

令和 8 年度安全研究に係る中間評価結果

令和 8 年 6 月 1 7 日
原子力規制委員会

1. 評価の対象

原子力規制庁長官官房技術基盤グループで実施している安全研究プロジェクトのうち、中間評価の対象となるプロジェクトは次に示す 3 件である。

中間評価対象プロジェクト		
No.	プロジェクト名	実施期間（年度）
1	地震動評価手法の信頼性向上に関する研究	R6 - R10 (2024 - 2028)
2	断層の活動性評価手法に関する研究	R6 - R10 (2024 - 2028)
3	事故耐性燃料等の事故時挙動研究	R6 - R10 (2024 - 2028)

2. 中間評価結果

上記 3 件の安全研究プロジェクトについて原子力規制庁が実施した中間評価（別添）は妥当である。

安全研究に係る中間評価結果

令和 8 年 6 月 1 7 日
原 子 力 規 制 庁1. 評価対象プロジェクト

今回の中間評価の対象は、令和 6 年度に開始し令和 10 年度に終了する以下の 3 件の安全研究プロジェクトである。

- 1 地震動評価手法の信頼性向上に関する研究（以下「地震動 PJ」という。）
- 2 断層の活動性評価手法に関する研究（以下「断層 PJ」という。）
- 3 事故耐性燃料等の事故時挙動研究（以下「事故耐性燃料 PJ」という。）

2. 評価の方法

中間評価は、評価時における技術動向、規制動向等の情勢の変化及び先行安全研究プロジェクトの事後評価からの改善状況を踏まえ、当初計画の見直し等の要否を評価した（以下「当初計画の適切性に関する評価」という）。次に、上記の評価において継続することとされた安全研究プロジェクトを対象に、「①研究の進め方に関する技術的適切性」及び「②研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性」を評価し、その結果を基に総合評価を付した（以下「研究の実施状況の評価」という）。

なお、「①研究の進め方に関する技術的適切性」の評価においては、評価に客観性を加味する観点から、技術評価検討会を開催し、外部専門家の評価意見及び産業界等の専門的な技術的知見を有する者（専門技術者）の意見を聴取し参考とした。

3. 評価結果

評価結果の全体概要を別表に示す。各評価項目についての評価は以下のとおりである。

(1) 「当初計画の適切性に関する評価」について

地震動 PJ 及び事故耐性燃料 PJ については、当初計画の変更が必要となるような技術動向、規制動向等の情勢の変化はない。

一方、断層 PJ については、当初計画の研究テーマの目的及び実施内容を変更する必要はないものの、「断層破碎物質の物質科学（地球化学）的指標等を用いた断層活動性評価に関する研究」について断層露頭の確保に遅れが生じた点、新規の研究テーマ「宇宙線生成核種、ルミネッセンス等を用いた断層活動性評価手法に関する研究」及び「地殻内地震に伴う隆起・沈降及び断層の連動性に関する研究」について、既存の研究テーマと知見を相互に活用できるため、本プロジェクト内で進めることとした

点から、当初計画の一部を変更し終了時期を 1 年延長した上で継続する必要があることが分かった。

以上より、断層 PJ については研究計画の一部を見直した上で、3 件の安全研究プロジェクトを継続することが適切であると判断した。

(2) 「研究の実施状況の評価」について

項目別評価

・ 「①研究の進め方に関する技術的適切性」について

3 件の安全研究プロジェクトはいずれも、研究の実施にあたっては、国内外の先行研究及び最新知見を反映しつつ進めており、技術評価検討会における外部専門家の評価意見及び専門技術者の意見を踏まえ、技術的に適切であると判断し、「A」評価とした。

なお、事故耐性燃料 PJ については、時間の制約のため技術評価検討会の説明資料では、外部専門家及び専門技術者より十分に説明しきれていないとの指摘があり、質疑応答による説明に加え、後日書面による補足説明を要した。これを受けて今後は説明時間や説明資料構成の面を改善することとした。

・ 「②研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性」について

3 件の安全研究プロジェクトはいずれも、委託先を含めた適切な研究体制を構築する等により、研究マネジメント及び予算・契約管理が適切に行われていると判断し、「A」評価とした。

総合評価

3 件の安全研究プロジェクトはいずれも、技術的適切性並びに研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性をもって研究が行われていると判断し、研究の実施状況の総合評価は、上記項目別評価結果の平均から得られた評語のとおり「A」評価とした。

4. 評価結果の今後の活用

断層 PJ については、断層露頭の確保の遅れ及び新規の研究テーマを実施することから、研究計画の一部見直しを行う。

別表 安全研究に係る中間評価結果の全体概要

評価項目		地震動 PJ	断層 PJ	事故耐性燃料 PJ
当初計画の適切性に関する評価※1				
研究の 実施状況 の評価	項目別評価 ※2	①研究の進め方に関する技術的適切性	計画を見直しは 継続する	計画の見直しは 不要
		②研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性	A(3)	A(3)
	総合評価 ※3	項目別評価結果の総合点	A(3)	A(3)
		項目別評価結果の平均点及び基礎評語	6.0	6.0
		評価結果(全体評語)	3.0(A)	3.0(A)
			A	A

※1 「計画の見直しは不要」、「計画を見直した上で継続する」、「研究を中断する」、「研究を中止する」等を判断する。

※2 項目別評価に示す括弧内の数字は、SABC による項目別評価結果を数字に換算（S を 4 点、A を 3 点、B を 2 点、C を 1 点）したものを示す。

※3 総合評価の評価結果は、項目別評価結果の平均点が 3.3 点以上を S、3.0 点以上～3.3 点未満を A、2.0 点以上～3.0 点未満を B、2.0 点未満を C とする。

技術評価検討会 名簿

(五十音順)

1. 第 7 回燃料技術評価検討会（令和 8 年 4 月 8 日開催）

外部専門家

有馬 立身 九州大学大学院 工学研究院 エネルギー量子工学部門 助教
 黒崎 健 京都大学 複合原子力科学研究所 所長・教授

専門技術者

大塚 康介 東京電力ホールディングス株式会社
 経営企画ユニット企画室 兼 原子力・立地本部 部長
 坂本 寛 日本核燃料開発株式会社 研究部 主幹研究員
 高畠 勇人 関西電力株式会社 執行役常務／原子力事業本部長代理
 （原子力安全・技術、原子力発電、原子燃料）／原子燃料
 サイクル室担当（原燃契約）

2. 第 19 回地震・津波技術評価検討会（令和 8 年 4 月 24 日開催）

外部専門家

鎌滝 孝信 岡山理科大学 理学部 基礎理学科 教授
 馬場 俊孝 徳島大学 大学院社会産業理工学研究部 教授
 森川 信之 国立研究開発法人防災科学技術研究所
 巨大地変災害研究領域地震津波複合災害研究部門 上席研究員

専門技術者

土志田 潔 一般財団法人 電力中央研究所 原子力リスク研究センター
 自然外部事象研究チーム 研究推進マネジャー
 松山 昌史 一般財団法人 電力中央研究所 原子力リスク研究センター
 自然外部事象研究チーム シニアアドバイザー

 核燃料サイクル工学研究所 TRP 廃止措置技術開発部
 技術主席 兼 分析課 課長

安全研究のプロジェクトごとの中間評価結果

令和 8 年 6 月 1 7 日

原 子 力 規 制 庁

地震動評価手法の信頼性向上に関する研究（R6 年度～R10 年度）

1. プロジェクトの目的

規制基準では、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」をそれぞれ評価し、基準地震動を策定するとともに、策定した基準地震動の超過確率を参照することを求めている。本研究プロジェクトでは、これらの地震動の評価手法の調査を行い、技術的知見を蓄積するとともに、確率論的地震ハザード評価手法を改善し、地震動評価手法の信頼性を向上させることを目的とする。

2. 研究概要

「震源を特定せず策定する地震動評価手法の信頼性向上」については、全国共通に考慮すべき地震動（Mw6.5 程度未満）の標準応答スペクトルに関する新たな観測記録の追加収集・解析、最新知見を反映した手法の調査・適用解析等を行うとともに、地域性を考慮する地震動（Mw6.5 程度以上）の評価手法を調査・整備する。

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動評価手法の信頼性向上」については、確率論的手法を用いた断層モデル法を調査し、震源パラメータの設定における不確かさの取扱いに係る知見を蓄積するとともに、地表に地震断層が現れた内陸地殻内地震の地震動検証解析等を実施する。

「確率論的地震ハザード評価手法の信頼性向上」については、活断層で発生する地震及び領域震源とした地震の規模・発生頻度等のモデルの設定手法、及び地震動におけるサイト特性等の不確かさの適切な評価方法について、調査・分析して改善を図る。

3. 現状の研究成果

「震源を特定せず策定する地震動評価手法の信頼性向上」については、全国共通に考慮すべき地震動について、新たに起きた 8 地震の観測記録を追加収集して解析等を行い、これまでに蓄積した標準応答スペクトルに係る記録と比較して特徴を確認した。さらに、最新知見を考慮した複数のはざとり解析手法の適用を試み、標準応答スペクトルの基となった統計処理結果への影

響、課題等を把握した。また、地域性を考慮する地震動について、地盤非線形性の影響を考慮した複数の手法による解析を実施し、評価手法の改良を試みた（応用地質株式会社への委託研究の成果）。

