

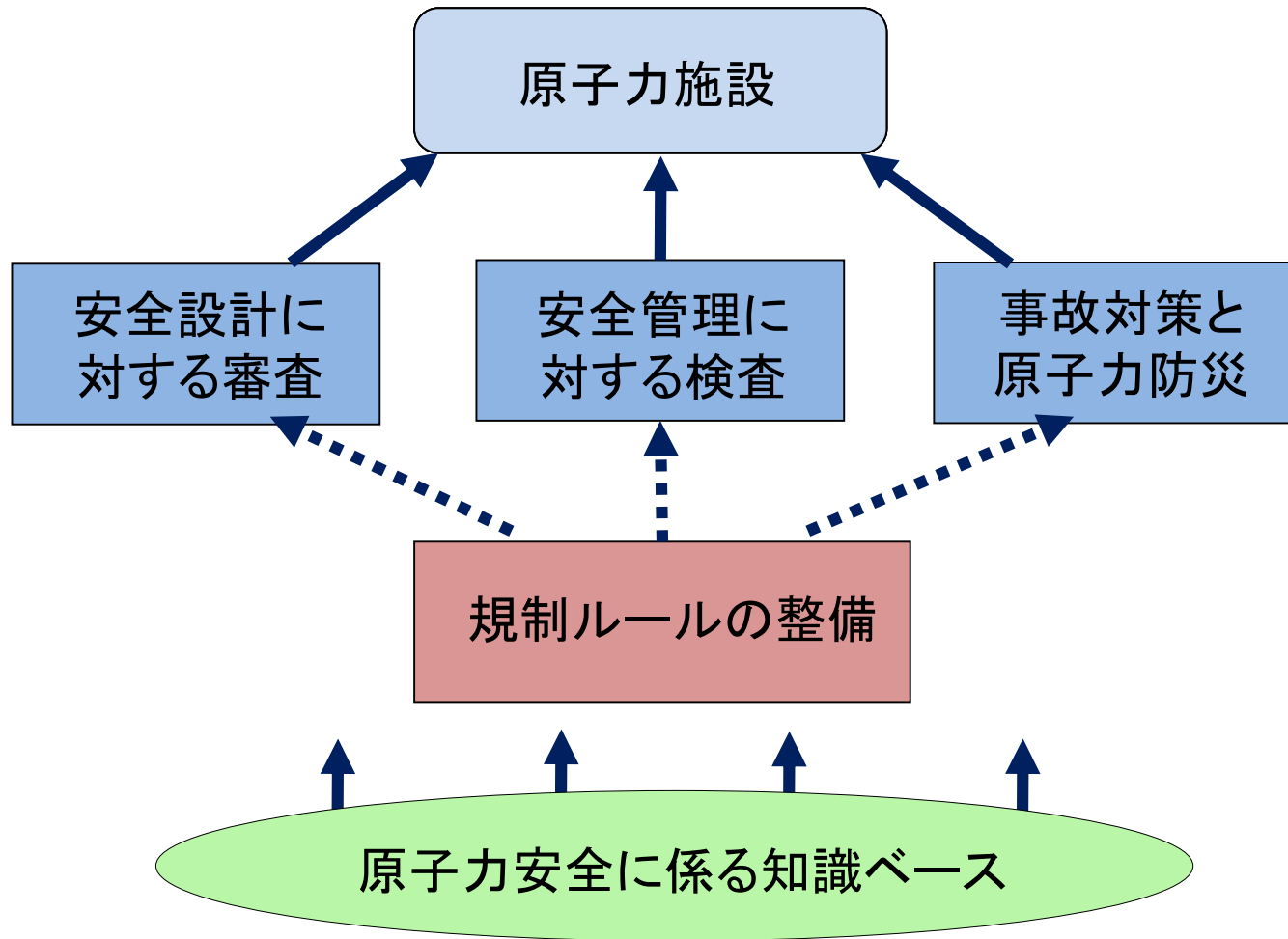
2019年8月20日

日本原子力学会安全部会  
夏期セミナー

「新検査制度と原子力発電所の安全性」

関村 直人（東京大学）

# 原子力安全規制の構造と検査制度



# IAEAによるIRRS（総合規制評価サービス）

---

- 2016年1月に原子力規制委員会は、IAEAの総合規制評価サービス（IRRS : Integrated Regulatory Review Services）を受入れ、13の勧告及び13の提言がなされた。
- 

## ✓ 規制人材の育成に関する方針

- 有能で経験豊富な職員を惹きつけ、かつ教育、訓練、研究、及び国際協力の強化を通じて、原子力及び放射線安全に関する能力を構築させること

## ✓ 事業者の全ての保安活動の監視・評価制度（検査制度）

- 原子力規制委員会が検査の実効性を向上させることが可能となるように、関連法令を改正すること

## ✓ 規制行政のマネジメントシステムの改善

- 高いレベルの安全を達成するため、問いかける姿勢を養うなど、安全文化の向上を継続し強化すること。これは原子力規制委員会及び被規制者に対しても等しく適用される。
- 原子力規制委員会が所管業務を実施するために必要となるすべての規制及び支援プロセスについて、統合マネジメントシステムを作成、文書化し、完遂すること

## ✓ 廃棄物の埋設に関する放射線防護基準及びサイト解放基準の策定

## ✓ 緊急事態への対応

## ✓ その他

# IAEAによるIRRS（総合規制評価サービス）と そのフォローアップミッション

---

- 規制庁は、IRRSの勧告と提言が併せて26項目あったものを、自己評価書を踏まえ31項目にブレークダウンをしている。
- これらの項目は、2017年4月7日に成立した原子炉等規制法の改正につながるべき内容を含むなど、適切にとりまとめられている。
- しかし個別の項目に対する対策を進めれば全体でよしとするべきものではなく、多くは横断的な課題として、総合的な議論が必要である。
- 規制委員会は、IRRSフォローアップミッションを2020年1月14日から21日に受け入れることとなった。
- 勧告・提言への対応状況の自己評価等を含む事前参考資料（Advance Reference Material: ARM）を本年11月4日までに提出する予定（規制委員会2019年8月2日）。

# 検査制度に関連するIRRS報告書の指摘(1)

(勧告9) 政府は、以下のために、**検査制度を改善、簡素化**すべきである。

- ✓ 効率的で、パフォーマンスベースの、より規範的でない、リスク情報を活用した原子力安全と放射線安全の規制を行えるよう、原子力規制委員会がより柔軟に対応できる。

**Performance-based**   **Less Prescriptive**   **Risk-Informed**

- ✓ 原子力規制委員会の検査官が、いつでもすべての施設と活動にフリーアクセスができる公式の権限を持てる。
- ✓ 可能な限り最も低いレベルで対応型検査に関する原子力規制委員会としての意思決定が行える。

変更された検査の枠組みに基づいて、原子力規制委員会は、等級別扱いに沿って、規制検査(予定された検査と事前通告なしの検査を含む)の種類と頻度を特定した、すべての施設及び活動に対する検査プログラムを開発、実施すべきである。

**Graded Approach**

# 検査制度に関するIRRS報告書の指摘(2)

---

## (勧告10)

原子力規制委員会は、不適合に対する制裁措置又は罰則について程度を付けて決定するための文書化された執行の方針を基準とプロセスとともに、また、安全上重大な事象のおそれが差し迫っている場合には是正措置を決定する時間を最小にできるような命令を処理するための規定を策定すべきである。

## (提言10)

原子力規制委員会は、検査、関連する評価そして意思決定に関わる能力を向上させるため、検査官の訓練及び再訓練の改善について検討すべきである。

# これまでの原子炉に対する検査制度

---

- 使用前検査 (Pre-service Inspection)
  - 燃料体検査 (Fuel Assembly Inspection)
  - 溶接検査 (Welding Safety Management Inspection)
  - 施設定期検査 (Periodic Facility Inspection)
  - 定期安全管理審査 (Periodic Facility Management Review)
  - 保安検査 (Operational Safety Inspection)
- 
- 事業者の一義的責任の不徹底
  - 複雑・細分化された検査体系
  - ハード面の検査の偏重
  - 柔軟性の低い検査の仕組み
  - 規範的、逐条的な運用
  - 主体的、継続的な安全性向上の取組を促すものになっておらず、フィードバックがない
- 
- これら全ての「検査」が新しい検査制度に統一され、2020年4月から正式にスタート
  - 現在は、このための試行段階

