
**(6) 国内燃料サイクル柔軟性拡大へ寄与する
軽水冷却高速炉**

2021年9月10日

日立GEニュークリア・エナジー株式会社

日野 哲士

目次

1. はじめに
2. RBWRの概要
3. 適用シナリオ
4. 開発項目
5. まとめ



背景

- 日立はBWRプラントメーカーとして、冷却水(中性子減速材)が沸騰するBWRの特徴を活かした軽水冷却高速炉RBWRの開発を進めてきた
- 燃料サイクルの短中期から長期の課題に対応すべくRBWRの様々なバリエーションを提案

RBWR: Resource-renewable Boiling Water Reactor

本発表での報告内容

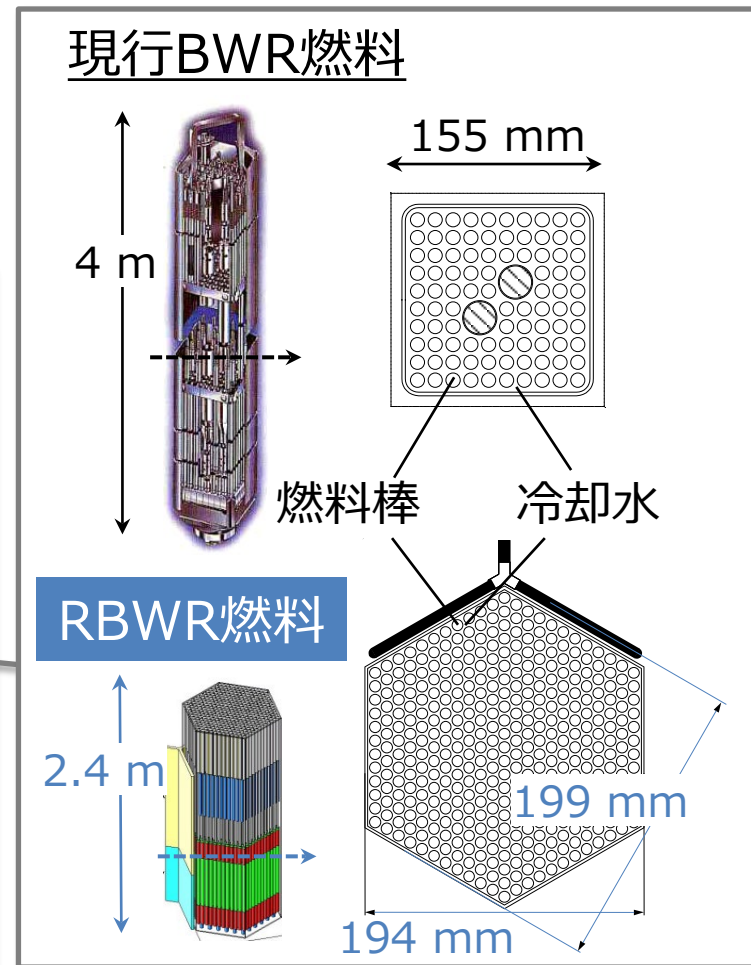
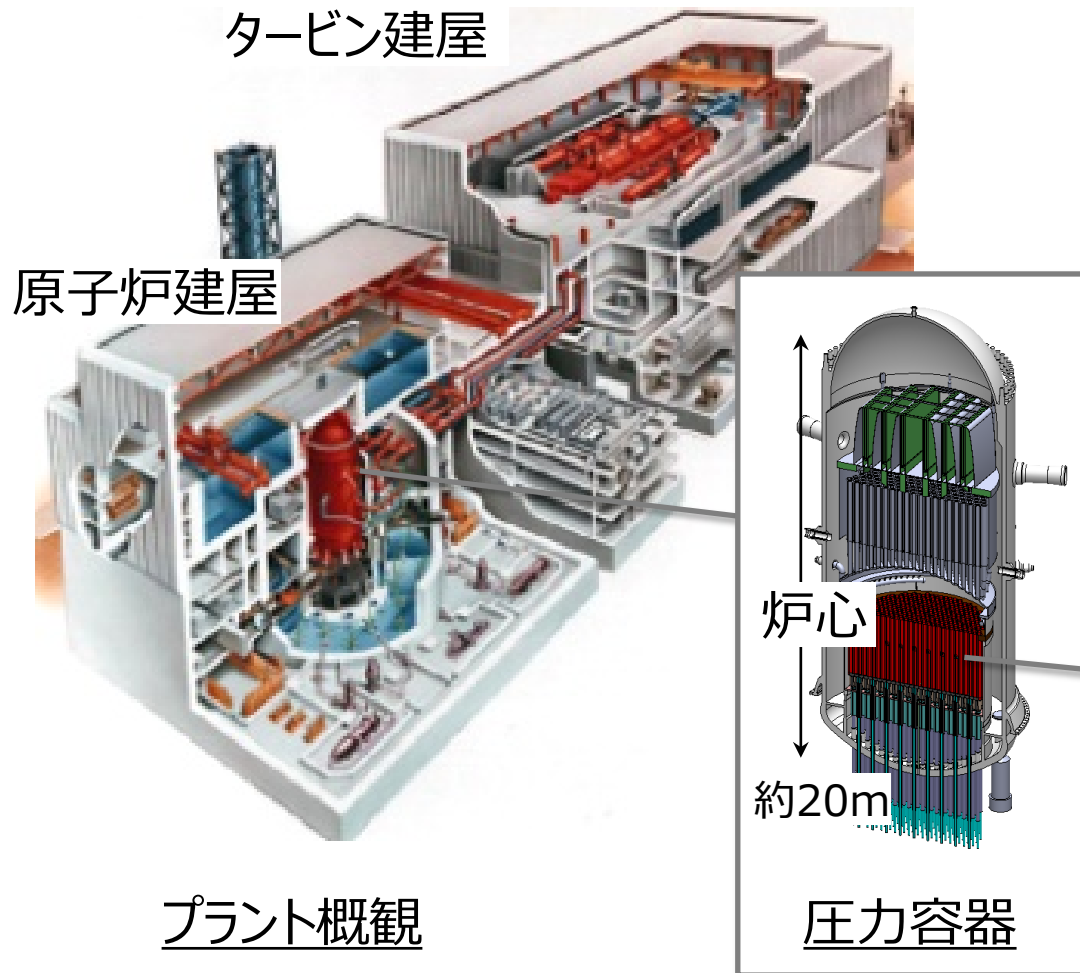
- バリエーションの中で、高速炉サイクルへの本格移行までに起こりうる課題に対応すべく開発を進める、既設炉バックフィットタイプのRBWRについて報告

