

原子力発電所の新検査制度について

令和元年12月5日

シンビオ社会研究会 藤井有蔵

現状の主な規制検査(審査)

原子力発電開始当初、規制検査はハード面の検査(設備を対象)が行われたが、プラントで重大な事故や検査データの改ざん等が発生したことを踏まえ、ソフト面の検査(保安活動を対象)を追加した。

| | 建設段階 | | 運転段階 | | 廃止段階 |
|------|----------|-----------|----------|---------|-------|
| | 建設中 | 試運転中 | 供用運転中 | 停止中 | 廃止措置中 |
| 事業者 | ●溶接事業者検査 | | ●定期事業者検査 | | |
| 規制機関 | 溶接安全管理審査 | | 定期安全管理審査 | | |
| | ●使用前検査 | | | ●施設定期検査 | |
| | | ●燃料体検査 | | | |
| | | 保安検査/保安調査 | | | |

●：ハード検査

ではあるが、以下のような状況が生じている。

- 検査内容の充実が図られたが、多種の検査が実施される状態となった
- 段階ごとに、異なる規制検査が実施され、同じ段階でも複数の種類の検査が行われる場合がある
- 規制機関と事業者が行う、検査（審査）が混在(赤枠)
- 燃料体検査は、電気事業者ではなく燃料製造事業者が検査を受ける仕組み

施設定期検査(設備を対象)

- 定期的に、電気事業者が設備の点検・整備を行い、設備の健全性確認（設計されたとおりに機能するか）のための定期事業者検査を実施。そのうち重要な設備について規制機関が施設定期検査で同様の検査を行う。
- 検査手順、検査項目、合格基準等をあらかじめ定められている。
- 重要な設備を対象としているが、実際の運用の中でその設備がどの程度原子炉の安全性対し重要か(炉心の損傷に影響する)が明確でない。
- 施設定期検査の充実を図るため健全性確認までのプロセスも検査対象とした。

定期安全管理審査(保安活動を対象)

- 電気事業者の定期事業者検査の以下の実施体制について審査
 - ・ 実施に係る組織
 - ・ 検査の方法
 - ・ 検査に係る工程管理、記録の管理、教育訓練
 - ・ 検査に協力する事業者の管理



規制機関の検査と事業者の検査とが重なる部分がある。
両規制検査の間でも区分するのが難しい部分がある。

検査制度の課題に対するこれまでの改善の方向性と対応

●2002年 検査の在り方に関する検討会中間とりまとめ「検査制度見直しの方向性」

- ①品質保証活動の充実 ⇒ 前述の定期安全管理検査の導入
- ②抜き打ち的手法の導入 ⇒ 保安検査等で実施
- ③定量的なリスク評価の活用 ⇒ 課題が残っている
- ④安全確保水準(パフォーマンス)の評価に応じた検査の適用⇒課題が残っている
- ⑤基準・規格の整備等 ⇒ 民間規格の活用

●2006年 検査の在り方に関する検討会「原子力発電施設に対する検査制度の改善について」

- ①「保全プログラム」に基づく保全活動に対する検査制度の導入
 - ②安全確保上重要な行為に着目した検査制度の導入
 - ③根本原因分析のためのガイドラインの整備
 - ④総合評価の実施による安全確保の充実
- } 継続取り組み中。

●2007年 総合規制評価サービス(IRRS)

当時の規制機関が国際原子力機関(IAEA)の総合規制評価サービス(IRRS)を受けて、その中で検査についても以下の指摘があり、一部については実施しているが、2011年の福島第一事故で対応の中で対応が遅れていた。

- ①(勧告7)検査官にいつでも検査する権限を持たせる(フリーアクセス)
- ②(提言14)より柔軟性をもった検査プロセス
- ③(提言8)不十分な運転性能の場合でも停止できる権限の根拠を明確化
- ④(提言15)他の原子力発電所で得られた経験にもとづき検査プログラムを修正する
- ⑤(提言16)メーカーや製造会社などの品質保証プログラムの検査を含める

●2016年 IRRS

再度IAEAのIRRSを受け、その報告が2016年4月に出されたが、検査に関する複数の課題が指摘された。

勧告9

○検査制度を改善、簡略化すべき

- ・ **効率的、パフォーマンスベース**、より **規範的でない、リスク情報を活用**した規制
- ・ 検査官に、いつでも施設と活動に **フリーアクセスができる公式の権限**を持たせる
- ・ 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ようにする

○変更された検査の枠組みに基づいて、等級別扱いに沿って、**規制検査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

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。

- **リスク情報の活用**：安全（炉心の損傷等）への影響度に関する情報を重視して、保安活動や規制活動をおこなう。
- **パフォーマンスベース**：安全確保の実績の重視。 **定量化できる実績が、望ましいものとなっているか**に基づいて **規制の判断**が行われる。
定量的な指標として **安全実績指標(PI)**がある。
対比概念の「**規範的な規制**」は、**事前に定められた方法**に従ったものであるかを重視。
- **対応型検査**：あらかじめ検査時期や検査項目を定めて実施する計画検査に対し、**検査で指摘した事項、原子力事業者等の活動又は事象の実施状況に応じて、都度実施**する検査。

