

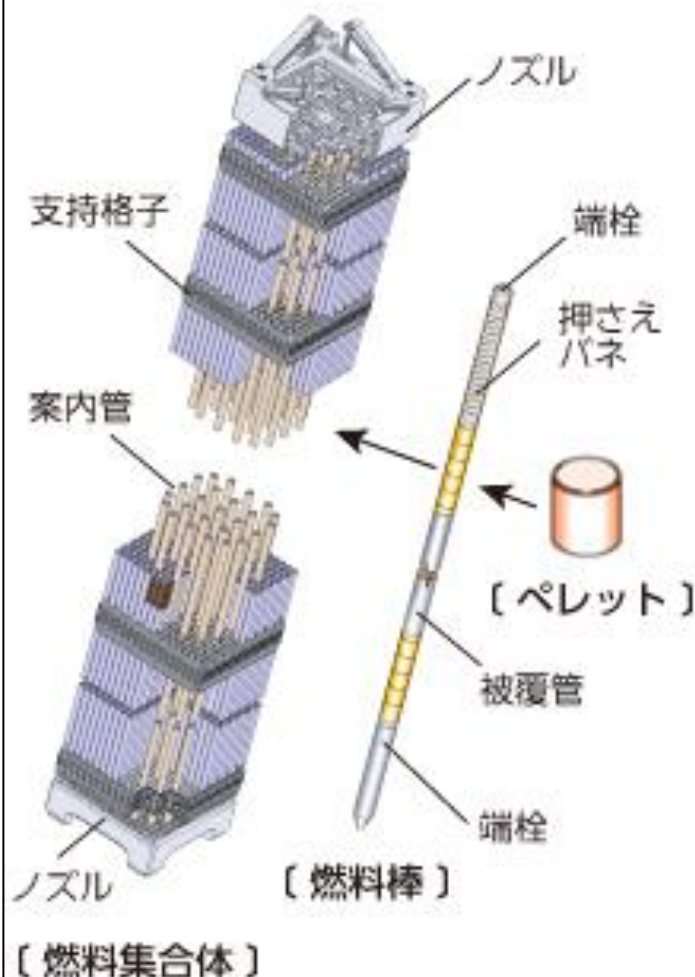
事業者の事故耐性燃料(ATF)導入に向けた対応状況

2023年10月19日

原子力エネルギー協議会

事故耐性燃料（ATF）について

- ✓ 燃料被覆管に用いているジルコニウム基合金は腐食や照射損傷に対する耐性が強く、十分な強度と延性を維持し、ウランの核分裂に必要な熱中性子に対する断面積が小さいなどの優れた特性を持っている。
- ✓ 一方、高温では酸化しやすく、水や水蒸気と反応して酸化物を形成するとともに水素を発生し、また、酸化反応に伴う発熱が大きく、1200～1500℃を超えると急激に酸化反応が進行する特性がある。
- ✓ これらを踏まえ、通常時の性能を維持あるいは向上させつつ、事故時の事象進展を遅らせ、かつ水素発生量低減が可能な「**事故耐性燃料（ATF : Accident tolerant fuel）**」の開発が世界的な潮流となっている。
- ✓ 事業者においては、国の補助をいただきつつ、**ATENA、電力、JAEA、プラントメーカー、燃料メーカーが一体となって、ATFの開発を進めている。**
- ✓ また、昨年12月のCNO意見交換会において、実務者意見交換会をさせていただきたい旨表明した。

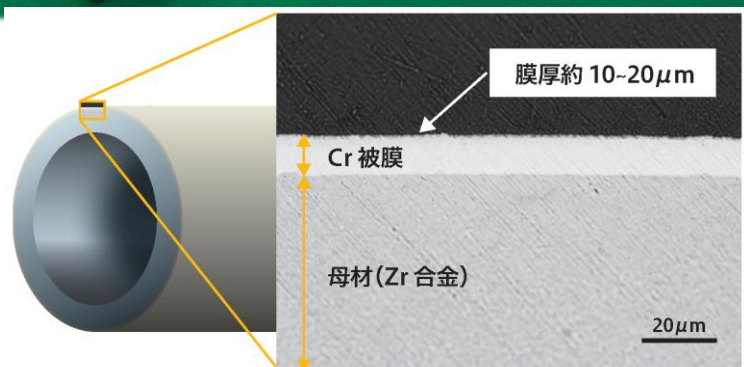
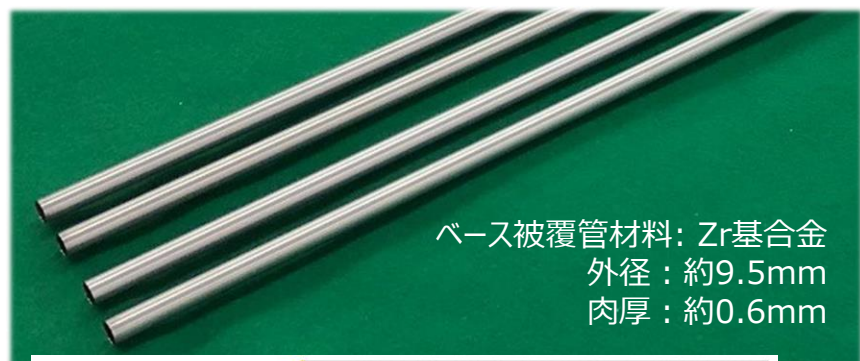


出典：
<https://www.mhi.com/jp/group/mnf/products/pwr.html>

クロムコーティング被覆管について

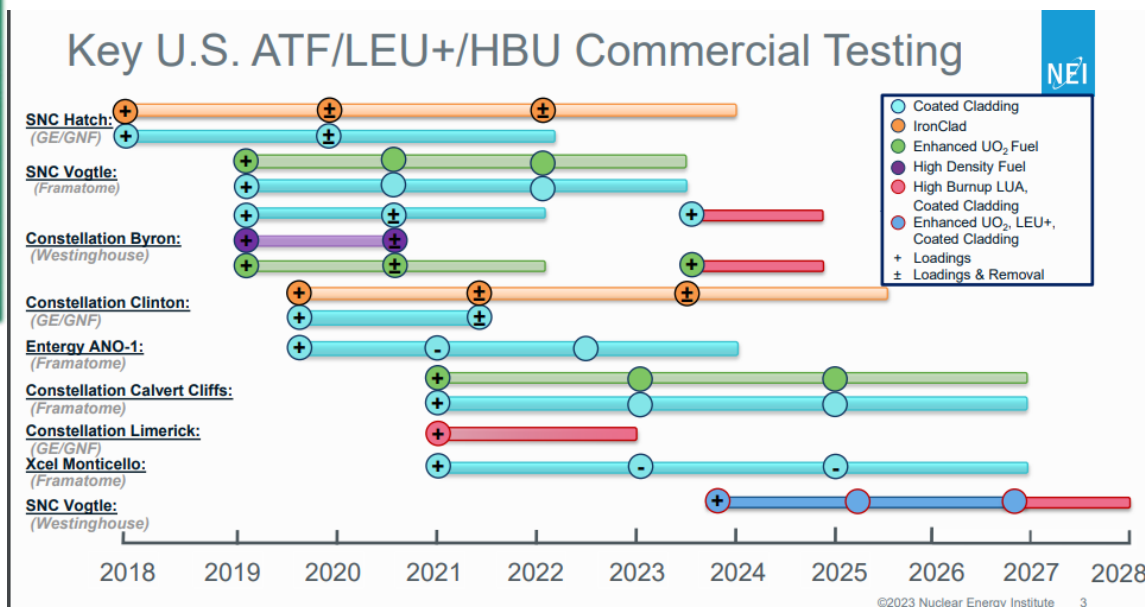
- ▶ジルコニウム基合金にクロムをコーティングすることで、表面の酸化反応の抑制が可能であり、既存技術の延長線に位置し、**ATFの中では実用化に近い。**
- ▶クロムコーティングは、世界中で開発が進められており、米国では試験照射のフェーズから実機を用いた少数体先行照射まで進んでいる。