目次

1. はじめに
2. RBWRの概要
3. 適用シナリオ
4. 開発項目
5. まとめ

2-1. RBWRの概要

- 稠密燃料と冷却水沸騰により水対燃料比を減少、中性子を高速化。
炉心以外は現行BWR技術を適用



● プルサーマルの高度化として四角格子RBWRを導入

それぞれのニーズに応える

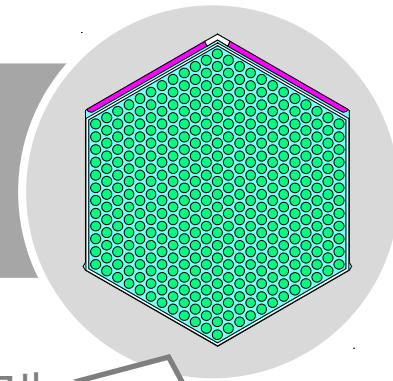
住民：信頼性
廃棄物対策

事業者：経済性
発電コスト低減

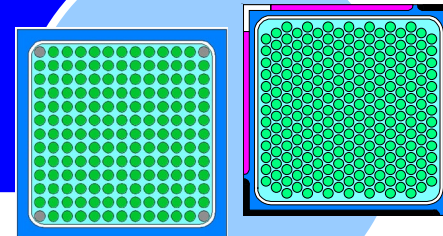
国：燃料サイクル推進
国際公約の遵守(Pu削減)
資源有効利用

六角格子RBWR
廃棄物燃焼
資源持続性

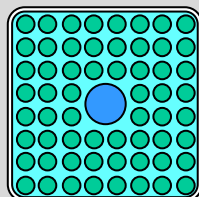
- Pu富化度増加
- 燃料多重リサイクル



四角格子RBWR
Pu利用促進
Pu再利用容易化

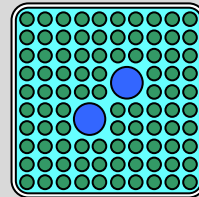


プルサーマル
Pu利用



8×8MOX

高性能化



10×10MOX

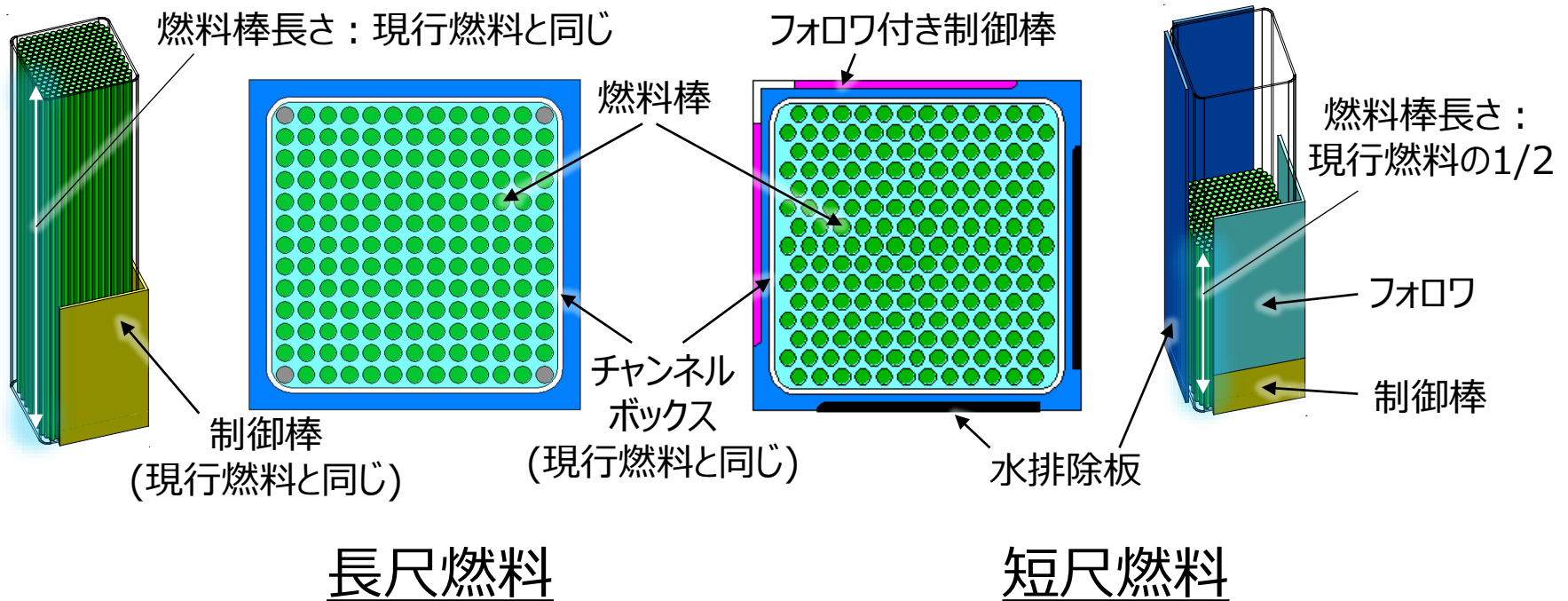
プルサーマル高度化
• 既設炉にバックフィット
• 現行の再処理・
MOX燃料技術利用

