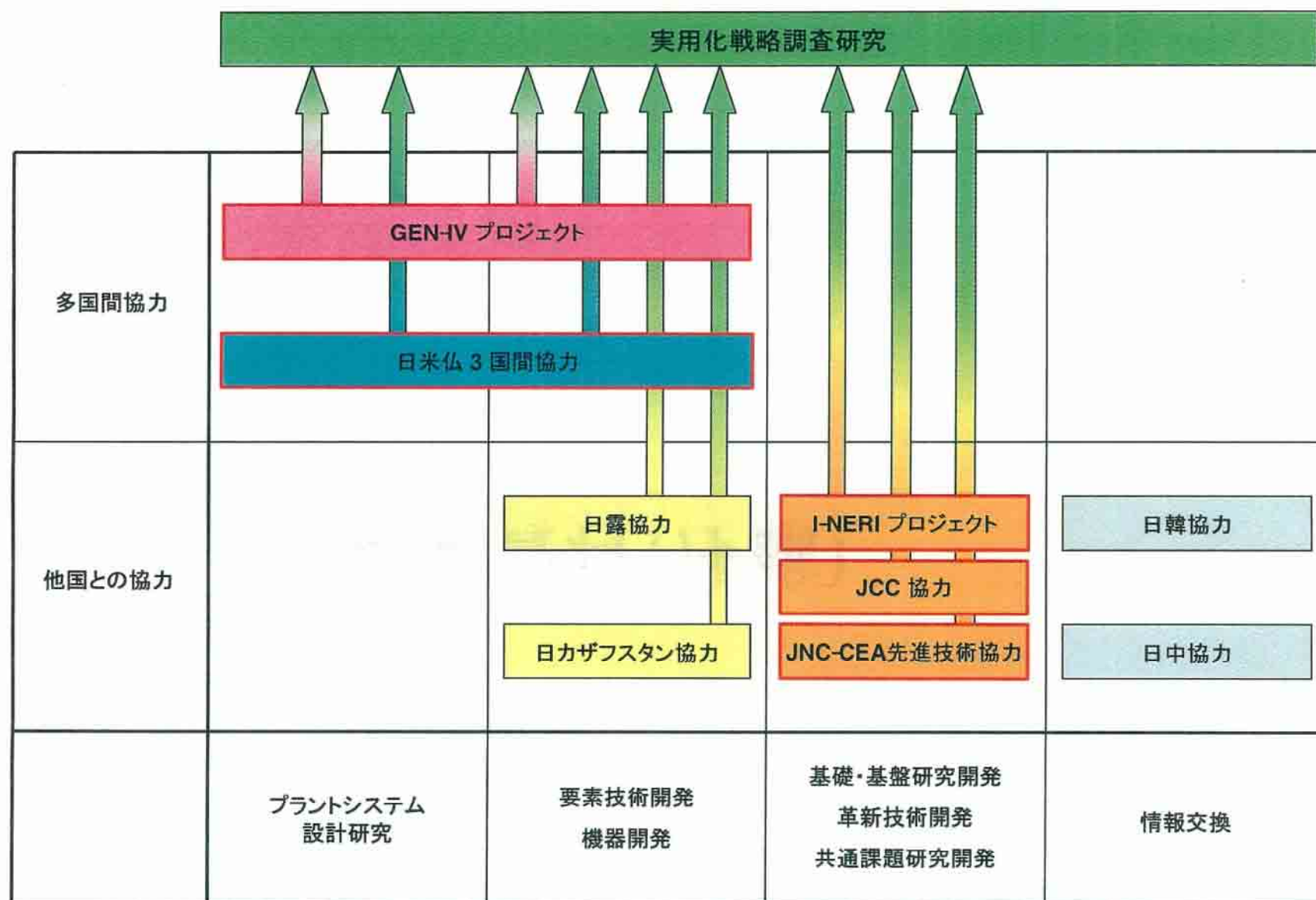




參考資料(序論)



← : 成果の流れ (反映先)



參考資料(第 I 部)



ナトリウム冷却炉の仕様比較

参考—I—1

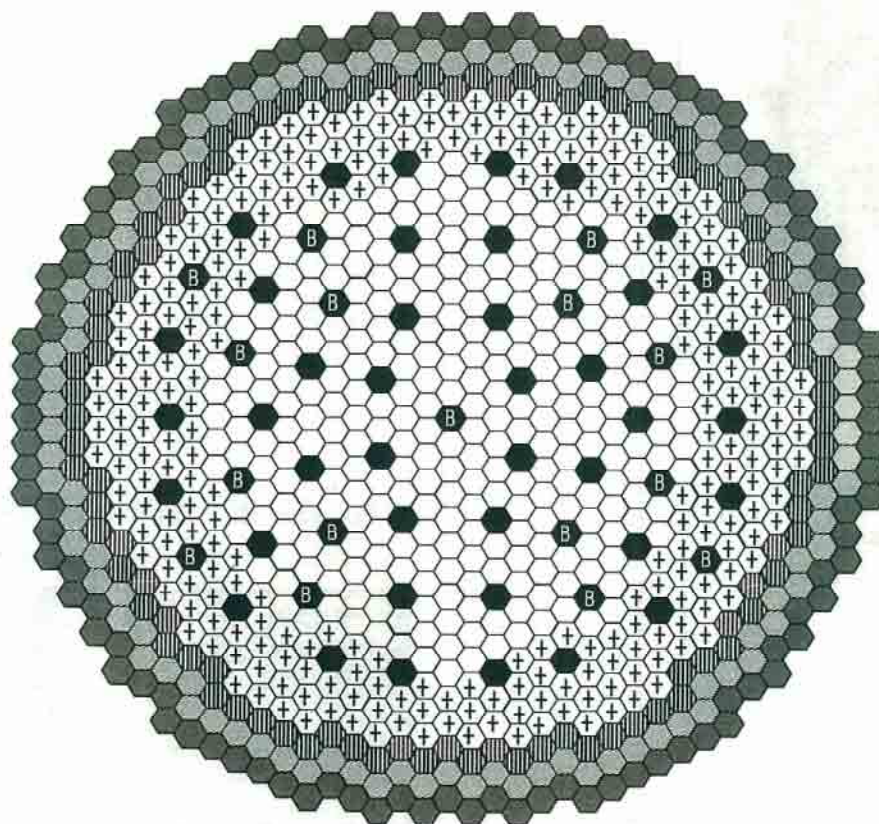
	単位	Na冷却大型高速増殖炉*	「常陽」(MK-Ⅲ)	「もんじゅ」
電気出力 / 熱出力	MW	1,500 / 3,530	— / 140	280 / 714
熱効率	%	42.5	—	39
炉心高さ / 炉心等価直径	mm	1,000 / 5,400	500 / 800	930 / 1,800
燃焼度(炉心燃料部平均)	万MWd/t	約15	7	8
増殖比	—	1.10 ~ 1.03	—	1.2
運転サイクル期間	日	約800(約26ヶ月)	60	148
1次系冷却材温度	℃	395 / 550	350 / 500	397 / 529
2次系冷却材温度	℃	335 / 520	300 / 470	325 / 505
冷却ループ数	—	2	2	3
原子炉容器高さ / 内径	mm	21,200 / 10,700	10,000 / 3,600	17,800 / 7,100
1次冷却材配管内径	mm	1,238	491	788
1次冷却材流量	t/h	65,400(32,700×2)	2,700(1,350×2)	15,300(5,100×3)
崩壊熱除去系	—	自然循環 DRACS×1+PRACS×2	強制循環 1次系補助冷却設備×1 2次系補助冷却設備×1	強制循環 2次系補助冷却設備×3
蒸気発生器	—	二重伝熱管直管型蒸気発生器×2	—	貫流分離、ヘリカル型×3
燃料取扱系	—	単回転プラグ、マニピュレータ方式	二重回転プラグ、垂直動方式	単回転プラグ、固定アーム方式

※炉心に関しては酸化物燃料の仕様を記載



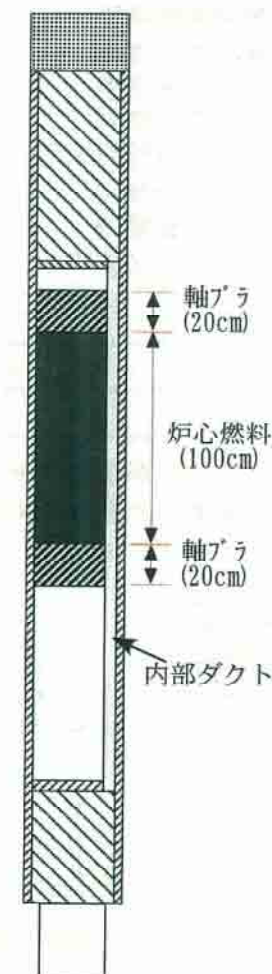
ナトリウム冷却炉(資源重視型)の酸化物燃料炉心の炉心配置

参考-I-2



○	内側炉心燃料集合体	288体
⊕	外側炉心燃料集合体	274体
▨	径方向ブランケット	96体
◐	SUS遮へい体(1層)	102体
◑	Zr-H遮へい体(1層)	108体
●	主炉停止系制御棒	40体
⦿	後備炉停止系制御棒	17体

合 計 925体



改良内部ダクト型燃料集合体



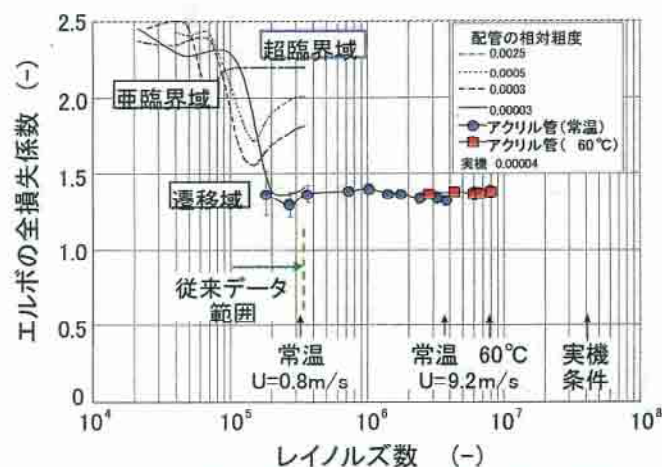
ナトリウム冷却炉（要素技術開発の成果）

参考—I—3

2ループ化



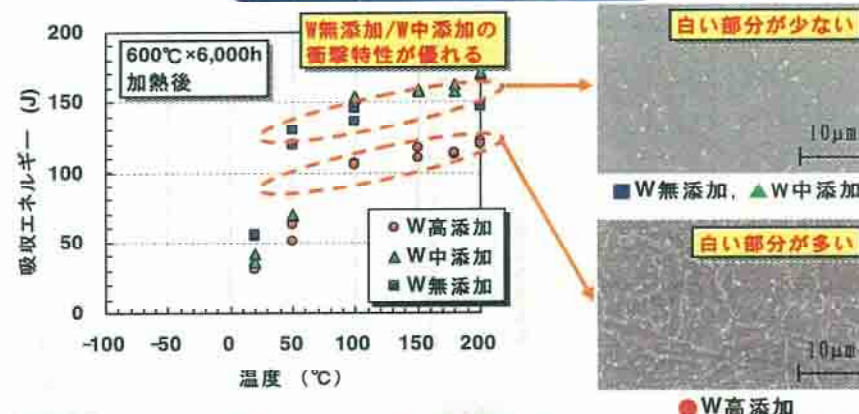
実機流速(9.2m/s)での流動状況
(大型炉ホットレグ配管1/3縮尺流体力学試験)



エルボ圧損係数のレイノルズ(Re)数依存性

- ・超臨界域の高Re条件では、剥離域が成長せず、流況がRe数に依存しないこと、構造健全性に影響する振動が発生しないことを確認

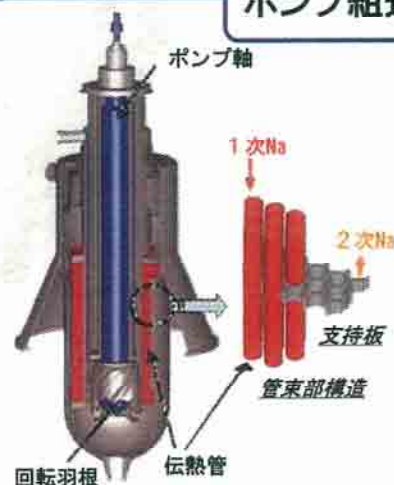
高クロム鋼構造材料



長時間加熱後の衝撃特性と金属組織に及ぼすタングステン量の影響

- ・タングステン量が少ない方が、熱時効後の衝撃特性に優れる。
→高速増殖炉用12Cr鋼候補仕様へ反映

ポンプ組込型中間熱交換器



ポンプ組込型中間熱交換器

- ・中型炉の1/4スケール振動特性試験
 - 振動試験により機器内での振動伝達特性を計測・分析
 - ・振動試験解析による解析モデル構築
 - 試験装置の流体、構造、伝熱管等の全てをモデル化した試験評価モデルを構築
 - 上記試験結果により検証
 - ・実機評価モデル構築
 - 実機評価モデルを構築し、伝熱管摩耗量を評価
- 寿命中の伝熱管健全性を確保できる見通し



金属燃料の利用によるナトリウム冷却炉の炉心性能の向上

参考－I－4

増殖比		1.03(1.03)	1.11(1.10)	1.19(1.20)	1.26
初装荷炉心に必要となる核分裂性物質質量		5.1 (5.8)t/GWe	4.9 (5.7) t/GWe	3.9 (4.4)t/GWe	3.9t/GWe
燃 焼 度	炉心平均	15.3 (15.0) 万MWd/t	14.9 (14.7) 万MWd/t	9.5 (15.4) 万MWd/t	9.6万MWd/t
	全体平均 (ブランケットを含む)	15.3 (11.5) 万MWd/t	13.4 (9.0) 万MWd/t	6.5 (5.5) 万MWd/t	5.5万MWd/t
連続運転期間		約22 (26)ヶ月	約22 (26)ヶ月	約22 (18)ヶ月	約22ヶ月
特徴		酸化物燃料に比べ3割 平均燃焼度が高い	酸化物燃料に比べ5割 平均燃焼度が高い	酸化物燃料に比べ2割程度 平均燃焼度が高い	軽水炉と同程度の燃焼度 で高増殖が可能

() 内は酸化物燃料(原子炉出口温度550℃の設計条件)を用いた場合の値

- 金属燃料炉心(原子炉出口温度550℃、連続運転期間22ヶ月の設計条件) では、
 - ・軽水炉並みの燃焼度では最高の1.26程度の増殖比(MOX炉心では1.20程度)を達成可能
(今後、熱設計成立性の確認が必要)
 - ・増殖比1.20程度までは、酸化物燃料を用いた場合に比べ、燃焼度が20～50%向上、
初装荷核分裂性物質質量が10%以上低減可能
- 高燃焼度炉心では、高速中性子照射量が酸化物燃料炉心に比べて7割程度増加するため、高速中性子照射量増大に耐えられる燃料被覆管の開発が必要となる。
- FBRへの移行に関する諸量評価では、例えばFBRを2030年導入開始と仮定すると、MOX燃料(増殖比1.20)に比べ、金属燃料(増殖比1.26)では天然ウラン累積需要量を2割程度削減可能と見込まれる



	革新技術	内 容	代替技術案	代替技術採用の影響
①	ODSフェライト鋼被覆管	ODS鋼を用いることにより高燃焼度化と冷却材出口温度の高温化の両立を図る。	PNC/FMS鋼を用いた炉心設計	原子炉出口温度が550→520℃と低下、燃焼度維持のため燃料ピン長増加(原子炉容器大型化による物量増13%)、原子炉電気出力確保のための熱交換器大型化(原子炉建屋体積8%増)、建設コストが増加する。
②	高クロム鋼採用による配管短縮	熱膨張が少なく高温強度に優れる高クロム鋼材料の採用により配管短縮と機器物量削減を図る。	9クロム鋼を用いた冷却系設計	強度確保のための伝熱管肉厚増加と、熱伝導度低下を補うための伝熱面積増加により、IHX及びSG(物量13%増)が大型化し、建設コストが増加する。
③	ポンプ組込型中間熱交換器	1次循環ポンプを熱交換器内に組込むことにより1次冷却系配管の簡素化を図る。	ポンプ、中間熱交換器の分離配置	1次冷却系機器数が3→5と増加することにより、容器、ガードベッセルの物量増加(原子炉、1次冷却系物量7%増)、建屋の配置スペースが増加する。
④	2ループシステム	熱交換器の大型化と配管の大口径化によるシステムの簡素化を図る。	4ループ化	原子炉容器の大型化、冷却系機器及び配管物量が増加し(原子炉と冷却系の物量10%増)、建設コストが増加する。
⑤	高信頼性蒸気発生器	2重伝熱管蒸気発生器の採用により伝熱管破損時の影響を局限化し、信頼性向上を図る。	単管ヘリカルコイル型蒸気発生器	単管ヘリカルSGではプラント寿命期間中に伝熱管破損が発生する可能性が無視できない。このため、伝熱管補修のための炉停止、及びSGの交換経費を含めると2重管SGの場合よりも、経済性は低下する可能性がある。



ガス冷却炉の仕様比較

参考—I—6

	単位	ヘリウムガス冷却高速増殖炉	炭酸ガス冷却高速増殖炉	HTTR(熱中性子炉)
電気出力 / 熱出力	MW	1,500 / 3,200	1,500 / 3,600	— / 30
熱効率	%	47	42	—
運転サイクル期間	日	約540 (約18ヶ月)	約730 (約24ヶ月)	—
炉心・燃料	—	被覆粒子型 U,Pu混合窒化物燃料	被覆管型 U,Pu混合酸化物燃料	被覆粒子型 U酸化物燃料
炉心高さ / 炉心等価直径	mm	1,000 / 6,290	1,200 / 5,900	2,900 / 2,300
燃焼度(炉心燃料部平均)	万 MWd/t	約12	15.5 ~ 16	2.2
増殖比	—	1.11 ~ 1.03	1.2 ~ 1.03	—
平均炉心出力密度*	W/cc	103	110	3
ループ数	—	4	4	1
1次系冷却材温度	℃	460 / 850	266 / 530	395 / 850 (高温運転時950℃)
1次系冷却材圧力	MPa	6	4.2	4
1次系ガス循環機	—	高圧コンプレッサー×4 低圧コンプレッサー×4	ガス循環機×8	ガス循環機×4
蒸気発生器	—	—	蛇行コイル貫流型×12	—
タービン	—	直接ガスタービン×4	蒸気タービン×1	—
所内負荷率	%	3.0 (44MW)	13.6 (205MW)	—
免震方式	—	三次元免震	—	—

