

燃料破損に関する規制高度化研究事業

資料 7

7. 1億円 (7. 4億円)

システム安全研究部門

<事業の目的・内容>

【目的】

- 燃料の信頼性向上の観点から、新しい材料並びにそれらと従来材料を組合せた改良燃料が開発されています。
- 令和4年4月に開催された電力事業者原子力部門責任者と原子力規制委員会との意見交換会では、事業者より改良燃料導入の意向が具体的に示されました。
- そのような燃料に対して平成30年度までに実施した事故模擬試験において、現行の破損判断基準値より低い条件での破損や現行指針等では考慮されていない破損形態が観察されました。
- これらの燃料破損は原子炉安全性に影響を与えるため、速やかに破損原因を調査するとともに、原子炉安全性への影響の程度を確認します。

【内容】

- 本事業では、令和元年度から令和5年度まで、商業炉で使用された核燃料等を使い、核燃料を取り扱える試験施設（ホットラボ）や研究炉において事故模擬試験等を実施し、データを拡充する計画としています。
- 得られた試験データから原子炉安全性への影響を確認し、最新知見に基づいて、規制基準類の改訂要否を検討します。

※事故模擬可能な研究炉は限られており、海外の規制にもその試験結果が引用される等、多くの実績を有する国内研究炉での事故模擬試験は海外からも注目されています。

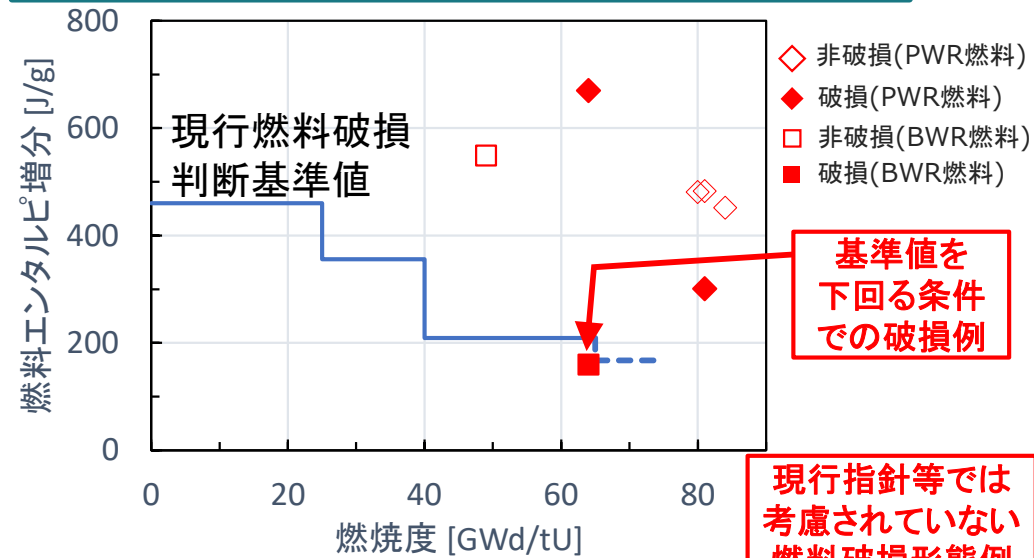
<事業スキーム>

委託・請負

国 → 民間団体等

<具体的な成果イメージ>

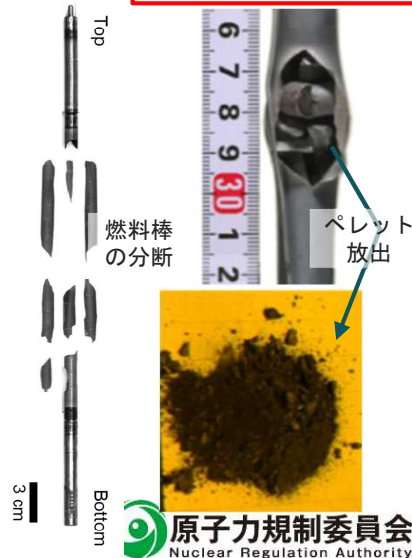
研究炉・ホットラボにおける事故模擬試験結果



試験データを拡充し
原因究明

- ・ 実用炉での発生可能性の検討
- ・ 原子炉安全性への影響を確認

基準類へ反映



令和5年度行政事業レビューシート			(原子力規制委員会)					
事業名	燃料破損に関する規制高度化研究事業		担当部局庁	原子力規制庁		作成責任者		
事業開始年度	平成26年度	事業終了(予定)年度	令和5年度	担当課室	長官官房技術基盤グループ システム安全研究部門	安全技術管理官(システム安全担当) 北野 剛司		
会計区分	エネルギー対策特別会計電源開発促進勘定							
根拠法令 (具体的な 条項も記載)	特別会計に関する法律第85条第6項 特別会計に関する法律施行令第51条第7項第4号及び第18号		関係する 計画、通知等	-				
政策	原子力に対する確かな規制を通じて、人と環境を守ること		主要経費	エネルギー対策費				
施策	原子力規制の厳正かつ適切な実施と技術基盤の強化							
政策体系・評価書URL	-							
事業の目的 (5行程度以内)	燃料の信頼性向上のため、新しい材料並びにそれらと従来材料を組合わせた改良燃料が開発されている。燃焼が進んだ改良燃料において、現行規制基準類の策定当時には観察されていなかった燃料破損挙動が異常な過渡変化や設計基準事故を模倣した試験において観察されている。燃料の安全性をより確かなものとするため、改良燃料及び従来燃料の燃料破損挙動に及ぼす高燃焼度化の影響等を調べる研究を行い、そこから得られる最新知見に基づいて現行規制基準類の妥当性を確認し、必要に応じて規制基準等の見直しを検討していく。							
現状・課題 (5行程度以内)	事故時燃料挙動確認のため、平成30年度までに実施してきた試験研究では、燃焼が進んだ改良燃料において、冷却材喪失事故(LOCA)模倣試験及び反応度事故(RIA)模倣試験において従来とは異なる燃料破損挙動が観察されており、それらの破損挙動が炉心冷却性へ与える影響が懸念されている。燃料破損に関する判断基準を示した指針類は現在も適合性審査に用いられているが、この指針類は旧原子力安全委員会が策定当時の知見に基づき、決定あるいは了承したものである。そのため、指針類策定当時には観察されていなかった燃料破損挙動や現在まで十分に検討が進められていない燃料損傷挙動について調べ、指針類の見直し要否検討及び審査等の判断に必要な知見を取得する必要がある。 また、設計基準事故であるLOCA基準(温度制限値及び酸化量制限値)を炉心の著しい損傷開始の判断基準として、炉心損傷拡大防止策の有効性確認に用いているが、実際に炉心の著しい損傷が開始する条件は明確にはわかっておらず、LOCA基準が過度に保守的であった場合、損傷開始判断を早めてしまい、損傷回避措置が取られない可能性がある。そのため、高温条件での燃料損傷挙動について知見を拡充し、保守性の程度を確認する必要がある。また、近年、事故耐性の向上を目指した新しい燃料材料の開発が国内外で進められており、現行燃料材料との比較を通して高温条件での損傷挙動の知見を取得する必要がある。							
事業概要 (5行程度以内)	発電炉で使用された改良燃料から試験燃料棒を採取し、反応度事故模倣試験及び冷却材喪失事故模倣試験を実施するとともに、これらの模倣試験の前後に試験燃料棒の観察・分析を行い、模倣試験時の燃料破損挙動等に関するデータを取得する。また、被覆管や燃料ペレットの単体試料を用いて個別効果試験を実施して、燃料破損等のメカニズムに関する詳細データを取得する。さらに、事故模倣試験下での燃料挙動に関する解析や被覆管に作用する応力の解析を実施して、解析結果と試験結果との比較を通して、燃料挙動や破損原因について考察を行う。 *平成30年度公開プロセス後に事業全体の抜本的な見直しを行い、平成31年度/令和元年度要求より事業名を変更し、「燃料破損に関する規制高度化研究事業」として要求。							
事業概要URL	事故時炉心冷却性に対する燃料破損影響評価研究 P.86 (https://www.nra.go.jp/data/000398336.pdf)							
実施方法	直接実施、委託・請負							
補助率等	-							
予算額・ 執行額 (単位:百万円) (インプット)	予算の 状況	当初予算(A)	742	740	715	709	-	
		補正予算(B)	-	-	-	-	-	
		前年度から繰越し(C)	483	244	-	-	-	
		翌年度へ繰越し(D)	▲ 244	-	-	-	-	
		予備費等(E)	-	-	-	-	-	
		計(F) =(A)+(B)+(C)+(D)+(E)	981	984	715	709	-	
		執行額(G)	872	866	597	-	-	
		執行率(%) =(G)/(F)	89%	88%	83%	-	-	
		当初予算+補正予算に対する執行額の 割合(%) =(G)/[(A)+(B)]	118%	117%	83%	-	-	
		歳出予算項目	令和5年度当初予算	令和6年度要求	主な増減理由(・要望額・予備費)			
		(項)	原子力安全規制対策費	-	-	-		
(目)	原子力施設等防災対策等委託費	569	-	-				
(項)	事務取扱費	-	-	-				
(目)	原子力安全業務庁費	128	-	-				
(目)	職員旅費	9	-	-				
(目)	委員等旅費	2	-	-				
(目)	諸謝金	0.1	-	-				
(目)	その他	1	-	-				
	計(A)	709	-	-				