2-3. 四角格子RBWR

HITACHI



- 既設炉にバックフィットするため現行BWRと同じチャンネルボックス
- 現行燃料からの移行性を重視した長尺燃料に開発を注力

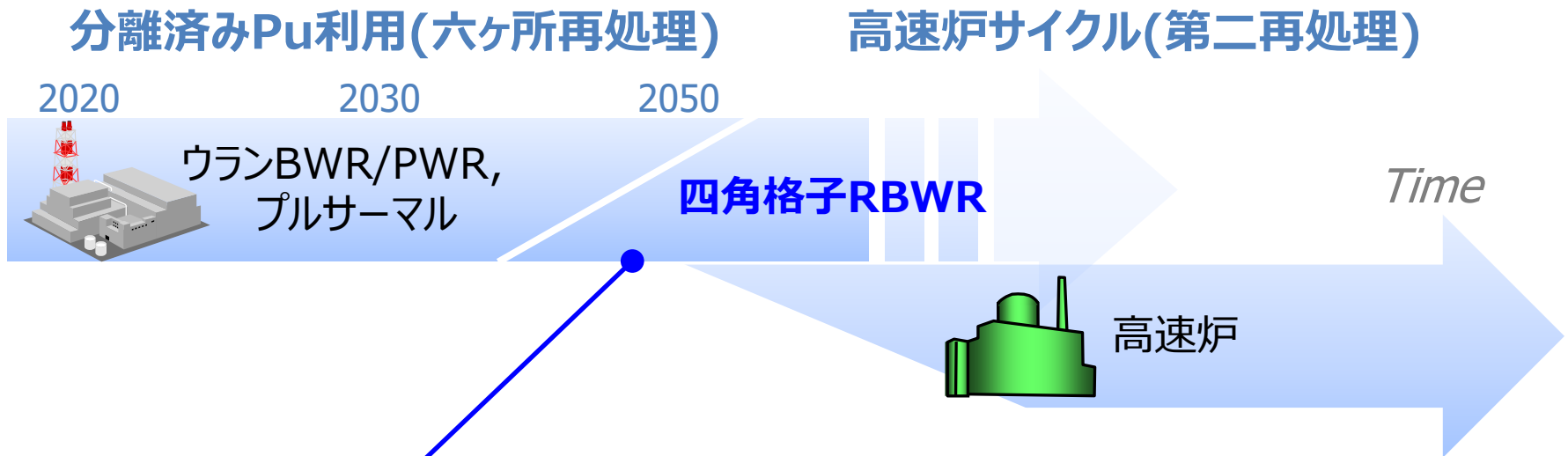


目次

1. はじめに
