

AESJ-SC-TR008 : 2014



日本原子力学会
標準委員会 技術レポート

原子力発電所の継続的なリスク低減活動
— 自主的安全性向上とは — : 2014

まえがき

本資料は、原子力発電所の安全性向上を目指し、継続的なリスク低減活動に関わる全ての人たちに、基本となる考え方を示した技術レポートとして、提示するものである。

平成 26 年 11 月

標準委員会 システム安全専門部会
定期安全レビュー分科会
主査 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)
(2014年9月26日現在)

委員長	宮野 廣	法政大学	委員	喜多尾 憲助	ISO/TC85・IEC/TC45 国内委員会
副委員長	有富 正憲	東京工業大学	委員	三枝 利有	(一財)電力中央研究所
副委員長	関村 直人	東京大学	委員	谷本 亮二	三菱マテリアル(株)
幹事	岡本 孝司	東京大学	委員	津山 雅樹	一般社団法人 日本電機工業会
幹事	山口 彰	大阪大学	委員	鶴来 俊弘	中部電力(株)
委員	青柳 春樹	日本原燃(株)	委員	中井 良大	(独)日本原子力研究開発機構
委員	姉川 尚史	東京電力(株)	委員	西岡 周二	日本原子力保険プール
委員	井口 哲夫	名古屋大学	委員	西野 祐治	原子燃料工業(株)
委員	伊藤 裕之	一般社団法人 原子力安全推進協会	委員	西脇 由弘	東京工業大学
委員	岩田 修一	事業構想大学院大学	委員	藤森 治男	(株)日立 GE ニュークリア・エナジー
委員	梅澤 成光	三菱重工業(株)	委員	本間 俊充	(独)日本原子力研究開発機構
委員	岡野 久弥	九州電力(株)	委員	吉原 健介	関西電力(株)
委員	岡本 太志	富士電機(株)	委員	渡邊 宏	日揮(株)
委員	小原 徹	東京工業大学			

旧委員 (所属は委員会参加当時)

笠野 博之 (九州電力(株))，千種 直樹 (関西電力(株))，

常松 睦生 (ウェスチングハウス・エレクトリック・ジャパン(株))

システム安全専門部会

(順不同, 敬称略)
(2014年9月22日現在)

部会長	関村 直人	東京大学	委員	成宮 祥介	関西電力(株)
副部会長	中村 武彦	(独)日本原子力研究開発機構	委員	西田 浩二	日立 GE ニュークリア・エンジニア(株)
幹事	河井 忠比古	一般社団法人 原子力安全推進協会	委員	久宗 健志	日本原子力発電(株)
委員	青木 繁明	三菱原子燃料(株)	委員	福谷 耕司	(株)原子力安全システム研究所
委員	阿部 弘亨	東北大学	委員	卷上 毅司	東京電力(株)
委員	小野岡 博昭	関西電力(株)	委員	三村 聡	(株)東芝
委員	勝村 庸介	東京大学	委員	宮地 孝政	原子燃料工業(株)
委員	北島 庄一	(一財)電力中央研究所	委員	宮原 信哉	(独)日本原子力研究開発機構
委員	後藤 大輔	(株)グローバル・ニュークリア・フュエル・ ジャパン	委員	三山 彰一	(株)原子力エンジニアリング
委員	中村 隆夫	大阪大学	委員	山岸 誠	三菱重工業(株)

旧委員 (所属は委員会参加当時)

益子 裕之 (原子燃料工業(株))

定期安全レビュー分科会

(順不同, 敬称略)
(2014年8月21日現在)

主査	岡本 孝司	東京大学	委員	中村 和幸	日本原子力発電(株)
副主査	上野 信吾	(株)三菱総合研究所	委員	中村 武彦	(独)日本原子力研究開発機構
幹事	成宮 祥介	関西電力(株)	委員	平川 博将	(一社)原子力安全推進協会
委員	伊藤 圭介	中部電力(株)	委員	村上 健太	東京大学
委員	倉本 孝弘	(株)原子力エンジニアリング	委員	渡辺 沖	東京電力(株)
委員	中野 利彦	関西電力(株)			

