資料4-3

第4回Cr-Zry SWGの進め方（案）

Cr-Zry SWG 事務局

第4回Cr-ZrySWG会合

2026年7月28日

SWGにおける議論の進め方

✓参加者の知識レベルをそろえ、共通理解を得るため、第1回はPIRTの概要や進め方の説明のみとし、議論は第2回以降に進める。

第1回
・Cr-Zryの開発経緯
・PIRT概要紹介

意見募集
～集約

第2回以降
・PIRT議論

…

最終回
・総括

第２回までの対応のお願い

📄 **PIRT表（配布）**
・評価項目を細分化
・項目番号を付記

📝 **意見募集フォーム（WEB）**
URL:https://forms.office.com/r/XABZq3B6cE?origin=lprLink

第２回以降の進め方
✓ 回数：必要に応じ柔軟に対応
✓ 時期：集中的に議論できるよう配慮
✓ 集約した意見の状況を踏まえ、各回で深堀する切り口（テーマ）を選定

➕

第２回における議論のルール
💬 投稿者が意見を読み上げ
👤 全員が発言
🎤 リード役（牟田先生）が指名

本SWGでは、燃料分野以外の立場からの視点についても積極的に取り入れるため、**意見募集を行い、多様な着眼点を次回以降の議論に反映する。**

Cr-Zry PIRT 見直しの基本的進め方

ATF-PFのねらい：
「客観的、包括的、かつ漏れ欠けの無い技術課題を抽出し」その影響度を評価すること
➡技術課題に関する事象の洗い出し（PIRTのPI）が最優先

*Cr-Zry PIRT*見直しの進め方（案）：

PI
- アンケート結果からPIに関するコメントを抽出
- 炉心燃料の安全性確認を中心としたPIに加え、範囲を広げて※事象を洗い出し（※例：製造、炉物理、輸送・貯蔵、再処理）
- 安全性確認PIに必要なフィードバックがないか確認

