

第5回核燃料サイクル技術評価検討会における外部専門家及び専門技術者の評価意見及びその回答

No.	安全研究プロジェクト	外部専門家・専門技術者	評価項目	評価意見	回答
1	加工施設及び再処理施設の内部火災等に関するリスク評価手法に関する研究	榎田 洋一 氏	①国内外の過去の研究、最新知見を踏まえているか	これまでに技術的専門分野で知りえた範囲において、国内外の過去の研究、最新知見を十分に踏まえていると評価します。	本安全研究で得られた成果は、今後の安全研究等において、具体的な規制活動に活用できるようなリスク情報として整理する予定です。GB火災においては、一連の事象進展（熱分解における可燃性ガスの発生を含む。）について、本安全研究の基礎データから得られたモデル及び解析コードを用いたシミュレーションによる事象進展解析の手順を整備し、この手順を踏まえることで、必要なリスク情報
2			②解析実施手法、実験方法が適切か。	これまでに技術的専門分野で知りえた範囲において、解析実施手法と実験方法が適切であると評価します。	
3			③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	基盤研究で得られた基礎データは安全研究企画段階で想定された水準と量を満足し、大変価値が高いと認評価しますが、規制庁が担当すべき規制への応用並びに事業者が利用すべき保安活動への適用性の観点からは、より系統的な整理が行われるべきであり、今後の安全研究活動での更なる評価と利用促進の工夫が必要であると評価します。特に、GB火災における発生ガス種に係る基礎データのモデル・シミュレーション評価における活用や高レベル放射性廃液蒸発乾固事象に係る四酸化	

4			<p>④重大な見落とし（観点の欠落）がないか。</p>	<p>ルテニウムの分解性・安定性の知見の放出量評価における活用について、今後の更なる活用に係る進展が国民の期待する原子力安全向上の観点から期待されます。</p> <p>当該安全研究に係る基礎・基盤データの十分性や貴重性については優れているが、対象プロジェクトは「リスク評価手法」に関するものであるため、現時点での成果として、評価手法の高度化または核燃料サイクル施設への適用に対して、より明確で具体的なアウトプットの姿が明示されるとよりよいものと評価します。</p>	<p>を得ることができるよう検討を進めます。同様に高レベル放射性廃液蒸発乾固事象に係る四酸化ルテニウムの分解性・安定性の知見を、同事象の放出量評価に活用することにより、必要なリスク情報を得ることができるよう検討を進めます。</p> <p>本安全研究で得られた成果は、評価手法の高度化又は核燃料サイクル施設への適用について検討し、今後、論文又は規制庁の NRA 技術報告書等により公表する予定です。</p>
5		村松 健 氏	<p>①国内外の過去の研究、最新知見を踏まえているか</p>	<p>本研究を進めるに当たっては、再処理施設の溶媒火災に関する試験研究、再処理施設の蒸発乾固事象に関する解析及び実験研究等に関する先駆的な試験研究、再処理施設の配管等材料の腐食研究に豊富な実績・経験を有する JAEA 等のスタッフ及び施設を活用していること、グローブボックスを含め原子力施設の火災研究を幅広く行っている仏国 IRSN との密接な協力関係</p>	

6			<p>②解析実施手法、実験方法が適切か。</p>	<p>を構築し、計算コード等を入手して活用していることなど、国内外の過去の研究、最新知見を採り入れる体制を構築している。また、研究成果報告書（案）に示された内容からも、この研究は、国内外の過去の研究及び最新知見を適切に踏まえて計画/実施されたことについて、特に不足と考える事項はない。</p> <p>核燃料施設の火災リスク評価手法整備については、核燃料施設に関する内的事象等のリスク評価手法、軽水炉の火災リスク評価手法等をベースに行っている。GB 火災については、国内の状況を調査の上対象材料を選定するとともに、試験方法等については経験のある手法をベースとして用いている。蒸発乾固試験については、本研究開始前までに行ってきた基礎的試験の経験をベースに、試験方法を構築している。研究成果報告書（案）についても特に不適切と考える事項はない。なお、水素による材料劣化については、学会等で多数の発表を行っており、手法の適切さや結果についてタイムリーに専門家のレビューを受ける努力をしていると評価できる（この点は③への回答でもある。）</p>	
---	--	--	--------------------------	--	--

7

③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。

火災リスク評価手法検討、GB火災試験、蒸発乾固試験、水素による材料劣化試験の各研究のいずれにおいても、原子力規制委員会が事業者による重大事故対策、継続的安全性向上、検査等をレビューする際に参考となる多数の知見が得られており、全体として大きい成果が得られている。その意味で、解析結果、実験結果は全体として適切に評価されているものとする。