(1)事業者の一義的責任の不徹底

- ・事業者が自らが適合性を確認して安全を確保する責務が明確化されていない。
- ・燃料体検査は燃料体製造事業者が受験する運用であるので電気事業者の責任が明確でない。

(2)複雑・細分化された検査体系

- ・検査の種類の細分化(建設、運転、廃止の各段階、ソフトとハード、工程ごと)
- ・検査の種類による不統一（事業者と規制機関両方の検査/規制機関のみの検査）
- ・品質保証に係る検査の重複、細切れ化

(3)ハード面の検査の偏重

使用前検査、燃料体検査、施設定期検査。

(4)柔軟性の低い検査の仕組み

法律の条文に検査の種類、検査時期、検査範囲、検査項目等が規定され、決められた時期に、決められた範囲について、決められた項目の検査を実施する仕組みとなっている。

(5)有効かつ効率的な検査手法の導入の必要性

検査が規範的な運用になりがちであり、より柔軟に重点化すべき事項を抽出し、効果的に規制検査を進める手法（リスク情報の活用、事業者の保安活動による安全確保の実績(パフォーマンス)の反映等）を取り入れる必要がある。

(6)検査の結果と行政上の措置

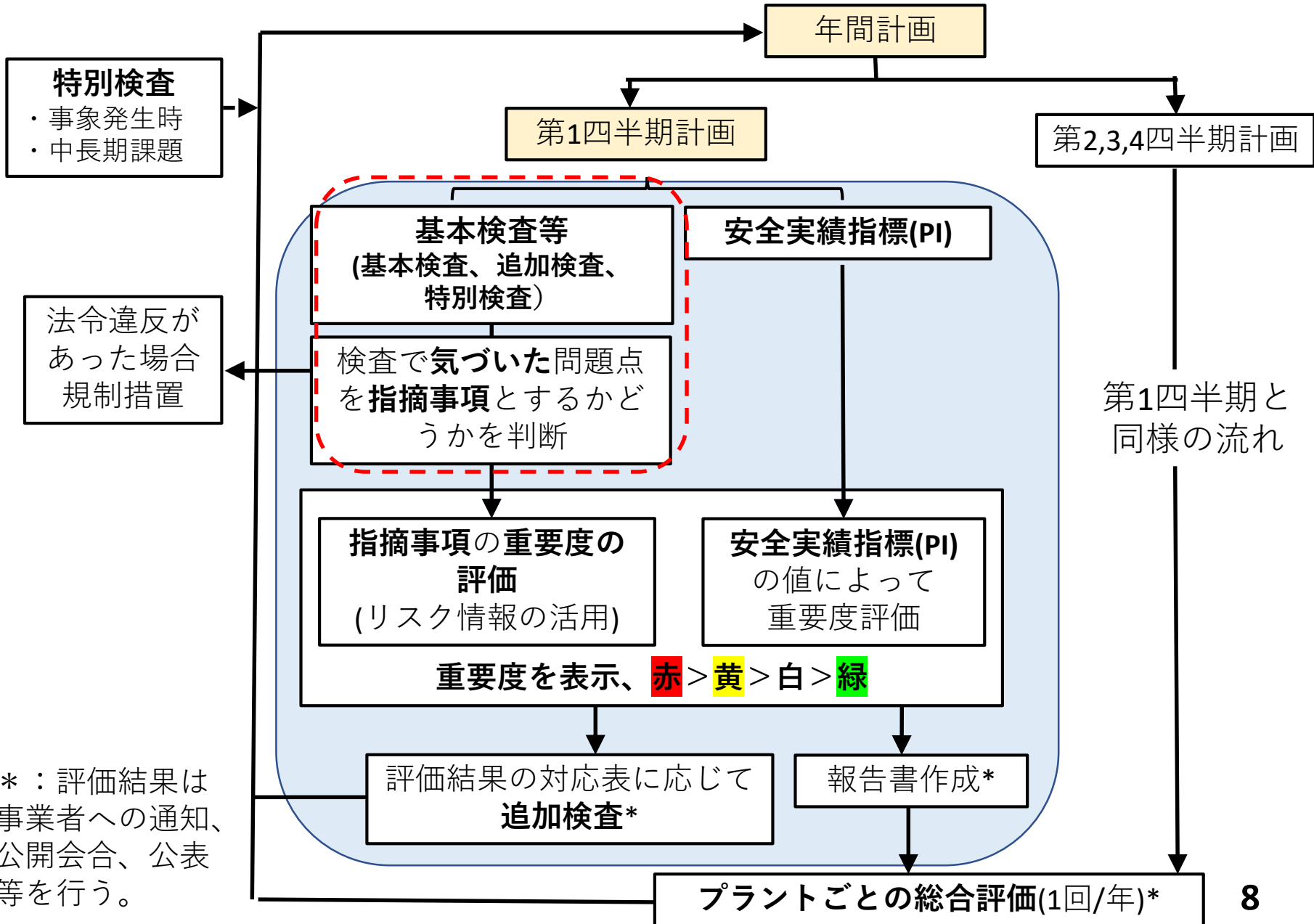
事業者の保安活動全般に対し、主体的、継続的な安全性向上の取り組みを促すものとなっていない。

