

1. 日時：2022 年 3 月 16 日（水）13:00～14:30

2. 場所：J 会場

3. テーマ：水化学標準の活用事例と要望

4. 議題

司会：渡邊先生

(1) 13:00～13:05 本セッションの趣旨、目的の紹介：渡邊豊先生

(2) 13:05～13:15 水化学標準の改定の背景、必要性、検討項目等の例示：河村浩孝氏

(3) 13:15～13:50 水化学標準の活用例と改定に対する意見交換

①電気事業者の視点：赤峰浩司氏

②BWR プラントメーカーの視点：長瀬誠氏

③PWR プラントメーカーの視点：莊田泰彦氏

④研究機関の視点：塙悟史氏

⑤原子力安全推進協会の視点：梅原隆司氏

(4) 13:50～14:25 総合討論

①国外の水化学標準と原子力学会標準：久宗健志氏（梅原隆司氏代読）

②水化学面からの過不足・要望：高木純一氏

③高温水の物性値やラジオリシスデータ等の整備・拡充と標準への反映：室屋裕佐先生

④フロアからの主な意見

- ・長期的検討課題として、水のラジオリシス、材料腐食、線源強度のメカニズムに立脚した管理項目の設定根拠の検討を進めていくのが望ましい。
- ・精緻な高温 G 値等の取得、炉内での複雑事象の解明などの課題が山積しており、標準への早急な反映は困難であるが、現実の系の把握など産と学の連携強化が重要である。
- ・新たな技術開発への挑戦（シーズ探索）も必要であり、学の寄与にも期待する
- ・水化学管理指針類は教育資料、技術伝承としても価値が高いことから、解説の充実も重要である。
- ・技術レポートの活用も視野に入れつつ長期サイクル運転対応、長期保管に対する指針の可否についても検討してはどうか。

頂いた意見については、今後の改定での反映、新規制定を検討する。

⑤まとめ：渡邊豊先生

新技術への挑戦と水化学標準への反映が軽水炉の水化学管理には重要。本セッションの開催により水化学技術および標準に対する意見や要望を水化学部会員のみなさんだけでなく関連分野の学会員他と共有できたことは水化学部会としても有益であった。対応可能なものから、順次取り組むとともに、引き続き支援をお願いしたい。

(5) 14:25～14:30 標準委員会からの講評：成宮祥介氏

本セッションは標準改定に対し様々な意見を取り入れる試みとして有用であり、水化学部会の積極的な取り組みと協力に感謝するとともに、今後とも水化学部会と標準委員会で意見交換を密にして良い標準、水化学の技術の発展を期待する。

以上



日本原子力学会 水化学部会企画セッション

水化学標準の活用事例と要望

(1) 水化学標準の活用と改定に向けての意見交換

2022年3月16日

水化学部会

標準委員会 システム安全専門部会 水化学管理分科会

河村 浩孝, 赤峰浩司, 長瀬誠, 莊田泰彦, 埴悟史, 梅原隆司

本企画セッションの目的



- 水化学管理において原子力安全に対する不断の努力を自律的に実践していくには、水化学標準のメインユーザであり、当該分野の専門家集団である**水化学部会が、水化学標準の活用例及び国内外の最新知見を踏まえ、管理項目などの見直しの要否や追加項目などを技術面から支援していく必要がある。**
- 電気事業者、プラントメーカ、研究機関及び原子力安全推進協会の代表者が、水化学標準の活用例を紹介し、原子力安全強化に向けてのフォローアップの観点から、改定に向けた意見や要望を頂戴し、関連分野の学会員他と意見交換を行う。
- これら活用例、意見及び要望を参考に、今後の水化学標準の改定やフォローアップに反映させる。

水化学管理の主目的 (水化学の諸課題とそれらの相互関係)



- 作業従事者の被ばく低減（被ばく線源強度低減）
 - 構造材料及び燃料の健全性維持
 - 廃棄物低減
- これらを高いレベルで同時達成
↓
より良い水化学



- ✓ 経済性と廃棄物発生量も考慮する必要あり
- ✓ 俯瞰的に水化学の影響を判断し、管理条件を最適化することが事業者に求められる

出典: 水化学ロードマップ2009, 日本原子力学会 水化学部会 (2009).

