

# 炉内構造物等点検評価ガイドラインにおける 補修・取替・予防保全の考え方について

The systematization and the idea of the repair, the replacement and the preventive maintenance in the Inspection and Evaluation Guidelines for Light Water Reactor Internals.

東京電力株式会社	坂下 彰浩	Akihiro SAKASHITA
東京電力株式会社	岡田 亮兵	Ryohei OKADA
関西電力株式会社	吉田 裕彦	Yasuhiko YOSHIDA
関西電力株式会社	木村 賢之	Kenji KIMURA
日本原子力発電株式会社	堂崎 浩二	Koji DOZAKI

Inspection and Evaluation Guidelines for reactor internals has been taken into the Rules on Fitness-for-Service for Nuclear Power Plants of The Japan Society of Mechanical Engineers. Now, It is a base of the maintenance plan of each Nuclear Power Plant. In the maintenance in the future, Inspection for the structures after repair, the replacement and the preventive maintenance becomes important. This paper introduces the systematization and the idea of the repair, the replacement and the preventive maintenance in the Inspection and Evaluation Guidelines for Light Water Reactor Internals.

**Keywords:** Inspection and Evaluation, Guideline, Reactor internals, repair, preventive maintenance

## 1. 緒言

近年、国内外の軽水炉の炉内構造物に応力腐食割れ（以下、SCC と言う）による損傷事例が散見されるようになった。これまでは損傷が発見される都度、その対応が検討されていたが、対象が炉内構造物という安全上重要な機器であることから、炉内構造物の検査のあり方が注目されることとなった。

上記のような状況に鑑み、国内外の知見、損傷事例などを参考に、今後の国内軽水炉における炉内点検のあり方を広く一般に提言することを目的とした炉内構造物点検等のガイドラインを以下の方針で検討・策定してきている。

- ・ 経年変化が想定される炉内構造物等を対象とする。
- ・ 経年変化の発生・進展を予測し、その結果に基づき炉内構造物の安全機能が常に確保されるように点検時期を定める。
- ・ 欠陥が発見された場合の構造強度・機能を評価する方法などに関する標準的なルールを策定する。
- ・ これらのルールの技術的根拠や合理性を明示する。

策定されたガイドラインは、炉内構造物等を構成している機器毎に点検評価ガイドライン（個別点検、一般点検）、補修工法ガイドライン、及び予防保全ガイドラインから構成されている（Fig.1）<sup>[1]</sup>。

各ガイドラインは、個別の条件等を考慮して独立して開発していたが、その記載内容の類似性から全体構造と体系化について検討し、その検討結果から「検討対象機器」「技術評価」「保全措置」という階層構造をなしていることを確認した。また、この3つの要素は、検討対象とする機器の選択し、その機器に損傷の発生・進展を考慮した構造強度解析等を実施し、その結果を踏まえて、当該機器の安全機能、構造強度を維持できるように点検時期や補修の要否等の保全措置を決定するという保全計画立案の流れであることを確認した。現在、点検評価ガイドラインの一部は、日本機械学会の維持規格に取り込まれるとともに、国の技術評価が終了し、供用中の炉内構造物等に対する技術基準への適合性確認に使用されており、まさに、炉内構造物等の保全計画立案の基礎となっている。

点検評価ガイドラインは既に炉内構造物の保全計画（点検計画）の基礎となっている。今後、その点検の結果から補修等が必要となった場合や予防保全を実施した場合の運用を明確にし、適用していくことが重要となってきており、炉内構造物点検評価ガイドライン検討会において、補修・取替・予防保全に関する基本的な考え方を含めて体系化しているところである。

本稿では、この炉内構造物等に係る補修・取替・予防保全に関する基本的な考え方について紹介する。

連絡先:坂下 彰浩、〒100-8560 東京都千代田区内幸町1-1-3, 東京電力株式会社原子力設備管理部 設備改良プロジェクトグループ 兼新潟県中越沖地震対策センター機器耐震技術グループ, 電話: 03-4216-1111(代表), e-mail: sakashita.a@tepcoco.jp

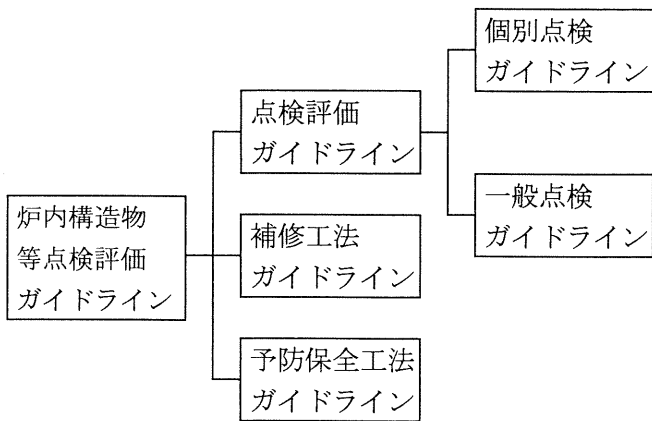


Fig. 1 ガイドラインの全体構成

## 2. 補修・取替・予防保全の位置付け

炉内構造物等点検評価ガイドラインは、原子炉の設計からの時間軸で考えると、運転開始後の保全措置の実施において活用され、その保全措置の中に補修・取替・予防保全が位置付けられる (Fig.2)。

