

加圧水型原子炉(PWR)主要機器の保全活動と学協会への期待

Maintenance Activities for Main Components at PWR NPPs and Expectations of Societies related to Nuclear Power

関西電力株式会社 松永知也 Tomoya MATSUNAGA

PWSCCs have been found in Alloy 600 materials of several Japanese PWR Nuclear Power Plants. These issues have caused large amount of loss of electricity. On the other hand, new technologies on preventive maintenance and repair for Alloy 600 materials have been remarkably developed in recent years. NISA, Societies and Industries related to NPPs have played important roles for the application of the new technologies in fields. Quality of maintenance activities for main components leads to safety and high performance of NPPs.

Keywords: PWSCC, Inspection, Evaluation, Repair, Replacement, Preventive maintenance

1. 緒言

温室効果ガス排出量を削減するために、原子力をはじめとする非化石燃料の利用比率を高め、既設原子力発電所では安全最優先に設備利用率を向上させることがのぞましい。原子力発電所の設備利用率は、運転期間と停止期間（定期検査期間、計画外停止期間）でほぼ決まる。主要機器の事故、故障は、計画外停止期間や定期検査期間の長期化につながる。

国内の加圧水型原子炉 (Pressurized Water Reactor: PWR) は、昭和 45 年美浜 1 号機運開以来、現在 24 基が運転中である。過去には蒸気発生器伝熱管 (600 系 Ni 基合金製) の損傷をはじめとする種々の事故、故障を経験し、設備利用率が低迷したが、最新の蒸気発生器への取替により改善が図られた。近年、600 系 Ni 基合金溶接部 (原子炉容器上蓋管台・出口管台、加圧器管台、蒸気発生器入口管台) で応力腐食割れ (PWSCC : Primary Water Stress Corrosion Crack) が顕在化しており、種々の保全技術により対応している。

機器の事故、故障を未然に防止するには先手の保全が重要である。国内外プラントの運転経験や研究知見等を共有し、同種事象の発生可能性を評価し、検査、評価、補修・取替・予防保全技術をもって適切な時期に適切な保全を行うことが重要である。これを達成するための技術や情報基盤を整備し、実機への円滑な適用を行うために、産学官、学協会が各々重要な役割を果たしている。

連絡先: 松永知也、〒919-1141 福井県三方郡美浜町郷市 13 号横田 8 番 電話: 0770-32-3699

2. 主要機器の保全活動に有効な技術

原子力発電所の運転に直接関わる主要機器について、き裂等の経年劣化事象の発生可能性評価を行い、検査、評価、補修・取替・予防保全の技術を適切に組合せ、保全計画を立案、実施、評価、見直しを行うこと (P D C A) が重要である。以下にそれぞれの技術分野における現状を述べる。

2.1 事象発生可能性評価

主要機器で発生するき裂等の経年劣化事象について、プラントの運転経験や研究成果等から対象機器に対して発生可能性を評価し、点検計画等の保全計画を策定している。時間依存性のある経年劣化事象に対しては加速試験結果等から発生時期の予測を行っている。日本原子力学会が作成している原子力発電所の高経年化対策実施基準 (機器・部位毎に想定される経年劣化事象を劣化メカニズムまとめ表を含む) は、事業者の保全計画のインプットとして有効に活用されている。

2.2 検査技術

近年、原子力用機器の超音波探傷技術、渦流探傷技術等の非破壊検査技術の革新はめざましい。特に、高線量下の検査においては、欠陥の検出性に加えて、遠隔操作性、耐久性等も重要な要素となる。想定されるき裂の形態に対して最適な検査技術を選定し、検査装置、検査員、検査手順を規定することで検査品質が確保できることから、日本電気協会が各種検査技術の規格化が進められている。

渦流探傷技術は表面近傍のき裂の検出に適してお

り、超音波探傷技術はき裂の検出やき裂深さの測定に適している。き裂深さの測定では、き裂先端位置を同定するが、き裂の形態や金属組織、超音波の特性等が評価精度へ及ぼす影響を考慮する必要がある。