↓

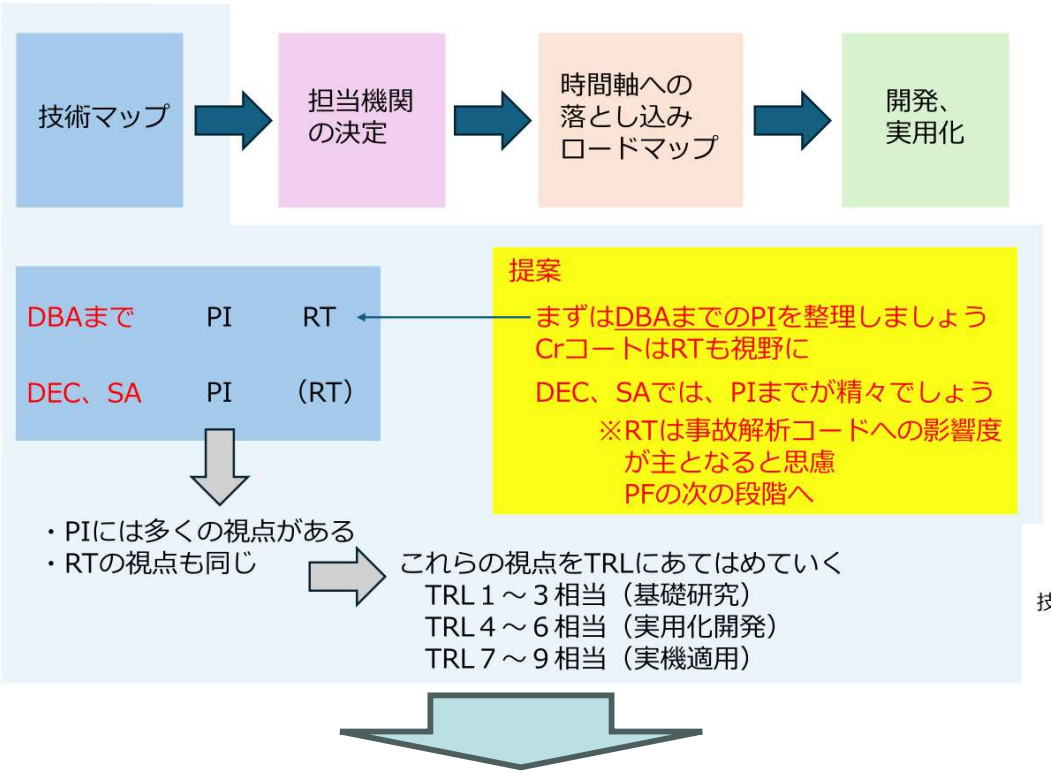
- 実用化全体の目線から漏れ欠けのない技術課題の洗い出し

↓

RT
- ランキングに関するコメントに対応後、影響度評価について協議

第2回ATF-PFでの阿部先生の提案を受けての対応

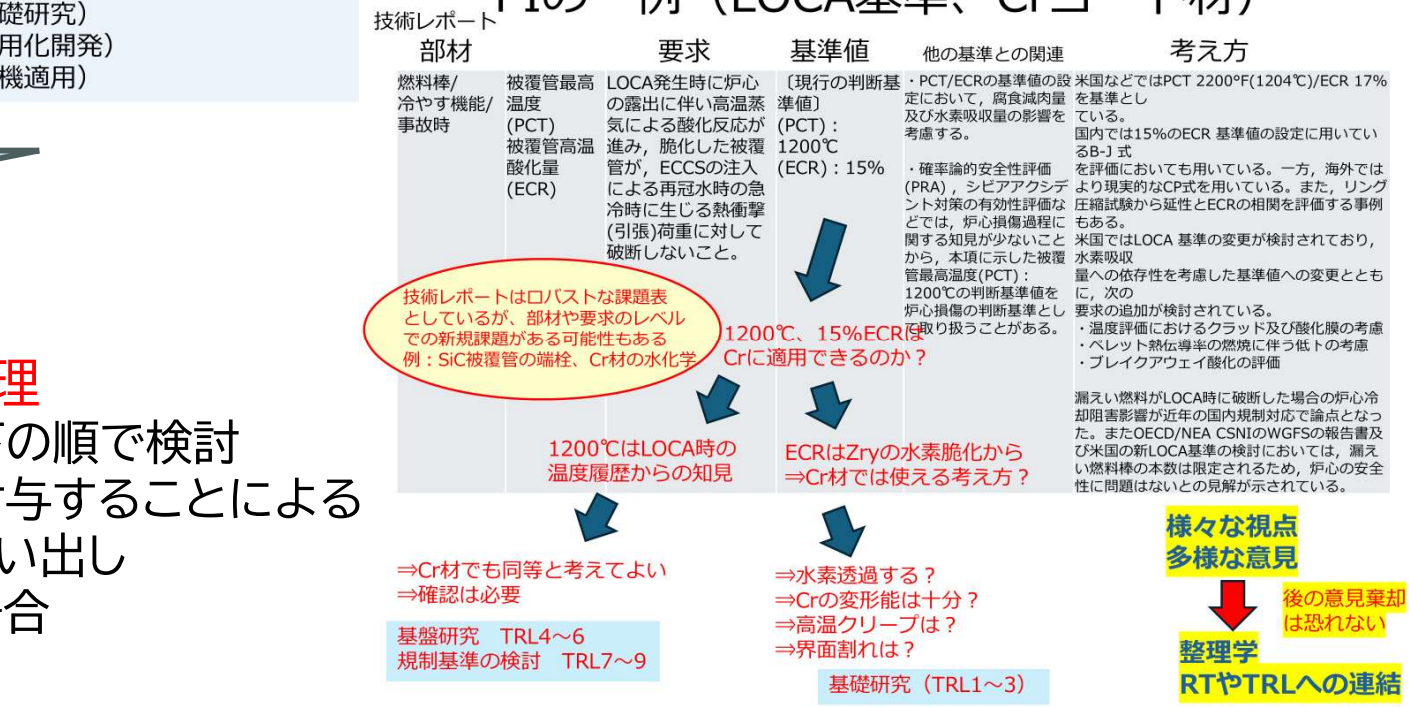
開発の流れとATF-PFの位置



PFの所掌範囲の多軸性

- 燃料棒、燃料集合体、といった部材、部品
- 製造、輸送、使用、使用済燃料、再処理、処分といったLife
- 炉内運用、水化学、腐食、他機器への影響、安全
- 製造：工業生産性
- 規制基準、型式認証、民間規格
- 導入インセンティブ