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動評価手法の信頼性向上」については、動力学的シミュレーションによる震源断層モデルから、パラメータの不確かさ分布及びパラメータ同士の相関性を調査した。また、令和6年能登半島地震を含めて、浅部断層破壊を伴う国内外の内陸地殻内地震を対象に、強震動再現解析を行った結果、従来の強震動生成モデルに加え、浅部断層の破壊をモデル化することにより、地殻変動観測データの再現性向上を確認した（一般財団法人 GRI 財団及び株式会社大崎総合研究所への委託研究の成果）。

「確率論的地震ハザード評価手法の信頼性向上」については、地震発生モデルについて、活断層における複数セグメントの連動による大地震から固有規模より一回り小さい地震を対象に、国外文献の調査を実施し、評価事例を整理した。さらに、既往の距離減衰式を特定の単一地点に適合させる評価について、文献調査及び試解析を実施し、解析条件が評価結果に与え得る影響、解析手法に係る課題等を整理した。

4. 中間評価結果

（1）当初計画の適切性に関する評価

① 実施方針との整合性の観点からの評価：見直し否

- 実施方針に従い手法の調査を行っていることから、当初計画どおり継続的に研究を行うことが適切である。

② 技術動向の観点からの評価：見直し否

- 国内外の最新知見を踏まえ手法の調査を行っていることから、当初計画どおり継続的に研究を行うことが適切である。

③ 規制動向の観点からの評価：見直し否

- 実施項目のうち(2)敷地ごとに震源を特定して策定する地震動評価手法の信頼性向上の実施計画の一つである断層極近傍の地震動評価に関する研究については、令和10年度に成果が取りまとめられる予定となっているが、志賀原子力発電所の地震動評価に関する審査の状況を踏まえ、前倒しして成果が得られるようこれまでに得られた知見を取りまとめ、現時点での成果が示されることを期待する。（地震・津波審査部門）

④ 先行プロジェクトの事後評価からの改善状況の観点からの評価：見直し否

- 先行安全研究プロジェクトの事後評価における断層極近傍の地震動評価の知見が審査で用いられる状況に至っていないという指摘を踏まえ、本安全研究プロジェクトでは、解析事例を継続的に蓄積するとともに、国内外動向の調査や先行研究のレビューを含めてモデル構築手法の標準化の調査に取り組んでいる。

⑤ ①～④を踏まえた当初計画の見直し等の要否に係る評価
評価結果：計画の見直しは不要

- 本研究プロジェクトは、国内外研究動向を適切に踏まえたものであり、おおむね当初の計画どおりに研究を行うことが適切である。ただし、規制動向を踏まえると、本研究プロジェクトの一部のテーマである、断層極近傍の地震動評価に関する研究については前倒しで成果をまとめるように努める。

(2) 研究の実施状況の評価

項目別評価① 研究の進め方に関する技術的適切性：A

- 国内外の先行研究や最新の知見を適切に反映して研究を実施しており、技術評価検討会の外部専門家の意見も踏まえ、技術的適切性を有していると判断した。

(技術評価検討会における主な意見及びその対応)

- 国内外の最新知見を踏まえて研究が進められているとの評価を受けた。引き続き、最新知見を踏まえて研究を行っていく。
- 震源を特定せず策定する地震において、複数のはぎとり解析手法を用いて多角的な検証が行われており、適切である。
- 速度・状態摩擦依存則に基づいた断層の動力学的パラメータの特性抽出は、将来的な発展性を有するテーマであり、今後も継続して取り組むことが望まれる。
- 確率論的な地震ハザード評価における複数の地震活動モデルを認識論的不確定性として扱うことは評価結果の信頼性、説明性を高める点で適切と言える。
- 詳細は別表1参照。

項目別評価② 研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性：A

- 委託先も含め適切な実施体制を構築して研究を進めており、最終年度である令和 10 年度に所期の成果を得ることが見込まれることから、研究マネジメントは適切であると評価した。
予算管理、進捗管理及び検収を含めた契約業務を、法令等を遵守して実施しており、適切に業務管理が行われている。

総合評価：A（総合点：3.0）

- 担当安全技術管理官等による評価コメント
計画どおりの成果が得られていると評価できる。また、研究マネジメント及び業務管理も適切に行われており、今後も計画どおりに進めることが適切である。なお、規制動向を踏まえ、断層極近傍の地震動評価に関する研究については、前倒しで成果をまとめるように努める。

別表1

地震動評価手法の信頼性向上に関する研究 の評価意見及び専門技術者の御意見並びに回答

(外部専門家からいただいた評価意見及び回答)

鎌滝 孝信 氏

No.	評価項目	評価意見	回答
1	①国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているか。	検討会での説明および文献リストによって国内外の過去の研究および最新の知見を踏まえていると考えられる。	拝承いたします。
2	②解析実施手法、実験方法が適切か。	適切と考えられる。 2023 年トルコ地震や 2024 年能登半島地震など最近の地震動記録の解析をおこなっている。さらなるデータの積み上げを期待したい。	拝承いたします。 引き続き、解析事例の蓄積を図ります。
3	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	適切と考えられる。 それぞれの項目について解析および知見の積み上げ、蓄積を進めていただけることを期待したい。	拝承いたします。
4	④重大な見落とし(観点の欠落)がないか。	重大な見落としはないと考えられる。	—
5	その他	研究計画全体は概ね計画に沿った進捗と判断できる。 今後の研究の進捗をみながら他のプロジェクトとの連携も期待したい。	拝承いたします。 今後、他プロジェクトとの連携を図ります。

馬場 俊孝 氏

No.	評価項目	評価意見	回答
1	①国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているか。	2024 年能登半島地震や 2016 年熊本地震など、近年の重要な地震イベントを積極的に分析対象に含めている点は評価できる。PSHA においては、海外の事例についても網羅的な検討がなされている。文献調査についても、必要な情報を漏れなく収集・整理しており、適切に実施されていると判断される。	拝承いたします。
2	②解析実施手法、実験方法が適切か。	地震動評価に必要な事項が網羅的に取り扱われており、研究の進捗も概ね計画どおりである。前プロジェクトから継続して実施されてきた調査内容も含まれているため、過去事例との比較が容易である点も利点である。地震動評価において確率論的手法は不可欠であり、サンプル数の蓄積を重視した本研究の姿勢は妥当である。 速度・状態摩擦依存則に基づくマルチサイクルシミュレーションを通じて、断層の動力学的パラメータの特性抽出を試みている点は興味深い。期待される成果が得られるかは現時点では不明であるものの、将来的な発展性を有するテーマであり、今後も継続して取り組むことが望まれる。	拝承いたします。 速度・状態摩擦依存則に基づくマルチサイクルシミュレーションを含めて、引き続き、断層破壊に関わる動力学的知見を活用していきます。
3	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	解析結果は定量的に比較されており、不確実性についても適切に評価されている。地震動評価への応用を念頭に置いた研究として、妥当であると判断される。	拝承いたします。
4	④重大な見落とし（観点の欠落）がないか。	特にないと思われる。	—
5	その他	特になし。	—

No.	評価項目	評価意見	回答
1	①国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているか。	本研究に関連する既往研究・調査等の文献やデータについて、連動性評価におけるカリフォルニアの事例など海外も含めて網羅的に収集されている。また、はぎとり解析における複雑な地震波減衰構造を考慮したスペクトルインバージョン解析の適用や連動性評価における 2023 年トルコ・シリア地震、2024 年能登半島地震に関する震源過程の分析など、最新の知見・データにも配慮されている。	拝承いたします。
2	②解析実施手法、実験方法が適切か。	はぎとり解析において経験的に求める手法も含めた複数の手法が適用されているが、いずれも地盤の非線形応答に関する評価が別途必要であると認識したうえで進められている分には妥当である。複数の手法を適用することや確率論的な地震ハザード評価における複数の地震活動モデルを認識論的不確定性として扱うことは評価結果の信頼性、説明性を高める点で適切と言える。また、LMGA を含む震源モデルに関する検討において、2024 年能登半島地震だけでなく、2023 年トルコ・シリア地震を対象とすることは、海外の地震ではあるものの断層ごく近傍の観測記録が多く得られていることを踏まえれば妥当である。	拝承いたします。 はぎとり解析における非線形応答の評価について、重複反射理論に基づく手法 1・手法 2 では、表層地盤の非線形化の影響があると判断した記録に対しては、記録ごとに非線形効果を含む最適化地盤モデルを求めて、はぎとり解析を実施することにより、非線形応答を考慮しています。 また、経験的サイト増幅率に基づく手法 3 については、地中地震計位置(硬質地盤)では表層地盤の非線形性の影響は小さいと仮定して、線形での平均的なサイト増幅率を逆算に用いており、前プロジェクト「震源近傍の地震ハザード評価手法の高度化に関する研究」の試解析(田島・他, 2025)において、手法 1 の結果と比較して影響が小さいことを確認しています。
3	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	震源断層ごく近傍の地震動特性のように観測データが極めて少なく検証が困難な事象に対して 1 つのモデル・手法の高度化を進めるだけでなく、複数のモデル・手法を適用されており、今後予定されているそれぞれの手法間での結果の比較により各手法の特長を把握することで短期的には大きな不確実さが残るかもしれない一方で、現時点における不確かさの定量化と将来的な不確実さの低減につながる事が期待される。	拝承いたします。 実施計画では、浅部断層破壊のモデル化に関し、地震調査研究推進本部を含めて国内外の研究動向を踏まえつつ、地表に地震断層が現れた内陸地殻内地震の地震動検証解析等を計画しています。認識論的不確かさの低減として、手法同士の比較が重要であると考えています。
4	④重大な見落とし(観点の欠落)がないか。	震源パラメータとそのばらつきの相関に関するモデル化が現在のデータ・知見では不十分なことも考えられるため、偶然的なばらつきではなく認識論的不確定性として扱うことも検討の余地がある。	拝承いたします。 実施計画では、「認識論的不確かさの取り扱いを含めて震源パラメータの確率分布モデルを検証」することを計画しています。
5	その他	技術的観点からの意見で挙げられている、	拝承いたします。

