

# 補修作業管理ガイドラインの検討

## The Study on the Guideline for Management of Repair Activities

三菱重工業(株)	小山 幸司○	Koji KOYAMA	Member
(株)東京エネシス	成川 薫	Isao NARIKAWA	Member
東北大学	青木 孝行	Takayuki AOKI	Member

While the importance of maintenance of NPP is now being well recognized, standardization on maintenance has been mainly implemented for hardware that is SSCs. The quality of the SSCs in service is ensured not only by recognition of physical characteristic of the SSCs, but also by activities of the organization and personnel for maintenance of the SSCs. This paper presents status of study on the guideline for management of repair activities, which provides a typical example of standardization on management of human activities on maintenance of SSCs.

**Keywords:** maintenance, human activities, standardization, repair process management, guideline.

## 1. はじめに

2017年10月に日本保全学会内に「保全標準化推進検討会」が設置され、この検討会の下に「保全作業管理検討WG」が設けられた。ここでは、原子力発電所の機器に対する検査・補修等の保全現場にフィットした現場作業を合理的に実施するには、運転開始前の段階と運転開始後の段階での条件や環境の大幅な違いを考慮した保全作業管理が重要であるとして、その標準的な考え方や方法を明確にするための検討が進められている。

本WGでは、保全活動のうち、「補修」を例として原子力発電所の保全現場において活動を行う上で考慮する必要のある事項とその考え方を検討しガイドラインとしてまとめる活動を行ってきているが、ここでは、そのガイドラインの検討状況を紹介する。

## 2. 保全に関する基本事項

補修活動を管理する前提として、次に示す保全に対する基本的な事項を認識するために以下を挙げています。ここに記載の事項は補修等の是正措置に限らず点検や評価等のそれぞれの保全活動に対して共通の考え方である。

### 2.1 保全活動に投じる資源

保全活動に投じる資源（ヒト、モノ、カネ、情報/時間）が十分でないと、全般的に適切な保全活動が実施できないことから、資源が十分かどうかを確認しておくことは重要である。実施年度や機器を特定するような限定的な視野ではなく、事業者の長期的な経営戦略など俯瞰的な視野で資源の適正配分を考慮して定めること

連絡先：小山 幸司、〒652-8585 神戸市兵庫区和田崎町1丁目1番1号、三菱重工業株式会社 パワードメイン  
原子力事業部 機器設計部、  
E-mail: koji\_koyama@mhi.co.jp

が重要である。

### 2.2 保全活動の目的

最終的に社会に貢献するという保全の目的を意識するためには、必ずしもハードウェア（機械システム）の安全性の観点だけではなく、広い意味での経済的な面も十分に考慮することが必要である。保全は、プラントの安全性と生産性（運転継続性あるいは稼働率）を同時に維持・向上させようとする行為であり、その目的は両者の最大化である。保全遂行能力を最大に高め、不必要な投資を避け、それをプラントの安全性及び生産性に与える影響度の高い、つまり保全重要度の高い機械システムに優先的に適用すれば、保全の目的を効率的・効果的に達成でき、結果として社会貢献につながることになる。

事業者は、保全の重要度（優先度）を考慮して、単に機械システムの安全性（SSC故障率低減等）に留まることなく、常に効率的・合理的な手法への改善により経済性の追求も図りつつ、あらゆる保全に係る活動の効率を向上させる努力を継続的に行う必要がある

### 2.3 保全品質を決定する要素

高い保全品質は、次の要素が良好に整うことで達成されるとの認識が必要である。

#### (1) 保全遂行能力

保全品質は、保全の直接的な実施者である保全要員の技量だけでなく、どのような手順に従ってどのような点に注意を払って作業を進めるか等を定めた保全要領書と使用する資機材も機械システムの保全品質に大きな影響を与える。これら①保全要領書、②保全要員及び③保全用資機材の組合せである「保全遂行能力」が保全品質を主体的に決定する。したがって、平日頃より保全作業に対し、①保全要領書、②保全要員及び③保全用資機材のそれぞれを維持・向上させるだけでなく、これらの組合

せて保全遂行能力を維持・向上させることが重要である。さらに、現有の保全遂行能力を日頃から評価（できれば定量的に）しておき、保全重要度の高い機械システムに高い保全遂行能力を優先的に配置する必要があるとの認識が重要である。

## (2) 保全の組織

レベルの高い保全遂行能力を発揮するためには、堅実に構築された組織の下で品質の高い保全現場が実現されている必要がある。保全現場で実務を行う発電所員等の組織構成員が円滑に実務を行うためには、組織の役割分担がそれぞれ明確になっていることが重要である。

トップマネジメントは明確な保全業務の目標設定を行うとともに職場環境条件を確保するためのコミットメントを明確にし、これを組織全体に伝えること。それを受けて管理職であるリーダーは目標を達成するために業務に関する具体的目標を設定し、その達成のために組織を牽引するとともに職場環境の整備を行うこと。さらにマネージャは現場の所員、作業員等が実務を遂行しやすいように、実務の調整及び管理を行うとともに現場における実務環境を整えることが重要である。