ただし、得られた結果を現実の意思決定に参考とする際には、実験条件と現実の条件との相違や現実の条件のばらつき、研究成果としての定量的情報の不確かさなどを、対象とする現実問題の条件に応じて見直しつつ適用することが肝要である。その意味では、研究の委託を受けた実施機関には、行った実験や解析の前提条件、実施方法、実施結果、結果を活用する際に注意すべき事項などを明確かつ丁寧に記録し、公開文献として残す努力を期待したい。また、原子力規制庁においては、そのような公開報告書や論文が作成されるよう可能な方法で奨励していただきたい。

本安全研究で得られた成果について、試験委託先へは、論文等による公表を促してまいります。その際、御指摘いただいた左記留意点につきまして委託先とも共有いたします。

また、規制庁においても、論文又は NRA 技術報告書等により公表を行っていく予定です。

8

④重大な見落とし（観点の欠落）がないか。

重大な欠陥と見なすような気づき事項はない。以下は欠陥の指摘ではなく、適切

にまとめられているという意味での補足である。

火災リスク評価手法の整備においては、電源盤や制御盤の火災のように一つの機器等から多岐に渡る設備に影響が波及するようなシナリオなど、まだ十分な検討がなされていない課題が残されているが、それらについては、報告書案でも明確に断っており、さらにスクリーニングを行って最終結果への影響が顕著となる可能性のあるものに絞って詳細に検討すべきであることなど、対応への基本的考え方が示されており、手順書案としては適切な取り扱いである。

また、GB 火災や蒸発乾固試験については得られた試験結果や解析モデルを用いて、実プラントで想定される具体的なシナリオに関する事故影響評価を試みることで、さまざまな現象の定量的な影響を理解しておくことが望ましいが、これらについては、それぞれに関する研究を今後も継続し、解析手法やデータを従実しつつ検討されるものと考えられる。

さらに、水素による材料劣化については、重大事故の起因事象を発生させる要因

GB 火災及び蒸発乾固試験については、これらの事象の定量的な影響を理解するため、引き続き新しい安全研究プロジェクトで研究を継続します。

水素による材料劣化も含め、機器の経年劣化につきましては、引

9		その他	<p>の一つとして位置付けて実施され、良い成果が得られている。しかしながら、起回事象となる現象は他にも多数存在する。この研究は、今回で終了するとのことであるが、起回事象となる事象/現象の発生要因や発生頻度に関する知見を引き続き収集し、分析しておくことは、施設の安全を評価する上で極めて重要である。今後もそのような意味での情報収集と分析を何らかの形で継続し、現実のトラブル事象に対する専門的な分析能力を維持／向上させていくことが重要である。</p> <p>安全研究の実施方針（配布された資料1）に述べられているように「知見の共有と情報の発信」は重要である。これは成果が国民の共有財産であるためばかりでなく、③に書いたように、安全規制の場で成果を適切に活用するためにも重要である。本研究では査読付き論文が蒸発乾固関連に限られている。成果の詳細情報が長く保存され、かつ一般の技術者／研究者／公衆からのアクセスが容易な、研究機関の公開報告書やジャーナル論文の形で公開されるよう一層の努力をお願いしたい。</p>	<p>引き続き、継続的に情報や知見を収集します。</p> <p>今後、蒸発乾固事象のほか、機器の経年変化及びGB火災につきましても、論文又はNRA技術報告書等により公表を行っていく予定です。</p> <p>なお、本研究の中で委託した試験については、その結果を取りまとめた委託報告書として公開しているほか、昨年度実施分につきましては今後公開する予定です。</p>
---	--	-----	---	--

			<p>火災リスク評価手法の整備については、今回で終了するが、作成された実施手順案は、学会等におけるリスク評価手法に関する標準の策定においても参考となると期待できる。規制庁においても、事業者によるリスク評価やリスク情報活用のレビューなどの規制実務の中で活用し、実務から得られる知見を随時反映して改良を継続するとともに、手順案の改良版も順次公開していただきたい。</p>	<p>内部火災リスク評価手法の整備につきましては、上述の御指摘にもありましたように、課題も抽出されていますので、対象施設の新規制基準適合性に係る審査の結果等を踏まえ、引き続き、その内容について検討していく予定です。</p>
10	浅沼 徳子 氏	①国内外の過去の研究、最新知見を踏まえているか	<p>1. 内部火災等を起因としたリスク評価手法の検討について 文献調査を踏まえてこれまでの経緯を十分に把握したうえで、参考となる発電炉のリスク評価手法に基づいて MOX 燃料加工施設と再処理施設の評価手順案を作成しており、十分妥当である。</p> <p>2. リスク評価に向けた重大事故等に関する技術的検討について ①火災又は爆発の GB 火災解析では、過去の試験研究や調査に基づき試解析がなされている。②蒸発乾固事象や③機器の経年劣化に関する研究については、国内外においても情報が少ない、すなわち本質的な研究があまり行われていない状況であった</p>	

