

保全活動における補修等の是正措置の位置付けについて

Study on the Position and Role of Corrective Measures in Plant Maintenance

東北大学

青木 孝行

Takayuki AOKI

Member

There are three technologies for facility maintenance, i.e. inspection, aging degradation evaluation and corrective measure. It was discussed that it was important to develop them systematically to be able to cope with any situation which occurs in industrial plants.

Keywords: Maintenance, Inspection Technology, Aging Degradation Evaluation Technology, Corrective Measure Technology

1. はじめに

保全は経年劣化の生じるハードウェアから成る機械系とその経年劣化に対応する人間系で構成されており、それは全体として大きなシステムと見ることができる。また、その内部を見てみると、経年劣化が生じる機械系を検査するための検査計画を立案し (Plan)、それを実行し (Do)、そしてその結果を評価して是正計画を立案し (Check)、それを実行する (Act)、という所謂 PDCA を繰り返すことによって機械系の機能を維持している。この PDCA に際して検査技術、経年劣化評価技術、是正技術の 3 つの保全技術は重要な役割を担っており、必要不可欠なものとなっている。

本論文では、保全における補修等の是正措置の位置づけについて検討するとともに、是正技術の重要性について検討する。

2. 保全の基本的考え方

保全の基本的事項を以下に列挙する。

- (1) 一般に原子力発電所のような産業プラントは、安全性と経済性 (生産性あるいは稼働率) が同時に確保されないと社会の中に存続できない。
- (2) 原子力発電所は多くの系統、機器から成っている大規模複雑システムであり、個々の系統に故障が発生したときの影響度 (安全性あるいは経済性 (発電継続性) への影響度) はそれぞれの系統によって異なる。個々の機器に故障が発生した場合も同様に、それぞれの機

器によって影響度が異なる。したがって、影響が大きい系統あるいは機器 (重要度の高い系統あるいは機器) の信頼性を優先して確保するのが効率的効果的である。

- (3) 原子力発電所の各種機能は、通常、系統単位で発揮される。したがって、系統単位で保全活動を考える視点が必要である。
- (4) 原子力発電所を構成する個々の機器の健全性は、「検査」「評価」「是正」の保全 3 技術が適用されて確認・確保される。
- (5) 機器の健全性を確認する上で保全 3 技術は互いに補完関係にある (図 1)。

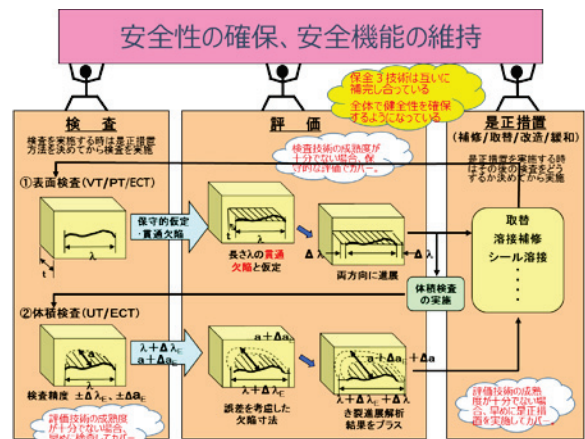


図 1 検査、評価、是正の保全 3 技術の補完関係

- (6) 機器の将来における健全性は、検査に用いる「検査」技術とその結果を踏まえた評価に適用する「評価」技術の組合せで確認することになるため (図 2)、その組合せの精度/性能が十分か、確認が必要である。

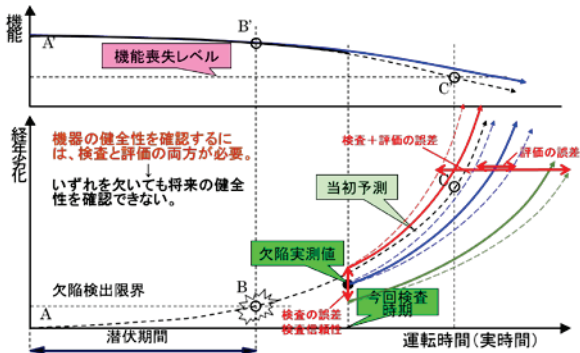


図 2 機器の将来における健全性確認方法 (検査と評価の関係)

3. 検査と評価の結果に基づく保全措置—是正措置とその課題—

検査と評価の結果に基づき、機器には是正措置を講じる際の状況には多種多様なものがある。以下に思いっくままにそれらを列挙してみる。なお、ここでは予防保全と事後保全のうち、事後保全（亀裂等の欠陥や漏えいの発生した後実施する保全）を想定して検討する。

(1) 亀裂等の欠陥やシール部劣化の発生・進展が懸念される場合

① 「検査」と「評価」に十分な保守性がある場合

- a) 予想よりも劣化進展が少なく
 - ・ 十分許容値内
- b) 予想通り劣化が進展
 - ・ 十分許容値内

- ・ 許容値に近い
 - c) 予想以上に劣化が進展
 - ・ 許容値に近い
 - ・ 許容値超え
- ② 「検査」と「評価」に大きな不確定性がある場合
- a) 予想よりも劣化進展が少なく
 - ・ 十分許容値内
 - b) 予想通り劣化が進展
 - ・ 十分許容値内
 - ・ 許容値に近い
 - c) 予想以上に劣化が進展
 - ・ 許容値に近い
 - ・ 許容値超え