旧委員 (所属は委員会参加当時)

伊藤 信哉 (旧 (独)原子力安全基盤機構), 山崎 浩 (日本原子力発電(株))

常時参加者

角田 憲隆 (東京電力(株)), 熊坂 勝行 (一般社団法人 原子力安全推進協会),
古賀 薫 (電源開発(株)), 重久 哲郎 (九州電力(株)),
島田 裕一 (一般社団法人 原子力安全推進協会), 曾根 幸一 (東北電力(株)),
長谷川 正和 (北海道電力(株)), 林 健太郎 (関西電力(株)), 日渡 良爾 ((一財)電力中央研究所),
福永 健司 (九州電力(株)), 福間 淳 (中国電力(株)), 松浦 正幸 (四国電力(株)),
三山 彰一 ((株)原子力エンジニアリング), 宮森 巧 (北陸電力(株)), 森松 秀文 (関西電力(株)),
山口 廣高 (東京電力(株))

目 次

1. はじめに	1
2. 改善の視点	2
3. 総合的リスク低減のための方法	2
4. 総合的リスク低減のための具体的方法	3
付録	5
参考文献	5

1. はじめに

原子力発電所をはじめ、人工物システムは、人々の健康と安全、並びに環境を守る事を大前提に、便益を供給する。

人々の健康と安全並びに環境を守るためには、人工物システムの設計、製作、運転、廃棄とライフサイクルすべてにわたり、考えうる全ての種類のリスクを受容できる範囲で、可能な限り低減する事が必須である。リスク低減、安全を確保するための根本的、かつ代表的な思想として、「Defense-in-Depth」(深層防護)⁽³⁾、「Graded Approach」(重要度による意思決定)⁽⁴⁾、「Continuous Improvement」(継続的改善)などがある。これらは、IAEAのSF-1「Fundamental Safety Principles」(2006)⁽¹⁾や日本原子力学会 標準委員会のTR005「原子力安全の目的と基本原則」(2013.6)⁽²⁾に明記されている。これらの異なった複数の次元の考え方を、リスク低減のための具体的な活動に反映していく事が重要である。特にContinuous Improvementは、設計や製作、さらには運転保守、廃棄のライフサイクル全てにわたり、基本となる考え方の代表的なものである。

全てのシステムにおいては、リスクを回避する事を目的として、設計や運転など、システムのライフサイクル全体に対して様々な活動が進められている。当初は十分な余裕をもってリスク回避が行われているが、時間とともに、プラントの状態は刻々変化していく。また、当初わからなかった新しいリスクが見つかることもあるし、全く未知のハザードにシステムが襲われることもあり得る。このように時間とともに状態が変化する環境下において、リスクを回避し続け、安全を確保し続ける方法の一つが、継続的改善である。

何もしない、もしくは過去と同じことのルーチンワークを繰り返すことは、リスク環境の変化に対応する事は不可能である。常に改善を考え、常に改善を行う事によってのみ、現在の環境変化や将来の環境変化に対応する事が可能となる。また、このような活動が、システムを運営する組織や人材の安全文化にも繋がってくる。つまり、継続的改善活動無しに、安全を担保することは不可能である。

原子力発電所は、特に事故時の影響が膨大となる。この事からも、継続的改善活動を進めることが必須であり、また、発電所を構成するすべての組織、人材が自ら継続的改善を行う事が必要となる。

2. 改善の視点

継続的改善を行う場合に、むやみやたらに改善を行っても意味がない。改善は常に発電所の安全に関する総合的リスク低減を目的として実施する事が必須である。改善を進めるための物差しは、リスクである。総合的リスクは、定量的リスク評価で得られる結果だけではなく、ストレステストや、運転員等の経験などを含めた俯瞰的なリスクである。

全ての改善活動は、リスク低減のために実施される。しかしながら、注意しなくてはならないのは、対象とするリスクを低減しようとする活動は、必ず、対象以外のいずれかのリスクを増加させることである。例えば、既設原子力発電所の設備を新設計のものに変更した場合には、当該設備の性能は向上するので当該性能が喪失するリスクは低減するが、後工程、運転操作、検査、など多数の領域に影響を与える可能性があるため、総合的リスク低減の考え方が特に重要になる。その意味で、全てのリスクを低減する活動は無いと言っても過言ではない。むやみやたらに思い付きで改善を行う事は、大きなリスクを背負込む可能性があり気を付ける必要がある。