# 新しい検査制度の基本的枠組み

米国ROP (Reactor Oversight Process)

第1層:最終的に達成したい使命

原子力発電所における  
公衆の健康と安全の確保

第2層:使命達成に  
必要十分な目標

原子炉安全

放射線防護

安全保障

第3層:目標達成に  
必要十分な7つの  
コーナーストーン

起因事象

緩和系

バリア  
健全性

緊急時対応  
計画

従業員  
被ばく安全

公衆被ばく  
安全

核物質  
防護

横断的要素:

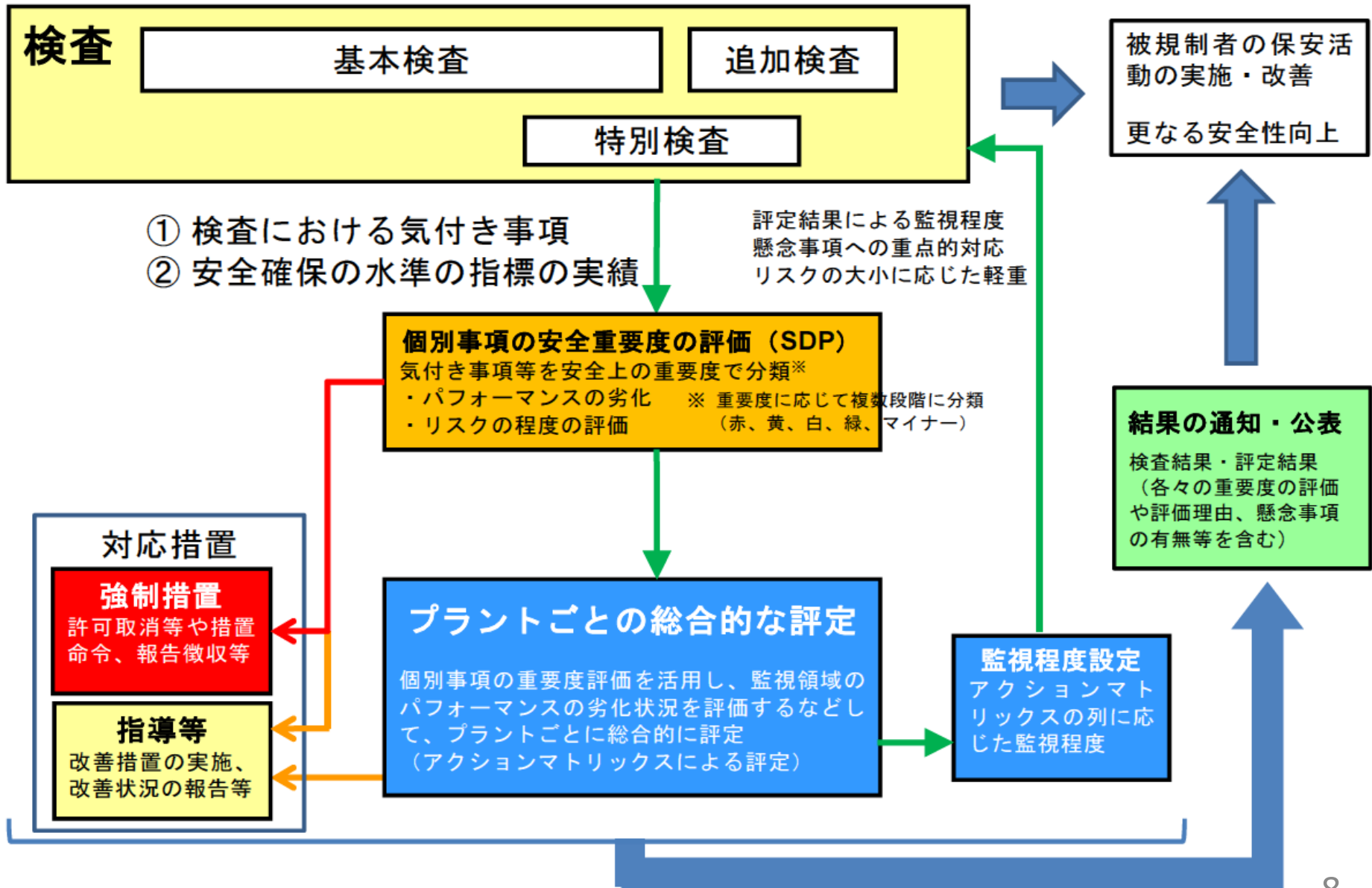
ヒューマン  
パフォーマンス

安全を重視した  
作業環境

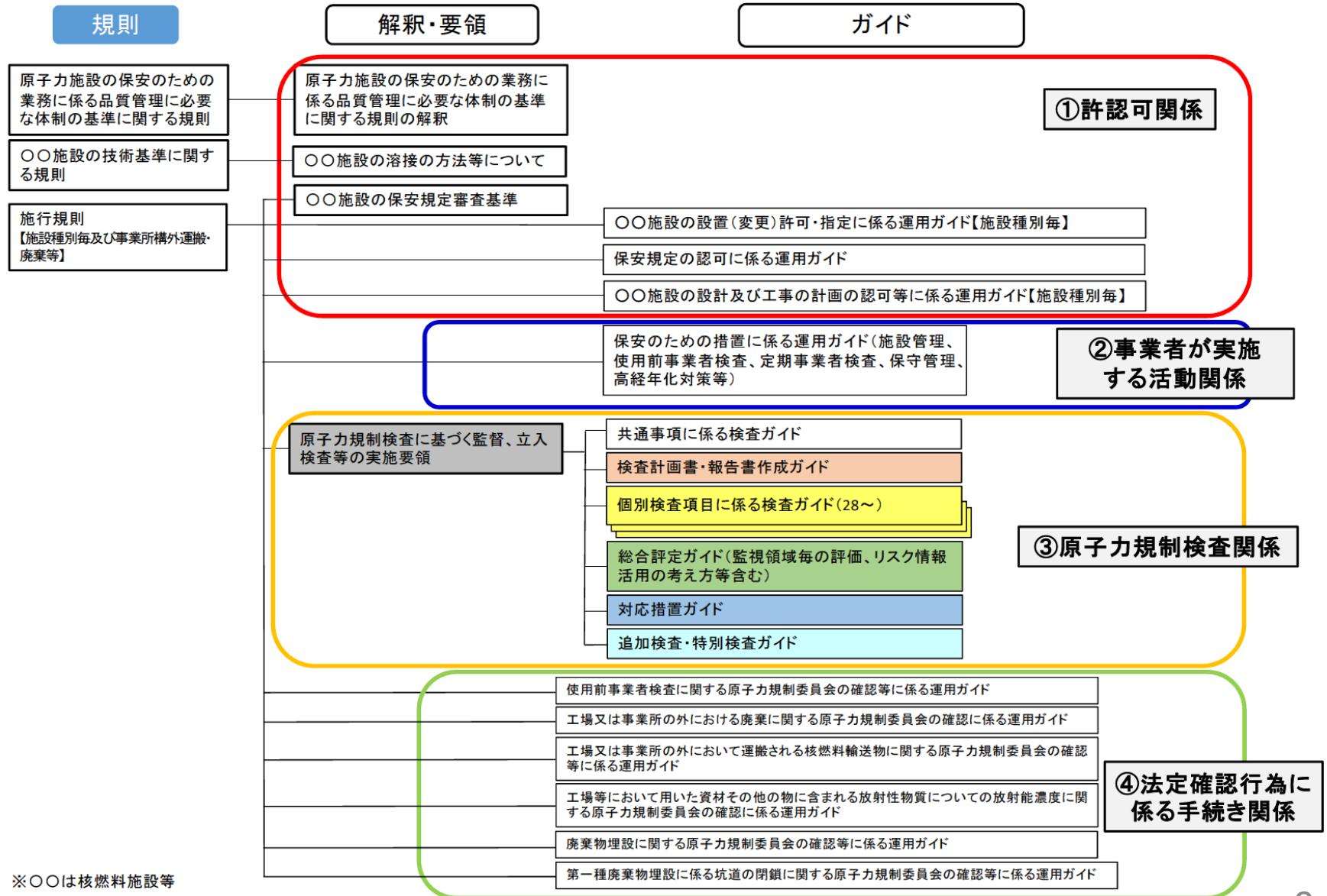
問題を発見是正  
する仕組み



# 検査制度の主なプロセス(規制から見た図)

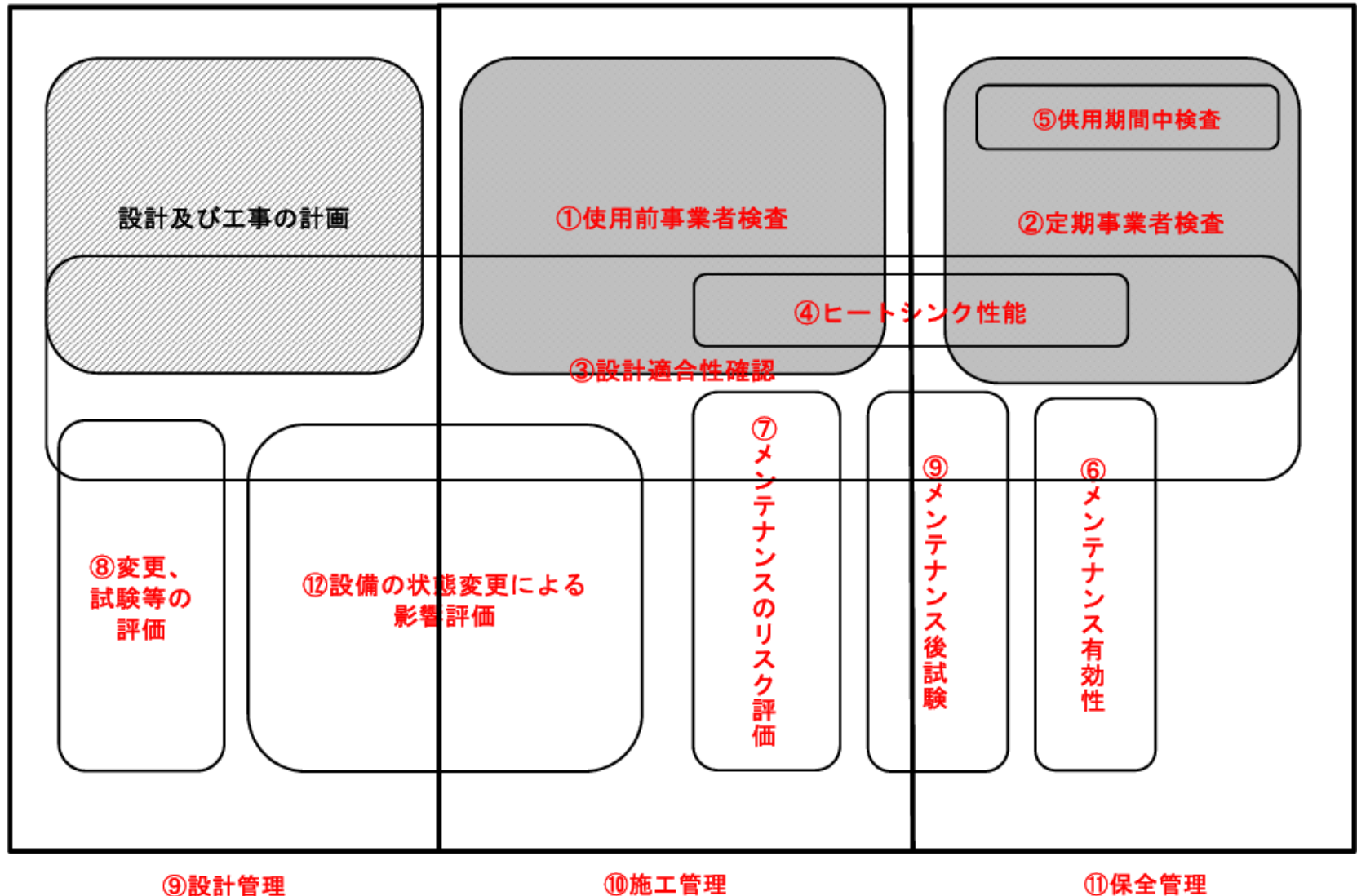


# 検査制度の規則、解釈等、ガイドの全体像



検査分野	No.						
施設管理	1	防災・非常時対応	19	BE0040	3	2019/6/17	緊急時対応組織の維持
	2		20	BE0050	3	2019/6/17	緊急時対応の準備と保全
	3		21	BE0060	2	2019/6/17	重大事故等対応要員の能力維持
	4		22	BE0070	2	2019/6/17	重大事故等対応要員の訓練評価
	5		23	BE0080	2	2019/6/17	重大事故等訓練のシナリオ評価
