

基本検査運用ガイド

原子炉起動・停止

(B01030_r1)

**原子力規制庁
原子力規制部
検査監督総括課**

1 監視領域

大分類：「原子力施設安全」

小分類：「発生防止」「拡大防止・影響緩和」「閉じ込めの維持」（実用炉、研開発炉）

検査分野：「施設管理」「運転管理」

2 検査目的

核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和 32 年法律第 166 号。以下「法」という。）第 61 条の 2 の 2 第 1 項第 4 号ロで規定される事項（保安のために必要な措置）のうち、表 1 に示す原子力施設の種別ごとの保安のために必要となる措置に係る規則条項で規定される、原子力施設の施設管理及び運転における原子炉の起動・停止の活動状況を確認する。当該事項は、法第 61 条の 2 の 2 第 1 項 3 号イで規定される事項（保安規定）のうち、表 1 に示す保安規定記載事項に係る規則条項で規定される原子力施設の施設管理および運転にかかる活動状況の確認と併せて行う。

これらの確認対象となる事業者の活動は、施設管理及び運転管理の検査分野における体制、訓練・教育及び設備の保全の他、運転員等の力量にも関連することから、当該活動に関連する他の検査運用ガイドの適用も踏まえて確認する。

3 検査要件

3.1 検査対象

原子炉停止中は、安全上重要な構築物、系統・機器が供用除外されているため、潜在的风险が高くなる場合が生じる他、作業のため系統・機器の構成が通常運転時とは異なる状態になり、運転員・保守員が介入する機会が多くなる。

このため、原子炉停止操作（停止計画含む）から定格出力までの期間における運転操作及び作業等に関わる以下を検査対象とする。

- (1) 停止中に行われる安全上重要な活動の適切性
- (2) 安全上及びリスク上重要な系統・機器（特に出力運転中立入りできない区域にある系統、機器）の健全性
- (3) 原子炉冷却材水抜きやミッドループ運転中における事業者の活動及びその適切性とリスク管理の状況

なお、検査は余熱除去系（RHR）、原子炉冷却材水抜き中の格納容器の閉止、ミッドループ運転（PWR）、降温/昇温/起動、非常用所内電源/外部電源の利用の可能性、燃料取替作業等に係る潜在的な問題に焦点を当てて行う。

また、燃料取替を伴わない停止においても、停止期間及び作業範囲に応じて、燃料取替関連以外の検査を行う。

3.2 検査の体制、頻度及びサンプル数

検査は、表2の検査要件まとめ表に示す検査体制、頻度、サンプル数及び時間を目安に行う。

4 検査手順

検査に当たっては、許認可関連文書、事業者等のマニュアル、安全活動状況及び不適合の是正処置状況等を調査するとともに、ウォークダウン、リスク情報等の活用、事業者へのインタビュー等により検査対象並びに検査方法等を定めておく。

4.1 原子炉停止計画

[検査実施]

計画停止の前に、「停止時のリスク管理の計画」がリスク、業界の経験、過去のプラント固有の問題等を適切に考慮していることを確認する。

[検査手引]

- (1) 事業者の「停止時のリスク管理の計画」、関連業界の経験、および過去のプラント固有の問題をレビューし、重要な安全機能の喪失を防止する低減策/手順を定めていることを確認する。
- (2) 事業者が、運転上の制限を遵守することにより深層防護を維持することを確認する。
- (3) 停止計画が、作業の重複、重量物の取扱い、足場の組立て及び火災や内部溢水の可能性によるリスクを考慮していることを確認する。
- (4) 「停止時のリスク管理の計画」及び該当する運転上の制限に基づき、系統構成が管理されることを確認する。

4.2 停止時

[検査実施]

以下の活動を通じて、事業者が停止時の活動を適切に実施していることを確認する。

- (1) 降温操作の一部を観察し、運転上の制限に定める温度変化率（冷却率）を遵守していることを確認する。
- (2) 格納容器の開放後、速やかに格納容器内の巡視点検を行う。

[検査手引]