2. RBWRの概要
3. 適用シナリオ
4. 開発項目
5. まとめ



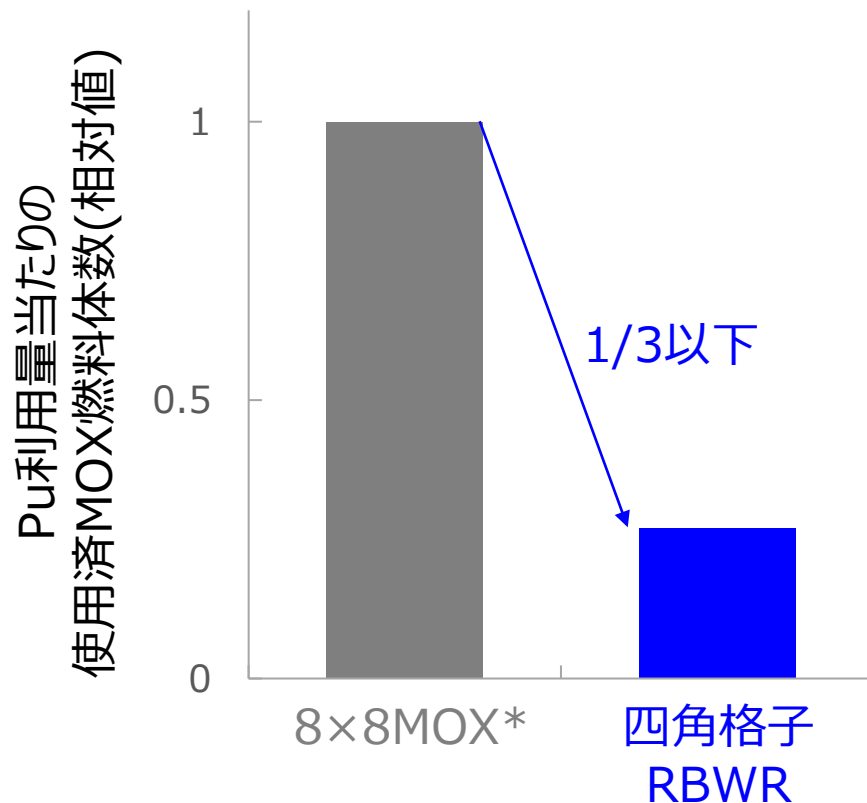
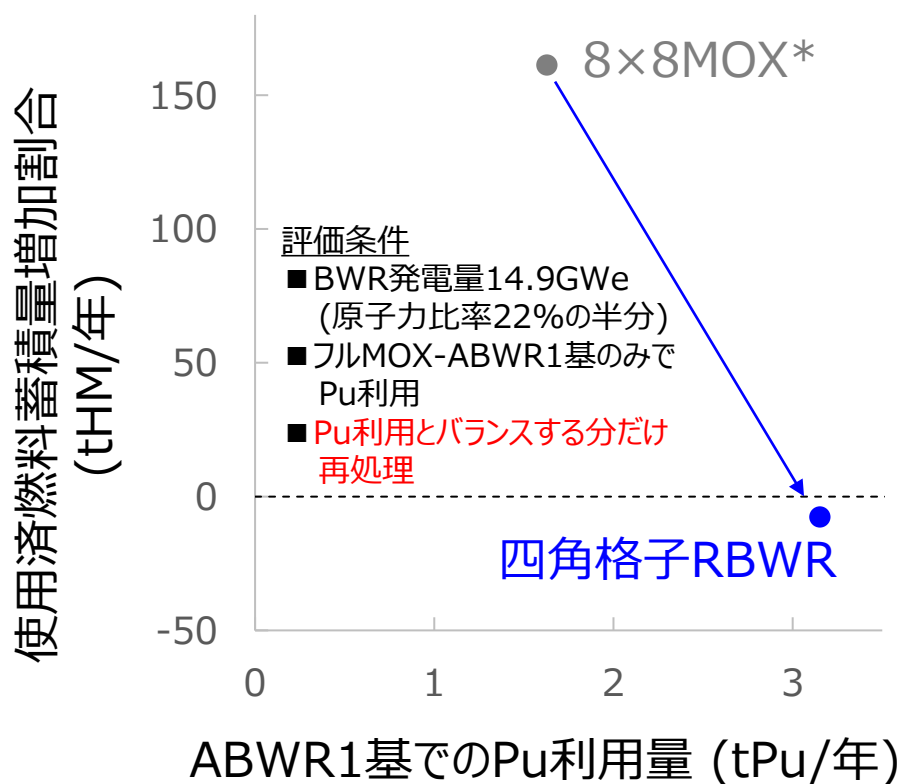
- 高速炉サイクルへの本格移行まで、現行軽水炉での対応を強化



