

原子炉システムの技術評価項目の 抽出・評価結果

1. 高燃焼度炉心・燃料：革新技術の概要

革新技術：高燃焼度炉心・燃料

コンセプト：

- ・経済性向上
- ・高燃焼度化によるサイクルコスト低減
- ・長期サイクル化による稼働率向上

新技術：高燃焼度炉心・燃料設計概念

- 高燃焼度炉心核熱設計・燃料健全性評価

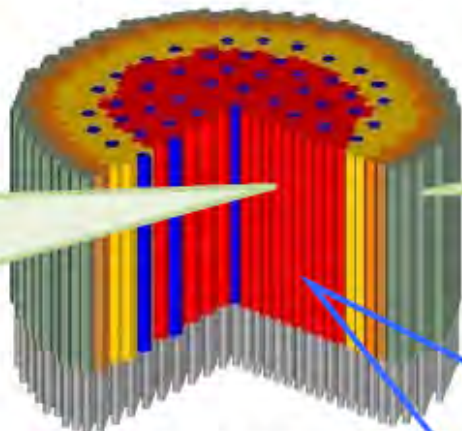
新技術：ODS鋼被覆管

- ODS鋼被覆管照射健全性
- ODS鋼被覆管再処理システム適合性

新技術：内部ダクト付燃料集合体

- 内部ダクト付燃料集合体製作性

炉心燃料領域



- 内側炉心燃料集合体
- 外側炉心燃料集合体
- 径ブランケット燃料集合体
- ステンレス鋼遮へい体
- 水素化ジルコニウム高性能遮へい体
- 制御棒集合体

革新技術：高性能遮へい体

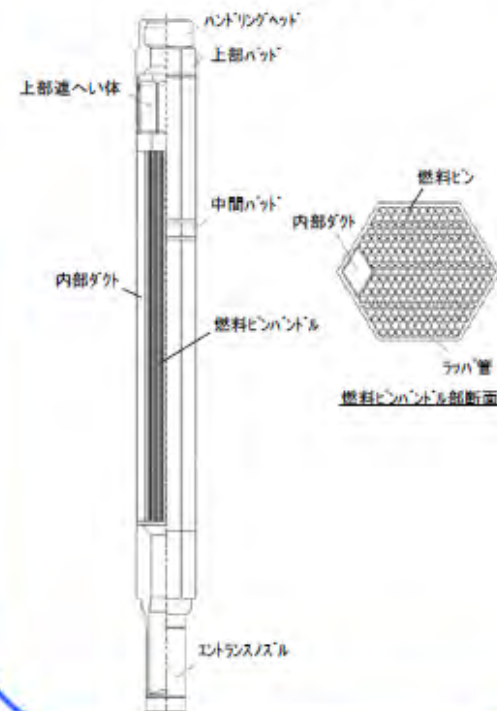
コンセプト：

- ・経済性向上
- 遮へい体厚半減を可能とする水素化ジルコニウムによる圧力容器径低減

新技術：水素化ジルコニウム遮へい体

- 水素化ジルコニウム遮へい体照射健全性

燃料集合体概念図



ODS鋼：耐照射性と高温強度に優れた酸化物分散強化型 (Oxide Dispersion Strengthened) 鋼

内部ダクト付燃料集合体：再臨界回避用の溶融燃料放出経路として燃料集合体の六角形のコーナー部に菱形のダクトを設けた構造のもの

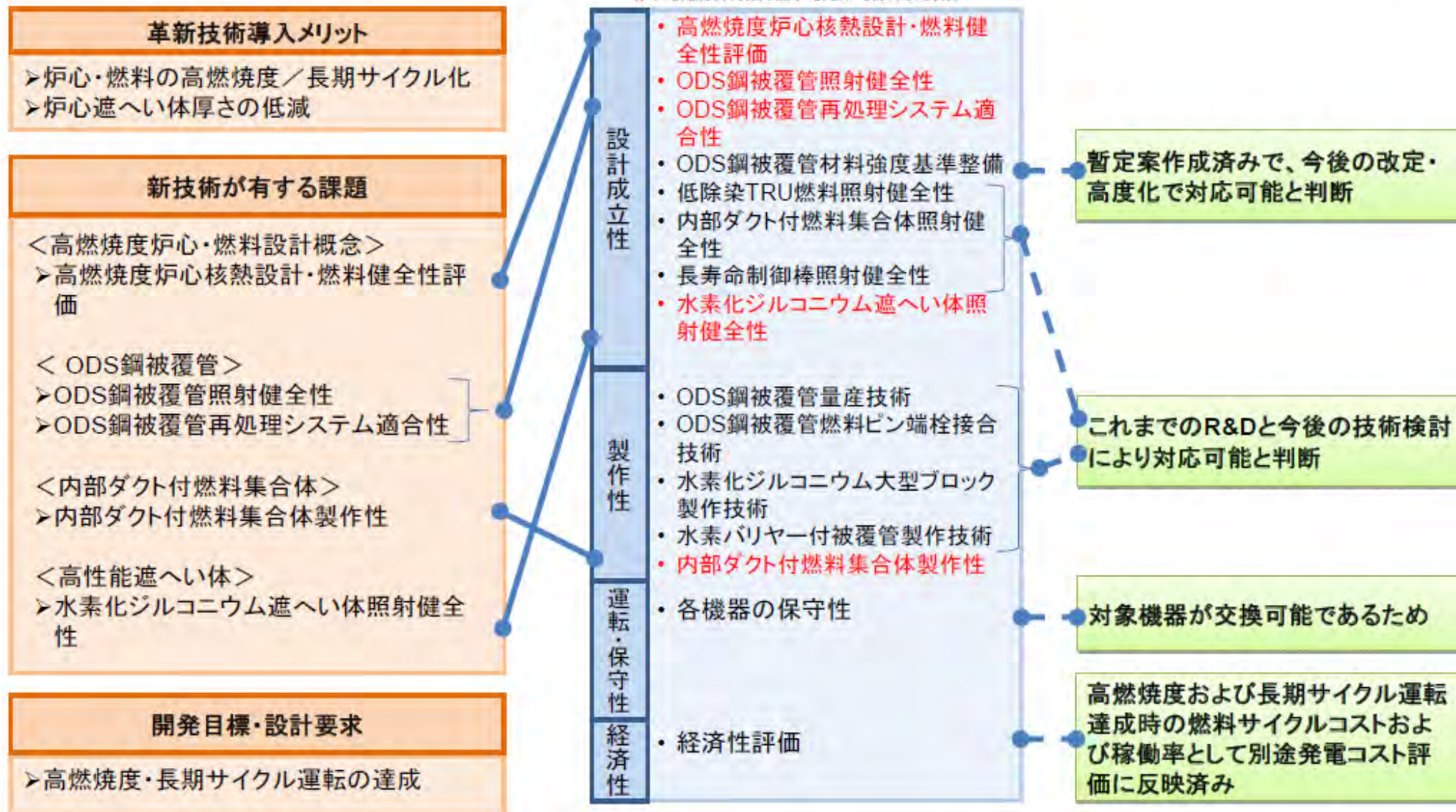
高燃焼度炉心・燃料：技術評価項目の抽出

<評価項目に反映した事項>※

<革新技術採否の評価項目>※

<評価項目から除外した事項>※

赤字：評価反映項目、黒字：評価から除外した項目

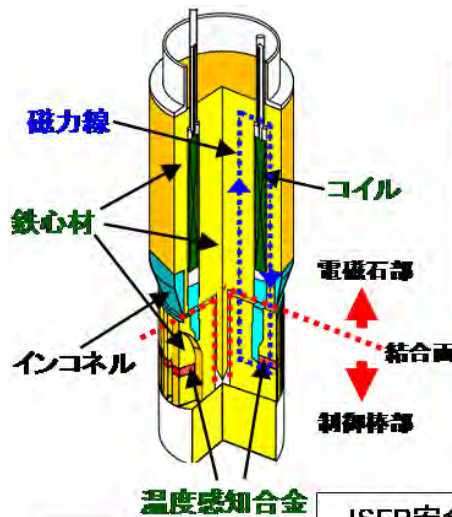


高燃焼度炉心・燃料：技術評価結果

設備区分	評価対象技術	採否判断に係る評価事項				
		評価の視点	評価項目		評価結果	
			分類	評価項目	*1 結果	採否
炉心・燃料	高燃焼度炉心・燃料	設計成立性	炉心設計	高燃焼度炉心核熱設計・燃料健全性評価	○	採用
			機器設計	ODS鋼被覆管照射健全性	△	
				ODS鋼被覆管再処理システム適合性	△	
				水素化ジルコニウム遮へい体照射健全性	○	
		製作性	機器の製作性	内部ダクト付燃料集合体製作性	○	

