

# リスク情報の活用と継続的改善に関わる原子力安全全部会における最近の活動

東京大学 糸井達哉

東京大学 村上健太

三菱重工業 大貫 晃

原子力安全全部会では、2012年に福島第一原子力発電所事故について8回にわたる公開セミナーを開催して以降、そこで同定された重要な課題について、継続的な議論を行っている。本稿では、同部会による本年8月の夏期セミナー、および、9月の秋の大会における企画セッションの講演と討論から、「継続的安全性向上」に関わる標準委員会、電力中央研究所原子力リスク研究センター、並びに事業者における活動を報告する。また、「安全目標」に関して、その策定経緯や日本学術会議での検討状況、今後の利活用の考え方について報告し、主な議論をともにまとめる。

**KEYWORDS:** *nuclear safety, risk, safety goals, risk-informed decision making, continuous improvement*

## I. はじめに

福島第一原子力発電所事故等の教訓<sup>1), 2)</sup>を受け、原子力発電所をはじめとする原子力施設の継続的な安全の向上を実現するため、リスク情報の活用に関して様々な取り組みが進められている。最近では、原子力規制委員会における検査制度の見直しに関する議論が進み、電力中央研究所原子力リスク研究センター(NRRC, Nuclear Risk Research Center)におけるリスク情報活用推進チームの設置等が行われた。

原子力安全全部会(部会長: 関村直人東京大学教授)においては、事故のセミナー報告書<sup>1)</sup>発刊以降、春の年會と秋の大会における企画セッションとその後のフォローアップセミナーに加えて、毎年8月に原子力安全全部会夏期セミナーを開催し、多様な誘因事象に対する安全確保対策やリスク情報の活用の枠組み等の重要な課題について、継続的な議論を行っている<sup>3), 4)</sup>。

本稿では、本年8月に福島県いわき市で3日間の日程で

---

Recent activities of nuclear safety division related to risk-informed nuclear safety engineering for continuous safety improvement: Tatsuya Itoi, Kenta Murakami, Akira Ohnuki

(2016年10月31日受理)

開催された原子力安全全部会夏期セミナーのうち2日目の「リスク情報の活用と継続的改善に関する論点」に関わる講義、および、9月の秋の大会における原子力安全全部会企画セッション「安全目標の活用にかかる現状と課題」での講演について、討論内容も含めて報告し、継続的安全性向上や安全目標等、リスク情報の活用と継続的改善に関わる現状と今後の課題をとりまとめる。

尚、これらの講義・講演の資料等は原子力安全全部会のホームページ<sup>5)</sup>に公開されている。

## II. 継続的安全性向上に関する最近の動向

### 1. 標準委員会における活動

越塚誠一氏(東京大学)の講義(夏期セミナー)は、「継続的安全性向上のための意思決定の考え方」と題して行われた。講義では、標準委員会にて刊行が予定されている「安全性向上対策採用の考え方に関するタスク」報告書の内容を中心に以下の内容が議論された。まず、報告書の背景となる、バックフィット制度と安全性向上評価が概説された。その後、継続的安全性の向上における意思決定をどう行っていくか、学協会規格等がどう使われるかに関して議論された。報告書において参考とされた米国NRC<sup>6)</sup>、IAEA<sup>7)</sup>、JIS Q31000<sup>8)</sup>のリスクマネジメント等における意思決定プロセスの紹介の後、報告書にお

ける意思決定の考え方が説明された。さらに、意思決定プロセスの標準化に関する課題が紹介された。

会場から、意思決定プロセスの中に安全文化が明記されていないことについて質問があり、意思決定プロセスの各段階は、JEAC4111<sup>9)</sup>の品質マネジメントに従い実施されるため、安全文化の醸成等は意思決定プロセスに含まれることなどが説明された。

## 2. 事業者における活動

### (1) 研究開発における取り組み

山中康慎氏（電力中央研究所NRRC）の講義（夏期セミナー）では「事業者におけるリスク評価研究とその活用の取り組み」と題し、NRRCの設立経緯と体制についての概説、主な研究開発計画と具体的な個別課題の概要が紹介された。その後、伊方発電所3号機を対象とした複数の専門家の異なる判断を統合的に活用する確率論的地震ハザード評価<sup>10)</sup>の進捗状況が説明された。最後に、リスク情報活用を推進するためのNRRCに新設された「リスク情報活用推進チーム」について、活用を推進するための戦略を事業者へ提案することや、伊方発電所3号機、柏崎刈羽原子力発電所6/7号機を対象としたパイロットプロジェクト支援、学会標準・人材等の基盤整備等、チームのミッションが説明された。