クロムコーティング被覆管



被覆管断面図

米国における商業炉照射試験状況

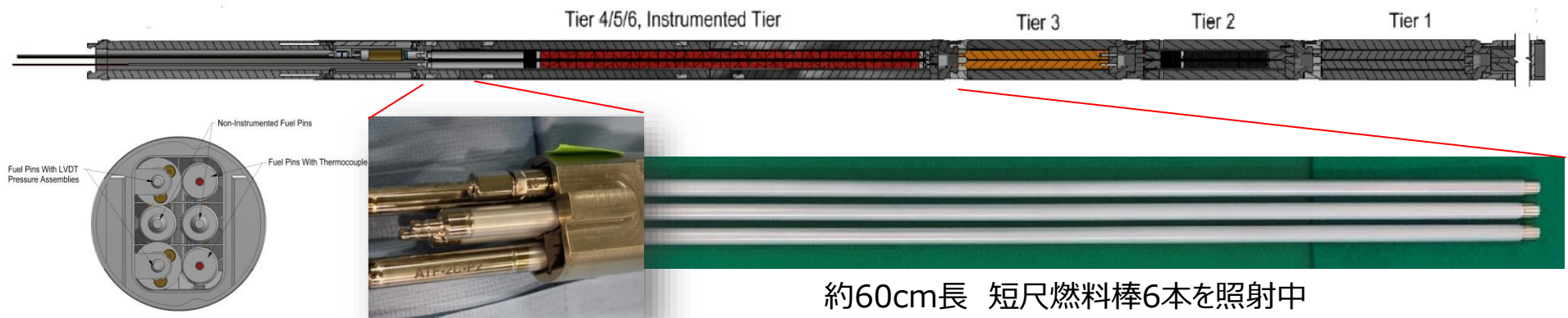


<https://www.nrc.gov/docs/ML2301/ML23018A051.pdf>

ATF開発に係る試験照射の取組

- JAEAにて、国産のクロムコーティングの試験照射を進めており、2023年4月から米国アイダホ国立研究所(INL)の試験研究炉(ATR)において、PWR水模擬環境中での**燃料棒の照射試験を実施中**。
- 2023年9月までに約8～10GWd/tまでの照射を完了。冷却水モニタリング結果から、**燃料漏えいの兆候は見られず**、放射能レベルも通常範囲にあることを確認
- 引き続き、ATRでの照射を予定しており、照射データの拡充を進める計画。

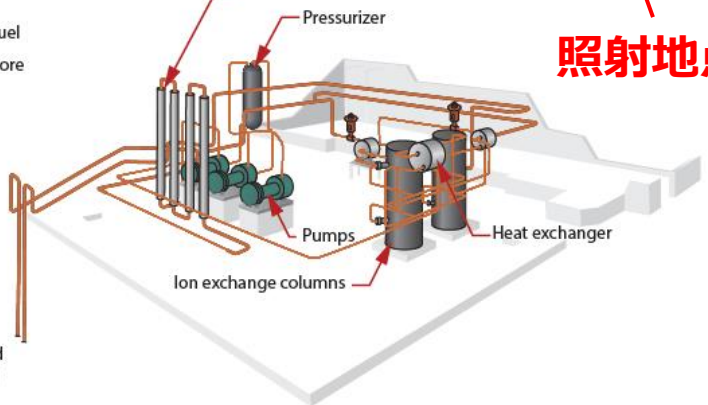
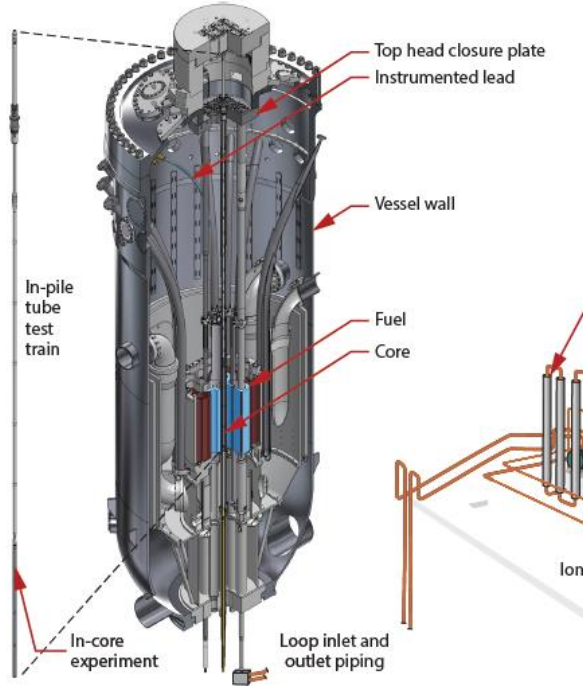
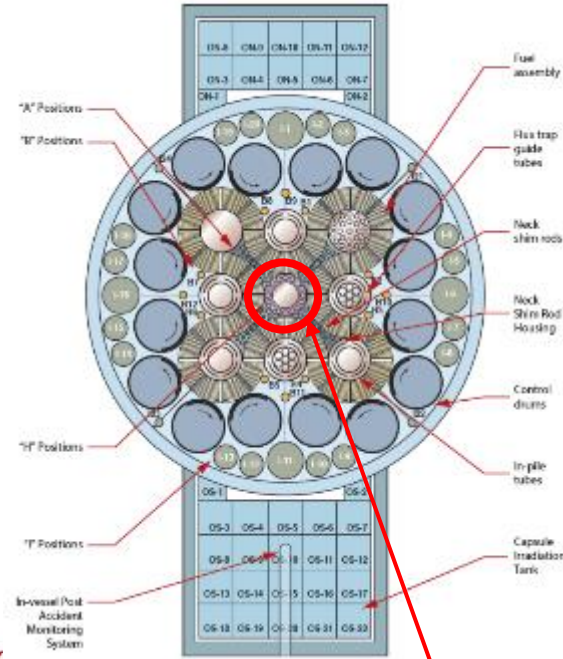
パラメータ	2023年6月 (実績)	2023年9月 (実績)	2024年5月 (計画)	2024年9月 (計画)
燃焼度(集合体平均)	3.8 GWd/t	8~10GWd/t	12~15GWd/t	16~20GWd/t
サイクル平均線出力(集合体平均)	30.2 kW/m	約30kW/m	←	←
冷却材圧力・温度	15.2MPa/290℃	←	←	←



米国試験照射炉(ATR)の概要

➤ ATRは米国のINL所有の試験研究炉であり、**PWR環境での照射が可能。**

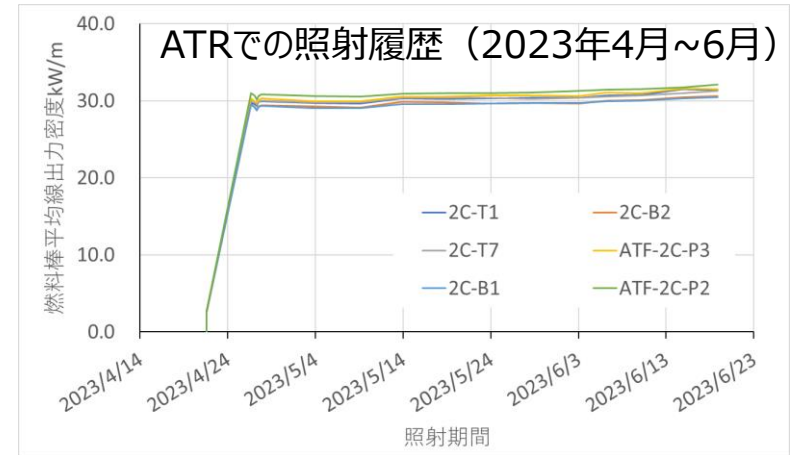
原子炉名	ATR (INL(米国))
熱出力(MWt)	最大250 (通常110)
熱中性子束 (n/cm ² s)	最大1.0x10 ¹⁵ (通常4.0x10 ¹⁴)
高速中性子束 (n/cm ² s)	最大5.0x10 ¹⁴ (通常2.0x10 ¹⁴)
燃料実効長	1.2m
冷却水圧力	2.5MPa
設計冷却水温度	115℃
運転時冷却水温度	<52℃(入り口)、71℃(出口)
運転日数	通常60日
付帯設備	PWR模擬水ループ*6ループ (1ループ：原子力エネルギー研究用)



照射地点

ATF開発に係る試験照射の状況

- PWRの通常運転時平均出力(約18kW/m)を超える約30kW/mの出力条件で照射中。
- 商業炉 1 サイクル相当の燃焼度(約15GWd/t) 達成まで照射を行ったのち、INLが有するホットラボ施設にて照射後試験を実施し、**クロムコーティングの健全性や、現行被覆管との強度比較等**を予定。



