

核燃料施設等の特徴を考慮した重要度評価について

2020年11月6日

日本原燃株式会社

本日のご説明内容



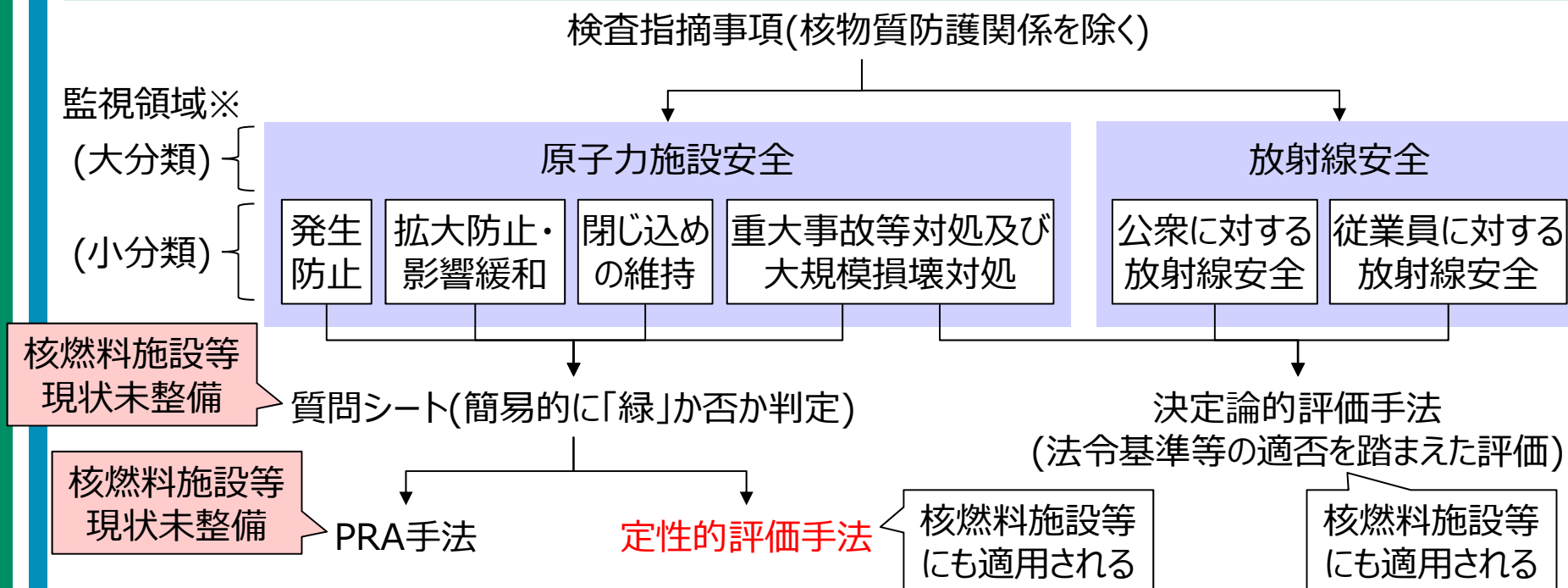
1. 核燃料施設等の重要度評価の現状
2. 核燃料施設等の重要度評価の目指すべき方向
3. 現状と目指すべき方向とのギャップの解決案
4. 定性的評価手法の当社案

1. 核燃料施設等の重要度評価の現状（1/2）

全体概要（発電炉との比較）



- ① 重要度評価において、検査指摘事項は、監視領域のいずれかに紐付けて評価される。
- ② このうち、放射線安全等の監視領域では、決定論的評価手法が用いられており、核燃料施設等においても、そのまま適用される。
- ③ 発生防止等の原子力施設安全の監視領域では、発電炉の場合、簡易的に「緑」（核燃料施設等の「追加対応なし」に相当）か否か判定可能な質問シートで「緑」と判定できなかった検査指摘事項に対して詳細評価（確率論的リスク評価[PRA]手法または定性的評価手法）が実施される。一方、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（重大事故等対処設備を求められている再処理施設で整備中）であるため、**定性的評価手法が適用**される。



