

核燃料施設等の重要度評価手法の検討状況について

Progress report of evaluation method of SDP for Nuclear Fuel Facilities

日本原燃株式会社	衣旗 広志	Hiroshi KINUHATA	Member
日本原燃株式会社	小玉 貴司	Takashi KODAMA	Non-member
日本原燃株式会社	大柿 一史	Kazushi OGAKI	Non-member

Under the new inspection system for nuclear facilities introduced in April 2020, SDP (Significance Determination Process) is applied to an inspection finding to determine its safety significance. Regarding nuclear fuel facilities, the features of them are hardly incorporated into the current evaluation method of SDP, because the evaluation method was basically developed for nuclear power plant. In order to solve this challenge, we are developing evaluation method of SDP for nuclear fuel facilities.

Keywords: SDP, Nuclear Fuel Facilities, Risk-Informed, Graded Approach, Inspection Finding

1. はじめに

2020年4月に導入された新検査制度では、原子力規制検査における検査気付き事項から「検査気付き事項のスクリーニングに関するガイド」[1]に基づき、検査指摘事項が抽出され、「原子力安全に係る重要度評価に関するガイド」[2]に基づき、検査指摘事項を対象として重要度評価が行われる。

重要度評価については、新検査制度の導入に当たり、国の検査制度の見直しに関するWGにおいて、原子力規制委員会と事業者間で多くの議論が重ねられた。その結果、実用炉については、米国のROPと同様に安全上の重要度を定量的なリスク情報に基づき、「緑」、「白」、「黄」、「赤」の4段階に分類し、「白」以上の色の数に応じて規制措置を決定することとされ、分類のための評価手法も整備された。一方、核燃料施設等については、鑑となる米国のプロセスがなく、また、PRAが未整備であり、定量的なリスク情報に基づく判断は困難のため、実用炉の評価手法が準用されるものの、最終的には「重要度評価・規制対応措置会合（SERP：Significance and

Enforcement Review Panel）」において、「追加対応あり」、「追加対応なし」の2段階で判定が行われることとなった。

このような状況から、核燃料施設等の重要度評価手法については、新検査制度導入以降も原子力規制委員会と事業者双方が課題として認識し、国の検査制度に関する意見交換会合（2020年8月～）において、継続して議論を行っている。

本稿では、当社における核燃料施設等の重要度評価手法の検討状況を報告する。

2. 核燃料施設等の重要度評価の現状

2.1 全体概要（実用炉との比較）

図1に核燃料施設等の重要度評価の全体概要（実用炉との比較）を示す。

検査指摘事項は、監視領域のいずれかに紐付けて重要度評価が行われる。

このうち、放射線安全等の監視領域では、決定論的に法令基準等の適否を踏まえた評価が行われ、この評価は、核燃料施設等においても、そのまま適用される。

一方、発生防止等の原子力施設安全の監視領域では、実用炉の場合、まず、簡易的に「緑」か否か判定可能な質問シートで評価され、「緑を超えるおそれあり」と判定された検査指摘事項に対して、詳細

連絡先: 衣旗 広志、〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字沖付 4-108、日本原燃株式会社 安全・品質本部 安全推進部 安全技術グループ、
E-mail: hiroshi.kinuhata@jnfl.co.jp

評価（PRA または定性的評価手法）が行われる。しかし、核燃料施設等の場合、質問シートが未整備であり、また、PRA も未整備のため、定性的評価手法が適用されることになる。

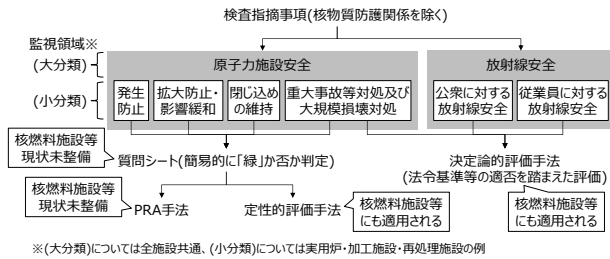


図1 核燃料施設等の重要度評価の全体概要
(実用炉との比較)

2.2 定性的評価手法

「原子力安全に係る重要度評価に関するガイド」の「附属書 9 定性的な判断基準による重要度評価ガイド」の本文 4.2 (2) には、「実用炉に係る検査指摘事項に対して安全重要度評価を行う際に、一定の客観性および説明性を確保する観点から、添付 1 に示す点数評価手法を用いることができる。核燃料施設等についても、添付 1 を参考にすることができる」という旨が記載されている。

