

HITACHI



GE VERNOVA

第4回BWR環境緩和標準策定事前検討WG

BWRの環境緩和標準策定に 関わる課題について

日立GEベルノバニュークリアエナジー

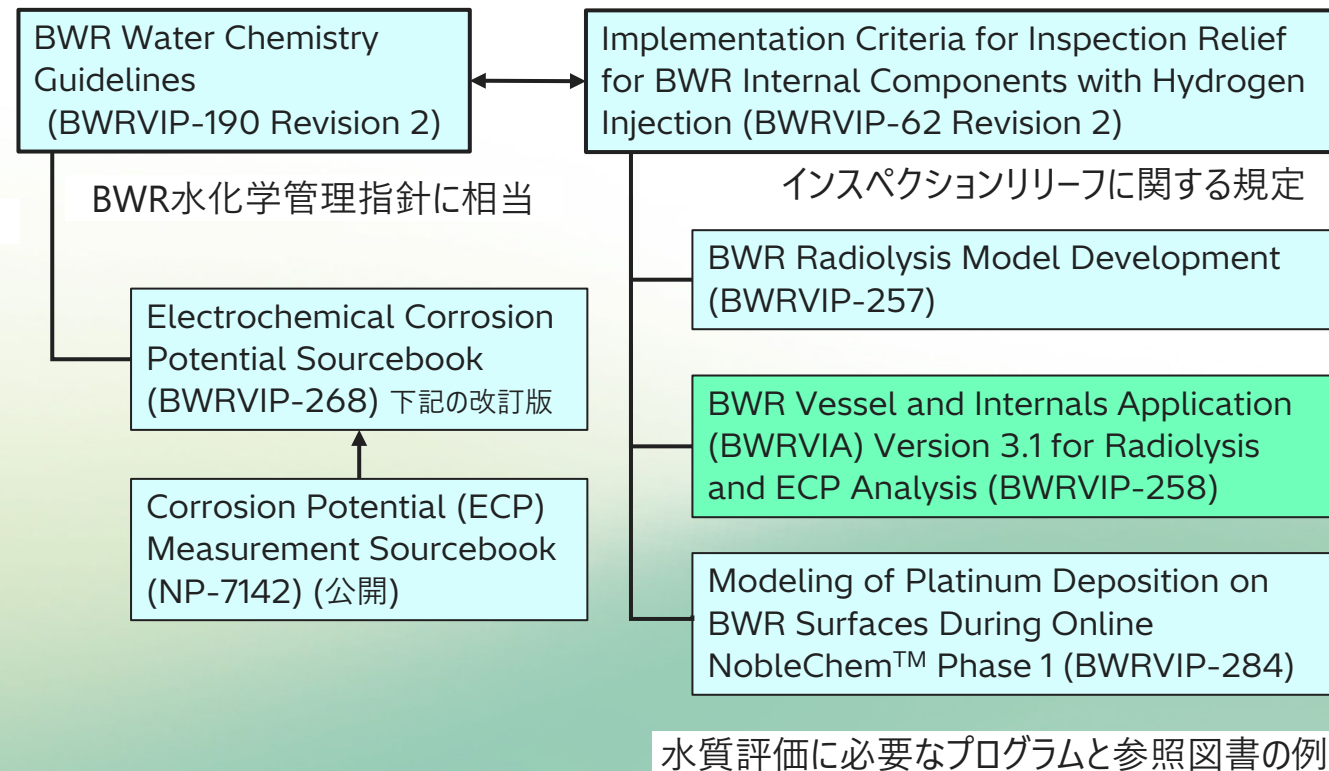
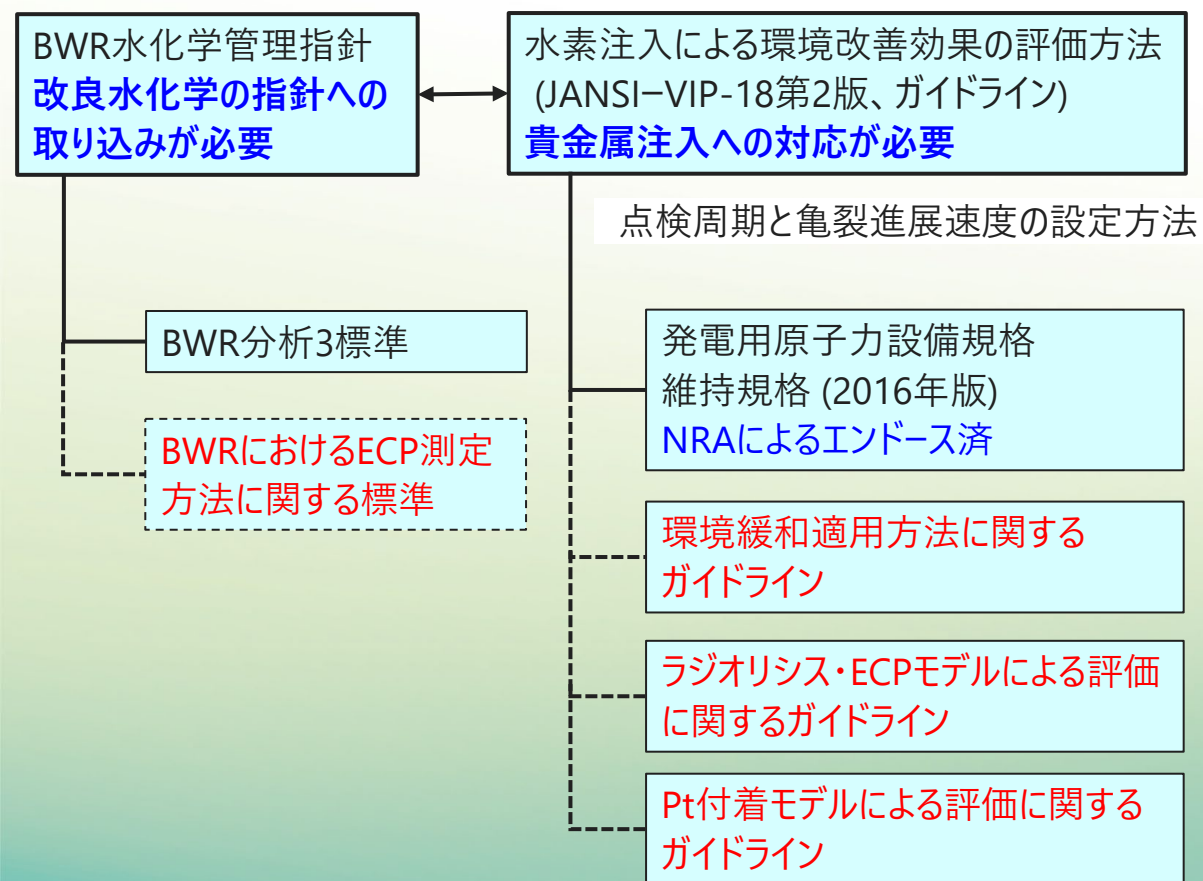
長瀬 誠