## (3) 保全の環境

レベルの高い保全遂行能力を発揮させるには快適な保全現場の作業環境（温度、照度、騒音など）が重要であり、保全要員など保全関係者の力を発揮させるためには作業環境の一定以上の条件の確保及び充実が欠かせない。また、保全現場の物理的な作業環境以外の要素として保全要員の精神状態、健康状態の維持も重要である。さらに規制当局や産業界自身の制度的環境や職場の意識的環境にも客観性や合理性が強く求められ、保全要員に納得感があれば保全関係者の意欲を向上させ、円滑な実務を行うことができる。これらの「環境」が良好であれば、高い保全遂行能力が得られる。

## 3. 補修管理の基本事項

保全活動の中での補修活動は、設備を直接取り扱う活動であり、PDCA サイクルにおける保全計画立案から点検・評価へとつながった後、新たな保全計画へのフィードバックを行う活動である。その管理には、時間的（設計、製造（据付）から過去の点検、補修などとの関連）、組織的（検査部門、保全部門、発電部門等との関連）及び空間的（物理的な配置、系統的な取合い等との関連）

範囲の認識が求められる。したがって、本WGでは現場の作業管理を行う観点で代表的な保全活動として補修活動を取り上げた。

なお、原子力発電所を構成する機械システムに是正措置を加える場合、その方法によって「補修」、「取替」、「改造」、「劣化緩和」に区分されるが、本ガイドラインでは原子力安全への本質的な影響という純粋に技術的観点から、次のように定義し区分している。

**補修：**機器の機能・性能が経年劣化等により低下した部分を修復する手段で、原子力安全に影響を及ぼす基本特性（例えば機器の構造強度特性や内部流体の流動特性）が変化するものは除く。この考えによれば補修は、機能・性能という機器の基本特性を変更するものではないので、安全審査段階まで遡って評価する必要がない作業であり、事業者が単に材料、構造、施工等をチェックすればよい。

**取替：**同等の機能・性能を有する機器に入れ替える手段で原子力安全に影響を及ぼす機器の構造強度特性が変化するものは除く。

**改造：**機器の全て又は一部を入れ替え、当該機器の機能・性能が変わる手段で原子力安全に影響を及ぼす基本特性が大幅に変化するものが該当する。

**劣化緩和：**機器・部品の材料・構造を変えずに経年劣化因子を排除あるいは弱める目的で実施される手段で、例えば応力腐食割れ感受性の緩和のための水質の改善、残留応力の低減措置などが該当する。この考えによれば劣化緩和は、対象機器あるいは系統の基本特性に影響を与えるものではないため、安全審査段階まで遡って評価をし直す必要がなく、事業者の責任で施工の技術的妥当性のチェックをすればよい。

補修を行うにあたって、現場の作業管理の観点で実施組織として前もって明確にすべき事項として次のものを挙げている。

### 3.1 補修の目的

補修を行うにあたって、実施組織として補修の目的（例：経年劣化で低下したバウンダリ機能を復旧すること）達成のために必要な管理を行ううえから目的を明確にすることが重要であるとしている。

### 3.2 補修計画の前提

補修を計画するにあたって、制約になりうるものとして考慮すべき次の事項（特に実施対象部分に対する時間的、組織的、空間的な周辺との境界）を認識したうえで、実施対象部分に着目することが重要である。

#### (1) 所掌範囲と責任

当該補修に関する計画、補修部の検査、施工等の活動の組織内及び社内・外組織間との分担及び責任、並びに補修部の取合い部分（対象外となる部分との関連）と補修に伴う周辺部分への影響（影響ある場合はその内容及び確認方法）を認識することが重要である。

#### (2) 当該補修の達成目標と工法の選択

適切なコンフィグレーション管理された関連図書を参照し、当該部の設計段階から現状までの要求機能・性能を把握し、相違の理由を明らかにし、補修は、建設時と異なる環境及び条件のもとで行われることを理解したうえで、達成目標（付与すべき機能・性能レベル）を認識することが重要である。また、適切な保全工法とその工法に応じた保全の三要素からなる保全遂行能力が実際の保全現場での原子力安全の水準と保全品質の水準を形成することを理解したうえで、達成目標及び保全重要度に応じて補修工法を複数の工法から選択するとの認識が重要である。

### 3.3 適用規格・基準及び適用図書

当該補修に適用する規格・基準及び年版を明確にするが、建設時のものと異なる可能性もあるので、要求レベルの変化に注意する必要がある。建設時のものと異なる場合は、周辺部分への適用規格・基準が当該部と異なる場合に周辺部分への影響に注意するなど、その適用に関する取扱いを明確にする必要がある。また、規格・基準及びそれらの年版を準用する場合は、準用規格・基準の解釈（程度、方法等）も確認することが重要である。

補修の対象部分を定義する根拠となる図書が、対象の機械システムの現在の状態と合致していることを確認する必要がある。構成図書は規制当局への提出・承認された設計等に関連する図書を含み、適切なプロセスにより作成・管理されている信頼できる図書を用いる。これらの構成図書にはその機械システムが含まれる系統及びプラント全体の設計要求レベルと機械システムの機能・性能との関連についての最新の考え方が記述されていなければならない。過去の保修記録が対象の機械システムの現物と合致していることを確認することが重要である。