*1: ○・・・評価結果問題なし、△・・・残された課題あり、×・・・解決困難な問題あり

2. 安全性向上技術：革新技術の概要



革新技術：受動的炉停止系 (自己作動型炉停止機構(SASS))

コンセプト:

- 炉停止系の作動信号及び回路系の故障を仮定しても、キュリー点電磁石方式SASSにより制御棒を挿入して原子炉停止することで安全性を向上

新技術：SASSの採用

- SASSの制御棒保持力、切離れ温度、応答性
- SASSによる受動的炉停止能力

*:キュリー点電磁石方式SASS:高温になると磁性を失う温度感知合金を用いて、炉内温度が上昇すると自動的に制御棒が切離される機構

革新技術：炉心損傷時の再臨界回避技術

コンセプト:

- 適切な炉心設計(ボイド反応度等)の下で、炉心損傷を仮定しても、内部ダクトを通じた炉心外への燃料流出によって厳しい再臨界を回避するとともに、燃料を安定冷却して事故を終息させ安全性を向上
- 格納容器内への機械的負荷要因がないため、格納容器の簡素化による経済性向上に寄与

新技術：再臨界回避技術の採用

- 設計対策導入による炉心損傷事故シナリオの成立性確認

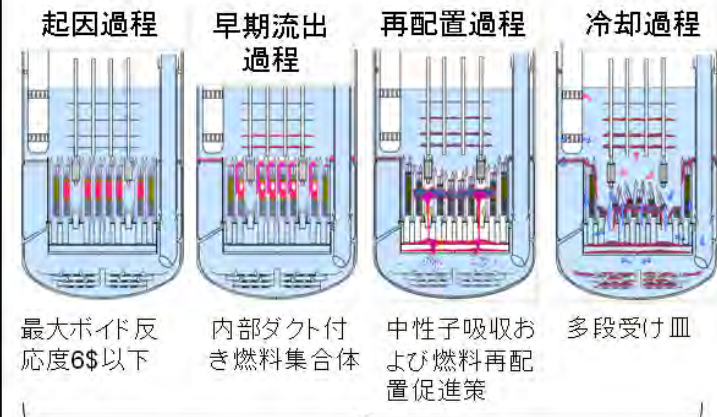
- ✓ 内部ダクトによる早期燃料流出
- ✓ 燃料再配置促進策による未臨界を維持した燃料再配置
- ✓ 多段受け皿等、炉容器内での燃料の安定冷却保持

JSFR安全設計方針の基本的な枠組み

	(1) 異常の発生防止			(2) 異常の拡大防止 (3) 事故の制御		(4) シビアアクシデントの管理	
	設計信頼度の目標	設計基準事象 (DBE)	設計基準外事象 (DBE)	設計基準外事象 (DBE)	設計基準外事象 (DBE)	設計基準外事象 (DBE)	設計基準外事象 (DBE)
◆適切な安全裕度	$10^{-2}/d$	$10^{-4}/d$	$10^{-6}/d$	$10^{-1} \sim 10^{-2}/d$	$10^{-1} \sim 10^{-2}/d$	$10^{-1} \sim 10^{-2}/d$	$10^{-1} \sim 10^{-2}/d$
◆信頼性の確認	止める	主炉停止系	後備炉停止系	SASS (受動的炉停止機構)	再臨界回避 損傷燃料の安定 冷却保持	再臨界回避 損傷燃料の安定 冷却保持	再臨界回避 損傷燃料の安定 冷却保持
◆予防保全	RSS				炉容器内事象 終息	炉容器内事象 終息	炉容器内事象 終息
	冷やす	GVと外管による液位確保 多重性・多様性を有する 自然循環型崩壊熱除去系					
	DHRS			アクシデントマネジメント			
	閉じ込める	気密耐圧格納容器			放射能影響緩和		

ナトリウムの化学反応対策

- ◆ナトリウム漏えい→リークタイトなGVと外管
- ◆ナトリウム水反応→二重管SG、早期検知&水・蒸気側の早期減圧



再臨界回避技術(設計対策)

安全性向上技術：技術評価項目の抽出

<評価項目に反映した事項>*

革新技術導入メリット

- 原子炉停止系への受動安全SASS導入による安全性向上
- 再臨界回避方策により炉心損傷時に原子炉容器内で事象を終息させ安全性向上
- 再臨界回避方策により格納容器を簡素化し経済性向上に寄与

新技術が有する課題

<受動的炉停止系(自己作動型炉停止機構(SASS))>

- ・ SASSの制御棒保持力、切離れ温度、応答性
- ・ SASSによる受動的炉停止能力

<炉心損傷時の再臨界回避技術>

- ・ 設計対策導入による炉心損傷事故シナリオ成立性

開発目標・設計要求

- 安全性
- 経済性

<革新技術採否の評価項目>*

赤字：評価反映項目、黒字：評価から除外した項目

設計成立性	<ul style="list-style-type: none"> ・ SASSの制御棒保持力、切離れ温度、応答性 ・ SASSによる受動的炉停止能力 ・ 炉心損傷事故シナリオ成立性(原子炉容器内事故終息達成見通し) ・ SASS及び制御棒駆動機構 ・ 再臨界回避のための内部ダクト型燃料集合体 ・ 再臨界回避のための要件を取り入れた炉心設計
製作性	<ul style="list-style-type: none"> ・ SASSを構成する温度感知合金等 ・ SASS及び制御棒駆動機構 ・ 再臨界回避のための受け皿構造 ・ 再臨界回避のための内部ダクト型燃料集合体
運転・保守性	<ul style="list-style-type: none"> ・ SASSに対する保守・補修内容への対応性 ・ SASSに対する運転性 ・ 再臨界回避技術に対する保守・補修内容への対応性 ・ 再臨界回避技術に対する運転性
経済性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 再臨界回避技術に対する経済性評価 ・ SASSに対する経済性評価

<評価項目から除外した事項>*

- 電力実証炉あるいは最近の試験研究により確認済
- 従来の技術で対応可能
- 他の評価対象技術(「高燃焼度燃料」等)において対応可能
- 設計検討済
- 「常陽」炉内試験により確認済
- 設計成立性があれば運転性には影響を与えない
- システム全体のコスト評価で対応可能

※：主要データを中心に説明したもの

安全性向上技術：技術評価結果

設備区分	評価対象技術	採否判断に係る評価事項						
		評価の視点	評価項目				評価結果	
			分類	評価項目			*1結果	採否
炉心・燃料	安全性向上技術	設計成立性	安全設計の成立性	受動的炉停止系(自己作動型炉停止機構(SASS))	SASSの制御棒保持力、切離れ温度、応答性	○	採用	
					SASSによる受動的炉停止能力	○		
			炉心損傷時の再臨界回避技術	炉心損傷事故シナリオ成立性 (原子炉容器内事故終息達成見通し)	○			

