

その他の対策

<原子炉冷却材圧力バウンダリ>

基準要求: 冷却材圧力バウンダリの範囲の拡大

申請内容: 冷却材圧力バウンダリの範囲の拡大

<安全保護回路>

基準要求: 不正アクセスを防止できる設計

申請内容: コンピュータウイルスに感染しない設計とするとともに盤を施錠管理できる設計

<原子炉制御室等>

基準要求: 制御室外の状況を把握できる設計

申請内容: 自然現象や発電所構内の周囲の状況を昼夜にわたり監視するカメラの設置等

<通信連絡設備>

基準要求: ①多様性を有した通信連絡設備の設置

②緊急時対策支援システム(ERSS)へ必要なデータを伝送できる設備を設置

申請内容: ①有線、無線、衛星回線等による多様性を有した通信連絡設備の設置

②事故状態の把握に必要なデータを転送できる設備の設置

<審査結果>

申請者の設計方針は新規制基準に適合するものであると判断。

56

重大事故等対処に係る有効性評価

重大事故等への対処が有効であることを示すため、評価対象とする事故シーケンスを整理し、対応する評価項目を設定したうえで、計算プログラムを用いた解析等を踏まえ、設備、手順及び体制の有効性を評価

有効性評価

重大事故等への対策

設備の設置
(ハード対策)



手順及び体制の整備
(ソフト対策)

- 必要となる水源、燃料及び電源を確認し、7日間継続してこれらの資源が供給可能であることを確認
- 重大事故等対処設備を用いて、事故を収束させ、安定状態に移行できることを確認 等

- 要員確保の観点で、時間外、休日(夜間)でも対処可能な体制であることを確認
- 必要な作業が所要時間内に実施できる手順であることを確認
- 手順着手の判断基準が適切であることを確認 等

※解析コード及び解析条件の不確かさとして、運転員等操作時間に与える影響、評価項目となるパラメータに与える影響及び要員の配置による他の操作に与える影響を確認し、それらの影響を踏まえても評価項目を満足することを感度解析等による確認

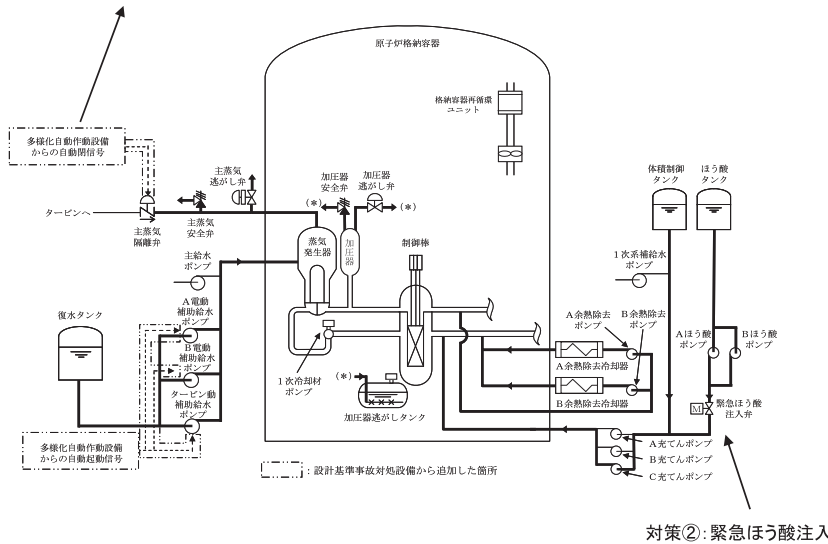
57

原子炉を停止させる対策(止める) (原子炉停止機能喪失(ATWS)対策①)

【要求事項】「原子炉停止機能喪失」において、最も厳しい事故シーケンスに対し、炉心損傷を防止すること

事故想定 負荷喪失時に原子炉トリップ機能が喪失する事故

対策概要 対策①: 多様化自動作動設備の作動

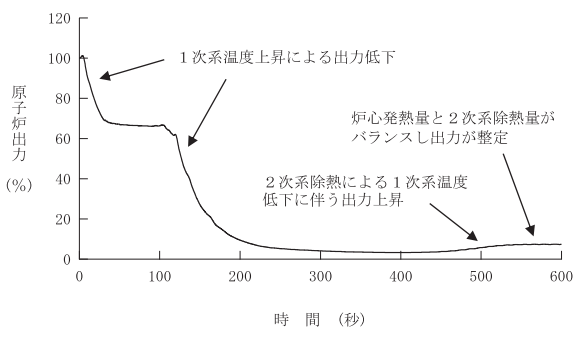


- 主な設備及び手順等**
- 手動による原子炉緊急停止
 - ・原子炉トリップスイッチ
 - 自動作動による原子炉出力の抑制
 - ・多様化自動作動設備
 - ・主蒸気隔離弁
 - ・電動補助給水ポンプ 等
 - 化学体積制御設備又は非常用炉心冷却設備を用いたほう酸水の注入
 - ・ほう酸ポンプ
 - ・ほう酸タンク
 - ・充てんポンプ
 - ・燃料取替用水タンク(ピット) 等
 - 自主設備
 - ・電動発電機電源
 - ・原子炉トリップしゃ断器スイッチ
 - ・制御棒操作スイッチ
 - ・タービントリップスイッチ
- : 要求事項
●: 申請者の対策