	6		24	BE0090	2	2019/6/17	地震防護
	7		25	BE0100	2	2019/6/17	津波防護
運転管理	8	放射線管理	26	BR0010	3	2019/6/17	放射線被ばく管理
	9		27	BR0020	3	2019/6/17	放射線被ばく評価及び個人モニタリング
	10		28	BR0030	3	2019/6/17	放射線被ばくALARA活動
	11		29	BR0040	2	2019/6/17	空気中放射性物質濃度の管理と低減
	12		30	BR0050	2	2019/6/17	放射性気体・液体廃棄物の管理
	13		31	BR0070	3	2019/6/17	放射性固体廃棄物の管理
	14		32	BR0080	2	2019/6/17	放射線監視プログラム
防災・非常時対応	15	横断	33	BR0090	2	2019/6/17	放射線モニタリング設備
	16		34	BQ0010	2	2019/6/17	品質マネジメントシステムの運用(業務遂行能力)
	17		35	BQ0040	2	2019/6/17	パフォーマンス指標の検証
	18	核燃料施設等	36	BQ0050	3	2019/6/17	事象発生時の初動対応
	19	核燃料施設等	37	BO2010	2	2019/6/17	運転管理
	20	試験研究用 原子炉施設	38	BO2020	2	2019/6/17	臨界安全管理
	21	試験研究用 原子炉施設	39	BO2030	2	2019/6/17	実験