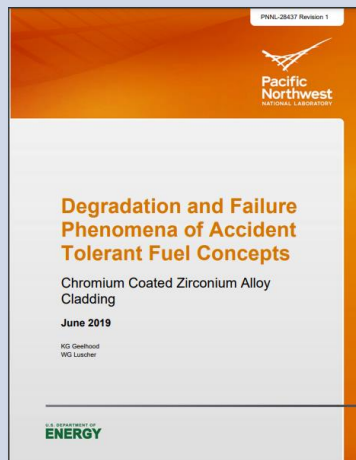
区分	確認方法	取得データ	評価
非破壊試験	ガンマスキャン	燃焼度分布	異常燃焼のないことの確認
	酸化膜厚さ測定	表面探傷/酸化膜厚さ	傷や異常腐食がないことの確認
	外径測定	クリープ、コラプス	通常運転時のクリープ速度の大小
	外観観察	外観画像 (燃料棒伸び)	表面異常の有無の確認 (Crの割れ・はがれを含む) 燃料棒伸びの確認
破壊試験	硬さ試験	クロム表面の硬さ	耐摩耗性の確認
	引張試験	強度・延性	現行管との強度の違いの有無
	金相観察	酸化膜厚さ、被膜状態	腐食量の確認、Crの密着性
	水素分析	水素吸収量	母材への水素吸収量の確認
	疲労試験	疲労強度	現行管との違いの有無

クロムコーティングで確認されている効果について

➤ Crコーティング・ジルコニウム基合金被覆管の導入効果、被覆管性能への影響や安全設計基準への影響をまとめた報告書が複数公開され、**技術的な確認事項が整理**されている。

米国パシフィック・ノースウェスト国立研究所
(PNNL)

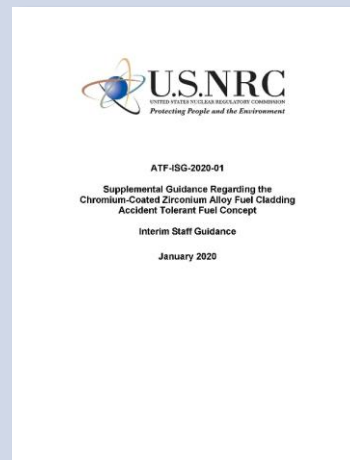
Degradation and Failure Phenomena of ATF Concepts, Chromium Coated Zirconium Alloy Cladding (2019)



- Cr膜形成によるZr被覆管の材料特性・挙動への影響と、規制基準への影響を整理
- 新たな損傷モード等も抽出し、知見拡充が必要な項目を特定

米国原子力規制委員会(U.S.NRC)

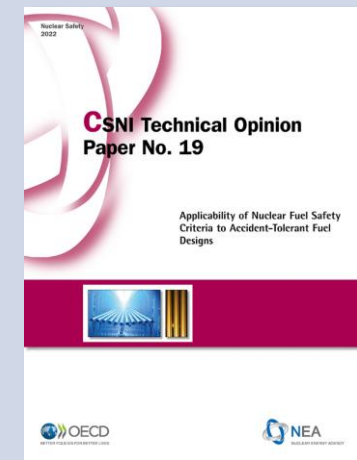
ATF-ISG-2020-01 Supplemental Guidance regarding the Chromium Coated Zirconium Alloy Fuel Cladding ATF Concept (2020)



- Crコーティング被覆管の審査確認ポイントをまとめた審査官向けガイダンス(中間報告)
- 技術論点や重要度についてはPNNL報告書を引用

経済協力開発機構/原子力機関
(OECD/NEA)

CSNI Technical Opinion Paper No.19 Applicability of Nuclear Fuel Safety Criteria to ATF Designs (2022)



- Crコーティングを含むATF導入に向けた技術的論点を整理
- Crコーティング被覆管については、各国開発状況も踏まえ、知見拡充が必要な項目を特定

クロムコーティングで確認されている効果について

- PNNLレポートでは“Crコーティング被覆管の解析コード、手法、制限値の変更”としてコーティングによる**主要な材料特性等への影響**が整理されている。
- ✓ Cr層は薄く、基本的な性能は現行被覆管と同程度。
 - ✓ Cr層が健全である限り性能（酸化性能等）は向上する方向。性能の適切なモデル化が必要。
 - ✓ 新たな考慮事項としてCr層の割れ・はがれの可能性、Crの冷却材への溶出等の影響評価要。

項目	PNNLレポートにおける評価概要	現行評価手法への影響
熱特性： 熱伝導率,熱膨張,放射率等 機械特性： 弾性係数,降伏応力等	<ul style="list-style-type: none"> ➤ データ確認は必要だが、Crコーティング層は数十μmと母材肉厚に対して相対的に薄く、物性や材料特性は母材と同程度 ➤ 製造手法や設計方針に応じ適切なモデル化が必要 	軽微 （設計方針に応じて設定）
変形挙動 熱・照射クリープ、 軸方向照射成長 等	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 被覆管のクリープ速度や照射成長は変わる可能性があり。 ➤ 長期間のデータ拡充とモデル化が必要 	影響あり 考慮要
通常運転時挙動 腐食速度、水素吸収、 事故時挙動 高温膨れ・破裂、高温酸化	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 表面Cr層形成による酸化抑制効果により性能が向上（未照射試験から確認） ➤ 長期間の照射によるコーティング層の健全性の確認と、適切な評価モデルの設定が必要 	影響あり 考慮要 （性能向上）

クロムコーティングで確認されている効果について

- 公開情報を基にクロムコーティングの影響箇所を整理し、**評価への影響を整理**。
- クロムコーティングが照射後でも照射前と同じ性能を有することを確認できれば、腐食の抑制や事故時の折損温度の向上の取込が可能であり、影響を確認中。

分野	現行被覆管に対する規制要求事項 (要件)	コーティング被覆管導入による影響	評価に向けた取り組み状況	現状 (見通し含む)	
安全設計 / 安全評価	燃料設計 (燃料健全性)	➤ 熱・機械的負荷により被覆管が破損しないこと	➤ コーティング層形成による機械強度の変化	✓ 試験による機械的強度データ拡充と照射試験による影響確認、及び解析モデル作成と評価	• 未照射材試験より強度は同等程度であることを確認
		➤ 冷却材との反応による外面酸化・水素吸収により強度や延性低下が著しく低下しないこと	➤ コーティング層による被覆管外面耐食性の向上	✓ 耐食性確認試験 (照射試験実施を含む) によるデータ拡充と解析モデル 作成、評価	• 未照射材試験より、表面腐食はほとんど進まないことを確認
		➤ 振動による摩耗により被覆管が破損しないこと	➤ コーティング層による摩耗性能 (硬さ) の向上	✓ 堅牢性/耐摩耗性確認試験による摩耗性能確認・評価	• 摩耗試験を実施中
	核設計	➤ 炉心の安全性に著しい影響がないこと	➤ 被膜成分 (Cr) による核的性能 (中性子吸収断面積) の変化	✓ 解析による核的影響評価	• 10-20 μ m 程度の厚みによる反応度影響は軽微
	熱水力設計	➤ DNBの発生により被覆管が破損しないこと (DNBが発生しないこと)	➤ DNBによる沸騰遷移時におけるコーティング層形成による酸化の抑制	✓ 高温酸化試験によるコーティング被覆管の伝熱性能確認 (伝熱性評価、高温酸化の確認と評価)	• 熱伝導率や表面状態等の確認試験を実施中
	事故時安全評価 (LOCA)	➤ LOCA時被覆管最高温度、酸化量が制限値以下であること	➤ コーティング層によるLOCA時の表面高温酸化の抑制膨れ量の低減	✓ LOCA模擬高温水蒸気酸化/熱衝撃/膨れ・破裂試験による性能確認と解析 モデル作成、評価	• 1200 $^{\circ}$ Cを超える条件でのクエンチ性能向上、高温酸化の抑制効果を確認
	重大事故時評価 (SA)	➤ SA (燃料溶融) 時の対処有効性評価への影響がないこと	➤ コーティング層の酸化抑制による対処時間の延長、水素発生量の低減	✓ SA想定挙動確認試験と解析条件検討	• 高温酸化式等について評価モデルへの導入検討中

ATF導入に向けた事業者の進め方

- ✓ 過去に55GWd/t燃料を導入した際、試験研究炉において照射を実施後、安全影響等をまとめた報告書を発行し、国内先行照射に向けた整理を行った。
- ✓ 一方、クロムコーティングは現行被覆管からの仕様変更および影響度合いも小さいことから、**早期に少数体先行照射を行い、速やかにATFの本格導入の検討を進めてまいりたいと**表明した。

