA 結果のピアレビューを依頼する。 SSHAC 手法に基づく確率論的地震ハザード評価
	複数の専門分野に関する知見（重み付けなど）	専門家パネル	複数分野横断型	求める情報に関する分野のうち少なくとも一つの分野	問わない	外部の有識者で組織した会議体に重み付けに関する分析結果を付議し、助言をもらう。
集団的浅慮の防止	単独の専門分野に関する知見	個別の専門家／専門家パネル	特定分野型	求める情報に関連する分野	問わない *組織外が望ましい	組織内の設計検証の会合で電気主任技術者から意見を求める
	複数の専門分野に関する知見	専門家パネル	複数分野横断型	求める情報に関する分野のうち少なくとも一つの分野	問わない *組織外が望ましい	外部の有識者で組織した会議体に重み付けに関する分析結果を付議し、助言をもらう。

表 G.2 第三者の意見の活用パターンの例

目的		単独の第三者／第三者パネル	第三者パネルのメンバー構成	第三者個人の要件		例
				専門分野	組織内／組織外	
検証 <sup>(注)</sup>	意思決定プロセスの検証のために第三者の意見を求める場合	単独の第三者	—	問わない	問わない *組織外が望ましい	分析作業を組織内部の要員によってダブルチェックする。
	より多くの第三者からの意見を求めたい場合且つ第三者同士のバイアス排除を求める場合	第三者パネル	—	問わない	問わない *組織外が望ましい	意思決定の前に複数部署の人員で構成される会議体に付議し、助言を得る。(取締役会など)

(注) 解説 14 に示した“システム 2”思考による検証を求めることで、集団的浅慮の防止及び／又はバイアスの排除の効果を期待する場合がある。

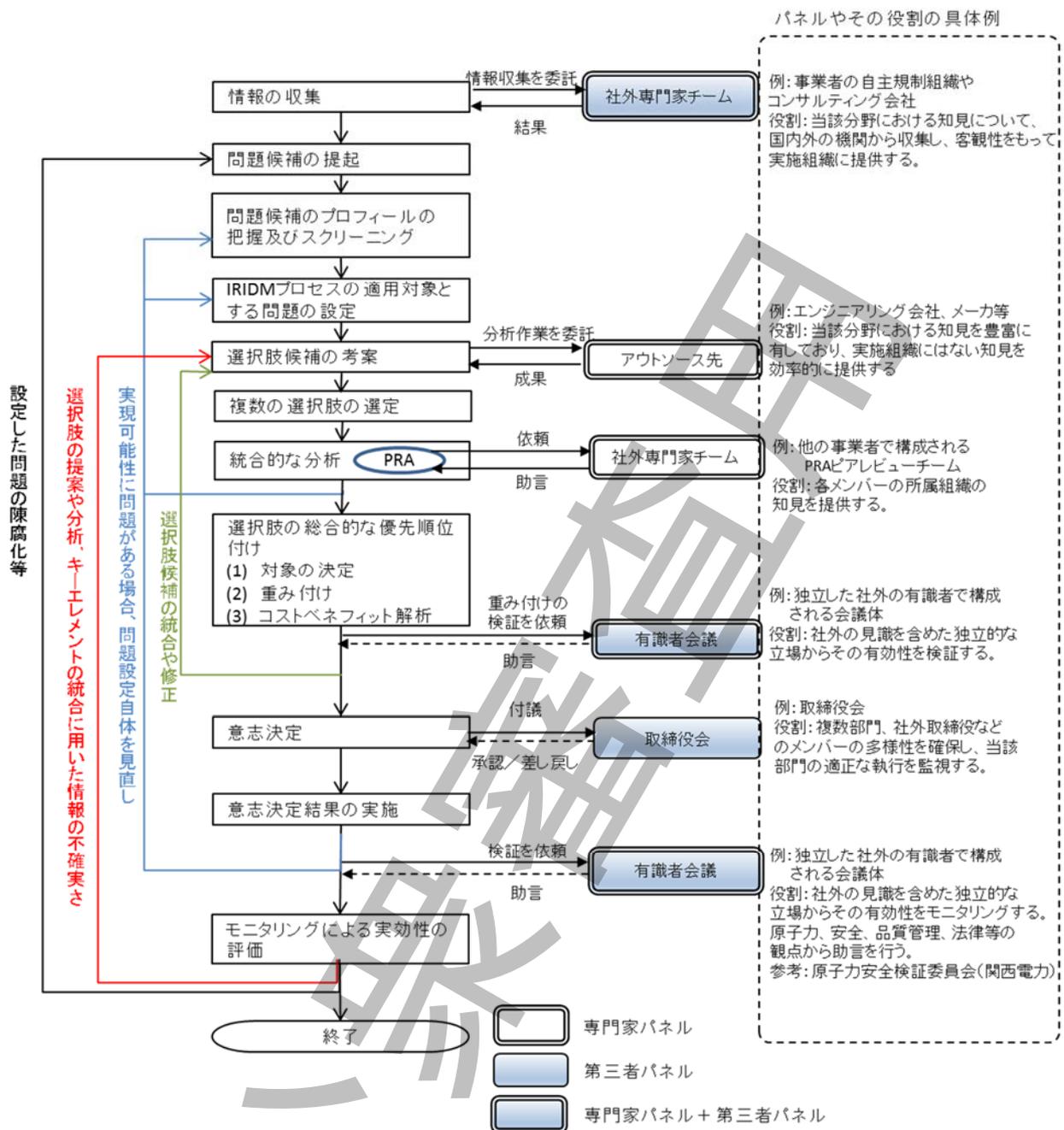


図 G.1 IRIDM のフロー図と活用パターンとの対応

## 附属書 H (参考)

### コミュニケーションの考え方

#### 序文

IRIDM プロセスでは、コミュニケーションによって意思決定のための確実な情報の収集、及び関係主体の関与を得るべく、社会を取り巻くリスクに関する正確な情報を、行政、専門家、企業及び市民などの外部並びに組織内部のステークホルダーで共有し、相互に意思疎通を図る。この意思決定活動におけるコミュニケーションは、“リスクのより適切なマネジメントのために、社会の各層が対話・共考・協働を通じて、多様な情報及び見方の共有を図る活動”であるリスクコミュニケーション (Risk Communication) にほかならない。原子力発電所の安全確保のためには、日々変化していく原子力安全を巡る環境変化に対応して、各組織が部分最適に陥ることなく、継続的に改善を進める必要がある。したがって、安全性向上対策採用に係る意思決定を行う際には、IRIDM プロセスに従い、組織内外の多様なステークホルダーとのコミュニケーションを継続し、フィードバックを得ることで、より良い意思決定に結び付けることが重要である。

この標準では、コミュニケーションを単なる情報伝達・交換ではなく、リスクガバナンス<sup>[1]</sup>及び/又はリスクマネジメントにおけるコミュニケーション (及び協議) と捉えている。これは一般的にリスクコミュニケーションと言われるものである。

この附属書では、関連規格によるコミュニケーションの取り扱い及び米国 NRC (原子力規制委員会) のアプローチを通して、今後構築する必要があるコミュニケーション (リスクコミュニケーション) の考え方を示している。また、この組織のリスクコミュニケーションを、情報収集と組織内部での協働のための内部コミュニケーション、並びに関係する組織外部のステークホルダーとの間で多様な情報及び見方を共有し、対話・共考の下での関与と協働のための外部コミュニケーションに分けて、その考え方を説明する。

#### H.1 関連規格によるコミュニケーションの規定

リスクマネジメントをはじめ、品質マネジメント、環境マネジメントの ISO 規格では、次に示すように組織における活動を支える一つの基盤として、組織内 (内部コミュニケーション) 及び関係する外部 (外部コミュニケーション) との間での情報交換及びコミュニケーションのプロセスを確立すること、並びにその要件を規定している。この標準で規定する内容は、組織内外のステークホルダーとのコミュニケーションについて示しており、これらの ISO 規格と調和し、基本的にその考え方と相違するものではない。

- 1) **ISO31000:2009(JIS Q31000:2010)**<sup>[2]</sup>では、“コミュニケーション及び協議 (communication and consultation)” を“リスクの運用管理について、情報の提供、共有又は取得、及びステークホルダーとの対話を行うために、組織が継続的に及び繰り返し行うプロセス。”と定義している。  
組織は、コミュニケーション及び協議に関する計画を早い段階で策定し、リスクマネジメントプロセスの実践についてアカウントビリティをもつ人及びステークホルダーが、意思決定の根拠及び特定の処置が必要な理由を理解することを確実にするために、効果的な外部及び内部のコミュニケーション及び協議をリスクマネジメントプロセスの全ての段階で実施することを推奨している。
- 2) **ISO9001 : 2015(JIS Q9001 : 2015)**<sup>[3]</sup>は、品質マネジメントを経営活動と統合し、全社的リスクマネジメント (ERM) へ進化させることに視点を置いており、**7.1 コミュニケーション**では品質マネジメント活動の効果的な実行を支えるのに必要な基盤の一つとして、組織内及び関係する外部との間の業務の実行

と結果に関する情報交換及びコミュニケーションのプロセスの確立が必要であることを規定し、また、そのプロセスが効果的であるための要件を、全ての情報伝達、交換の活動にあてはまる共通的表现で規定している。

この**7.1 コミュニケーション**では、“組織は、次の事項を含む、品質マネジメントシステムに関連する内部及び外部のコミュニケーションを決定しなければならない。a) コミュニケーションの内容（何を伝達するか。）、b) コミュニケーションの実施時期、c) コミュニケーションの対象者、d) コミュニケーションの方法、e) コミュニケーションを行う人”と規定している。ここでは、“内部コミュニケーション”とは組織内での意思疎通、及び／又は共通理解のために必要な情報を相互に伝達する“組織内の情報交換”のことを意味する。

- 3) **ISO14001:2015 (JIS Q14001 : 2015)**<sup>[4]</sup>では、環境側面及び環境マネジメントシステムに関して、**7.1 コミュニケーション**で、ISO9001 : 2015 と同様に“組織は、次の事項を含む、環境マネジメントシステムに関連する内部及び外部のコミュニケーションに必要なプロセスを確立し、実施し、維持しなければならない。a) コミュニケーションの内容、b) コミュニケーションの実施時期、c) コミュニケーションの対象者、d) コミュニケーションの方法”と組織の種々の階層及び機能間での内部コミュニケーション並びに外部の利害関係者との外部コミュニケーションのプロセスを確立し、実施し、維持することを要求している。

外部及び内部コミュニケーションの双方に、コミュニケーション戦略の策定が求められ、これには、矛盾がなく一貫し、信頼のおける情報についてのコミュニケーションに関する要求事項、及び組織の管理下で働く人々が環境マネジメントシステムの継続的改善への寄与を可能にすることを確実にすることが含まれている。外部コミュニケーションでは、順守義務による要求に従って、環境マネジメントシステムに関連する情報についてコミュニケーションを行わなければならないことを規定している。

## H.2 組織のリスクコミュニケーションの考え方

この標準に規定する組織の（リスク）コミュニケーションのアプローチは、基本的に ISO 規格の規定と調和するものではあるが、ステークホルダーとのコミュニケーションのアプローチについては米国 NRC の考え方<sup>[5][6]</sup>を参考にしている。

### (1) 米国 NRC のリスクコミュニケーションの考え方

米国 NRC では、リスクコミュニケーションを公衆の文脈の中で、健康、安全、セキュリティ、又は環境に関して懸念を抱かせる話題について対話、記述することに用いられる相互作用プロセスと捉え、リスクコミュニケーションは、リスクアナリシス（risk analysis）、リスクマネジメント（risk management）、及び統合的意思決定（Integrated decision-making）と公衆（public）（社会的価値及びニーズ）との本質的な橋渡し（link）を提供するものとしている<sup>[5][6]</sup>。そして、リスク情報と洞察に関する組織内部のコミュニケーションは、組織の外部ステークホルダーとの相互作用のための基礎となるものとしている。また、組織の使命を成功裏に履行するには、リスクコミュニケーションによって価値観及び前提条件、技術情報、並びに意思決定に関するこれらの分野の各々の統合が要求され、リスクコミュニケーションは様々なリスクの認識を調和させ、ステークホルダーの視点を理解するために必要なものとしている。

このような考え方は、複雑化する社会環境、多様化、不確実性が増加するリスクに対応するためにリスクをガバナンスし、外部ステークホルダー及び／又は社会の信頼を得て、リスク情報を共有し、

リスクへの共通理解の下にリスクマネジメントを行い、そのためのより良い意思決定を行うことが必要な原子力の組織におけるリスクコミュニケーションの考え方として適切なものと思われる。

## (2) 共通の理解のためのリスクコミュニケーション

意味のある対話を通じた共通理解の創出は、組織の内部、組織と外部のステークホルダー及び／又は社会との間の異なるリスクの定義とその認識のギャップを埋めることができる。

個人がどのような場合にリスクを受け入れるか、若しくは受け入れないかは、個人がリスクをどう捉えるかという、リスク認知に基づく。最近では、米国 NRC もリスクコミュニケーションの際に考慮しているリスク認知のモデルとして、個人はリスクを“ハザード (Hazard)”と“アウトレージ (Outrage : 怒り, 不安, 不満, 及び不信など感情的反応をもたらす因子)”の和として捉えるという考え方<sup>1)</sup>があるが、ハザードが十分小さくてもアウトレージが大きければリスクとして無視できない、というリスク認知を踏まえるならば、一方向の説得ではなく“対話・共考・協働”が重要となる。

例え、同じ組織の中であっても、組織の経営者と管理者、管理者と従業員、従業員間と組織構成員の間では、リスクそのものの定義とその認識レベルが異なり、また、リスクの測定と分析にも様々な方法を用いる。その違いは、必要なデータ、使用される指標、分析結果の形式、及びリスクマネジメント戦略の実行へ様々な影響をもたらす。さらに、それは個人の背景によって、異なる視点とリスクの理解をもつ可能性もある。

しかし、明らかに、専門家の専門知識と経験は、組織のリスクを理解し定義する上で重要な役割を果たすため、組織構成員と経営者は、共通の根拠が共通の理解の基礎となるように、共通認識に達する必要がある。効果的なリスクコミュニケーションは、共通の理解を構築するための第一歩である。

- ステークホルダーとその関心、懸念を知る

効果的なリスクコミュニケーションの基盤は、人々と課題の両方を理解することである。組織の外部ステークホルダー（解説 8 注記参照）は広範囲にわたり、その関心と懸念も様々である。一方、内部ステークホルダーの関心と懸念は、組織内での役割と責任、リスク情報に関する経験、統計への精通度合い及び専門技術分野などの組織構成員のバックグラウンドの影響を受ける。ステークホルダーを特定し、その視点を理解することは、リスクコミュニケーションのリソースを有効に活用し、リスクコミュニケーション戦略を策定する上で不可欠なステップである。

- リスクコミュニケーションのレベル

実際的には、リスクコミュニケーションは、様々な組織が関わるチームの取り組みであり、それは、戦略的なレベル（組織又は事業体全体）と対人的なレベル（組織構成員とステークホルダー間）の二つのレベルで行われる。戦略的リスクコミュニケーションは、リスクマネジメントの統合的な要素であり、組織に不可欠なものである。

- 1) **戦略的レベル**：このレベルでは、リスクコミュニケーションは次のプロセスを含む。

---

<sup>1</sup> Peter M. Sandman が 1980 年代半ばに人々が技術的な深刻度以外の指標に従ってリスクを評価し、信頼性、支配性、自発性、恐怖（不安）、及び精通のような因子（所謂、アウトレージ因子：outrage factor）が、死亡（mortality）及び疾病（morbidity）と同様に重要なものとして、社会のリスク認知について Risk=Hazard+Outrage との式を提案をしている。<sup>[8]</sup>

アウトレージには様々な要素があり、自己決定性、公平性、信頼性などの倫理的・社会的な要素も含むため、これらの要素を単なる個人の感情的な問題だとして軽視し、リスクに関する知識を提供すれば不安の軽減・解消が図れるとしてコミュニケーションを行ってしまうと、不信及び不満など他の要素が増す場合があり、知識を共有するだけではリスクコミュニケーションとして不十分である。

- ・ 長期計画と組織的なコミュニケーション活動
- ・ リスク概念の共有理解（全ての組織構成員の間で）
- ・ 戦略的なパートナーシップ
- ・ 共同での問題解決
- ・ リスクアナリシスの強みとその限界の共通理解
- ・ リスク情報活用と決定論的な分析の違いの理解
- ・ 整合性（一貫性）のある情報発信
- ・ 内部及び外部リスクコミュニケーションのための適切なツール

2) **対人的レベル**：このレベルでは、リスクコミュニケーションには、コミュニケーションして、共通の理解を構築するために様々なスキルとツールを用いることを含み、次のことに依存する。

- ・ 積極的に対話し、他人の意見を尊重し、その価値を認めることを実証する
- ・ 信頼と信用性を構築する
- ・ 長期的な関係を確立する
- ・ 専門知識と洞察を共有する
- ・ 技術情報を理解可能な言語に翻訳する
- ・ コンフリクトをマネージする<sup>2</sup>
- ・ 関連情報を効果的に発信する

### (3) 内部と外部のリスクコミュニケーションの統合

組織内部の（内部）コミュニケーションは、組織の外部ステークホルダーとの相互作用のための基礎となるものである。リスク情報と洞察に関する内部コミュニケーションによって、組織の意思決定の質を向上させ、また、組織の活動及び／又は決定を組織の外部へ明確に伝える能力を向上させる必要がある。そのため、外部のリスクコミュニケーションを事後的なもの、若しくは広報部署などの組織の特定の部署の権限と考えずに、内部及び外部のリスクコミュニケーションについて早い段階からそれら両者を一緒に考える統合したアプローチが必要となる。この内部及び外部のリスクコミュニケーションの統合したアプローチには、次の活動が含まれる。

- ・ 潜在的に議論の余地のある問題及び／又は懸念事項を特定する。潜在的なホットスポットを早期に認識すればするほど、戦略的な透明性（公開性）という目標を生産的に達成する機会が増えることになる。
- ・ 内部及び外部の理解を深めるために、技術情報の情報交換の仕方を工夫する。そのためのツール（例示を含めて）を開発する。
- ・ 技術的に正確、完全、かつ内部及び外部の関係者の関心、懸念に対して適切（敏感）に対応した技術図書などを作成し、相互理解を図る。

## H.3 内部コミュニケーションと外部コミュニケーション

この標準に規定する組織の意思決定のプロセスにおけるコミュニケーションは、基本的に、内部コミュ

---

<sup>2</sup> “コンフリクト（conflict）”とは、“意見及び利害の衝突、葛藤、対立”といった概念を意味し、“マネージする”とは、コンフリクトを調整し、より良い方向に管理して持ってゆくこと、又は一見避けたほうが良いような事態を敢えて組織の活性化及び成長に欠かせないと捉え、能動的に関わることを意味する。

ニケーションは情報の収集（共有）と組織内部での協働ためのもの、また、外部コミュニケーションは関係する組織外部のステークホルダーとの間で多様な情報及び見方を共有し、対話・共考の下での関与と協働のためのものであるが、原子力安全を目的にその意思決定を行う際には、社会環境、並びに規制及び公衆との関係の考察を抜きにしての決定は難しい課題も多い。

そのため、コミュニケーションのアプローチを考える際には、例え組織内部のコミュニケーションであっても、外部ステークホルダーとのコミュニケーションを念頭に置いて行う必要があるため、そのアプローチは米国 NRC の内部（リスク）コミュニケーションを外部（リスク）コミュニケーションと関連付ける下記の考え方<sup>[5][6][7]</sup>が参考になる。

#### (1) 内部（リスク）コミュニケーションのアプローチ<sup>[5]</sup>

組織は合理的で計画されたリスクコミュニケーションの手段を活用して、組織内外の部署・組織と建設的なリスク情報を議論・交換する。図 H.1 は、前述の組織構成員が取る必要のある戦略的及び対人的レベルの行動をステップの形に纏めたものである。正式なコミュニケーション計画を必要とする重大なコミュニケーション課題に直面した場合、又は内部のコミュニケーションを効果的なものに改善しようとする場合には、これはそのロードマップとして用いることが可能である。このステップは、次からなる。

- 1) コミュニケーションの目的の決定（コミュニケーションの目的を明確にする）
- 2) 内部ステークホルダーの理解（関係者と、そのニーズ、選好を明確にする）
- 3) リスク情報への信頼の構築（関係者の信頼を得て、リスク評価の質に関する情報交換を行う）
- 4) 重要な情報（メッセージ）の創成（目的を達成するために関係者と何を対話する必要があるかを明確にする）
- 5) （利害）関係者とのリスク情報のコミュニケーション（最良の情報、情報交換方法、詳細レベル、ツールの選択を行う）
- 6) 意思決定での透明性を確保（意思決定プロセスと結果の正当性を向上させるコミュニケーションを行う）
- 7) 効果的な双方向コミュニケーションの実行（関係者との生産的で有意義な対話を行う）
- 8) 混乱をもたらす共通領域の明確化とミスコミュニケーションの回避（他の視点に沈黙せずに正確な情報を提供する）
- 9) コンセンサスの構築とコンフリクトの解決（意思決定でのコンフリクトの役割を認識し、ファシリテータを活用してコンセンサスの構築とコンフリクトを解決する）
- 10) 内部リスクコミュニケーションの有効性の評価（リスク評価・分析が効果的に行われたか、内部ステークホルダーはそれに係る不確かさを認識したか、どのように改善できるかなどのフィードバックを収集する）

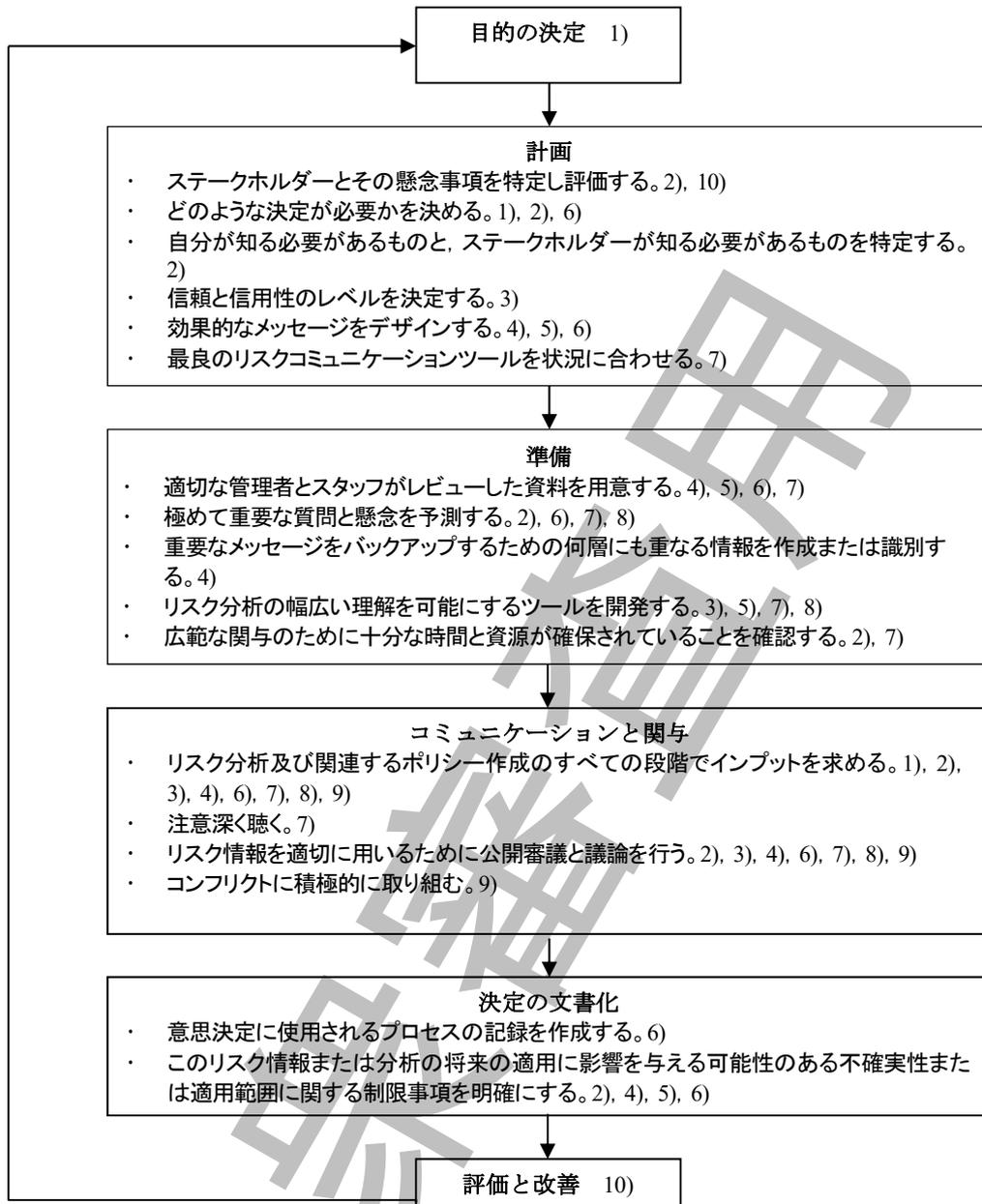


図 H.1 内部コミュニケーションの基本的なステップ<sup>[5]</sup>

(参考文献[5]の P.7 の図を参考に作成)

## (2) 外部リスクコミュニケーションのアプローチ<sup>[6][7]</sup>

組織外部とのコミュニケーションを効果的なものにする場合には、ロードマップとして図 H.2 を用いることが可能である。これらのステップは内部コミュニケーションの場合と基本的には違いはないが、意思決定の外部ステークホルダーへの透明性とステークホルダーの信頼の確保をということを意識したものである。また、原子力安全という観点からセキュリティ及び危機管理など外部コミュニケーション特有のリスクに関するコミュニケーションを考える必要があり、それもステップに包含している。

- 1) リスクコミュニケーションの定義（リスクコミュニケーションとは何か、その重要性）
- 2) コミュニケーションの目的を決定（コミュニケーションの目的を明確にする）
- 3) 外部ステークホルダーの理解（ステークホルダーとその関心、懸念を知る）
- 4) 信頼（trust）と信用性（credibility）の構築（ステークホルダーとの良好な関係を維持する；リスク情報への信頼を構築する；失われた信頼を回復する）
- 5) 有効な情報発信（メッセージ）の作成（ステークホルダーにどのような手段で何を伝えるか明確にする）
- 6) 複雑な技術情報の情報交換（ステークホルダーに複雑な情報を正確に、かつ平易に伝える）
- 7) 効果的な双方向コミュニケーションの実行（ステークホルダーとの生産的で有意義な対話を行う）
- 8) 誤った情報と誤認への対処（唱導者となることなく正確な情報を提供する）
- 9) 難しい質問への応答（厳しい質問にも信頼できる応答をし、また厳しい質問を予測する）
- 10) 対立への対処（ファシリテータを活用して敵対的な対立を回避し、コンセンサスを構築する）
- 11) リスクコミュニケーションの有効性の評価（リスクコミュニケーションが効果的であったか、改善できるかなどの評価を行う）
- 12) セキュリティへの関心、懸念への対処（準備し、公衆の受け取り方を理解し、セキュリティに妥協することなく、第三者を活用するなどしてセキュリティ課題を説明する）
- 13) 危機におけるコミュニケーション（危機の状況ではリスクアナリシス、リスクマネジメント、公衆の間の動態が変化することを理解し、クライシスコミュニケーションを行う）
- 14) 共通課題の克服（リスクについて成功裏に伝えるために知る必要のあることを明確にする）

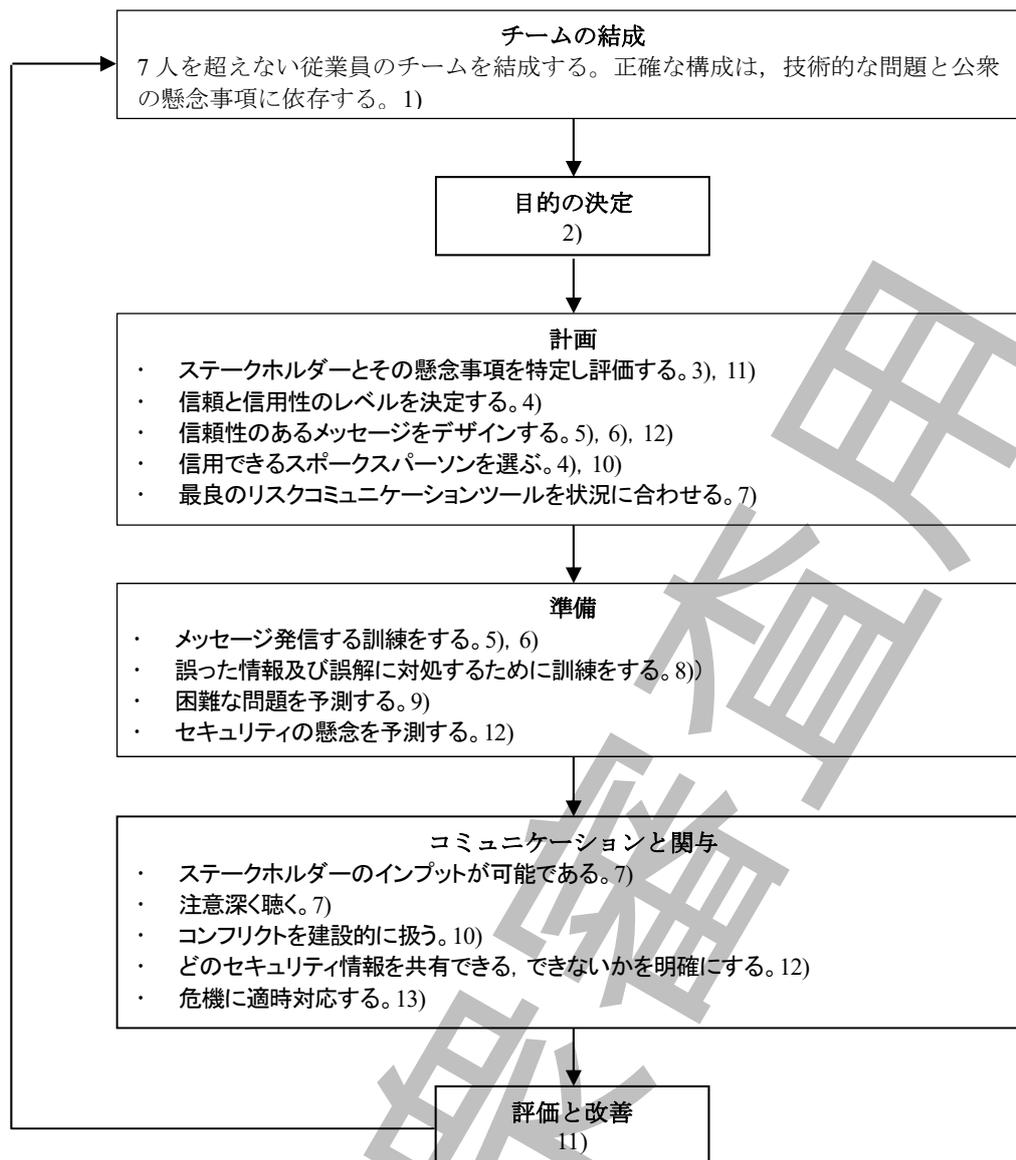


図 H.2 外部リスクコミュニケーションの基本的なステップ<sup>[7]</sup>

(参考文献[7]の P.3 の図を参考に作成)

### (3) リスクコミュニケーションの主な留意点<sup>[5] [6] [7]</sup>

米国 NRC が説明しているステークホルダーとリスクコミュニケーションを行う場合の主な留意点は下記である。次の留意点は外部（リスク）コミュニケーションを念頭に記載されているが、これらは内部（リスク）コミュニケーションの場合にも役に立つ。外部コミュニケーションでは、特に情報通信媒体、会議、及び公開討論会などを通してオープンな参加型討議によって公衆とリスクコミュニケーションを行う場合には、対話においてリスク情報の伝え方に留意が必要である。

#### ● リスク情報への信頼を構築する。

ステークホルダーの意見は、利用可能なリスク情報が信頼し得るかによって影響を受ける。能力と専門性は、外部ステークホルダーとの間に信頼（trust）と信用性（credibility）を構築する上で重要ではあるが、共感、正直さ、コミットメントも同じく重要である。組織され、準備され、率直にかつ正直にコミュニケーションし、他の信頼できる情報源と調整し、かつ、協力する、そして、コミットメントを履行する。公衆の関心、懸念を無視したり、情報を隠したり、防衛的になるのは間違いである。リスクコミュニケーションにとって、信頼と信用性は、リスクアセスメントとそのデータと前提条件を理解し、受け入れることに基づいている。使用上の影響の可能性があるという観点からリスク情報の強みとその限界について、対話する。

#### ● 重要な情報（メッセージ）を創成する。

情報発信媒体（報告書、プレゼンテーション、電子メール、電話、会議、又はインタビューなど）で何を対話するのか及びその具体的な表現方法を定めるには、次の手順及び戦略を基本とする。

- ・ 目的を決定する—教育のため、認識を変えるため、コンセンサスの獲得、意識の向上など。
- ・ メッセージの内容を決定する—二つから四つのサポート事実で裏付けられた重要なメッセージを、三つ又は四つ設定する。
- ✓ 受け手の教育水準、課題についての懸念、リスクの経験、基礎となる科学の理解度によって対話する内容を調整する。
- ・ メッセージの表現方法を決定する—重要な結論を説明し、その影響の要約から始め、要約を説明した後、その詳細を説明する。簡潔で、正確で、簡単で、理解しやすく、一貫性がある必要がある。
- ✓ 数字だけでなく、分析の根底にある定性的な前提及び結果の理由を示す。
- ✓ リスクアセスメントにおける不確かさ、弱点、データギャップについて事前に説明する。リスクアセスメントの不確かさについて正直であること。
- ✓ ステークホルダーがリスクを全体像で評価するのに役立つ文脈を示す。
- ・ 内部的には、様々なリスクの意思決定の選択肢を探索し、各選択肢の意味するところを議論し、経営陣が決定を説明するのに役立つ情報を提供する。
- ・ 内部的には、リスクアセスメントと成果を組織の戦略的目標と関連付け、外部的には、組織の行動の原則と原子力安全を確保する上での組織の役割を強調・明確にする。
- **理解が可能で、関連のあるように技術情報を情報交換する。**

公衆がリスクの潜在的な健康及び安全性への影響を評価するための統計的なアプローチを理解しているとしても、公衆は自身の価値、又はリスクセンスに基づいてリスクを受け入れない可能性がある。その場合、下記のように情報の伝え方に注意を払い情報交換を行う。
- ・ 伝える技術情報の内容と表現方法—ステークホルダーに提示する適切な詳細レベルを決定する。

- ✓ 人々を非人間的に扱う技術用語を使用しない。死亡、怪我、病気に関する現実的でなく、抽象的で思いやりのない言葉は、人を人として気かけないというメッセージを送ることになる。
- ✓ 技術情報を説明するためには、類推及びストーリー（話）を用いる。
- ✓ 確立された標準又は典型的な結果に関連づけて、結果を提示する。
- ✓ 科学的な表記は使い慣れた尺度単位に変換する。
- ✓ 重要なメッセージを伝えるためには、単純で、かつ焦点を絞ったグラフ表示などを用いる。
- ✓ 公共の場で技術的な質問をされた場合は、簡単な言葉で言い換えて、その文脈を提供する。簡単な回答をした後、より詳細な内容を示す特定の文書を参照するように人々を案内する。関心をもつステークホルダーに組織外の信頼できる情報源を指摘してそれを参照するように案内することは有効である
- ・ リスク情報の伝え方—比較を使用し広い視野でリスクを見るが、それには注意が必要である。原子力発電所周辺で生活するリスクを、ライフスタイルの選択、又は公衆が自発性をもって引き受ける他のリスクと比較することは、操作的であるように見えるかもしれない。
- ✓ 懐疑的な態度に備える。人々は当然、リスク情報を用いた安全評価への新しいアプローチに対して違和感を覚える。
- ✓ 評価モデルの背後にある主要な仮定と、それらの仮定が正負の両方向の結果にどのように影響するかを説明する。
- ✓ 異なる領域のデータがリスクアセスメントにどのように当てはまるものか、またそれらの領域の専門知識が最終結果にどのように入力情報として考慮されるかを説明する。
- ✓ 受け手に、評価モデルを調査し、それが彼らの知識と経験を正確に反映しているかどうかの点検を依頼することも有効である。
- ・ **議論を予測し対処する。そのために効果的な双方向コミュニケーションを実施する。**

複雑な技術情報を正確に伝えるには、技術情報の単純な提示だけでなく、健康と安全を守るための専門知識をどのように適用するかを簡単に説明し、理解を促す必要がある。効果的なリスクコミュニケーションには双方向のコミュニケーションが不可欠である。

双方向コミュニケーションは、送り手と受け手の間の情報交換の継続的なサイクルであり、成功するコミュニケーションのためには持続した相互作用が不可欠である。特に、内部（リスク）コミュニケーションでは、組織構成員間のコミュニケーションを積極的に行い、参加を促すことで、入力とフィードバックを用いてより有用なリスク情報を創成する。また、受け手の視点を理解し、効果的なメッセージを配信するさまざまなテクニックを使用し、積極的に耳を傾け、フィードバック及び評価に基づいて調整することが重要である。双方向コミュニケーションには、次のような点に留意することが必要である。
- ・ 双方向のコミュニケーションでの対話—課題全体を十分に話す時間を確保する。
- ✓ 関与している、関心がある、又は影響を受ける可能性がある全ての人を含める。人又はグループを蚊帳の外（out of the loop）に置くと、新たなコンフリクトが生じるかもしれない。
- ✓ 早く懸念及び苦情を聞くこと。他者の懸念及び気持ちを明らかにすることは、手段として関与する全ての人に受け入れられる解決策を作り出すのに役に立つ。
- ✓ 問題を認めること。人々がコンフリクトの存在を否定するなら、解決策を特定することは困難である。

- ✓ 高いレベルの関心，懸念を表明する人々のフラストレーションを認め，常に敬意を払うようにする。
- ✓ 新しいアイデアに対して柔軟で，オープンであること。可能な解決策を示唆する準備ができていること。
- ✓ 会議の前後に個人的な接触を開始すること。
- ✓ 課題を議論する時間と場所の手はずを整える。これは，非公式の対話又はグループミーティングとなるかもしれない。コンフリクトを解決するために電子情報によるコミュニケーションに頼らない。
- ・ 対話での留意点—落ち着いて，感情的な反論による口撃には応答しない。
  - ✓ 誤った情報は簡潔に，かつ対立的にならずに反論する。否定的な言葉を避ける。
  - ✓ スポークスパーソンを慎重に選択する。必要ならば，第三者のファシリテータに会議のリーダーシップを委任すること。

外部（リスク）コミュニケーションを行う場合には，特に下記に留意することが効果的である。

- ・ **公開討論会（public meeting）を最大限に活用する。**

外部（リスク）コミュニケーションでは，ステークホルダーは自身の活動に影響を与える決定には関与する権利があることを認識する必要がある。ステークホルダーとの信頼の基盤を構築するため，彼らの意見，見解，懸念に共感的であり，また，真の礼儀，忍耐，正直さ，公平性をもって彼らに接することが必要である。
- ・ 公開討論会の準備と終了—質問を予測し，事前に回答を計画する。
  - ✓ 会議の前に他の関係機関とコミュニケーションをとり，公開の場での予期しない驚きを防ぐ。
  - ✓ 将来の連絡方法を明確にし，緊張感なく，会議の最後の時間を利用できるようにする。
  - ✓ リスクの数字に興味のある人々を促し，会議の後に対話するように働きかける。
- ・ 討論会での情報交換—重要なメッセージを伝え，簡単なプレゼンテーションで文脈を提供する。
  - ✓ 最初に組織の役割を明確に定義し，それを他の関係機関の役割と対照させること。
  - ✓ 傾聴すること—問題が浮上すると，ステークホルダーの意見が重要となる。ステークホルダーは優れたアイデアを提供でき，それに対する意見を参考にして，コミュニケーションの最良の方法を判断できる。誰かが話しているときには，聞いて，残りの受け手の反応に注意を払う。彼らの姿勢，コメント，及び質問は，彼らとのコミュニケーション方法の手がかりを提供することができる。
  - ✓ 質問を自身が理解しているか，回答を提示したことを確実にするため確認の質問をする。
  - ✓ “知らない”と言うのを恐れず，回答を見つけることを提示し，それをフォローする。
  - ✓ ステークホルダーからのインプットが組織の行動にどのように影響するかを明確にする。公衆は，組織の発信者がインプットを求めるが，その後のフォローを行わないと感じることが多い。インプットを促し，現実的な期待を明確にし，公衆の意見がどのように意思決定プロセスに影響を与えたかについてできるだけ具体的に説明する。
- ・ **公共の場を超えて交流する。**

ステークホルダーと情報を共有し、共通理解を得るには、公開討論会などの公共の場でない機会を捉えてリスクコミュニケーションを行うことも重要である。例えば、次のような機会がそれに相当する。

- ・ 1対1で会話し、質問に答えることができる他の会議に参加する。
- ・ 批判的なものを含む地方の新聞媒体の編集委員会で会う。
- ・ 地方自治体職員との情報交換を行う。施設及び／又は組織に関する質問があれば回答可能であることを知らせる。
- ・ そのプロセスに関係をもつコミュニティ内で尊敬される個人又はグループを探し出す。
- ・ 連絡先情報を提供し、ステークホルダーに議論のフォローアップを促す。
- ・ 多数のステークホルダーと同時に一貫したコミュニケーションを行うためにメーリングリストを設定する。

#### H.4 リスクコミュニケーションのアプローチの課題

##### (1) 従来のリスクコミュニケーションによる意思決定の限界

従来のリスクコミュニケーション、特に外部（リスク）コミュニケーションのアプローチは、リスク評価は純粹に専門家の領域として認識されており、社会的な観点からの評価の入り込む余地がないと思われていた。そこでは情報が十分に与えられていない感情的・情緒的な一般市民のリスク認知を是正するために“客観的”で合理的な専門性をもってコミュニケーションを図り、リスクマネジメントを行うというものであった。

しかし、リスクが多様化及び複雑化し、人々のリスク認識及び価値観も様々な形で異なる、不確実性の高い意思決定環境では、専門家の知識によるリスク評価の概念をもって、ある技術に対するリスクが厳密に定量化されたとしても、それだけで意思決定を行うには限界があることが明らかになってきている。

##### (2) リスクコミュニケーションのアプローチの課題

リスクコミュニケーションを“リスクのより適切なマネジメントのために、組織及び社会の各層が対話・共考・協働を通じて、多様な情報及び見方の共有を図る活動”と捉えることとすると、社会の関与者（ステークホルダー）にもそれぞれが“リスクのより適切なマネジメント”のために果たする役割がある。このような観点からは、“リスクのより適切なマネジメント”に関してステークホルダー間で対話・共考・協働が積極的になされることが望ましい。

この各ステークホルダーが多様な情報及び見方を共有しようとする活動全体がリスクコミュニケーションと言え、こうした活動を通じて、各ステークホルダーがコミットメントを行い、ステークホルダー間の役割が定まっていく。

各ステークホルダーがリスク情報に係る認識及び見方の違いを相互に理解して歩み寄り、それぞれがどのような役割をもってリスクに対処するかといった分担を明確にしていくことが、社会全体でリスクをガバナンスし、リスクの適切なマネジメントを行う上で最も重要なことである。

リスクへの対処、マネジメントに関し、一部の専門家及び組織当事者に一任し、情報を公開しないリスクと、様々なリスク情報を広く国民に知らせ、リスクに関する情報の共有化をはかり、他の“専門家”又は市民がリスクマネジメントプロセスに参画し、公共的な意思決定にも関与可能な道を開く

可能性を天秤にかけた場合は、不測の事態に際するリスク対応、リスク責任の明瞭化においても、広く参加の門戸を開く方が、不必要な社会的混乱を生むリスクは下がるはずである。

“リスクゼロ”の安全神話の安全・安心社会を超えて、リスク共有を前提とする“信頼社会”を構築するには、ステークホルダー間のリスクコミュニケーションによる信頼の構築が鍵であるといえる。

#### a. リスクコミュニケーションの類型

リスクコミュニケーションの目的については、国際リスクガバナンスカOUNシル (International Risk Governance Council: IRGC) が、1) リスクとその対処法に関する教育・啓発、2) リスクに関する訓練と行動変容の喚起、3) リスク評価・リスク管理を行う機関などに対する信頼の醸成、4) リスクに係る意思決定への(利害)関係者(ステークホルダー)又は公衆の参加と紛争解決、の4点を挙げている<sup>1)</sup>。このような観点から、リスクコミュニケーションではステークホルダー間の異なる意見及び価値観の存在を十分認識し、ステークホルダーが広く互いの立場及び見解を理解し合った上で、それぞれの行動変容に結びつけることのできるコミュニケーションを目指すことが必要である。

このリスクコミュニケーション、特に外部(リスク)コミュニケーションは、それが扱う問題並びにその目的及び方法は様々であり得ることから、**図 H.3**のように、問題発生・対応の“時間・空間・社会スケール”による分類、“ハザード種別”による分類、IRGCの分類<sup>1)</sup>によるリスクに関する“知識の不定性(不確かさ)”の度合いによる分類、問題発生・対応の“フェーズ”による分類、コミュニケーションの主体・対象で問題に係る“アクター”による分類、リスクコミュニケーションを行う“目的・機能”による分類、という六つの分類軸によって体系的にリスクコミュニケーションの類型を複合的に整理した類型枠組みを考慮することが必要である。この類型枠組みはリスクコミュニケーションの実践の企画、及び評価における目安として活用できるが、この中で、特にリスクに関する“知識の不定性”による分類は、とくに意思決定に係るリスクコミュニケーションの関与者の範囲と対応しており、有効なコミュニケーションとして関与者(ステークホルダー)ごとにアプローチの方法を検討する場合に有用である。

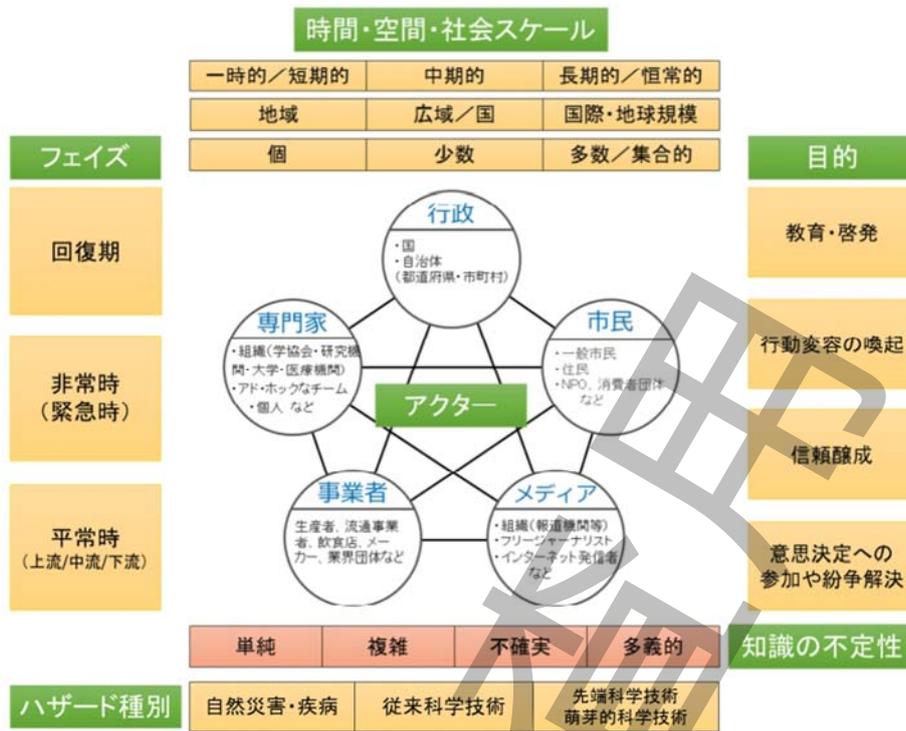


図 H.3 リスクコミュニケーションの類型枠組み<sup>[9][10]</sup>

(参考文献[9]の図1, 参考文献[10]の図4.2を転載)