2025/9/1

BWR環境緩和関連の図書体系の比較

日本の図書体系（案）

EPRIの図書（プログラムを含む）体系（参考）



水化学管理指針とEPRI水化学ガイドラインの比較（通常運転時の炉水管理項目）

パラメータ	水化学管理指針（第2版）				BWRVIP-190 Rev. 2			
	推奨値	AL1	AL2	AL3	Good Practice	AL1	AL2	AL3
電気伝導率 (μS/m)	≦ 10	> 20	> 100	> 1000	≦ 8*	> 30	> 100	> 500
塩化物イオン (μg/L)	≦ 1	> 5	> 100	> 500	≦ 1	≧ 3	> 20	> 100
硫酸イオン (μg/L)	≦ 2	> 5	> 100	> 500	≦ 2	> 5	> 20	> 100
過剰水素 (μg/L)	未設定				Needed : ≧ 20 (OLNC+HWC)			
ECP (mV _{SHE})					Needed : < -230 (OLNC+HWC)			

* : 亜鉛注入時の補正がない場合は、≦ 15

水化学管理指針とEPRI水化学ガイドラインの比較（通常運転時の炉水診断項目）

パラメータ	水化学管理指針（第2版）	BWRVIP-190 Rev. 2
	推奨値	Good Practice Value
pH (at 25°C)	6.5～7.5	—
シリカ (μg/L)	≦ 1000	≦ 300（4半期平均）
溶存酸素 (μg/L)	—	Plant Specific
金属不純物 (μg/L)	≦ 10（Cr, Fe, Co, Ni, Cuの合計）	—
よう素131 (Bq/g)	≦ 0.04（燃料リーク経験なし）	—
銅 (μg/L)	≦ 1	≦ 1（イオンのサイクル平均）
コバルト60イオン (Bq/mL)	≦ 5（給水鉄制御プラント）	≦ 3.75（亜鉛注入プラントのサイクル平均）
亜鉛65	未設定	Trend
亜鉛		Trend
イオン電気伝導率バランス		（4半期ごと1回以上と過渡時）
カチオンとアニオン		（過渡時）
貴金属注入量 (μg/cm ² /y)		≦ 10
測定水素/酸素モル比		≧ 3
ほう素 (μg/L)		≦ 100
リチウム (μg/L)		≦ 1
トリチウム (Bq/mL)		≦ 370

点検周期と亀裂進展速度の緩和に関する水質条件の比較

環境緩和方法	JANSI-VIP-18（第2版）	BWRVIP-62 Rev. 2
水素注入（HWC）	電気伝導率 $< 20\mu\text{S}/\text{m}$ 硫酸イオン（SO_4^{2-}）濃度 $\leq 5\text{ppb}$ 塩化物イオン（Cl^-）濃度 $\leq 5\text{ppb}$ ECP $< -100\text{mV}_{\text{SHE}}$（ステンレス鋼） ECP $< -200\text{mV}_{\text{SHE}}$（182合金） ECPが測定できない場合の代替えパラメータに関する定義なし	HWC稼働率* $> 80\%$ ECP $< -230\text{mV}_{\text{SHE}}$ 2次的パラメータ 給水水素流量または濃度 規格化した主蒸気線量率 主蒸気酸素濃度 炉水溶存酸素濃度 炉水溶存水素濃度
貴金属注入 （CNC or OLNC）	未対応	HWC稼働率* $> 90\%$ ECP $< -230\text{mV}_{\text{SHE}}$ 2次的パラメータ 給水水素流量または濃度 炉水溶存酸素濃度 水素：酸素モル比または過剰水素濃度 ラジオリシスモデルからの水素：酸素モル比

*： HWC稼働率の算出には、電気伝導率 $\leq 30\mu\text{S}/\text{m}$ であることが含まれているが、塩化物イオン濃度や硫酸イオン濃度に関する明示的な記載はなし。

➤ 必要性

環境緩和標準にとって重要なパラメータであるECPの測定値を信頼性の高いものとするためには、その測定方法に関する標準またはガイドラインに沿って測定することが必要である。

➤ 国内実績

震災以前に実施されていた水素注入プラントで多数の測定実績がある。

➤ 技術的課題

BWRの炉水は純度が高いために溶液抵抗が大きく、精度の高い測定値を得るためには内部抵抗の高い測定機器を用いることや外部からのノイズなども考慮した測定方法を標準化する必要がある。

➤ 標準またはガイドライン作成上の課題

先行事例に関するデータの開示、データの整理と策定作業に必要なファンドの調達

➤ 優先度

国内プラントにおける貴金属注入時のECP挙動を環境緩和標準のエビデンスにしていくためにも、最優先で策定することが望ましい。

➤ 必要性

環境緩和技術の適用によって、SCCの緩和を目指す際に適用技術ごとにその実施方法（水素注入量の設定方法、監視パラメータの選定など）に関する標準またはガイドラインに沿って実施することが望ましい。

➤ 国内実績

震災以前に実施されていた水素注入及び停止時貴金属注入に関しては実施した実績がある。

➤ 技術的課題

オンライン貴金属注入に関しては国内実績がないため、米国の先行実績を参考にする必要がある。

➤ 標準またはガイドライン作成上の課題

先行事例に関するデータの開示、データの整理と策定作業に必要なファンドの調達

➤ 優先度

国内プラントにおいて環境緩和効果の実利を早期に得るためには優先的に策定することが望ましい。

➤ 必要性

環境緩和標準にとって重要なパラメータであるECPを直接測定できる部位は限られているため、炉水と接する各部位のECPはモデル解析の解析値を用いる必要があり、その評価方法は十分な保守性を担保できるものとして定める必要がある。