この点数評価手法では、検査指摘事項（パフォーマンス劣化）によって影響を受けた実用炉の安全機能に対し、以下の 3 つの指標毎に点数評価が行われる。それらを合算した指標統合値から、指標統合値と重要度の対応（表 1）により、実用炉の安全重要度が評価される（※1）。

$$\begin{aligned} & \text{①安全確保状態} + \text{②劣化状態の継続期間} \\ & + \text{③事業者の改善措置能力} \\ & = \text{指標統合値} \end{aligned}$$

表 1 指標統合値と重要度の対応

指標統合値	4点未満	4点以上、8点未満	8点以上、12点未満	12点以上
安全重要度	緑	白	黄	赤

※1：点数評価手法の適用例として、安全機能が果たすべき性能を喪失している状態が 30 日間継続し、過去に当該施設において、同様のパフ

ォーマンス劣化が検出されていたにも関わらず、適切な是正処置が講じられていなかった場合、「①安全確保状態」は 4 点、「②劣化状態の継続期間」は 2 点、「③事業者の改善措置能力」は 1 点で、指標統合値は 7 点となり、安全重要度は「白」となる。

しかし、点数評価手法の 3 つの指標は、実用炉の炉心損傷等の事故を念頭に設定され、リスク（事故発生頻度×事故影響）のうち、事故発生頻度のみが考慮されている。核燃料施設等の「実用炉と比較して事故による環境への影響は小さい」、「事故の種類により環境への影響は大きく異なる」といった特徴が考慮されていないのが現状である。

2.3 核燃料施設等の安全重要度評価（原子力施設安全）の視点

一方、「附属書 9 定性的な判断基準による重要度評価ガイド」の本文 4.2 (1) には、「核燃料施設等においては、添付 2 に示す『核燃料施設等の安全重要度評価（原子力施設安全）の視点』も考慮する」という旨が記載されている。その添付 2 には、「代表的な核燃料物質等の状態に応じた潜在的な危険性に基づくレベル（例）」（表 2）が示されている。しかし、評価において、このレベル（例）をどのように考慮するのかは示されていない。

表 2 代表的な核燃料物質等の状態に応じた潜在的な危険性に基づくレベル（例）

	液体	気体 (粉末及びエアロゾルを含む)	固体
プルトニウム	レベル 5	レベル 4	レベル 3
ウラン(濃縮度 5%超)	レベル 4	レベル 3	レベル 2
ウラン(濃縮度 5%以下)	レベル 3	レベル 2	レベル 1
高レベル廃棄物	レベル 5	レベル 4	レベル 3
低レベル廃棄物	レベル 3	レベル 2	レベル 1

その他、核燃料物質の化学的毒性、有機溶媒の混在、温度、圧力などの影響も考慮。

3. 核燃料施設等の重要度評価の目指すべき方向

当社は、核燃料施設等の重要度評価の目指すべき方向として、以下の 2 点があると考えている。

- ・ 新検査制度のコンセプトの一つであるリスク・インフォームドの考え方にに基づき、核燃料施設

等の特徴が考慮され、グレーデッド・アプローチが適用される。

- ・ 恣意性が排除され、客観性が確保される。

これらの点を踏まえ、まず、詳細評価である定性的評価手法（点数評価手法）をベースとして、核燃料施設等の特徴を客観的に考慮できる評価手法を検討することとした。

4. 定性的評価手法の当社案

4.1 当社案の考え方

点数評価手法の3つの指標は、実用炉の炉心損傷等の事故を念頭に設定され、リスク（事故発生頻度×事故影響）のうち、事故発生頻度のみが考慮されている。

このため、検査指摘事項によって影響を受けた安全機能で防護している潜在的事故（※2）の影響の大きさに基づく補正項として、「④潜在的事故影響」の指標を追加することとした。この指標を追加することにより、核燃料施設等の特徴を客観的に考慮することが可能となる。

$$\text{①安全確保状態} + \text{②劣化状態の継続期間} + \text{③事業者の改善措置能力} + \text{④潜在的事故影響} = \text{指標統合値}$$

※2：潜在的事故の例として、検査指摘事項によって影響を受けた安全機能が、再処理施設の高レベル廃液貯槽の冷却水ポンプの場合、潜在的事故は、蒸発乾固の発生と全ての緩和系の安全機能の喪失を仮定し、環境への放射性物質の放出に至った状態。

補正項の点数については、実用炉と核燃料施設等の潜在的事故影響を原子力施設共通の国際的な評価尺度である INES レベルに基づき比較した後、点数評価手法の配点の考え方に基づいて設定する。

