

国際シンポジウム 放射性廃棄物低減に向けた現状と将来の展望
～ゼロリリースを目指して～

長寿命廃棄物核変換システムに対する 日立の取り組み

株式会社 日立製作所 日立研究所
日野 哲士

Contents

1. 日立の取り組み方針
2. Na冷却MA燃焼炉
3. BWRによるTRU燃焼
4. 柔軟な燃料サイクル
5. まとめ

2. 日立の取り組み方針

Na冷却高速炉/燃料サイクルの国家プロジェクトに貢献するとともに
BWRメーカーとしての経験を活かしたオプションを検討

Na冷却MA燃焼炉

MA燃焼炉の高性能化を
文科省公募で実施中

BWRによるTRU燃焼

BWRの特徴を活かした
Na冷却炉オプションの検討

柔軟な燃料サイクル

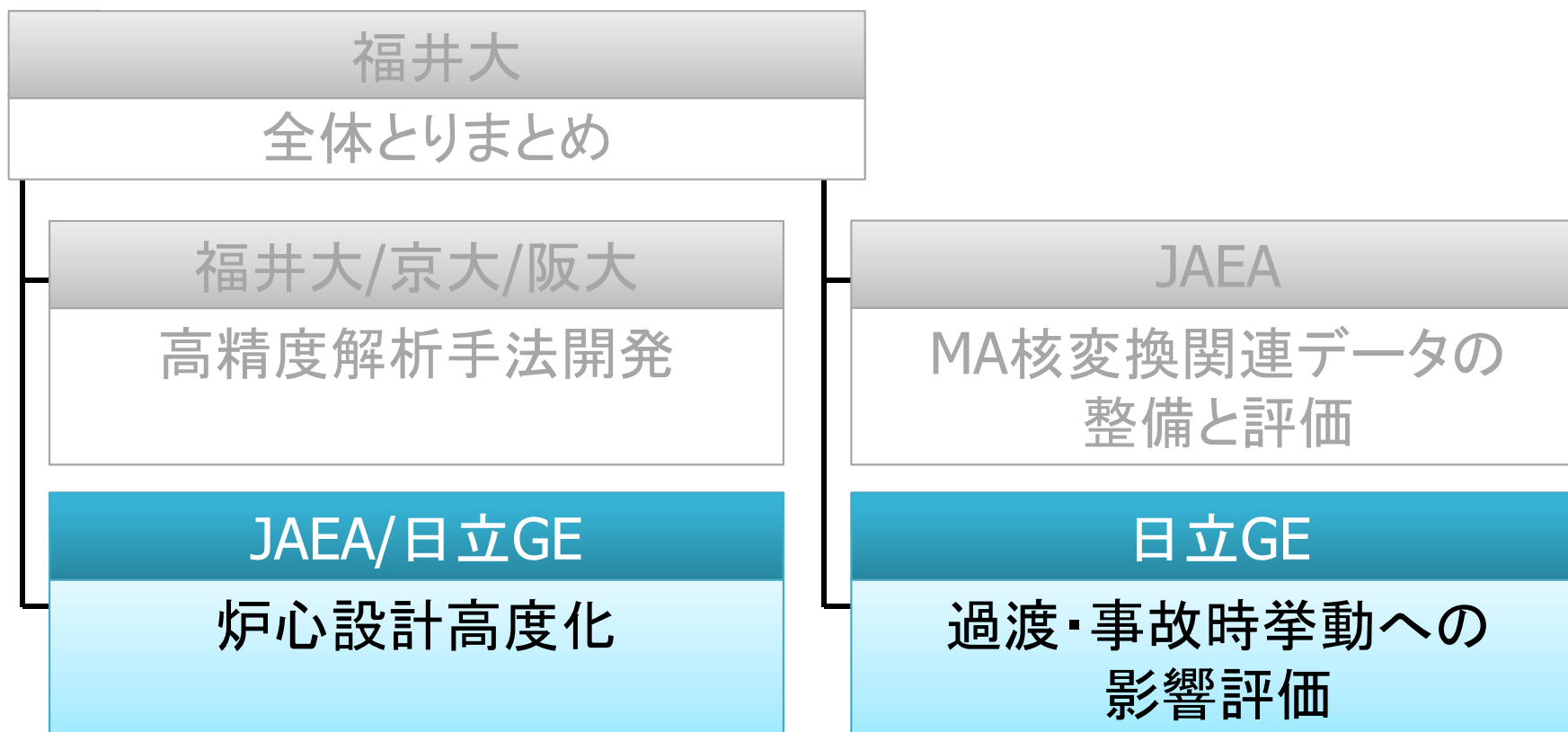
様々な燃料サイクルと
デブリ管理に適用できる技術を
文科省公募で開発

3. MA燃焼炉開発(文科省公募)

MA核変換効率の向上と安全性向上の両立を目指した
開発を実施中

“「もんじゅ」データを活用したマイナーアクチニド核変換の研究”*

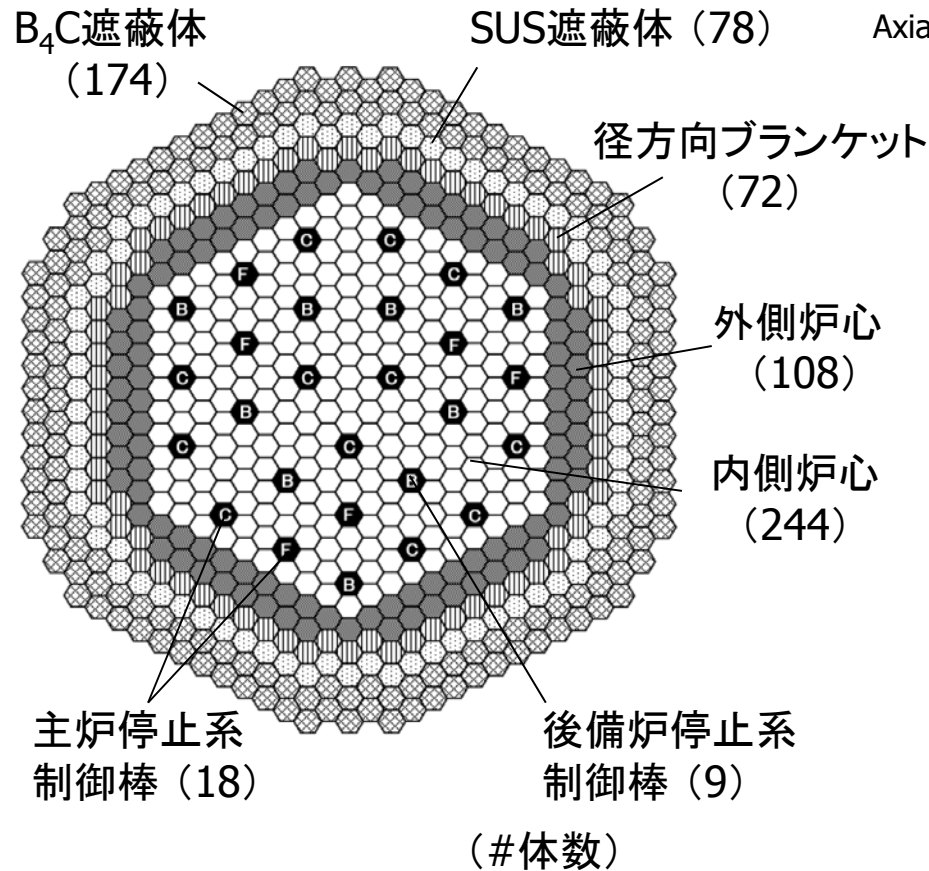
* 本発表は文科省からの受託事業として福井大が実施した2013年度研究成果を含む