*1: ○・・・評価結果問題なし、△・・・残された課題あり、×・・・解決困難な問題あり

3. コンパクト化原子炉構造：革新技術の概要

革新技術：切込みUIS+伸縮アーム式FHMを用いた燃料交換

コンセプト：

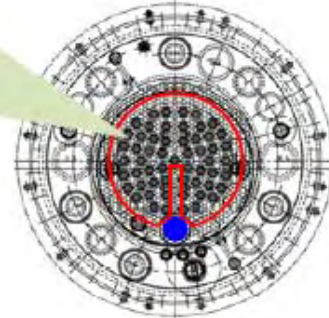
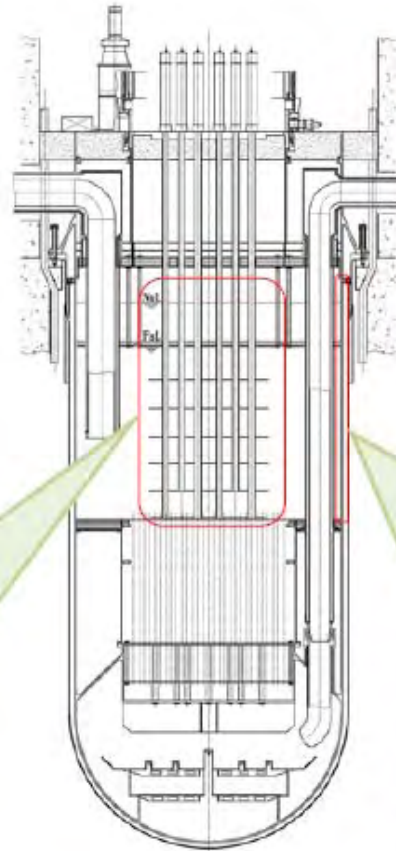
- ・経済性向上
 - ・ UISの切込みにFHMのアームを挿入することで、偏心量が小さく、小径の単回転プラグを実現。
 - ・ これにより、原子炉容器径、物量及び建屋容積を削減

新技術：切込みUIS

- ガス巻き込み対策（炉内流速が大きいため、液面からのガス巻き込みを抑制する必要あり）
- 液中渦対策（炉内流速が大きいため、ホットレグ吸込み部のキャビテーションを伴う液中渦を抑制する必要あり）
- 切込み部の検出性（切込み部に計装類を設置できないため、他の方法で燃料破損位置検知を行う必要あり）
- 高流速下での計装配管類の流力振動

新技術：伸縮アーム式FHM（本分野対象外）

- ・他分野（簡素化燃料取扱いシステム）に記載



革新技術：ホットベッセル

コンセプト：

- ・経済性向上
 - ・ 壁冷構造を用いないことで、原子炉容器径、物量及び建屋容積を削減

新技術：316FR鋼のリング鍛鋼品

- 材料の製作性（高応力部に溶接を設けないためリング鍛鋼品を採用）
- 溶接部の長期健全性

新技術：高温構造設計評価技術

- 高温構造設計評価技術の整備（もんじゅで適用した高温構造規格より評価法を合理化）

大口径のホットベッセルに伴う技術課題

- 原子炉構造（内部構造含む）の耐熱性
- 原子炉構造（内部構造含む）の耐震性
- 原子炉構造（内部構造含む）の製作性

コンパクト化原子炉構造：技術評価項目の抽出

<評価項目に反映した事項>※

革新技術導入メリット
 ➢物量・建屋容積削減

技術課題

<切込みUIS>
 ➢ガス巻き込み対策
 ➢液中渦対策
 ➢切込み部の検出性
 ➢高流速下での計装配管類の流
 力振動

<316FR鋼のリング鍛鋼品>
 ➢材料の製作性
 ➢溶接部の長期健全性

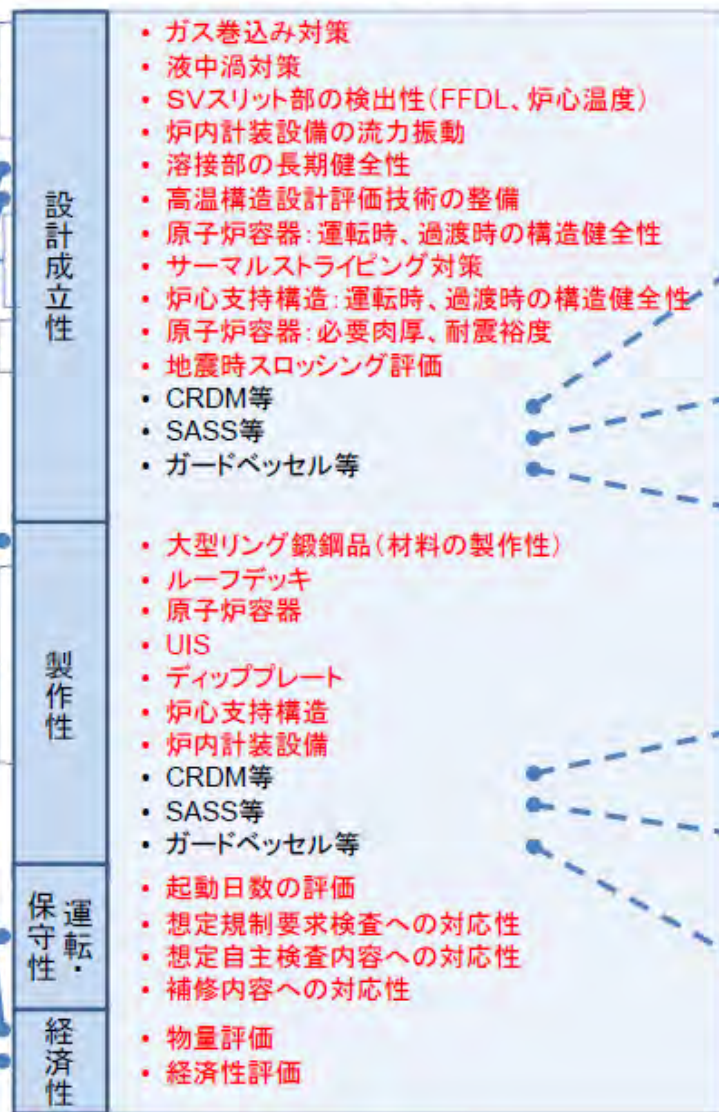
<高温構造設計評価技術>
 ➢高温構造設計評価技術の整備

<大口径のホットベッセルに伴う
 技術課題>
 ➢原子炉構造(内部構造含む)の
 耐熱性
 ➢原子炉構造(内部構造含む)の
 耐震性
 ➢原子炉構造(内部構造含む)の
 製作性

開発目標・設計要求
 ➢保守・補修性
 ➢経済性

<革新技術採否の評価項目>※

赤字：評価反映項目、黒字：評価から除外した項目



<評価項目から除外した事項>※

- もんじゅにて実績があり、設計成立性ありと判断し評価項目に選定しない。
- 他分野(安全性向上技術等)に記載
- 今後の設計検討により対応可能と判断し、評価項目として選定しない。
- もんじゅにて実績があり、製作可能と判断し評価項目に選定しない。
- 他分野(安全性向上技術等)に記載
- 今後の設計検討により対応可能と判断し、評価項目に選定しない。

コンパクト化原子炉構造：技術評価結果(1/2)

