

AMP 135 その他の配管及びダクト部品の内面検査（2023 年版）

プログラムの概要

このプログラムは、金属配管、配管部品、ダクト、熱交換器、エラストマー及びポリマー部品、及びその他屋内非管理、屋外空気、ホウ酸水漏れのある空気、結露、湿った空気、ディーゼル排気、燃料油、潤滑油、AMP124、AMP117、AMP131 以外の水システムに曝される部品の内面検査から構成される。これらの内面検査は、定期的なシステム及び部品の監視中、または表面が目視検査のためにアクセス可能となった保全作業中に実施される。このプログラムには目視検査が含まれ、必要に応じて表面検査も行い、既存の環境条件が部品の機能損傷につながる材料の劣化を引き起こさないことを確認する。ポリマーなどの特定の材料については、硬化や強度の低下を検出するために物理的操作や加圧(例：水圧試験)を行い、このプログラムの下で実施される目視検査を補完する。このプログラムは、ハロゲン化物を含有する水溶液及び空気環境に曝される Al 及びステンレス鋼 (SS) の部品における応力腐食割れ (SCC) による亀裂の管理にも使用される場合がある。内部表面の目視検査が不可能な場合、事業者はプラント特有のプログラムを提供する必要がある。

このプログラムは、プラント特有の運転経験 (OE) の調査に基づき、内部腐食が繰り返し発生していることが明らかな部品には使用しないものとする。繰り返し発生する故障とは、経年劣化の影響により意図された機能が損なわれたものと同じ劣化メカニズムによる故障と定義される (例えば、10 年間の OE 調査では 3 回以上の連続または非連続サイクルで発生した燃料交換停止サイクルごとの 1 つの故障、または 5 年間の OE 調査では 2 回以上の連続または非連続サイクルで発生した 1 つの故障)。運転経験から内部腐食が繰り返し発生していることが示された場合、プラント特有のプログラムが必要となる。ただし、このプログラム、または他の新規または既存のプログラムに、繰り返し発生する経年劣化の影響に対処する強化要件が含まれている場合はこの限りではない。NUREG-2192[1] Section 3.2.2.2.7 によると、強化された要件には、代替の検査方法 (例：目視検査ではなく体積検査)、強化された検査 (例：より多くの箇所、経年劣化の影響を受けやすさや故障の影響に関するリスクの洞察に基づく追加の箇所、より頻繁な検査)、及び追加の傾向分析パラメータと強化された検査を実施することが決定された箇所が含まれる可能性がある。繰り返し発生する内部腐食による損傷が発生した後、対象環境において内部腐食に弱い材料がより耐食性の高い材料に交換された場合、または内部腐食の再発防止のための是正措置が講じられた場合にも、このプログラムを使用することができる。

評価及び技術的根拠

1. 劣化の理解に基づく経年劣化管理プログラムの範囲:

金属製部品については、本プログラムでは、材料損失を目的とした他の経年劣化管理プログラムの対象外である、対象範囲内の部品内面を目視検査することを求めている。ポリマー内張付き金属製部品、またはポリマー及びエラストマー製部品については、操作や加圧などの追加の強化技術と組み合わせた場合、ポリマー製の内面を目視検査することを本プログラムは要求している。このプログラムには、ポリマー内張の有無を問わず金属配管、配管部品、ダクト、熱交換器部品及び内部環境にある部品も含まれる。この

プログラムでは、機械システムのポリマーやエラストマー部品の内面の硬化や強度低下、亀裂、摩耗による材料損失を目視検査し、監視することも求められている。このプログラムでは、あらゆる環境に曝されるポリマー材料の経年劣化の影響を管理する。検査は、定期検査や保全作業中、あるいは計画された停止期間中に内面にアクセスできる場合に実施される。このプログラムは、経年劣化により意図された機能が失われた部品を対象とするものではない。

材料と環境の組み合わせが、内面と外面で類似しており、外面の状態が内面の状態を代表している状況では、(a) 金属及びセメント質部品の内面からの材料損失、及び (b) ポリマー部品の内面からの材料損失、亀裂及び材料特性の変化、これらに関して、部品の外面検査を管理に利用できる。このプログラムでは、部品の内部環境と、検査された外部部品の環境について説明し、外面と内面の状態及び環境が十分に類似していることを正当に示せる根拠を提供する。