会場からは、研究の推進だけでなく、時宜を得た現場での活用のために、「何をいつまでにするのか」というAction planが必要ではないかという意見が出された。

### (2) 現場における取り組み

川村慎一氏（東京電力HD）による「原子力発電所における安全性向上への取組み」と題した講演（夏期セミナー）では、福島第一事故の教訓として、以下の6項が示され、その分析整理を背景として、それらを克服するため、柏崎刈羽原子力発電所において現在取り組んでいる安全性向上への取組みが説明された。

- ・ 外的事象に対して、発電所の防護手段が不十分だったこと
- ・ 共通原因で、安全機能が広範囲に喪失したこと
- ・ 設計を超える事態において、事故進展を防止する備えが不十分だったこと
- ・ 放射性物質の放出により、長期の住民避難や経済活動の停止など、甚大な社会的影響をもたらしたこと
- ・ 複数プラントの事故が同時進行することに、緊急時対応組織が十分に対応できなかったこと
- ・ こうした事態に備える上での意思決定の失敗

会場からは、学会の場等での活動に対する継続的な参画、また、現場の抱える課題の電力中央研究所NRRCの活動等への反映の期待が述べられた。

## 3. 継続的安全性向上に関する討論

講義の後の総合討論では、継続的安全性向上とその意

思決定プロセスについて以下の点が議論された。

- ・ 意思決定プロセスにおいて、すぐに実施すべき短期課題とすぐに答えが出ない中長期課題の仕分けを行うことが重要であること
- ・ リスクを分析する前段階で、何が問題かを設定する段階が重要であること、さらに、IAEA INSAG-25<sup>7)</sup>のように、その前段階における問題設定を、透明性を持って行う枠組みとすべきであること
- ・ 実施された対策が有効であったかどうか評価し、それをフィードバックし、次の別の安全性向上活動の良好な進展に寄与することが重要であること
- ・ 安全性向上策の意思決定とその実施に関して、規制による審査が必要なものか否か、プラントを停止して審査をすべきか等の仕分けを行う等級別（段階的）アプローチが必要であること

## III. 安全目標に関する経緯と最近の動向

### 1. 2003年中間とりまとめの経緯と要点

阿部清治氏（原子力規制庁技術参与）の講義（夏期セミナー）では、「安全目標の設定経緯とその要点」と題して、旧原子力安全委員会での安全目標案設定の背景と検討経緯が概説された。まず、2003年の中間とりまとめ<sup>11)</sup>で示された安全目標案の概要が説明された。安全目標案の目的は合理的な規制の達成であること、内的事象と外的事象の両方を対象としていること、指標としては最も重要で定量化可能である個人の死亡リスクが採用されたが、それ以外のリスクも認識されていたことなどが述べられた。また、2006年には原子力発電所についての性能目標（炉心損傷頻度と格納容器機能喪失頻度の2つの指標値）案<sup>12)</sup>が定められたことなどが説明された。

安全目標の策定は、国にとっては規制の透明性や予見性の向上等、事業者にとっては効果的かつ効率的なリスク管理活動の実施といった利益をもたらすが、比較されるリスクの特性やリスク評価技術の成熟度を見極めつつ試行されるべきと2003年当時に考えられていたことなどが説明された。また、成熟度を上げるための課題や国民との対話の重要性についても当時認識されていた。

リスク情報の規制での活用では、補完的導入を行った上で段階的に導入することが必要であることが主張された。また、対象施設（発電炉、サイクル施設等）に応じた活用の必要性が指摘された。最後に、規制において、安全目標・リスク情報が有効に活用された最も重要な例として、2006年の耐震設計審査指針改訂における基準地震動等の強化が挙げられた。

### 2. 安全目標活用の歴史的経緯と今後

菅原慎悦氏（電力中央研究所）の講義（夏期セミナー）と講演（秋の大会）では、それぞれ「安全目標活用に関

する歴史的経緯と考察」、「安全目標の設定と活用に関するこれまでの経緯」と題して、既刊の報告書<sup>13)</sup>の内容に基づく考察が説明された。

現在、産業界において自主的な安全目標を作成する機運がある。一方、2003年の原子力安全委員会の安全目標案は中間とりまとめのままである。2013年の原子力規制委員会における安全目標<sup>14)</sup>は決定されたとされているが目標内容や活用方法等が不明確である。このように安全目標は必ずしも我が国に根付いていない。以上を踏まえて、「我が国ではなぜ安全目標が根付いてこなかったのか？」という問題意識を発端として、2003年の安全目標案の意図と現実の活用実態が分析整理された。策定時には、立ち止まることなくリスク管理を実践し、具体的なリスク低減につなげていくための目標との意図があったが、実際には、現状で既に十分安全であることを示すための道具として使われてきたという認識が述べられた。