**b. 知識の不定性（不確かさ）に対応したリスクコミュニケーションのアプローチ**

リスクコミュニケーションは、まずこの知識の不定性（不確かさ, incertitude）を社会の共通課題として認知するところから始まる。IRGCでは、リスク問題を、それらに関する知識の不確かさ（不定性）の違いによって四段階<sup>[1]</sup>に分け、表 H.1 のようにリスクマネジメント並びにリスクコミュニケーション（とくに意思決定に直接関わる討議）の関与者の範囲及びコミュニケーションの様式（討議のタイプ）を分類している。

組織の内部（リスク）コミュニケーションで取り扱うリスク問題は、基本的に表 H.1 の単純、複雑な問題が主体であり、不確実な問題の範囲程度までしか取り扱わない。一方、外部（リスク）コミュニケーションでは、社会全体の問題と関係し、様々な価値観をもつステークホルダーとのコミュニケーションとなるので、その範囲も不確実な問題、曖昧（多義的）な問題をも取り扱うことになる。このような場合には、組織の意思決定といえども組織の意思決定者が収集した情報だけで判断できるものではなく、様々なステークホルダーの参加の下で彼らの意見をフィードバックして意思決定し、各ステークホルダーのコミットメント（社会的合意）の下で意思決定を実行して行くことが必要になる。

実際のリスク問題は、四分類のどれか一つに一つ一対一対応するわけではなく、一つの問題が複数の側面をあわせもつこともあること、また立場によって判断が異なることもあることは、リスクコミュニケーションを企画・評価する上で重要である。

表 H.1 問題の種別（知識の不定性）の度合いによる分類）とコミュニケーション<sup>[1][10]</sup>

(参考文献[1]の Table 1, 参考文献[10]の表 4.3 及び表 4.4 を参考に作成)

問題種別	問題の特徴		討議（discourse）のタイプと目的	意思決定への 関与者
単純 （simple）	リスクの性質及び管理方法がよく分かっている。そのことが社会で広く認知されており、異論及び対立が見られない。		手段的討議（instrumental discourse）  ● リスク削減措置の協力的実施。	規制当局、直接的関係者、執行機関職員など
複雑 （complex）	リスクの評価及び管理の仕方について科学的不一致がある。		認識論的討議（epistemological discourse）  ● 認識の不一致を解消。	上記プラス科学的見解を異にする専門家・有識者一般
不確実 （uncertain）	リスクの評価に関して大きな科学的不確実性がある。		反省的討議（reflective discourse）  ● 不確実性・無知も考慮したうえでの受忍性を判断。 ● 規制・保護の過剰／過小も吟味。	上記プラス主要な利害関係団の代表（産業、直接的被影響者）
曖昧（多義的） （ambiguous）	解釈の曖昧さ（多義性）	同じリスクの評価結果に複数の解釈が存在する。	参加的討議（participative discourse）  ● 競合する議論、価値観及び信念についてオープンに討議。 ● 共通の価値、各自の“善き生活”を実現できる選択肢、公正な分配ルール、共通の福祉を実現する方法を追求。	上記プラス一般市民
	規範的な曖昧さ（多義性）	“何が受忍可能か”など、倫理（選択の権利、自己決定権、公平性など）、QOL、リスクと便益の分配など様々な観点から見た考え方が存在する。		

## 参考文献

[1] Ortwin Renn, *Risk Governance: Towards an Integrative Approach*, white paper No 1, International Risk Governance Council (IRGC), (2005)[2] ISO31000:2009 (JIS Q31000:2010), *Risk management-Principles and guidelines*（リスクマネジメントー原則及び

指針) , (2009)

- [3] ISO9001:2015 (JIS Q9001:2015), *Quality management systems - Requirements* (品質マネジメントシステム—要求事項) , (2015)
- [4] ISO14001:2015 (JIS Q14001:2015), *Environmental management systems - Requirements with guidance for use* (環境マネジメントシステム—要求事項及び利用の手引) , (2015)
- [5] USNRC, *Effective Risk Communication: Guidelines for Internal Risk Communication*, NUREG/BR-0318, December 2004
- [6] USNRC, *The Technical Basis for the NRC's Guidelines for External Risk Communication*, NUREG/CR-6840, December 2004
- [7] USNRC, *Effective Risk Communication: The Nuclear Regulatory Commission's Guidelines for External Risk Communication*, NUREG/BR-0308, January 2004
- [8] Peter M. Sandman, *Responding to Community Outrage: Strategies for Effective Risk Communication*, the American Industrial Hygiene Association, (1993)
- [9] 第7期科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会, 安全・安心科学技術及び社会連携委員会, “リスクコミュニケーションの推進方策”, 平成26年3月27日
- [10] 独立行政法人 科学技術振興機構, 科学コミュニケーションセンター, “リスクコミュニケーション事例調査報告書”, 平成26年3月

## 附属書 I (参考)

### 問題の設定において収集する情報の例

#### 序文

問題の設定において収集する情報には、最新の科学的知見を調査することで得られる、リスク情報、国内外のプラントの運転実績などの技術情報、社会的要求など、問題の設定に必要な安全上のキーエレメントに関する情報が含まれる。

この附属書は、継続的な安全性向上活動に資する、問題の設定において収集する情報について例示したものである。

#### 1.1 調査の対象

問題を設定するための情報収集では、情報提供者の特性と、得られた情報の確からしさに留意して、情報の重要度を判断する。調査の対象には、次の1)~7)を含めることが有効である。

- 1) 対象とするプラントの安全確保活動において、反映する必要がある教訓及び／又は改善点がないかを調査する。
- 2) 他プラントの運転経験から、反映する必要がある教訓及び／又は改善点、新たな知見を調査する。
- 3) 規制活動を通じて、新たな知見及び／又は指摘を調査する。
- 4) 新しい規格基準類を利用できるかを調査する。
- 5) 新しいリスク評価技術を利用できるかを調査する。
- 6) 組織内部、及び外部のステークホルダーにおいて、プラントの設計根拠に影響する新たな科学的知見が得られているかを調査する。
- 7) 社会的な要求、及びプラントの安全性に関するステークホルダーの意見を調査する。

#### 1.2 リスク情報、国内外のプラントの運転実績などの技術情報

リスク情報、国内外のプラントの運転実績などの技術情報の例として、事業者による安全性向上評価において取り上げられた情報の例を示す。表 I.1は、九州電力（株）の川内原子力発電所2号機の安全性向上評価<sup>1)</sup>で、安全性向上の検討に資するインプット情報として取り上げられた情報の一部である。

表 I.1 安全性向上評価の中で取り上げられたインプット情報の例

分類	情報分類	情報源	情報の例
リスク情報	国内外の原子力施設の運転・トラブル実績	原子力規制委員会、米国原子力規制委員会、ニューシアトラブル情報、原子力施設運転管理年報、国内電力・運転実績調査 など	運転開始からの累積運転時間
			運転開始からの累積発電時間
			プラント停止時の余熱除去系統の累積運転時間
			外部電源喪失などの起因事象の発生件数
	国内外の調査・研究から得られたデータ	電力中央研究所の調査・研究報告、米国原子力規制委員会ガイド	運転開始からの累積臨界時間
国内外のプラントの運転実績などの技術情報	原子力施設の運転経験から得られた教訓	ニューシアトラブル情報、ニューシア保全品質情報、米国原子力規制委員会、仏国安全規制当局、国際原子力機関、米国原子力発電運転協会、世界原子力発電事業者協会、海外メーカーなど	(H25年：柏崎刈羽6号機) 定期検査中、電源切り替え作業を復旧した際、海水熱交換機エリアの電源盤の遮断機が動作しないことを確認。当該遮断機の制御回路断路部触子に塗布したグリスの経年劣化によって接触面に被膜が形成されたことが原因と推定。
			(H24年：高浜2号機) 定期検査中、原子炉補助建屋において塗装作業で余った溶剤を廃棄する際、溶剤の種類を確認せず、他の溶剤と混ぜ合わせたところ火煙が発生。
			(H25年：国外) 低出力炉物理試験において希釈操作を行った際、出力の逸脱を検出したことから制御棒操作及び希釈を止めた。しかし、希釈の継続的な効果によって出力増加したため、原子炉を手動停止した。低出力時の反応度添加中に、制御棒によって炉出力を安定できなくなる場合を想定していなかったことが原因と推定された。
			(H24年：国外) 中央制御室でドライウェル真空破壊弁を誤開放したことで、運転制限条件を逸脱した。運転員が操作手順書を置くために使用していたローリング指揮台が、移動時に当該弁スイッチに接触した。
原子力規制委員会が文書で指示した調査及び点検事項	原子力規制委員会指示内容、経済産業省旧原子力安全・保安院指示内容	(H28年4月) 保安検査における指標の収集について (指示) 安全に係る指標としてのデータなどを数年間収集して、傾向分析を行い、原子力規制事務所が年度ごとに定める実施方針及び年4回の定期の保安検査において、検査項目を選定する際の資料として活用することとしているため、指標を平成28年度から収集し、年度ごろに取りまとめ、翌年度の第一四半期までに提出すること。	

### I.3 社会的要求に関する情報

問題の設定に必要なとなる社会的な要求に関する情報の例として、バリュー・インパクト評価要求、環境影響目標を示す。

#### (1) バリュー・インパクト評価要求

米国では 1970 年代から規制影響評価に取り組んできている。フォード政権下で連邦政府が新しい規制を導入する際にはバリュー・インパクトの評価を行うことが指示され（1974 年の大統領令 11821, 1976 年の大統領令 11949）, 基準及び手順の整備が始まった。1981 年に、レーガン政権下で景気回復を目指すための規制緩和政策の一つとして導入された大統領令 12291 に基づく規制影響評価が、現在の制度の原型となっている。その後、1996 年にクリントン政権下で導入された大統領令 12866 “規制の計画立案と評価” が現在に至っている。米国原子力規制委員会（NRC）は、これら連邦政府の規制影響評価の取り組みに対応して、規制評価の制度を整備してきている<sup>[2]</sup>。

#### (2) 環境影響目標

福島第一原子力発電所事故後、原子力規制委員会は、安全目標及び性能目標に関する議論から、放射性物質の環境への放出事故に関する目標を公表した<sup>[3]</sup>。

『放射性物質による環境への汚染の視点も安全目標の中に取り込み、世界各国の例も参考に、発電用原子炉については、事故時の Cs-137 の放出量が 100 TBq を超えるような事故の発生頻度は、100 万炉年に 1 回程度を超えないように抑制されるべきである（テロ等によるものを除く）。』

原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイドでは、安全目標（性能目標）とは関係しないが、事故時の Cs-137 の放出量が 100 TBq を超える事故シーケンスの合計発生頻度を求めるとしている。

#### 参考文献

- [1] 九州電力株式会社, “川内原子力発電所第 2 号機第 1 回安全性向上評価届出書”, 平成 29 年 9 月
- [2] USNRC, *Regulatory Analysis Guidelines of the U.S. Nuclear Regulatory Commission*, NUREG/BR-0058, Revision 5, April 2017
- [3] 原子力規制庁, “安全目標と新規制基準について (議論用メモ)”, 平成 29 年 8 月 7 日

## 附属書 J (参考) 実効的な情報収集の考え方

### 序文

この附属書は、継続的な安全性向上活動に資するインプットとなる情報の実効的な情報収集について、原子力施設の耐震安全性に係る新たな科学的・技術的知見の継続的な収集及び評価への反映の仕組みとして、旧原子力安全・保安院が構築した情報収集の考え方を例示したものである。

### J.1 社会的要求に関する情報

旧原子力安全・保安院は、平成21年度に“最新の科学的・技術的知見を収集し、必要なものは原子力施設の耐震安全性評価に反映するなどして、耐震安全性の一層の向上に向けた取組を継続していくことが重要である”とし、新たな科学的・技術的知見の継続的な収集及び評価への反映の仕組みを構築した。

実効的な情報収集には、どのような情報を収集するかを決定し、収集の範囲を定め、情報の網羅性よりも、問題の設定に関連する情報、問題解決に関連する現状のプラント情報、あるべき姿の検討に係る情報に欠落がないように収集することが重要である。

情報収集フローの例として、**図 J.1**に耐震安全性に関する情報の整理フローを示す。このフローではまず、情報の収集範囲を決定し、その後抽出された情報に対して、ある一定の基準を設け、この基準によって情報を選別（スクリーニング）することで、各情報の収集の妥当性について、根拠及び合理性が担保される仕組みとなっている。各スクリーニングによって情報が分類・分別され、最終的には分類・分別ごとに情報の活用方法が決められている。

また、情報の収集範囲の例として、耐震安全性に関する収集対象を**表 J.1**に示す。

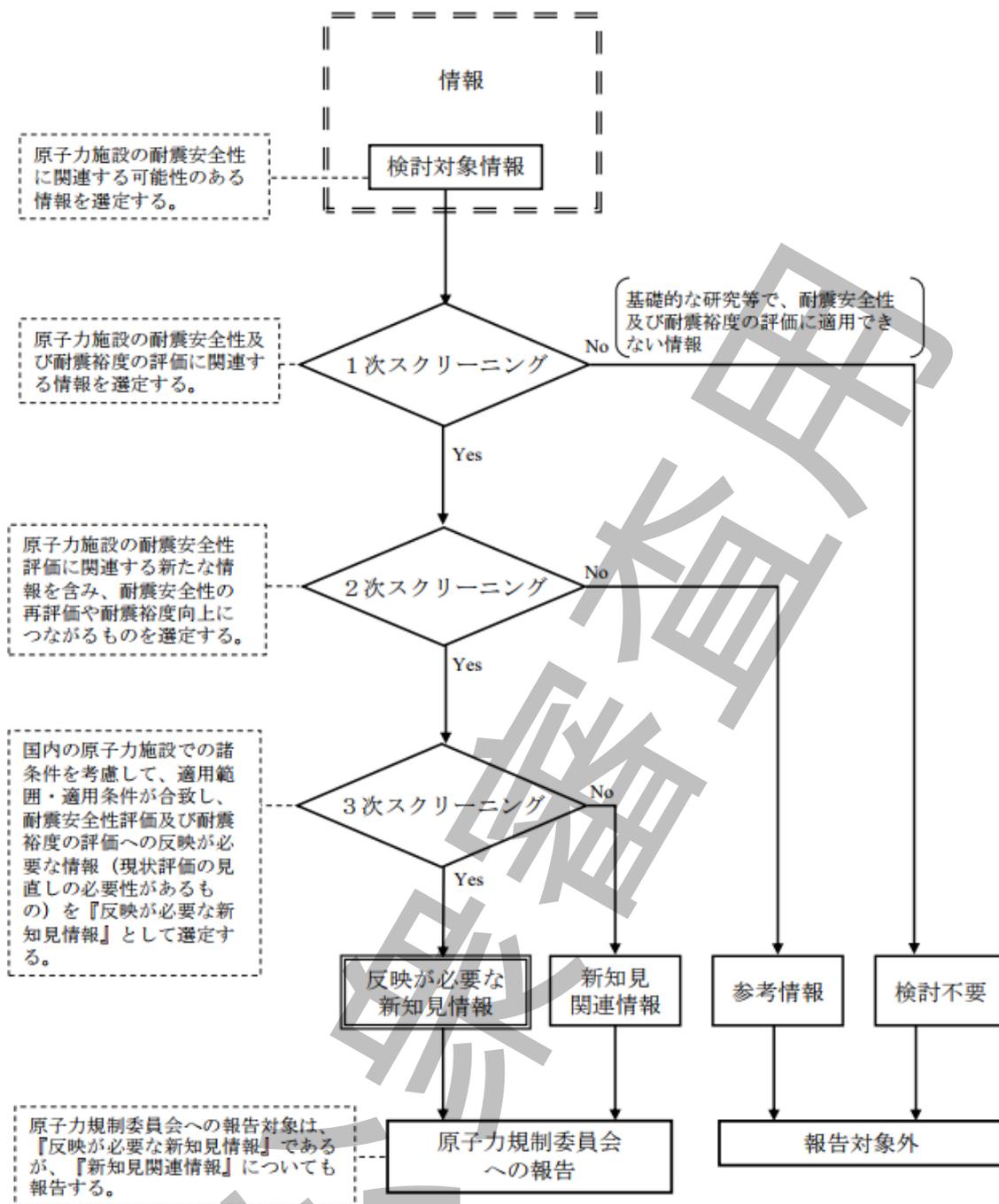


図 J.1 耐震安全性に関する情報の整理フロー  
(参考文献[1]の図-1を参考に作成)

**表 J.1 情報収集の範囲の例**  
(参考文献[1]の表-1を参考に作成)

国の機関等の報告	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地震調査研究推進本部</li> <li>・中央防災会議</li> <li>・地震予知連絡会</li> <li>・原子力安全基盤機構</li> <li>・産業技術総合研究所</li> <li>・海上保安庁</li> </ul>	学協会等の 大会報告・論文	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日本機械学会</li> <li>・日本建築学会</li> <li>・日本地震学会</li> <li>・日本地震工学会</li> <li>・日本原子力学会</li> <li>・日本活断層学会</li> </ul>
雑誌等の刊行物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地震研究所彙報</li> <li>・月刊地球</li> <li>・科学</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・日本堆積学会</li> <li>・日本学術会議</li> <li>・日本第四紀学会</li> </ul>
海外情報等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・IAEA</li> <li>・NRC</li> <li>・ASME</li> <li>・AGU (American Geophysical Union, アメリカ地球物理学連合)</li> <li>・SSA (Seismological Society of America, 米国地震学会)</li> <li>・USGS (United States Geological Survey, アメリカ地質調査所)</li> <li>・The Geological Society of London (ロンドン地質学会)</li> <li>・IUGG (The International Union of Geodesy and Geophysics, 国際測地学・地球物理学連合)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・日本海洋学会</li> <li>・日本船舶海洋工学会</li> <li>・日本自然災害学会</li> <li>・日本計算工学会</li> <li>・日本混相流学会</li> <li>・日本地すべり学会</li> <li>・日本応用地質学会</li> <li>・地盤工学会</li> <li>・土木学会</li> <li>・日本コンクリート工学会</li> <li>・日本地球惑星科学連合</li> <li>・歴史地震研究会</li> <li>・米国地震学会</li> <li>・米国地震工学会</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電力中央研究所</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子力安全推進協会</li> <li>・日本電気協会</li> </ul>

**参考文献**

- [1] 原子力安全・保安院, “原子力施設の耐震安全性に係る新たな科学的・技術的知見の継続的な収集及び評価への反映等のための取組について”, 平成22年12月16日

## 附属書 K (参考) 選択肢候補の考案における留意事項

### 序文

この附属書は、選択肢候補を考案する際に留意することを説明するものである。

### K.1 幅広い選択肢候補を考案することの重要性

複数の幅広い選択肢候補を考案することは、次の理由から重要である。

- ・ 選択肢の実行には問題及び組織の状態に応じた制約条件が存在すること
- ・ バランスを考慮したキーエレメントの重み付けの結果が意思決定時に重視するものにそぐわない可能性があること
- ・ 意思決定時に何を重視するかによって意思決定の結果が変わること

これらの選択肢候補は“何もしない”から、“問題を完全に排除”若しくは“合理的に受容可能なレベル”まで幅広く考案する。

### K.2 制約条件にかかわらず検討することの重要性

選択肢候補の検討は、最初から選択肢を狭めることをしないことが重要である。

- ・ 採用されないだろうと思いつくこと、非現実的であると思いつくこと、などの理由で最初から候補から排除しないこと、結論ありきとならないようにすることが重要である。
- ・ 実行可能かどうかの制約条件には、技術的課題、制度的課題、資源的課題、社会的課題が含まれる。
- ・ 現状では基準を満足しない対策であっても、基準を見直すことで新たな対策が可能となり安全性がより向上するならば、選択肢候補となり得る。この場合は、安全性向上につながる基準の見直しを働きかける必要がある。

**注記** ここでは、選択肢候補を幅広く考案することを目的に、このような考え方を示している。

“実行可能性を問わず考案”としているが、全く荒唐無稽な対策、SFの世界に登場するような対策を求めているわけではない。現時点では開発段階の技術、研究段階の現象を踏まえた対策も逃さずに考案すること、制約条件が変化した場合に実行可能となる対策、真に安全性向上につながる対策の考案が目的である。

一方で、複数の選択肢候補を考案した後、選択肢を選定するために評価（スクリーニング）を行う。この評価（スクリーニング）を念頭に置いてしまうと、どうしても幅広い考案を妨げることになるため、選択肢候補の考案と選択肢の選定は区切って検討する。

### K.3 幅広い選択肢候補の考案の進め方

選択肢候補を考案する際に、次のような進め方も有効である。

- ・ 問題に対して、その原因（起因）を排除又は抑制する対策、その影響を緩和する対策又は波及し

ないようにする対策を検討する。

- ・対策の設備対応を行う場合、現有設備を活用する対策、設備を追加する対策が考えられる。手動起動とする場合は、異常の検知、判断を含めた手順書が必要になる。自動起動とする場合は、作動ロジックの検討、誤起動を防ぐ検討が必要である。また、追加設備は既存設備への悪影響を考慮した対策の成立性に配慮する必要がある。
- ・対策の実施によって、2 次的な影響が生じる場合があるので注意が必要である。
- ・国内外のトラブル情報、良好事例、新知見などを調査して対策を検討する。このために、利用可能な知識ベースを強化すること、情報・ガイダンスを提供することが考えられる。
- ・問題に応じて、リスクとその影響の大きさは不確かさを有する。リスクに対する目標を設定して対策を検討することも重要である。

#### K.4 選択肢の選定のため選択肢候補の考案を行う意義

幅広い選択肢候補を用意することは重要であるが、実行可能性が小さい多数の選択肢候補を **7.4 統合的な分析** で評価することは現実的でない場合があり、**7.3 選択肢の選定** において、複数の選択肢候補を考案して、その中から選択肢を選定するとした。

問題の対策を考案する際に、制約条件などの実行可能性を踏まえ、ある程度評価（スクリーニング）するという考え方である。

分科会の審議においては、評価（スクリーニング）を念頭に置いてしまうと、どうしても幅広い考案を妨げることになる懸念もあり、**7.3 節**を“実行可能性を問わず考案”するまでとし、**7.4 節**において評価（スクリーニング）を行うとして、明確に節を分けて記載するという議論もあったが、最終的には、**7.3 節**内の作業ステップを明確に分割して説明・要求することで、規定の意図は伝わると判断した。

## 附属書 L (参考) 選択肢の選定における留意事項

### 序文

この附属書は、選択肢を選定する際に留意することを説明するものである。

#### L.1 調査する制約条件

選択肢候補の実行可能性を検討するために、選択肢候補について、次のような制約条件（技術的、制度的、資源的、社会的）を調査する。

- 1) 技術的な制約条件（例えば、研究・開発、及び現場工事の難易度など）
- 2) 制度的な制約条件（例えば、基準適合性、法律上の制約など）
- 3) 資源的な制約条件（例えば、実施に必要な時間・スペース、実施可能な時期、及び実施に必要なコスト（費用、人材）など）
- 4) 社会的な制約条件（例えば、社会情勢及び／又は安全性への社会的価値観の変化、自治体など外部ステークホルダーの立場からの意見など）

#### L.2 選択肢の選定に当たり留意する事項

- ・ 詳細なリスク抑制効果、不確かさの評価は **7.4 統合的な分析**で行うため、選択肢候補の制約条件を踏まえ検討する。
- ・ 制約条件によって、選択肢候補の実行が困難、若しくは実行することによってデメリットが大きくなる可能性があることを検討に加える。
- ・ 選択肢は一つだけでなく、複数（少なくとも三つ）の選択肢を選定する。
- ・ 意思決定時に何を重視するかによって意思決定の結果が変わるため、選択肢の選定に当たり何らかの重み付けをすることは適切ではない。

#### L.3 選択肢候補の中で注記を残す事項

制約条件が変化した場合に実行可能となる対策、中長期の研究・開発を要する対策、将来を見据えた対策のうち、大きなメリットが見込める対策は、注意喚起を促すために注記を残す。

**注記** 例えば、数年後の大規模改修とあわせて実行することで、制約条件の解消が容易になる、より実効的な対策が可能になる、などの場合

## 附属書 M (参考) 深層防護の堅持の確認の考え方

### 序文

この附属書は、深層防護の堅持の確認の考え方として、防護レベルの対策を受け持つ系統、機器などの整理方法を示すとともに、深層防護の堅持の各確認項目での留意事項及び具体的な確認事例を示す。

### M.1 防護レベルの対策を受け持つ系統、機器などの整理方法

各防護レベルでの要求機能を受け持つ系統、機器などの整理においては、次の文書に記載されている情報などが利用可能である。

- ・ 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則
- ・ 発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針（旧原子力安全委員会安全審査指針）
- ・ 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針（同上）
- ・ 原子炉設置許可申請書
- ・ 保全計画
- ・ 保安規定

### M.2 深層防護の堅持のうち防護レベル間のバランス及び独立性の確保

#### a) 留意事項

- 1) リスク情報を活用した安全確保活動の変更の結果として、防護レベル間の信頼性の相対的なバランスが損なわれる可能性については、バランスの損なわれる期間の長短ではなく、バランスが損なわれることの深層防護に対する影響が軽微なことを確認する。
- 2) 異なる防護レベルを受け持つ対策の機能維持の能力を向上させる変更を合わせて行う場合など、深層防護の観点で防護レベル間のバランスを有意に損なう場合があることに注意する。

**b) 米国における評価例（許容待機除外時間延長の場合の評価例）** 保安規定の許容待機除外時間（以下、“AOT”という）を延長する場合、それによる各防護レベルの要求機能の信頼性低下が十分抑制されていることを、例えば、次の観点から確認する。

- ・ 代替手段を設けている（多様性及び独立性を強化する）こと
- ・ AOTを延長する系統、機器の不作動を仮定しても決定論的安全評価の判断基準を満足することを示すこと

AOTの延長申請は、防護レベルのうち“異常の拡大防止”及び“影響の低減”に関連する。これらの防護レベルの信頼性確保は、その要求機能を有する系統、機器に多重性又は多様性及び独立性を確保することによって達成される。AOTの延長は、要求機能を有する系統、機器の多重性が低下している期間を増加させるが、そのことによる“異常の拡大防止”及び“影響の低減”の信頼性低下が十分抑制されることを確認する。関係する防護レベルの信頼性低下を十分抑制することを以って、防護レベル間のバランスが維持されることを確認する。アンアベイラビリティなど、当該設備の機能維持の能力への影響を定量的に検討したものはなく、**M.4**に示す多重性又は多様性及び独立性の確保への対応に力点を置いている場合が多い。

- 1) **Columbia発電所の非常用DGのAOT延長申請（2004.5）**<sup>[1]</sup> DGは非常用電源の供給機能を有し、その信頼性は防護レベルのうち“異常の拡大防止”及び“影響の低減”に影響する。非常用電源供給の代替手段として480Vの小規模代替電源による直流電源確保が講じられているなど、関連する防護レベルの要求機能を遂行する手段が多数ある。このため、関連する防護レベル間のバランスについて明確な記載はないが、1台のDGが待機除外した場合でも信頼性低下は小さく、防護レベル間のバランスは維持される。また、事故時に安全機能を遂行し、放射性物質の放出を防止する多数の手段があるとしている。
- 2) **BFN-2発電所のECCSのAOT延長申請**<sup>[2]</sup> ECCSは防護レベルのうち“影響の低減”に影響する。当該申請は単一の注水・熱除去サブシステムの限定的なAOT延長に係るものであり、多重性又は多様性及び独立性に対する影響も限定的である。このため、当該申請は“影響の低減”の信頼性を著しく損なうものではなく、防護レベル間のバランスは維持される。
- 3) **South Texas Project発電所の補助給水ポンプのAOT延長申請（2001.12）**<sup>[3][4]</sup> 補助給水系は原子炉停止後の除熱機能を有し、防護レベルのうち“異常の拡大防止”及び“影響の低減”に関連する。4系統設計なので、補助給水系のAOT延長に係る当該申請がこれらの防護レベルの信頼性に与える影響は小さく、防護レベル間のバランスが維持されている。
- 4) **Diablo Canyon発電所の非常用DGのAOT延長申請（2003.5）**<sup>[5]</sup> DGは非常用電源の供給機能を有し、その信頼性は防護レベルのうち“異常の拡大防止”及び“影響の低減”に影響する。1台のDGが待機除外となった場合においても、外部電源喪失時に要求される安全機能を受け持つ手段がプラントの実力としては常に2種類以上あり、これらの防護レベルの信頼性に対する影響は小さい。したがって、防護レベル間のバランスが維持される。

### M.3 深層防護の堅持のうち管理的手段への過度な依存の回避

- a) **管理的手段に過度に依存しないことを示す例** 保安規定に既に定められているような措置（例えば、高圧注入系の1系統のポンプ機能が喪失した場合、残りの系統のポンプを起動し、動作可能であることを確認する）を行うことで、深層防護を堅持する方法が考えられる。
- b) **米国における評価例（AOT延長の場合の評価例）** 設備対応による補償措置を実施している例があり、管理的手段に過度に依存しないことを示す事例として参考となる。
  - 1) **Columbia発電所の非常用DGのAOT延長申請（2004.5）**<sup>[1]</sup> 補償措置として代替AC電源の追設を提案している。この申請は代替手段の追設によって系統・機能の信頼性を確保するものであり、管理的手段には依存しない。

### M.4 深層防護の堅持のうち多重性又は多様性及び独立性の確保

- a) **留意事項** リスク情報を活用した安全確保活動の変更の結果として、多重性又は多様性及び独立性が損なわれる可能性については、それが損なわれる期間の長短ではなく、その設備構成の変更が深層防護に与える影響が軽微であることを確認する。

ある起因事象について、その発生頻度が大きくなるほど防護レベルに対してより多くの多重性又は多様性が求められる。同様に、ある起因事象について、その影響が大きくなるほど防護レベルに対してより多くの多重性又は多様性が求められる。さらに、ある起因事象について、発生頻度又は影響の不確かさが大きくなるほど防護レベルに対してより多くの多重性又は多様性が求められる。

- b) **米国における評価例（AOT延長の場合の評価例）** 多重性によって担保していた機能が損なわれたとしても、別途多様性によって二つ以上の機能確保の手段があることを示すことで、多重性又は多様性及び独立性が

確保されるとしている。また、多様化手段の有効性を解析によって示している例もある。

例えば、AOTをリスク情報を用いて延長する場合、それによる各防護レベルの要求機能の信頼性低下が、代替手段の確保などの多重性又は多様性及び独立性を確保することで抑制されていること又は安全解析などの条件に包絡されることなどを確認する。

- 1) **Columbia発電所の非常用DGのAOT延長申請 (2004.5)** <sup>[1]</sup> 保守対象のDGを除く残りの電源は、適切な独立性、容量及び裕度をもって設計されているとしている。また、非常用電源供給の代替手段として480Vの小規模代替電源による直流電源確保が講じられており、1台のDGを待機除外した場合においても非常用電源供給機能の信頼性低下は小さいとしている。
- 2) **BFN-2発電所のECCSのAOT延長申請**<sup>[2]</sup> 運用管理によって、サイト内の待機システムに影響を与える事象の頻度・影響に見合ったシステムの多重性又は多様性及び独立性が維持される。多重性又は多様性及び独立性の原則を損なうような機器の同時待機除外を制限している。
  - ・全てのプラント運転モードにおける計画的な保守に関して、手順書化されたリスク情報を活用した手法を用いている。これによって、リスクに感度がある機器の待機除外を制限している。(リスクのしきい値、待機除外期間を短縮するなどのリスク管理活動内容が記載されている。)
  - ・悪天候が予想される場合、若しくはプラントが他の異常状態に陥る可能性がある場合、電源系統の信頼性低下を招く可能性があるため、機器待機除外は計画しない。
- 3) **South Texas Project発電所の補助給水ポンプのAOT延長申請 (2001.12)** <sup>[3][4]</sup> 補助給水ポンプのAOT延長によって、新たな事故及び異常な過渡変化が発生することはなく、AOT延長前に想定していた事故及び異常な過渡変化の発生の可能性も増加しないとしている。また、本変更によって多重障壁の独立性が損なわれることはないとしている。
- 4) **Comanche Peak発電所の非常用DGのAOT延長申請** <sup>[5]</sup> システムの多重性又は多様性及び独立性は、システムに問題が発生する頻度及び結果に見合って維持される。たとえ1台の非常用DGが待機除外となったとしても、複数の代替手段があり、非常用電源供給機能の信頼性の低下は小さい。
- 5) **Diablo Canyon発電所の非常用DGのAOT延長申請 (2003.5)** <sup>[6]</sup> DG1台の待機除外を想定した場合においても、外部電源喪失時の要求機能を有する手段を複数確保できることを示し、電源系統の信頼性低下が十分小さいことを確認している。
- 6) **Braidwood, Byron発電所のエッセンシャルサービス水系のAOT延長申請 (2003.6)** <sup>[7]</sup> エッセンシャルサービス水系の冗長性の低下を補う代替手段として、消火水を充てんポンプの冷却水に使用することで、RCPシールLOCA発生の脅威を小さくする対応を図ることによって、当該系統の信頼性低下が小さいことを示している。また、確保された代替手段の有効性は解析で確認している。

#### M.5 深層防護の堅持のうち共通原因故障に対する防護対策

a) **米国における評価例 (AOT延長の場合の評価例)** AOTの延長の場合、新たな共通原因故障の可能性は考え難いとしている。

- 1) **Columbia発電所の非常用DGのAOT延長申請 (2004.5)** <sup>[1]</sup> 新たな共通原因故障の発生及び既知の共通原因故障に影響を及ぼすものではないとしている。
- 2) **BFN-2発電所のECCSのAOT延長申請**<sup>[2]</sup> 変更案による安全関連システム・機器・負荷の追加又は削除はなく、また、RHRの設計・機能の変更はない。したがって、共通原因故障の可能性は増加しないとしている。
- 3) **Comanche Peak発電所の非常用DGのAOT延長申請** <sup>[5]</sup> 変更によって新たな共通原因故障は生じず、従

来考慮されていた共通原因故障に対する防護対策を損なわないとしている。

- 4) **Diablo Canyon発電所の非常用DGのAOT延長申請 (2003.5)** <sup>[6]</sup> 変更によって新たな共通原因故障は生じないとしている。
- 5) **Braidwood, Byron発電所のエッセンシャルサービス水系のAOT延長申請 (2003.6)** <sup>[7]</sup> 変更によって新たな共通原因故障は生じないとしている。

## M.6 深層防護の堅持のうち人的過誤に対する防止対策

a) **人的過誤の防止対策の確認の例** 人的過誤による影響を緩和するための対策を講じなければならないのは、例えば複数の防護レベルの機能を有する系統、機器などを対象に安全確保活動を変更する場合において、当該機能の維持のために複雑な運転員操作を伴う運転手順を新たに整備することによって新たな人的過誤が想定され、複数の防護レベルの機能維持に影響する場合である。

b) **米国における評価例 (AOT延長の場合の評価例)** AOTの延長の場合、新たな人的過誤は考え難いとしている。また、設備対応による補償措置に対して適切な防護がなされていることを記載した例があり、補償措置の大幅な強化を伴う場合の対応として参考となる。

- 1) **Columbia発電所の非常用DGのAOT延長申請 (2004.5)** <sup>[1]</sup> 代替AC電源に関する新たな機器操作が増えるものの、適格な (qualified) 人員によって操作・保守が行われることから、人的過誤に対する防止対策も確保されるとしている。
- 2) **BFN-2発電所のECCSのAOT延長申請**<sup>[2]</sup> 変更案による想定事象に対する対応操作への影響はない。したがって、人的過誤に対する防止対策は維持されるとしている。
- 3) **Comanche Peak発電所の非常用DGのAOT延長申請**<sup>[3]</sup> 非常用DGの運転及び保守において適切な人員に訓練を行い、出力時、停止時を問わず、適格な人員が非常用DGの補修及び分解修理を実施する。  
人的過誤に対する適切な防止対策が維持されており、これらの変更が新たな運転員操作を必要としないため、新たな人的過誤が発生する可能性はないとしている。

## 参考文献

- [1] Energy Northwest, "Columbia Generation Station, Docket NO.50-397 Application for Amendment of Facility Operating License NO.NPF-21 for Extension of Diesel Generator Completion Time", May 19, 2004
- [2] TVA-BFN-TS-452, "Browns Ferry Nuclear Plant (BFN) Unit 2 – Technical Specification (TS) Change TS 452 – Revision to Low Pressure Emergency Core Cooling System Allowed Outage Time", April 26, 2005
- [3] STP Nuclear Operating Company, "South Texas Project Units 1&2 Docket No. STN 50-498 and STN50-499 License Amendment Request – Proposed Amendment to Technical Specification 3.7.1.2", December 3, 2001
- [4] STP Nuclear Operating Company, "South Texas Project, Units 1 & 2 – Response to Request for Additional Information (AC Nos. MB3586 & MB3590)", August 29, 2002
- [5] TXU Electric, "Comanche Peak Steam Electric Station (CPSES) Docket NOS.50-445 and 50-446 License Amendment Request (LAR) 01-06 Revision to Technical Specification, Extension of Allowable Completion Times and Surveillance Requirement Change for Emergency Diesel Generators, Qualified Offsite Circuits, and AC Electrical Power Distribution Subsystem", April 25, 2001
- [6] Docket No.50-275, 50-323, License Amendment Request 03-06 Revision to Technical Specification 3.8.1, "AC Sources - Operating", May 29, 2003
- [7] Docket No.50-454, 455, 456, 457, Request for a License Amendment for a One-Time Extension of the Essential

Service Water Train Completion Time, June 11, 2003

公用工程组

## 附属書 N

### (参考)

### 安全余裕の確保の確認の考え方

#### 序文

この附属書は、安全余裕の確保の確認の考え方として、安全余裕の考え方を示すとともに、安全余裕の確保の確認での留意事項及び具体的な確認事例を示す。

#### N.1 安全余裕の考え方について

原子力発電所は、不確実さを考慮してもなお十分な保守性 (conservativeness) をもつよう、安全余裕をもつことを現行の安全規制の枠組みの中で確認している。ここでは、この安全余裕の考え方について説明する。

安全余裕とは、ある設備などに発生する荷重などの予測最大値と、その設備が損傷又は機能喪失する値との差である。

一方、“原子力発電所の安全規制への「リスク情報」活用の基本ガイドライン (試行版)” (原子力安全・保安院 平成18年4月) (以下、“基本ガイドライン”という。) では、“確保する必要がある安全余裕として、例えば、系統機器などにかかる温度、圧力などの許容基準に照らした余裕、許容基準それ自体が有する余裕、これらを評価する安全解析における手法、データなどの有する余裕などがある。また、例えば、系統の多重性又は多様性及び独立性を十分確保することも安全余裕の確保の一つである。”と述べられている<sup>1)</sup>。

CSNIの報告書<sup>2)</sup>では、安全余裕を“損傷までの余裕” (Margin to failure) と表現しており、更にその余裕を規制許容基準 (図N.1中ではSafety Limitと表現) と比較して、“規制者が管理する余裕” (Margin controlled by regulator) 及び“電気事業者が使用できる余裕” (Margin available to licensee) の二つに分ける考え方が示されている (図N.1参照)。

このように安全余裕は、設定する問題及び検討する選択肢によって、対象とする範囲が変わる場合があるが、この標準における“安全余裕の確保の確認”の評価尺度は“許認可における規制許容基準”とし、CSNI報告書の定義における“電気事業者が使用できる余裕が確保されている”が確保されていることを確認するものとした。ただし、これは入力値の保守性の維持、又は評価結果の不確実さの考慮が前提となる。

また、基本ガイドラインでは、“系統の多重性又は多様性及び独立性を十分確保することも安全余裕の確保の一つである。”と述べられているが、これに対しては、本体7.4.3 c) 1) において深層防護の堅持を確認し、これらを合わせて決定論的考慮事項を構成することになっている。

**注記 1** “許認可における規制許容基準”が設定されていない場合は、図 N.1 における“Safety Limit”をあらかじめ設定した上で、検討を行うこととなる。

**注記 2** “許認可における規制許容基準”の変更を意思決定における選択肢とすることがある。この場合の“安全余裕の確保の確認”では、変更後の“許認可における規制許容基準”を対象とした評価を行うこととなる。

表N.1 安全余裕の例及び分類

基本ガイドラインの安全余裕の例	CSNI報告書の安全余裕の分類	備考
系統, 機器などにかかわる温度, 圧力などの許容基準に照らした余裕	電気事業者が使用できる余裕	
許容基準それ自体が有する余裕	規制者が管理する余裕	
評価する安全解析における手法, データなどの有する余裕など	電気事業者が使用できる余裕	
系統の多重性又は多様性及び独立性を十分確保すること	電気事業者が使用できる余裕	本体7.4.3 の C1)で検討対象とする

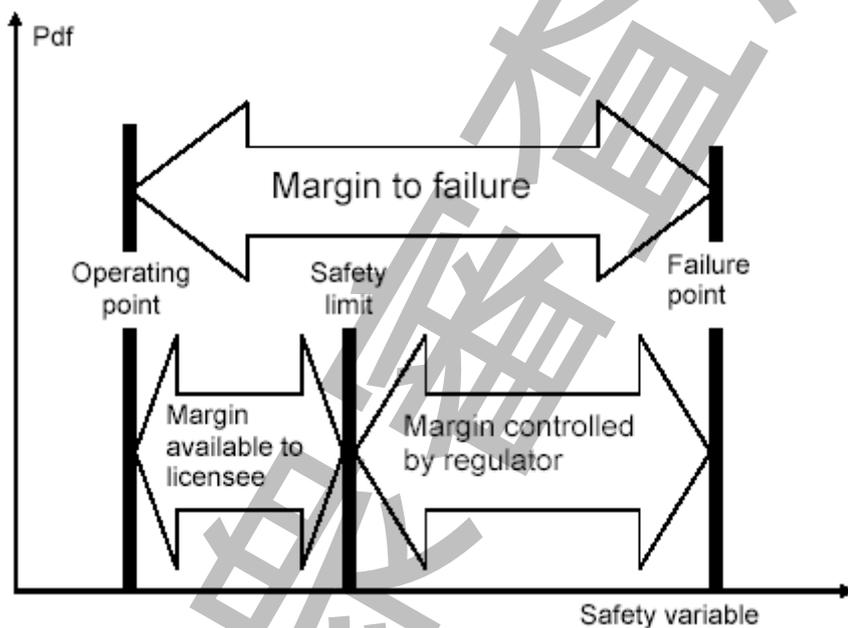


図 N.1 安全余裕における“規制者が管理する余裕”と“電気事業者が使用できる余裕”<sup>[2]</sup>  
(参考文献[2]の Figure 6-1 を転載)

## N.2 安全余裕確保の確認の例

安全余裕の確保では, 設備変更などの選択肢の内容と許認可との関係を確認し, 関係がある場合には安全余裕が確保されていることを確認する。“許認可における規制許容基準”を超えないものの, 余裕が少なくなる方向に変化が大きい場合には, 規制上の議論への影響などを鑑みた上で, 基準を超えないものの安全余裕の確保が不十分であると判断することがあり得る。

なお, 次に, 安全設計の基本方針の妥当性確認における検討プロセスの例を示す。

- ・ 特定された規制規則類における要求事項に基づく評価パラメータを特定する。
- ・ 解析条件の変更項目を特定する。

- ・ 変更項目の解析結果（評価パラメータ）への影響を分析する。
- ・ 上記の影響分析によって安全余裕が低減する可能性がある場合は解析による確認をする。

#### 参考文献

- [1] 原子力安全・保安院，“原子力発電所の安全規制における「リスク情報」活用の基本ガイドライン（試行版）”，平成18年4月
- [2] Nuclear Energy Agency Committee on the Safety of Nuclear Installations, *Task Group on Safety Margins Action Plan (SMAP), Safety Margins Action Plan - Final Report*, NEA/CSNI/R(2007)9, (2007)

## 附属書 O (規定) PRA などの定量的なリスク評価の実施

### 序文

この附属書は、統合的な分析においてPRAなどの定量的なリスク評価を行う場合の規定を示すものである。

### O.1 PRAの範囲

選定した選択枝を実施した場合のリスク影響を評価できるように、PRAで評価する範囲のうちプラント状態と評価対象事象（内的事象及び外的事象）を選定する。

選定した選択枝を実施したことによってリスクの増加が考えられる場合において、特定のプラント状態若しくは特定の評価対象事象での当該変更に伴うリスクの増加がないこと、又はリスクに対する当該変更の影響が限定的であることを、定性的な検討、又は定性的な検討と定量的な評価との組合せで示すことができる場合には、それらのプラント状態又は特定の評価対象事象をPRAで評価する範囲に含めなくてもよい。リスクに対する当該変更の影響がないこと、又はリスクの増加が限定的であることを示せない場合、そのプラント状態若しくは評価対象事象をPRAで評価する範囲に含めるか、簡易的な手法を用いた保守的な評価によって当該変更によるリスクの増加量の定量的な評価を行う。評価対象事象についてPRAの範囲を限定した例を**附属書PのP.1**に示す。

PRAの評価レベルについては、少なくとも、レベル1PRAの炉心損傷頻度（以下、“CDF”という。）及び／又はレベル2PRAの内の格納容器機能喪失頻度（以下、“CFF”という。）による定量的な評価をその範囲に含める。ただし、選択枝の実施によってリスクが増加する場合においてCFFの増加量が明らかに判定基準を満たす場合、又は選択枝の実施によるCFFへの影響が小さいと考えられる場合には、CFF評価を定性的な検討に留めてもよい。また、評価目的によって必要な場合にはレベル2PRA、レベル3PRAによる定量的な評価もその範囲に含める（**附属書PのP.2**参照）。

なお、この附属書では炉心損傷に起因したリスク（以下、“炉心リスク”という）を対象としているが、使用済燃料プール内の燃料損傷などの炉心リスク以外のリスクを対象とする場合も、この附属書における基要件の大部分は同様に適用できるものである。この場合は、対象とするリスクの特徴を踏まえた上で、**7.4 統合的な分析**において扱うキーエレメントのバランスを調整して、その際の判断基準を適切に設定することによって、この附属書における要件を使用することができる。

### O.2 リスク指標の選定及び評価

選択枝の実施によるリスク影響を評価する評価目的に応じて、次の**a)～c)**に分類した指標のうちから、適切なリスク指標を選定する。ここに挙げた指標以外の適切な指標があれば、それを用いてもよい。ただし、選択枝の実施によってリスクの増加が考えられる場合は、少なくとも**a)**及び**b)**を選定する。**O.1**における範囲でのPRAを実施して、選定したリスク指標についての評価を行う。