活動内容① (アクティビティ)		発電炉で使用された改良燃料から試験燃料棒を採取し、反応度事故模擬試験及び冷却材喪失事故模擬試験を実施するとともに、これらの模擬試験の前後に試験燃料棒の観察・分析を行い、模擬試験時の燃料破損挙動等に関するデータを取得する。また、被覆管や燃料ペレットの単体試料を用いて個別効果試験を実施して、燃料破損等のメカニズムに関する詳細データを取得する。さらに、事故模擬試験下での燃料挙動に関する解析や被覆管に作用する応力の解析を実施して、解析結果と試験結果との比較を通して、燃料挙動や破損原因について考察を行う。								
↓										
活動目標及び活動実績① (アウトプット)		活動目標	活動指標		単位	令和2年度	令和3年度	令和4年度	5年度 活動見込	6年度 活動見込
		安全研究等を通じて蓄積した技術的知見を公表する	安全研究成果の公表の基となる技術的知見の取得数並びに査読付き論文誌及び査読付き国際会議のプレジデンティングスで公表した件数	活動実績	件	27	27	14	-	-
				当初見込み	件	21	21	13	13	-
↓		成果目標①-1の 設定理由 (アウトプット からのつながり)								
		取得した技術的知見のうち、現行規制基準の妥当性に関わるもので、対応方針について原子力規制委員会の指示等が必要なものについては、原子力規制委員会/技術情報検討会に提供する。								
成果目標及び成果実績①-1 (短期アウトカム)		成果目標	定量的な成果指標		単位	令和2年度	令和3年度	令和4年度	目標年度 5 年度	
		安全研究等を通じて取得した知見のうち、規制基準への反映を検討すべき知見について、原子力規制委員会/技術情報検討会に提供する。	規制基準への反映を検討すべき知見を原子力規制委員会/技術情報検討会に提供した件数。	成果実績	件	-	1	-	-	
				目標値	件	-	1	-	2	
				達成度	%	-	100	-	-	
成果実績及び目標値の 根拠として用いた 統計・データ名(出典) /定性的なアウトカムに 関する成果実績		原子力規制委員会第49回技術情報検討会(令和3年度)(https://www.nra.go.jp/data/000364556.pdf)								
↓		成果目標①-2の 設定理由 (短期アウトカム からのつながり)								
成果目標及び成果実績①-2 (中期アウトカム)		成果目標	定量的な成果指標		単位	令和2年度	令和3年度	令和4年度	目標年度 - 年度	
				成果実績	-	-	-	-	-	
				目標値	-	-	-	-	-	
				達成度	%	-	-	-	-	
成果実績及び目標値の 根拠として用いた 統計・データ名(出典) /定性的なアウトカムに 関する成果実績										
↓		成果目標①-3の 設定理由 (長期アウトカム へのつながり)								
		本事業において、原子力規制委員会へ提供された知見、また、論文及び報告書で公表された知見は、BWR10×10型燃料の型式証明審査における事業者申請の妥当性確認に活用される。								
成果目標及び成果実績①-3 (長期アウトカム)		成果目標	定量的な成果指標		単位	令和2年度	令和3年度	令和4年度	目標最終年度 6 年度	
		令和6年度までに審査や審査ガイド等の整備に活用する。	安全研究等を通じて蓄積した知見を審査や審査ガイド等の整備へ活用した件数	成果実績	件	-	-	-	-	
				目標値	件	-	-	-	1	
				達成度	%	-	-	-	-	
成果実績及び目標値の 根拠として用いた 統計・データ名(出典) /定性的なアウトカムに 関する成果実績		原子力規制庁が(株)グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパンから燃料体の型式証明申請書を受理(令和5年1月) (https://www.nra.go.jp/disclosure/law_new/RTS/300001347.html)								
アウトカム設定について の説明		アクティビティ①について定性的なアウトカムを設定している理由								
		アクティビティ①についてアウトカムが複数設定できない理由								

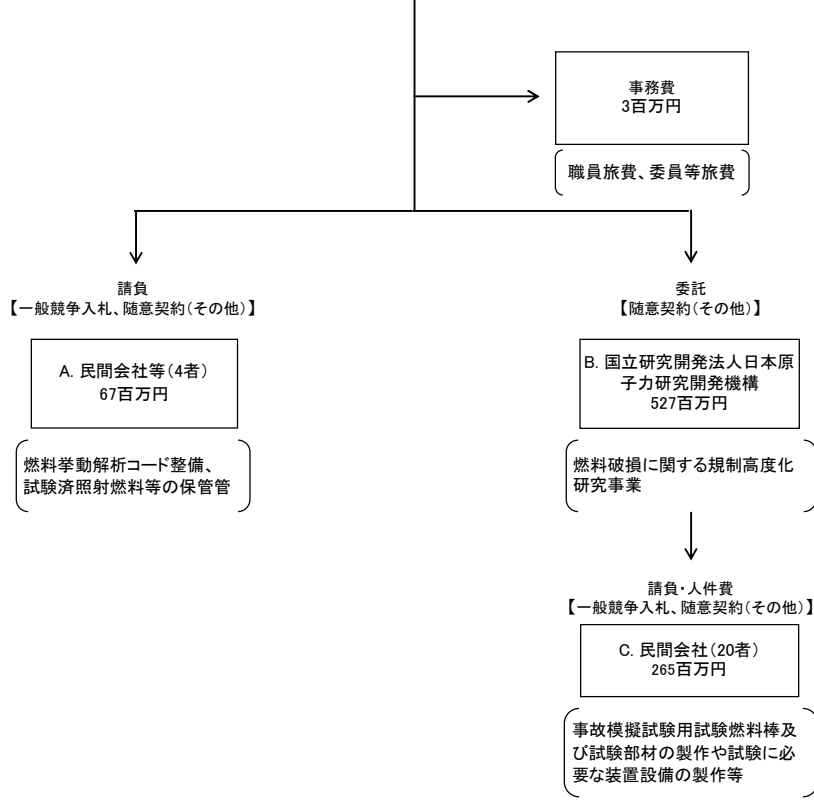
事業に関連するKPIが定められている関連決定等	名称	
	URL	
	該当箇所	
事業所管部局による点検・改善		
点検結果	<p>核燃料の安全性・健全性に関する研究を行い、発電用原子炉の適合性審査に必要な技術的判断根拠を整備するものであり、国民や社会のニーズを的確に反映している。</p> <p>燃料に関する試験・研究のうち、使用済燃料を対象とした試験は高度に専門的な内容であり、照射後試験施設での取扱及び試験後の燃料試料保管の観点から発注先が限定され随意契約となるが、実績等を考慮して価格交渉を行っており、支出先の選定として妥当である。</p> <p>高度に専門的な内容でなく、複数の発注先が見込まれる案件については、一般競争入札を行って支出先を選定しており、競争性を保っている。</p> <p>本事業では核燃料を用いた研究を実施しており、取得する技術的知見を明確にした上で、専門性のある機関の能力を活用しており、成果の公表等の活動実績は、当初の見込み以上となっている。</p> <p>本事業において整備される成果物は、現行基準の妥当性確認及び発電用原子炉の適合性審査時の技術的根拠に活用される予定である。</p>	目標年度における効果測定に関する評価(令和6年度実施)
改善の方向性	本事業から得られた成果は、規制基準の確認や審査に活用できるものであるが、その内容は技術的、学術的観点でも有用であることから、大学等の研究でも活用できるように、積極的に成果の公表に努める。	
外部有識者の所見		
行政事業レビュー推進チームの所見に至る過程及び所見		
(選択してください)		
所見を踏まえた改善点/概算要求における反映状況		
(選択してください)		
過去に受けた指摘事項と対応状況	公開プロセス・秋の年次公開検証(秋のレビュー)における取りまとめ	
	<p>○公開プロセス 平成30年度実施 ○レビューシート番号0025 ○公開プロセス結果: 事業全体の抜本的な改善 ○取りまとめコメント: (事業内容・成果について) ● 研究が全て外部機関に委託されている状況では、結果として職員の専門性がどの程度高まっているのかが分からない。研究機関の選定力、研究結果を受けた規制基準の判断力が高められる仕組みなのか疑問が残る。 ● 人材の交流、出向人事なども検討し研究者のパフォーマンスをさらに高める工夫に経費を用いてはどうか。 ● 研究結果が審査分野のように活用されているかを明らかにしてほしい。 (契約等のプロセスについて) ● 「原子力は技術が特殊」という理由で随分と一者応札が多くなる状況は理解できなくはないが、そうであるからこそ複数応札の可能性を上げる(一者応札の可能性を下げる)全庁的な取り組み、ガイドラインが必要である(特に契約初年度)。 ● 入札プロセスにおいて、競争性が担保されるよう改善を図るべき。 (事業単位・進捗管理の在り方について) ● 単位の国費が投入されるにも関わらず、個々の研究テーマ及び事業全体が不透明。透明性を確保し、分かりやすく説明責任を果たすべき。 ● 期待の大きい原子力に関する研究事業であるからこそ、進捗管理や予算管理の更なる具体化が望まれる。 ● 事業名の看板の付け替えで評価の継続性、経費の妥当性評価がぼやけないようにしてほしい。 ● 個々の研究のマイルストーンが開示されたのは大きな改善であり、評価したい。今回対応された方向で今後進められたらいい。一方レビューの対象となる事業単位も個々の研究ごととすべきであり、その意味で「抜本的な改善」とした。今回の対応をしっかりと続けていただくことが重要。 ● 研究内容が密接で、統合した方が効率・効果的になるものでない限り、統合せず比較可能性を確保すべき。 ● 当該分野の規制研究全体として意図した成果が得られているかの観点から、現行の個々の研究テーマの妥当性・適切性を評価することが必要である。 ● 現行の事業単位で適切な評価ができるのであれば、個々の研究テーマごとに、適切に進捗管理・評価を実施しオープンにしていける必要がある。対応できないのであれば、事業単位を見直すべきではないか。また、事業の統廃合や名称変更がなされると、国民にとって分かりにくくなってしまいうので、そういった観点からも今後の事業の在り方を検討し対応していただきたい。</p>	
	上記への対応状況	
	<p>● 職員自らが行った研究や委託の成果を積極的に外部に発信し、職員の専門性を向上させる。また、学会発表研究件数や論文投稿件数をもって、専門性向上の程度を示していく。現在も、若手職員をJAEAに派遣して、能力向上のための人材の交流等を行っており、引き続き、交流等を進めていく。</p> <p>● 現在のところ、審査への直接の活用実績はないが、規制基準の妥当性確認のための研究についてはその結果を論文等で公表して、審査に役立つよう基準の技術的根拠等を示している。</p> <p>● 一者応札による入札が行われたときは、ヒアリングを行うなどして原因を分析し、以後の契約における競争性を向上させるための改善の取組を進めていく。</p> <p>● 個々の研究テーマ毎にマイルストーンを示し、それに対する達成度をもとに研究のアウトカム評価を行った。 ● 個々の研究テーマ毎に執行額をとりまとめることとし、研究の進捗管理や予算管理についても示して透明性を確保し、実施内容を分かりやすく説明できるようにする。複数の旧組織で行われてきた同じ分野の事業の統合等を行ってきたが、今後は必要性をよく検討し慎重に行うこととする。統合した場合には、経緯とともに、評価していただくことを考慮し事業内容を分けて説明していく。</p>	
	その他の指摘事項	
上記への対応状況		
備考		