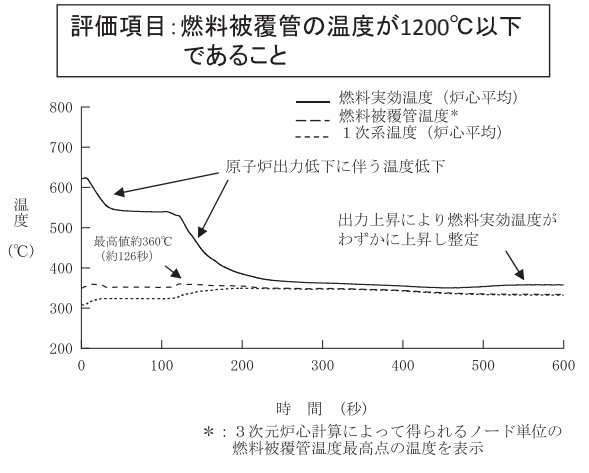
(出典:九州電力説明資料に一部加筆)

原子炉を停止させる対策(止める) (原子炉停止機能喪失(ATWS)対策②)

解析結果 原子炉出力の推移



燃料被覆管温度の推移



*: 3次元炉心計算によって得られるノード単位の燃料被覆管温度最高地点の温度を表示

(出典:九州電力説明資料に一部加筆)

審査結果

【設備及び手順】
要求事項に対し設備・手順等が適切に整備されていることを確認し、要求事項に適合していると判断。

【有効性評価】
申請者の解析結果について、申請者が使用したコード、解析条件の不確かさを考慮しても、炉心損傷防止対策の評価項目を満足していること、対策及び復旧作業に必要な要員及び燃料等から、対策が有効なものと判断。

原子炉を冷やすための対策(冷やす) (ECCS注水機能喪失対策①)

【要求事項】

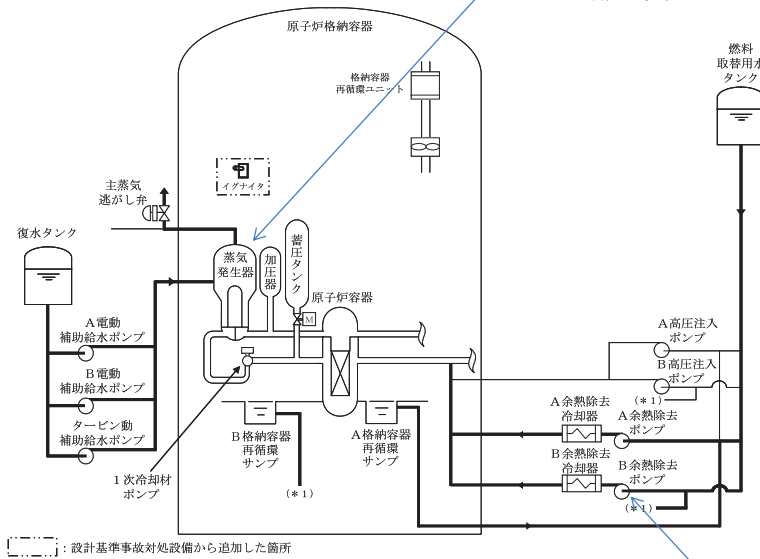
事故シーケンスグループ「ECCS注水機能喪失」について、最も厳しい事故シーケンスに対して、炉心損傷を防止すること

事故想定

中破断LOCA時に高圧注入機能が喪失する事故

対策概要

対策①: 蒸気発生器2次側による炉心冷却



主な設備及び手順等

- 2次系強制冷却
 - ・補助給水ポンプ
 - ・主蒸気逃がし弁
 - ・蒸気発生器
 - ・復水タンク 等
- 低圧注水
 - ・余熱除去ポンプ
 - ・燃料取替用水タンク 等
- 低圧再循環
 - ・余熱除去ポンプ
 - ・格納容器再循環サンプ 等
- 自主設備
 - ・電動主給水ポンプ
 - ・タービンバイパス弁
 - ・可搬型ディーゼル注入ポンプ
 - ・格納容器スプレイポンプ(自己冷却) 等

○: 要求事項
●: 申請者の対策

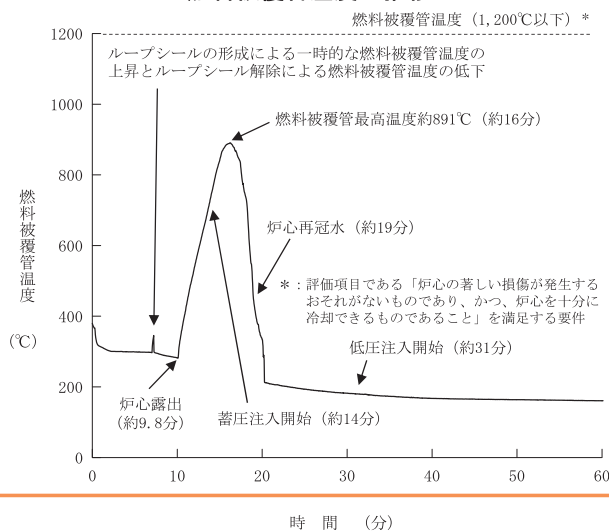
対策②: 余熱除去ポンプによる低圧注入(出典:九州電力説明資料に一部加筆)