- ① Pu利用量増加し、再処理促進するとともに、使用済MOX燃料体数を減らして使用済燃料蓄積量を低減
- ② 核分裂性Puを温存し、使用済MOX燃料の再利用を容易化

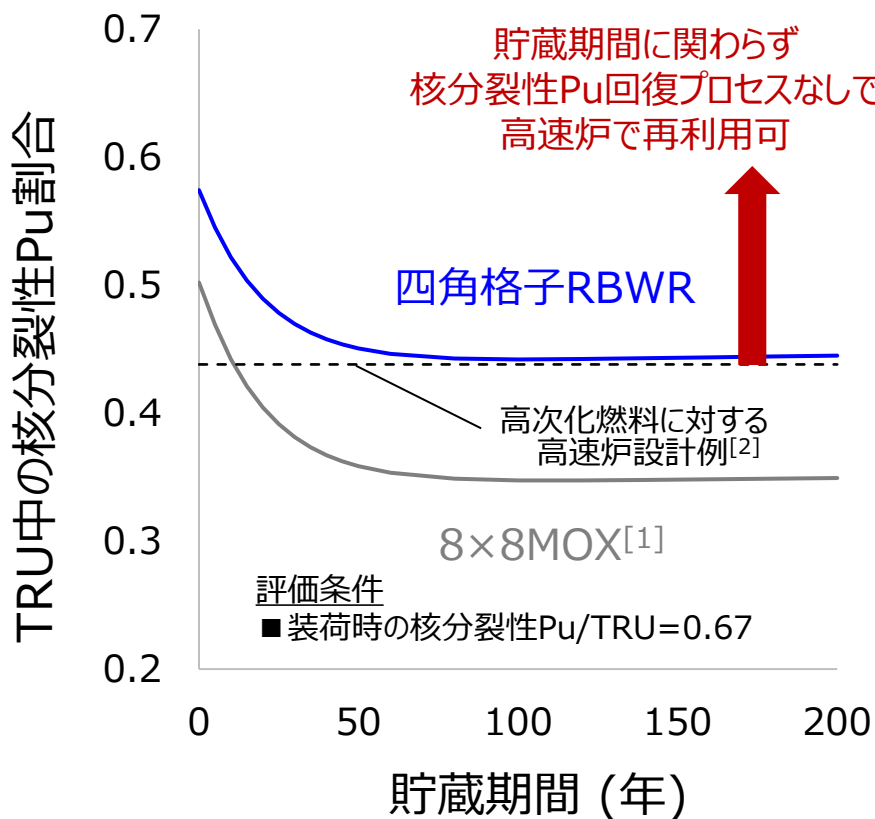
- BWR全体での使用済ウラン+MOX燃料の蓄積量増加を抑制

- 使用済MOX燃料の発生体数を1/3以下に低減

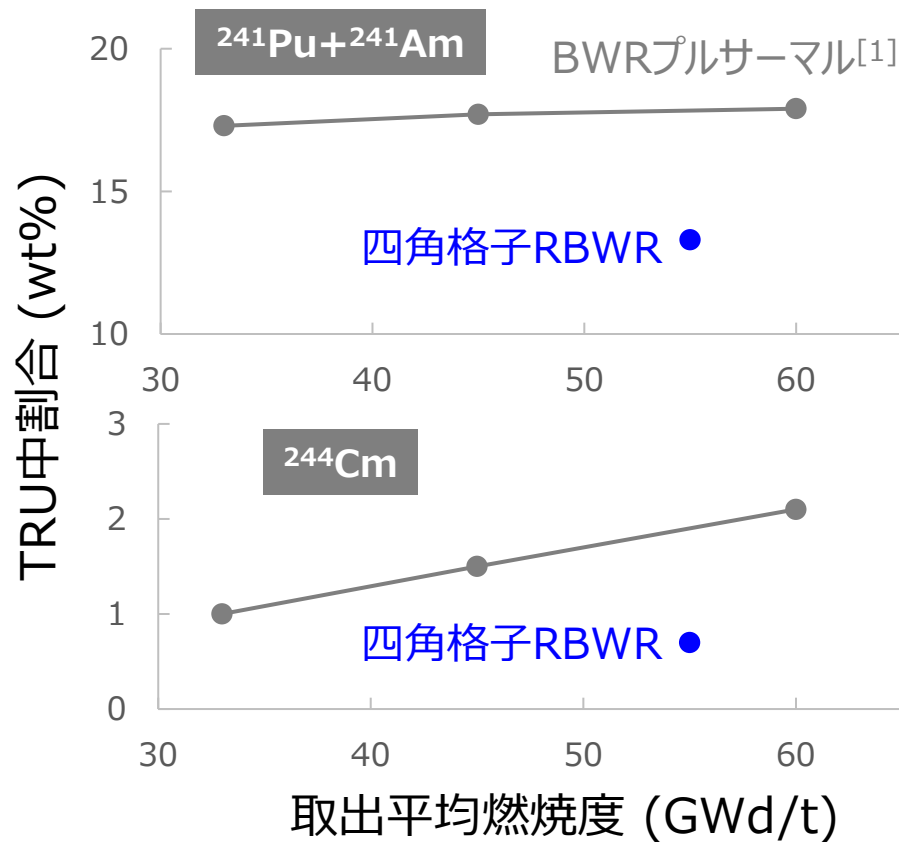


* 安藤良平他、使用済軽水炉燃料の核種組成評価、JAERI-Research 99-004 (1999)に基づく

