



2019年秋の大会
水化学部会企画セッション

水化学ロードマップフォローアップの 状況と概要

(2) 安全基盤研究(被ばく低減、SCC抑制、燃料性能維持)

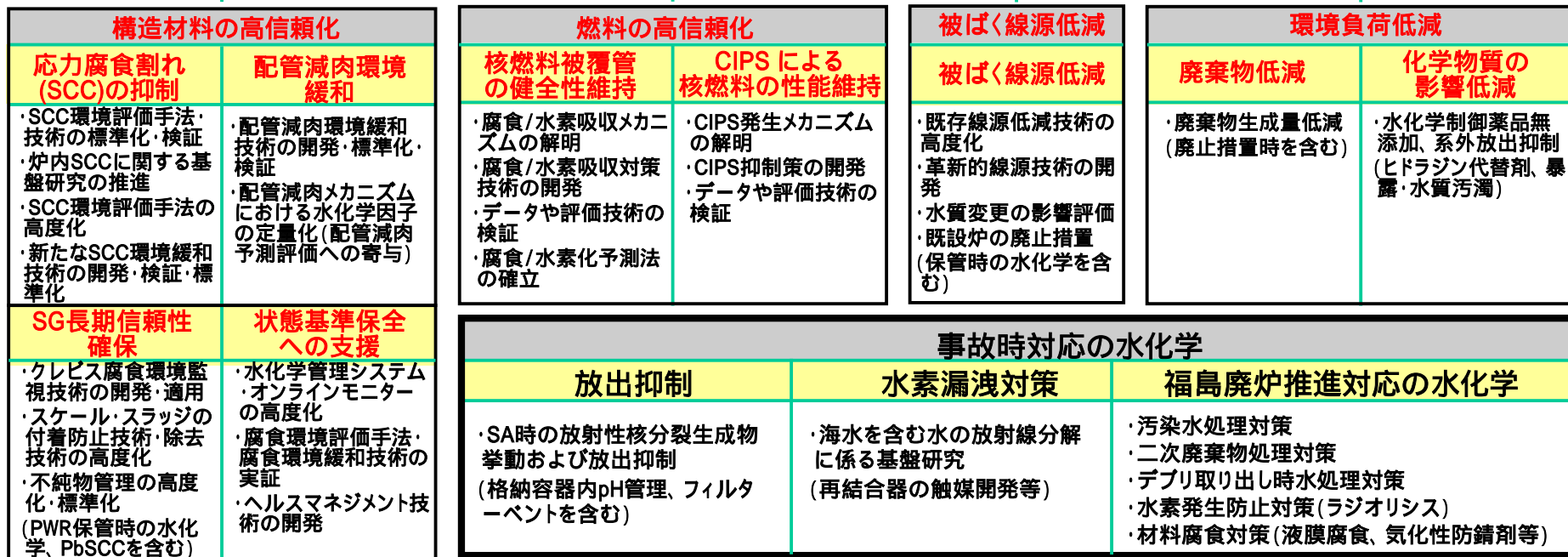
2019年9月12日(木)
日本原子力発電株式会社
杉野 亘

1. ロードマップ2019の目次

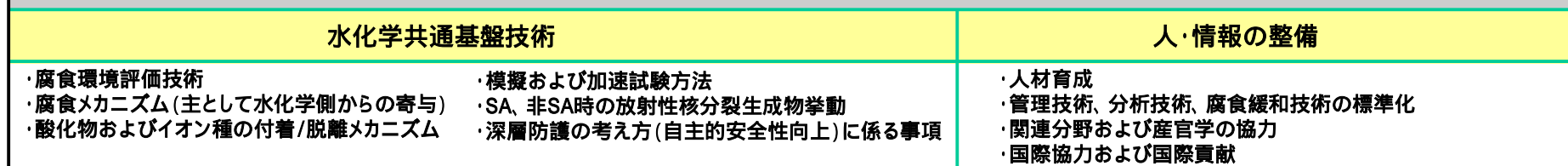
目次	執筆者
1. はじめに	渡邊
2. 水化学ロードマップの意義	渡邊
3. 水化学を取巻く環境の変化	高木
4. 自主的安全性向上に向けての水化学ロードマップ改訂の基本方針および実施体制	久宗、杉野
5. 水化学ロードマップ2019	稲垣
6. 安全基盤研究	内田
6.1 構造材料の高信頼化	内田
6.1.1 応力腐食割れ(SCC)の抑制	BWR:長瀬、山本、PWR:寺地
6.1.2 配管減肉環境緩和	阿部、藤原
6.1.3 SG長期信頼性確保	荘田
6.1.4 状態基準保全への支援	小野
6.2 燃料の高信頼化	河村
6.2.1 核燃料被覆管の健全性維持	河村
6.2.2 CIPS対策による核燃料の性能維持	河村
6.3 被ばく線源低減	稲垣、中野、杉野、赤峰
6.4 環境負荷低減	BWR:稲垣、PWR:赤峰
7. 基盤整備	佐藤、内田
7.1 水化学共通基盤技術	佐藤、内田
7.2 人・情報の整備	小野、阿部、室屋
8. 事故時対応の水化学	内田、高木、長瀬、箭内
8.1 水化学が関与する事故時対策	
8.2 福島廃炉推進対応の水化学 (汚染水処理対策、デブリ取出し時水処理対策、水素発生対策、材料腐食対策)	渡邊、高木、長瀬、箭内、佐藤
9. まとめ	渡邊
略語表	河村