* 平均炉心出力密度= 炉心高さ×3.14×(炉心等価直径)²÷4

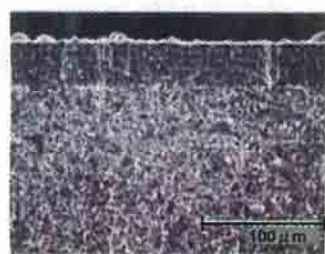


- 実施内容 ➤ 厚膜蒸着特性基礎試験
➤ 曲げ強度基礎試験

- TiN脱被覆基礎試験
など

主な成果

➤ 厚膜蒸着特性試験

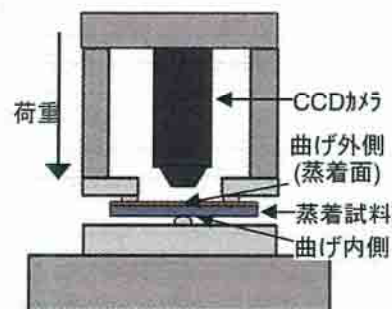


TiN被覆

- ・ PVD*では内部応力が課題であるが、TiNに僅かなTi (金属) を付加し積層蒸着することで、30 μm程度の膜厚まで健全な状態で形成されることがわかった。
- ・ 本方法により、更なる厚膜形成の可能性を有すると推測される。

(米国では、さらに厚膜の被覆試験を行い、見通しを得ている。)

➤ 曲げ強度試験

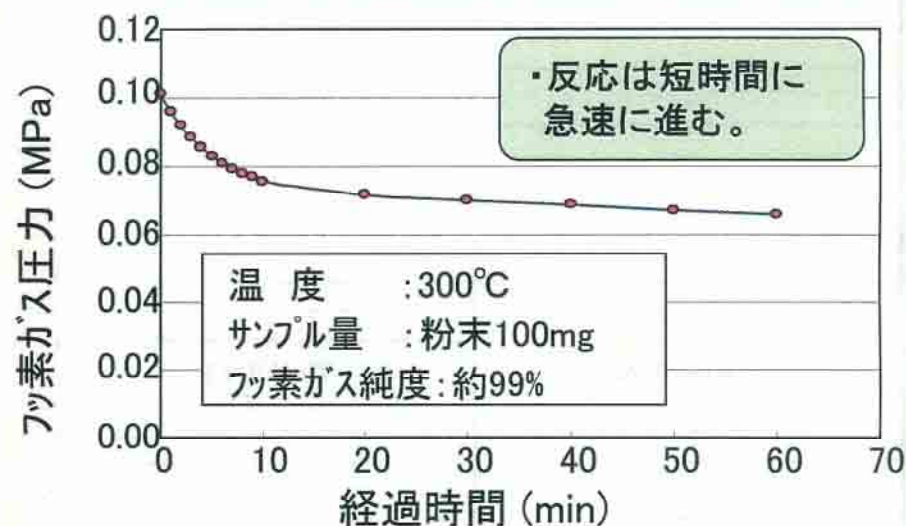


[強度測定装置概略図]

- ・ PVDによる薄膜被覆 (10 μm) について、室温条件で曲げ強度を測定するとともに、確率論的評価手法を適用しワイブル係数 (強度のバラツキに関する係数) の評価を行った。
- ・ TiN被覆は、高ワイブル係数を有し、SiCと比較し優れた強度特性が期待できることが示された。

➤ TiN脱被覆基礎試験

フッ化反応の進行速さと圧力変動の確認



TiNコーティング材でのフッ化反応の確認

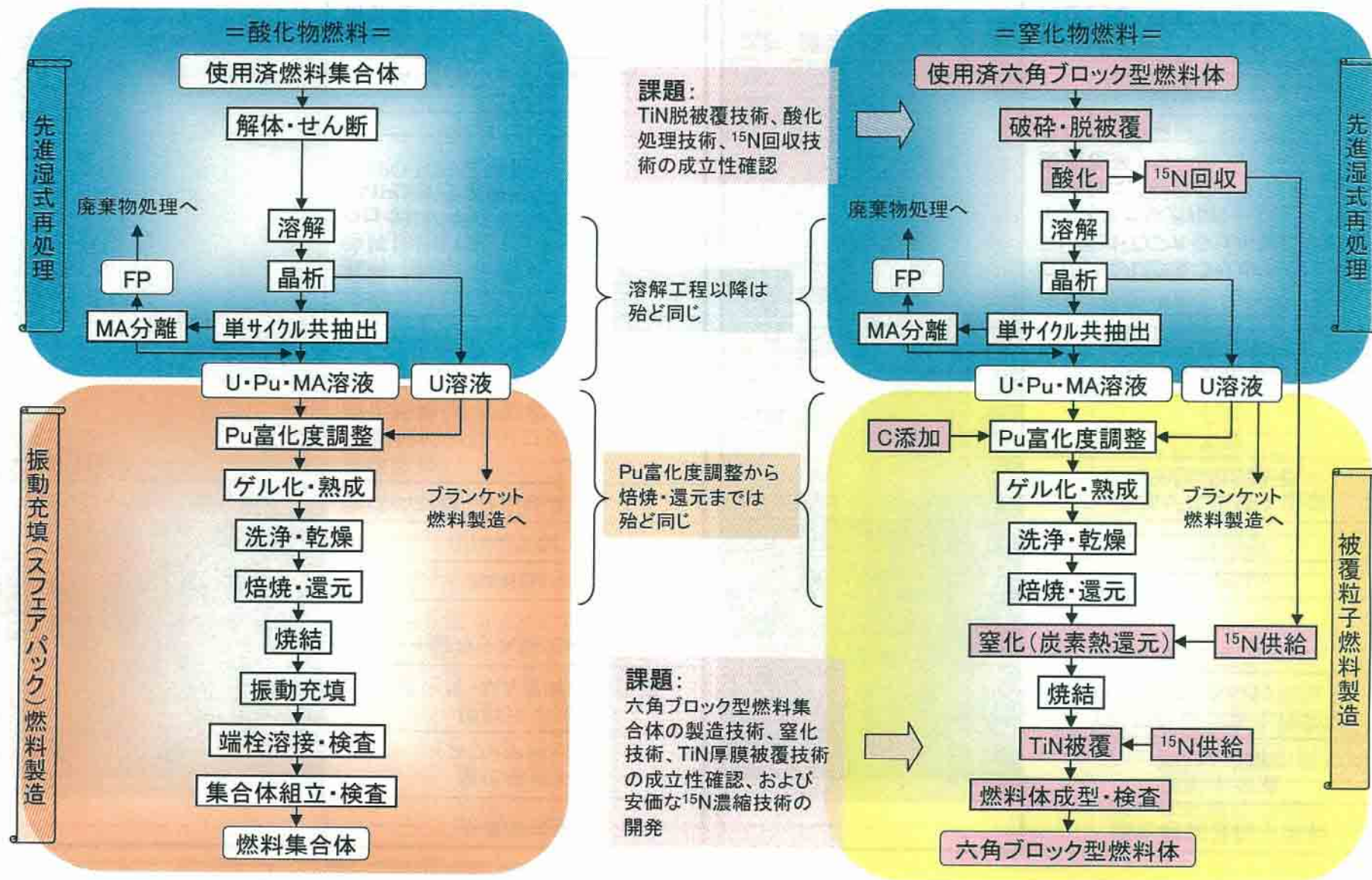
- ・ およそ20%程度の質量減少を確認し、フッ化反応の進行を確認した。

* PVD: Physical Vapor Deposition (物理気相成長法)



窒化物燃料サイクル概念 —先進湿式再処理＋被覆粒子燃料製造の場合—

参考—I—8



先進湿式再処理＋振動充填燃料製造
—酸化燃料—

先進湿式再処理＋被覆粒子燃料製造
—窒化物燃料—



先進湿式法再処理と窒化物被覆粒子法燃料製造の 一体型プラントの仕様

参考—I—9

	先進湿式法
受入燃料	窒化物燃料 (スフェアパック)
再処理製品	硝酸水溶液 (Pu富化度・MA含有率調整済)
発生廃棄物処分体 (高レベル廃棄物)	ホウケイ酸ガラス固化体
年間処理能力	200tHM/y
再処理製品へのFP混入率	0.14wt%以下
六角ブロック集合体解体	機械的破壊(せん断等)
前処理操作	被覆除去 (機械的粉碎 or フッ化揮発) 酸化転換(N-15回収)
分離操作原理と 使用媒体	溶解(硝酸水溶液) 晶析 溶媒抽出(TBP+n-ドデカン) クロマトグラフィー(シリカ担持型 CMPO/BTP吸着材)
操作温度	0~95℃
セル雰囲気	Ar雰囲気+空気雰囲気
運転・保守補修方式	連続式 自動運転(配管移送) 遠隔保守補修
臨界管理方式	形状管理(全濃度安全形状)

	窒化物被覆粒子燃料
受入原料	硝酸水溶液 (Pu富化度・MA含有率調整済)
中間製品	TiN被覆球状窒化物粒子 (0.86mφ)
燃料スミア密度	—
年間処理能力	200tHM/y
製品へのFP混入率	0.14wt%
転換操作	外部ゲル化法+焙焼 +炭素熱還元
Pu富化度/MA添加率調 整操作	不要
被覆操作	熱化学気相蒸着法
六角ブロック集合体成型	振動充填+反応焼結法
使用試薬等	ポリビニルアルコール テトラヒドロフルフリルアルコール イソプロピルアルコール アンモニア水溶液 炭素粉末 四塩化チタン
操作温度	室温~1700℃
セル雰囲気	Ar雰囲気+空気雰囲気
運転・保守補修方式	バッチ式 自動運転(機械式移送) 遠隔保守補修
臨界管理方式	形状管理(水溶液系は全濃度安全 形状寸法)/本数・体数管理



鉛ビスマス冷却炉の仕様比較

参考－I－10

	単位	鉛ビスマス冷却高速増殖炉	ナトリウム冷却中型高速増殖炉
原子炉型式	—	強制循環冷却 タンク型	強制循環冷却 ループ型
電気出力 / 熱出力	MW	750 / 1,980	750 / 1,765
熱効率	%	38	42.5
運転サイクル期間	日	約550 (約18ヶ月)	約800 (約26ヶ月)
炉心・燃料	—	Pu,U混合窒化物	Pu,U混合酸化物
炉心高さ / 炉心等価直径	mm	700 / 4,430	1,000 / 3,800
燃焼度 (炉心燃料部平均)	万MWd/t	約15	約15
増殖比	—	1.10 ~ 1.03	1.10 ~ 1.03
燃料バンドル部流速	m/s	2	約5
被覆管最高温度	℃	570	700
1次系冷却材温度	℃	285 / 445	395 / 550
1次主循環ポンプ	—	縦置き機械式遠心ポンプ×3	縦置き機械式遠心ポンプ×2
蒸気発生器	—	一体貫流ヘリカル型×6	二重伝熱管直管型×1
免震方式	—	三次元免震	水平免震



水冷却炉 (BWR 型) の仕様比較

参考－I－11

項 目	単 位	水冷却炉 (BWR型)	ABWR (熱中性子炉)
電気出力 / 熱出力	MW	1,356 / 3,926	1,356 / 3,926
原子炉圧力	MPa	7.2	7.2
炉心外接半径	m	3.8	2.7
燃料集合体数	—	900	872
炉心部取出燃焼度* / 炉心取出燃焼度**	万MWd/t	5.4 / 4.5	4.5 / 4.5
炉心部高さ	m	0.845	3.71
炉心流量	10 ⁴ t/h	1.8	5.2
出口クオリティ	%	51	14.5
炉心部平均ボイド率	%	69	43
炉心圧損	MPa	0.043	0.18
MOX部Pu富化度 / 炉心部Puf富化度	wt%/HM	32.0 / 9.3	— / 3.8 (ウラン濃縮度)
Puf装荷量	t	15.4	—
増殖比	—	1.05	—
最大線出力密度	kW/ft	16	12
MCPR	—	1.3	1.3
ボイド反応度係数	10 ⁻⁴ Δk/k/%void	-0.5	-8
連続運転期間	month	18	13
MOX部MA含有率	wt%/HM	2.1	—
MOX部FP含有率	wt%/HM	0.04	—

* : MOX部＋内部ブランケットの平均燃焼度

** : MOX部＋全ブランケットの平均燃焼度



ナトリウム冷却炉のロードマップ(案)

参考—I-12

分 類		主要課題	2005	2010	2015	2020
設計研究		実用炉概念の構築		概念設計	最適化設計	
燃料		燃料集合体の開発		燃料集合体流動・耐久試験		
		TRU燃料の照射健全性			新型燃料集合体実証照射(常陽 / もんじゅ)	
		ODS鋼の開発		TRU酸化物燃料照射(常陽)		
				日米仏グローバルアクチニドサイクル(もんじゅ)		
		金属燃料の開発		ODS燃料ピン実験照射(25万MWD/t)(常陽)		
				金属燃料ピン高温照射(常陽)		
安全		炉心損傷時の再臨界回避		再臨界回避 炉外試験(EAGLE計画)(IGR)		
		燃料安全性評価技術		デブリ冷却保持 炉外試験(IGR)	デブリ冷却保持 炉外試験(金属燃料)(IGR)	
				破損限界・破損後挙動試験(TREAT)	破損限界・破損後挙動試験:高燃焼度(金属燃料)(TREAT)	
原子炉	原子炉停止系	炉停止系信頼性の確認		SASS照射試験(常陽)	炉停止系信頼性確認試験	
1次主冷却系	原子炉構造	切込型炉心上部機構開発		ストライピング評価試験(水、Na)		
	炉内熱流動	炉内熱流動試験		炉容器内熱流動Na試験		
	冷却系循環ポンプ/ 中間熱交換器/ 配管	ポンプ組込型中間熱交換器の開発		伝熱管の磨耗量確認試験	入口プレナム流動試験	
		大口径高速流配管構造		流力擾動試験(水)	Na中エロージョン試験(エルボ等配管要素試験/浸食発生条件試験)	
2次主冷却系	蒸気発生器	二重伝熱管直管型蒸気発生器の開発		長尺二重伝熱管開発		
				水リーク挙動試験・評価技術開発		
				伝熱流動試験		
原子炉補助施設 他	燃料取扱系設備	新型燃料移送系の開発・確証		除熱性能、交換機確証 ガス中落下試験	出入機、EVST内移送機性能確証	
	計測・制御	原子炉計装、Na計装、SG水漏えい検出系		超音波流量計、FFDL、微小Na漏えい検出系、SG水漏えい検出系開発		
その他	耐震および免震設計	3次元免震確認試験		免震構造開発・試作/免震構造確認試験		
	材料/高温構造設計	高温構造設計方針		基準要素技術開発(クライテリア等)	設計方針策定/適用性確認試験	設計方針の適用範囲拡大
		高クロム鋼構造材料の開発		設計用データ取得(強度基準値、非弾性評価法等)	評価手法長時間妥当性評価データ取得/交換補修手法整備	
	供用期間中検査と補修	ナトリウム中構造物の検査・補修		革新的検査装置の開発(Na中目視試験装置、Na中体積試験装置)		
				炉内補修技術の開発		
二重伝熱管直管型蒸気発生器の検査・補修			検査技術の開発		補修技術の開発	



ヘリウムガス冷却炉のロードマップ(案)

参考-I-13

		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
ヘリウム炉固有技術 (燃料・再処理)	窒化物被覆粒子燃料開発	炉外スクリーニング 粒子被覆形成試験	模擬燃料製作試験、 照射試験許可	模擬粒子照射試験*				
	新型燃料集合体開発	炉外スクリーニング 流動特性試験	燃料集合体製作性試験、 試作	被覆粒子照射試験*	集合体流動・耐久性試験 集合体部材照射試験*	集合体照射試験*		
	燃料安全性試験			燃料安全過渡試験(IGR)				
	脱被覆技術	プロセス選定、 確認	要素技術開発、工学試験、性能評価					
	再処理技術		要素技術開発、工学試験、性能評価		<工学規模ホット試験施設> 建設、コールド試験、ホット試験、リサイクルシステム実証			
安全	受動安全			受動安全性試験*				
	熔融燃料冷却性 (コアキャッチャー)	概念設計 燃料熔融挙動基礎特性試験	熔融挙動 コアキャッチャー機能確認試験					
	再臨界回避			再臨界回避技術(IGR)				
原子炉	原子炉停止系/ 制御棒駆動機構	制御棒 下部挿入CRDM 高温型SASS	概念設計、構造材 料試験、製作	部分機能試験(気中)、 高温耐久試験、要素試験				
主冷却系	原子炉構造、 機器開発	原子炉格納容器	概念設計、 基本計画	材料適用性評価、格納容器 貫通部耐圧試験				
		単軸縦型ガスタービン	概念設計、 基本計画	要素試験(タービン・軸受等)、総合 試験				
	伝熱流動・崩壊 熱除去系	補助炉心冷却系	概念設計、 基本計画	製作、特性 試験	スケールモデル製作、試験、 実機解析			
原子炉補助施設	燃料取扱系設備	新型燃料移送系 開発・確認	概念設計、 要素開発	除熱性試験、出入機能確認(耐震性)、 落下試験				
	計測・制御	原子炉計装の開発	流量計、炉内計装、NIS付属 機器の開発・確認					
その他	免震設計	3次元免震確認試験	概念・要素検討 ／要素試験	免震構造開発・試作／免震 構造確認試験				
	材料/高温構造 設計	高温構造設計方針	方針暫定案	基準要素技術開発設計／方針策定 ／適用性確認試験				
		耐高温材料開発	材料開発、試作(断熱材等)	プラント設計用データ取得/評価手法長時間妥当性評 価データ取得/交換補修手法整備				
	供用期間中検 査と補修	構造物の検査・補修	ISI方針、ISI装置 設計、試作、改良	模擬試 験				

* 照射試験を実施する候補施設としては、常陽+HTTRまたは仏国He冷却実験炉が考えられる



鉛ビスマス冷却炉のロードマップ(案)

参考—I-14

		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
鉛ビスマス固有技術	高耐食性材料/腐食抑制技術開発	腐食特性評価、腐食防護技術の安定性評価	耐食材試作、基礎特性確認	高耐食性材料長時間域材料特性確認				
	流動PbBi計測制御技術開発	基礎データ取得、設計、試作、性能評価	流動PbBi計測制御システム開発	流動PbBi計測制御耐久性評価・改良				
	PbBi洗浄技術開発	情報収集、基礎データ取得、試作、技術評価	洗浄・廃液処理技術改良、実用化					
	PbBi冷却系保守技術整備		PbBi冷却系保守・維持技術開発、整備					
	Po除去技術開発	基礎データ取得	Po物性、移行特性把握	ソースターム評価手法開発および妥当性確認、工学試験施設によるシステム確認				
燃料	窒化物燃料の開発	短尺ピン照射、照射試験準備	燃料ピン照射(常陽)	燃料集合体バンドル照射、低除染、TRU等(常陽)				
安全	炉心損傷評価技術	基礎データ取得	窒素解離、FCI挙動把握	再臨界回避技術開発(IGF)	デブリ冷却保持 炉外試験			
	燃料安全性評価技術			破損限界・破損後挙動試験(TREATorIGF)				
	SG安全	生成物質基礎特性把握	SGTR評価手法開発、モデル試験による妥当性確認	SGTR評価手法高度化				
原子炉	遮へい	高性能遮へい体の開発	Zr-H遮へい体開発					
	原子炉停止系/制御棒駆動機構	高比重制御棒開発	高比重制御棒流動試験	高比重制御棒耐久試験				
	制御棒駆動機構、SASS	概念設計、構造材料試験、製作	要素試験、耐久試験(常陽)					
主冷却系	炉構造、主冷却系機器、燃取設備等	主要機器の設計開発	主要機器予備・調整設計、型式の選択	実験炉主要機器の基本計画	実験炉主要機器の詳細計画			
	主要機器確認試験	基礎データ取得	主要機器要素技術開発	長時間耐久性、耐震試験等、主要機器確認試験				
原子炉補助施設	伝熱流動・崩壊熱除去系	自然循環崩壊熱除去	基礎データ取得	自然循環崩壊熱除去特性把握、崩壊熱除去システム確認試験				
	計測・制御	原子炉計装の開発	炉内計装、FFDL、気泡検出、N ₂ IS付属機器の開発・確認					
その他	建屋	矩形SCCV設計基準整備		矩形SCCV設計基準整備				
	免震設計	3次元免震確認試験	概念・要素検討／要素試験	免震構造開発・試作／免震構造確認試験				
	材料/高温構造設計	高温構造設計方針	方針暫定案	基準要素技術開発設計／方針策定／適用性確認試験				
	共用期間中検査と補修	PbBi中構造物の検査・補修	ISI方針・装置試作	ISI装置確認	炉内補修技術の開発・確認			



