

第18回 原子力規制庁殿と日本保全学会との意見交換会資料

年間を通じて必要とされる タイミングで行う保全活動と リスクマネジメント

2023年9月19日

(一社) 日本保全学会
原子力規制関連検討会

年間を通じた適時の保全活動が、 安全性，信頼性，価値提供を改善

- ▶ 保全活動は、設備が要求性能を満たし，その状態を重要度に応じた信頼性で維持することで，公衆と働く人の安全と環境を守ることに貢献する。同時に，設備を使用して生み出す価値を，経済合理性のもとに提供することを可能にする
- ▶ 上記はプラントが運転中・停止中を問わず必要なことであり，本来，保全活動は上記の観点で必要とされるタイミングで行われるべき
- ▶ 原子力発電所の安全管理は歴史的に決定論的アプローチで行われ，保全活動は主にプラント停止中に行われてきたが，運転実績の蓄積とリスク評価技術の進歩を活用し，適切なリスクマネジメントのもとで，運転中・停止中に関わらず必要とされるタイミングで保全活動を行うことは，安全性・信頼性の向上と価値提供の改善に資する

PRAによる評価とリスクマネジメント

- ▶ リスクマネジメントにおいて、PRAの評価値（CDF, CFF, ICDP, ICFP）は重要なインプットだが、その数値だけに依拠して意思決定を行うのは不十分
⇒いわゆるRisk-Basedではなく、Risk-informedでの意思決定が求められる

PRA: Probabilistic Risk Analysis, CDF: Core Damage Frequency, CFF: Containment Failure Frequency, ICDP: Incremental Core Damage probability, ICFP: Incremental Containment Failure probability.

- ▶ “Risk-Informed Approach”: A philosophy whereby risk insights are considered together with other factors to establish requirements that better focus licensee and regulatory attention on design and operational issues commensurate with their importance to public health and safety.*

Source: “White Paper on Risk-Informed and Performance-Based Regulation”, SECY-98-144, NRC (1999).

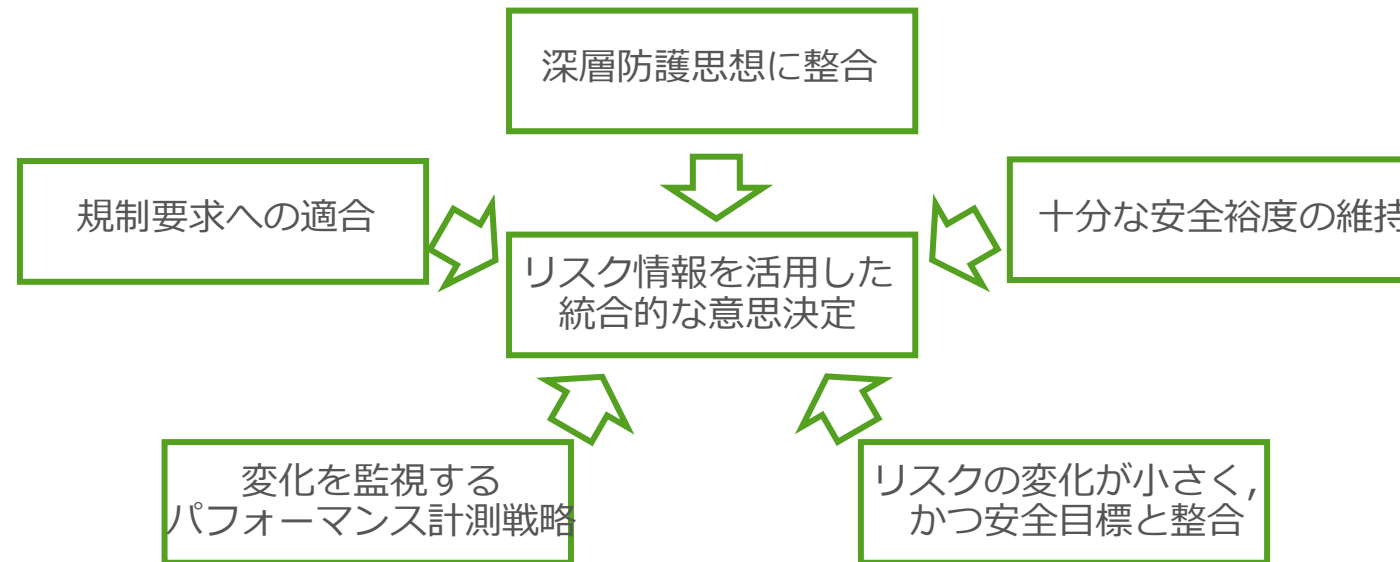
- ▶ The Commission does not endorse an approach that is “risk-based”.