停止後、格納容器の入域が可能となった場合、事業者に安全を確認後、可能な限り速やかに格納容器内の巡視点検を行い、出力運転中立ち入りできない区域の検査を行う。

- (1) 点検に当たっては以下を考慮する。
 - a. 放射線量（ALARA）
 - b. 熱負荷に対する労働安全/個人の安全（熱中症、火傷等）
 - c. 停止工程

- d. 停止前の未確認の RCS 漏えい
 - (2) 格納容器内の構造物、配管及びサポートに、未確認の RCS 漏えいの可能性を示す漏えい痕や堆積物がないことを確認する。停止中の作業により不明瞭となる可能性のある RCS 漏えいの痕跡（例えば、ホウ酸析出物）がないことを確認する。
 - (3) 格納容器再循環サンプスクリーンに損傷がないこと、異物がないことを確認する。
 - (4) サポート、ブラケット、スナバに損傷または変形がないことを確認する。オイルスナバについては、オイルの漏えいがないこと及びオイルリザーバに十分な油が充てんされていることを確認する。
 - (5) 問題がより深刻となる可能性のある事象を確認する。これには以下の事象が考えられるが、これに限定されない。
 - a. 格納容器ライナープレートの塗装のはく離と腐食
 - b. 格納容器の換気系及び冷却系からの漏えい
 - c. コンクリート支持構造物のひび割れ
 - d. ケーブル絶縁体の損傷
 - e. 一般異物の存在
 - f. 格納容器内に仮置きまたは保管されている機器で、事業者が把握していない機器の存在

4.3 停止中

[検査実施]

事業者が停止中の操作、作業等の活動を適切に実施していることを確認する。

[検査手引]

- (1) 機器の供用除外中も、事業者が運転上の制限を遵守することにより深層防護を維持していることを確認する。
- (2) 事業者が「停止時のリスク管理の計画」及び適用される運転上の制限に基づき、系統構成を管理していることを確認する。

4.3.1 隔離作業

[検査実施]

- (1) タグが適切に取り付けられ、または適切に取り外されていることを確認する。
- (2) 関連機器が隔離中の機器の機能をサポートするよう適切に構成されていることを確認する。

[検査手引]

- (1) 液体系のバウンダリの開口部がリスク上重要な機器付近に存在するような隔離作業、電動弁の電源復旧時に不適切な開閉位置となり安全系に悪影響を及ぼす復旧作業などはリスクが高くなる。
- (2) RCS、RHR、または使用済燃料ピットの冷却に影響を与える作業には、特に注意を

払うこと。

4.3.2 異物管理

[検査実施]

事業者が適切に異物管理を実施していることを確認する。

[検査手引]

異物管理の実施状況及び記録について確認する。

4.3.3 一次冷却材系の計測設備

[検査実施]

(1) RCS の圧力、水位及び温度計測設備は、正確に表示するように設置、校正及び構成されていることを確認する。

(2) これらの計測設備がプラントの状態変化を連続的に監視できることを確認する。

[検査手引]

(1) 水位計測設備においては、計装配管内で液体または蒸気／気体を閉塞（すなわち、ループシール）させるような計装配管の勾配がないことを確認する。

(2) 通常運転時と同じ水位計測設備を使用している場合、運転員が温度低下による密度変化の影響を考慮していることを確認する。

(3) 崩壊熱除去機能喪失による昇温昇圧が、水位計測設備に与える影響を運転員が認識していることを確認する。

(4) 温度計測設備については、運転員が崩壊熱除去機能喪失による温度指示への影響と、同温度の指示と実際のプラント状態に差が生じる可能性を認識していることを確認する。

(5) 温度は RHR ループでも測定可能であるが、この場合、RHR 系の停止、バイパスまたは一部バイパスにより、不正確で非保守的な温度指示を招く可能性がある。

4.3.4 電源系統

[検査実施]

電源系統の状態や構成が、運転上の制限及び事業者の「停止時のリスク管理の計画」を遵守していることを確認する。

[検査手引]