保全措置及び評価の体系における補修・取替・予防保全の位置付けの詳細を Fig.3 に示す。点検計画から実施・評価までの保全措置の内、補修・取替・予防保全は、点検及び評価により経年劣化事象が顕在化する前後のいずれの場合においても適宜実施される。補修については、点検において経年劣化事象の顕在化後に実施される。取替については、経年劣化事象の顕在化に係らず点検後、もしくは定められた期間の供用後に実施される。また、予防保全については、経年劣化事象が顕在化する前に実施される。以上の補修・取替・予防保全の実施時期を時間軸に対して整理すると Fig.4 のようになる。

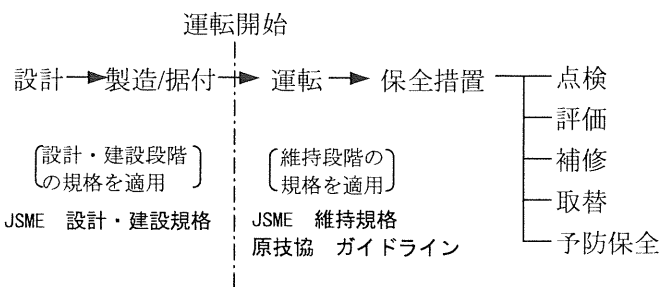


Fig. 2 炉内構造物等点検評価ガイドラインの適用範囲と補修・取替・予防保全の位置づけ

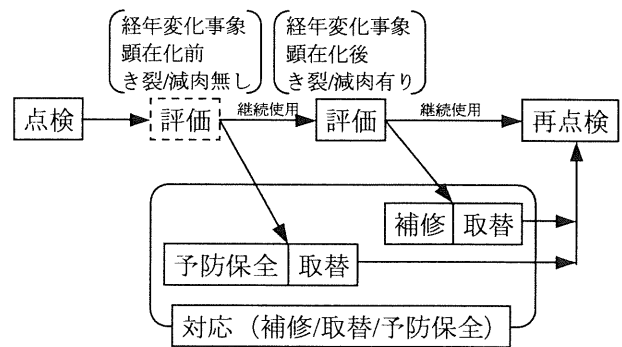


Fig. 3 保全措置及び評価の体系と補修・取替・予防保全の位置付け

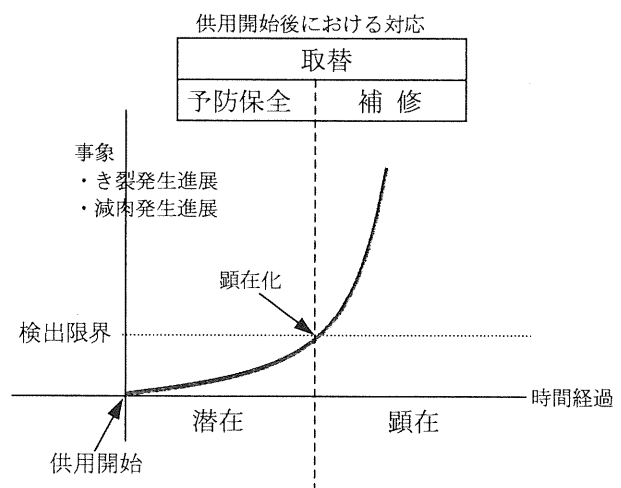


Fig. 4 時間軸における補修・取替・予防保全

## 3. 補修・取替・予防保全の考え方

### 3.1 補修・取替・予防保全の分類と適用

補修・取替・予防保全は以下のように定義される。

**補修:** 経年変化事象が顕在化した場合、既設構造物を取替ることなく、経年変化事象発生部位を何らかの方法で補強又は、経年変化事象の進行を抑制するために行う保全措置のこと。補修方法は、機械的補修と溶接等による補修に分類できる。

**取替:** 経年変化事象が顕在化した場合、又は予防保全として既設構造物を新品と交換する保全措置のこと。ガイドラインにおいては、改造 (材質変更、寸法変更等) も含む。

**予防保全:** 損傷事象を特定し、その事象の要因を緩和するために実施する保全措置のこと。予防保全

方法は、材料改善（取替・クラディング）、応力改善、及び環境緩和に分類できる。

また、補修・取替・予防保全を適用する部位は、要求される機能（構造強度機能、シール機能、その他の安全機能）に分けられ、その機能を満足するための補修・取替・予防保全工法ガイドラインを適用する。

具体的に炉心シュラウドについて考えると、炉心シュラウドの機能としては、構造強度強度に加え、その他安全機能として、炉心支持、制御棒挿入性、炉心冷却材流路の確保、及び事故時炉心再冠水機能が要求され、各々の機能を損なう欠陥が生じた場合には、この機能を回復するためのガイドラインを適用することとなる。

