

AMP150 CANDU／PHWR 環状ガスシステム(2021 年版)

プログラムの概要

本プログラムの目的は、設計、製造の特性、運転経験を考慮し、意図された運転期間中のシステムに対する経年劣化の影響を管理することにより、環状ガスシステム (AGS) の健全性を確保することである。これには、(a) 環状ガスシステムの部品に起こりうる経年劣化現象の導出、及び (b) 環状ガスシステムの部品に対する経年劣化の影響を管理するための方策の確立が含まれる。

評価と技術的根拠

1. 劣化の理解に基づく経年劣化管理プログラムの範囲：

AGS は、燃料チャンネル圧力管とカランドリア管の間の環状空間に乾燥炭酸ガス (CO₂) を循環させ、圧力管やカランドリア管からの漏えいを検出すること、圧力管外壁の酸化膜を保護して燃料チャンネル部品の腐食を防止することを目的としている。AGS の主な部品は、伝熱管／配管、弁、循環ポンプ、流量計、コンプレッサー、熱交換器であり、これらは参考文献[1-2]のような適用される国家の規格・基準に準拠して建設されている。関連する経年劣化には、腐食や摩耗による材料損失、硬化によるシール機能の損失、疲労による亀裂などがある。このプログラムでは、このような現象によって引き起こされるこれら部品の経年劣化の影響を管理する。

2. 経年劣化を最小限に抑え、抑制するための予防措置：

AGS 部品の腐食による経年劣化を最小化・抑制するための予防措置には、通常運転中の環状ガス湿度と化学特性のモニタリング・管理、定期的なシステム清掃、及び予防保全措置を伴う適切な運転手順の実施が含まれる。環状ガスシステムへの炭酸ガス (CO₂) の安定供給は、ガスシリンダーバンクまたはバルク CO₂ を定期的に交互に使用することで確保される。適切な化学的管理が実施され、通常運転時の環状ガスシステムの機能に関する許容基準を満たすために、定期的な検査とテストが実施される。さらに、Oリングの硬化による漏えいを防ぐため、すべての Oリングは定期的に交換される。

3. 経年変化の検出

AGS の経年劣化を検知する方法には、以下のものがある。

- システムを構成する主要部品は、定期的に保全・点検を行い、腐食、摩耗、亀裂による損傷がないことを確認し、交換またはオーバーホールを行う。
- 各チャンネル群の流量：各チャンネル群の流量はオンラインモニタリングされる。出口フィルタ流量が低下してアラームが出た場合、関連する手順に沿って、正常な状態に戻すために必要な措置を講じる。AGS 流量の変化は、部分部品の腐食または漏えいを示す可能性がある。
- 露点温度：環状ガス系内の湿度の増加は、圧力管やカランドリア管からの重水の漏えいを意味する可能性もあるため、詳細な監視が必要である。環状ガスシステム内の湿度は限

界値を超えないように抑制される。環状ガスシステム内での湿度の増加は、露点検出器と漏えい検出器からの入力信号により、主制御室でオンラインモニタリングされる。

- 重水素、酸素、窒素の濃度：環状ガスシステム内の重水素、酸素、窒素の濃度は、AGS のパーツの劣化や故障を示しうる定期的な試験を通じて測定・モニタリングされるが、これらの化学的管理の主な目的は燃料チャンネル部品の保護である。重水素の抑制は、Zr 合金製の圧力管への水素の流入を最小限に抑えることを目的としている。酸素の抑制は、カランドリア管と圧力管への水素流入を抑制する保護酸化膜の安定性を維持するために実施される。窒素濃度は、環状ガスの放射線量上昇を抑制するための管理項目に含まれるが、窒素は燃料チャンネルベローズの腐食の原因となるため、許容基準以下となるように抑制している。これらに関する検査は、プラントの運転手順書に準拠して実施している。

4. 経年劣化のモニタリングと傾向分析

AGS の化学パラメータは定期的にモニタリングされ、AGS の経年劣化の影響を示す変化について傾向分析される (3 節を参照)。システムは、起動、停止、特別運転及び異常運転などの運転条件に従って、システムの化学的状态の変化を考慮して系統的に管理される。

5. 経年劣化の緩和：

経年劣化の影響は、主に AGS の化学特性／純度の維持、システム部品、ポンプ、弁の保全によって緩和される。経年劣化の影響またはモニタリングパラメータが許容基準を超えた場合、経年劣化の影響を修正または緩和するために、運転手順及び保全手順に準拠した措置が取られる。

6. 許容基準：

環状ガスシステム内の重水素、酸素、窒素の露点温度と濃度は、プラント特有の許容基準の範囲内で厳重に管理されている。AGS 部品の使用適合性又は許容基準は、AGS 部品の設計及び運転性能仕様書、保全マニュアル、及び適用される規格に記載されている。

7. 是正措置：

環状ガスシステムの経年劣化は、その意図された安全機能 (漏えい検出及び圧力管の腐食保護) の劣化を引き起こす可能性がある。環状ガスシステムの経年劣化を管理するためのモニタリングパラメータが許容基準を超えた場合、またはシステムの部品が許容基準を超えた場合、適切な是正措置が取られる。是正措置は、AGS 化学的管理、プラントの検査及び保全手順、並びに是正措置プログラムを含む、プラント特有の手順に従って実施される。

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。

環状ガス漏えいは、環状空間内の炭酸ガス流量をモニタリングする AGS 流量計内部の O リングの硬化が原因で頻繁に発生してきた。そのため、オーバーホール時にすべての O リングを交換し、不良部品を修理した。信頼性を向上させるため、定期点検とオーバーホールの結果に基づき、運転手順と化学管理手順も改訂された。

運転経験の情報源としては、すべての CANDU 炉の運転経験を含む CANDU Owner's Group (COG) データベース、及び International Reporting System for Operating Experience (IRS) がある。

この AMP に関連する研究開発活動の情報源としては、カナダの CANDU Owner's Group (COG)、Canadian Nuclear Laboratories、カナダの CANDU Energy Inc.、インドの Bhabha Atomic Research Centre (BARC)、アルゼンチンの CNEA がある。

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、様々な国家の規制要件 (例えば CSA N286-05[3]) に準拠して実施される。

References

- [1] AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, Nuclear Power Plant Components, The ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section III.
- [2] CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION, General Requirements for Pressure Retaining System and Components, CSA N285.0, CSA Toronto, Canada.
- [3] CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION, CSA N286-05, Management system requirements for nuclear power plants, CSA, Toronto, Canada.