水冷却炉のロードマップ(案)

参考－I－15

分類	主要課題	2005	2010	2015	2020	2025
設計研究	先行導入炉の構築		基本設計 安全解析・実証試験	詳細設計 建設	運転	
燃料要素・材料	材料特性評価		機械的特性・前照射性データ取得試験 クリープ疲労相互作用・耐摩耗性評価			
	炉内照射試験		燃料被覆材 & 炉心材料の高速炉条件下照射試験 燃料棒の低減速軽水炉模擬照射試験・RIA試験			
	評価コード整備		燃料ふるまい解析コード、燃料集合体／炉心材料長期耐久性評価コード整備			
	高燃焼度燃料開発				高燃焼度燃料集合体先行照射試験 燃料棒照射試験・RIA試験	
燃料集合体・炉内構造	燃料棒・燃料集合体機械特性評価		燃料要素拘束力・ボウイング解析 クリープ疲労試験・耐摩耗評価試験			
	燃料集合体・炉内構造総合健全性試験		モックアップ炉心熱流動・構造試験 制御棒挿入試験			
稠密格子炉心の熱水力特性	検証データの取得		大規模バンドル 限界出力試験			
	熱流動設計手法の開発		限界出力設計式開発 サブチャンネル解析手法の検証			
低減速炉心の炉物理特性	核設計手法の評価		臨界実験データによる設計手法検証			
安全技術	評価技術		システム解析・事故解析コードの整備・改良、 安全審査用解析・試験			
	炉心損傷時の影響緩和対策		炉心損傷事象推移解析・事象説明 実験及びアクシデントマネジメント対策	ステンレス被覆燃料炉心の安全性検討		



小型炉の仕様比較

参考－I－16

項目	単位	遠隔地電源型	需要地立地型	経済性追求型
電気出力 / 熱出力	MW	50 / 120	165 / 395	300 / 714
原子炉型式	—	ループ型	タンク型	ループ型
炉心高さ / 炉心等価直径	mm	1180 / 1820	1270 / 2930	1000 / 2630
燃焼度 (炉心燃料部平均)	万MWd/t	約7.4	7.7	8
増殖比	—	1.08	1.06	1.03
運転サイクル期間	年	30	20	2
1次系冷却材温度	℃	395 / 550	395 / 550	395 / 550
2次系冷却材温度	℃	335 / 520	335 / 520	335 / 520
冷却ループ数	—	1	1	1
原子炉容器高さ / 内径	mm	13400 / 2800	25350 / 5320	17600 / 6100
1次冷却材流量	t/h	2200	7243	13090
崩壊熱除去系	—	自然循環 貫通型DRACS×2＋ IRACS×1	自然循環 PRACS×2 IRACS×1	自然循環 貫通型DRACS×2＋ IRACS×1
蒸気発生器	—	貫流ヘリカル型 蒸気発生器	二重伝熱管直管型 蒸気発生器	貫流ヘリカル型 蒸気発生器
燃料取扱系	—	燃料交換なし	UIS引抜方式	単回転プラグ 固定アーム方式



先進湿式法再処理と簡素化ペレット法燃料製造の 一体型プラントの仕様(1/2)

参考－I－17

	先進湿式法		簡素化ペレット法
受入燃料	酸化物燃料 (ペレット)	受入原料	硝酸水溶液 (Pu富化度・MA含有率調整済)
再処理製品	硝酸水溶液 (Pu富化度・MA含有率調整済)	中間製品	酸化物中空ペレット
発生廃棄物処分体 (高レベル廃棄物)	ホウケイ酸ガラス固化体	燃料スミア密度	82%
年間処理能力	200tHM/y	年間処理能力	200tHM/y
再処理製品へのFP混入率	0.14%以下	製品へのFP混入率	0.14wt%
前処理操作	バンドルせん断(短尺)	転換操作	マイクロ波加熱直接脱硝法
分離操作原理と 使用媒体	溶解(硝酸水溶液) 晶析 溶媒抽出(TBP+n-ドデカン) クロマトグラフィー(シリカ担持型 CMPO/BTP吸着材)	Pu富化度／MA添加 率調整操作	不要
		O/M調整操作	H ₂ ガス還元
		焼結操作	必要
		使用試薬等	ステアリン酸亜鉛
操作温度	0～95℃	操作温度	室温～1700℃
セル雰囲気	空気雰囲気	セル雰囲気	空気雰囲気
運転・保守補修方式	連続式 自動運転(配管移送) 遠隔保守補修	運転・保守補修方式	バッチ式 自動運転(機械式移送) 遠隔保守・補修
臨界管理方式	形状管理(全濃度安全形状)	臨界管理方式	形状管理／質量管理／本数・体数 管理



超臨界直接抽出法再処理の仕様(2/2)

参考—I-17

	超臨界直接抽出法
受入燃料	酸化物燃料 (ペレット、スフェアパック)
再処理製品	硝酸水溶液 (Pu富化度・MA含有率調整済)
発生廃棄物処分体 (高レベル廃棄物)	ホウケイ酸ガラス固化体
年間処理能力	50tHM/y
再処理製品へのFP混入率	0.14%以下
前処理操作	燃料粉化(化学式)
分離操作原理と 使用媒体	超臨界直接抽出 (TBP/BTP、超臨界CO ₂) 晶析
操作温度	0~95℃ (超臨界操作時40~60℃)
操作圧力	約20MPa(超臨界操作時)
セル雰囲気	空気雰囲気
運転・保守補修方式	連続式 自動運転(配管移送) 遠隔保守補修
臨界管理方式	形状管理(全濃度安全形状)



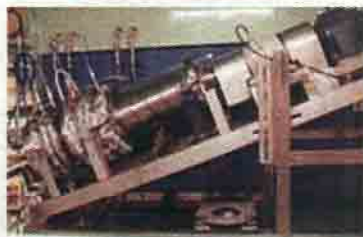
●主要な成果

➤主要工程の成立性は小規模ホット試験や照射燃料製造などによって確認。

晶析技術開発

晶析工程に関する実溶解液を用いた小規模ホット試験などにより、ウラン回収率74%程度、除染係数100程度の達成見込みを確認。

円環型キルン式晶析装置(約0.1t-U/d)を試作、ウラン試験で性能に問題が無いことを確認。



脱硝技術開発

約1/50規模のウラン脱硝試験機を試作。試験の結果、良好な製品粉末を得たが、溶液飛散対策及び量産性の確認に課題を残す。



簡素化ペレット法による燃料製造

転動造粒により製造したMOX原料粉末を用いてペレット焼結試験を実施し、良好な成型体を得られることを確認。



抽出技術開発

単サイクル共抽出プロセスの成立性を小規模ホット試験によって確認、高速増殖炉再処理へ適用可能と判断。

10Kg-U/hの遠心抽出器システム試験装置を用いた試験により、異常時(1段停止)にも運転継続可能と評価。

革新技術として超臨界直接抽出法も検討。



MA含有燃料開発

5%Am-MOXや2%Am-2%Np-模擬FP-MOXのペ

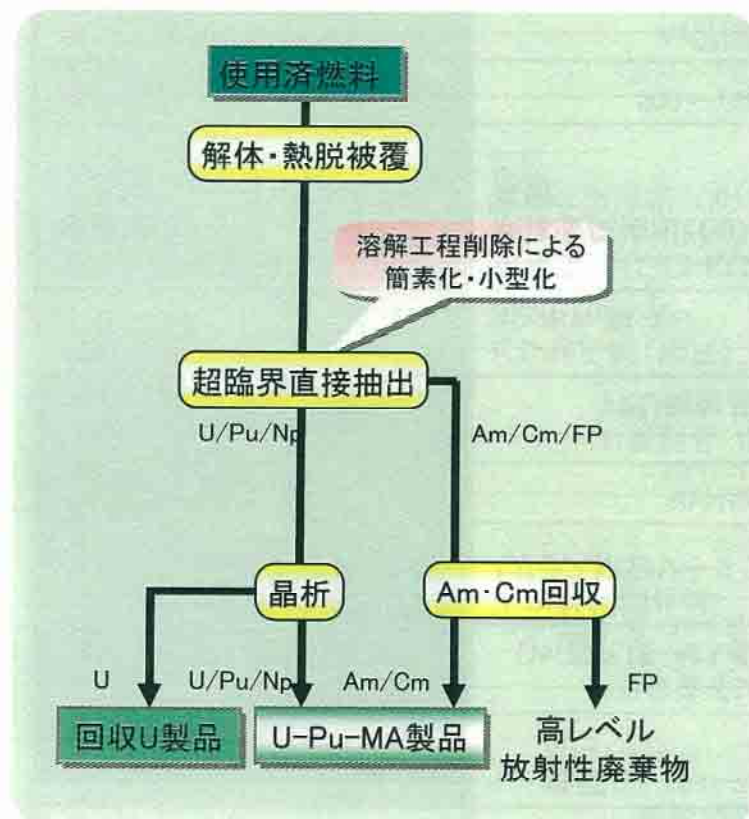
レット製造試験などを実施し、焼結条件最適化により良好な焼結性を得られることを確認。



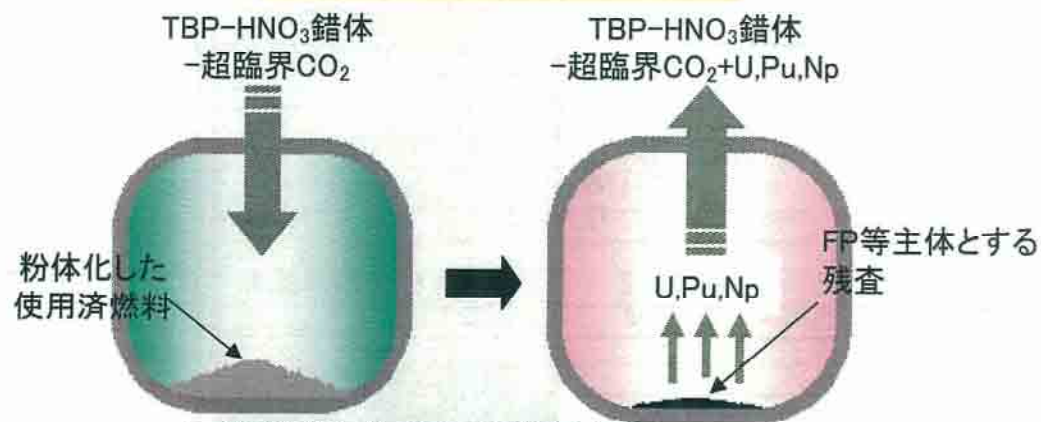


●革新技術としての超臨界直接抽出法

超臨界直接抽出法を用いた先進湿式法



超臨界直接抽出法の原理



- 粉体化した使用済燃料から、
- 溶解工程を経ずに、
- TBP－硝酸を含む超臨界炭酸ガスに
- 直接、U・Pu・Npを抽出

⇒工程の簡素化による経済性向上の可能性

技術開発の現状

- 使用済燃料を用いたビーカースケールの試験によってU、Puを直接抽出できることを確認。
- コーヒー豆からのカフェインの抽出など、一般産業界では実用化されている。



金属電解法再処理と射出鑄造法燃料製造の一体型プラントの仕様

参考—I-19

	金属電解法		射出鑄造法
受入燃料	金属(U-TRU-Zr合金)燃料	受入原料	U-TRU-Zr合金インゴット (Pu富化度・MA含有率未調整)
再処理製品	Zr合金インゴット (Pu富化度・MA含有率未調整)	中間製品	U-TRU-Zr合金スラグ
発生廃棄物処分体 (高レベル廃棄物)	人工鉱物固化体 (ガラス結合ソーダライト)	燃料スミア密度	70/75% (内側燃料/外側燃料)
年間処理能力	50tHM/y	年間処理能力	50tHM/y
再処理製品へのFP混入率	U側製品: ほぼ0% TRU側製品: 約2%	製品へのFP混入率	0.3wt%
前処理操作	ピンせん断(短尺) ボンドNa除去	転換操作	不要
分離操作原理と 使用媒体	電解還元(LiCl-KCl熔融塩) 液体金属抽出(Cd) 蒸留	Pu富化度/MA添加 率調整操作	射出鑄造工程時に混合調整
操作温度	500~1400°C	使用試薬等	Zr Na(ボンド材)
セル雰囲気	Ar雰囲気	操作温度	~1400°C
運転・保守補修方式	バッチ式 自動運転(機械式移送) 遠隔保守補修	セル雰囲気	Ar雰囲気
臨界管理方式	質量管理を基本とし、工程に応じ て化学形態管理を併用。	運転・保守補修方式	バッチ式 自動運転(機械式移送) 遠隔保守・補修
		臨界管理方式	質量管理/本数・体数管理



先進湿式法再処理と振動充填法燃料製造(スフェアパック)の 一体型プラントの仕様

参考—I-20

	先進湿式法		振動充填(スフェアパック)
受入燃料	酸化燃料 (スフェアパック)	受入原料	硝酸水溶液 (Pu富化度・MA含有率調整済)
再処理製品	硝酸水溶液 (Pu富化度・MA含有率調整済)	中間製品	球状酸化燃料粒子 (80、800 μ m ϕ の二種類)
発生廃棄物処分体 (高レベル廃棄物)	ホウケイ酸ガラス固化体	燃料スミア密度	80%
年間処理能力	200tHM/y	年間処理能力	200tHM/y
再処理製品へのFP混入率	0.14%以下	製品へのFP混入率	0.14wt%
前処理操作	バンドルせん断(短尺)	転換操作	外部ゲル化法+焙焼
分離操作原理と 使用媒体	溶解(硝酸水溶液) 晶析 溶媒抽出(TBP+n-ドデカン) クロマトグラフィー(シリカ担持型 CMPO/BTP吸着材)	Pu富化度/MA添加率調 整操作	不要
		O/M調整操作	H ₂ ガス還元
		焼結操作	必要
		使用試薬等	ポリビニルアルコール テトラヒドロフルフリルアルコール イソプロピルアルコール アンモニア水溶液
操作温度	0~95℃	操作温度	室温~1700℃
セル雰囲気	空気雰囲気	セル雰囲気	空気雰囲気
運転・保守補修方式	連続式 自動運転(配管移送) 遠隔保守補修	運転・保守補修方式	バッチ式 自動運転(機械式移送) 遠隔保守・補修
臨界管理方式	形状管理(全濃度安全形状)	臨界管理方式	形状管理(水溶液系は全濃度安全形 状寸法)/本数・体数管理



酸化物電解法再処理と振動充填法燃料製造(バイパック)の 一体型プラントの仕様

参考－I－21

	酸化物電解法		振動充填(バイパック)
受入燃料	酸化物燃料 (バイパック)	受入原料	酸化物粉体 (Pu富化度・MA含有率未調整)
再処理製品	酸化物粉体 (Pu富化度・MA含有率未調整)	中間製品	不規則形状酸化物粒子 (粒径に応じて5分級)
発生廃棄物処分体 (高レベル廃棄物)	鉛リン酸ガラス固化体 フッリン酸ガラス固化体	燃料スミア密度	82%
年間処理能力	50tHM/y	年間処理能力	50tHM/y
再処理製品へのFP混入率	1.4wt%	製品へのFP混入率	1.4wt%
前処理操作	燃料粉化(機械式)	転換操作	不要
分離操作原理と 使用媒体	塩素化溶解 電解還元(NaCl-CsCl熔融塩) 液体金属抽出(Cd) 蒸留 酸化転換	Pu富化度／MA添加率調 整操作	混合調整
		O/M調整操作	酸素ゲッターの添加
		焼結操作	不要
		使用試薬等	ウラン金属微粒子
操作温度	650～1000℃	操作温度	室温
セル雰囲気	空気雰囲気、Ar雰囲気	セル雰囲気	空気雰囲気
運転・保守補修方式	バッチ式 自動運転(機械式移送) 遠隔保守補修	運転・保守補修方式	バッチ式 自動運転(機械式移送) 遠隔保守・補修
臨界管理方式	質量管理	臨界管理方式	質量管理／本数・体数管理



先進湿式法再処理システム技術開発のロードマップ(案)

参考－I－22

実用化戦略調査研究工程	(フェーズⅢ)					(フェーズⅣ)					実用化に向けた開発	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	～2020	～2025
						▼チェック&レビュー					▼技術体系整備	
主工程プロセス開発												
溶解、清澄、晶析、 共除染・逆抽出、MA回収	溶解方式(短尺せん断-連続溶解槽/粉体化溶解)の選定 ホット試験データの蓄積: 溶解率、スラッジ挙動、晶析回収率や結晶洗浄効果、 低濃度領域の抽出挙動、MA分離など											
主工程機器開発												
解体・せん断、溶解、清澄、 晶析、共除染・逆抽出、 MA回収	一体型解体せん断機、溶解装置、スラッジ回収機器、 晶析装置、遠心抽出器、抽出クロマトグラフィ装置等 試験用機器の設計(小型機器の試作・試験を含む)					各試験機器の製作、 性能確認試験(U試験あるいはコールド試験)						
プロセス全般に係る技術開発												
廃液処理	試験廃液の処理試験・廃液二極化に関するデータ取得(ホット試験)、濃縮装置等の機器開発											
設計評価												
プロセスフローシート	溶解方式選定、晶析試験、共除染・逆抽出試験、MA回収技術開発等に基づくフローシート再評価											
実用プラント設計研究	安全設計やシステム設計に基づく概念設計研究					最適化設計研究						
FBRサイクルへの移行検討	プロセスフローシート、必要な設備等の検討											
工学規模ホット試験→実証試験	概念検討／詳細設計／安全審査					設備整備				工学規模ホット試験	設計データ取得、実証試験施設の詳細設計	

コールド試験

ホット試験

ウラン試験

以下、参考－I－28まで
同じ



金属電解法再処理システム技術開発のロードマップ(案)

