

AMP 164 屋外配管、タンク、構造物(2021 年版)

プログラムの概要

本文書は、PWR、BWR、CANDU／PHWR 原子炉プラントにおいて、鉄及び非鉄合金の屋外、地上配管、タンク及び構造物(それらの支持部を含む)の経年劣化を管理するための、プラント特有の経年劣化管理プログラム(AMP)を開発するためのガイダンスを提供する。このプログラムには、部品が影響を受けやすい劣化形態(経年劣化の影響／メカニズム)の評価と、それらの劣化形態を検出できる検査技術の実装が含まれる。このプログラムでは、プロセス水配管、消火水配管、給水配管、蒸気水配管、サービス水配管、海水配管、油配管、計装配管、補助復水貯蔵タンク、脱塩水タンク、ディーゼル油貯蔵タンク、原水タンク、化学添加タンク、塩素処理プラント、ダクト、送電塔、煙突を対象としており、これらは屋外配管、タンク、構造物の一例である。このプログラムは、原子炉プラントの経年劣化管理に関するハンドブック[1]の推奨に依拠している。

これらの屋外配管、タンク、構造物の支持部や支持配置も、劣化の観点からは重要な構成要素である。定期的な検査中に支持部の欠陥が発見されると、欠陥の全容を確実に特定するために、検査範囲が拡大される。サポート機能またはその負荷能力を損なう可能性のある劣化は、評価のために特定される。AMP には、これらの支持体に対する許容基準と是正措置が含まれる。是正措置が必要な支持体は、次の検査期間中に再検査される。

これらの屋外配管、タンク、構造物、及びそれらの支持体について、この AMP で規定されている主な検査方法は、目視によるサンプル検査である。検査のサンプルサイズは、安全に関する重要性によって異なる。この方法は、規制ガイダンス文書だけでなく、様々な加盟国の国家規格や基準(例えば、参考文献[2])の推奨とも一致している。

これらの屋外配管、タンク、構造物、及びそれらの支持物の検査を実施する要員は、加盟国の規格・基準(例えば、参考文献[3])に準拠して資格及び認定を受けている。

評価と技術的根拠

1. 経年劣化の理解に基づく経年劣化管理プログラムの範囲:

本プログラムは、PWR、BWR、CANDU／PHWR 原子炉プラントの対象となる全ての鉄及び非鉄合金の地上屋外配管、タンク及び構造物、ならびにそれらの支持物に適用される。高分子材料の配管、タンク、及び構造物は、本 AMP の対象外である。

AMP の適用範囲には、屋外配管、タンク、鉄骨構造物、及びそれらの支持部材の外表面、ボルト、溶接、定荷重、及び可変荷重のスプリングハンガー、ガイド、ストップ、防振エレメントが含まれる。コンクリートで覆われていたり、地下に埋設されていたり、他の構造物で覆われていたりしてアクセスできない支持体／ボルト部分や、配管やタンクの内表面は、検査対象から除外される。プラントの許認可文書に具体的なガイダンスがない場合、IWF-1230[4]を用いて除外される支持体を特定することができる。

本 AMP では、以下の劣化メカニズム及び経年劣化の影響を考慮するが、全てのメカニズムが本 AMP の対象範囲内の各アイテムに適用されるわけではない(詳細 3 節を参照)。

- 摩耗
- 予圧の喪失

- 全面腐食
- 応力腐食割れ

本プログラムに関連し、不可欠な他の経年劣化管理プログラムは以下の通りである。

- AMP115:ボルト締結に伴う経年劣化
- AMP131:消火水システム
- AMP132:地上金属タンク (AMP132 は地上タンクの外面及び内面に適用され、屋内空気環境に曝されるタンクを含む)
- AMP134:機械部品の外面モニタリング (AMP134 は高分子材料にも適用される)
- AMP135:その他の配管及びダクト構成部品の内部表面検査
- AMP306: 構造物のモニタリング (AMP306 はコンクリート構造物にも適用可能)

