

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

平成14年3月19日
原子力安全・保安院

高燃焼度化燃料とは

- 燃料のウラン濃縮度を高めることなどにより燃料の燃焼量（炉内での使用時間）を増加させること
- これにより、炉心の運用の効率化が図れ、結果として使用済燃料発生量の低減が可能
- 我が国の沸騰水型原子炉(BWR)及び加圧水型原子炉(PWR)において段階的に導入

高燃焼度化燃料の現状(BWR)

- 平成3年度より燃料集合体最高燃焼度 50,000MWd/tの高燃焼度8×8燃料を採用
- 平成8年度より燃料集合体最高燃焼度 55,000MWd/tの9×9燃料の少数体先行照射（東京電力(株)福島第二1、2号機）
- 平成11年度より9×9燃料を各BWRプラントに順次本格導入（全BWRプラントで安全審査終了）

（注）MWd/t(メガワット・日/トン)：燃焼度の単位で、単位重量(1t)当たりの出力の積算値(燃焼量)を示す

高燃焼度化燃料の現状(PWR)

- 平成元年度より燃料集合体最高燃焼度 48,000MWd/t の燃料（ステップ 1 燃料）を採用。
- 平成 8 年度より燃料集合体最高燃焼度 55,000MWd/t の高燃焼度燃料（ステップ 2 燃料）の少数体先行照射（関西電力(株)大飯 4 号機）、平成14年 3 月で照射終了
- 今後、ステップ 2 燃料を本格導入することを各PWR電気事業者において計画中

「高燃焼度化検討会」での 検討結果

- ステップ2 燃料の少数体先行照射に先立ち、平成4年度より、旧通商産業省原子力発電技術顧問会に「高燃焼度化検討会」を設置し、燃料の高燃焼度化に係る技術的検討を実施
- 炉外試験データ等をもとに、ステップ2 先行照射燃料を使用することに基本的に問題ないことを確認（平成5年4月に報告書とりまとめ）

原子炉安全小委員会での 検討内容

- 平成13年4月に原子炉安全小委員会に燃料WGを設置
- ステップ2燃料の本格利用に際して、「高燃焼度化検討会」以降、海外の原子炉での照射試験により得られた高燃焼度領域のデータ等をもとに、ステップ2燃料の設計に関する評価・検討
- 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も検討
- 平成13年12月に報告書を取りまとめ

ステップ2 燃料の主な特徴 (ステップ1 燃料との相違)

- 燃料集合体の基本的な構造に変更なし
- 燃料の濃縮度を約4.1wt%から約4.8wt%に増加
- 燃料被覆管の耐食性向上のため、改良被覆管の採用
- 炉心運用性向上のため、高濃度ガドリニア入り燃料の採用（ガドリニア濃度を約6wt%から約10wt%に増加）

改良被覆管の概要

耐食性向上のため、従来のジルカロイ - 4 の合金成分と比較して、S n (スズ) 含有量を低下させ、N b (ニオブ) を添加させたZ r (ジルコニウム) 基合金を被覆管材料として採用

M D A (三菱重工業(株)が開発)
ジルカロイ - 4 をベースに、耐食性向上のため S n 含有量低下、N b 添加

N D A (原子燃料工業(株)が開発)
ジルカロイ - 4 をベースに、耐食性向上のため S n 含有量低下、N b 及びN i (ニッケル) 添加。機械的強度を維持するため F e (鉄) 及びC r (クロム) 含有量を若干増加