参考－I－23

実用化戦略調査研究工程	(フェーズⅢ)					(フェーズⅣ)					実用化に向けた開発		
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	～2020	～2025	
	▼チェック&レビュー					▼技術体系整備							
各工程の技術開発													
せん断						せん断刃耐久性試験							
ボンドNa除去	模擬FPとNaによる除去率確認試験												
電解精製(全般)	サンプリングや電極操作など 運転操作性確認		電解槽設計最適化、Cd陰極るつぼ材耐久性試験など機器開発										
(10g規模ホット試験)	照射済金属燃料の電解精製試験(国外)												
TRU還元抽出	処理能力確認	操作性を考慮した機器開発											
固体／Cd陰極処理	連続式の成立性検討、モックアップ機器設計					るつぼ耐久性、処理速度等確認のためのモックアップ試験							
廃棄物処理	基礎試験	固化体製造プロセス試験、塩リサイクル試験他				許認可対応方策検討、浸出率データ取得							
プロセス全般に係る技術開発													
オフガス系	HM・揮発性FP移行率評価、処理設備の具体化												
Arガス純化系						PSA純化方式の性能確認試験							
物質移送	高温融体移送試験												
保守・補修	機器の除染方法の検討、遠隔保守・補修技術開発(機器モジュール化など)、高温融体漏洩対策												
保障措置・工程管理	非破壊分析方法等の検討、各工程でのサンプル代表性検討、他												
設計評価													
安全性	臨界安全設計方針確立、火災等事故対策検討、他												
プロセスフローシート	最適操業条件の検討												
実用プラント設計研究	安全設計やシステム設計に基づく概念設計研究					最適化設計研究							
小規模ホット試験	設計検討					詳細設計／許認可／工事・装置製作					U試験／ホット試験		
工学規模ホット試験						計画検討／概念設計					詳細設計／許認可／工事・装置製作/U試験/ホット試験		



酸化物電解法再処理システム技術開発のロードマップ(案)

参考－I－24

実用化戦略調査研究工程	(フェーズⅢ)					(フェーズⅣ)					実用化に向けた開発	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	～2020	～2025
	▼チェック&レビュー					▼技術体系整備						
各工程の技術開発												
脱被覆	脱被覆方式選定(ロール矯正法-ハンマ打撃／破砕-磁気分離)					工学規模モックアップ試験						
ZrCl ₄ 方式／ハル熔融方式						脱被覆方式も考慮したハル洗浄方式選定→ホット試験					モックアップ試験	
同時電解	材料選定・構造検討→U試験					操作性、保守性のモックアップ試験						
NM分離						耐久性等を考慮したコーティング仕様の検討						
MOX共析	塩リサイクル時のMOX電解除染能力向上					除染能力・処理速度の向上						
MA回収	MA回収方式の選定→ ホット試験					操作性、保守性のモックアップ試験						
熔融塩リサイクル工程						沈殿物、余剰塩の回収方法選定 → 機器開発モックアップ						
プロセス全般に係る技術開発												
陰極回収物の処理						塩含有率制限の設定、塩蒸留法の性能評価 → 機器開発、ホット試験						
リン酸塩、余剰塩の処理	固化マトリクスの選定 → 処分体の安定性等の評価 → 固化装置の開発											
NM陰極析出物						固化方式の選定→処分体の安全性評価→固化装置の開発						
塩素ガスリサイクル						塩素ガスリサイクル装置の開発、安全性確認試験						
物質移送・保守・補修	自動遠隔対応の機器開発(粉体・顆粒取扱、輸送容器等取扱、除染、保守・補修、脱着・交換) → モックアップ試験											
免震装置						免震床構造の具体化 → モックアップ試験						
保障措置・工程管理	サンプリング均一性(誤差)の確認、酸化物電解法に適した分析技術開発、新たな保障措置概念の検討											
設計評価												
安全性	熔融塩・塩素ガス漏洩対策、高温装置の安全性、臨界管理、火災・爆発防止、電源喪失時対策											
プロセスフローシート	前処理法／同時電解／MOX共析／MA回収／機器開発等に基づくフローシート再評価											
工学規模ホット試験	装置概念の具体化					工学規模試験設備の概念設計／詳細設計					許認可	施設整備



簡素化ペレット法燃料製造システム技術開発のロードマップ(案)

参考－I－25

実用化戦略調査研究工程	(フェーズⅢ)					(フェーズⅣ)					実用化に向けた開発	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	～2020	～2025
	▼チェック&レビュー										▼技術体系整備	
製造プロセス開発 Pu富化度調整 脱硝・転換・造粒 ダイ潤滑成型、焼結・O/M調整 遠隔保守・量産対応機器開発 Pu富化度調整、脱硝・転換・造粒 ダイ潤滑成型、焼結・O/M調整 ペレット仕上・検査 ピン加工・検査、集集体組立 プロセス全般に係る技術開発 基礎物性データ蓄積 遠隔保守・補修 保障措置設備 設計評価 プロセスフローシート 実用プラント設計研究 工学規模ホット試験											一部機器使用 	



射出鑄造法燃料製造システム技術開発のロードマップ(案)

参考—I-26

実用化戦略調査研究工程	(フェーズⅢ)					(フェーズⅣ)					実用化に向けた開発	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	～2020	～2025
						▼チェック&レビュー					▼技術体系整備	
鑄造プロセス開発												
成分調整			るつぼコーティング技術開発									
射出鑄造・モールド除去・剪断			射出成型スラグ製造試験、物性測定、照射試料製作									
成分分析			非溶解迅速分析手法の開発									
遠隔保守補修対応の機器開発												
スラグ検査、ピン加工、Naボンディング、ピン検査			機器・システム検討・モックアップ装置設計			射出・ピン加工・ボンディング検査システム試験 (各種検査能力、遠隔操作性等確認、操作時間評価、製品均質性確認等を目的としたコールドあるいはU試験)						
集合体組立						発熱影響評価、縦型集合体他組立装置の開発						
プロセス全般に係る技術開発												
不純物管理			るつぼ・モールドからの物質移行量評価									
計量管理技術			計量管理技術開発									
設計評価												
臨界安全性の確認						設備の詳細設計検討による確認						
実用プラント設計研究			安全設計やシステム設計に基づく概念設計研究			最適化設計研究						
工学規模ホット試験						計画検討／概念設計					詳細設計/許認可/工事・装置製作/U試験/U・Pu試験	



振動充填法(スフェアパック)燃料製造システム技術開発のロードマップ(案)

参考－I－27

実用化戦略調査研究工程	(フェーズⅢ)					(フェーズⅣ)					実用化に向けた開発	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	～2020	～2025
						▼チェック&レビュー					▼技術体系整備	
各工程の技術開発												
原液調整						工学規模試験による粘性溶液の計量・混合性の確認						
ゲル化転換						工学規模試験による複数ノズルからの滴下安定性の確認						
焼結・O/M調整	低除染燃料の発熱対策(再酸化防止)の検討											
振動充填	低除染燃料の発熱対策(再酸化防止)の検討											
ピン組立						上部端栓溶接技術開発、溶接部検査方式(超音波探傷)の確認						
集合体組立						小規模試験による被覆管健全性保証温度の確認、工学規模試験による低除染燃料集合体組立可能性確認						
プロセス全般に係る技術開発												
遠隔自動、遠隔保守・補修						コールドモックアップ試験による遠隔自動運転技術の確立						
保障措置・工程管理						粉末の飛散防止および回収技術の開発、セル内ホールドアップ測定および核物質量検認技術開発						
設計評価												
実用プラント設計研究	安全設計やシステム設計に基づく概念設計研究					最適化設計研究						
工学規模ホット試験												
	試験規模に適した装置条件や設計パラメータの評価											
						機器・設備設計、施設設計、許認可、製作、据付、コールド試験					MOX試験 処理速度、遠隔保守補修性見直し	



振動充填法(バイパック)燃料製造システム技術開発のロードマップ(案)

参考－I－28

実用化戦略調査研究工程	(フェーズⅢ)					(フェーズⅣ)					実用化に向けた開発	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	～2020	～2025
	▼チェック&レビュー					▼技術体系整備						
各工程の技術開発												
粉砕	粉砕装置の検討、選定 → 適切な粒度分布を得る粉砕条件把握に関する試験											
分級	最適充填率を得る混合比の確認 → 機器開発											
顆粒混合・振動充填	ブランケット燃料85%TD充填の小規模試験による確認、ゲッタ均一充填技術開発											
端栓溶接	溶接部検査方法の選定、溶接部研削方法の検討											
ピン組立	Pu・充填密度軸方向分布測定技術開発											
プロセス全般に係る技術開発												
発熱対策	制御温度・雰囲気等検討、MA単独原料の貯蔵設備検討、強制冷却方法検討 → 除熱確認試験											
歩留まり	粉砕装置選定後、払出間隔等取合条件検討・歩留評価											
計量管理	現行技術を参考としたセル内ホールドアップの測定技術開発											
遠隔保守・補修	コールドモックアップ試験による遠隔保守補修技術開発											
設計評価												
プロセスフローシート	粉砕装置選定／充填率改良／除熱システム開発／計量管理システム開発等に基づくフローシート再評価											
工学規模ホット試験	試験規模に適した装置条件や設計パラメータの評価											
	機器・設備設計、施設設計、許認可					製作、据付、コールド試験					MOX試験：処理速度実証、遠隔保守補修性見直し	



高速増殖炉サイクル全体での開発目標への適合可能性

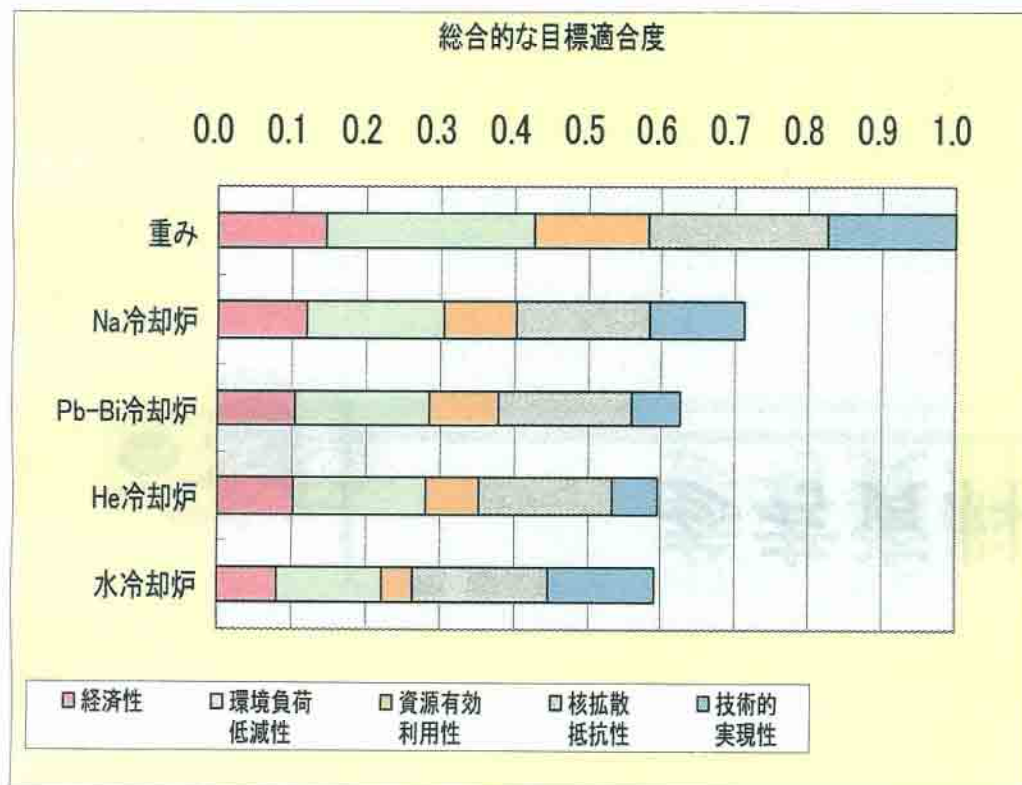
参考－I－29

対象概念			開発目標への適合可能性				
			安全性	経済性 (将来軽水炉の発電 原価以下)	環境負荷低減性 (放射性廃棄物、潜在的有害度(1000 年後)の低減、軽水炉からのMA受 け入れ能力)	資源有効利用性 (LWRからFBRへの移行完了 までの天然ウラン累積需要 量)	核拡散 抵抗性
(a)	Na冷却炉 (MOX燃料)	先進湿式法 ＋ 簡素化 ペレット法	設計基準事象に対する 安全性および設計基準 事象を超える事象に対す る安全性を確保できる見 通し。	約60% (注1)	<ul style="list-style-type: none"> ・高レベル廃棄物発生量 1.0 (相対値) (注2) ・低レベル廃棄物発生量 1.0 (相対値) (注2) ・潜在的有害度(1000年後) 1.0 (相対値) (注2) ・軽水炉からのMAの受け 入れが可能 	天然ウラン在来型 資源量の約5%	低除染 TRU燃料 サイクル U, Pu,Np の共回収
(b)	Na冷却炉 (金属燃料)	金属電解法 ＋ 射出鑄造法	設計基準事象に対する 安全性および設計基準 事象を超える事象に対す る安全性を確保できる見 通し。	約70% (注1)	<ul style="list-style-type: none"> ・高レベル廃棄物発生量 1.7 (相対値) (注2) ・低レベル廃棄物発生量 1.0 (相対値) (注2) ・潜在的有害度(1000年後) 2.1 (相対値) (注2) ・軽水炉からのMAの受け 入れが可能 	天然ウラン在来型 資源量の約5%	低除染 TRU燃料 サイクル U, TRU の共回収
(c)	He冷却炉 (窒化物 被覆粒子 燃料)	先進湿式法 ＋ 被覆粒子 燃料製造法	設計基準事象に対する 安全性および設計基準 事象を超える事象に対す る安全性を確保できる見 通し。	約70% (注1)	<ul style="list-style-type: none"> ・高レベル廃棄物発生量 0.9 (相対値) (注2) ・低レベル廃棄物発生量 2.1 (相対値) (注2) ・潜在的有害度(1000年後) 1.4 (相対値) (注2) ・軽水炉からのMAの受け 入れが可能 	天然ウラン在来型 資源量の約6%	低除染 TRU燃料 サイクル U, Pu,Np の共回収

注(1): 将来軽水炉の発電原価に対する % を示す。(資源型炉心) 注(2): (a) の廃棄物発生量及び潜在的有害度を1とした場合の相対値を示す。

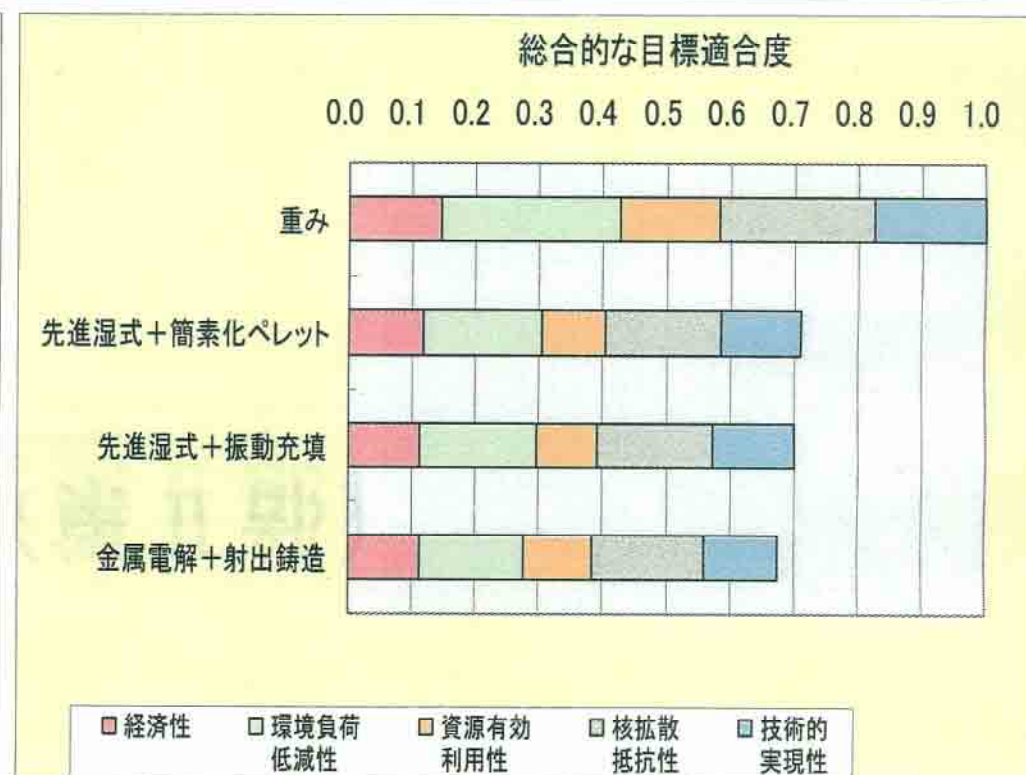


- ・炉型毎の比較では、ナトリウム冷却炉が目標適合度という点で優れた傾向を示した。
- ・再処理・燃料製造毎の比較では、「先進湿式法再処理+簡素化ペレット燃料製造法」が目標適合度という点で優れた傾向を示した。



炉型毎の総合的な目標適合度の比較(普通の市民の重み)

先進湿式再処理 / 簡素化ペレット製造
(He炉のみ被覆粒子燃料製造)と組合
わせた場合。炉心は資源重視型炉心。



再処理・燃料製造方法毎(200t/y)の総合的な目標適合度の比較(普通の市民の重み)

Na冷却炉と組合わせた場合。炉心は資源重視型炉心。



參考資料(第Ⅱ部)



概 観

- アメリカ、フランスなどでは、原子力エネルギーの持続的利用の必要性や放射性廃棄物対策の観点から、高速炉サイクルの研究開発に前向き
- ロシアに加え、インド、中国では 21 世紀におけるエネルギー需要の急速な増加に備え、高速炉サイクルの実用化に向けた研究開発を積極的に推進

アメリカ

- 原子力水素イニシアティブ(NHI)
- 次世代原子力プラントプロジェクト(NGNP)
- 先進的燃料サイクルイニシアティブ(AFCI)
- 原子力エネルギー研究イニシアティブ(NERI)

フランス

- 超高温ガス炉、ガス冷却高速炉の研究開発
- ナトリウム冷却高速炉の研究開発
- グローバル・アクチニド管理計画(GAM)

ロシア

- 高速炉建設と核燃料サイクル開発計画の完結を基本とする持続的発展のためのエネルギー戦略
- 2010 年運開に向けた BN-800 の建設

中国

- 核燃料サイクルを基本とした研究開発
- 2008 年初臨界に向けたナトリウム冷却高速実験炉 CEFR の建設
- 原型炉 PFBR、実証炉 DFBR、商用炉計画

インド

- 高速増殖炉とクローズド燃料サイクルによる持続的成長を指向
- 2010 年運開に向けた PFBR の建設
- 2020 年までに更に 4 基の PFBR を建設

国際協力

- 第 4 世代原子力システム開発プロジェクト(GIF: 日本、米国、仏国、韓国など)
- 革新的原子炉・核燃料サイクルに関する国際プロジェクト(INPRO)

