

「2025年秋の大会」企画セッション
Advanced Technology Fuels (ATFs) の
最近の展開について
2025年9月11日

標準委員会活動(ATF技術レポート)

関西電力 荻田 利幸


1. 炉心燃料を取り巻く枠組みと課題

✓ 現行燃料の安全性の確保・向上に活用していくべき、システムの整備は完了

【炉心・燃料の安全設計】

【炉心・燃料の安全な運用・管理】


技術レポート
発電用型原子炉の炉心及び燃料の安全設計に関する報告書 (AESJ-SC-TR009)



- ① 炉心燃料の安全要求の階層的・網羅的検討 ←
- ② 国内外規制動向等のギャップ、最新知見を踏まえた課題

安全設計関連学協会規格
 取替炉心の安全性確認規程

規程：原子燃料管理規程 (JEAC4001)



- ① 原子炉の安全を確保するための検査等への要求
- ② 燃料の管理の段階ごとの固有の安全確保への要求

原子燃料管理規程を受けた具体的な下位規格:

- 燃料成型加工施設における検査規程
- 発電所における検査規程
- 漏えい燃料の発生監視及び発生時の対応規程
- 炉心管理指針 (策定中: 2025年度内に発刊目標)

安全確認方法の基礎

検査要求・管理項目の基礎

LUA 標準
(策定中: 2025年度内発刊予定)

- よい燃料等を早期に実用化するための実機での先行照射の活用在り方の検討

核燃料部会
発電用軽水型燃料の安全高度化ロードマップ

- 設計による安全性の向上 2024年から改めてローリング実施中
- 設計改良・開発 (ATF燃料の中長期的な開発・導入を含む)
- 設計評価手法不確かさ低減
- 至近の課題の解決 (技術レポートで分析・抽出した課題への対応)
- 検査による安全性確保
- 安全性の確保、継続的向上を踏まえながらの運転高度化対応の開発
 ⇒ 短期(～2020)・中期(～2030)・長期(～2050)の時間軸へ展開

ATF技術レポート
(活動中: 2025年度本格化)

- ATFなどの新設計燃料の早期実用化に向けて、技術レポートをベースに安全要求の階層的・網羅的展開を行う

2. 新設計燃料(ATF)の早期実用化に向けた課題

- ✓ 新設計燃料(ATF:Accident Tolerant FuelもしくはAdvanced Technology Fuel)の安全性確認方法に関する共通理解を確立することが必要

■ 従来の方法

試験炉や海外で取得・確認された知見・データ等を活用し、安全性を確認

従来の方法における課題

設計や許認可取得に必要なデータが揃うまで長期を要する点や
照射実験基盤が脆弱となっている現状にはそぐわない



■ 今後必要となる方法

設計条件の工夫(不確定性を大きく見積もる等)や、運用中の試験・監視を組み合わせ、商業炉での先行照射を含め総合的な安全性を確認可能とすることが必要

新しい方法における課題

- ① 断片的な経験・ノウハウはあるも総合的な安全性確認方法は未確立
- ② 新技術のレビューの方法に関する共通理解や仕組みが未確立

3. 安全性確認方法と新技術レビューの仕組みの確立

新しい方法における課題

- ① 断片的な経験・ノウハウはあるも**総合的な安全性確認方法**は未確立
- ② **新技術のレビューの方法**に関する共通理解や仕組みが未確立



A T F 技術レポート

「発電用軽水型原子炉の新設計燃料の安全性を確認する考え方（仮称）」

課題①への対応

- **新設計燃料の安全性確認項目を抜け漏れなく抽出するプロセスを構築**する。

課題②への対応

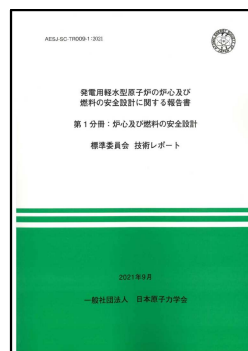
- **影響度や知見充足度に基づく重要度の考え方を導入**し、開発状況に応じた優先順位付けを行い**新設計燃料を円滑かつ合理的に導入する方法**を示す。