菅原氏は、この意図と実際との乖離を、次に示す四つの視点から説明した。

- ・ 決定論的な規制の改善のために安全目標の参照が期待されたが、等閑視される状態が続いた。
- ・ 事業者・規制当局双方によるリスク評価・リスク管理の経験蓄積という意図に対し、定期安全レビュー(PSR, Periodic Safety Review)の機会を利用して確率論的リスク評価(PRA, Probabilistic Risk Assessment)の範囲拡大等が試みられたが、十分には実現しなかった。
- ・ リスク評価・リスク管理の改善に必要な研究の進展が期待されたが、地震PRA以外の研究開発は必ずしも進展しなかった。
- ・ 安全目標について社会との対話の重要性が指摘されていたが、そうした試みはあまり行われなかった。一方、現状のプラントのリスクが十分に低く安全であることを示すために安全目標が言及される例もあった。

また、その乖離の背景として、次に示す四つの要因が説明された。

- ・ 安全目標の活用方法に関する原子力関係者間の認識の共有度合い
- ・ 不確かさへの向き合い方やリスク論の適用における認識の相違
- ・ 外から要求されたことにのみ対応して善しとしてみよう「対策主義」的な組織文化
- ・ 社会や立地地域からの反応に対する懸念、安全目標やリスクについて説明しても社会的理解は得られないだろうという認識

その上で、安全目標を策定・活用していく上での今後の方向性が3つ示された。

- ・ 事業者をはじめ原子力界が安全目標をなぜ策定するのかについての認識を再認識すること

- ・ 「常に問いかける姿勢」を維持し、リスク評価・リスク管理の継続的改善につなげること
- ・ リスクの抑制水準のみならず、「何を守るのか」についても社会と対話しながら、社会との関係を再構築していくこと

### 3. 日本学術会議における検討状況

松岡猛氏(宇都宮大)の講演(秋の大会)では、「工学システムにおける安全目標の考え方」と題して、日本学術会議の工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会における検討状況<sup>15)</sup>が紹介された。

講演では、以下の点などが、その根拠も含めて説明され、その背景となる国、事業者、専門家、市民の役割分担などに関し、議論が行われた。

- ・ 原子力発電所、化学プラント、情報システム、製品等様々な工学システムを対象とする検討で、規制の範囲にとどまらず、現状追認でない形で、他の工学システムの状況も参照しつつ安全性を追求するガイドラインとして、安全目標が提案されていること
- ・ 最低限満足すべき基準(基準値A)と更なる改善を必要としない水準(基準値B)という二種類の基準値が提案されていること
- ・ 安全目標を個人の死亡リスクで表現する場合として、基準値Aが $10^{-3}$ ~ $10^{-4}$ /年、基準値Bが $10^{-5}$ ~ $10^{-6}$ /生涯(70年)という値が提案されていること

### 4. 安全目標に関する討論

夏期セミナーの総合討論では、2003年の安全目標案について、参加者から種々の指摘があり、議論が行われた。以下にその発言の一部を示す。

- ・ リスク情報を活用した保全計画が以前うまくいかなかったのは、どのように使えばよいかわからなかったことが大きかった。
- ・ 故障時に補修をしながら運転を継続できる時間である許容待機除外時間(AOT, Allowed Outage Time)の設定に関連づけて、ある設備機器を止めることによる炉心損傷頻度の増分( $\Delta$ CDF)がゼロであれば、その設備機器を長期間止めてメンテナンスをしてもよいという提案は、深層防護の考え方にてらして問題(異常発生時のやむを得ない措置を、通常時に展開することは不適切)であると考えた。
- ・ 安全目標は時代で変遷しうるものであり、米国では既存の他の要因のリスクに対する相対値としているのに対して、わが国では固定値を設定した。後から見れば、目標の安定性という観点でよかった。
- ・ 安全目標案の数字については、案の策定に参加した阿部氏から、「個人的な記憶及び感想」との断り付きで、以下が述べられた。 $10^{-6}$ /年という死亡頻度の安全目標は、格納容器破損頻度 $10^{-5}$ /年と炉心損