(2) 水化学標準の改定の背景、必要性、検討項目等の例示

水化学標準



- 冷却水などの水質管理（以下“水化学管理”）を通じ、国内の発電用軽水型原子炉のプラントシステム全体の信頼性の維持向上、及び被ばく低減による作業従事者の安全を確保することを目的に標準委員会が水化学管理指針3本及び分析標準6本を制定

炉型	指針・標準名	番号	発行日
BWR	沸騰水型原子炉の水化学管理指針2019	AESJ-SC-S007:2019	2019年10月25日
	沸騰水型軽水炉の水化学分析方法—放射性よう素:2018	AESJ-SC-S009:2018	2019年12月26日
	沸騰水型軽水炉の水化学分析方法—コバルト60イオン:2018	AESJ-SC-S010:2018	2019年12月26日
	沸騰水型軽水炉の水化学分析方法—金属不純物:2018	AESJ-SC-S011:2018	2019年12月26日
PWR	加圧水型原子炉一次系の水化学管理指針:2019	AESJ-SC-S008:2019	2019年11月22日
	加圧水型軽水炉二次系の水化学管理指針:2020	AESJ-SC-S013:2020	2020年11月10日
	加圧水型原子炉一次冷却材の化学分析方法—ほう素:2010	AESJ-SC-S002:2010	2010年12月8日
	加圧水型原子炉一次冷却材の化学分析方法—溶存水素:2010	AESJ-SC-S003:2010	2010年12月8日
	加圧水型原子炉一次冷却材の化学分析方法—放射性よう素:2010	AESJ-SC-S004:2010	2010年12月8日

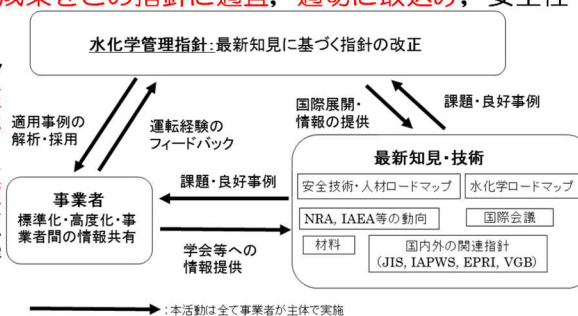
©

4

制定後のフォロー（定期的な改定）



- 自主的安全性向上に向け、改良水化学の導入及び耐食性に優れた材料への変更などにより水化学管理の設定条件の変更が可能となった場合、又は新たな知見により水化学管理の設定条件の変更が必要となった場合には、適宜アクションレベル、推奨値などを見直す。
- 1F事故後の安全性向上への取り組みを取り纏めた“軽水炉安全技術・人材ロードマップ”に示された研究開発の成果をこの指針に適宜、適切に取込み、安全性向上を目指す（図）。
- 構造材料の選定及び交換に際しては、事前に構造材料の健全性に及ぼす水化学管理の影響を予測することにより、保全活動に留まることなく、リスクの程度を勘案しつつ水化学面から、原子力安全の継続的な改善への寄与を目指す。
- 5ヶ年毎に見直す。
- 見直しが必要と判断された場合、改定を行う。