ATF技術レポートの概要

- ✓ **燃料安全設計技術レポート**を基礎とし、新設計燃料の**安全性確認に必要な項目を特定し、優先度・重要度付け**を行う方法を提示する。
- ✓ **Crコーティング被覆管を対象**に適用事例を示す。

燃料安全設計技術レポート

- 燃料安全要求の**階層的な整理**
- 止める・冷やす・閉込める機能の**具体的評価項目の体系的な整理**

PIRT*の考え方

* Phenomena Identification and Ranking Table

- 原子炉環境の変化、燃料挙動や物性への影響、影響する安全評価の洗い出し
- 評価への影響、知見の充足度(不確かさの程度)を指標とした優先順位付け

ATF技術レポート

1. 新設計燃料に対する安全評価項目の体系的な構築
2. 対象項目に対する効果的な知見拡充のための優先順位付け

- Crコーティング被覆管への考え方の適用事例

4. ATF技術レポート 新設計燃料の安全性を確認する考え方

安全性確認項目の特定／優先度・重要度の設定

- ✓ ①燃料のおかれる環境や負荷の変化とそれに伴う②燃料応答・挙動や物性への影響を整理し、現行燃料と新設計燃料の差分に着目して評価項目を洗い出す。
- ✓ 早期実機導入にむけ、**優先度の高い重点的に検討すべき評価項目を選び出し、マイルストーンを設け適宜優先度等の見直しを行いながら進める**ことが重要

Step 1

運転状態ごとに以下をあらためて整理：

- 燃料がおかれる環境変化
- 燃料が受ける負荷

Step 2

環境変化・負荷に対する燃料の応答：

- 新設計燃料⇔現行設計燃料の差分に着目して、評価項目の追加等を検討

Step 3

実機導入していくための開発の進め方：

- **PIRTの考え方を参考に、優先度の設定と重要技術課題の選定**
- **優先度の見直し、開発継続の是非をマイルストーン毎に実施**

「ATFプラットフォーム」での
様々な視点からのレビューを想定

4. ATF技術レポート 新設計燃料の安全性を確認する考え方

Crコーティング被覆管の安全評価マトリクスの策定 [適用事例]