### 3.2 ガイドラインにおいて規定すべき項目

補修工法、予防保全工法は、ある特定の現象/メカニズムを利用し、被施工部に一定の効果を得るものであり、工法の効果を確実に得るためには、その現象/メカニズムを支配する基本的な因子や現場施工の諸条件をコントロールする必要がある。工法をガイドライン化する上で、すべての工法に共通した基本因子（独立）を特定できれば、融通性の高い規定とする事ができるが、それは一般に容易ではないことから、以下の3つの考え方を取り入れて、ガイドラインを規定することとしている。

#### I. 前提条件

開発された工法は、施工対象等を事前に想定し、開発されている。この前提条件を設けることにより数多くの支配因子を固定する事ができる。たとえば、炉内構造物への施工を考えた場合、定期検査中に実施することから数十度の水中、対象はステンレス鋼かニッケル基合金とすることである。

#### II. 基本支配因子

前提条件の下、その他の支配因子を規定するとともに、その基本となる支配因子を変化させ、その変化範囲においてモックアップ試験を実施して工法の有効性を確認すれば、その範囲内で当該工法を実機に適用できるものとする。

#### III. 施工手順・要領等の規定事項

上記の支配因子を規定しても、工法の有効性を確認する試験と同じ施工手順や要領などの支配因子に影響する必要不可欠な最小限の条件を明確にし、そ

れらを規定するものとする。

上記の考え方を踏まえ、ガイドラインにおいては、①適用の効果、②前提条件、③施工部位、④使用装置、⑤施工手順・要領、⑥オペレータ、⑦その他注意事項を規定している。

### 3.3 補修・取替・予防保全工法適用後の点検

2. でも述べたが、補修・取替・予防保全は保全措置の一部であり、適用した場合には、点検計画にフィードバックする事が重要である。フィードバックする際には、適用した工法応じた点検を実施する必要がある。具体的には、以下のように考えられる (Fig.5)。

- ・ 元の状態と同じもしくは同等の場合は、元の検査に戻ることをとする。
- ・ 元の状態と相違がある場合は、その補修後の検査については、別途定める必要がある。
- ・ 元の状態よりも改善される場合は、何らかのインセンティブが与えられるべきである。

現在、予防保全に関して、点検周期の延伸等のインセンティブは付与されるまでには至っておらず（点検周期の短縮要求の対象外となることに使用されている）、今後の課題である。

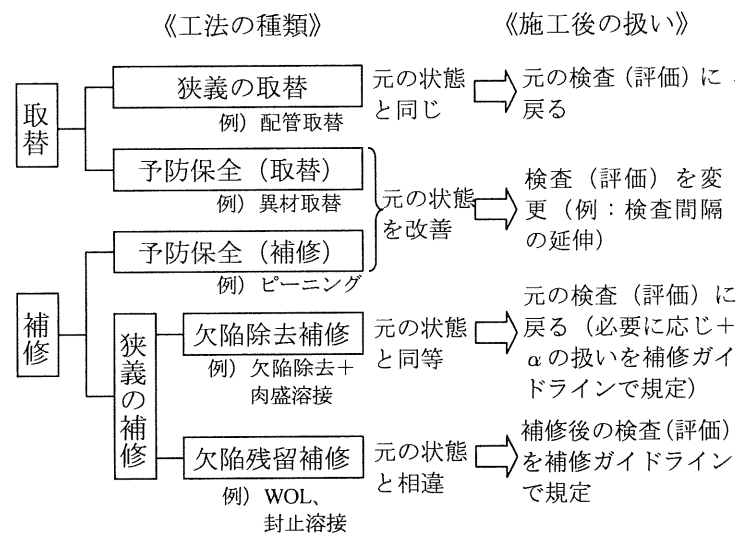


Fig. 5 工法の分類と施工後の扱い

## 4. 結言

これまで炉内構造物等の点検評価ガイドラインに関しては、日本機械学会の維持規格に取り込まれるとともに、国の技術評価を受け、現在、各プラントの保全計画立案の基礎となっている。今後の保全措置においては、点検後の補修・取替・予防保全を実施した構造物に対する点検が重要になってくることを鑑み、炉内構造物等点検評価ガイドラインにおける補修・取替・予防保全の位置付け、及びその考え方について整理した。

現在、新たに補修・予防保全工法ガイドラインが制定された場合においても、技術基準の適合性確認が必要となる工法においては、タイムリーな施工ができていないことから、今後は、新技術をよりタイムリーに適用できるようにするための課題を満足する規定項目など、ガイドラインのあるべき姿にすることに加え、より実用的なものとするに対する検討を実施する必要がある。

## 謝辞

本稿は炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会において検討されているものである。検討会の野本委員長を始め、多くの委員による活発な議論のもと検討された結果を報告させて頂くことに感謝する。

## 参考文献

- [1] 炉内構造物等点検評価ガイドラインについて(第2版) 火力原子力発電技術協会