	2022	2023	2024	2025以降
イベント		▼12/12 CNO意見交換会		
照射データ取得 (試験照射等)		▼4月 照射開始 試験照射	試験照射 (継続)	過渡試験
実炉照射				照射後試験
実炉照射				<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> 少数体先行照射 申請準備 → 審査 → 照射 </div>
実務者意見交換				本格導入審査 → 本格導入
実務者意見交換		<div style="background-color: yellow; padding: 10px; text-align: center;"> 少数体先行照射に係る 審査円滑化に向けた意 見交換 </div>		

実務者での意見交換について

- クロムコーティングは、公開文献からも大きな特性の変更はないことが確認されている。
- コーティングにより性能が向上するものは、クロムコーティングを考慮しない評価をし、クロムコーティングにより性能が変化し、その影響を見極める必要があるものは、考慮した評価にて安全性を説明することを検討中。

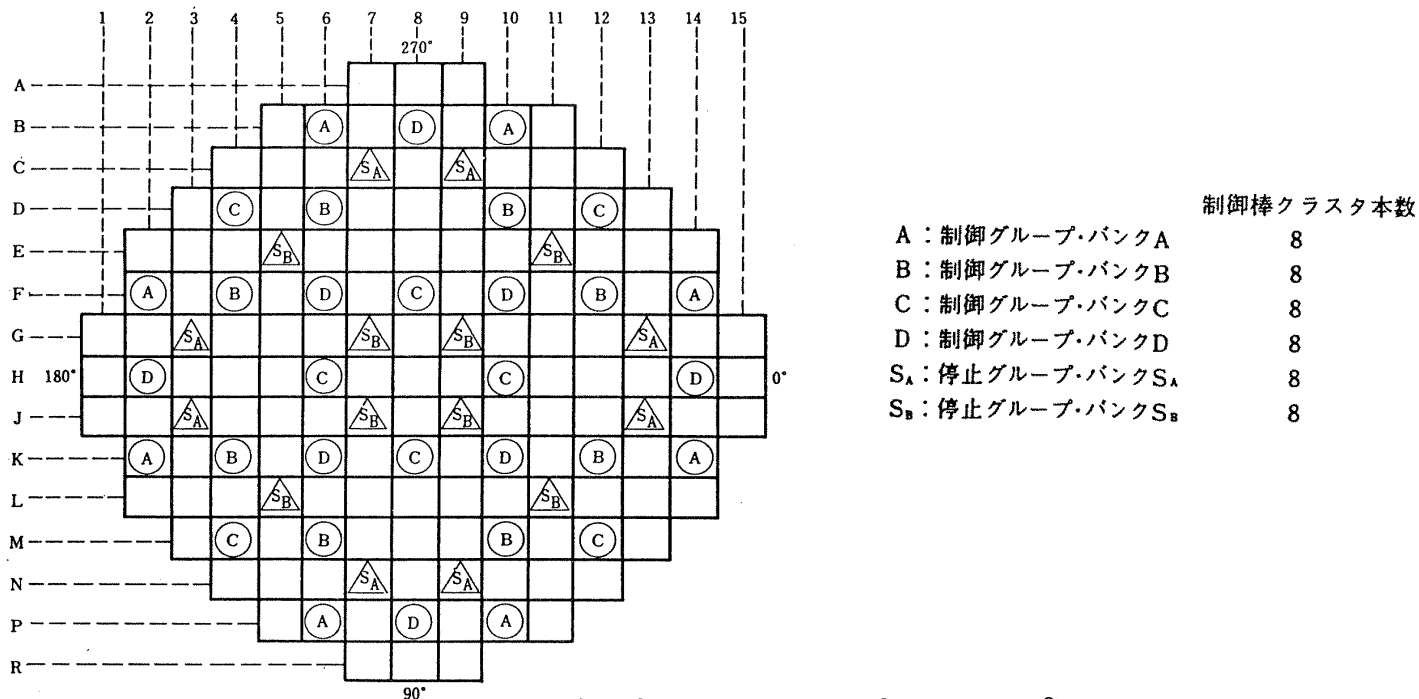
データ分類		項目	特徴・性能	影響確認	備考
物性	機械的性質	硬さ	• Cr被膜硬さ：Zrの1.5～2倍	●	現行より性能向上するため、考慮しない評価とする。
		UTS/耐力/伸び	• 強度/延性とも現行管同程度	●	現行と同等であり、影響なしと整理
		ヤング率/ポアソン比	• 母材と同等と推定	●	現行と同等であり、影響なしと整理
	熱的性質	熱伝導率	• 母材と同等と想定	●	現行と同等であり、影響なしと整理
		熱輻射率	• 黒・灰色のZrO ₂ 酸化膜が形成されないため低下を想定	●	現行と同等であり、影響なしと整理
		熱膨張率	• 母材と同等と想定	●	現行と同等であり、影響なしと整理
		密度/比熱	• 母材と同等と想定	●	現行と同等であり、影響なしと整理
		相変態温度	• 母材と同等と想定	●	現行と同等であり、影響なしと整理
		共晶点/融点	• Cr-Zr共晶温度：1332°C	●	現行より性能向上するため、考慮しない評価とする。
		化学的性質	酸化反応（通常時）	• ほぼ腐食しないと想定	●
	酸化反応（事故時）		• Cr酸化後にZr酸化に移行	●	現行より性能向上するため、考慮しない評価とする。
	水素吸収特性		• 腐食しないため、水素吸収もないと想定	●	現行より性能向上するため、考慮しない評価とする。
	溶出反応		• 腐食試験結果より大規模溶出はないと推定	○	影響確認項目とする。
	核的性質	中性子吸収断面積	<ul style="list-style-type: none"> • 10μm程度のコーティングによる核的影響は軽微 • ほう素/制御棒による調整可 	○	影響確認項目とする。

実務者での意見交換について

データ分類	項目	特徴・性能	影響確認	備考	
挙動	被覆管	塑性変形	・ 機械特性が現行と同程度なため、Zrと同等と推定	●	現行と同等であり、影響なしと整理
		クリープ	・ 歪量が相対的に小さい傾向と想定	○	影響確認項目とする。
		コワプス	・ クリープ特性から相対的にはコワプスしにくいと推定	●	現行より性能向上するため、考慮しない評価とする。
		アニーリング	・ Crは高温まで安定と想定	●	現行と同等であり、影響なしと整理
		疲労	・ 現行被覆管と同程度と想定	●	現行と同等であり、影響なしと整理
		バースト	・ 現行被覆管と同程度（破裂温度・圧力とも）と想定	●	現行と同等であり、影響なしと整理
		高温熱衝撃	・ 1350°C30%ECRまで非折損	●	現行より性能向上するため、考慮しない評価とする。
		割れ/剥がれ	・ 機械特性試験では割れ/剥がれは発生していない	○	影響確認項目とする。
	燃料棒	FPガス放出	・ コーティング管とは直接関連しない	—	影響なし
		照射成長	・ 母材と同等と想定	●	現行と同等であり、影響なしと整理
		PCI/PCMI	・ 母材と同等と想定	●	現行と同等であり、影響なしと整理
		反応度投入特性	・ 母材と同等と想定	—	現行と同等であり、影響なしと整理
	燃料集合体	曲がり(棒/集合体)	・ 熱膨張差等が影響する可能性はあるが軽微と想定	●	現行と同等であり、影響なしと整理
		フルッティング	・ 表面耐摩耗性向上	●	現行より性能向上するため、考慮しない評価とする。
		DNB特性	・ 大きな表面状態変更無し ・ 熱伝導率は母材と同等と想定	●	現行と同等であり、影響なしと整理
		事故時荷重	・ Cr重量増分は軽微	—	現行と同等であり、影響なしと整理

海外の運用との比較について

- ▶ 海外の少数体先行照射では、安全評価に影響を与えることがない場合、炉心装荷体数を制限しつつ、少数体先行照射が可能な運用となっている。
- ▶ クロムコーティングは、ジルコニウム基合金からの変更点は大きくないが、少数体先行照射として、海外の運用の考え方も踏襲し、安全性への影響や装荷位置について説明予定。海外は制御棒位置に装荷しないというものがあり、制御棒位置を外した運用を予定。