## 4. 補修作業前の確認事項

ここでは、補修の現場で補修に直接かわる関係者が事前に自ら確認する事項として次のものを挙げている。

また、前述の補修に関する基本事項が整っていることを現場で自ら確認することも必要であるとしている。

### 4.1 補修対象

まず、補修対象の機械システムがどのようなものであるかを理解することが重要である。特に、プラントシステムの観点から補修対象の機械システムに求められる特性と、その特性について現在の状態のみならず建設・据付け時からの差異を把握し、実施しようとする補修作業に対してその特性がどのように影響するかを認識することが重要である。

#### (1) 補修対象の機械システム

補修の対象となる機械システムつまりハードウェアそのものに関する次のような事項である。

- 対象部位の特定
- 設備区分
- 他のシステムとの境界
- 設計条件
- 機能・性能
- 材料・構造・表面状態等

#### (2) 環境条件

補修の対象となる機械システムが置かれた環境に関する次のような事項である。これは、補修作業を行う際に補修現場において、建設段階と異なり制約となりうるものをあらかじめ理解しておく観点で重要である。

- 設置位置
- 周辺の空間制限
- 対象部位の隔離方法
- 作業空間の環境（気中／水中）

### 4.2 補修の方法

ここでは補修作業を実際に行うために具体化する手段に関して認識することが重要である。適切な補修工法を選択することだけでなく、その工法を用いて補修を具体化するには補修遂行能力が適切に配備されていることが必要である。

#### (1) 補修工法の選定

前項で挙げた補修対象とその設置された環境に対して、目的達成のために採りうる工法のうち、適用実績、有効性、検査・評価の保守性等の事項を考慮して最適な補修工法を選定する必要があるとしている。さらにここでは、採用した工法の効果を事前に確認すること及びその工法を適用した場合の他の機械システムへの影響（の有無）を確認することも重要であるとしている。



## (2) 適切な補修遂行能力の配備

補修対象の機械システム当該部の補修品質を決定するのが補修要領書、補修作業班及び補修資機材であり、これらが当該補修部の重要度に応じて配備されていることが重要であるとしている。

## 4.3 補修実施時期

ここでは、劣化予測との関連で適切な補修実施時期が設定されていることを確認することが重要であるとしている。

## 5. 補修作業の実実施計画の立案

ここでは、具体的に補修要領書の策定において考慮する事項として次のものについて、それぞれの考慮すべき点を挙げる。策定にあたっては当該補修に適切な重要度の補修が適切なコストで行えるよう効率性を考慮することが重要であり、効率性についてはクリチカルパスへの適正化、補修にかかわる要員及び資機材の適切な配備を考慮するとしている。

- (1) 補修方法と手順
- (2) 補修作業工程
- (3) 補修要員配置計画
- (4) 補修資機材調達計画
- (5) 適切な補修作業環境の整備
- (6) その他管理計画 (QA/QC、安全、放管、異物混入管理)

## 6. 補修の実施

ここでは、補修の現場で補修要領書を具体的に展開し、次に示す補修活動において具体的に実施する事項を挙げる。補修前検査では、経年劣化が予想される部位については表面状態などの特性を建設段階から前回までの状態からの変化を把握し、計画した補修が計画通りに実施できるかを確認することが重要であるとしている。また、補修作業においては、補修計画からの逸脱が生じた場合の措置をあらかじめ確立し、作業に伴うリスクの低減をはかることが重要であるとしている。

- (1) 補修前検査
- (2) 補修作業
- (3) 補修後検査

## 7. 補修後の措置

ここでは、補修作業後の現場で実施する活動において具体的に実施する事項を挙げる。保全計画への反映にお

いて、特に暫定措置などを選択した場合は後段の保全活動のために引き継ぐ情報を明確にし、適切な図書に反映し、反映する図書はコンフィグレーション管理に従うことが重要であるとしている。

- (1) 保全計画への反映
- (2) 補修記録並びに図書の作成及び保管

## 8. まとめ

保全標準化推進検討会傘下の保全作業管理検討WGで取り組んでいる「補修作業管理ガイドライン」の検討状況を紹介した。

保全活動の重要性についてはすでに広く認識されているが、その標準化はこれまで機械システムそのものに対するものに重きを置かれてきたと考えざるを得ない。機械システムの供用中にわたる品質は当初付与された機械システムそのものの特性とその変化の把握だけでなく、保全を行う組織とそれを構成する人間の活動にかかわる要素が左右する。したがって人間の活動にかかわる部分に関する標準化が充実することで真の保全品質の向上が図れるものと考ええる。

今後、補修を例として現場における保全活動の標準化の検討を進め、その結果得られた議論をさらに保全全体に広めていきたいと考えているところである。

## 参考文献

- [1] (一社) 日本保全学会 補修技術活用検討会: “原子力発電所の保全における補修等是正措置技術活用のための課題と改善提案”, JSM RAP001 (2017年3月)