# 施設管理に係る検査ガイド



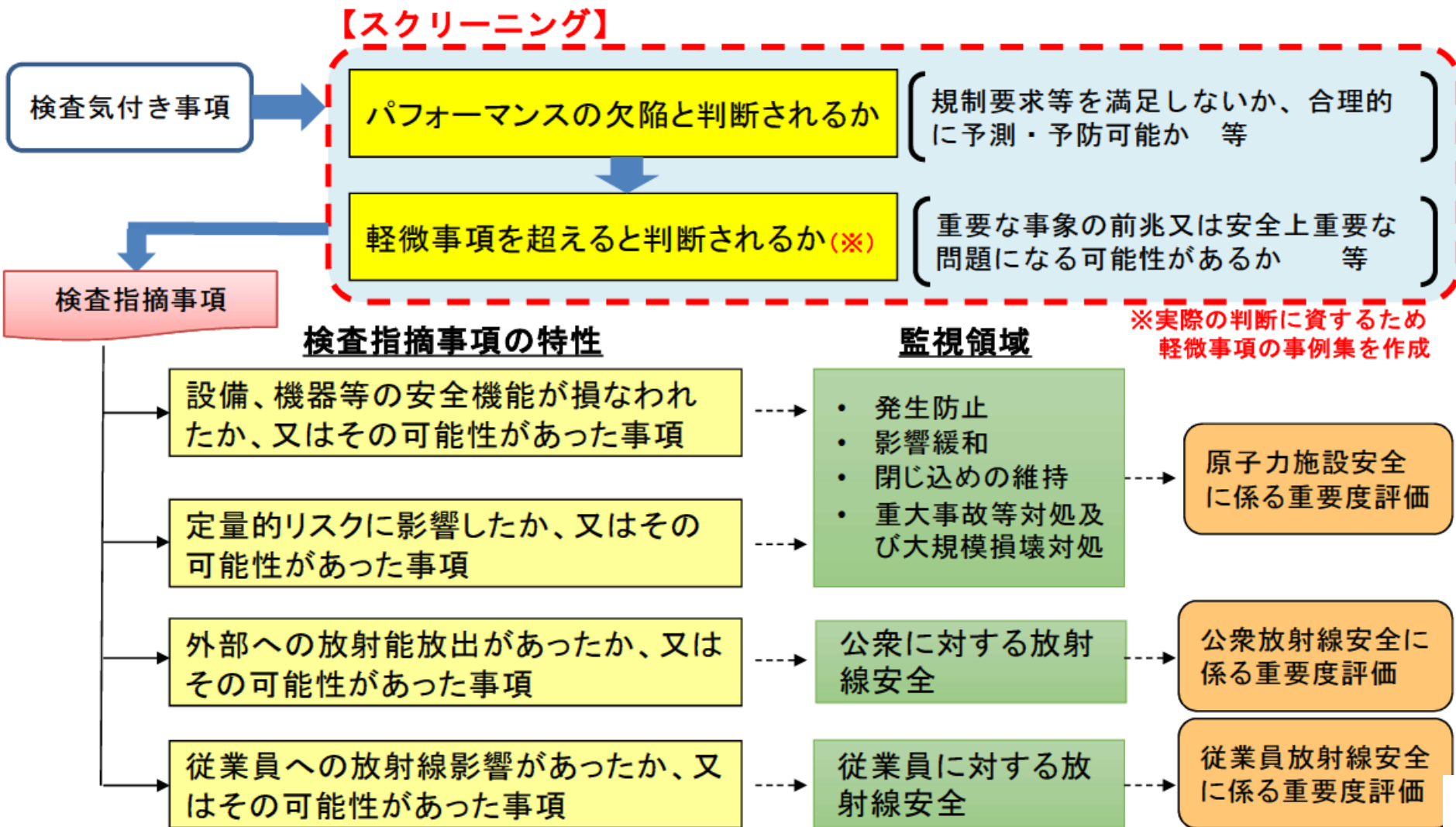
# 検査活動の重複の排除 (施設管理に係る検査ガイドの例)

## ○ 設計管理、作業管理、保全の有効性評価の関係

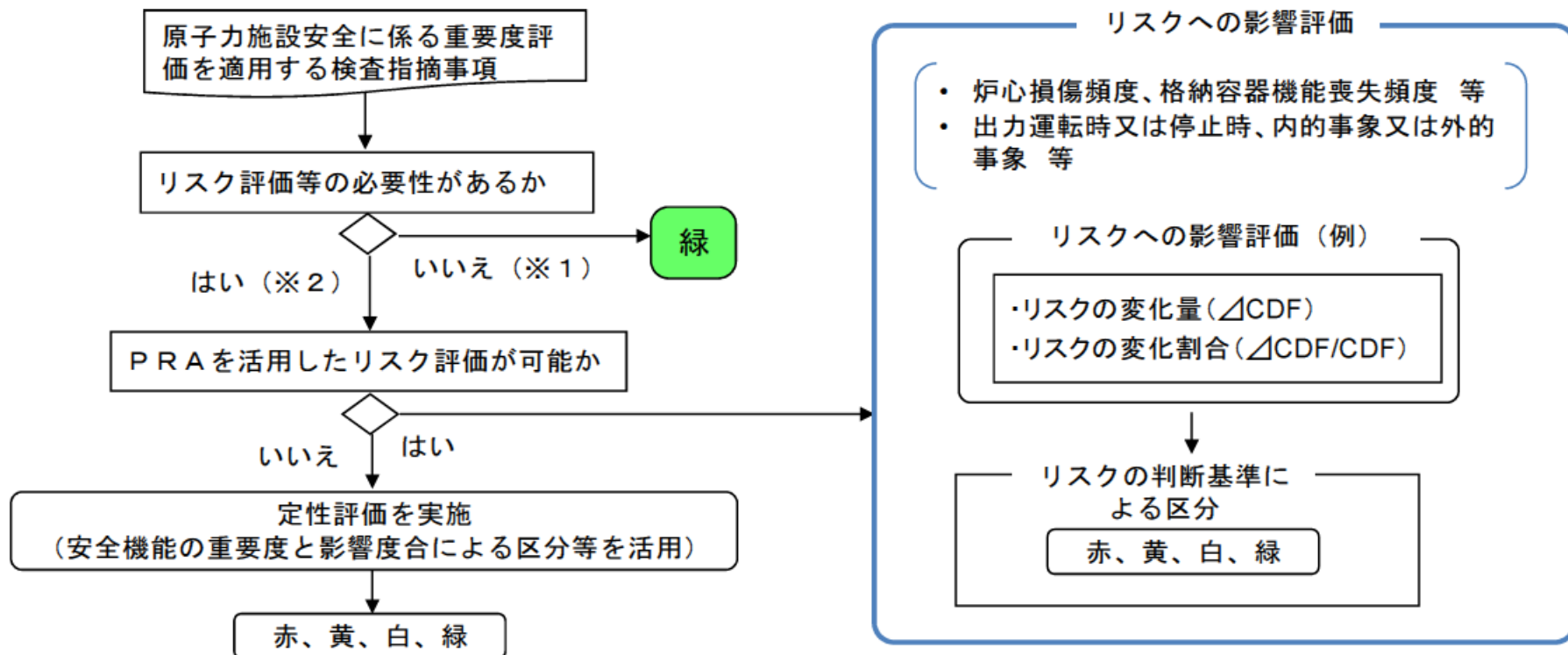
<p style="text-align: center;"><b>設計管理</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 設計計画やインプット情報</li><li>・ 設計の妥当性確認 (デザインレビュー)</li><li>・ 設計図書の管理</li></ul> <p style="text-align: right;">など</p>	<p style="text-align: center;"><b>保全の有効性評価</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 保全活動管理指標の設定、 監視、計画</li><li>・ 保全の有効性評価</li></ul> <p style="text-align: right;">など</p>
<p style="text-align: center;"><b>作業管理</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ 保全計画の策定 (重要度、対象範囲の設定含む)</li><li>・ 調達管理</li><li>・ 工事管理／現場管理</li><li>・ 点検補修結果の確認・評価 (点検手入れ前データの確認・評価含む)</li><li>・ 適合性維持確認方法</li><li>・ 保守管理の有効性評価</li></ul> <p style="text-align: right;">など</p> <p>※ 使用前事業者検査、定期事業者検査、を除く</p>	

※ 「使用前事業者検査」、「定期事業者検査」、「供用期間中検査」及び「ヒートシンク性能」は、基本的に内容の変更は行わない。「ヒートシンク性能」については、ワンスルーで見るためのガイドとして考え方を整理し、ガイド内の記載による運用にて検査活動の重複を排除しつつ、一貫して事業者活動を監視できるものとする。

