第２回 Cr-Zry SWG 議事録(案)

日 時：2026 年２月 25 日(水) 13:30～15:30
場 所：AP 新橋４階Ｅ室＋Webex
出席者：(全 46 名、順不同、敬称略)
【参加者（対面参加)】
牟田（大阪大学)、的場（関西電力)、中ノ園、吉武（九州電力)、江口、久保、山内（原子力規制庁)、槙井（神戸製鋼)、島本（四国電力)、河村（電力中央研究所)、阿部（東京大学)、菅原（東京電力ホールディングス)、安元（日本原子力発電)、佐藤、岡田（三菱重工)、福田、宇田川、谷口、山下、加治（日本原子力研究開発機構、事務局)
【参加者（Web 参加)】
松永（GNF-J)、田伏（関西電力)、安武（九州電力)、下山（原燃工)、中森（電力中央研究所)、大野（東北大)、杉野（日本エネルギー経済研究所)、三輪、三島、森田（日本原子力研究開発機構)
【資料配付のみ】
森田（ATENA)、坂本（NFD)、安部田（Westinghouse Japan)、鈴木、茶木（エネルギー総合研究所)、荻田（関西電力)、有馬（九州大学)、小柳（九州電力)、金本、大堀（四国電力)、村上、西村（東京大学)、土屋（東京電力ホールディングス)、佐藤（東京都市大学)、阿部（日本原子力研究開発機構)
配付資料：
資料 2-0：第２回 Cr-Zry SWG 議事次第（案）
資料 2-1：運営要綱及び秘密保持誓約
資料 2-2：第２回 Cr-Zry SWG の進め方（案）について
資料 2-3：Cr-Zry PIRT に関する意見募集コメント整理結果
資料 2-4：コメント反映用展開表 3_PIRT

主要議事：
1. 開会挨拶
　リード役の大阪大学牟田先生より、開会のあいさつをいただいた。

2. 運営関連他
・事務局より、資料 2-1 に基づき、本委員会の運営要項及び秘密保持誓約について説

明し、議事録にオブザーバを含め資料配布先に氏名を記載することをもって守秘義務に署名したものとすることを確認した。
・事務局より、水化学部会の関係者からATF-PF全体会合やCr-Zry サブワーキング含むATF-PFサブワーキングへの参加の同意を得た旨、第1回サブワーキング資料及び議事録はJAEAホームページにて公開済である旨、周知した。

2. 主要議事概要
(1) 第2回Cr-Zry SWG の進め方
・事務局（JAEA、MHI）より資料2-2、資料2-3及び2-4に基づきCr-Zry PIRTに関する募集コメント及びその整理結果、並びにこれらを踏まえたコメントの反映について説明した。第1回SWG後に収集した意見を整理・分類し、追加募集したアンケート結果（投票数）を踏まえて10件程度議論対象及び順序を設定した旨報告した。また、各コメントに対しては一次回答案を提示しており、個々に議論を進めていく方針を示した。
議論の優先度、方法、前提条件について以下のとおり提案し、参加者により承認された。

- 議論の優先度
  ① PIRTのうちPIを優先して抽出・議論（ランキングテーブル（RT）についてはPI抽出・議論が完了したのちに議論する。）
  ② （p10参照）分類1のPIRT_PIのうち、PI方針（現行燃料PIとの比較/差分抽出)、PIRT拡張（製造、輸送・貯蔵、SA事象等)、その他の順に議論
- 議論の方法：以下の順で進める
  ① 意見提出者により趣旨を説明
  ② 事務局からの回答案を提示
  ③ 意見及び回答案について参加者間で議論
- 議論の前提：以下の順で進める
  ① 欠陥のないコーティングを前提とし、現行燃料との比較差分を抽出
  ② 欠陥がある場合の欠陥の影響を抽出
  ③ 運用高度化（高燃焼度等）に関する検討

・Cr-Zry SWGの今後の進め方及び開催回数については、本会の議論を踏まえて検討する旨説明した。

(2) Cr-Zry PIRT に関する議論

・承認された議論の優先度、方法、前提条件に従い、資料 2-2 の内容について PI 方針、PI 拡張の順に順次議論を進めた。論点整理内容は以下のとおり

- （PI 方針 ID23.06）Cr コーティング被覆管に対する現行規制適用性と評価指標の妥当性を、データに基づき体系的に整理・検証する必要がある《一文まとめ》
  - Cr コーティング被覆管について現行基準は基本適用可能と考えられるが、Cr コーティングによる新規特性を踏まえた十分性の検証が必要である。【規制基準の適用性、検証】
  - Cr コーティングによる酸化挙動の変化による現行ジルカロイの ECR 基準（15%）の適用妥当性に課題があり、指標の見直し等が必要である。【評価指標の妥当性】
  - Cr コーティングの変形への追随、Cr の脆性（DBTT300℃付近）に起因するコーティング割れの可能性、昇温時/クエンチ時双方での評価の必要性について検討が必要である。【被覆管機械特性評価】
  - Cr コーティングが損傷しても全体として性能向上していれば許容可能である一方で、その成立条件・限界の明確化が必要である。【性能評価の考え方】
  - 想定される課題は網羅的に抽出・定時すべきであり、個別試験（LOCA 模擬試験等）による実証が必要である。規制適用の妥当性は課題の実証を経た確認が必要である。【想定される課題抽出及び実証】
  - 規制は機能要求ベース（止める・冷やす・閉じ込める）であり、この考え方はそのまま適用できると考えられるが、数値基準（例：1200℃）は材料依存の技術指針であり、新材料ではデータに基づき基準の適用・拡張を判断する必要がある。【規制基準の考え方】