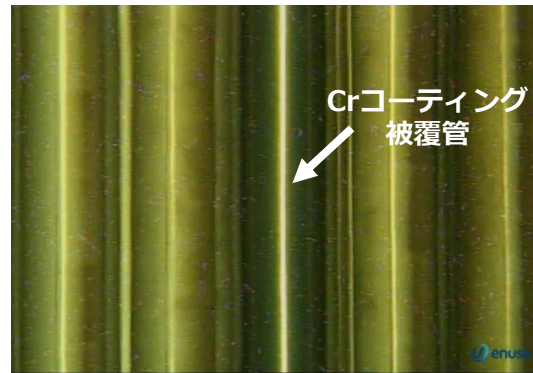
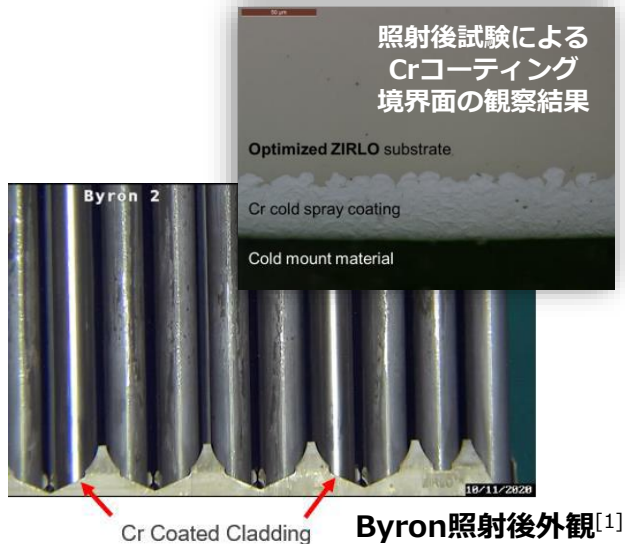
図：制御棒位置の例（3ループ）

参考

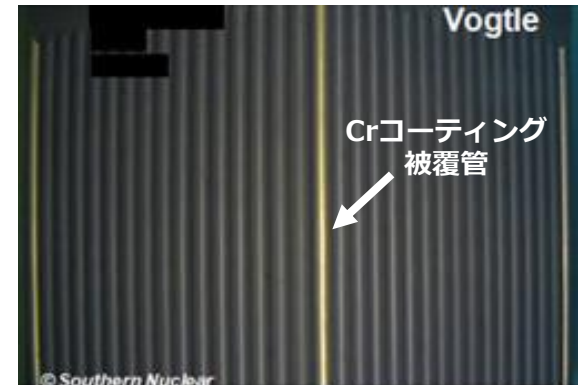
【参考】欧米のCrコーティング被覆管先行照射試験の状況(PWR)

- 欧米では燃料集合体の一部にCrコーティング被覆管燃料棒を採用した先行照射のほか、燃料集合体の燃料棒をすべてCrコーティング被覆管とした燃料集合体の商業炉先行照射を実施中
- 照射環境下でのCrコーティング層の健全性（外観異常）や耐食性の向上が確認されており、2025年頃からの本格導入に向け許認可準備（解析コードの改良など）が進められている。

メーカー	被覆管	ペレット	照射状況
Westinghouse	Crコーティング (Optimized ZIRLO)	Cr ₂ O ₃ 添加ペレット	Byron (米国) 18ヶ月×1サイクル終了/2サイクル照射中 Doel (ベルギー) 18ヶ月×2サイクル/3サイクル照射中
Framatome	Crコーティング (M5)	Cr ₂ O ₃ 添加ペレット	Vogtle (米国) 18ヶ月×2サイクル終了/3サイクル照射中 ANO (米国) 18ヶ月×2サイクル終了/3サイクル照射中 Calvert Cliffs 24ヶ月×1サイクル終了/2サイクル照射中



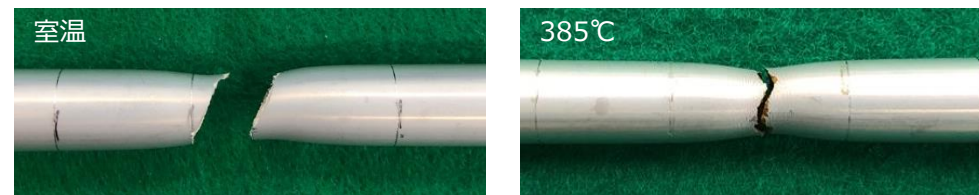
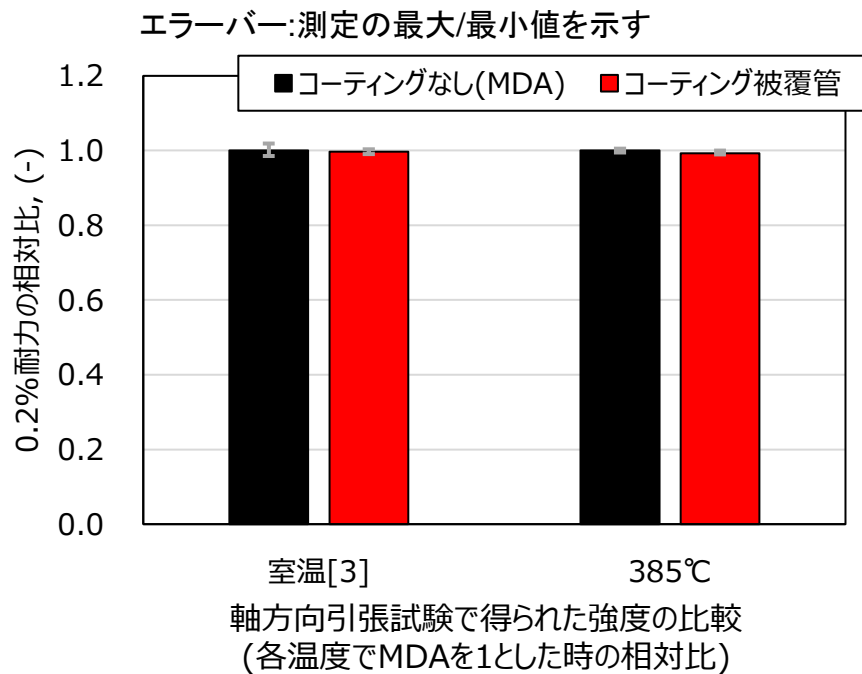
Doel 照射後外観^[2]



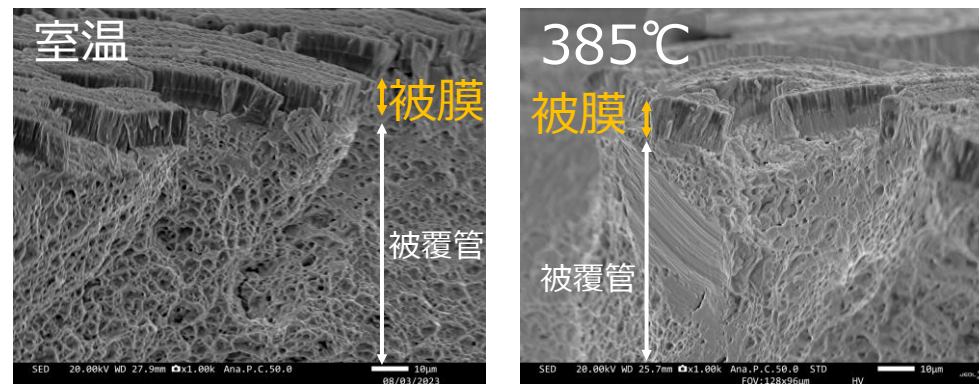
Vogtle 照射後外観^[3]

[1]Walters, et.al., "Poolside Inspection of EnCore® Fuel Lead Test Rods at Exelon Byron Unit 2" *Top Fuel 2021*
 [2]Fallot, et.al., "Poolside Visual Inspection of Cr-Coated Lead Test Rods at Doel 4 After One Irradiation Cycle" *Top Fuel 2022*
 [3]Vioujard, et.al., "Protect: The E-ATF Solution by Framatome -- Overview of Recent Achievements and Next Steps" *Top Fuel 2022*

- Crコーティング被覆管引張り試験からは、Cr膜と母材の密着性は維持される結果が得られている。
- 室温及び高温(385℃)条件のいずれも母材との密着性が維持されており、通常運転時に想定される環境下で、被覆管変形によるCr膜のはがれが発生する可能性は小さいことが示唆される。



(コーティング被覆管の試験後外観観察)



