

NPC2012 Paris 参加報告

1. 会議概要

水化学国際会議は、世界の水化学分野の研究者、技術者が集い、被ばく線源低減、燃料・構造材料の腐食損傷防止、放射性廃棄物の発生抑制などをテーマに、プラント運転経験、基礎研究、課題事象の機構解明・モデル化、技術開発、標準化などについて、最新の状況・成果を報告・議論する場で、長い歴史を持つ重要な国際会議である。近年は NPC (Nuclear Plant Chemistry Conference) と略称されるようになっており、筆者らは 2014 年に予定されている国内開催「NPC2014 札幌」の準備を進める実行委員会の一員として、水化学関連課題と最新技術動向を把握することを目的の一つに、昨年開催された NPC2012 Paris に出席した。

NPC2012 Paris は、セーヌ川沿い、エッフェル塔近くの NOVOTEL TOUR EIFFEL コンベンションセンターを会場として、9 月 23 日～27 日の会期で開催された。過去最高の 28 カ国 349 名の参加数は、水化学分野への関心の高さを示すもので、日本からは主催国フランスに次ぐ 32 名の参加があった。会議は、一次系・二次系・保全/経年劣化/寿命管理・補助系・将来技術など 16 のオーラルセッションと 3 つのポスターセッションから構成され、オーラルでは 61 論文(日本からは 8 報)、ポスターでは 146 論文(日本からは 10 報)が発表された。ここで議論された水化学関連課題と最新の技術動向を以下に紹介する。

2. 技術動向・トピックス

(1) PWR 関連

① 一次系

PWR1 次系の管理については、ほう酸と水酸化リチウムの添加が古くから確立されているため、基盤技術としては成熟した状況にある。その一方で、高経年化による材料健全性への対応や更なる被ばく低減など、依然として水化学への期待は大きく、各国から継続した改良や最適化の状況が多数報告された。

特に近年進歩した技術として、1 次冷却材への亜鉛注入がある。亜鉛注入とは、放射化したコバルトの構造材表面皮膜への移行を抑制することで、空間線量率の低減を可能とした技術である。従来は実機の適用成果が多く報告されていたが、今回は亜鉛注入時の水質管理に関する規格など、最適化段階にある状況が紹介された。なお、一部の規格では燃料へのクラッド付着量増加懸念から、1 次冷却材中のニッケル濃度とケイ素濃度に管理値を設けることが提唱されている。亜鉛注入は国内でも既に 8 割以上のプラントで採用されており、泊発電所での実績として、HFT (温帯機能試験) 時からの注入成果が報告された。初回定検時に類似プラントと比べて線量率を半減させるなど、大きな効果が得られていることが評価され、本発表にはポスター賞が授与された。

1 次冷却材の最適化に関する項目としては、pH や溶存水素濃度について活発な議論が交わされた。運転サイクル初期から高 pH に一定管理することが被ばく低減上有効とされており、特に米

国ではそのコンセプトでの運用が普及しつつある。そのため、今後の新型炉については、高pH条件が容易に達成できる¹⁰B濃縮ほう酸の採用が進むと考えられる。一方で、既存炉にpH一定管理を採用するには、従来より高いLi濃度での運転を容認する必要があるため、材料健全性への懸念から事業者によって判断が分かれている。溶存水素についても各国の主張が分かれており、米国では高DH側の採用が進められているものの、日本国内と欧州では慎重な対応が取られている。

これらの水質条件について合意形成が進まない理由は、水化学項目が影響する対象が、材料、燃料、被ばくなど多岐に亘るうえ、温度条件や試験手法によって異なる挙動が報告されることにある。依然として高度化・最適化の余地が残されていると言え、引き続き本会議などを通じ各国の状況をフォローすることが重要と思われる。

② 二次系

PWR2次系における重要項目の多くは、蒸気発生器へのスケール持込抑制に関連したものであった。スケールの持込は、伝熱効率の低下や材料健全性の問題から水質管理項目の主要課題とされ、構造材の溶出抑制の他、分散剤による除去促進や化学洗浄方法の改良などが議論された。

構造材の溶出抑制はFAC対策としての側面もあり、系統各部のpHtをきめ細かに評価し、各部位の溶出速度を高精度に求める試みを実施されている。また、分散剤の注入によって汚れ係数を低下させた事例や、皮膜形成アミンの添加により給水鉄濃度を半分以下まで低下させる事例など、新たな知見も数多く報告された。

蒸気発生器からスケールを除去する化学洗浄法としては、希薄EDTA水を用いたASCA法と、希薄シュウ酸を用いたDMT法と呼ばれる手法が紹介された。これらの手法は長期の構造材健全性確保に対し重要な手法であり、注目に値する内容であった。

(2) BWR 関連

BWRでは、引き続き、構造材料のSCC環境緩和と被ばく線源低減が水化学の主要課題となっており、既存の水化学技術が成熟期を迎えつつあるとの印象を持った。すなわち、対策技術を適用したプラントの運転経験とそれに基づく有効性と副次影響などの評価、トレードオフ解消ための技術改良に関する発表と議論が中心となった。これらの中には我が国が今後参考すべき内容も多く含まれていたが、技術として目新しいものは少なく、今後ブレークスルーが期待される状況とも言える。

