

表 4-1-2 水化学ロードマップと深層防護の関連付け (1/2)

深層防護		レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	レベル5
安全目標		異常・事故の未然防止	異常・事故の早期検知	炉心損傷防止 ・冷却性能維持 ・ペレットの被覆管内溶解前後のFP放出挙動把握 ・FP放出抑制	炉心損傷拡大防止 ・冷却性能維持(再臨界防止) ・事故後のFP挙動の把握 ・ペレット、燃料デブリからのFP放出抑制 ・公衆の被ばく低減	非該当
構造材料の 高信頼化	応力腐食割れ(SCC)の抑制	通常運転時の水質変化が構造材料のSCCに影響を与え、その結果、圧力バウンダリーの健全性が損なわれ、異常状態や事故に至ることが無いこと。その対策として、構造材料のSCCにおよぼす水質変更の影響を機構面から明らかにすると共に、異常状態や事故に至ることが無いよう、SCC対策の検討、データや評価技術の検証を行う必要がある。また、最新知見に基づき、必要に応じ水化学管理指針の管理項目等の設定値の見直しに資する。	構造材料のSCCは異常・故障時の急激な水質変化や温度変化等の影響を受けることから、通常運転時の状態を逸脱した場合においても、材料健全性への影響を最小限に抑えることが肝要である。水質が異常な状態となった状況でのSCCメカニズムに基づき、水質異常状態での材料健全性の検討、データや評価技術の検証を行う必要がある。	× 事故時にECCS等の安全防護系機器が正常に作動するためには、各設備の健全性が維持されている必要がある。しかし、比較的短期間の課題でありDBAの収束にSCC抑制は殆ど寄与しないため対象外とする。	× SAに至った後においても、長期的な視点で事故の影響を拡大させないために、SCCを継続的に抑制することは重要である。しかし、比較的短期間の対応が求められる事故収束に対しては、SCC抑制が大きな寄与を果たさないため対象外とする。	非該当
	配管減肉環境緩和	通常運転時の水質変化が配管の減肉挙動に影響を与え、その結果、配管から冷却水が漏れ出し、異常状態や事故に至ることが無いこと。その対策として、流れ加速型腐食(FAC)や液滴衝撃エロージョン(LDI)におよぼす流動因子、水質因子および材量因子の影響を機構面から明らかとし、水化学の改良による配管減肉緩和策を講じること。また、配管減肉緩和技術を用いた水化学管理を減肉管理へ反映させることにより、より安全に、且つ、合理的に配管減肉管理を遂行することが重要である。	○ 海水リーク等による水質悪化は炭素鋼配管の腐食挙動にも影響を及ぼすことが考えられることから、炭素鋼配管の減肉速度および配管減肉緩和技術に及ぼす影響を確認する必要がある。	× FACによる配管減肉の進行は経年的な事象であり、配管減肉緩和技術の適用が、ECCSの機能に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。	× 配管減肉緩和技術はSA対策に寄与する可能性は低いと考えられる。	非該当
	SG長期信頼性確保 [構造材料の健全性維持] [スケール付着影響緩和]	プラント運転中の水質変動によるSG二次側クレビス環境の悪化、あるいは、給水からSGへ持ち込んだ鉄のSG二次側管板上への堆積、固着による当該部の濃縮環境増大によるクレビス環境悪化により、SG伝熱管腐食損傷が発生し、一次系冷却材の二次系系統、環境への放射能放出に至ることがないこと。その対策として、SG伝熱管をはじめとする構成材料の腐食損傷に及ぼす水質変動の影響を機構面から明らかにするとともに、SG二次側クレビス環境評価技術の高度化、環境緩和技術の開発、SGへの鉄持ち込み抑制(FAC抑制)、スケール改質、除去技術等の開発実機適用を推進する。また、SG伝熱管をはじめとする構成材料の健全性、FAC抑制、スケール除去技術に係る最新知見に基づき、必要に応じ水化学管理指針の管理項目、設定値の見直しに資する。