PIの一例（LOCA基準、Crコート材）



① DBAまでのPIの整理
② DBAまでのRTの整理
③ DEC・SAに係るPIの整理

上記それぞれについて、以下の順で検討

- 欠陥のないCr被膜を付与することによる現行燃料との差分の洗い出し
- Cr被膜に欠陥がある場合
- TRLとの紐づけ

第4回Cr-ZrySWG以降の議論の進め方について

①**PIの抜け漏れ確認**：現行PIRT(＝**現行運用範囲(～DBA)**)のPIの抜け漏れが無い状態

- PIコメントについて、現行の運用範囲内か枠外か、どの技術分野へのコメントかを分析（以下のPI整理表参照）
- 現行PIに対するコメント反映を行う

PI再分析のイメージ【PI整理表】（RTも同様に再分析予定）

PIRT分類	コメント	技術分野					
		安全設計・評価 (DBE, DBA)	安全設計・評価 (炉心運用高度化)	DEC, SA	輸送・貯蔵	再処理	製造
PI追加	○○～	○					
	△△～			○			
	□□～				○		
R根拠補足	●●～		○				
	▲▲～	○					
…							

TRLまで分類できれば、先行照射までに対応すべき項目を特定できる

②**RTの分析**：現在得られている知見の整理・分析及び今後取得すべき知見の整理（～DBA）

- 本格的なRTコメント分析は第5回SWG以降※を想定（PIと同様の分析を予定）

③ **TRLとの紐付け：**抜け漏れが無い状態のPI（**～DBA**）に対するTRL評価

- 上記①のPIの抜け漏れ確認完了後、第5回SWG以降を想定

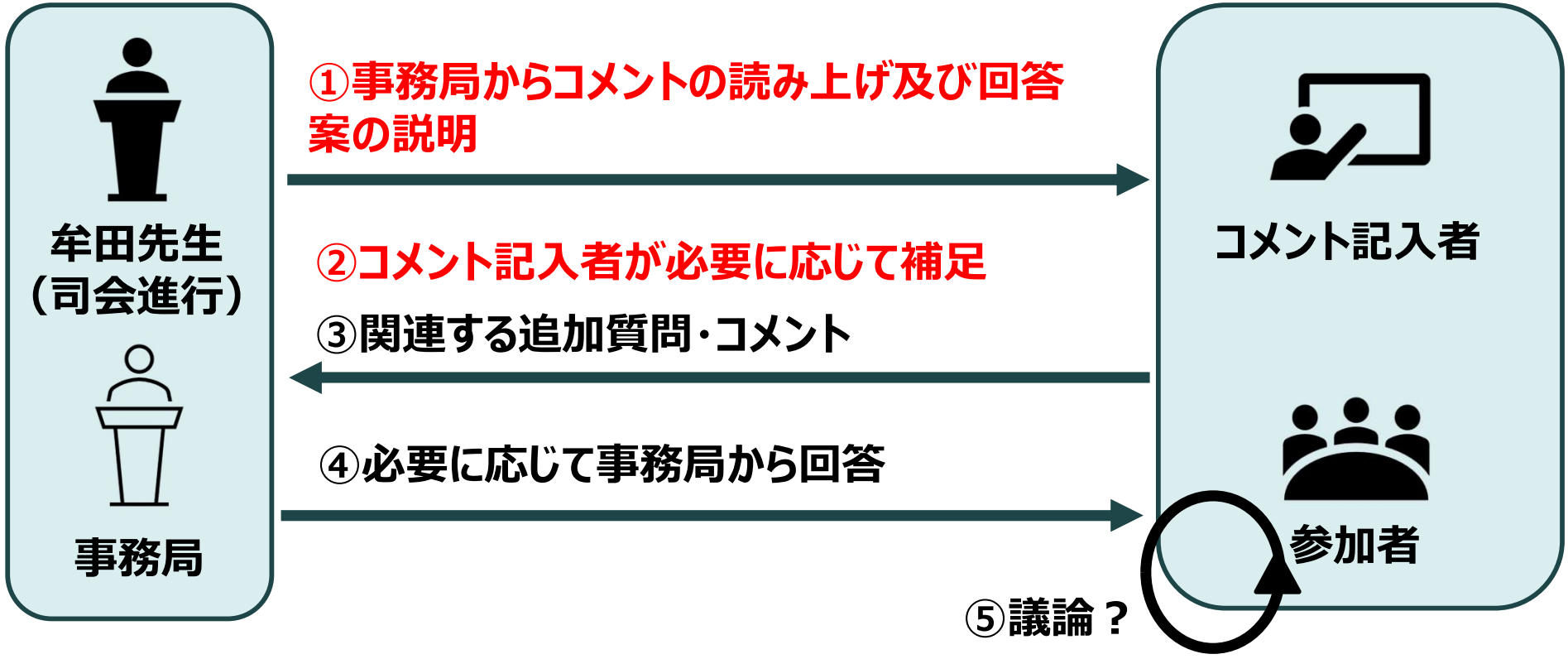
PI抽出：～DBA(DEC/SAについてはDBA範囲特定のためにアンケートのコメントを対象に議論)、
RT分析：～DBA、TRL評価：～DBA