- （PI 方針ＩD7.04）前提・事象を明確化し、学会整理と整合させつつ、データに基づき基準適用を説明する必要がある《一文まとめ》
  - PIRT の前提条件（プラント条件・使用環境（温度、圧力）・想定事象（例 Cr 欠陥を考慮する事象の定義）が不可欠である。現状、PIRT は学会標準レポートの整理に基づくがその前提条件の共有が不十分であり、

前提不明確なままでは議論が発散する懸念がある。**【前提条件の明確化】**

- ✧ 現行ジルカロイ基準の適用の妥当性は、材料挙動に基づく根拠が不十分であり、想定事象ごとのデータに基づく検証が必要である。学会標準レポート側との整理と整合しないと前提の誤り・抜け漏れのリスクとなる。ただし、学会側と ATF-PF 間のワーキングを超えた連携方法は課題として挙げられる。**【規制基準の妥当性、学会整理との連携】**

➢ **（PI 方針ＩD9.17）運用高度化を見据えつつ、段階的にデータを積み上げ、将来領域の課題を個票で整理する《一文まとめ》**

- ✧ ATF は高燃焼度化等とセットで検討すべきであるが、高度化は段階的なアプローチが必要である（既存範囲⇒実験⇒実証（LUA）⇒適用）。試験・データ取得は将来条件も見据えて実施すべきである。**【開発・運用高度化の進め方】**
  材料特性変化に起因する課題の網羅的抽出が必要である。知識不足部分の実験は将来条件での新たな現象（照射クリープなど）も見据えて実施すべきである。将来条件については論点を個票に紐づけて整理するとともに PI（エクセル資料 2-3）で体系的に整理するとよい。**【技術課題の抽出と整理方法】**

➢ **（PI 方針ＩD13.13）議論は材料挙動単位に絞り、Cr コーティングの影響に焦点を当てつつ、進め方は柔軟に調整する《一文まとめ》**

- ✧ PIRT 全体を一括で議論すると発散の懸念があるため、Cr コーティングの材料特性（Cr コーティングのクリープ等）ごとに絞った議論が現実的である。**【議論の進め方】**
- ✧ 本質は「Cr コーティングが既存被覆管挙動に与える影響の有無」であり、PI を優先して議論する方針は妥当である。**【議論の焦点】**
- ✧ 限られた回数で全論点を扱えるか不透明であり、進め方・議論範囲は柔軟に見直しが必要である。**【スケジュール・実行性】**

➢ **（PI 方針ＩD17.01）意見者不在のため後日議論することとした。**

➢ （PI 拡張ＩD10.02）Cr コーティング特有の現象（共晶反応等）リスクを把握

し、国内外データを踏まえつつも（実機導入見込みの）国内条件で検証する必要がある《一文まとめ》

- ✧ Cr コーティングにより新たな現象（共晶反応等）が発生する。特に局所的な劣化（局所酸化・コーティング消失等）の可能性が論点となる。「Cr コーティングにより悪影響がないか」を重点的に確認が必要である。また、Cr コーティングによる母材への影響評価は未確定部分があり継続的なデータ取得が必要である。**【新規現象リスクの把握】**
- ✧ データ取得に当たっては、従来材との比較試験（高温・LOCA 条件等）が重要であり、インテグラル試験等評価手法の違いも考慮が必要である。また、試験条件に応じた挙動の差異についても評価が必要である。**【データ取得及び評価方法】**
- ✧ 成膜条件・製法差により特性が変化するため、製法等が異なる海外試験データは参考になるが、国内製品の知見としてそのまま適用することは難しい。国内製品ベースでの実証が必要である。**【海外知見の位置づけ】**

➢ （PI 拡張ＩD9.02）PIRT 未整理の設計要求・前提条件は個票で整理し、必要に応じて PIRT へ反映する《一文まとめ》

- ✧ 現行 PIRT は「炉心内燃料の安全設計」に限定されており、事故時被ばく、Cr コーティング被覆管自体の耐熱性、輸送時の振動による疲労・集合体落下による燃料破損数・機械的影響、核特性、流動・圧損影響など燃料の設計要求上重要なものもあり、PIRT に未記載のものでも設計上考慮が必要なものがあるためどこかで整理が必要である。また、グリッド拘束・集合体挙動などは燃料の設計の前提として重要であり、「設計上の前提条件」の位置づけについて整理が必要である。**【PIRT の不足項目、燃料設計の前提条件・設計要求との関係】**
- ✧ これらは PIRT に組み込むと整理困難であり、まずは個票で影響・意見・評価の考え方を整理し、その後議論を通じて必要に応じ PIRT への反映・PIRT の関連項目への紐づけを実施する。核特性などは別途追加検討対象とする。**【整理方法（PIRT 及び個票）、今後の PIRT 等への反映方針】**