2. 経年劣化を最小限に抑え、管理するための予防措置:

このプログラムは状態監視プログラムであり、予防措置は含まれていない。

3. 経年劣化の影響の検出:

このプログラムの下で実施される目視及び機械 (例えば、エラストマーの操作や加圧を含む) 検査は、性質上、臨時検査である。配管、熱交換器、ダクトファン、換気及び冷却ユニットなどの部品が何らかの理由で空けられるたびに実施される。臨時検査では、プログラムの対象範囲に含まれる部品の材料、環境及び経年劣化の影響の 1 つまたは複数の組み合わせを管理できない可能性がある。従って、少なくとも 10 年ごとに最低限の検査を行う必要がある。例えば、License Renewal Interim Staff Guide LR-ISG-2012-02[2] 及び Generic Aging Lessons Learned for Subsequent License Renewal (GALL-SLR) Report[3] では、代表サンプルを選定するためのアプローチが提供されている。それ以外の場合、検査対象の部品を選択するために使用される方法及びサンプルサイズの技術的根拠は、プログラムの文書化の一部として記載されるべきである。

材料損失を評価するために実施される内面目視検査では、腐食及び腐食生成物の沈着による予期せぬレベルの劣化を示す可能性がある表面の不規則性を検出できる。原水、原水 (飲料水)、または排水に曝される鋼製部品でこのような不規則性が検出された場合、追跡を目的とした体積検査を実施できる。

一方、SS や Al 製部品の亀裂を管理する際には、GALL-SLR Report[3]に記載されているように、定期的な目視検査や表面検査を実施する別のオプションもありえる。

埋設及び地下配管の内面の状態を判断するために、アクセス可能な配管内面の検査を実施することは、アクセス可能な埋設または地下の部品材料、環境及び経年劣化の影響が類似している場合には、妥当であると考えられる。

埋設または地下配管の内面と同様の材料、環境及び経年劣化の影響を受けるアクセス可能な部品の内面検査が実施されない場合、サンプル集団は、埋設または地下配管の内面における材料損失を検出できる体積測定、または内面目視検査によって検査される。目視検査は、すべてのアクセス可能な表面を対象とする。特に必要とされない限り (ASME 規格など)、すべての検査は、プラント特有のプログラムによって資格を得た検査員が、

プラント特有の手順に準拠して実施する。採用される検査手順は、考慮対象の経年劣化の影響を検出できるものである。これらの検査は、部品の機能喪失に先立って経年劣化の影響を検出できるように実施される。柔軟性ポリマー部品の目視検査は、表面にアクセス可能な場合は必ず実施される。目視検査では、表面の亀裂、蟻付け、変色の存在を間接的に示す兆候を得ることができる。内部補強材を有するエラストマーの場合、目視検査では、補強繊維、メッシュまたは下地金属の露出を検出することができる。内面が定期的な検査や保全作業、または計画された停止中にアクセス可能になった場合、目視検査及び手触りによる検査が実施される。目視検査では、内部補強材を備えた柔軟性ポリマー材料における寸法変化、摩耗、補強繊維、メッシュまたは下地金属の露出など、摩耗による材料損失の直接的な指標が得られる。

柔軟性ポリマー材料製部品の目視検査を補強するために、必要に応じて手動または物理的な操作を行い、材料損失または強度の低下を評価する。操作のサンプルサイズは、目視で特定された疑わしい領域を含む、利用可能な表面積の少なくとも 10% である。柔軟性ポリマー材料については、硬化、強度の低下、摩耗による材料損失は、意図された機能の喪失が発生する前に検出可能であることが期待される。

4. 経年劣化の影響に関する傾向のモニタリングと分析:

このプログラムでは、材料損失、亀裂、汚損による熱伝達の低下、エラストマー部品の硬化または強度の低下、流れの閉塞を管理する。モニタリング・検査されるパラメータには、金属部品における材料損失の目に見える兆候が含まれる。このプログラムでは、材料損失と材料特性の変化の可能性を管理する。このプログラムでは、表面の不連続性の兆候を監視する。材料特性の変化については、目視検査を補足することで、特性の変化を容易に観察できるようにする。

SS または AI 部品の亀裂管理にこのプログラムを使用している場合は、定期的な表面検査を実施することができる。構造健全性や部品の機能に支障をきたす前に亀裂が検出されることが分かっている場合は、亀裂検出のための表面検査の代わりに、漏えいや表面の亀裂を目視で検査することも可能である。

金属部品の検査パラメータの例としては、以下のようなものが挙げられる。

- 腐食及び材料パラメータの消耗 (材料損失)
- 内面からの漏えいまたは内部表面への漏えい (材料損失)
- 摩耗、剥離または酸化被膜で覆われた表面 (材料損失)
- 応力腐食割れによる亀裂
- 熱交換器伝熱管表面のデブリ蓄積
- 粒子汚損、生物汚損またはマクロ汚損の蓄積

ポリマーの検査パラメータの例は以下の通りである。

- 表面の亀裂、蟻付け、摩耗、シールの喪失、寸法変化 (例えば「バルーン化」や「くびれ」)
- 壁厚の減少
- 色の変化

- 補強材エラストマーにおける内部補強材の露出
- 操作に適した部品や材料の場合、操作中に柔軟性が失われることによって明らかになる硬化

セメント系材料の検査パラメータの例としては、以下が挙げられる。

- 剥落
- スケーリング
- 亀裂

このプログラムでは、標準化されたモニタリング及び傾向分析活動により劣化を追跡する。欠陥は、承認されたプロセス及び手順を使用して文書化され、結果は傾向分析される。ただし、このプログラムには正式な傾向分析は含まれない。

5. 経年劣化の影響の緩和:

このプログラムは状態監視プログラムであり、緩和措置は含まれない。

6. 許容基準:

各部品／経年劣化効果の組み合わせについて、意図された機能が損なわれる前に是正措置の必要性を特定できるように、許容基準が定義されている[4-6]。金属表面については、関連する劣化の兆候が検出された場合は評価を行う。ステンレス鋼表面については、清潔で光沢のある表面が想定される。変色はステンレス鋼表面の材料損失を示す可能性がある。異常な表面状態は、金属の経年劣化の影響を示す可能性がある。柔軟性ポリマーについては、均一な表面の質感と均一な色調が想定され、予期せぬ寸法変化は認められない。異常な表面状態は、金属及びポリマーの経年劣化の兆候である可能性がある。柔軟性材料が許容可能であるとみなされるためには、検査結果で柔軟性ポリマー材料が「新品同様」の状態であることを示している必要がある (例えば、材料の硬度、柔軟性、物理的寸法、色調が新品時から変化していない)。材料中の亀裂は、容認されない。硬質ポリマーについては、エロージョン、亀裂、蠟付け、チョーキングなどの性能に影響する表面の変化について、さらに調査を行う。許容基準には、設計基準、手順要件、設計基準、民間規格・基準、及び工学的評価が含まれる。

劣化を認める許容基準は、現在のすべての許認可基準に基づく設計荷重下で意図された機能を維持することを前提としている。評価では、次の定期検査までの間に観察される劣化の程度を予測する。

実際的な場合、許容基準は定量的である (例えば、最小壁厚、エラストマーシール材の許容収縮率)。定性的な許容基準が使用される場合、その基準は、部品の観察された状態に基づいて単一の決定が合理的に導かれることを十分に保証するものである。例えば、エラストマーシールの柔軟性は、それが適切に表面に接着することを十分に保証するものである。

7. 是正措置:

許容基準を満たさない結果については、当該プラントの是正措置プログラムで対処する。

兆候または劣化の関連条件が許容できることを実証できない場合、関連する管理統制要件またはガイダンス文書に準拠して、当該プラントの是正措置プログラム、品質保証手順、サイト審査及び承認プロセス、管理統制を実施する。