⇨**今年度に一定の成果をとりまとめる観点からDBAを重点化**

第4回Cr-ZrySWGの議論の進め方について①

1. アンケートにより頂いたコメントについて、**議論が終わっていないPIRT PIについて議論する【計16件】。**なお、より多くのコメントを議論するため、以下のとおり議論を進める。

分類1	分類2	ご質問	回答
PIRT PI	PI追加	・【番号2】注釈で記載されているクラッド付着起因のAOAは一つの評価項目に起こし①することが望ましいと思います。	PIRTの項目は炉心燃料の安全設計に関する評価項目であり、燃料の損傷モードに関連①が、AOAは損傷モードではないため、評価項目に起こすではなく、通し番号2の評価において要すればAOAを考慮する、という整理がよいと思います。

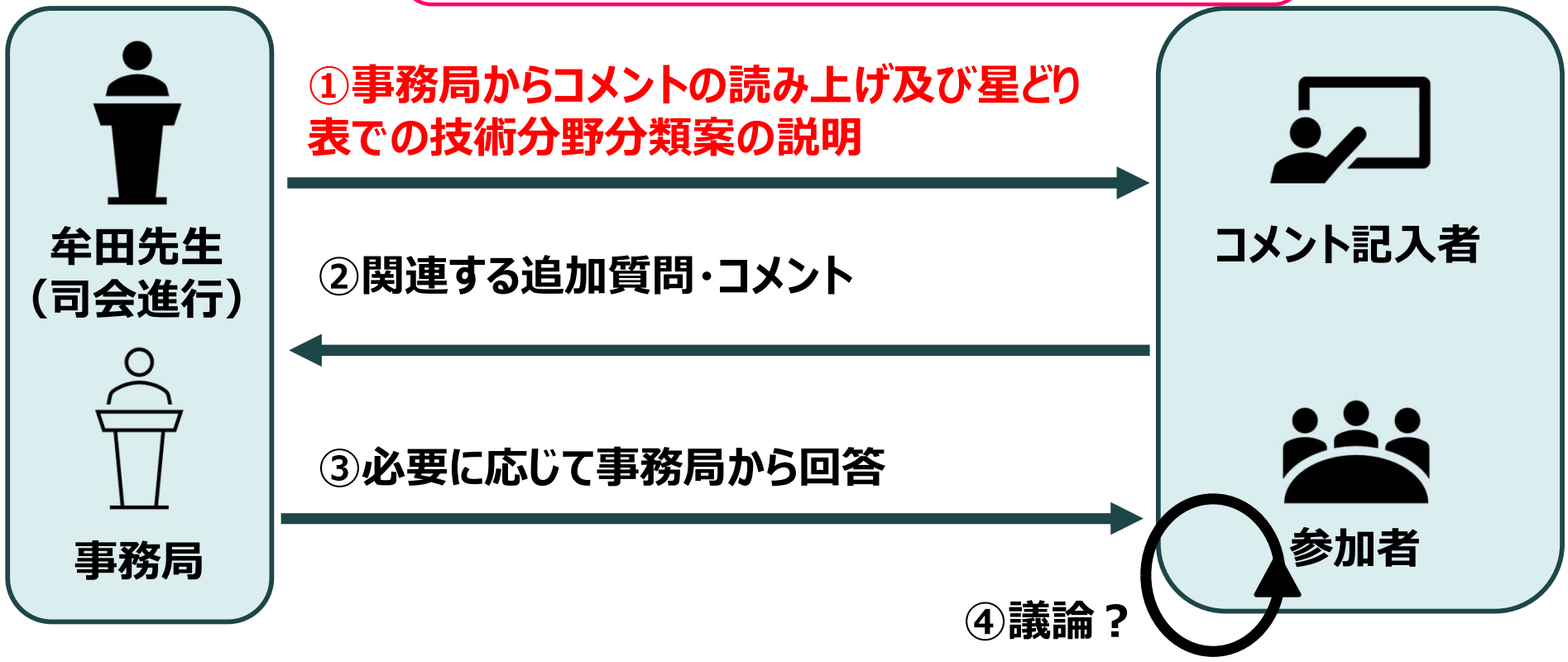


第4回Cr-ZrySWGの議論の進め方について②

2. 第2回/第3回Cr-ZrySWGにて議論したコメントの技術分野分類案（星どり表案）について分類が適当か議論を進める。（第4回分については第5回に持ち越し）

PI再分析のイメージ【PI整理表】

PIRT分類	コメント	技術分野					
		安全設計・評価（DBE, DBA）	安全設計・評価（炉心運用高度化）	DEC, SA	輸送・貯蔵	再処理	製造
PI追加	①	○	①				
				○			
	□□～				○		
R根拠補足	●●～		○				
	▲▲～	○					
…							