60

原子炉を冷やすための対策(冷やす) (ECCS注水機能喪失対策②)

解析結果

燃料被覆管温度の推移



燃料被覆管最高温度は1200°C以下を満たしている(左図)

(出典:九州電力説明資料に一部加筆)

審査結果

【設備及び手順】

要求事項に対し設備・手順等が適切に整備されていることを確認し、要求事項に適合していると判断。

【有効性評価】

申請者の解析結果について、申請者が使用した解析コード、解析条件の不確かさを考慮しても、炉心損傷防止対策の評価項目を満足していること、対策及び復旧作業に必要な要員及び燃料等から、対策が有効なものと判断。

61

炉心溶融後に格納容器破損を防ぐ対策(閉じ込める) (格納容器過圧破損防止対策①)

【要求事項】

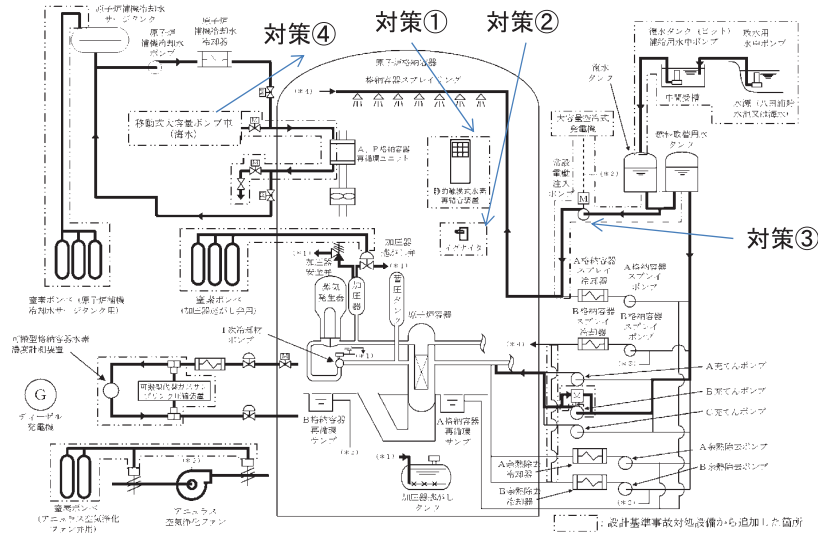
格納容器破損モード「格納容器過圧破損」について、最も厳しいプラント損傷状態に対して、格納容器破損を防止すること

事故想定

大破断LOCA時に低圧・高圧注入機能喪失及び格納容器スプレイ注水機能喪失、さらに全交流動力電源喪失及び原子炉補機冷却機能喪失が重畳する事故。

対策概要

- ①PAR、②イグナイタ、③常設電動注入ポンプによる代替格納容器スプレイ
- ④格納容器再循環ユニットによる格納容器内自然対流冷却



主な設備及び手順

- 格納容器再循環ユニットの設置
- ・格納容器再循環ユニット
- ・移動式大容量ポンプ車等

- 格納容器スプレイ代替注水設備の配備
- ・常設電動注入ポンプ
- ・燃料取替用水タンク
- ・復水タンク
- ・大容量空冷式発電機等

- 自主設備
- ・電動消火ポンプ、ディーゼル消火ポンプ
- ・格納容器スプレイポンプ(自己冷却)等

○：要求事項
●：申請者の対策

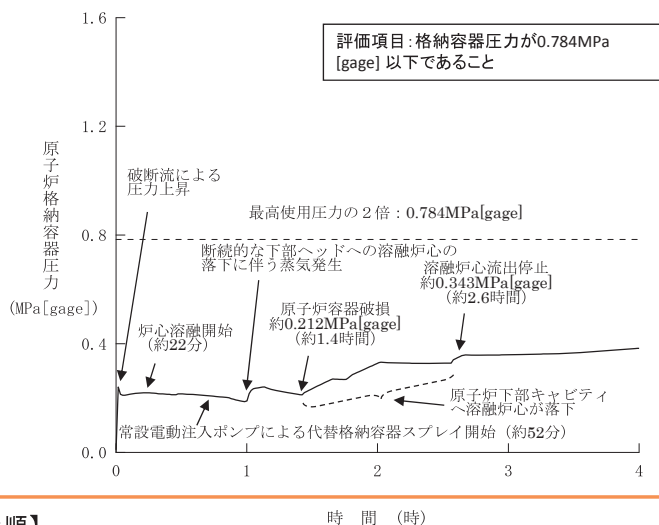
62

(出典：九州電力説明資料に一部加筆)

炉心溶融後に格納容器破損を防ぐ対策(閉じ込める) (格納容器過圧破損防止対策②)

解析結果

格納容器圧力の推移



放出量評価

Cs-137放出量：約4.5TBq(7日間)

評価項目：
100TBq以下であること

(出典：九州電力説明資料に一部加筆)

審査結果

【設備及び手順】

要求事項に対し設備・手順等が適切に整備されていることを確認し、要求事項に適合していると判断。

【有効性評価】

申請者の解析結果について、申請者が使用した解析コード、解析条件の不確かさを考慮しても、格納容器破損防止対策の評価項目を満足していること、対策及び復旧作業に必要な要員及び燃料等から、対策が有効なものと判断。