設備区分	評価対象 技術	採否判断に係る評価事項					
		評価の視点	評価項目			評価結果	
			分類	評価項目		*1 結果	採否
原子炉構造	コンパクト化原子炉構造 (ホットベッセル)	設計成立性	機器・システム設計	ルーフデッキ	炉上部配置の成立性	○	採用
				燃料交換機			
				原子炉容器	高温構造設計評価技術の整備	○	
					運転時、過渡時の構造健全性	○	
					必要肉厚、裕度	○	
					溶接部の長期健全性	○	
				UIS	構造健全性	○	
				DHX			
				上部プレナム	サーマルスライピング対策	○	
					ガス巻き込み対策	○	
					液中渦対策	○	
					温度成層化影響への対策	○	
				炉心支持構造	地震時スロッシング評価	○	
					運転時、過渡時の構造健全性	○	
					中性子照射による長期健全性	○	
				炉内計装設備	耐震評価手法の整備	○	
スリット部の検出性(FFDL、炉心温度)	○						
監視用温度計装の必要性	○						
炉内 NIS 検出性能向上対策(直管化対応)	○						
	健全性評価(流力振動、施工性)	△					

*1: ○・・・評価結果問題なし、△・・・残された課題あり、×・・・解決困難な問題あり

コンパクト化原子炉構造：技術評価結果(2/2)

設備区分	評価対象技術	採否判断に係る評価事項						
		評価の視点	評価項目			評価結果		
			分類	評価項目		*1結果	採否	
原子炉構造	コンパクト化原子炉構造 (ホットベッセル)	製作性	材料の製作性	大型リング鍛鋼品	製作性評価(成分制御性、鍛錬性)	△	採用	
				(高温薄肉部)	設計許容値(文献調査、既存知見の整理結果)			△
					素材メーカーの製造能力と設備拡張の必要性			△
			大型リング鍛鋼品	炉心支持構造(取付台)、炉容器支持フランジ部の設計許容値と製作性検討結果		△		
			機器の製作性	ルーフデッキ	狭隘部での配置を成立させる炉上部製作性			○
				燃料交換機		○		
				原子炉容器		○		
				UIS	炉内計装設置性			○
		上部プレナム		ディッププレート構造		○		
		炉心支持構造		支持スカート部(炉容器側、炉心側)の製作性		○		
		炉内計装設備		FFDL セレクタバルブ、サンプリング配管施工性		○		
		運転・保守性	運転性	起動日数の評価		○		
			保守・補修性 (机上検討による) 【装置開発は2011年以降】	想定規制要求検査への対応性		○		
				想定自主要求検査への対応性		○		
				想定補修内容への対応性		○		
		経済性	建設コスト等	物量		○		
				経済性評価		—		
設備投資(素材メーカーの鍛造設備)				△				

*1: ○・・・評価結果問題なし、△・・・残された課題あり、×・・・解決困難な問題あり

4. 9Cr 鋼製大口径配管を用いた 2 ループシステム：革新技術の概要

革新技術：9Cr 鋼採用の 2 ループシステム

コンセプト：

- ・経済性向上
 - ・大口径・高流速配管を用いて 2 ループ化し、プラントコンパクト化
 - ・熱膨張率が低く、高温強度の高い 9Cr 鋼の採用により、配管短縮→機器物量削減

新技術：大口径薄肉高流速 9Cr 配管の採用

- 9Cr 鋼を採用した大口径薄肉直管、エルボの製造
- 1 次主冷却系配管の構造健全性
- 溶接継手部を含む改良 9Cr 鋼の強度評価法の開発
- 9Cr 鋼の LBB 評価技術の開発
- 高流速配管の流力振動による配管健全性評価法の開発