- これまでの我が国の検査制度の課題を再点検し、IRRSの勧告を踏まえて、検査制度の見直しを検討する中で、**欧米の検査制度を調査**
- 結果として**米国での運転段階の原子炉監視プロセス(ROP)**が、原子力発電所の安全性向上に対して、有効な規制システムとして実績をあげており、この体系的な検査の仕組み(下記)をベースに我が国の検査制度の改善を行うこととした。

米国の検査制度

- ①潜在的なリスクが高いものに注目した検査
- ②客観的な**安全実績指標(PI)**と**検査の指摘事項**により安全確保の**状況**を評価し、それに**応じた規制対応**（規制検査、追加規制措置等）を決定するプロセス。
- ② **PI及び検査は施設の運転の安全性を示す基本分野**（コーナーストーン：起因事象、緩和系、バリアの健全性、緊急時対応等）で整理されている。
- ③ 評価結果の決定にあたり、被規制者と規制者間での**意見交換、情報共有等**がなされていること。
- ④ **不必要な規制の負荷**（規制側、事業者側）を**軽減**している。

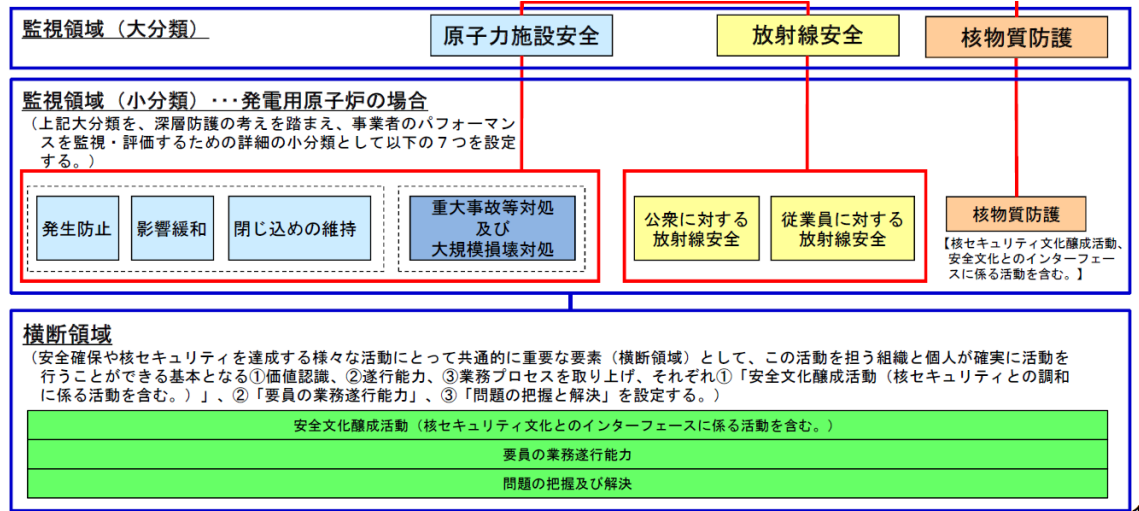
新検査制度における検査・評価の流れ



*：評価結果は事業者への通知、公開会合、公表等を行う。

基本検査

●基本検査は**安全上重要な幅広い領域「監視領域」**
(米国のコーナーストーンに対応) に対して実施。



●検査項目は「**基本検査分野**」の中から適切な具体的な検査項目を柔軟に選択。

基本検査分野

- 監視領域 (7項目)
- 横断分野 (3分野)

| 監視領域 | 被規制者の保安活動 | 設計 | 掘削・施工 | 保守管理 | 運転管理 | 燃料管理 | 火災防護・内部溢水 | 重大事故等対処・大規模損壊対処・非常時の措置 | 放射性廃棄物管理 | 放射線管理 | 品質保証活動 | 核物質防護 |
|--|-----------|----|-------|------|------|------|-----------|------------------------|----------|-------|--------|-------|
| 発生防止 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | ○ | |
| 影響緩和 | | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | | | | ○ | |
| 閉じ込め維持 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | ○ | |
| 重大事故等対処及び大規模損壊対処 | | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | | | ○ | |
| 公衆に対する放射線安全 | | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | |
| 従業員に対する放射線安全 | | ○ | ○ | ○ | | | | | | ○ | ○ | |
| 核物質防護【核セキュリティ文化、安全文化とのインターフェースに係る活動を含む。】 | | | | | | | | | | | | ○ |
| 安全文化醸成活動 (核セキュリティとのインターフェースに係る活動を含む。) ※ | | | | | | | | | | | ○ | ○ |
| 要員の業務遂行能力※ | | | | | | | | | | | ○ | |
| 問題の把握及び解決※ | | | | | | | | | | | ○ | |