63

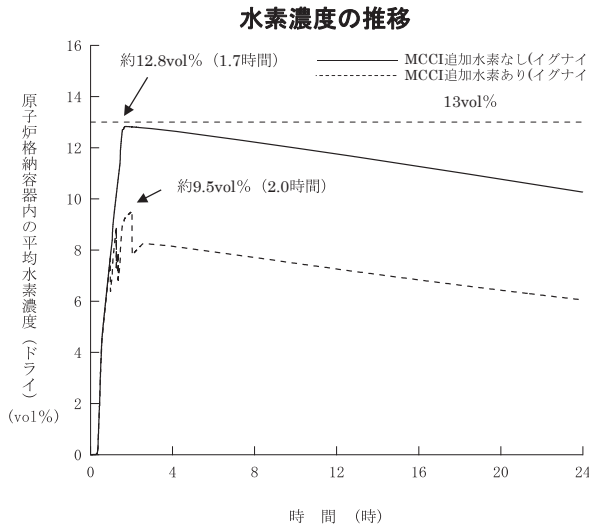
炉心溶融後に格納容器破損を防ぐ対策(閉じ込める)(水素対策)

【要求事項】 「水素燃焼」について、最も厳しいプラント損傷状態に対し、格納容器破損を防止すること

事故想定 大破断LOCA時に低圧・高圧注入機能が喪失する事故

対策概要 主に炉心損傷時に発生した水素の処理のためにイグナイタを設置する。加えて、継続的に発生する水素の処理のためにPARを設置する。
 なお、有効性評価において、溶融炉心・コンクリート相互作用(MCCI)による水素発生を考慮した解析では、イグナイタの効果に期待する。

解析結果



水素濃度の最大値は、炉心の75%のジルコニウムが反応した場合(規制要求)、約12.8%である。さらに、MCCIに伴い発生する水素の不確かさを考慮し、保守性を入れて評価した場合、イグナイタの効果により、約9.5vol%(左図)となり、13%以下を満足した。

主な設備及び手順等

- 原子炉格納容器内の水素濃度の低減
 - ・静的触媒式水素再結合装置(PAR)
 - ・PAR動作監視装置
 - ・電気式水素燃焼装置(イグナイタ)
 - ・イグナイタ動作監視装置

- 原子炉格納容器内の水素濃度の監視
 - ・可搬型格納容器水素濃度計測装置
 - ・可搬型ガスサンプリング冷却器用冷水ポンプ
 - ・可搬型代替ガスサンプリング圧縮装置等

- 自主設備
 - ・ガス分析計

○: 要求事項
 ・: 申請者の対策

使用済燃料ピットにおける燃料損傷防止対策

水の漏えい等により使用済燃料ピットの水位が低下した場合でも、燃料体を冷却し、放射線を遮蔽し、臨界を防止するための対策を要求

事故想定 配管破断によるサイフォン現象等により使用済燃料ピット内の水の小規模な喪失が発生し、水位が低下する事故

中間受槽、
使用済燃料ピット補給用水中ポンプ



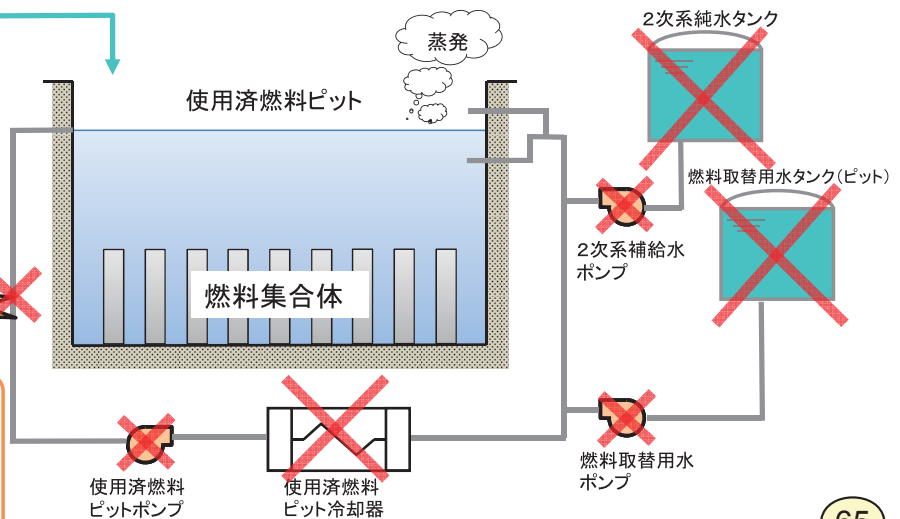
使用済燃料ピット補給用水中ポンプによる注水

取水用水中ポンプ
淡水又は海水

配管破断

審査結果

使用済燃料ピット補給用水中ポンプによる使用済燃料ピットへの注水による燃料体の損傷等防止対策が有効なものと判断



(出典:九州電力提供写真を一部使用)