AMP125 は、“埋設・地下の配管・タンク” が対象である。埋設配管とタンクは、土壌またはコンクリートと直接接触している (例えば、壁の貫通部)。地下配管やタンクは地下にあるが、トンネルや保管庫の中にあり、空気と接触しており、点検のためのアクセスが制限されている場所にある。従って、AMP125 はこの AMP と関連しない。本プログラムは、閉鎖型処理水システムの腐食防止を対象としていない。再循環配管の腐食による経年劣化は、AMP117 (閉鎖型処理水システム) で扱われている。

この AMP164 は、配管、タンク、鋼構造物の外面に適用される。従って、AMP157 (内部塗装と内張) は適用されない。AMP308 はサービスレベル I の塗装であり、原子炉格納容器内の領域で使用される。

2. 経年劣化を最小限に抑え、管理するための予防措置:

このプログラムには、劣化に対処するための予防措置と緩和措置が含まれる。

このプログラムで利用される予防措置は、配管、タンク、構造物の材質や、曝される環境によって異なる。例えば、ボルト材料／ガスケットの選択、設置トルクや張力、潤滑剤やシーラントの使用は、構造物用ボルトの劣化や破損を自然に防止又は緩和するようなものでなければならない[5]。

環境条件に基づいて腐食を防止するため、配管、タンク、鋼構造物、その支持部材に塗装が施される。これらの塗装は、国家の当局によって承認された合意規格に準拠している。塗装が施されない場合は、その正当な理由が必要である。

3. 経年劣化の検出:

このプログラムには、屋外配管、タンク、鋼製構造物、及び支持部品が受けやすい劣化形態の評価と、これらのシステムの健全性／機能性が維持され、構造物及び構造部品が意図する機能が損なわれないことを確実にするために、これらの劣化形態を検出できる検査技術の実施が含まれる。指定された検査方法、頻度、検査範囲は、経年劣化の影響が設計に基づく要件を損なう前に検出されることを保証する。

検査は、プラントの関連する管理統制事項またはガイダンス文書に準拠して実施される。検査／点検のサンプルサイズは、加盟国の規制または規格・基準に基づいて決定される。加盟国

の規制、規格・基準、またはプラントの許認可文書に具体的なガイダンスがない場合、表 IWF-2500- 1[4]を用いて、サンプルサイズ、範囲、頻度及び検査方法を決定することができる。

一般的に、検査方法には、配管、タンク及び構造物の欠陥を検出するための体積検査方法、寸法変化を検出するための物理的測定方法、一般的な表面状態を検出するための様々な目視検査 (VT-3, VT-1) が含まれる。肉厚は、超音波探傷 (UT) などの非破壊検査技術によって測定される。材料特性の変化は、硬さ試験や引張試験のような破壊試験により監視される。

配管の場合、検査箇所は、劣化に対する感受性と故障の影響の双方を考慮し、リスクに基づいて選択される。経年劣化の影響を検出するために、塗装の種類、塗装の状態、外部環境、配管内容物、配管機能などの特性が考慮される。

タンクの場合、検査は目視技術または体積測定技術を使ってタンクの外面から実施される。UT 測定はタンク表面に一樣に実施する。二重壁タンクは、環状空間の漏えいを監視することによって検査することができる。屋外タンクには、タンクオーバーフロー時の流出を防止できる堤防または貯留池が必要であり、回収した液体をサンプリングし、液体放射性廃棄物処理システムへ送るための規定が必要である (例えば、参考文献[6])。

鋼構造物については、供用期間中検査間隔とその範囲を決定する際に、鋼構造物の使用と信頼性に関する要件が考慮される。供用期間中検査プログラムでは、検査項目と範囲、検査間隔、検査指示、適用される規制、ガイドと規格、検査要員とその能力要件、検査項目の準備、検査報告書を提示する必要がある (例えば、参考文献[7])。

経年劣化に対処するために監視または検査されるパラメータには、腐食、変形、支持体のミスアライメント、支持アイテムの欠落、脱落、緩み、ガイドとストップの不適切なクリアランス、ばね支持体と定荷重支持の不適切なホットまたはコールド設定も含まれる。摺動面のアクセス可能なエリアは、支持体の設計基準で意図された摺動を妨げたり制限したりする可能性があるゴミ、汚れまたは摩耗による材料の過度の損失がないか監視される。材料損失は、配管やタンクの外面の目視検査や、場合によっては配管やタンクの肉厚測定によって監視される。