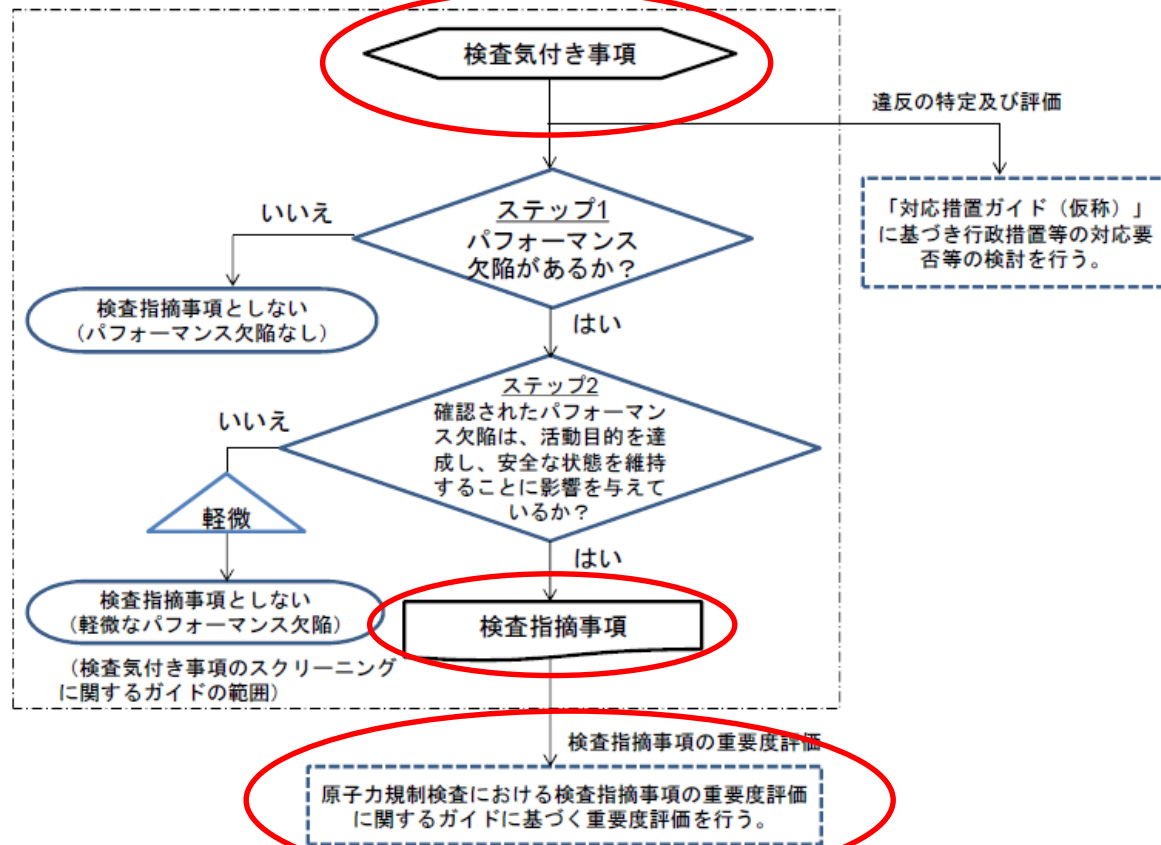
※3つの横断領域の視点は、何れも品質保証の範囲に含まれるため、品質保証活動を通して全ての保安活動の視点となる。

検査気付き事項のスクリーニングフロー

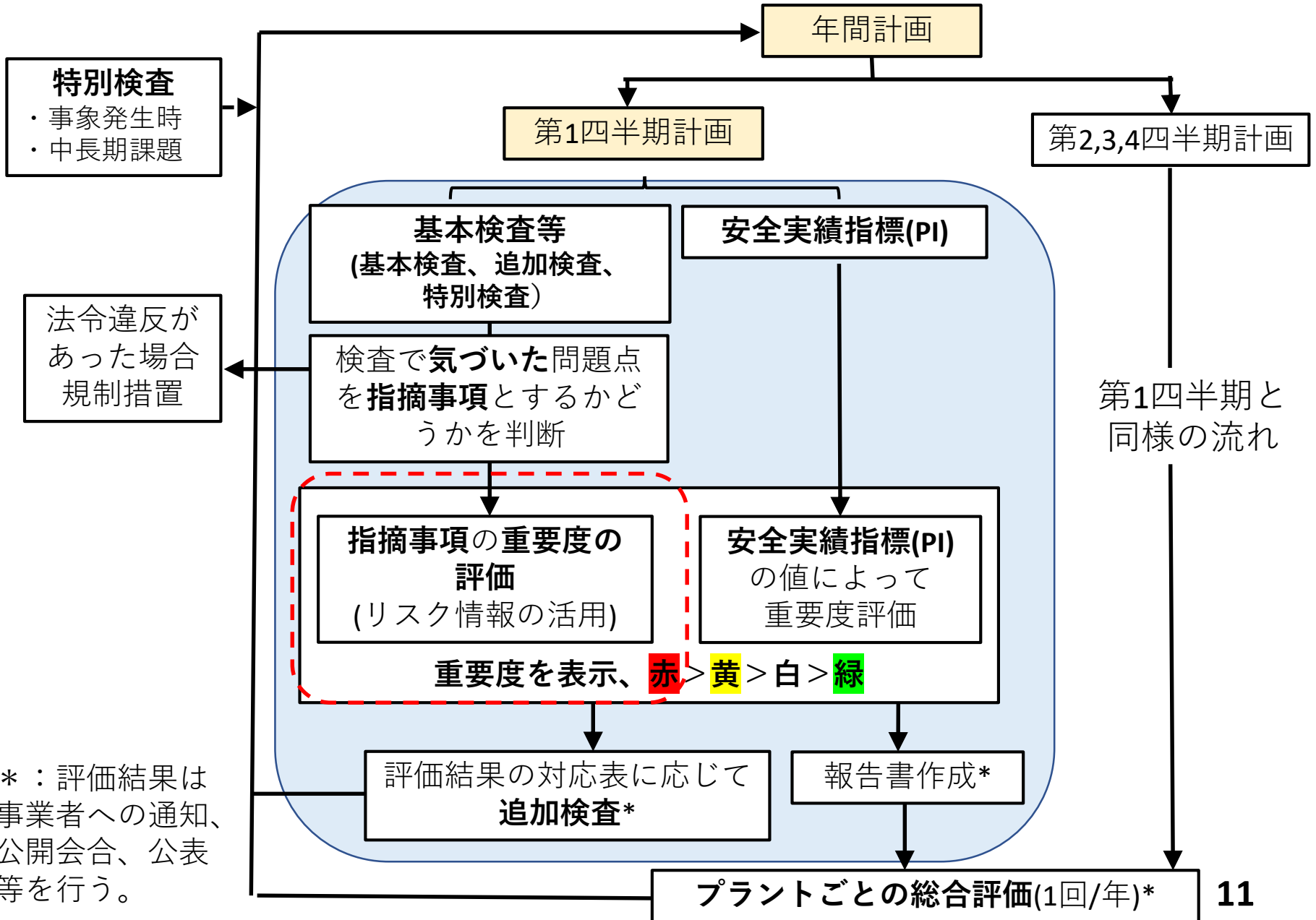
気付き事項が**パフォーマンス欠陥**によるものか、そして安全な状態を維持するのに**影響を与えている**かで**7項目の監視分野に対する検査指摘事項**とするかどうかを判断