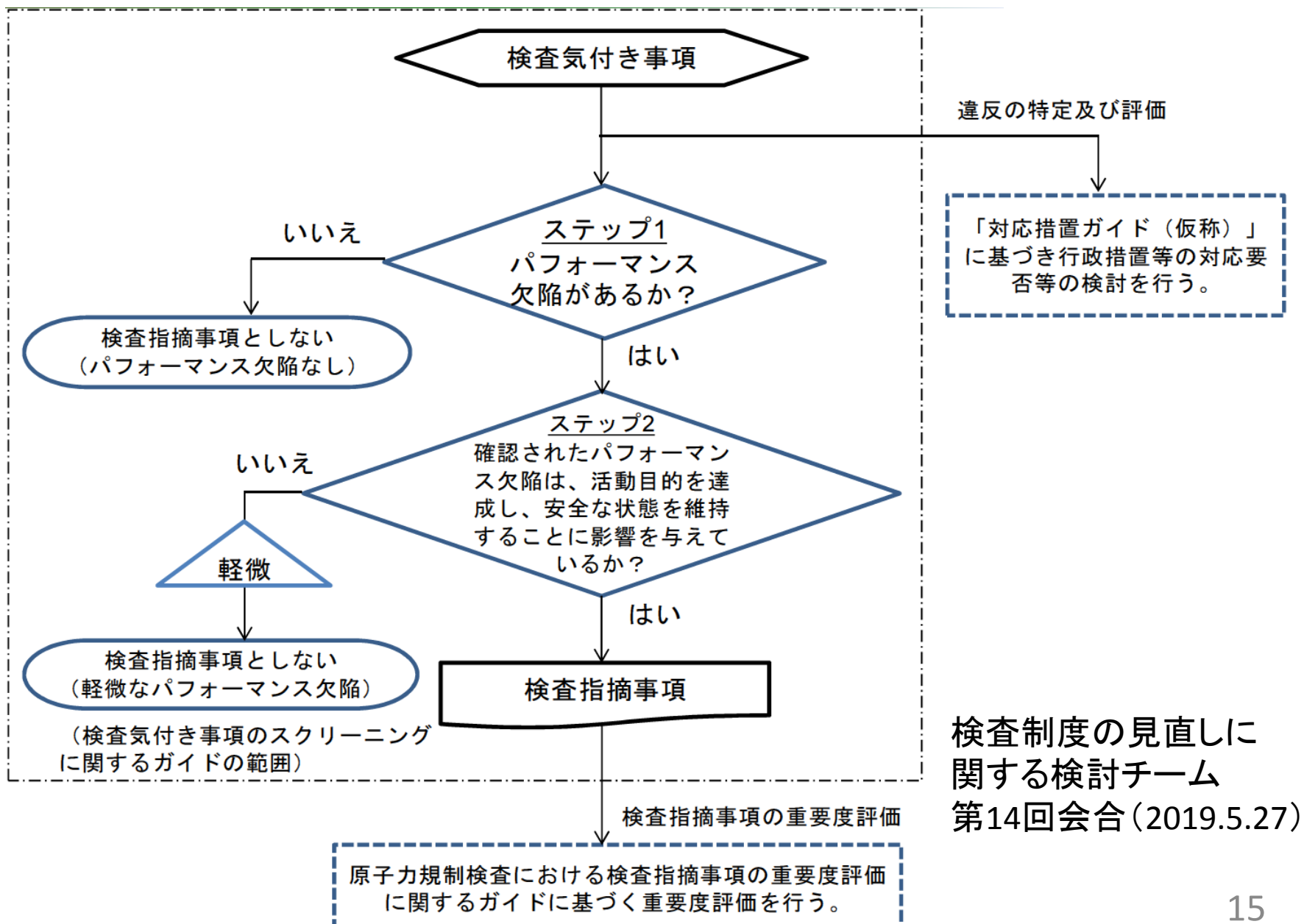
# 検査における気付き事項と重要度評価



# 検査における指摘事項と重要度評価



# 検査気付き事項、検査指摘事項とその重要度評価





# 個別事象の重要度の評価

区分	米国		日本（案）		
	定量的基準	考え方	定量的基準		考え方
			CDF	CFF	
赤	$\Delta CDF > 10^{-4}$	安全目標を基に設定。	$\Delta CDF > 10^{-4}$	$\Delta CFF > 10^{-5}$	米国の水準と我が国の議論の基礎となる性能目標（CDFが $10^{-4}$ 以下かつCFFが $10^{-5}$ 以下）を参考に設定。
	$\Delta LERF > 10^{-5}$				
黄	$10^{-4} \geq \Delta CDF$		$10^{-4} \geq \Delta CDF$	$10^{-5} \geq \Delta CFF$	
	$10^{-5} \geq \Delta LERF$				
白	$10^{-5} \geq \Delta CDF$		$10^{-5} \geq \Delta CDF$	$10^{-6} \geq \Delta CFF$	
	$10^{-6} \geq \Delta LERF$				
緑	$10^{-6} \geq \Delta CDF$		$10^{-6} \geq \Delta CDF$	$10^{-7} \geq \Delta CFF$	
	$10^{-7} \geq \Delta LERF$				

米国においては、安全目標を基にリスク評価に応じた重要度の区分を設定。

我が国においても、定量的なリスク評価を活用した場合の重要度の区分を、米国と同様、「赤」「黄」「白」「緑」の区分とし、我が国の性能目標を基に、そのレベルを設定する。

# 事業者の観点から見た検査制度

---

- ✓ 達成すべきパフォーマンス
  - ✓ 問題の特定と解決
  - ✓ 重要な事項にリソース投入
  - ✓ 事業者の活動と規制措置との関係
- 
- リスクに関する情報の客観性と優先順位決定への活用
  - CAPの知見蓄積、時間的な傾向分析
  - パフォーマンス指標やマネジメントオブザベーション
  - 設計ベース図書

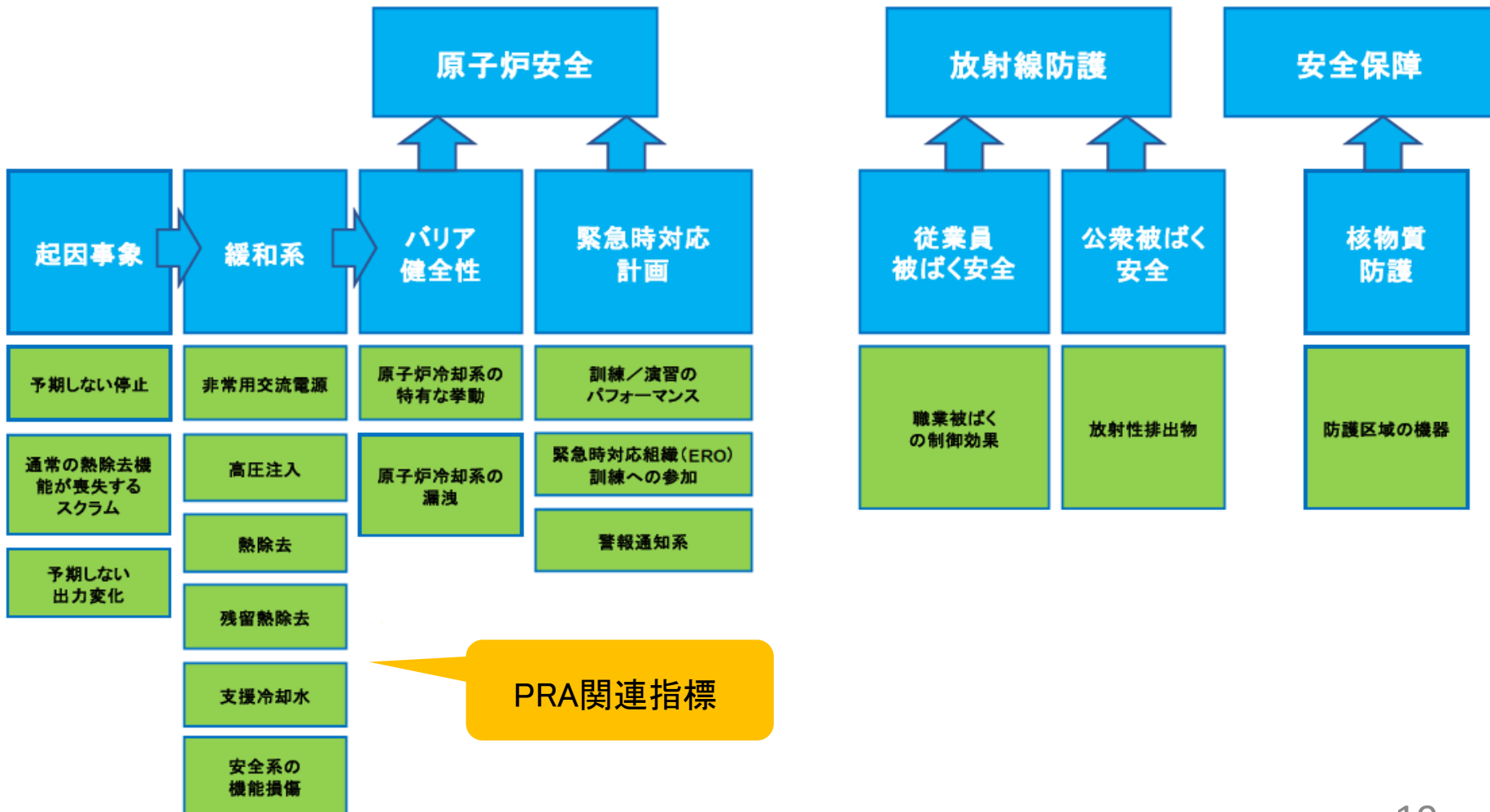
# 安全実績指標 (Performance Indicators : PI)