- 核分裂性Puを温存し、長期貯蔵後も高速炉で再利用可



- 高燃焼度化してもMA発生量抑制



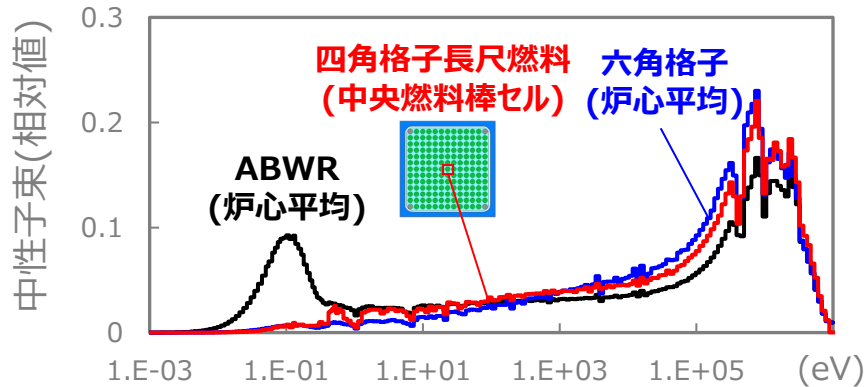
[1] 安藤良平他、使用済軽水炉燃料の核種組成評価、JAERI-Research 99-004 (1999)に基づく
 [2] 高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究 フェーズII技術検討書(2006)