今後も継続検討



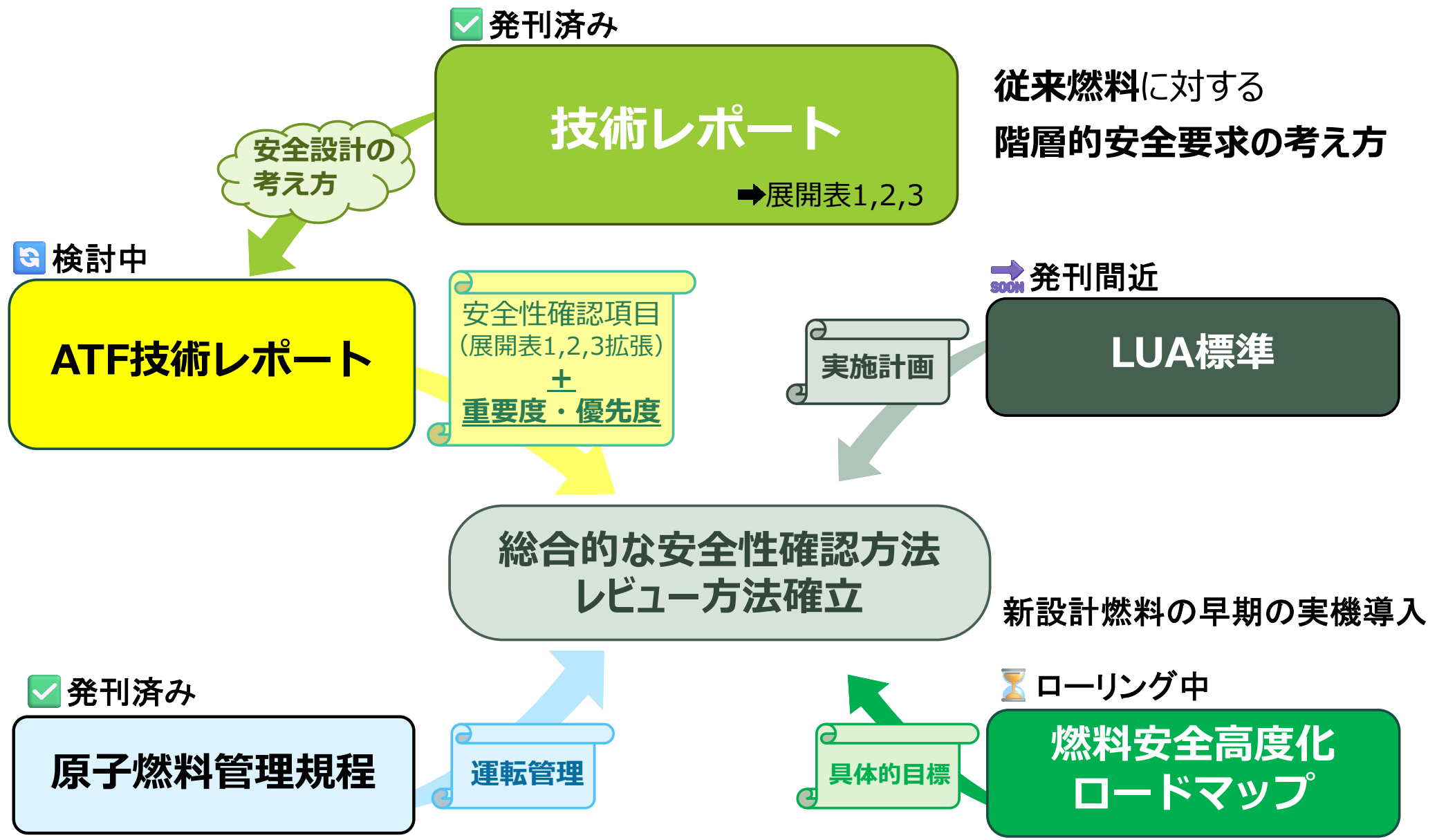
変更点からの着眼点	具体的な着眼点への展開	要確認項目の列挙
コーティング部分(Cr)の物性からの着眼点	Cr単独の物性	特にCr単独の熱物性で、異常な過渡変化、事故、BDDBA時等で、Zrベースとの共存性・密着性等に影響がないか？ その他の特性、物性からの懸案点？
コーティング部分(Cr)との接触部材からの着眼点	Cr材と被覆管母材(Zr基合金)との接触部(密着性、他)	照射による密着性の維持 熱応力、熱サイクルによる密着性の維持 曲げ等による機械的な密着性の維持、等 接触部のミクロな特性のばらつき等による影響、他
	Cr材と冷却材との接触部(被覆管の外表面腐食及び水素吸収)	被覆管外面腐食の変化: Zr基合金→Cr腐食 水素吸収・脆化の変化: 同上 上記の材料特性に対するCr被覆の性状・製造影響、他
	Cr材とグリッドとの接触(摩耗等)	グリッドばね・デンプルの摩耗、及び保持力・燃料リークへの影響 Cr被覆部のフレットングによる浸食や被覆効果の維持、 事故時高温状態(LOCA等)でのグリッドばねとの固着の有無、
燃料棒の構造・特性変化からの着眼点(Zr基合金 → Zr基合金+Cr薄被覆)	燃料棒剛性等のマクロ特性の変化	地震時曲げ荷重に対する特性 内圧支配時の膨れ特性、破裂時の歪、等の変化 外圧支配時のクリープ特性の変化 他

海外での豊富なCrコーティング被覆管の先行照射実績と照射試験データの分析・解釈

原子力学会 炉心燃料の安全設計に関する技術レポート
展開表1 → 展開表2 → 展開表3 のCrコーティング被覆管版を作成

5. ATFの導入に向けて

LUA標準や民間規格と合わせて活用し、ATFの早期の国内実機導入を図る



6. まとめ

- 現行燃料の安全性の確保・向上に活用していくべき、システムの整備は完了している
- このシステムをATFへ活用・適用すべく検討を開始
- ATF技術レポート（「発電用軽水型原子炉の新設計燃料の安全性を確認する考え方（仮）」）の策定に向け、新設計燃料に適用可能な安全評価項目を体系化する方法の検討を進めている
- 今後、評価項目の優先順位付けや知見拡充を体系化する方法論の検討を進め、新設計燃料を合理的かつ円滑に導入するための方法論の確立を目指していく