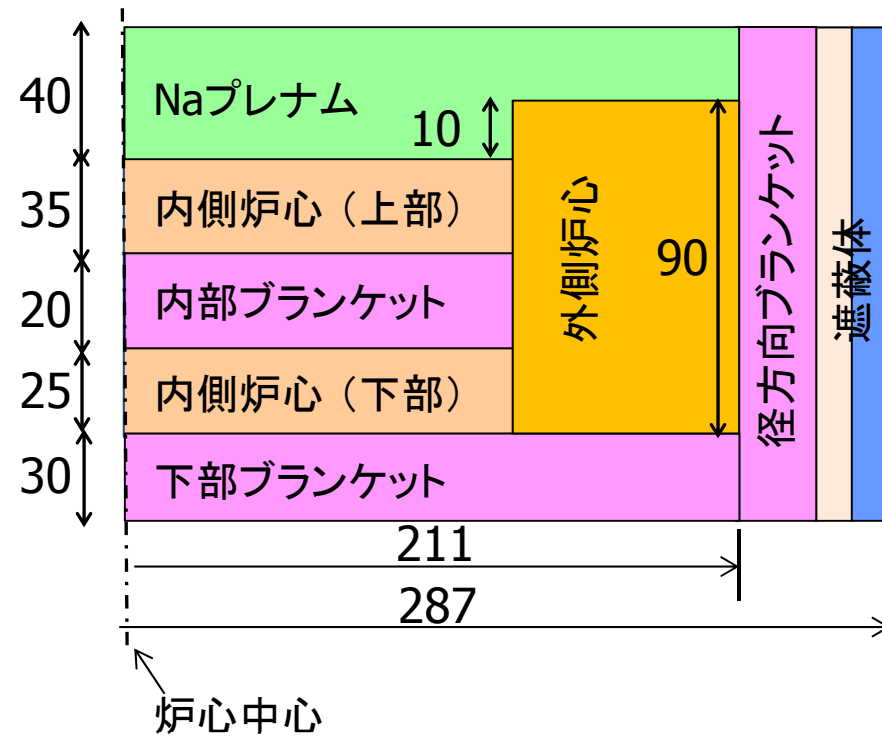
4. 均質MA炉心の高度化

炉心上部に設置したNaプレナムによりボイド反応度を低減*

* K. Kawashima, K. Fujimura, et al., "Study of the Advanced Design for Axially Heterogeneous LMFBR Cores," Proc. of FR91



炉心径方向構成



炉心軸方向構成 (1/2炉心)

5. 炉心仕様および特性

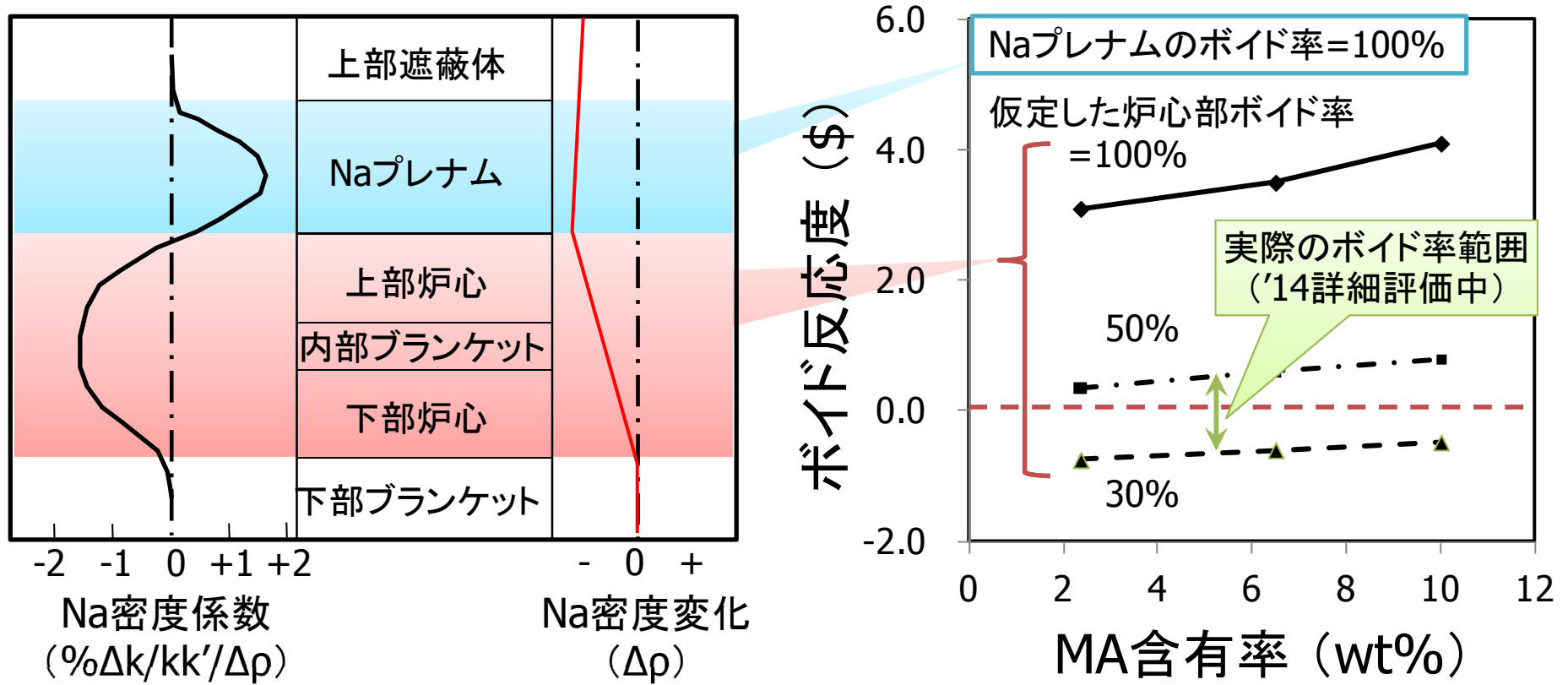
	項目	単位	値
炉心仕様	出力（電気/熱）	MWe/MWt	750/1,765
	運転サイクル	ヶ月	18.6
	バッチ数（炉心/径方向ブランケット）	-	6/6
	炉心高さ（内側/外側）	cm	60/90
	内部ブランケット高さ	cm	20
	Naプレナム高さ（内側/外側）	cm	40/30
炉心特性	Pu富化度, MA含有率（内側/外側）*	wt%	27.4/24.8, 6.8/6.1
	燃焼反応度	% $\Delta k/k'$	0.63
	増殖比	-	1.14
	最大線出力密度	W/cm	396
	取出燃焼度（炉心/全体）	GWd/t	149.3/78.9
	MA核変換量	kg/GWe/y	103
	MA核変換率	%/discharge	36
	ボイド反応度（EOEC）	\$	3.6
ドップラー係数（EOEC）	Tdk/dT	-5.0×10^{-3}	