ATENA 19-R 01 Rev.0 (2019年6月)

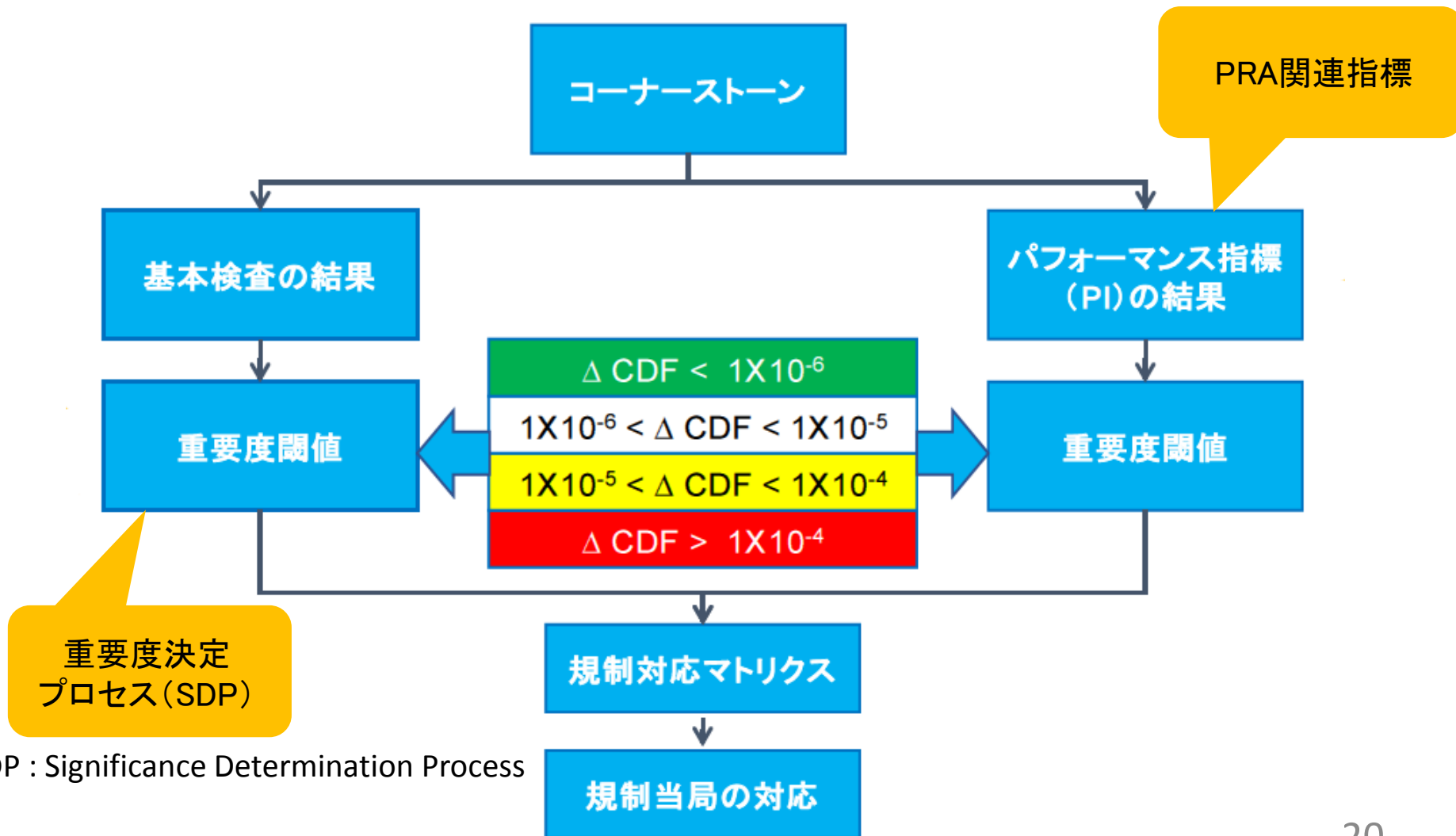
1. 発生防止
  - 7,000 臨界時間当たりの計画外自動・手動スクラム回数
  - 7,000 臨界時間当たりの計画外出力変化回数
  - 追加的な運転操作が必要な計画外スクラム回数
2. 拡大防止・影響緩和
  - 安全系の使用不能時間割合
    - 緩和系性能指標(Mitigating Systems Performance Index: MSPI)
  - 安全系の機能故障件数(運転上の制限逸脱件数)
3. 閉じ込めの維持
  - 格納容器内への原子炉冷却材漏えい率
  - 原子炉冷却材中のよう素131 濃度
4. 重大事故等対処及び大規模損壊対処
  - 重大事故等及び大規模損壊発生時に対応する要員の訓練参加割合
  - 重大事故等対策における操作の成立性
  - 重大事故等対処設備の機能故障件数(運転上の制限逸脱件数)
5. 公衆に対する放射線安全
  - 放射性廃棄物の過剰放出件数
6. 従業員に対する放射線安全
  - 被ばく線量が線量限度を超えた件数
  - 事故故障等の報告基準の国効線量(5mSv)を超えた計画外の被ばく発生件数
7. 核物質防護
  - 侵入検知器および監視カメラの使用不能時間割合

# 安全実績指標 (PI : Performance Indicator)

米国ROP (Reactor Oversight Process)



# 検査の指摘事項と安全実績指標： そのレビューと重要度の決定



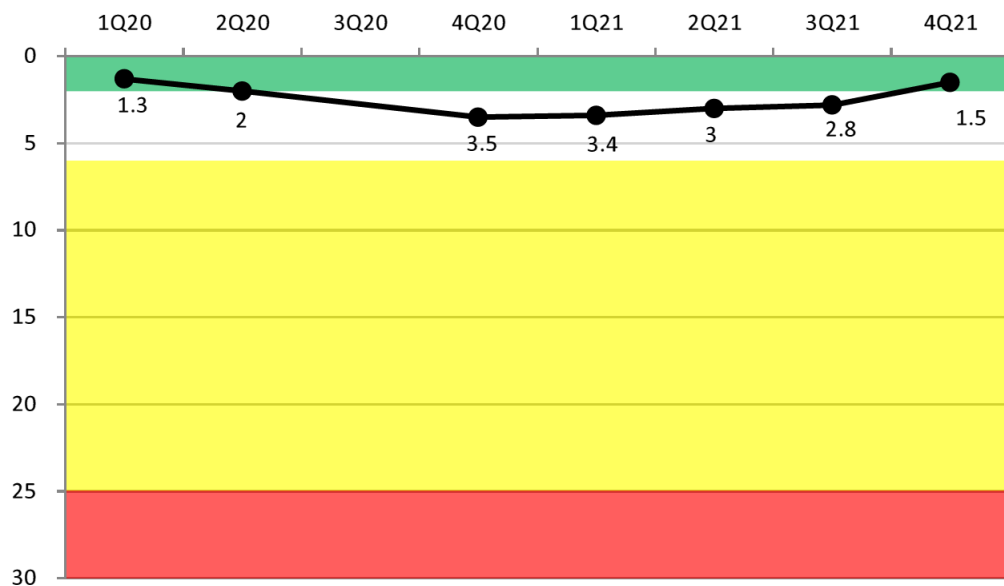
SDP : Significance Determination Process