**a) リスクの絶対値に関する指標** 原子力発電所のリスクの程度を絶対値で評価する場合に、次に示す指標を適用する。【**解説17 リスク指標としての格納容器機能喪失頻度（CFF）** 参照】

- － CDF
- － CFF

**b) リスクの変化量又はリスクの変化割合に関する指標** 原子力発電所のリスクが、選択肢の実施によってどのように変化するかを評価する場合に、次に示す指標から選択して適用する（附属書PのP.3参照）。

- －  $\Delta CDF$ ,  $\Delta CDF/CDF$ ,  $ICDP$ ,  $ICFP$
- －  $\Delta CFF$ ,  $\Delta CFF/CFF$ ,  $ICFP$ ,  $ICCFP$

この指標による評価においては、指標の評価値自体の把握に加えて、選択肢の実施によって影響を受ける事故シナリオ、及びそのシナリオに係る評価上の仮定と不確かさ因子を特定して、その因子がリスク指標の評価値に与える影響の程度の把握も行う。

**c) リスク重要度に関する指標** 評価対象のリスクに対する感度又は寄与割合を表す構築物、系統及び機器の定量的なリスク重要度を活用して、選択肢の実施の優先順位などの設定を行う場合に、次に示す指標を適用する（附属書PのP.4参照）。

- － リスク増加価値
- － Fussell - Vesely重要度
- － リスク低減価値
- － Birnbaum重要度
- － クリティカリティ重要度

ただし、上記以外のリスク重要度に関する指標が有用な場合には、その指標を用いてもよい。

### 0.3 PRAの品質

**a) PRAモデルの詳細さ** 評価に使用するPRAが、選択肢の実施によるリスク影響を評価できる詳細さを有することを確認する。また、選択肢の実施によってリスクが増加し、0.4に示すリスクの絶対値及びリスクの変化に関する指標による判定を行う場合で、変更の影響を詳細にモデル化することが困難なときには簡易なモデルとすることも可能である。ただし、その場合には、リスクの増加量を保守的に評価するモデル化としなければならない。

**b) 該当リスク評価標準の準拠** PRAの結果を規制対応に活用する場合、当該のPRAが、日本原子力学会標準委員会が発行するリスク評価標準に準拠していることを確認する。

**c) PRAモデルの品質確保** 評価に使用するPRAの品質を確保するために実施する品質保証活動、専門家判断の活用及びピアレビューに関しては、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の品質確保に関する実施基準”に従う。

**d) PRAモデル、パラメータなどの妥当性** 評価に使用するPRAに対応する標準がある場合は、標準で規定している項目ごとにPRAモデルが要件を満足していることを確認し、対象とするPRAにおけるモデル、パラメータなどの妥当性を示す。評価に使用するPRAに対応する標準がない場合は、既存の関係する標準の適用可能な箇所を使用する、又は海外の標準を引用するなどの代替の方法を採り、その妥当性を示した上で、代替の方法を用いて対象とするPRAにおけるモデル、パラメータなどの妥当性を示す。

リスクの変化量又はリスクの変化割合に関する指標を適用する場合には、評価に使用するPRAにおいて、選択肢の実施によるリスク影響を受ける範囲以外の評価モデルについては、次の要件を満たせば対応する標準の要求事項を完全には満足しなくてもよい。

- － 感度解析又は定性的な検討によって、モデル及びパラメータなどの評価条件が十分でない不完全さの影響を評価し、リスクの絶対値が過度に非保守性を有して評価されていないこと、及びリスクの変化量又はリスクの変化割合が過小評価されていないことを確認する。

**e) PRAの評価結果の妥当性** PRAの結果の分析を行い、0.2で選定したリスク指標での評価値における支配的

な因子を特定し、その因子が評価値に与える寄与が定量的又は定性的に説明できることを確認する。

主要な不確実さ因子を特定し、不確実さ解析、感度解析を実施して、その因子がリスク指標での評価値に与える影響の程度を把握する。ただし、選択肢の実施によって影響する系統・機器が限定的なものを対象とするなどの理由によって、不確実さが大きな影響を与えないと説明できる場合は、不確実さ解析及び感度解析は省略することもできる。

#### **O.4 リスク指標に関する判定基準（解説16 参照）**

選択肢の実施によってリスクが減少する場合は、**O.2**で選定したリスク指標の減少程度を比較することによって、リスクの観点で選択肢の優先順位付けを行う。選択肢の実施によってリスクが増加する場合は、**O.2**で選定したリスク指標の増加程度を比較することを行い、加えて、各指標において、次の判定基準による評価を行う。

**a) リスクの絶対値に関する指標の判定基準** 選択肢の実施後の内的事象及び外的事象を含むリスクの合計値が性能目標を満足することを確認する。（以下，“性能目標への適合性確認”という。）また、評価対象事象ごとのリスク及びその不確実さの度合いについても確認を行い、リスクの合計値への寄与度などに関する分析も行う。性能目標への適合性確認については、**b)**に示すリスクに対する判定基準を適用する場合に必要となる。

**b) リスクの変化に関する指標の判定基準** 選択肢の実施後のリスクが実施前より増加する場合、リスクの変化に対する判定基準と比較する。リスクの変化に対する判定基準との比較は、内的事象及び外的事象を含むリスクの変化量に支配的な寄与を有する可能性がある事象について、リスクの変化の合計値を用いて行う。また、評価対象事象ごとのリスクの変化及びその不確実さの度合いについても確認を行い、リスク変化の合計値への寄与度などに関する分析も行う。

当該変更に伴うリスクの増加が限定的である事象については、リスクの合計値に対する選択肢の実施の影響が限定的であることを、定性的な検討、又は定性的な検討と定量的な評価との組合せで示すことで、リスクの増加量の定量的な評価を省略することができる（**附属書QのQ.1d**参照）。

**1) リスクに対する判定基準** リスクが増加すると考えられる場合、リスク変化量を、CDF及びCFFの両方の判定基準（**図O.1**及び**図O.2**）と比較し、該当する領域を判定する。判定基準は、次の4領域に分けられる。

領域I: リスクの増加は許容されない。

領域II: リスクの増加は小さく、統合的意思決定に進む。ただし、次の2分類に基づく対応を実施する。

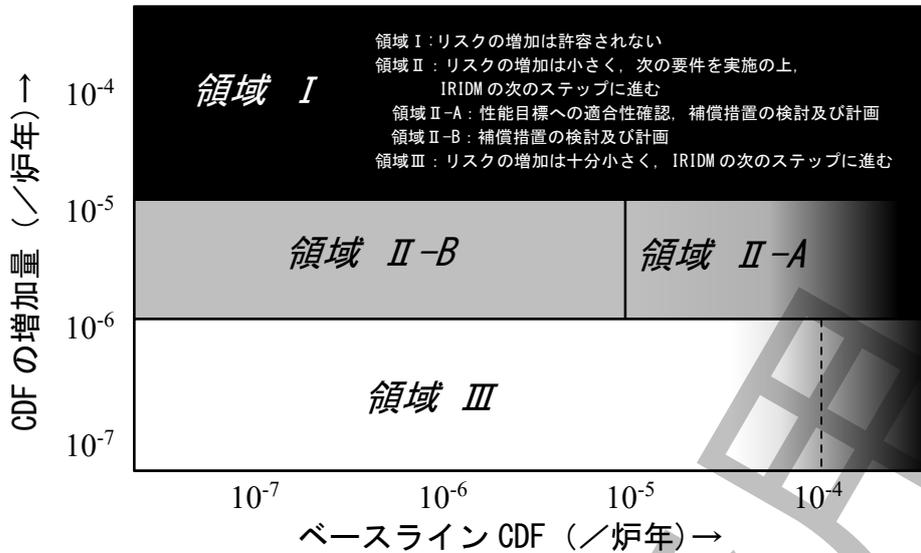
領域II - A: 性能目標への適合性確認を行うとともに、選択肢の実施に伴うリスクの増加を抑制する補償措置を検討し、計画する（補償措置を実施する必要がある）。

領域II - B: 選択肢の実施に伴うリスクの増加を抑制する補償措置を検討し、計画する（補償措置を実施する必要がある）。

領域III: リスクの増加は極めて小さく、統合的意思決定に進む。

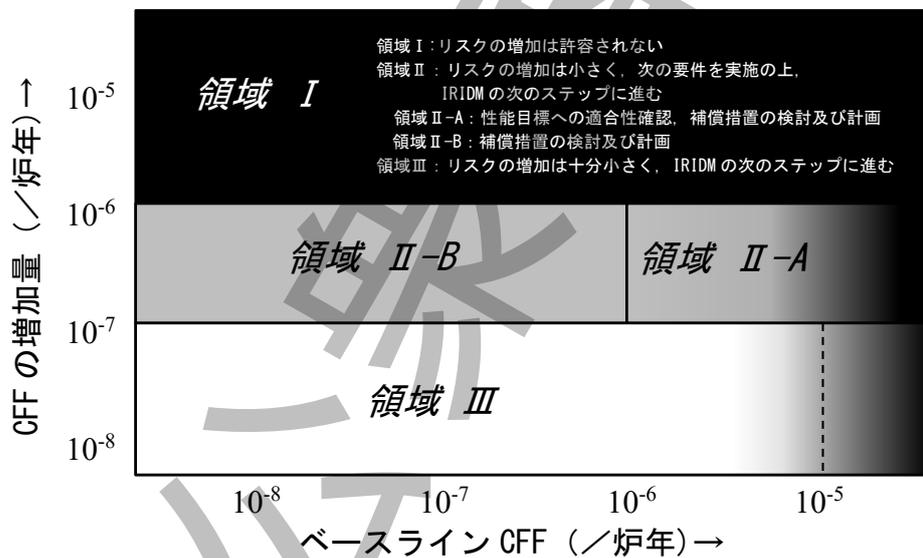
**2) 判定基準との比較に係る留意事項** 判定基準との比較に当たっては、PRAから得られる評価結果の平均値を用いてリスクの合計値を得る（**附属書QのQ.1a**参照）。また、評価対象事象ごとで、それぞれの評価特徴を考慮した上で、選択肢の実施によって影響を受ける事故シナリオ、並びに当該シナリオに係るリスク評価上の不確かさ及び仮定を把握し、判定基準との比較結果の妥当性を確認する（**附属書QのQ.1b),c)**参照）。





- 注a) 内的事象及び外的事象を含むリスクに対して適用し、図 0.2 と併用する。
- 注b) 性能目標案の趣旨を踏まえ、許容されないベースライン CDF の境界は濃淡で示している。
- 注c) ベースライン CDF (横軸) は選択肢の実施前の CDF、CDF の増加量 (横軸) は選択肢の実施後の CDF とベースライン CDF の差とする。
- 注d) 評価結果が本図の範囲外である場合には、領域の境界線を直線外挿する。
- 注e) 領域 III において CDF の増加量がベースライン CDF を上回る場合には、補償措置を検討する。

図 0.1 CDF の判定基準



- 注a) 内的事象及び外的事象を含むリスクに対して適用し、図 0.1 と併用する。
- 注b) 性能目標案の趣旨を踏まえ、許容されないベースライン CFF の境界は濃淡で示している。
- 注c) ベースライン CFF (横軸) は選択肢の実施前の CFF、CFF の増加量 (横軸) は選択肢の実施後の CFF とベースライン CFF の差とする。
- 注d) 評価結果が本図の範囲外である場合には、領域の境界線を直線外挿する。
- 注e) 領域 III において CFF の増加量がベースライン CFF を上回る場合には、補償措置を検討する。

図 0.2 CFF の判定基準

## 附属書 P (参考)

### PRA の範囲及びリスク指標の選定の考え方

#### 序文

この附属書は、PRAの範囲に関して、“プラント状態及び評価対象事象”及び“評価レベル”の考え方を示す。あわせて、リスク情報活用に使用する指標に関して、“リスクの変化量又はリスクの変化割合に関する指標”及び“リスク重要度に関する指標”の観点での具体的な指標の例を示す。

#### P.1 PRAの範囲（プラント状態及び評価対象事象）

PRAにおいては、全てのプラント状態及び評価対象事象（内的事象及び外的事象）をその範囲に含める必要があるが、特定のプラント状態若しくは特定の評価対象事象のリスクの増加がないこと又は影響が限定的であることを定性的な検討、又は定性的な検討と定量的な評価結果との組合せで示すことができる場合には、それらのプラント状態又は特定の評価対象事象でのPRAの一部又は全てを評価不要とすることもできる。

このような定性的な検討と定量的な評価との組合せによる評価については、“**外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：2014**”が参考になる。同実施基準の **7 特性分析による選別** では、外部ハザードそれぞれに対して特性分析を実施し、次の基準に合致した外部ハザードについては、リスクを有しないものと判断している。

- ・基準1：ハザードの発生する頻度が極めて小さい。
- ・基準2：ハザードがプラントに影響を与えるほど近傍で発生しない。
- ・基準3：ハザードが進展するタイムスケールがプラントでの対処時間と比べて十分に長い。
- ・基準4：ハザードがプラントに到達したと仮定しても、炉心損傷につながる起因事象を引き起こさない。

また、同実施基準の **8 定量的リスク評価方法の選定** においては、リスクを有する可能性のある外部ハザードそれぞれに対して、発生頻度、プラントに対する影響、事故シナリオの観点で、次の**1)～4)**に示す定量的リスク評価方法から適切なものを選定している。

- 1) ハザード発生頻度分析若しくは影響度分析によるリスク判断
- 2) 裕度評価
- 3) 決定論的なCDF評価
- 4) 詳細なリスク評価

## P.2 PRAの範囲（評価レベル）

原子力発電所を対象としたPRAは、そのPRAの評価レベルに応じて、大きくレベル1PRA、レベル2PRA及びレベル3PRAに分けられる。

原子力発電所周辺の公衆のリスクは炉内の大量の放射性物質の環境への放出に起因することから、炉心の健全性を表す炉心損傷頻度（CDF）、及び格納容器の閉じ込め機能の健全性を表す格納容器機能喪失頻度（CFF）を、施設の性能をよく代表し、かつ、定義が明瞭で、適切に定量化できる指標として設定されている。

この標準が対象とするリスク情報活用は、主に原子力発電所内部の安全上の問題を扱うものであることから、性能目標の達成が確認されることを前提とすれば、CDF及びCFFをリスク指標とし、PRAの評価レベルをこれらの指標を算出する評価レベルに限定することは妥当である。【解説15 安全目標及び性能目標について参照】

レベル3PRAで評価されるパラメータには、安全目標の指標となると考えられる急性死亡リスク、がん死亡リスクが含まれ、レベル3PRAはこれら二つの指標によって安全レベルを把握するためのリスク評価に適用される。ただし、レベル3PRAの評価を行うためには、レベル2PRAで評価されるソースタームについての評価結果、気象データ、被ばく線量評価などが必要となり、これらの不確かさがレベル3PRAの評価結果に加わるため、リスク情報を活用した安全確保活動をレベル3PRAによって評価する場合には、個別活動の影響が不確かさの大きさに隠れて見えにくくなることもあるので留意が必要である。

しかし、炉心損傷時における放射性物質の施設外への放出挙動に影響を及ぼす恐れのある安全確保活動の変更を行う場合（例えば排気筒高さを変更する場合）は、放射性物質の放出による環境への影響を指標にする必要があるため、レベル1PRA及びレベル2PRAではなく、レベル3PRAの実施が必要となる。この場合、リスク指標にはCDF及びCFFではなく、安全目標で示される公衆の健康と関連する指標を適用して当該活動の妥当性を示すことが必要となる。

## P.3 リスク情報活用に使用する指標（リスクの変化量又はリスクの変化割合に関する指標）

リスクの変化量又はリスクの変化割合に関する指標には、 $\Delta$ CDF、 $\Delta$ CDF/CDF 又は  $\Delta$ CFF、 $\Delta$ CFF/CFF といった指標のほかに、運転中の保守作業時などのリスク評価に当たって、一時的なリスクの変化量を評価する指標もある。この指標はP.2で検討したCDF及びCFFと別の考え方で設定できる。

次に、具体的な指標の例として、米国NUMARC93-01 REVISION 4A<sup>[1]</sup> 及び米国Regulatory Guide 1.177<sup>[2]</sup> において、それぞれの評価目的に応じて定義されている指標を説明する。

<米国 NUMARC93-01 REVISION 4A での指標>

運転中のコンフィギュレーション管理を含めた実際のプラント状態に応じた特定プラントコンフィギュレーションでのリスク増加量を評価する指標。

a) ICDP (Incremental Core Damage Probability) :

特定プラントコンフィギュレーションでの炉心損傷確率の増加量

$$ICDP = \frac{\left\{ \left[ \begin{array}{c} \text{特定プラント} \\ \text{コンフィギュレーション} \\ \text{での CDF} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{c} \text{メンテナンス} \\ \text{無しの状態} \\ \text{での CDF} \end{array} \right] \right\} \left( \frac{1}{\text{年}} \right) \times \text{継続時間} \text{ (時間)}}{8760 \text{ (時間/年)}} \dots (1)$$

ここで、“メンテナンス無しの状態での CDF” (/年) とは、“メンテナンスによるアンベイラビリティを全て 0.0 として計算した CDF ”を言う。

b) ICFP (Incremental Containment Failure Probability) :

特定プラントコンフィギュレーションでの格納容器破損確率の増加量

$$ICFP = \frac{\left\{ \left[ \begin{array}{c} \text{特定プラント} \\ \text{コンフィギュレーション} \\ \text{での CFF} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{c} \text{メンテナンス} \\ \text{無しの状態} \\ \text{での CFF} \end{array} \right] \right\} \left( \frac{1}{\text{年}} \right) \times \text{継続時間} \text{ (時間)}}{8760 \text{ (時間/年)}} \dots (2)$$

ここで、“メンテナンス無しの状態での CFF” (/年) とは、“メンテナンスによるアンベイラビリティを全て 0.0 として計算した CFF ”を言う。

<米国 Regulatory Guide 1.177 での指標>

AOT 変更申請を想定した場合の対象となる単独機器の待機除外などによる条件付きのリスク増加量を評価する指標。

c) ICCDP (Incremental Conditional Core Damage Probability) :

AOT 変更の場合における単独機器の待機除外などの条件付きの炉心損傷確率の増加量

$$ICCDP = \frac{\left\{ \left[ \begin{array}{c} \text{機器の} \\ \text{待機除外状態} \\ \text{での CDF} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{c} \text{平均的なメンテ} \\ \text{ナンス状態での} \\ \text{ベースライン CDF} \end{array} \right] \right\} \left( \frac{1}{\text{年}} \right) \times \text{継続時間} \text{ (時間)}}{8760 \text{ (時間/年)}} \dots (3)$$

ここで、“平均的なメンテナンス状態でのベースライン CDF” (/年) とは、“メンテナンスによるアンベイラビリティを全てノミナル値として計算したベースライン CDF ”を言う。

d) ICCFP (Incremental Conditional Containment Failure Probability) :

AOT 変更の場合における単独機器の待機除外などの条件付きの格納容器破損確率の増加量

$$ICCFP = \frac{\left\{ \left[ \begin{array}{c} \text{機器の} \\ \text{待機除外状態} \\ \text{での CFF} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{c} \text{平均的なメンテ} \\ \text{ナンス状態での} \\ \text{ベースライン CFF} \end{array} \right] \right\} \left( \frac{1}{\text{年}} \right) \times \frac{\text{継続時間}}{\text{(時間)}}}{8760 \text{ (時間/年)}} \dots (4)$$

ここで、“平均的なメンテナンス状態でのベースライン CFF” (/年) とは、“メンテナンスによるアンアベイラビリティを全てノミナル値として計算したベースライン CFF “を言う。

(米国においては、格納容器破損確率ではなく早期大規模放出確率で定義されているが、ここでは我が国での適用を考えて格納容器破損確率を用いている。)

式(1)~式(4)において、分子の CDF (又は CFF) の差分は、待機除外などが 1 年継続とした場合の年単位の CDF (又は CFF) 増加量を示している。また式(1)~式(4)中の継続時間とは、一時的なリスクの増加が継続する時間を示し、その支配的なものとしては、運転中の保守作業時の待機除外時間などが該当する。

ICDPの判定基準の例としては、NUMARC93-01 REVISION 4A<sup>[1]</sup>において、下表のとおり、特定プラントコンフィギュレーションの受け容れ可否につき、しきい値が示されている。

ICDP	
> 10 <sup>-5</sup>	・ 自主的にこのコンフィギュレーションにしてはならない
10 <sup>-6</sup> ~ 10 <sup>-5</sup>	・ 定量評価できない要因を評価する ・ リスク管理措置を確立する
< 10 <sup>-6</sup>	・ 通常作業管理が許容される

ICCDPの判定基準の例としては、Regulatory Guide 1.177<sup>[2]</sup>において、単独機器のAOTを変更する場合の一時的なリスクの増加に対するAcceptance Guidelineとして、次のように定義されている。

- ・ 条件付きの炉心損傷確率の増加量 (ICCDP) : 1×10<sup>-6</sup> 未満

ここで定義されている Acceptance Guideline は、待機除外に入ることは稀であり一時的なものであるという AOT の本質を踏まえた、AOT の変更にて特化したものであり、Regulatory Guide 1.174<sup>[3]</sup>の CDF に関する Acceptance Guideline と併せて適用されるとしている。

また、Regulatory Guide 1.177 は、AOT 変更申請のリスク評価において、次に示す 3 段階の評価アプローチを求めており、第 3 段階では、米国連邦規則 10CFR50.65<sup>[4]</sup>に呼応するリスクの監視が要求されている。

－第 1 段階：リスクの予測

変更前後での CDF の変化量、及び必要ならば、変更前後での LERF の変化量を評価する。

－第 2 段階：リスクが高くなるプラントコンフィギュレーションの回避

変更に伴ってリスク上重要な機器が待機除外されないことを合理的に保証する。リスクの増加を緩和できる補償措置を同定、評価する。

－第 3 段階：リスク情報に基づくプラントコンフィギュレーション・リスクの管理

リスク上重要なプラント設備の待機除外状態を適切な時期に特定する。

#### P.4 リスク情報活用に使用する指標（リスク重要度に関する指標）

##### P.4.1 重要度に関する指標の種類

主なリスク重要度指標とその特徴を次に示す。重要度はリスクの指標として用いられる炉心損傷頻度（CDF）、格納容器機能喪失頻度（CFF）、原子力施設の敷地境界付近の平均急性死亡リスク、敷地境界からある距離の範囲の公衆の平均がん死亡リスクなどに対して定義することができるが、ここでは例として、炉心損傷頻度  $F(CD)$  に対する重要度として示している。

- a) **リスク低減価値（Risk Reduction Worth : RRW）** リスク低減価値は、ある事象（例えば、ある機器の故障）の生起確率を0としたときにリスクがどれだけ低減されるかを示す指標であり、式(5)で定義される。リスク低減価値は、特定の機器の故障及び人的過誤の発生確率を低減することによって、どれほどの安全性の向上が望めるかを示す指標である。この指標は、プラントに何らかの改良を行ってリスクの低減化を図ろうとするときに注目する必要がある機器の候補を同定する場合に有用である。

$$\text{Risk Reduction Worth} = \frac{F(CD)}{F(CD/A=0)} \quad \dots (5)$$

$F(CD/A=0)$  : 事象Aの生起確率が0の場合の炉心損傷頻度  
 $F(CD)$  : 炉心損傷頻度

なお、後述する c) の Fussell-Vesely 重要度とは次の関係にあり、基本的には同等の指標と考えてよい。

$$\text{Risk Reduction Worth} = 1 / (1 - (\text{Fussell-Vesely 重要度}))$$

- b) **リスク増加価値（Risk Achievement Worth : RAW）** リスク増加価値は、ある事象が必ず発生するときにリスクがどれだけ増加するかを示す指標であり、式(6)で定義される。リスク増加価値は、特定の機器の故障及び人的過誤の発生確率を低く保つことが、現在の安全レベルを維持する上でどれほど重要であるかを表すものであり、点検及び定例試験などの計画作成における優先度の設定などに有用である。

$$\text{Risk Achievement Worth} = \frac{F(CD/A=1)}{F(CD)} \quad \dots (6)$$

$F(CD/A=1)$  : 事象Aの生起確率が1の場合の炉心損傷頻度  
 $F(CD)$  : 炉心損傷頻度

- c) **Fussell-Vesely重要度** Fussell及びVeselyが定義した重要度指標は、炉心損傷の発生を仮定したときに、当該事象の発生が寄与している条件付き確率を表すもので、式(7)で定義される。Fussell-Vesely重要度は、特定の機器の故障及び人的過誤の発生確率を低減することによって、どれほどの安全性の向上が望めるかを示す指標である。この指標は、点検及び定例試験などの計画作成における優先度の設定、又はプラントに何らかの改良を行ってリスクの低減化を図ろうとするときに注目する必要がある機器の候補を同定する場合に有用である。

$$\text{Fussell-Vesely 重要度} = \frac{F_A(CD)}{F(CD)} \quad \dots (7)$$

$F_A(CD)$  : 事象Aの発生が寄与して発生する炉心損傷頻度  
 $F(CD)$  : 炉心損傷頻度

Fussell-Vesely 重要度は、式(8)でも定義され、式(8)は式(7)と同じである。

$$\text{Fussell-Vesely 重要度} = 1 - \frac{F(CD/A=0)}{F(CD)} \quad \dots (8)$$

$F(CD/A=0)$  : 事象Aの生起確率が0の場合の炉心損傷頻度

- d) **Birnbaum重要度** Birnbaumが定義した重要度指標は、ある事象の生起確率が変化したときに、炉心損傷頻度がどれほど変化するかを表すもので、式(9)で定義される。Birnbaum重要度は、リスク低減価値とリスク増加価値との積に等しい。

$$\text{Birnbaum 重要度} = \frac{F(CD/A=1)}{F(CD/A=0)} \quad \dots (9)$$

$F(CD/A=1)$  : 事象Aの生起確率が1の場合の炉心損傷頻度  
 $F(CD/A=0)$  : 事象Aの生起確率が0の場合の炉心損傷頻度

- e) **クリティカリティ重要度 (Criticality Importance)** クリティカリティ重要度は、炉心損傷の発生を仮定したときに、炉心損傷の発生にとって当該事象の発生がクリティカルな条件となっていることこの条件付き確率を表す指標であり、式(10)で定義される。

$$\text{Criticality Importance} = \frac{\{F(CD/A=1) - F(CD/A=0)\} \times F(A)}{F(CD)} \quad \dots (10)$$

$F(A)$  : 事象Aの生起確率  
 $F(CD/A=1)$  : 事象Aの生起確率が1の場合の炉心損傷頻度  
 $F(CD/A=0)$  : 事象Aの生起確率が0の場合の炉心損傷頻度  
 $F(CD)$  : 炉心損傷頻度

なお、リスク低減価値、リスク増加価値及びBirnbaum重要度はここに示したように炉心損傷頻度の変化を比で表す場合の他に、差で表す場合もある。

## 参考文献

- [1] NUMARC, *INDUSTRY GUIDELINE FOR MONITORING THE EFFECTIVENESS OF MAINTENANCE AT NUCLEAR POWER PLANTS*, NUMARC93-01 REVISION 4A, April 2011
- [2] USNRC, *An Approach for Plant-Specific, Risk-Informed Decisionmaking : Technical Specifications*, Regulatory Guide 1.177, Revision 1, May 2011
- [3] USNRC, *An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis*, Regulatory Guide 1.174, Revision 3, January 2018
- [4] USNRC, *Requirements for monitoring the effectiveness of maintenance at nuclear power plants*, 10 CFR 50.65, August 2017

## 附属書 Q (参考)

### リスク指標に関する判定基準の取扱方法

#### 序文

この附属書は、リスク指標に関する判定基準の取扱方法に関して、判定基準との比較を行う上での留意事項を示す。

#### Q.1 判定基準との比較について

- a) **判定基準との比較に平均値を用いることについて** PRAの不確実さ（伝播）解析で得られるリスク指標についての確率パラメータには、平均値、分散（又は標準偏差）、中央値、上限値（95%確率値）、下限値（5%確率値）など、種々のパラメータがある。その中で、我が国における安全目標案及び性能目標案において、評価値との比較には、不確実さの大きさを評価したうえで得られる平均値を用いることとしている。また、Regulatory Guide 1.174<sup>[1]</sup>でも、Acceptance Guidelineとの比較には、平均値を用いることとしている。

平均値そのものは、不確実さの幅を表現したものではないが、データの不確実さの分布が考慮された評価指標である。また、一般には、平均値と上限値（95%確率値）の幅は、不確実さの幅（中央値と上限値（95%確率値）の幅）に比べて小さく、不確実さの幅が極端に大きい場合には、平均値の方が上限値（95%確率値）よりも大きくなる。

このように、平均値は不確実さが大きい場合には、通常、保守的な評価結果となる。したがって、一つの評価値で判定する場合、平均値を用いることが適当である。

以上のようなPRAにおける評価指標の取扱状況、評価指標の性質、及び性能目標案の考え方にに基づき設定しているという判定基準の成り立ちを考慮し、この標準では判定基準との比較に用いる評価値は、平均値とする。平均値の算出方法としては、関連する学会標準に規定されている不確実さ（伝播）解析に基づく。

ただし、ここで対象としている不確実さは、主に“パラメータの不確実さ”であり、不確実さ解析だけでは考慮されない不確実さ（PRAの不完全さなど）は存在する。それについては、感度解析及び／又は定性的な検討にて取り扱う（b）参照）。

- b) **不確実さを考慮した判定基準及び評価値の取扱い** 判定基準と比較する評価値は、評価対象事象、モデル、データなどの不完全性に起因する不確実さが伴う。この点を考慮に入れば、判定基準を僅かに逸脱する評価値であっても真値が許容される領域に含まれる可能性は存在し、逆に僅かの余裕をもって満足する評価値であっても真値が許容されない領域に含まれる可能性は存在する。

一方、性能目標案の指標値は“・・・程度”と示されており曖昧さを含んだ数値表現となっている。この標準で設定した“リスクの変化に対する指標の判定基準”は性能目標案を参照して設定されたものであるため、同様に曖昧さが含まれていると解釈される。さらに、評価値と判定基準との比較は、安全確保活動の変更がリスクの観点から容認可能であるかどうかを数値で示すことが目的であり、リスク情報を活用した安全確保活動の変更を決める際の統合的意思決定において、いくつかある判断要素の一つにすぎない。すなわち、他の判断要素との兼ね合いから評価値との比較結果を厳密に扱わない方がより適切な選択肢をとり得る場合も想定できる。

したがって、**附属書 O (規定) の O.4**にて PRA 結果を判定基準に照らして該当する領域を判定することにはなるが、最終的な判断は統合的意思決定にて PRA の不完全さ及び不確実さを考慮した上で実施することが適切である。特に、PRA 結果が各領域の境界付近にある場合には、PRA の不完全さ及び不確実さの取り扱いをより慎重に検討する必要がある。なお、PRA の不完全さ及び不確実さには、次のものがあり、それぞれの特性に応じて取り扱う。

- ・ **PRA の不完全さ** : PRA モデルには不完全さが伴うが、実施する安全確保活動の変更がもたらすリスクの変化を評価できる必要がある。PRA の不完全さについては、定性的な検討、又は部分的に得られている定量的な評価結果と定性的な検討の組合せによって影響の度合いを把握する (**附属書 P (参考) の P.1** 参照)。
- ・ **パラメータの不確実さ** : 関連する学会標準における不確実さ解析の規定に基づき取り扱う。なお、判定基準との比較においては、不確実さ解析から得られる平均値を用いる (**a**) 参照)。
- ・ **モデルの不確実さ** : PRA に用いられる様々な仮定、モデルの選択、データの選択などについて、感度解析又は定性的な検討を行い、不確実さ因子及び不確実さの大きさを特定する。感度解析においては、個々の不確実さ因子の組合せを考慮する必要があるが、重要な不確実さ因子の組合せだけに限定してもよい。感度解析などの結果、判定基準との比較において重要な変化をもたらす場合には、統合的な意思決定において、不確実さに関連する情報を考慮する必要がある。評価対象事象ごとでモデル化のための手法が違うことから、それぞれのもつ不確実さの性質及び程度が異なる。判定基準との比較においては、各評価対象事象の評価結果を合計する必要があるが、不確実さ因子の特定においては、評価対象事象ごとの PRA モデルがもつ保守性の程度についても検討する必要がある。不確実さ因子の特定には、重要度評価及び/又は重要な事故シーケンスのカットセットを抽出することが有効である。なお、“原子力発電所の出力運転状態を対象とした確率的リスク評価に関する実施基準 (レベル 1PRA 編) : 2013” に、重要な不確実さ因子として、事故時の運転員の緩和操作に関する仮定で手順書に明記されていない操作、故障した機器・システムの回復に関する仮定、成功基準、人的過誤、及び共通原因故障が挙げられている。また、評価結果が明らかに保守的となるような評価をする場合には、不確実さの影響は無視し得るが、重要度評価の観点からは必ずしも無視できるとは言えないことに注意が必要である。

c) **停止時でのリスクの取扱いについて** 停止時は出力運転時と比べて、原子炉冷却材バウンダリにかかる圧力が小さいこと、炉心で発生する熱量が小さく時間とともに減衰すること、保有水量が多い場合があることなどの特徴を有し、出力運転時とはリスクの大きさが異なることもあり得るが、判定基準との比較には、出力運転時でのリスクだけでなく停止時でのリスクを含めて評価することが望ましい。そのとき、停止時においては、格納容器機能に期待できない場合があるため、CFF の判定基準との比較にはそのことを適切に反映した評価結果を用いるか、CDF の判定基準を CFF の判定基準とすることが考えられる。

d) **リスクに対する判定基準との比較における外的事象の取扱いについて**

選択枝の実施による外的事象のリスクへの影響を PRA によって評価しない場合、外的事象のリスクに対して変更による影響が限定的であることを定性的な検討又は定性的な検討と定量的な評価との組合せによって示す必要がある。影響が限定的であることを示す方法としては、過去に実施した類似の評価結果又は保守的な評価方法によって得られた評価結果を用いる方法、変更内容が、ある外的事象へ直接的な影響を及ぼさないことを示す方法などがあり<sup>[2][3]</sup>、具体的な例としては、次のようなものが考えられる。

- ・ 保全プログラムにおける重要度評価に関しては、活動の目的が最適なメンテナンスを機器重要度に応じて検討することであり、設計に応じた耐震強度などに影響しないメンテナンスの場合には、地震事象のリスクは考慮不要であると言える。

- e) “ベースライン CDF (CFF)” 及び “CDF (CFF) の増加量” について 判定基準を示す**附属書 O (規定)** の **図 0.1** 及び **図 0.2** における横軸のベースライン CDF 又は CFF (以下, “ベースラインリスク” という。) は, 安全確保活動の変更前の CDF 又は CFF としている。また, 図中縦軸の CDF 又は CFF の増加量は, 当該変更後の CDF 又は CFF とベースラインリスクとの差分としている。したがって, ベースラインリスクには, これまでの安全確保活動の変更によるリスクの累積が反映されていることとなる。
- f) **リスク重要度に基づく分類の目安について** リスク重要度指標は, 機器をカテゴリ分類して, 設備の重要度ランク付けに活用される場合が多い。原子力発電所の保全重要度決定のための材料の一つとして, JEAG 4210-2016<sup>[4]</sup>が示している基準例 (FV=0.005, RAW=2), 及び米国原子力エネルギー協会 (NEI) が作成した NEI 00-04<sup>[5]</sup>が示している基準 (内的事象については, Fussell-Vesely重要度が0.005より大きく, リスク増加価値が2より大きい安全設備などをリスクの観点から重要度の高いものと分類) では, 用いる指標 (Fussell-Vesely重要度, リスク増加価値) ごとに二つの重要度ランクを設けてカテゴリ分類している。しかしながら, 活用目的によっては, これらのカテゴリ分類を更に細分化することも考えられ, その場合には, カテゴリ分類のしきい値には別の値が必要となる。このように, リスク重要度指標については, 活用目的及び用いる指標などを考慮して, 活用対象ごとに分類の目安値を適切に設定することが望ましい。

## 参考文献

- [1] USNRC, *An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis*, Regulatory Guide 1.174, Revision 3, January 2018
- [2] USNRC, *Guidance on the Treatment of Uncertainties Associated with PRAs in Risk Informed Decisionmaking*, NUREG-1855, Revision 1, (2017)
- [3] EPRI, *Practical Guidance on the Use of Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Applications with a Focus on the Treatment of Uncertainty*, EPRI-1026511, (2012)
- [4] (社) 日本電気協会, “原子力発電所の保守管理指針”, JEAG4210-2016, (2016)
- [5] NEI, *10 CFR 50.69 SSC Categorization Guideline*, NEI 00-04, (2005)

## 附属書 R (参考)

### 統合的な分析における PRA での不確実さの考慮

#### 序文

この附属書は、意思決定でのリスク情報の不確実さの考慮の中で、統合的な分析におけるPRAの不確実さに関して、米国原子力規制委員会（NRC）の意思決定における取り扱いについて示したものである。

#### R.1 リスク情報を活用した意思決定における不確実さの取り扱い

NUREG-1855 Revision 1（以下、NUREG-1855）<sup>[1]</sup>では、リスク情報を活用した意思決定における PRA の不確実さの取り扱いに関する指針が示されている。

PRA の不確実さの要因は様々であるが、基本的には、偶発的と認知的の 2 種類の不確実さがある。

偶発的不確実さは、起因事象及び機器故障などの無作為的な事象発生に関連している。PRA モデルは無作為プロセスモデルであるため、偶発的不確実さを含んでいる。

認知的不確実さは、データから統計推論を行う場合、又はプラントの挙動を表現する方法についての知識の集積状態が不完全である場合に生じる。認知的不確実さは、解析者の PRA モデルの代表性とその妥当性、及びその予測（すなわち、PRA モデルがプラントの設計と運転をどれほど反映しており、仮定された事故に対する挙動をどれだけ予測できるか）の信頼性に関連している。

PRA における認知的不確実さは、パラメータの不確実さ、モデルの不確実さ及び完全性の不確実さの 3 種類である。NUREG-1855 では、これらの不確実さを取り扱う場合に必要なプロセスが示されている。図 R.1 にリスク情報を活用した意思決定における PRA の不確実さの取り扱いプロセスを示す。

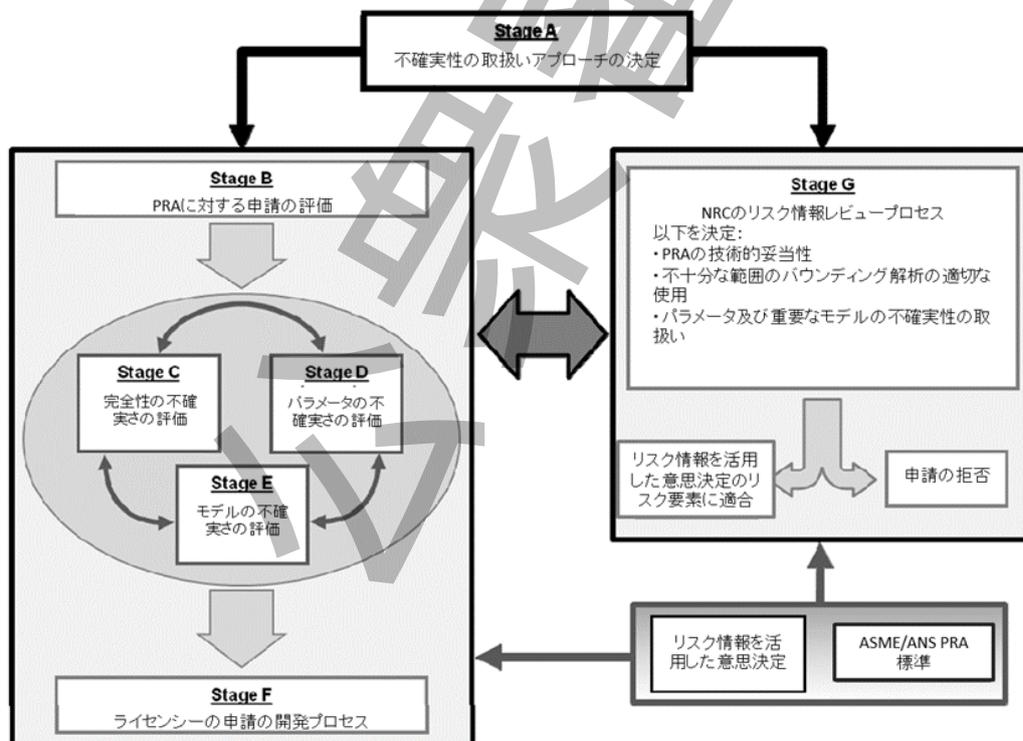


図 R.1 リスク情報を活用した意思決定における不確実さの取り扱いプロセスの概要  
(参考文献[1]の Figure 2-2 を翻訳転載)

## R.2 PRA の不確実さの取り扱いプロセス

### Stage A : リスクの不確実さの取り扱いのためのアプローチの決定

このプロセスでは、NRC と事業者が不確実さを扱う際に、NUREG-1855 を用いるかどうか決定する。この決定は、“リスク結果が PRA に依存しているか”，及び“その結果が意思決定に影響するか”によって判断される。

### Stage B : PRA スコープと詳細レベルの評価

申請のサポートに PRA を使用できるかどうかを判断する。申請を評価して、申請をサポートするために必要な PRA の範囲と詳細レベルを決定し、次に実際の PRA が必要な範囲と詳細レベルを達成しているかどうかを判断する。PRA の範囲と詳細レベルが申請に不十分である場合、事業者は、次のいずれかを行うことを選択することができる。

- 既存の PRA の範囲と詳細レベルが申請をサポートするのに十分であるように申請を再定義する。
- 欠落しているスコープ又は詳細レベルを含めるように PRA をアップグレードする
- 欠落している範囲又は詳細レベルが意思決定に重要ではないことを実証する。

### Stage C : 完全性における不確実さの評価

完全性の不確実さとは、PRA モデルでは説明されていないリスク寄与要因である。PRA における完全性における不確実さの問題は、未解析の要因を反映しているため、その大きさを推定することは（不可能ではないとしても）困難である。リスク情報を活用して意思決定を行う場合、まったく知られていない不完全性の要因は、安全裕度などの他の原則によって処理されている。図 R.2 に完全性の不確実さの評価プロセスを示す。

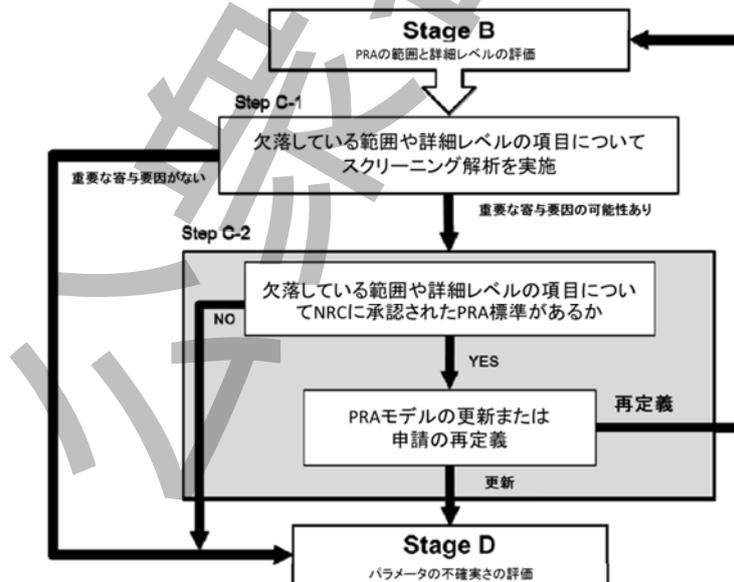


図 R.2 完全性の不確実さの評価の全体手順

(参考文献[1]の Figure 5-1 を翻訳転載)

このステージは、PRA のスコープ又は詳細レベルが不十分であると判断され、事業者が申請の再定義も

PRA のアップグレードもしないと決定した場合にだけ実施される。事業者は、PRA のモデル化されていない項目のリスク重要度を判断するために分析する。これはつまり、完全性の欠如の重要性を評価するということである。モデル化されていない項目がリスク上重要なものである場合、事業者は、PRA の完全性の欠如に対処しなければならない。

- 既存の PRA の範囲と詳細レベルが申請をサポートするのに十分であるように、申請を再定義する。
- 欠落しているスコープ又は詳細レベルを含めるように PRA をアップグレードする。
- 決定論的手段によって完全性の欠如に対処する。

#### Stage D : パラメータの不確実さの評価

図 R.3 にパラメータの不確実さの評価プロセスを示す。パラメータの不確実さとは、PRA 論理モデルで事象確率の定量化に使用する入力パラメータ値の、計算の不確実さである。例えば、起因事象発生頻度、機器故障率及び故障確率、ヒューマンエラー確率などのパラメータの不確実さである。これらの不確実さは、パラメータの値（単純な統計モデル又はもう少し高度なモデルから導出される）の解析上の信頼性に関連した確率分布によって定義できる。基本事象の確率を概算するために使用するモデルに不確実さがある場合は、モデルの不確実さとして扱う方が適切である。

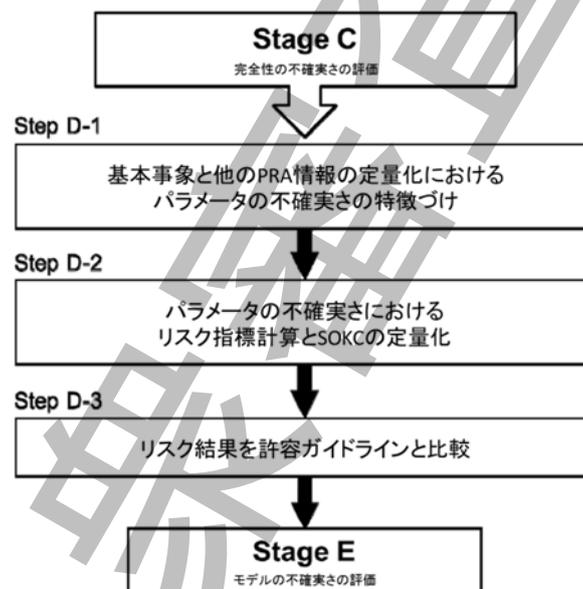


図 R.3 パラメータの不確実さ評価の全体手順

(参考文献[1]の Figure 6-1 を翻訳転載)

#### Stage E : モデルの不確実さの評価

図 R.4 にモデルの不確実さの評価プロセスを示す。モデルの不確実さは、合意されたアプローチ及びモデルがなく、アプローチ及びモデルの選択が PRA モデルに影響すると分かっている問題（基本事象の新規導入、基本事象確率の変更、成功基準の変更、起因事象の新規導入など）に関連している。モデルの不確実さは、PRA モデルの論理構造における不確実さ、又は基本事象の確率を推定するためのモデルの選択によって生じることがある。

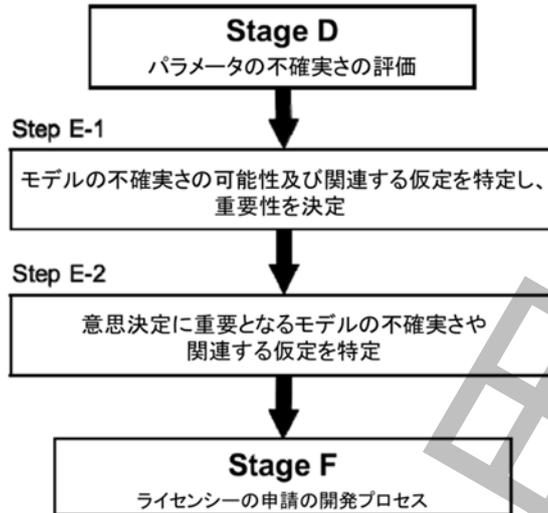


図 R.4 モデルの不確かさ評価の全体手順  
(参考文献[1]の Figure 7-1 を翻訳転載)