11			<p>②解析実施手法、実験方法が適切か。</p>	<p>と思われる。そのような中で、独自の取り組みがなされていると評価する。</p> <p>2. リスク評価に向けた重大事故等に関する技術的検討について</p> <p>①火災又は爆発の GB 火災評価試験や有機溶媒火災に関する試験では、基礎的なデータに加えて実際の燃焼環境を想定した試験も行われており、特に事象進展にかかる時間の情報が得られていることは大きな成果であると考ええる。②蒸発乾固事象では、ルテニウムを中心とした放射性物質の移行挙動について、系統的に詳細な検討が行われており、得られた情報の価値は高いと考ええる。③機器の経年劣化では、実際の除染条件を模擬した材料を用いて、電気化学的データや材料試験データを取得しており、得られた結果から実際に即した判断が可能と考えられる。</p>	
12			<p>③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。</p>	<p>2. リスク評価に向けた重大事故等に関する技術的検討について</p> <p>①火災又は爆発の GB 火災解析では、具体的な条件を設定した試験が行われている。ただし、得られた知見として、影響評価を実施する際の留意点や着眼点、課題点をまとめたとあるが、具体的に読み取れな</p>	<p>GB 火災解析で得られた留意点や着眼点、課題点につきましては、今後、NRA 技術報告書等で公表する予定です。</p>

13			<p>④重大な見落とし(観点の欠落)がないか。</p>	<p>い。より明確に示されているとなお良い。 ②蒸発乾固事象では、MERCOR による熱流動解析や SCHERN による化学挙動解析が行われ、ルテニウム吸収速度と亜硝酸濃度の相間関係を把握すると共に、実規模の仮想施設におけるルテニウム移行挙動の試解析が行われており、実試験と解析を組み合わせた評価検討が着実になされている。 ③機器の経年劣化では、インサート材として使用されるタンタルの水素吸収脆化に関する本質的なデータが取得され、機械的特性に影響する要因も評価されており、除染作業や計画に影響する重要な結果を得ている。</p> <p>全体を通して見落としや観点の欠落は無いと思われる。一方、実際の試験を行った際の様々な経験や気づきなどは、担当者の経験値として蓄積されるものの、報告書や成果発表などの公表資料では明らかにならないこともある。火災や蒸発乾固のように過酷な事象を扱う試験では、技術や経験の継承を目的として映像資料の保存なども重要ではないか。</p>	<p>技術伝承の観点からも重要と考え、いただいた具体的な継承の方法も含めて検討します。</p>
14			その他	<p>内部火災等を起因としたリスク評価手法の検討のところで課題として上げられ</p>	<p>MOX 加工施設や再処理施設に関する発生頻度などの不足情報に</p>

				<p>ているように、MOX 加工施設や再処理施設に関する発生頻度などの不足情報について、今後どのように情報を収集し整備していくのか。また、蒸発乾固事象における解析手法についても、課題点や今後整備すべき情報などを整理しておく必要がある。リスク評価手法の信頼性を上げるためにも継続的な取り組みが必要と考える。</p>	<p>つきましては、調査、研究による蓄積が必要ですが、これが困難な場合として、海外からの情報の入手や一般産業の類似した機器のデータを活用していくことを考えております。</p> <p>蒸発乾固事象につきましては、まず現象面について、網羅性の観点から今後必要な研究項目を抽出しており、新規の安全研究プロジェクトで実施してまいります。また、解析手法についても、研究の中で、課題点や今後整備すべき情報などを整理します。</p>
15	本間 俊司 氏	①国内外の過去の研究、最新知見を踏まえているか	<p>これまでの研究を適切にレビューしており、国内外の過去の研究、最新知見を踏まえていると認められる。</p>	<p>実規模事象については、海外からの試験データを入手する予定であり、新規の安全研究の中で、これを踏まえたベンチマーク解析等により知見を取得する予定です。</p>	
16		②解析実施手法、実験方法が適切か。	<p>解析実施手法および実験方法に関して特に不適切な点はない。温度等の実験条件も概ね適切であると考えられる。</p>		
17		③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	<p>解析結果の評価手法および実験結果の評価手法に関して特に不適切な点はない。ただし、GB 火災については小規模ならびに中規模試験の結果を実規模事象へ適用できるかどうか火災解析コードの利用等</p>		