EOEC: End of equilibrium cycle

* 軽水炉使用済燃料のTRU組成を仮定

6. 実効ボイド率を用いた安全解析

過渡状態ではボイド反応度が負となり事象進展が緩慢となる可能性



Na密度係数とNa密度変化の軸方向分布

ボイド反応度の炉心部ボイド率依存性

⇒ 今後、MA核変換量の増大と安全性向上の両立を目指す

7. 日立の取り組み方針

Na冷却高速炉/燃料サイクルの国家プロジェクトに貢献するとともに
BWRメーカーとしての経験を活かしたオプションを検討

Na冷却MA燃焼炉

MA燃焼炉の高性能化を
文科省公募で実施中

BWRによるTRU燃焼

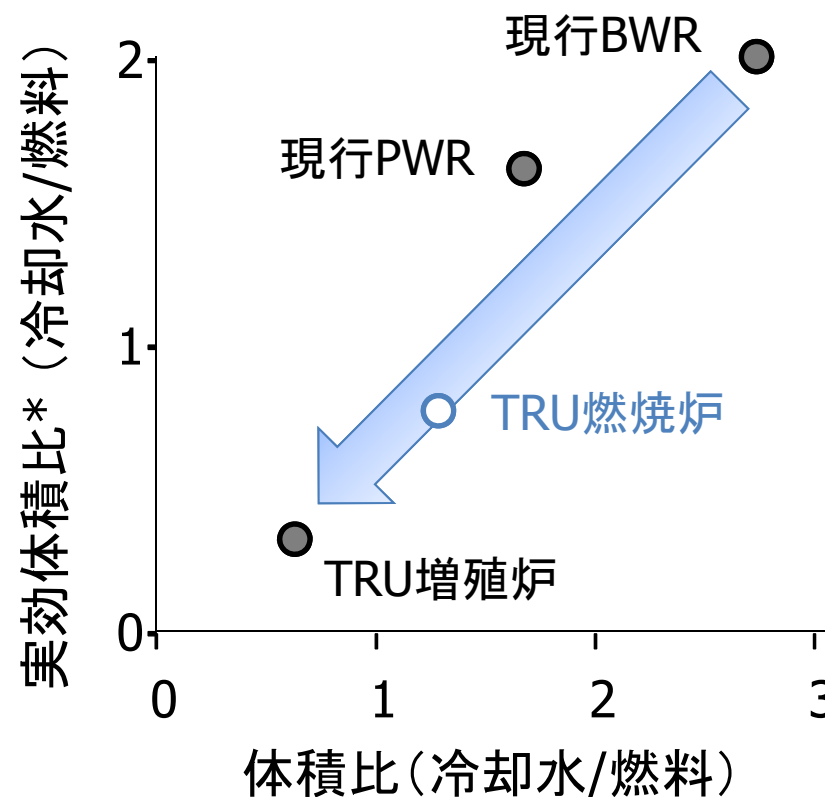
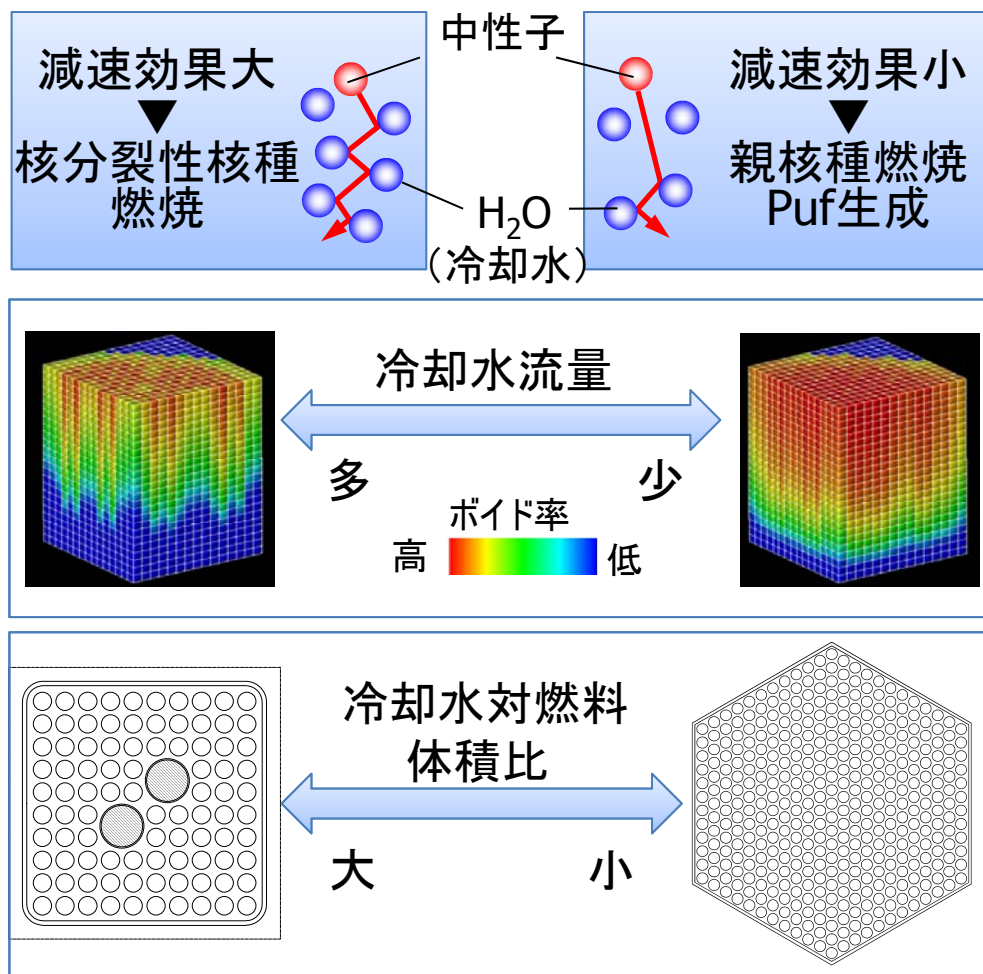
BWRの特徴を活かした
Na冷却炉オプションの検討

柔軟な燃料サイクル

様々な燃料サイクルと
デブリ管理に適用できる技術を
文科省公募で開発

8. BWR特徴のTRU燃焼炉への活用

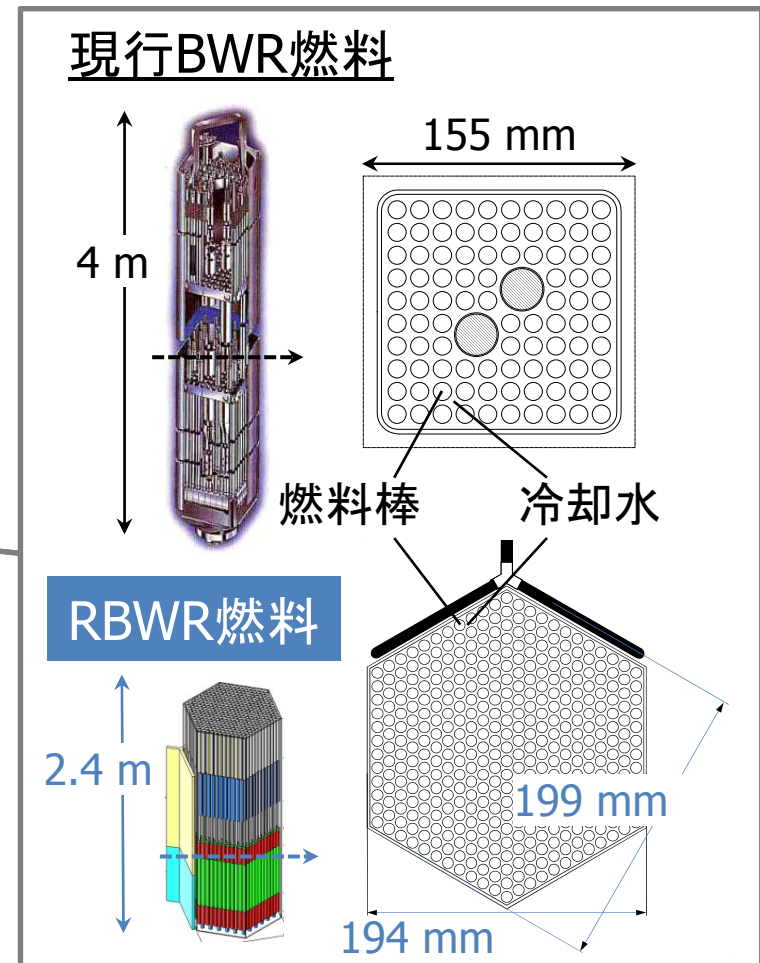
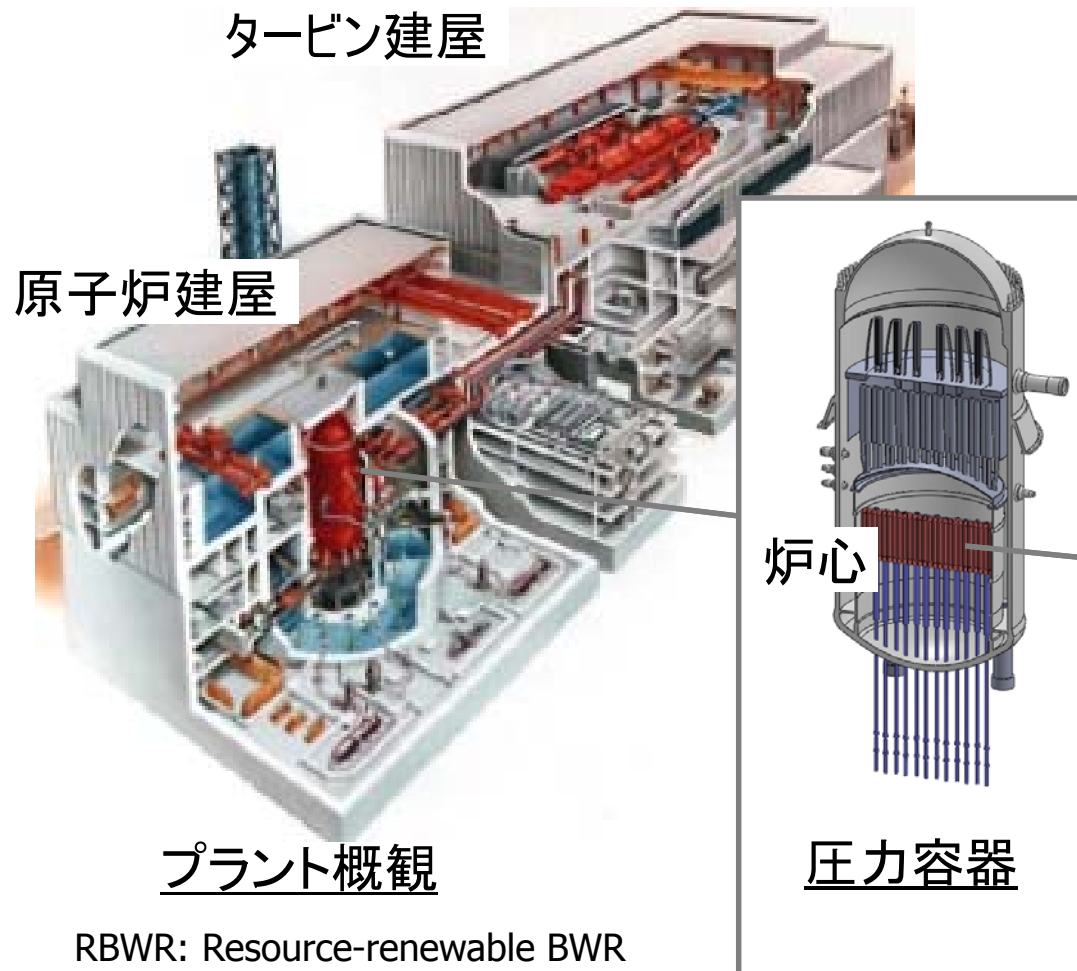
BWRが中性子減速効果を幅広く制御できることを活用し
核分裂性核種だけでなく親核種も燃焼