#### Stage G : NRC のリスク情報レビュープロセス

NRC による意思決定における PRA の不確かさの取り扱いプロセスの最終段階である Stage G での目標は、事業者のリスク情報を基にした申請が、不確かさを取扱うことができ、リスクの影響が発電所にとって許容できるものかどうかを判断することにある。

#### <スタッフのレビューアプローチ>

NRC が示す不確かさの取扱いに関するガイダンスによれば、不確かさの取扱いはリスク結果が次に示す四つの範囲（レジーム : Regime。以下，“レジーム”と表記）のどこに位置しているかによるものとしている。

- レジーム 1: リスク結果が許容ガイドラインを十分に下回っている。
- レジーム 2: リスク結果が許容ガイドラインに近いが拮抗してはいない。
- レジーム 3: リスク結果が許容ガイドラインと拮抗している。
- レジーム 4: リスク結果が明らかに許容ガイドラインを上回っている。

一般に、申請がこれら四つのレジームのどれに位置するかは決めることができる。また、一般にリスク結果がレジーム 3 及びレジーム 4 に位置する場合には、レジーム 1 及び 2 に位置する場合よりも正当性が必要である。図 R.5 に許容ガイドラインとレジームの関係を示す。

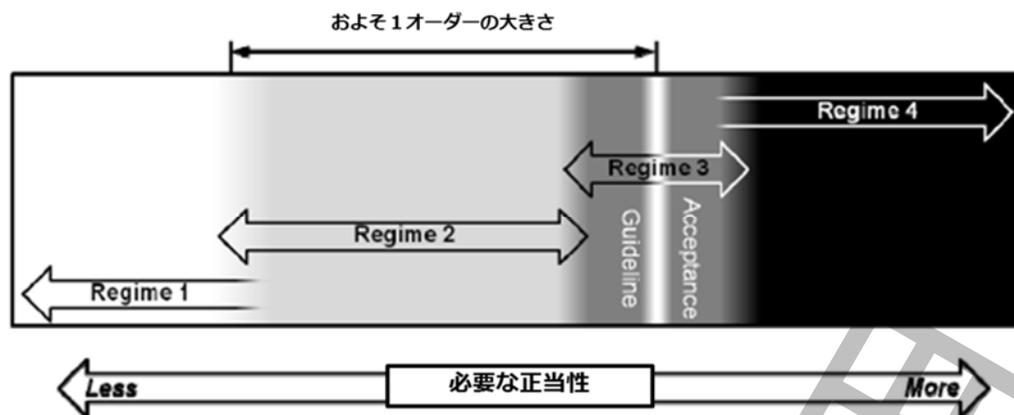


図 R.5 許容ガイドラインとレジームの比較

(参考文献[1]の Figure 9-1 を翻訳転載)

許容ガイドラインを満たしているかどうかの判断については、次の一般的な質問に答える形で検討する。

- PRA の範囲と詳細レベルが申請に対して適切か？
- PRA モデルが技術的に十分か？
- 許容ガイドラインとリスク結果をどのように比較するか？
- パラメータ及びモデルの不確かさがリスク結果にどのように影響を与えるか？
- 申請の許容は十分に正当か？

#### <完全性の不確かさのリスク情報レビュー>

完全性の不確かさのリスク情報レビューの目的は、事業者の PRA に関連した完全性の不確かさの取扱いが得られたリスク情報に対して許容できるものであるかどうかを判断することである。この過程においてスタッフは、次の基準への整合性を評価する。

- PRA の範囲と詳細レベル、及び事業者のスクリーニング分析の使用が申請に対して適切である
- 申請をサポートするために用いられたベース PRA 及び校正済み PRA が技術的に十分である

図 R.6 に完全性の不確かさのレビュープロセスを示す。

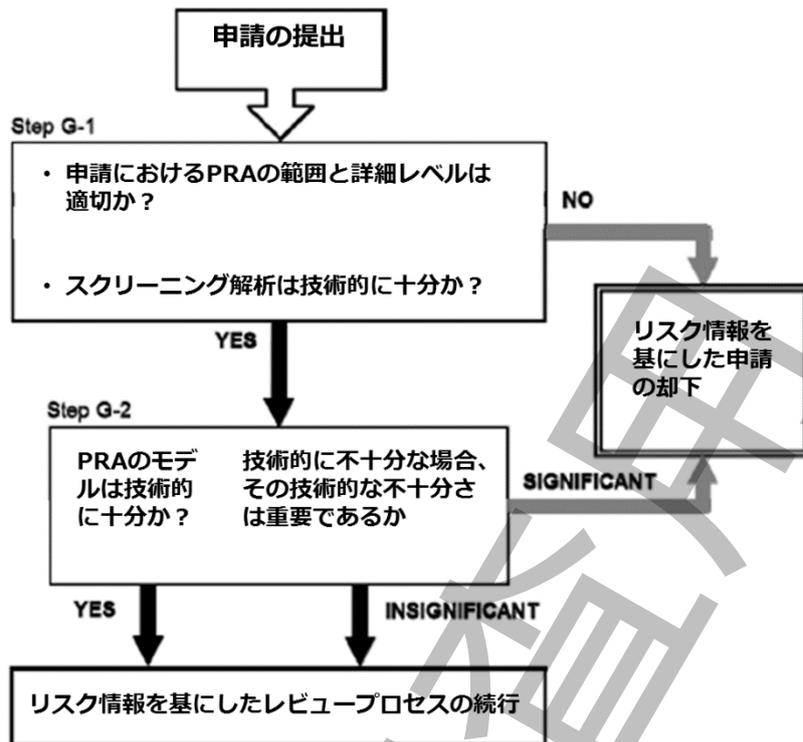


図 R.6 完全性の不確実さのリスク情報を基にしたレビューの全体像  
(参考文献[1]の Figure 9-2 を翻訳転載)

### ステップ G-1 申請における PRA の範囲と詳細レベルの評価とスクリーニング解析の活用

事業者が、欠落した PRA の範囲と詳細レベルを排除するための十分な正当性を提供しない場合（例えば、事業者が正当性を提供しない、又は不十分なスクリーニング解析を提供している場合など）には、スタッフは申請を却下する可能性が高い。その上で事業者が、不足している PRA の範囲及び詳細レベルを取り扱うためのスクリーニング解析を提供した場合には、スタッフは、これらのスクリーニング解析の再調査を実施し、十分な正当性を提供しているかどうかについて判断する。

PRA で使用されるスクリーニング解析には定性的な解析と定量的な解析が存在する。定性的なスクリーニング解析には、スクリーニングされた PRA の範囲と詳細レベルが意思決定に影響しないことを、スクリーニング解析の中で十分に説明できているかどうかについての判断も含まれている。

定量的なスクリーニング解析は、バウンディング解析 (Bounding Analysis) , 保守的な解析 (Conservative Analysis) , 現実的な解析 (Realistic Analysis) の三つに分類される。事業者がバウンディング解析を実施した場合には、スクリーニングされた項目のリスク評価に関連する結果の中で、最悪の結果 (Worst Credible Outcome) について考慮していることをバウンディング解析が十分に説明できているかについて判断する。保守的な解析を実施した場合には、全ての潜在的な影響と、それらの影響の結果が考慮されていることを説明するのに十分な解析であるかどうかを判断する。現実的な解析を実施した場合には、解析に組み込まれる現実性の程度が、解析に用いられるスクリーニング基準に関して適切かどうかを判断する。

### ステップ G-2 PRA モデルの技術的な妥当性の評価

Regulatory Guide 1.200<sup>[2]</sup>では、“PRA の技術的妥当性の実証 (Demonstration of Technical Adequacy of the PRA)” において、妥当性の評価には、2点あるとしている。一つ目は、申請で使用された PRA の各要素が技術的に正確な方法で実行されていることであり、二つ目は、PRA の開発において使用された仮定及び

近似が適切であることである。なお、一つ目については下記の三つを保証することを意味している。

- PRA モデル，又は申請のために使用されたモデルの一部が，最新で，現在の設計及び運転上の良好な慣行を反映したモデルであるか
- 業界の良好な慣行に基づいて PRA の論理モデルが開発されており，システム及び構成要素の，相互の依存関係及び運転活動における依存関係を反映したモデルとなっているか
- 使用される確率と頻度が，論理モデルの対応する事象の定義に一貫して推定されているか

#### ＜パラメータの不確実さのリスク情報レビュー＞

パラメータの不確実さのリスク情報レビューの目的は，パラメータの不確実さの取扱いが許容可能かどうかを判断することである。スタッフは，リスク指標の許容可能性について，十分な正当性が提供されているかどうかを許容ガイドラインに照らして判断する。その際，スタッフ（判定者）は申請された次の三つの重要な要素を活用して判断する。

- 相対的リスク尺度（risk measures）の推定値（大抵，平均値で表される）
- リスク尺度の確率分布
- 特定の申請に使用された許容ガイドライン

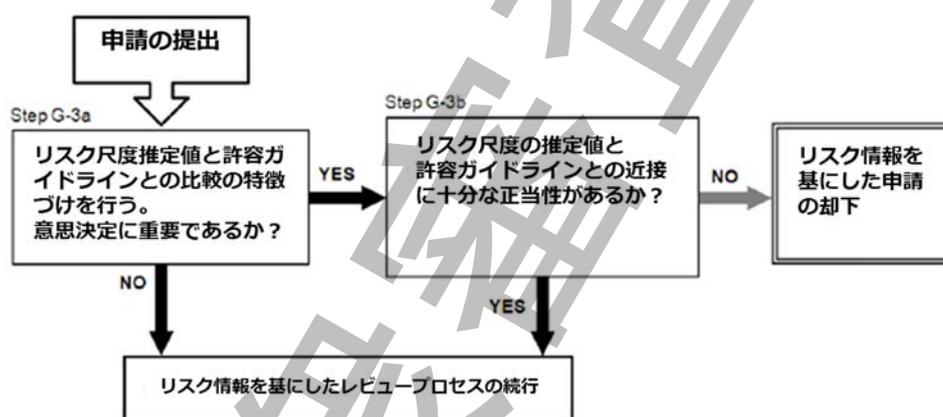


図 R.7 パラメータの不確実さのリスクレビューの全体像

（参考文献[1]の Figure 9-3 を翻訳転載）

#### ステップ G-3a 許容ガイドラインとリスク指標の比較の特性

まずは，リスク指標と許容ガイドラインとの比較の特徴付けと，比較が有意であるかどうかの判断を行う。リスク指標はしばしば，確率密度関数（PDF：probability distribution function）の平均値に関して記述され，PDF の不確実さは 5 パーセンタイル（5<sup>th</sup>）と 95 パーセンタイル（95<sup>th</sup>）値によって特徴付けられる。ゆえに，ここではリスク指標がリスク尺度 PDF の平均値で記述されているものと仮定している。リスク指標と許容ガイドラインの比較はリスク指標の平均値と許容ガイドラインとの間の定量的な差として表される。

一度リスク指標と許容ガイドラインとの比較が特徴づけられたら，スタッフは比較の重要性を決定する。相対的な重要度は，リスク指標が許容ガイドラインの値に対して接近，拮抗，超過するにつれて上昇する。

不確実さの広がりを含むリスク尺度の平均値と許容ガイドラインの比較で，重要でない（レジーム 1 に相当する）と判断されれば，スタッフはリスクレビュープロセスを続行する。重要である（レジーム 2～4 に位置する）と判断される場合には Step G-3b へと進み，リスク指標の許容ガイドラインへの接近が適切

に正当化されているかどうかを判断する。

リスク尺度の確率密度関数の 5<sup>th</sup>・95<sup>th</sup> パーセンタイルがパラメータの不確かさの理解に役立つが、パラメータの不確かさのレビューを実施する場合にはリスク指標の平均値が主要な値となる。例えばリスク指標と許容ガイドラインの比較の結果、レジーム 2 に含まれるが、95<sup>th</sup> パーセンタイルについてはレジーム 3 に位置している場合、スタッフはレジーム 2 として判断し、リスク情報レビューのプロセスを進める。しかしながらもしリスク指標と許容ガイドラインへの比較でレジーム 3 に入ると判断された場合には、不確かさの広がり の精密な調査が行われリスクレビュープロセスはステップ G-3b へと進む。

### ステップ G-3b リスク指標の許容ガイドラインへの近接の許容における十分な正当性の決定

このステップの目的はリスク指標の許容ガイドラインへの近接について十分な正当性があるかどうかを決定することにある。スタッフレビューの中には、テクニカルベースのレビューに限らず、解析の支援、正当性、その他事業者によって申請の許容を支えるために提出された全ての情報に対してレビューを行う。リスク指標の許容ガイドラインへの近接に対する正当性が不十分であると判断された場合には申請は却下されるが、正当性が認められれば次のレビュープロセスへと進む。

### <モデルの不確かさのリスク情報レビュー>

モデルの不確かさのリスク情報レビューの目的は、事業者が十分にモデルの不確かさのソースを特定しており、意思決定に重要な仮定が関連付けられているかどうかを評価することにある。

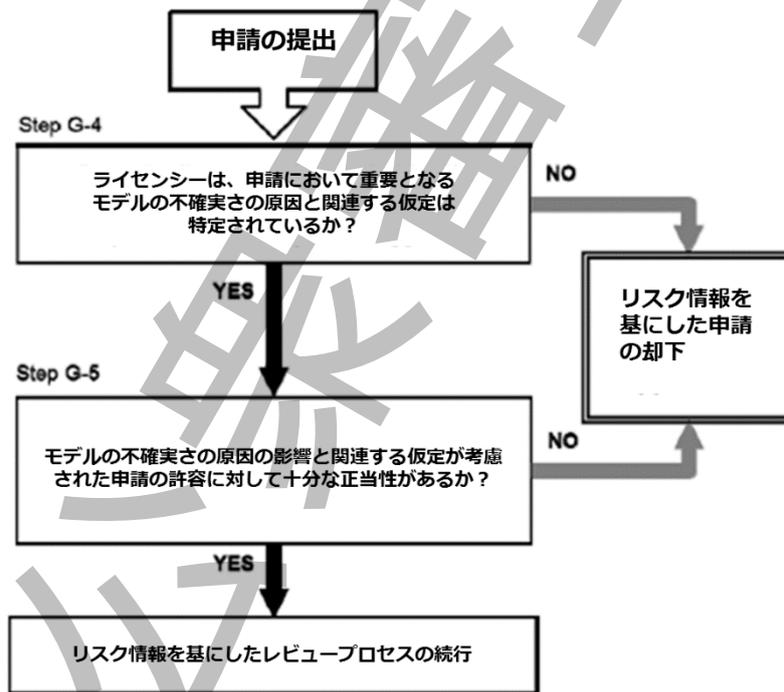


図 R.8 モデルの不確かさのリスク情報レビューの全体像

(参考文献[1]の Figure 9-4 を翻訳転載)

図 R.8 に示すように、まずは事業者がモデルの不確かさの原因を十分に特定し、申請に重要な（例えば意思決定に影響するような）仮定との関連が示されているかどうかを判断する。次に、特定されたモデルの不確かさの重要な原因の影響を考慮に入れた申請、及び関連する仮定の許容について十分な正当性が提供されているかを決定する。

#### ステップ G-4 モデルの不確実さと重要な原因の十分な特定と関連する仮定の決定

まず初めのステップでは、事業者が特定した、申請に重要となる（意思決定に影響を与える）モデルの不確実さの全てのソースと、関連した仮定が十分であるかどうかを判断する。次に意思決定に関連するモデルの不確実さの原因と関連する仮定をレビューする。ここでは次の事項を評価する。

- 事業者が、PRA を利用して申請をサポートする方法を適切に理解しているか
- 事業者が、申請に必要な PRA の結果に関連性があるモデルの不確実さと関連する仮定のソースを適切に識別しているか

次のステップでは、それらモデルの不確実さの原因及び関連する仮定が適切に特徴づけられているかどうかを決定する。この決定は次の評価と関連している。

- 事業者が、影響を受けた PRA の部分を十分に理解していることを示しているか
- 事業者が、使用したモデリングアプローチ及び仮定に対して十分に理解していることを示しているか
- 事業者が、PRA の影響を理解していることを示しているか
- 事業者が、関連する保守的なバイアスの存在について理解していることを示しているか

リスク指標が許容ガイドラインに対して拮抗せず、超過もしない場合、それぞれのモデルの不確実さ及び関連する仮定に対して事業者は感度解析を行う。スタッフは次の3点を判断するために事業者が実施した感度解析のレビューを行う。

- 感度解析が技術的に正しい方法で実行されているか
- 感度解析がモデルの不確実さのソース、関連する仮定が、最低点において、潜在的に許容ガイドラインへ拮抗し得るかどうかを示し、その影響を考慮しているか
- 仮に潜在的に許容ガイドラインに拮抗し得る場合、事業者が意思決定に対して重要な、モデルの不確実さのソース及び関連する仮定を適切に特定しているかどうか

リスク指標が許容ガイドラインと拮抗している、若しくは超えている場合においても、スタッフはモデルの不確実さ及び関連する仮定に対して事業者が実施した感度解析のレビューを実施する。これは次の2点を判断するためである。

- 感度解析が技術的に正しい方法で行われているか
- リスク指標に対する影響が適切に考慮されているか

スタッフが、事業者がモデルの不確実さの重要な原因と関係する仮定を適切に特定したと判断すれば、レビュープロセスは次のステップ G-5 へと進む。一方、適切でないと判断された場合には、申請は却下される。

#### ステップ G-5 リスク情報レビュープロセス

このステップでは、リスク情報を活用した申請結果の許容性について、十分な正当性が提示されているかどうかの判断を行う。スタッフは、パラメータ及びモデルの不確実さの影響とも相まって、事業者の申請の許容性についての主張をレビューする。

##### <リスク情報のレビュープロセス>

前述の“完全性の不確実さ”，“パラメータの不確実さ”，“モデルの不確実さ”のそれぞれのレビュープロセスでは、下記の四つの問いに対する取扱い方法について記載した。

- PRA の範囲と詳細レベルが申請に適切かどうか

- PRA モデルが技術的に十分か
- 許容ガイドラインとリスク結果をどのように比較しているか、また、パラメータとモデルの不確かさの影響がリスク結果にどのように影響するか
- 申請の許容性は適切に正当化されているか

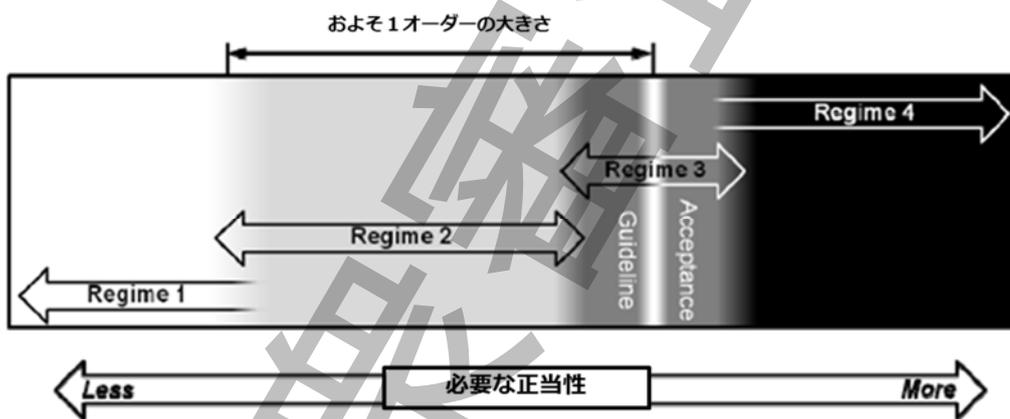
これらの問いは順次取り扱われるものの、現実として、リスク情報を活用した申請のスタッフレビュープロセスは、申請されたリスク結果を許容ガイドラインと比較することから始まる。

リスク情報を活用した申請の許容性を示すために必要な正当化はリスク結果が許容ガイドラインにどの程度近いかが記述することである。一般的に、申請はリスク結果と許容ガイドラインの近接に基づいて、次の四つのレジームに特徴づけられる。

- レジーム 1：リスク結果が許容ガイドラインを大きく下回っている
- レジーム 2：リスク結果が許容ガイドラインに近づきつつあるが、拮抗しない
- レジーム 3：リスク結果が許容ガイドラインと拮抗している
- レジーム 4：リスク結果が明らかに許容ガイドラインを超過している

そこで、前述の四つの問いを、許容ガイドラインと関連してどのように取り扱うかについて次に記述する。

なお、それぞれのレジームと許容ガイドラインの関係について、**図 R.9** を再掲する。



**図 R.9 許容ガイドラインとレジームの比較 (図 R.5 の再掲)**

(参考文献[1]の Figure 9-1 を翻訳転載)

### <レジーム 1>

レジーム 1 とされた申請は、リスク指標の平均値が、およそ 1 オーダーかそれ以上、許容ガイドラインよりも低い場合であり、**図 R.9** の白色部分に該当する。スタッフの対応は次のとおりである。

1. 解析者の知識に基づく相関 (SOKC : State of Knowledge Correlation) が PRA の結果に影響を与えていないことを示す定性的又は定量的な評価を確認する。SOKC がリスク指標として  $\Delta$  CDF を使用した申請に特有のシナリオに対し、いくらか影響を与える可能性があることを考慮することは重要であるため、 $\Delta$  CDF に対する SOKC の影響を申請が考慮しているかどうかを評価する。
2. PRA の申請において形成された仮定の妥当性が、特定の指標と基準を通して適切に監視されるかどうかを判断する。特に、指標が適切で、基準が妥当な設定であるかどうかを確認する。さらに、パフォーマンスの低下が即座に検出できるかについても確認する。
3. 事業者が活用する、正当化に応じた補償的な対策についてはあまり重視しない。

4. 申請に関連する発見事項を特定するために、事業者の PRA のピアレビュー発見事項のレビューを行う。
5. 一般に、レジーム 1 に特定された PRA の申請では監査 (Audit) は実行しない傾向にある。

#### <レジーム 2>

レジーム 2 とされた申請は、リスク指標の平均値が、許容ガイドラインと 1 オーダー程度以内にある場合であり、**図 R.9** の灰色部分に該当する。スタッフの対応は次のとおりである。

1. 解析者の知識に基づく相関 (SOKC) が PRA の結果に影響を与えないことを示す評価を行う。
2. 提案されたパフォーマンスモニタリングが適切かつ十分であり、パフォーマンスの低下が即座に発見できるかどうかを確保するための調査を行う。
3. 発見事項の影響と発見事項がどのように解決されるかについて、よりよく理解するために、レジーム 1 の調査精度よりも高い精度でピアレビュー発見事項を調査する。
4. パラメータの不確実さの確率密度関数 (PDF) と相まって、モデルの不確実さの重要な原因を考慮する。これは、申請における不確実さの側面のレビューの深堀調査を実行する必要があるかどうかを判断するためである。
5. 一般に、レジーム 2 とされた PRA の申請では監査 (Audit) は実行しない傾向にある。

#### <レジーム 3>

レジーム 3 に特定された申請は、リスク指標の平均値が、許容ガイドラインよりもわずかに大きい若しくは小さいと見込まれる場合であり、**図 R.9** の濃灰色部分に該当する。スタッフの対応は次のとおりである。

1. SOKC は PRA 結果に影響を与えないとする定量的な評価が示されるものと予想する。
2. レジーム 1 のように、提案されたパフォーマンスモニタリングが十分であることを確保し、パフォーマンスの低下を即座に検知できると判断するために申請を調査する。
3. 補償的な対策が取られていることを想定する。
4. レジーム 2 に特定された調査精度よりも高い精度でピアレビュー結果を調査する。
5. パラメータの不確実さの確率密度関数 (PDF) と相まって、モデルの不確実さの重要な原因を考慮する。これは、申請における不確実さの側面のレビューの深堀調査を実行する必要があるかどうかを判断するためである。
6. リスクの変更の要因を判断するための監査 (Audit) を実施する可能性が高い。これは、一般的には PRA における重要な課題の調査と、モデルの不確実さの重要な原因の調査に制限される傾向にある。

#### <レジーム 4>

レジーム 4 に特定された申請は、リスク指標の平均値が許容ガイドラインよりも僅かに大きい若しくはそれ以上に大きいと見込まれる場合であり、**図 R.9** の黒色部分に該当する。一般的に、申請が発電所のリスクを全体的に抑制することを示していない限り、申請は受け入れられない。仮に事業者が、PRA 結果が保守的かつバウンディングであるとしている場合、スタッフは事業者が保守的でバウンディングな PRA の見地を特定していると想定し、申請を支援するよう、より現実的な評価を行う。スタッフの対応は次のとおりである。

1. 解析者の知識に基づく相関 (SOKC) が PRA の結果に影響を与えないことを示す定量的な評価を探す。
2. 提案されたパフォーマンスモニタリングが十分であることを確保し、パフォーマンスの低下を即座に検知できるかどうかを判断するための調査を実施する。
3. 補償的な対策の適切性を判断する。

4. 事業者の PRA ピアレビュー発見事項の徹底的な再調査を実施する。
5. パラメータの不確実さの確率密度関数 (PDF) と重要な原因のリスク結果への影響と相まって、モデルの不確実さの重要な原因を詳細に再調査する。
6. PRA の申請に対してレジーム 3 で行われたものよりも詳細に監査 (Audit) を実施する。

#### 参考文献

- [1] USNRC, *Guidance on the Treatment of Uncertainties Associated with PRAs in Risk-Informed Decision making*, NUREG-1855, Revision 1, (2017)
- [2] USNRC, *An Approach for Determining the Technical Adequacy of Probabilistic Risk Assessment Results for Risk-Informed Activities*, Regulatory Guide 1.200, Revision 2, (2009)

## 附属書 S

### (参考)

### 費用便益評価の例

#### 序文

我が国の原子力産業界における費用便益評価（CBA）に関する事例は少ないが、欧米では主に規制影響分析（RIA）において用いられている。

この附属書は、本体7.4.3、7.4.4 a) 及び 7.4.4 b) に規定された、キーエレメントに関する評価結果を定量的に取り纏めて費用便益評価によって選択肢の総合的な優先順位を決定するためのプロセスを実施するための具体的な方法を例示するために、米国の原子力規制委員会（Nuclear Regulatory Commission: NRC）と、英国の安全衛生局（Health and Safety Executive: HSE）におけるCBAの典型的な例について記載する。

#### S.1 米国 NRC の規制影響分析における費用便益評価

NRC は、1977 年に費用と便益の評価に関する指針（SECY-77-388A）を提示している。費用便益評価の指針は、規制分析指針 NUREG/BR-0058（以後、指針）として 1983 年にまとめられ、改訂を繰り返しながら現在に至っている。最新版の指針である NUREG/BR-0058 Revision 5<sup>[1]</sup> では、従前使用してきたバリュー・インパクト（value-impact）の評価という用語を改め、コスト・ベネフィット（Costs and Benefits）の評価という表現を用いている。

RIA の分析手順（図 S.1）によると、まず“問題及び目的の記述（声明）”，“代替アプローチの特定と予備解析”，“安全目標分析”において、本体 7.2 及び 7.3 に相当する問題の設定と選択肢の提案を行って、抽出された問題に対処するための合理的かつ実行可能な潜在的な代替案（この標準の表現では“選択肢”）を示す。そして，“費用と便益の見積と評価”において、抽出された代替案について、規制措置についての費用と便益を特定し、その見積と評価を行う。

この附属書では、S.1.1 から S.1.6 において、“D.費用と便益の見積と評価”を中心に、その手順と使用可能な方法論を記載する。

なお、CBA の具体的な実施例としては、次のものがある。

- 1) フィルタ・ベントの設備設置命令要件化の検討<sup>[2]</sup>
- 2) フィルタ・ベントの設備設置に関する規制要件の検討<sup>[3]</sup>
- 3) 使用済み燃料プールリスク抑制のための設備追加の検討<sup>[4]</sup>
- 4) 全交流電源規則の新設<sup>[5]</sup>

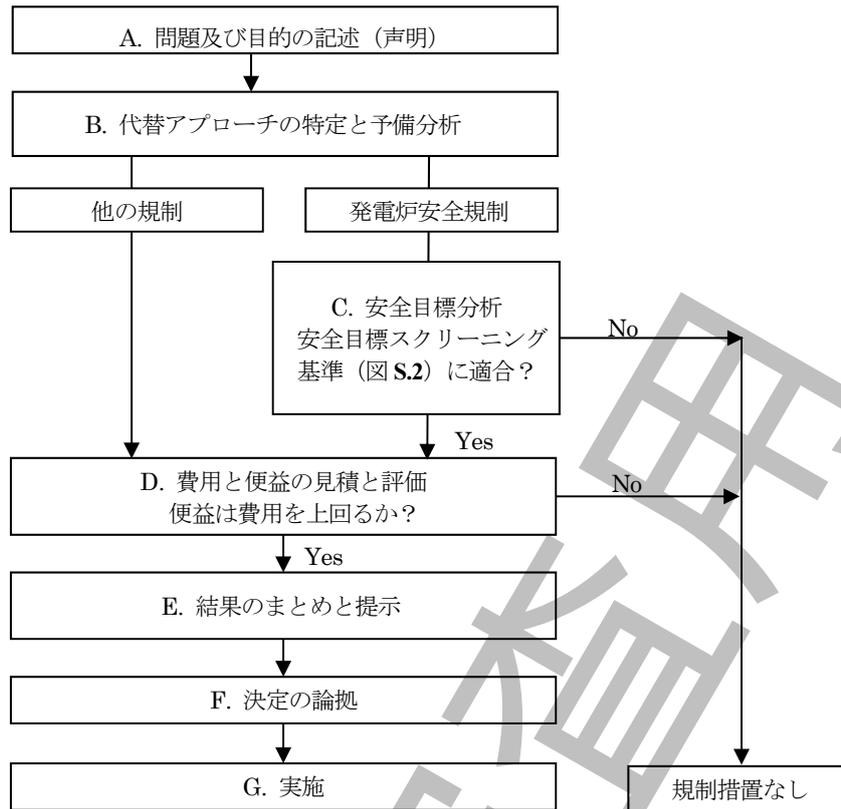


図 S.1 規制分析プロセスの要素<sup>[1]</sup>

(参考文献[1]の Figure 2-2 を翻訳転載)

推定される CDF の削減	スタッフ措置
$>10^{-4}$ /炉年	優先度の高いものから規制分析を進める。
$10^{-4} - 10^{-5}$ /炉年	担当部門長が、規制分析を進めるか判断する。
$<10^{-5}$ /炉年	工学的又は定性的な強い正当性に基づく局長判断がない限り、分析を終了する。

炉心損傷頻度の変化 ( $\Delta$ CDF)/RY	$1 \times 10^{-3}$	費用便益評価に進む	費用便益評価に進む* (優先)
	$1 \times 10^{-4}$	費用便益評価に進むか 上層部が判断	費用便益評価に進む
	$1 \times 10^{-5}$	措置の実施なし**	費用便益評価に進むか 上層部が判断
	$1 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-1}$

推定される条件付き格納容器破損確率\*\*\*

- \* 適切な防護又はコンプライアンスに関する判断が必要である。
- \*\* 局長がスクリーニング基準は該当しないと判断した場合を除く。
- \*\*\* 放射性核種を格納容器に放出する炉心損傷事故を条件として。

図 S.2 安全目標スクリーニング基準<sup>[1]</sup>

(参考文献[1]の Figure 2-3 を翻訳転載)

### S.1.1 属性の貨幣価値での表現

可能な限り定量的な尺度を用いて費用便益評価に関連する属性を表現する。定量化の尺度として可能な限り貨幣価値を使用する。ドル表示の便益（Dollar benefits）は、購買力平価で定義される。貨幣価値での表現が不適当な（表現できない）場合には、分析者は可能な限り適切な単位で定量化して記述し、定量化可能な便益を用いることに努める。不確かさが適切に考慮されれば、定量化されないよりは大きな不確かさをもつ不正確な定量化の方が好ましい。容易に定量化できない属性が存在する場合、これらの属性は“定性的”とされ、定量的な属性とは別に取り扱う。

### S.1.2 規制対象のカテゴリ化

定量化できる属性についての見積は標準的な技法を用いて行われるが、規制措置の影響を受ける範囲が広範な場合には、適切なデータを入手することがより複雑である可能性がある。

その際は、影響を受けるグループのカテゴリを特定する。影響を受ける各グループについて、提案された措置の影響を特徴付ける属性を特定する。提案された措置の影響が、影響を受ける各グループの中で不均衡となる場合には、その部分集合として更なる区分が必要な場合がある。提案された措置が異なるカテゴリに対して著しく異なる属性の影響をもたらすケースでは、分けられたカテゴリ（例えば、旧プラント vs. 新プラント）ごとに費用と便益及びそれに関する不確かさの個別の見積と評価を行う必要がある。

### S.1.3 費用と便益の見積と評価

#### a) ベースライン・ケース（Baseline case）の定義

このプロセスは、本体 7.4.4 において費用便益評価を採用する場合、7.4.3 において、情報収集と評価の基準をどのように定めるかを例示するものである。

このプロセスは、本体 7.4.3 に規定されたキーエレメントに関する情報収集の一部である。

NRC の RIA では、費用と便益の比較は、通常措置を講じない代替案であるベースライン・ケースと比較した増分的な最良推定値を用いて行われる。

ベースラインは、提案される措置がなければ世界はどのように見えるかということを反映する必要があるため、現状（status quo）と必ずしも混同してはならない。既存のプログラム及び他の規制変更の成熟を仮定することが合理的ならば、ベースラインは、これらの変更の効果を反映したものとする。

複数のベースラインが合理的であり、そのベースラインの選択が費用と便益の見積値に著しい影響を及ぼす時には、これは不確かさを高める可能性があるため、代替のベースラインに対する測定結果を考慮する。このアプローチは、産業界の取り組みを扱う際に特に推奨される。

可能なら、最良推定は、“平均（mean）”又は“期待値（expected value）”の観点で行う。規制分析に用いられるデータソースの詳細さのレベルに応じて、中央値などの他の点推定値による見積りが許容されるが、平均値以外の見積値の使用には、その理論的根拠を提供する。

また、ベースライン・ケースを定義する際には、規制分析における費用及び便益のいずれについても二重計上を防ぐために特別な注意を払う。例えば、既存プラントの新しい規制要求を評価する場合、既存の規制要求は全て実施されたと仮定するので、既存の規制要求に関連する費用と便益は、考慮する必要のある新しい規制措置の増分的な費用と便益の一部に含めない。同様に、新しい規制要求が将来のプラントに影響を及ぼす可能性があるならば、新しいプラントの基準点を既存の規制要求に設定する。費用又は便益の二重計上を防ぐため、実施される可能性のある規制措置に関連した他の正式提案の規制措置に関する費用と便益の見積と評価内容を把握する。

#### b) 便益の見積

このプロセスは、本体 7.4.4 において費用便益評価を採用する場合、本体 7.4.3 において、便益に関するリスク情報をどのように収集するかを例示するものである。

NRC の RIA では、各代替案について関連する便益属性が特定され、評価される。これらの評価では、問題を解決するための各代替案の可能性と有効性の違いを明確にするため、その最良推定値（好ましくは平均値）を考慮する。適用可能な範囲で、評価する便益属性には次のものを含む：

- 公衆及び職業被ばくの抑制
- 健康、安全、自然環境の増進
- 回避される敷地への影響
- 回避される敷地外の財産の損傷
- 被規制者の節減
- NRC の節減
- 州、地方の運営の節減
- プラント稼働率の向上
- 経済的な機能の促進
- 安全保障リスクの抑制

これらの属性の便益は正確に見積もることが困難で、見積値は代替案に関連する他の便益と費用を潜在的に著しく上回る可能性がある。この内、回避される敷地内の費用と改善されたプラント稼働率から生じる貨幣価値の節減を見積もるには特に注意が必要である。回避される敷地内の費用とプラント稼働率の向上を除外すると結論を著しく変わることが予期されるならば、感度解析のため、及び規制決定の根拠を明確にするために、これらの除外した要素を明示する。

分析者は、代替案には特定の属性に対して正と負の両方の要素が含まれる可能性があることに注意する。例えば、放射線が存在する区域内における新しい機器の要求は、機器の設置中に職業被ばくを増加させるが、通常運転及び事故の際の職業被ばくを減少させる可能性がある。

リスクを評価する能力は、考慮される特定の規制措置に直接関係する利用可能なデータ及び情報に応じて、劇的に変化する可能性がある。一般的には、詳細な情報をサポートする程度によって、次の三つのタイプの規制分析のいずれかの実施が可能となる。

- 1) 便益の定量化を支援するため詳細な PRA 又は統計ベースの分析が利用可能であるか、開発することができる場合、PRA によって詳細かつ包括的なリスク抑制量を評価する。また、貨幣価値換算係数を用いて、被ばく量抑制値を貨幣価値に換算する。
- 2) 定量的な見通しを提供するのに、いくらかの事実情報又はデータが利用可能であるが、データのかかなりの外挿を必要とする可能性があるため、分析結果は、非常に不確かであり、完全性又は精度に欠ける可能性がある場合、入手可能な範囲のデータを利用してリスクの絶対値及び相対値などを評価し、可能な限り定量的な評価を行う。この場合は、評価結果に不確かさが伴い、通常、感度解析が行われる。
- 3) 定量的なタイプの分析を支援するためのデータ及び許容モデルが極めて少なく、その結果、分析が定性的でなければならない場合（例えば、緊急時対応、セキュリティに関連する問題などが該当することがある）、分析者は、当該規制を行うことが妥当であることを説明する定性的根拠を明確にする。

### c) 費用の見積

このプロセスは、本体 7.4.4 において費用便益評価を採用する場合、本体 7.4.3 において、費用に関するリスク情報を収集するべきかを例示するものである。

潜在的影響属性の数は非常に多く、適切な費用を構成するものは検討中の代替案の特定の状況に大きく依存するが、NRCのRIAでは、評価される必要のある影響として次の六つの項目が挙げられている。

- 被規制者の費用増大
- NRCの費用増大
- 州、地方の運営費用の増大
- 健康、安全、又は自然環境への悪影響
- 規制効率又は規制目的に必要な科学的知識への悪影響
- 経済及び民間市場の効率的な機能への悪影響

費用の見積では、各代替案に関連する増分的な費用を計算する。可能であれば、費用の見積には、施設のダウンタイム及び建設遅延の費用を含む、据付費用と継続費用の両方の情報を含める。埋没費用（Sunk costs）は特定できるかもしれないが、費用の評価及び評価結果の提示には含めない。

費用は、社会的視点から見積もる。保険料及び税金などの移転支出は、実際の資源の消耗的な使用を伴わないため、費用に含めない。しかし、分析される措置提案に、主要な費用として、一般的に移転支出と考えられる項目の追加費用を生み出すものがある場合には、規制分析は部門別の観点からの便益と費用を考慮して、この文脈から費用を特定し、規制分析に含める（例えば、被規制者に追加の保険への加入を要求するだけの費用を伴う規制措置）。減価償却は会計上の概念であり、費用には含めない。

#### d) 費用と便益の評価

このプロセスは、本体 7.4.4 b) 1) において、キーエレメントに関するリスク情報によって示される属性の価値を、貨幣価値換算で定量化する方法を例示するものである。

NRCのRIAでは、被規制者が関与する提案された規制措置に関する便益と費用の定量見積の評価において、共通の基準に基づいた費用と便益を表現する（例えば、基準年からの貨幣価値を使用する）。便益と費用は、提案された規制措置によって社会のメンバーが影響を受ける期間全体にわたって見積もる必要があるため、通常は、意味のある合計と比較をするために、“行政予算管理局（OMB）による規制分析のガイダンス OMB Circular A-4”（以下、OMBガイダンス）<sup>10</sup>と整合させて現在価値で表現される。規制分析の原則は、将来の健康影響を現在の効果と同様に評価することであり、現在価値の技法によってこれを達成する。例えば、所与の換算係数に基づいて、健康と安全への影響は、一貫して人-cSv（person-cSv）あたりの固定されたドル値で評価されるが、この回避される人-cSv（person-cSv）の貨幣価値は、その影響が時間内にいつ発生するかにかかわらず固定値（一定のドル値）である。現在価値計算は、この貨幣価値を、今日の社会の投資額に単純に換算計算するもので、これによって、健康と安全の効果（すなわち、person-cSv）は、いつ回避されるに係わらず均等に評価される。現在価値計算では、OMBガイダンスに基づき、3%と7%の実質割引率が用いられる。更なる感度解析として代替の割引率を使用する場合は、それを用いることについて十分に正当性が説明されれば適切なものとして許容される。

また、定量化が不能と決定された便益と費用を特定し、定性的に議論する。定量化が不能と決定されたことを理由に、規制分析の文書からその属性を簡単に排除してはならない。定性的な要素の評価は定量的な属性と比較するのが難しいかもしれないが、その評価を一貫したアプローチを用いることは、競合する代替案の有益な比較を行うことができる。

#### e) 貨幣価値換算係数

放射線被ばく線量の抑制による便益を貨幣価値に換算するための換算係数として、放射線被ばく線量当

たりの損害額が使われており、以下のように求められている<sup>[7]</sup>。

放射線被ばく線量当たりの損害額＝統計的生命価値 × 放射線リスク係数

統計的生命価値は、死亡リスクの削減という便益を金銭換算した値で、人的資本法による評価、安全投資からの推定、規制費用からの推定、支払意志（WTP：Willingness-to-Pay）手法による評価などから最適値は\$9,000,000としている。また、低価格と高価格も推定しており、それぞれ\$5,300,00と\$13,200,000である。

放射線リスク係数は、ICRP 2007年勧告（ICRP No.103）に基づいており、一般公衆の被ばく線量に対する放射線リスク係数は、 $5.7 \times 10^{-4}$ /人・rem（がん  $5.5 \times 10^{-4}$ /人・rem、遺伝影響  $0.2 \times 10^{-4}$ /人・rem）である。

放射線被ばく線量当たりの損害額の推定値を表 S.1 に示す。放射線被ばく線量当たりの損害額は、2014年のドル価格で、5,100\$/人・rem と推定している。

**表 S.1 放射線被ばく線量当たりの損害額の推定値（貨幣価値換算係数）<sup>[7]</sup>**

（参考文献<sup>[7]</sup>の Table 3 を翻訳転載）

	統計的生命価値 (\$)	放射線リスク係数 (/人・rem)	放射線被ばく線量当たりの損害額 (\$/人・rem)
最適値	9,000,000	$5.7 \times 10^{-4}$	5,100
低価格値	5,300,000	$5.7 \times 10^{-4}$	3,000
高価格値	13,200,000	$5.7 \times 10^{-4}$	7,500

（注：被ばく線量単位は、引用文献では rem であり、そのとおり記載している。）

#### S.1.4 感度解析又は不確かさ解析

このプロセスは、本体 7.4.4 a) 3) において、判断材料として用いるリスク情報自体の不確かさ、及びリスク情報が選択肢（代替案）に与える影響の不確かさを解析する方法を例示するものである。

NRC の RIA では、一般的な原則として、属性を定量化しながら、主要な属性の影響が広範囲に及ぶ可能性がある場合には、その入力パラメータの変動が全体の結果へ及ぼす影響を推定するため、感度解析（sensitivity analysis）又は不確かさ解析（uncertainty analysis）のいずれかを実行する。感度解析では、仮説的な最良と最悪の影響を推定し、その出力結果は様々なパラメータの重要度を決定し、その結果に関する不確かさを近似するのに使われる。不確かさ解析は、典型的にコンピュータシミュレーションを必要とするが、感度解析は分析的方法で行うことができる。

実際の不確かさ解析はより厳密であり、これには数々の手法があるが、結果の有用性及び必要なリソースの量に各々差がある。不確かさ解析は、選択された入力パラメータの仮定された分布に基づいて、全体的な結果の実際的な確率分布を生成する。代替案間の選好が一つ又は複数の主要な属性の変動に著しく依存することを感度解析又は不確かさ解析が示している場合には、この依存性を低減するための追加の調査が適切かもしれない。感度解析及び不確かさ解析が行われる範囲は、便益と費用の程度及び確からしさ、並びにそれに関する変動性を反映するものでなければならない。

#### S.1.5 見積と評価の結果の更新

NRC の RIA では、費用と便益の見積を、提案の規制措置によってグループが影響を受ける期間全体について、年ごとに評価する。

許可施設については、見積は施設の残存運転許可又は見積耐用年数（すなわち、運転許可更新期間に延長）について行う。原子力発電所の場合、分析者は、規制分析の結果が更新期間の設定によって著しく影響を受ける可能性があるかと判断する場合、許可更新期間について別個の見積もりを行う。そうでない場合、

著しい影響がないとの判断又は結論の根拠を規制分析の文書に記述する。

### S.1.6 定性的属性の費用と便益の評価

このプロセスは、本体 7.4.4 b) 2) において、定量化できない属性に対する定性的な考察を行う方法を例示するものである。

NRC の指針は、属性の評価において極力定量化することが要求しているが、費用と便益を定量化することが可能でないときは、NRC スタッフが定性的要素について議論することを要求している。具体的には、一般に許容された定量的な尺度がない場合、要因を正確に定量化する方法論が欠落している場合、又は定量的な方法論に対し適用するデータが欠落している場合が該当する。指針の Appendix A (A.2.2) には、定量化できない費用と便益が例示されている。定性的な考察を行う場合は、考察に伴う固有の不確かさを考慮する。

定量化が困難な場合、意思決定のために定性的な評価の方法として、次に示す手法の何れかを適用することができる。(表 S.2 に、各手法の評価内容を示す。)

#### a) 費用対効果分析

同じ又は類似の結果（例えば、出力又は便益）を生成する代替方法の費用を比較する。多くの場合、最小の費用で事前に定義された目的を満たすオプションを見つけるために、この分析を使用する。測定単位は、通常は非貨幣であり、防止されるイベントの数、救われた生命の数、又は単位費用あたりの削減された癌の症例などである。一般的に、費用対効果分析は、同じ主要な結果（例えば、保護されている湿地の面積の増加）又は複数の結果を統合した単一の指標値（例えば、健康の改善）で規制措置を比較する。代替案が同様の値となる場合、費用対効果分析は、最も効率的な代替案の選択に使用することができる。

#### b) その他の手法

指針の Appendix A では、費用対効果分析以外に、適用可能な次の定性的評価手法を例示している。

- ・ しきい値分析又は損益分岐点分析
- ・ 限界分析
- ・ マクシミン及びマクシマックス分析
- ・ 連結型及び分離型分析
- ・ 辞書編纂型分析
- ・ 意思決定表