停止中の原子炉の燃料損傷防止対策

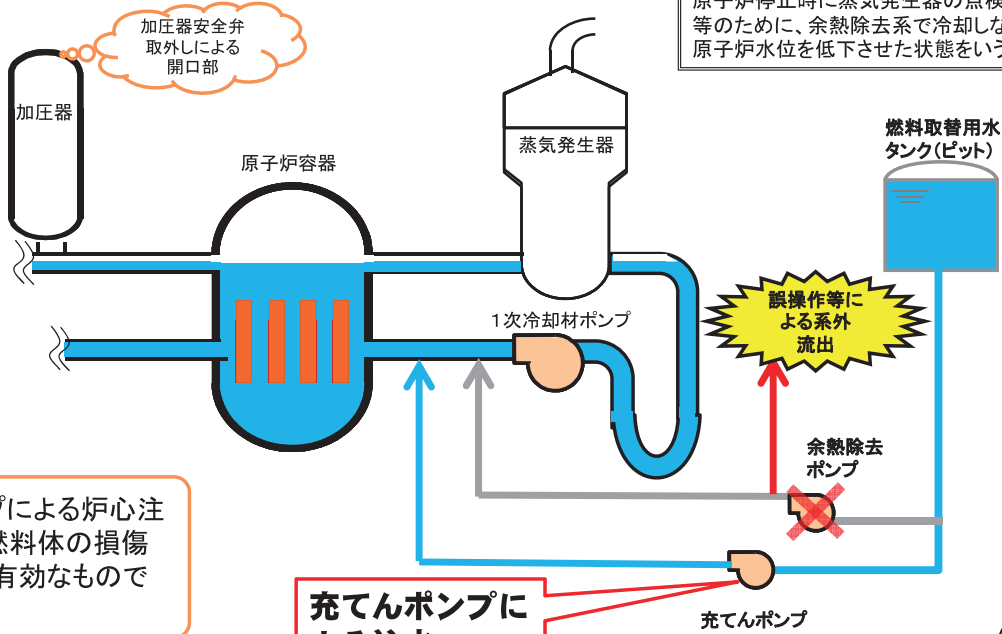
原子炉が運転停止中に水が系外に流出した場合でも、保有水量を確保し、燃料損傷に至らせないための対策を要求

事故想定

燃料取出前のミッドループ運転中(※)に原子炉冷却材圧力バウンダリが喪失する事故

ミッドループ運転:

原子炉停止時に蒸気発生器の点検作業等のために、余熱除去系で冷却しながら、原子炉水位を低下させた状態をいう



審査結果

充てんポンプによる炉心注水等による燃料体の損傷防止対策が有効なものと判断

充てんポンプによる注水

8 原子力規制検査

平成29年4月に改正された法律[※]に基づき、令和2年4月に新たな検査制度が施行(本格運用)されました。

新たな検査制度において、原子力規制庁は、事業者が自ら改善活動を積極的かつ的確に運用することを求めた上で「原子力規制検査」を行い、事業者の弱点や懸念点などに注視して監督を行います。こうして、事業者自らの気付きと原子力規制庁の「原子力規制検査」による気付きの双方が改善活動の契機となり、原子力施設が「安全上の影響が大きい事象」に至る前に、改善に結びつくことを目的とされています。

※ 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」

(1) 経緯

法律に基づく検査制度は何度も見直されてきましたが、福島第一原子力発電所事故後には、事故の教訓を踏まえた更なる検査制度の見直しの必要性が出ていました。加えて平成28年には、国際原子力機関 (IAEA) から日本の原子力規制に関する指摘もありました。

これらを受けて、原子力規制委員会は検査制度の抜本的な見直しを行い、平成29年4月に法律の改正、試運用期間を経て、令和2年4月に新たな検査制度の本格運用が開始されました。