Source: “White Paper on Risk-Informed and Performance-Based Regulation”, SECY-98-144, NRC (1999).

Integrated Risk-Informed Decision Making

- ▶ An approach in which risk insights, engineering analysis and judgment including the principle of defense-in-depth and the incorporation of safety margins, and performance history are used.

Source: “White Paper on Risk-Informed and Performance-Based Regulation”, SECY-98-144, NRC (1999).



Source: “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, NRC (2011). より抜粋翻訳

保全の活動の安全上の効果は、意思決定時のPRAには反映されない

- ▶ 保全活動実施による設備の機能回復や信頼性向上は、リスク減少への効果が期待されるものの、意思決定時に用いるPRAモデルには反映されていない（意思決定後の活動の結果、設備信頼性統計値に効果が現れてから事後反映）
- ▶ 以下に例示するような効果も、意思決定時のPRAモデルには反映されていない
 - プラント停止中の保全作業集中を回避し、輻輳した現場で主として人的管理に委ねられている火災、安全設備への接触、異物混入、計画外被ばく等のリスクを低減
 - 必要な力量・経験を有し、当該作業現場を良く知る作業者を、年間を通じて計画的に確保・育成し、熟練度の高い作業の遂行によって設備保全の品質を向上
 - 年間を通じて設備のパフォーマンスと信頼性を監視することが促されるとともに、劣化等の兆候に対して、次のプラント計画停止を待たずに設備信頼性を回復

PRA評価値を考慮しつつ、適切な管理下で 保全活動のメリットを獲得

- ▶ CDFとCFFが十分に小さければ、PRAモデルに反映されない事項や決定論的な判断要因も考慮したうえで、保全実施時の待機除外によるICDPとICFPに応じたリスク管理措置のもと、運転中にも保全活動を行って前頁例示のメリットを獲得
- ▶ 運転中の保全作業の対象選定では、内的事象PRAによるCDFとCFFでのスクリーニング基準を設けるとともに、様々な観点でプラントおよび作業に関連する情報を収集し、エキスパートによるスクリーニング判断を行うことが重要
- ▶ 選定された対象の作業計画にあたり、作業の継続期間を考慮してICDPとICFPを評価し、その大きさに応じたリスク管理措置を講じる（ICDPもしくはICFPが一定のしきい値以上では、作業実施不可とすることを含む）

スクリーニング基準， リスク管理処置に関するICDPとICFPのしきい値

- ▶ 内的事象PRAのCDFとCFFにおけるスクリーニング基準は，日本原子力学会標準*や米国NRCのRegulatory Guide**を考慮して設定できる

- CDFのスクリーニング基準： 10^{-4} / 炉年
- CFFのスクリーニング基準： 10^{-5} / 炉年

* 「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：2019」，AESJ-SC-S012，日本原子力学会 (2019).

** “An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis”，R.G. 1.174 Rev. 3, US NRC (2018).
(但し、米国ではCFFではなくLERF: Large Early Release Frequency を評価)

- ▶ リスク管理措置しきい値も上述の図書から，基本的な考え方を構築できる
 - リスク管理措置を講じるICDPのしきい値の基本案： 10^{-6} ， 10^{-5} をしきい値として，段階的に管理措置を強化し， 10^{-5} を超える場合には作業不可とする
 - リスク管理措置を講じるICFPのしきい値の基本案： 10^{-7} ， 10^{-6} をしきい値として，段階的に管理措置を強化し， 10^{-6} を超える場合には作業不可とする

リスク管理措置

- ▶ リスク管理措置（RMA: Risk Management Action)の運用は米国に先行事例があり、NRCの検査マニュアル*には以下の記載がある

The following categories of appropriate RMAs can be used to manage risk associated with a maintenance activity:

- increasing risk awareness and control,
- reducing duration of maintenance activity,
- minimizing magnitude of risk increase,
- establishing action thresholds such that risk significant configurations are not normally entered voluntarily.