		動的震源モデルの解析で得られる破壊伝播速度やピークすべり速度に関する知見の津波の評価への適用、連動性評価に関する知見の「断層の活動性評価手法に関する研究」への適用も見据えて検討を進めることに留意されるとよい。	今後、「断層の活動性評価手法に関する研究」プロジェクトへの適用も視野に入れて、検討を進めたいと考えています。
--	--	---	---

(専門技術者からいただいた評価意見及び回答)

土志田 潔 氏

No.	評価項目	評価意見	回答
1	①国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているか。	全般: 確率論的地震ハザード評価(PSHA)、能登半島地震等に関し、最近の動向を踏まえて実施されている。	拝承いたします。
2	②解析実施手法、実験方法が適切か。	4.3.1: 調査地域(カリフォルニア等)では、地震発生頻度が高い断層を対象に分類が行われていると思われる。地震発生頻度が小さい国内の内陸活断層の分類に適用するためには、適用可能な条件を検討する必要がある。	拝承いたします。 カリフォルニアの活断層を対象としたモデル化手法について、国内の活断層の情報量を踏まえて、適用条件を検討していきたいと考えています。
3	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	4.2.1: 動的震源モデルの解析で得られる破壊伝播速度やピークすべり速度の知見を、津波の評価に適用する事が考えられる。 4.3.1: 調査で得られた連動性評価の知見を「断層の活動性評価手法に関する研究」に適用すると良い。	拝承いたします。 今後、「断層の活動性評価手法に関する研究」プロジェクトとの連携を図ります。
4	④重大な見落とし(観点の欠落)がないか。	特になし。	—
5	その他	特になし。	—

松山 昌史 氏

No.	評価項目	評価意見	回答
1	①国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているか。	最新の地震工学知見が反映されている。特に、確率論的地震ハザード評価(PSHA)における世界的な潮流である「非エルゴード的(Non-ergodic)地震動予測モデル」の導入は、技術的な先進性が認められる。また、令和6年能登半島地震等の観測データに基づき、複数セグメントの連動やMw6.5未満の地震動評価に関する検討を迅速に計画に追加した点は、規制に資する研究として評価できる。	拝承いたします。
2	②解析実施手法、実験方法が適切か。	はぎとり解析」の高度化において1次元鉛直入射仮定のみならず、3次元斜め入射を考慮した手法など、多角的な検証が行われており、手法は適切である。断層モデル法を用い、震源極近傍での波形再現性を試みている点は、物理的メカニズムに基づく評価手法として妥当である。地震動予測のばらつきの低減が確率論的地震動ハザード曲線(PSHA)に与える感度を分析する手法は、より現実的なPSHAへのアプローチとして合理的である。	拝承いたします。
3	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	最新の地震観測記録を用いたはぎとり解析による応答スペクトル、はぎとり解析の改良手法の適用のその効果が確認されており、結果の評価手法は妥当である。近年の4つの地震を対象に強震動解析を行い、地震動観測結果に加えて地殻変動との整合性を確認されている等、評価手法は妥当である。PSHAにおける評価事例の文献調査などを通じて、PSHAの改善に関する知見が得られ、さらに距離減衰式の予備検討により、手法の違いが示されており評価手法は妥当である。	拝承いたします。
4	④重大な見落とし(観点の欠落)がないか。	特になし。	—
5	その他	特になし。	—

断層の活動性評価手法に関する研究（R6 年度～R10 年度）

1. プロジェクトの目的

断層の活動性評価に関する知見は、地震動及び津波の評価の最も基礎となる情報であり、適切な評価手法及び評価事例を整理しておくことが極めて重要である。そこで本プロジェクトでは、鉱物脈及び断層破碎物質の化学組成を利用した断層活動性評価手法、断層活動時期を示す地形・地層に対する火山灰を利用した年代評価手法を実際のフィールドに適用し、断層の活動性評価及び活動年代評価を行う過程で得られた具体的な留意点及び知見を蓄積することを目的とする。

2. 研究概要

「鉱物脈法等を用いた断層活動性評価に関する研究」については、地質環境の異なる複数の断層を対象としてトレンチ調査、露頭調査等を行い、鉱物脈法、年代評価手法及び断層活動時の古応力復元手法を適用し、断層活動性評価手法を体系的に整備する。

「断層破碎物質の物質科学（地球化学）的指標等を用いた断層活動性評価に関する研究」については、断層の活動性評価に有用と考えられる断層破碎物質の化学組成を分析し、活動性の指標としての妥当性を評価するため、既往研究との比較が可能な地域において地質調査を行い、断層破碎物質等の化学組成のデータを蓄積し、解析手法等の違いによる評価結果への影響を明らかにする。

「中期更新世以降の火山灰年代評価手法に関する研究」については、断層によって変位・変形した地形面及び地層の形成年代を推定するため、深海底コアが帯同する酸素同位体層序及び微化石層序を用いて、最近 40 万年間に対応した火山灰層序を明らかにし、コア中の火山灰の深度と年代の関係を表す年代モデルの信頼性を向上させる。

3. 現状の研究成果

「鉱物脈法等を用いた断層活動性評価に関する研究」については、南阿波断層、糸魚川-静岡構造線、宮室断層を対象とする物理探査（電気探査等）及びボーリング掘削を実施し、現時点の調査で推定できる範囲内で各断層付近の地質構造を把握した。その上で断層試料を採取し、破碎部及び鉱物脈の性状を確認した。

「断層破碎物質の物質科学（地球化学）的指標等を用いた断層活動性評価に関する研究」については、江若岩体全体の活断層トレース付近の地質調査

を実施し、活断層露頭 11 箇所及び非活断層露頭 7 箇所について地質記載を行い、このうち 4 箇所の断層付近においてボーリング調査を実施した。これら調査を通じて試料を採取し、約 90 試料の化学組成分析を実施した。

「中期更新世以降の火山灰年代評価手法に関する研究」については、高知沖及び伊豆沖深海底コア中に介在する火山灰の層序（新旧関係）を明らかにするとともに、給源火山を特定した。また、コアが帯同する酸素同位体層序及び微化石層序を用いて、火山灰の深度を年代に変換することにより、最近 40 万年間に対応した火山灰の年代データを蓄積した。

4. 中間評価結果

(1) 当初計画の適切性に関する評価

① 実施方針との整合性の観点からの評価：見直し要

- 実施方針に従い調査を行っていることから、既存の研究テーマの目的及び実施内容に変更の必要はない。ただし、「断層破碎物質の物質科学（地球化学）的指標等を用いた断層活動性評価に関する研究」について断層露頭の確保に遅れが生じたことから実施期間の延長が必要である。また、新規の研究テーマ「宇宙線生成核種、ルミネッセンス等を用いた断層活動性評価手法に関する研究」及び「地殻内地震に伴う隆起・沈降及び断層の連動性に関する研究」については、本プロジェクトの目的と合致していること、既存の研究テーマと知見を相互に活用できることから、本プロジェクト内で進めることが合理的である。以上より、当初計画の一部を変更した上で、継続的に研究を行うことが適切である。

② 技術動向の観点からの評価：見直し否

- 国内外の最新知見を踏まえた地質調査及び必要な化学分析を行っていることから、継続的に研究を行うことが適切である。

③ 規制動向の観点からの評価：見直し否

- 本研究の実施項目については、令和 10 年度以降に成果が取りまとめられる予定となっているが、新規制基準への適合性審査に係る断層の活動性評価においては、これまでの審査の実績を踏まえ、評価の方向性が整理されつつある状況を考慮すると、早急に当該研究成果が体系的にまとめて示されることを期待する。（地震・津波審査部門）

④ 先行プロジェクトの事後評価からの改善状況の観点からの評価：見直し要

- 先行安全研究プロジェクト「断層の活動性評価に関する研究」の事後評価において示された、化学組成を利用した断層の活動性評価の有効性確認の重要性、令和6年能登半島地震に代表される過去の地震に関する知見を考慮した工学的な観点も踏まえた研究への期待を踏まえ、本安全研究プロジェクトでは、当初計画の研究テーマだけでなく、新規の研究テーマの追加を提案し、新たな規制・技術課題に対しても積極的に取り込む姿勢が認められる。

⑤ ①～④を踏まえた当初計画の見直し等の要否に係る評価
評価結果：計画を見直した上で継続する

- 上記①及び④を踏まえ、研究の目的及び実施内容に変更の必要はないものの、当初計画に新規の研究テーマを追加し、本プロジェクトの終了時期を1年延長する計画に見直した上で継続することが適切である。ただし、規制動向を踏まえ、研究で収集した知見については最終年度まで待つことなく、段階的に審査部門に共有しつつ、早期の研究成果の公表に努める。

(2) 研究の実施状況の評価

項目別評価① 研究の進め方に関する技術的適切性：A

- 国内外の先行研究や最新の知見を適切に反映して研究を実施していること、調査初期段階におけるデータ不足等については、地質調査を主体とする研究の特性上やむを得ない事情であり、対応策が示されていることから、技術評価検討会の外部専門家の意見を総合的に踏まえ、技術的適切性を有していると判断した。