2. 水化学の諸課題とそれらの相互関係

水化学による原子力発電プラントの安定性・信頼性維持への貢献



基盤整備



3. 応力腐食割れ (SCC) の抑制

深層防護との関連:

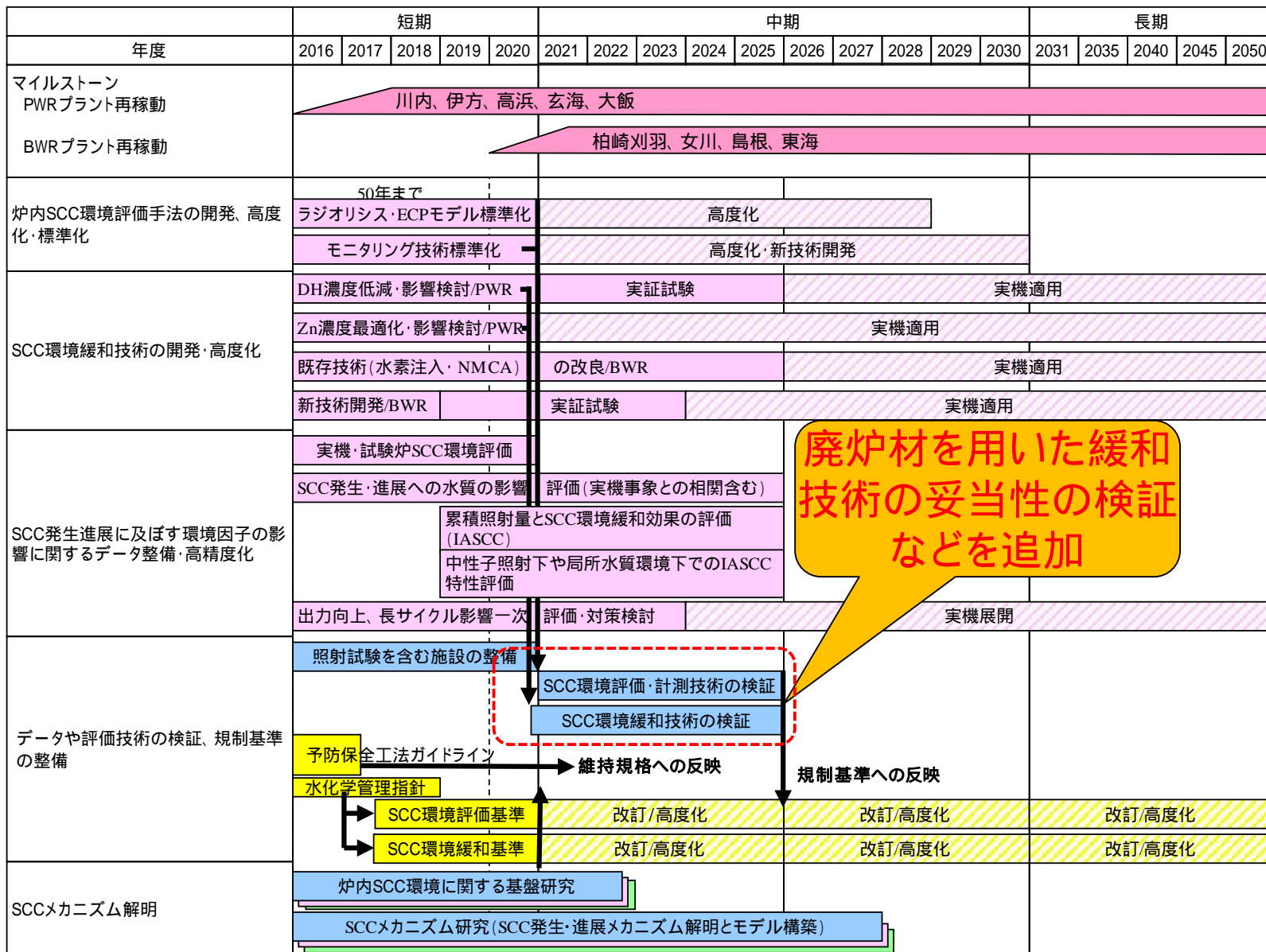
- SCCの発生と亀裂の進展を抑制するための水質管理は、プラントの安全性を維持するための深層防護における**レベル1「異常・故障の発生防止」**に該当
- 水質環境がSCC抑制に有効な範囲を逸脱した場合の対応は**レベル2「異常・故障の拡大防止」**に該当
- 設計基準事故やシビアアクシデントが発生した場合の機器や構造材の健全性に関しては、比較的短期間の課題であり、SCCの抑制が事故収束にほとんど寄与しないと考えられるため、SCCの抑制対策は**レベル3「事故の影響緩和」**や**レベル4「設計基準を越す事故への施設内対策」**には非該当

主な改訂点:

- **廃炉材を用いた従来水化学の妥当性検証**、耐SCC材を含む高経年化リスクと水化学の関係評価など、信頼性向上にさらに踏み込んだ内容に改訂

3. 応力腐食割れ (SCC) の抑制

SCC抑制に係わるロードマップ



4. 配管減肉環境緩和

深層防護との関連：

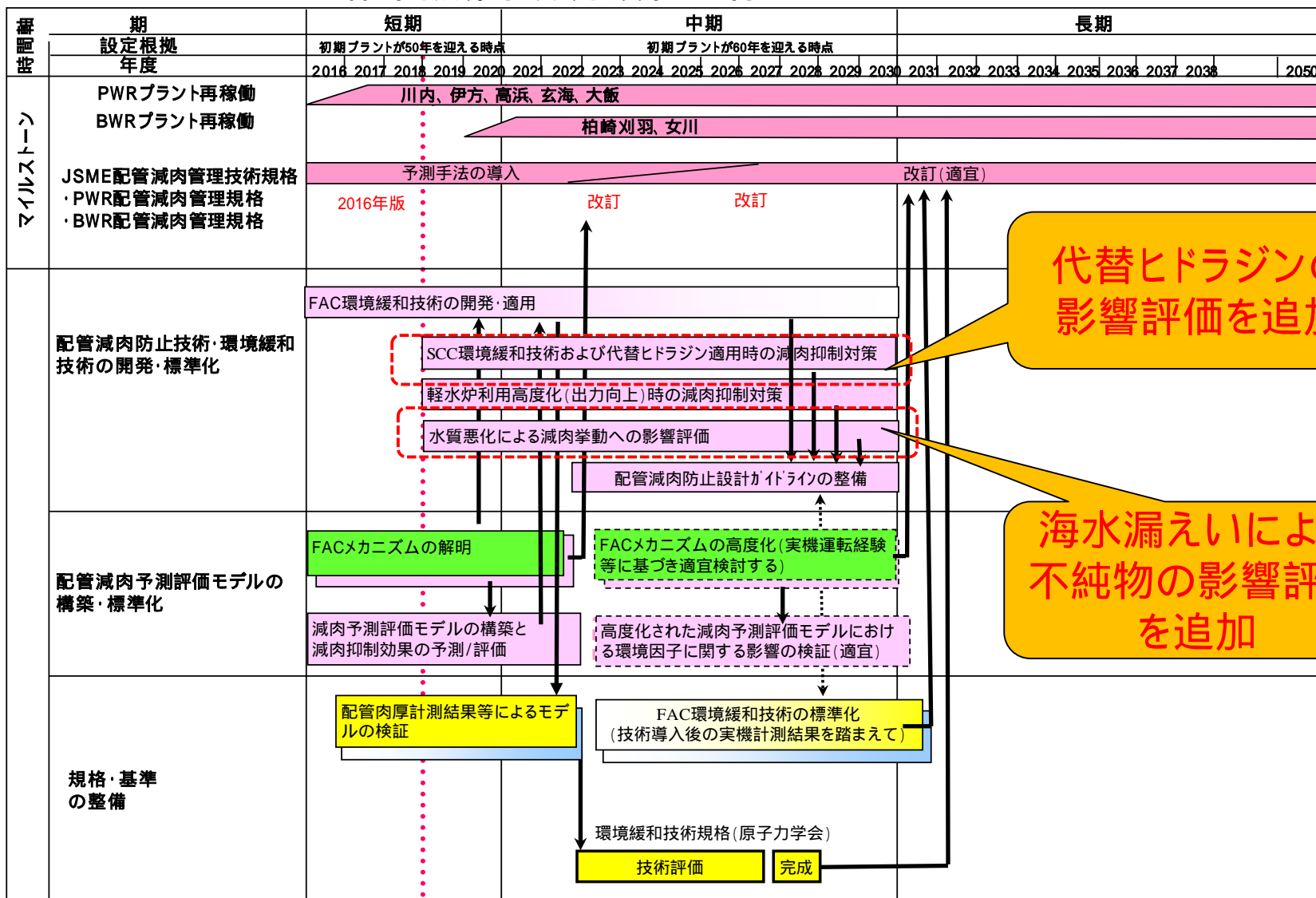
- U 水化学の改良による減肉環境緩和は、深層防護の**レベル1「異常・故障の発生防止」**に該当
- U 通常運転時を逸脱した場合の対応は**レベル2「異常・故障の拡大防止」**に該当
- U FACによる配管減肉の進行は経年的な事象であり、その予防のための配管減肉緩和技術の適用が、非常用系機器・配管の機能に悪影響を及ぼす可能性は低い**ため、レベル3「事故の影響緩和」、レベル4「設計基準を越す事故への施設内対策」には非該当**

主な改訂点：

- U 深層防護の観点から、**海水リーク等による課題を追加**
- U 最新の動向を反映(**代替ヒドラジン適用時の減肉抑制対策**など)

4. 配管減肉環境緩和

配管減肉環境緩和に係わるロードマップ



代替ヒドラジンの影響評価を追加

海水漏えいによる不純物の影響評価を追加

5 . SG長期信頼性確保

深層防護との関連:

- u 蒸気発生器(以下SG)長期健全性確保のための水質管理は、SG伝熱管腐食損傷の発生による、一次系から二次系統への冷却材漏洩および環境への放射能放出を防止することを目的としており、プラント安全性維持に必要な深層防護**レベル1「異常・故障の発生防止」**に該当
- u 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、一 & 二次系の水質管理の範囲外であり、また、復水器漏えい等の水質劣化に対しては、水質監視設備、水質浄化系設備の増強等、設備側の保全対策が確立しているため、**レベル2「異常・故障の拡大防止」、レベル3「事故の影響緩和」、レベル4「設計基準を越す事故への施設内対策」**には非該当

主な改訂点:

- u 通常時SG長期信頼性確保を目的とした、**代替ヒドラジン技術、スケール付着抑制技術の適用**効果、適用時影響評価を追加

5. SG長期信頼性確保

SG長期信頼性確保に係わるロードマップ

時間軸	期	短期	中期	長期																				
	設定根拠	初期プラントが50年を超える時点					初期プラントが60年を超える時点																	
	年度	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	……	……	……	2050				
マイルストーン	PWRプラント再稼働	川内、伊方、高浜、大飯、玄海																						
	BWRプラント再稼働	柏崎刈羽、女川																						
メカニズム検討	SG伝熱管腐食メカニズムの解明	実機スケール性状確認				鉛等微量元素成分の濃縮挙動/腐食影響評価																		
		クレビス環境緩和技術・鉛等微量元素の低減指針策定																			実機適用検討			
水質改善対策	SG二次側クレビス酸性環境緩和技術の開発	実機実態確認				中和剤スクリーニング																		
		中和・安定性評価								高温での腐食抑制確認														
		中和剤選定/試験運用																						
		構成材料への影響評価確認手法の確立/実機影響評価																						
		プラント設備・運用への影響確認																			実機適用/適用効果/影響確認			
	SGクレビス濃縮緩和技術の開発	クレビス洗浄 国内外情報収集/検討課題の抽出																						
		プラント構成材料、設備・運用への影響評価																						
	スケール付着抑制技術の適用影響評価	実機適用必要性・適用時期見極め																						
		国内プラントへの適用性評価											新分散剤開発(必要に応じ)											
		プラント設備・運用への影響確認(適用必要時)																			実機試運用 適用効果/影響確認(必要時)			
代替ヒドラジン導入	実機実績確認・評価				ヒドラジン代替剤手法スクリーニング																			
	中和・安定性評価								脱酸素・還元維持効果確認															
	代替剤・手法選定/試験運用																							
	構成材料への影響評価確認手法の確立/実機影響評価																							
基礎技術開発	クレビス環境評価/計測・新技術の開発・高度化	クレビス評価/in-situ計測技術の開発																			実機適用と実機			
		SO4低減技術の開発(浄化システム最適化)																			実機実証試験			
		Pb、Cu等クレビス濃縮挙動評価/形態の評価技術																			実機実証試験			
	クレビス環境評価モデルの高度化																							
		クレビス環境評価モデルの整備/実機データ・実験データに基づく高度化																						

スケール付着抑制技術
適用性評価を追加

代替ヒドラジン技術
適用評価を追加

6. 状態基準保全への支援

深層防護との関連：

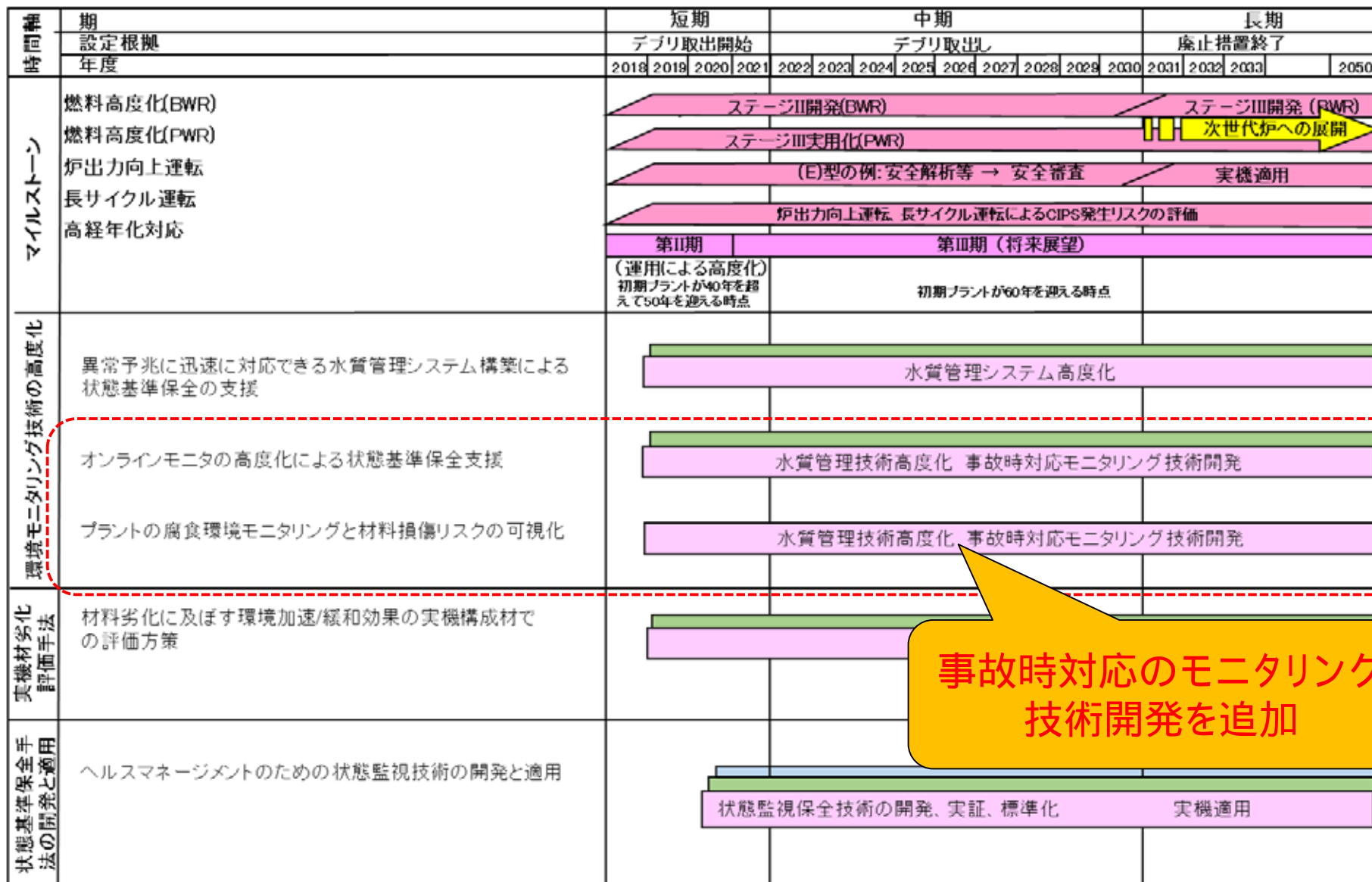
- u プラント構成材料の損傷リスクに応じた適切な保全を行うことは、深層防護の **レベル1「異常・故障の発生防止」**に該当
- u 一次冷却材の水質異常兆候を早期に検出し、プラントの運転管理への適切な判断材料を提供することは、**レベル2「異常・故障の拡大防止」**に該当
- u 冷却水中核種濃度や格納容器雰囲気の監視技術の一層の高度は、**レベル3「事故の影響緩和」**に該当
- u 炉内モニタリング技術の性能強化は、**レベル4「設計基準を越す事故への施設内対策」**に該当