水化学標準におけるPDCAサイクル



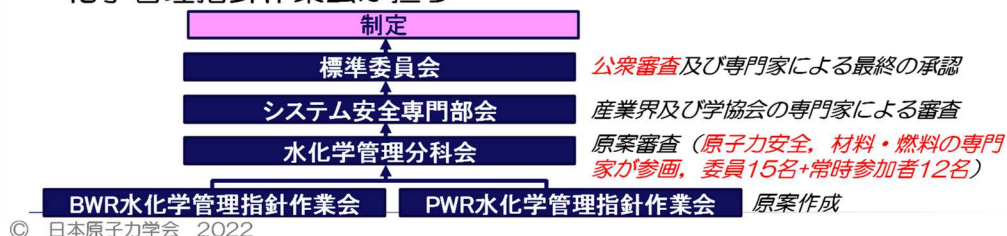
水化学標準に関する講習会

炉型	指針・標準名	番号	発行日
BWR 講習会：2020年8月25日 (Web開催)	沸騰水型原子炉の水化学管理指針：2019	AESJ-SC-S007:2019	2019年10月25日
	沸騰水型軽水炉の水化学分析方法—放射性よう素：2018	AESJ-SC-S009:2018	2019年12月26日
	沸騰水型軽水炉の水化学分析方法—コバルト60イオン：2018	AESJ-SC-S010:2018	2019年12月26日
	沸騰水型軽水炉の水化学分析方法—金属不純物：2018	AESJ-SC-S011:2018	2019年12月26日
PWR 講習会：2021年1月14日 (Web開催)	加圧水型原子炉一次系の水化学管理指針：2019	AESJ-SC-S008:2019	2019年11月22日
	加圧水型軽水炉二次系の水化学管理指針：2020	AESJ-SC-S013:2020	2020年11月10日
	加圧水型原子炉一次冷却材の化学分析方法—ほう素：2010	AESJ-SC-S002:2010	2010年12月8日
	加圧水型原子炉一次冷却材の化学分析方法—溶存水素：2010	AESJ-SC-S003:2010	2010年12月8日
	加圧水型原子炉一次冷却材の化学分析方法—放射性よう素：2010	AESJ-SC-S004:2010	2010年12月8日



水化学標準の改定

- 上記の水化学管理指針及び分析標準（以下、水化学標準）は、最新の水化学管理の規範を明示するもの
- 原子力安全の改善に継続的に寄与することを目的に定期的に改定
- 改定原案の検討は、標準委員会システム安全専門部会のもと、大学、研究機関、メーカー、電力の水化学、原子力安全、核燃料及び材料分野の専門家で構成される水化学管理分科会が進める
- 改定原案の作成は、水化学管理分科会のもと、BWR及びPWR水化学管理指針作業会が担う



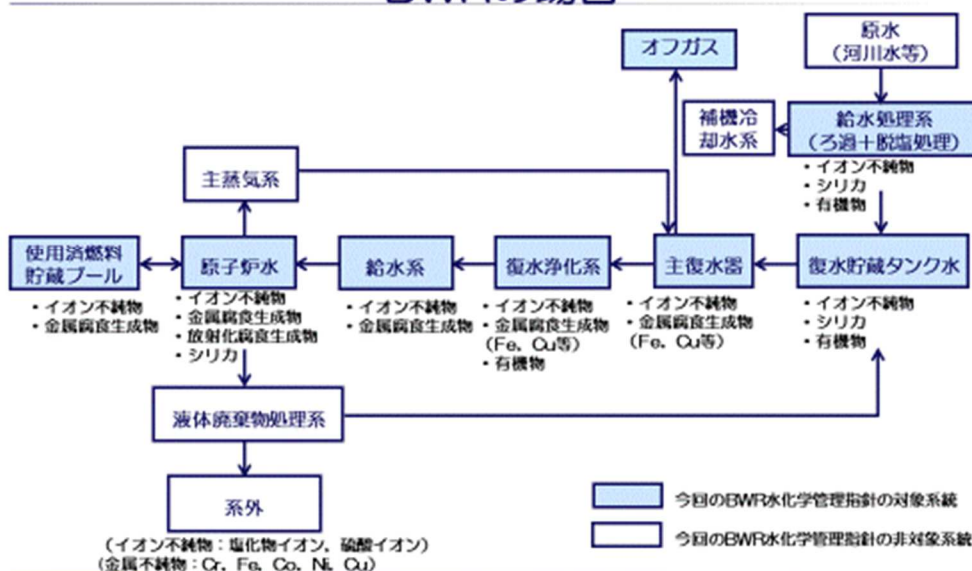
見直しの必要性の検討

- 水化学管理指針の規定の範囲は適切か？
- 管理項目、診断項目、制御項目の見直し事項はないか？
- 化学分析標準に追加すべき分析法はないか？
(新技術の導入、使用されなくなった技術の削除など)