# 安全実績指標 (Performance Indicators : PI)

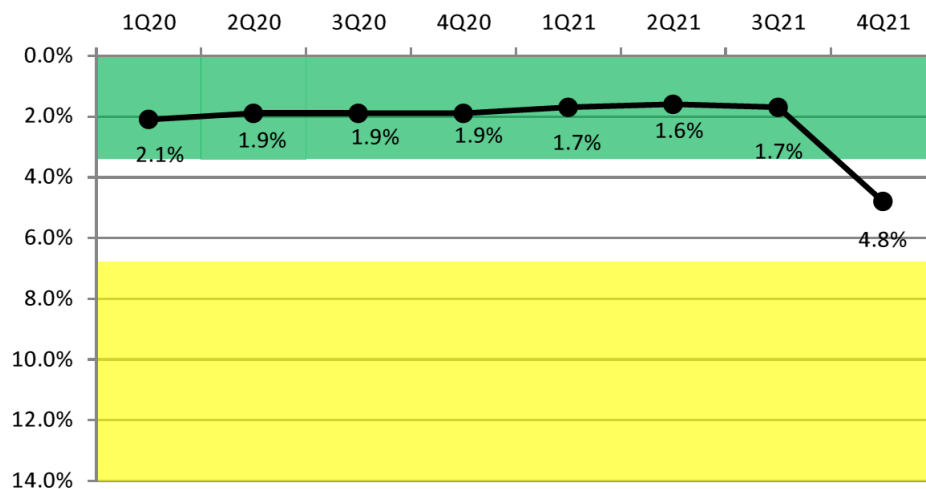
監視領域 (小分類)	安全実績指標	緑	白	黄	赤	定義等
発生防止	①7,000臨界時間当たりの計画外自動・手動スクラム回数	0~2.0	>2.0	>6.0	>25.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>過去4四半期間中の原子炉臨界7,000時間（稼働率80%/年相当）当たりの計画外スクラム（自動及び手動）の回数。</li> <li>緑/白のしきい値は、実績値の統計に基づく（平均値+2σ）。</li> <li>白/黄及び黄/赤のしきい値は米国と同一。</li> </ul>
	②7,000臨界時間当たりの計画外出力変化回数	0~2.0	>2.0	未設定	未設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>過去4四半期間中の原子炉臨界7,000時間（稼働率80%/年相当）当たりの全出力の5%を超える原子炉出力の計画外変化の回数。</li> <li>緑/白のしきい値は、実績値の統計に基づく（平均値+2σ）。</li> </ul>
	③追加的な運転操作が必要な計画外スクラム回数	0~1	>1	未設定	未設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>過去4四半期中通常のスクラム時の操作以外に追加的な運転操作が必要となった計画外スクラム回数。</li> <li>緑/白のしきい値は米国と同一。</li> </ul>

監視領域 (小分類)	安全実績指標	緑	白	黄	赤	定義等
影響緩和	④安全系の使用不能時間割合	0~3.4 %	>3.4 %	>6.8 %	未設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>過去12四半期間中の原子炉の状態（BWR：運転、起動及び高温停止、PWR：モード1,2,3,4）に発生した安全系のLCO逸脱時間が過去12四半期間中の必要待機時間に対して占める割合。ただし、非常用所内電源系については、動作可能であることが要求される上記以外の状態も対象とする。</li> <li>緑/白のしきい値は保安規定に定めるLCOを満足していない場合に要求される措置の完了時間に基づく（原子炉臨界7,000時間の想定に対する10日（240時間））。</li> <li>左記に関する対象系統が保安規定に定める重大事故等対処設備のLCO逸脱に該当する場合は、PI-⑩においてもカウントする。</li> </ul>
	⑤安全系の機能故障件数	3以下	4以上	未設定	未設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>過去4四半期に構造物、機器または系統の安全機能を妨げた、又は妨げる可能性のあった件数。（LCO逸脱件数を安全系の機能故障件数と見なす。）</li> <li>緑/白のしきい値は、実績値の統計に基づく（平均値+2σ）。</li> </ul>

### 7,000 臨界時間当たりの計画外自動・手動スクラム回数



### 安全系の使用不能時間割合 (高圧注入系)



# 安全実績指標 (Performance Indicators : PI)

監視領域 (小分類)	安全実績指標	緑	白	黄	赤	定義等
閉じ込めの 維持	⑥ 格納容器内への原子炉冷却材漏えい率	0~ 50.0 %	>50.0 %	> 100.0 %	未設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 過去4四半期に保安規定に定める格納容器内への原子炉冷却材漏えい率に関する運転上の制限に対する割合。</li> <li>・ しきい値は米国と同一。</li> </ul>
	⑦ 原子炉冷却材中のよう素131濃度	0~ 50.0 %	>50.0 %	> 100.0 %	未設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 過去4四半期に保安規定に定める原子炉冷却材中のよう素131濃度に関する運転上の制限に対する割合。</li> <li>・ しきい値は米国と同一。</li> </ul>

監視領域 (小分類)	安全実績指標	緑	白	黄	赤	定義等
重大事故等 対処及び大 規模損壊対 処	⑧ 重大事故等及び大規模損壊発生時に対応する要員の訓練参加割合	80.0% 以上	<80.0 %	<60.0 %	未設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 過去8四半期の保安規定に基づく重大事故等対処等の訓練において、原子炉施設の保全のための活動を行うために配置された要員が参加した割合。</li> <li>・ しきい値は米国の訓練参加に関するPIと同一。</li> </ul>
	⑨ 重大事故等対策における操作の成立性 (想定時間を満足した割合)	100~ 90.0%	<90.0 %	<70.0 %	未設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 過去8四半期の保安規定に基づく重大事故等対処等の訓練において、重大事故等対策における操作の想定時間を満足した割合。</li> <li>・ しきい値は米国の訓練パフォーマンスに関するPIと同一。</li> </ul>
	⑩ 重大事故等対処設備の使用不能時間割合	0~3.4 %	>3.4 %	>6.8 %	未設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PI-④と同様の定義とし、評価対象を保安規定に定める重大事故等対処設備のLCO逸脱時間とする。</li> <li>・ しきい値はPI-④と同一</li> </ul>
	⑪ 重大事故等対処設備の機能故障件数 (運転上の制限逸脱件数)	3以下	4以上	未設定	未設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PI-⑤と同様の定義とし、評価対象を保安規定に定める重大事故等対処設備のLCO逸脱件数とする。</li> <li>・ しきい値はPI-④と同一</li> </ul>