関連する過去のレビューシートの事業番号

平成23年度	0108																			
平成24年度	0359																			
平成25年度	0113																			
平成26年度	0015																			
平成27年度	0034																			
平成28年度	0022																			
平成29年度	0025																			
平成30年度	0025																			
令和元年度	原子力規制委員会	-		0025																
令和2年度	原子力規制委員会			0022																
令和3年度	2021	原規	20	0017																
令和4年度	2022	原規	21	0016																

原子力規制委員会
597百万円

〔燃料破損に関する規制高度化研究事業〕



資金の流れ
(資金の受け取り先が何を行っているかについて補足する)
(単位：百万円)

費目・使途 (「資金の流れ」において ブロックごとに最大の金額 が支出されている者につ いて記載する。費目と 使途の双方で実情が分 かるように記載)	A.			B.		
	費目	使途	金額 (百万円)	費目	使途	金額 (百万円)
	請負費	燃料挙動解析コードFEMAXI-8の整備	25	委託費	燃料破損に関する規制高度化研究事業委託業務	527
	計		25	計		527
	C.			D.		
	費目	使途	金額 (百万円)	費目	使途	金額 (百万円)
	請負費	高度化軽水炉燃料実験カプセル組立等業務請負契約	35.8			
	人件費	軽水炉燃料の事故時挙動調査に関する労働者派遣契約	13.9			
	人件費	事故時の燃料挙動評価に係る実験等の実施に関する労働者派遣契約	10.7			
	人件費	燃料試験施設における照射後試験等支援業務労働者派遣契約	10.3			
	請負費	微細観察に基づく高燃焼度燃料の特性評価	8			
	計		78.7	計		
費目・使途欄についてさらに記載が必要な場合はチェックの上【別紙2】に記載					チェック	

支出先上位10者リスト

A.

	支出先	法人番号	業務概要	支出額 (百万円)	契約方式等	入札者数 (応募者数)	落札率	一者応札・一者応募又は競争性のない随意契約となった理由及び改善策 (支出額10億円以上)
1	株式会社先端力学シミュレーション研究所	2030001047878	燃料挙動解析コードFEMAXI-8の整備	25	一般競争契約 (最低価格)	1	98.6%	専門性が高く他に実施可能な者がいないため。
2	日本核燃料開発株式会社	4050001007242	試験済照射燃料等の保管管理(BWR)	22	随意契約(その他)	-	-	他に実施可能な者がいないため。
3	三菱原子燃料株式会社	5050001004610	試験済照射燃料等の保管管理(PWR)	18	随意契約(その他)	-	-	他に実施可能な者がいないため。
4	三菱重工業株式会社	8010401050387	試験済照射燃料等の保管管理(PWR)	2	随意契約(その他)	-	-	他に実施可能な者がいないため。

B

	支出先	法人番号	業務概要	支出額 (百万円)	契約方式等	入札者数 (応募者数)	落札率	一者応札・一者応募又は競争性のない随意契約となった理由及び改善策 (支出額10億円以上)
1	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	6050005002007	燃料破損に関する規制高度化研究事業	527	随意契約 (その他)	-	-	原子力安全研究炉を用いた照射試験を実施することから、当該施設以外に同実験を実施できる施設が存在しないため、同機構との随意契約を行った。