第5回SWG以降の議論の進め方について

①PIの抜け漏れ確認：現行PIRT（＝現行運用範囲（~DBA））のPIの抜け漏れが無い状態

- PIコメントについて、現行の運用範囲内か枠外か、どの技術分野へのコメントかを分析（以下のPI整理表参照）
- 現行PIに対するコメント反映を行う

第4回SWGでの議論で終了
ただし、第5回SWGでのRTの議論のフィードバックあり



②RTの分析：現在得られている知見の整理・分析及び今後取得すべき知見の整理（～DBA）

- 本格的なRTコメント分析は第5回SWG以降を想定（PIと同様の分析を予定）

③ TRL（技術分野）との紐付け：抜け漏れが無い状態のPI（~DBA）に対するTRL評価

- 上記①のPIの抜け漏れ確認完了後、第5回SWG以降を想定

PI抽出：～DBA（DEC/SAについてはDBA範囲特定のためにアンケートのコメントを対象に議論）、
RT分析：～DBA、TRL評価：～DBA

⇨ **今年度に一定の成果をとりまとめる観点からDBAを重点化**

第5回SWG以降のRTに係る議論の進め方

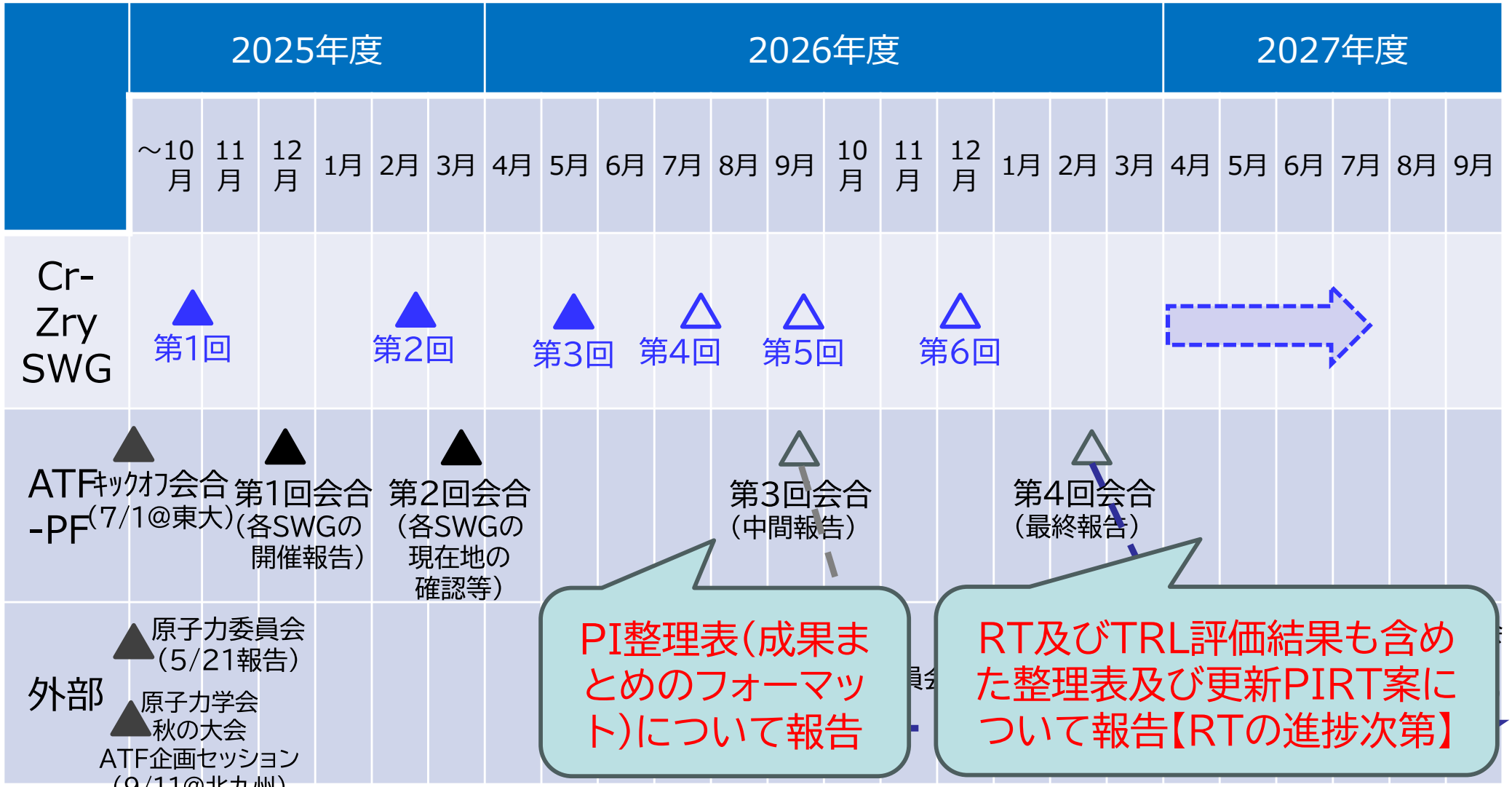
■ 目的
十分な知見があるかどうか、確認・議論を行う

■ 議論の進め方
- MHI殿・JAEA（安全研究C＋軽水炉C）からこれまでのデータや知見の紹介（自社データや関連データ等を含む）
  ⇒ SWG冒頭での勉強会の位置づけで実施
- RTに係るコメント集約
  ⇒ アンケートの実施（MS Formで実施予定）

■ スケジュール
- 第5回SWG（9月予定）・第6回SWG（12月予定）で実施予定

SWGとATFプラットフォームのスケジュール(案)

- 第3回SWG:PIコメント(【計17件】)に関し議論
- 第4回SWG:PI残り【計16件】、PI整理表の確認(～DBA)に関し議論
- 第5回SWG:RTコメントに関し議論及びRTの根拠について共有(勉強会)
- 第6回SWG:RTの確認、TRL評価の確認←第5回SWG後RT/TRL評価案を提示



参考情報

Cr-Zry PIRTのPI洗い出し 議題(第4回SWG議論予定)