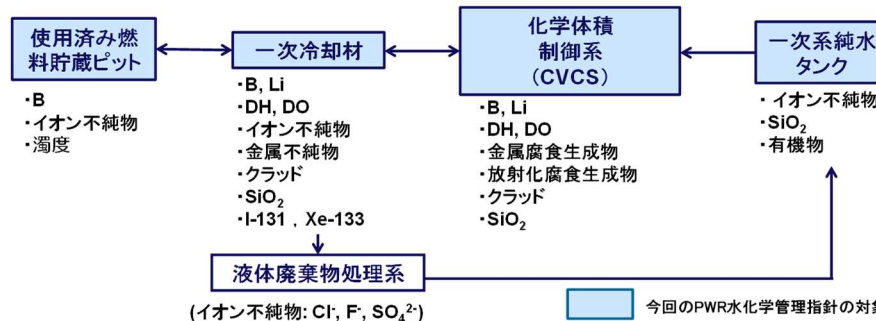


- 化学分析標準3本の改定案を検討・審議中
 - ✓ サイクル末期や停止時のほう素濃度分析要求に対応するため、適用濃度範囲を拡大 など
- ほう素同位体標準の追加を検討・審議中
 - <理由>
 - ✓ ^{10}B の同位体比は、出力運転中に中性子吸収により減損するため、ほう素による通常運転時の炉心反応度制御や停止時の臨界管理における安全評価の前提
 - ✓ ^{10}B 減損による安全性への影響が小さいことは事業者にて確認済であるものの、安全余裕を明確化することが望ましい

規定の範囲は適切か ～BWRの場合～



規定の範囲は適切か ～PWR一次系の場合～



対象	通常運転	起動時	停止時	運転モードに依存しない	改良水化学適用時
原子炉一次冷却材	○	○	○		○
一次冷却補給水				○	
使用済み燃料ピット水				○	

活用例の紹介, 改定に対する意見・要望



- 電気事業者：赤峰浩司（関西電力）
- プラントメーカ：長瀬 誠（日立GE）
 荘田 泰彦（三菱重工）
- 研究機関：塙 悟史（日本原子力研究開発機構）
- 原子力安全推進協会：梅原 隆司（原子力安全推進協会）

電気事業者における 水化学標準の活用実績と改定に向けての要望



＜活用実績＞

- 水化学管理指針について、社内標準への取込や若手社員への教育資料として活用しているが、若手社員からは管理値の設定根拠となる資料が掲載されており非常に分かり易などの意見があり、教育資料として有効であることが確認されている。また、化学分野以外の保修分野や運転分野の若手社員の教育にも活用しており、化学分野内に留まることなく幅広い分野で活用している。
- 化学分析標準については、事業者検査等で分析手順の説明等に活用している。また、化学分析標準改定時にはPWR電力各社からの意見・要望を集約し、各社が使いやすい標準となる様に改定作業を進めている

電気事業者における 水化学標準の活用実績と改定に向けての要望



＜改定に向けての要望＞

- 電力各社からの意見・要望を集約し反映する様に作業を進めている。また、改定時以外にも意見・要望が無いか適宜確認しながら作業を進めている。
- 具体的な一例とし、PWR関連では、プラント運用上、一次冷却材のほう素濃度が現状の分析方法の測定範囲を外れる恐れがあることから、ほう素分析方法の測定範囲を見直して欲しいと発電所からの意見があり、次回の改定時に反映する様に改定作業を進める予定である。

BWRプラントメーカーにおける 水化学標準の活用実績と改定に向けての要望



<活用実績>

- BWRの水化学管理指針については、プラント設計のベースとなる社内水質管理規格の改定に活用している。また、指針や分析標準を社内の教育資料に反映することを検討している。

<改定に向けての要望>

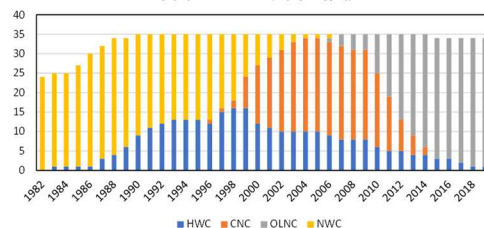
- プラントの安全性の維持向上に寄与するSCCの抑制に有効な水素注入や貴金属注入等の環境緩和技術を取り扱えるように改定することが望ましい。合わせて関連する分析・計測や評価手法の標準についても整備していく必要がある。
- 同様に、線量率低減に有効な亜鉛注入についても次の指針改定時に取り込むことが望ましい。