従来のアメリカ、フランス、ロシアなどとの国際協力に加えて、研究開発の更なる効率化を目指し、積極的に高速炉サイクルの開発を進める中国、韓国などアジア諸国との協力の推進が必要



フェーズⅢ以降の技術課題 ーナトリウム冷却炉 (1/2)ー

参考ーⅡー2

(1) プラントシステム

課 題		フェーズⅢ以降の技術課題
ナトリウム冷却炉	配管短縮のための高クロム鋼の開発	2010年まで: クリープ疲労強度、長時間延性・靱性、溶接施工性の確認による材料強度基準案の提案 2018年まで: 長時間材料試験データ取得による材料の基準化
	システム簡素化のための冷却系2ループ化	2010年まで: 流力振動に対する配管健全性確認、高速流による配管の耐エロージョン性の成立性見通し 2015年まで: 高速流による配管の耐エロージョン性の成立性確認
	1次冷却系簡素化のためのポンプ組込型中間熱交換器の開発	2010年まで: 振動抑制対策の有効性及び寿命中の伝熱管摩耗量 2015年まで: 機器の流動成立性確認
	原子炉容器のコンパクト化	2010年まで: 材料・構造の成立性確認、モデル試験と高温構造設計方針の整合見通し 2015年まで: 高温構造設計方針の策定、プラント設計の整合性確認
	システム簡素化のための燃料取扱系の開発	2010年まで: 高発熱使用済み燃料の除熱性、燃料交換機の機能、大型燃料集合体の落下時健全性確認 2015年まで: 燃料出入機・燃料移送機の機能、燃料交換設備の操作性、冷却設備の有効性確認
	物量削減と工期短縮のための格納容器のSC造化	2010年まで: SC造格納容器成立性の見通し 2015年まで: 設計基準整備と設計の整合性確認
	配管2重化によるナトリウム漏洩対策強化	2010年まで: 高感度漏洩検出器の成立性見通し 2015年まで: 2重配管の保守・補修性確認
	直管2重伝熱管蒸気発生器の開発	2010年まで: 2重伝熱管製作性、大型球形管板の成立性見通し 2015年まで: 総合的な機能確認による成立性確認
	保守補修性を考慮したプラント設計	2010年まで: 目視センサ、体積検査機器、二重伝熱管検査機器の成立性見通し 2015年まで: 検査機器の分解能、処理能力と実機への適合性確認
	受動的炉停止と自然循環による炉心冷却	2015年まで: 受動的炉停止装置の機能確認、自然循環による炉心冷却システムの成立性確認
	炉心損傷時の再臨界回避技術	2010年まで: S-FAIDUSの溶融燃料排出能力の実証、炉心損傷影響を炉内終息できる概略見通し 2015年まで: 炉心損傷影響を炉内終息できることの実証
	建屋の3次元免震技術	2010年まで: 3次元免震技術の成立性見通し 2015年まで: 設計基準整備



フェーズⅢ以降の技術課題 ーナトリウム冷却炉(2/2)ー

参考－Ⅱ－2

(2) 炉心燃料

項 目		フェーズⅢ以降の技術課題
炉心・燃料	高燃焼度燃料・材料の研究開発	<p>2010年まで: ODS被覆管燃料ピンの中燃焼度までの照射データ取得と高燃焼度達成見込みの外挿評価 (到達目標: 15万MWd/t、90dpa(実用化目標の40-60%)まで)</p> <p>2015年まで: ODS被覆管燃料ピンの実用化目標(250dpa, 25万MWd/t相当)までの照射データを取得と健全性確認・性能評価 ODSバンドルの中燃焼度までの照射データ取得と高燃焼度達成見込みの外挿評価 (到達目標: 15万MWd/t程度まで)</p>
	低除染TRU酸化物燃料の研究開発	<p>2010年まで: TRU酸化物燃料ピンの中燃焼度までの照射データ取得と高燃焼度達成見込みの外挿評価 (到達目標: 10万MWd/t(実用化目標の40%)まで) ショートプロセス中空燃料ピンの中燃焼度までの照射データ取得と高燃焼度達成見込みの外挿評価 (到達目標: 5万MWd/tまで)</p> <p>2015年まで: 低除染TRU酸化物燃料・ショートプロセス中空燃料ピンの実用化目標(25万MWd/t)までの照射データ取得と健全性確認・性能評価</p>
	再臨界回避集合体の研究開発	<p>2010年まで: 再臨界回避集合体の具体的構造の決定と炉外試験による成立性見通し評価</p> <p>2015年まで: 再臨界回避集合体の中燃焼度までの照射データ取得と高燃焼度達成見込みの外挿評価 (到達目標: 7万MWd/t程度まで)</p>



フェーズⅢ以降の技術課題 ー補完概念ー

参考ーⅡー3

課 題		フェーズⅢ以降の技術課題
金属燃料	被覆管温度650℃の挙動評価	2010年まで: 短期の金属燃料ピン照射試験により、照射初期には被覆管温度650℃で燃料内に液相は発生しないことの確認 解析によるMA含有金属燃料の照射健全性見通しの評価 2015年まで: 高燃焼度までの金属燃料ピン照射試験による650℃での被覆管内面腐食深さデータの取得と健全性評価 炉外過渡過熱試験による高燃焼度までの過渡時健全性見通の評価
	炉心損傷時の再臨界回避	2015年まで: 炉外・炉内試験設備を用いた溶融燃料排出を促進できる燃料集合体概念の有効性評価と、排出された溶融燃料の安定冷却能力の確認
ガス冷却炉	炉心燃料概念	2010年まで: 概念成立性に関わる革新的な炉心燃料概念(SiC母材に被覆粒子窒化物燃料を埋め込んだ六角ブロック型燃料)の成立性見通しと、同燃料の照射試験を含めた研究開発計画



フェーズⅢ以降の技術課題 ー燃料サイクルシステムー

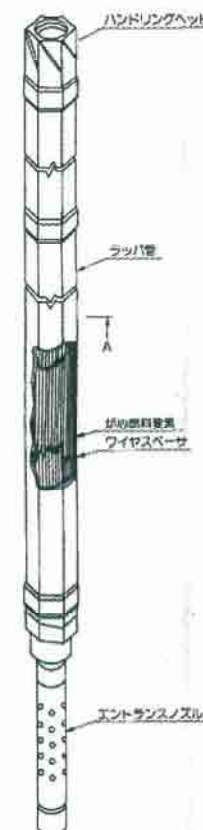
参考ーⅡー4

項目		フェーズⅢ以降の技術課題
先進湿式法	解体・せん断	2015年まで：機械式／レーザ式の解体機種選定、一体型解体・せん断機の開発（機器開発） 2015年まで：高濃度で効率的な溶解に最適なせん断条件（短尺せん断など）の設定
	溶解	2010年まで：せん断や晶析の条件（粉体化率、温度、等）と整合した溶解速度の確認（小規模ホット試験） 2015年まで：実用化が見通せる規模（～10～40kg/h）での遠隔保守補修性や溶解速度など機器性能確認（機器開発）
	晶析	2010年まで：晶析工程の元素毎の除染係数や結晶洗浄効果の確認を通した操業条件の最適化（小規模ホット試験） 2015年まで：U回収率のスケールアップの影響等の確認（枢要プロセス試験） 実用化が見通せる規模（～10～40kg/h）での遠隔保守補修性や処理速度など機器性能確認（機器開発）
	共除染・逆抽出	2010年まで：晶析条件と整合した条件、異常時を想定した条件などにおける共除染・逆抽出データの拡充（小規模ホット試験） 2015年まで：除染性能のスケールアップの影響等の確認（枢要プロセス試験） 実用化が見通せる規模（～10～40kg/h）での遠隔保守補修性、除染性能、耐久性など機器性能確認（機器開発）
	MA回収	2010年まで：抽出クロマトグラフィによるMA回収の原理確認およびMA回収率達成の確認（小規模ホット試験） 2015年まで：分離性能のスケールアップの影響等の確認（枢要プロセス試験） 実用化が見通せる規模（～10～40kg/h）での遠隔保守補修性や分離回収性能など機器性能確認（機器開発）
簡素化ペレット法	脱硝・転換・造粒	2010年まで：小規模装置を用いたプロセスの再現性確認（簡素化ペレット試作試験） 2015年まで：実用化が見通せる規模（～1kg/h）での遠隔保守補修性や量産性など機器性能確認（機器開発）
	成型	2010年まで：小規模装置を用いたダイ潤滑成型プロセスの再現性確認（簡素化ペレット試作試験） 2015年まで：実用化が見通せる規模（～1kg/h）での遠隔保守補修性や量産性など機器性能確認（機器開発）
	焼結	2010年まで：小規模装置を用いた焼結性やO/M調整の再現性確認（簡素化ペレット試作試験） MA含有MOX原料等を用いた低除染MA含有簡素化ペレットの製造実証（小規模実証） 2015年まで：実用化が見通せる規模（～1kg/h）での遠隔保守補修性や量産性など機器性能確認（機器開発）
金属電解法＋射出鑄造法		2010年まで：U-Pu-Zr燃料ピン製造技術開発 小規模ホット試験計画の立案（詳細設計や施設整備に際しては国内外情勢により着手を判断） 操作性や物質移送等を考慮した主工程機器開発、計量管理技術開発、廃棄物固化体の最適化（主要機器開発、プロセス開発） 2015年まで：上記主工程機器開発などによる実用機器の成立性確認



- ・ 高速増殖炉特有の燃料集合体形状(ラッパ管、エントランスノズル、ワイヤスペーサ)
- ・ Pu富化度(高速増殖炉の約10%(炉心及びブランケット燃料の平均)に対して軽水炉約1%、プルサーマル約3～5%)
- ・ 燃焼度の違いによる核分裂生成物、マイナーアクチニドの量の違い(軽水炉<高速増殖炉)

高速増殖炉燃料
集合体形状



使用済燃料の組成(例)(酸化物燃料; 炉取り出し後、4年冷却; 新燃料1tHM当たりの重量)

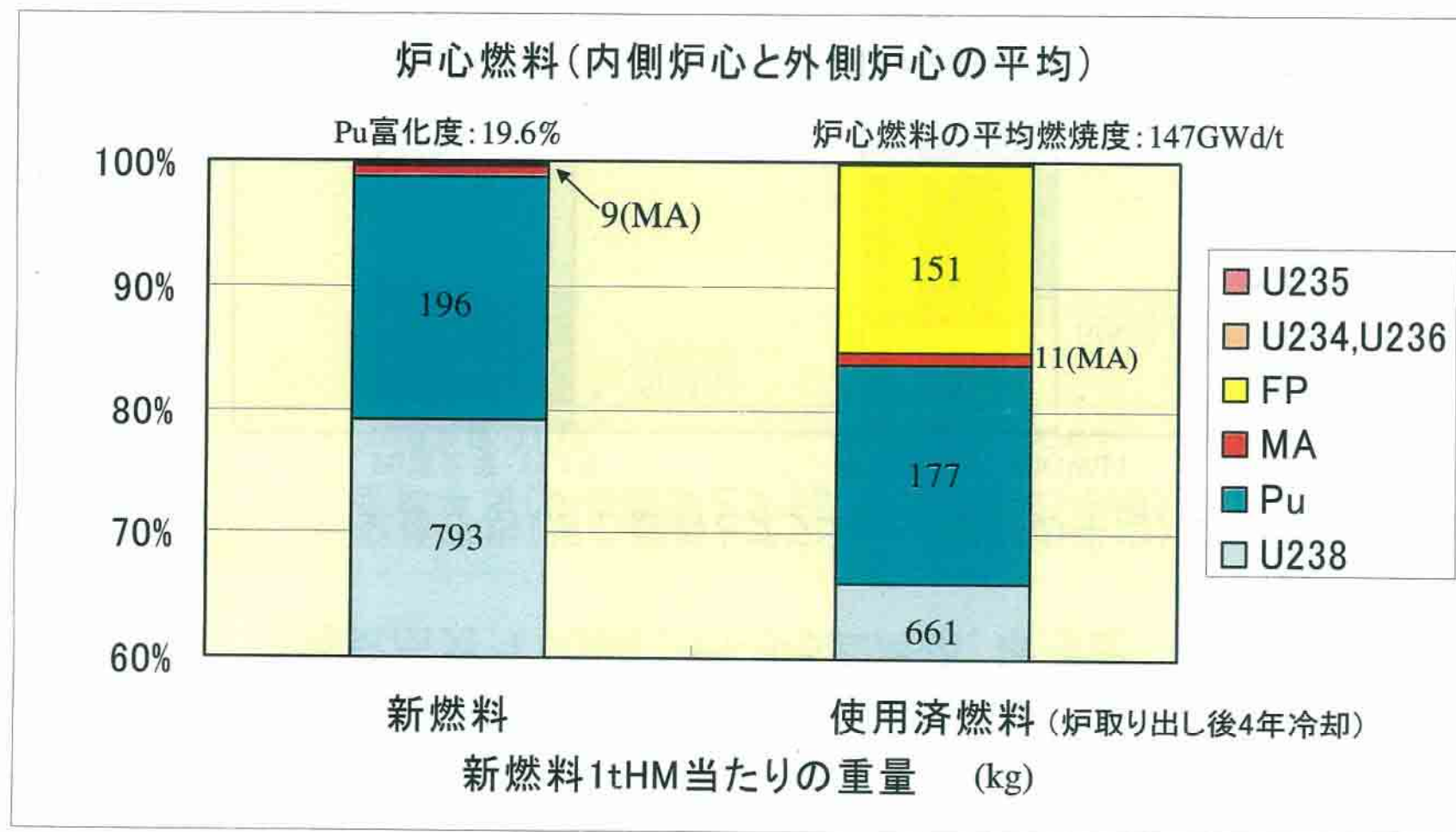
	軽水炉		プルサーマル		高速増殖炉(増殖比1.1)	
	BWR	PWR	BWR	PWR	炉心平均	全体平均(含ブランケット)
燃焼度 (GWd/t)	45	49	45	49	147	90
核分裂生成物 (kg)	46	50	46	49	151	91
マイナーアクチニド (kg)	1	1	5	5	11	6
全アクチニド (kg)	954	950	954	951	849	911
(内、Pu重量)	(9)	(11)	(45)	(35)	(177)	(119)



高速増殖炉燃料の組成(炉心)

参考－Ⅱ－6

[電気出力:1.5GWe、ナトリウム冷却、増殖比1.1]

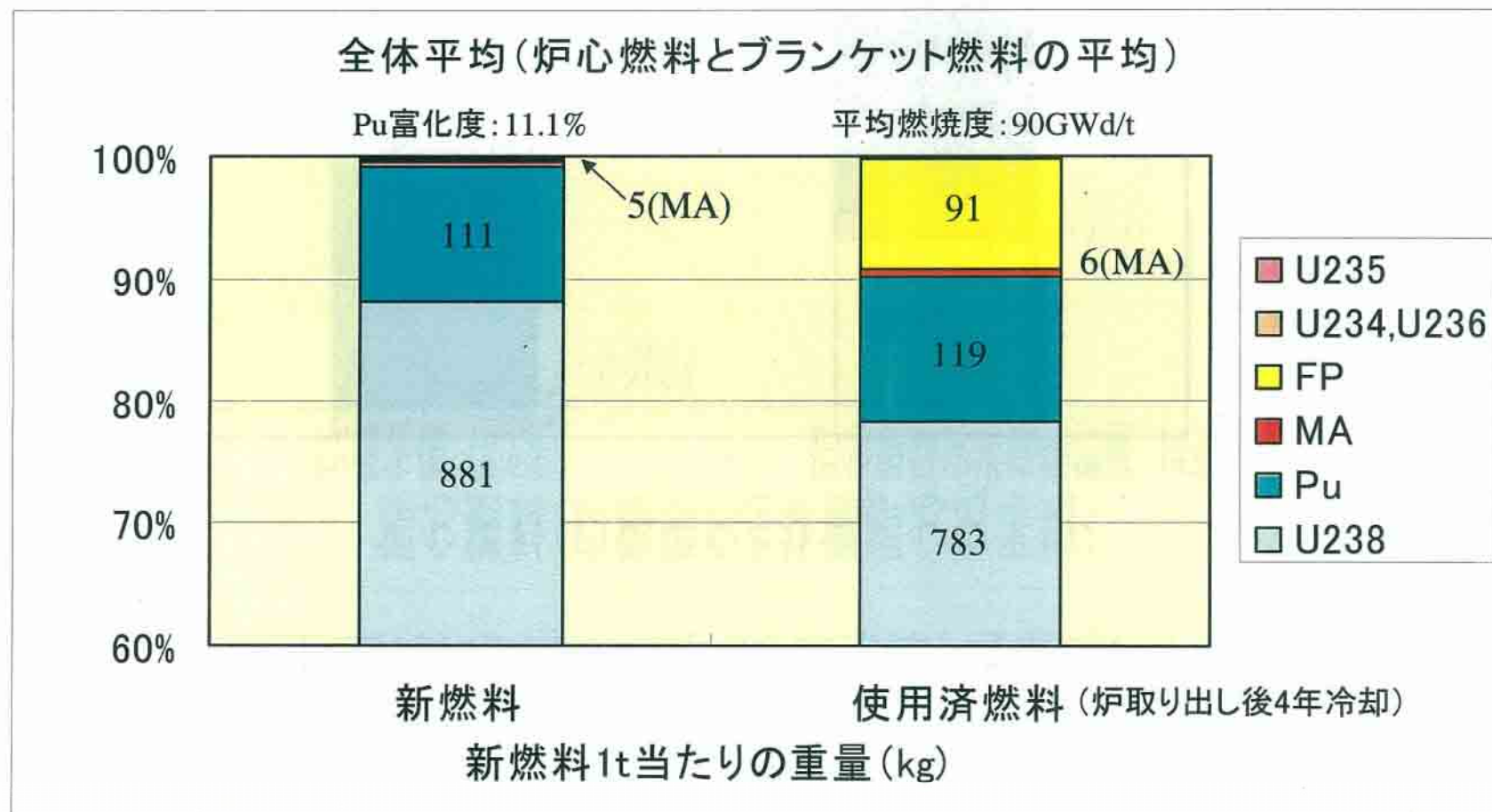




高速増殖炉燃料の組成(炉心+ブランケット)

参考－Ⅱ－7

[電気出力: 1.5GWe、ナトリウム冷却、増殖比1.1]