(2) 亀裂等の欠陥やシール部劣化の発生・進展が高じて

- 発生した漏えいを取り扱う場合
 - a) 漏えい率は十分小さく、増加も少ない
 - b) 漏えい率は小さいが増加しつつある
 - c) 漏えい率が大きい

これ以外にも多種多様な状況が考えられる。そのような多種多様な状況に適した合理的な是正技術が開発されていれば、それを適用するのが最も良い保全の選択肢となる。そこで、上記を踏まえて、検査、評価、是正の3技術に対してどのようなニーズがあるか、整理してみた。それを表1~3に示す。

表 1 検査技術に対するニーズ

		所要時間	
		短期間で終了したい場合	時間的制約が比較的少ない場合
信頼性(検査・評価の見落とし率)	高精度	◆ここに位置する技術の ニーズが最も高い ◆ここに位置する技術は下記が求められる ・検出/サイング/見落とし率、全ての観点から高精度 ・所要時間が短い(※) ・所要時間との兼ね合いで多少コストが高くても止むを得ない ◆しかし、高精度を求めると、通常は時間を要するので、このような技術は少ない。	◆ここに位置する検査技術の ニーズは高い ◆信頼性、所要時間、コストのバランスの良い技術が求められるが、多少コストが高くても許容される場合がある
	通常精度	◆兎に角、短期間のうちに検査して運転再開したい場合、ここに位置する技術が必要で ニーズが高い ◆ここに位置する技術は下記が求められる ・一定の精度を備えている ・所要時間が短い(※) ・所要時間との兼ね合いで多少コストが高くても止むを得ない	◆既存の技術は基本的にここに位置する ◆信頼性、所要時間、コストのバランスの良い技術が求められる ・できるだけ高い信頼性を期待できる技術 ・できるだけ所要時間の短い技術 ・できるだけ低コストの技術 ◆現在行われている研究開発はここに位置する技術の高精度化を狙ったものが多い
	比較的低精度	◆兎に角、短期間のうちに検査して運転再開したい場合にここに位置する技術が必要で、下記条件の技術の ニーズもある ◆ここに位置する技術は下記が求められる ・適用対象の構造強度が高い場合、あまり精度は要求されない ・所要時間が短い(※) ・所要時間との兼ね合いで多少コストが高くても止むを得ない	◆通常精度を有する検査技術が既に存在するので、これに該当する検査技術の ニーズは高くない

(注) 準備、検査、後片付けの全時間
 たとえば、一括広域探傷又は広域探傷技術+局部探傷技術の組合せで、検査時間が短く、付帯作業も短時間

表 3 経年劣化評価技術に対するニーズ

		所要時間	
		短期間で終了したい場合	時間的制約が比較的小さい場合
信頼性	高精度	<ul style="list-style-type: none"> ◆ここに位置する技術のニーズが最も高い ◆ここに位置する技術は下記が求められる <ul style="list-style-type: none"> ・高予測精度 ・所要時間が短い(＊) ・所要時間との兼ね合いで多少コストが高くて止むを得ない 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ここに位置する検査技術のニーズは高い ◆信頼性、所要時間、コストのバランスの良い技術が求められるが、多少コストが高くて許容される場合がある
	通常精度	<ul style="list-style-type: none"> ◆兎に角、短期間のうちに検査して運転再開したい場合、ここに位置する技術が必要でニーズが高い ◆ここに位置する技術は下記が求められる <ul style="list-style-type: none"> ・一定の精度を備えている ・所要時間が短い(＊) ・所要時間との兼ね合いで多少コストが高くて止むを得ない 	<ul style="list-style-type: none"> ◆既存の技術は基本的にここに位置する ◆信頼性、所要時間、コストのバランスの良い技術が求められる <ul style="list-style-type: none"> ・できるだけ高い予測精度が期待できる技術 ・できるだけ所要時間の短い技術 ・できるだけ低コストの技術 ◆現在行われている研究開発はここに位置する技術の高精度化を狙ったものが多い
	比較的低精度	<ul style="list-style-type: none"> ◆兎に角、短期間のうちに検査して運転再開したい場合にここに位置する技術が必要で、下記条件の技術のニーズもある ◆ここに位置する技術は下記が求められる <ul style="list-style-type: none"> ・保全対象である機器の健全性が保全3技術の総合力で確認できればよいので、必要以上の精度は必ずしも必要ない ・所要時間が短い(＊) ・所要時間との兼ね合いで多少コストが高くて止むを得ない 	<ul style="list-style-type: none"> ◆通常精度を有する検査技術が既に存在するので、これに該当する検査技術のニーズは高くない <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;"> <small>*条件設定、評価(解析)、結果まとめの全時間。必ずしもコンピュータ解析でなくてもよい。</small> </div>