パフォーマンス欠陥

事業者の**原子力安全を維持、確保**するための対応が、行うべき対応どおりに**実施できていない状態**。（例えば、設備等の性能の管理値を下回っている状態が放置されていた場合には、対応する点検の不備）を指す。



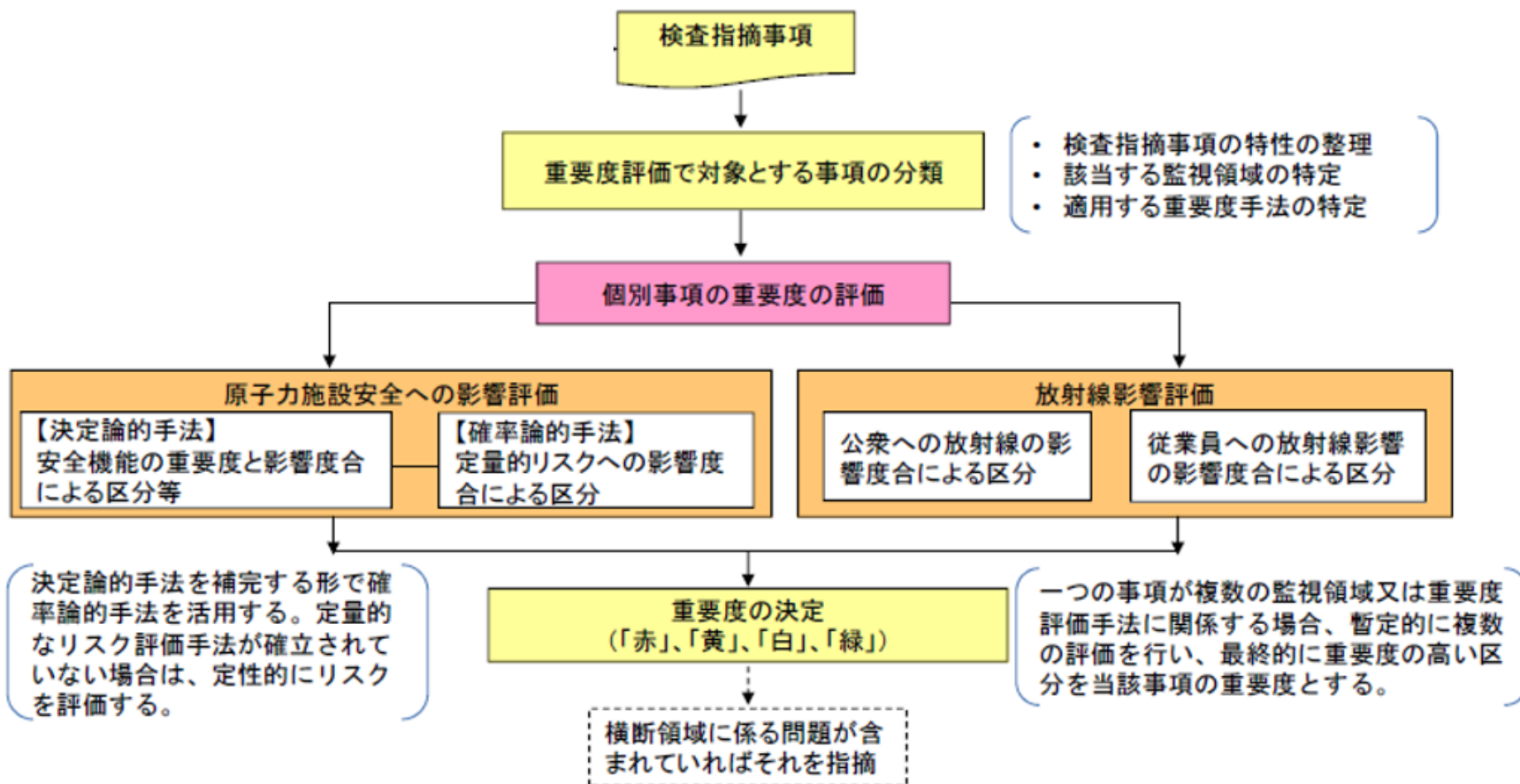
新検査制度における検査・評価の流れ



*：評価結果は事業者への通知、公開会合、公表等を行う。

重要度評価の流れ

- 個々の検査指摘事項に対して該当する監視領域を特定した上で重要度の評価を実施し、重要度を評価する。
- 評価の視点として、原子力施設安全、公衆に対する放射線安全及び従業員に対する放射線安全に関する影響評価を設定する。