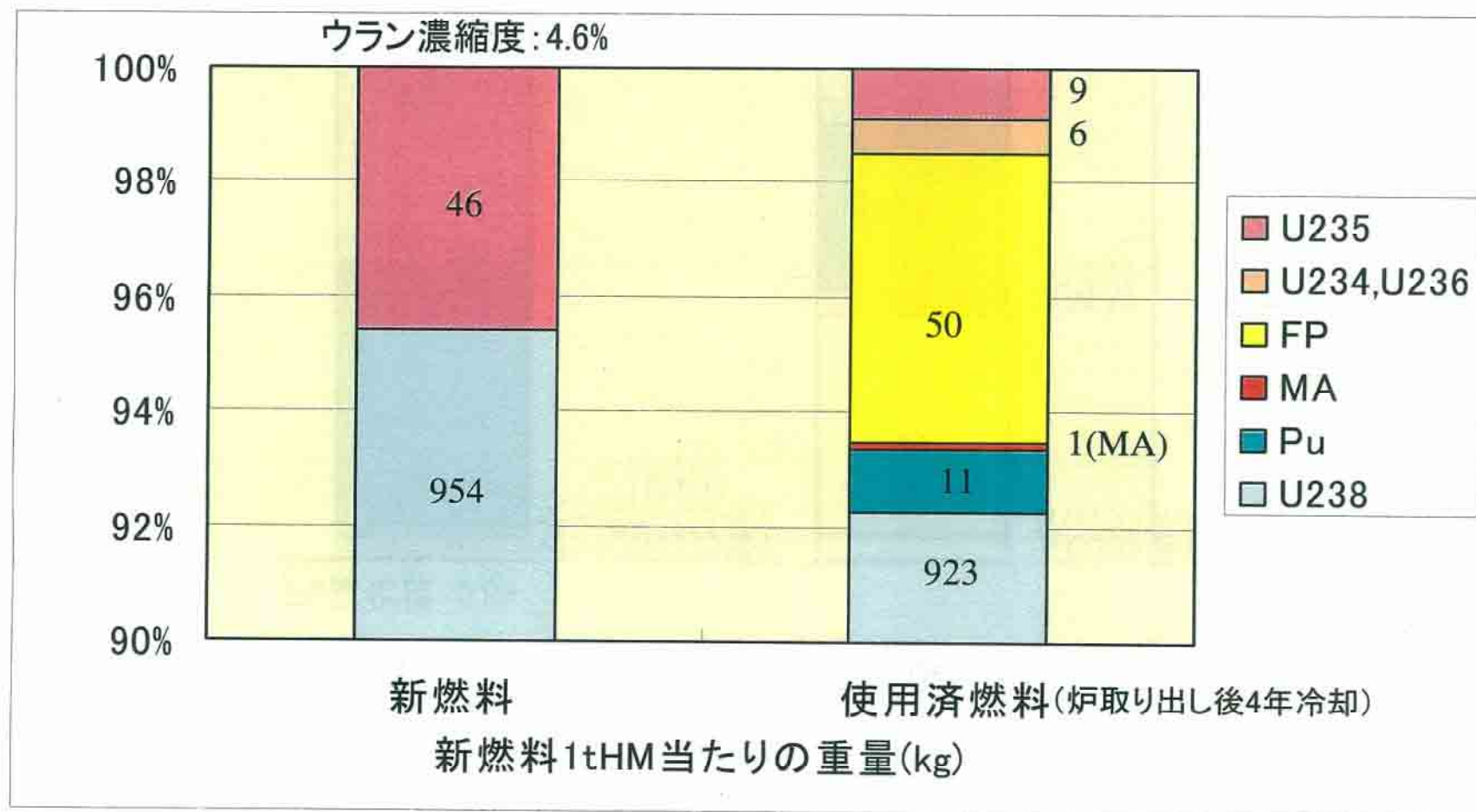




軽水炉燃料の組成(PWR)

参考－Ⅱ－8

[電気出力:1GWe、PWR、平均燃焼度:49GWd/t]

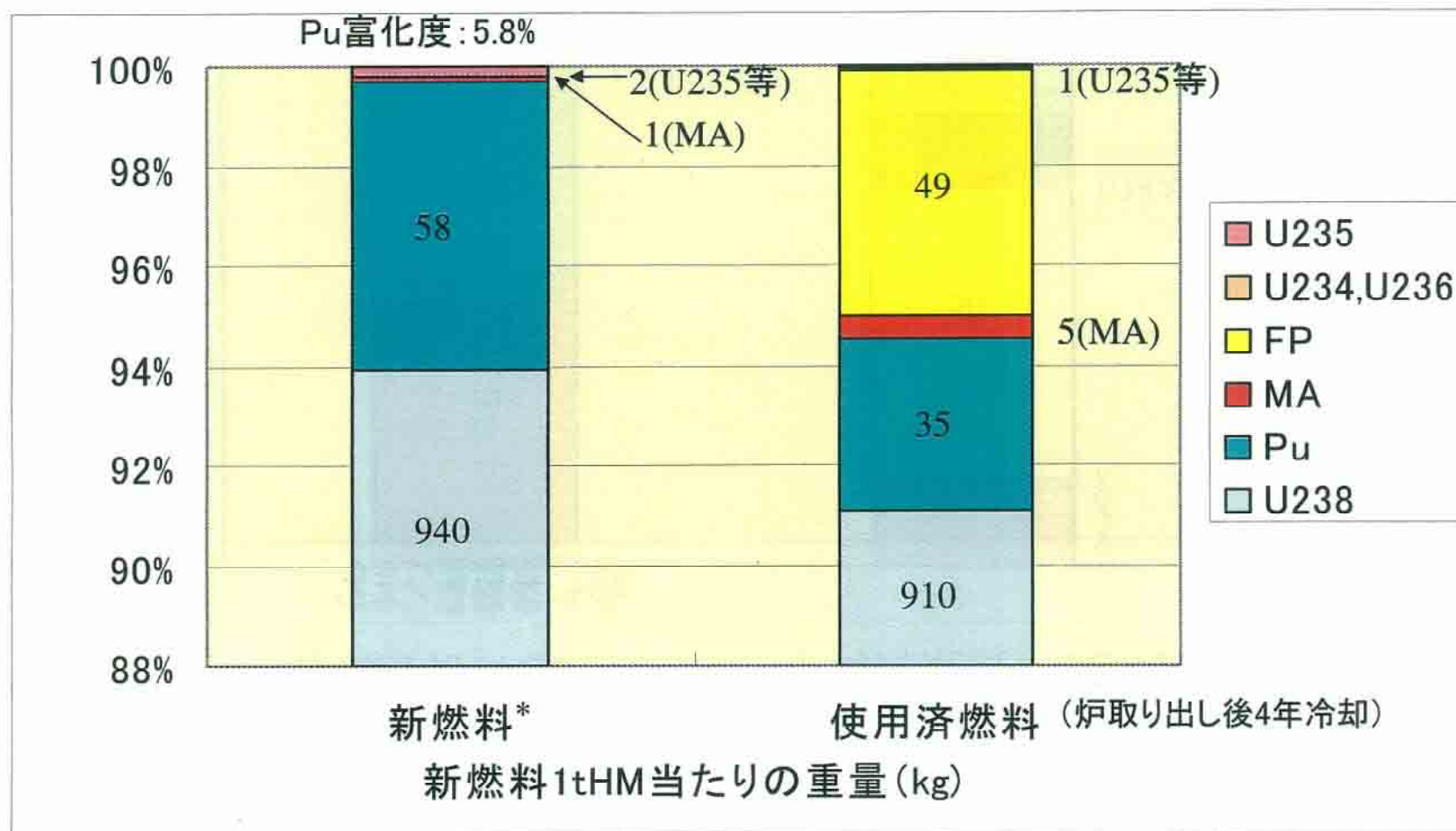




軽水炉プルサーマル燃料の組成(PWR)

参考－Ⅱ－9

[電気出力:1GWe、PWR、平均燃焼度:49GWd/t]



*再処理後3年経過した新燃料のためAm241が混入



高速増殖炉サイクルへの移行に関する諸量解析(1/7)

目的および主な想定条件

参考-Ⅱ-10(1)

【諸量解析の目的】

軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの移行における燃料供給の観点から、ウラン、プルトニウムなどの核燃料物質の諸量解析を行い、必要再処理量や使用済燃料蓄積量などを把握することを目的とする。

《高速増殖炉導入の諸量解析における主な想定条件》

項 目	想 定 条 件
原子力発電設備容量	2030年以降約58GWe一定※1
高速増殖炉の導入開始時期	2050年導入開始 (策定会議の議論を踏まえ)
将来の再処理設備の容量	軽水炉使用済燃料を対象に年間処理容量最大1,200トン 高速増殖炉使用済燃料については、高速増殖炉の導入に応じて適切に導入 (高速増殖炉の導入に必要なプルトニウムを確保し、使用済燃料の中間貯蔵量を削減するため)
そ の 他	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉(軽水炉と高速増殖炉)の寿命は60年。既存の軽水炉は2030年頃から順次廃止。 ・軽水炉と高速増殖炉でそれぞれ専用再処理工場を設置。六ヶ所再処理工場の操業終了以降、将来の軽水炉再処理工場は遅滞なく操業を開始 ・回収ウラン製品は再濃縮して利用
備 考	※1「2030年のエネルギー需給展望(中間とりまとめ)」総合資源エネルギー調査会需給部会(2004年10月)のリファレンスケースを適用。 原子力委員会 第24回新計画策定会議(2005年4月)にて、2030年以降も原子力発電に対して発電電力量の30～40%程度の水準あるいはそれ以上の役割を期待すること適当とされている。



高速増殖炉サイクルへの移行に関する諸量解析(2/7) 諸量解析における想定条件(詳細版)

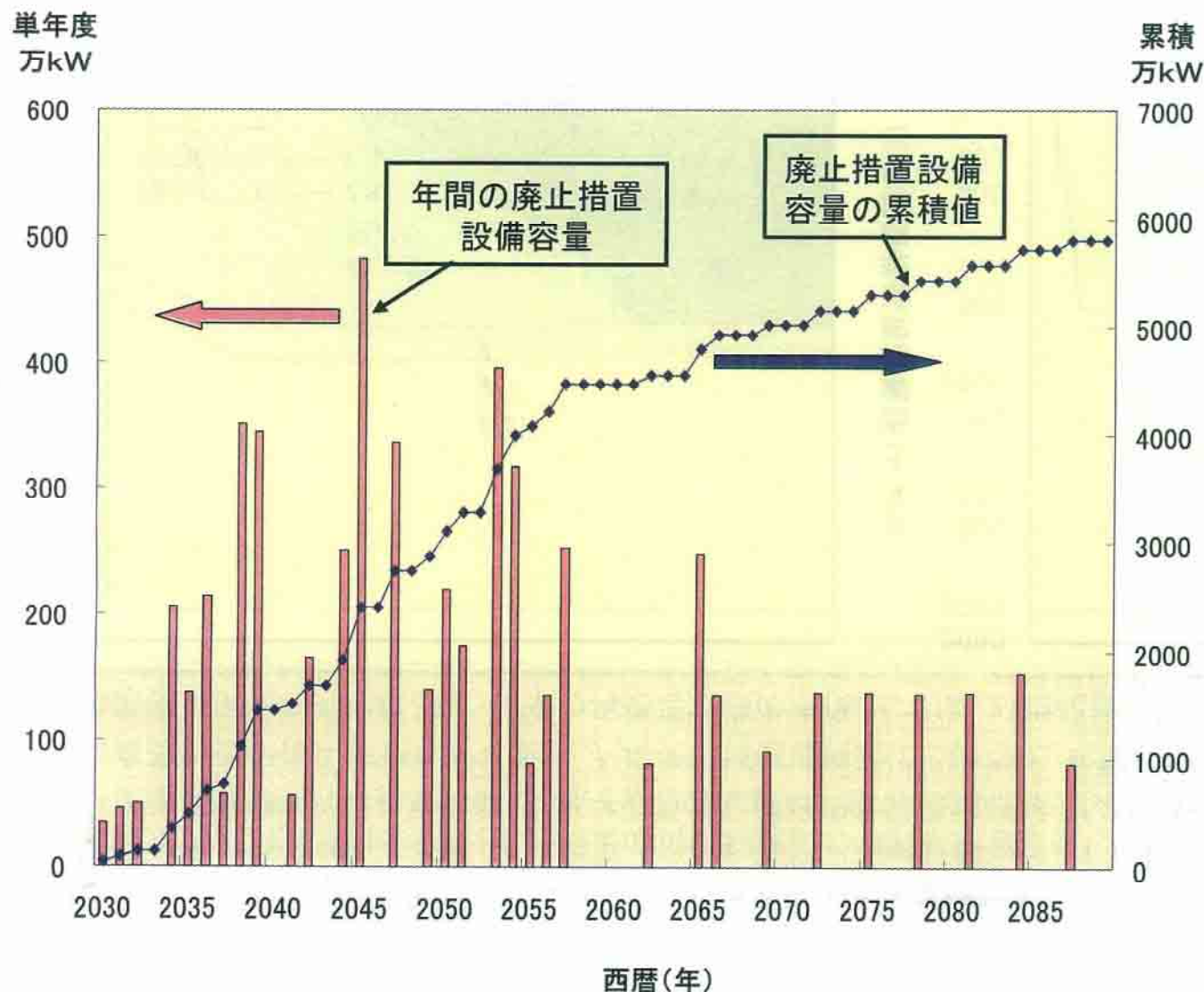
参考-Ⅱ-10(2)

項 目		想 定 条 件
原子炉システム	軽水炉	BWR, PWR : 2019年以前の運開プラント 燃烧度 約4万MWd/t, 稼働率 80% ABWR, APWR : 2020年以降の運開プラント 燃烧度 約6万MWd/t, 稼働率 90%
	高速増殖炉	①炉型: ナトリウム冷却混合酸化物-簡素化ペレット燃料炉心〔増殖比-移行期炉心1.1, 平衡期炉心1.03〕 ②全炉心平均燃烧度: 約9万, 11万MWd/t, ③稼働率: 94.6%(26.3ヶ月運転/1.5ヶ月定検), ④発電効率: 42% ⑤軽水炉使用済燃料再処理廃棄物の回収マイナーアクチニドの燃烧/変換〔炉心燃料中の上限濃度: 5%〕 ・もんじゅ(28万kWe); 2008年運転開始-2030年廃止 ・原子炉(50万kWe); 2023年運転開始 ・実用化推進炉(100万kWe); 2034年運転開始 ・商用炉(150万kWe); 2050年以降本格導入
	炉寿命	軽水炉および高速増殖炉とも60年
炉外サイクル時間	軽水炉	4年 (炉外冷却 3年, 再処理0.5年, 燃料加工および輸送0.5年)
	高速増殖炉	5年 (炉外冷却 4年, 再処理0.5年, 燃料加工および輸送0.5年)
ロス率	軽水炉	加工 0.1%, 再処理 U; 0.4%, Pu; 0.5 %, MA; 0.1%, 転換 0.5 %
	高速増殖炉	加工 0.1%, 再処理 0.1%
再処理	軽水炉使用済燃料	・東海再処理施設 : 2001-2005年 40 tonHM/年 ・六ヶ所再処理施設 : 2005-2010年 計画運転, 2011-2046年; 800 tonHM/年, 2047年廃止 ・将来の再処理施設 : 2047年運転開始, 1,200 tonHM/年 (再処理廃液からのマイナーアクチニド回収を想定)
	高速増殖炉使用済燃料	先進湿式法 ・実用化推進サイクル施設(50tonHM/年): 2040年運転開始 ・商用施設(200tonHM/年・ユニット): 2050年～
	寿命	軽水炉再処理施設および高速増殖炉再処理施設とも40年
その他		①濃縮テイルウラン濃度は0.3%を想定 ②軽水炉使用済燃料の回収ウランはFBR燃料母材および再濃縮/転換後に軽水炉燃料として再利用 ③軽水炉プルサーマルシナリオの場合は, 将来の軽水炉再処理施設以降でウラン燃料とMOX燃料を混合再処理 ④FBR導入シナリオでは高速増殖炉再処理施設にて軽水炉MOX燃料を再処理



高速増殖炉サイクルへの移行に関する諸量解析(3/7) 諸量解析における想定条件(発電設備容量)

参考-Ⅱ-10(3)



(留意事項)

- 軽水炉の廃止措置にともない、運転停止となる時期は運転年に60年を足した年と仮定。
- 2030年～2049年については、廃止措置に伴う軽水炉の停止による設備容量の落ち込みを新規の150万kWeの軽水炉で補うと仮定し、軽水炉の設備容量のトータルがほぼ5800万kWeとなるように設定。
- 2050年以降についてはPuバランスを考慮して優先的に150万kWeのFBRを導入し、軽水炉と合わせた設備容量が5800万kWeに足りない場合に150万kWeの新規の軽水炉により補うと仮定。

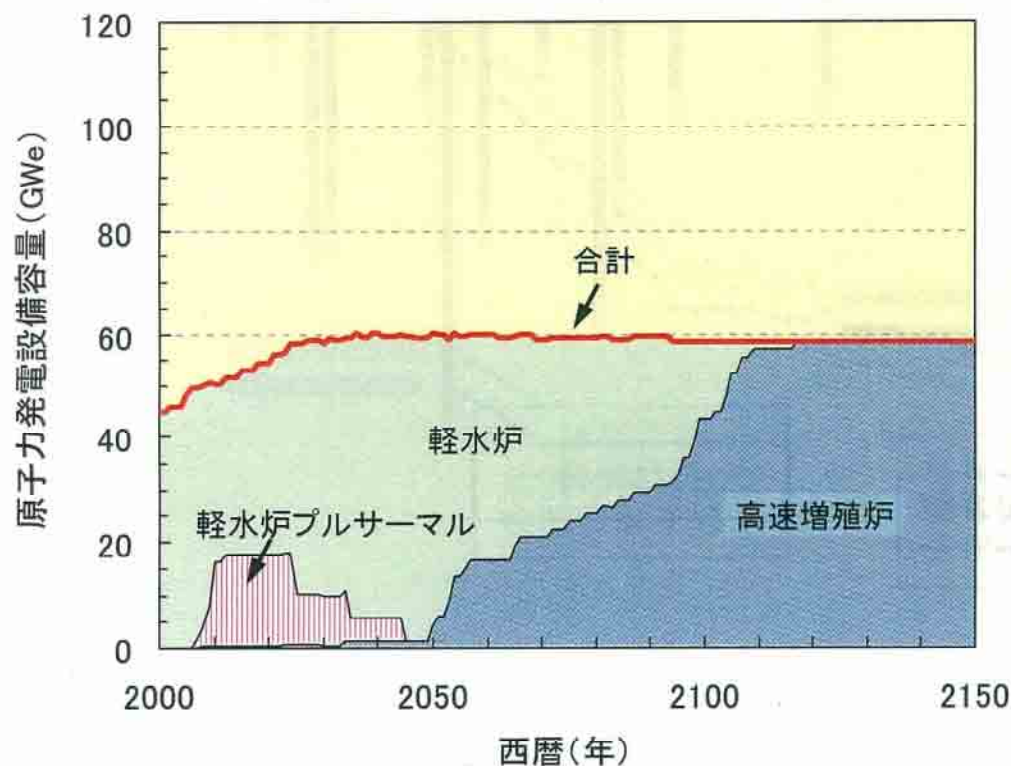
軽水炉の廃止措置設備容量の推移



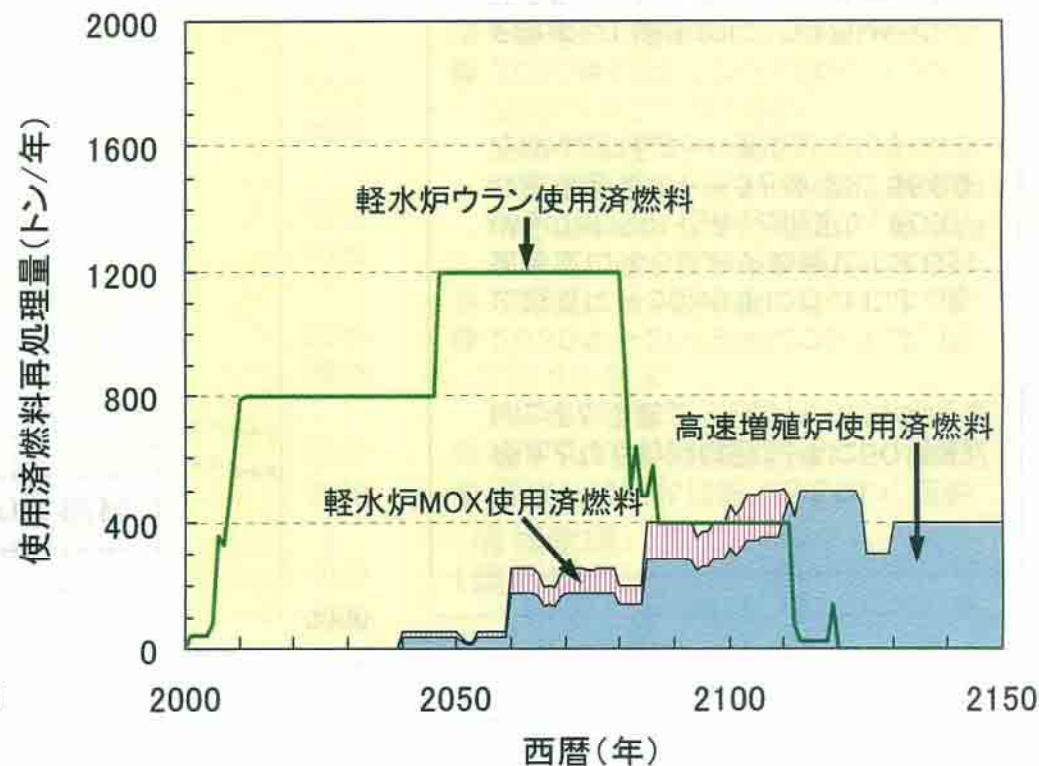
高速増殖炉サイクルへの移行に関する諸量解析(4/7) 高速増殖炉サイクルへの移行シナリオ