Z I R L O (米国ウエスティングハウス社が開発)
耐食性の優れたZ r - N i 二元合金をベースに、機械的強度の向上のため S n、F e 添加

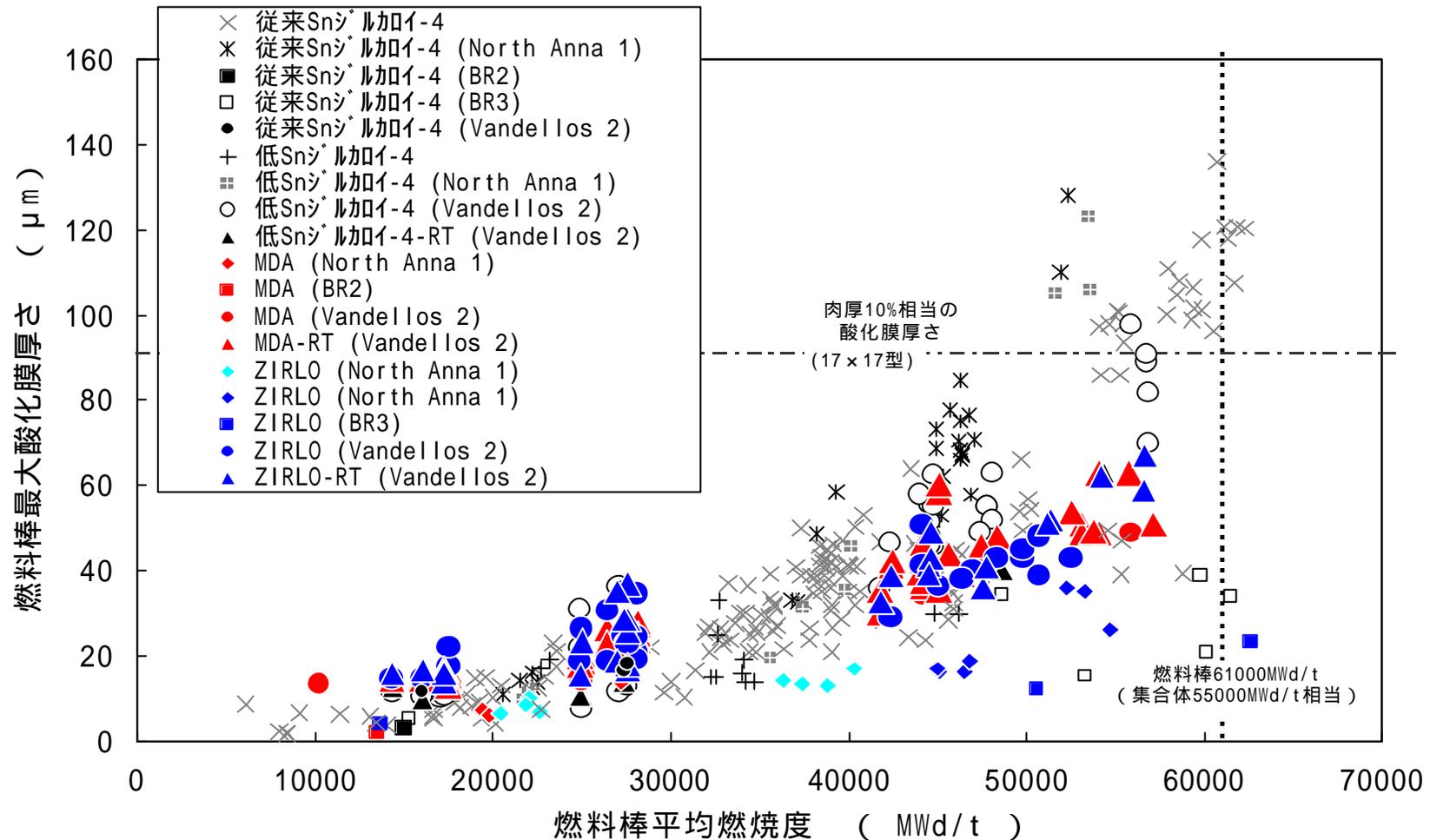
改良被覆管の照射試験

- 酸化膜厚さ及び水素吸収量
- 材料物性（溶融点、密度及び熱伝導率）
- 機械的性質（機械的強度、延性、疲労強度）
- 照射に伴う寸法変化
（炉内クリープ及び照射成長）
- 耐 P C I 性