現在の劣化または予測される劣化により、検査のいずれかが許容基準を満たさない場合、同じ材料で構成され、同じ環境に曝されるすべての部品について、修理または交換により経年劣化の影響の原因が修正されない限り、追加の検査が実施される。追加の検査の回数は、当該プラントの是正措置プロセスに準拠して決定される。**Generic Aging Lessons Learned for Subsequent License Renewal (GALL-SLR) Report[3]**は、追加検査の回数とタイミングを決定するための異なるアプローチを提供している。

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。

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:

SSG-48[7]に沿って、IGALL 安全報告書の 4.9 項では、(a) 管理統制、(b) 安全分析報告書の補足、(c) パフォーマンス指標、(d) 確認 (検証) プロセス、(e) データ収集と記録保持、これらの観点からこの属性に期待される内容に関する一般的な情報を提供している[8]。さらなるガイダンスは、SSG61[9]の Paras 3.13.16 - 3.13.17 の安全解析報告書の補足、GS-G3.1 の確認プロセス (予防措置については Paras 6.76-6.77、是正措置については Paras 6.66-6.75) にあり[10]、SRS No.106 の第 2 章には経年劣化管理のためのデータ収集と記録保存に関するグッドプラクティスが記載されている[11]。

さらに、この AMP に関連する具体的な情報は以下の通りである。

有効性を評価するために、運用組織によってパフォーマンス指標が策定され、使用される。パフォーマンス指標は、定量的 (客観的に測定できるもの) または定性的 (特定の、あらかじめ定められた基準に対する経時的な変化を測定するが、列挙は含まない) のいずれかである。

定量的指標 1

定義：活動の頻度に関連する不適合の比率。

説明：活動に対して設定された頻度は、意図された運転期間全体にわたって、対象範囲内の部品の意図された機能の順守を確保するものでなければならない。活動の頻度に関連する不適合の比率は、逸脱の発生を特徴づけるものであり、これは AMP の有効性を損なう可能性があり、定量的指標の値を減少させる可能性がある。

定量的指標 2

定義：経年劣化と AMP が管理するメカニズムによって生じた、許容基準外の劣化の兆

候の比率。

説明：この比率は、経年劣化と AMP が管理するメカニズムによって生じた劣化の発生と深刻さを特徴づける。AMP の対象範囲内のいずれかの部品が許容基準に適合しない劣化を示す場合、AMP の有効性が損なわれ、定量的指標が低下する可能性がある。

References

- [1] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Standard Review Plan for Review of Subsequent License Renewal Applications for Nuclear Power Plants, NUREG-2192, USNRC, Washington, D.C. (2017).
- [2] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Aging Management of Internal Surfaces, Fire Water Systems, Atmospheric Storage Tanks, and Corrosion Under Insulation, LR-ISG-2012-02, USNRC, Washington, D.C. (2012).
- [3] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Generic Aging Lessons Learned for Subsequent License Renewal (GALL-SLR) Report, NUREG-2191, Vol. 2, USNRC, Washington, D.C. (2017).
- [4] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, Aging Assessment Field Guide, Technical Report 1007933, EPRI, Palo Alto, CA (2003).
- [5] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, Aging Identification and Assessment Checklist, Technical Report 1009743, EPRI, Palo Alto, CA (2004).
- [6] INSTITUTE OF NUCLEAR POWER OPERATIONS, INPO 85-033, Good Practice TS 413, Use of System Engineers, INPO, Atlanta, GA (1988).
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Ageing Management and Development of a Programme for Long Term Operation of Nuclear Power Plants, Specific Safety Guide No. SSG-48, IAEA, Vienna (2018).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Ageing Management for Nuclear Power Plants: International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL), Safety Reports Series No. 82 (Rev. 2), Vienna (preprint)
- [9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, SSG-61, IAEA, Vienna (2021).
- [10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of the Management System for Facilities and Activities, GS-G-3.1, IAEA, Vienna (2006).
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Ageing Management and Long Term Operation of Nuclear Power Plants: Data Management, Scope Setting, Plant Programs and Documentation, Safety Report Series No. 106, IAEA, Vienna (2022).