主な改訂点：

- u 2009年度版以降の技術進展を踏まえて見直し
- u 福島第一原子力発電所の事故を踏まえて、**事故発生防止・拡大防止に係るモニタリング技術開発を追加**

6. 状態基準保全への支援

状態基準保全への支援に係わるロードマップ



事故時対応のモニタリング技術開発を追加

7. 核燃料被覆管の健全性維持

深層防護との関連:

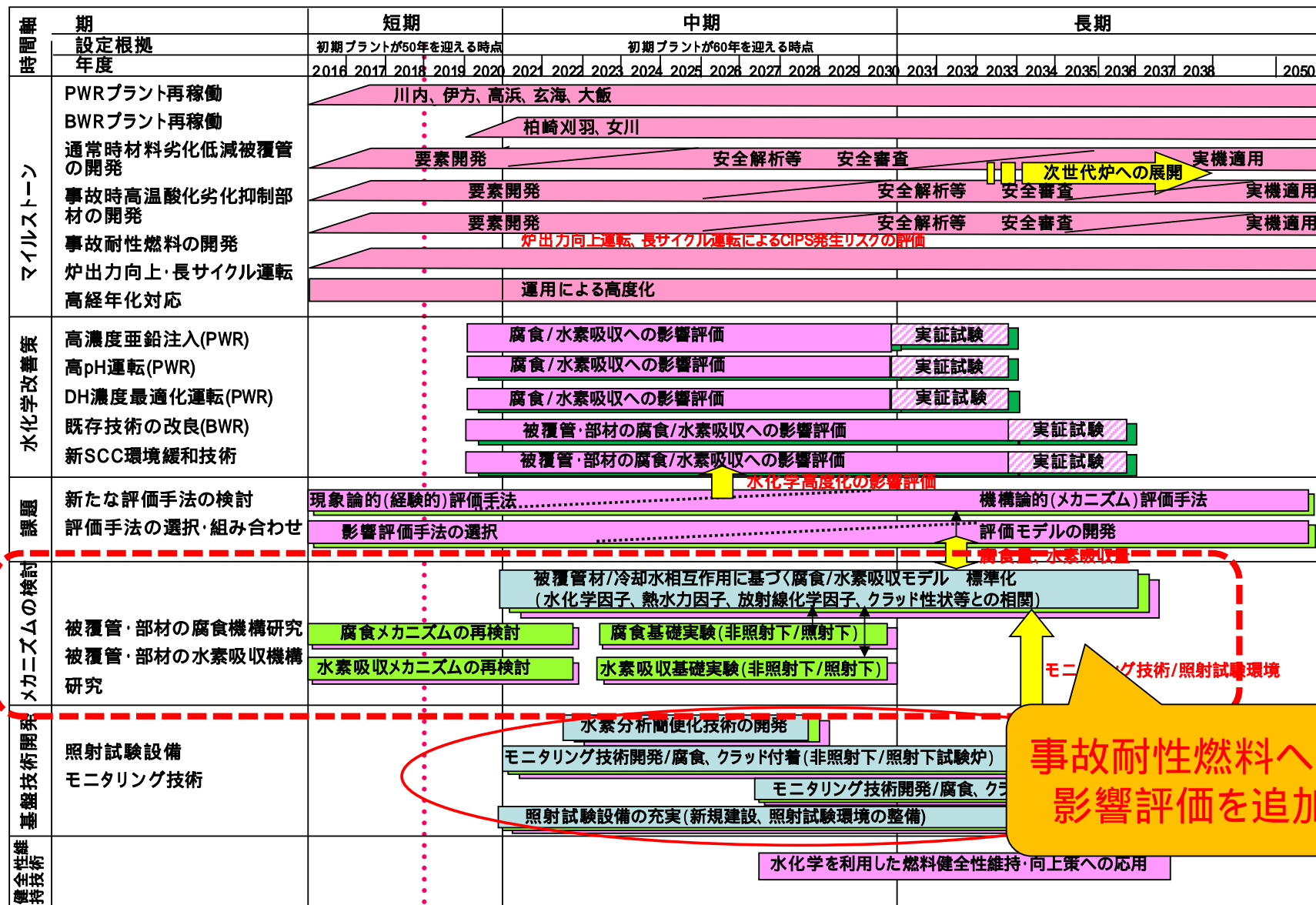
- U 燃料被覆管・部材の腐食/水素吸収を設計基準範囲内に維持するための通常運転時の水質管理は、深層防護の**レベル1「異常・故障の発生防止」**に該当
- U 通常運転時を逸脱した場合の対応は**レベル2「異常・故障の拡大防止」**に該当
- U SA前後における被覆管のZr-水反応、炉心溶融後の水素発生挙動、炉心溶融に伴うFPの核種、性状、放出・移行挙動、およびATF等改良型燃料の被覆管・部材の耐食性向上には水化学の関与が想定されることから、**レベル4「設計基準を越す事故への施設内対策」**に該当
- U 設計基準事故やSA発生時のサンプスクリーン、および事故時の燃料プール内の燃料の腐食/水素吸収対策に果たす水化学の役割は殆どないため、**レベル3「事故の影響緩和」**には非該当