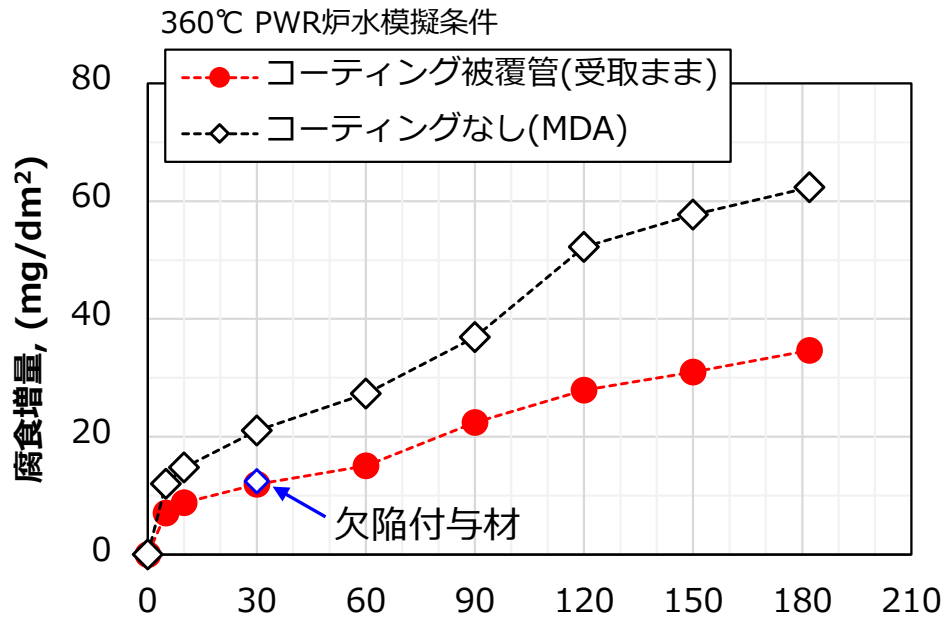
(コーティング被覆管の破面観察)

軸方向引張試験後外観と破面観察写真

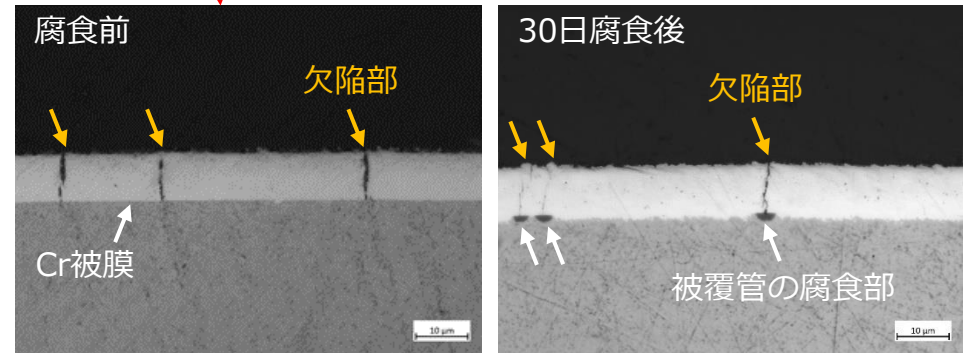
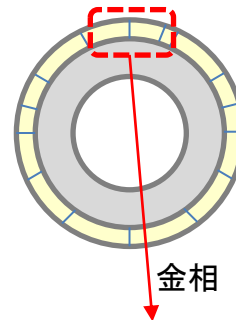
[1] 岡田他、日本原子力学会2021年秋の大会 2D08
 [2] 岡田他、日本原子力学会2023年秋の大会 2C17

【参考】Crコーティング被覆管の耐食性

- PWR冷却水模擬環オートクレーブ試験に人工的に欠陥を付与したCrコーティング被覆管を供試
- 180日の腐食期間で、欠陥（傷）のないCrコーティング被覆管と同等の耐食性を維持
- 欠陥部における腐食の進行も限定的な範囲に限られることを確認。



腐食期間, (days)
欠陥付与材の腐食増量



欠陥付与材の断面金相写真

[2] 岡田他、日本原子力学会2023年秋の大会 2C17

【参考】Crコーティング被覆管の事故耐性（LOCA時特性①）

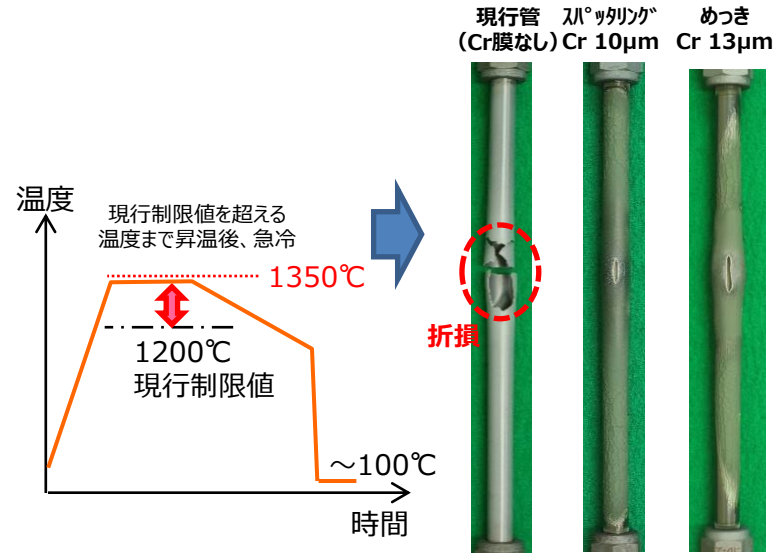
クエンチ試験

- 水蒸気雰囲気中で熱負荷（ECR：Baker-Just式）を与えた後に急冷するクエンチ試験を実施
- コーティング管はクエンチ後も非折損（構造維持）

➔ **Cr膜の存在による酸化脆化の抑制**

事故(LOCA)時模擬クエンチ試験後状態（まとめ）

被覆管	Cr被膜厚	1200°C-500 s (30%ECR)	1350°C-60 s (30%ECR)
コーティングなし	なし	折損	折損
スパッタリング	約10 μm	非折損	非折損
めっき	約13 μm	非折損	非折損



高温酸化試験

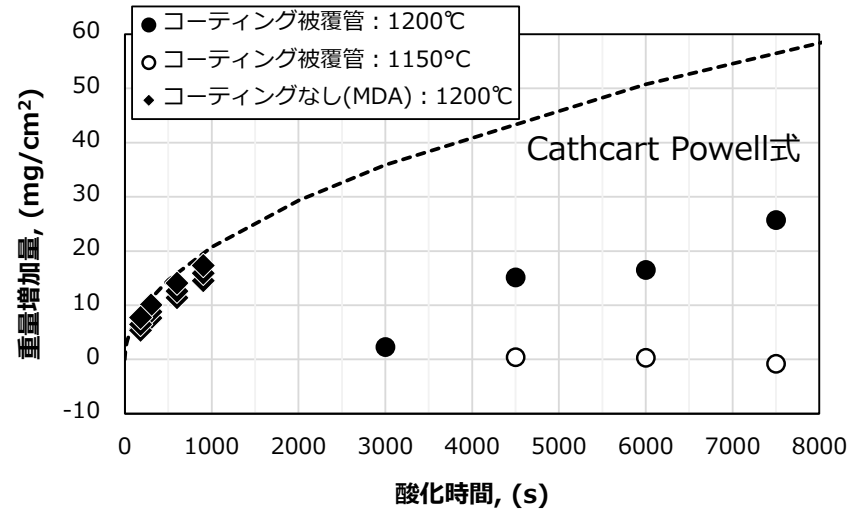
- 水蒸気雰囲気にて高温酸化試験を実施（表面のみ）
- 所定温度／時間ごとに重量増加量を計測
- コーティングなし管に比べ、Crコーティング被覆管の重量増の開始は一定時間経過後開始