非常用所内電源及び外部電源が適切に管理され、事業者の「停止時のリスク管理の計画」の前提条件と一致していることを確認する。

4.3.5 格納容器

[検査実施]

(1) リスクの高い作業（例えば PWR のミッドループ運転）中において、格納容器貫通

部の状態が適切であることを確認する。

- (2) 格納容器貫通部の開放が許可されている期間においては、迅速に閉止できる状況であることを確認する。

[検査手引]

- (1) BWR については、原子炉建屋に対する運転上の制限を遵守していることを確認する。また、格納容器貫通部閉止の手順が定められ、適用可能な場合には、事業者がそれらを使用していることを確認する。
- (2) PWR については、格納容器貫通部の状態が運転上の制限を遵守していること、常に格納容器を閉止状態に維持できることを確認する。

4.3.6 崩壊熱除去系統

[検査実施]

RHR 系のパラメータを観察し、当該系が正常に機能していることを確認する。

[検査手引]

- (1) BWR については、代替崩壊熱除去設備の手順が適切であること、訓練が実施されていることを確認する。
- (2) PWR については、事業者が RHR の代替冷却手段として S/G によるリフラックス冷却に期待している場合、事業者がこの冷却方法の実行可能性を確認していることを確認する。また、以下のことを確認する。
 - a. これらの手順が解析により確認され、必要な機器が使用可能であること。
 - b. RCS 圧力バウンダリが閉鎖されていること。
(R/V 上蓋、加圧器安全弁、加圧器マンホール、S/G マンホールが取り付けられていること)
 - c. S/G 2 次側の保有水が確保されていること。
 - d. サブクール・マージンを確保するため、RCS 圧力制御能力が維持されていること。
 - e. S/G への給水が確保されていること。
(電動補助給水ポンプが運転可能であること)
 - f. S/G からの蒸気除外能力が確保されていること。
(例えば、主蒸気逃がし弁が使用可能であること)

4.3.7 原子炉冷却材保有水の維持

[検査実施]

保有水補給の流路、系統構成、代替手段が「停止時のリスク管理の計画」と一致していることを確認する。

[検査手引]

- (1) 保有水の喪失をもたらす可能性のある作業に対して、当該可能性を低減するため

に適切な管理が行われていることを確認する。原子炉冷却材圧力バウンダリの状態により、停止中のリスクが大きくなる可能性がある。

- (2) 保有水喪失の流路の例には、以下が考えられる。
 - a. BWR における RHR のサプレッションプール水冷却モードのライン
 - b. BWR における SRV 取り外し、自動減圧系の試験、主蒸気隔離弁の作業などを含む主蒸気ライン
 - c. PWR における RHR 系のタイライン弁、シングルチューブシール及び蒸気発生器ノズル蓋
 - d. 圧力容器フランジより低い位置にある接続配管または機器の作業
 - e. 待機中の低圧注水（LPI）系トレインの作業や試験、または燃料取替用水タンク（RWST）への戻りラインによる LPI の試験などのインターフェイス LOCA 時の流路
- (3) BWR の場合は、以下のことを確認する。
 - a. 低水位での自動隔離は、運転上の制限の要件に基づき維持されていること。
 - b. 主蒸気ラインプラグが設置され、適切なシールに必要なシステム（例えば、圧縮空気系）が維持されていること。
- (4) PWR において重力注入に期待している場合、十分な広さの開口部が設けられていることを確認する。
- (5) PWR において SG ノズル蓋を取り付ける場合、低温側より取り付ける手順となっていることを確認する。

4.3.8 原子炉冷却材水抜き

[検査実施]

原子炉冷却材水抜き及びミッドループ運転中において、事業者がプラントの状態を安全に管理していることを確認する。

[検査手引]