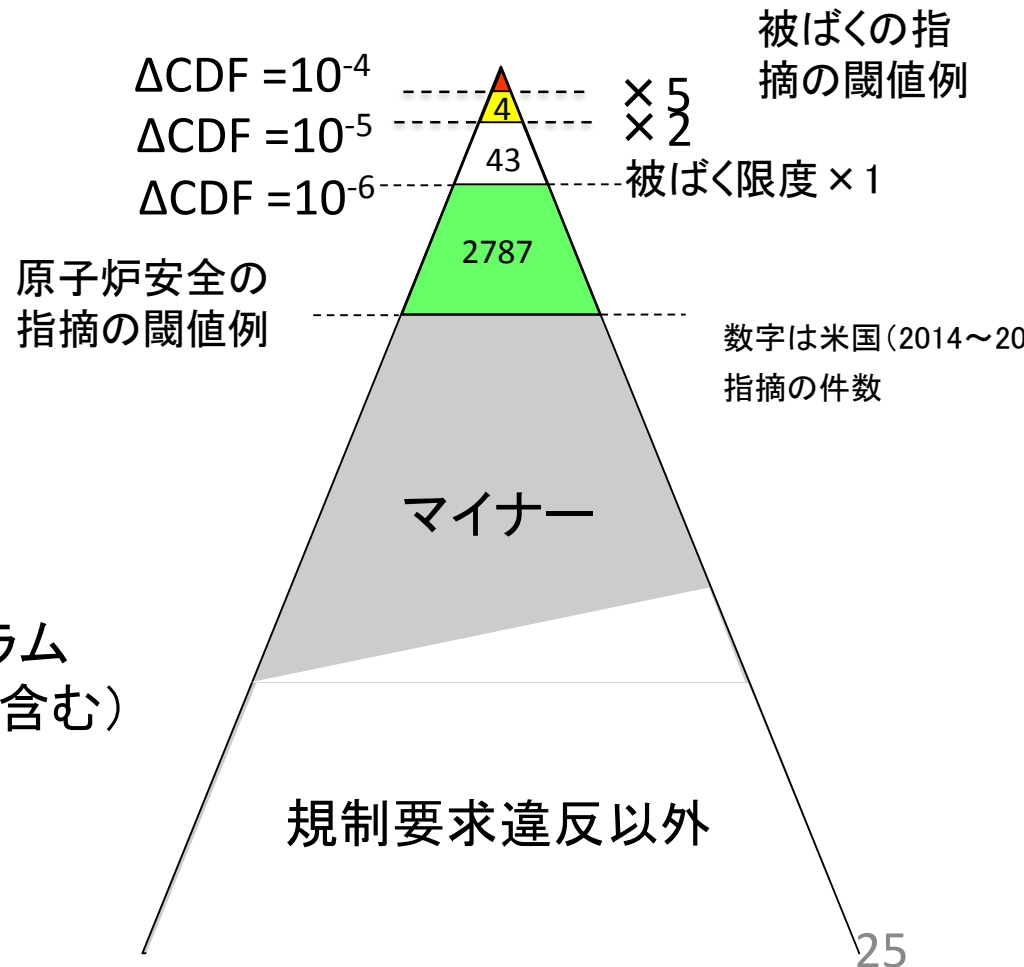
# 安全実績指標 (Performance Indicators : PI)

監視領域 (小分類)	安全実績指標	緑	白	黄	赤	定義等
公衆の放射線安全	⑫放射性廃棄物の過剰放出件数	1未満	1	2以上	未設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年度期間中に発生した保安規定に定める管理目標値を超える放射性廃棄物の過剰放出件数。</li> <li>・緑／白のしきい値は過剰放出の実績がないため、1件とした。</li> </ul>
	⑬放出時におけるモニタリング機能の喪失件数	1未満	1	2以上	未設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年度期間中に放射性廃棄物放出時にモニタリング機能が喪失した件数。</li> <li>・緑／白のしきい値は過剰放出の実績がないため、1件とした。</li> </ul>
従業員の放射線安全	⑭個人最大放射線線量及び ⑮計画外放射線影響発生件数の組み合わせ	50mSv/年以下かつ100mSv/5年以下	—	—	50mSv/年を超えるまたは100mSv/5年を超える	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年度期間中の個人最大被ばく線量</li> <li>・法令に定める「線量限度」未満の場合はなしとする。</li> <li>・100mSv/5年はH13年度を始期とする5年間とする。</li> </ul>
		1未満	1	2以上	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年度期間中に法令に定める事故報告基準となる実効線量(5mSv)を超えた件数</li> <li>・緑／白の基準値は報告の実績がないため、1件とした。</li> </ul>

# 事業者による是正措置プログラム（CAP）

CAPによる是正措置を進めることで、重要度に応じて必要となる是正がより体系的に漏れなく行われる。

- 「白」相当以上：状態と原因是正  
（原因不明なら根本原因調査）
- 「緑」相当：状態是正  
（原因不明なら原因調査・是正）
- 「マイナー」相当：状態是正
- 規制要求違反なし：個別プログラム  
（規制要求には品質保証要求を含む）



# 本セミナーを通じて、議論を深めていきたい事項

---

- 効果的、効率的に原子力安全を向上させる制度が造り上げられようとしているか。
- 米国のROPとの共通点と違いは何か。
- 規制機関と原子力事業者は同じ目的を持って、(リスク)情報を共有できているのか。
- 制度の試行は順調に進んでいるか。
- 原子力事業者と産業界における本質的な課題は何で、解決に向けた活動が進んでいるか。
- 客観性のある制度となっているか。
- 国民にわかりやすい制度となっているか。
- これらのために学会や第三者が果たすべき役割は何か。
- 新検査制度によって、原子力安全を継続的に高めることが可能となるのか。

# まとめと主な論点

---

1. パフォーマンスベースの検査制度への移行
2. リスク情報を活用した検査の課題
3. 検査制度運用の課題
4. 新検査制度によって、原子力安全を継続的に高めることが可能になるのか

# 論点1

---

## 1. パフォーマンスベースの検査制度への移行

### ✓ パフォーマンス:安全確保の実績

- 施設、設備、機器の状況
- 保安活動の結果

### ✓ 安全機能着眼型検査

- 原子力施設の設備や保安活動が、安全確保のために、本来果たすべき機能を発揮している状態かどうか

Performance-based, Less Prescriptive

⇔ Compliance-based

逐条型検査: 条文(項目、条項ごと)への適合性

# 論点2

---

## 2. リスク情報を活用した検査の課題

- ✓ 統合的なリスク情報を活用した意思決定
  - 決定論的判断・深層防護・安全裕度
  - 定性的リスク評価・定量的リスク評価
  - パフォーマンス監視、規制要求適合性
- ✓ 統合的なリスク情報を活用した意思決定
  - 内的(起因)事象、外的(起因)事象
  - PRAモデル、モデル化しにくい不確実さ・不完全さ
  - Genericなモデル化、プラントごとの個別モデル化
- ✓ 基礎的なデータ・知見の収集・検討・蓄積が必要  
自然ハザード、機器故障率、人的過誤の評価、  
フラジリティ、共通要因の寄与、火災リスク、、、

# 論点3

---

## 3. 検査制度運用の課題

- ✓ あるべき検査制度の考え方、ものの見方への習熟
- ✓ 気づきに対する認識の共有
- ✓ 事業者、産業界における自主的取り組みの進展
- ✓ プライオリティ付け、グレーデッドアプローチ
- ✓ 規制側、事業者側における人材育成
- ✓ 学協会や第三者の役割

- 以下は、日本原子力学会標準委員会からの補足資料です。



# 原子力学会におけるリスク関連標準の整備状況1

標準名	
レベル1PRA標準 (2013)	定例改定済み。停止時PRAとの合体を計画。
レベル2PRA標準 (2016)	シビアアクシデントの最新知見を反映し改定済み。現在、地震L2PRAへ拡張改定中。
レベル3PRA標準 (2018)	米国新知見を反映し、境影響評価を追加し改定済み。
停止時PRA標準 (2018)	米国標準整合、SFPのPRAを追加し改定済み。
PRA用パラメータ推定標準 (2015)	米国標準整合、活用事例の追加で、改定済み。
地震PRA標準 (2015)	震災の知見を反映、標準化できない課題は研究動向を解説、地震起因事象の機器・構造物の脆弱性を規定により、改定済み。新知見反映で改定中。
津波PRA標準 (2016)	地震と津波の重畳PRAで改定済み。適用事例集も制定。

# 原子力学会におけるリスク関連標準の整備状況2

標準名	
内部溢水PRA標準 (2012) 内部火災PRA標準 (2014)	地震起因内部溢水・内部火災のPRA手法を調査しまとめ終了。
PRA共通用語定義標準 (2018)	PRA以外のリスク評価手法の追加に伴い、改定済み。
PRA品質確保標準 (2013)	PRAピアレビュー、専門家判断を中心に策定済み。
外部ハザード評価方法選定標準 (2014)	外部ハザードの特性にふさわしいリスク評価方法を選定する標準を策定。併せて、リスク評価手法の説明の手引きも策定。
核燃施設リスク評価標準 (2017)	再処理施設、加工施設のリスク評価方法の標準を策定。

# 原子力学会におけるリスク関連標準の整備状況3

IRIDM標準(新規:現在、公衆審査中)

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