	支出先	法人番号	業務概要	支出額 (百万円)	契約方式等	入札者数 (応募者数)	落札率	一者応札・一者応募又は競争性のない随意契約となった理由及び改善策 (支出額10億円以上)
1	原子力エンジニアリング株式会社	1050001004639	高度化軽水炉燃料実験カプセル組立等業務請負契約	35.8	随意契約(公募)	-	100%	高い専門性が要求されるため
2	原子力エンジニアリング株式会社	1050001004639	軽水炉燃料の事故時挙動調査に関する労働者派遣契約	13.9	一般競争契約(総合評価)	1	100%	高い専門性が要求されるため
3	原子力エンジニアリング株式会社	1050001004639	事故時の燃料挙動評価に係る実験等の実施に関する労働者派遣契約	10.7	一般競争契約(総合評価)	1	99.9%	高い専門性が要求されるため
4	原子力エンジニアリング株式会社	1050001004639	燃料試験施設における照射後試験等支援業務労働者派遣契約	10.3	一般競争契約(総合評価)	1	100%	高い専門性が要求されるため
5	原子力エンジニアリング株式会社	1050001004639	微細観察に基づく高燃焼度燃料の特性評価	8	一般競争契約(最低価格)	1	98.5%	高い専門性が要求されるため
6	株式会社原子力エンジニアリング	2120001043050	加圧水型原子炉の炉心設計解析	25.9	一般競争契約(最低価格)	1	97.9%	高い専門性が要求されるため
7	千代田メンテナンス株式会社	5050001021911	軽水炉燃料の照射後試験等に関する労働者派遣契約	10.2	一般競争契約(総合評価)	1	100%	高い専門性が要求されるため
8	千代田メンテナンス株式会社	5050001021911	燃料試験施設における照射後試験(非破壊試験)業務労働者派遣契約	9.3	一般競争契約(総合評価)	1	99.8%	高い専門性が要求されるため
9	株式会社宮盛製作所	3050001023653	FGDカプセルの製作	4.9	一般競争契約(最低価格)	1	99.9%	高い専門性が要求されるため
10	株式会社宮盛製作所	3050001023653	FGD用燃料輸送容器の製作	2.4	随意契約(少額)	-	-	
11	株式会社宮盛製作所	3050001023653	燃料封入容器の製作	1.7	随意契約(少額)	-	-	
12	株式会社宮盛製作所	3050001023653	半割構造LVDT保護カバーの製作	1.4	随意契約(少額)	-	-	
13	株式会社宮盛製作所	3050001023653	LVDT保護カバーの製作	1.1	随意契約(少額)	-	-	
14	株式会社宮盛製作所	3050001023653	FGD用燃料支持具の製作	1.1	随意契約(少額)	-	-	
15	株式会社宮盛製作所	3050001023653	変換プラグ及びブリーク試験用治具の製作	1	随意契約(少額)	-	-	
16	株式会社宮盛製作所	3050001023653	FGD用アダプターの製作	1	随意契約(少額)	-	-	
17	株式会社宮盛製作所	3050001023653	燃料棒アタッチメントの製作	0.9	随意契約(少額)	-	-	
18	株式会社宮盛製作所	3050001023653	FGDセミホットケーブ内作業付属品の製作	0.4	随意契約(少額)	-	-	
19	株式会社宮盛製作所	3050001023653	X線撮影・ガンマスキャン測定容器の製作	0.4	随意契約(少額)	-	-	
20	株式会社宮盛製作所	3050001023653	模擬FGDカプセルの製作	0.4	随意契約(少額)	-	-	
21	株式会社宮盛製作所	3050001023653	燃料輸送容器チャック用サポートの製作	0.2	随意契約(少額)	-	-	
22	株式会社アート科学	4050001004834	OGA保守点検作業	6.2	一般競争契約(最低価格)	1	99.7%	高い専門性が要求されるため
23	株式会社アート科学	4050001004834	遠隔操作型微小分析装置保守点検	3.7	一般競争契約(最低価格)	1	99.4%	高い専門性が要求されるため
24	株式会社アート科学	4050001004834	プロファイルメーター用外カバーの製作	2.5	随意契約(少額)	-	-	
25	株式会社アート科学	4050001004834	プロファイルメーターの設置作業	1	随意契約(少額)	-	-	
26	株式会社アート科学	4050001004834	試料保管容器の製作	1	随意契約(少額)	-	-	
27	株式会社アート科学	4050001004834	バンクチャ試験治具の製作	0.4	随意契約(少額)	-	-	
28	島津サイエンス東日本株式会社	7010501032617	ガス分析装置の購入	11.2	一般競争契約(最低価格)	1	99.9%	高い専門性が要求されるため
29	島津サイエンス東日本株式会社	7010501032617	ガス分析装置の設計	1.7	随意契約(不 落・不調)	-	99%	高い専門性が要求されるため
30	助川電気工業株式会社	6050001023279	LVDT圧力計の製作	6.8	一般競争契約(最低価格)	1	98.4%	高い専門性が要求されるため
支出先上位10者リスト欄についてさらに記載が必要な場合はチェックの上【別紙3】に記載							チェック	<input checked="" type="checkbox"/>

C(続き 31~37)

	支出先	法人番号	業務概要	支出額 (百万円)	契約方式等	入札者数 (応募者数)	落札率	一者応札・一者応募又は 競争性のない随意契約となった 理由及び改善策 (支出額10億円以上)
1	助川電気工業株式会社	6050001023279	MIケーブル式計装線引出 プラグの製作	4.9	一般競争契約 (最低価格)	1	98%	高い専門性が要求されるため
2	助川電気工業株式会社	6050001023279	試験燃料棒加圧封入装置 高圧ガス設備定期点検	1	随意契約(少 額)	-	-	
3	株式会社日本アクセス	2050001006989	燃料試験施設における LOCA模擬試験に係る照射 後試験等の実施に関する	11.4	一般競争契約 (総合評価)	1	100%	高い専門性が要求されるため
4	株式会社アトックス	4010001035783	β γ コンクリートNo.6セル除 染作業	8.9	一般競争契約 (最低価格)	1	98.8%	高い専門性が要求されるため
5	株式会社アトックス	4010001035783	TLB簡易評価システムの移 行	2.1	随意契約(不 落・不調)	-	99.3%	高い専門性が要求されるため
6	株式会社ジック	4050001007390	軽水炉燃料挙動の不確か さ評価に関する労働者派遣 契約	10	一般競争契約 (総合評価)	1	100%	高い専門性が要求されるため

(補足説明資料)

燃料破損に関する規制高度化研究事業

事業期間 令和1～5年度
事業総額(予定)36.3億円

令和5年度要求額 7.1億円(7.1億円)

事業内訳と成果目標

具体的に得たい指標・分析内容とその必要性

燃料健全性に関する規制高度研究（ - (30百万円)、実施期間:R1年度～2年度)

通常運転時及び異常な過渡変化時における燃料健全性の審査に資する技術知見及び燃料健全性の現行判断基準の見直し要否検討に資する技術知見を取得する。

今後導入が想定される改良型被覆管の照射による伸び(照射成長)について、照射後試験等を実施し、金属組織及び合金元素等と照射成長との関して技術知見を取得する。また、被覆管外面からの亀裂進展の条件等を調べる燃料破損限界に関する研究については、その条件を明らかにし、炉内での亀裂進展の評価を行う。試験結果及び得られた知見を報告書にまとめる。

事故時炉心冷却性に対する燃料破損影響評価研究（709百万円(715百万円)、実施期間:R1年度～5年度)

設計基準事故時等における燃料安全性の審査に資する技術知見及び現行判断基準の見直し要否検討に資する技術知見を取得する。現行の破損判断基準値より低い条件での燃料破損及び現行指針等では考慮されていない破損形態が事故模擬試験で観察されており、それらの原因を調べるために、事故模擬試験、照射後試験等を実施する。また、破損形態変化のメカニズムや事故後の被覆管の強度等を調べるために、被覆管試料を用いた機械試験を実施する。LOCA時の燃料ペレットの微細化、燃料棒内の移動及び燃料棒外への放出について、発生条件及び発生機構を明らかにするために、ホットセル試験施設に試験装置を設置し、LOCA模擬試験等を実施する。また、高温において燃料棒が冷却可能な形状を喪失する条件を調べるための試験を検討するとともに、既往研究調査及び解析によりその条件を調べる。基盤技術の整備として、軽水炉燃料挙動を評価するための燃料挙動解析コードの改良等を行う。また、試験に使用した照射済燃料体を照射後試験施設で保管管理する。

特記事項

事業期間	事業名	事業の対象
令和1～5年度、	燃料破損に関する規制高度化研究事業、	高燃焼度改良燃料等の出力過渡時 及び事故時の破損挙動調査(ガス放出, 実燃料LOCA試験)
平成29～30年度、	燃料設計審査分野の規制研究事業、	高燃焼度改良燃料等の事故時の破損挙動調査(破損エンタルピ)
平成26～28年度、	発電炉システム安全設計審査規制 高度化研究事業	高燃焼度改良燃料等の出力過渡模擬試験(水素化物) 及び混合酸化物燃料の特性調査
平成24～29年度、	燃料等安全高度化対策事業、	高燃焼度改良燃料の事故時の破損挙動調査(破損エンタルピ、燃焼度依存) 及び改良被覆管の照射成長試験

事業計画及び事業費見込

(単位:百万円)

