

# 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

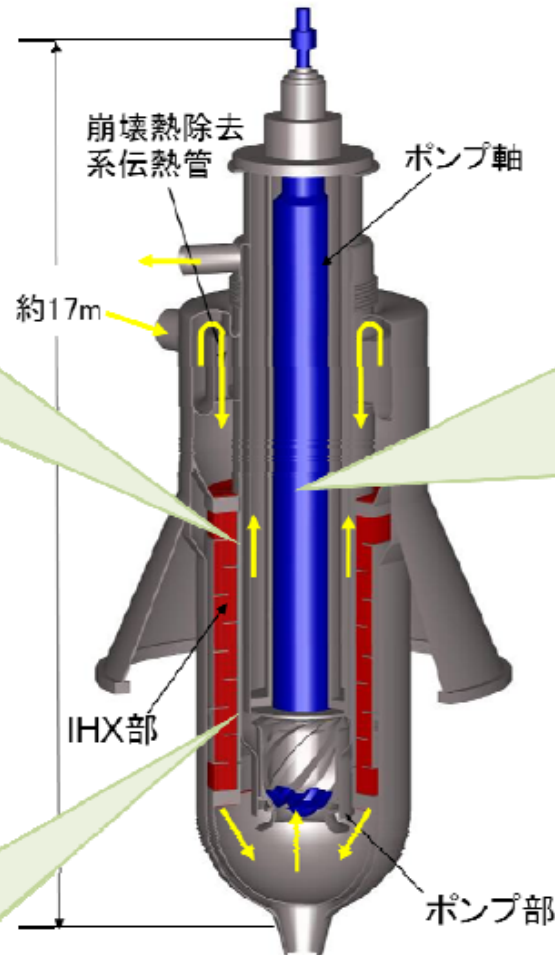
- 自然対流、輻射伝熱、熱伝導の制御によりポンプの熱変形を防止

### 新技術：炉心ボ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

## <評価項目に反映した事項>※

<b>革新技術導入メリット</b> ➢ 2in1 構成による物量・建屋削減 ➢ IHX伝熱管へのアクセスルート確保
<b>新技術が有する課題</b> <主循環ポンプのIHXへの組込> ➢ 静圧軸受からのリークフローを器内処理する流路構成 ➢ 薄肉伝熱管、厚肉管板、CSEJの製作性 ➢ 多重溶接構造(上部プレナム等)の製作性 <伝熱管摩耗防止技術> ➢ 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・フレットング挙動の解析モデル化 ➢ 炉寿命中の摩耗量の評価 ➢ PRACS伝熱管の流力振動 <長軸ポンプの開発> ➢ 高減衰静圧軸受の開発 ➢ 回転安定性解析評価技術の開発 ➢ 主軸の溶接精度、回転バランスの確保 ➢ 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 ➢ 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 ➢ ベーンレスティューザ形式のポンプ水力部開発
<b>開発目標・設計要求</b> ➢ 信頼性(保守性) ➢ 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

<b>製作性</b> ・ IHX伝熱管、管板、CSEJの製作性 ・ 溶接主軸の製作性 ・ 上部プレナム部構造の製作性 ・ ポンプ側構造の製作性 ・ 水力部の製作性
<b>安全</b> ・ コーストダウン特性 ・ 逆流抵抗特性
<b>設計成立性</b> ・ <b>ポンプ内液面部のガス巻き込み、ガス抜き特性</b> ・ <b>ポンプ内液面部液位安定性</b> ・ ポンプ水力部特性 ・ 潤滑油系統の成立性 ・ Na・高温環境での設計実証 ・ <b>ポンプ耐震性</b> ・ <b>軸系の回転安定性及び監視手法</b> ・ <b>内部温度分布及び上部冷却</b> ・ IHX伝熱性能 ・ ナトリウム流配の均一化 ・ 管板、スカート、CSEJの構造健全性 ・ 伝熱管座屈に対する構造健全性 ・ 流力振動に対する構造健全性 ・ <b>ポンプ振動による伝熱管摩耗防止</b> ・ IHX伝熱部の温度分布 ・ PHX伝熱管の構造健全性
<b>運転・保守性</b> ・ <b>運転回転数の制御性</b> ・ <b>想定規制要求検査への対応性</b> ・ <b>想定自主検査内容への対応性</b> ・ <b>補修内容への対応性</b>
<b>経済性</b> ・ 物量評価 ・ 経済性評価