➔ **Cr膜の存在による酸化抑制効果**

高温酸化試験条件概要

項目	条件
酸化面	被覆管外面のみ（被覆管端栓閉じ）
加熱方法	赤外線ヒーターによる
雰囲気	水蒸気雰囲気
対象	スパッタリング法（Cr膜約10μm）

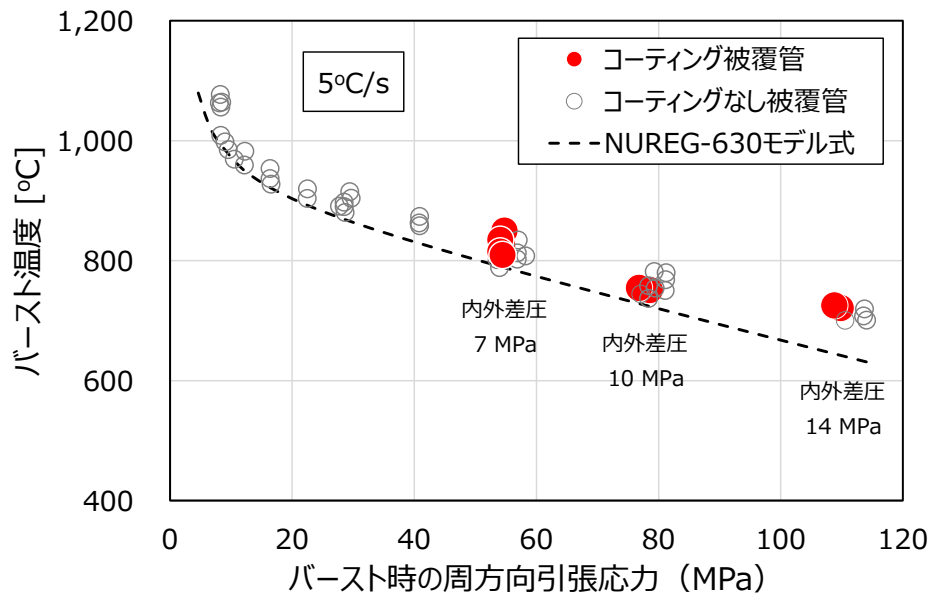
事故(LOCA)時模擬クエンチ試験結果



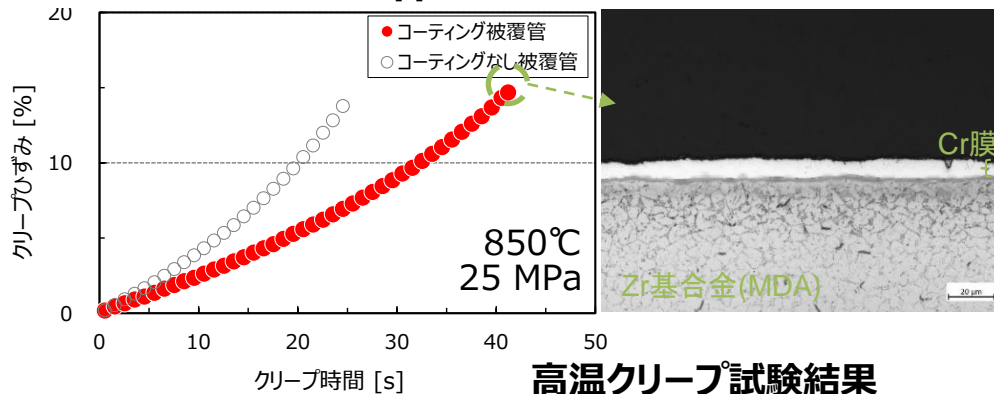
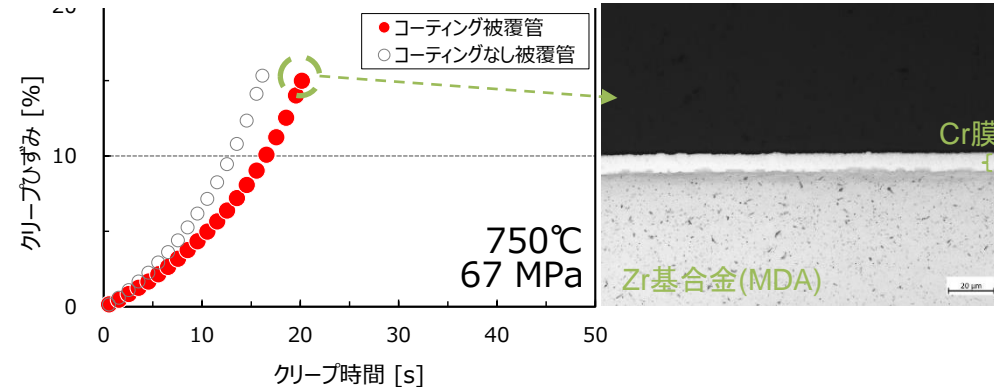
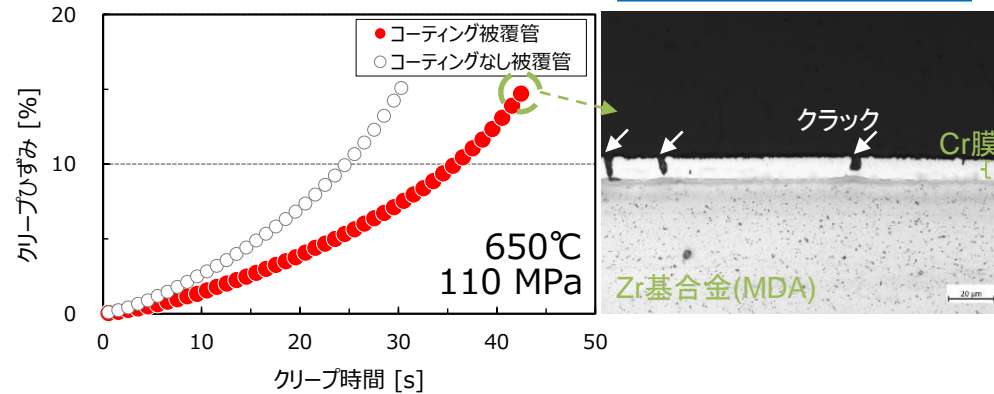
コーティング被覆管の重量増加量の変化

【参考】Crコーティング被覆管の事故耐性（LOCA時特性②）

- 高温バースト特性について、Cr膜の影響はほとんど見られていない。
- クリープ速度はCr膜形成により、コーティング無し被覆管より若干低減する傾向
- 現行被覆管に対して大幅な違いはない



高温バースト試験結果

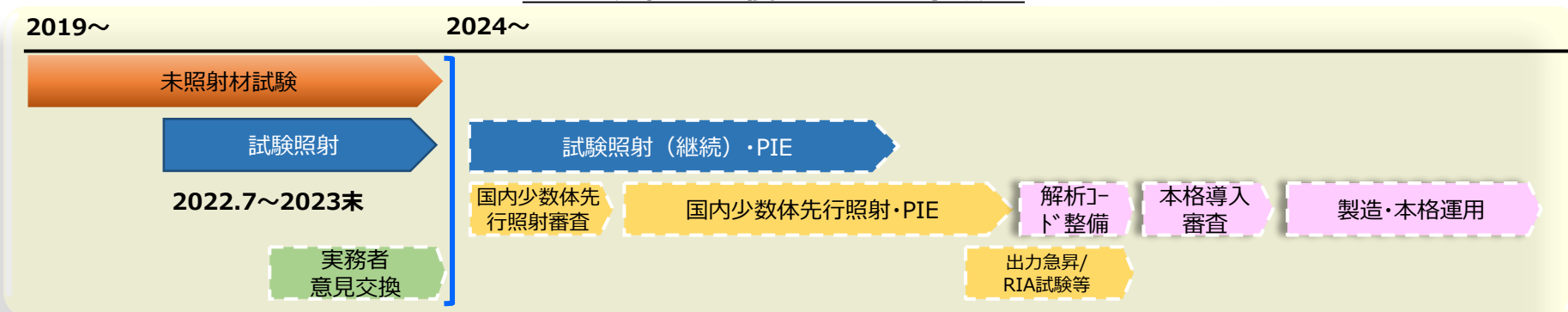


高温クリープ試験結果

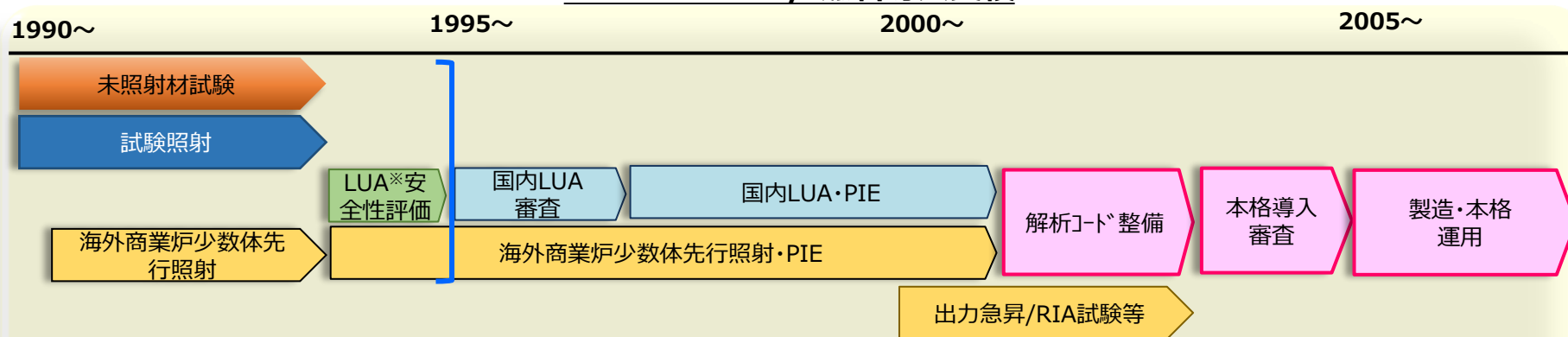
国内の過去の新型燃料導入プロセス（55GWd/t燃料の例）

- 55GWd/t燃料導入では、初期段階の試験炉照射後に安全影響等をまとめた報告書を発行し、国内先行照射に向けた整理を行った。
- また、国内/海外炉先行照射を並行実施によりデータを拡充し本格導入許認可前に報告書を取りまとめた。