事業内訳	R1	R2	R3	R4	R5
・燃料破損限界に関する研究 (実績額/予算額)	・被覆管外面割れ破損過程解析 38/35	・破損限界評価、まとめ 0/33			
・照射成長試験 (実績額/予算額)	・照射成長試験片の海外から国内への輸送 ・照射後試験 85/93	・照射成長試験結果評価 0/0			
・RIA時燃料破損に関する研究 (実績額/予算額)	・RIA試験、照射後試験 ・RIA解析、試験条件検討 ・機械試験供試管製作 182/198	・RIA試験、照射後試験、解析、燃料破損相関分析 ・水素吸収管機械試験 480/496	・RIA試験、照射後試験、解析、破損機構検討 ・水素吸収管機械試験 492/522	・RIA試験、照射後試験、RIA解析、破損機構検討 ・水素吸収管機械試験 399/431	・RIA試験、照射後試験、解析により破損限界、形態評価 /419
・LOCA時燃料破損に関する研究 (実績額/予算額)	・照射燃料棒LOCA試験装置設置 ・燃料ペレット加熱試験 ・曲げ試験装置整備 219/310	・LOCA試験条件設定 ・燃料ペレット加熱試験 ・LOCA後燃料振動解析 104/111	・LOCA試験 ・燃料ペレット加熱試験 ・LOCA被覆管曲げ試験 ・PCMI解析 88/111	・LOCA試験 ・燃料棒熱過渡解析 ・LOCA被覆管繰り返し曲げ試験 128/177	・LOCA試験評価 ・LOCA後燃料棒冷却形状維持性能評価 /150
・事故時燃料形状維持に関する研究 (実績額/予算額)	・事故時高温での試験炉試験条件検討 0/2	・事故時高温での試験炉試験条件検討 0/2	・事故時高温での燃料損傷挙動調査、知見拡充(含、事故耐性燃料) 0/2	・事故時高温での燃料損傷挙動調査、知見拡充(含、事故耐性燃料) 0/0	・事故時高温での燃料損傷挙動調査、評価(含、事故耐性燃料) 0/0
・燃料挙動解析コードの整備 (実績額/予算額)	・燃料挙動解析コード改良 36/16	・燃料挙動解析コード改良 ・MOX燃料微細組織試験 42/45	・MOX燃料微細組織試験 4/43	・燃料挙動解析コード整備 26/40	・燃料挙動解析コード整備 ・LOCA解析手法等整備 /73
・試験済照射燃料体等の保管管理 (実績額/予算額)	・試験済照射燃料等保管管理 41/65	・試験済照射燃料等保管管理 42/55	・試験済照射燃料等保管管理 44/62	・試験済照射燃料等保管管理 44/67	・試験済照射燃料等保管管理 /67
実績額/予算額	602/719	668/742	628/740	597/715	/709

1. 原子力規制委員会が実施する安全研究の枠組み

横断的原子力安全に係る
研究分野

A. 外部事象
(地震・津波・火山等)

B. 火災防護

C. 人的組織的要因

原子炉施設に係る研究分野

原子炉施設

D. リスク評価

E. 水・アクシデント(軽水炉)

F. 熱流動・核特性

G. 核燃料

H. 材料・構造

I. 特定原子力施設

L. 廃止措置・クリアランス



放射性
廃棄物

核燃料
サイクル

核燃料サイクル・廃棄物に係る研究分野

J-2.
貯蔵・
輸送

J-1. 核燃料サイクル施設
(再処理施設)



J-1. 核燃料サイクル施設
(加工施設)



K. 放射性廃棄物
埋設施設



原子力災害対策・放射線防護等に
係る研究分野

M. 原子力災害対策

N. 放射線防護

O. 保障措置・核物質防護

※上記分類は、「今後推進すべき安全研究の分野及びその実施方針について」(令和4年度以降の安全研究に向けて)(令和3年7月14日原子力規制委員会)による。

燃料破損に関する規制 高度化研究事業

原子力規制庁長官官房技術基盤グループ
システム安全研究部門

原子力規制委員会における安全研究

原子力の安全確保に向けた技術・人材の基盤の構築

- 最新の科学的・技術的知見に基づく規制基準の継続的改善
- 安全研究の実施等による最新の科学的・技術的知見の蓄積
- 原子力規制人材の確保及び育成の仕組みの確立

今後推進すべき安全研究の分野及びその実施方針

規制委員会の中期目標、1F事故の教訓、IAEAによる規制評価での指摘、審査や検査の経験、海外規制機関の動向等を踏まえ、今後推進すべき安全研究の分野を選定

横断的原子力安全

- ①外部事象
- ②火災防護
- ③人的・組織的要因

原子炉施設

- ①リスク評価
- ②シビアアクシデント
- ③熱流動・核特性
- ④核燃料、等

核燃料サイクル・廃棄物

- ①核燃料サイクル施設
- ②放射性廃棄物
- ③廃止措置・クリアランス

原子力災害対策・放射線規制等

- ①原子力災害対策
- ②放射線規則・管理
- ③保障措置。核物質防護

【インプット】技術基盤グループにおける安全研究

【アクティビティ】実施方針にしたがった安全研究活動

【アウトプット】規制活動向上のための検討資料、学術論文、解析コード等

(原子炉施設等の安全性に係わる最新知見、審査や基準の妥当性判断のための知見、基準やガイド策定のための知見)

【アウトカム】厳密な審査及び規制基準の継続的改善

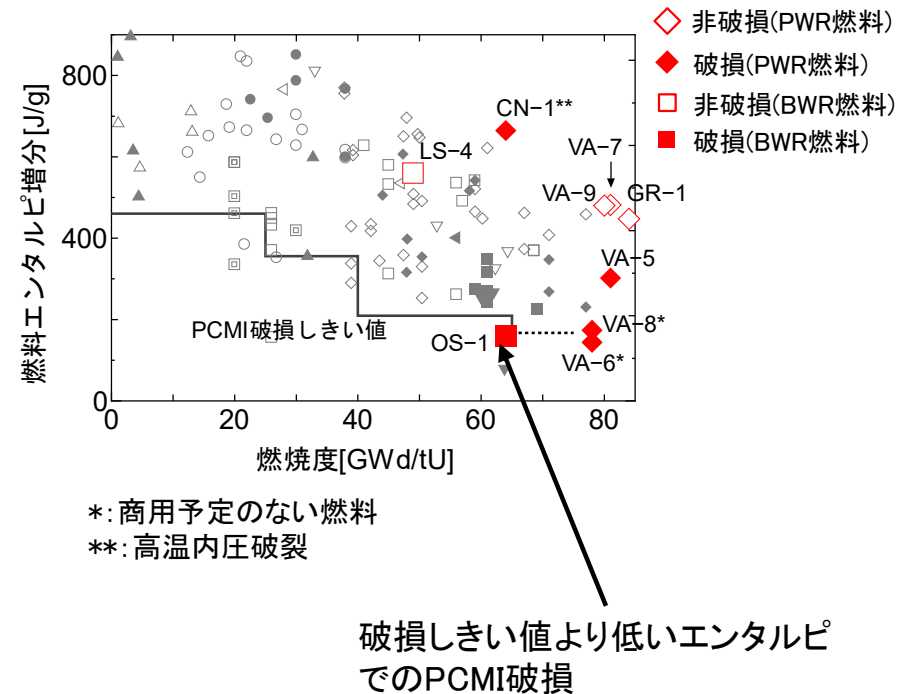
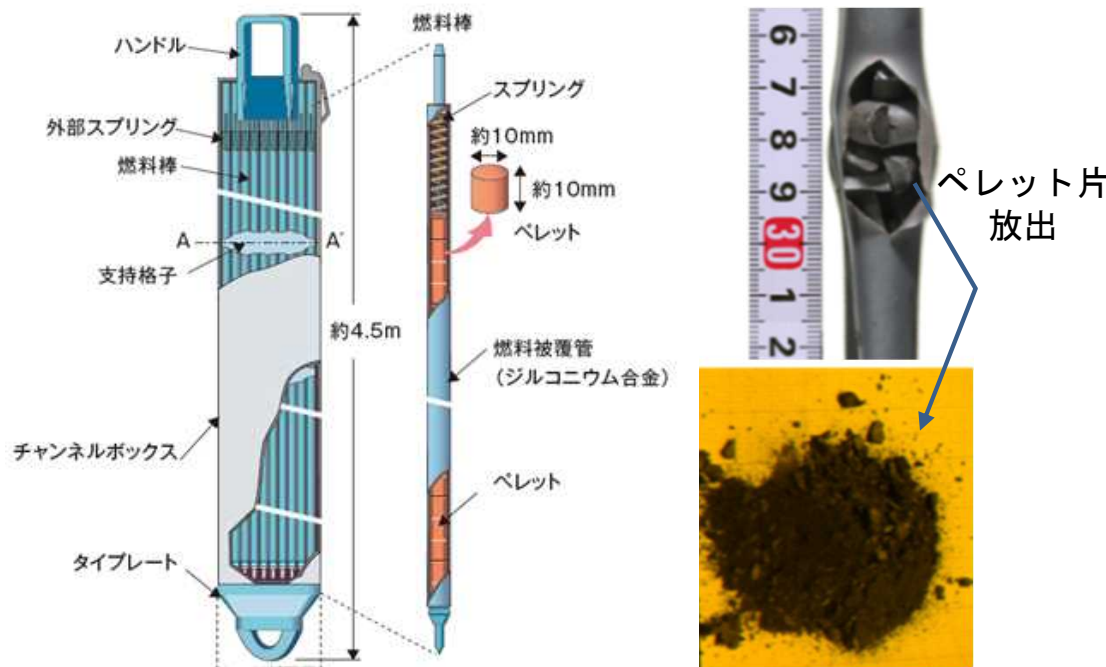
(職員及び組織全体の科学的・技術的専門性向上及び原子力規制を支える強固な技術基盤の構築と維持)