※(大分類)については全施設共通、(小分類)については発電炉・加工施設・再処理施設の例

1. 核燃料施設等の重要度評価の現状（2/2）

定性的評価手法



- a. 「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)では「発電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。
- b. 添付1に示される点数評価手法では、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発電炉の安全機能に着眼し、以下の3つの指標毎にそれぞれ点数評価が行われ、それらを合算した指標統合値から発電炉の安全重要度が判断される。

①安全確保状態 + ②劣化状態の継続期間 + ③事業者の改善措置能力 = 指標統合値

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

追加対応なし 追加対応あり

しかし、これら3つの指標は炉心損傷を念頭に設定され、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おり、核燃料施設等の特徴（「発電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」）が考慮されていない。

2. 核燃料施設等の重要度評価の目指すべき方向



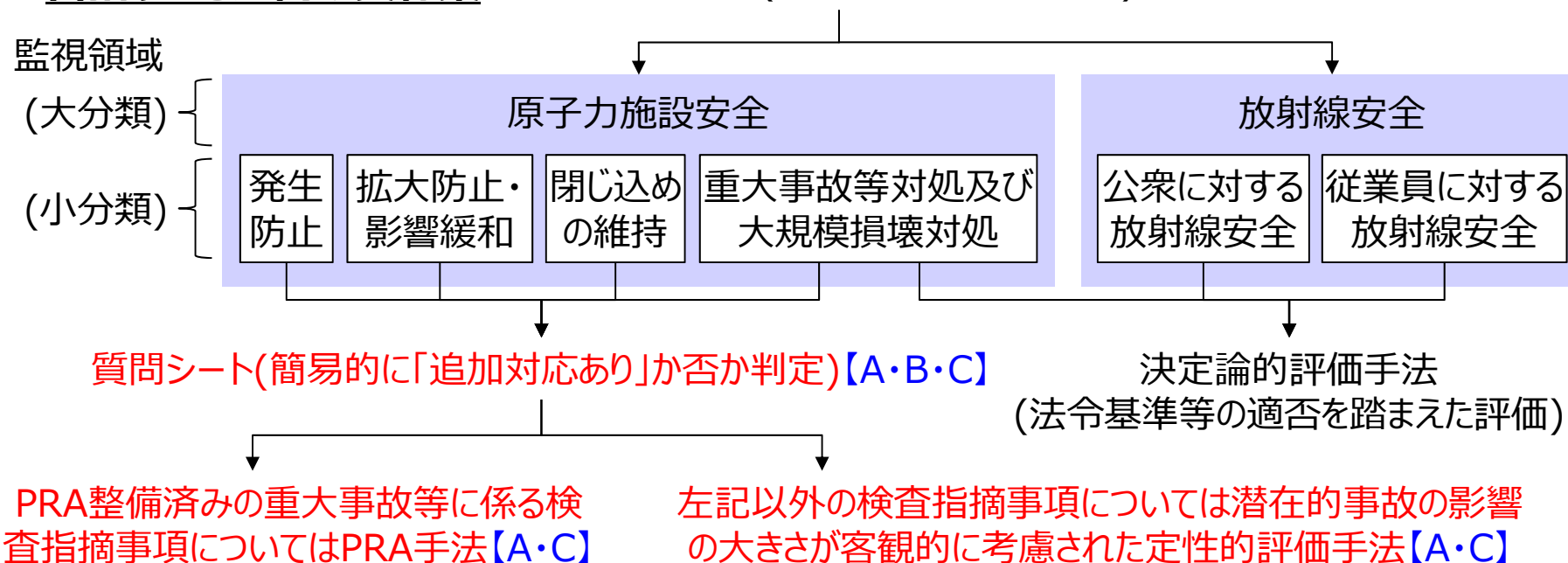
核燃料施設等の重要度評価の目指すべき方向

- ① 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ている
 - 重要度の判定において、事故発生頻度の増分のみではなく、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※の影響の大きさも考慮される【A】
 - 規制機関と事業者の限りあるリソースの有効活用の観点から、リスクの増分が小さい検査指摘事項は、初期評価としての簡易評価の適用により重要度が判定される【B】
- ② 恣意性が排除され、客観性が確保されている【C】

※ 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

目指すべき方向の具体案

検査指摘事項(核物質防護関係を除く)