* 冷却水ボイド率を考慮した比

9. RBWRコンセプト

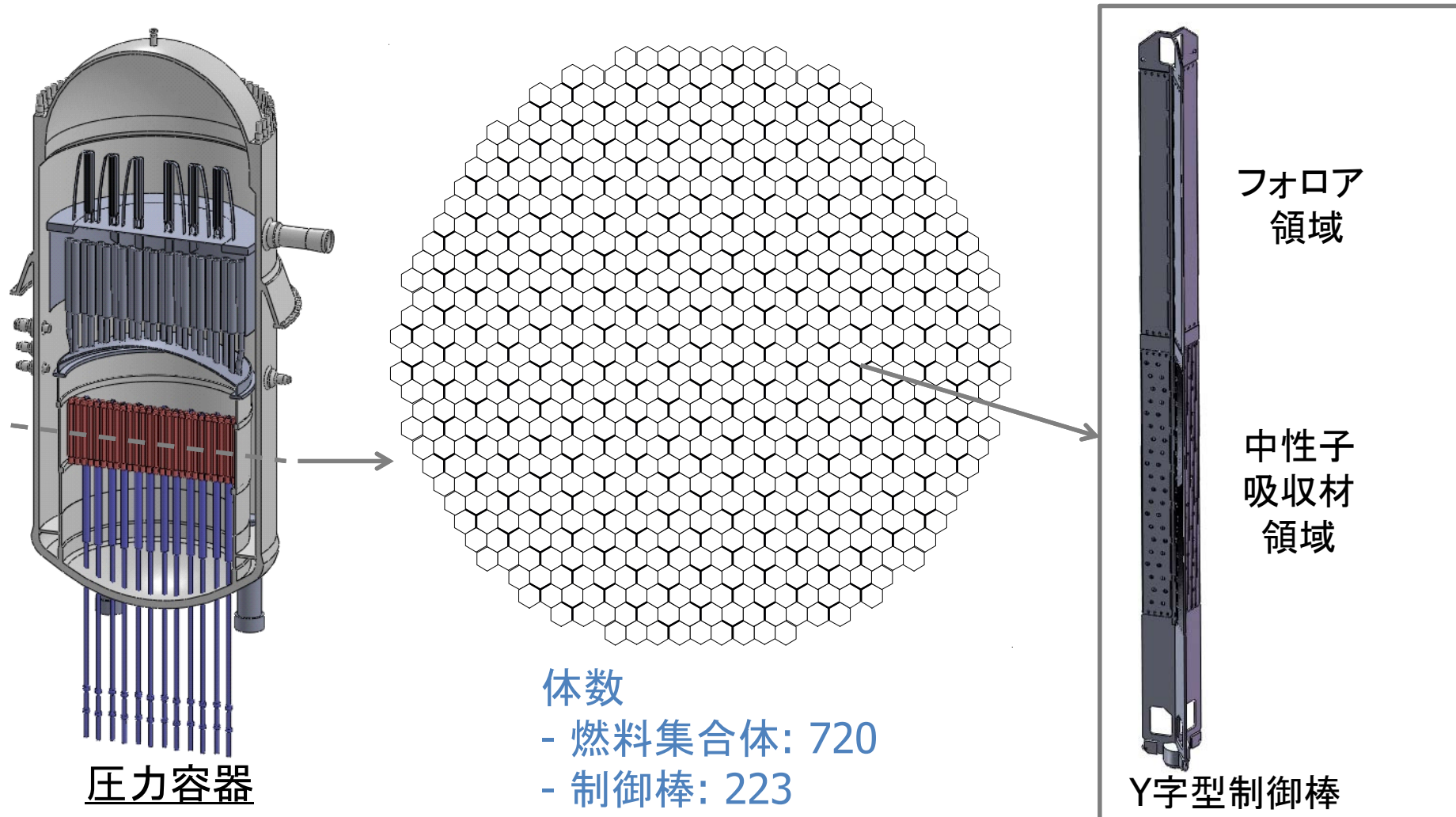
炉心の中性子減速効果を減らしTRU燃焼用に最適化
安全システム、BOP系などは現行BWRとほぼ同じ



RBWR: Resource-renewable BWR

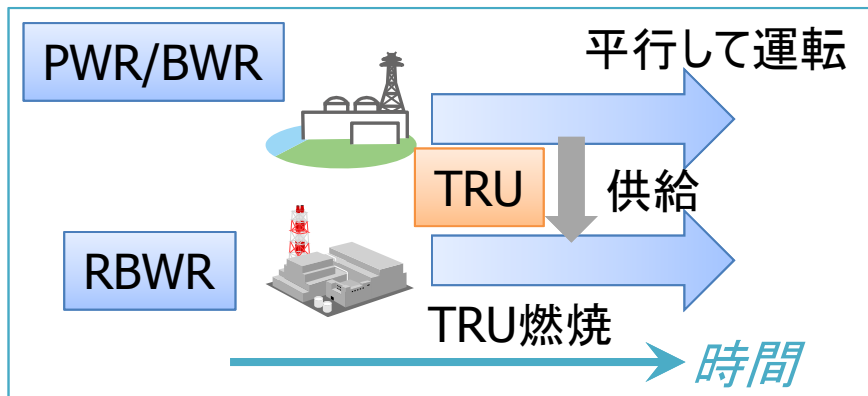
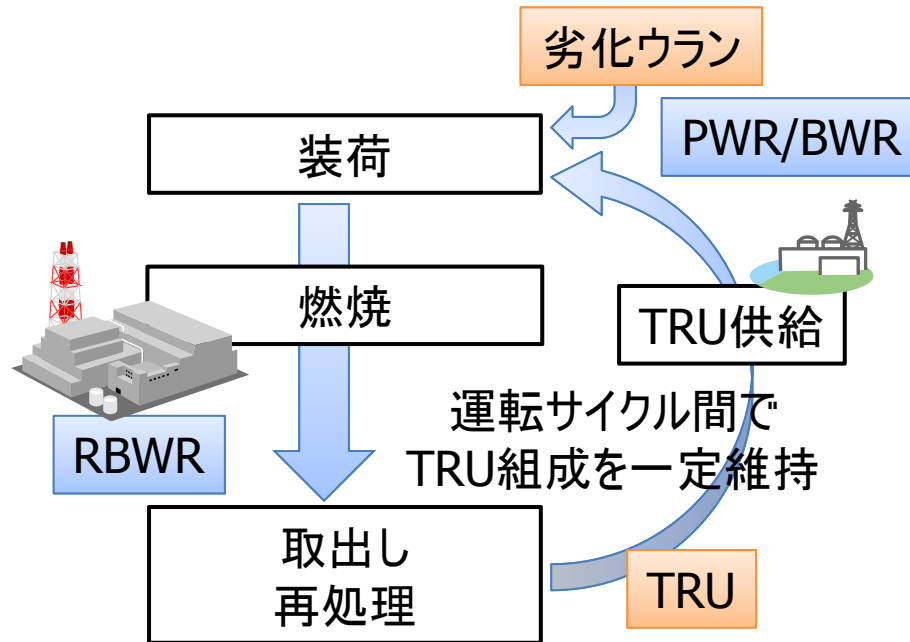
10. 炉心構成