Crコーティング被覆管導入ロードマップ



PWR・55GWd/t燃料導入実績



▼加圧水型原子炉高燃焼度化ステップ2
先行照射試験 検討結果報告書(1993.4)
(旧MITI・原子力発電技術顧問会)

▼PWR燃料の高燃焼度化(ステップ2)及び
燃料の高燃焼度化に係る安全研究の
現状と課題について(2001.12)
(METI原子力安全・保安部会 原子炉安全小委員会)
Copyright © Atomic Energy Association. All Rights Reserved.
※Lead Use Assembly

新型燃料導入時の安全性の示し方（クロムコーティングの検討例）

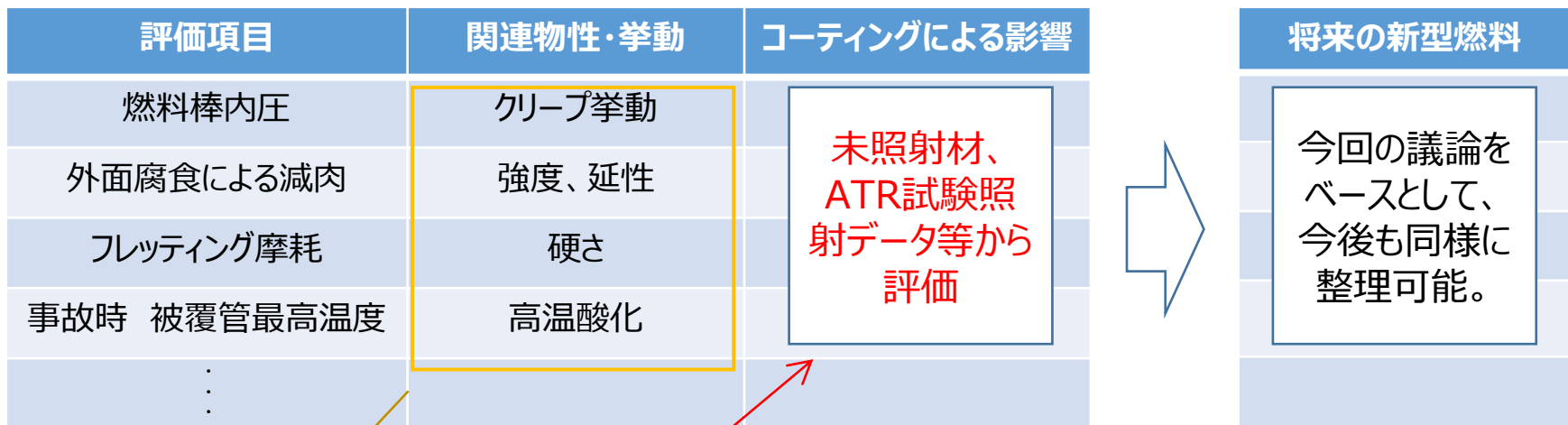
- 母材に変更はなく、また、コーティングによる影響は限定的、かつ、既存炉に対して悪影響を及ぼさない方向であることを踏まえ、以下に示す方法にて新型燃料導入による安全性を示していくことを想定しており、審査を手戻りなく円滑に進むように、安全性の示し方について意見交換を行いたい。

取得項目の分類	取得時期	安全性の示し方
未照射材 の基礎物性データ、事故模擬時の挙動データ (照射模擬材を用いたLOCA試験など)	取得中 (~2023)	B. 照射影響が低燃焼度で飽和すること、著しい剥がれがないことを確認することで、実機少数体先行照射において悪影響を及ぼさないことを確認できる。
一部照射データ の活用(表面の剥がれ状態、外径変化、水素吸収、強度、など)	少数体先行照射までに取得	
55GWd/t 到達時点での物性の不確かさ (照射影響は低燃焼度で飽和すると考えているが、その影響を確認する)	本格導入までに取得	C. 部分的剥がれによる熱勾配など、物性の不確かさは否定できないことから、ホットスポットに装荷しない炉心設計とする。
実機使用環境での挙動 （集合体曲がり等） その他、予期しない燃料破損が起こらないこと、過度な集合体曲がり等が起こらないことの確認	少数体先行照射中	C. 制御棒位置に装荷しない炉心設計とする。また、破損したとしても素濃度監視、かつ、装荷本数を限定することで、燃料破損したとしても原子炉の安全を阻害しないことを評価で示す。
過渡試験データ (ランプ試験、RIA試験など)	本格導入までに取得	A. 母材は変わらず、被覆材内面のPCI※への影響はないため、従来材のデータを用いて悪影響を及ぼさないことを示す。

※ PCI：ペレット／被覆管相互作用（Pellet-Clad Interaction）。出力急上昇時等でペレットが膨れすぎると、燃料ペレットが被覆管を内側から押し広げる形となり、それが被覆管の延性範囲を超えると被覆管破損に繋がる。

新型燃料導入による安全評価項目への影響の展開イメージ(例)

- 新型燃料導入による影響範囲を燃料に対する安全要求をもとに整理する。
- 具体的には原子力学会技術レポート等を参考にして、燃料の安全評価項目と新型燃料導入による影響を特定し、試験炉照射データなどの結果から影響を評価する。
- コーティングを題材に議論を深め、将来の新型燃料においても適用できる基礎を作る。



関連物性・挙動	今回の少数体先行照射実施前	本格導入前の必要データ	過去の先行照射例
クリープ挙動	○ (未照射)	○	○
強度	○	○	○
RIA時挙動	○	○	○

研究炉(米国ATR等)での取得データや未照射データを整理する。

これにより、本格導入(クレジットをとった許認可)で必要なデータを明確にするとともに、将来の新型燃料においても適用できる基礎として活用できる。

現行法令等との関係 【実務者での意見交換を希望】

- 設置許可基準規則・技術基準規則では、被覆管の仕様までは規定されていないため、[法令等の改正は不要であり、現行法令等のもとで申請・審査は可能と考える。](#)
- なお、技術基準規則解釈では別記-10のとおりジルカロイ-4を想定した仕様の記載があるものの、既にジルカロイ-4以外の被覆材についても特殊加工認可を取得し導入済であるため、別記-10に限定されるものでもない。

規則類	条文	記載
設置許可基準規則	15条	5 燃料体は、通常運転時における圧力、温度及び放射線に起因する最も厳しい条件において、必要な物理的及び化学的性質を保持するものでなければならない。
		6 燃料体は、次に掲げるものでなければならない。 一 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時における発電用原子炉内の圧力、自重、附加荷重その他の燃料体に加わる負荷に耐えるものとする。
	13条	設計基準対象施設は、次に掲げる要件を満たすものでなければならない。 一 運転時の異常な過渡変化時において次に掲げる要件を満たすものであること。（以下略）
技術基準規則	技術基準23条	燃料体、減速材及び反射材並びに炉心支持構造物の材料は、通常運転時における圧力、温度及び放射線に起因する最も厳しい条件において、必要な物理的及び化学的性質を保持するものでなければならない。
		燃料体、減速材及び反射材並びに炉心支持構造物は、最高使用圧力、自重、附加荷重その他の燃料体、減速材及び反射材並びに炉心支持構造物に加わる負荷に耐えるものでなければならない。
解釈	23条解釈	3 第1項及び第2項の燃料体の物理的性質、化学的性質及び強度等については「発電用軽水型原子炉の燃料設計手法について（昭和63年5月12日 原子力安全委員会了承）」及び「燃料体に関する要求事項（別記－10）」によること。