➢ （PI 拡張ＩD15.09）高温・設計外領域の不確実性を可視化し、データに基づく評価と整理構造の見直しが必要である。《一文まとめ》

- ✧ 共晶反応が、LOCA 時の燃料棒の健全性（自立性・破断限界等）へ影響する可能性があるが、PIRT 拡張領域はデータが不足しており、仮説ベースの議論と実証データのギャップが存在しうる。不確実性を前提とした議論の進め方が課題である。**【高温条件下での Cr コーティング被覆管の新規挙動の不確実性】**
- ✧ BDBA 領域は PIRT 対象外だが安全評価及び審査の議論の中で挙動を把握すべき領域であり重要である。将来の安全評価・審査に資する形での整理が必要である。**【BDBA の位置づけ】**
- ✧ PIRT に関して「評価項目」と「事象」の関係が不明瞭であり、事象ベースの整理との対応付けが必要である。また学会標準レポートとの整合を踏まえた見直しが必要である。**【PIRT 構造・表現の課題】**

➢ （PI 拡張ＩD15.13）**共晶後の材料特性が事故後健全性に与える影響を、データで検証する必要がある。《一文まとめ》**

- ✧ 共晶反応層自体の耐食性、機械的特性（脆性等）が新たな評価対象となる。特に共晶層の特性が長期冷却性（LOCA 後の耐震性等）に影響する可能性があり重要な論点である。
- ✧ 共晶後条件のデータは不足しており、実験・データ取得による確認が必要である。

➢ （PI 拡張ＩD24.01）**クロムコーティングが FP 挙動・ソースタームに与える影響を把握し、必要に応じて評価へ反映する必要がある。《一文まとめ》**

- ✧ PIRT 拡張に関して、燃料単体だけでなく、周辺影響（特に事故時）も考慮が必要である。Cr コーティングが FP（Cs 等）挙動に影響する可能性があり、ソースターム評価への影響の有無が論点となる。ソースタームは不確実性が大きい領域だが、影響の有無を技術的に把握・知見築盛する必要がある。

➢ （PI 拡張ＩD15）**クロムコーティングが FP 挙動・ソースタームに与える影響を把握し、必要に応じて評価へ反映する必要がある。《一文まとめ》**

- ✧ Cr の放射化（Cr-51）及び酸化膜剥離による放出可能性がある。特に高温・酸素ポテンシャル上昇時に六価クロムが生成し溶出する可能性があ

る。また蒸発・気相移行（クロミアの揮発）も考慮が必要となる。さらにCrがCsやI等の核分裂生成物と反応しうる。これらのソースターム評価への影響の有無が検討対象となる。**【Cr起因の新たなソースターム評価】**

- ✧ 現行PIRTはDBA範囲に限定されるが、SA領域は個票（個別事象）で知見・課題を整理し、将来のPIRT化の検討につなげる方針である。海外ではソースターム等を軸に整理事例がある。**【シビアアクシデント事象の扱い、今後の整理方針】**

- ➢ （その他）
  - ✧ 原子炉起動停止時の還元雰囲気崩壊により酸化環境へ変化する。Cr溶出や腐食挙動への影響は未整理であり、運用変動を含めた評価が必要である。Cr酸化物表面へのクラッド付着挙動の変化、クロミア蓄積・粒径変化による放射化・フィルタリング・線量への影響の可能性があり、新たな腐食・損傷メカニズムの懸念がある。大量のCr導入により従来にない挙動が派生する可能性があり、既存知見だけでは不十分である。課題抽出及び検証が必要である。**【水化学・運用条件変化の影響、クラッド・表面現象の新規課題】**
  - ✧ 学会標準レポート（止める、冷やす、閉じ込める）ではカバーしきれない領域である燃料ライフサイクル全体（製造～輸送～運用～保管）での影響評価が必要である。**【燃料ライフサイクル全体の影響評価】**
  - ✧ 個票・PIRTの整理に加え、別軸（破損モード・運用段階）での整理が有効であり、コメント収集方法及び整理軸の検討が必要である。**【論点整理・議論の方法】**

(3) 今後の進め方

・事務局より本日の議論を踏まえた今後の進め方・整理方法については、事務局内で再度検討の上、改めて提案する旨説明した。今後も参加者からの意見収集（MS Form・メール等）を継続するとともに、議論を活性化する工夫（発言機会の確保等）を実施する方針が示された。

・抽出された課題は多数に及び、未議論項目も多いため、 複数回に分けて議論を継続することとし、次回以降も内容を整理・修正しながら進めることとした。

・次回以降は間隔を空けず集中的に実施する方針とし、**第3回は来年度（4月以降）に開催予定**とされた。 詳細な日程・内容については、準備が整い次第案内することとした。

以上