また、人間の考えには限界がある。リスクの推定にも大きな不確かさが伴う事が多い。想定外があり得る事をあらかじめ想定し、俯瞰的な視野で総合的なリスク低減につながることを目指すことが重要である。

3. 総合的リスク低減のための方法

具体的な継続的改善のプロセスは下記のようにまとめられる

- 1) 発電所の総合的リスクに関連する情報を収集する。
- 2) 情報に対して、リスクを物差しとして分析を行う。
- 3) 分析結果をもとに総合的リスク低減を評価し重要度分類を行う。
- 4) 是正処置の実施と監視

1) 情報収集については、専門部署が定常的に情報を収集するだけでなく、発電所に働く全ての人がいわばセンサーとなり、発電所内部の声なき声を聴き、見えざる姿を視る事が必要である。発電所外部の環境変化については、いわゆる新知見や運転経験を収集し続ける事になる。併せて、パフォーマンス指標などのプラント監視情報も収集対象となる。この情報は、全て一つのデータベースにまとめることも重要である。

2) 分析においては、リスクを共通の物差しとして考える。これは、インセンティブ（やる気を起こさせるもの）を与える場合の物差しとしても使う事がリスク低減の一貫性を担保する意味でも重要である。

3) 評価は、対象とするリスクだけではなく、発電所の安全に関する総合的リスクを考慮する事が必須である。そのうえで、重要度を評価する。

4) 実施については、重要度と緊急度をベースとして、通常の保守に組み入れたり、緊急作業を行うなど、是正処置に組み入れる。また、継続的に是正の効果を評価監視する事も必要である。

なお、自主的に情報収集するためには、インセンティブを与えることも重要である。改善活動においては、表彰や給料などで、重要な情報を感知して収集した個人やグループにインセンティブを与える。情報収集に関連した外部組織を使う事や、相互レビューなどによって活動を評価し合う事なども効果的である。

また、総合的リスクを評価するためには、PRAなどの評価手法を用いるだけではなく、発電所の建設経験や運転経験など、エキスパートに依ることも大きい。建設から30年経つと、建設経験者も減ってくる事もあり、エキスパートを計画的に養成しておくことが、高経年化対策としても重要である。

4. 総合的リスク低減のための具体的方法

継続的改善を行うための具体的方法（ツール）には様々なものがある⁶⁾。これらの多様な視点をもつ複数のツールを用いることによって、原子力発電所の安全が担保されることにつながる。それぞれのツールを組み合わせ、3.で述べた1)～4)のプロセスを繰り返し、改善を進めて行く事が必須である。ツールはそれぞれ目的が異なるが、利用する情報や評価は共通に利用する事もできる。

総合的リスク低減のための4つの重要な具体的方法（ツール）を示す。

1) 発電所の実力評価のためのツール

SAR (Safety Analysis Report) 「原子力発電所の安全性を包括的に記載した文書」

発電所の建設から改造を含め、現状の設計と状態を把握する。これらの情報をもとに評価を行い、改善点を評価する。

2) 発電所の管理状況評価のためのツール

ROP (Reactor Oversight Process) 「原子炉監視プロセス」

発電所の管理状況をCAPなどを用いて改善が継続的に行われている事を把握する。

PI(Performance Indicator) 「実績指標」/**SDP(Significance Determination Process)** 「安全重要度評価」などにより、プラントパフォーマンスを評価し、安全に係るパラメータが改善している事を確認する。

3) 発電所の将来のリスクの芽を摘むためのツール

PSR (Periodical Safety Review) 「定期安全レビュー」 / PSR⁺ (Proactive Safety Review) 「原子力発電所の安全性向上に関する定期的な評価」

10年に一回の頻度で、将来顕在化する可能性がある発電所のリスクを把握する。人材の交代などを考慮し1世代(10年)が適切な期間である。また、実際の作業期間(3年程度)や評価期間(2年程度)を考えても10年であることが重要である。