確率論的手法

定量的評価の手法として確率論的リスク評価（PRA）を活用して、指摘事項による**炉心損傷頻度(CDF)**及び**格納容器機能喪失頻度(CFF)**の増分を求め、その増加量により重要度を区分（**緑**、**白**、**黄**、**赤**）する。

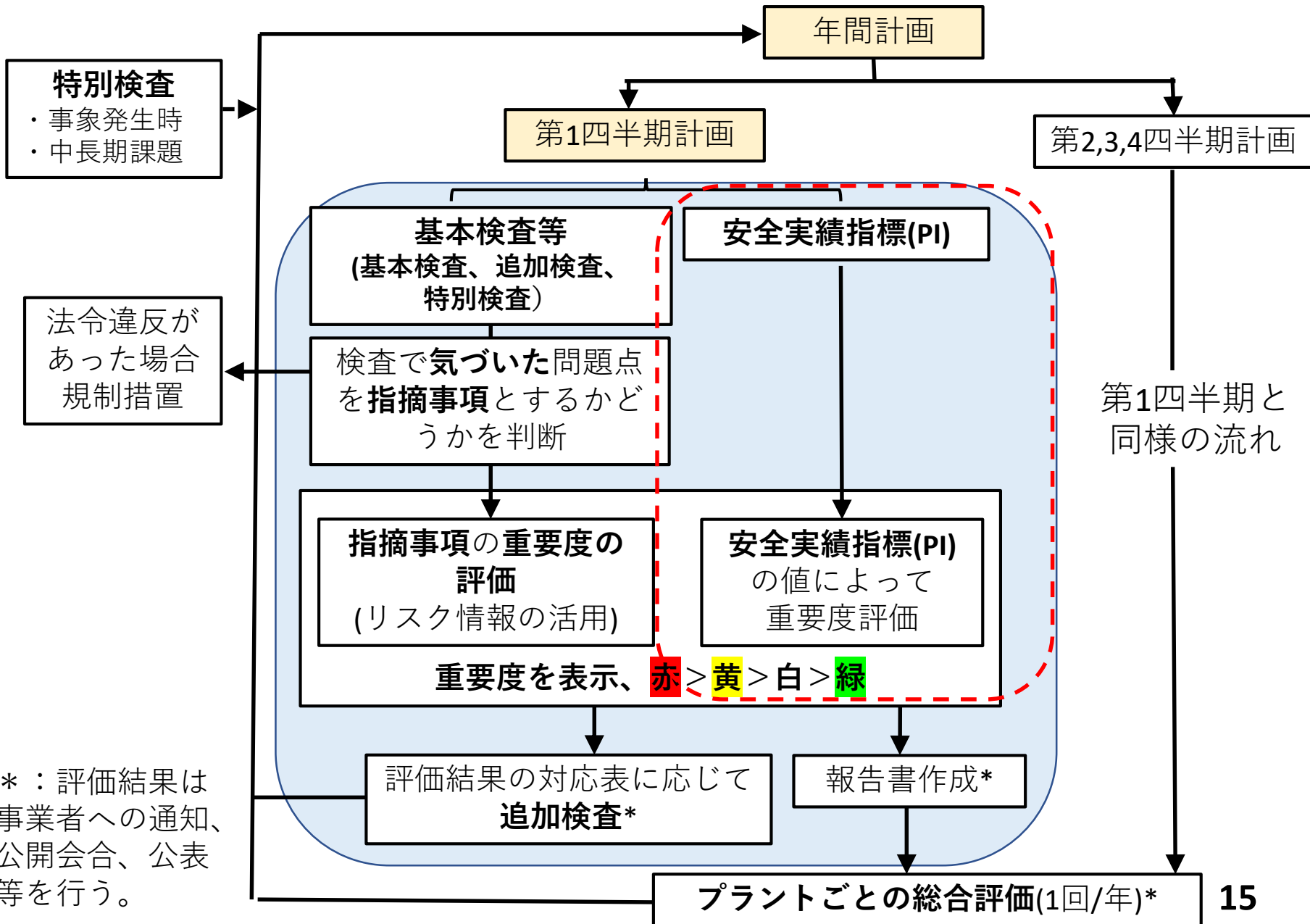
| 区分 | 重要度の水準（検討中） | 定量的基準 | |
|----|---|---------------------------|---------------------------|
| | | 炉心損傷頻度 (CDF) | 格納容器機能喪失頻度 (CFF) |
| 赤 | 安全確保の機能・性能への影響が大きく、施設の使用などが許容できない水準 | $\Delta CDF > 10^{-4}$ | $\Delta CDF > 10^{-5}$ |
| 黄 | 安全確保の機能・性能への影響があり、安全裕度の低下が著しい水準 | $10^{-4} \geq \Delta CDF$ | $10^{-5} \geq \Delta CDF$ |
| 白 | 安全確保の機能・性能への影響があり、安全裕度の低下は小さいものの、規制関与のもとで改善を図るべき水準 | $10^{-5} \geq \Delta CDF$ | $10^{-6} \geq \Delta CDF$ |
| 緑 | 安全確保の機能・性能への影響があるが、限定的かつ極めて小さなものであり、事業者の是正プログラムにより改善すべき水準 | $10^{-6} \geq \Delta CDF$ | $10^{-7} \geq \Delta CDF$ |