参考-Ⅱ-10(4)

- 高速増殖炉サイクルの本格導入以前は、プルサーマルの導入によりプルトニウムの需要を図る。
- 2050年に高速増殖炉を導入した場合、2100年過ぎには高速増殖炉サイクルへ完全に移行する。
- 軽水炉使用済燃料を対象とした将来の再処理施設の年間処理容量を1,200tHMとした場合は、2007年六ヶ所再処理工場操業開始から約80年間で、原子炉取出し後4年間の冷却期間を超えた軽水炉使用済燃料の再処理を完了する。
- 高速増殖炉使用済燃料を対象とした将来の再処理施設については、年間400tHM程度の処理容量が必要である。
- 両使用済燃料を対象とした将来の再処理施設の規模としては、21世紀後半に最大1,400～1,500トン程度に達する。



高速増殖炉導入シナリオの原子力発電構成



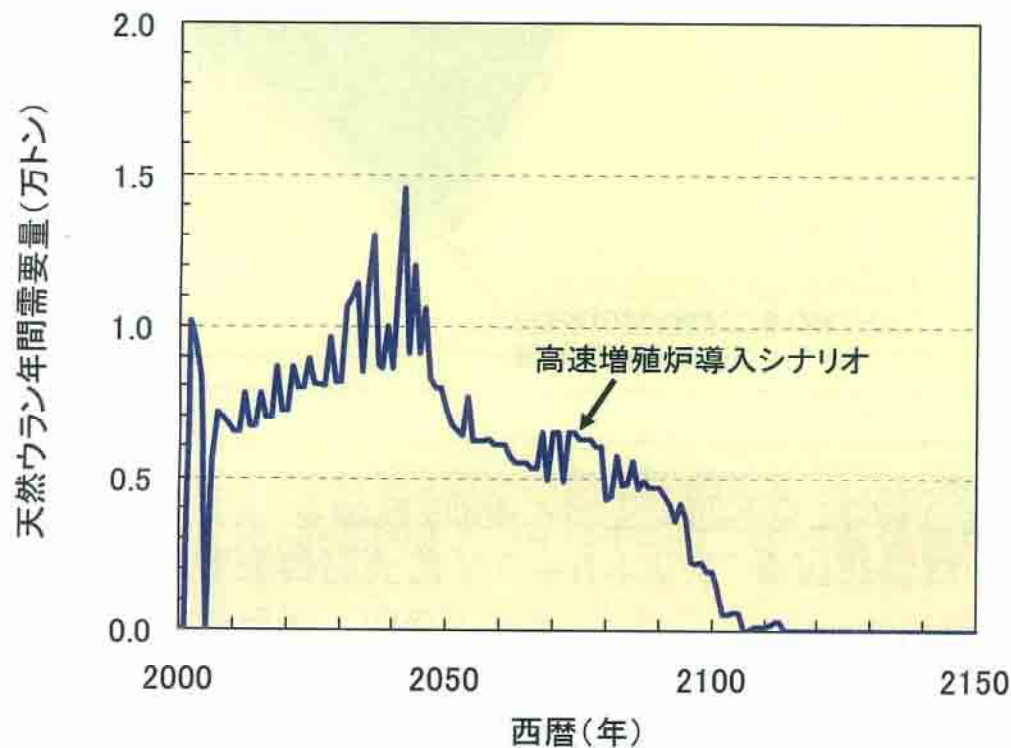
高速増殖炉導入シナリオにおける使用済燃料の再処理量



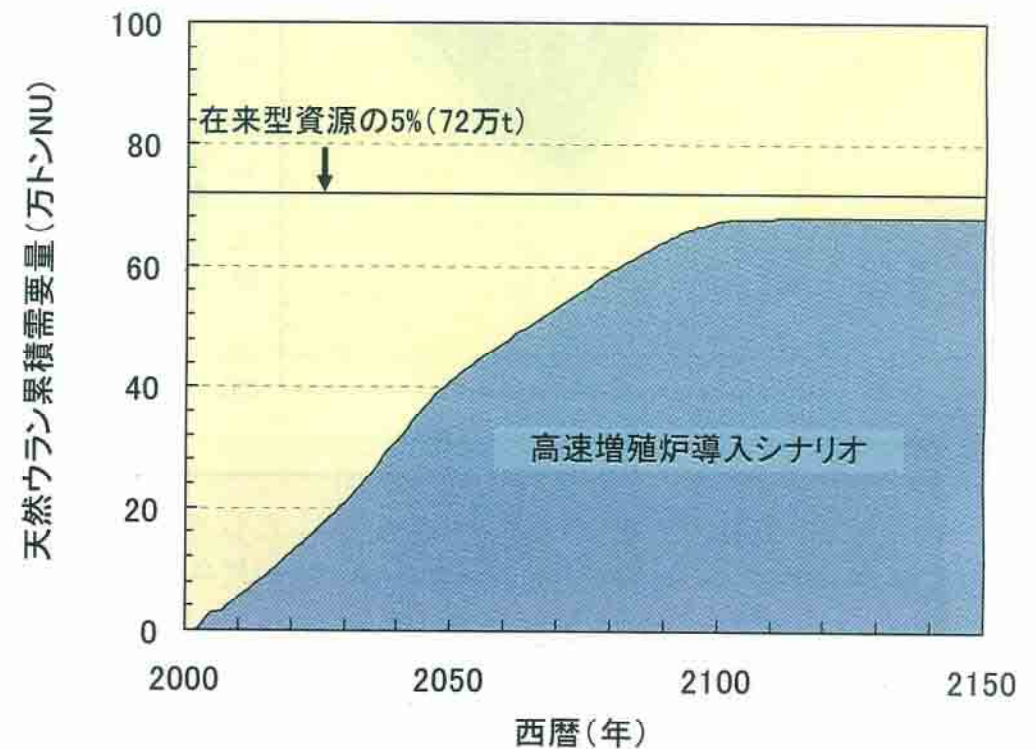
高速増殖炉サイクルへの移行に関する諸量解析(5/7) 天然ウランの年間需要量と累積需要量

参考-Ⅱ-10(5)

- 2050年から高速増殖炉を導入していけば、2100年過ぎには天然ウランの需要はなくなる。
- 天然ウランの累積需要量は在来型資源の5%程度となる。



天然ウラン年間需要量



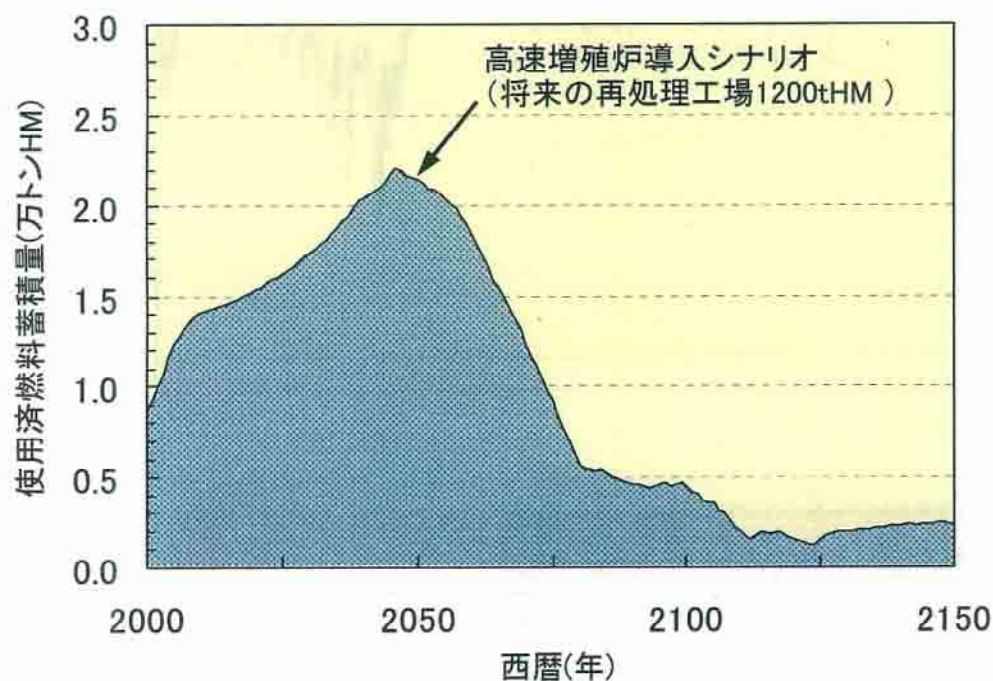
天然ウラン累積需要量



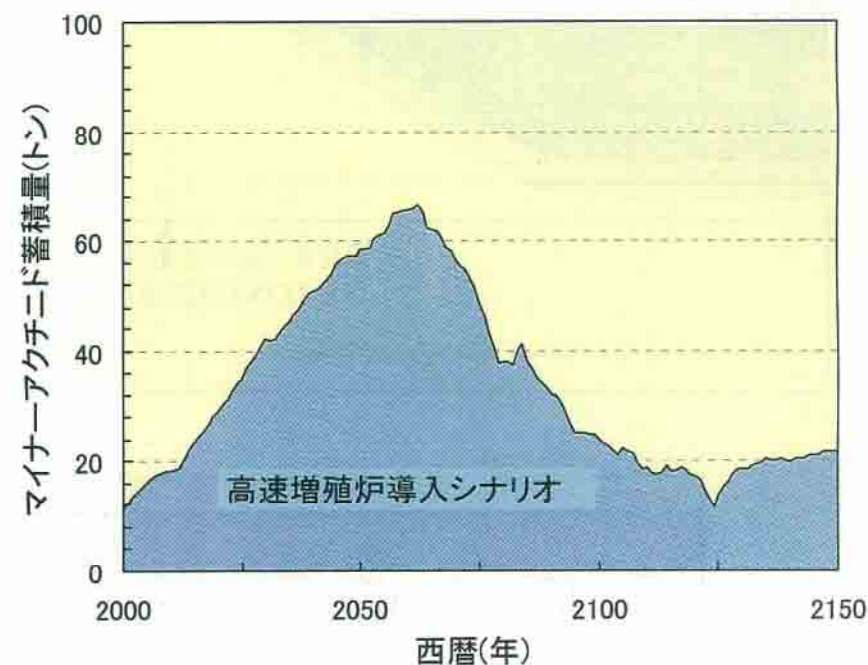
高速増殖炉サイクルへの移行に関する諸量解析(6/7) 使用済燃料貯蔵量と使用済燃料中のマイナーアクチノイド蓄積量

参考-Ⅱ-10(6)

- 将来の再処理工場(軽水炉使用済燃料対象)の規模が1,200トンHM/年の場合、使用済燃料の最大貯蔵量は2.2万トンHM程度となる。
- 発電所サイト内貯蔵容量(1.7万トンHM程度)を考慮すると、中間貯蔵の期間を50年以下とすることが可能である。
- 高速増殖炉導入シナリオでは、使用済燃料中に存在するマイナーアクチノイド量は最大70トン程度となり、その後も30トン以下に抑えることができる。



使用済燃料貯蔵量(冷却中の使用済燃料を含む)



使用済燃料中のマイナーアクチノイド蓄積量
(冷却中の使用済燃料を含む)



高速増殖炉サイクルへの移行に関する諸量解析(7/7)

諸量解析のまとめ

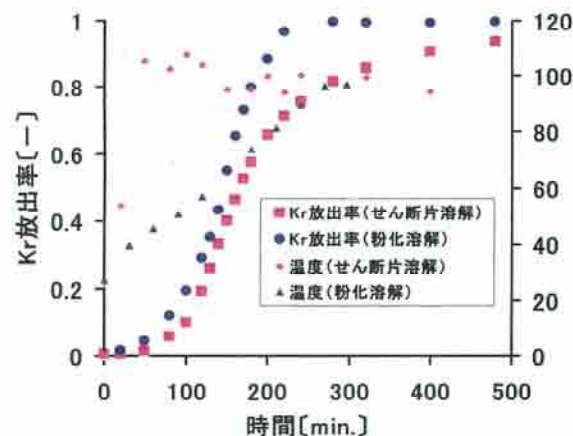
参考-Ⅱ-10(7)

- ・ 高速増殖炉サイクルへの移行期間および六ヶ所再処理施設以降の軽水炉再処理計画
⇒ プルトニウム需給バランスを考慮した合理的な移行が可能
 - ◆ 発電設備容量58GWeで 2050年から高速増殖炉サイクルを導入した場合、移行完了に要する期間はほぼ60年。
 - ◆ この場合、軽水炉使用済燃料の再処理によるプルトニウムの供給及び適切な高速増殖炉の増殖性能が必要。
 - ◆ 軽水炉使用済燃料を対象とした将来の再処理施設の年間処理容量を1,200トンHMとした場合は、2007年六ヶ所再処理工場操業開始から約80年間で、原子炉取出し後4年間の冷却期間を超えた軽水炉使用済燃料の再処理を完了。
 - ◆ 高速増殖炉使用済燃料を対象とした将来の再処理施設については、年間約400トンHMの処理容量が必要。
 - ◆ 両使用済燃料を対象とした将来の再処理施設の規模は、21世紀後半に最大1,400～1,500トン程度。
- ・ 天然ウラン累積需要量
⇒ 移行完了までの天然ウラン累積需要量は比較的少なく、移行完了後はウラン輸入も不要
 - ◆ 発電設備容量58GWeケースの場合約68万トンで、在来型資源の5%程度。
- ・ 使用済燃料貯蔵量
⇒ 最大貯蔵量および貯蔵期間の削減が可能
 - ◆ 貯蔵量を最大2.2万トンHM程度に抑え、中間貯蔵期間(50年間)内に払い出しが可能。
- ・ マイナーアクチニド(MA)蓄積量
⇒ 使用済燃料中に存在するマイナーアクチニド量の削減が可能
 - ◆ 使用済燃料中に存在するマイナーアクチニド量は最大70トン程度であり、その後も30トン以下に抑えることが可能。



- 先進湿式再処理法は、従来の軽水炉再処理技術をベースに高速増殖炉燃料の特徴（高Pu富化度、高燃焼度）に適合させ、経済性、環境負荷低減性、核拡散抵抗性の向上を目指して革新を図った技術。以下にその特徴、効果を示す。
 - － 高効率溶解（燃料の粉化等との組合せ）：処理時間の短縮
 - － 晶析（溶解液からのUの粗分離）：以後の工程処理規模の削減及び廃棄物発生量の低減
 - － 遠心抽出器：設備、施設の小型化、処理時間の短縮
 - － 単サイクル共抽出（U/Pu/Np共回収）：工程の短縮、Pu単体で存在しない、MA(Np)の回収
 - － MA回収：高レベル廃棄物の発生量低減と放射能による潜在的影響の低減

