

# 炉内構造物等点検評価ガイドラインの整備について

## Outlines of Guidelines for the Inspection and Evaluation of Reactor Vessel Internals

(一社)原子力安全推進協会	関 弘明	Hiroaki SEKI	
日本原電 (株)	小林 広幸	Hiroyuki KOBAYASHI	
関西電力 (株)	中野 守人	Morihito NAKANO	Member
東京電力 HD (株)	村井 荘太郎	Soutarou MURAI	Member

“The guideline committee for the inspection and evaluation of Reactor Vessel Internals” of JANSI (Japan Nuclear Safety Institute) has been developing many guidelines based on principle which the conservative methodology, and covered both individual inspection method of reactor internals and application of repair methods for reactor internals. In this paper, some aspects of the JANSI-VIP-21 (Guidelines for the inspection and evaluation of Reactor Vessel Internals, revised Mar.2017) which is summary document of the committee activity, are introduced.

**Keywords:** JANSI Guideline, Maintenance Activity, Inspection and Evaluation, Reactor Internals, Repair Method

### 1. はじめに

国内外の原子力発電所で応力腐食割れ等の損傷事例が報告されて以降、損傷の可能性を有する炉内構造物を健全に維持・管理していくことは、原子力安全を確保していく上での重要課題のひとつとなった。

JANSI (原子力安全推進協会) に基盤を置く「炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会」では、約 18 年にわたり炉内構造物の点検・評価の考え方や補修工法等の各種要領を「炉内構造物等点検評価ガイドライン」(以下、「炉内ガイドライン」と略す)として提案してきた。また、活動の成果や制定された主な炉内ガイドラインについて、保全学会学術講演会等の機会に紹介してきた。

最近の改訂事例として、PWR・BWR「一般点検」ガイドライン(第3版)、BWR 予防保全工法ガイドライン「水素注入による環境改善効果の評価方法」(第2版)、炉内ガイドライン整備活動の全体概要版である「炉内構造物等点検評価ガイドラインについて」(第5版) (以下、「炉内ガイドラインについて」と略す)がある。ここでは「炉内ガイドラインについて」で見直された炉内ガイドラインの活用方策や課題等を中心に報告する。

### 2. 点検の基本的考え方

炉内ガイドラインで定義される点検は、「個別点検」と「一般点検」に大別される。「個別点検」とは、安全機能を有する機器について、各機器の維持すべき安全機能

を整理した上で、現在の最新知見から想定される全ての経年変化事象の発生・進展を評価し、常に機器の安全機能が維持されるように、機器毎に点検範囲、点検方法、点検の開始時期及び再点検時期を規定したものである。

従って、「個別点検」の実施により、各機器の安全機能維持を確認できると考えられるが、不確かさにも留意する必要がある。このため、「個別点検」を補完する点検として「一般点検」を規定している。一般点検・個別点検の対象機器・部品の選定フローを図1に示す。

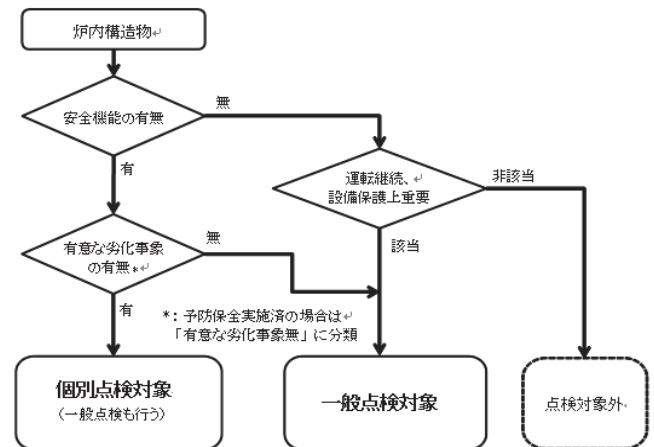


図1. 一般点検・個別点検対象機器・部品の選定フロー

### 3. 炉内ガイドラインの役割と活用方策

約3年ぶりに改訂した「炉内ガイドラインについて」は、全体構成を刷新したほか、福島第一原子力発電所事故後の情勢変化を踏まえた炉内ガイドラインのあり方について重ねた議論をもとに、現時点での考え方を取り纏めている。