なお、スケール除去技術の開発、実機適用に際しては、SG伝熱性能の維持、回復についても考慮する。	× 一次系冷却材の漏洩による放射能の環境放出拡大防止対策は、水化学技術の範囲外となる。なお、一次系冷却材の二次系系統への漏洩防止は、SG伝熱管健全性確保により達成される。また、海水リーク等による水質劣化に対しては、復水器のNa検知計や水質浄化系設備の増強等、設備側からの保全対策が確立されている。	× 二次系水化学管理の寄与はないものと考えられる。事故時の冷却性能維持は大前提となるが、事故時対応はRM検討範囲外となり、また、SA時のSG健全性に関する研究展開が検討される動きはないため、上記内容は記載しない。	× 二次系水化学管理の寄与はないものと考えられる。事故時の冷却性能維持は大前提となるが、事故時対応はRM検討範囲外となり、また、SA時のSG健全性に関する研究展開が検討される動きはないため、上記内容は記載しない。	非該当
	状態基準保全	プラント構成材料の経年劣化状態を長期にわたり高精度に監視し、損傷リスクに応じた適切な保全を行うことにより設備の信頼性を向上させ、事故発生リスクを低減すること。このためには、設備の異常兆候などを早期検知して予兆段階で速やかに修復できる高度水質管理システムの構築、プラント構成材料の劣化状況の直接または間接的モニタリングに基づいた適切な維持管理法の開発、損傷リスクに応じた適切な状態監視保全技術の開発・適用、が必要である。	一次系バウンダリーの損傷に基づく一次冷却材の水質異常兆候を早期に検出し、プラントの運転管理への適切な判断材料を提供すること。このためには、損傷リスクに対応した適切な水質監視システムの構築が必要である。	冷却水中の核分裂生成物濃度やオフガス系等の放射線線量率を監視することにより、燃料破損を早期に検出し、迅速かつ的確な対応が取れるようにすること。炉心損傷の発生に当たっては、格納容器雰囲気放射線線量率を測定する等により、損傷状況を的確に把握できるようにすること。このためには、冷却水中核種濃度や格納容器雰囲気放射線技術の一層の高度化が必要である。	原子炉水位等炉内モニタリング計測器の性能強化を行い、損傷状況を的確に把握することで、事故拡大防止に寄与すること。化学の立場から技術支援を行う。	非該当
燃料の高 信頼化	核燃料被覆管の健全性維持	通常運転時の水質変化が燃料被覆管・部材の腐食/水素吸収性に影響を与え、その結果、被覆管の破損等が生じ、異常状態や事故に至ることがないこと。その対策として、燃料被覆管・部材の腐食/水素吸収性に及ぼす水質変更の影響を機構面から明らかにするとともに、異常状態や事故に至ることがないよう、燃料被覆管・部材の腐食/水素吸収対策の検討、データや評価技術の検証を行う必要がある。また、燃料被覆管・部材の健全性に係る最新知見に基づき、必要に応じ水化学管理指針の管理項目等の設定値の見直しに資する。	通常運転時の状態を逸脱した場合においても、燃料被覆管・部材の腐食/水素吸収性の低下を最小限に抑えること。燃料被覆管・部材の腐食/水素吸収性は、異常・故障時の急激な水質変化や温度変化等の影響を受けることから、燃料被覆管・部材の腐食/水素吸収メカニズムに基づき、燃料被覆管・部材の腐食/水素吸収対策の検討、データや評価技術の検証を行い、異常状態の制御及び故障の早期検知を可能とする必要がある。	× 水化学は関与しない LOCAにより被覆管・部材の腐食/水素吸収性に影響が出ないこと。但し、サンブスクリーンは水化学技術の範囲外となるが、事故耐性燃料(ATF)に及ぼす水化学の影響については、水化学RMの検討対象とする。但し、事故時の使用済み燃料プール内の燃料の安全管理については、対象外とする。	既に炉心損傷が生じている状況であるため、燃料被覆管・部材の腐食/水素吸収性に及ぼす影響評価の必要性は小さいが、シリカロイ被覆管のZr-水反応、炉心溶融後の水素発生挙動、炉心溶融に伴うFPの核種、性状、放出・移行挙動に係る情報整備・知見拡充に加え、事故耐性燃料(ATF)の耐食性向上に向けた水化学技術の開発を行う必要がある。	非該当