構造用ボルトは、腐食や、ボルト接合部の自己緩みによる健全性の喪失、構造健全性に影響を及ぼす可能性のある材料状態について監視される。応力腐食割れ (SCC) に対する感受性の高い高強度構造用ボルト (実測降伏強度が 150ksi または 1,034MPa 以上) は、SCC の監視を行う。詳細は AMP115 を参照できる。

エラストマー防振要素は、VT-3 検査法により、亀裂、材料損失、硬化について監視される。エラストマー防振要素の VT-3 目視検査は、防振機能が疑わしい場合、硬化を検出するために手触りによって補完される。

VT-3 目視検査は、安全クラス 1、2、3 の配管支持に対しても実施され、腐食や摩耗による材料損失、クリアランスの確認、設定、物理的な変位、部品の緩みや欠落、摺動面のアクセス可能な領域におけるゴミや汚れ、またはボルト接続部の健全性の損失を明らかにする。

VT-3 の目視検査で許容基準を超える表面欠陥が検出された場合、その欠陥の特性を判定するための補足的な表面 VT-1 または体積 UT 検査が必要となる。

検査中に観察された有害な兆候は、プラント是正措置プログラムで扱われる。検査によって判明する有害な兆候としては、漏えい、最小値未満の材料厚さ、配管やタンクの塗装劣化、塗装の一樣劣化または局所劣化による母材の露出などがある。許容基準を満たさない有害な兆候により、影響を受ける部品の修理または交換が必要となることもある。

4. 経年劣化のモニタリングと傾向分析:

検査・試験スケジュールの実施、信頼製の高い検査方法、及び適用される規格[3]に準拠した資格を有する検査員により、経年劣化を適時的にかつ確実に検知する。

配管、タンク、鋼構造物のすべての構成部品は、各加盟国の規格・基準の要求に基づいて、定期的に検査される。プラントの許認可文書に特定の要求事項がない場合、または要求事項を補足する場合、参考文献[4]の表 IWF-2400-2 に規定された検査スケジュールを使用することができる。配管、タンク及び構造物に対する部品支持検査の順序は、最初の検査中に確立され、現実的に実行可能な範囲で、それ以降の検査で繰り返される。

検査された全ての部品の、以前の検査からの状態の変化が記録される。検査で許容できない劣化が発見されなかった部品は、継続使用が認められる。検査で許容できない状態が明らかになり、是正措置または修理・交換によって使用継続が認められた部品支持体は、次の検査期間中に再検査される。再検査を受けた部品支持体が、次回検査で追加の是正措置が必要でないと判断された場合、当該箇所の検査は定期検査として扱うことがある。

パフォーマンス指標は、評価を強化し、実施中のプログラムを改善するために定義される。例えば、是正措置と予防保全の努力の比較、反復故障数などの統計的指標を使用することができる。

5. 経年劣化の緩和:

検査、試験、予防保全は、承認された手順に準拠して実施される。

これらの活動の結果は、緩和措置の必要性を判断するために評価される。緩和措置には、表面徴候の除去、修理の実施、部品のオーバーホールやパーツ交換、形状、応力レベル、保護塗装、接続タイプの改善などの設計やレイアウトの変更が含まれる。

6. 許容基準

許容基準には、技術仕様書、加盟国の規格・基準、設計基準、規制ガイド、手続き要件、現行の許認可基準、民間規格・基準が含まれる。このプログラムでは、屋外配管、タンク、構造物、及びそれらの支持物の検査について、意図された機能を失う前に、是正措置の必要性が確実に特定されるよう、具体的な検査許容基準を規定している。最低限、目視検査においては、IWF-3400[2]に規定されているように、以下の状態は容認できない。