Y字型制御棒を燃料集合体の間に挿入

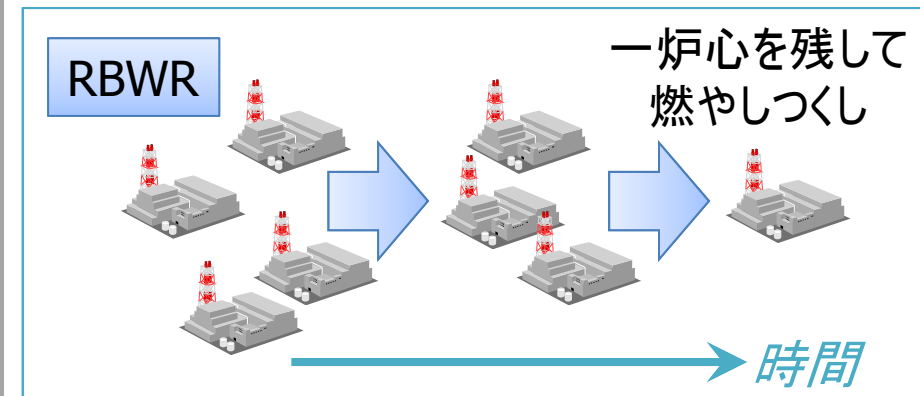
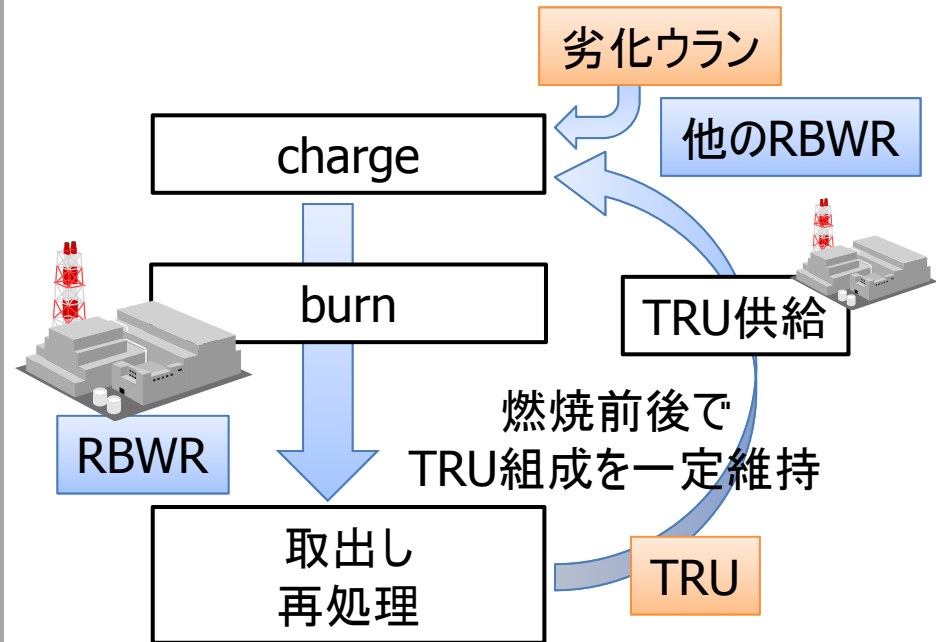