- (1) 原子炉水位管理を採用している BWR 事業者については、事業者の水抜き時間の計算値とその前提条件をレビューする。原子炉水位と限界水抜き速度がプラントの状態と一致していることを確認する。機器と計測設備が、運転上の制限で要求される系統構成であることを確認する。
- (2) ミッドループ運転中における想定外の状況や緊急操作による運転員の動揺が、RCS 水位維持の操作に及ぼす影響を観察する。
- (3) 原子炉冷却材水抜き、ミッドループ運転及び沸騰までの時間が短い他の期間に計画された作業を評価する。
- (4) 以下を確認する：
 - a. 事業者がミッドループ運転の管理方法、運転手順をレビューし、ミッドループ運転の訓練を実施していること。

- b. 事業者が、手順書を以下の目的に使用していること。
 - ・RCS 水抜き中における予期せぬ RCS 保有水量の変化の特定と RCS ベントパスが適切であることの確認。
 - ・RCS 水抜き中における緊急／異常時の操作
 - c. RCS 温度（高温側）が表示され、定期的に監視されていること。
（通常、少なくとも2つの独立、かつ連続した表示）
 - d. RCS 水位が表示され、定期的に監視されていること。
（通常、少なくとも2つの独立、かつ連続した表示）
 - e. RCS の不安定な流れが回避されていること。
 - f. RCS に保有水を補給する手段（通常、余熱除去ポンプに加えて少なくとも2つの手段）が利用可能であること。
 - g. 主電源が喪失した場合、代替電源から安全系母線に給電するための緊急時の計画が定められていること。
- (5) 崩壊熱除去機能喪失時におけるユニット固有／停止時固有の沸騰時間をレビューする。
 - (6) ミッドループ運転時に崩壊熱除去機能が喪失した場合、30分以内に沸騰する可能性がある。このため、崩壊熱除去機能喪失時の手順書が整備され、その体制が整っていることを確認する。
 - (7) 水抜き中における運転員の活動を観察し、水抜きが計画どおり進んでいることを確認する。
 - (8) 想定外の状況や計画外の作業が発生した場合、手順書のレビューや体制の変更が適切に行われていることを確認する。

4.3.9 使用済燃料ピットの冷却

[検査実施]

停止中の作業が、使用済燃料ピット冷却機能喪失時の対応要員の活動に影響を与えないことを確認する。

[検査手引]

以下を確認する。

- (1) 使用済燃料ピット冷却機能喪失時の復旧手順が、実際の熱負荷あるいは同負荷に対して十分な保守性を持つ熱負荷に基づき定められていること。
- (2) 復旧操作で使用する機器は、常に使用可能な状態かつ専用であり、停止中の作業によりその機能及び使用が妨げられないこと。

4.3.10 燃料取替

[検査実施]

事業者が燃料取替作業を適切に実施していることを確認する。

[検査手引]

以下を確認する。

- (1) 燃料の取扱作業（取出し、装荷、検査、 SHIPPING）及びその他の継続中の作業が、保安規定及び承認された手順に基づき実施されていること。
- (2) キャビティシールが適切に取付けられ、試験されていること。また、原子炉キャビティ（PWR）、使用済燃料プールのエリアにおいて、異物管理が維持されていること。
- (3) 燃料取出しから燃料装荷まで、新燃料を含め燃料集合体の位置が記録されていること。核計装（中性子源領域）の計数率が確保され、未臨界状態を監視できるような燃料配置が維持されていること。
- (4) 燃料集合体が「取替炉心の安全性」で確認された所定の位置に装荷されていることを、ビデオの記録または燃料装荷に係るその他の記録により確認する。
- (5) 取り出された燃料集合体は、使用済燃料プールの所定の位置に保管されていること。

4.3.11 未臨界の維持

[検査実施]

- (1) 運転上の制限に基づき、未臨界が維持されていることを確認する。
- (2) 想定外の反応度変化をもたらす可能性のある作業または SSC が特定され、事業者がそれに応じて適切に管理していることを確認する。

[検査手引]

- (1) PWR については、事業者がほう素希釈の可能性のある流路に対して、適切に管理していることを確認する。
- (2) 事業者が、燃料取替中に炉心領域が中性子源モニタによる早期検出なしに、臨界近接が生じるような燃料集合体の不適切な配置を防止するため、適切に管理していることを確認する。