【政策目的】原子力に対する確かな規制を通じて、人と環境を守る

事業の背景

平成30年度までの事業にて確認された課題

- (1) 従来、観察されていなかった燃料破損形態が高燃焼度の改良型燃料の事故模擬試験にて確認されている。
- (2) 事故後燃料長期冷却性に着目した研究例がない。
- (3) 燃料に関する判断基準を示した指針類は、20年～30年前に、旧原子力安全委員会が策定当時の知見に基づき、決定あるいは了承したものであり、最新知見によるレビューが必要である。
- (4) 著しい炉心損傷判断基準に、保守的と考えられる基準を用いており、著しい損傷に至っていないにも関わらず、著しい損傷が生じたと判断し、その回避処置が取られていない恐れがある。



事業の目的と実施項目

【目的】

- 課題に対応した研究を実施し、事故時及びその後の炉心冷却性維持の評価をより確かなものとする。
- 通常運転時及び異常な過渡変化時の燃料挙動に関して研究成果をまとめめる。(継続研究:燃料健全性に関する規制高度研究)
- 専門性及び技術基盤を維持・向上する。

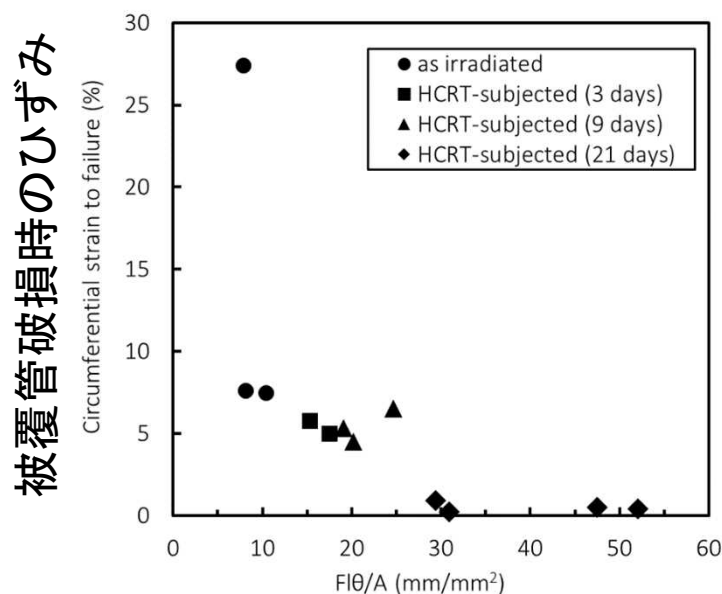
【実施項目】

1. 燃料健全性に関する規制高度化研究(継続研究、課題(3))
2. RIA時燃料破損が炉心安全性に与える影響に関する研究(課題(1)、(3))
3. LOCA時燃料破損が炉心冷却性に与える影響に関する研究(課題(1)、(2)、(3))
4. 事故(Beyond Design Base Accident : B-DBA)時の燃料形状維持に関する研究(課題(4))
5. 解析コード等の整備(専門性及び技術基盤の向上)

研究の実施内容 (1/6)

● 燃料健全性に関する規制高度化研究

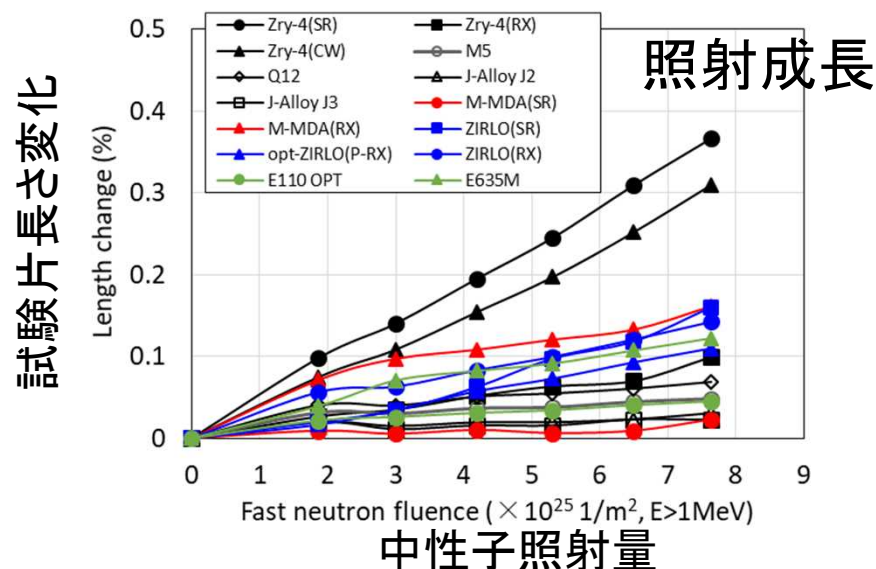
被覆管破損判断基準である1%塑性ひずみの妥当性を確認する。また、将来の導入が見込まれる改良被覆管の照射成長についてデータを取得し、導入時の審査に活用する。



被覆管中の水素化物の状態

アウトプット

- 試験結果及び解析結果
- 委託報告書
- 最終報告書
- 事後評価検討会(外部委員による事後評価)
- 論文(R2年度日本原子力学会論文賞受賞)



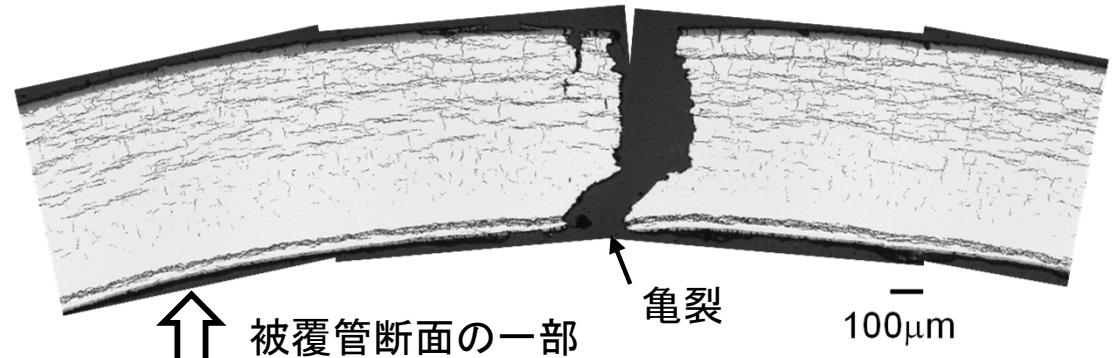
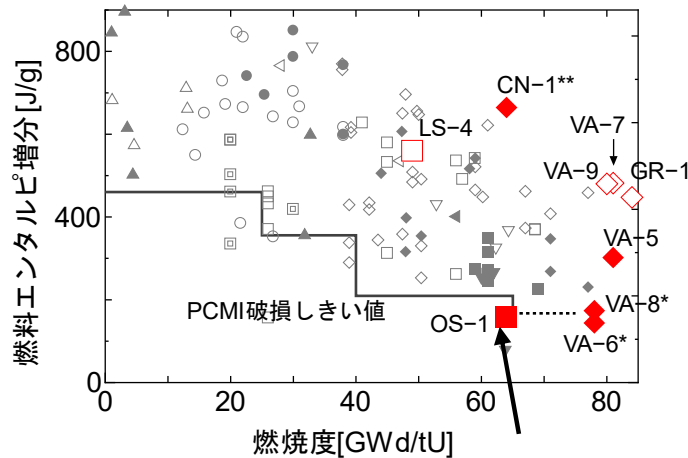
アウトカム

- 規制部との情報共有
- 旧指針類の妥当性確認
- 知見蓄積、技術力向上

研究の実施内容 (2/6)

● RIA時燃料破損が炉心安全性に与える影響に関する研究

従来、観察されていなかった燃料破損、特に、旧原子力安全委員会によって策定された破損しきい値より低い条件での燃料破損の原因について、事故模擬試験及び試験後観察を実施して調べている。