3. 現状と目指すべき方向とのギャップの解決案



	現状	目指すべき方向	解決案
1	質問シートが未整備のため、初期評価としての簡易評価が実施されていない	初期評価として質問シートで簡易的に「追加対応あり」か否か判定される【A・B・C】	発電炉の質問シートを参考として、核燃料施設等の質問シートを整備する ➤ 2020年2月7日の面談において再処理施設の質問シートの当社案を提示
2	PRAが未整備のため、PRA結果を活用した定量的な重要度評価が実施されていない	PRA整備済みの重大事故等に係る検査指摘事項についてはPRA結果を活用して定量的に重要度が判定される【A・C】	PRAを整備する ➤ 安全性向上評価届出に向けてPRA整備中（再処理施設）（PRA結果に基づく重要度の判断基準についても別途検討を要する）
3	定性的評価手法において核燃料施設等の特徴（「発電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」）が考慮されていない	定性的評価手法において核燃料施設等の特徴が客観的に考慮されている【A・C】	INESレベルを参考として、定性的評価手法に核燃料施設等の特徴を客観的に考慮する指標を追加する ➤ 次頁以降に当社案を示す（2019年11月29日の面談において提示した当社案を改訂）

A：潜在的影響の大きさの考慮
B：初期評価としての簡易手法の適用
C：客観性の確保

4. 定性的評価手法の当社案（1/7）

当社案の考え方



- a. 点数評価手法の3つの指標は炉心損傷を念頭に設定され、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おり、核燃料施設等の特徴（「発電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」）が考慮されていないため、**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。**

①安全確保状態 + ②劣化状態の継続期間 + ③事業者の改善措置能力 + **④潜在的事故影響**

- b. 補正項の検討を行うに当たっては、**発電炉と核燃料施設等の潜在的事故影響を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き点数を補正する。**

4. 定性的評価手法の当社案（2/7）

INESレベルに基づく潜在的事故影響の比較



INESレベルは1～7まで定義されているが、以下の考え方により**3つのグループ**として扱う

- ・ 広範囲な影響を伴う事故であるレベル5以上は、発電炉（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 ^o
7	深刻な事故	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	大事故	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	広範囲な影響を伴う事故	数百TBqを超えるI-131相当の大気への放出		
4	局所的な影響を伴う事故	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	(I-131放出量の基準なし)	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			

4. 定性的評価手法の当社案（3/7）

点数評価手法の配点の考え方に基づく点数補正



- a. 「原子力安全に係る重要度評価に関するガイド」より、「発電炉の安全重要度」、「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」の関係は下表のようになり、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。

発電炉の安全重要度	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	$>10^{-4} / y$	12点以上
黄	$>10^{-5} / y$	8点以上、12点未満
白	$>10^{-6} / y$	4点以上、8点未満
緑	$\leq 10^{-6} / y$	4点未満

※ 上記の表において、赤、黄、白の各レベルから下のレベルへ移行する際、指標統合値はそれぞれ+4点（赤→黄、黄→白、白→緑）の補正が行われる。

- b. 上記を考慮すると、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ため、発電炉の潜在的事故が含まれるグループ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」する。
- c. なお、INESレベルは1段階上がる毎に事象の重大性が約1桁上昇す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、減点が大きくなりすぎる）

4. 定性的評価手法の当社案（4/7）

当社案（潜在的ハザードレベル例活用）



7～9ページに示した定性的評価手法の当社案では、「④潜在的事故影響」の指標の点数を評価するために、INESレベルの評価を行う必要がある。

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)では「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、添付2には潜在的ハザードレベル例が示されている。

この潜在的ハザードレベル例にグレーデッド・アプローチが考慮された核燃料物質等の種類と性状に応じた潜在的な危険性が示されていることを踏まえ、INESレベルの評価に活用することも提案する。

添付2「核燃料施設等の安全重要度評価（原子力施設安全）の視点」に示される
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
（潜在的ハザードレベル例）

	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

4. 定性的評価手法の当社案（5/7）

潜在的ハザードレベル例の当社解釈



潜在的ハザードレベル例は、核燃料物質等の濃度や量が考慮されていないが、該当する核燃料物質等の状態から発生し得る**潜在的事故**を考えると、以下のように**INESレベルに概ね対応**している。