(2) 原子力規制検査の概要

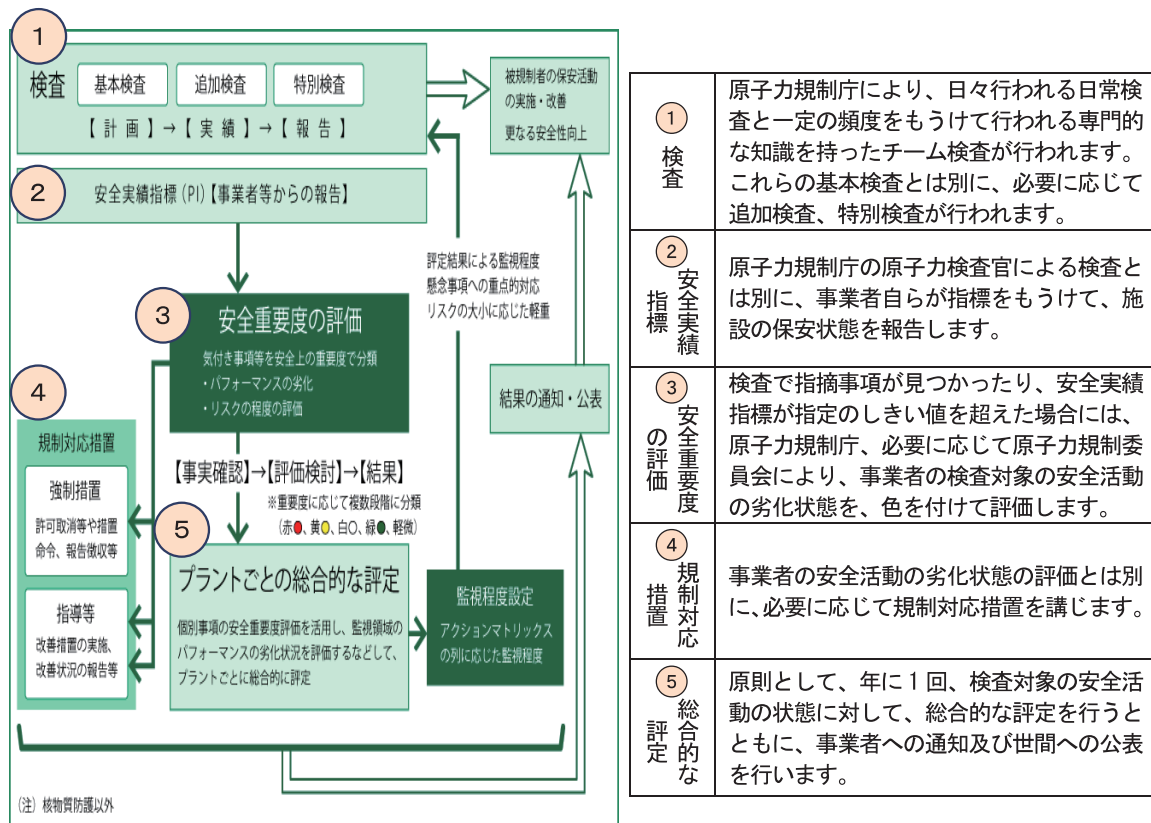


図1 原子力規制検査における監視業務の概略フロー (原子力規制委員会 HP 資料に一部加筆)

(3) 玄海原子力発電所の検査結果

原子力規制検査の結果は、四半期ごとに取りまとめられ、検査を受けた事業者へ通知されるとともに、原子力規制委員会のホームページ等を通じて公表されています。

令和4年度の玄海原子力発電所の検査結果において、検査指摘事項等はありませんでした。また、安全活動に係る実績を示す指標（安全実績指標）については、年間を通じて安全確保の機能又は性能に影響のない状態（**緑**）でした。

なお、令和4年度の玄海原子力発電所における原子力規制検査は、日常検査が180サンプル、チーム検査が22件実施されました。

■玄海原子力発電所におけるこれまでの指摘事項

| 年度 | 四半期 | 号機 | 指摘内容 | 重要度／深刻度 |
|----|-----|-------|--------------------------------------|-----------------|
| R2 | 4 | 3、4号機 | 海水管トレンチエリアのプルボックス内に設けられた煙感知器の設置方法の不備 | 緑 ／SL IV |
| R3 | 3 | 3号機 | 鉛遮蔽板の設置に伴う1次冷却材モニタの指示値低下 | 緑 ／SL IV |

重要度：検査指摘事項が原子力安全に及ぼす影響について評価を行い、重要度の低いものから、**緑**、**白**、**黄**、**赤**の4つに分類する。

緑は、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。

深刻度：法令違反等が特定された検査指摘事項について、意図的な不正行為の有無、原子力規制委員会の規制活動への影響等を踏まえて、4段階（高い方からI～IV）の深刻度レベル（SL:Severity Level）により評価する。

SL IVは原子力安全上又は核物質防護上の影響が限定的であるもの、又はそうした状況になり得たもの。

新検査制度の概要

令和2年1月29日

原子力規制庁
原子力規制部 検査監督総括課
古金谷 敏之

1. 新たな検査制度へのあゆみ



- 2017年4月 : 原子炉等規制法改正法成立
以降、試運用と法施行に向けた準備を継続
- 2018年10月 ~ : 試運用フェーズ1
(検査実務を中心に実施)
- 2019年4月 ~ : 試運用フェーズ2 (代表2施設で制度全体を試行、重要度評価の実施など)
- 2019年10月 ~ : 試運用フェーズ3 (多くの施設で制度全体の試行)
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)

規制の枠組み

原子力事業者等に対して、安全を確保するために守らなければならない事項（規制要求）を示し、それを守ることを義務づけ。

規制側は、検査にて規制要求を満たしているかを確認。

【これまでの検査制度の課題】

1. 限定された検査期間

- ・事業者の保安活動を確認する検査（保安検査）は、年4回（各1～3週間程度）実施。

2. 検査内容の硬直化／重複

- ・チェックリストを用いることによる確認事項が固定化。
- ・事業者の品質保証（QMS）体系の確認などは、複数の検査で重複。

3. 原子力施設の安全を守る責任が曖昧

- ・本来、原子力施設の安全に責任を有する者は事業者であるにもかかわらず、設備が規制要求どおりに作られているかを、使用する前に規制側が確認し、合否を判定。（使用前検査）
- ・運転中の施設も、規制側が規制要求を満たしているかを定期的に確認し、合否を判定。（施設定期検査）

2

3. 検査制度の見直しの考え方

事業者が原子力施設の安全確保に関して**一義的責任**を負っていることを明確化した上で、規制機関は、独立した立場で、事業者の**全ての安全活動を監視**できるようにし、検査は「**原子力規制検査**」に一本化。

1. 検査の対象は事業者の全ての保安活動であり、検査官は、検査したい施設や活動や情報に自由にアクセスできる。
(フリーアクセス)
2. 検査官はより多くの時間を安全上重要なものの検査に使うとともに、実際の事業者の活動を現場で確認する。
(リスクインフォームド、パフォーマンスベースド)
3. 規制機関は事業者のあらゆる保安活動を監視し、安全上の問題を指摘することで改善活動を促進させる。