## <評価項目から除外した事項>※

一般産業技術で実績があり、従来の製造技術で対応可能

過去の知見があり、今後の設計検討により対応可能

今後の設計検討により対応可能

※：主要データを中心に説明したものであり、詳細は別紙参照

# 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	トラブル対応等のためのアクセス性の程度			△			
		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

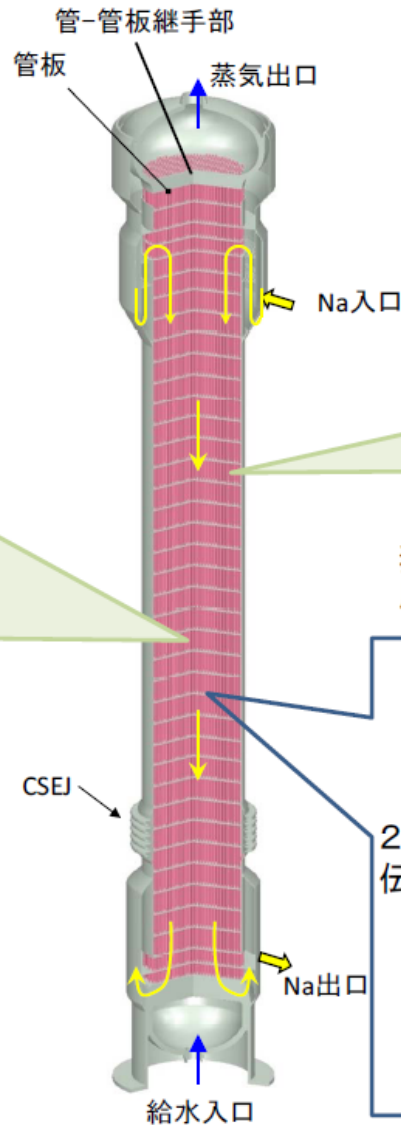
### 新技術：大径CSEJ\*の採用

- 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

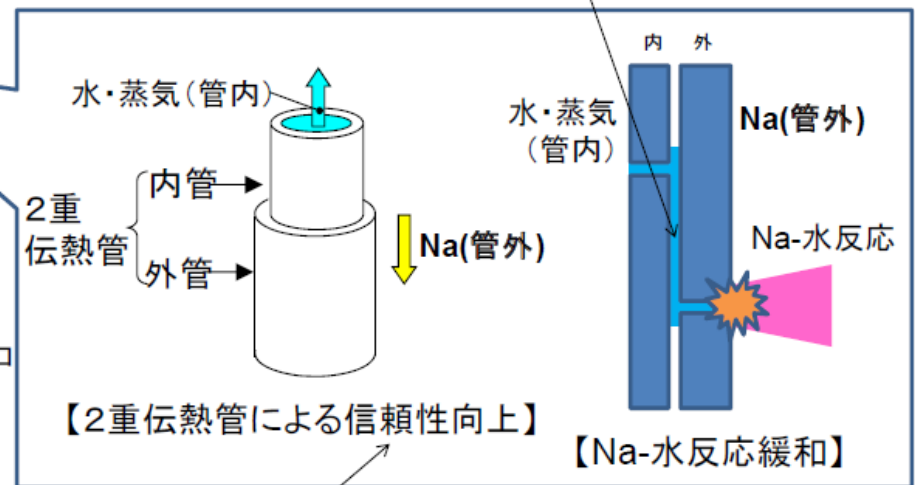
### コンセプト:

- ・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



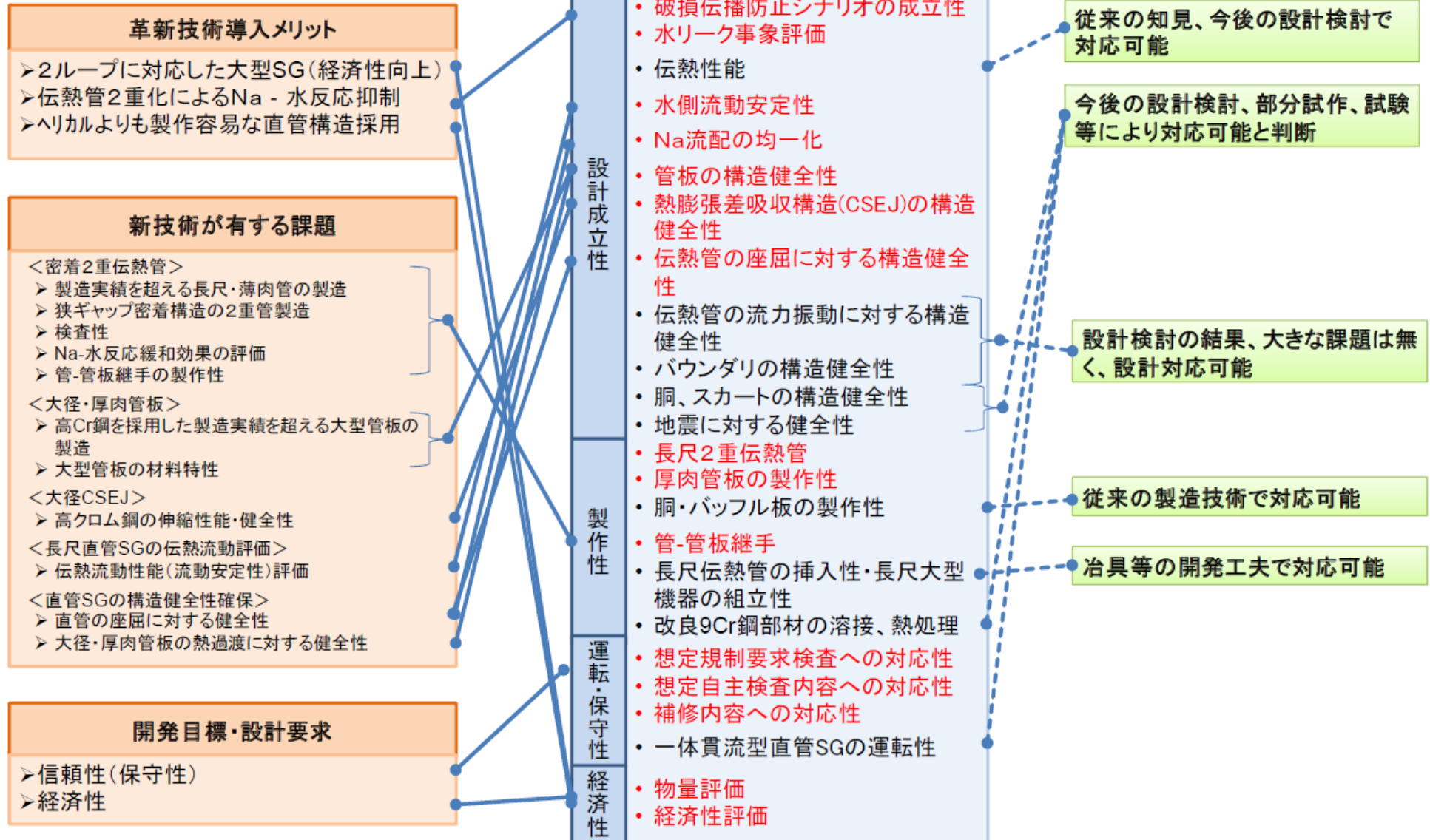
# 直管 2 重伝熱管蒸気発生器：技術評価項目の抽出

<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