➤ 国内実績

プラントメーカーがそれぞれの解析モデルを所有し、各電力のプラントの解析評価を実施している。

➤ 海外実績

米国ではEPRIのBWRVIAモデルを各電力がプラントごとに解析評価を実施している。

➤ 技術的課題

G値や反応速度定数を統一しても、ECP算出方法と線量率分布などのプラントパラメータの差異から解析結果の一部に差異が生じている（技術報告書参照）。

➤ 標準またはガイドライン作成上の課題

解析結果の違いが影響しやすいHWC単独も標準として扱うか、これから主流となると考えられるラジオリシスの解析結果の影響が小さい貴金属注入に限定した標準の策定を推進するかの判断が必要。策定作業に必要なファンドの調達。

➤ 優先度

環境緩和標準の根幹にかかわるもので優先度は高い。

➤ 必要性

Ptの構造材料への付着量は、実測できる部位に限られること、およびコストも大きくなることからモデル解析による付着量分布を評価することが有効となるため、Pt付着量モデルの開発とその利用方法を確立する必要がある。

➤ 国内実績

Pt付着モデルに関する公開情報は、現時点では見当たらない。

➤ 海外実績

EPRIのレポートにPt付着モデルに関するものがあるが、現時点では開発中断中との情報がある。

➤ 技術的課題

Pt付着モデル（解析コード）の確立。

➤ 標準またはガイドライン作成上の課題

Pt付着モデルが存在しないため、検討を開始できる状況にはない。

➤ 優先度

Pt付着モデルなしに、米国では環境緩和技術の適用によるインスペクションリリーフの適用が実施されており、優先度は最も低い。

➤ 必要性

環境緩和標準にとって重要なパラメータであるECPを直接測定できる部位は限られているため、炉水と接する各部位のECPはモデル解析の解析値を用いる必要があり、その評価方法は十分な保守性を担保できるものとして定める必要がある。

➤ 国内実績

CNCの適用は3プラントあるものの、OLNCは実績なし。

➤ 海外実績

OLNCの適用実績も多数あり、評価方法も確立して図書化済み。

➤ 技術的課題

米国における評価方法の妥当性確認が必要。

➤ ガイドライン改訂上の課題

解析結果の違いが影響しやすいHWC単独も標準として扱うか、これから主流となると考えられるラジオリシスの解析結果の影響が小さい貴金属注入に限定した標準の策定を推進するかの判断が必要。策定作業に必要なファンドの調達。

➤ 優先度

OLNCの実機適用はこれからのため、優先度は低い。

➤ 必要性

改良水化学に関するパラメータの指針への取り込みが必要である。

➤ 国内実績

CNCの適用は3プラントあるものの、OLNCは実績なし。DZOは震災前からの適用実績あり。

➤ 海外実績

OLNC及びDZOの適用実績も多数あり、EPRIの水化学ガイドラインが先行して図書化済みで適宜改訂。

➤ 技術的課題

米国におけるパラメータの設定根拠の確認と妥当性検討が必要。

➤ 指針改訂上の課題

DZOは環境緩和適用プラントでは効果が高いのでほぼ必須と考えられるが、NWCでも効果があるため先行して指針に取り込むことも考えられる。

➤ 優先度

OLNCの実機適用はこれからのため、優先度は低いが、DZO適用中プラントもあるため、DZOの優先度は高い。

環境緩和標準策定に関わる検討スケジュール例

作業項目	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
課題の整理と工程検討										
ファンドの準備	△ 予算化									
ECP測定標準		原案作成	審議・修正	△ 発行						
環境緩和適用方法			原案作成	審議・修正	△ 発行					
環境緩和評価GL				原案作成	審議・修正	△ 発行				
Pt付着モデルGL			モデルの開発	原案作成	審議・修正		△ 発行			
JANSI-VIP-18改定				体制の再構築と 予算化	改訂方針の検討および原案作成	審議・修正		△ 改訂発行		
水化学管理指針改定	△ 改訂発行	改訂方針の検討および原案作成	審議・修正		改訂発行	改訂方針の検討および原案作成	審議・修正			

HITACHI



GE VERNOVA