表 S.2 定性的属性の費用と便益を評価する手法の例<sup>[1]</sup>

手法	評価内容
費用対効果分析	<p>同じ又は類似の結果（例えば、出力又は便益）を生成する代替方法の費用を比較する。多くの場合、最小の費用で事前に定義された目的を満たすオプションを見つけるためこの種の分析を使用する。測定単位は、通常は非貨幣であり、防止されるイベントの数、救われた生命の数、又は単位費用あたりの削減された癌の症例などである。一般的には、費用対効果分析は、同じ主要な結果（例えば、保護されている湿地の面積の増加）又は複数の結果を統合した単一の指標値（例えば、健康の改善）で規制措置を比較する。代替案が同様の値となる場合、費用対効果分析は、最も効率的な代替案の選択に使用することができる。</p>
しきい値分析又は損益分岐点分析	<p>提案された活動の収支がゼロとなるように、便益が少なくなる方法（又は費用が大きくなる方法）を示すことによって、分析全体に対して定量化されない費用又は便益の重要性を分析する。例えば、費用が年間 105 百万ドルの水質を保護する規制案は、河川汚染の抑制に大きな便益を提供する。この規制の効果が、年間 105 百万ドル以上を合理的に評価できる場合に限り、便益は費用を上回る。定量化に不確かさがあるとき、又は定量化が不可能であるとき重要なツールである。</p>
限界分析	<p>提案された活動の便益の推定のためのデータが欠けているか、不明の場合に使用される。パラメータの限界値として、下限及び上限を使用する。例えば、あるパラメータの有効範囲が 0~100% であるならば、評価者は、事故の影響の範囲を決定するため、保守的な範囲（すなわち、0 から 100%）のそれぞれで得られる確率と影響を評価する。収支がこの範囲にわたって正であれば、意思決定者は、提案された活動が有益であることに確信を持つことができる。限界値の選定の際に、注意深く判断及び前提条件を記述する必要がある。</p>
マクシミン及びマクシマックス分析	<p>不確かさが存在する条件下で複数の代替案を相互に比較できる意思決定理論の手法である。マクシミン分析では、分析者は、所定の結果を得るためにそれぞれの代替案で起こり得る最悪の状況を考察し、最悪なものの中で最も良い代替案を選択する（つまり、当面の状況を考慮して、損失が他の全ての代替案よりもましである代替案を選択する）。この意思決定は悲観的な損失に基づき、分析者は、起こり得る最悪の状況が起こると仮定して、最も良い最悪ケースのシナリオを持つ代替案を選択する。マクシマックス分析では、分析者は、所定の結果を得るためにそれぞれの代替案で起こり得る最良の状況を考察し、最良なものの中で最も良い代替案を選択する（つまり、当面の状況を考慮して、利得が他の全ての代替案の中で最高である代替案を選択する）。この意思決定は楽観的な利得に基づき、分析者は、起こり得る最良の状況が起こると仮定し、最良ケースのシナリオを持つ代替案を選択する。</p>

表 S.2 定性的属性の費用と便益を評価する手法の例（続き）

手法	評価内容
連結型及び分離型分析	意思決定基準ごとに、最良のものではなく満足のいく性能を求める。連結ステップにおいて、代替案は全ての基準の最小性能しきい値を満たす必要があり、分離ステップにおいては、少なくとも一つの基準の所定のしきい値を超える必要がある。連結ルールも分離ルールも満たさない代替案は全て、今後の検討対象から外される。これらのスクリーニングルールは、他のより複雑な手法で分析するために代替案のサブセットを選択するために使用できる。
辞書編纂型分析	この分析では、最も重要かつ最も重み付けの大きい基準から始めて、一度に一つの基準に基づき代替案をランク付けする辞書編纂型の順序付けが実施される。二つ以上の代替案が、最も重要な基準に関して選好度が同じであった場合は、2番目に重要な基準について比較される。次に、残った代替案が、3番目に重要な基準について比較され、基準との結びつきが壊れ、代替案が選択されるまで、同様に続く。当該手法は、単純であるため興味を引く方法であるが、二つ以上の基準を同時に検討するとき、基準の順序付け及び独立した評価における仮定について、参加者による主観的な同意が必要となる。辞書編纂型順序付けの例としては、各代替案の属性を考慮する代替案の評価が挙げられる。例えば、当該評価で、三つの代替案にわたって六つの属性を考慮するとする。これは、評価可能な情報から成る6 x 3の表で表すことができる。この表には、三つの代替案の六つの属性についての情報を記載できる。
意思決定表	代替案の一覧を比較して優先順位付けするための一般的な手法である。これは、貨幣価値化されない、定量化が困難な費用及び便益を効果的に評価できる柔軟性の高いツールである。意思決定基準は、客観的で定量化できる場合は貨幣価値化され、主観的で直接定量化できない場合は貨幣価値化されない。どちらのタイプの基準も、費用便益評価を準備する時に考慮されるとはいえ、貨幣価値化された基準は特に、客観的で定量化でき、主観的評価から受ける影響が少ないという理由で、より厳密な分析を必要とする。貨幣価値的基準及び非貨幣価値的基準が一つの意思決定表で使用される場合は、評価において、貨幣価値化されたデータの価値が弱体化又は劣化することになるため、当該データに主観的評価を適用する必要がある。したがって、定量化された費用及び便益は、貨幣価値化されていない費用及び便益とは切り離しておき、一つの意思決定表で組み合わせて使用してはならない。最良のアプローチは、意思決定表を用いて主観的基準を評価し、定量化及び貨幣価値化されたデータを単独で評価してから、貨幣価値化されたデータと貨幣価値化されていないデータの両方を考慮してスタッフの推奨案を策定することである。

## S.2 英国 HSE の規制影響分析における費用便益評価

英国では、規制機関において新しい規制を立案する際には、得られる安全上の便益とその改善を行うための代償を比較するため、CBA を行うことが規制プロセスの一部となっている。HSE では、ALARP の判断の一部に CBA を適用する際の原則とチェックリストを策定し<sup>8)</sup>、検査官が被規制者の CBA をレビューする際に考慮する必要があるポイントを示している。この内容は、本体 7.4.3, 7.4.4 a), 及び 7.4.4 b) を実施する際の一般的な留意事項として活用できる。

HSE では、ALARP の判断において、費用が便益に対して総体的に不釣り合い (grossly disproportionate) でない限り、対策は合理的に実行可能として、 $Costs/Benefits > 1 \times DF$  という評価式を満足すれば、当該対策は達成しうるリスク抑制のためには行う価値がないと考える。ここで、DF は不釣り合い因子 (disproportion factor) で、その影響の大きさ及びその影響が発現する頻度を含む数々の因子に依存、すなわちリスクが大きいほど、DF は大きくなり、1 から総体的に大きな方向に変動すると考えられる。

ALARP を実証する際の CBA は、代替策が少なくとも有効であることが明白に証明されない限り、関係のあるグッド・プラクティスの実行についての反論では使用できない。CBA はそのまま ALARP 事例を構成するものではないし、これをもって法定義務を論駁するために使用すること、許容できないリスクを正当化すること、及び明らかに貧弱なエンジニアリングを正当化することはできない。

分析の詳細さは目的に合わせる必要がある、すなわち、リスクが高い場合、又は例えば多数の死亡率など影響自身が甚大な場合には、より厳密な分析をする必要がある。また、費用が対策の実行による便益に不釣り合いであることを示唆する結論を支持するには、感度解析が必要である。

この附属書では、HSE における CBA の主要なプロセスである“費用の算定”、“便益の評価”、“分析の特性の考察”において実施する事項を概説する。

### S.2.1 費用の算定

CBA の費用の算定は、適切な費用が全て含まれていることを確実にし、どこに費用が余計若しくは過剰に現れるかを明らかにすることである。

費用には、建設、運転、訓練、メンテナンス費用及び対策実施のためのプラント運転停止に伴う事業損失を含める。要求された全ての費用は、当事者が被ったものでなければならない (他の当事者、例えば公衆のメンバーが被った費用は計上しない)。

代償は、回復不可能な費用という意味を含む。例えば、ある対策が生産低下を意味する場合には、遅延中の生産低下だけが計上できる。生産低下が実際には生産を延期するものの場合 (つまり、プラント寿命がカレンダー時間ではなく運転時間に基づいている場合)、生産低下に追加して実施中の運転費用の割当分及び生産終了時点で発生しうる運転費用の可能性のある増分について“利子 (interest)”だけを考慮する。(例えば、そこで作業は実施されるが、油田及びガス田に残る石油及びガスは、生産低下として計上する必要はない。) 生産低下の費用が対策を実施しないという決定に大きな影響を与えるならば、責務者は、計画された休止期間と整合性をとった作業の段階的措置又はスケジュール調整 (例えば、メンテナンスのために) が費用便益のバランスを変えないことを示す。

考慮される費用は、リスク抑制策を実施する目的で、必要かつ十分なものだけとする。対策の結果としての進行中の生産の喪失 (例えば、プロジェクトが減速する、又は新しいプラントがより多くのメンテナンスを必要とする) は計上できる。対策の結果としての節減される費用 (例えば、運転費用の削減、損害の回避、及び関連する場合は復旧の費用) は、上記の費用に対して相殺しなければならない。これらは安全性の便益とは考えられないが、費用節減として計上される、つまり、対策を実施する全体的な費用を抑

制する。要求される費用は、安全のために実施される対策にだけ関連するものであることを示す。

貨幣費用への変換はしばしば不確かなものであるので、全てのものを正当化する。

### S.2.2 便益の評価

便益の評価での主な注意点は、健康と安全についての改善対策を実行することによる。全ての便益が含まれており、対策に関連する便益が過小評価されていないことを確実にすることである。

便益には、公衆、作業員、及びより広い地域社会（コミュニティ）への全てのリスク抑制を含まなければならない。つまり便益は、死亡者（数）、けが（大きなものから小さなもの）、健康障害、関係する環境被害（例えば、大規模災害管理規則 Control of Major Accident Hazards : COMAH）の防止にブレークダウンできる。

便益には、緊急サービスの展開の回避、及び適切であれば避難、事故後の除染などの対策の回避を含むことができる。

人々の健康と安全上の被害の防止の貨幣価値への換算は、表 S.3 に示す。

対策の全ての便益を含めなければならない。リスク抑制対策が一つのタイプの事故について特定され、例えば、健康リスクのような他のリスクも同様に抑制されている場合は、全ての便益を計上しなければならない。

責務者は、復旧費用は費用と相殺するのではなく、便益として扱う必要があるかもしれないことに留意する。これは、復旧されたプラントが安全関連プラント（例えば、有害廃棄物を処理するプラント）であった場合に当てはまる。これは、安全の好ましいバイアスと表現することができる。これは、総体的な不釣り合い因子（gross disproportion factor）が費用と便益とが比較される前に全ての便益に適用されるためである。

表 S.3 健康と安全上の被害の防止による価値（価値は 2003 年第 3 四半期価格）<sup>[8]</sup>

（参考文献[8]における表を翻訳転載）

	説明	価値換算（£）
死亡	—	£1,336,800 (癌の場合は 2 倍)
けが	—	—
恒常的に身体機能を奪う傷害	1~4 週間の過酷な痛みを伴う。その後徐々に痛みが収まるが、なんらかの活動において繰り返すかもしれない。労働及び/又はレジャー活動にいくらか恒常的な支障をきたす。	£207,200
重症	2~7 日間の痛みを伴う。その後数週間は痛み又は不快感が続く。数週間/数か月、労働及び/又はレジャー活動にいくらか恒常的な支障をきたす。3, 4 カ月後には後遺症のない正常な健康に回復する。	£20,500
軽症	すぐに且つ完全に回復する軽度の傷及び打ち身を伴う怪我	£300
疾病	—	—
恒常的に身体機能を奪う疾病	傷害に同じ	£193,100
他の健康障害のケース	1 週間以上の療養。恒常的な健康影響はない。	£2,300 (+£180×療養日数)
マイナー	最大 1 週間の療養。恒常的な健康影響はない。	£530

### S.2.3 分析の特性

分析には、結果に影響を与える可能性のある数々の特性があるため、CBA の適切性を評価する際には、次の点を考慮する必要がある。これらは、規制要求ではないが、しばしば、新しいより安全な技術に投資するかどうかの判断において重要なものである。

将来の便益/費用を現在価値に換算するための金銭的価値の割引は認められる。著しい将来費用がある場合、被規制者は、これが精細にバランスさせた分析の結果を変えるかどうかを見るため、割引 (discount) により現在価値を検討しなければならない。すなわち、割引がなければ対策が合理的に実用的でないと見なされる場合に、割引が行われても結果に相違がないことを示すことが必要である。将来費用の割引は、費用が特に著しい場合は、対策を割引が無視された場合よりもより好ましいものにできるかもしれない。これは、健康と安全の便益よりも費用により高い実効割引率が適用されるためである。将来の健康と安全の便益を、1.5% (2003 年値) 以上の率で割引いてはならない。又、将来の費用と費用縮減は、3.5% (2003 年値) 以上の率で割引かなければならない。50 年を超える割引期間は問題があり、対策がそのような分析特性の結果として示唆されない指標は注意深くレビューしなければならない。

分析は、予防的アプローチに沿い、適切な感度解析によって強固であることが示される必要がある。特に、主要な事故ハザードに関連する CBA の結果は、事故がどのように深刻か、どのように頻繁かを推定する必要があるため、不確かさがある。これらの事故はまれであるが、発生した場合、非常に高度な影響をもたらす可能性がある。

CBA への入力、3 以上の倍数となる感度範囲を持つことがある。極値が分析に使用されていない限り、総体的な DF がこの倍数を下回る結果は、その改善が合理的に実行可能でないという説得力のある指標ではない。被規制者は、CBA には保守的な入力を使用するか、若しくは、感度範囲の倍数の適切性を正当化するかのいずれかを行う必要がある。分析は適正な DF が正当である根拠を示さなければならない。

主要な事故が発生した事態では、被規制者にとって重要な課題には、風評、株価、顧客基盤と市場シェアが含まれる。

### 参考文献

- [1] USNRC, *Regulatory Analysis Guidelines of the U.S. Nuclear Regulatory Commission, Draft Report for Comment*, NUREG/BR-0058, Revision 5, April 2017
- [2] USNRC, *Consideration of Additional Requirements for Containment Venting Systems for Boiling Water Reactors with Mark I and Mark II Containments*, SECY-12-0157, (2012)
- [3] USNRC, *Evaluation of the Containment Protection and Release Reduction for Mark I and Mark II Boiling Water Reactors Rulemaking Activities*, SECY-15-0085, (2015)
- [4] USNRC, *Value/Impact Analyses of Accident Preventive and Mitigative Options for Spent Fuel Pools*, NUREG/CR-5281, (1989)
- [5] USNRC, *Regulatory Effectiveness of the Station Blackout Rule*, NUREG-1776, (2003)
- [6] OMB, *Circular A-4, Regulatory Analysis*, September 17, 2003
- [7] USNRC, *Reassessment of NRC's Dollar Per Person-Rem Conversion Factor Policy, Draft Report for Comment*, NUREG-1530, Rev. 1, (2015)
- [8] HSE, "Cost Benefit Analysis (CBA) checklist", <http://www.hse.gov.uk/risk/theory/alarpcheck.htm>

## 附属書 T (参考) 多基準分析の例

### 序文

多基準分析 (Multi-Criteria Analysis : MCA) とは、複数の基準で選択肢 (代替案) を評価し、意思決定での選択を支援しようとする分析手法である。この多基準分析は、意思決定においてコスト及び効率性だけでなく、環境問題及び公平性の問題といった時として相反する複数の目的を考慮する必要のある事項を、貨幣尺度での評価が困難な基準を含めて多基準として明示的に扱うことができる。一方多基準分析は、費用便益評価のように単純で分かりやすいものでもなく、分析作業が複雑であるという側面もあり、場合によっては専門家の力を借りることも必要となる。また、多基準分析はウェイト付けに関する合意形成のプロセスに課題が大きいことが懸念されるため、中立的なコンサルタントの採用、複数の専門家による協議の上でのウェイト付け、及びそれらの公表などの対応策を講じることが推奨される。

この附属書では、**T.1**において多基準分析の手法及び一般的な実施手順を示し、**T.2**において多基準分析の手法の一つである階層分析法 (AHP) につき、具体的な実施内容を示す。それぞれの手法の詳細については、参考文献を参照されたい。

### T.1 多基準分析の一般的な実施手順

多基準分析には通常、意思決定の文脈の確認、選択肢 (又は代替案) の確認、目的と基準の確認、スコアリング、ウェイトイング、スコアの統合、結果の吟味、感度解析、という 8 段階のステップがある<sup>[1][2][3][4][5][6][7]</sup>。ここで、前半の四ステップはインパクト行列 (又はパフォーマンス行列) を構成するプロセスであり、多基準分析による意思決定支援のベースとなる。後半の四ステップについては、ウェイトイングの考え方、若しくはスコアの統合を行うか否かなどによって異なり、様々な手法が提案されている。

#### a) 意思決定の文脈の確認

最初の段階は常に、意思決定の文脈の理解を確認することから始まる。つまり、何のために多基準分析を実施しようとしているのかを明確にし、分析の参加者を選び、ステークホルダーを確認したうえで、分析の方法をデザインする。分析を実施する目的はいくつか考えられるが、複数の選択肢から最良のものがどれであるかを明らかにすること、総合的な順位付けをすること、基準ごとの順位を知ること、選択肢の数を絞ることなどがある。意思決定支援のために多基準分析を行う場合、それには誰の立場で評価するかによってスコアリングが大きく異なる基準が含まれるので、ステークホルダーをどのように捉えて分析に組み込むかが重要である。

このステップでは、本体 7.2.4 で実施された検討が活用される。

#### b) 選択肢 (代替案) の確認

考慮する必要のある一連の選択肢を確認しリストにする。しかし、最終的な確固としたものではなく、分析の進行に伴って修正又は追加がなされ、より良い選択肢 (代替案) が設定される可能性があることを念頭におかなければならない。

### c) 目的と基準の確認

各選択肢のインパクト（又はパフォーマンス）を評価するための基準を確認する。ステークホルダーを直接巻き込むこと、又はステークホルダーからの様々な情報を調査分析することなどの方法によって様々な視点を包括し、見落とされている視点がないかを確認することが必要である。そして、引き出された一連の基準がその問題に適切かどうかを確認するため、目的のための価値ツリー（Value tree）を構成することによって、基準をグループ化し系統立てる。

**注記** 価値ツリーとは、目的を具体的な属性まで分解したもので、階層構造状のツリーで表示する。もともと決定分析の手法から派生したもので、価値ツリー（Value tree）と効果ツリー（Effect tree）とは同様の形式のものを意味している。

基準の選択に当たっては、本体 7.4.2 及び 7.4.3 を参考に、次の条件を確認しながら、具体的に定める。

- **完全性（Completeness）**：重要な基準を全て含んでいることである。つまり、重要な視点を見逃していないか、選択肢を比較するために必要な基準を全て含んでいるか、及び目的の重要な局面を基準として押さえているか、などを確認する。
- **重複性（Redundancy）**：無駄に繰り返されている基準がないことである。これは、後述する相互選好独立性及び二重計上にも関係する。重複を防ぐためには、意思決定全体の文脈において完全性をめざして見逃さないよう基準を並べてから、並べた基準をグループ化して整理し、重複の可能性を確認しながら取捨、又は統合する。
- **操作性（Operationality）**：各選択肢をそれぞれの基準によって評価できることである。それぞれの基準は判断可能なように明確に定義されなければならない。必要な場合には、よりはっきりと定義できる副基準に分解することになる。
- **相互選好独立性（Mutual independence of preferences）**：相互に選好が独立となるように基準を定めることである。つまり、ある基準における評価が他の基準における評価に影響を受けないことである。相互独立ではない基準は一つに結合させる。
- **二重計上（Double counting）がないこと**：二重計算は相互選好独立性と密接に関係する。
- **サイズ（Size）**：基準の数が多すぎないことである。通常は6～20程度、若しくは人間の評価プロセスの比較能力からして基準と副基準で各々8項目とされている。
- **長期的影響（Impact occurring over time）**について：費用便益評価など貨幣換算を基礎とした手法では割引率を用いる手法が確立されているが、多基準分析において時間選好問題はあまり積極的に扱われておらず、共通の手法はない。割引、及び短期的・長期的といった時間区分で影響を扱う。

### d) スコアリング

このステップでは、基本的に基準に対して期待される各選択肢のパフォーマンスを記述する。各選択肢のウェイトとスコアリングを組み合わせる総合的な評価を行う場合には、このステップでスコアリングを行う。スコアリングは以下のプロセスで行う。

まず、選択肢による影響を基準ごとの尺度で明らかにする。貨幣尺度、定量的尺度だけでなく、定性的表現で記すこともある。

次に、基準によって各選択肢にスコアをつける。各選択肢のスコアを決める代表的な方法を、表 T.1 に示す。いずれも、スケール（例えば0～100）に変換され、スコアの高いものがより選好される。

最後に、『基準ごとのスコアの一貫性の確認』を行う。

表 T.1 スコアリング手法

手法	評価内容
価値関数 (Multiple attribute value theory : MAVT)	影響の評価を 0～100 のスケールの価値スコアに変換する。
直接ランキング	一般的な測定尺度が存在しない場合又は測定に取り組む時間的若しくは予算的余裕がない場合に使われる。この場合も 0～100 の範囲の数が、各選択肢の価値に割り当てられる。
階層分析法 (Analytical hierarchy process : AHP)	意思決定者からの各選択肢のインパクト (パフォーマンス) に関する主観的であいまいな評価から、その重要度の相違を一对比較によって引き出す。

## e) ウェイティング

意思決定において各基準をどの程度重視するかを定める。

評価基準 (属性) に対する選好ウェイトの評価には、意思決定者の個人的選好度合をあらゆる主観的評価、並びに属性データそれ自体の持つ特性、ばらつき、差異などを反映する客観的評価があり、双方を考慮に入れる必要がある。前者は、意思決定の目的、意思決定者の考え方などを反映したきわめて主観的なものである。また後者は、選択肢のもつ属性によってもたらされる固有の情報に関係しており、選択肢の集合が変わればそれに応じて変化する。

多基準意思決定分析で用いられるウェイティングの手法としては表 T.2 に示すものがあるが、普遍的に受け入れられるウェイティングの方法はない。どのようなウェイティング手法を選択するか、又はウェイトの割り当てについて意見の一致が得られない場合もある。その際には、二つ以上のウェイトの組み合わせを並行して採用する。時にはウェイトに関する合意抜きで、選択肢 (代替案) の選択に対して合意が可能なこともありうる。実際に、多基準分析を実施する際に、d) スコアリングと e) ウェイティングとのどちらを先に行うかは、対象とする課題の内容と実際の分析の手順によるが、スコアリングがウェイティングの結果に影響されて、恣意的なスコアとならぬように、各々の分析を独立して実施することが必要である。

表 T.2 ウェイティング手法

手法	評価内容
アンケートによる方法	最も簡便な主観的評価の方法で、各属性について意思決定者にアンケート調査などによって点数付けをしてもらい、それを正規化するなどしてウェイト化するものである。意思決定者の生の声が反映できるが、恣意的になる場合もある。
階層分析法 (AHP)	要因間の重要性の相違を一对比較という形で表現し、これを基に主観的な意思決定を客観的、定量的に捉える。
スウィング・ウェイト法	意思決定者が仮想的な選択肢 (代替案) の個々の属性を相互に比較する一種の思考実験を行う。各属性において最も選好されない最悪のレベルにあるケースをベンチマークとして設定し、順次重要と考える属性を最悪から最良へとスウィングさせながらウェイトを引き出していく。

順位重心法 (ROC weight method)	スウィング・ウェイト法より簡易な手法で、まず属性 (基準) の相対的な重要度を記述し、次に、その情報 (ランク数) を使用して数値的なウェイトを作成する。
---------------------------	---

**f) スコアの統合：**

単純な線形加法モデルを用いれば、選択肢 (代替案)  $A_i$  の総スコア  $S_i$  は、選択肢  $A_i$  の基準  $C_j$  におけるスコアを  $s_{ij}$ 、各基準  $C_j$  のウェイトを  $w_j$  とすると、次の式で表せる。

$$S_i = w_1s_{i1} + w_2s_{i2} + \dots + w_js_{ij} = \sum_{j=1}^n w_js_{ij}$$

ここで  $i=1, \dots, m, j=1, \dots, n$

なお、スコアの統合は、全ての基準が相互に独立であることが前提である。スコア統合の手法としては、**表 T.3** に示すものがある。

**表 T.3 スコア統合手法**

手法	評価内容
効用・価値関数 (Utility and Value Function)	各クライテリアを標準化・ウェイト付けする際に、貨幣価値に代わる尺度として、効用・価値の尺度に変換する関数を設定し、各プロジェクトのもたらす効用・価値効用を相互に比較できるようにする手法である。効用・価値関数を用いる手法をそれぞれ、多属性効用理論 (Multi-Attribute Utility Theory or Technology : MAUT)、多属性価値理論 (Multi-Attribute Value Theory : MAVT)、と呼ぶことがある
線形加法モデル	基準が相互に独立であることが証明されるか理論的に想定され、また、不確実性が正式に組み入れられていなければ適用できる。
階層分析法 (AHP)	属性のウェイトと、それぞれの属性に関する選択肢の一対比較を行って得られるウェイトを用いて、それらの積和を求めることによって、最終的にもっともウェイトの大きな選択肢を見出す。
アウトランキング法 (Outranking Methods)	“アウトランキング (outranking, 優越)” の概念によるもので、効用関数、加算性をあまり強く仮定せず、特に選好の強さなどの意思決定者からの情報が少なくすむように開発され、決定が意思決定者から提供された情報に応じて、又はその問題について徹底的に熟考した後に選好を変えることができるという前提から始まるアプローチである。この手法では、意思決定者とモデルとの相互作用を強調する。

**g) 結果の吟味、感度解析**

選択肢の順位付けはスコアの統合によって判断することができるが、結果の吟味は、多くの場合、感度解析によって行う。このプロセスは採用する手法によって大きく異なる。

感度解析は、分析の過程における様々な曖昧さ又は不一致が、最終的な結果に何らかの違いをもたらす範囲を調べるもので、一般に、分析結果の再確認的なプロセスとして位置付けられているが、多基準分析においては、次に示すようなより積極的な役割がある。

- 多基準分析に使用するモデルが、全てのステークホルダーと主要な当事者の関心のあるクライテリアを確実に含むようにするため、関係グループに確認することができる。

- スコアリング及びウェイトングについて、あいまいさ又は不一致がある部分、もしくは関心の焦点が異なる部分のインプットを変えてみることで、選択肢の順位がどのようになり、その違いがどの程度であるかを確認することができる。その差が小さく第二位の選択肢を受け入れても全体的な便益を損なわないことを示すことができれば、合意形成への足がかりを得ることができる可能性がある。
- 選択肢の順位の逆転が大きい場合には、意思決定の文脈を再確認しながら新たな選択肢の設定を含めたフィードバックが求められることになる。

感度解析は、一般的に次のステップで行われる。

- i) 感度解析を行う。選択肢の全体的な順序付けに、他の選好及びウェイトが影響するか検討する。
- ii) 選択された選択肢の長所と短所を見て、選択肢の対を比較する。
- iii) 当初検討していたものより優れた可能性のある新しい選択肢を考案する。
- iv) “必要な”モデルが得られるまで、上記のステップを繰り返す。

## T.2 階層分析法の実施方法

AHPは、主観的であいまいな要因間の重要性の相違の評価を一对比較という形で表現し、これを数値化することで主観的な意思決定を客観的、定量的に捉える方法で、過去、多くの場面で用いられてきている。過去、多くの場面で用いられてきている<sup>[8][9][10]</sup>。

AHPは意思決定の構造を階層化して捉え、意思決定者が、選択肢の評価基準となる属性間の一对比較を行うことによって、どちらの属性がどのくらい重要かという値を付与し、その値によって構成される一对比較行列から、固有値などを用いて属性のウェイトを求めるものである。AHPは線形加法モデルを発展させたものであり、**図 T.1**に示すように分析の対象を、最終目標、評価基準（クライテリア、属性）、選択肢（代替案）といった要素によって形成される階層構造として捉える。意思決定者の選好ウェイトを求めるのみならず、基準間と選択肢間におけるそれぞれの一对比較を基にウェイトとスコアを引き出す手法で、総合評価を行う方法でもある。

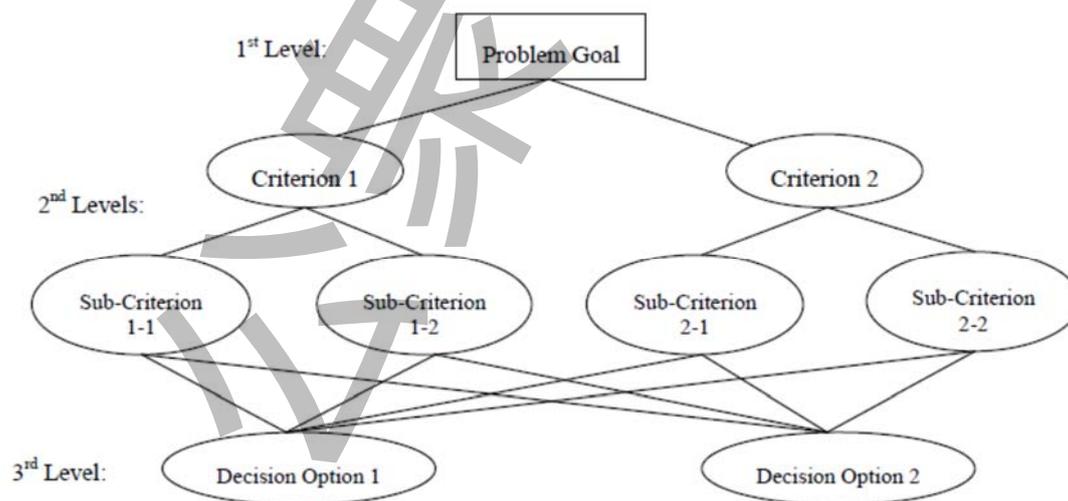


図 T.1 意思決定問題の階層構造<sup>[10]</sup>

(参考文献[10]の Figure 3.4 を転載)

AHP の実施手順は、次のとおりである。

**a) Decision Matrix の作成**

$A_1, \dots, A_n$  の  $n$  個の選択枝 (代替案)  $A_i$  と  $C_1, \dots, C_m$  の  $m$  個の評価基準 (属性)  $C_j$  とからなる意思決定問題を考えるとき、**図 T.2** に示すよう  $M$  行  $N$  列の行列式  $(a_{ij})_{M \times N}$  ( $i=1, \dots, n; j=1, \dots, m$ ) に整理される。これを **Decision Matrix** といい、各基準 ( $C_j$ ) をウェイトイング、そして各選択枝 ( $A_i$ ) のパフォーマンスをスコアリングすることによって意思決定のための定量的なデータを得る。ここでスコア  $a_{ij}$  は、基準  $C_j$  に対する選択枝  $A_i$  のパフォーマンスを示し、スコアリング値が高いほどパフォーマンスが良いということになる。

また、評価基準  $C_1 \dots C_m$  には選好ウェイト  $w_1 \dots w_m$  が割り当てられるが、ウェイト  $w_j$  は、評価基準  $C_j$  の相対的な重要度を反映し、正であると仮定される。この Matrix の選択枝 ( $A_i$ ) に関連する値  $x_1 \dots x_n$  は、選択枝の最終的なランキング値で、一般的に、上位の値はその選択枝のパフォーマンスが良いということを意味している。

	$W_1$	·	·	$W_m$
	$C_1$	·	·	$C_m$
$A_1$	$a_{11}$	·	·	$a_{n1}$
·	·	·	·	·
·	·	·	·	·
$A_n$	$a_{n1}$	·	·	$a_{mn}$

**図 T.2 Decision Matrix**<sup>[10]</sup>

(参考文献[10]の Table 3.1 を転載)

**b) 評価基準ごとのウェイトイング**

例えば、評価基準が四つの場合、それらを  $C_1, C_2, C_3, C_4$  とし、それぞれを属性とする。4 属性あると  $4 \times (4-1) \div 2 = 6$  組の対の 2 属性の重要度を一対比較する。属性  $C_i$  を属性  $C_j$  と比べて基準尺度 (評点)  $a_{ij}$  を、**表 T.4** に従って定め、行列に表し、 $A = [a_{ij}]_{N \times N}$  を一対比較行列として作成する。表における  $a_{ij}$  は 2, 4, 6, 8 という中間値も適宜使用する。

**表 T.4 一対比較の基準尺度**<sup>[9][10]</sup>

(参考文献[9]の第 1 表, 参考文献[10]の Table 3.2.9 を参考に作成)

属性 $i$ が属性 $j$ に比べて	$a_{ij}$
同じくらい重要	1
やや重要	3
かなり重要	5
非常に重要	7
極めて重要	9

属性  $C_j$  の重み係数 (ウェイト:weight) を  $w_j$  とすると、属性  $C_j$  に対する属性  $C_i$  の相対的な重要度  $w_i/w_j$  を  $a_{ij}$  で推定することになり、行列  $A$  の要素  $a_{ij}$  を  $w_i/w_j$  で置き換えた上でベクトル  $w$  を右から掛けると、次の式になる。

$$A\mathbf{w} = \begin{bmatrix} < br > 1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 & w_1/w_4 \\ w_2/w_1 & 1 & w_2/w_3 & w_2/w_4 \\ w_3/w_1 & w_3/w_2 & 1 & w_3/w_4 \\ w_4/w_1 & w_4/w_2 & w_4/w_3 & 1 \end{bmatrix} \mathbf{w}$$

$$= n[w_1 \dots w_4]^T$$

これは固有方程式  $A\mathbf{w}=\lambda\mathbf{w}$  の形をしている。行列  $A$  の階数は 1 であるので、固有値  $\lambda_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) は一つだけが非零となる。 $A$  の固有値は最大固有値  $\lambda_{\max}$  が  $n$  (要素数)、その他のものは 0 であることがいえるので、 $A=[a_{ij}]$  の最大固有値  $\lambda_{\max}$  に対する固有ベクトルを  $\mathbf{w}$  の値とする。この際に  $\mathbf{w}$  の全ての成分の和が 1 とするため、 $\mathbf{w}$  の成分を正規化した (各成分を  $\sum w_j$  で割った) ものを重要度 (重み係数) とする。簡便法として、対数最小二乗法によるウェイト推定として幾何学平均によって属性  $i$  の重要度 (重み係数)  $\hat{w}_i$  を導出することができる。

$$\hat{w}_i = \frac{\sqrt[n]{a_{i1}a_{i2}a_{i3}\dots a_{in}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{a_{i1}a_{i2}a_{i3}\dots a_{in}}}$$

### c) 結果の整合性の確認

導出結果の重要度 (重み係数) の値と評点の値との関係には若干のズレが認められる場合がある。このようなズレはどうしてもどうしても人間の判断にはつきものであり、完全に排除することは困難であるので、現実的には、基準尺度 (評点) の整合性 (一貫性) を測る指標を設けて、それがあまりに悪い (整合していない、一貫していない) 場合は、意思決定者は評点を見直す必要がある。導出結果の重要度 (重み係数) と評点の整合性をチェックするために整合度 (Consistency Index : C.I.) 又は整合比 (Consistency Ratio : CR) を計算する。

#### 1) 整合度 (C.I.) による整合性チェック

C.I.は、次の式で与えられる。

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

ただし、 $\lambda_{\max}$  は最大固有値、 $n$  は要素の数とする。一対比較行列  $A$  が完全な整合性をもつ場合にはこの値は 0 であり、値が大きくなるほど、不整合性は高いとみる。ただし、Saaty は C.I. の値が 0.1 (場合によっては 0.15) 以下であれば整合性があると判断することを経験則に基づいて提案している。

#### 2) 整合比 (C.R.) による整合性チェック

C.R.は、ランダム整合度 (Random Consistency Index : R.I.) を用いて、次の式で計算する。

$$C.R. = C.I./R.I.$$

C.R.の値も C.I.の値と同様に、0.1 (場合によっては 0.15) 以下であれば整合性があると判断する。

R.I.は、対角要素は全て 1、他の要素は 1/9,1/8,...,1/2,1,2,...,8,9 のいずれかをランダムにとり、対角線に関して対称な位置にある要素は逆数関係があるような行列を多数作成し、それらの整合度の平均を求めたものである。ランダム整合度の値は、既に Saaty が各  $n$  に対し、それぞれ 500 個ずつのランダムな行列について実験で求めており、表 T.5 に示すとおりである。

表 T.5 ランダム整合度 (R.I.) [8]

(参考文献[8]の TABLE A-1 を参考に作成)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
R.I.	0.0	0.0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.50

### 3) 選択肢ごとのスコアリングとスコアとの結合

AHP は、意思決定の構造を階層化して捉え、意思決定者が、選択肢（代替案）の評価基準となる属性間の一対比較を行うことによって、どちらの属性がどのくらい重要かという値を付与し、その値によって構成される一対比較行列から、固有値などを用いて属性のウェイトを求めるものである。

AHP では、このウェイトと、それぞれの属性に関する選択肢の一対比較を行って得られるウェイトを用いて、それらの積和を求めることによって、最終的にもっともウェイトの大きな選択肢を見出す。AHP は意思決定者の選好ウェイトを求めるのみならず、それらの値を用いて選択肢の総合評価を行う方法でもある。

- i) 選択肢の評価基準ごとのウェイト付けを行う。評価基準間の重要度を判断したのと同じ手順で、各評価基準に関して選択肢を一対比較することによって評価していく。
- ii) 評価の基準尺度（評点）は表 T.4 に従う。全ての選択肢の組み合わせについて一対比較をすることによって、各評価基準に対する、各選択肢間のウェイトが導出される。この一対比較の作業結果を行列にまとめると、評価基準（属性）が  $m$  種、選択肢が  $n$  種ある場合には  $m$  個の  $N \times N$  の行列となる。この行列に対して、ウェイトの導出と同様に、固有ベクトルの考え方を用いて、各評価基準に対する各選択肢のウェイト（すなわち、各評価基準に対する標準化されたスコア）を算出する。
- iii) 選択肢ごとに、評価基準に対するウェイト（標準化されたスコア）を、評価基準のウェイト（各クライテリアのウェイト）と乗算し、最後に全てを加算することで、その選択肢の優先度指標が算出される。

### 参考文献

- [1] 堀江典子, 萩原清子, “多基準分析の今日的意義と課題”, 総合都市研究第 82 号, 93-103, (2003)
- [2] Department for Communities and Local Government: London, *Multi-criteria analysis: a manual*, January 2009
- [3] Barfod, M. B., & Leleur, S., *Multi-criteria decision analysis for use in transport decision making*, Technical University of Denmark, (2014)
- [4] 百合本茂, “多属性評価による意思決定の方法”, 物流問題研究 47 号, 1-14, (2006)
- [5] Hammond, J.S., Keeney, R.L., and Raiffa, H., *A Practical Guide to Making Better Decisions* (小林龍司訳, “意思決定アプローチ「分析と決断」”), ダイヤモンド社, (1999)
- [6] European Medicines Agency, *Benefit-risk methodology project, Work package 4 report: Benefit-risk tools and processes*, EMA/297405/2012 - Revision1, (2012)
- [7] Amin Karami, Ronnie Johansson, “Utilization of Multi Attribute Decision Making Techniques to Integrate Automatic and Manual Ranking of Options”, JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND ENGINEERING 30, 519-534, (2014)
- [8] John C. Watkins, L. Scott Ghan, *AHP Version 5.1 User's Manual*, EGG-ERTP-10585, Idaho national Engineering

Laboratory, (1992)

[9] 古谷清澄, “AHP (階層化意思決定法)”, 通信総合研究季報 Vol.39 No.1, 37-45, (1993)

[10] Amin Karami, *Utilization and Comparison of Multi Attribute Decision Making Techniques to Rank Bayesian Network Options*, University of Skövde, Master Degree Project in Informatics One year Level ECTS 30 Spring term Year 2011, (2011)

田田  
粗具  
保羅  
歐  
心

## 附属書 U (参考) 意思決定に関する補足説明

### 序文

この附属書は、意思決定プロセスに関する補足説明をするものである。

### U.1 意思決定の注意点

#### U.1.1 意思決定者と分析担当者で異なる視点で評価する可能性のある例

- ・ 選択肢を選定するための“最新知見”の解釈については、予測の不確かさが大きい場合、意思決定者と分析担当者では、社会情勢及び／又は安全性に関する価値観に対する感受性も違ってくる可能性があることから、意思決定者が捉える“最新知見”は分析担当者のそれと異なる可能性がある。
- ・ “PRA の不確かさの考慮”の仕方も意思決定者と分析担当者では、違ってくる可能性がある。特に、PRA モデル及びパラメータなどの不確かさを補完する感度解析結果の解釈の仕方は変わる可能性がある。

#### U.1.2 意思決定時に考慮するモニタリングパラメータについて

意思決定時に考慮した対策案の境界条件、仮定及び不確かさが、意思決定後の変更によって、当初想定したもの（境界条件、仮定及び不確かさ）と齟齬がないかモニタリングし、当初期待したとおりの性能が発揮できているか確認する必要がある。このため、意思決定段階で適切なモニタリングが行えるパラメータがあるのか、また、実効的なモニタリングが可能かどうかあらかじめ確認しておく必要がある。

#### U.1.3 一つのリスクを抑制する対策が他のリスクを引き起こす可能性の例

溶融炉心のメルトスルーは CV 破損リスクをもたらす事象である。メルトスルーした溶融炉心がドライ状態の原子炉容器下部キャビティに落ちると MCCI による CV 破損リスクが高まる一方、水素燃焼による CV 破損リスクも高まる。MCCI 防止対策には CV スプレイを、水素燃焼防止策にはイグナイタを用意する場合、CV スプレイによる CV 雰囲気の内ナート化がイグナイタの効果を低下させ、水素燃焼による CV 破損リスクを潜在化させる可能性もある。各リスクのバランスを考慮して、安全性向上対策を選定していく必要がある。

### U.2 意思決定においてバイアスを回避するための工夫

リスク情報を活用してリスクマネジメントにおける意思決定を効果的に行うためには、より定量的なリスク情報、意思決定を適切に行うための組織的な枠組み、及び意思決定に係る人々の様々な判断の際のバイアスを取り除く工夫などの意思決定ガバナンスが必要になってくる。意思決定においては、色々な局面でリスクに関する判断を行うが、そのリスク認知については、意思決定者個人だけでなく、それに係る集団においても様々なバイアス（心理的バイアス）が生じることが知られている。また、今日のような専門化が進んだ不確かさ下の社会においては、集団的意思決定（社会的意思決定）においても、様々な社会心理過程が働くことが知られている。リスク事象は、そのような心理学的なリスク認知の要因によって社会的に増幅されうるし、特に、理解には高度な専門知識及び能力が必要で、影響が見えにくい技術に関す

るリスク現象については社会的に高いリスク認知がなされる。このようなリスク判断の性質を理解し、一般の市民に対するリスク情報の伝わり方及びその反応を意識して適切な意思決定並びに社会的な合意形成を行うことが必要になる。

## U.2.1 意思決定者が自身の判断において心得ておく必要のある事項

実験による実証研究をベースに行われた包括的な検討では、意思決定では、合理的行為者を想定した規範的な方法よりも、ヒューリスティクス (heuristics) と呼ばれる経験則的な簡便法が用いられ、そのため一定のバイアスが生じることがわかっている。また、意思決定者の認識、選択・評価、及び判断には、様々な心理的バイアス (認知バイアス) が働くことも知られており、組織における意思決定は、これらを十分考慮したものとする必要がある。

### U.2.1.1 意思決定者の心理的バイアス (認知バイアス) の認識とその抑制

人は、判断及び意思決定の際には経験及び周りの情報を頼りに決定を行うことが多い。これは、手元の情報を論理的に吟味せず、記憶に残る連想から導き出される自動的な判断に頼る、専門家が“システム1”と呼ぶ思考<sup>[1][2]</sup>である。この思考は一般的にはバイアスの発生源でもあり、お粗末な意思決定を招きかねない直感に従った往々にして判断を誤る思考モードである。

意思決定者の考え方の偏り、それは個性及び性格にも出てくる。経験則で意思決定するヒューリスティックバイアスは悪いことばかりとは言えないが、そればかりを優先するあまり肝心の理論的な部分 (根拠のある部分) による、いわゆる“システム2”の思考をおろそかにしてしまっただけではない。この“システム2”の慎重かつ論理的な思考<sup>[1][2]</sup>が歪んだ状態であると、これもバイアスの発生源となる。

ヒューリスティクスには、**解説 14** に示すように自己の先入観を強める意見だけを聞き入れる考え方の偏りになる確認バイアスが生じ、自分自身の仮説に基づいた情報ばかりを集め、その反対情報は集めなくなり、自己暗示がかかったように自分自身の仮説が定説になったと誤解すること、又は先に与える情報が判断を歪め後の情報に影響を及ぼす考え方の偏りになるアンカリングによって、大きい数値を見せた後は数値の大きい方の偏り、小さい数値を見せた後は数値の小さい方に偏るといったことが起きる。

#### a. 将来、目的 (目標)、及び選択肢に対する視野狭窄 (認知バイアス) の改善

意思決定において、バイアスを排除するには、将来、目的 (目標)、及び選択肢の三つの要素全てにおいて視野を広げ熟慮しなければならない<sup>[3]</sup>。

- ・ 将来について考える際には、起こり得る結果に対して、ほとんどの人々の視野は狭すぎるし、自らの予測を大きく過信する傾向がある。そのため、ナッジ (nudge) <sup>1</sup>によって、自分の注意を正しい方向に誘導し、リスクと不確実性を見越すことが重要である。それには、a) 三つの予測を立てる (“低”, “中”, “高”の予測をする、いわゆる感度解析)、b) 考え直す (ある問題を何度か考え直すことで、内なる集合知を駆使して再検討する)、c) プレモーテム (pre-mortem) <sup>2</sup>を活用する、

<sup>1</sup> ナッジ (nudge) とは、“ヒジで軽く突く”という意味。これは、その物及び現象の良し悪しに対する客観的な絶対評価よりも、物事をどう感じるかという主観的な比較評価により人間の選択が左右される心理傾向を利用したもので、行動経済学又は行動科学分野において、“ヒジで軽く突く”ように人々が強制によってではなく自発的に望ましい行動を選択するよう促す仕掛け及び手法を示す用語として用いられている。2017年ノーベル経済学賞を受賞したリチャード・セイラー教授が提唱。

<sup>2</sup> 過去の失敗原因を理解しようとするポストモーテム (post-mortem, 死亡後死因分析) に対して、将来の失敗を想定してその原因を明らかにする手法 (死亡前死因分析) を言う。“将来に対する後知恵” (prospective hindsight) とも呼ばれ、単に予測するだけでは見落とししてしまう潜在的な問題点を洗い出すのに役立つ。

手法が役に立つ。

- ・ 目的（目標）について考える際には、広いマインドセットをもつことによって、最適な選択肢を選ぶ際に焦点を絞ることができる。ほとんどの人は、指針にする必要のある有意義な目標をほんの少数に限定し、知らず知らずのうちに検討の範囲を狭めてしまう。意思決定プロセスの初期においては、後から、最も重要な目標を選び出せるので目標をたくさん挙げるとよい。目標の明確化、文書化、体系化によって目標を達成する方法を明らかにしておけば、確実性の高い結果を考慮しつつも、最も納得できる方法を選べる。また、他者からの助言を募れば、自身の見方の足りないところを補える。そして、目的（目標）を一つに絞る。全ての目的を一気に検討するより、一つ一つ吟味した方が解決策を見出しやすい。
- ・ 選択肢について検討する際には、賢明な意思決定をするために一定数の選択肢、有力な代替案も理想的には三つから五つ必要である。“システム1”の思考の吸引力に負けて的外れの選択肢を提示し、直感的にひかれる選択肢を正当化することは容易いが、それでは自分を間違った方向に導くだけである。残念ながら、人間はめったに複数の案を同時に検討しない。複数の選択肢をここに評価する際の問題は、最善の結果が常に得られるとは限らないことである。並列評価方式を活用し、ある選択との引き換え（トレードオフ）に失うものは何かを考慮する必要がある。そして、ひとたび意見が固まると、人は大抵次に進みたくなり、現行案を凌ぐかもしれない代替案を提案しないものなので、検討している選択肢がいずれも選ばないと仮定して“他に何ができるだろうか”と問いかける。そうすれば、代替案を探り出すきっかけとなる。