定性的なリスク評価の視点(例)

安全に関する要素についての達成状態を踏まえ点数化
定性的評価において考慮する要素(例)

- 深層防護への影響
- 安全余裕に与える影響
- 他の設備、機器等への影響の範囲
- 故障した又は使用できない設備、機器等の劣化の程度
- 事象又は故障の継続期間
- 回復操作がパフォーマンスの欠陥の軽減に寄与した程度又は可能性
- その他(影響を受けた設備、機器等の安全機能の重要度及び影響度合いなど)

新検査制度における検査・評価の流れ



* : 評価結果は事業者への通知、公開会合、公表等を行う。

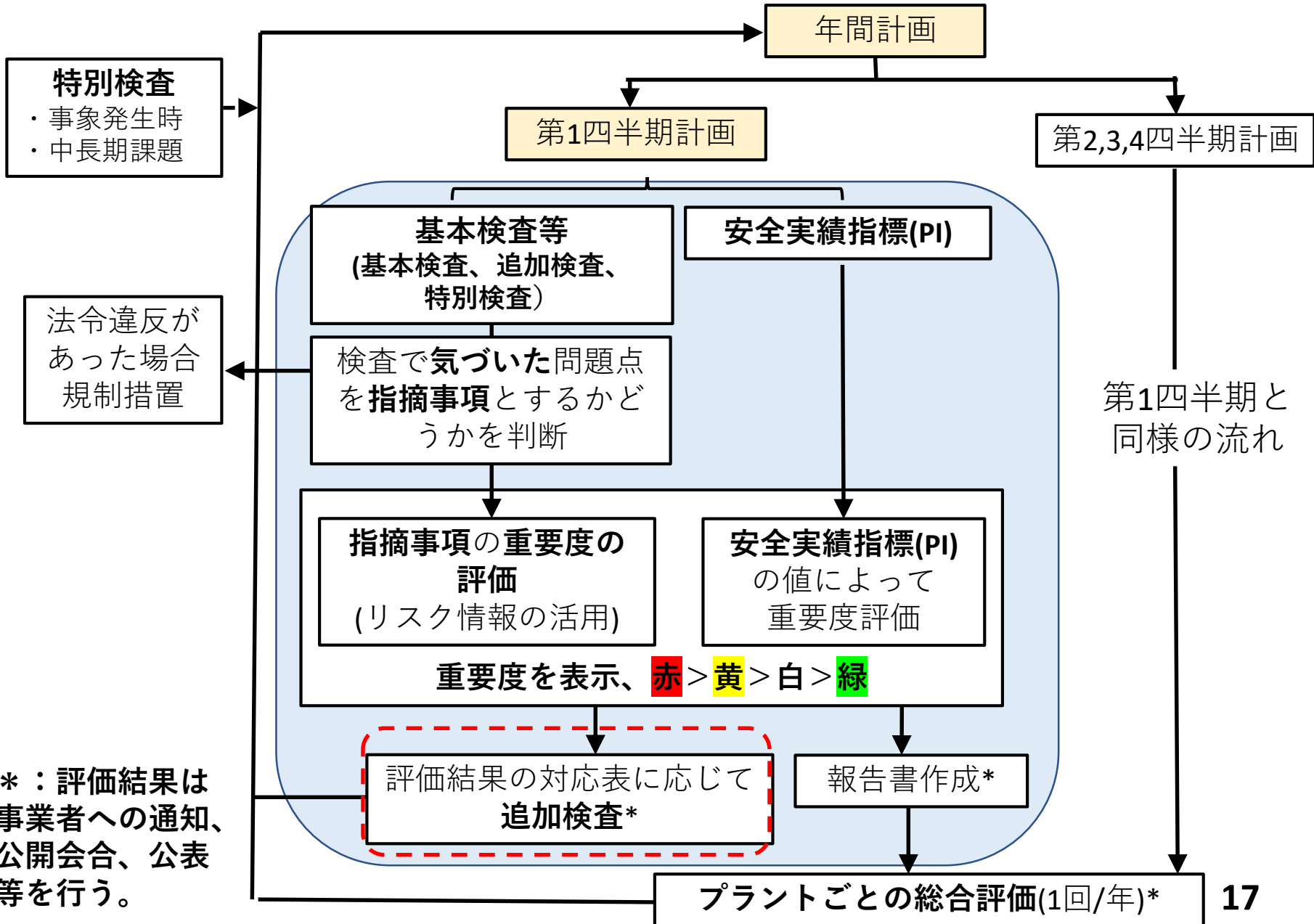
安全実績指標（PI：Performance Index）の例

- 7項目の監視領域について具体的な安全実績指標（PI）を設定。
- 実績のPIの値と基準値との比較で重要度評価（**赤**、**黄**、**白**、**緑**）を行う。