4

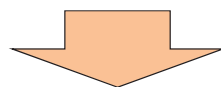
○ 実際の保安活動を重視：パフォーマンスベースド

「規定されたルールや手順に従っているか」よりも、「実際の活動が、本来あるべきもの※で適正であるか」に着眼する。

※「本来あるべきもの」とは、規制要求を満たしていることに加え、事業者が自ら設定した基準や管理目標を満たしていることも含む。

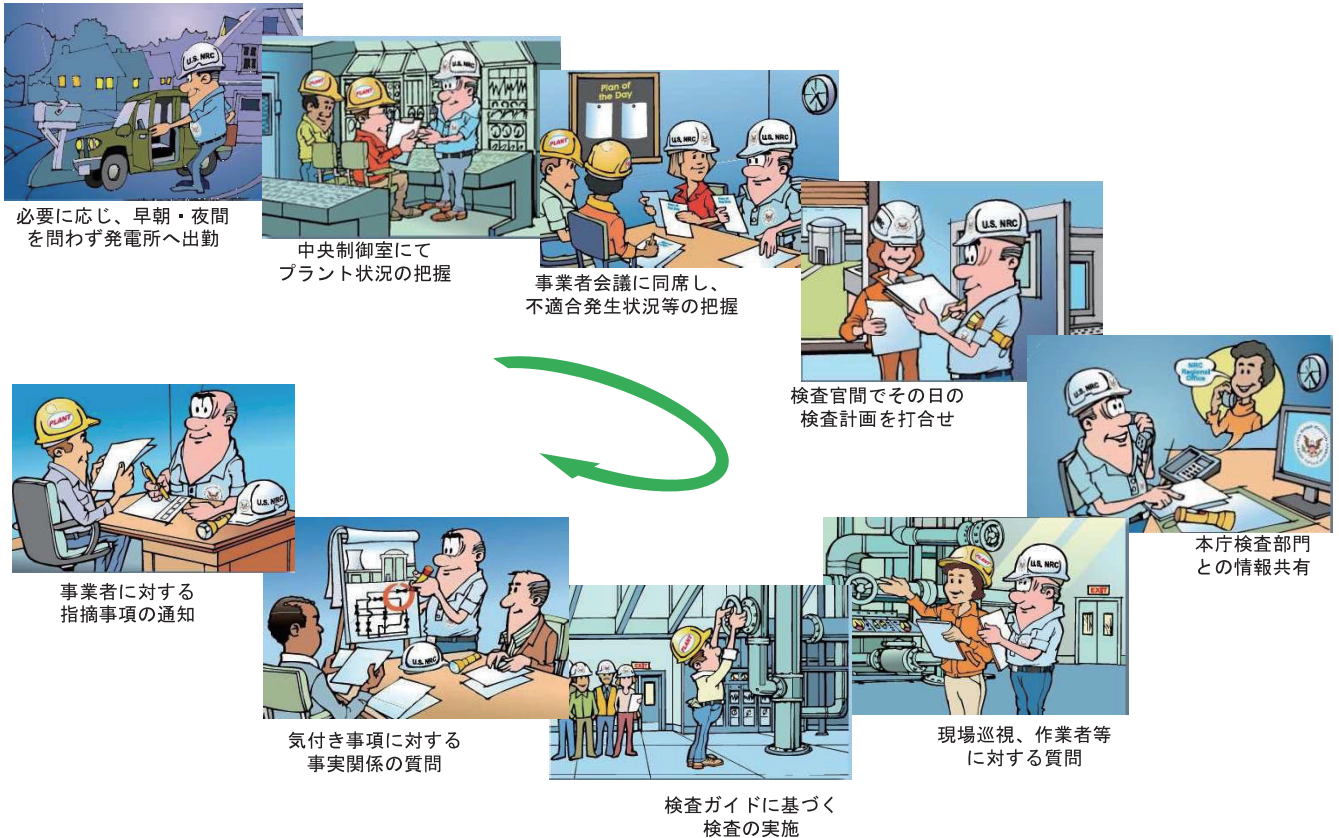
○ リスク情報の活用：リスクインフォームド

定量的リスク評価や設備の重要度クラス、施設の状態、過去のトラブル事例、他施設の運転経験などのリスク情報を総合的に活用する。



検査官は、リスク情報を活用し、より重要な設備や保安活動を検査対象として選定し、現場で実際の設備の状態や保安活動の実施状況を検査する。

5



画像引用元 : U.S.NRC. A Day in the Life of an NRC Resident Inspector. NUREG/BR-0512

6

① 現場の状況や事業者の保安活動

- 設備の異常や劣化
- 作業前後で機器状態（弁の開閉等）の変化
- 設計変更に伴う現場工事
- 悪天候の襲来等に対する備えや対応
- 原子炉の起動・停止など施設の操作
- 火災対応や事故トラブル対応の訓練

7

② 管理の手法や仕組み

- 新しい作業手順の導入
- 不適合などに対応した作業手順の変更

③ 不適合管理

- 不適合への事業者の対応
- 検査官指摘事項への対応
- 他サイトにおける不適合等への対応 (水平展開)