被覆管断面の一部

被覆管に析出した半径方向の水素化物(黒いすじ)が破損しきい値より低い条件での破損の原因と考えられる。

アウトプット

- 事故模擬試験結果及び解析結果
- 委託報告書
- 外部委員による中間評価検討会
- 論文
- 原子力規制委員会第49回技術情報検討会

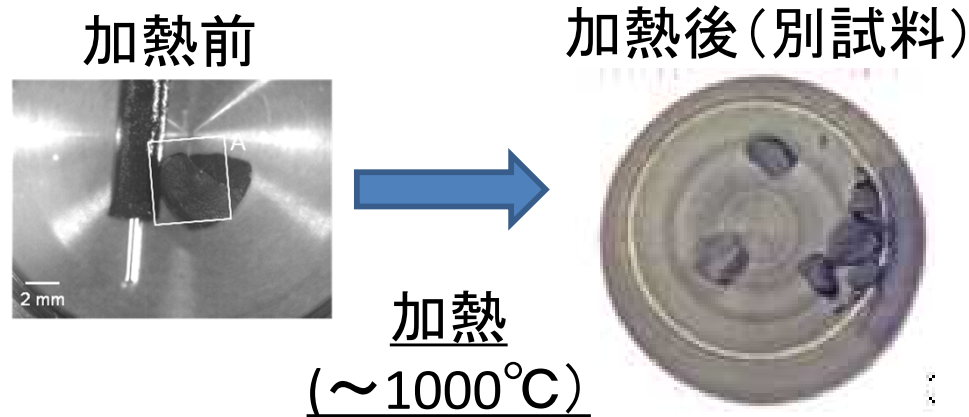
アウトカム

- 規制部との情報共有
- 技術基盤課との情報共有
- 旧指針類の妥当性確認
- 知見蓄積、技術力向上
- BWR10×10型燃料型式証明審査への技術支援

研究の実施内容 (3/6)

● LOCA時燃料破損が炉心冷却性に与える影響に関する研究

高放射線量の試料を扱うために、遮蔽されたホットセル内に試験装置を設置し、加熱試験及びLOCA模擬試験を行っている。また、国際プロジェクトにも参画し、試験データを取得している。

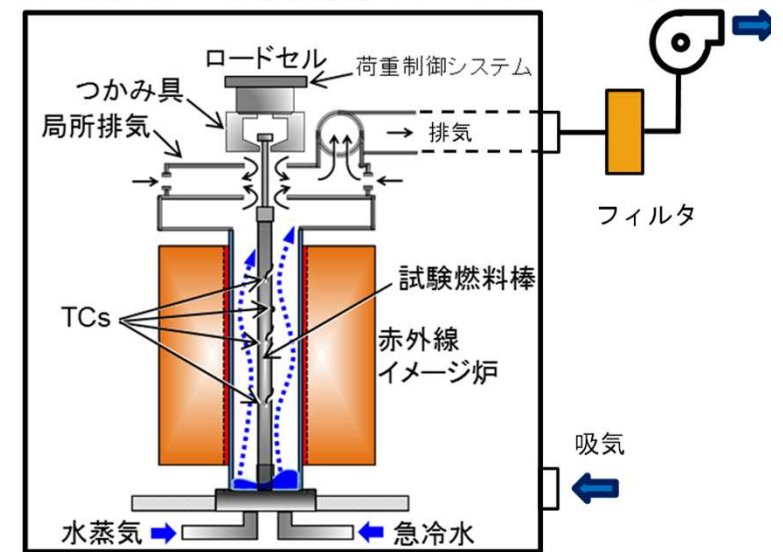


アウトプット

- 試験結果
- 委託報告書
- 中間評価検討会(外部委員による中間評価)
- 論文

LOCA模擬試験装置

汚染拡大防止(引張試験機のフード化)



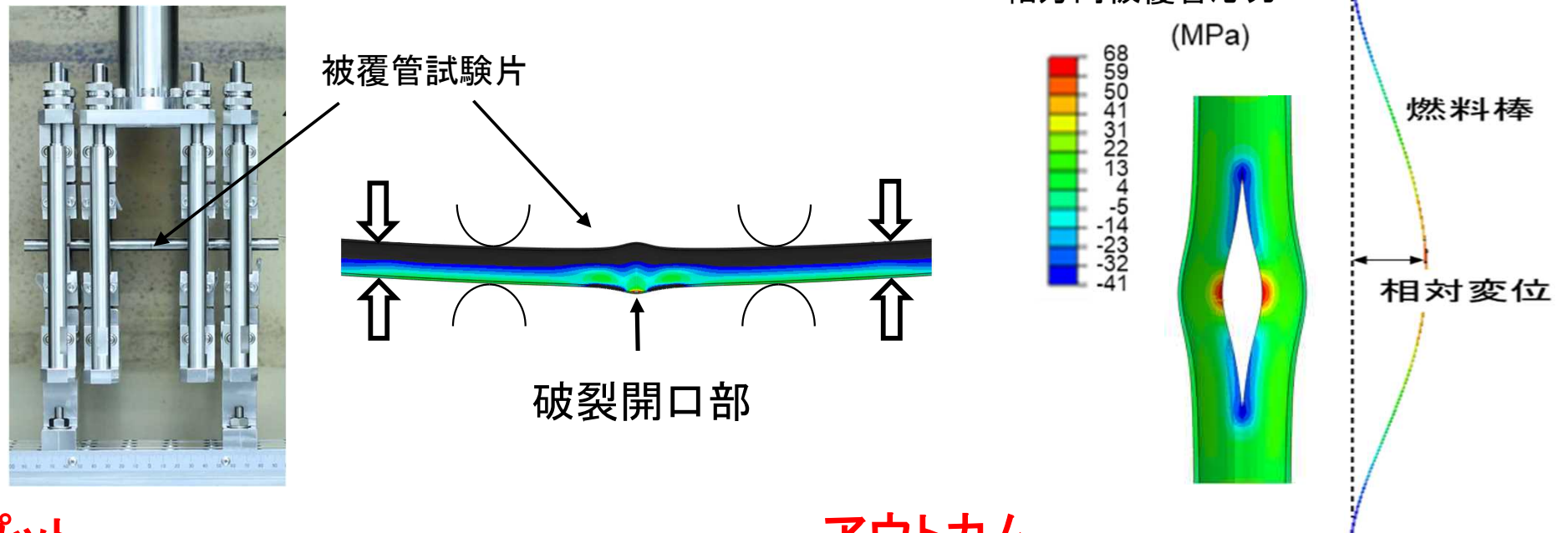
アウトカム

- 規制部との情報共有
- 旧指針類の妥当性確認
- 知見蓄積、技術力向上

研究の実施内容 (4/6)

● LOCA時燃料破損が炉心冷却性に与える影響に関する研究

LOCA時に燃料被覆管が破裂及び高温酸化した後、地震が生じることを想定して、被覆管に作用する応力を解析するとともに、被覆管の機械強度を試験にて確認している。



アウトプット

- 被覆管機械試験結果及び解析結果
- 委託報告書
- 中間評価検討会(外部委員による中間評価)
- 論文

アウトカム

- 規制部との情報共有
- 技術基盤課との情報共有 (ニーズ研究)
- 知見蓄積、技術力向上

研究の実施内容 (5/6)

●事故(B-DBA)時の燃料形状維持に関する研究

現状、被覆管温度1200℃を著しい炉心損傷の判断基準としているが、試験結果に基づけば、被覆管温度1200℃では被覆管は著しい損傷には至っておらず、その保守性の程度を既往研究調査及び解析により確認している。

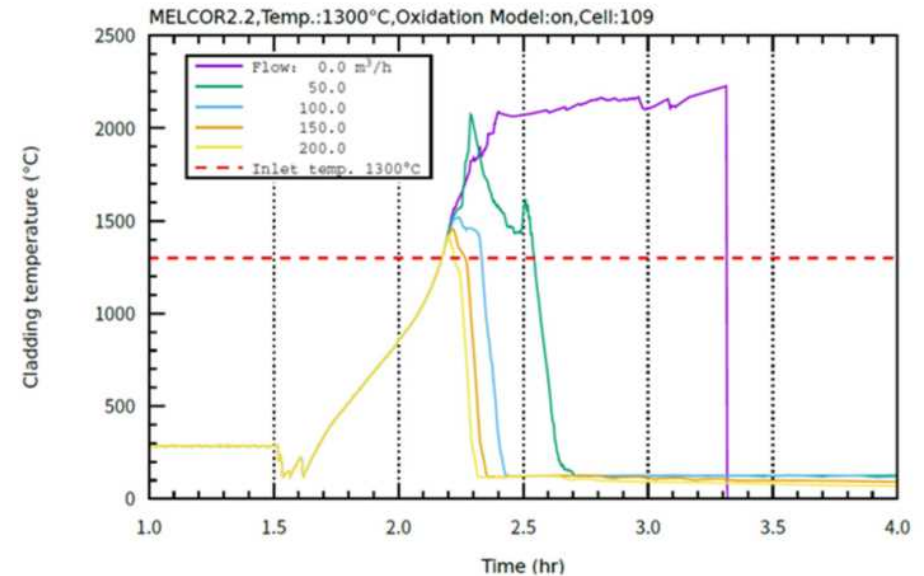
- 既往研究調査及び解析より、被覆管温度が1200℃を超える付近から、酸化反応速度及び発熱量が急激に増加するため、1200℃を著しい炉心損傷の判断基準とすることは妥当との結果が得られている。