(技術評価検討会における主な意見及びその対応)

- 各テーマについて最新知見の取り込みも含め、研究手法の妥当性がおおむね認められた。
- 断層破碎物質の物質科学（地球化学）的指標に関する研究については、断層露頭の確保の遅れが指摘された。断層トレース以外も含めた地質調査により断層露頭を探索し、その遅れを取り戻すことに努める。
- 火山灰年代評価手法に関する研究については、新規の火山灰の抽出及び年代データの拡充が高く評価され、分析上の留意点及び更

なるデータ蓄積への期待が示された。引き続き年代データを蓄積し、テフラ対比及び年代評価における適切な分析・解釈を進める。

- 新規テーマ「宇宙線生成核種、ルミネッセンス等を用いた断層活動性評価手法に関する研究」及び「地殻変動及び断層の連動性評価手法に関する研究」については、新手法を積極的に取り入れつつ、過去に発生した地震に関する知見の蓄積が期待できる。特に後者については、他の研究プロジェクトとの連携及び関連知見の活用が重要であるとの意見があった。新規テーマの追加の意義が認められたことから他の研究プロジェクトとの連携をより一層強め、関連知見の収集を行う。
- 詳細は別表2参照。

項目別評価② 研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性：A

- 地質調査を主体とする研究の特性上やむを得ない事情により一部の研究テーマに遅れが生じているものの、すでに対応策が示されていること、また適切な実施体制を構築して研究を進めており、最終年度までに成果を得ることが見込まれることから、研究マネジメントは適切であると評価した。予算管理、進捗管理及び検収を含めた契約業務を、法令等を遵守して実施しており、適切に業務管理が行われている。

総合評価：A（総合点：3.0）

- 一部の研究テーマに遅れがあるものの対応策が示されており、その他の研究テーマは順調に進捗していることから、おおむね計画どおりに進められていると評価できる。また、研究マネジメント及び業務管理も適切に行われている。新規の研究テーマについては、本プロジェクトの目的と合致していること、既存の研究テーマと知見を相互に活用できることから、本プロジェクト内で進めることが合理的である。よって、本研究プロジェクトの終了時期を1年延長し、R11年度として進めることが適切である。

別表2

断層の活動性評価手法に関する研究 の評価意見及び専門技術者の御意見並びに回答

(外部専門家からいただいた評価意見及び回答)

鎌滝 孝信 氏

No.	評価項目	評価意見	回答
1	①国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているか。	検討会での説明および文献リストによって国内外の過去の研究および最新の知見を踏まえていると考えられる。	拝承いたします。
2	②解析実施手法、実験方法が適切か。	適切と考えられる。	—
3	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	適切と考えられる。 「断層破碎物質等を用いた断層活動性評価」について、他の地質についても適用できるかを検討することも必要と考えられる。 「断層活動時期を示す地形・地層の年代評価」について、火山灰データを大きく拡充していることは評価できる。今後もさらなるデータの蓄積を期待したい。	既存研究テーマ「断層破碎物質等を用いた断層活動性評価」につきまして、第19回地震・津波技術評価検討会の場でも説明したように、事業者側の先行研究では当初、多様な地質を対象として開始し、そこから花崗岩のみ、江若花崗岩のみというように対象を絞っています。この理由としては、例えば、断層の活動性評価の判別に寄与する元素濃度の違いが、断層の活動時期によるものか又は原岩の化学的多様性に起因したものかの判断が困難な点が挙げられます。そのため、本研究では、まずは先行研究と類似した原岩である江若花崗岩(江若岩体)を対象として、判別手法に対する妥当性の検証を行うことが重要であり、他の地質への適用性については判別手法としての妥当性が確認できた後、次期プロジェクト以降で検討させていただきたいと考えています。 既存研究テーマ「断層活動時期を示す地形・地層の年代評価」につきまして、コメントを拝承し、引き続きデータを蓄積していきます。
4	④重大な見落とし(観点の	重大な見落としはないと考えられる。	—

	欠落)がないか。		
5	その他	「宇宙線生成核種、ルミネッセンス等を用いた断層活動性評価手法に関する研究」および「地殻変動及び断層の連動性評価手法に関する研究」を新たに追加することについては大きく評価できる。一方で進捗に後れのある分野もあることに不安もあるが、各研究テーマを着実に進め他プロジェクトとの連携につなげていくことを期待したい。	コメントありがとうございます。 進捗に遅れのある「断層破碎物質の物質科学(地球化学)的指標等を用いた断層活動性評価に関する研究」のテーマにおいては、これまでに既報の断層トレース上で断層露頭を探索しておりました。今後、断層トレース以外で地質調査を実施することで断層露頭を多く抽出し、この遅れを取り戻す予定です。

馬場 俊孝 氏

No.	評価項目	評価意見	回答
1	①国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているか。	国内外の研究動向を踏まえた適切な実施内容となっていると評価できる。例えば、海底コア中の堆積物からイベント履歴の解明を試みる取り組みは、陸上における津波堆積物調査と同様に、2011 年東北地方太平洋沖地震以降に注目されてきた手法である。一方で、海底という調査アクセスの困難さから研究の進展は必ずしも十分とは言えず、本分野のさらなる発展が求められている。本研究は、まさにこの課題に正面から取り組むものであり、高く評価できる。また、宇宙線生成核種やルミネッセンスなどの新しい分析手法を積極的に導入している点も意義深い。断層の連動性評価は引き続き重要な研究課題であり、今後も精力的な研究の継続を期待したい。	コメントありがとうございます。 また、断層の連動性評価についての今後の取り組みに関するご意見についても、拝承いたします。
2	②解析実施手法、実験方法が適切か。	限られた時間および資料に基づくため、解析および実験手法の詳細についての妥当性を評価することは難しいが、説明があった範囲においては、採用されている手法はいずれも手順を含めて概ね妥当であり、適切に実施されているものと判断される。	コメントありがとうございます。
3	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	断層破碎物質を対象とした鉱物脈法および物質科学的手法による解析結果や、深海底コアの層序に関する整理は、いずれも適切かつ分かりやすくまとめられている。今後予定されている論文化については、確実に遂行されることを強く期待する。可能であれば国際誌への投稿が望ましく、また、国内外を問わず学会発表を積極的に行うことで、当該研究分野における規制庁のプレゼンス向上につながることを期待したい。	コメントありがとうございます。 また、論文化に当たっては、いただいたコメントを拝承し、対応していきたいと思います。
4	④重大な見落とし（観点の欠落）がないか。	特に指摘すべき点は見当たらない。	—
5	その他	特になし。	—

No.	評価項目	評価意見	回答
1	①国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているか。	最新の知見・手法の適用に関する研究ということもあり、既往研究については過去から最新のものまで収集されている。国内に比べて海外の文献・事例が少ない印象もあるものの、物質的な特性等についてはテクトニクス環境等による地域性が強く現れると考えられ、仕方ない部分もある。新規テーマに関しては 2024 年能登半島地震などの最新の知見が収集されている。ただし、地殻変動及び断層の連動性評価に関する研究について、「地震動評価手法の信頼性向上に関する研究」で収集されている文献等についても確認が必要である。	コメントありがとうございます。 新規の研究テーマ「地殻変動及び断層の連動性評価手法に関する研究」では、コメントを拝承し、「地震動評価手法の信頼性向上に関する研究」プロジェクトで収集されている文献等についても確認していきます。
2	②解析実施手法、実験方法が適切か。	断層活動性や断層活動時期を評価する最新の手法について、その適用性や特徴を把握する観点から本研究で用いる手法は適切であると言える。断層露頭の探索に遅れていることを除けば、分析に必要な試料やデータの採取、蓄積は着実に進められている。 新規テーマについて、新手法による事例、知見のさらなる蓄積が期待できるという観点から妥当であると言える。	コメントありがとうございます。 なお、進捗に遅れのある「断層破碎物質の物質科学(地球化学)的指標等を用いた断層活動性評価に関する研究」のテーマにおいては、これまでに既報の断層トレース上で断層露頭を探索しておりました。今後、断層トレース以外で地質調査を実施することで断層露頭を多く抽出し、この遅れを取り戻す予定です。
3	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	断層破碎物質等を用いた断層活動性に関する研究では、断層露頭の探索に遅れが出ているとのこともあってか現時点においてデータそのものもほとんど示されておらず、解析結果、実験結果の評価手法が適切であるか否かの評価は困難である。 断層活動時期を示す地層・地形の年代評価に関する課題については、既往手法で得られていない年代データが得られており、今後の結果の評価が期待できる。	本プロジェクトは地質調査を主体とする研究であることから、全工程の前半部分において、断層探索の調査に重点が置かれます。よって、同検討会では限られた調査結果のご報告となってしまいました。 一方、断層活動時期を示す地層・地形の年代評価に関する課題については、コメントありがとうございます。
4	④重大な見落とし(観点の欠落)がないか。	地殻変動及び断層の連動性評価に関する研究については、「地震動評価手法の信頼性向上に関する研究」で実施されている検討との役割分担を明確にしたうえで連携して実施するとともに、津波評価だけでなく地震動評価への適用も見据えた成果の創出も期待する。	既存研究テーマ「地殻変動及び断層の連動性評価手法に関する研究」で期待される成果のうち地殻変動の知見については、現時点で直接的に貢献できる津波に係る研究テーマとして「地殻内地震による津波の特性化波源断層モデル設定方法の整備」が挙げられます。ただし、資料 p23 でも示したとおり、特に連動性に関する知見は確率論的地震ハザード評価の判断根拠にもなり得ることから、「地震動評価手法の信頼性向上に関する研究」プロジェクトとの将来的な連携も視野に入れたいと思います。