| 監視領域 | | PI | 緑 | 白 | 黄 | 赤 | |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------|----------|---------|--------|---------|-----|
| 原子力安全 | 発生防止 | ①7000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 | |
| | | ②7000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 | |
| | | 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 | |
| | 影響緩和 | ④安全系の使用不能時間割合 | | | | | |
| | | 炉心冷却機能 | 非常用炉心冷却系 | 0~3.4% | >3.4% | >6.8% | 未設定 |
| | | 原子炉停止後の除熱機能 | 残留熱除去系 | 0~3.4% | >3.4% | >6.8% | 未設定 |
| | | | 補助給水系 | 0~3.4% | >3.4% | >6.8% | 未設定 |
| | | 安全上特に重要な関連機能 | 非常用所内電源系 | 0~3.4% | >3.4% | >6.8% | 未設定 |
| | ⑤安全系の機能故障件数(運転上の制限逸脱件数) | | 3以下 | 4以上 | 未設定 | 未設定 | |
| | 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(基準値に対する割合) | | 0~50.0% | >50.0% | >100.0% | 未設定 |
| ⑦原子炉冷却材中のよう素131濃度(基準値に対する割合) | | 0~50.0% | >50.0% | >100.0% | 未設定 | | |
| 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 | | |

.....

新検査制度における検査・評価の流れ



*：評価結果は事業者への通知、公開会合、公表等を行う。

対応表による総合評価と追加検査

PI及び検査指摘事項の数により下表のマトリックスから総合評価の区分が決められ、追加検査の種類が定まる。

| | 事業者による対応 (第1区分) | 規制機関による対応 (第2区分) | 監視領域の劣化 (第3区分) | 複数/繰り返しの監視領域の劣化 (第4区分) | 許容できないパフォーマンス |
|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 評価結果 | PI及び検査指摘事項が <u>すべて緑</u> | 監視領域(大分類)で <u>白が1個又は2個</u> | ・1つの監視領域(小分類)で <u>白が3個以上</u> | 監視領域(小分類)で <u>劣化が繰り返し</u> | 全体的に許容できないパフォーマンス |
| | | | ・1つの監視領域(小分類)で <u>黄が1個</u> | 監視領域(小分類)で <u>・劣化が複数個</u> | |
| ・監視領域(大分類)で <u>白が3個</u> | | | 監視領域(小分類)で <u>・黄が複数個</u> | | |
| | 必要な機能・性能は十分満足 | 小程度の安全上の劣化 | 中程度の安全上の劣化 | 長期間の問題又は重大な安全上の劣化がある | ・運転は認められない ・安全余裕が許容できない |
| 規制検査と検査の視点 | 基本検査のみ (事業者の是正措置) | ・基本検査 ・追加検査1 | ・基本検査 ・追加検査2 | ・基本検査 ・追加検査3 | |
| | 事業者の是正措置を確認 | パフォーマンス劣化の事業者活動から選定 | パフォーマンス劣化の事業者活動と関連するQMS要素から選定 | 全体的な事業者活動とQMS要素の中から選定 | |

新検査制度運用に向けてのスケジュール

新検査制度導入スケジュール

●2017年4月 規制当局は原子炉等規制法を改正

●以降試運用と法施行に向けた準備を継続

原子力規制庁の検査要領、ガイドの作成/並行して事業者の保安規定、検査要領書作成

2018年10月：試運用フェーズ1（検査実務を中心に）

- ・原子力発電所での複数検査ガイド等の試行
- ・個別事項の重要度評価の試行等

2019年4月：試運用フェーズ2（+総合試運用プラント、重要度評価など）

- ・チーム検査の試行
- ・総合評定の試行等

2019年10月：試運用フェーズ3（統合的試運用）

- ・運転サイトを優先に全検査ガイドの試行
- ・各サイトで、総合的な視点での試行実施

法施行に向けた最終準備（規則、実施要領、ガイド等の制定）

●2020年4月：新たな検査制度の施行（本格運用）

新検査制度を円滑に進めるために考えられる課題

- 「パフォーマンスベース」、「リスク情報の活用」というような聞きなれない文言について、原子力規制庁、電気事業者の担当者が十分に理解ができていない、あるいは認識が個人によって異なっている可能性があり、理解・認識の統一を行っていく必要がある。
- 検査官が検査において安全上の問題点を自ら「気づき」、それを指摘事項とするかどうかの判断を的確に行う必要があるが、これまでの検査ではなかったプロセスであり、検査官の教育・訓練を行っていくことが必要。
- 原子力規制庁の担当部門が指摘事項の安全重要度を評価（色付け）や定量的及び定性的手法について習熟することが必要。
- 電気事業者は検査官の検査、原子力規制庁担当部門の重要度評価に対応して行く必要がある、確実に対応するための、資料、マニュアル等を作成し、教育訓練を行う必要がある。

本資料の内容は、主に原子力規制庁の「検査制度の見直しに関する検討チーム」の会議資料に基づくものです。

END