4.4 起動時

以下の活動を通じて、事業者が適切にプラントの起動操作を実施していることを確認する。

4.4.1 昇温と起動

[検査実施]

事業者が運転上の制限、許認可条件及び運転モードまたはプラント系統構成の変更の前提条件となるその他の要件、管理手順を満たしていることを確認する。

[検査手引]

- (1) 適切な RCS 過圧防止処置が講じられていることを確認する。
- (2) 原子炉容器の非延性破壊防止のための冷却材温度・圧力の制限を遵守しているこ

とを確認する。

- (3) 炉物理試験の結果をレビューし、炉心の運転特性が設計予測値と一致していることを確認する。
- (4) 該当する運転モードへ移行する前に、事業者が運転上の制限に係る RCS 漏えい率の要件を満たしていることを確認する。
- (5) 格納容器の貫通部及び隔離弁の状態をレビューし、該当する運転モードへ移行する前に、事業者が格納容器の健全性を確保していることを確認する。
- (6) 事業者がプラントのリスクを適切に考慮し、管理していることを確認する。

4.4.2 格納容器の閉止

[検査実施]

格納容器が閉止される前に格納容器内の巡視点検を行う。

[検査手引]

- (1) 起動工程に影響を与えないよう、事業者が格納容器の閉止時期を確認し巡視点検を行う。
- (2) 格納容器内の巡視点検により、以下を確認する。
 - a. 漏えいの兆候がないこと。特に、作業が行われた区域に対しては注意を払うこと。
 - b. 格納容器再循環サンプスクリーン (PWR)、非常用炉心冷却システムストレーナ (BWR) の機能に影響を与えるような異物がないこと。
 - c. 作業用のタグが適切に取り外されていること。
 - d. 蓄圧タンク等の静的機器に、明らかに損傷の徴候がないこと。

4.5 問題点の特定と解決

- (1) 事業者が原子炉の起動停止及び停止中の活動に関する問題点を適切な初期段階で特定し、是正措置プログラムが実施されていることを確認すること。
- (2) 本検査に関連する不適合の履歴からサンプルを抽出し、当該不適合が適切な期間内に適切な是正処置が講じられ、問題点の特定と解決が行われていることを確認する。
- (3) 検査官が日常の巡視等で検知した本検査に関連する気づき事項等が、不適合管理等において適切に処理されていることを確認する。

○改正履歴

| 改正 | 改正日 | 改正の概要 | 備考 |
|----|------------|---|-----------------|
| 0 | 2020/04/01 | 施行 | |
| 1 | 2021/04/21 | ○運用の明確化 ①原子炉起動時の検査手引きに、RCS過圧防止処置及び冷却材温度・圧力の制限の遵守を確認することを明確化（4.4起動時） ○記載の適正化 | 2021/07/21 表紙修正 |

表 1 関連する施行規則条項

| 原子力施設の種別 | 規則名 | 保安のために必要となる措置に係る規則条項 | 保安規定記載事項に係る規則条項 |
|----------------|---------------------------|----------------------|--------------------------|
| 実用発電用原子炉施設 | 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 | 第 81 条及び第 87 条 | 第 92 条第 1 項第 8 号及び第 18 号 |
| 研究開発段階発電用原子炉施設 | 研究開発段階発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 | 第 76 条及び第 82 条 | 第 87 条第 1 項第 8 号及び第 18 号 |

表2 検査要件まとめ表

本検査はユニット（原子炉）を対象にサンプルを選定する。

01 実用炉

| ID | 検査項目 | 検査頻度 | サンプル数 | 合計時間[h] | 検査体制 |
|----|---------|---------|-------|---------|------|
| 01 | 原子炉起動停止 | 原子炉の停止毎 | 1 | 75 | 日常 |

02 研開炉

| ID | 検査項目 | 検査頻度 | サンプル数 | 合計時間[h] | 検査体制 |
|----|---------|---------|-------|---------|------|
| 01 | 原子炉起動停止 | 原子炉の停止毎 | 1 | 75 | 日常 |