- a) ガasket、ファスナー、スプリング、クランプ、またはその他の支持アイテムの変形や構造的劣化
- b) ボルトやナットなどの支持部材の欠落、脱落、緩み
- c) 公差に近い機械加工面または摺動面上のアークストライク、溶接スパッタ、塗料、傷、表面凸凹、または全面腐食
- d) スプリング支持部位及び定荷重支持部の不適切なホット・ポジションまたはコールド・ポジション
- e) 支持体のミスアライメント
- f) ガイドとストップの不適切なクリアランス

g) その他の容認できない状態として以下なども含まれる。

- 腐食や摩耗による材料損失
- 支持体の設計基準で意図された摺動面の摺動を妨げたり、制限したりする可能性のあるゴミ、汚れ、過度の摩耗
- 高強度力ボルト・定着部を含むボルトの亀裂、せん断
- 防振機能を低下させる可能性のあるエラストマー防振要素の材料損失、亀裂、硬化

上記の条件は、その許容の技術的根拠が文書化されていれば、許容可能である。

7. 是正措置:

是正措置 (修理又は交換) は、プラントの関連する管理統制事項またはガイダンス文書に合致していることが要求される。

確立された基準を満たさない検査結果に対しては、評価が実施される。評価の結果、配管、タンク、または構造物が供用に戻される前に、修理または交換の必要性が示された場合、修理、非破壊評価、または試験のいずれかを含む是正措置が、プロセスに準拠して開始される。さらに、是正措置には、劣化の根本原因を軽減するための評価が含まれる。

8. 運転経験のフィードバック及び研究開発結果のフィードバック:

本 AMP は業界全体における一般的な経験を対象としている。プラント特有の関連運転経験は、プラント AMP がプラントに適切であることを確実にするために、プラント AMP の策定において考慮される。プラントはフィードバックプロセスを実施し、プラント及び業界全体の運転経験と研究開発 (R&D) 結果を定期的に評価し、必要に応じてプラント AMP を修正するか、または追加の措置 (例えば、新たなプラント特有の AMP を策定する) を講じ、経年劣化管理の継続的な有効性を確保する。

外部の運転経験に関する適切な情報源は、Owner's Group、WANO、IAEA [8]及び NRC generic communications である。

参考文献[4]に準拠した IWF サンプリング検査は、配管、タンク及び構造物の支持部に対する経年劣化の影響を管理するため、別の効果的なプログラムである。本 AMP に加えて、IWF 検査プログラムが運転期間延長中の経年劣化を管理する上でも効果的であるという合理的な保証がある。

このプログラムには、プラント特有及び業界全体の運転経験、研究開発結果を継続的にレビューし、プログラムへの影響を評価し、必要な措置やプログラムの修正を行うための規定が含まれている。

この AMP が作成された時点では、関連する研究開発は特定されていない。

9. 品質管理:

サイトの品質保証手順、レビュー及び承認プロセス、並びに管理統制は、劣化による故障の可能性を低減するための国家の規制要件 (例えば、10 CFR 50, Appendix B[9]) に準拠して実施されている。

References

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Handbook on Ageing Management for Nuclear Power Plants, IAEA NE Series No. NP-T-3.24.
- [2] AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, ASME Section XI, Rules for In-service Inspection of Nuclear Power Plant Components of Light-Water Cooled Power Plants, Division 1, Rules for Inspection and Testing of Components of LightWater-Cooled Plants.
- [3] CANADIAN GENERAL STANDARD BOARD, Qualification and Certification of Non-destructive Testing Personnel, Can/CGSB-48.9712, CAN/CGSB, Canada.
- [4] AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEER 2011a, Section XI, subsection IWF requirements for class 1, 2, 3, and MC components supports of light water cooled plants, article IWF-1000 and IWF-2000.
- [5] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, Good Bolting Practices, A Reference Manual for Nuclear Power Plant Maintenance Personnel, Volume 1: Large Bolt Manual; Volume 2: Small Bolts and Threaded Fasteners, NP-5067, EPRI, Palo Alto, CA,1990.
- [6] USNRC, REGULATORY GUIDE 1.143, Rev. 2, Design guidance for radioactive waste management systems, structures, and components installed in light-water-cooled nuclear power plants. The Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety (STUK), YVL 4.2.
- [7] Safe Management of the operating lifetimes of Nuclear Power Plants, INSAG-14, IAEA.
- [8] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION 10 CFR Part 50, Appendix B, Quality Assurance Criteria for Nuclear Power Plants, Office of the Federal Register, National Archives and Records Administration, USNRC, Latest Edition.