11. TRU燃焼炉のタイプ

PWR/BWR排出TRUを燃焼

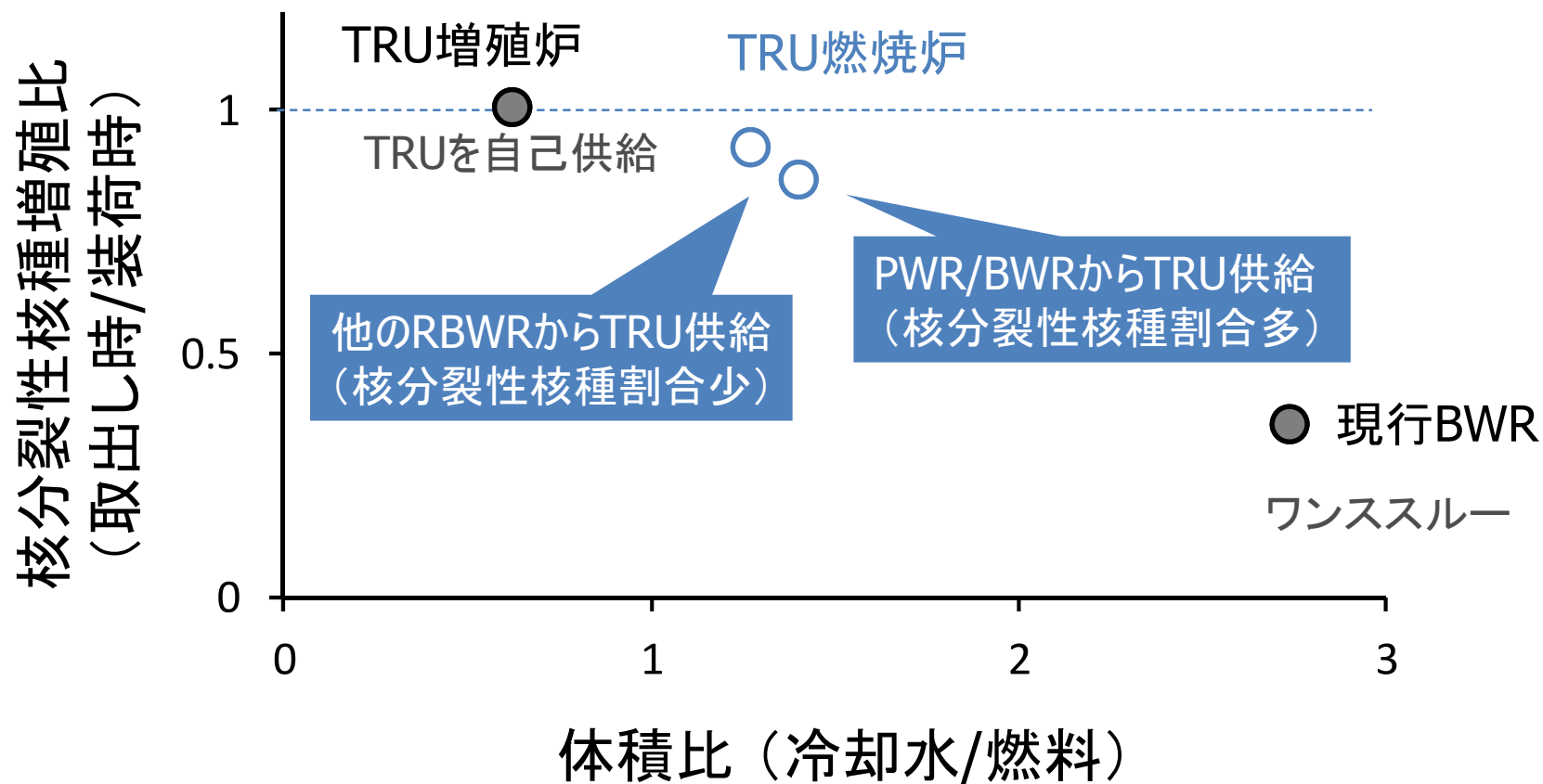


TRUを燃やしつつ



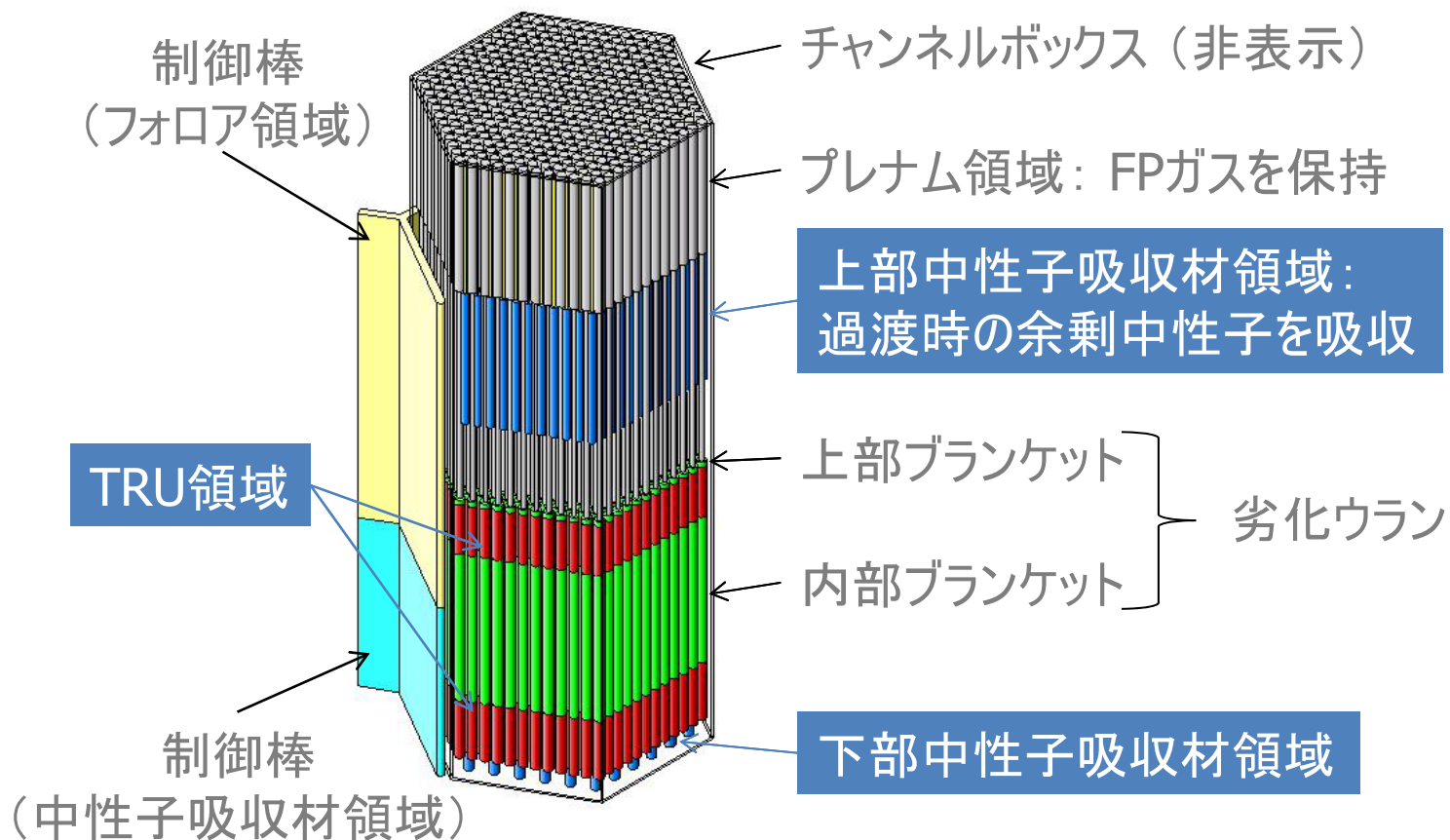
12. 減速材割合の選定

用途にあったTRU多重リサイクルを達成するため
冷却水(減速材)/燃料比で核分裂性核種の増殖比を調整



13. 固有安全性のための燃料構成

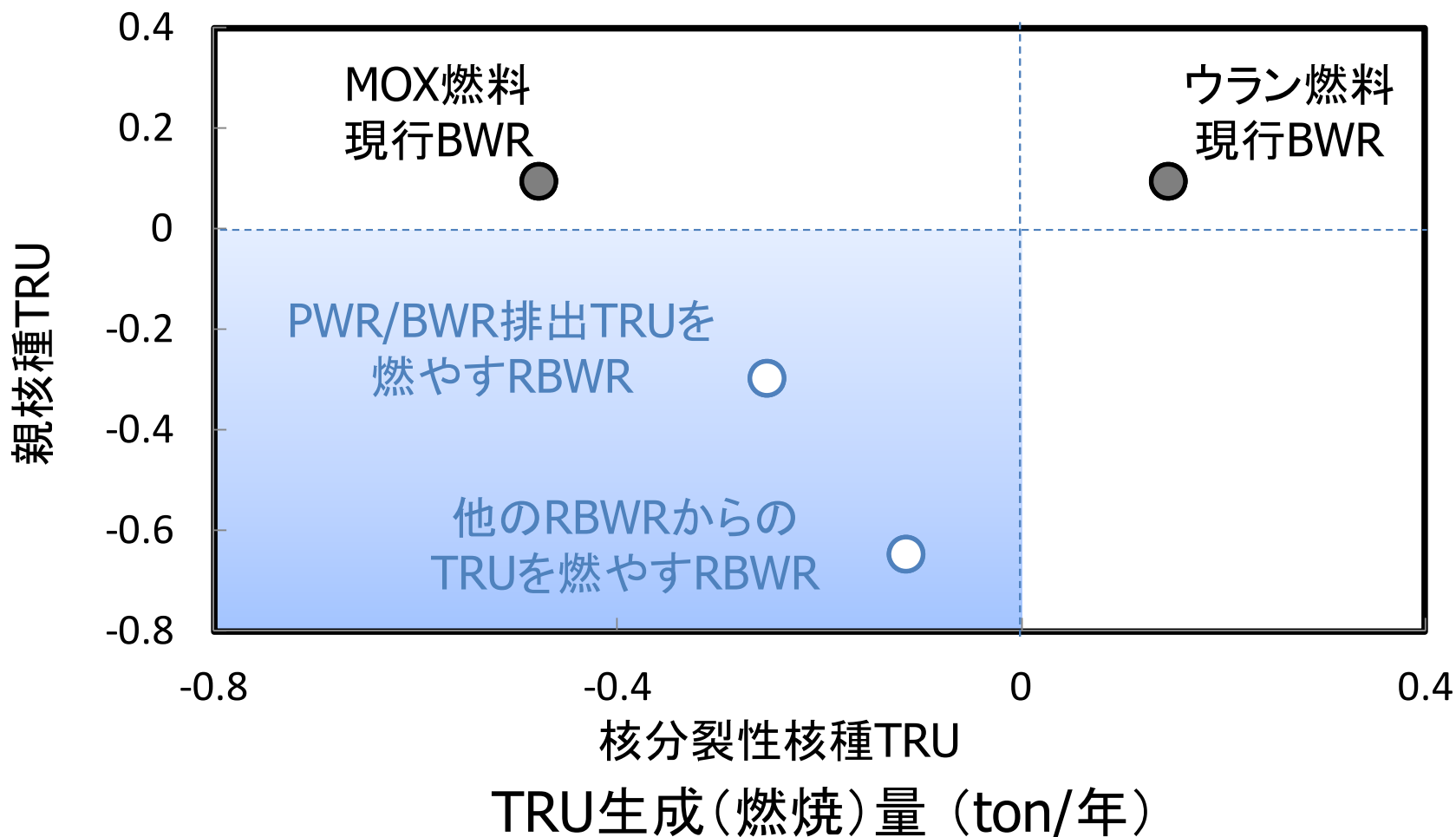
上下に中性子吸収材を配置した軸方向2領域炉心で
ボイド反応度係数を負に維持



燃料集合体

14. TRU燃焼炉特性

現行BWRが生成する2倍以上の速度で、
核分裂性核種だけでなく親核種のTRUも燃焼



15. 炉心仕様と特性

Item	RBWR TRU燃烧炉		ABWR
	RBWR-TRU燃烧	PWR/BWR-TRU燃烧	
電気出力 (MWe)	1356	1356	1356
炉心高さ (mm)	993	1025	3710
燃料集合体体数	720	720	872
燃料棒本数	397	397	74
燃料棒外径 (mm)	7.4	7.2	11.2
燃料棒間隙 (mm)	2.0	2.2	3.2
冷却水流量 (kt/h)	38	24	58
炉心出口クオリティ (%)	21	36	13
炉心平均ボイド率 (%)	42	56	36
圧損 (MPa)*	0.20	0.06	0.21
重金属装荷量 (t)	77	76	150
TRU領域Puf/HM比 (w/o)	13.9	25	-
平均取出燃焼度 (GWd/t)	55	65	45
MLHGR (kW/ft)	14.4	14.4	13.4
MCPR	1.3	1.28	1.3
ボイド係数 (Dk/k/%void)	-2×10^{-4}	-4×10^{-4}	-12×10^{-4}
TRU生成率 (%)**	-51	-45	+22

* 炉心部 ** 炉心内滞在中での(TRU正味増加量/核分裂した全アクチナイド量)