5	その他	新規テーマに関しては、その実施が当初計画の達成に確実に影響しないのであれば妥当である。	研究テーマは人員と紐付けられ、新規テーマの拡充と既存テーマの遅延はそれぞれ別の人員が担当し、独立していることから、両者が影響することはない状況です。また、進捗に遅れのある「断層破碎物質の物質科学(地球化学)的指標等を用いた断層活動性評価に関する研究」のテーマにおいては、これまでに既報の断層トレース上で断層露頭を探索しておりました。今後、断層トレース以外で地質調査を実施することで断層露頭を多く抽出し、この遅れを取り戻す予定です。
---	-----	---	---

(専門技術者からいただいた評価意見及び回答)

土志田 潔 氏

No.	評価項目	評価意見	回答
1	①国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているか。	5.(1)年代測定手法、3.(1)b. 断層破碎物質の地球化学的指標について、最近の研究動向を踏まえて計画されている。 5.(2) 断層近傍の地殻変動や、屈曲部の隆起、沈降については、国内外の活断層に関する既往の知見があると考えられる。「地震動評価手法の信頼性向上に関する研究」で調査されている米国等の事例や、模型実験による知見も調査されると良い。	拝承いたします。 また、ご指摘のとおり、5(2)の新規研究テーマ「地殻変動及び断層の連動性評価手法に関する研究」で取り扱う様々な地殻変動の現象には、国内外に多くの知見があります。今後、これらの既往の知見に加え、「地震動評価手法の信頼性向上に関する研究」プロジェクトで調査されている米国等の事例、模型実験による知見等も含め、幅広く調査していきます。
2	②解析実施手法、実験方法が適切か。	3.(2) 一部の降下火山灰層は幅広い化学組成を有し、火山灰粒子の化学分析で組成範囲の一部しか捉えられていない場合には、対比を誤る可能性がある指摘されている(McLean et al., 2026, Quaternary Science Reviews, 377)。火山灰粒子の化学組成分析に際しては留意いただくと良い。	貴重なコメントをいただき、ありがとうございます。大規模火山噴出物は複雑な堆積ユニットから構成され、その構成粒子の化学特性が多様であることがあり得ます。これを十分把握した上で、給源火山近傍と遠方及びそれらの中間地のテフラを対比することが必要と考えています。
3	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	結果に関する情報が少ないため、意見を控えます。	—
4	④重大な見落とし(観点の欠落)がないか。	年代測定が可能な降下火山灰層を増やす観点で、アパタイト鉱物のウラン-トリウム(U-Th)年代測定に取り組まれる事が一案である。これにより、ジルコン鉱物を含まず従来は年代を測定できなかった火山灰層のうち、アパタイトを含むものについて、年代を測定し、層序対比に資することが期待される。	年代手法をご提案いただき、ありがとうございます。既存研究テーマ「中期更新世以降の火山灰年代評価手法に関する研究」では深海底コアを用いた火山灰層序学的年代の推定に注力していますが、他の年代測定手法による結果とのクロスチェックも重要視しています。今後、ご提案いただいた年代測定について、年代精度や誤差評価をしていくとともに、本研究で独自に測定するかどうかを検討していきたいと考えています。
5	その他	特になし。	—

松山 昌史 氏

No.	評価項目	評価意見	回答
1	①国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているか。	本研究は、鉱物脈法や地球化学的指標といった国内の既往研究をベースにしつつ、Matsu'ura et al. (2023) 等の最新の海陸対比手法を導入しており、基礎情報の網羅性は高い。令和6年能登半島地震(2024年)に伴う地殻変動や断層運動に関する最新知見を迅速に研究計画へ取り込んでいる点は評価できる。	拝承いたします。
2	②解析実施手法、実験方法が適切か。	海域コアを用いた火山灰年代評価や地球化学的指標における統計解析など、手法の選定は妥当である。しかし、断層露頭の確保が遅延しており、解析手法を実証するためのデータ不足が懸念される。	既存研究テーマ「断層破碎物質の物質科学(地球化学)的指標等を用いた断層活動性評価に関する研究」においては、これまでに既報の断層トレース上で断層露頭を探索していました。今後、断層トレース以外で地質調査を実施することで断層露頭を多く抽出し、この遅れを取り戻す予定です。
3	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	中間報告資料においては、結果に関する記述が露頭のスケッチ以外にはボーリングのイメージ図のみで、新たな結果がないため、調査結果や解析結果の評価することは難しいので、判断できません。	本プロジェクトは地質調査を主体とする研究であることから、全工程の前半部分において、断層探索の調査に重点が置かれます。よって、同検討会では限られた調査結果のご報告となってしまいました。
4	④重大な見落とし(観点の欠落)がないか。	最新の研究手法や2024年能登半島地震の情報収集に研究範囲を拡充することにより、既テーマの進行が遅れている印象がある。断層露頭の探索が不順調なことも影響しているのでしょうか。断層露頭の見込みが立っていない場合、代替案も検討すべきではないでしょうか。	研究テーマは人員と紐付けられ、新規テーマの拡充と既存テーマの遅延はそれぞれ別の人員が担当し、独立していることから、両者が影響することはない状況です。既存研究テーマ「断層破碎物質の物質科学(地球化学)的指標等を用いた断層活動性評価に関する研究」においては、上記2の方針とすることで、断層露頭の抽出の遅れを取り戻す予定です。
5	その他	中間報告資料において、中間的な結果が確認できない項目が多い点は残念です。最終報告に向けて、必要に応じて研究戦略の確認をお願いします。	本プロジェクトは地質調査を主体とする研究であることから、全工程の前半部分において、断層探索の調査に重点が置かれます。よって、同検討会では限られた調査結果のご報告となってしまいました。特に既存研究テーマ「断層破碎物質の物質科学(地球化学)的指標等を用いた断層活動性評価に関する研究」においては、上記2の方針とすることで、断層露頭の抽出の遅れを取り戻す予定です。

事故耐性燃料等の事故時挙動研究（令和 6 年度-令和 10 年度）

1. プロジェクトの目的

本研究プロジェクトは、今後導入が見込まれる事故耐性燃料（ATF）について、従来燃料と異なる材料・設計が事故時の燃料挙動や破損メカニズムに与える影響を明らかにし、規制基準への適合性判断に必要な技術的知見を取得することを目的とする。あわせて、燃料ペレットの細片化、再配置及び被覆管開口部からの放出（FFRD）等の、原子炉の安全性に影響を及ぼし得るが現行基準では考慮されていない燃料損傷挙動のうち、知見の蓄積が十分でないものについては、引き続き知見を取得し、必要に応じて規制基準等の見直しの検討を行う。

2. 研究概要

本研究では、事業者による早期導入が想定される事故耐性燃料（ATF）である Cr コーティング Zr 合金被覆管燃料を対象として、未照射材を用いた反応度事故（RIA）及び冷却材喪失事故（LOCA）条件の模擬試験を実施し、事故時の燃料挙動及び被覆管の損傷過程を解明する。あわせて、FFRD 発生に及ぼす燃焼度等の影響を評価するため、照射済燃料（MOX 燃料を含む）を用いた LOCA 模擬試験等を実施するとともに、FFRD が炉心冷却性に及ぼす影響を解析するコードの整備を行う。さらに、MOX 燃料からの核分裂生成物（FP）ガス挙動の把握を目的として RIA 模擬試験を実施し、微細組織観察を行う。また、LOCA 後の被覆管機械特性の評価を行うとともに、設計基準事故を超える事象（BDBA）条件での被覆管機械特性を評価するための試験装置の整備を進める。

3. 現状の研究成果

Cr コーティング Zr 合金被覆管については、RIA 及び LOCA 模擬試験を実施した。RIA 模擬試験では Zr-Cr 共晶反応が確認され、Cr コーティング Zr 合金被覆管の高温酸化脆化による破損限界はコーティングのない従来型被覆管と同等であった。LOCA 模擬試験から得られた急冷破断限界についても、現在までに得られた試験結果では Cr コーティングの有無により明確な差異は認められなかった。

FFRD 挙動については、LOCA 模擬試験及び試験後分析により、燃焼度に加え、試料のプレナム体積に依存する可能性が示された。FP ガス放出挙動を調べるための RIA 模擬試験では、MOX 燃料の FP ガス放出は UO_2 燃料に比べて放出速度が大きいことが示された。また、LOCA 高温酸化を経験した被覆管の繰

り返し曲げ試験からは、曲げ強度に関するデータを得ることができた。試験装置の整備については、装置の設計及び一部装置の作製が完了した（以上、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構への委託研究成果）。

その他、MOX 燃料の微細組織の画像解析を実施し、Pu 分布と結晶粒径の関係を整理した（大阪大学との共同研究の成果を含む）。また、LOCA 時に FFRD が生じた場合の炉心冷却性を適切に評価できる解析コードの整備を進めた。

4. 中間評価結果

（１） 当初計画の適切性に関する評価

① 実施方針との整合性の観点からの評価：見直し否

- 「今後推進すべき安全研究の分野及びその実施方針」（令和 7 年 7 月）では、高い優先度を持って重点的に取り組む課題として ATF の安全性に関する研究が挙げられている。さらに、 UO_2 燃料及び MOX 燃料の FFRD について知見を拡充する方針が示されており、本研究は実施方針と整合していると評価できる。