4.2 INES レベルに基づく潜在的事故影響の比較

「INES (The International Nuclear and Radiological Event Scale) USER'S MANUAL 2008 Edition」[3]にお

いて、INES レベルは1～7まで定義されているが、図2に示すとおり、以下の考え方により3つのグループとして扱い、潜在的事故影響を比較することとした。

- ・ 広範囲な影響を伴う事故であるレベル5以上は、実用炉（レベル7）と同じグループとする
- ・ レベル3以下は、防護措置として局所的な食物摂取制限のみが必要とされるレベル4未満のため、同じグループとする。

INESレベル	「人と環境」分野のレベルの定義 (I-131放出量)	潜在的事故例	グループ
7	数万TBqを超えるI-131相当の大気への放出	発電炉で炉心損傷の進展 (例：チェルノブイリ)	3
6	数千TBqを超えるI-131相当の大気への放出	再処理施設で高レベル廃液貯槽の爆発 (例：ウラルの核惨事)	
5	数百TBqを超えるI-131相当の大気への放出		
4	数十TBqを超えるI-131相当の大気への放出 等	燃料製造施設における長時間にわたる換気の喪失 (INESマニュアルの評価例)	2
3	重大な異常事象	核燃料施設等の潜在的事故のほとんどは、INESレベル1～3になる (再処理施設の潜在的事故にもINESレベル1～3になるものもある)	1
2	異常事象		
1	逸脱 (I-131放出量の基準なし)		

図2 INES レベルに基づく潜在的事故影響の比較

4.3 点数評価手法の配点の考え方に基づく補正項の点数

「原子力安全に係る重要度評価に関するガイド」に示される「実用炉の安全重要度」、「パフォーマンス劣化による炉心損傷頻度の増加分 (ΔCDF)」および「点数評価手法の指標統合値」の関係を整理すると、表3のようになる。これを見ると、色が1段階上がる毎に、リスク（この場合はリスク [事故発生頻度×事故影響] のうち事故発生頻度）が1桁上がり、指標統合値が4点上がるように設定されている。

表3 実用炉の安全重要度、ΔCDF、指標統合値の関係

実用炉の安全重要度	パフォーマンス劣化によるΔCDF	点数評価手法の指標統合値
赤	$>10^{-4} / y$ +1桁	12点以上 +4点
黄	$>10^{-5} / y$ +1桁	8点以上、12点未満 +4点
白	$>10^{-6} / y$ +1桁	4点以上、8点未満 +4点
緑	$\leq 10^{-6} / y$	4点未満

表3の関係を踏まえると、リスク（事故発生頻度×事故影響）のうち事故影響が1桁下がれば、指標統合値を4点下げることが妥当となる。このため、補正項の点数は、実用炉の潜在的事故が含まれるグ

グループ3に対して、グループ2であれば「-4点」、グループ1であれば「-8点」とする。

なお、INES レベルは1段階上がる毎に事象の重大性が約1桁上がるように設定されているが、当社案のようにグループ化して評価することは安全側の評価となる。グループ化しない場合、例として、レベル1ではレベル7から6段階下で「-24点」となり、減点の幅が大きくなる。

5. まとめ

重要度評価の定性的評価手法（点数評価手法）をベースとして、原子力施設共通の国際的な評価尺度である INES レベルを活用し、潜在的事故の影響の大きさに基づく補正項を追加することにより、核燃料施設等の特徴を客観的に考慮できる評価手法を考案することができた。

6. 今後の対応

現在、国の検査制度に関する意見交換会合において、核燃料施設等の重要度評価手法のうち、ウラン加工施設を対象とした簡易的な重要度評価手法である質問シートの議論を行っている。そして、この簡易的な重要度評価手法の議論後に定性的評価手法のような詳細評価手法の議論が行われると想定している。このため、詳細評価手法の議論に向けて、今回報告した重要度評価手法案を用いた事例検討を行い、課題の抽出および解決策の検討を行っていく。なお、現状の課題として、潜在的事故影響の評価の考え方（安全機能の喪失をどこまで仮定するか）を整理する必要があると認識しているため、事例検討の結果を踏まえ、整理を行う。

参考文献

- [1] 原子力規制庁、検査気付き事項のスクリーニングに関するガイド（GI0008_r0）
- [2] 原子力規制庁、原子力安全に係る重要度評価に関するガイド（GI0007_r0）
- [3] IAEA、INES (The International Nuclear and Radiological Event Scale) USER'S MANUAL 2008 Edition