連絡先: 関 弘明, 〒108-0014 東京都港区芝 5-36-7  
一般社団法人 原子力安全推進協会 技術運営部,  
E-mail: seki.hiroaki@genanshin.jp

炉内構造物は接近性の制約から点検・補修が困難な部位があるため、疲労、SCC、照射脆化、摩耗などの経年劣化事象を想定し、構造強度や安全上の重要度等を勘案して、技術的合理性に基づいた点検の考え方を取り纏め、優先順位の高いものから各種の炉内ガイドラインとして制定してきた。

福島第一原子力発電所事故を契機として、原子力安全の基本的考え方を見直され、既存炉へのバックフィット制度採入れ、40年超運転の妥当性厳格評価など、規制要求が強化される中において、設備の詳細設計・製造、運転・保守に係わる部分については、その内容を熟知する産業界が民間レベルのルール化に主体的に取り組むことが必要とされている。

炉内ガイドラインの役割についても、従来の維持規格策定の間接支援に加えて、原子力安全を確保するための総合的かつ継続的な保全活動を支援する方策としての位置づけが重要となっている。

炉内ガイドライン策定に際しては、構造物の経年劣化の発生・進展予測に加えて、安全機能に係る設備健全性を常に確保する点検時期設定、損傷が確認された場合の健全性評価方法、補修方法及び抑制・緩和方法などに関する技術的根拠や合理性を明示することが求められている。

炉内ガイドラインは、新規制基準で要求される次のような場面での保全要求に対応した民間自主ガイドラインとして、活用することを想定している。

- ①. 施設定期検査
- ②. 定期安全管理審査（高経年技術評価を含む）
- ③. 保安検査
- ④. 運転期間延長審査

### 3.1 保全要求、安全機能面からの留意事項

炉内ガイドラインは炉内構造物等を対象に、保全活動を行う事業者が自主的かつ継続的に安全確保を進めるために、基本事項及び具体的方策を示すものであり、炉内ガイドラインの適用は、日本電気協会の「原子力安全のためのマネジメント規程（JEAC4111）」及び「原子力発電所の保守管理規程（JEAC4209）」に基づき実施されることを前提としている。

炉内ガイドラインでは、引用する学協会規格の改訂年度を記載していない。学協会規格は新知見反映等の理由で随時改訂されるため、利用者は最新版の適用可否を確認するとともに、原子力規制委員会による技術

評価等の状況を総合的に勘案して、適切に判断する必要がある。

炉内ガイドラインが対象とする設備は原子炉及び炉心（燃料を除く）を構成する炉内構造物と原子炉圧力容器であり、原子力安全に影響を及ぼす機能を有している。炉内構造物の安全機能と関連する機器・部品（BWRの例）を図2に示す。