* “Maintenance Risk Assessment and Risk Management Significance Determination Process”, IMC 0609 App K, US NRC (2021).

- ▶ 上記検査マニュアルでは、1～2種類の有効なRMAによるリスク低減効果を1オーダーの半分と見做すとの記載もあり、これを参考にして前頁のしきい値を、ICDPは 10^{-6} 、 5×10^{-6} 、 10^{-5} 、ICFPは 10^{-7} 、 5×10^{-7} 、 10^{-6} の各3段階の設定にして、より細かく段階的にリスク管理措置を強化することも考えられる

リスク管理措置の例

- ▶ NRCがエンドースした民間指針*では、リスク管理措置として以下を例示（なお、前頁のNRC検査マニュアルでは、これらの措置のリスク・ベネフィットの定量化を求めないとしている）

* “Industry Guideline for Monitoring the Effectiveness of Maintenance at Nuclear Power Plants”, NUMARC 93-01 Rev 4 , NEI (2010).

- ▶ Actions to provide increased risk awareness and control:
 - Discuss planned maintenance activity with operating shift and obtain operator awareness and approval of planned evolution.
 - Conduct pre-job briefing of maintenance personnel, emphasizing risk aspects of planned maintenance evolution.
 - Request the system engineer to be present for the maintenance activity, or for applicable portions of the activity.
 - Obtain plant management approval of the proposed activity.

リスク管理措置の例（つづき）

- ▶ Actions to reduce duration of maintenance activity:
 - Pre-stage parts and materials.
 - Walk-down tagout and maintenance activity prior to conducting maintenance.
 - Conduct training on mockups to familiarize maintenance personnel with the activity.
 - Perform maintenance around the clock.
 - Establish contingency plan to restore out-of-service equipment rapidly if needed.

リスク管理措置の例（つづき）

- ▶ Actions to minimize magnitude of risk increase:
 - Minimize other work in areas that could affect initiators to decrease the frequency of initiating events that are mitigated by the safety function served by the out-of-service SSC.
 - Minimize other work in areas that could affect other redundant systems, such that there is enhanced likelihood of the availability of the safety functions at issue served by the SSCs in those areas.
 - Establish alternate success paths for performance of the safety function of the out-of-service SSC (note: equipment used to establish these alternate success paths need not necessarily be within the overall scope of the maintenance rule).
 - Establish other compensatory measures.

- ▶ A final action threshold should be established such that risk significant configurations are not normally entered voluntarily.

保全活動の管理プロセスに、 リスクマネジメントを組み込んで実行

- ▶ 保全活動の対象選定
 - PRA評価を含む事前評価でインプット情報を揃え、実施可否を判断
- ▶ 計画・準備
 - 作業要領の策定、リスク評価、リスク管理措置の検討と実施
- ▶ 保全活動の実行
 - リスク管理措置の実施、作業の実施、プラント状態の監視（プラントの構成管理情報に基づくリスク変化の監視と、リスク上重要な設備に関する注意喚起）、作業状況の監視
- ▶ 実行後の評価
 - Lessons Learnedの抽出と、その反映方針決定

まとめ

- ▶ 適切なリスクマネジメントのもと、設備が要求性能を満たし、その状態を重要度に応じた信頼性で維持するうえで必要とされるタイミングで、運転中・停止中に関わらず保全活動を行うことは、安全性・信頼性の向上と価値提供の改善に資する
- ▶ PRAの評価値（CDF, CFF, ICDP, ICFP）はリスクマネジメントの重要なインプットだが、PRAモデルに含まれないリスクやベネフィットがあり、Risk-Basedではなく、Risk-informedでの意思決定が求められる
- ▶ 運転中の保全活動では、リスク情報も活用して可否を判断し、適切なリスク管理措置を講じることが重要であり、リスクマネジメントを保全活動の管理プロセスに組み込んで行う必要がある