（注）P C I（ペレット - 被覆管相互作用）

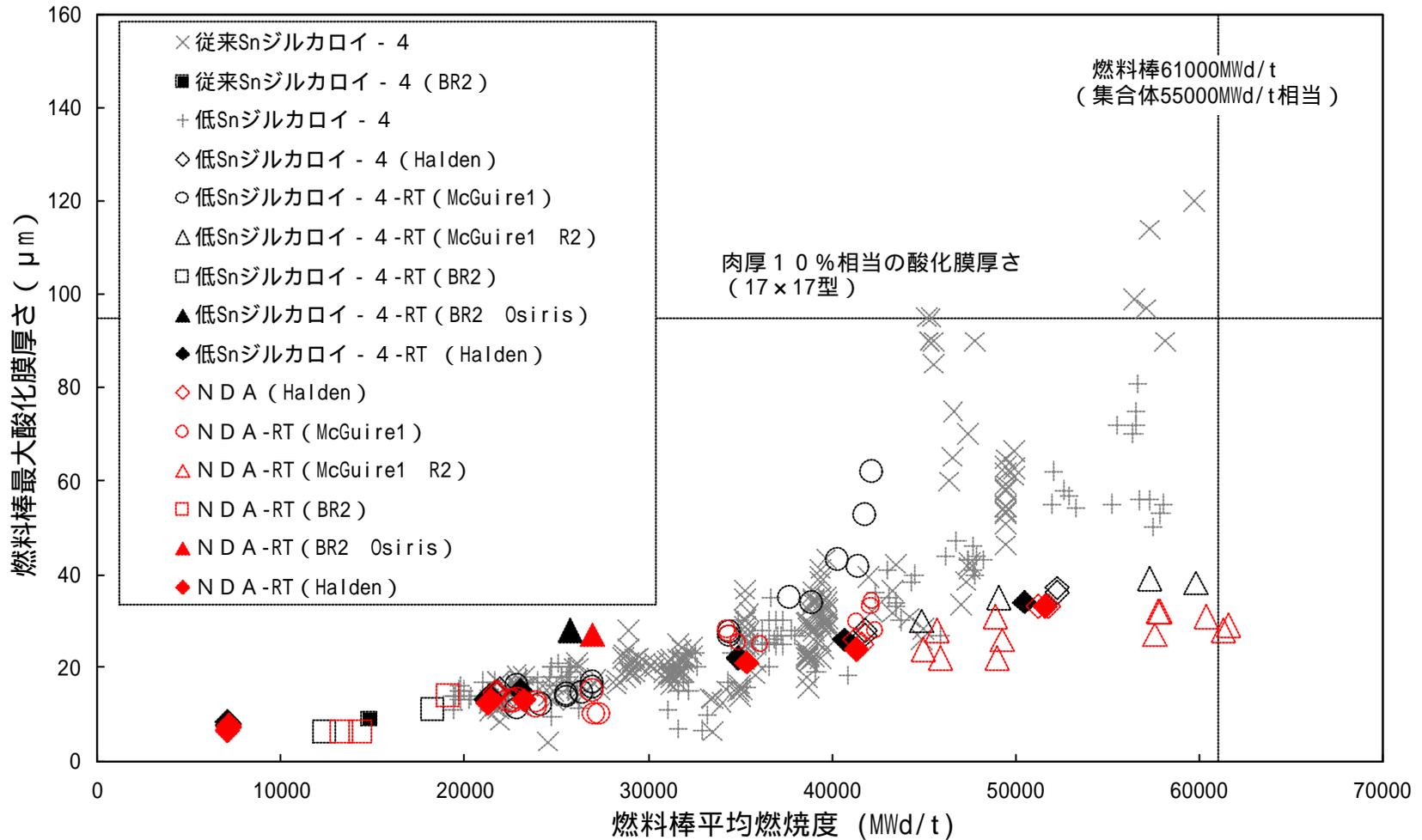
被覆管は、腐食性の核分裂生成ガス雰囲気下において、出力急昇によりペレットが熱膨張して被覆管との機械的相互作用を生じ、被覆管に過大な応力が作用した場合に発生する、応力腐食割れによる破損を P C I 破損という

改良被覆管の照射データ (酸化膜厚さ)



改良被覆管の炉内酸化膜厚さ (三菱)

改良被覆管の照射データ (酸化膜厚さ)



改良被覆管の炉内酸化膜厚さ (原燃工)

改良被覆管の照射データ (まとめ)

- 耐食性については、ジルカロイ-4に比べて向上していることを確認
- 水素吸収率、材料物性、機械的性質等については、設計評価上、ジルカロイ-4と同等に取り扱えるものと評価
- その他、問題となるような照射挙動は認められない

高濃度ガドリニア入り燃料の 照射データ（まとめ）

- 溶融点及び熱伝導率については、ガドリニア濃度の増加とともに低下することが確認されていることから、設計において適切に評価することが必要
- その他、FP（核分裂生成物）ガス放出率等について、問題となるような照射挙動は認められない

ステップ2 燃料のまとめ

- 高燃焼度領域での炉内照射試験データ等を評価した結果、ステップ2燃料を本格採用することについて基本的に問題はないと考えられる
- 原子力安全・保安院としては、ステップ2燃料を原子炉に装荷した際の安全性については、今後、個別の原子炉の安全審査において確認

燃料の高燃焼度化に係る 安全研究の現状と今後の課題

- 電気事業者においては、現状より更に燃料の高燃焼度化を進めていく計画
- このため、電気事業者、（財）原子力発電技術機構、日本原子力研究所及び（財）電力中央研究所においては、更なる高燃焼度化に係る安全研究を実施
- 今後はこれら機関が効果的に燃料研究を進められるよう研究テーマの重点化や各機関の役割分担の明確化、国内における照射データの取得方法などについて更に検討を進めていくことが望ましい