議題案[PIRT拡張、PI方針]…アンケート意見集約リストより抽出

ID	分類1	分類2	ご質問	回答
6.01	PIRT PI	PIRT拡張	「燃料集合体/止める機能/通常運転時，運転時の異常な過渡変化時及び事故時」（45行～50行）について専門外（炉物理）からのコメントです。	-
6.02	PIRT PI	PIRT拡張	・Crコーティングにより中性子スペクトルの変化が起きると仮定すると、「ドップラー反応度係数」「ボイド反応度係数」「制御棒価値」あたりの炉物理パラメーターが評価対象になり得るかと愚考します。	(6.03ご参照)
6.03	PIRT PI	PIRT拡張	・一方で、Cr膜の厚さは10μm程度と薄く、Cr内の中性子平均自由行程は（ざっくり計算してみたところ）数cm程度なので、スペクトル変化は実質無視できるとも考えられます。しかし、「全く効かない」ことを定量的に示しておく必要はあるかと考えます。	核設計への影響確認の必要性についてはご指摘のとおりと思います。
6.04	PIRT PI	PIRT拡張	・よって、上記パラメーターを評価対象として追加する場合でも、影響レベルは「L」でよいかと考えます。また、既存の計算ツールで十分確認可能ですので、知識レベルは「H」になるかと考えます。	[RT]Cr膜による炉心の核特性への影響については、ご指摘の通りと考えており、影響レベルは「L」、知識レベルは「H」と考えています。
6.05	PIRT PI	PIRT拡張	・「制御棒価値」については、「燃料集合体/止める機能/通常運転時」（44行目）にも関連すると思われます。	現在のPIRTの評価（PI）対象は燃料ですが、「制御棒価値」の評価対象は炉心です。炉心の評価項目をPIRTに追加することは大がかりになりますので、炉心燃料の安全設計以外のPIについては、別途（例：個票）で整理したいと思います。
6.06	PIRT PI	PIRT拡張	上述の炉物理パラメーターの評価を新たに個票とする場合、 実験：不要 解析：中性子輸送計算 条件：既存の解析にCrコーティングを加えるだけでよい 方針：Crコーティングの有無で「ドップラー反応度係数」「ボイド反応度係数」「制御棒価値」に有意な差が現れないことを確認する といった形になるでしょうか。	ご助言を踏まえ、個票の記載を検討いたします。
7.05	PIRT PI	PIRT拡張	追加の観点としては、加工工程～輸送工程への影響検討に興味がございます。フロントエンドのハンドリングにおいて、Crコーティングの剥離を防止するための手当は、不要でしょうか。他にも、運転中の水質、キャスク保管、再処理への影響検討も必要と思います。	現在のPIRT案は炉心燃料の安全設計に関する評価項目を対象としたものになっていますが、ハンドリング・輸送や貯蔵・再処理などのその他の燃料サイクル過程に関連する評価項目についても特定していきたいと考えています。但し、これらの評価項目を現在のPIRTに追記すると煩雑になるため、炉心燃料の安全設計以外のPIについては、別途（例：個票）で整理したいと思います。
11.01	PIRT PI	PI方針	通し番「2」などの「外面腐食」に係るところで、クラッドなどを起点としたCr系の局部腐食生成物が発生した場合、その水溶性に対しての懸念はないでしょうか。減肉などの原因となりえるかもしれません。	通し番号3の評価項目にて溶出したCrの被ばく影響の観点で記載しています。溶出によるCr被膜の減肉は、Cr被膜を被覆管の強度を担保する部分ではない条件で整理します。
12.02	PIRT PI	PIRT拡張	バックエンドの話となり恐縮ではありますが、再処理への影響や、乾式貯蔵時の長期健全性（Crの剥がれの影響など）も気になっています。おそらく大した影響はないと思いますが。	現在のPIRT案は炉心燃料の安全設計に関する評価項目を対象としたものになっていますが、貯蔵・再処理などのその他の燃料サイクル過程に関連する評価項目についても特定していきたいと考えています。但し、これらの評価項目を現在のPIRTに追記すると煩雑になるため、炉心燃料の安全設計以外のPIについては、別途（例：個票）で整理したいと思います。

Cr-Zry PIRTのPI洗い出し 議題(第4回SWG議論予定)

