

AMP 149 CANDU/PHWR 重水管理(2020 年版)

プログラムの概要

本プログラムの目的は、重水の漏えいや損失を最小限に抑え、一次熱輸送システムと減速材システムのための重水の即時有効性の最小量を維持することである。重水は、取扱管理手順の運用を通じて、分類、貯蔵、移送、回収、使用中の即時有効量管理など、体系的に管理される。重水管理は、重水漏えい事故の防止、経済効果を高めるための質の低下した重水の迅速な回収、拡散による被ばく線量の低減に重点が置かれている。このため、設計・製作上の特徴や運転経験を考慮し、関連する手順の存在とその有効性をレビューし、既存のプログラムが意図された運転期間中有効であり続けるかどうかを確認する[1]。主な検討事項は、(a) 重水管理に関連するシステムを構成する部品が意図された運転期間中の安定運転を保証すること、及び (b) 重水管理に関連する部品の性能試験保全及び維持管理プログラムの実施を確認することである。

通常運転中の重水漏えいの主な原因は、燃料取扱い、システムサンプリング、保全活動 (燃料チャンネル閉鎖プラグ、グレイロック、弁パッキン、ガスケット漏えい、ポンプシール、保全のための機器の排水、熱交換器伝熱管からの軽微な漏えい、スウェージロック、溶接不良など) に関連するものである。従って、この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には、AMP103、AMP142、AMP143、AMP144、及び AMP145 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:

このプログラムは、重水の供給、即時有効量管理、消費、回収に関連するシステムを対象とする。範囲内のシステムには、D₂O 回収システム、D₂O 供給システム、D₂O 蒸気・液体回収システム、D₂O 浄化システム、D₂O 改良システムが含まれる。D₂O 供給システムは、重水の主要的な貯蔵と供給の役割を果たす。新たに導入された重水を貯蔵し、必要なときに一次熱輸送システムと減速材システムに供給するように設計されている。D₂O 蒸気・液体回収システムは、原子炉の運転中、停止中、保全中に漏えいした気体または液体の重水を回収することにより、トリチウム汚染を防止する手筈を整える。D₂O 浄化システムは、プラント運転中に回収された重水から有機粒子や溶解したイオン性不純物を除去し、D₂O 改良システムに供給する。D₂O 改良システムは、重水と軽水が混合された水を蒸留し、原子炉クラスの純度を持つ重水を製造する。

これらのシステムにおける主な経年劣化は、腐食による材料損失であり、タンクやポンプなど部品の接続部で発生する可能性がある。重水漏えいの他の原因は、摩耗や裂け、弁、ガスケット、接続部、継手の使用によるものである[2,4]。

2. 劣化を最小限に抑え、管理するための予防措置:

重水損失の防止と軽減は、プラントの巡回検査や、水質管理、接続部の開閉を承認された手順に従って行うこと、保護塗装やカソード保護システムを維持することなどの予防的な運転と維持管理によって実施される。プラントの運転手順では、漏えいが発生する可能性のある場所の定期的／周期的な監視を義務付けている。

3. 経年劣化の検出:

この経年劣化管理プログラムでは、オンライントリチウムモニタリングと化学モニタリング、定期的なプラントシステム検査と巡回検査を利用し、重水管理システムの材料劣化と漏えいを監視する。

重水の漏えいを検出するためには、建屋内の空気中のトリチウムの存在を継続的に監視する必要があり、また、システムの漏えいが起こる可能性のある場所に対する目視検査も行う。運転年数が長くなるにつれて、減速材重水中のトリチウム濃度は上昇する(トリチウム除去施設／プログラムが利用可能な場合を除く)。プラントは、重水の即時利用量を維持し、重水漏えいを検出するために、一次熱輸送システムと減速材システムの漏えい管理を実施している。これには、漏えいや汚染の兆候に対する重水・軽水システムの化学的モニタリングやサンプリングが含まれる。

重水の消費／回収の測定と管理に関するプラントの運転手順書に準拠して、一次熱輸送システムによって気体及び液体状態で消費された重水の量、蒸気回収システムによって回収された重水の量、及び液体状態で回収された重水の量、これらが測定される。重水の消費量については、特別な漏えい事故を伴わない少量の重水の日常的な消費量、通常の消費量の範囲を超える重水の消費、漏えいにより発生または進行していると想定される重水の消費量、これらが測定・監視する。