② 技術動向の観点からの評価：見直し否

- 国際共同プロジェクト FIDES においては、実用化に向けて Cr コーティング Zr 合金被覆管の照射挙動が調べられている。また、国際共同プロジェクト SCIP においては、FFRD の研究が進められており、本研究は国内外の技術動向と一致するものと評価できる。さらに、本研究では、一部、国内で照射された燃料を用いる等、その技術的内容は国際共同プロジェクトを補完するものであり、研究計画は適切であると評価できる。

③ 規制動向の観点からの評価：見直し否

- 研究計画に記載されている規制動向に変化はなく、計画どおり研究を行うことが適切である。（実用炉審査部門）
- 研究計画に関し、現時点で特段の意見はないが、高燃焼度燃料については国内外の最新知見にも留意して研究を行うことが適切である。（技術基盤課）

④ 先行プロジェクトの事後評価からの改善状況の観点からの評価：見直し否

- 先行安全研究プロジェクトでは、高燃焼度燃料の事故時挙動について研究を進めたが、事後評価では、同様の研究の ATF への展開を期待す

るとの意見があった。本研究はそれに応えたものであり、研究内容は適切と評価できる。一方、事後評価の技術評価検討会では、研究結果の規制への反映・展開が見えるようにとの意見があり、今回の中間評価でも同様の意見があったことから、今後の説明では、研究内容と規制との関係をわかりやすく説明することに努める。

⑤ ①～④を踏まえた当初計画の見直し等の要否に係る評価

評価結果：計画の見直しは不要

- 本研究は、実施方針や国内外の技術動向とも整合しており、当初計画は現時点においても適切と評価できる。

(2) 研究の実施状況の評価

項目別評価① 研究の進め方に関する技術的適切性：A

- 国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえた上で、適切な手法にて研究を実施しており、また、試験結果等については専門家との議論を通してその妥当性を確認しており、研究の進め方は技術的に適切であると判断する。ただし、技術評価検討会時の説明資料では、時間が限られていることもあり、研究の進め方に関する技術的適切性を十分説明することができず、質疑応答による説明に加え、後日書面による補足説明を要した。そのため、今後は説明時間や説明資料構成の面を改善することとする。

(技術評価検討会における主な意見及びその対応)

- 中間評価においても、過去の研究成果や最新知見との関係を示すべき。国際共同研究との連携状況の明示が必要。
- (規制庁) 中間評価においても、事前評価時に整理した国内外の過去研究および最新知見について、再整理した上で、それらを踏まえた計画であること、また、現在までに得られた結果は何で、現在どの段階まで進捗しているのかを明確に示すこととする。
- 現行の安全基準・判断基準との関係が十分に説明されていない。試験結果が規制判断にどのように影響するかを明確にすべき。
- (規制庁) 現行基準の考え方・評価枠組みを整理した上で、研究成果の位置づけを明確化し、規制判断との関係性を意識した説明へ改善する。
- 進捗報告が中心であり、今後の計画や到達目標が不明確である。研究の到達点、評価基準、進捗状況を体系的に示すべき。

- （規制庁）今後は、年度毎の目標達成状況やその状況にもとづく対応の説明等を意識した説明に努める。
- 詳細は別表3参照。

項目別評価② 研究マネジメント及び予算・契約管理の適切性：A

- 委託先も含め適切な実施体制を構築して研究を進め、計画どおりに研究が進捗していること、また、原子力規制庁及び委託先から計画的に研究成果を公表できていることから、適切なマネジメントのもとに研究が進められたと評価する。予算執行、進捗管理及び検収を含む契約業務についても、法令等を遵守して実施しており、適切に業務管理が行われたと判断する。

総合評価：A（総合点：3.0）

- 適切に研究を進めている。Cr コーティング Zr 合金被覆管を用いた試験からは、技術及び規制の両方の観点で興味深い結果が得られている。当初計画通りに研究を継続して、得られた成果および規制との関係については論文等を通じて公表していくこととする。

別表 3

事故耐性燃料等の事故時挙動研究に対する外部専門家の の評価意見及び専門技術者の御意見並びに回答

(外部専門家からいただいた評価意見及び回答)

有馬 立身 氏

No.	評価項目	評価意見	回答
1	①国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているか。	・ 前回問題なかったのに、今回の中間評価では多少おろそかになったのではないのでしょうか。面倒とは思いますが、毎回ある程度それが分かるようにようにすべきではないのでしょうか。	・ 貴重なご指摘ありがとうございます。 ご指摘のとおり、中間評価においても、事前評価時に整理した国内外の過去研究および最新知見について、簡潔に再整理した上で、それらを踏まえた計画であること、現在までに得られた結果は何で、現在どの段階まで進捗しているのかを明確に示す必要があると認識しています。 また、「最新知見」についても、事前評価から一定の時間が経過していることを踏まえ、新たな知見が得られているか否かも含めて、その時点での状況を明示的に示すことが適切であると考えています。発表時間の制限もありますが、可能な限り、これらを示すようにいたします。
2	②解析実施手法、実験方法が適切か。	・ P 8 において、バーストと破断に至る経過と実験条件が分かりにくいと感じました。例えばスチームは実験開始時から同じ量を流したのかとか、どこかのタイミングで流したのかとか。 ・ P 1 0 において、1 1 0 0 °C もそうだが、7 0 0 °C 急冷開始温度の根拠も不明瞭と思います。 ・ P 1 1 において、「今後、それらの組織の局所的な硬さ等を調べることで・・・」とあるが、具体的にはどうする予定ですか。ナノインデント等を使って試験試料を分析するのか、あるいは析出物を別途合成して硬さを調べるのでしょうか。 ・ P 1 8 - 1 9 において、FFRD 影響評価手法の構築（コード開発）は重	・ ご指摘のとおり、P8 の説明では、バーストおよび破断に至る過程と実験条件、特にスチーム供給条件の説明が十分ではありませんでした。 本実験では、昇温開始と同時に一定量のスチーム供給を開始し、700°C からの急冷直前に停止しています。 ・ LOCA 解析によれば、燃料棒温度は被覆管最高温度に到達した後、再冠水過程における先行冷却等により低下し、最終的には冠水によって急冷されます。また、($\alpha + \beta$) 相温度域（約 810°C ~ 970°C）において徐冷を経た後に急冷された従来型被覆管では、脆化が促進されることも報告されています。700°C まで徐冷した後に急冷する条件を採用した理由は、これらの知見を踏まえ、より脆化が進む厳しい条件として採用しました。一方、1 1 0 0 °C

		要と思います。よりよいものを目指して、進め下さい。	で高温酸化させた理由ですが、Cr コーティング被覆管は、($\alpha + \beta$) 相生成に加えて、Cr 拡散による延性低下が報告されており、そのため、Cr 拡散が生じる温度 (1000℃、1100℃、1200℃、1350℃) でも試験をしております。Cr コーティング被覆管に関する Brachet による先行研究では、急冷開始温度の違い (1200℃、1300℃) によって燃料被覆管の延性が変化することが報告されております。そのため、本研究では先行研究よりも広い急冷開始温度範囲 (1000℃、1100℃、1200℃、1350℃) でデータを取得し、結果を取りまとめる予定です。 ・ 上記に示した急冷温度の影響を把握するため、被覆管断面に対して硬さ試験 (ナノインデンテーションおよびビッカース試験) を実施する予定です。これまでに得られている硬さ測定結果に基づく延性・脆性しきい値を踏まえ、被覆管厚さ方向の硬さ分布と Cr 濃度分布との関係性を評価します。さらに、急冷温度の影響を考慮した延性・脆性モデルの検討を行い、その結果を燃料棒挙動解析コードに反映する予定です。 ・ コメントいただきありがとうございます。 本研究では、実験結果や既往知見を踏まえつつ、FFRD 現象を取り込んだ LOCA 評価手法の整備を進めており、今後も、より実現象に即した評価が可能となるよう、解析モデル及びコード改良を継続して進めてまいります。
3	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	・ P 9において、1250℃以下では Cr の保護効果が示されており、1350℃では示されていないとのことでした。1350℃は Zr-Cr の共晶温度以上であり、Zr の性質がそれ以下の温度 (Cr の性質が強く現れる) に比べて発現しやすいと考えてよいのでしょうか。 ・ P 15-16において、FFRDの発生条件を燃料、被覆管、燃焼度、ガス (プレンラム含む) のパラメータで分かりやすく説明して欲しい。説明が合	・ 被覆管温度が共晶温度を超えると、Cr 層の保護性能が低下または喪失し、ジルカロイ被覆管に近い酸化挙動を示すと考えられます。なお、R8 年度は、Cr コーティング無し試料 (レファレンス材) を用いて 1350℃での試験を実施し、Cr コーティングの影響を調べる予定です。 ・ 本研究では、海外商用炉で照射された燃焼度 73GWd/t の PWR 17x17 UO₂ 燃料 (改良 Zr 合金の M-MDA 被覆管) を用いて、試験番号 MMDA3 及び MMDA4 試験