議題案[PIRT拡張、PI説明みなおし]…アンケート意見集約リストより抽出

ID	分類1	分類2	ご質問	回答
13.07	PIRT PI	PIRT拡張	【通し番号：3】 ★Crの放射化に関する事項であるため「部材、機能要求、条件」は「Cr/安定性/通常運転時」が適切ではないでしょうか？また、評価項目は「溶解度」、「溶出性」等が適切ではないでしょうか？	ご指摘のとおり、Crの放射化は、炉心燃料の安全設計の評価項目を整理しているPIRTの中では整理しにくい項目になっていますので、別途（例：個票）で整理したいと思います。
16.01	PIRT PI	PIRT拡張	通常運転時、過渡、DBAまでであれば、専門外であるが有効と考える。一方で、SA時になるとCr膜以外にCr膜の下のZrとの関係・関連も出てくる可能性もあるのでは？	ご指摘のとおり現在のPIRTはDBAまでの整理であり、DBA範囲外の炉心燃料の安全評価項目については、別途（例：個票）で整理したいと思います。
16.03	PIRT PI	PIRT拡張	WGの場でも少しコメントありましたが、現状、通常運転時、過渡、DBAまでが主体で一部SAも含んでいる状況と推定します。通常運転時からDBAまでで成立しないと実用化できず、SAの議論にならないのは承知ですが、1F事故を踏まえると水素発生タイミングへの影響、水素発生量の抑制等、前向きな項目がもう少し出て来ても良いと考えます。現状27.1に含まれている、でしょうか。有効な試験等も少なく難しいかとは思いますが、SA解析側からの要望となります。 「Cr膜の材料特性・挙動」のカテゴリーだけで閉じない可能性もあります（専門外です）。	現在のPIRTはDBAまでの整理であり、DBA範囲外の炉心燃料の安全評価項目や、それ以外の分野の評価項目については、別途（例：個票）で整理したいと思います。
23.10	PIRT PI	PIRT拡張	"Cr-Zryに関する懸念事項 （３）製造方法及び使用前健全性の確認 ●集合体の輸送。輸送中の機械的振動による被覆材の破損につながらないことの確認が必要。	燃料輸送・取扱の燃料集合体の強度評価については、炉心燃料の安全設計以外のPIとして、別途（例：個票）で整理したいと思います。
23.11	PIRT PI	PIRT拡張	"Cr-Zryに関する懸念事項 （４）使用済み燃料の健全性確認 ●中間貯蔵について。乾式中間貯蔵期間中の温度上昇の影響の確認。CrのDBTTを超える期間は尤度を持たせる方向に働くと期待されるが、脆性温度域においてPCMIが残存すると破損や剥離に至る可能性がある。これが後段のプロセスに影響しないことを規制の観点からも確認する必要がある。	Cr被膜のDBTTに関する知見と中間貯蔵時の温度履歴を踏まえて、中間貯蔵に関する評価項目に対するCr被膜の影響を考慮することは、影響レベルを明確にするために必要と考えられ、知見を拡充したいと思います。 燃料輸送・取扱の燃料集合体の強度評価については、炉心燃料の安全設計以外のPIとして、別途（例：個票）で整理したいと思います。
23.12	PIRT PI	PIRT拡張	"Cr-Zryに関する懸念事項 （４）使用済み燃料の健全性確認 ●再処理について。表層のCrが再処理プロセスに影響しないことの確認が必要。影響ある場合には集合体を解体する前にCrの化学的溶解等の追加処置が必要になる可能性もある。	Cr被膜の化学的溶解性など再処理プロセスに関する知見を踏まえて、再処理関連の評価項目に対するCr被膜の影響を考慮することは、影響レベルを明確にするために必要と考えられ、知見を拡充したいと思います。 再処理関連の評価項目については、炉心燃料の安全設計以外のPIとして、別途（例：個票）で整理したいと思います。
25.02	PIRT PI	PI説明見直し	「Cr被膜に欠陥がある場合」の「被覆管外面のCrコーティングの欠陥（製造時及び使用中の割れ、はがれ）が燃料挙動に影響する可能性」の「Cr被膜が被覆管のクリープを抑制する場合、Cr被膜の欠陥位置でクリープ変形が進む可能性がある。」や「Cr被膜の欠陥位置で耐酸化性能が低下し、局所的に酸化及び脆化が進む可能性がある。」に関してですが、「進む」という記載をより丁寧に記載する方向はいかがでしょうか。異種金属による何かしらの表面への影響が無ければ、Zr基材そのものの性能より低下しないため、「Zr基材と同等の性能まで進む（低下）する可能性がある」の方がより丁寧と思っております。他方、現在断言できるエビデンスが無ければ現行の表現でも良いと考えます。	「～進む可能性がある」の程度については、Zr基材と同程度までなのか、それよりも低下するのか、は重要なポイントと考えています。関連する知見が得られ次第、より丁寧な記載に修正します。なお現状では、基本的にZr基材と同程度までと考えています。

募集意見の集約結果

✓募集した意見を集約した結果、以下のとおり整理

分類1		分類2		第2回SWG済	第3回SWG済	第4回SWG予定
リスト項目	該当数	リスト項目	該当数			
PIRTカテゴリ分け	6	カテゴリ追加	3			
		カテゴリ説明見直し	3			
第2-4回SWGで一通り議論終了 PIRT PI	43	PI方針	7	4	2	1
		PI追加	11		11	
		PIRT拡張	22	6	2	14
		PI説明見直し	2		1	1
		PI削除	1		1	
PIRT RT	31	R方針	5			
		R根拠・補足	10			
		R説明見直し	16			
その他	26	全体方針	9			
		表現、体裁の修正	17			