目次

1. はじめに
2. RBWRの概要
3. 適用シナリオ
4. 開発項目
5. まとめ

4-1. 四角格子RBWRの主な開発項目

- 現行BWRと異なる中性子スペクトル・熱水力条件に対する評価手法適用性確認
- 実炉照射実績範囲を超える富化度・燃焼度での被覆管・ペレット適用性確認



中性子エネルギースペクトル

熱水力パラメータ

	現行燃料	四角格子	稠密燃料試験*
燃料棒配列	正方	正方	三角
燃料棒外径 (mm)	10~12	8.0	12.3,13.0 6.4,7.1
燃料棒棒間ギャップ(mm)	2.5~4	2.0	1.0,1.3 1.5~2.3
水力等価直径(mm)	10~14	6.1	2.4~4.4 4.2~6.5

Pu含有率と燃焼度

	四角格子(長尺)
バンドル平均 Pu含有率(wt%)	~13 ^a
ペレット最高 Pu含有率(wt%)	18 ^a
バンドル平均 MA含有率(wt%)	- ^{a,b}
取出平均燃焼度 (GWd/t)	55
ノード最高燃焼度 (GWd/t)	~90

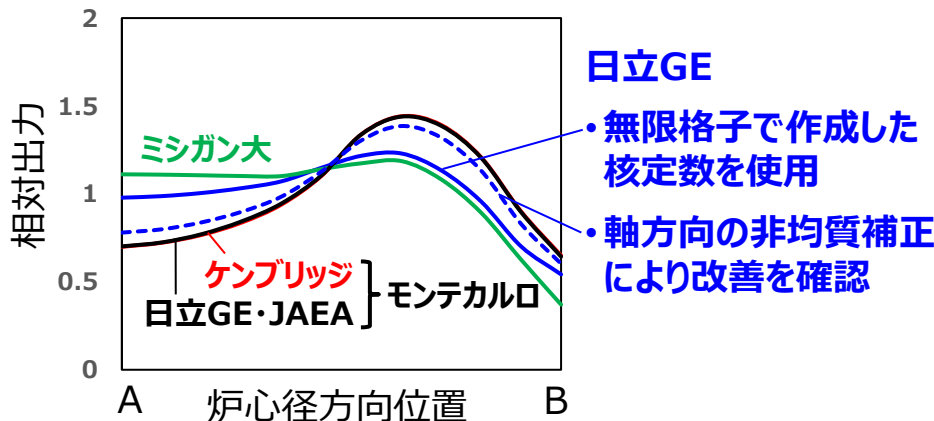
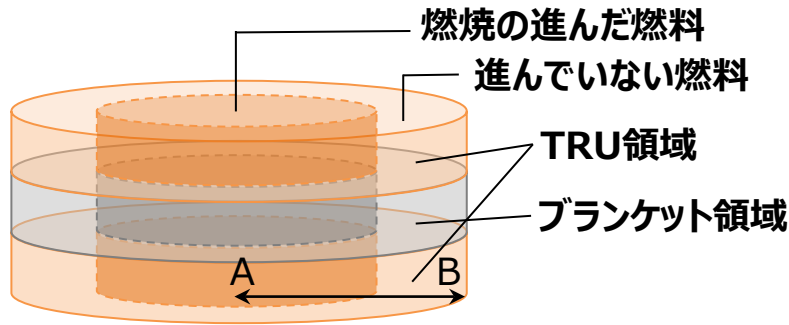
^a 分離済みPu利用での設計例
^b ²⁴¹Puの崩壊で生成されるもの除く

* W. LIU, et al., J. Nucl. Sci. Technol., Vol. 44, pp. 558-571 (2007)
 M. KURETA, et al., JAEA-Data/Code 2006-007 (2006)
 B.W. LETOURNEAU, et al., WAPD-TM-1013 (1975)