傷頻度 $10^{-4}$ /年という性能目標になることを想定していた。これらの性能目標値は、IAEA<sup>16)</sup>の既設炉に対する安全目標(日本の性能目標に相当)に相当し、決して高い値ではないが、当時の地震PSAの結果から、これより1桁小さい数字は達成困難と考えられ、一方、これより1桁大きい数字は世界中どこにもなかったため、受け容れられないという認識があった。2007年の日本に対するIAEA総合規制評価サービス(IRRS, Integrated Regulatory Review Service)では、「日本の安全目標はどうしてこんなに大きな数字なのか」との指摘があった。しかし、安全目標案は「到達すべき高い目標」を示すものではなく、「合理的規制体系を確立すること」を目指したものであり、現状を踏まえた数字であると説明した。

また、今後の安全目標の考え方や使い方についての発言の一部を示す。

- ・ AOTの設定を含め、安全目標や性能目標を利用する際に $\Delta$ CDF等数値のみで判断するのではなく、深層防護の観点等も含め判断する統合的な意思決定プロセス(IRIDM, Integrated Risk-informed Decision Making、本稿Ⅱ参照)の仕組みが必要である。
- ・ 安全目標は、過去の実績ではなく、安全性をここまで高めたいという意思であると考えべきである。
- ・ リスクを一般社会へ説明することは難しい課題であるが、リスクについて社会に発信しなければ、社会の側がリスク情報に接し考える機会が増えないのも事実であるので、説明し社会と対話する中で、少しずつでも打開していくものである。
- ・ 安全目標をどう設定し、どう使っていくのか、こうすればここがこのように良くなるというアイデアを具体的に出すことが重要である。
- ・ 安全目標の数字自体で社会的受容性を議論するのではなく、数字は社会的受容性をひとつの必要条件にすぎないと考えるべきである。その目標に向けて、透明性を持って意思決定し、有効な対策であることを示していくことが社会的受容性に繋がると思われるべきである。
- ・ 現実問題としては、投資家が安全性向上策等をどう見るのかという、安全目標とは別の要素についても、重要な視点となり得る。

秋の大会では、安全目標をどのように活用することでより良い安全対策に繋がるかという観点で総合討論が行われ、以下の意見が出された。

- ・ 安全目標自体を、社会の価値観等の変化の知見を取り込むことで変化しうるものとし、ひとつの目標として固定しすぎず、常に見直していくようなプロセスの中で考えるような制度設計とすることが望ましいのではないか。
- ・ 事業者が、継続的に安全性向上評価を実施し、賢く

安全性向上策を実施するために、安全目標を使うことがポイントではないか。

- ・ 個々の規制の水準が安全目標に照らして整合的であるか規制委員会が示す必要があるのではないか。
- ・ 法令順守(コンプライアンス)とは単に基準に従って○×を付けることではなく、顧客や社会の奉ずる価値を率先して理解し、価値の擁護に積極的に動くという能動的な意味を含む。安全目標を定める際には、このような法令順守の観点からも社会の求めているものが何かということを理解しようという動きがあることが望ましいのではないか。
- ・ 原子力の安全目標は、日本学術会議の2つの基準値のうち、基準値A(最低限満足すべき基準)ではなく、基準値B(更なる改善を必要としない水準)とすべきである。他の産業との比較も行い、位置づけを明確にすべきである。
- ・ ALARP(As Low As Reasonably Practicable)の精神でもう少し安全にと規制側から要求されるが、研究炉等で過剰な要求もある。英国のSAP2014<sup>17)</sup>で示されているようにBSL(Basic Safety Levels)とBSO(Basic Safety Objectives)の二段階規制のようなものがあると、過剰な要求がある程度は抑えられるのではないか。
- ・ 事業者はレベル3PRAを実施し、説明責任を果たすべきなのではないか。
- ・ 二次元の(影響の大きさとその発生頻度で示す)安全目標を定めるべきではないか。これにより、グレードド(等級別)アプローチに対して定量的な意味を与えられ、どの程度の厚い深層防護を作れば良いのかということがはっきりするのではないか。
- ・ 例えば、再処理など核燃料サイクル施設の重大事故対策について、防災との関連や土地汚染の可能性を考えた規制を考えられると良いのではないか。

#### IV. まとめ

本稿では、本年8月に開催された原子力安全部会夏期セミナー、および、9月の秋の大会における原子力安全部会企画セッションの講演と討論から、「継続的安全性向上」に関わる標準委員会、電力中央研究所原子力リスク研究センター、並びに事業者における活動に関する報告、さらに、「安全目標」に関して、その策定経緯や日本学術会議での検討状況、今後の利活用の考え方等の報告を概観し、リスク情報の活用と継続的改善に関わる現状と今後の課題をとりまとめた。