16. 日立の取り組み方針

Na冷却高速炉/燃料サイクルの国家プロジェクトに貢献するとともに
BWRメーカーとしての経験を活かしたオプションを検討

Na冷却MA燃焼炉

MA燃焼炉の高性能化を
文科省公募で実施中

BWRによるTRU燃焼

BWRの特徴を活かした
Na冷却炉オプションの検討

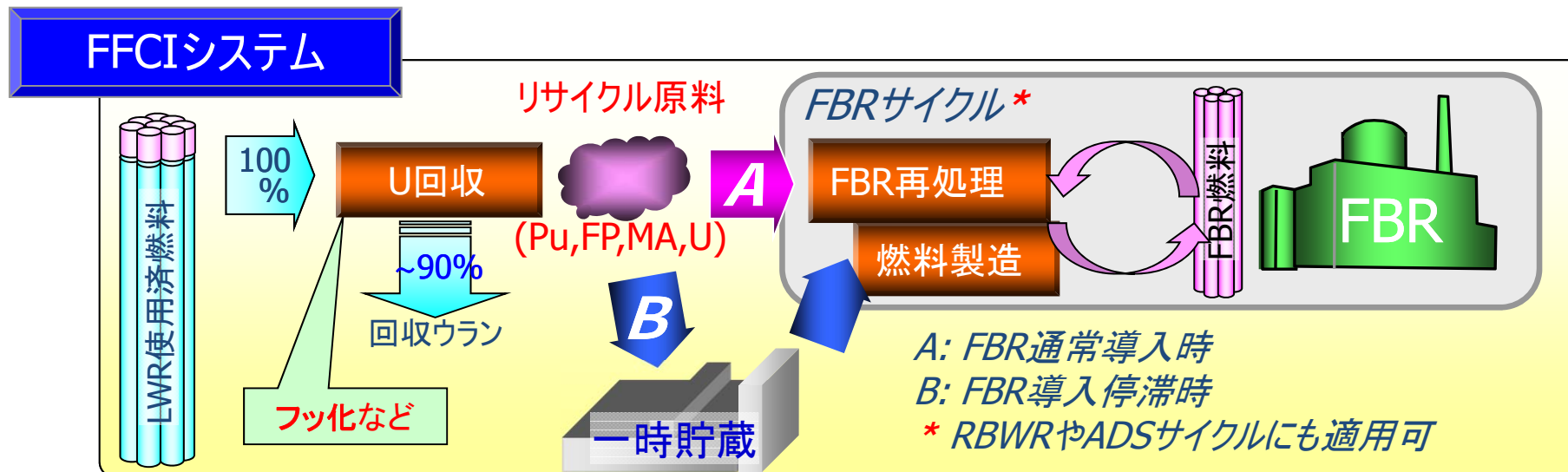
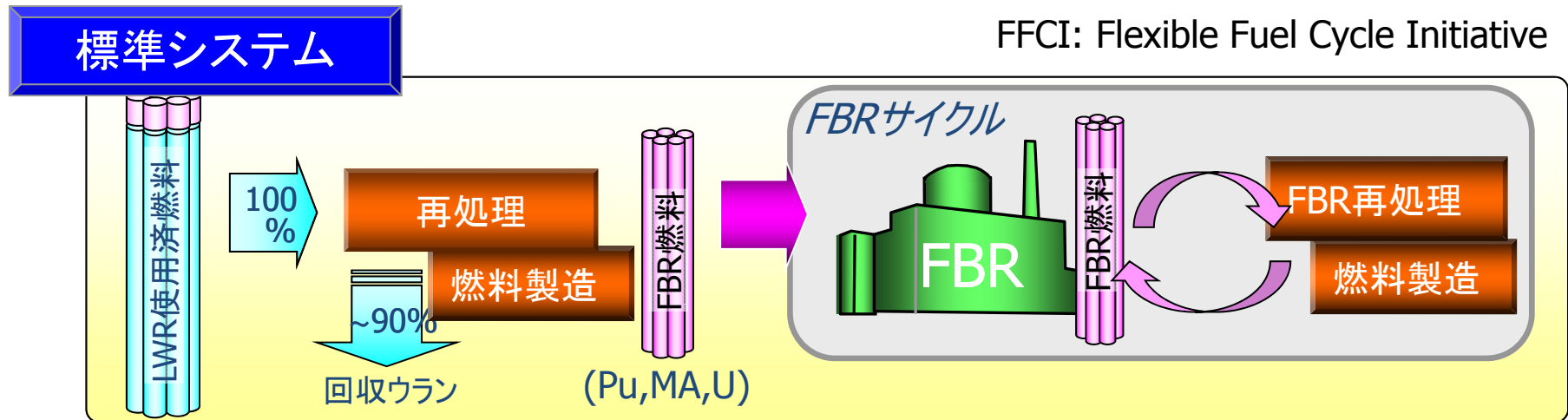
柔軟な燃料サイクル

様々な燃料サイクルと
デブリ管理に適用できる技術を
文科省公募で開発

17. FFCIコンセプト

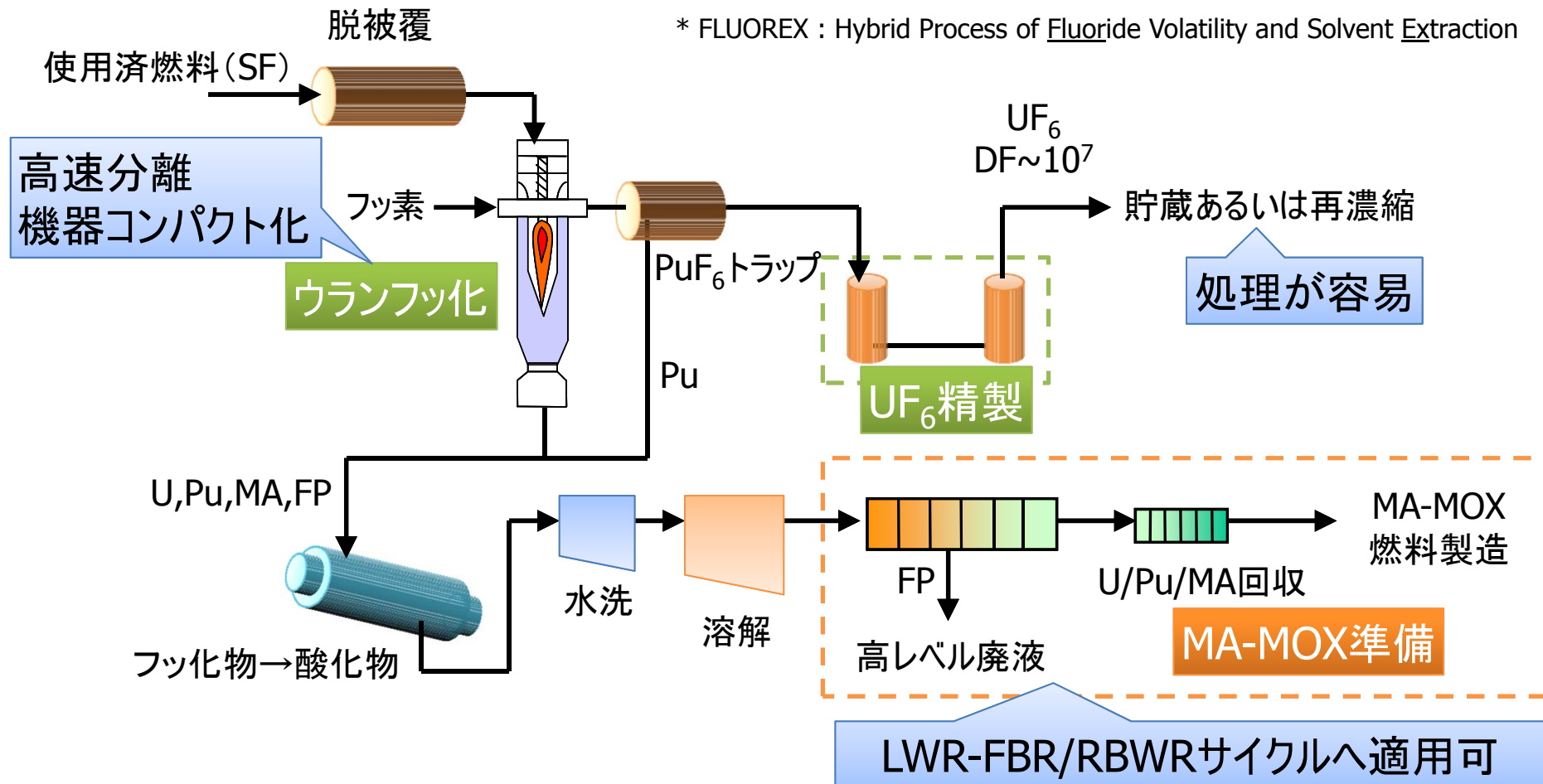
ウランのみを回収し、TRUはリサイクル原料としてFPと一緒に貯蔵
FBRサイクルほか、様々なサイクルに柔軟に対応可