主な改訂点:

- U 通常時材料劣化低減被覆管、事故時(LOCA、Post-DNB)高温酸化劣化抑制部材(被覆管/集合体)や**事故耐性燃料(Accident Tolerant Fuel、以下ATF)**に対する水化学影響の事前評価を追加

7. 核燃料被覆管の健全性維持

核燃料被覆管の健全性維持に係わるロードマップ



8 . CIPS対策による核燃料の性能維持

深層防護との関連:

- CIPS抑制のための通常運転時の水質管理は、深層防護の**レベル1「異常・故障の発生防止」**に該当
- 通常運転時を逸脱した場合の対応は**レベル2「異常・故障の拡大防止」**に該当
- 設計基準事故やSA発生時のサンプスクリーン、および事故時の燃料プール内の燃料のCIPS対策に果たす水化学の役割は殆どないため、**レベル3「事故の影響緩和」**には非該当
- SA前後における被覆管の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・移行挙動に対するCIPSの関与は非常に小さいことから、**レベル4「設計基準を越す事故への施設内対策」**にも非該当

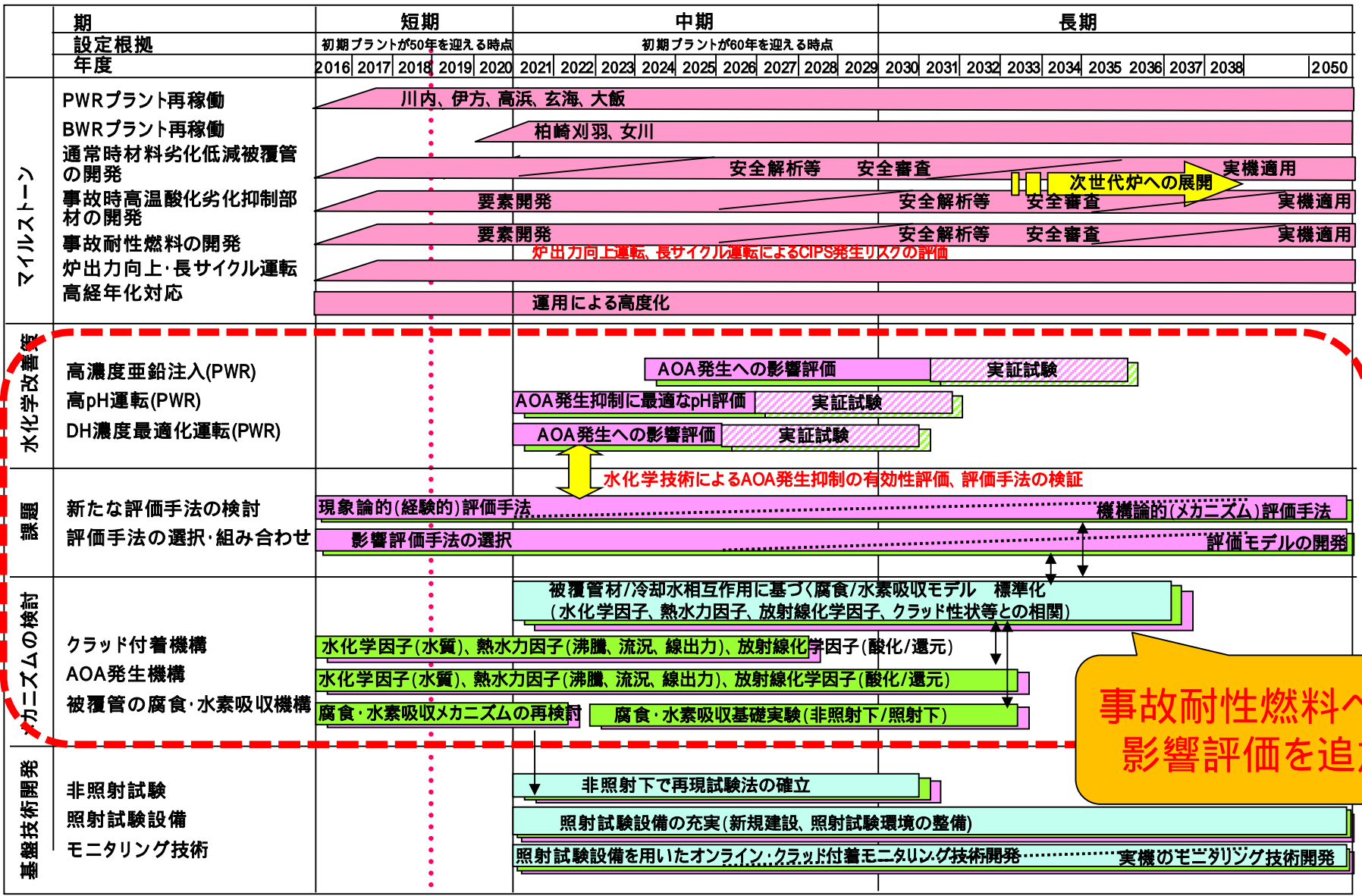
主な改訂点:

- 通常時材料劣化低減被覆管、事故時(LOCA、Post-DNB)高温酸化劣化抑制部材(被覆管/集合体)や**事故耐性燃料(Accident Tolerant Fuel、以下ATF)**用の被覆管表面へのクラッド付着に起因するCIPS(Crud Induced Power Shift)あるいはAOA(Axial Offset Anomalies)に対する水化学の影響評価を追加



8 . CIPS対策による核燃料の性能維持

CIPS対策による核燃料の性能維持に係わるロードマップ



事故耐性燃料への影響評価を追加

9. 被ばく線源低減

深層防護との関連：

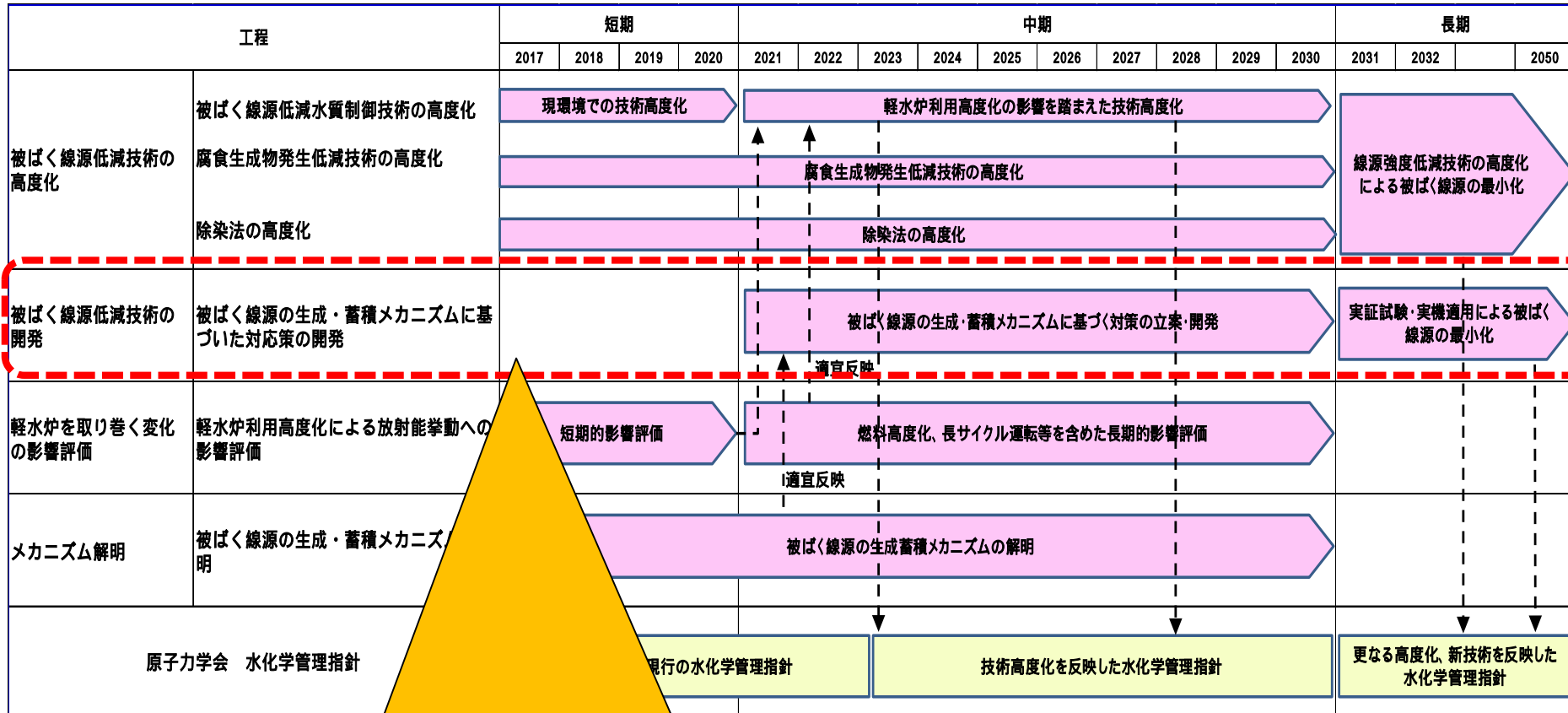
- U 既存線源強度低減技術の高度化、革新的線源低減技術の開発および線源蓄積メカニズムの解明により従事者の線量低減を目指すものであり、**深層防護のレベル1「水化学による信頼性の確保」に該当**
- U 異常な過渡変化時の水質変化が燃料健全性や配管等への付着挙動に影響を与え、その結果線源強度上昇に至ることを防止若しくは最小限にとどめる必要があることから、**レベル2「異常・故障の拡大防止」に該当**
- U 炉心内外の放射能インベントリを評価しLOCA時の移行挙動を評価することは、**レベル3「事故の影響緩和」に該当**
- U 事故後の従事者の被ばく低減は物理的な対策(遮蔽, 換気, 防護装備)が主体であることから、**レベル4「設計基準を越す事故への施設内対策」に非該当**