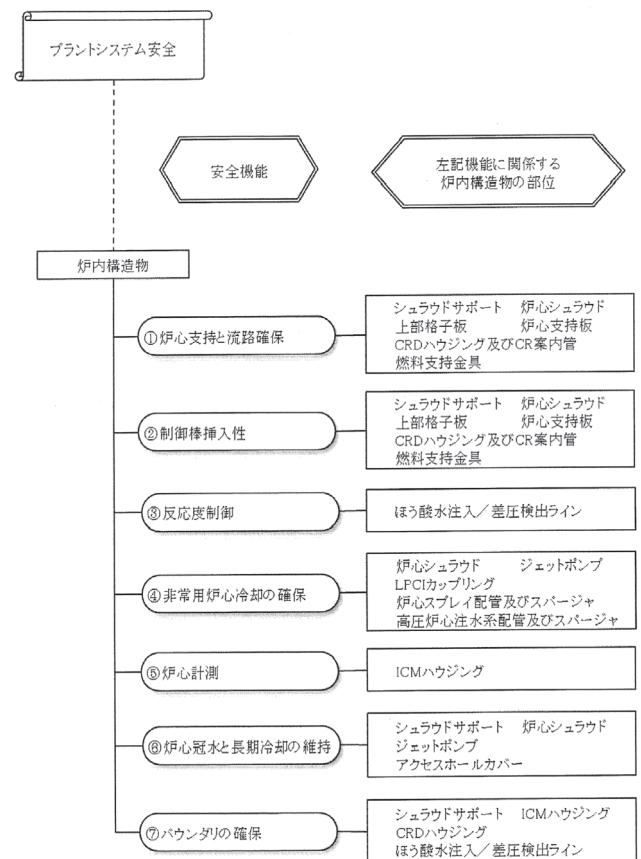


図2. 炉内構造物の安全機能と関連機器・部品 (BWRの例)

対象設備がこれらの機能を喪失する要因は、直接的な内部事象のみでなく、プラントシステムを通じて影響を受ける間接的な内部事象及び地震に代表される外部事象がある。設備の機能喪失に至るような対象部位の破壊や損傷リスクが、原子力安全に与える影響については、深層防護の観点から説明性を高めていく必要がある。

炉内ガイドラインでは、深層防護の第1層（異常発生の防止）で対象部位の安全機能を確保していくことを基本とし、これによって第2層（設計基準事故の防止）、第3層（設計基準事故の発生から収束）までの対処が実施されることを前提としている。

### 3.2 活用に向けた炉内ガイドライン整備

これまでに制定・改訂し公表している炉内ガイドラインの一覧を表1に示す。なお、全ての炉内ガイドラインの概要（一件一葉）と原技協/JANSIで制定・改訂された炉内ガイドラインは、本稿の出展となる

「炉内ガイドラインについて」JANSI-VIP-21と併せて、JANSI-HPに掲載しているのを参照願いたい。

<http://www.genanshin.jp/archive/coreinternals/>

今後も継続的な炉内ガイドライン改訂により、技術知見の反映や、わかりやすい記載内容への見直しなど、事業者と一般への説明性向上に努めることとする。

表1. 炉内ガイドライン一覧表

ガイドライン	CODE/ID番号	発行年月
炉心スプレイ配管・スパージャ	JANTI-VIP-15 第2版	H24年3月
ジェットポンプ	JANTI-VIP-14 第2版	H24年3月
差圧検出・ほう酸水注入ライン	JANSI-VIP-13 第2版	H27年3月
CRD(制御棒駆動機構)ハウジング	JANSI-VIP-07 第3版	H26年12月
ICM(炉内核計装)ハウジング	JANSI-VIP-08 第2版	H26年12月
炉心シュラウド	JANSI-VIP-06 第5版	H27年03月
シュラウドサポート	JANSI-VIP-17 第4版	H27年12月
上部格子板	JANSI-VIP-11 第2版	H27年3月
炉心支持板	JANSI-VIP-12 第2版	H27年3月
一般点検	JANSI-VIP-20 第3版	H29年3月
炉心そう	JANSI-VIP-10 第2版	H27年3月
パッフルフォーマボルト	JANSI-VIP-05 第2版	H27年3月
パレルフォーマボルト	JANSI-VIP-09 第2版	H27年3月
制御棒クラスター案内管	JANSI-VIP-02 第2版	H25年6月
原子炉容器炉内計装筒	JANSI-VIP-01 第2版	H25年6月
クラス1容器 管台セーフエンド異材継手部	JANTI-VIP-08 第1版	H21年8月
一般点検	JANSI-VIP-19 第3版	H29年3月
ウェルドオーバーレイ工法 (BWR)	JANSI-VIP-14 第2版	H27年3月
容器管台スプールピース取替 (PWR)	JANSI-VIP-04 第2版	H25年12月
封止溶接工法 (補修工法)	JANTI-VIP-01 第1版	H20年1月
対策一周波誘導加熱応力改善工法 (補修工法)	JANTI-VIP-12 第1版	H24年3月
水中レーザー肉盛溶接工法 (補修工法)	JANTI-VIP-16 第1版	H24年11月
外面からの入熱による応力改善方法 (予防保全工法)	JANTI-VIP-02 第1版	H20年1月
ピーニング工法 (予防保全工法)	JANTI-VIP-03 第2版	H20年1月
水中レーザークラッド溶接工法 (予防保全工法)	JANTI-VIP-07 第1版	H21年1月
研磨による応力改善方法(予防保全工法)	JANTI-VIP-10 第1版	H21年10月
保全技術の適用プロセス	JANTI-VIP-11 第1版	H22年5月
水素注入による環境改善効果の評価方法(BWR予防保全)	JANSI-VIP-18 第2版	H29年3月