2.3 評価技術

検査でき裂が検出され、き裂の長さ、深さが測定できた場合、以降のプラント運転でのき裂の進展予測を行い、一定期間経過後の技術基準適合性評価を行う。き裂進展評価は、板厚方向の応力分布解析結果とき裂進展解析により行う。き裂進展式は、日本機械学会で疲労き裂やPWSCCについて規格化済みまたは作成中である。

2.4 補修・取替・予防保全技術

補修技術とは、き裂等が検出された時に必要な技術であり、機器の材料、周辺環境等によっては、新しい技術を適用しなければならないことがある。過去には、海外で既に実機適用されている技術であっても、国内では技術基準に記載がないことから適用できない、または許認可手続きに時間がかかるという課題があった。省令62号の一部改正により（平成18年1月施行）、技術基準が性能規定化され、性能規定化された規制基準に対し、容認可能な仕様等について、学協会等の民間規格を規制当局が技術評価、エンドースすることで、民間規格が積極的に活用できるようになった。また、新たな保全技術については、民間で必要な技術評価を行い、規制側が新保全技術適合性作業会で技術基準適合性を確認し、その後、「法令適用事前確認手続き照会書」（ノーアクションレター）制度を活用して、実機に適用するしくみが構築されている。原子炉容器出口管台の補修あるいは予防保全時にはこの手続きが有効に活用された。

取替技術とは、機器一体または部分的に取り替える技術である。施工性、製作期間、工事期間等を考慮して、実施時期や取替範囲の決定を行う。これまでのPWR主要機器の取替例として、蒸気発生器、原子炉容器上蓋、炉内構造物、ポンプ／タンク、タービン、発電機、主変圧器、熱交換器等、多岐に渡る。

予防保全技術とは、き裂等の経年劣化事象の発生を防止する技術であり、計画外の運転停止や補修による定期検査期間の長期化の回避に有効である。き裂の発生原因が材料、環境、応力の重畳である場合、材料面

では接液部を耐食性の高い別の材料で覆ったり、応力面では材料表面に圧縮残留応力を付与する等、発生条件のひとつ以上を除去するという方法が一般的である。ただし、検査では検出限界以下の微小なき裂が残存するという前提で、予防保全対策の有効性を評価する必要がある。また、その後のプラント運転で対策の効果の持続性を長期的な視点で検証することも重要である。

3. 学協会への期待

産業界は、安全性・信頼性・経済性の確保・向上を目的とした保全活動を実施しており、これに必要な、事故故障対応の妥当性研究、民間規格の技術根拠を提供する研究、保全技術の開発研究等を実施している。

日本機械学会等による民間規格策定作業については、官学、学協会、産業界等の有識者による議論や、公衆審査等、公平、公正、公開を重視しながら作業が進められている。規制当局のエンドース後、事業者は規格に従い、実機の保全活動へ技術の適用が可能となる。規格の迅速な整備は、産業界の技術開発のインセンティブ付与、有効な国内技術の充実の観点から意義が大きい。

また、事故・故障や保全品質の情報は保全計画へのインプットとして重要であり、日本原子力技術協会が運営するニューシア（原子力施設情報公開ライブラリー）や、JPOG（Japan PWR Owners Group）等が情報源として利用されている。今後とも、学協会による技術情報基盤の充実を期待したい。

学協会は、産学官の関係者が多数集まることにより、ニーズの発掘や技術の方向性についての自由な議論ができる場を提供しており、大学や研究機関が参画した基礎研究や人材の育成にもつながると考えられる。また、アジア等原子力発電新興国で新規発電所建設が急ピッチで進むことから、学協会も国内の運転経験や有効な保全技術を広く紹介する等、国際貢献していくことが考えられる。

4. 結言

事業者としては、今後とも産学、学協会と連携をとりながら、主要機器等の保全活動の充実を図り、既設原子力発電所の安全安定運転及び効率的な保全技術の適用により設備利用率を向上し、国の原子力政策を推進し、低炭素社会へ貢献していく。