事業者は、継続的安全性向上も含め、原子力安全に対する一義的な責任を有する。つまり、事業者自らが、運転経験の分析や最新の科学的知見に加え、顧客や社会の奉ずる価値に関する総合的な分析も踏まえて、合理的な

リスク低減のために取り組むべき問題を自発的かつ具体的に示すことがその活動の大前提となる。ただし、このような自発的な継続的安全性向上のプロセスが機能するためには、意思決定やその実装に要する時間をそのインパクトに相応しいレベルに保つ仕組みが必要であることが指摘された。そのためには、透明性をもって事業者と規制機関の双方が問題意識を提示し、スピード感をもって取り組むべき課題の設定を行う枠組みの構築が重要であることが認識された。また、事業者の現場と関連研究機関における研究開発（規制の現場と規制関連研究も同様）、並びに標準化等の学会活動との連携が不可欠であろう。これらについては、現状では必ずしも十分に実現されていない部分もあり、今後さらに議論を深める必要があると感じられた。

安全目標については、個別技術における具体的な活用を目的とした検討が重要である一方で、個別技術に依存しないTechnology Neutralな工学安全の体系を目指した取り組みも今後求められる。また、講演では、関係者間での安全目標の策定経緯や目的の共有や、安全に対して問いかける姿勢、社会との対話の重要性が述べられた。また、討論等を通じて、示し方についても、その活用目的に応じた多様な考え方があることが整理されてきた。

議論を通じて、確率的リスク評価の限界や不確かさを踏まえた活用方法に関する理解が進んだものと考えられる。また、説明責任を果たす手段としてリスク情報を活用した統合的な意思決定プロセスの確立に対する期待が高いことが確認された。国内外の動向とも調和しながら、事業者、規制双方の継続的改善に資する形でさらに取り組みが進むよう、原子力安全部会としても活動を継続していきたい。

— 参考資料 —

- 1) 原子力安全部会：「福島第一原子力発電所の事故に関するセミナー」報告書、2013.
- 2) 日本原子力学会：福島第一原子力発電所事故その全貌と明日に向けた提言、2014.
- 3) 糸井達哉、他：多様な誘因事象に対する原子力安全の確保（その1）リスク情報活用に係る現状と課題、日本原子力学会誌、58(4)、229-234、2016年4月.
- 4) 糸井達哉、他：多様な誘因事象に対する原子力安全の確保（その2）外的事象対策の原則と具体化、日本原子力学会誌、58(5)、229-234、2016年4月.
- 5) 日本原子力学会原子力安全部会ホームページ：<http://www.aesj.or.jp/~safety/>
- 6) US Nuclear Regulatory Commission: An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis, R.G. 1.174, Rev. 2, 2011.5.

- 7) International Atomic Energy Agency: A Framework for an Integrated Risk Informed Decision Making Process, INSAG-25, 2011.
- 8) 日本規格協会：リスクマネジメント—原則及び指針、JIS Q 31000:2010、2010.
- 9) 日本電気協会：原子力安全のためのマネジメントシステム規程、JEAC4111-2013、2013.
- 10) US Nuclear Regulatory Commission: Practical Implementation Guidelines for SSHAC Level 3 and 4 Hazard Studies, NUREG-2117, Revision 1, 2012.
- 11) 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、2003.8.
- 12) 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—、2006.3
- 13) 菅原慎悦、稲村智昌：我が国の原子力分野における安全目標の活用—2003年安全目標案の背景とその実際から学ぶ—、電力中央研究所報告、Y15016、2016.
- 14) 原子力規制委員会：平成25年第2回規制委員会 <https://www.nsr.go.jp/disclosure/committee/kisei/h25fy/20130410.html>
- 15) 日本学術会議 総合工学委員会 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会：報告 工学システムに対する社会の安全目標、2014.9.
- 16) IAEA Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants, 75-INSAG-3 Rev. 1, INSAG-12, 1999.
- 17) Office for Nuclear Regulation: Safety Assessment Principles for Nuclear Facilities, 2014 Edition, Revision 0, 2014.

著者紹介

顔写真 入る	糸井達哉（いとい たつや） （現職）東京大学 （専門分野/関心分野）地震工学、外的事象のリスク評価とマネジメント
顔写真 入る	村上健太（むらかみ けんた） （現職）東京大学 （専門分野/関心分野）プラントライフサイクルマネジメント、原子力材料、工学教育
顔写真 入る	大貫 晃（おおぬき あきら） （現職）三菱重工業 （専門分野/関心分野）安全設計、事故時挙動評価とアクシデントマネジメント