将来、目的（目標）、及び選択肢に対する視野狭窄、すなわち認知バイアスは、いずれも、強い愛着及び執着といった激しい心理的欲求に駆られている場合に“動機付けのあるバイアス”（motivated bias）と呼ばれるが、これを克服するのは並大抵のことではない。このようなどうしても取りたい行動を闇雲に追求する“動機付けのあるバイアス”の傾向は、“仕掛け線”（trip wire、敵などを躓かせるために地面に張るロープ）を使えば、自分自身をもっと合理的な道筋へと誘導できる。ビジネスの場でも、仕掛け線を活用すれば、長期的な目的及び対策を軽視して目先の優先事項を重視しがちな“現在バイアス”の影響を軽減できる。

視野狭窄はいかなるときも弊害をもたらすが、特に過去の経験から学ぶことのできない一度限りの意思決定の場合には、将来の可能性、目的（目標）、選択肢に対する視野を広げることがとりわけ有効である。

## b. 意思決定の改善（意思決定の罫の回避）の方法

これらの認知バイアスによって、手元の情報を過度に重視したり、逆に軽んじたりすれば、的外れの選択肢を選定し、意思決定の際の方向性を間違えてしまう。意思決定には、様々な種類のバイアスが係るが、一つの有効な対処法として固定観念、特殊な連想、無関係な要因の影響を排除し、判断力を高めるブラインディング（Blinding）の方法、最も関連性があるものに注意を促し、物忘れなどの記憶の歪に起因する間違いを減らすチェックリスト（Checklists）の活用、及び個々の情報をどの程度重視するかをあらかじめ決定して一貫性を図るようなアルゴリズム（Algorithms）<sup>3</sup>などが言われている<sup>[3]</sup>。また、意思決定の改善には、次の六つの方策も有効であると考えられる<sup>[4][5]</sup>。

<sup>3</sup> アルゴリズムを作成した専門家のバイアスが反映されるため、バイアスを排除する他のツールと併用するのが最良である。

- ① 意思決定分析ツールの使用： 予測分析の手法などを活用し、極力、意思決定を定量化して分析する。これによって、人間の判断を損なうと考えられるバイアスのある程度避けることができる。
- ② 専門知識の獲得： 合理的な意思決定プロセスを概念化し、合理的な判断を妨げる行動バイアスを認知するための専門知識及び方法を習得する。これによって戦略的にバイアスを認知し、回避する仕組みが構築できることが重要である。
- ③ 判断バイアスの補正： 今まで行ってきた意思決定を改善するためには、過去の行動における認知方法を明確にし、バイアスを理解した上で意思決定の方法を改善し、その改善が持続するように自分の意思決定を吟味し続けることによって自己に内在化させることが必要である。
- ④ 類比的推論： 比較することで複数の事例の類似性が浮かび上がり、またそれらの事例に共通した構造及び法則が理解しやすくなる。これによって意思決定する際に本質とは 無関係な要因の影響を受けにくくなる。
- ⑤ 外部者（第三者）の視点： 人は楽観主義、自信過剰、及び知覚の限界などによって重要な情報を見逃す可能性があるため、信頼を置いている外部者（第三者）、若しくは自分の中に外部者を想定し、意思決定プロセスに外部者の声を強く反映させる手立てを考え出すことが重要である。
- ⑥ 他者のバイアスの理解： 意思決定に他者の情報を使う場合は、その情報がバイアスを含んでいることを考慮して利用しなければならない。そのため、(a) 比較対象のデータを選択し、(b) そのデータの分布を確認し、(c) 直観による評価（“システム1”思考）を組み込み、(d) 意思決定の結果についての予測を評価（“システム2”思考）し、(e) 直観的予測を調整するという五つのステップが考えられる。

#### U.2.1.2 “客観的データに基づく判断”の限界とアナロジーの利用

組織において戦略的意思決定を行う状況は、マニュアル的なプログラムによって制御することのできないような非反復的な状況であり、意思決定の場面は、それぞれ個別的で、過去の事例とは異なる個別のコンテキストのなかで行われる。

意思決定者は、合理的な意思決定のために、全ての必要な情報を把握することは、非常に困難であり、そのため客観的なデータに基づく判断の方法だけによって意思決定することは極めて困難であると言える。数理的な意思決定モデルは、形式論理的な意思決定手段ではあるが、モデルから結論を導くためには、選択可能な行為及びその行為が引き起こす結果とその確率などの情報が全て揃って、初めて使用可能になる。このような条件が満たされない状況では、数理的な意思決定モデル及びツールは現実の経営の意思決定の場面で、必要な情報の欠落のために何の役にも立たないことが起こり得る。

##### a. “客観的データに基づく判断”と“経験と知識に基づく直観的な判断”の融合

このため、このような意思決定では、客観的なデータ及びメソッドによる積み重ねを重視したサイエンスとしての分析だけでなく、人間の直感などの主観的な面、及びアナロジーによる推論などの、ある意味では、言語及び論理で再現しにくい直観的な分析を考慮して、両者の得失をよく理解したうえで、両者のデメリットを最小限に抑え、メリットを最大限に活用するという形で、その融合を図るようなインテリジェンスが必要となる。

更に、戦略的意思決定のような、複雑で不確実性が高い状況及び複数の異なる目標があり、時としてその目標同士が競合しあうような状況、関連する事柄及び可能な行為とその結果に関する理解が十分ではないような状況、並びに一般的なルール及び／又は原則を確立するのが極めて困難な状況などにおける意思決定には、客観的なデータに基づく判断の仕方だけでは対処できない。一方、経験と知識に裏打

ちされた直観的な判断は、コンピュータなどでは到底及ばない、柔軟で、迅速かつ精度の高い分析に基づく意思決定を可能にするが、意思決定者の判断には心理的なバイアスが生じやすい。このような両者の得失を理解した上で、状況に合わせて、柔軟に判断するための仕組み及び考え方が必要となる。

## b. アナロジーの利用による“一貫した意思決定”

複雑で不確実性が高い状況での意思決定では、類似したベースとなる事例からの経営者の主観的なアナロジー（類推；analogy）<sup>4</sup>による推論が役に立つ。そのアナロジーによる推論の源泉として、過去の経験と経営者の価値観から生まれる“支配的論理”（dominant logic）<sup>5</sup>が利用されている。

実際に判断を要求される個別の場面では、未来に関して未知である部分があり、現実の新たな状況の中では、判断のための前提となる知識をアナロジーなどの推論によって類似したベースを基に仮説として生み出さなければならず、その際に、有効な手段として重要な役割を果たす。

アナロジーは、自分とかわりのある他の行為、若しくは目標と矛盾しない行為及び／又は目標を含む“一貫性のある意思決定”をするプロセスでは、情報源となる複数ベースの組合せの選択、及び目的とそれを達成する手段を作成する段階で重要な役割を果たし得る。アナロジーは、目的に応じた利用ができるという柔軟性をもつが、一方では、適切でないベース選択をすると誤った結論をもたらすという側面も持っている。良い決定を導きだせるかは、適切なアナロジーが行われるかどうかにかかっている。最も陥りがちな過ちは、表面的に類似した、目立った事例をベースに選択してしまうことだと言われている。表面的に類似する一つのベースに頼るのではなく、“一貫性のある意思決定”のための情報源となるような複数ベースを組み合わせることで意思決定を行うことが望ましい。

### U.2.1.3 意思決定者が行う必要のある 12 の質問

**解説 14** に示すように人間の思考には“システム 1”と“システム 2”の二つがあるが、“システム 1”思考は直観的な思考及び判断を、“システム 2”思考は合理的な思考及び判断を支えている。“システム 1”思考は、我々が日々直面する無数の意思決定の場面で、迅速に判断を下すのに役立つため多用されるが、しかし一方で、“システム 1”思考はバイアス（認知バイアス）を生み出し、時に合理的・論理的な思考を妨げてしまう。これは、最終的な意思決定を行う意思決定者だけでなく、意思決定プロセスの一部を担う分析者も同様である。分析者も、問題の設定、選択肢の選定、分析のプロセスにおいて様々な意思決定を行う。この際には、分析者は意思決定者であり、意思決定者と同様に、その意思決定では認知バイアスを生じる。

この標準の意思決定プロセスでは、意思決定者は、分析者などの周囲の関係者の提案を受けて重要な意思決定を最終的に下さなければならないが、そのような局面では、2002年にノーベル経済学賞を受賞した行動経済学の権威、ダニエル・カーネマンらによって“システム 1”の思考による性急な判断を防ぎ、

<sup>4</sup> “アナロジー”とは、未知の目的領域（target domain）に既知の規定領域（base domain）の知識を転移（transfer）することであり、問題解決の過程においては、すでによく理解している規定領域（base domain）から知識を移すことによって新たに目標となっている問題に適用可能な新しいルールを生成するために用いられる。アナロジーは、帰納的推論の一種であり、正しさは保証されないが、実用的に有効な新しい知識を生み出す方法として有用である。アナロジーを利用することで、目的に応じた有用な知識を、柔軟に創り出すことができる。

<sup>5</sup> “支配的論理”は、経営者又はトップマネジメントチームの間で共有された認知構図として蓄積されている事業を概念化する際のマインドセットであり、事業における目標を達成し、重要な資源配分などの意思決定をするための認識枠組みのこと。個人の経験と価値観から形成され、認識枠組みとして機能する。この論理が、事業編成上の決定プロセスで経営者によって利用されている。

“システム2”の思考による合理的な決断へ導くための表 U.2-1 に示す認知バイアスを見抜くための12の問いが提示されている<sup>[6]</sup>。意思決定者が、最終的な意思決定を行うために分析者への問いかけとして参考になる。

田中 穂高 敬

表 U.2-1 認知バイアスを見抜く 12 の質問（ダニエル・カーネマン他）<sup>6)</sup>

認知バイアスを見抜く 12 の質問	質問の意図
<b>I. 意思決定者が自問する質問</b>	
(1) 提案チームが“私利私欲にかられて意図的に誤りを犯したのではないかと疑われる理由はないか？”	私的な動機が存在そのものが問題なのではなく、私的な動機が他の集団及び社会にとってメリットを生まないことが問題である。この質問は、この点を見極めるのに役立つ。
(2) 提案者たち自身が、その提案にほれ込んでいるか？	提案チームがあまりに熱心になっている場合は、行き過ぎた楽観主義に陥っていないかどうか、疑ってかかる必要がある。ただ、提案者自身がほれ込んでいないような提案内容では、相手を説得できないのも事実である。相手を説得し、賛同者を増やしていくためには、一定の熱意が必要である。
(3) 提案チームのなかに反対意見があったか？	提案チームが興奮状態にあると、重要なリスクを過小評価して合意形成に至ることがある。また、メンバーの同質性が高いと、いわゆる“グループ・シンキング（集団思考）”に陥りやすくなる。さらに、メンバー間に上下関係があると（メンバー間で自然と形成される非公式な上下関係も含まれる）、下の地位の人は反対意見を押し殺して、上の地位の人に従うことがある。“反対意見がない”イコール“いい提案”ではない <sup>6)</sup> 。
<b>II. 提案者に問う質問</b>	
(4) 顕著な類似性が、状況の分析に大きく影響するおそれはないか	提案内容の魅力を強調するために、過去の成功事例を持ち出すことがある。そのような事例は確かに、提案内容の成功の可能性及び効果の大きさを押し量る上で、欠かせない情報となるが、事例の成功要件が、今回の提案内容でも本当に再現可能なかどうかを十分に吟味する必要がある。
(5) 信頼できる代替案が検討されたか？	提案を受けた人は、チームの提案内容が“結論ありき”のものになっていないかどうかを、この質問を使って見定めなければならない。
(6) 一年後に、同じ意思決定を繰り返さなければならないとしたら、どのような情報が必要になるか？それをいま入手できるか？	この質問の意図は、提案を受けた人はその場で即決せずに、もう少し時間の猶予があるつもりで意思決定しよう、ということ。切羽詰まった状況に置かれた人間は、その時手元にある情報をうまく繋ぎ合わせて、物事を何とか説明しようとする傾向がある。この傾向が裏目に出ると、その欠陥が命取りとなって、提案内容が実行フェーズで失敗する。時間の誘惑に負けない姿勢が意思決定者には求められる。
(7) 数字の出所を承知しているか？	提案内容の効果が定量的な数値でシミュレーションされている場合には、提案チームに数値の根拠及び試算のロジックを尋ねて、どこまでが事実に基づく数値・算定ロジックであり、どこからが仮説ベースなのかをはっきりさせる必要がある。試算の出発点となる数値自体が仮説ベースであるならば、効果が大幅に上下する可能性を覚悟しなければならない。
(8) “ハロー効果”が見られないか？	ある対象を評価する時に、顕著な特徴に引きずられて、他の特徴についての評価が歪められる現象をハロー効果という。ハロー効果は他社のベストプラクティスを自社に導入する際に陥りやすい。ベストプラクティスの成功要件を自社で再現できるかどうかを問うのが質問（4）で、質問（8）は潜在的に抱えているリスク及びデメリットを炙り出すものである。
<b>III. 提案を評価するための質問</b>	
(9) 提案者たちは過去の意思決定にこだわりすぎていないか？	提案チームが過去に何度か手痛い失敗を重ねているケースでは、自分たちの名誉を挽回するために、過去の失敗を償うために、通常よりも大胆な方法・提案を選択する傾向がある。しかし、ここで重要なのは、今議論的となっている案件が、投資に見合ったリターンをもたらすか否かであって、投資に加えて過去の埋没費用まで取り戻せるほど高いリターンがあるか否かではない。間違えると、不相応のリスクを犯して危ない行動を選択することになるし、適切な投資対効果がある案件を却下してしまう。
(10) 基本となるケースは楽観的すぎないか？	通常、ある提案を行う場合には、提案内容を実行した後のシナリオを何パターンか作成するが、一般的には、ノーマルなシナリオに、楽観的・悲観的という二つのシナリオを加えた3パターンのシナリオを作成するのが望ましいとされる。だが、実際には、時間の都合及び／又は情報の制約のために、シナリオを何パターンも作らないことの方が多いので、提案チームの楽観的・悲観的という心理的傾向を図るために、この質問（10）～（12）を用いて、提案チームのスタンスを探る必要がある。提案チームが過度に楽観的、又は悲観的・慎重になっていることが明らかになったら、これまでのスタンスとは逆サイドから、もう一つシナリオを作成することを指示すると、楽観的過ぎたチームは見過ごしていたリスクを、悲観的過ぎたチームは明るい材料を発見できるかもしれない。
(11) 最悪のケースは、本当に最悪なのだろうか？	
(12) 提案チームは慎重すぎないか？	

<sup>6)</sup> GM のアルフレッド・スローンは、経営会議ですんなりと合意に至った場合には、“来週、もう一度この議題について話し合いませんか”と言って会議室を後にするのがクセだったという。

## U.2.2 意思決定の質を向上させる仕組み

### U.2.2.1 お粗末な意思決定を生じさせるプロセス及び組織上の五つの誤り

近年の調査結果では、経営者（意思決定者）が意思決定を誤るのは経営能力の欠如及び／又は不運ではなく、プロセス及び／又は組織上の問題が理由であるということが言われている。そして、調査結果からは、お粗末な意思決定の大部分は次の五つの誤りから生じていることも判明している<sup>7)</sup>。

- 1) 非現実的な“万能の解決策”を求める（課題を即座に解決できる方法など万能の特効薬はありえない。）
- 2) 複数の選択肢をしっかりと検討しない（良い選択肢なしには良い選択はできないが、複数の選択肢を作成・検討し、代案をしっかりと検討すれば、意思決定の質を必ず向上させられる。）
- 3) 意思決定に関わる人が多すぎる（大勢で重要な決定を行うのは難しい。繊細な問題が十分に議論されず、論理的な議論に感情が入り込む<sup>7)</sup>。）
- 4) 機会費用の検討を怠る（新しい何かを始めることだけが、重大な意思決定ではない。現在行っていることを継続するという判断も、同じように重大で、深刻な結果を招く場合がある。）
- 5) 重大な意思決定における実行面での課題を過小評価する（重大な意思決定には複雑さが伴うため、困難なものであり、変えるものが大きいほどリスクも大きくなる。決定後、まず最初に起こること、変えなければならない行動は何かということを熟考する。これによって、より良い意思決定ができる確率は大幅に高まる。）

これらの誤りは、いずれも意思決定におけるバイアス（罨）に関係するものである。マネジメントの実践において、最も重要な点は、様々な心理的なバイアスによって判断を誤る可能性があることを認識することである。その上で、誤った判断をしてしまう事例、及び無意識の思考特性に影響されてしまう事例を知り、それへの備えを行うことが重要である。

ここでは、選択肢の不十分な検討、若しくは集団思考による異論及び／又は他の選択肢の検討を抑えてしまい決定することを回避する有効な方法として、構造的コンフリクトの導入及び集団的浅慮の防止策を説明する。

### U.2.2.2 意思決定プロセスにおける構造的コンフリクトの役割

近年、選択肢について十分検討せずに決定することを回避するための有効な方法として、意思決定プロセスにコンフリクトを意識的に導入することが議論されている。具体的なプロセスとしては、DA（devil's advocacy）及びDI（dialectical inquiry）という構造的コンフリクトの手法である。一方、実際の組織においても、戦略的意思決定プロセスにおいてミドルは客観的データに基づいて分析的に判断、トップは主観及び勘にも基づいて直観的に判断というような二つの集団が、前提（assumption）に関して異なる立場をとる実質的に構造的にコンフリクトを含んだプロセスをとる例がある。戦略的意思決定プロセスにおいては、このような構造的コンフリクトの役割が有効である。それはこのプロセスにトップとミドルの関係による構造的なコンフリクトだけでなく、各層の意見に対する第三者評価など（例えば、ピアレビュー）による構造的コンフリクトによっても改善される。

---

<sup>7)</sup> 例えば、調査では“7の法則”、つまりグループの人数が7人を超えると、1人増えるごとに意思決定の有効性が10%下がると言われている。最も重要な意思決定は、少人数に限定されたメンバーグループによる特別の会議で検討されるのがよい。参加予定者が15人を超える会議では、本当に重要な意思決定ができるか疑問であると言われている。

## (1) 構造的コンフリクトを導入した意思決定プロセス

DA (devil's advocacy)<sup>8</sup>及びDI (dialectical inquiry)<sup>9</sup>のような認知的なコンフリクトを構造的に導入する意思決定プロセス、及びそれと比較されるものとして“コンセンサス法”<sup>10</sup>と呼ばれる手法がある。DA及びDIは、意思決定する集団の中に対立する見解を示すサブ・グループを設けるなどの方法で、認知的なコンフリクトを導入する構造的な仕組みを含むプロセスである。

## (2) トップが直観・ミドルが分析という構造的コンフリクト

これは、**解説 14** で示した経験的システムである“システム1”思考と分析的システムである“システム2”思考を組織的に具現化するものともいえるが、トップは直観的、ミドルは分析的な判断の方略では、直観的な方略を用いるトップは、客観的なデータに加えて、主観及び勘という前提も用いる。他方、分析的な方略を用いるミドルは、主観及び勘に基づくことはなく、客観的なデータ及び事実だけを前提とする。ここでトップとミドルという二つの集団は、結論を導くための前提を異なるものにしてしている。これも、認知的コンフリクトを引き起こすことを構造的に含んだプロセスであり、意思決定の質を高めると考えられる。

トップが直観、ミドルが分析という戦略的意思決定のプロセスは、DI、DAの要素を含んだ構造的コンフリクトを導入したプロセスと考えられる。二つの集団が異なる前提 (assumption) に立ち、対話的に議論すれば、DIのようなプロセスとなる。また、ミドルは、客観的データに基づくことでトップに異論を述べやすく、Devil's advocate<sup>11</sup>の役目を果たすことも可能である。ミドルが納得するまでトップと議論すれば、DAのようなプロセスになる。このような戦略的意思決定プロセスは、現実の組織において見られ、様々な要素において合理性がある。

しかし、このプロセスが良い意思決定につながるためには、トップとミドルの双方が納得するまで対話的に議論するというインタラクションが起こることが条件である。意思決定プロセスに関わる人々のプロセスへのコミットメントが鍵になる。トップは、最終決定は自分の役割という前提の上でミドルの反論をポジティブなものを受けとめる姿勢を示し、ミドルも自分の意見を述べることで組織としての良い意思決定に繋がるという意識であるような意識面での運用があつてこそ、このプロセスははじめて機能する。また、各々の意見も唯一無比のものではなく、その客観性及び合理性を確実にする必要がある。

---

<sup>8</sup> DAの典型的なプロセスでは、意思決定するグループは、提案 (recommendation) を作成する人々とそれを批判する人々という二つのサブ・グループに分かれる。提案作成のサブ・グループがまず提案を行い、批判するサブ・グループが提案及びその前提 (assumption) に批判をする。提案作成のサブ・グループは、批判するサブ・グループが合意するまで提案と前提を練り上げる。

<sup>9</sup> DIは、意思決定において、結論のベースとなる前提 (assumption) をサブ・グループ間で徹底的にディベートすることにより検討するという手法である。

<sup>10</sup> “コンセンサス法”と呼ばれる手法は、対立するサブ・グループを設定するなどの目に見える構造をつくることなしに、議論における認知的なコンフリクトを促し、最終的にコンセンサスを形成するというものである。意思決定に参加するメンバーは、早い時期での合意は疑わしいと考え、それぞれのメンバーが十分に自分の意見を述べることを促される。また、反対意見は意思決定プロセスにおいてポジティブなものと考え、及び多数決など早期に合意を形成する方法には頼らずにすべてのメンバーのコンセンサスを形成することなどが指示される。

<sup>11</sup> 悪魔の代弁者とも呼ばれる。ディベートなどで多数派に対して敢えて批判及び反論をする人、またその役割。ディベートのテクニックの一つである。同調を求める圧力などで批判・反論しにくい空気があると、議論はうまく機能しなくなり、健全な思考ができなくなることが往々にしてある。それを防ぐ方法として、自由に批判・反論できる人物を設定することがある。(出典：Wikipedia フリー百科事典「悪魔の代弁者」2014年9月28日(日)04:33 UTC版)

### U.2.2.3 “集団的浅慮”の防止策

組織における意思決定では、コンセンサスを形成しようという圧力が異論及び／又は他の選択肢の検討を抑えてしまう集団的浅慮（groupthink, グループシンク）と呼ばれる現象が生じることがある。今までの研究によっても、この“集団的浅慮”の発生原因について必ずしも明快に解明されているとは言えないが、“集団的浅慮”の防止策については、表 U.2-2 に示すような Janis (1972) <sup>[8][9]</sup> の提案をも含めていくつかの研究結果が報告されており、これらを意思決定プロセスに織り込むことが有効である。これらは、以前から教育及び経営管理の分野で試みられ検討されてきた手法、例えば、①②⑨はコンセンサス・アプローチに、②はブレインストーミング（Brainstorming）と KJ 法に、③⑤はエキスパート・アプローチ（Mason,1969）に、④⑧はバズ法（バズ・セッション）に、⑦はデビルズ・アドボケート（devil's advocacy : DA）・アプローチに、⑧はダイアレクティカル（dialectical inquiry : DI）・アプローチに類似しており、これらは意思決定の構造的コンフリクトを導入する手法にも繋がる。

表 U.2-2 Janis の提案する“集団的浅慮”の防止策<sup>[8][9]</sup>

① 政策立案集団のリーダーは各メンバーが批判者の役割を果たすよう奨励する。
② 部下たちに政策を立案させる場合リーダーは、始めから自分の好み及び期待を述べることを控え、部下たちが自由に様々な選択肢を検討するよう励ます。
③ 集団の外部に別のリーダーをもつ評価グループを設けて案を評価させる。
④ 集団を 2 ないし 3 個の下位集団に分けて、異なる司会者の下で別々に会合させ、下位集団の出した異なる見解を持ち寄り検討を重ねる。
⑤ 集団が最終結論を出す前に、各メンバーが同僚とその原案について討議し、その結果を集団全体にフィードバックする時間を設ける。
⑥ 外部から専門家を招いて、集団の中核的メンバーに挑戦させてみる。
⑦ 集団の多数派意見に難癖をつける“デビルズ・アドボケート devil's advocate”役を置き活躍させる。
⑧ 敵対関係にある集団が存在する場合には、その集団から発信される全てのサインを調査分析する時間を充分とり、様々なシナリオを描いておく。
⑨ 一度合意に達した“最善策”について、再度会合を聞き各メンバーが残している疑念を率直に表明させる二度目のチャンスを与える。

### U.2.3 意思決定結果の第三者評価とフィードバックの仕組み

意思決定プロセスの選択活動及び再検討活動の段階においては意思決定の質が問題になってくる。組織の場合は、情報収集活動及び設計活動のプロセスには様々な人が関わってくる。組織の意思決定を実行する上で重要になることは、やはり、意思決定者（経営者）が的確な環境認知を行うことである。しかし、経営者は自分自身の経験及び価値観によって都合のよい現状だけを抽象化して認識しようすることがある。つまり、自己防衛のために現状に対する認知にバイアスをかけ、自己の経験及び価値観に適合しないものを排除することによって、異質な考え及び現象を受容することから生じる心理的動揺、並びに変化への脅威及び不安を軽減させることがある。このように、経営者による心理的バイアスによって、環境認知、行動パターン、及び組織行動への偏った一面的な判断がなされる場合があり、また、上位経営層が内輪で親密な個人から構成される集団の場合には、リーダーたる経営者トップの判断に対して、疑問が呈さ

れなくなる状態が生じ、この“集団的浅慮”によって判断を吟味したり、異議申し立てをしたりする動きが封じ込められてしまうことが起きる。

このような側面には、前述の U.2.2 に示すように意思決定プロセスに構造的コンフリクトを導入するのもその一つの方法であり、また、実際的に下される意思決定に対し、異なった代替的な環境認知を行い、その状況に関する代替案を意思決定者、いわゆる経営者に伝達し、経営者の環境認識及び意思決定での選択を評価することも有用である。つまり、選択について独立した第三者による評価を行い、意思決定を支援することも一つの方法となる。これは、意思決定者に対して決定のための情報及び選択肢を提案する分析者及び組織各層において意思決定に携わる者についても同様である。

### U.2.3.1 組織における第三者による評価の役割

組織が戦略的意思決定を行うのは、環境適応のために組織内に問題及び弱点が存在するからである。しかし、現状に満足し、その環境に固執する経営者は、変化を脅威として捉え、組織適応を前進させる動きを阻害しようとする場合もある。

組織において合理的な、かつ愚かな意思決定を行わぬ、意思決定プロセスを構築するには、このような経営者トップの心理的バイアスがはたらいっていないか、若しくは、経営層が“集団的浅慮”に起因する意思決定の症状に陥っていないか監視し、目指す方向への意思決定を支援する仕組みが必要である。

#### (1) 経営層の意思決定の監視と支援

例えば、企業経営においては、この経営層の意思決定を監視し、経営を支援する仕組みが、取締役会を中心としたコーポレート・ガバナンス・メカニズムである。リーダーとしての経営者が、リーダーシップを発揮することに向けて、経営者の環境認知に伴う偏向及びバイアスを指摘し、適切な環境認知・創造ができるよう誘導することが取締役会には求められている。取締役会が経営者トップのリーダーシップを拡張するためには、取締役会と上位経営層とがビジョン及びマインドを共有することが不可欠である。

#### (2) 独立した第三者評価の役割

このような意思決定の監視、支援するメカニズムは、独立した第三者評価のもつ側面でもある。第三者評価では、不確実な状況について意思決定者とは異なった代替的な環境認知を行い、その状況に関する代替案を意思決定者に伝達し、意思決定者の環境認識及び／又は意思決定での選択に異論を唱える役割が期待されている。

つまり、環境変化に対して意思決定者が的確に“脅威”と“機会”を把握できるような認知傾向をもち、なおかつ、意思決定者が対処療法的なリスク回避的行動を起こさないよう、意思決定者から独立した第三者評価の仕組みによって意思決定の監視、評価及びそれに基づく意思決定者へのフィードバックによる統制を行う（例えば、ピア・プレッシャーによって意思決定者に選択の修正を強制する）。

そのためには、組織は、意思決定者の“認知の罫”，リスク・フレーミング、及び認知パターンなどをあらかじめ認識しておき、その意思決定による選択を第三者的な評価によって意思決定の客観的合理的な側面だけでなく、道徳的な側面をも考慮して検証し、その結果を定期的に、必要であれば定常的に、フィードバックし統制する仕組みを構築することが重要である。

#### (3) 独立した第三者組織の役割

独立した第三者組織は、意思決定による選択の評価を通して、上位経営層とのコラボレーションを行いながら、“他の代替案について検討を行い提示する”，“上位経営層の環境認知パターンを指摘する”，“意思決定プロセスにおける集団的浅慮及び心理的バイアスを特定する”，及び“組織を望ましい方向

へ導く能力を評価する”といったことを行う。

つまり、独立した第三者組織は、経営者トップに圧力をかけ短視眼的・即時的な活動の修正を迫るだけでなく、経営者が組織の複雑性及び社会・技術の不確実性などの条件に適応するべく、リーダーシップを発揮して、組織を望ましい方向へ導く能力の向上、並びにその意思決定プロセスを支援する。

このような独立した第三者組織の役割は、組織の意思決定に対するコントロールとコラボレーションの両側面を均衡させるものであり、意思決定者がリーダーシップを遂行し、将来に向けて望ましい全体最適な決定をする上で効果的であると思われる。

## 参考文献

- [1] Daniel Kahneman, “ファスト&スローーあなたの意思はどのように決まるか？（村井章子訳）”, ハヤカワ・ノンフィクション文庫, (2014)
- [2] 多田洋介, “行動経済学入門（日経文庫）”, 日本経済新聞出版社, (2014)
- [3] “特集 意思決定の罣”, DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー, 2016年1月号, ダイヤモンド社, (2015)
- [4] Max H. Bazerman, Don A. Moore, “行動意思決定論—バイアスの罣（長瀬勝彦訳）”, 白桃書房, (2011)
- [5] Harvard Business Review, “意思決定の思考技術（ハーバード・ビジネス・レビュー・ブックス）（DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー編集部訳）”, ダイヤモンド社, (2001)
- [6] “特集 最先端のビッグ・アイデア「破壊的」経営論”, DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー, 2011年11月号, ダイヤモンド社, (2011)
- [7] Michael Mankins, “The Five Traps of High-Stakes Decision Making”, Harvard Business Review, (2013)
- [8] Irving L. Janis, *Victims of groupthink: A Psychological Study of Foreign-Policy Decisions and Fiascoes (1st Edition)*, Houghton Mifflin, (1972)
- [9] Irving L. Janis, *Groupthink: Psychological Studies of Policy Decisions and Fiascoes (Second Edition)*, Houghton Mifflin, (1982)

## 附属書 V (参考) プロジェクト的又はプログラムのアプローチのマネジメントの 留意点

### 序文

特定の意思決定結果を実施する活動には、大きく分けてプロジェクト的アプローチとプログラムのアプローチがある。明確なゴールをもった活動には、プロジェクト的アプローチ、不確定要素の大きい活動にはプログラムのアプローチが適しているが、明確なゴールをもった活動であっても大規模なものにはプログラムのアプローチを用いる。

この附属書では、これら各々のアプローチをマネジメントする場合の留意点を説明する。

### V.1 プロジェクト的アプローチの留意点

共通性、継続性、確実性がある安定環境の業務に関する定常業務のマネジメントと異なり、プロジェクトのマネジメント (Project Management) は、個別性、有限性、不確実性のある不安定環境 (競争環境) の業務に関して行われるマネジメントである。この場合、JISQ10006 : 2004 及び国際標準 ISO21500:2012<sup>1</sup>に準拠し、プロジェクト体制を構築し、業務のスピード化を図る。<sup>2</sup>

- 1) プロジェクト的アプローチでは、目標中心的、クロスファンクショナル、権限移譲的な活動モデルをとり、活動スタイルとしては、強いリーダーシップの下に、自律性 (self-control) を発揮し、課題に果敢にチャレンジする形をとり、意思決定及び実行スピードの向上による期間短縮、様々な技術の統合による質の確保、主体的参加による高いモチベーションの維持を図る。
- 2) プロジェクトマネジメントに含まれる活動は、企画、リスク測定、利用できる資源の見積り、作業の系統化、必要な人的・物的資源の確保、費用の見積、チームメンバーへの作業の割り振り、進捗管理、目的に沿った結果が出るように作業の方向性を維持する、達成した結果の分析、である。

プロジェクトには、様々なリスクが内在しており、リスクの予見及び対策がプロジェクトを成功裏に完遂するために重要なファクターである。プロジェクトマネジメントでは、リスクを特定し、分析し、評価する“リスク測定”が重要な活動となり、リスクマネジメントが基本である。

### V.2 プログラム的アプローチの留意点

事業戦略が、具体的な活動として実行されないことがあるので、この戦略及び実行のギャップを埋め、長期的・継続的成長を図るマネジメントの考え方がプログラムマネジメント (Programme Management) である。プログラ

---

<sup>1</sup> ISO21500:2012 “Guidance on project management (標題訳：プロジェクトマネジメントの手引)”

<sup>2</sup> 例えば、シリーズになった縦割り組織による従来型の研究開発から生産準備・製品投入を、プロジェクト組織によりコンカレント型開発を行うことによってスピード化を図る。企業においては、一般的に、ライン型とプロジェクト型の異なる二つの組織マネジメント (マトリックス組織) が存在するが、特定の目的のために実行組織をクロスファンクショナル (機能横断的) に組織化するものがプロジェクト的アプローチである。

ムは大きくオペレーション型プログラム及び戦略型プログラム<sup>3</sup>の二つのタイプに分類されるが、近年、特に変革と価値創造が必要となる戦略型プログラムの重要性が増してきている。

**注記** プログラムマネジメントは、“相互に関連する複数のプロジェクトを統合することで、より高い成果が期待できるプロジェクトのグループを“プログラム”としてその戦略的目標と成果価値を達成するために調和を保ちつつ一元的にプログラムをマネジメントすること”と定義されている。プログラムのように複数のプロジェクトをマネジメントするためには、次の点が重要になる。

- ・ 複数のプロジェクトに影響する資源の制約条件及びコンフリクトを解決する。
- ・ 目的と目標に影響する組織的及び戦略的な方向性を一致させる。
- ・ 共通したガバナンスに従って課題解決、変更管理を行う。

プログラムマネジメントは、同時並行的に進められている相互に関連するプロジェクト群を管理するプロセスであり、企業及び組織において、プログラムマネジメントはプロジェクト間及び／又は部門間でのグローバルな観点からのリソースの優先順位付けという面を表している。

- 1) プログラムマネジメントの手法の一つが、ロードマップを活用したものである。ロードマップは、目標とする場所にたどり着くための道筋を“見える化”するマネジメントツールであり、中長期的な先行投資を促進するために活用される。その場合、有効なのは未来の世界の仮説を立て、その世界で起こるであろう“困りごと（問題）”に着目してその解決策を考えることで、将来必要となる技術を導出する活動であるバックキャスト活動が有効である。
- 2) このようなプログラムマネジメントを成功させるためのポイントは下記である。
  - ・ トップダウンとボトムアップの両輪で回す。
  - ・ トップダウンの強いリーダーシップ
  - ・ キャリアパス及び評価との紐付け
  - ・ 組織の明確な位置づけ
  - ・ 継続的な運用

プログラムマネジメントを効果的に機能させるには、プログラムマネジメントの立場（プログラムマネジメントオフィス）からの“トップダウン”とプロジェクトマネジメント（プロジェクトマネジメントオフィス）の立場からの“ボトムアップ”とが両輪として機能することが重要である。

プログラムマネジメントを実施する上で、各プロジェクトの現場の要員とプログラムマネジメントを行う要員が連携しながら、マネジメントを進めていかなければならない。

これらの成功のポイントは、プロジェクトマネジメントの場合にも同様である。

---

<sup>3</sup> オペレーション型プログラムは、達成する必要のある目標が明確で、大規模なものを複数プロジェクトに分割し統合的にマネジメントするものでプロジェクトマネジメントの延長である。一方、戦略型プログラムは、目指す価値からスタートし、戦略的目標を定めるプロセスが重要なものであり、変革と価値創造を目指す。これらは戦略的意思決定プロセスのマネジメントに相当する。

## 附属書 W (参考)

### 実施計画及び実施工程の立案における留意事項及び実施計画の例

#### 序文

この附属書は、意思決定結果を実施するための実施計画を立案する際の留意事項と実施計画の例について説明するものである。

#### W.1 実施計画の立案における留意事項

実施計画を立案するには、意思決定結果の実施の失敗を含め事前の実施計画の段階から想定されるリスクを評価し（リスクアセスメントを行い）、その対応について計画に織り込んでおく。次の点に留意して、リスクをマネジメントする方策を計画に織り込んでおく。

- a) 実施計画の立案のためのリスクアセスメント** リスクアセスメントは、JISQ31000 : 2010 (ISO 31000 : 2009)<sup>1</sup>に明示する“リスク特定”、“リスク分析”、“リスク評価”のステップであり、下記を考慮する。
- 1) リスクアセスメントを行うために最初に“置かれている状況の確定”を実施する。これは解決する必要のある目標の設定を含む課題の定義である。これは、**7.2 問題の設定**に相当する。  
解決する必要のある課題は何か、業務の目的は何か、目指す目標はどこにあるのか、適用範囲はどこまでか、課題を検討する場合の外部の条件（法律、規制の内容、外部のステークホルダーの要求、及び、社会、文化、経済などの外部環境など）、組織内部の条件（組織構成、役割及び責任、投入できる経営資源、採用、並びに準拠する必要のある規格及びルールなど）などを確認し認識しなければならない。
  - 2) 課題を解決するためのリスクを特定し、その発生確率及び影響度を定性的指標に基づき評価し、組み合わせ、その後の定量的なリスク分析及び／又はリスク対応のために優先順位付けを行う。これによって実施計画を実施する際の時間的な優先順位付けができる。
  - 3) “リスクアセスメント”を実施して“リスク対応”を行うが、これにはJISQ31000 : 2010で明示される次の七つの対応の選択肢を考慮する。これらの選択肢に沿ってリスク対応の方策を決定し、実施計画に織り込む。
    - ① リスクを生じさせる活動を開始又は継続しないことと決定することによって、リスクを回避する
    - ② ある機会を追求するために、そのリスクを取る又は増加させる
    - ③ リスク源を除去する
    - ④ 起こり易さを変える
    - ⑤ 結果を変える
    - ⑥ 一つ又はそれ以上の他者とそのリスクを共有する（契約及びリスクファイナンスを含む）
    - ⑦ 情報に基づいた意思決定によって、そのリスクを保有するこれらのリスク対応の内、重要なものは②、③、④、⑤による最適化の概念である。これによって、全体として合理的なリスクの抑制を目指す。

- b) コミュニケーション** この“リスクアセスメント”及び“リスク対応”、ひいてはリスクマネジメント全体

<sup>1</sup> JIS Q31000 : 2010 (ISO 31000 : 2009) “リスクマネジメント-原則及び指針 (Risk management-Principles and guidelines)”

の活動を支えるのがコミュニケーション及び協議であり、これは必要に応じて都度実施する。

- 1) コミュニケーションを行い、この課題に関係のあるステークホルダーへの情報伝達、並びにステークホルダーとの情報交換及び情報共有を行う。
- 2) また、協議はコンサルティングを意味し、社外の専門家も含め、この課題の解決に関わりのある全ての人からの助言、アドバイスを受ける。

**c) 想定外の事象の考慮** 実施計画を立案するには、想定外の事象をできるだけ発生させないように、網羅的なリスク評価を実施し、不測の発生を防止するための事前の備えだけではなく、想定外の事象の発生にも備え、不測の事態の発生後の被害拡大防止策なども含め、あらゆる被害を想定した重層的な備えなど広義のリスクマネジメントの観点による対応を実施計画に織り込む。

**注記** リスク対策は時間軸から見た場合には、リスクが顕在化する前の事前の対策及びリスクが顕在化した後の事後対策と整理されるが、JIS Q31000 ではリスクを顕在化させず、リスクを事前にマネージし、いかに組織としての目標達成を容易にするかという点に重点を置いており、緊急時対応のような事後対策は切り離されて、適用範囲としていない。しかし、リスクに対する備えを実施している場合であってもリスクは顕在化することがある。リスクが顕在化した場合を想定して事前にどのような準備をするか、また実際のリスクが顕在化した場合の具体的な行動を対象とするのが危機管理(クライシスマネジメント)である。近年、組織のレジリエンスを向上させるべく、危機管理及び事業継続を含めて緊急事態が発生する前から備えを怠らぬように、リスクマネジメントを考慮することが重要となっており、この標準ではリスクマネジメントは、危機管理を含めた広義の意味で捉えている。

- 1) 不測の事態が発生してしまった場合には、何を守る必要があるかを明確にし、個別的なリスクに備えるだけでなく、優先順位を付けて複合的なリスクに事前に備える。
- 2) ダメージを最小化するように不測の事態への適切な対応、不測の事態からの早期の復旧を念頭に置いた対策を講じることを考えた、すなわち、レジリエンスを向上させた実施計画とする。

**注記** レジリエンスとは、外乱又は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、若しくは、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である。

**d) ALARA の概念の適用の考え方** 実施のためのコスト及び時間などを考慮してなおリスク抑制に効率的かつ実効的である対策が存在する場合、当該対策を実施計画で考慮することとなる。なお、このALARAの概念の適用による対策及び補償措置は、結果的に同様の対策になる場合もある。

**注記** ALARAの概念に関係するものに“防護(及び安全)の最適化”の概念がある。“IAEA Safety Glossary” “optimization of protection (and safety)”によると、これは“どのレベルの防護及び安全が、被ばく及び潜在的被ばくの可能性及び規模を、国際放射線防護委員会放射線防護システムの要求である“経済的要因、社会的要因を考慮して合理的に達成可能な限り低く(ALARA)”の状態にするかを決定するプロセス“であるが、これは関心事のプロセス及び実施策の最適化と同じではない。“防護(及び安全)の最適化”のような明快な用語を用いる必要がある。ALARAという用語は“防護(及び安全)の最適化”の意味で用いてはいけない、とされている。

**注記** 米国で検討されている補償措置の例では、リスク指標の評価に直接反映できる対策以外に、次に示すような、運転員・補修員のリスクに対する意識の向上につながる対策など、リスクの管理を意識したプラントの運転管理に関する幅広い対策が考慮されている。

- ・ 運転員・補修員に対する、待機除外の発生及びこれに伴うリスクの状態の周知徹底
- ・ 運転員・補修員に対する、待機除外系統に対して機能的に多重性を担っている系統の周知徹底及び当該系統の機能確認の実施
- ・ 待機除外中に有効な操作及び代替手段の運転員に対する周知徹底、操作手順の整備、現場操作が有効な場合には事前の人員配備
- ・ 待機除外中のプラント運転に対する当直運転員への支援強化
- ・ 待機除外時間の短縮のためのシフト体制構築（24 時間体制など）、実際に待機除外する時間の制限（原則として許容待機除外時間の 50%までなど）
- ・ 多重性を担う系統及び関連する設備への作業の制限
- ・ プラント・トリップに繋がる恐れのある作業の制限
- ・ 天候及び自然現象の予報確認、所内の作業制限などによる外部電源喪失の可能性排除

## W.2 実施工程の立案における留意事項

組織の機能分業化が進み、ライン機能の強い組織は、プロジェクト全体のリスクというより守備範囲だけを主眼に工程計画を立案する傾向が強く、実施工程も各部署のスケジュールの単なる線の繋ぎ合わせたものとなり、工程完了が長期化する可能性が大きいため、総括責任者は、これを最適化するチームのマネジメントが必要である。実施工程を策定する場合には、次の点に留意する。

**a) 工程の最適化** そのため、総括責任者は、下記を考慮し工程の最適化を図らなければならない。

- 1) チームの目的が、最短の実施工程（工期）で、意思決定結果の実施で期待される最大限の成果を出すことであることを構成員全員が理解するようにする。
- 2) 次に誰に仕事を渡すかを常に考え、貰ったら全力で走るマインドを醸成する。
- 3) 計画は動くことを理解させ、自分たちのスケジュール余裕をはき出し、各部署のマイルストーンの概念を払拭させる。
- 4) 工程余裕は共有（総括責任者が工程バッファを所有）し、遅れても責めないし、遅れることを恐れないう雰囲気醸成し、問題は隠さず報告することを徹底する。
- 5) チームメンバー全員が情報を共有し、進捗入力必須で、適切にデータ更新することを徹底する。進捗ミーティングを行い、工程管理を徹底する。

**注記** 工程を短縮する手法は色々あるが、クリティカルチェーン・プロジェクトマネジメント（CRPM: Critical Chain Project Management）では、エリヤフ・ゴールドラットが開発した制約条件の理論に基づき全体最適化の観点からプロジェクトの工期短縮、納期遵守率の向上を目指す。

**b) 工程変更の柔軟性及び見直し** 進捗状況、若しくは環境の変化などから工程の見直しが必要となる場合があり、工程には下記を考慮する。

- 1) 工程の変更が可能なポイント及び共通の工程バッファを設けることで、工程の変更柔軟性を織り込む工夫を行う。

また、全体工程が複数の段階の工程が複合的に組み合わせられたものから成っている場合には、それらの段階の工程には順序及び優先順位があるため、工程には、それらを適切に考慮し、全体的に整合性がとれ、かつ、容易に工程の変更が可能な、柔軟性があるものにする。

- 2) 特に、大きな PDCA を回す戦略的意思決定結果の実施の場合には、技術開発及び研究が必要となるなど期間が大きく変化する場合もあるので、環境の変化に応じて、当初の工程を柔軟に変更できるよう

実行プロセスにおけるモニタリングを確実に行う。

戦略的要因の変化を戦略的目標にフィードバックすることによって、問題の設定に戻る意思決定プロセスの反復を行い、戦略及び具体的な実行プロセスの見直し並びにその実施にかかる全体工程の見直しを行い効果的なものにする。

### W.3 実施計画の例

実施計画を策定するに当たっては、次のような事項を明確にすることが考えられる。

- ・ 実施体制，責任分掌
- ・ 対象設備
- ・ 実施時期及び期間
- ・ 準備及び事前の安全確保に必要な事項
- ・ 実施手順
- ・ 実施中の留意事項及び補償措置の実施手順
- ・ 復旧時及び復旧後に確認する事項

対象とする安全確保活動の変更が、保全プログラムの変更及び／又は保安規定の文章上の変更であり、保全プログラム及び／又は保安規定に記載の実施計画が、その二次文書に大きな影響を及ぼさない場合には、新たに実施計画を作成する必要はなく、当該文書の更改で対処してもよい。その場合には、更改の理由及び根拠を記述し、検証性を確保する。また、例えば、保全プログラムにおいて変更が広範囲に及ぶ場合などでは、段階的に実施していくことを考慮してもよい。