4時間程度で99%以上の溶解率を達成



燃料（常陽）の粉化による溶解実証データ

ビーカースケールのホット試験（CPFで実施）によりU回収率80%を達成



U-Pu溶液から晶析法により回収したU結晶

水相、有機相の分離などの基本性能や耐久性を確認

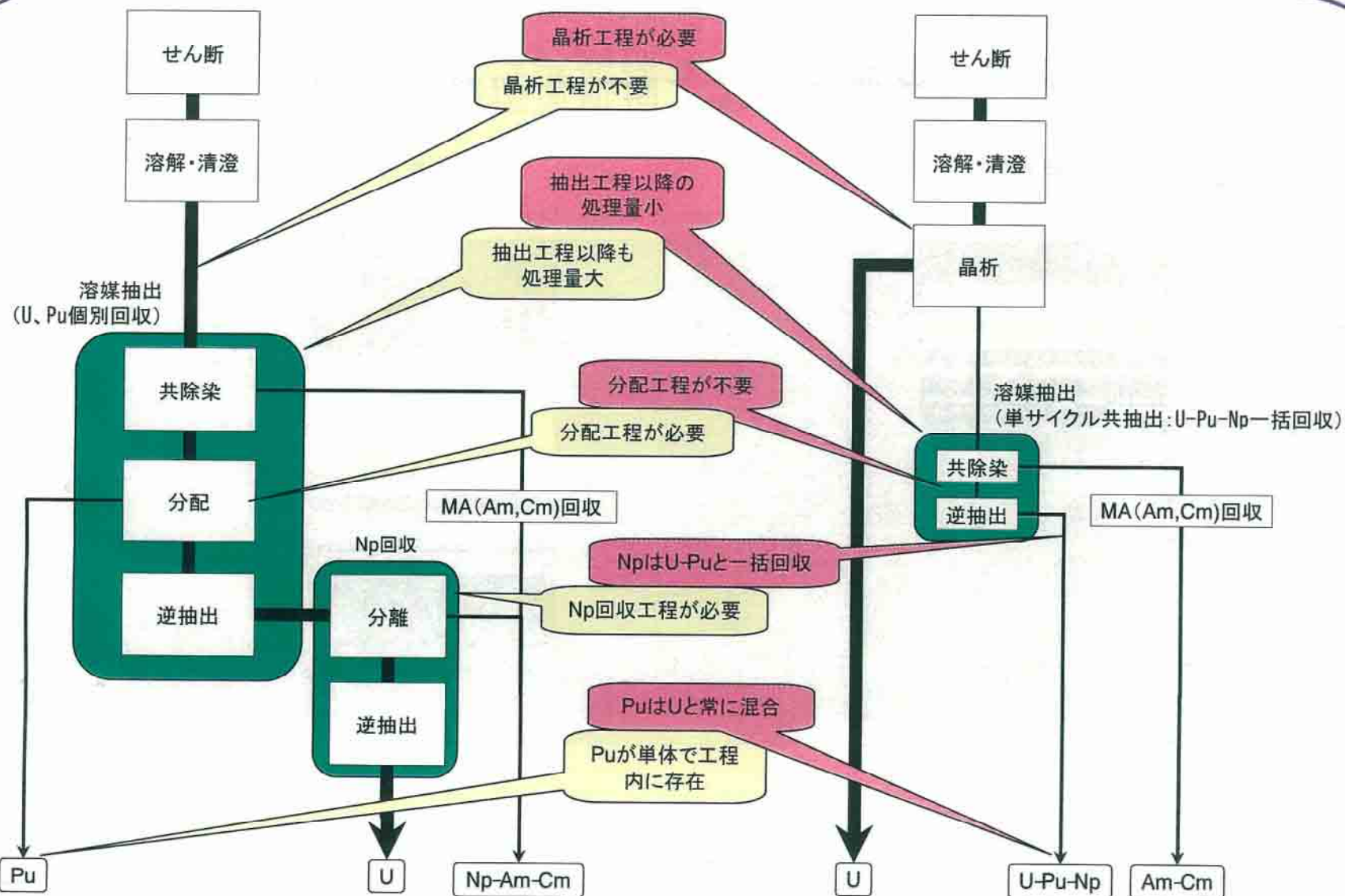


U試験中の遠心抽出器システム



将来の軽水炉使用済燃料の再処理への 従来型 PUREX 法の適用と先進湿式法の適用の比較

参考－Ⅱ－12



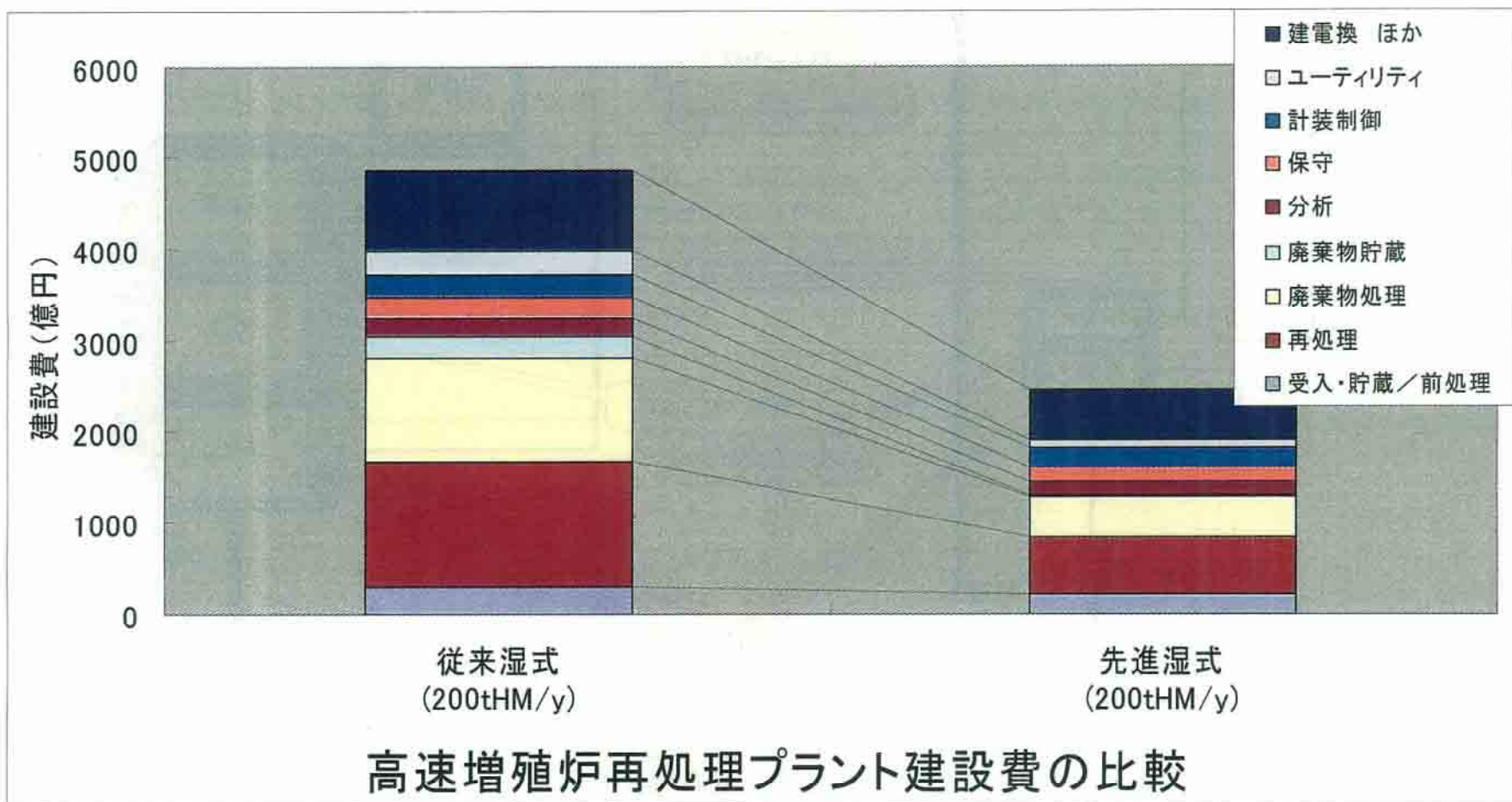
PUREX 法を適用(精製工程削除)した将来の軽水炉処理

先進湿式再処理法を適用した将来の軽水炉再処理



従来型湿式法と先進湿式法の建設費の比較

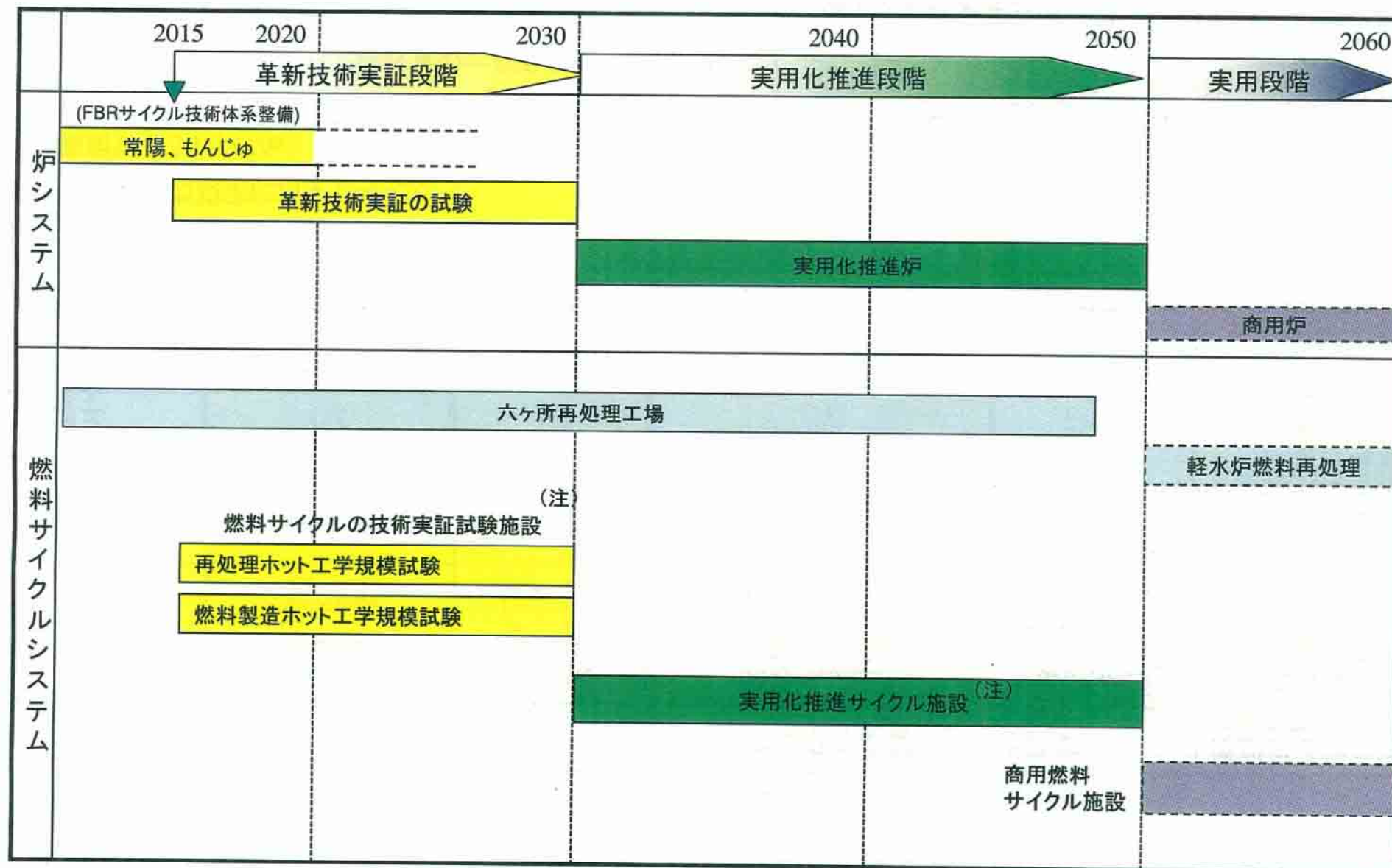
参考－Ⅱ－13





2050年頃までの開発ステップイメージ

参考－Ⅱ－14



(注) 燃料サイクルの技術実証試験施設、実用化推進サイクル施設の図を参考－Ⅱ－16、17(OHP 171～172)に示す。



表 実証試験施設の熱出力設定と実証スケール

	原子炉		大型試験施設(コールド施設)		既設原子炉の改造
検討ケース	30万kWe 原子炉	50万kWe 原子炉	30万kWe級の 火力発電所に併設	「もんじゅ」の 2次系に付設	「もんじゅ」 大幅改造
熱出力	72万kWt	120万kWt	試験ループ部12万kWe (外部熱源:30万kWt火力)	試験ループ部 23.8万kWt	100万kWt
1ループの熱出力・容量	36万kWt	60万kWt	30万kWt	23.8万kWt	1次系:33.3万kWt 2次系:66.6万kWt
熱出力 商用炉比	1/5	1/3	1/6	1/7.5	1次系:1/5.4 2次系:1/2.7
配管径商用炉比 (口径)	1/2.2 (0.56m)	1/1.7 (0.73m)	1/2.5 (0.50m)	1/2.7 (0.46m)	1/2.3 (0.54m)



原子炉の出力設定に対する考え方

- ・ 商用炉(150万kWe)に対して、1/5～1/3の出力(実用化推進炉の1/2)を想定

注)50万kWeでは売電収入で建設費の一部を償還可能



外部熱源選定の考え方

- ・ 大口径・高流速配管の流況を表すRe数が、2015年までに実施する試験条件(商用炉比:1/5)より大きくなること
- ・ 商用炉の蒸気発生器に対して、1/6程度(実用化推進炉の1/3)を想定



技術実証試験施設(再処理ホット工学規模試験)

参考-Ⅱ-16

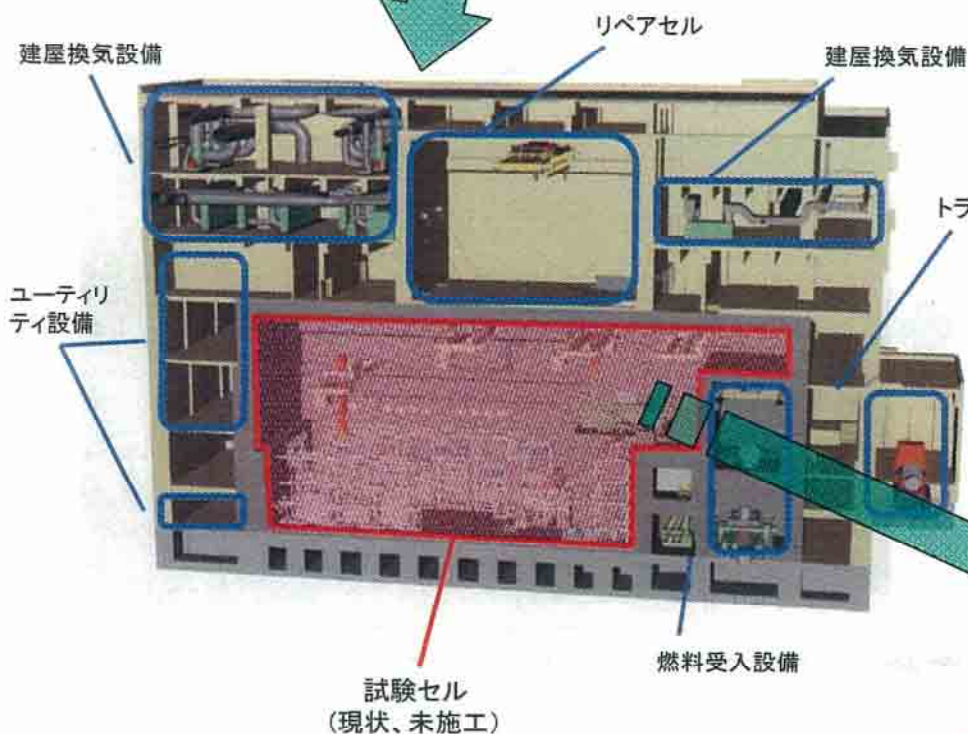
リサイクル機器試験棟
(現在建設中断中)

管理棟(建設工事未着手)

非常用発電機棟
(建設工事未着手)

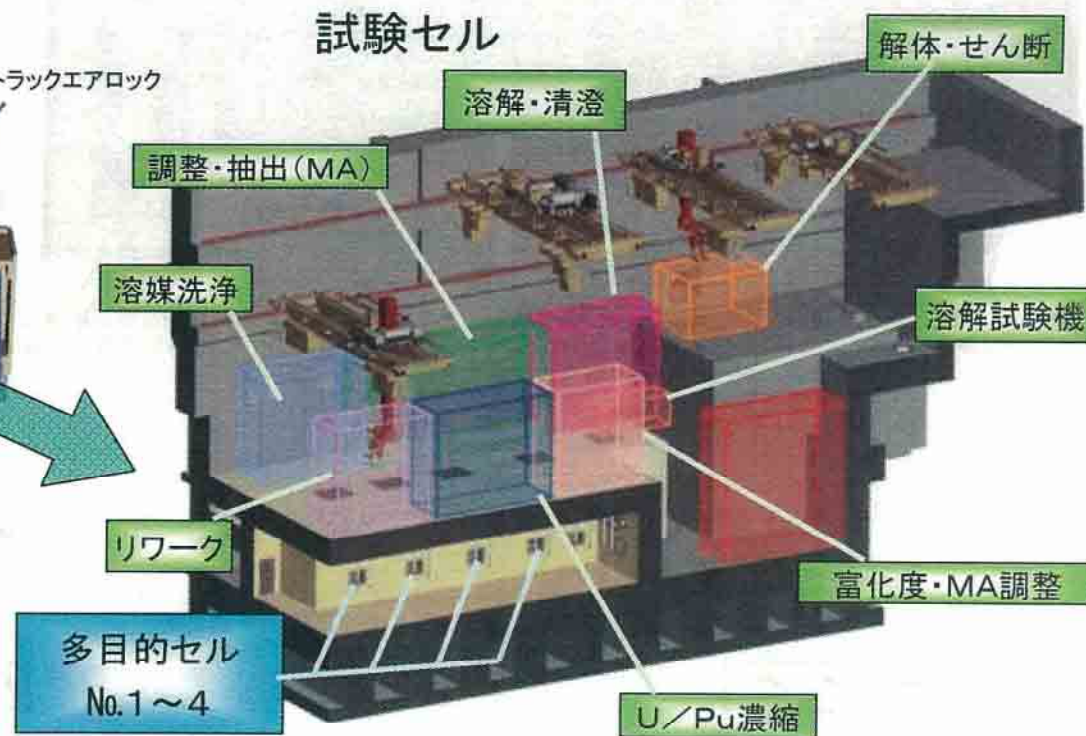


試験棟断面



- ステップ1: 枢要技術試験(～1kg/h)
- ステップ2: 総合システム試験(～10kg/h)

試験セル





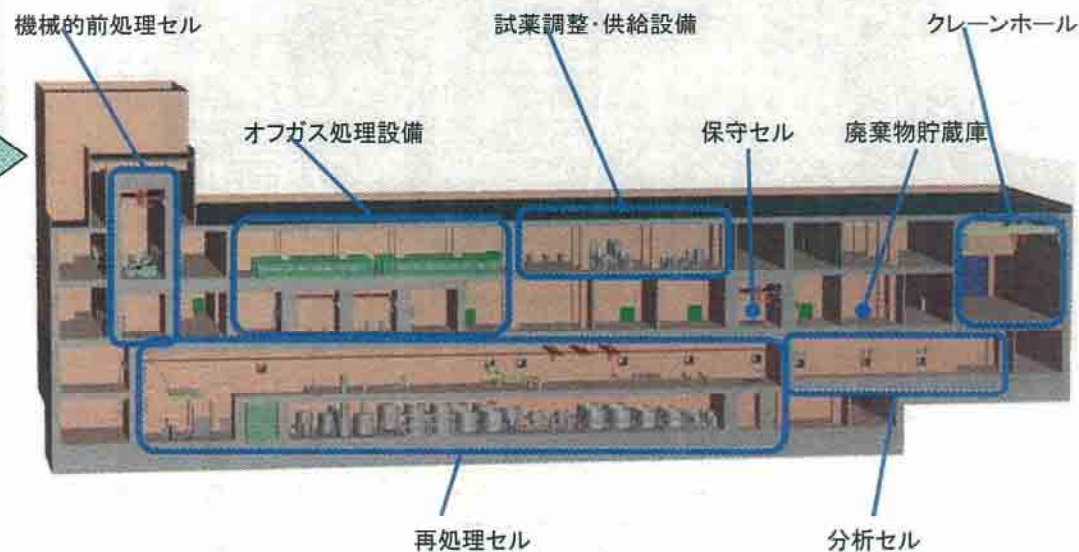
実用化推進サイクル施設

参考－Ⅱ－17

実用化推進サイクル施設(再処理、燃料製造)



再処理施設



燃料要素検査設備

脱硝転換設備

燃料製造施設

燃料製造セル

燃料要素組立設備

ペレット加工設備