	CIPS対策による核燃料の性能維持	通常運転時の水質変化がCIPSに影響を与え、その結果、被覆管の破損等が生じ、異常状態や事故に至ることがないこと。その対策として、CIPSに及ぼす水質変更の影響を機構面から明らかにするとともに、異常状態や事故に至ることがないよう、CIPS対策の検討、データや評価技術の検証を行う必要がある。また、CIPSに係る最新知見に基づき、必要に応じ水化学管理指針の管理項目等の設定値の見直しに資する。	通常運転時の状態を逸脱した場合においても、CIPSの発生を最小限に抑えること。CIPSは異常・故障時の急激な水質変化や温度変化等の影響を受けることから、その対策として、CIPSのメカニズムに基づき、CIPS対策の検討、データや評価技術の検証を行い、異常状態の制御及び故障の早期検知を可能とする必要がある。	× 水化学は関与しない LOCAにより被覆管・部材の腐食/水素吸収性に影響が出ないこと。但し、サンブスクリーンは水化学技術の範囲外となるため、水化学RMの検討対象外とする。	× 水化学は関与しない 既に炉心損傷が生じている状況であるため、CIPSに及ぼす影響評価の必要性は小さい。なお、下記事象についてはCIPSの影響度は小さいものと考えられる。 ・Zr-水反応の把握 ・炉心溶融後の水素発生挙動の把握 ・炉心溶融に伴うFPの核種、性状、放出・移動挙動の把握	非該当

表 4-1-2 水化学ロードマップと深層防護の関連付け (2/2)

深層防護		レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	レベル5
被ばく線源低減	被ばく線源低減 (既設炉の廃止措置等を含む)	通常運転時の水質変化が燃料及び配管への腐食生成物の付着挙動に影響を与え、その結果、線源強度が増大し、作業従事者線量の有意な上昇に至ることがないこと。そのためには、既存線源低減技術の高度化、メカニズムの解明、長期サイクル運転や出力向上を適用した場合の影響評価、革新的被ばく線源低減技術の開発が必要である。 また、既設炉の廃止措置にあたっては、水化学環境に応じて線源強度を適切に制御し、作業従事者線量の有意な上昇に至ることがないこと。そのためには、水化学管理手法の高度化、放射能インベントリの評価が必要である。	異常な過渡変化時の水質変化が燃料及び配管への腐食生成物の付着挙動に影響を与え、その結果、線源強度が増大し、作業従事者線量の有意な上昇に至ることがないこと。そのためには、既存線源低減技術の高度化、メカニズムの解明、長期サイクル運転や出力向上を適用した場合の影響評価、革新的被ばく線源低減技術の開発が必要である。	通常運転時や異常な過渡変化時に生成・蓄積した線源により、作業従事者線量の有意な上昇に至ることがないこと。そのためには、LOCAによる影響評価、放射能インベントリの評価が必要である。	×： 事故後の被ばく線源低減は、管理技術・手法(換気、遮蔽、防護装備等)によるアプローチが主体的となると考えられるため、水化学管理の寄与は無視できるレベルと考える。	非該当
環境負荷低減	廃棄物低減	廃棄物量軽減により、発電所での保管量縮小による安全性、信頼性向上および環境への漏えいリスク低減を図ると共に、水処理薬剤変更や運用方法の最適化により、環境への放出量を低減し、環境の安全性に貢献必要がある。	×：水化学は関与しない 一次冷却材の漏洩による環境放出等の拡大防止対策は、水化学管理技術では対応出来ないため、水化学は関与しない。	×：技術要素がない 事故の影響緩和策の一つとして、安全系統内のほう素濃度を適切に管理しており、新たな水化学の技術要素はない。	×：新たな課題が存在しない シビアアクシデント時にCV内に溜まった汚染水の浄化方策を確立済みであり、新たな課題は存在しない。 ただし、SAに伴うFP等の放出による影響については、事故時対応の水化学にて対応。	非該当