新技術：超音波流量計測システムの採用

- 大口径磁性材配管、短い直管長さ、2 重管構造に適合する安全保護系流量計測システムの開発

革新技術：2 重管構造

コンセプト：

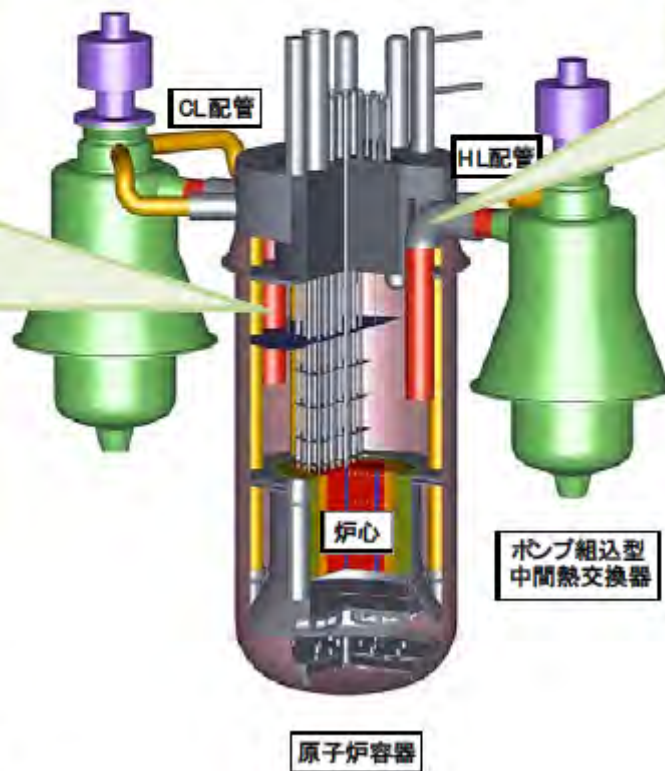
- ・安全性向上
 - ・ナトリウム漏えい対策の強化

新技術：2 重管構造の採用

- 2 重管配管構造の製作・据付性、構造健全性

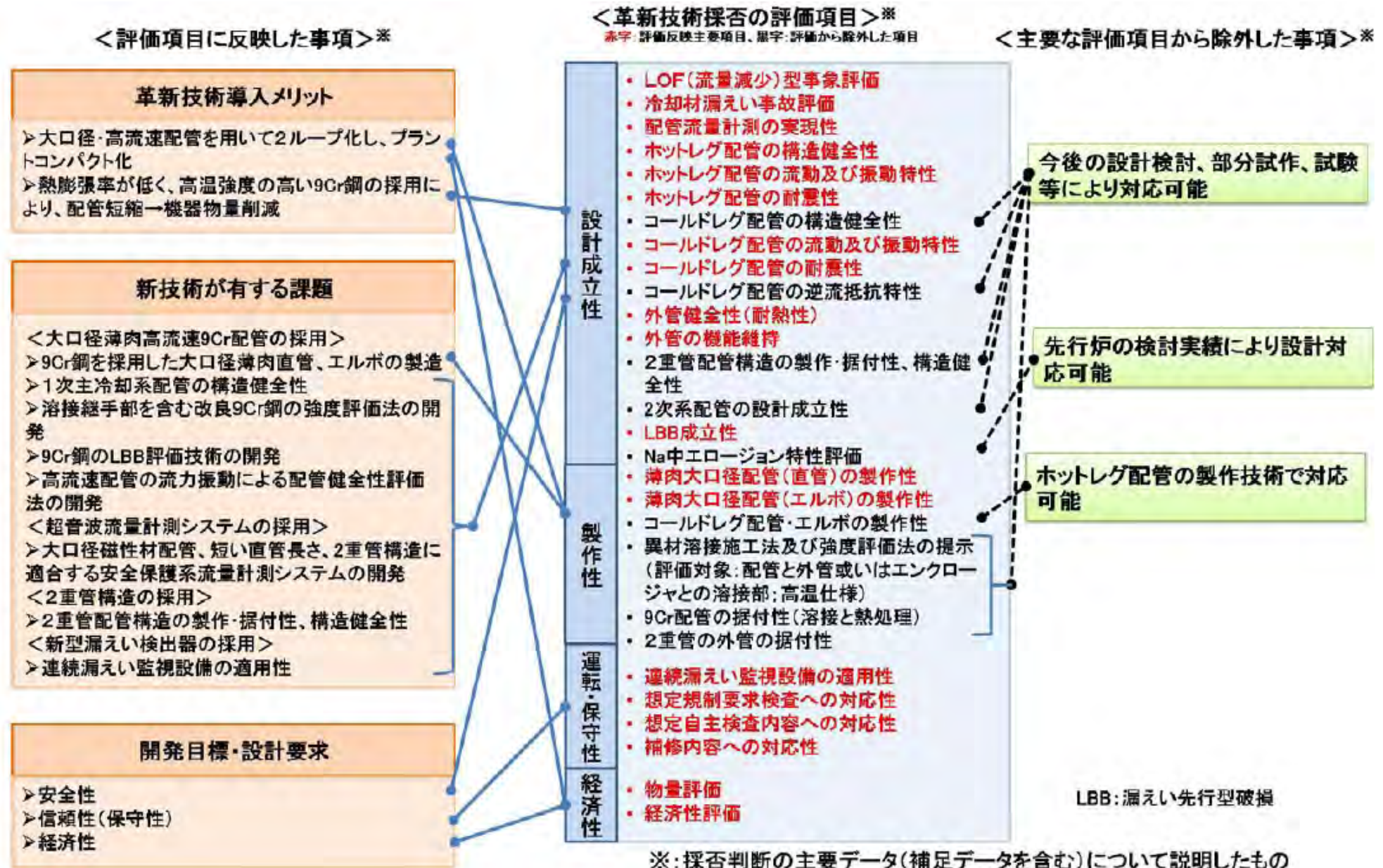
新技術：新型漏えい検出器の採用

- 連続漏えい監視設備の適用性



LBB: Leak Before Break (漏えい先行型破損)

9Cr 鋼製大口徑配管を用いた 2 ループシステム：技術評価項目の抽出



9Cr 鋼大口徑配管を用いた2ループシステム：技術評価結果

設備区分	評価対象技術	採否判断に係る評価事項					
		評価の視点	評価項目			評価結果	
			分類	評価項目		*1結果	採否
冷却系	9Cr 鋼大口徑配管を用いた2ループシステム	設計成立性	安全設計	代表事象の成立性	LOF(流量減少)型事象評価	○	採用
					冷却材漏えい事故評価	○	
				配管流量計測の実現性	○		
			機器・システム設計	ホットレグ配管の成立性	構造健全性	○	
					流動及び振動特性	○	
					耐震性	○	
				コールドレグ配管の成立性	流動及び振動特性	○	
					耐震性	○	
				外管の成立性	外管健全性(耐熱性)	○	
					外管の機能維持	○	
		LBB評価成立性	○				
		製作性	機器の製作性	薄肉大口徑配管(直管)の製作性	○		
				薄肉大口徑配管(エルボ)の製作性	○		
		運転・保守性	運転性	連続漏えい監視設備の適用性	○		
			保守・補修性	想定規制要求検査への対応性	○		
				想定自主検査内容への対応性	○		
				想定補修内容への対応性	○		
				トラブル対応等のためのアクセス性の程度	△		
		経済性	建設コスト	物量	○		
				経済性評価	—		

*1: ○・・・評価結果問題なし、△・・・残された課題あり、×・・・解決困難な問題あり

5. ポンプ組込型中間熱交換器：革新技術の概要

革新技術：主循環ポンプのIHXへの組込

コンセプト：

- ・経済性向上
 - ・2in1構成により物量・建屋削減
- ・保守・補修性向上
 - ・ミドルレグ配管の削除
 - ・IHX伝熱管へのアクセスルート確保

新技術：ポンプ内液位安定化技術

- 静圧軸受からのリークフローを器内処理する流路構成

新技術：高クロム鋼部材の製作技術

- 製作実績を超える高クロム鋼製薄肉伝熱管
- 多重円筒・複雑構造の溶接による組立性（上部プレナム等）

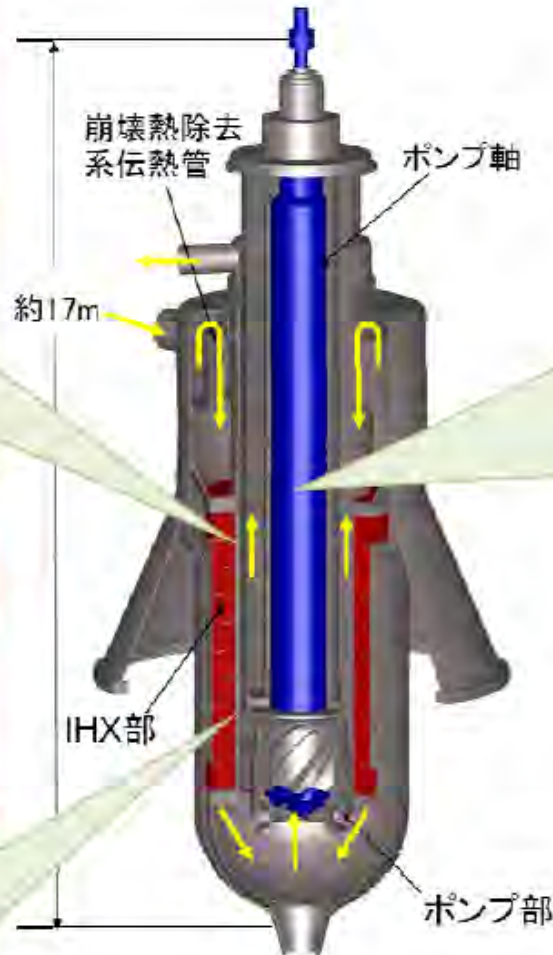
革新技術：伝熱管摩耗防止技術

コンセプト：

- ・ポンプ振動等による伝熱管の過度のフレットイング摩耗を防止
- ・解析により摩耗量を評価し、炉寿命中の伝熱管健全性を確保

新技術：振動伝達・摩耗解析の設計への適用

- ポンプの振動源としての解析モデル化
- 器内振動伝達の解析モデル化
- 伝熱管振動・フレットイング挙動の解析モデル化
- 炉寿命中の摩耗量の評価



革新技術：長軸ポンプの開発

コンセプト：

- ・機器コンパクト化等に対応し、もんじゅの実績を超える細径胴で長軸のポンプを開発
（機器コンパクト化のための細いケーシング径が、1次冷却系の液位変動に対応し長い軸長が要求される。）
- ・伝熱管摩耗を低減できるポンプの開発