## 附属書 X (参考)

### モニタリングにおける留意事項及びモニタリング計画の例

#### 序文

この附属書は、意思決定結果の実施に対してのモニタリングにおける留意事項及びモニタリング計画の例について示したものである。

#### X.1 モニタリングで対象とする情報の例

モニタリングと実効性の評価において意思決定時の前提（考慮したキーエレメント）に変化がないかどうか検討する際に収集・分析を行う情報の例は、次のとおりである。

これらの情報は日常の活動において対象が決められているモニタリングの結果から得られるものもあれば、市民をはじめとするステークホルダーから提供されるものもある。

- ① 規格基準類、良好事例、最新の科学的知見（技術、基盤となる科学的な知識、解析技術など）の変化
- ② プラント状態の経年的変化（経年劣化の影響、実施した対策のプラント安全への累積的な影響、など）
- ③ プラント運転経験の蓄積
- ④ プラントの構成管理の変更（対策実施状況による系統構成の変更など）
- ⑤ プラント周囲の自然環境、産業環境、又は人口状況の変化
- ⑥ 要員配置又は要員の経験・力量の変化
- ⑦ プラント運転組織のマネジメントの変更
- ⑧ 統合的評価において考慮したキーエレメントの情報に関する変化
- ⑨ 上記の情報に関するステークホルダーの認識の変化及び社会環境の変化による価値観の変化

#### X.2 安全性向上対策のモニタリングにおける留意事項

選択した安全性向上対策の実施後に、意思決定で判断材料に用いた運転経験などのフィードバック、最新の科学的知見などについてモニタリングし、その知見を最新化する。その結果、対策の前提を変える必要が生じた場合には、改めて“問題の設定”に戻って検討を行うことになる。

##### (1) 最新の科学的知見の反映例

例えば、低頻度高影響となる外部事象ハザードに対しては、対策案の前提条件となるハザードの大きさ（規模、強さなど）について最新知見の更新が実施されているかモニタリングすることが考えられる。

また、外部事象（地震、津波など）の PRA では、ランダム故障の PRA に比べて、サイトのハザード（地震動加速度に対する年超過確率）、建屋・設備のフラジリティ（地震動加速度に対する損傷確率）などの不確実さが原因で、PRA の結果が有する不確実さが大きいという懸念がある。これらの不確実さが有する PRA の結果への影響は、結果の不確実さ分布、感度解析による結果への影響という形で、意思決定に必要な情報が提供されている。外部ハザードのリスクアセスメント、対応策の選択肢の抽出、対応策

の決定（意思決定）を行う中では、不確実さの取り扱い、アプローチを明確にしておくことが対策実行後のモニタリングに役立つものとなる。

## (2) 運転経験などのフィードバック例

- ・ 事故シーケンスグループのリスクに対しては可搬型のポンプなどを用いた影響緩和策を講じていくとしており、それらの実効性を含めてモニタリングしていくことが重要である。新たなリスク情報を基にリスク上重要なシーケンスに対して、どのような安全対策を講じるのが最もメリットが大きいのか、この時点で費用便益評価手法が準備できていると合理的な安全性向上対策を選定できると期待される。また、その時点の国内外の先進的な安全性向上対策例、及びハザードの評価方法などについて新たな知見がないか調査しておくことも重要で、これらを統合して次の安全性向上対策を判断していくことになる。
- ・ 選択肢から対策が決定され、安全性向上対策の性能のモニタリングを行うが、選択肢から対策を決定する際の意思決定における不確かさに対処する上で、性能のモニタリングが一定の役割を果たす。例えば、米国 10CFR50.69 では、安全関連 SSCs であってもリスク重要度が低い場合には、保守管理などにおける取り扱いが緩和されるが、その場合に、SSCs の信頼度が変わり、リスク重要度が変化する可能性がある。これに対処するために性能の監視が位置づけられている。

## X.3 モニタリング計画の例

“原子力発電所の安全規制における「リスク情報」活用の基本ガイドライン”<sup>[1]</sup>では、“「リスク情報」を活用して安全規制の変更を行った場合には、その影響を受ける系統、機器などの故障及びトラブルに起因して「深層防護の堅持」、「安全余裕の確保」などの基本原則への適合状況に有意に影響を与えることがなく、原子力発電所の安全性が確保されていることを確認”する手段として“必要に応じて”監視することが求められている。

監視計画には、変更の影響を受ける系統、機器などの性能を把握できる監視項目の設定と、対象系統、機器などの性能の劣化を検知し是正することが必要である。

設備の性能監視の例として次のようなものがある。(Regulatory Guide 1.174<sup>[2]</sup>から)

- ・ 設計ベースでの実際のデマンド時、又は設計基準事象を模擬した試験時における当該設備の特性確認（非常用 DG の実起動、試験時の運転データ確認など）
- ・ 設備の状態確認、又は経時的な傾向分析（バッテリーの電圧、電解液の比重の測定、配管の ISI 結果のレビューなど）
- ・ 機器の設置前後の評価などを含む品質確認（安全保護系のチャンネル試験、機器設置場所の環境状態調査など）
- ・ トレーニングでの対応状況評価（緊急時訓練、運転員試験など）

## 参考文献

- [1] 原子力安全・保安院，“原子力発電所の安全規制における「リスク情報」活用の基本ガイドライン（試行版）”，平成 18 年 4 月
- [2] USNRC, *An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis*, Regulatory Guide 1.174, Revision 3, January 2018

# 原子力発電所の継続的な安全性向上のためのリスク情報を 活用した統合的意思決定に関する実施基準：201x 解 説

この解説は、本文及び附属書に記載した事柄及びこれに関連した事柄を説明するものであり、標準の一部ではない。

## 1 標準制定の趣旨

この標準の検討においては、国際社会での原子力安全の基盤となっている、IAEAのGSR Part 2<sup>[1]</sup>、INSAG-25<sup>[2]</sup>、INSAG-27<sup>[3]</sup>などの位置づけ及び内容を参考とした上で、発電用軽水型原子炉施設の継続的な安全性向上を対象として、統合的意思決定（Integrated Risk-Informed Decision Making: IRIDM）の標準的なプロセスを実施するための要件をまとめた。

本解説では、この標準として反映しなくてはならない点、その具体的な考え方、及び“原子力発電所の継続的な安全性向上のためのリスク情報を活用した統合的意思決定に関する実施基準：201x”の制定の趣旨を示す。

原子力学会標準委員会では、“リスク”にかかる標準について、リスク専門部会においては、13のPRA手法及びリスク情報活用の標準を策定してきた。特にリスク情報の活用に関しては、“原子力発電所の安全確保活動の変更へのリスク情報活用に関する実施基準：2010”（以下、“RIDM2010標準”と呼ぶ）を制定した。システム安全専門部会においても、平成23年3月11日に発生した東日本大震災以降、リスク情報の活用に関する標準及び技術レポートを策定し、議論を続けてきた。特に、我が国には今までのところ継続的な安全性向上対策の考え方として具体的な内容が明確には記述されたものがなかった状況において、平成29年12月に、標準委員会技術レポート“継続的な安全性向上対策採用の考え方について”<sup>[4]</sup>を発行し、継続的な安全性向上のあり方及び考え方を整理してまとめ、更に今後の課題が提言されている。

一方、平成25年12月に原子力規制委員会によって、新たに安全性向上評価制度が導入され、その制度において、事業者に対し自主的な安全性向上のための措置及び措置を講じたことによる安全性向上の評価を定期的に届け出ることが求められた。これに加えて、事業者においても、リスクを活用して自主的に安全性向上を進めていくこととしている。このように、東日本大震災以降、リスク活用の実務への適用が具体化されている状況にある。

こういった状況を受けて、システム安全専門部会及びリスク専門部会は分担並びに協働について相談を行い、リスク情報活用の検討を進めてきたシステム安全専門部会傘下の“定期安全レビュー分科会”を受け皿として、“統合的安全性向上分科会”を設置し、上述の“継続的な安全性向上対策採用の考え方について”で挙げられた今後の課題も考慮し、事業者が安全設計及び安全管理などへリスク情報を活用し判断していくための要件を規定する標準につき具体的検討を行ってきた。

この標準は、原子力発電所のIRIDMの標準的なプロセスを実施するための要件を規定するものであるが、原子力発電所のIRIDMとしては、次に示す幅広い分野にわたり、設定した問題に対するアプリケーションがあり得る。

- － 設計，運転
- － 保守，試験

- － 規制要件
- － 規制観察事項 (Reactor Oversight Process)
- － 運転員訓練
- － 改造 (恒久的, 一時的なものを含む)
- － 長期的な安全レビュー (プロアクティブ・セーフティ・レビュー : PSR<sup>+</sup>)
- － 寿命延長
- － 緊急時計画
- － セキュリティ
- － 財産保護
- － 廃止措置

原子力学会標準委員会では、これまでに原子力発電所の IRIDM アプリケーションに関する標準として、次を発行している。

- ・原子力発電所の安全確保活動の変更へのリスク情報活用に関する実施基準:2010 (RIDM2010 標準)
- ・原子力発電所におけるシビアアクシデントマネジメントの整備及び維持向上に関する実施基準 : 2014 (SAM 標準)
- ・原子力発電所の安全性向上のための定期的な評価に関する指針 : 2015 (PSR<sup>+</sup> 指針)

これらの標準とこの標準との関係性につき、次に説明をする。

RIDM2010 標準は、安全確保活動のうち電気事業者が実施する運転・保守管理の変更において、リスク情報を電気事業者の意思決定に必要な情報として用いる場合に関して、IRIDM の具体的なアプリケーションの実施基準を定めたものである。RIDM2010 標準は、運転・保守管理の変更を“問題”として設定して、統合する必要があるキーエレメントを明確にして、その考慮要件を規定したものであり、その実施ステップはこの標準と整合しており、運転・保守管理の変更検討の場合の“統合的分析”に関する実施要件を規定として追加することによって、RIDM2010 標準における規定内容はこの標準に統合させて含めることとした。

SAM 標準は、シビアアクシデントマネジメント整備及び維持向上の考え方に関する技術要件及びそれを満たす方法を定めたものである。SAM 標準は、IRIDM の基本概念をアクシデントマネジメント策定に適用する場合の基本要件を規定した実施基準という位置付けとなる。

PSR<sup>+</sup> 指針は、安全性向上の枠組みを時間軸で繋いでいくための“継続的改善”を実現するプロセスである“プロアクティブ・セーフティ・レビュー (Proactive Safety Review : PSR<sup>+</sup>)”の基本的考え方、及びその視点・実施方法を定めたものである。PSR<sup>+</sup>は、将来を見据えて安全性を維持・向上していくための中長期的な視点でのレビューを行うことで、将来のプラントの姿を予見し、安全性向上措置を抽出・実行していくことによって継続的改善を図る活動である。PSR<sup>+</sup>指針も SAM 標準と同様、本 IRIDM 標準における基本的原則、共通的な実施要件の前提で、IRIDM の具体的なアプリケーションに関する指針を別標準として規定したものとなる。

## 参考文献

- [1] IAEA, *Leadership and Management for Safety*, General Safety Requirements No. GSR Part2, (2016)
- [2] IAEA, *A Framework for an Integrated Risk Informed Decision Making Process*, INSAG-25, (2011)
- [3] IAEA, *Ensuring Robust National Nuclear Safety Systems – Institutional Strength in Depth*, INSAG-27, (2017)
- [4] 日本原子力学会標準委員会技術レポート, “継続的な安全性向上対策採用の考え方について”, AESJ-SC-

TR012:2015, (2017)

## 2 標準制定の経緯

この標準は、日本原子力学会・システム安全専門部会の下に“統合的安全性向上分科会”を設けて、同分科会において検討・審議を実施し、標準としてとりまとめた。また、この標準の PRA 関係の附属書については、日本原子力学会・リスク専門部会の下“PRA 品質確保分科会”において検討・審議を行って、この標準への統合を行った。

平成 28 年 09 月 第 38 回システム安全専門部会にて、安全性向上分科会の設置及びこの実施基準策定が承認された。

平成 29 年 08 月 第 43 回リスク専門部会に中間報告

平成 29 年 08 月 第 41 回システム安全専門部会に中間報告（1 回目）

平成 29 年 12 月 第 70 回標準委員会に中間報告（1 回目）

平成 29 年 11 月 第 42 回システム安全専門部会に中間報告（2 回目）

平成 29 年 12 月 第 71 回標準委員会に中間報告（2 回目）

平成 30 年 05 月 第 47 回リスク専門部会に PRA 関係の附属書につき最終報告

平成 30 年 05 月 第 44 回システム安全専門部会に最終報告

平成 30 年 06 月 第 73 回標準委員会に経過報告

平成 30 年 09 月 第 74 回標準委員会に最終報告

平成 31 年 03 月 第 75 回標準委員会で制定（予定）

## 3 審議中問題となった事項など

この標準は、IRIDM プロセスが我が国の原子力業界では実適用経験がなく、これから各組織がその準備・適用を進めていくという状況下に当たって、組織の経営者をはじめとする構成員全てにおいて要求される、標準的な IRIDM プロセスを実施するための要件を規定することを目指して、分科会などでの審議を行った。

IRIDM プロセスの要件規定（**箇条 6** 及び **箇条 7**）については、性能的な規定とそれを受けた要件的な規定を、階層的に示すこととした。これにより、標準のユーザーが、必然として守るべきことと実務において展開する際のガイドとなることを明確に区別、認識でき、わかり易く使い易い標準になるものと考えた。

具体的な IRIDM プロセスのステップについては、INSAG-25 を基礎とした、標準委員会技術レポート“継続的な安全性向上対策採用の考え方について”で検討されたステップを基に分科会審議を行った結果として、**箇条 6** 及び **箇条 7** での各ステップを定義した。

IRIDM プロセスの各ステップにおいては、まず“**7.1 コミュニケーション**”につき、実施フロー上の位置付け、及び規定内容の程度に関して、分科会において多くの議論があった。実施フロー上の位置付けに関しては、“コミュニケーション”は IRIDM プロセス全体に関わる重要なステップであり、本体 **図 5.1** に明示するとおり作業ステップ全部にわたるものであるとの審議に基づき、実施フローの冒頭とすることとした。また、IRIDM プロセスの国内原子力業界での実適用経験がない中で、特に“コミュニケーション”に関する要件的な規定を明確にするのは困難であったが、この標準では、基本的に実施することが必要な事項を規定として示すことでまとめた。その上で、実務を展開する際のガイドともなる要件的な規定も一

部含まれることを認識し、**附属書 H (参考)**において、米国 NRC での内部及び外部コミュニケーションでのアプローチを示した。

“7.3 選択枝の考案”においては、“選択枝候補の考案”と“選択枝の選定”という二つのステップの位置付け及び関係性について多くの議論があった。分科会での審議の結果、“選択枝候補の考案”においては、制約条件にかかわらず検討を行うという重要な観点があり、このためにもこれら二つはプロセスを区別して実施することを要求することとした。

“7.4 統合的な分析”においては、“選択枝の優先的な順位付け”で取り得る手法が“費用便益評価による方法”又は“多基準分析による方法”の二者択一であるかどうかの議論があった。分科会での審議の結果、取り得る手法は、これらのいずれかに分類されると結論し、それらの手法に基づく要件的な規定を展開することとした。ただし、各手法の中において、定量的な方法及び／又は定性的な方法の選択の幅は広く、評価の詳細度としては許容幅があるということを、規定の中で表すようにした。

特に“費用便益評価による方法”又は“多基準分析による方法”に関しては、要件的な規定の参考となる具体的事例をできるだけ示すことが求められる箇所であり、分科会において審議を行った。ただし、IRIDM プロセスの国内原子力業界での実適用経験がない現状では、**附属書 S (参考)**及び**附属書 T (参考)**において、取り得る手法の列挙、各手法の概要紹介、海外での具体的な評価事例を示すにとどまった。**附属書 S (参考)**での“費用便益評価による方法”の具体的な評価事例としても、レベル 3PRA を含めて適用する米国 NRC でのバックフィットにおけるものを示さざるを得なかったが、これも我が国の現状では、即時で直接的に参考とできる情報とは言えない。ここは、具体的な実施例・留意事項・標準規定の解説などにつき、我が国での適用経験及び検討実施を踏まえた追加が特に必要な箇所である。

選択枝の実施によりリスクが増加する場合に適用する PRA などの定量的なリスク評価におけるリスク指標及びその判定基準については、リスク専門部会において検討、審議を行い、RIDM2010 標準での規定を基に、この標準での指標及び判定基準を定めた。放射性物質の環境への放出頻度に関わるリスク指標として、この標準においては“格納容器機能喪失頻度 (Containment Failure Frequency; 以下、“CFF”という。)を適用しているが、海外では一般的には“大規模放出頻度 (Large Release Frequency: 以下、“LRF”という。)又は“早期大規模放出頻度 (Large Early Release Frequency: 以下、“LERF”という。)が適用されているという相異が議論の対象となった。この点に対しては、当面我が国では当該リスク指標として CFF を使わざるを得ない状況が継続することを踏まえ、解説において、認識する必要のある課題、及びこの標準において当該指標を CFF としている理由などを示すという対応を行った。

## 4 適用範囲について

### 4.1 “継続的な安全性の向上に関係する組織”について

この標準の対象とする“継続的な安全性の向上に関係する組織”とは、直接的若しくは間接的と安全性の向上への関与の仕方はいろいろな立場を有する、継続的な安全性向上の活動に係る全ての関係組織である。この標準は、原子炉施設に係わる施設と活動を対象としているが、この標準に記載するプロセスは、組織活動における普遍的な意思決定行動の考え方を基本としており、適切な調整を行えば統合的な意思決定行動を行うことを意図する全ての組織に適用可能である。そのため、この標準の適用は、電気事業者に限定したものではなく、規制のための組織をはじめ、継続的な安全性向上の活動に係る全ての関係組織において適用できるものである。ただしこの標準における具体的要件及び附属書に示す事例においては、電気事業者を主に想定したものとしている。

## 4.2 “経営者をはじめとする組織の構成員全て”について

IRIDM は、原子力発電所の継続的な安全性向上に携わる組織全体で担う必要のあるものであり、この標準も、組織の構築、実施の準備、及び実施段階にわたって必要な要件を規定している。したがって、適用範囲において、組織の“経営者をはじめとする組織の構成員全て”が対象であると明確に示した。ここで、経営者とは、組織のトップマネジメントのことである。

## 4.3 この標準が対象とする原子力施設

この標準は、発電用軽水型原子炉施設を対象としている。高速炉及び核燃料サイクル施設などの軽水型原子炉施設以外の施設を対象とする場合も、この標準における要件は同様に適用できるものが大部分であるものの、“7.4 統合的な分析”のキーエレメントの分析において、PRA の判断基準として炉心損傷、及び／又は格納容器機能喪失を対象に要件化しているなど、この標準は、軽水型原子炉施設だけを対象とした要件としている箇所がある。

軽水型原子炉施設以外の施設における IRIDM にこの標準を適用する場合は、各施設の特徴を踏まえた上で、リスク情報の信頼性に留意しつつ、“7.4 統合的な分析”において扱うキーエレメントのバランスを調整して、その際の判断基準を適切に設定することによって、この標準を使用することができる。

## 5 標準の参考とした海外規格・標準など

この標準は、サイモン (Simon, H.A.) の意思決定理論<sup>[1]</sup>をはじめとする国内外の問題解決プロセス、リスク情報を活用した意思決定 (RIDM) プロセス、並びにリスクマネジメントに関する研究成果及び知見を基盤とし、意思決定プロセスが問題解決プロセスと同等のものと捉えて、問題の設定から解決策の実施とモニタリング及びフィードバックの各ステップの要件を取り纏めている。

リスク情報の原子力発電所の安全確保活動への活用に関しては、米国原子力規制委員会 (NRC : Nuclear Regulatory Commission)、米国原子力エネルギー協会 (NEI : Nuclear Energy Institute) などによるリスク情報活用に関する規制指針、ガイドライン及び事業者におけるリスク情報活用の事例がある。RIDM2010 標準は、米国 NRC の規制指針である Regulatory Guide 1.174<sup>[2]</sup> を基礎としており、この標準においてもその内容を参考としている。ここでの意思決定は RIDM (Risk-Informed Decision Making) と呼ばれ、この標準における IRIDM の Integrated という呼称は含まれていないが、RIDM においても種々の検討要素を統合的に分析・評価しており、この標準が対象とする IRIDM と基本的に同意であると捉えることができる。

リスク情報を活用した意思決定においては、種々のキーエレメントを考慮することが必要であり、IAEA の INSAG-25<sup>[3]</sup> などにおいては、キーエレメントの明瞭な定義を行うとともに、キーエレメントから得られるリスク情報を統合的に分析するというステップを明確に示した意思決定プロセスが提示され、このような意思決定を IRIDM (Integrated Risk-Informed Decision Making) と呼んでいる。

以上のような経緯をふまえた上で、この標準では IRIDM という呼称を使い、この標準における IRIDM プロセスの要件化の検討においては、INSAG-25 の内容を参考とした。また、国際社会での原子力安全の基盤となっている、同じく IAEA の GSR Part 2<sup>[4]</sup>、INSAG-27<sup>[5]</sup> などの位置づけ及び内容も参考とした。

IRIDM は、原子力発電所の安全に影響を有する考慮因子の影響を統合し、複雑な意思決定の透明性をもたらす構造化されたプロセスである。IRIDM の主要な目標は、原子力安全に影響を有する意思決定を、合理的に実行可能な範囲で最適化することを確実にすることであり、原子力安全に係る意思決定を支援し、その意思決定を安全目的 (目標) と整合したものとすることを目指している。IAEA では、こういった IRIDM プロセスに関するガイドラインについて、2011 年に国際原子力安全諮問グループ

(International Nuclear Safety Group: INSAG) の刊行物の一つとして“INSAG-25：リスク情報を活用した統合的意思決定プロセスのフレームワーク”<sup>[2]</sup>を発行している。

この標準においては、INSAG-25 で記載されたプロセスをベースとして、我が国で実施していく場合の特徴も考慮に入れて、組織の構築、実施の準備、及び実施段階にわたる、IRIDM を行うための実施要件を記述した。この標準では、原子力の施設と活動における様々な課題に対して、その関連する分野の多くのリスクに対応して、そのリスク情報の重要度を考慮して統合することによって、最終的に解決策を意思決定することを推奨している。また、検討する必要がある課題・タスクの優先順位付けとその解決策の実施を行う適切かつ合理的な意思決定を行うために、INSAG-25 と同様に決定論的考慮事項と確率論的考慮事項の相互補完による評価プロセスと、意思決定の判断の基準となる様々な定性的及び定量的なリスク情報に関して、その相対的な重要度に応じて、最適な選択肢を選択するための情報として統合することを推奨している。

また、IAEA は、“GS-R-3：施設と活動のためのマネジメントシステム”<sup>[6]</sup>に対して、東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を反映した改訂版として、2016年6月に全般的な安全要件（General Safety Requirement: GSR）の一つである“GSR Part 2：安全のためのリーダーシップとマネジメント”<sup>[4]</sup>を発行している。

GSR Part 2 では、安全のためのリーダーシップ、安全のためのマネジメント、統合されたマネジメントシステム、及び系統的アプローチが、適切な安全方策の特定及び適用、並びに強固な安全文化の醸成に不可欠な要素であると強調している。IRIDM の成功のためには、GSR Part 2 で示される、安全のためのリーダーシップとマネジメントの考え方にのっとり、組織の経営者をはじめとする組織全体がリスク情報を活用し、安全を重視するという強い意識に基づく新たな意思決定プロセスを構築し、PDCA サイクル運用を含めた従前の安全のためのマネジメントシステムに、IRIDM プロセスを織り込むことが必要である。このため、この標準においては、既存の品質マネジメントシステム（QMS）<sup>[7]</sup>及び環境マネジメントシステム（EMS）<sup>[8]</sup>との関係を明確にし、GSR Part 2 で示される経営者及び意思決定者における安全のためのリーダーシップと安全のためのマネジメントのあり方を反映したものとした。

**注記** ISO9001:2015<sup>[5]</sup>の、“5.1 リーダーシップ及びコミットメント；5.1.1 品質マネジメントシステムに関するリーダーシップ及びコミットメント”においても、トップマネジメントが、次に示す事項によって、品質マネジメントシステムに関するリーダーシップ及びコミットメントを実証することを要求しており、IRIDM プロセス及び組織のQMSは、これらと調和するものであることを前提としている。

- a) 品質マネジメントシステムの有効性に責任を負う。
- b) 品質マネジメントシステムに関する品質方針及び品質目標を確立し、それらが組織の戦略的な方向性及び組織の状況と両立することを確実にする。
- c) 品質方針が組織内に伝達され、理解され、適用されていることを確実にする。
- d) 組織の事業プロセスへの品質マネジメントシステム要求事項の統合を確実にする。
- e) プロセスアプローチに対する認識を高める。
- f) 品質マネジメントシステムに必要な資源が利用可能であることを確実にする。
- g) 有効な品質マネジメント及び品質マネジメントシステム要求事項への適合の重要性を伝達する。
- h) 品質マネジメントシステムがその意図した結果を達成することを確実にする。

- i) 品質マネジメントシステムの有効性に寄与するよう人々を雇用し、指揮し、支援する。
- j) 継続的改善を促進する。
- k) その他の関連する管理層がその責任の領域においてリーダーシップを実証するよう、管理層の役割を支援する。

さらに、IAEA では 2017 年に、同じく国際原子力安全諮問グループ（INSAG）の刊行物の一つとして“INSAG-27：頑強な国家原子力安全制度の確保 ～多層構造の体制制度による頑強なシステム”<sup>[5]</sup>を発行している。

INSAG-27 は、国全体の原子力安全制度の構造のあり方、提言がガイドラインとして示されているものであり、電気事業者、規制当局、及びステークホルダーという頑強かつ多層構造での体制を構築し、関係性を維持していくことによって、原子力全体の安全性の向上を図ることができるとしている。この標準の IRIDM プロセスにおいても、規制当局をはじめ様々なステークホルダーの参加又は関与はプロセス全体を貫く重要な要素である。この標準においては、INSAG-27 での考え方を参考として、解決しようとしている問題に対するステークホルダーの意見・関心の認知、及び多様なステークホルダーとのコミュニケーションを通じて幅広く情報を収集し、協働を促していく必要があることなどを明示し、それを組織内及び組織外とのコミュニケーションを通じて達成していくことを推奨し、これに沿った標準の検討を行った。また、コミュニケーションの考え方は、QMS、EMS、リスクマネジメント規格<sup>[6]</sup>も参考にしている。さらに、INSAG-27 での考え方に沿って、監査適合性の高い意思決定プロセスを規定し、第三者の活用を明記した。

また、OECD にて 2016 年に発行された“福島第一原子力発電所事故後の 5 年：原子力安全の改善と教訓”<sup>[10]</sup>は、NEA と NEA 加盟国での次に示す活動と教訓の最新状況を説明している。

- i) 多くの分野で原子力施設に特定の改善を求める新たな規制要求を設定する NEA 加盟国の規制機関による活動
- ii) NEA 加盟国の規制枠組みを向上させるための活動
- iii) 事故そのものに関するさらなる知識と理解を得るための研究活動
- iv) 原子力防災と放射線防護を改善するために実施される活動
- v) 損害賠償法などの分野における法制面の改善

各国それぞれにおいて、規制枠組みの強化を図るとともに、運転経験とリスク知見の活用などをふまえた安全性向上活動の効果的な実施に取り組み、安全性の継続的な向上をはかっている状況にある。我が国においてもこういった取り組みを積極的に進めているところであり、IRIDM プロセスに関してこの標準が求める要求事項及び手順は、OECD が示す活動及び教訓もふまえた国際的なベストプラクティスと整合したものである。

## 参考文献

- [1] USNRC, *An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis*, Regulatory Guide 1.174, Rev.3, January 2018
- [2] Simon, Herbert A., *Administrative Behavior Fourth Edition* (二村敏子ほか訳, “[新盤] 経営行動”), ダイヤモンド社, (2009)
- [3] IAEA, *A Framework for an Integrated Risk Informed Decision Making Process*, INSAG-25 (2011)

- [4] IAEA, *Leadership and Management for Safety*, General Safety Requirements No. GSR Part2, (2016)
- [5] IAEA, *Ensuring Robust National Nuclear Safety Systems - Institutional Strength in Depth*, INSAG-27, (2017)
- [6] IAEA, *The Management System for Facilities and Activities*, Safety Standards Series No. GS-R-3, (2006)
- [7] ISO9001:2015 (JIS Q9001:2015), *Quality management systems - Requirements* (品質マネジメントシステム—要求事項) ,(2015)
- [8] ISO14001:2015 (JIS Q14001:2015), *Environmental management systems-Requirements with guidance for use* (環境マネジメントシステム—要求事項及び利用の手引) ,(2015)
- [9] ISO31000:2009 (JIS Q31000:2010), *Risk management-Principles and guidelines* (リスクマネジメント—原則及び指針) ,(2009)
- [10] OECD, *Five Years after the Fukushima Daiichi Accident: Nuclear safety Improvements and Lesson Learnt*, NEA No. 7284, (2016)

## 6 品質マネジメントシステムなどをベースとする IRIDM プロセスの構築

各組織においては、当該組織の品質マネジメントシステム (QMS)、環境マネジメントシステム (EMS)、及び今までの慣行から、この標準が示すものとは異なる意思決定システムを採用していることが考えられる。しかし、今般の社会の変化、価値観の変化を慮れば、原子力安全のためのより論理的で包括的で、合理性及び透明性の高い、検証可能な意思決定に心がけ、社会の信頼に応えていくことが望まれている。

そのため、各組織においてはこの標準で規定する IRIDM プロセスの要件の趣旨を考慮し、これに沿う形で当該組織の QMS, EMS に基づく既存の意思決定システムと調和させて、より良い意思決定プロセスとしていくことが望まれる。これは、原子力に係る組織への社会からの要請である。

## 7 意思決定者及び分析者の定義について

この標準においては、IRIDM 実施における主語は、基本的に“意思決定者”及び“分析者”の二つで記載している。

意思決定者は、“意思決定を行う主体者であり、IRIDMプロセス全体を統括する者”と定義しており、これは、意思決定が必ずしも全てが組織の経営者によってなされるのではなく、解決する必要がある問題に応じて、組織の中で適切にその決定に権限を有する者が意思決定を行うためである。例えば、一般的な組織においては、事業を統括する社長（経営者）によって全てが決定されるわけではなく、事業を統括する長、現業部門の部長及び課長などの管理者、若しくは、適切な階層において、その権限の範囲で意思決定が行われるということである。

また、分析者は、“特定のIRIDMプロセスに関与する者であって、分析を行う者、若しくはプロセスの実行を行う者”と定義しているが、これには意思決定のために分析作業の実作業を行うものという狭い範囲だけでなく、意思決定の実施及びモニタリングを含む IRIDMプロセスの実行に主体的に関与するもの全てを意味している。

IRIDM実施に関わる者の役割を細分化すると、次の四つがあるが、IRIDM実施においては、①及び①以外の役割の違いに留意して、この標準では①を“意思決定者”，②及び③については“実作業を行う者”として“分析者”（ここでの“分析”は、分析作業以外も含んでいる）と定義している。④は“関係者”と呼ぶものであるが、これには広い概念（対象）を含み、また各ステップのその時々に応じて適切に指定されるものであることから、この標準では一義的な定義をしない。

①意思決定を行う者（本体7.5）

- ②意思決定のために分析作業を行う者（本体7.2～7.4）
- ③意思決定結果の実施又はそのモニタリングを行う者（本体7.6, 7.7）
- ④上記の意思決定に利害関係又は関心をもつがIRIDMの実行に主体的に関わらない組織又は個人（本体7.2～7.7）

## 8 IRIDMに係るステークホルダー

この標準では、ステークホルダー（stakeholder）を“組織体の目的の遂行に影響するか影響を受けるグループ又は個人”<sup>[1]</sup>と捉え、“継続的な安全性向上に影響を与え得るか影響を受ける組織又は個人”と定義している。その意味では、日本語の利害関係者（interested party）及び関心者（concerned party）と同義語として用いており、意思決定者、分析者を初めとする IRIDM プロセスの実行に主体的に関わるものを除く、利害関係又は関心をもつ組織内外の全ての関係者、関心者を指している。

ステークホルダーという言葉は一般的な用語であるものの、関係する様々な分野の捉え方が異なっており、全ての当事者が受け入れられる権威をもった定義が提供されておらず<sup>[2]</sup>、この語のもつ包括性並びにそれに伴う誤解及び不当な表現となる可能性に配慮し、欧米の標準などにおいては interested party が好んで使用され、 stakeholder という語は使用しないことが推奨されている<sup>[3]</sup>。したがって、多くの図書においてステークホルダーという語は意味を限定するための注釈を付して使用されている。そこで、この標準では、ステークホルダーという用語は利害関係者及び関心者として用いている。

**注記** ステークホルダーの概念は、1963年に米国 SRI インターナショナルの内部のメモで初めて使われたものであり、産業の種類、組織、適用領域などによって変化してきている。現状、IAEA の用語定義では、利害関係者（interested party）及び関心者（concerned party）と同義とし、ステークホルダーには、通常、顧客、所有者、事業者、従業員、サプライヤー、協力パートナー、労働組合、規制される業界又は専門家、科学機関、原子力を担当する政府機関又は規制機関（国、地域及び地方）、メディア、公衆（個人、コミュニティグループ、及び利益団体）、国境を越える影響に関する情報の交換を提供する協定を締結している近隣諸国、又は特定の技術又は材料の輸出又は輸入に関与する国を含んでいる<sup>[2][3]</sup>。

また、内部（所有者、従業員及び経営者）と外部（投資家、債権者、顧客、サプライヤー、労働組合など）のステークホルダー、第一次（顧客、従業員、資金提供者（株主、投資家、金融機関）、サプライヤー、地域社会が含まれる）と第二次（行政官庁、競争業者、メディア、消費者保護団体、特別利益団体が含まれる）のステークホルダーの分類がある。

IRIDM プロセスは、科学的根拠に重きを置いた、注意深い分析に基づいた、様々なステークホルダーが関与する複雑な問題を解決する、効果的、迅速かつ柔軟に、利害関係者の支持を得て実施できるプロセスであることが要求される。したがって、様々なステークホルダーの関与を得て、質の良い意思決定とするとともに、利害関係者の支持を得て効果的な意思決定及びその実施を行うためにステークホルダーとのコミュニケーションを図ることが重要になる。

そのためには、原子力事業者の IRIDM プロセスに、安全の達成に何らかの影響を及ぼし得る利害関係をもつ、原子力設計者、ベンダー、契約者、サプライヤー、規制当局、その他の関係者（特に公共に関係するもの）などの全てのステークホルダーを呼び込み、その関与によってより効果的な意思決定プロセスとすることが必要になる。これは、INSAG-27<sup>[5]</sup>に示すように、様々なステークホルダーの関与とその役割分担によって原子力安全に関する防護をより多層なものとし、国の原子力安全のシステムをより強固なもの

にすることにほかならない。

なお、この標準では、IRIDM プロセスの各ステップにおいて、様々なステークホルダーの関与を想定している。意思決定者は、IRIDM プロセスの各ステップと対象とする問題に応じて、前述の注記に示すような幅広いステークホルダーのどの組織及び／又は個人の関与の在り方が効果的な意思決定に対して適切であるかを考慮し、必要であれば例示されるもの以外のステークホルダーの関与も考慮し、より効果的な意思決定とするよう努めることが必要である。

## 参考文献

- [1] Freeman, R Edward, “Strategic Management : A Stakeholder Approach”, Harper Collins,46, (1984)
- [2] IAEA, “Handbook on Nuclear Law”, (2003)
- [3] IAEA, “IAEA Safety Glossary: Terminology Used in Nuclear Safety and radiation Protection”, (2007)
- [4] IAEA, “Ensuring Robust National Nuclear Safety Systems - Institutional Strength in Depth”, INSAG-27, (2017)

## 9 IRIDM を実施することの必要性

人間の活動及び自然現象はリスクを生じ、危害の発生源となる可能性がある。安全は、リスクが合理的に実行可能な限り低く維持されること (ALARP 又は ALARA) を確かなものとすることによって達成され、リスクを抑制する措置は、達成可能なレベルのリスク削減及びそれを削減するために必要な努力との間に総体的な不均衡がない限り講じられなければならない。原子力の施設と活動においても、それに起因するリスクが、社会から受容される範囲に制限するために、リスク抑制の取り組みが継続的になされなければならない。

このような継続的なリスク抑制の取り組みにおいては、このリスクを抑制するために適切かつ効果的な施策を講じることが必要であるが、施設と活動のリスクの抑制に投入できる資源は有限である。そのため、効果的な施策を講じるために、原子力安全、事業、及び経済・社会的因子などの相反した要素を含むリスク情報の重要度を適切に考慮し、バランスの良い意思決定を行うことが重要となる。IRIDM は、このような様々なリスク情報を統合してより良い意思決定を行うものである。

この IRIDM プロセスにおいては、様々なリスクを認識し、それを適切に評価し決定を行う。そのために、その分析・評価においては、決定論的な分析・評価のみならずリスク情報を考慮した確率論的な分析・評価がなされる。そして、様々なステークホルダーとの関与及び／又は協働を得て、質の良い意思決定とするとともに、関係者の支持を得て効果的な意思決定及びその実施を行う。

また、この IRIDM プロセスは、多様なキーエレメントが絡む問題に関する複雑な決定に透明性をもたらし、一貫性をもち透明でバランスのとれた安全に対するアプローチを可能にする。更に、安全性に影響を与える要素への認識を高め、意思決定とその実行においてこれらの要素各々を考慮することで安全性を向上させる。

分析・評価においては、確率論的リスク評価 (PRA) が原子力発電所の設計と運転の安全評価に有効な方法論として決定論的なアプローチを補完し、他ではできない追加的な洞察を提供するものとして広く認められており、原子力の施設と活動における意思決定において、PRA は様々なリスク情報を統合する合理的な意思決定プロセスとして活用する必要のある有益なものである。

今日の社会において、我々を取り囲むリスクも、また、社会が発展する中、多様化している。想定外といわれる予測も難しい状況をはじめ、未知で、また知識も持ち合わせていない状況が認識される不確実性下の状況において、硬直化したルール及び仕組みだけではリスクに対処できないことは明白である。リスク

マネジメントの本質は戦略的意思決定にあり、その問題解決のプロセスには必ずその時点での状況と意思決定環境が影響してくる。このような状況でリスクマネジメントを、組織を統制する品質マネジメントシステム（QMS）及び環境マネジメントシステム（EMS）などを統合した安全マネジメントシステムの中にどのように組み込み、不確実性下の状況の中においても、優れた意思決定を下すためのプロセスを、構築するかが大きな課題となっている。

一方、意思決定は特定の目標を達成するために、ある状況において複数の選択肢から、最善の解を求めようとする行為であるが、このことに加えて、意思決定は、それ自体で一定の状況の下での行動（意思決定行動）であるとも言える。また、組織においては物事を決め、その実行を決心する意思決定には、経営者から第一線担当者まで、いろいろなレベルの“意思決定”が存在する。そしてその中には、一度決定を誤ると組織の将来に大きな影響を及ぼすようなリスクを抱えた重要な決定もあるし、日常的な決定（決裁事項）もある。このような組織の各層における意思決定のプロセスは、近年、リスクマネジメントの中の主要プロセスとして位置づけられており、組織構成員及び組織内外のステークホルダーの信頼と協働を得るために論理的で包括性があり、かつ透明性のある検証可能な意思決定であることが求められている。

### (1) リスク情報を活用した統合的な意思決定(IRIDM)の必要性

意思決定の思考方法は、正しい目標の認識、必要な情報の収集、目標達成のための方策案の考案と比較、最善の方策の選択と実行計画の立案、及び計画の実施の監視を包括するもので、これはある個人の意思決定から集団の意思決定までに広く通用するものとして捉えることができる。“意思決定は問題解決行動である”と考え、この意思決定のプロセスが合理的なものか否かによって、問題の発生（察知）と問題の定式化から、選択肢の探索、選択肢の評価と比較を経て、最終的な“選び出し”である意思決定の“選択”の結果、及びその“選択”行為の成否が左右される。

宇宙、防衛、原子力などの先端技術分野で行われているリスク情報を活用した意思決定（RIDM）も、特に、原子力分野では、最近では、その基礎をなす PRA が原子力発電所の設計と運転の安全評価に有効な方法論として決定論的なアプローチを補完し、他ではできない追加的な洞察を提供するものとして広く認められてきたこともあり、様々なリスク情報を統合する合理的なプロセスとしての重要性が認められている。

IRIDM におけるリスク情報の統合プロセスの主たる目的は、決定論的考慮事項と確率論的考慮事項の相互補完による評価プロセスという面だけでなく、IRIDM を実行する際に意思決定の判断の基準となる様々な定性的及び定量的なリスク情報（インプット情報）に関して、その相対的な重要度に応じて、最適な選択肢を選択するための情報として統合し、最終的に解決策を決定することにある。

この IRIDM プロセスによるリスク情報の統合アプローチは、受け入れ可能な結果につながる多くの異なる選択肢がある場合に特に有用であり、複数の属性の安全性、セキュリティ及び規制の課題などについての様々なリスク情報を活用して分析評価し、最適な解決策を決定するものである。

また、IRIDM プロセスは、プラントにおける施設及び活動の安全に関連する設計及び手順の変更、テロリストの脅威の影響を軽減するためのセキュリティ・システムの変更についての意思決定の包括的な方法として活用でき、安全とセキュリティの問題を、統合的な方法で検討し、これらの両者の領域での対策強化が他方に悪影響を与えず、互いに補完する首尾一貫した解決策につなげられることが期待される。

更に、IRIDM におけるリスク情報の統合プロセスは、それがバランスよく包括的に実施されれば、複雑な意思決定に、適切な説明性と透明性をもたらすものであるが、しかし、その適用の有効性は、異なつて重み付けされた複数の要素を適切に統合できるかに強く依存する。具体的な IRIDM プロセスを構築す

際には、リスク情報の統合プロセスが、IRIDMにおける最重要のプロセスであることを十分認識し、また、その特徴と留意点をよく認識した上で、より合理的なプロセスを構築する必要がある。

## (2) IRIDM プロセスの活用とその恩恵

PRA と確率論的な安全目標は、原子力安全についての意思決定の基礎を強化するためのリスク指標を提供し、これによるリスク情報の活用は、PRA の長所と短所を理解し、考慮する必要があるものの、代替設計の解決案及び運用方法の安全性を検討・比較する場合に多くの事例で用いられている。また、炉心損傷と敷地外への放出確率として設定された目標は、統合されたアプローチにおいて安全性を評価するために有用であることも確認されている。更に、昨今では PRA 技術の進展に伴い、諸外国において PRA が原子力施設の決定論的な安全評価に貴重な補完的な洞察、見通し、理解、バランスを提供するものとして、その活用が広がっている。更に、過去の適用経験から、決定論的考慮事項及び確率論的考慮事項を含む統合された意思決定プロセスは、良好なエンジニアリング慣行、運転経験と健全な管理形態の考慮とともに、原子力施設の安全設計と安全運転の精緻化と改善には有効であることも実証されている。

IRIDM プロセスを実行することにより得られる恩恵の例を次に挙げる。

- 1) より重要なリスクの高い領域へメンテナンスを集中させ、高放射線領域での不必要な活動を抑制して放射線被ばくを抑制できる。
- 2) 施設のパフォーマンス、運転の柔軟性、運転の費用対効果を向上させ、正当化されない規制を削減できること。つまり、施設の全体にわたってリスクを包括的にバランス良く把握することで、重要でないリスクの側面に適用される経営資源を節約し、より重要なリスクの側面に対処するための効果的な経営資源の使用を可能にできる。
- 3) 望ましくない結果を伴う事故のリスクを確実に極めて低くすることを目指したアクシデントマネジメントの方法及び手順を開発できること。

## 10 IRIDM と安全文化との関係

安全文化とは、チェルノブイリ原子力発電所事故の後に、国際原子力機関（IAEA）の国際原子力安全諮問グループ（INSAG）によって<sup>[1]</sup>、“組織体及び組織を構成する個人の特性と姿勢が一体となって、安全と防護に関する問題に対して、その重要性に相応する注意を最優先で払うもの”と定義されている<sup>[2]</sup>。IAEA は、組織の安全文化を自己診断して安全文化の醸成活動を段階的に進めるために、組織とその構成員の中で観察できる安全に対する態度を三つの段階に分類している<sup>[3]</sup>。

第一段階：安全は規制規則類の遵守によって達成される。

第二段階：安全は組織の性能目標によって達成される。

第三段階：安全性能は常に改善することができる。

安全文化の醸成に必要な要素をマネジメントシステムに組み込むことは、安全文化の第二段階において特に重要である。マネジメントシステムによって安全に関する目標と責任を明確にし、目標を達成するために必要なプロセスに関する整合の取れた理解を組織の全構成員に与えることができる。

INSAGでは、安全文化を第三段階まで醸成するためには、マネジメントシステムの運用だけでは不十分であることも指摘されている<sup>[4]</sup>。経営者はマネジメントシステムの運用を組織の構成員に強要することが可能であり、マネジメントシステムの存在だけによって安全に対する個人の使命感を育むことはできないからである。そこで、IAEAは安全原則の中で“リーダーシップとマネジメント”という概念を明示した<sup>[5][6]</sup>。リーダーシップとは経営者及び管理者のような組織上の役職ではなく、構成員個人の関係性を示す言葉で

あり、周囲の構成員に影響及び動機付けを与えて組織を変革する能力であると説明されている<sup>[7]</sup>。リーダーシップは組織の全構成員が発揮することのできる能力であり<sup>[6]</sup>、全構成員が安全に対するリーダーシップを示している組織は、安全文化の第三段階に到達していると言える。

IRIDMプロセスは、まず、リスクを認識し、評価し、リスク情報を統合して、複雑なリスク問題に対するバランスの良い意思決定を行うプロセスである。その意思決定結果としては、リスク回避からリスク受容までの幅があり得るが、どのような選択をするかは組織文化の影響を受ける。組織文化は、リスクマネジメントの全ての側面に影響し、かつ、個人と組織の間で組織文化の整合性をとるべく、組織コア全体の広範な文脈の中で組織文化が探求されるので、安全のための組織文化はIRIDMプロセスに大きな影響を与えるとと言っても過言ではない。

IRIDMプロセスは、プラントのリスクを合理的に実行可能な限り低くするために、さまざまなキーエレメントを統合して分析し、意思決定を行うプロセス。組織において大小さまざまな規模で活発にIRIDMプロセスが実施されるならば、リスクの認識、評価とリスク対応を通して組織の構成員に“安全は常に改善することができる”という意識を与えられる。それが、組織文化にフィードバックされ安全のための組織文化が強化される。つまり、IRIDMプロセスを実施し、リスクを共通の指標とした安全性向上活動は安全文化醸成活動でもある。

安全に対する組織の構成員個人の使命感を強めることの重要性は、安全文化の醸成が進むほど重要になる。例えば、世界原子力発電事業者協会(WANO)は、健全な原子力安全文化の特徴をまとめる際、安全に対する個人の責任と役割の重要性を、経営層の責任及びマネジメントシステムに先んじて掲げている<sup>[8]</sup>。IRIDMプロセスは、意思決定者として基本的に管理者を想定しているが、それに限定するものでもない。例えば、担当者が、IRIDMプロセスに意思決定者として参画することは、安全に対する個人の責任と役割を認識し、安全文化を醸成するために有効である。

## 参考文献

- [1] IAEA, *Safety Culture*, INSAG-4, (1991)
- [2] IAEA, *IAEA Safety Glossary: Terminology Used in Nuclear Safety and radiation Protection*, (2007)
- [3] IAEA, *Developing Safety Culture in Nuclear Activities: Practical suggestions to assist progress*, IAEA Safety Report Series 11, (1998)
- [4] IAEA, *Key Practical Issues in Strengthening Safety Culture*, INSAG-15, (2002)
- [5] IAEA, *Fundamental Safety Principles*, Safety Standard Series SF-1, (2006)
- [6] IAEA, *Leadership and Management for Safety*, Safety Standard Series GSR part 2, (2016)
- [7] IAEA, *The Management System for Nuclear Installations*, Safety Standard Series GS-G-3.5, (2009)
- [8] WANO, *Traits of a Healthy Nuclear Safety Culture*, PL 2013-1, (2013)