INESレベル		「人と環境」分野のレベルの定義 (I-131放出量)	潜在的ハザードレベル例		
7	深刻な事故	数万TBqを超えるI-131相当の大気への放出	7		高レベル(液体)の潜在的事故の例としてウラルの核惨事（高レベル廃液貯槽の爆発）があり、INESレベルは6で概ね一致
6	大事故	数千TBqを超えるI-131相当の大気への放出	6		
5	広範囲な影響を伴う事故	数百TBqを超えるI-131相当の大気への放出	5	Pu(液体)、高レベル(液体)	
4	局所的な影響を伴う事故	数十TBqを超えるI-131相当の大気への放出 等	4	Pu(気体)、高レベル(気体)、5%超U(液体)	Uの潜在的事故のINESレベルは4以下（INESマニュアルに明記）
3	重大な異常事象	(I-131放出量の基準なし)	3	Pu(固体)、高レベル(固体)、5%超U(気体)、5%以下U(液体)、低レベル(液体)	
2	異常事象		2	5%超U(固体)、5%以下U(気体)、低レベル(気体)	低レベル(固体)の潜在的事故のINESレベルは1以下が妥当
1	逸脱		1	5%以下U(固体)、低レベル(固体)	

4. 定性的評価手法の当社案（6/7）

潜在的ハザードレベル例に基づく補正項



- a. 潜在的ハザードレベル例は、該当する核燃料物質等の状態から発生し得る潜在的事故の INESレベルに概ね対応しているため、「④潜在的事故影響」の点数を下表のように設定する。

	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⇒グループ3 減点なし	レベル4⇒グループ2 －4点	レベル3⇒グループ1 －8点
ウラン（濃縮度5%超）	レベル4⇒グループ2 －4点	レベル3⇒グループ1 －8点	レベル2⇒グループ1 －8点
ウラン（濃縮度5%以下）	レベル3⇒グループ1 －8点	レベル2⇒グループ1 －8点	レベル1⇒グループ1 －8点
高レベル廃棄物	レベル5⇒グループ3 減点なし	レベル4⇒グループ2 －4点	レベル3⇒グループ1 －8点
低レベル廃棄物	レベル3⇒グループ1 －8点	レベル2⇒グループ1 －8点	レベル1⇒グループ1 －8点

（注）核燃料物質等の状態が混在する場合、原則として最も高いレベルに設定するが、低レベル廃液に含まれる極低濃度のPuのように、**構成割合が極めて小さければ、考慮に含めない。**

- b. 上表では核燃料物質等の濃度や量が考慮されていないため、**合理的な判断が得られないような場合は、精緻にINESレベルの評価を行う。**例として「プルトニウム（液体）」が該当する場合でも、**極低濃度や極少量**であれば、潜在的事故でもINESレベル5にはなり難く、**現実的に想定し得る事故影響に相当するINESレベルに基づくことが妥当**である。

4. 定性的評価手法の当社案（7/7）

当社案（潜在的ハザードレベル例活用）の適用例



- a. 2019年度の新検査制度の試運用において、当社再処理施設の「保全活動の不備による廃気処理設備第1排風機の性能劣化」を対象とした規制庁殿による評価が評価書案として示され、2020年3月19日に模擬RCが開催された。
- b. 規制庁殿による評価では、**点数評価手法で「追加対応あり」（「白」に相当）**とされていたが、「再処理施設の工程は停止中であったこと」、「第1排風機の下流側に設置している第2排風機により当該系統内の負圧を維持することで閉じ込め機能は確保されていたこと」から、**原子力安全への影響はなかったため、最終的に「追加対応なし」（「緑」に相当）**とされていた。
- c. この評価に対して当社案（潜在的ハザードレベル例活用）を適用したところ、**客観的な指標で潜在的な事故影響を考慮することにより「追加対応なし」（「緑」に相当）**となることを確認した。

指標	点数	評価根拠	
①安全確保状態	1点または2点	第1排風機1系統又は2系統が機能喪失していたが、第2排風機2台により負圧維持	規制庁殿 点数評価
②継続期間	3点	63日間	
③事業者の改善措置能力	1点	過去に同様のパフォーマンス劣化が検出されていたが、適切な是正処置を講じていない	
①～③の合計	5点または6点	「追加対応あり」（「白」に相当）	当社案 適用
④潜在的事故影響	－4点	「プルトニウム（気体）」に該当 ⇒潜在的ハザードレベル4⇒グループ2	
①～④の合計	1点または2点	「追加対応なし」（「緑」に相当）	