4. 経年劣化の監視と傾向

重水管理システムの経年劣化は、供用期間中検査、漏えいモニタリング、試験、及び／又は、性能・状態監視プログラムの組み合わせにより、定期的に評価・監視される。

プラントの運転中に発生する重水消費量と回収量を測定・管理するために、プラント特有の手順が実施される。重水の消費量は毎日、測定・管理される。重水使用量の測定には、重水濃度を用いた直接法とトリチウム濃度を用いた間接法がある。間接法は、直接法による測定が不可能な場合、試料の汚染などにより分析値が信頼できない場合、その他やむを得ない場合に適用される。

重水管理プログラムのために監視または検査されるパラメータは、システム部品に発生する可能性のある腐食による材料損失である。重水の即時有効量を維持するために、重水漏えい監視装置を通して、腐食など経年劣化によって、部品の意図した機能が失われていないかどうかを監視する。

漏えい検出装置は、軽水の漏えいを監視するために運転される。また、関連する運転手順に準拠し、重水の不要な消費を管理するために、少量の冷却水の漏えいを監視するために使用される。

また、重水改良装置が適切な性能を維持していることを確認し、重水改良装置の性能変化の傾向を考慮し、必要に応じて性能向上のための対策を確立するための手順書を作成している。

5. 経年劣化の緩和

このプログラムの主な目的は、漏えい管理を通じてシステム部品の腐食による材料損失を軽減することである。検査、試験、予防保全は、2 節及び 3 節で示された範囲及びスケジュール

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、予防保全やパーツ交換の調整、修理や部品のオーバーホールの実施、材料や保護塗装、接合部のタイプなどを改善するための設計変更が含まれる。

6. 許容基準:

許容基準には、設計基準、運転限界、手続き要件、現行の許認可の基盤、民間規格・基準及び工学的な使用適合性の評価が含まれる。重水の消費量は、関連するプラントの運転手順に準拠し、測定・管理が毎日なされる。重水の年間消費量は継続的に管理されている。重水の年間消費量については、直近の年間消費量が通常運転時の全システム水量の 1% (設計予測値の 10 分の 1) 以内で、十分な安全余裕が確保されている。

7. 是正措置

重水の保管管理は、許容基準を超える重水の消費や予期せぬ重水漏えいの発生に重点が置かれている。漏えい箇所や腐食箇所が特定された場合、関連する手順に準拠して、修理や交換を含む適切な措置が取られ、劣化の再発が防止される。このような措置には、(a) 腐食劣化に起因する重水漏えいの可能性を低減すること、(b) 漏えいを防止できる弁／ポンプの使用、補修のための配管溶接、耐食性の優れた材料の使用など、現在のプラントの設計や運転プロセスを変更することが含まれる。

8. 運転経験のフィードバック及び研究開発成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。

部品や部分部品の経年劣化による多量の重水漏えいが一般的に報告されている。そのため、プラントは設備の改善や保全手順の遵守を通じて、重水漏えいを減らす努力をしている。このため、重水の管理は、漏えいした重水を取水して D₂O 改良プロセスを用いて再利用することが効果的に行われている。

Embalse NPP の重水管理に関連する OPEX は、以下のようにまとめられる。改修運転の開始時 (燃料取り出し後)、一次系内の重水は完全に排出され、原子炉建屋の外にある調整・適用済みのタンクに貯蔵された。このために新しい配管とポンプが設置された。必要な測定はすべて、最小限の漏えいや潜在的な漏えいを検出・回避するために実施された。改修工事が終了した後、重水は同じ配管とポンプを使って元の系に戻された。また、万が一漏えいが発生した場合に備えて、予備の重水貯蔵用の貯水タンクも用意された。すべての作業が終了した時点で、一次系に戻された重水の量は、最初に取り除かれた量と同じであった。これは、Embalse NPP における重水管理の成功例である。

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)、Atomic Energy of Canada Limited (AECL)、CANDU Energy Inc.、Korea Institute of Nuclear Safety (KINS)、インド Bhabha Atomic Research Centre (BARC) などがある。

この AMP が作成された時点では、関連する研究開発は確認されていない。

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、様々な国家の規制要件 (例えば CSA N286[5]) に準拠して実施される。

References

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety Standard Series No. SSG-48, Ageing Management and Development of a Programme for Long Term Operation of Nuclear Power Plants, Specific Safety Guide, IAEA, Vienna, 2018.
- [2] AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, Power Piping, ANSI B31.1
- [3] AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, Steel Measurement and Control Technology, ANSI B16.5.
- [4] AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, Pressure Vessels, The ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII.
- [5] CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION, Management System Requirements for Nuclear Facilities, CSA N286, CSA, Toronto, Canada.