### 4. ガイドライン高度化に向けた課題

福島第一原子力発電所事故の教訓のひとつは、発生頻度が低い事象であっても原子力安全への潜在的影響を熟慮し、リスク情報を意思決定に活用していくことにある。炉内構造物の機能についても、重大事故の防止・抑制には炉外の安全設備や事故対応の充実により守られるものとの認識に立ち、安全に対する見方・考え方について、広い視野からプロアクティブに見ていく必要がある。

実施された点検、評価、予防保全処置の有効性を評

価するとともに、国内外の基準動向や研究成果などの新知見を反映していくことが重要であり、特に以下に示すような適用技術及び概念を精緻化し、保守管理の高度化に供していくことが必要である。

- ① 非破壊検査手法などの点検技術
- ② 劣化メカニズムの理解などによる劣化予測技術
- ③ 破壊メカニズムの理解などによる損傷評価技術
- ④ 補修・劣化緩和技術
- ⑤ リスク情報活用、状態/事後保全などの保全概念

ガイドラインの論理性、整合性、説明性向上に努め、リスク情報を活用した包括的安全性向上に改善的に取り組むうえで、国内外での点検実績や高経年技術評価の進展により蓄積されつつある知見を自主的安全性向上の観点から有効活用して、点検・評価手法の提案に繋げていくこととする。

原子力発電所は人間、技術、組織の要素の相互作用をもつ複雑システムであり、その安全性を確保するためには、広い範囲で国内外の点検実績、知見を分析し、継続的な安全性向上の活動を指向しなければならない。機器の保守管理に関してもこの考え方を踏まえて保全活動を継続的に改善していくことが必要である。

炉内ガイドラインは、直接的に上位概念の保全活動のマネジメントに関する指針を提供するものではないが、より実効性のある点検評価に繋がるよう、システム安全との関連を意識しつつ継続的な充実をはかることとする。

これまで本検討会は、安全確保を第一に技術的根拠が明確で合理的な点検ルール等を炉内ガイドラインとして制定、改訂することにより、点検評価、補修等の在り方を提言するための活動を約18年にわたり継続してきた。今後も原子力安全へフォーカスした保全高度化、新検査制度導入やリスク情報活用等の知見反映に継続的に取り組み、説明性の一層の向上に努めることとする。

炉内ガイドラインが原子力産業界で一層活用され、原子力発電所の安全・安定運転の一助になることを期待するものである。

#### 参考文献

- [1] 炉内構造物等点検評価ガイドラインの整備について 保全学会第11回学術講演会 (H26年7月) 要旨集
- [2] 炉内構造物等点検評価ガイドラインについて(第5版) JANSI-VIP-21 H29年3月 原子力安全推進協会