4) 発電所のリスクを考え続けるためのツール

OLM (On-line Maintenance) 「運転中保全」 / Living PRA 「リビング PRA」

発電所のリスクは常に変化する。受動的に変化するのを待つだけではなく、能動的にリスクを変化させ、その状況を把握する事によって、常に緊張感をもってリスクを考える。リスクは一部の専門家だけのものではない。リスクに対する発電所全体の感度を向上させ、安全文化を醸成するためには必須のツールである。

5. まとめ

継続的改善は原子力発電所の安全を担保するための、重要な考え方の一つである。継続的改善無しに原子力発電所の安全は保てない。

全ての人々が、自主的に改善点を探し、改善を継続していく事が安全文化にもつながる。このために有効なインセンティブや仕組みを考えることも必要である。

改善のための物差しはリスクである。総合的なリスクを低減し続けることが改善の目標である。このために、様々なツールが開発されてきている。それぞれのツールの目的を認識し、組み合わせて用いることで、継続的改善を進めることができる。

付録.

安全性向上活動をとらえる見方は様々存在する。具体的な活動をベースとして考察すると、その目的がわかりにくくなることがある。例えば、SAR と PSR は、上記にあるようにその目的が全く異なる。具体的に実施する作業は近いものもあり、このために、両者を包含関係に考えようとする誤ったアプローチが取られることもある。プロセスには一部共通の部分が存在するが、目的は全く異なっており、これを同一のツールと考えることは、発電所のリスクを高めてしまう事につながる。情報収集など、共通のプロセスは積極的に共有する事も可能であるが、評価の視点は全く異なることに注意すべきである。同様に、SAR と ROP も、目的が異なるが、そのプロセスには共通の部分も多い。

具体的な実施計画の策定においては、本稿で挙げた多様な視点を持つツールを積極的に利用する事で、安全性向上を図る事ができることに留意すべきである。プロセスの一部は共有できるが、目的が異なるため、可能な限り複数のツールを用いる事が重要である。プロセスを中心に考えると、これらの目的を見失う事になる。

具体的なツールの運用においては、単に作業の羅列とすることなく、ROP や OLM 的な視点を常に念頭に置き、入れ込んでいく事が求められる。過去のバッドプラクティスとして、QMS や PSR の運用を例示しておく。QMS や PSR が導入後には、評価だけに時間、作業、意識が集中してしまい、書類だけが増大して、本質的な改善につながらなかったという失敗をしている。気を付けないと同じ失敗を繰り返す事になり、作業が増えるだけで発電所のリスクは逆に高くなる。改善へのインセンティブと、リスクに対する OJT(実務経験による訓練)が必須である。

繰り返しになるが、プロセスの設計を行うと、どうしても、目的を見失いがちになる。多様なツールの目的を正しく認識し、特に、インセンティブの設計と、発電所全ての人のリスクに対する OJT を含めた、ROP, OLM 的な視点を見失ってはならない。

参考文献

- (1) IAEA Safety Standards, Safety Fundamentals No. SF-1, “Fundamental Safety Principles”, Vienna, 2006
- (2) AESJ-SC-TR005:2012, “原子力安全の基本的考え方について 第 I 編 原子力安全の目的と基本原則”, 一般社団法人日本原子力学会, 2013.6
- (3) IAEA INSAG-10, “Defence in Depth in Nuclear Safety”, Vienna, 1996.
- (4) IAEA GSR Part4, “Safety Assessment for Facilities and Activities”, Vienna, 2009.
- (5) IAEA SSR-2/2, “Safety of Nuclear Power Plants Commissioning and Operation”, 2011.

AESJ-SC-TR008:2014

日本原子力学会標準委員会技術レポート

原子力発電所の継続的なリスク低減活動

－自主的安全性向上とは－：2014

2014年11月21日 初版 第1刷発行

一般社団法人 日本原子力学会
(〒105-0004) 東京都港区新橋2-3-7
(新橋第二中ビル3階)
電話 (03)3508-1263; FAX (03)3581-6128
振替 00130-5-55932 番