	化学物質の影響低減	廃棄物量軽減により、発電所での保管量縮小による安全性、信頼性向上および環境への漏えいリスク低減を図ると共に、水処理薬剤変更や運用方法の最適化により、環境への放出量を低減し、環境の安全性に貢献必要がある。	×： 一次冷却材の漏洩による環境放出等の拡大防止対策は、プラントの起動時、通常運転時、停止時の水質変化との関連は殆どないとする。	×： 事故の影響緩和においては、プラントの起動時、通常運転時、停止時の水質変化との関連は殆どないとする。	×： シビアアクシデントの防止や影響緩和においては、プラントの起動時、通常運転時、停止時の水質変化との関連は殆どないとする。	非該当
水化学共通基盤技術	腐食に係る共通基盤技術	各個別テーマ間の共通基盤技術であるため、深層防護との関連は各テーマに準じる。	各個別テーマ間の共通基盤技術であるため、深層防護との関連は各テーマに準じる。	各個別テーマ間の共通基盤技術であるため、深層防護との関連は各テーマに準じる。	各個別テーマ間の共通基盤技術であるため、深層防護との関連は各テーマに準じる。	非該当
	核分裂生成物挙動に係る共通基盤技術	ピンホールあるいは微小損傷時のFP放出とモニタリング => レベル2以上の判断基準(BGレベル)を提供 => 燃料シッピング技術	ピンホールあるいは微小損傷時のFP放出とモニタリング => レベル2以上の判断基準を提供 炉水、オフガスのFP放射能で現状レベルを判断	FPモニタリングにより、燃料損傷状態把握 => レベル2以上の判断基準を提供 炉水、オフガスのFP放射能で現状レベルを判断	シビアアクシデント時のFP挙動評価の基礎 水化学の範囲外ではあるが、シビアアクシデント評価に必要なデータの提供に寄与。 また積極的に解析・評価に参画	非該当
	人・情報の整備	プラントの安全・安定な運転を維持するため、技術基盤整備、規格基準類の整備および人材育成プログラムが必要である。	プラントのトラブルや異常事態の早期発見や拡大防止に寄与する技術基盤整備、規格基準類の整備および人材育成プログラムが必要である。	事故発生への備えに寄与するための技術基盤整備、規格基準類の整備および人材育成プログラムが必要である。	事故拡大防止に寄与するための技術基盤整備、規格基準類の整備および人材育成プログラムが必要である。	非該当
事故時対応の水化学	水化学が関与する事故時対策放出抑制対策(格納容器内水pH管理、フィルターベントを含む)	×： 事故後の対応であり、レベル1には該当しない。 ECCS用でも通常時から管理する必要がある。	×： 事故後の対応であり、レベル2には該当しない。	×： 炉心溶融後に放出される放射性ヨウ素挙動の抑制策であり、レベル3には該当しない。	炉心溶融後の影響緩和としてFP、特に放射性ヨウ素の系外放出を極力防止し、公衆被ばくの軽減を図る必要がある。そのため、炉心溶融に至る直前に格納容器内水のpHをアルカリ側に維持し、放射性ヨウ素の気相への移行を抑制する。事故収束後も一定期間pH管理を維持する。	非該当
	福島廃炉推進対応の水化学水素漏洩による爆発防止対策(再結合器の触媒開発等)	×： 事故後の対応であり、レベル1には該当しない。	×： 事故後の対応であり、レベル2には該当しない。	NonLOCA/LOCAを問わず、原子炉水位が低下し燃料被覆管温度の上昇に伴い、ジルカロイ-水反応による水素発生が顕著になる。そのため、発生水素の爆燃を回避するため適切な水素除去対策がなされる必要がある。そのため水素除去または水素再結合対策を講じる。	炉心溶融後もジルカロイ-水反応による水素発生は継続している可能性があり、レベル3と同様に、発生水素の爆燃を回避するため適切な水素除去対策がなされる必要がある。そのため水素除去または水素再結合対策を講じる。	非該当