BWRプラントメーカーにおける 水化学標準の活用実績と改定に向けての要望



<環境緩和技術の適用状況の比較>

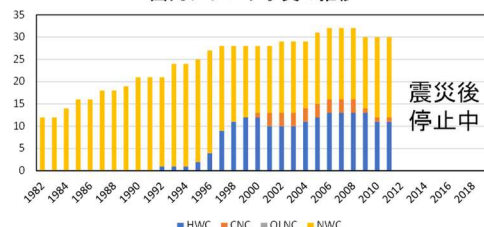
米国プラント水質の推移



米国プラントは1991年以降新設プラントなく、2000年代半ば以降は全てのプラントで環境緩和技術を適用、同様に亜鉛注入技術も全てのプラントで採用。

⇒ EPRI水化学ガイドライン等の規格・基準へ取込済

国内プラント水質の推移



国内プラントは2000年代半ばまで新設プラントあり、1990年代後半から約半数のプラントで環境緩和技術を適用、亜鉛注入技術は一部のプラントで採用。

⇒ HWC標準の制定に向けた活動は開始されていたが途中で断念

PWRプラントメーカーにおける 水化学標準の活用実績と改定に向けての要望

<活用実績>

プラント設計のベースとして、水化学技術者だけでなく、水化学関連系統設備の機器・システム設計技術者の設計業務や、その育成に活用している

<改定に向けての要望>

水化学管理の主目的である材料健全性確保、被ばく低減、スケール付着抑制に対し、良好な管理、運用実績が得られつつある以下の項目を、今後の水化学管理指針に反映していくことが望ましい

➤ 1次系水化学

- ✓ 不純物管理、モディファイドpH管理、亜鉛注入
- ✓ 将来の長サイクル運転pH管理高度化に向けた高リチウム管理、濃縮B-10適用等

➤ 2次系水化学

- ✓ 不純物低減、SGクレビス環境緩和、給水鉄低減（FAC、スケール付着抑制）対策
- ✓ FAC抑制、スケール付着抑制・除去対策として、FFS（Film Forming Substance）、SG2次側化学洗浄技術、スケール分散剤

研究機関における 水化学標準の活用実績と改定に向けての要望

<活用実績>

- 日本原子力研究開発機構が運営管理する原子炉施設のうち、現在再稼働しているJRR-3、高温工学試験研究炉（HTTR）では指針類の活用の実績はない。ただし、指針類の付属書や解説には測定頻度などの考え方が詳細に整理されており、またHTTRの加圧水冷却設備等の水質管理基準はPWR2次系を参考に定めている観点から、上記何れの施設においても今後の管理の見直しの際に参考になる。



高温工学試験研究炉(HTTR)

JRR-3

研究機関における 水化学標準の活用実績と改定に向けての要望



＜改定に向けての意見＞

- 水化学管理指針の解説にも触れられているBWRにおける水素注入による腐食電位低減やPWRにおける溶存水素濃度最適化は、炉内構造物の健全性確保を通じた安全の継続的改善にも繋がる水化学管理である。いずれにおいても腐食環境の解析評価技術やオンラインモニタリング技術に係る課題の解決が重要であり、研究機関として、所有する特徴的な実験装置類を活用しながら関連する新たな知見を創出するとともに指針類への反映へ繋げたい。

JANSI(原子力安全推進協会) における 水化学標準の活用実績と改定に向けての要望



＜活用実績＞

- JANSIはピアレビュー活動により、原子力施設の運営状況や設備の状態、安全文化の健全性や改善への取組み具合をエクセレンスとの比較において評価し、それぞれのレベルを引き上げるための提言・勧告及び支援を実施している。
- その際、公平、公正、公開の原則に則り制定された水化学標準を、水化学分野のパフォーマンスを評価する客観的な技術知見として活用している。
- また、JANSIレビューもPWR/BWRの双方に精通している者はごく少数であるため、例えばPWR出身者がBWRの化学管理分野をより理解するための教科書として活用している。