- RBWRの炉心非均質性、現行炉との中性子スペクトルの違いが核計算手法へおよぼす影響をベンチマーク計算で評価中

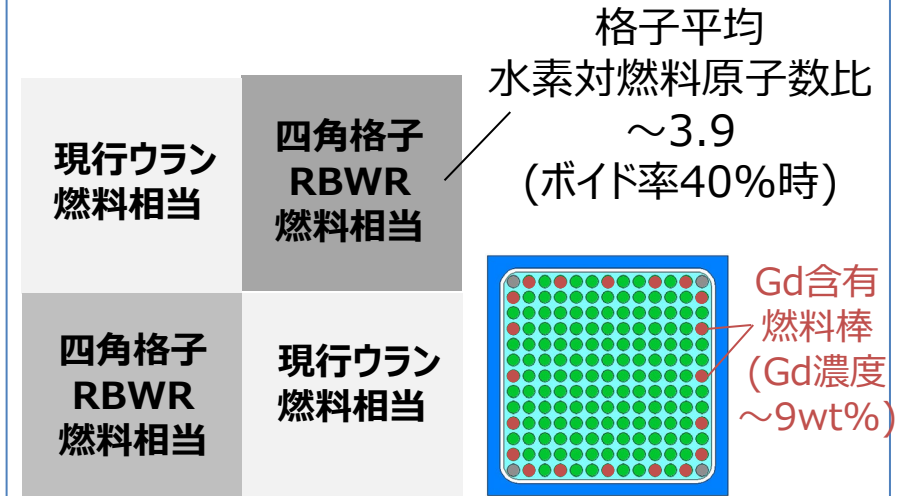
六角格子RBWR

炉心の非均質性に対する精度を評価('20)



四角格子RBWR

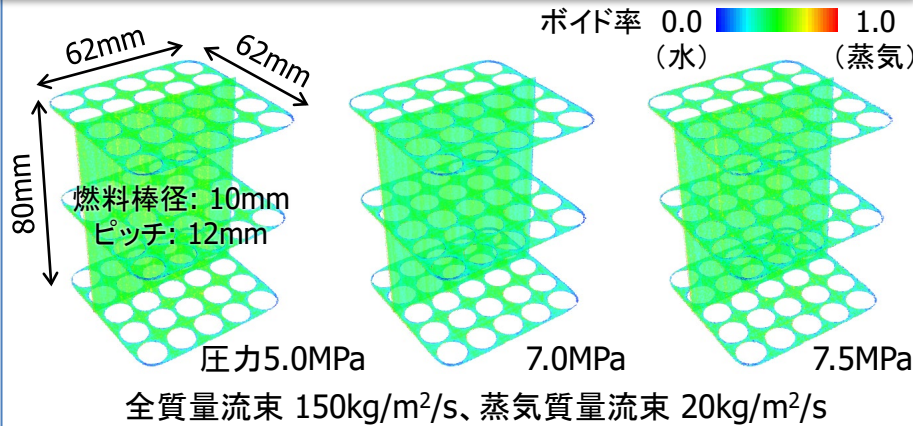
ウラン燃料との隣接時の影響も考慮



体系例：2×2燃料体系

● 評価技術の高度化と要素試験による検証を実施中

ボイド率評価技術の高度化



四角格子+燃料棒狭隘配置に対する
ボイド率データの例*1

評価技術（相関式、CFD）高度化に資する
試験データベース不足

オープンイノベーションによるスケージング試験
及び評価技術の高度化に着手

*1 METI委託事業 発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業
(燃料露出過程における熱流動現象の解析手法の高度化)

液膜流動モデルの高度化*2

$$\frac{dG_f}{dz} = \frac{4}{D} (m_d - (m_e + m_{eb}) - m_v)$$

液滴付着 液滴飛散 液膜蒸発

沸騰による液滴飛散モデル m_{eb}
(Uedaモデルを改良)

$$m_{eb} = C \cdot \left(\frac{(q_{nb}/H_{fg})^2 \delta}{\sigma} \right)^{0.75} \cdot \frac{q_{nb}}{H_{fg}}$$

ここで, $q_{nb} = \frac{h_{nb}}{h_{nb} + h_{fc}} \cdot q$

核沸騰寄与分のみ

熱伝達率モデル (Chenのモデル)

$$h_{nb} = S \cdot h_{pb}$$

$$h_{fc} = F \cdot h_l$$

S, F : 二相流係数

h_{pb} : プール沸騰熱伝達率

h_l : 強制対流熱伝達率

要素試験によるモデルの妥当性検討を実施中

*2 Y. Narushima and K. Katono, *Nureth-18*, pp. 473-484 (2019).

目次

1. はじめに
2. RBWRの概要
3. 適用シナリオ
4. 開発項目と計画
5. まとめ



- 燃料サイクルの短期から長期のさまざまな課題に対応するため、BWRポテンシャルを最大限活用する軽水冷却高速炉RBWRのバリエーションを検討してきた。
- プルトニウム利用の促進、使用済MOX燃料の削減、高速炉サイクルへの移行時の負担軽減により、国内燃料サイクルの柔軟性拡大に寄与する、既設炉バックフィットタイプのRBWRに注力して開発を進める。

HITACHI