主な改訂点：

- U 既存線源強度低減技術の高度化として、「**亜鉛注入プラントの材料表面観察による線源低減機構の検討**」を追加。また、革新的線源低減技術として、日本発の「**分散剤添加による線源除去技術の開発**」を追加

9. 被ばく線源低減

被ばく線源低減に係わるロードマップ



・ 亜鉛注入プラントの材料表面観察による線源低減機構の検討
 ・ 分散剤添加による線源除去技術の開発
 を追加

10. 環境負荷低減

深層防護との関連:

- u 廃棄物量軽減による、発電所内の廃棄物保管量縮小と安全性、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る環境への放出量を低減、環境の安全性への貢献は、深層防護の**レベル1「水化学による信頼性の確保」に該当**
- u 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、**レベル2「異常・故障の拡大防止」には非該当**
- u 事故の影響緩和策の一つとして、安全システム内のほう素濃度を適切に管理しており、新規の技術要素はないため、**レベル3「事故の影響緩和」には非該当**
- u SA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め、**レベル4「設計基準を越す事故への施設内対策」には非該当**

主な改訂点:

- u 浄化システム運用の合理化・最適化や水化学に係る新技術の導入等、水化学面からの**廃棄物発生低減方策を追加**
- u 長期的に環境への影響の大きい**C-14の廃棄物への移行抑制技術の検討を追加**



10. 環境負荷低減

環境負荷低減に係わるロードマップ

年度	短期				中期										長期					
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	50	
PWR1次系浄化脱塩塔, フィルタの運用の最適化	クラッド濃度、粒径等の把握				高交換容量イオン交換樹脂の開発と実機適用 + フィルタメッシュ選定の更なる最適化と実機適用試験						実機展開									
PWR1次系浄化耐酸化性 イオン交換樹脂の適用	DF,TOC,SO4等の把握				高交換容量イオン交換樹脂との比較実機適用試験						実機展開									
BWRのCUW・FPC系ろ過脱塩器 樹脂の交換頻度の延長	クラッド濃度、粒径等の把握				高交換容量イオン交換樹脂の開発と 実機適用, 更なる最適化と実機適用試験						実機展開									
BWR耐酸化性樹脂 および高浄化性能樹脂の開発	DF,TOC,SO4等の把握				耐酸化性樹脂, ならびに高交換容量イオン 交換樹脂の開発と実機適用試験						実機展開									
ヒドラジン代替剤の 実機適用性評価	代替剤調査・海外関連事例調査										高温・高圧水環境下での長期試験									
PWRアミン系水処理廃液の 低減と処理技術の向上	アミン使用量低減のための 高温・高圧水環境下での長期試験										高度脱窒処理手法の開発									
PWR蒸気発生器化学洗浄廃液処 理技術の向上	蒸気発生器化学洗浄廃液処理手法の開発				実機展開															
廃棄物中の ¹⁴ C低減	¹⁴ C生成原因の特定				¹⁴ C生成抑制方策の検討と実機適用試験						実機展開									

SG化学洗浄廃液処理
技術の高度化を追加

廃棄物中へのC-14移行量抑制に係る検討を追加

11. まとめ

- | 水化学技術の意義を深層防護の視点から改めて見直し、より広い視点で水化学の役割を再定義
- | **廃炉材の有効活用**による水化学技術によるSCC緩和効果の検証や線源低減機構の解明を追加
- | 事故耐性燃料等の**新材料に対する水化学の影響評価**を追加
- | 2009年以降に開発された新技術の適用性評価を追加

THE END

Thank you for your attention