構造材料のSCC抑制対策としては、少量の水素注入で構造材料の腐食電位を低く維持できる貴金属注入NMCAが主流となっており、米国では、設備利用率への影響がない運転中の貴金属注入OLNCが急速に普及している。また、全運転期間に対し低腐食電位が達成された期間の割合を高めるため、水素注入をこれまでの出力運転中だけでなく、起動時まで拡張する取り組みも進められている。さらに、「腐食電位の低減度合い」と「水素注入の時間稼働率」をパラメータとし

た SCC 緩和実績指標 (MPI: Mitigation Performance Indicator) も導入されており、今後、プラント毎の安全評価や機器・設備の維持管理とどのように関連付けて行くのか注目される。

一方、スウェーデンからは大規模な炉出力向上によって、SCC 環境因子の一つである炉水硫酸イオンの濃度上昇を招いたとの貴重な運転経験も報告された。出力向上、長期運転サイクル、燃料の高燃焼度化など運転方法の変更を今後に控える我が国にとって、それらが及ぼす水化学への影響は重要な知見であり、継続的なフォローが必要と考えられる。

被ばく線源低減技術では、PWR と同様に亜鉛注入が普及しつつあり、米国では全ての BWR プラントで適用されるようになった。特に、水素注入単独で SCC 環境緩和を行なっている一部のプラントでは高線量率に悩まされてきたが、亜鉛注入によりこの問題が改善され、全 BWR の平均線量率も低下した。また、少量の亜鉛注入で必要な炉水亜鉛濃度を維持するため、その障害となる給水鉄の濃度を下げる努力も続けられ、我が国と比肩する低レベルを達成したプラントも現われるようになった。このため、現状の水化学管理指針における給水鉄濃度下限値の再検討が必要になっている。我が国からは、設計面での改良に加え、給水鉄制御や RHR 低温投入、プレフィルミングといった技術を適用した ABWR の被ばく線量実績について報告がなされ、世界トップレベルに匹敵する低被ばく線量を達成できるとの見通しが示された。

(3) 共通事項

① 系統化学除染後の再汚染抑制

近年、化学除染分野では再汚染抑制へのニーズが高まっており、今回、起動時の前酸化処理技術について、PWR および BWR 分野から個別に報告があった。両者とも、先ず、低腐食電位 (PWR の場合低腐食電位かつ高 pH) 環境で、初期の線源蓄積の原因となる外層酸化物の成長を抑制し、さらに、亜鉛注入で内層酸化物を安定化し、長期的な線源蓄積の抑制を図るという点で共通しており、両炉型の水化学環境が近づきつつあることと考え合わせると興味深い。

② 水化学管理の標準化

近年世界的な潮流となっている水化学管理の標準化がさらに進み、その活用法も多様化している。EPRI はユーザーの視点から既存炉向けの現行指針が新型軽水炉の設計と整合しているかを検討し、将来への備えを固めつつある。また、欧州加圧水型炉 (EPR) については、メーカーが管理標準とその解説書を策定、設計改良と整合した水化学管理により EPR の優位性をアピールすると共に、ユーザーをサポートするツールと位置づけている。また、カナダでは、事業者の改善インセンティブを高める目的で、水化学管理標準をベースにプラント毎に管理状況を評価し結果を公表する計画との報告が規制側からなされた。

(4) 第一福島原子力発電所事故関連

我が国から、事故の概要並びに事故当初から現在までの原子炉、燃料プールの循環冷却・浄化設備の設置及び運用状況について紹介すると共に、処理水の低減・放射能濃度の一層の低減対策が今後の課題である旨報告した。これに対し、海外からは処理水の放射能濃度や保管対策、

周辺海水における濃度基準値との比較など、水処理設備の能力や今後の方針に関する質問が多数寄せられ、関心の高さが窺われた。

3. まとめ(NPC2014 へ向けて)

本会議では、4 日間に亘り水化学の専門家による活発な議論が行われた。多くは軽水炉の安全性や信頼性に影響を及ぼす内容で、各国の水化学関係者が継続した改良、改善に努めている状況が垣間見られた。福島第一事故後にも係わらず、349 名もが各国から参集したことは、本分野の重要性が事故後も変わっていないことを示したものと思われる。

本会議の特徴の一つは、研究機関を含む学术界と産業界のバランスが良く、理想的な流れで会議の活用が行われている事にある。研究機関から紹介された知見や新技術の多くは、実プラントで適用が進められ、更に適用成果が報告されることで、改良や規格化に繋がられている。PWR1 次系の亜鉛注入はその典型例であり、良好な取組みの報告を受けて急速に普及が進み、現在はその標準化段階にある。この様な技術活用の流れが示すように、本会議は世界中の原子力発電プラントの安全性、信頼性に多大な貢献を果たしてきたことは明らかである。

一方、本会議は国際的な技術競合が展開される場でもある。今回も SG 二次側のスケール付着抑制や化学洗浄の分野で、これまで米国の後塵を拝していた欧州勢の巻き返しが図られた。今後、水化学技術の改善や革新を進める上で、切磋琢磨の機会を提供する本会議の重要性はますます高まると予想される。

次回は NPC2014 札幌として、日本での開催が計画されている。世界最高水準の水化学を目指す関係者にとっては、水化学管理の各国の状況を把握すると共に、独自の技術を世界に示す最高の機会であるといえよう。福島第一での対応状況について特別セッションが組まれるなど、重要なトピックも多く紹介される見込みである。是非、国内開催の機会を有効に活用し、国内関係者の多くが参加することを期待する。

以上

株式会社 東 芝 瀧口 英樹
関西電力株式会社 寺地 巧