	ってる合っていないは別にして、整理して示すことが重要と思います。 ・ P 2 0 において、F D G－3 と F D G－2 実験の原子炉出力（スパイクの形状：幅、高さ）に違いがみられる。この違いがその後の結果に影響するのかどうか確認して欲しい。 ・ P 2 2 において、図 2 の E P M A と E B S D の合成画像とスライドの文章に矛盾があります。矛盾がないような資料作成を心がけて下さい。	を実施しました。 MOX 燃料や添加型燃料等の燃料種類による FFRD の違いについては、海外のプロジェクト等で研究中ですが、UO2 燃料であれば、特に、燃料製造会社の違いによる影響は報告されていません。また、被覆管種類依存性についても報告はありません。 FFRD 発生のしきい燃焼度については、先行研究により 55～60 GWd/t と報告されています。 本研究では、燃焼度以外の FFRD 発生条件の支配因子としてプレナム体積に着目しました。プレナム体積の小さい条件（試験番号 MMDA3）においては、細片化は主にペレット外周部の高燃焼度組織に限定されていました。一方、プレナム体積の大きい条件（試験番号 MMDA4）では、ペレット内部においても顕著な細片化が観察されました。さらに、プレナム体積の増加（1 cc から 5 cc）に伴い、破裂温度、膨れ量は同等でしたが、開口部面積は増大する傾向が確認されました。 これらの結果から、プレナム体積の増加により燃料棒内ガスの内部エネルギーが増大し、その一部が開口部の拡大に寄与したと考えられます。破裂時には、開口部の大きさに応じたガスの急激な放出に伴い、ペレットに衝撃的な機械作用が加わり、ペレットの細片化に影響を及ぼしている可能性が示唆されました。FFRD の支配因子としては、燃焼度に加えてプレナム体積も重要な因子であると考えられます。 ・ FGD-3 実験 (MOX) と FGD-2 実験 (UO2) では、供試燃料の fissile 比（燃料全体のウランやプルトニウムの総量に対して、熱中性子によって核分裂を起こしやすい核種（²³⁵U、²³⁹Pu など）が占める割合）が異なるため、FGD-3 (MOX) の方が Fissile 比が高く、NSRR 原子炉出力を調整することで、両者の燃料エンタルピが同程度となるよう条件を設定しました。そのため、FGD-3 と FGD-2 実験の比較検討においては、原子炉出力の高さの違いを考慮する必要はありません。 また、以下の理由により FGD-3 及び FGD-2 実験時の原子炉出力幅は FP ガス
--	---	--

			放出メカニズム及び過渡的な圧力測定上も十分影響が小さいと考えられます。 高燃焼度燃料の FP ガス放出挙動は加熱速度が十分大きい (90℃/s 以上) 場合、燃料内拡散による FP ガスの放出ではなく、燃料自体に亀裂や破砕が生じることによる瞬間的な放出が支配的であると報告されています (Une et al., JNST2006)。これらを踏まえると、NSRR 炉出力に伴う燃料加熱の速度は FGD-3/FGD-2 燃料の両者とも十分大きいため、加熱速度 (NSRR 炉出力時刻歴に同期する燃料エンタルピ時刻歴) による両者の FP ガス放出挙動に対する影響は小さいと考えられます。 実際に、FGD-3 燃料の圧力上昇の時刻歴 (数十 ms 程度での圧力上昇) から FGD-3/FGD-2 の原子炉出力半値幅の差 (5 ms) の影響は十分小さいと考えられます。 ・ ご指摘ありがとうございます。 今後は、図と文章の整合性について、誤解を招かない表現となるよう留意いたします。
4	④重大な見落とし (観点の欠落) がないか。	特になし。	-
5	その他	・ P 2 1 において、MOX 燃料は MIMAS 法でしか製造できないとのことでした。本評価において、この製造法に問題があると判断されたならば、よりよい製造方法の検討をメーカー、研究機関に逆に提案してはどうでしょうか。原子炉の安全性を第一に考えるなら、臨機応変に対応すべきと考えます。そのためにも本研究は重要と思います。	・ MOX 燃料には、代表的な 2 種類の製造法 (SBR 法、MIMAS 法) が知られているものの、工業的規模で MOX 燃料を製造する技術は現在のところ、MIMAS 法しか存在せず、六ヶ所の MOX 燃料製造工場でも MIMAS 法が採用されているため、本プロジェクトでは MIMAS 法により製造された MOX 燃料の照射挙動のデータ取得を進めています。Pu スポットが生成することは、問題ではなく、MIMAS-MOX 燃料の特徴であるので、その特徴を把握して、燃料棒設計されているか確認することが重要と考えます。

No.	評価項目	評価意見	回答
1	①国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているか。	Cr コーティング Zry や FFRD といった最新の動向を追えてはいるが、既往研究の整理やそれらと今回の研究の比較という点で物足りなさを感じる。一例をあげると、p. 21 の MOX ペレットの Pu スポットの話などは過去にたくさん議論されているはずなので、それら既往研究との比較などは必要と思う。	ご指摘ありがとうございます。 本研究では、Cr コーティング Zry や FFRD といった比較的新しい課題に重点を置いて検討を進めてきましたが、その一方で、既往研究との関係や本研究の位置づけが十分に明示されておらず、今後は明示するようにします。 MOX ペレットの微細組織については、過去のハルデン照射や JNES プロジェクト（高燃焼度 MOX 燃料照射試験（平成 19 年～23 年））で観察されておりますが、これらの既往研究では MOX 燃料マトリックスや Pu スポットの分布を観察対象として、化学エッチングにより MOX 燃料の微細組織観察を行っていたため、Pu スポット内部の微細組織については、（特に未照射状態では）エッチングが作用せず、観察できていませんでした。 本研究では既往研究では観察されていなかった Pu スポット内部の微細組織観察に着目し、精密機械研磨のみで EBSD と EPMA を組み合わせた観察法を開発し、Pu スポット内の微細組織を明らかにしました。化学エッチングを行わない事で微細粒の脱離を防ぎ、FP ガスによるポアの発生状況の定量的な評価も期待できます。今後は、既往研究との関係を簡単に示す等、わかりやすい説明に努めます。
2	②解析実施手法、実験方法が適切か。	概ね妥当なように見えるが、以下の二点については追加で説明を求めたい。 p. 10：ダイレクトクエンチと 700℃クエンチの結果の違いを微細組織に求めることは理にかなっているが、局所的な固さを測定する意図をより明確にしてほしい。 p. 17：ペレットの加熱試験の結果が FFRD の現象理解にどのように役立つのか、明確にしてほしい。	・局所的な固さを測定する意図については、急冷温度が微細組織の生成やその機械的性質（ひいては LOCA 時の被覆管破損挙動）に与える影響を把握するため、被覆管断面の被覆管厚さ方向全体に対して硬さ試験（ナノインデンテーションおよびビッカース試験）を実施する予定です。本分野の既往研究では、LOCA 後の被覆管横断面に対して硬さ試験を行い、被覆管厚さ方向の硬さ分布に基づき、延性・脆性を評価して

			います。そのような先行研究を踏まえ、被覆管厚さ方向の硬さ分布を評価するとともに、Cr 濃度分布も測定し、硬さと Cr 濃度の関係も評価します。さらに、急冷温度の影響を考慮した延性・脆性モデルの検討を行い、その結果を燃料棒挙動解析コードに反映する予定です。 ・ペレットの加熱試験と FFRD の現象理解との関係ですが、FFRD は燃料の細片化、再配置、被覆管の膨れ・破裂、破裂開口部からの燃料片放出等の複数の事象を伴う複雑な現象です。LOCA 模擬試験は、一連の事象を全て模擬する統合的な試験ですが、影響因子の多さ故に試験結果の解釈が難しいという短所があります。そこで、個別効果試験として、ペレットのみを対象とした加熱試験を実施することで、ペレット細片化に与える温度、昇温速度の影響を明らかにすることができ、FFRD の発生メカニズムの考察に寄与します。
3	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	p. 22 : 緑のほうがピンクより粒が顕著に大きいように見える（説明では顕著な差はないとのことであったが）。定性的に大きい小さいではなく、きちんと数字で評価して比べる必要がある。	ご指摘のとおり、p. 22 に示した結果については、画像解析を実施して、結晶粒径を測定したものの、資料中の説明では、数値を提示せず、その結果を定性的に説明しました。一方、図は特徴的なものを掲載したため、図の状態と説明内容に齟齬が生じました。今後は、結晶粒径測定結果を示すとともに、誤解が生じないような図を選択・掲載していくようにします。
4	④重大な見落とし（観点の欠落）がないか。	重大な見落としはなさそうである。	-
5	その他	本研究の目的が現行の判断基準の妥当性を見るというのであれば、現行の判断基準がどのようなものなのかを前提としてきちんと説明したうえで、それに対して今回の試験結果がどのような影響を及ぼすかといった点をより詳細に示したほうがよいように感じた。例えば、p. 7 の右の図などはまさにそれを表したものであるため、より詳細で深掘した議論があってもよかったと思う。 委託研究ということなので細かなとこ	ご指摘ありがとうございます。 本研究の目的は、現行の判断基準や評価手法の妥当性を確認することにあります。その前提となる現行判断基準の考え方や評価枠組みの説明が十分ではなかった点は、今後、改善するようにいたします。 特に、p. 7 の右図などは、Cr コーティング被覆管を対象とした試験の意義を示す上で重要な図であり、その意図や読み取り方をより丁寧に説明すべきで

	ろまで完全に把握しないまでも、規制庁として、実験条件の妥当性とか既往研究との比較とか要所要所でおさえるべきところはおさえるべきだとも思う。また、資料の作りこみや当日の説明の仕方のレベルをあげることも試みてほしい。たとえば、図の説明一つとっても、きちんと説明できていない印象をもった（例えば、p.7の図はクロムコート被覆管でこの手の試験をする意図が非常にわかりやすく説明できる良い図なのに、説明が不足しているように感じた。また p.22 の粒径の説明も不十分であったと言わざるを得ない。）	あったと考えています。今後は、現行基準との関係性を明確に示した上で、試験結果が持つ意味や位置付けについて説明を行うよう改善してまいります。 また、規制庁として実験条件の妥当性や既往研究との整合性など、要所については確実に確認・整理するとともに、資料の作り込みや説明の分かりやすさについても、引き続きレベル向上を図っていきたいと考えています。
--	--	--