FFCI: Flexible Fuel Cycle Initiative



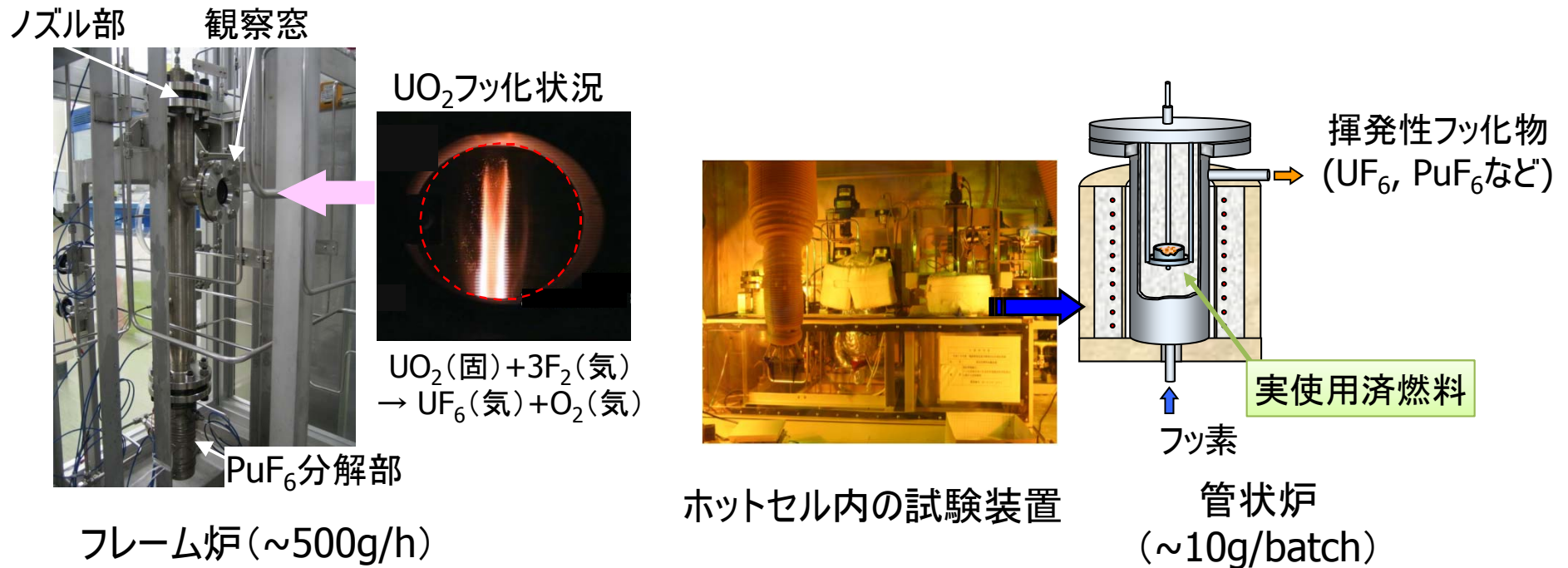
18. FLUOREXコンセプト

フッ化によるウラン回収と溶媒抽出のハイブリッド処理により
施設のコンパクト化と柔軟性を実現



19. FLUOREX開発状況

フッ化物揮発法の適用性を模擬および実使用済燃料で確認

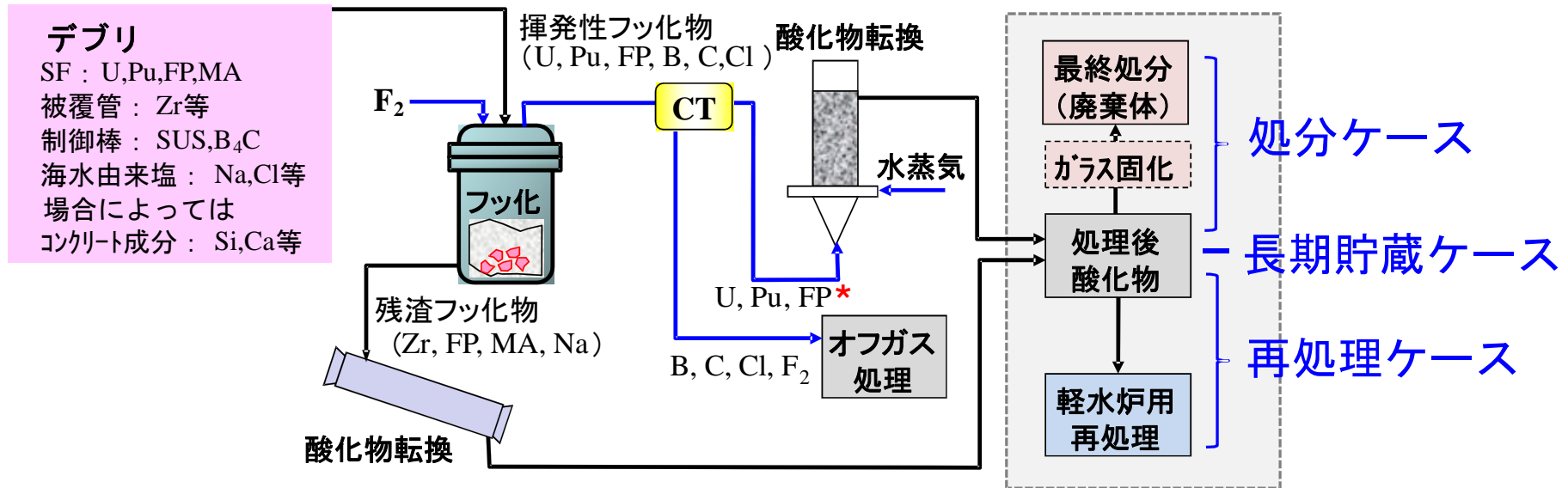


模擬使用済燃料による試験

実使用済燃料による試験

20. 福島燃料デブリへの適用

燃料デブリをコンパクトな設備で処理可能
処分、貯蔵、再処理に柔軟に対応可



* 計量管理が容易

フッ化物揮発法を用いた燃料デブリ処理

21. Summary

- 放射性廃棄物低減のため日立は以下のように取り組んでいきます。
 - Na冷却MA燃焼炉の高性能化を通して国家プロジェクトに寄与
 - BWRメーカーの経験を活かし、Na冷却高速炉のオプションとしてBWR TRU燃焼炉の実現性を検討
 - 国家プロジェクトでフッ化物揮発法を用いた使用済燃料再処理技術と燃料デブリ処理技術を開発

HITACHI
Inspire the Next

23. Na plenum concept

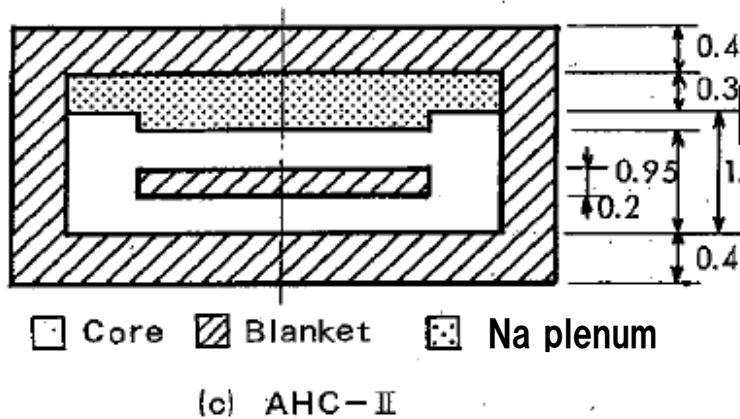


Fig.9 Core configurations [1]
(Vertical section, unit:m)

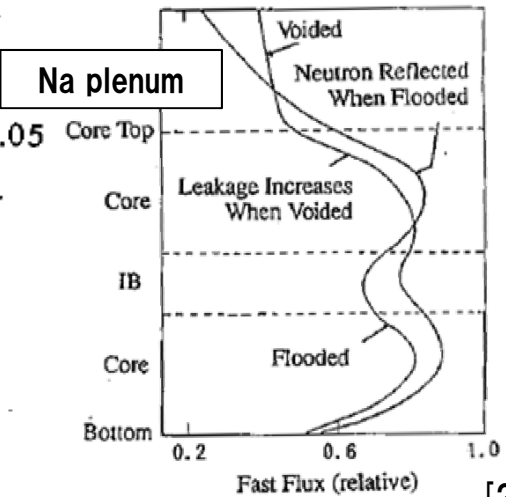


Fig.7 Axial flux distribution change upon Voiding [2]

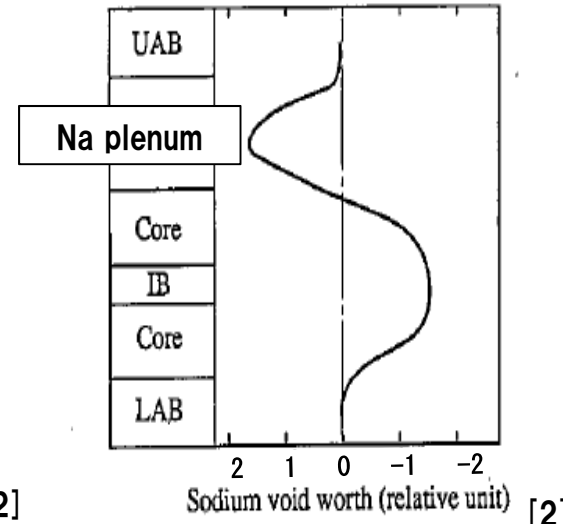


Fig.8 Axial sodium void worth distribution of AHC-II [2]

[1] K. Kawashima, K. Fujimura, et al., :Study of the Advanced Design for Axially Heterogeneous LMFBR Cores, Proc. of FR91, Vol. I

[2] K. Kawashima, K. Fujimura, et al., :Conceptual Core Design to Enhance Safety Characteristics in MOX Fueled Large LMFBRs (I), -Neutronics and Transient Safety Performance Characteristics-, Proc. of ANP-92, Vol. II