表 2 是正技術に対するニーズ

		所要時間	
		短期間で終了したい場合	時間的制約が比較的小さい場合
信頼性(耐久性)	恒久対策	<ul style="list-style-type: none"> ◆ここに位置する技術のニーズが最も高い <ul style="list-style-type: none"> ・長期の信頼性、高い対策効果 ・所要時間(準備、施工、後片付け)が短い ・所要時間との兼ね合いで多少コストが高くて止むを得ない ・修理後の検査性や低い検査負荷(時間、労力)が要求される ◆しかし、長期の信頼性を求めると、通常は時間を要する工法となるので、このような技術は少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ◆既存の技術は基本的にここに位置する ◆信頼性/対策効果、所要時間(準備、施工、後片付け)、コスト、施工後のISI負担のバランスの良い技術が求められる <ul style="list-style-type: none"> ・できるだけ高い信頼性を期待できる技術 ・できるだけ所要時間の短い技術 ・できるだけ低コストの技術 ◆現在行われている研究開発はここに位置する技術の高度化(高信頼性、短い所要時間、低コスト、施工後の低ISI負担)を狙ったものが多い
	暫定対策	<ul style="list-style-type: none"> ◆兎に角、短期間のうちに対策して運転再開したい場合にここに位置する技術が必要で、ニーズが非常に高い ◆ここに位置する技術は下記が求められる <ul style="list-style-type: none"> ・当面(2年程度)の耐久性は確実にある、しかし長期の信頼性は要求されない ・所要時間(準備、施工、後片付け)が短い ・所要時間との兼ね合いで多少コストが高くて止むを得ない ・修理後の検査性や低い検査負荷(時間、労力)は要求されない ◆既に火原協「暫定補修3工法」が開発されているが、現行ガイドラインの施工方法ではかなりの時間を要するので、改善が必要である 	<ul style="list-style-type: none"> ◆時間的制約が比較的小さい場合は、暫定対策を実施することは少ないので、これに該当する技術のニーズは高くない ◆時間の制約が無い場合であっても暫定対策を実施したい事情がある時は、左欄に位置する暫定工法を使用できる

4. 是正技術に関する課題

前項までの検討を踏まえ、是正技術に関する課題について検討した。以下にそれらを列挙する。

- (1) 多種多様な適用場面を想定して、それに合理的に対応できる保全3技術を体系的に整備する必要がある。
- (2) 検査方法と是正工法等の新技术の有効性を確認する
第三者機関の設置を含む民間の制度
(確性試験に代わる仕組みの確立)
- (3) 検査のPD制度と同様に是正工法のPD制度を確立する必要がある。第三者組織を設置
- (4) 検査、是正を含む保全作業のための保全管理ガイドラインを策定する必要がある。(これについては、現在、保全学会内に設置された保全標準化推進検討会で検討中である。)
- (5) 上記の活動を促す規制環境を整備する必要がある。

5. まとめ

保全の目的は、「安全性と経済性の同時最大化」を追求することである。安全性は勿論のこと、経済性も追求し一定以上のレベルを確保する必要がある。なぜなら、経済性の低下は、安全性向上や人材を含むリソースの確保への投資を難しくし、安全性に影響を与えかねない事態に陥る可能性があるからである(図3)。

是正措置技術は、検査技術及び評価技術と相俟って、機械系の健全性・信頼性を維持・向上し、その結果として保全目的(与えられた条件下での安全性と経済性の同時

最大化の追求)を達成する上で必要不可欠な重要技術である。しかしながら、これら3技術はプラントに発生する多種多様な経年劣化や故障、あるいはそれらでプラントが置かれる多種多様な状況に十分対応できるほど体系的に整備されていないのが現状である。たとえば、運転中に発生した漏えいに即応できる暫定的な補修工法が十分整備されているとはいえない。検査技術、評価技術もこのような観点から検討され、整備されているとは必ずしもいえない。

上記のような観点から保全3技術がしっかりとした技術的基盤の上に透明性の高い適切なプロセスを通じて実証され、体系的に整備されることが強く望まれる。

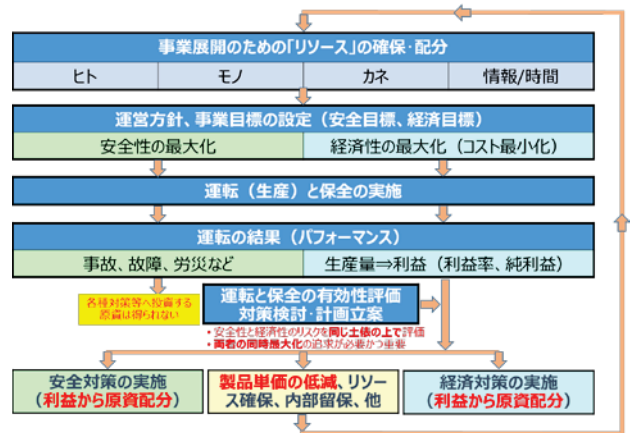


図3 安全性と経済性の関係