(専門技術者からいただいた評価意見及び回答)

大塚 康介 氏

No.	評価項目	評価意見	回答
1	①国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているか。	国際プロジェクトと連携しながら本研究は進められていると思いますので、その状況について資料中に明記していただけますようお願いします。	ご指摘ありがとうございます。 本研究は、OECD/NEA の国際共同プロジェクトである SCIP-5、FIDES-II 等の研究動向を踏まえつつ進めているところですが、資料中において、その連携状況や位置づけの説明が十分ではなかったと認識しています。 今後は、国際プロジェクトとの関係性がより明確に分かるよう、資料中に明示的に記載するよう改善してまいります。
2	②解析実施手法、実験方法が適切か。	適切と考えます。	評価ありがとうございます。 引き続き、解析手法および実験方法の妥当性に留意しつつ、必要に応じて専門家のご意見を踏まえながら、解析及び実験を進めてまいります。
3	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	適切と考えますが、データのばらつきの大きさ等のデータの特性に応じて評価することが重要と考えます。	ご指摘ありがとうございます。 今後の結果整理においては、ばらつきや不確かさを踏まえ、データの考察及び評価を進めていきます。
4	④重大な見落とし（観点の欠落）がないか。	特にありませんが、今後も進捗に応じて専門家の確認を受けながら研究を進めていくべきと考えます。	ご確認ありがとうございます。 今後も、研究の進捗に応じて、外部専門家のご意見や助言をいただきながら、評価観点に大きな漏れが生じないよう留意して、研究を進めてまいります。
5	その他	特になし。	-

No.	評価項目	評価意見	回答
1	①国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているか。	検討会において複数の評価者からもご指摘がございましたが、事前評価において説明済みであったとしても簡単な過去の研究および最新知見を記述して、それらを踏まえた計画となっていて、現時点でどこまで進捗していて、今回の中間評価では進捗した部分を説明します、としていただいた方が良いかと思います。事前評価において国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているとの判断に基づき進めているのかと思います。そのため、この設問自身が中間評価には適切ではなく、「計画通り進捗しているか」のような項目とする方が良いかと思います。また、2年前の「最新知見」が中間評価時に果たして「最新知見」なのか？という問題もございます。最新知見についても進捗を簡単に紹介した方が良いかと思います（進捗なしであれば「なし」で良いと思います）。	貴重なご指摘ありがとうございます。ご指摘のとおり、中間評価においても、事前評価時に整理した国内外の過去研究および最新知見について、簡潔に再整理した上で、それらを踏まえた計画であること、現在までに得られた結果は何で、現在どの段階まで進捗しているのかを明確に示す必要があると認識しています。 また、「最新知見」についても、事前評価から一定の時間が経過していることを踏まえ、新たな知見が得られているか否かも含めて、その時点での状況を明示的に示すことが適切であると考えています。
2	②解析実施手法、実験方法が適切か。	適切であると判断いたします。ただし、ご説明の時間が限られているからだとは思いますが、照射済試験片（特に照射済燃料を含む試験片）や照射済試験片を用いた試験におけるご苦労や工夫、課題などが述べられていないのは大変残念に思います。また、外部専門家や他の専門技術者からも指摘がございましたが、特に照射済試験片を用いる場合には、その来歴（例えば照射履歴、切断位置など）も重要であり、一般化できるほどの結果なのか、それとも今回対象としたものだけの結果なのか、など実験や解析担当者としての肌感覚も述べていただければと思います。また、外部専門家や専門技術者が判断する前に、実験や解析担当者が何がどうなったら実験や解析方法が適切であるか、など基準を設けて、自己評価するのが先だと思います。特に、次回ではこのような自己検証を入れていただければわかりやすいかと思います。	ご意見拝承しました。 本研究では、照射試験片を用いた試験の工夫として、例えばFFRD試験では、LOCA模擬試験後の状態を保持するため、燃料棒の取扱いや樹脂埋め込みのタイミングおよび方法について、ホット試験施設の技術者と検討を行ったことなどが挙げられます。 また、照射試験片を用いた試験数は限定的であり、結果の代表性については、ご指摘の通り、照射履歴や試験条件を踏まえた上で、分離効果試験、解析および国際プロジェクトの成果等を総合的に考慮し、機構論的な検討により裏付けていきたいと考えております。今後の自己評価に試験結果の代表性の観点も含めたいと考えます。
3	③解析結果の評価手法、実	②と同様です。②と③はあえて分けなくても良いかもしれません。	②の回答を参照ください。

	験結果の 評価手法 が適切 か。		
4	④重大な 見落とし （観点の 欠落）が ないか。	委員会終盤で規制庁殿側から出た「今後の計画についての懸念は特にないということでしょうか？」との問いかけがあったことが氣になっています。今回の説明では、進捗報告のみに紙面や説明が割かれており、今後の計画については説明がなかったというのが私の認識です。これも②で回答したように、到達点がどこで、現在どこまで進んでいて、目的に到達するためには段階的にどのような基準をクリアしなければならず、現時点で基準がクリアできているのか、また今後の基準をクリアできそうなのか、クリアするためにはどのような計画変更が必要そうなのか、など、PDCA を意識して説明された方がわかりやすいかと思えます。	今回の中間評価では、主にこれまでに実施した実験結果等の報告に重点を置いた説明となっており、計画どおりに進んでいるのか、マイルストーンは達成しているのか等の視点に欠けていました。 今後は、年度毎の目標達成状況やその状況にもとづく対応の説明等、PDCA を意識した説明にも努めてまいります。
5	その他	特になし。	－

No.	評価項目	評価意見	回答
1	①国内外の過去の研究及び最新知見を踏まえているか。	・技術評価検討会当日の質疑応答によって確認できたが、プレゼン資料においては数箇所記載があるように文献引用番号の記載や簡単な注釈など何かしら記載があれば、既存知見等を参照して試験条件の設定や評価を行っているという点がより明確にできるので、今後、配慮が必要。例えば「既存データベースの試験条件（〇〇～〇〇）を参考に〇〇と設定した」程度でも構わない。 ・LOCA 模擬の昇温速度など今後の試験条件の設定においても、Cr コーティング被覆管の特徴を明らかにするという視点も加えて、既存知見や試験条件の参照に留意が必要。（FFRD、LOCA、MOX についての研究についても同様）	・拝承致しました。 ・拝承致しました。
2	②解析実施手法、実験方法が適切か。	・Cr コーティング被覆管の事故条件模擬試験の昇温速度については、被覆管外面の Cr コーティングの事故時の挙動を把握するために、5K/s という遅いケースだけではなく、より速い昇温ケースについてもデータを取得されることが望ましい。	・昇温速度については、より速い昇温ケースの場合、試料が均一に加熱できない等の問題も考えられるため、速い昇温での試験実績等、従来知見を確認しつつ、試験の必要性を検討してまいります。
3	③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	・質疑応答で確認させていただいたとおり、LOCA 後の急冷破断試験において、開口部（極近傍部と括弧書きでも明記された方がより明確に意図が伝わったと思います）の水素濃度が高かった件については、再現性確認等のための追加試験を実施されることは妥当。 ・今後の試験結果の評価にあたっては、Cr コーティング被覆管については Zr 合金被覆管外面が直接、水と接触しておらず酸化膜形成が少ないと想定され、それに伴って母材への水素吸収量も減っていると考えられるので、その点も考慮される必要がある。	・破裂位置における破断限界と水素吸収量との相関を明らかにするため再現性を確認する試験を実施していきたいと考えています。開口部が極近傍部である旨を明記した方が意図が明確になるとのご指摘については拝承し、今後の資料作成に反映してまいります。 ・拝承致しました。今後の評価においては、水素吸収挙動の違いも考慮したいと思います。
4	④重大な見落とし	・「MOX 燃料の事故時挙動の把握」における FP ガスの追加放出量については、	・ご指摘の通り、ベース照射時の FGR は放出可能なガスインベントリ等を規

	（観点の欠落）がないか。	ベース照射時の出力履歴や供試体性状（ペレット粒形含む）のばらつきによっても影響を受けるため、ベース照射時の FGR についてもデータを確認しておく必要がある。 ・得られた挙動が MOX 燃料の Pu スポット特有の事象なのか、UO2 燃料でも同様なのか、という視点でも評価する必要がある。	定する重要な因子と認識しており、非公開情報であるためデータは提示できませんが、確認はできています。今後の評価では、MOX (FGD-3) 及び UO2 (FGD-2) のベース照射時 FGR 挙動も踏まえて、MOX の特有の Pu スポットからの放出寄与等、PIE を通じて確認していきます。 ・拝承致しました。今後 EPMA による元素分析などを通じて Pu スポットからの寄与を確認します。
5	その他	・FFRD におけるプレナム体積と開口部面積との関係についての評価をもう少しわかりやすく記載することや、それが実燃料設計に対して何かしらの要求や改善につながられるものがないか、という視点があるとより良い成果物になると考える。	・貴重なご意見ありがとうございます。FFRD におけるプレナム体積と開口部面積との関係について、今後は、分かり易く記載いたします。結果について、炉心冷却性評価の他、燃料設計側にもフィードバックできるよう、整理するようにします。