新技術：低剛性回転機器の回転安定性確保技術

- 高減衰静圧軸受の開発
- 回転安定性解析評価技術の開発

新技術：太径溶接軸の製作技術

- 主軸の溶接精度、回転バランスの確保

新技術：ポンプ内流動伝熱制御技術

- 自然対流、輻射伝熱、熱伝導の制御によりポンプの熱変形を防止

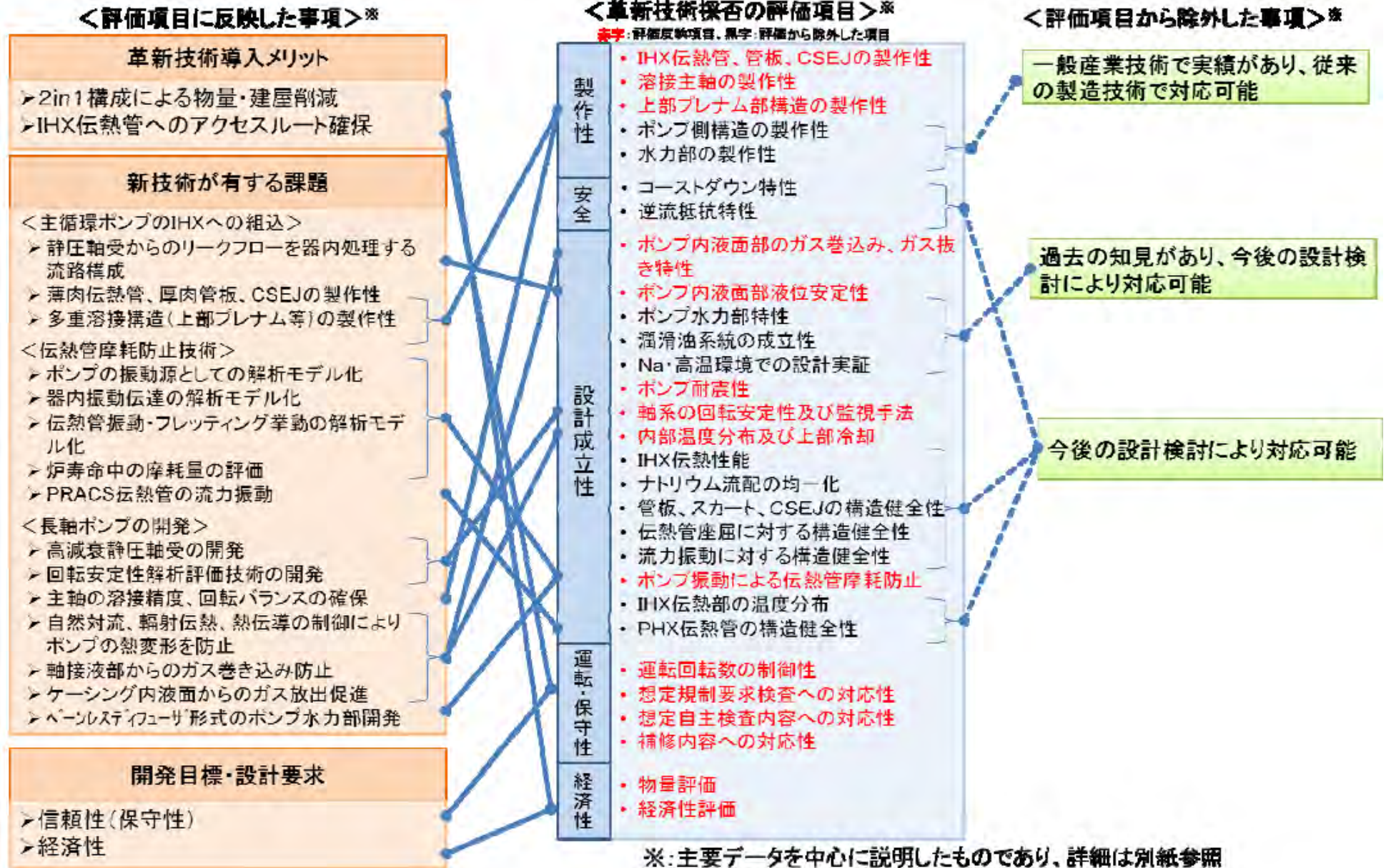
新技術：炉心ポイド反応度印加抑制のための冷却材へのガス混入防止技術

- 軸接液部からのガス巻き込み防止
- ケーシング内液面からのガス放出促進

新技術：ポンプ水力部の低振動源化

- ベーンレスディフューザ形式のポンプ水力部開発

ポンプ組込型中間熱交換器：技術評価項目の抽出



ポンプ組込型中間熱交換器：技術評価結果

設備区分	評価対象技術	採否判断に係る評価事項					
		評価の視点	評価項目			評価データ	
			分類	評価項目		*1結果	採否
1次冷却系	ポンプ組込型中間熱交換器	設計成立性	機器・システム設計	システム全般	ポンプ内液面部のガス巻き込み・ガス抜き特性	○	採用
					ポンプ内液面部液位安定性	○	
					IHX 上部プレナム部の流力振動	○	
			ポンプ(健全性)	ポンプ耐震性	○		
				事故時のバウンダリ健全性	○		
				ポンプ(主軸)	軸系の回転安定性	○	
					回転安定性監視手法	○	
			ポンプ(熱設計)	内部温度分布及び上部冷却特性	○		
		IHX伝熱管健全性	ポンプ振動による伝熱管摩耗防止	○			
		製作性	材料の製作性	改良 9Cr 鋼による各部位 (IHX 伝熱管、管板) 用部材の製作性		○	
				溶接構造となるポンプ主軸の製作性		○	
			機器の製作性	IHX 上部プレナム部構造の製作性		○	
				改良 9Cr 鋼による各部位 (IHX 伝熱管、管板、CSEJ 等) の製作性		○	
		運転・保守性	運転性	運転回転数の制御性		○	
			保守・補修性 (机上検討による (装置開発は 2011 以降))	想定規制要求検査への対応性		○	
				想定自主検査内容への対応性		○	
				想定補修内容への対応性		○	
経済性	建設コスト	物量		△			
				○			

*1: ○・・・評価結果問題なし、△・・・残された課題あり、×・・・解決困難な問題あり

6. 直管2重伝熱管蒸気発生器：革新技術の概要

革新技術：大出力長尺直管SG

コンセプト:

- ・経済性向上
 - ・多伝熱管本数(約8000本)による単基出力拡大
 - ・長尺伝熱管(有効伝熱長29m)による熱効率向上(蒸気・Naの高流速化による熱伝達効率向上)
 - ・直管構造により、ヘリカルコイル型に比して製作コスト低減

新技術：大径・厚肉管板の採用

- 高Cr鋼を採用した製造実績を超える大型管板の製造
- 大型管板の材料特性

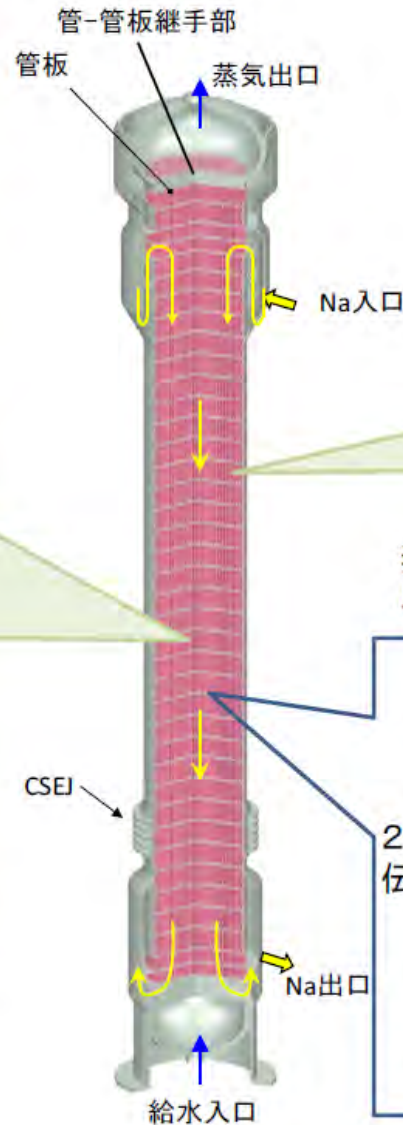
新技術：大径CSEJ*の採用

- 高クロム鋼の伸縮性能・健全性

新技術：長尺直管の伝熱管の採用

- 伝熱流動性能(熱伝達効率・流動安定性)評価
- 直管の座屈に対する健全性
- 大径・厚肉管板の熱過渡に対する健全性

*CSEJ: Convoluted Shell Expansion Joint



革新技術：密着2重伝熱管

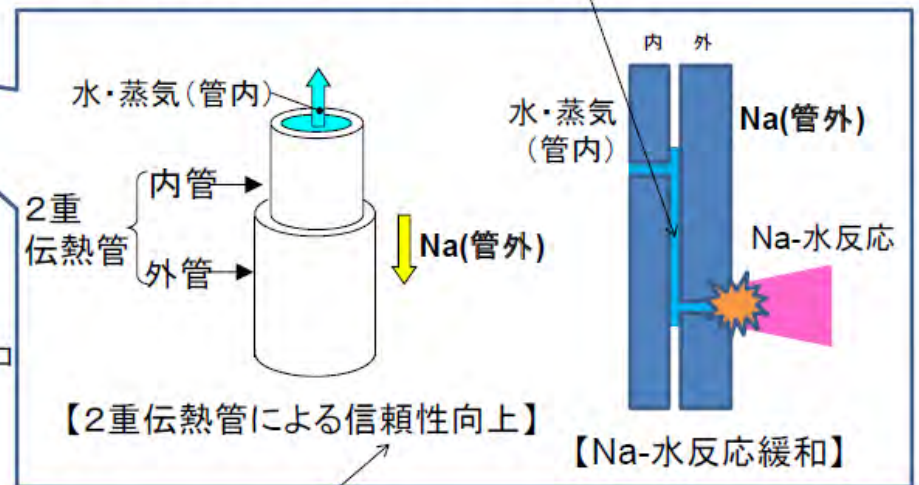
コンセプト:

- ・Na-水バウンダリの信頼性向上
- ・破損伝播防止による資産保護性向上
 - ・伝熱管破損時のリーク流量抑制
 - ・水リーク検出計による早期停止

新技術：高クロム鋼製密着2重構造の伝熱管の採用

- 製造実績を超える高クロム鋼製長尺・薄肉管の製造
- 狭ギャップ密着構造の2重管製造
- 検査性
- Na-水反応緩和効果の評価
- 管-管板継手の製作性

狭い内外管ギャップにより水リーク流量を抑制し、Na-水反応を局限化することにより伝熱管の破損伝播を防止



【2重伝熱管による信頼性向上】

【Na-水反応緩和】

- ・2重管+内外管ISIIによるNa-水反応発生確率低減
- ・内外管は冶金的に分離しており、亀裂進展はギャップで止まる

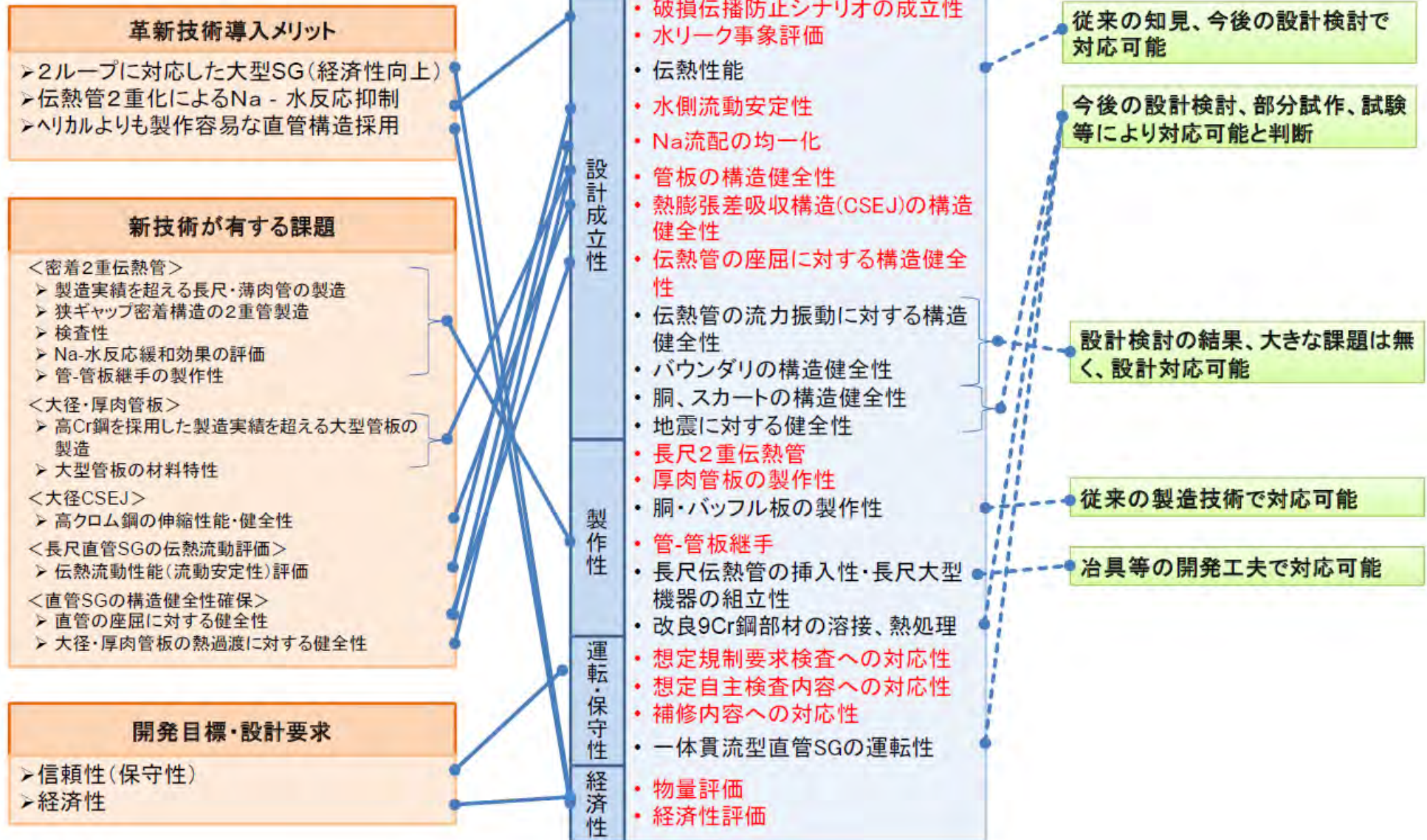
直管 2 重伝熱管蒸気発生器：技術評価項目の抽出

<評価項目に反映した事項>※

<革新技術採否の評価項目>※

赤字：評価反映項目、黒字：評価から除外した項目

<評価項目から除外した事項>※



直管 2 重伝熱管蒸気発生器：技術評価結果

設備区分	評価対象技術	採否判断に係る評価事項					
		評価の視点	分類	評価項目		評価結果	
				評価項目		*1 結果	採否
2 次冷却系	直管 2 重伝熱管蒸気発生器	設計成立性	安全設計	水リーク時安全性(及び資産保護性)	2 重管の破損伝播防止シナリオの成立性	○	採用
					水リークに伴う破損伝播特性及び影響評価	○	
			機器・システム設計	伝熱流動性能		○	
				管板	構造健全性	○	
		高 Cr 鋼製熱膨張差吸収機構 (CSEJ)		構造健全性	○		
		伝熱管		伝熱管座屈に対する構造健全性	○		
		製作性	材料の製作性	長尺 2 重伝熱管の製作性		△	
			機器の製作性	厚肉管板の製作性		○	
		運転・保守性	保守・補修性 (机上検討による(装置開発は 2011 以降))	想定規制要求検査への対応性		○	
				想定自主検査内容への対応性		○	
				想定補修内容への対応性		○	
				トラブル対応等のためのアクセス性の程度		△	
		経済性	建設コスト	物量		—	

*1: ○・・・評価結果問題なし、△・・・残された課題あり、×・・・解決困難な問題あり

7. 自然循環除熱式崩壊熱除去システム：革新技術の概要

革新技術：完全自然循環方式の崩壊熱除去系

コンセプト

- 従来の強制循環方式(もんじゅは2次系分岐型IRACS)に代えて、安全系としての強制循環設備(ポンプモータ、電磁ポンプ、冷却ブロワ等)を必要としない完全自然循環方式の崩壊熱除去系とすることで、安全性・信頼性を確保し、非常用電源の大幅削減による合理的なプラント概念を実現する。

新技術：自然循環除熱による安全性・信頼性の確保

- 事故時や崩壊熱除去系の故障を含めた種々の運転状態における除熱性確保
- 多様性・多重性の確保による除熱機能喪失確率の低減

新技術：自然循環除熱に適した系統構成 (DRACS×1系統+PRACS×2系統)