<p>18</p> <p>19</p>			<p>④重大な見落とし（観点の欠落）がないか。</p> <p>その他</p>	<p>により検討する必要があると考えられる。</p> <p>重大な見落としや観点の欠落は特にな い。</p> <p>蒸発乾固事象および機器の経年劣化に 関する成果については、論文および講演に よる外部発表が行われており、高く評価で きる。</p> <p>火災または爆発事象に関する研究は、そ の重要性の高さから GB 火災を中心に扱っ ているが、今後は爆発事象に関する研究成 果も期待したい。</p>	<p>その際、御指摘のような適用性につ いて検討します。</p> <p>水素爆発、レッドオイル爆発、 その他の爆発等については、国外 の研究機関との情報交換や文献調 査等により情報を収集しており、 今後も継続して情報収集を図り、 その結果を踏まえて研究の必要性 を検討します。</p>
<p>20</p>	<p>加工施設及び再処理施 設の内部火災等に関す るリスク評価手法に関 する研究</p>	<p>中林 弘樹 氏</p>	<p>①国内外の過去の研究、 最新知見を踏まえてい るか</p>	<p>加工施設及び再処理施設を対象とした 内部火災リスク評価手法の検討において は、先行している国内発電炉の動向につ いて事業者が実施している内容も踏まえた 検討となっており、さらに米国や仏国など の海外の知見についても参考とするなど、 十分に最新知見を踏まえたものとなっ ている。</p> <p>なお、加工施設の重大事故（火災）を対 象としたリスク評価において重要な技術</p>	<p>グローブボックス火災に関する コメントでいただいた材料の特性</p>

21			<p>②解析実施手法、実験方法が適切か。</p>	<p>情報となるグローブボックス火災に関する基礎データの拡充のために GB 構成材料（アクリルやポリカーボネート）の火災試験を行っているが、これらについては一般にも広く用いられている材料であることから、一般品の特性と原子力仕様品との差違の有無・比較についても記載しておくことが望ましい。</p> <p>GB 構成材料（アクリルやポリカーボネート）の火災評価試験においては、火災時に想定される現象に基づき、熱分解による重量減少・ガスの発生速度・組成分析を行い、燃焼経過による酸素濃度の変化の影響を理解するために試験手法を改良するなど適切な実験方法が用いられている。</p> <p>蒸発乾固時に放出される Ru の挙動については、その複雑な化学的挙動を把握するために、共存する化学種の影響や移行経路の物理的特性を考慮できるように試験方法が工夫されており、適切な試験方法となっている。なお、実際の系に比べてスケールが小さいことによって得られた収支の誤差が大きくなっているものも認められることから、シミュレーション等との比較評価を進めることが望まれる。</p>	<p>について、整理し成果の公表の際に記載いたします。</p> <p>御指摘のとおり、こうした小規模な試験のデータを実プラントの評価に使用する際には、スケールの相違について十分な検討が必要と考えています。そのような検討の手段として解析コードを使用することも考えられますが、それに限定せず、様々の対応を検討していく予定です。</p>
----	--	--	--------------------------	--	---

22		③解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か。	<p>GB 火災、蒸発乾固について実施された実験結果として、目的としている事象進展の解析のために必要な基礎データを適切に取得・評価している。蒸発乾固の挙動を模擬した試験において、亜硝酸による Ru の気相への移行挙動や蒸発乾固後の注水を模擬した試験における Ru/Cs の挙動などは定性的な解釈とも合致するものであることが示されており、その妥当性が認められる。</p> <p>なお、バラツキによる影響は決定論的手法では保守側に内包して扱うが、リスク評価においては陽に扱うため、目的としている事象進展解析において感度の高い因子は何か、その因子が持つバラツキはどのような確率モデルに従うかについての考察について今後の研究に組み入れられることを期待する。</p>	<p>いずれも新規の安全研究の中で確認してまいります。GB 火災については解析コード等を用いた感度解析、蒸発乾固事象についてはあらかじめ重要と考えるパラメータに着目して、試験の中でその感度を確認してまいります。</p>
23		④重大な見落とし(観点の欠落)がないか。	<p>当該研究は目的に対して慎重に計画され、段階的に展開されてきたものであり、実施事項や結果の考察において重大な見落としはないものと考えられる。</p>	
24		その他	<p>機器の経年劣化の研究において、再処理施設特有の Zr 異材継手の材料信頼性に関して、Zr 固有の水素吸収脆化と異材との界</p>	

			<p>面挙動を併せてその高経年化への影響を定量的に示した成果は有意義なものである。着目している除染作業時に発生する水素以外に、プロセス中に微量に発生する放射線分解水素の影響も考慮することで、今後の施設の保全や高経年化影響評価といった再処理施設の長期的な安全性に貢献することが期待される。</p>	<p>放射線分解による水素の影響につきましては、平成 28 年度までに実施した安全研究「商用再処理施設の経年変化に関する研究」にて知見を取得済みです。</p>
--	--	--	---	---