## 11 コミュニケーションの役割

組織及び集団が、ものごとを意思決定し共通の目的に向かって取り組んでいくため、この共通目的と貢献意欲を繋ぎ合わせるものが情報交換でありコミュニケーションである。組織及び集団が意思決定に必要な情報を収集し、組織及び集団の構成員の考え方、価値観、及び意思を相互に確認し、行動を調整しながら協働していく一つの実体として一貫性のある活動のために、組織活動では、組織構成員がお互いの非言語も含むコミュニケーションにより、協働のために相互調整を行う。これは組織及び集団の内外を問わず、また、社会が共通の目的を達成することを志向する場合も同様である。これらの活動は、意思決定プロセス

スにおいても同様で、プロセスの各段階でコミュニケーションを通して意思決定者と関係者（ステークホルダー）及び関係者間の意思疎通・情報共有、並びに各々のステップ間の相互作用が行われる。そのためこのコミュニケーションの良否が組織及び集団、又は社会としての意思決定の質及び意思決定プロセスの実行の成否を決定する。また、リーダーシップの場面においても組織文化及び社会の価値観の共有をはじめこのコミュニケーションは大きな役割を果たす。

リスクガバナンス<sup>[1]</sup>並びにリスクマネジメントにおけるコミュニケーション及び協議は、多くの役割、視点、目標、及び活動の間で協調及び／又は調整の必要な広範な関係者が関与するときに重要な役割を担う。リスクに関する意思決定を行う際に、リスクに関係する重要な情報を収集、分析し、それを関係者に伝達して、各々の活動を連携させる相互作用のプロセスと新しい情報を反映してプロセスを繰り返し実行する場合に、また、様々なステークホルダー及び市民社会とリスク情報を共有し、意思決定に参画させ、意思決定の質をより良いものにするために大きな役割を果たす。これは、一般的にリスクコミュニケーションと言われるものである。それには、組織の内部において協働のために情報交換し、共通の理解を深める活動も含まれる。

リスクコミュニケーションを“リスクのより適切なマネジメントのために、組織、社会の各層が対話・共考・協働を通じて、多様な情報及び見方の共有を図り、共通の理解を深める活動”と捉えると、組織、社会の関与者（ステークホルダー）はそれぞれが“リスクのより適切なマネジメント”のための役割を果たすべく、ステークホルダー間での対話・共考・協働が積極的になされることが望ましい。組織内外の各ステークホルダーが多様な情報及び見方を共有し、共通の理解を含めようとする活動全体がリスクコミュニケーションと言える。

**注記** JISQ 31000 : 2010 (ISO 31000 : 2009)<sup>[2]</sup> では、“コミュニケーション及び協議”は、“リスクの運用管理について、情報の提供、共有又は取得、及びステークホルダーとの対話を行うために、組織が継続的に及び繰り返し行うプロセス”と定義している。ここで、“情報”とは、リスクの存在、特質、形態、起こりやすさ、重大性、評価、受容可能性、対応又はその他の運用管理の側面に関係することがあるものである。また、“協議”は、ある事柄に関する意思決定又は方向性の決定に先立って、組織とそのステークホルダーとの間で行われる、その事柄についての情報に基づいたコミュニケーションの双方向プロセスであり、“協議”は、権力によってではなく、影響力によって、意思決定に影響を与えるプロセスで、共同で意思決定を行うのではなく、意思決定に対するインプットとなるものと説明している。

## 参考文献

- [1] Otwin Renn, *Risk Governance: Towards an Integrative Approach*, white paper No 1, International Risk Governance Council (IRGC), (2005)
- [2] ISO31000:2009 (JIS Q31000:2010), *Risk management-Principles and guidelines* (リスクマネジメント-原則及び指針), (2009)

## 12 自主的な安全性向上活動における IRIDM プロセスについて

組織では、階層・構成員ごとにその役割に応じて、異なる時点で、異なる職位の、異なる管理者及びその他の人々による連続的な意思決定がなされ、新しい環境の制約条件の下で絶えず新しい意思決定をしてい

く反復的な意思決定行動，つまり“業務”の全てのプロセスについて，これを計画し，実施し，評価し，改善するという Plan-Do-Check-Act (PDCA) サイクルを廻すという意思決定プロセスが行われる。

この PDCA サイクルにおいて，社会・経済影響も考慮して長期的な視点で意思決定を行う広い視野のガバナンスサイクルである大きな PDCA サイクルでは，原子力施設の活動全体から考える長期的な視点からの戦略的意思決定を，日常的な業務に関する小中 PDCA サイクルでは，現場での活動を中心とした中・短期的な視点からの管理的・業務的意思決定を行う。つまり，自主的な安全性向上活動での意思決定では，これらの2種類の PDCA サイクル，意思決定プロセスを必要とする。

そのため，この標準の統合的意思決定プロセス (IRIDM プロセス) では，これら2種類の PDCA サイクルを考慮する。大きな PDCA サイクルの意思決定プロセスに基づき，小中の PDCA サイクルの意思決定プロセスを回し，これらの2種類の PDCA サイクルの意思決定プロセスの相互作用によって，それがスパイラルアップして大きな PDCA サイクルの意思決定プロセスに反映される。

次に，大きな PDCA サイクルの例として PSR<sup>+</sup>の活動，小中 PDCA サイクルの例として ROP/CAP の活動を示し，更に，それらの IRIDM プロセスの相互作用につき説明する。

#### a. 戦略的意思決定 (大きな PDCA サイクル) としての PSR<sup>+</sup>の活動

これは，AESJ-SC-S006 の描く大きな PDCA サイクルに基づく将来を予見した仕組みまでも含むプラントの改善の世界的意思決定プロセスである。これは，原子力施設の活動全体から考える長期的な視点からの大きな PDCA サイクルの戦略的意思決定のプロセスであり，“原因がない問題” (広義の“問題”) の問題解決プロセスそのものであり，決定論的要素と確率論的要素とを統合して意思決定する，つまり統合的な意思決定が大きな役割を果たす活動である。

#### b. 管理的・業務的意思決定 (小中 PDCA サイクル) としての ROP/CAP の活動

原子炉監視プロセス (ROP: Reactor Oversight Process) では，規制当局は，パフォーマンス指標 (PI: Performance indicators) 及び検査の知見から規制対応を判断する。これは，事業者が，その原子力安全に対する一義的責任の下，事業者の QMS に基づく是正措置プログラム (CAP ; Corrective Action Program) などにより，発電所などで発生する不適合などの情報に基づき，自らは正・予防処置を講じることが前提になっている。<sup>[3]</sup>これは，現場での活動を中心とした中・短期的な視点からの小中の PDCA サイクルの管理的・業務的意思決定のプロセスである。これらの ROP 及び/又は CAP に基づく是正措置及び予防措置の活動は，特定の“原因のある問題”を解決する問題解決プロセスそのものである。この問題解決プロセスは，PSR<sup>+</sup>の世界と基本的に同一であるが，現場改善のための本質的な原因を特定することが問題の設定の主眼となるため，情報収集及び分析の範囲もある程度限定されたものになり，また，統合的な意思決定においても重要度の高いキーエレメントが考慮される。

#### c. IRIDM プロセスの相互作用

PSR<sup>+</sup>の活動での意思決定行動は，原子力施設全体を見据えた長期的な，すぐには達成できない，すぐには解決できない広い目的及び広い問題についての意思決定行動で，新しい制約的要因 (戦略的要因) を絶えず意思決定していく反復的な意思決定行動である。それに対して，ROP/CAP の活動での意思決定行動は，現場改善を念頭に置いた PSR<sup>+</sup>の活動での安全性向上のための全般的な戦略的意思決定行動に律則される，ある意味，上位の意思決定を実現するための，下位の意思決定行動である。この PSR<sup>+</sup>の活動での意思決定行動にしる，ROP/CAP の活動での意思決定行動にしる，各階層，本社及び現場の意思決定が相互に影響を及ぼし合い，その中から組織全体の行動が生まれてくる点では相違はない。

### 13 PDCA サイクルによる意思決定プロセスへのフィードバック

意思決定結果を実施していくためには、そのマネジメントにおいて、確実に PDCA を回すことが重要である。PDCA サイクルにより、環境変化による戦略的要因の変化を戦略的目標にフィードバックして、意思決定の質を向上させてゆかなければならない。

- 1) 既存のルールに従い PDCA サイクルを回すことで遂行できる場合には、JEAC4111-2013 の“小中 PDCA サイクル”に則って、確実に進める。これは、例えば、進捗がうまくいかない場合に、手順などの細かい改善を行うことなどである。
- 2) しかし、前提を大きく越える事態又は事象に対しては、長期にわたり広範囲なリソースを要する研究及び技術開発が必要となり、JEAC4111-2013 の“大きな PDCA サイクル”に則る必要がある。この場合、意思決定時に考慮したキーエレメントに変化が生じることになる。大きな変化があり、それが意思決定の結果に有意な影響があると判断した場合には、意思決定プロセスを“問題の設定”から再度実施することで、意思決定の結果を見直すことが必要である。
- 3) 意思決定プロセスで意思決定した結果を見直す必要がないか検討するため、マネジメントシステムには、モニタリングのための活動を織り込む必要がある。“小中 PDCA”でも、“大きな PDCA”でも、何らかの形によるモニタリングが必要である。内容及び進展の両方を把握し、分析し、必要であれば、全体工程の見直し、実施内容の見直しを検討する。モニタリングの指標には、計器により定量値として得られるものもあれば、定性的な指標（例えば、達成度合いなど）をとることもある。“モニタリングの実施”は、本体 7.7 による。

### 14 意思決定におけるバイアスの回避

行動決定の研究者及び心理学者によって人間の情報処理及び／又は意思決定においては、人間の思考システムとして、高速でおおざっぱな思考モード（経験的システム、システム 1）とじっくり時間をかけ、精緻なプロセスをたどる思考モード（分析的システム、システム 2）との二つ<sup>1)</sup>があることが知られている<sup>[1][2]</sup>。

意思決定では、間違っただけの情報に基づいたり、偏った視野及び判断基準の基に決定を行ったり、往々にして感情及び直感の下に判断が行われる。意思決定においては、色々な局面でリスクに関する判断を行う。そのリスク認知については、意思決定者個人だけでなく、それに関わる集団においても“システム 1”思考では、様々な心理的バイアス（認知バイアス）が生じ、時に合理的・論理的な思考を妨げてしまうことが知られている。

そのため、意思決定を効果的に行うためには、意思決定プロセスにおける重要なインプット情報の役割をなす直感的で即効性のある“システム 1”思考だけでなく、より抽象的・長期的な影響を認知する“システム 2”思考を促すことが重要である。より定量的なリスク情報を収集すること、意思決定を適切に行うための意思決定に係る人々の様々な判断の際の認知バイアスを取り除くための工夫を行うこと、及び論理的

<sup>1)</sup> このような考え方を総称して二重過程理論というが、二つのシステムのうち、日常的な判断又は行為決定でより優勢なのは、自動的、直感的、感情的な“システム 1”思考であり、問題が起こった時に直感的な答えを生み出す“心理的近道”を利用する。そのため今日の文明社会においても我々のリスク認知は未だ“システム 1”思考の経験的システム中心でなされやすい。一方、こうした近道を通ると方向を見失い誤った判断に至る恐れがあるため、分析的な思考の“システム 2”思考の分析的システムを動員し、直感、感情及び経験則に基づく“システム 1”思考による即断による判断の誤りを修正する。“システム 2”思考は、論理的、計画的で時間がかかるが、重要で長期的な影響が絡む意思決定にはその役割が大きい。

かつ分析的な思考を促す組織的な仕組みの構築を含めた意思決定ガバナンスを行うことが必要になってくる。

これは、最終的な意思決定者だけでなく意思決定プロセスの一部を担う分析者も同様である。分析者も、問題の設定、選択肢の選定、分析のプロセスにおいて様々な意思決定を行う。この際には、分析者は意思決定者であり、意思決定者と同様に、このような“システム1”思考に基づく属人的な認知バイアスを取り除くための個人の姿勢のみならず、それを回避、防止するための工夫、及び“システム2”思考を促す第三者の関与を含めた組織的な仕組みが必要になる。

#### a. 意思決定者の心理的バイアス（認知バイアス）

意思決定には、ヒューリスティクス（heuristics）と呼ばれる経験則的な簡便法が用いられ、そのために一定のバイアスが生じることがわかっている。また、意思決定者の認識、及び選択・評価には、様々な心理的バイアス（認知バイアス）が知られており、組織における意思決定には、これらを十分考慮した意思決定プロセスの仕組みが必要である。

**注記** “ヒューリスティック”は、人が複雑な問題解決などのために何らかの意思決定を行う際、暗黙のうちに用いている簡便な解法及び法則のことを指す。これらは経験に基づく為、経験則と同義で扱われる。判断に至る時間は早いですが、必ずしもそれが正しいわけではなく、判断結果に一定の偏り（バイアス）を含んでいることが多い。

認知バイアス（cognitive Biases：認識のバイアス）は、“認識の錯覚（cognitive illusion）”とも呼ばれる。その構成要素は、ヒューリスティクス（Heuristics）、自信過剰（overconfidence）、そして横並びの行動（herding）という三つに分けられる。これらの認知バイアスとその対処法を議論した文献には様々なものがあるが、組織において経営者及び意思決定者の認識に大きな影響を与えやすいバイアスとして、**解説表1**に示すいわゆる意思決定のバイアス（罨）が知られている<sup>④⑤⑥</sup>。**解説表1**は、認知バイアスとIRIDMプロセスを関連付けて示してある。このような認知バイアスにより、経営者、意思決定者は的確に環境条件を把握・解釈することを妨げられるのと同時に、意思決定者が組織戦略及び／又は将来の組織の方向性について意思決定する際に、“戦略性”若しくは“緊急性”のどちらかの方向で選択を行うのかといった場合において判断を誤る危険性が生じてくる。

#### b. 認知バイアスの回避による意思決定の改善

このような、意思決定におけるバイアス（罨）を回避するには、まずは、自分の認知及び思想には偏見が混じっていることを自覚し、偏見が混じらないよう意識的に自分の考え及び発言を見直していく心がけが必要であり、バイアスを軽減するには“確かな情報”と“判断の歪みをチェックする”ことが必要である。

“確かな情報”を得るには、情報の元となる理論的な裏付けもとる、情報源をしっかりとらせることが必要であり、また、“情報に対する判断の歪みをチェックする”には、情報は一方向からだけではなく反証意見も取り入れ、また、業務のチェックリストを作成し、バイアスの有無・種類に関わらず対応できるようにすることも重要である。また、集団の中でバイアスがある場合は、バイアスの原因を確認する、教育でバイアスがかかるような状況になっていないか確認する、ことが重要である。

意思決定を行うのは人間である以上、感情に左右されるし、バイアスからは逃れられない。だからこそ、重要な意思決定は感情が高ぶっているときにはしない、及び典型的なバイアスを知り、客観的に自分を眺めてそれに陥っていないかを確認するという基本が非常に大事になる。また、組織の意思決定の成功は、一時的な名声及び成功の獲得ではなく、長期にわたる信頼の獲得によってこそ得られるということを再確認する必要がある。

る。

#### 参考文献

- [1] Daniel Kahneman, “ファスト&スローーあなたの意思はどのように決まるか (村井章子訳)”, ハヤカワ・ノンフィクション文庫, (2014)
- [2] 多田洋介, “行動経済学入門 (日経文庫)”, 日本経済新聞出版社, (2014)
- [3] “特集 意思決定の罠”, DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー, 2016年1月号, ダイヤモンド社, (2015)
- [4] Max H. Bazerman, Don A. Moore, “行動意思決定論—バイアスの罠 (長瀬勝彦訳)”, 白桃書房, (2011)
- [5] Harvard Business Review, “意思決定の思考技術 (ハーバード・ビジネス・レビュー・ブックス) (DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー編集部訳)”, ダイヤモンド社, (2001)
- [6] 出張光高, 前田章, “行動ファイナンス理論から見たバブル経済の投資家行動: 日本の資産価格バブルにおける行動ファイナンス理論を用いた考察”, SFC-2002-001, 慶應義塾大学湘南藤沢学会, (2003)

解説表 1 意思決定に影響を及ぼしやすいバイアス

(参考文献[3]の P.58,59 の表を参考に作成)

選択肢を構想する上でのバイアス	行動上のバイアス	選択肢を認識・判断するうえでのバイアス
<p>■<b>損失回避</b> (フレーミングの罫, プロスペクト理論) 金額が同じなら利益よりも損失のほうに鋭く反応し, その結果, 合理的な計算が導く以上にリスクを回避しようとする。</p> <p>■<b>埋没費用の誤謬</b> (コンコルド効果) (埋没原価の罫) 投資が回収できず損失につながるとすでに分かっているながら, 今まで投資した金額及び/又は時間を惜しみ, 投資を継続してしまう。過去の意思決定を正当化した上で, それに引きずられる形で現在の意思決定を行う。</p> <p>★<b>立場固定</b> 最初の行動が環境変化などによって合理性を失っているにもかかわらず, そのまま堅持しようとしたり, 最初の決断を正当化しようとしたりとして, 疑問を抱きつつも深みにはまってしまう心理状態。</p> <p>■<b>制御可能性バイアス</b> 実際以上に結果を制御できると考える結果, 行動のリスクを見誤る。</p>	<p>■<b>自信過剰</b> (支配の錯覚, 自信過剰の罫) 他人の能力レベルに比べて自分の能力レベルを過大評価し, 自分は将来的な結果に影響を及ぼすことができると過信する。偶然の果たす役割を認めず, 過去の成果を自分の手柄にする。</p> <p>★<b>狭すぎる予想範囲</b> (信頼区間) 現実の結果分布は予想以上に分散しているにも関わらず, 将来の予想範囲が現実の結果と比べて狭くなりすぎること。</p> <p>★<b>過度の楽観主義</b> 予定した行動の結果について楽観的になりすぎる。プラスの出来事の可能性を過大評価し, マイナスの出来事の可能性を過小評価する。</p> <p>★<b>後知恵</b> 事前に予測すらできなかった事象が, 事後的に必然的であったと判断される傾向。過去の事象を全て予測可能であったかのように見る。</p> <p>★<b>知識の錯覚</b> 予測の基になる情報を与えられていないときに, 入手した情報量の増加に従い自分の予測精度が上昇すると信じ, 自信過剰に陥る。</p>	<p>■<b>代表性ヒューリスティクス</b> (代表性の近道選び) 特定のカテゴリに典型的と思われる事項の確率を過大に評価し, 問題の本質をわずかな事例だけで判断してしまう。</p> <p>■<b>利用可能性ヒューリスティクス</b> 想起しやすい事柄及び事項を優先して評価し, 手近に得られる情報を優先して問題を解決しようとする。既に経験した情報があれば, それから意思決定のための情報の検索を行う方が容易なため, その情報に基づいての判断をする。</p> <p>■<b>アンカリングと不十分な調整</b> (アンカリングの罫) 最初に与えられた情報 (初期値) を基準として, それに調整を加えることで判断し, 問題の本質に関係のない情報に拘ってしてしまう。</p> <p>★<b>確認バイアス</b> (ご都合主義の罫) 自分の都合の良い考え方を裏付ける証拠を過剰に重んじ, それと矛盾する証拠を十分に考慮しない。公平な証拠探しができない。</p> <p>★<b>保守性バイアス</b> 新しい事実と直面したときに, それまでもっていた考えに固執してその考えを徐々にしか変化させられない。</p>
<p><b>安定性バイアス</b></p> <p>■<b>現状維持バイアス</b> (現状主義の罫) 現状変更の圧力がなければ, 現状を維持しようとする。</p> <p>■<b>現在バイアス</b> (安全第一主義の罫) 目先の報酬を重んじ, 長期的な利益を過小評価。慎重になりすぎ, 見積り及び予測を無難な方向に修正する。</p>	<p>■<b>横並び行動</b> 周りの人に歩調を合わせてしまうということ。自分自身も持っている情報を無視して, 他人に追従する行動をとる。</p>	<p>■<b>見えない可能性の過小評価</b> 目立つ情報を過大評価し, そうでないものを過小評価する。利用可能性ヒューリスティクスとも関連。</p> <p>★<b>根本的な帰属の誤り</b> 状況の影響を過小評価し, 個人特性を過大評価して人間の行動を説明する。</p> <p>★<b>正常性バイアス</b> 何らかの被害が予想される状況下であっても, 自分にとって都合の悪い情報を無視したり, “自分は大丈夫, 今回は大丈夫”などと過小評価する。</p> <p>■<b>集団思考</b> (集団思考の罫) コンセンサスを求めるあまり, 別の選択肢を現実的に評価できない。</p> <p>■<b>自己中心主義</b> 自己の視点にこだわりすぎ, ある方針及び戦略によって他人がどう影響されるかを想像できない。皆が同じ情報にアクセスできると考える。</p>

## 15 安全目標及び性能目標について

組織としての安全目標と安全を達成するための基本方針を確立することが必要である。これは原子力安全の目的と基本安全原則に基づき、組織において確立する必要があるものとはいうものの、原子力のリスクとそれによる便益は社会全体に関わるものであるため社会全体で高次の安全目標が確立され、また、それに対応する一般的な目標とそれを達成するための方策を含む高いレベルの基本方針が明確にされていることが望ましい。

国内においては、原子力利用については原子力基本法（昭和三十年法律第百八十六号、最終改正平成26・6・13・法律67号）で平和利用の基本方針が規定されているが、安全目標及び性能目標については、過去に原子力安全委員会で議論されたものが踏襲されているものの、現段階では、原子力規制委員会規則又は決定などの明確な形では規定されておらず、“安全目標に関する議論は、継続的な安全性向上を目指す原子力規制委員会として、今後とも引き続き検討を進めていくものとする”とされている。

この原子力安全委員会で議論された安全目標案及び性能目標案の概要を次の(1)、(2)に示す。組織の安全目標及び性能目標は、この適用性を検討したうえで使用することが考えられる。

### (1) 安全目標

原子力安全委員会でとりまとめられた、“安全目標に関する調査審議状況のとりまとめ”<sup>[1]</sup>（以下、“安全目標案”という。）では、原子力安全規制活動の下で電気事業者が達成する必要のあるリスクの具体的水準（定量的安全目標案）の指標として、公衆の平均的個人の死亡リスク、すなわち公衆のリスクを用いている。ここで、安全目標案では“リスクは、一般的に、望ましくない事象の発生確率とその事象による被害の大きさとの積和で表される。原子力利用に伴って発生することが考えられる被害には様々なものがあるが、被害を個人（例えば、あるグループの中の平均的個人）の健康被害で表す場合には、リスクはその発生確率で表される”と記載されている。この公衆の死亡リスクは炉心損傷に起因するものであるため、炉心損傷が発生しなければ、これに起因する放射性物質の環境への放出による公衆の死亡は発生しない。

リスク情報を活用した安全確保活動においては、安全目標案を考慮して公衆の健康と関連する指標に焦点を当てる必要があり、その指標としては、定量的安全目標案の指標である公衆の早期健康影響（原子力施設の敷地境界付近の平均急性死亡リスク）及び長期健康影響（敷地境界からある距離の範囲の公衆の平均がん死亡リスク）を包含したものとする必要がある。

### (2) 性能目標

原子力発電所を対象としたPRAは、そのPRAの評価レベルに応じて、大きくレベル1PRA、レベル2PRA及びレベル3PRAに分けられ、上述の定量的安全目標案の指標及び“発電用軽水型原子炉施設の性能目標について”<sup>[2]</sup>（以下、“性能目標案”という。）の指標とPRAの評価レベルとの関係は、次に述べるとおりである。

定量的安全目標案の指標である急性死亡リスク、がん死亡リスクは、レベル3PRAで評価されるパラメータに含まれており、レベル3PRAはこれら二つの指標によって安全レベルを把握するためのリスク評価に適用される。

これに対して、原子力発電所周辺の公衆のリスクは炉内の大量の放射性物質の環境への放出に起因することから、炉心の健全性を表す炉心損傷頻度（CDF）、及び格納容器の閉じ込め機能の健全性を表す格納容器機能喪失頻度（CFF）を、施設の性能をよく代表し、定義が明瞭で、かつ、適切に定量化できる指標として設定する性能目標案が提案されている。ここでの性能目標案が達成されていると評価された施設に対しては、安全目標案で示されたリスクの抑制水準を達成できていることの判断が可能となる。

性能目標案の指標である CDF はレベル 1PRA において一般に評価されるパラメータであり、公衆の健康に影響を与える可能性があるシビアアクシデントの起こりやすさ、すなわち、公衆の健康に影響を与える可能性を示している。性能目標案のもう一つの指標である CFF はレベル 2PRA において評価されるパラメータであり、公衆の健康に影響を与える可能性がある、重大な放出を防止するためのプラント能力の指標を示している。このように、CDF はシビアアクシデントの防止を、CFF は緩和を扱っていることになり、間接的に公衆の健康影響が考慮されていることになる。したがって、この標準が対象とするリスク情報活用は、主に原子力発電所内部の安全上の問題を扱うものであることから、性能目標案の達成が確認されることを前提とすれば、CDF 及び CFF をリスク指標とし、PRA の評価レベルをこれらの指標を算出する評価レベルに限定することは妥当であるものと考えられる。

### 参考文献

- [1] 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
- [2] 原子力安全委員会 安全目標専門部会，“発電用軽水型原子炉施設の性能目標について—安全目標案に対応する性能目標について—”，平成 18 年 3 月 28 日

### 16 リスクに対する判定基準の考え方

- a) **性能目標案及び基本ガイドラインの考慮** “発電用軽水型原子炉施設の性能目標について（平成 18 年 3 月 28 日 原子力安全委員会 安全目標専門部会）”（以下，“性能目標案”という。）”は，“安全目標に関する調査審議状況のとりまとめ”（平成 15 年 12 月 原子力安全委員会 安全目標専門部会）（以下，“安全目標案”という。）を満足するための目標として CDF、CFF の絶対値を定め、内的事象及び外的事象を含む全リスクの抑制水準を示している。一方、この標準は、選択肢の実施に伴うリスクの増加を抑制する判定基準を定めることを目的としているため、判定基準としては、選択肢の実施後の内的事象及び外的事象を含む全リスクが性能目標案よりも小さな値として定めることが適切である。特に、ある変更に伴うリスクの増加量がわずかであったとしても、変更を複数回重ねることにより、リスクが増大していくことも考えられるため、性能目標案を満足していることの確認を求める必要がある。

次に，“原子力発電所の安全規制への「リスク情報」活用の基本ガイドライン（試行版）”（原子力安全・保安院 平成 18 年 4 月）（以下，“基本ガイドライン”という。）では、リスク情報を用いた活動によるリスクの変化量（絶対値）及び変化割合（相対値）の両者が有意に増加しないことを原則としている。これは、許容できる水準にリスクを抑制すること、現有の安全水準が劣化するのを抑制することを意図したものと考えられ、これらを考慮した判定基準とした。

- b) **基本的な方針** 絶対値としてのリスク増加量が大きいことは、直ちに性能目標案を超過する可能性につながるため、リスク増加の絶対値を抑制する判定基準値（以下，“絶対値基準”という。）を定め、これを超えないことを前提とする。

次に、基本ガイドラインの趣旨を踏まえて、現状のリスクの水準を劣化させてはならないとの観点から、リスクの変化割合を抑制する判定基準値（以下，“相対値基準”という。）も補足的に設定する。ただし、リスク情報の活用を促進するためには、安全が確保されている範囲における電気事業者の自由な活動を過度に抑制しない基準である必要があることも考慮し、相対値基準を超える場合には一切の変更を認めないということではなく、絶対値基準を満足していることを示したうえで、補償措置の検討を求めることとする。

### c) リスクの変化に対する指標の判定基準案

- 1) **絶対値基準** 現状リスクからの増加であることを踏まえ、リスクの増加量が有意未満と考えられる基準とする。原子力発電所の安全確保活動によって達成し得るリスクの抑制水準を定めたのが安全目標案であることから、安全目標案の抑制対象である公衆に対するリスクが有意に増加しないことが必要である。安全目標案への適合性を判断するための補助的な目標として定義された性能目標案は公衆に対するリスクの増加に対し有意ではないため、性能目標案よりも明らかに小さな値の範囲であれば、リスクの増加量は有意未満であると考えられる。このため、性能目標案の 1/10 (CDF:  $10^{-5}$ /炉年, CFF:  $10^{-6}$ /炉年) を絶対値基準として採用した。

次に、リスクの増加量が絶対値基準近傍となる場合には、基準に対する余裕を確保するため、合理的な範囲でのリスクの抑制努力をする必要があり、絶対値基準の 1/10 以上のリスク増加がある場合には、何らかの補償措置を講じる。

更に、変更によるリスクの増加分を含めた、最終的なリスクが性能目標案に近い領域では、リスクの抑制努力に加え、性能目標案を満足していることを確認する必要があることから、次の場合には、変更によるリスク増加分を含めた、最終的な内的事象及び外的事象を含む全リスクが性能目標案を満足していることを確認する。

- ・ベースライン CDF が  $10^{-5}$ /炉年以上かつ、 $\Delta$ CDF が  $10^{-6}$ /炉年以上
- ・ベースライン CFF が  $10^{-6}$ /炉年以上かつ、 $\Delta$ CFF が  $10^{-7}$ /炉年以上

- 2) **相対値基準** 判定基準としては、1)の絶対値基準を定めるが、補足的考慮事項として、相対値基準も考慮に入れる。ある一定量に対し変化割合が有意未満であると言った場合、変化の対象物により、その数値は大きく異なるものと考えられる。人によって感覚の相違はあるものの、PRA の評価結果においては、

- ・不確実さ解析により得られるエラーファクターを考慮すれば、数倍程度のバラツキがあるものとするのが一般的である。
- ・CDF 及び CFF の評価では、評価結果が小さいほど、不確実さが大きいと考えられるのが一般的である。

これらの点を考慮すれば、リスクの絶対値として有意未満の数値に対し、1~2 倍程度の変化が有意であるとは考え難い。したがって、リスク増加量 ( $\Delta$ CDF,  $\Delta$ CFF) がベースラインリスク (CDF/CFF) に対し、1 倍の変化 ( $\Delta$ CDF/CDF=1,  $\Delta$ CFF/CFF=1) までであれば、リスクの変化割合は有意未満であると解釈できる。このことから、相対値基準は 1 倍と設定し、絶対値基準を満足している場合でも、1 倍以上のリスク増加がある場合 (すなわち、リスク増加量がベースラインリスクを上回る場合) には、何らかの補償措置を検討することを求める。

この相対値基準を具体的に考慮する必要があるのは、**附属書 O (規定) の図 1 及び図 2**における領域 III だけであり、この考慮については、**図 1 及び図 2**において補足的考慮事項として記した。ここで、この相対値基準につき判定基準の一つの領域として明示しなかったのは、ベースラインリスクが小さなこのような領域は、最早リスクの抑制を期待する領域ではないとの考えがある一方で、現状でのリスクの水準を劣化させないとの方針は常に考慮対象には入れる必要があるとの考えもあり、補足的考慮事項として示すことにしたためである。

- 3) **リスクの判定基準のまとめ** 絶対値基準、相対値基準を統合すると、**附属書 O (規定) の図 1 及び図 2**のようになる。ここで、領域 II-A, B 及び領域 III において実施する必要がある補償措置の内容は、領域の性質に応じて次のように区別することとした。

**3.1) 領域 II-A, B の場合（絶対値基準の 1/10 以上のリスク増加がある場合に実施する補償措置）**

リスク増加に対し、絶対値基準からの余裕を確保することが目的であることから、当該選択肢の実施に伴うリスク増加を抑制する補償措置を検討し、計画する。

**例** 補償措置の例を次に示す。

- ・待機除外系統の多重性を担う系統の機能確認を実施
- ・待機除外中に有効な設備操作手順を整備
- ・当該作業時間短縮のための人員シフト体制構築（24 時間体制など）

**3.2) 領域 III の場合（相対値基準を超過した場合に実施する補償措置：補足的考慮事項）** 現状での

リスクの水準の劣化を防止することが目的であることから、リスクの抑制対象を一律に規定するのではなく、当該プラントの特性に応じ、効果が期待できる補償措置を検討する。

**例** 補償措置の例を次に示す。

- ・リスクに対する支配的な因子をもつシーケンスへの対応手順を事前に確認
- ・多重性を担う系統及び関連する重要設備への必須でない作業の制限

これらの例の他に、3.1)の例に示すような措置を実施してもよい。

**d) 基本ガイドラインの解釈** 基本ガイドラインに記載の“リスクの変化量及び元のリスクレベルに対するリスクの変化割合に係る抑制水準として、リスクが有意に増加しないことを原則”の解釈を整理した。

**1) リスクの変化量が有意未満 c)1)** に記載のとおり、性能目標案よりも明らかに小さな値の範囲であれば、リスクの増加量は有意未満であると考えられ、この標準と基本ガイドラインは整合しているものとする。

**2) リスクの変化割合が有意未満 c)2)** に記載のとおり、絶対値基準において、リスク増加量が有意未満としたリスクの水準に対し、1～2 倍程度の変化であれば、リスクの変化割合は有意未満であると解釈できる。

b)に記載のとおり、この標準では、ベースラインリスクが性能目標案に比べて十分に低いリスクの領域（ベースライン CDF： $10^{-5}$ /炉年未満，ベースライン CFF： $10^{-6}$ /炉年未満）に存在する場合には、リスクの変化割合が有意未満でなくても、選択肢の実施を認めないということではなく、リスクの抑制策としての補償措置を検討するとの条件付きで、選択肢の実施を認めることとした。

**e) 絶対値基準と相対値基準を併用した経緯** 本判定基準を設定するに当たり、絶対値基準、相対値基準のそれぞれについて、解説表 2 に示すとおり、採用する場合の目的と留意点が議論された。絶対値基準、相対値基準とも採用する意義と留意点（弱点）を有していたことから、弱点を補う方策を考慮しつつ、両者を併用することとした。

特に相対値基準については、ベースラインリスクが小さなプラントにおいてリスクの増分が極めて小さな数値が判定基準となるケースが想定され、このような値は最早リスクの抑制を期待する領域ではないとの議論もあった。しかしながら、現状でのリスクの水準を劣化させないとの方針は全プラントに適用しておくことが妥当との考えから、最終的に相対値基準も採用することとした経緯がある。極めて小さなリスク増分を抑制することが効果的かという議論の中には、性能目標案と比較してあまりに小さな値であることと、PRA の評価結果がもつ不確実さと比較して小さな値であるとの観点がある。今後、リスク情報の活用実績を蓄積していく中で、実際に評価されるリスクの増減値及び評価結果の不確実さを考慮しつつ、より効果的な判定基準の設定方法がないか、継続的に検討することは重要である。

**f) 米国 Regulatory Guide 1.174 での判定基準との比較** 本判定基準の設定の経緯、根拠を a)～e)に説明し

た。リスクに対する判定基準については、米国 Regulatory Guide 1.174<sup>[1]</sup>に示されるものがあり、本判定基準の検討においても参考としており、ここでは、本判定基準と米国 Regulatory Guide 1.174 での判定基準との比較を説明する。

リスク指標について、本判定基準では CDF 及び CFF、米国 Regulatory Guide 1.174 では CDF 及び LERF としているものの、両者の判定基準とも、ベースライン CDF (CFF 又は LERF) 及び CDF (CFF 又は LERF) の増加量のマトリクスで判断する考え方は同一であり、各領域での基準値も基本的には同じものとなっている。各領域の基準値において相異がある箇所につき、本判定基準での考え方と合わせて次に示す。

- ・領域 I (リスクの増加は許容されない) のベースライン基準値につき、本判定基準では CDF に関しては  $10^{-4}$ /炉年、CFF に関しては  $10^{-5}$ /炉年としており、米国 Regulatory Guide 1.174 よりも厳しい基準値となっている。

これは本判定基準においては、ベースライン CDF が性能目標案 (CDF :  $10^{-4}$ /炉年, CFF :  $10^{-5}$ /炉年) を超える場合はリスクの増加は許容されないとして、設定したことによる。

- ・米国 Regulatory Guide 1.174 では、領域 II を更に分割することはしていないが、本判定基準では、領域 II (CDF の増加量 :  $10^{-6}$ /炉年以上, CFF の増加量 :  $10^{-7}$ /炉年以上) を領域 II-A (ベースライン CDF :  $10^{-5}$ /炉年以上, ベースライン CFF :  $10^{-6}$ /炉年以上), II-B (ベースライン CDF :  $10^{-5}$ /炉年未満, ベースライン CFF :  $10^{-6}$ /炉年未満) と二つの領域に分けている。

これは本判定基準においては、領域 II の場合で、当該選択枝の実施後のリスクレベルが性能目標案 (CDF :  $10^{-4}$ /炉年, CFF :  $10^{-5}$ /炉年) を超えないことを確認しなくてはならない領域として領域 II-A を明示したことによる。

解説表 2 絶対値基準と相対値基準の目的と留意点

観点	絶対値基準	相対値基準
性能目標案の扱い	・性能目標案で採用	・性能目標案では採用されていない
基本ガイドラインの扱い	・基本ガイドラインで採用	・基本ガイドラインで採用
目的 (意義)	・一定水準未満にリスク増加を抑制する (性能目標案を満足することを担保する)。	・現状でのリスクの水準を劣化させない。
留意点	・ベースラインリスクの低いプラントに対しては大きな抑制効果がない。	・ベースラインリスクが小さなプラントほど厳しい基準となる。 ・リスクの抑制効果を期待し難い極めて小さなリスクの制限を要求する領域が発生する。
留意点への対応	・ベースラインリスクの低いプラントに対して一定の抑制効果を持たせるため、相対値基準を併用する。	・絶対値基準よりも厳しい基準となる領域では、一定の条件を課すこと (補償措置の検討) でリスクの増加を許容し得る設定とした。

[1] USNRC, *An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis*, Regulatory Guide 1.174, Revision 3, (2018)

## 17 リスク指標としての格納容器機能喪失頻度（CFF）

放射性物質の環境への放出頻度に関わるリスク指標として、海外では一般的には大規模放出頻度（LRF）又は早期大規模放出頻度（LERF）が適用されている。国内では、原子力安全委員会の性能目標案を踏まえ、内包する問題点の認識もした上で、当該のリスク指標には CFF をこれまで適用しており、この標準もそれを踏襲した。

この解説においては、放射性物質の環境への放出頻度に関わる指標につき、この標準において CFF としている理由などについて、我が国における性能目標案との関係をふまえて説明を行う。さらに、海外で使用されている性能指標の状況について、我が国との比較を含めて示す。

### a) この標準におけるリスク指標の考え方

“発電用軽水型原子炉施設の性能目標について（平成 18 年 3 月 28 日 原子力安全委員会 安全目標専門部会）”（以下、“性能目標案”という。）<sup>11</sup>では、CFF を早期格納容器機能喪失頻度、早期大規模放出頻度及び大規模放出頻度を包含する指標と定義している。また、ソースタームに着目すると、大半の事故シーケンスで炉心損傷後から格納容器機能喪失に至るまでに、格納容器内で放射性物質の沈着が進むため、かなりのソースターム抑制効果が見込め、格納容器機能喪失頻度を指標にすると、このソースタームの抑制効果が反映されないことから、保守性の大きく厳しい指標であることも指摘している。そのうえで、原子炉格納容器などの発電炉の最外層の防護機能が確保されていれば、環境への放射性物質の放出を極めて低いレベルに抑制することが可能であることから、“性能目標案”では、ソースターム解析を必要とせず、他の指標に比べて定量化が容易な CFF を、放射性物質の環境への放出に関わる性能指標として使用することが提示されている。

“性能目標案”においても言及されている通り、CFF は定義が明瞭であり、適切に定量化できる指標であるが、放射性物質の放出量や放出のタイミングに関わる情報を含まないため、LRF 又は LERF と比較して死亡リスクとの結びつきが弱く、定量的安全目標との直接比較が難しい指標であるという問題点を有している。リスク評価及び IRIDM の目的からは、当該のリスク指標として LRF 又は LERF を適用していくことが望ましい場合もあり、我が国でも LRF 又は LERF の評価実施に向けた議論、取り組みを開始し、近い将来において LRF 又は LERF も指標に加えて評価・検討を行う状況となることを目指している。しかしながら、我が国における LRF 又は LERF の現状の評価技術はその定義を含め確立しておらず、また標準委員会においても、レベル 2PRA 標準を含め LRF 又は LERF を適用する標準を検討していない状況である。また、LRF 又は LERF をリスク指標として適用する際の判定基準の拠り所となる性能目標が国内では定まっていない。

したがって、当該のリスク指標について、その判定基準の設定を含めて提示できるのは CFF であり、CFF がリスク評価及び IRIDM の目的によっては保守性の大きい結果を示す可能性があるものの、その保守性を含んだ結果が意思決定の結論を変更するような影響は小さいとの判断をした上で、この標準におけるリスク指標としては CFF を採用した。

### b) 海外で使用されている性能目標指標

炉心の健全性及び放射性物質の環境への放出に関わる性能目標を設定している点では、我が国を含めて各国共通である。また、炉心の健全性に係る性能指標として諸外国とも炉心損傷頻度（CDF）を使用している。一方、放射性物質の環境への放出頻に関わる性能指標は国により違いがある。海外で使用される放射性物質の環境への放出の頻度に関わる指標を解説表 3 に示す。我が国及び海外で使用されている性能指



解説表 3 各国で使用される放射性物質の環境への放出に関わる性能指標

(参考文献[2]の P.9 の表を参考に作成)

頻度のみを指標とする加盟国

国		指標	LRF/LERF	値(1/年)	備考
米国	NRC(規制機関)	LERF LRF CFF		1.00E-05 1.00E-06 1.00E-01	既設炉 新設炉 新設炉, 条件付き確率
スロバキア	Nuclear Regulatory Authority of the Slovak Republic(規制機関)	LERF		1.00E-05	目標
オランダ	Regulator(規制機関)	LRF/LERF		関数	限度 急性死亡者数と発生頻度の関数
チェコ	Licensee(事業者)	LRF/LERF		1.00E-05 1.00E-06	既存炉の目標 新設炉の目標
台湾	Licensee(事業者)	LERF		1.00E-06	目標
ロシア		LRF		1.00E-07	限度
韓国	KINS(規制支援機関)	LERF		1.00E-05 1.00E-06	既設炉 新設炉
日本	JNES(規制支援機関) JAEA	CFF		1.00E-05	

放出量を指標にする加盟国

国		指標	LRF/LERF	値(1/年)	備考
イギリス	Regulator(規制機関)	LRF	131I > 10 <sup>4</sup> TBq or 137Csまたは他の同位体 > 200 TBq	1.00E-05 1.00E-07	限度(法的限度ではない) 目標(線量/頻度の段階的)
フランス	Regulator(規制機関)	LRF	Unacceptable consequence	1.00E-06	目標
スウェーデン	Ringhals(事業者) OKG(事業者)	LRF LRF	134,137Csが炉心内蔵量の0.1%(1800 MWtの炉の場合) 希ガスを除いた炉心内蔵量の0.1%(1800 MWtの炉の場合)	1.00E-07 1.00E-05	限度(法的限度ではない) 限度(法的限度ではない) よりかなり低い
フィンランド	STUK(規制機関)	LRF	137Cs > 100TBq	5.00E-07	新設炉/既設炉
	FORTUM(事業者)	LRF	CDFの10%	1.00E-05	
	TVO(事業者)	LRF	137Cs > 100TBq	5.00E-07	目標
カナダ	CNSC(規制機関)	LRF	137Cs > 100 TBq	1.00E-06	
	Ontario Power generation (事業者)	LRF	137Cs炉心内蔵量の0.1%以上	1.00E-05 1.00E-06	限度 目標

解説表 4 性能目標指標の特徴

(参考文献[1]の解説表 2-2 を転載)

性能目標指標	略号	評価/モデルの定義	原子炉施設の性能との関連	定量性
炉心損傷頻度	CDF	事故後、炉心が損傷する状態。 事故後の燃料被覆管の温度で定量的に定義されている。燃料被覆管の損傷を目安にしているため、多量の放射性物質の放出の対象になる燃料溶融に対しては、余裕がある。	炉心損傷の防止機能。	レベル 1 PSA の結果から、炉心損傷に至る事故シーケンスの頻度を積算する。
格納容器機能喪失頻度	CFF	原子炉施設の放射性物質閉じ込め機能が失われる状態。格納容器の内圧上昇に伴う破壊の様子は、大規模な破壊ではなく、格納容器ハッチなどからの漏洩であることが試験で確認されている。このため、大規模放出の頻度は、かなりの余裕を見込んだ値となる。	放射性物質の閉じ込め機能。	レベル 2 PSA の結果から、格納容器機能喪失に至る事故シーケンスの発生頻度を積算する。
早期格納容器機能喪失頻度	ECFF	格納容器機能喪失のうち、事故後早期に原子炉施設の放射性物質閉じ込め機能が失われる状態。 早期とは、放射性物質の放出開始時期と避難完了時期との兼ね合いで決まる。	エナジェティック現象による格納容器健全性や格納容器バイパスの防止等 シビアアクシデント研究の結果では、エナジェティック現象の発生確率は小さい。	レベル 2 PSA 結果から、格納容器機能喪失に至る時期が早い事故シーケンスの発生頻度を積算する。
大規模放出頻度	LRF	放射性物質の大規模な放出が生じる状態。 大規模とは、ヨウ素又はセシウムの放出量の大きさで決まる。	ソースターム抑制機能。	レベル 2 PSA の結果から、大規模放出に相当する事故シーケンスの頻度を積算する。
早期大規模放出頻度	LERF	大規模放出のうち、事故後早期に放射性物質の放出に至る状態。 早期とは、放射性物質の放出開始時期と避難完了時期との兼ね合いで決まる。	格納容器の性能というよりも、避難時間の余裕との兼ね合いなど、原子炉施設周辺の条件に依存する。	レベル 2 PSA の結果から、避難完了前に放出が始まり、かつ、大規模放出に相当する事故シーケンスの頻度を積算する。

参考文献

- [1] 原子力安全委員会 安全目標専門部会, “発電用軽水型原子炉施設の性能目標について—安全目標案に対応する性能目標について—”, 平成 18 年 3 月 28 日
- [2] 平成 24 年度 原子力規制委員会 第 31 回会議 資料 8-4, “安全目標・性能目標について (海外の主な制度の概要)”, 平成 25 年 2 月 27 日

## 18 懸案事項

事業者などにおいて IRIDM を効果的に適用していくためには、この標準で定めた IRIDM プロセスを実際に適用するに当たって参考にできるような、具体的な実施例・留意事項・標準規定の解説などの検討、作成が望まれる。これに対して、この標準の発行に引き続き、IRIDM プロセスの試行に関し、その実施内容・方法及び実施計画を検討し、試行実施を推進していくような取組みを行う。さらに、試行の結果を記載する指針又は技術レポートの検討、作成を目指していく。

また、放射性物質の環境への放出頻度に関するリスク指標として、大規模放出頻度 (LRF) 又は早期大規模放出頻度 (LERF) を適用することに関し、標準委員会としての大きな課題と捉え、関係組織と協力して、その定義を含めた評価技術の確立に向けた検討を行っていく必要がある。

## 19 その他の事項

なし