- DRACS冷却による1次系内熱流動現象の適正化
- PRACS冷却によるIHX上部プレナム内の熱流動現象の適正化
- DHX・PHXの熱交換性能

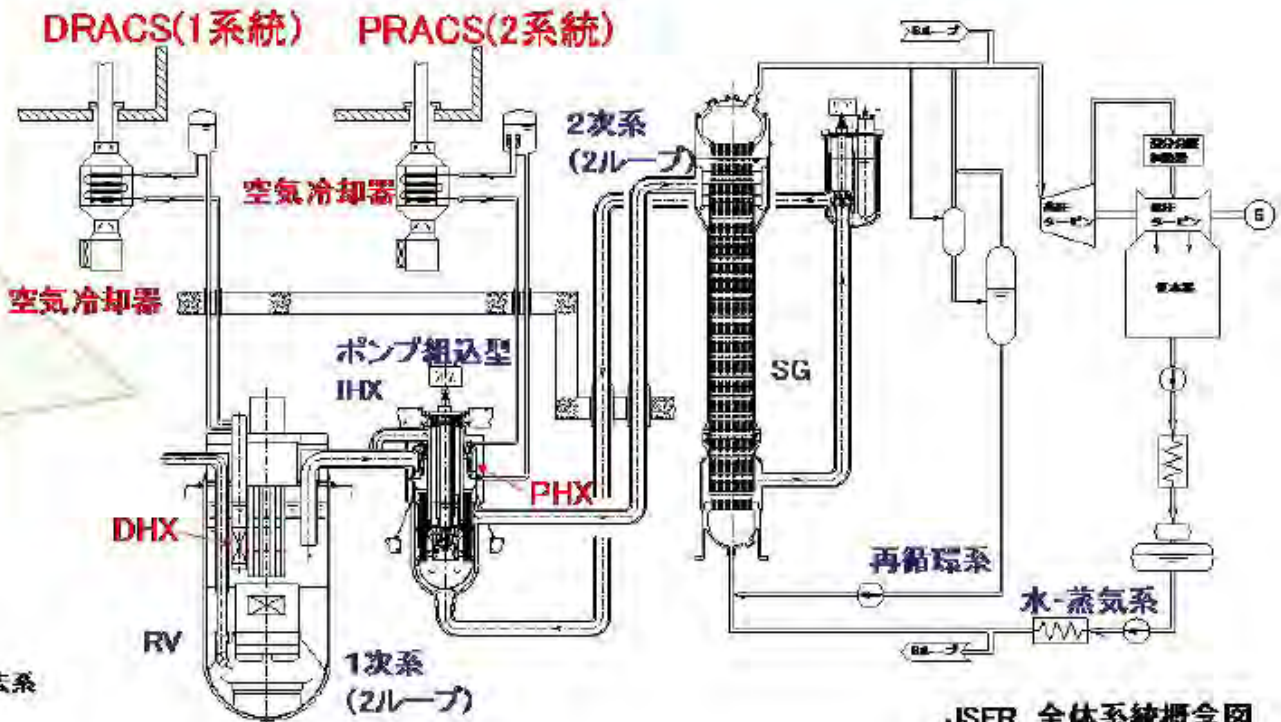
従来炉との比較(自然循環除熱の適用範囲)

▶常陽・もんじゅ

外部電源喪失に非常用電源確保失敗を重ね合せた事象に対しては、自然循環除熱を活用。(発生頻度が極めて低い事象のみ活用)

▶JSFR

手動トリップや外部電源喪失(運転状態Ⅱ)等の多くの事象に自然循環除熱を適用。



JSFR 全体系統概念図

DRACS: Direct Reactor Auxiliary Cooling System

原子炉容器内に直接熱交換器を浸漬する方式の崩壊熱除去系

PRACS: Primary Reactor Auxiliary Cooling System

中間熱交換器に熱交換器を組み込む方式の崩壊熱除去系

IRACS: Intermediate Reactor Auxiliary Cooling System

2次主冷却系から分岐して設置した冷却器を用いる方式の崩壊熱除去系

自然循環除熱式崩壊熱除去システム：技術評価項目の抽出

<評価項目に反映した事項>※

革新技术導入メリット

- 安全性・信頼性の向上
- 非常用電源の大幅削減による経済性の向上

新技术が有する課題

<安全設計の成立性>

- 事故時や崩壊熱除去系の故障時を含めた種々の運転状態における除熱性確保
- 多様性・多重性の確保による除熱機能喪失確率の低減

<機器・システム設計の成立性>

- DRACS冷却による1次系内熱流動現象の適正化
- PRACS冷却によるIHX上部プレナム内の熱流動現象の適正化
- DHX・PHXの熱交換性能

開発目標・設計要求

- 信頼性(保守性)
- 経済性

<革新技术採否の評価項目>※

赤字: 主要評価項目、黒字: 評価から除外した項目

設計成立性	<ul style="list-style-type: none"> ・崩壊熱除去特性評価の成立性 ・崩壊熱除去系の信頼性 ・DRACS用熱交換器(DHX)の除熱性能の成立性 ・PRACS用熱交換器(PHX)の除熱性能の成立性 ・漏えい対策と整合の取れた空気冷却器除熱特性の成立性 ・配管引廻し(圧損制限)の成立性 ・耐震性 ・自然循環除熱による熱過渡に対する成立性 ・格納容器貫通部の構造成立性 ・PHXの流力振動に対する構造健全性 ・PHXヘッダ部の構造健全性
製作性	<ul style="list-style-type: none"> ・改良9Cr鋼薄肉管(DHX、PHX)の製作性 ・2次系2重配管の製作性 ・空気冷却器伝熱管の製作性
運転保守性	<ul style="list-style-type: none"> ・1ループメンテナンス時の崩壊熱除去の成立性 ・全ループサイフォンブレイク時の崩壊熱除去の成立性 ・低温時の崩壊熱除去方法 ・2次系放射化対応の妥当性 ・想定規制要求検査、想定自主検査内容、補修内容への対応性
経済性	<ul style="list-style-type: none"> ・物量評価 ・経済性評価

<主要評価項目から除外した事項>※

- 今後の設計検討等に対応可能であるので除外
- 従来技術及び今後の設計検討等に対応可能であるので除外
- ポンプ組込みIHXにて検討するため除外
- 配管口径が16Bと小さいため、従来の製造技術で対応可能のため除外
- 空気冷却器設計成立性に含めて検討するため除外
- 今後の運用検討にて対応可能であるので除外
- 遮へい設計検討にて対応可能であるので除外

自然循環除熱式崩壊熱除去システム：技術評価結果

設備区分	評価対象技術	採否判断に係る評価事項				
		評価の視点	評価項目		評価結果	
			分類	評価項目	*1 結果	採否
崩壊熱除去系	完全自然循環式崩壊熱除去システム	設計成立性	安全設計	崩壊熱除去特性評価の成立性 (完全自然循環方式による炉心冷却の考え方)	○	採用
				崩壊熱除去系の信頼性	○	
		機器・システム設計		DRACS 用熱交換器(DHX)の除熱性能の成立性	○	
				PRACS 用熱交換器(PHX)の除熱性能の成立性	○	
				漏えい対策と整合の取れた AC 除熱特性の成立性	○	
				自然循環除熱による熱過渡に対する構造健全性	○	
		製作性	機器の製作性	改良 9Cr 鋼薄肉管 (DHX、PHX 伝熱管)の製作性	○	
		運転・保守性	運転性	1 ループメンテナンス時の崩壊熱除去の成立性	○	
				全ループサイフォンブレイク時の崩壊熱除去の成立性	○	
			保守・補修性	想定規制要求検査への対応性	○	
				想定自主検査内容への対応性	○	
				想定補修内容への対応性	○	
		経済性		物量	○	
				経済性評価	—	

*1: ○・・・評価結果問題なし、△・・・残された課題あり、×・・・解決困難な問題あり