アウトプット

- 調査結果及び解析結果
- 委託報告書

アウトカム

- 規制部との情報共有
- 技術基盤課との情報共有(ニーズ研究)
- 現行判断基準の妥当性確認



研究の実施内容 (6/6)

●解析コード等の整備

職員の専門性向上及び規制基準の説明性向上に資するために実施。モデリングに必要な材料特性データ取得についても実施。

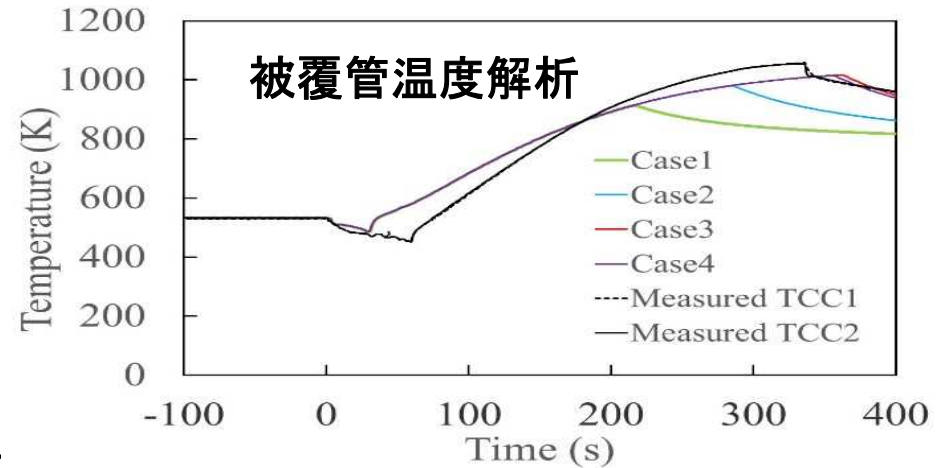
- 解析コードの改良
- 材料微視的機械特性の測定
- MOX燃料特性の調査、観察

アウトプット

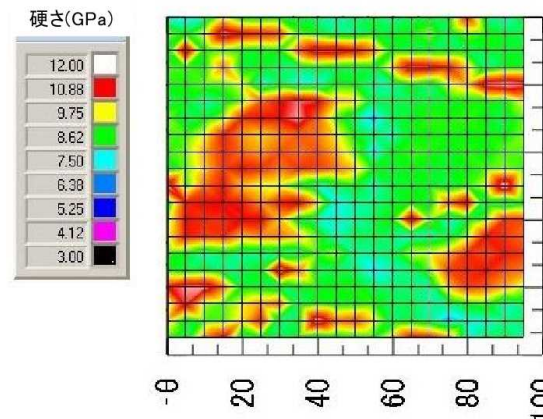
- 改良コード
- 測定結果、調査結果及び観察結果
- 論文

アウトカム

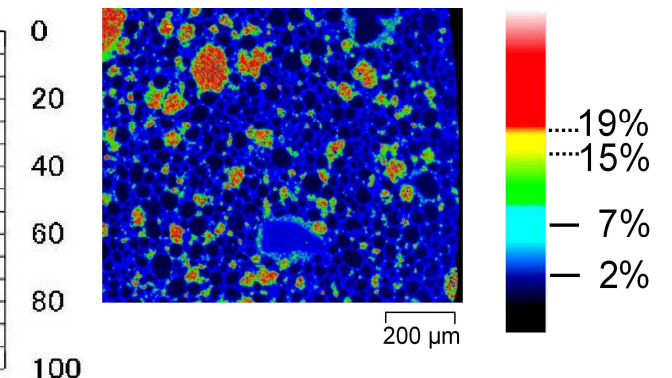
- 専門性向上、知見蓄積
- 規制基準の説明性向上
- 安全研究の立案、提案



水素吸収被覆管の
微小硬さ分布



MOX燃料内のPu分布



前事業からの改善

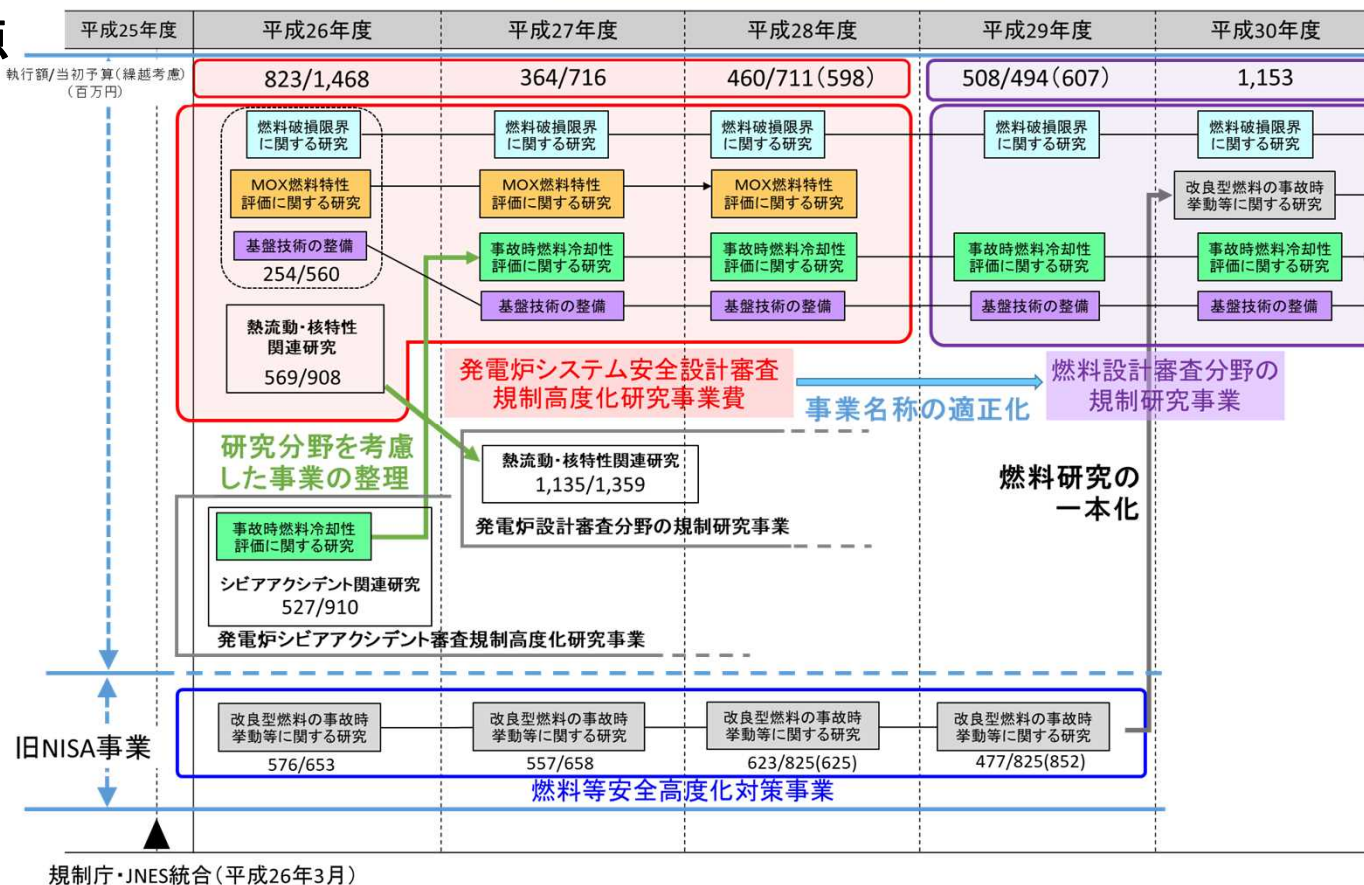
前回公開プロセス
勉強会資料より抜粋

事業の統廃合の流れ

前事業でご指摘いただいた問題点

- 事業の統廃合が多く、燃料安全研究全体像がわかりにくい。
- 不要額が大きい(進捗・予実管理が不十分)。
- 個々の研究単位でレビューすべき。

改善に向けた取組



- 事業期間を5年間と設定し、名称変更や統廃合を行わずに事業を進めた。また、計画どおりに研究が進捗し、成果が得られていることをわかりやすくするため、得られた成果については可能な限り速やかに論文等で公表した。
- 研究内容を見直すとともに、予算算定をできるだけ厳密に行い、予算規模のスリム化を行った。
- 研究プロジェクトの整理を行い、当初は2つの研究プロジェクトで開始し、1つの研究プロジェクトが終了した後は、1事業1研究プロジェクトとし、レビューしやすくした。