＜改定に向けての要望＞

- 再稼働を果たしていないプラントは長期保管状態にあり、腐食防止というプラント健全性維持の観点からは湿式保管、乾燥保管を適切に行う必要がある。また、再稼働時には入念なクリーンアップを実施する必要がある。現時点では水化学管理指針に記載されていない、これらクリーンアップ/保管方法の反映を期待している。

海外標準と日本の学会標準



<海外標準>

- 米国：EPRI水化学ガイドライン
- 仏国：EDF水化学ガイドライン
- 独国：VGB水化学ガイドライン

<日本の学会標準>

- 40年以上の化学管理の経験と実績を踏まえた基準値を設定した。
- 実績値を踏まえてより良い水質を目指した基準値を設定した。



海外標準と比較して遜色のない基準値

海外標準と日本の学会標準



<日本の学会標準の課題>

- 40年以上の化学管理の経験と実績を踏まえた基準値を設定した。



- 10年以上の長期停止により、最新の運転データを反映していない。
- 新規プラントの知見（最新技術）を反映していない。



中国、韓国等の新規プラントへの反映が難しい

➤ 参加者の皆様からご意見を頂戴したいと思います。

＜フロアからの意見＞

フロアから出された意見のメモを下記に記す。

内田先生：水化学管理指針類は、電気事業者、プラントメーカ、原子力安全推進協会、研究機関や大学などで教育資料として活用されている。水化学管理指針類の解説に記載されているように管理項目の設定根拠は、プラント運転の経験に基づくものが主である。今後は、腐食メカニズムなどの理論面から設定根拠を示すのが学会標準としても重要であり、学の貢献の観点からも望ましい。

室屋先生：ラジオリシスに関し、炉内、炉外、室温～高温、種々の水質などが広範囲に影響するが、メカニズムが完全に解明されているとは言えない。今後は、実機における反応系の把握など産と学の連携強化が必要と考える。

渡邊先生：テーマ（シーズ）等の情報共有が重要である。水化学管理指針類は教育資料、技術伝承としても価値が高いことから、解説を充実するのも重要と考える。水化学は新技術への挑戦でもあることから、学の関与を強化する必要がある。

高木様：水化学は、成熟した技術面も有するが、予防保全として指針の改定は継続する必要がある。保全技術の改善・高度化の達成には、産学連携が必要と考える。その一方で、新たな技術開発への挑戦（シーズ探索）が重要になってくる。次世代技術者・研究者は今の技術に留まることなく、新たな技術開発に挑戦すべきである。新技術がある程度成熟した時点で、新たに指針を策定すべきである。成熟した技術に依存するのではなく、安全強化に向け、常に新技術を追究し、問い続ける姿勢が重要と考える。また、プラントが稼働している国外事例を参照するべく、国際交流を活性化する必要がある。

成宮様：長期サイクル運転対応、長期保管に対する指針も必要と考える。このためには、現場の意見聴取も必要であり、現場の意識向上にもつながる。標準策定にはステップが重要であり、時間はかかるが、標準委員会では効率化についても検討中である。例えば、技術レポートを活用しても良い（標準化の前に知見を取り纏めておく）。

まとめと今後の予定



- 水化学管理の目的は材料・燃料健全性維持及びプラント線量低減，プラント性能確保による安全・安定運転の継続である。その実践には，既存の知見にとどまらず，常に新しい技術へのチャレンジが求められ，適宜，水化学標準への反映が必要である。
- 本企画セッションの開催により，関連指針の活用例ならびに水化学標準の改定やフォローアップに対する意見や要望を，水化学部会員のみなならず，関連分野の学会員他と共有した。
- これら活用例，意見及び要望を参考に，水化学標準の改定やフォローアップを行っていく。引き続き、関係各位のご支援をお願いしたい。

(5) 標準委員会からの講評

本セッションは標準改定に対し様々な意見を取り入れる試みとして有用であり、水化学部会の積極的な取り組みと協力に感謝するとともに改定への順次反映を期待すると講評が述べられた。

以上