具体的な検査対象は、安全上の重要性を踏まえて、検査官が柔軟に決定する。

8

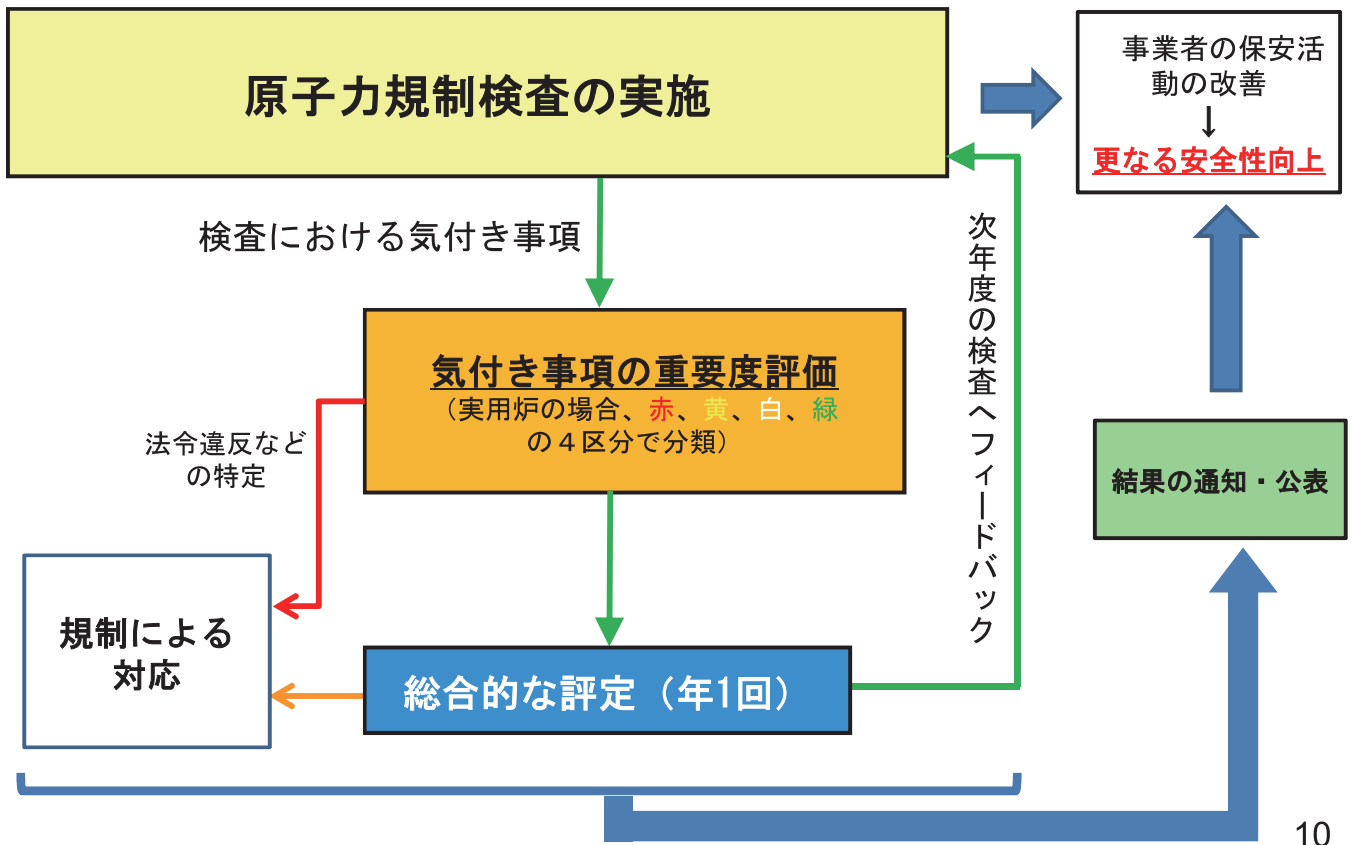
○ 検査官は、検査活動を通じて判明した気付き事項 (設備の性能低下、水漏れや油漏れなど等) について、事業者の考えや対応を質問して確認する※。

※ この確認作業は、科学的・技術的に妥当かどうか判断できるまで続け、妥当性が確認できる内容が事業者から示されなければ、法令違反等の指摘をする。

○ 安全上改善が必要な状態又は規制要求に対する違反を特定した場合は、安全上の重要度を評価し、その程度に応じて必要な対応 (追加の検査や命令・指導など) をとる。

○ 各原子力施設の検査結果は四半期毎に報告書を取りまとめ公表するほか、年1回各施設の総合的な評価を実施し公開する。

6. 新たな検査制度の流れ（実用炉の場合）



10

7. 最後に — 新検査制度の運用で期待される効果 —

新たな原子力規制検査制度では・・・

1. 「いつでも」「どこでも」「何にでも」、規制機関のチェックが行き届く検査となる。（事業者はいつどこに検査官が来るかわからない状態で保安活動を行う。）
2. リスク情報や監視/評価の結果等を元に、安全上重要な設備や事業者の保安活動、事業者の弱点などに、より注視して検査を行うことで、効果的に事故に至る芽を摘むことができる。
3. 事業者の安全に対する一義的責任を明確化し、事業者の保安活動への取組状況を監視・評価することで、事業者が自ら改善していく改善措置活動(CAP)を促す。

⇒ 事業者自らの気付きと規制機関の気付きの双方が改善活動の契機となり、結果として、更なる安全性の向上が期待される。

11