

東海第二発電所

設計及び工事計画変更認可申請書

補足説明資料

(改3)

令和5年5月

日本原子力発電株式会社

補足説明資料名称

工認添付書類	補足説明資料
—	補足-1 設計及び工事計画変更認可申請における適用条文等の整理について
—	補足-2 設計及び工事計画変更認可申請書に添付する書類の整理について
—	補足-3 工事の方法に関する補足説明資料
—	補足-4 火災防護設備用ハロンボンベ及び二酸化炭素ボンベの設置場所、個数、名称等の変更（改2）
—	補足-5 原子炉補機冷却系熱交換器及び原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器の要目表における伝熱面積の変更（改3）

初版：2023年 4月 7日

改1：2023年 4月17日

補足-4：前回ヒアリング（4月 7日）コメント反映【p360～380】

補足-5：前回ヒアリング（4月 7日）コメント反映【p383～391】

改2：2023年 4月24日

補足-4：前回ヒアリング（4月17日）コメント反映【p360～381】

補足-5：前回ヒアリング（4月17日）コメント反映【p384～392】

改3：2023年 5月29日

補足-5：審査会合（5月11日）コメント反映【p391～393】

本資料のうち、 は商業秘密又は核物質防護上の観点から公開できません。

補足－5【原子炉補機冷却系熱交換器及び原子炉冷却材浄化系  
非再生熱交換器の要目表における伝熱面積の変更】

(改3)

# 原子炉補機冷却系熱交換器及び原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器 の要目表における伝熱面積の変更

# 原子炉補機冷却系熱交換器及び原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器の要目表における伝熱面積の変更

- 2018年SA本体工認において，原子炉補機冷却系（以下「RCW」という。）熱交換器及び原子炉冷却材浄化系（以下「CUW」という。）非再生熱交換器の伝熱面積の [ ] として以下のように変更する。
- 保守的に算出していた公称値の伝熱面積について，他プラント及び2018年SA本体工認時の残留熱除去系熱交換器の算出方法に合わせて，伝熱管接液部の全表面積に変更する。（図1，図2）
- 設計確認値の伝熱面積について，公称値の伝熱面積に対し許容施栓率を考慮した値に変更する。（表2）
- 表1にRCW熱交換器及びCUW非再生熱交換器の要目表における伝熱面積の変更前後を示す。

表1 RCW熱交換器及びCUW非再生熱交換器の要目表における伝熱面積の変更前後

RCW熱交換器		CUW非再生熱交換器	
◆伝熱面積 [ ] (1580) 」を「 [ ] 以上 (1722) 」に変更する。		◆伝熱面積 [ ] (139/1胴×2胴) 」を「 [ ] (144/1胴×2胴) 」に変更する。	
◆伝熱面積の記載は，「設計確認値（公称値）」としている。		◆伝熱面積の記載は，「設計確認値（公称値）」としている。	
RCW熱交換器 要目表			
名	称	変更前*4	変更後
種 容量（設計熱交換量） 管 最高使用圧力 最高使用温度 最高使用圧力 最高使用温度 伝熱面積	原子炉補機冷却系熱交換器	[ ] (1580*1)	[ ] 以上*2 (1722*1,*3)
	横置直管式	[ ] (14.9*1)	
	管側	0.86	変更なし
	胴側	66	
		0.86	
		66	
CUW非再生熱交換器 要目表			
名	称	変更前*4	変更後
種 容量（設計熱交換量） 管 最高使用圧力 最高使用温度 最高使用圧力 最高使用温度 伝熱面積	非再生熱交換器	[ ] (139*1/1胴×2胴)	[ ] (144*1,*3/1胴×2胴)
	横置二胴U字管式	[ ] (8.84*1)	
	管側	9.79	変更なし
	胴側	302	
		0.86	
		188	

注記 \*1：公称値を示す。  
 \*2：記載の適正化を行う。既工事計画書には「 [ ] 」と記載。記載内容は，設計図書による。  
 \*3：記載の適正化を行う。既工事計画書には「139」と記載。記載内容は，設計図書による。  
 \*4：記載の適正化を行う。平成30年10月18日付け原規規発第1810181号にて認可された既工事計画書の変更前の記載。

# 原子炉補機冷却系熱交換器及び原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器の要目表における伝熱面積の変更

表 2 に伝熱面積の公称値と設計確認値の関係について、図 1 及び図 2 に 2018 年 SA 本体工認及び今回工認における公称値の設定方法を示す。

$$\boxed{\text{伝熱面積 (公称値)}} > \boxed{\text{伝熱面積 (設計確認値)}} \geq \boxed{\text{必要最小伝熱面積}}$$

表 2 伝熱面積の公称値と設計確認値の関係

RCW 熱交換器	伝熱面積 (公称値)	伝熱面積 (設計確認値)	必要最小伝熱面積 (参考値)
2018 年 SA 本体工認	1580m <sup>2</sup> /個 * 1 保守的な伝熱管長さより算出	<input type="text"/> m <sup>2</sup> /個 * 1 * 2 として設定	1272m <sup>2</sup> /個 設計熱交換量 14.9MW/個より算出
今回工認	1722m <sup>2</sup> /個 * 1 伝熱管外径、総本数、長さより算出	<input type="text"/> m <sup>2</sup> /個 * 1 伝熱面積 (公称値) から、伝熱管総本数の <input type="text"/> * 3 を差引いて算出	1272m <sup>2</sup> /個 設計熱交換量 14.9MW/個より算出

CW 非再生熱交換器	伝熱面積 (公称値)	伝熱面積 (設計確認値)	必要最小伝熱面積 (参考値)
2018 年 SA 本体工認	139m <sup>2</sup> /1 胴 x 2 胴 * 1 保守的な伝熱管長さより算出	<input type="text"/> * 1 * 2 として設定	99m <sup>2</sup> /1 胴 x 2 胴 設計熱交換量 8.84MW/個より算出
今回工認	144m <sup>2</sup> /1 胴 x 2 胴 * 1 伝熱管外径、総本数、長さより算出	<input type="text"/> * 1 伝熱面積 (公称値) から、伝熱管総本数の <input type="text"/> * 4 を差引いて算出	99m <sup>2</sup> /1 胴 x 2 胴 設計熱交換量 8.84MW/個より算出

- \* 1 : 要目表記載値
- \* 2 : 建設時工認では記載がなかったため、2018 年 SA 本体工認時には  として設定
- \* 3 : 許容施栓率 (メーカー推奨値) であり、他プラントの値を参考に設定
- \* 4 : 許容施栓率 (メーカー推奨値) であり、RCW 熱交換器に合わせた値

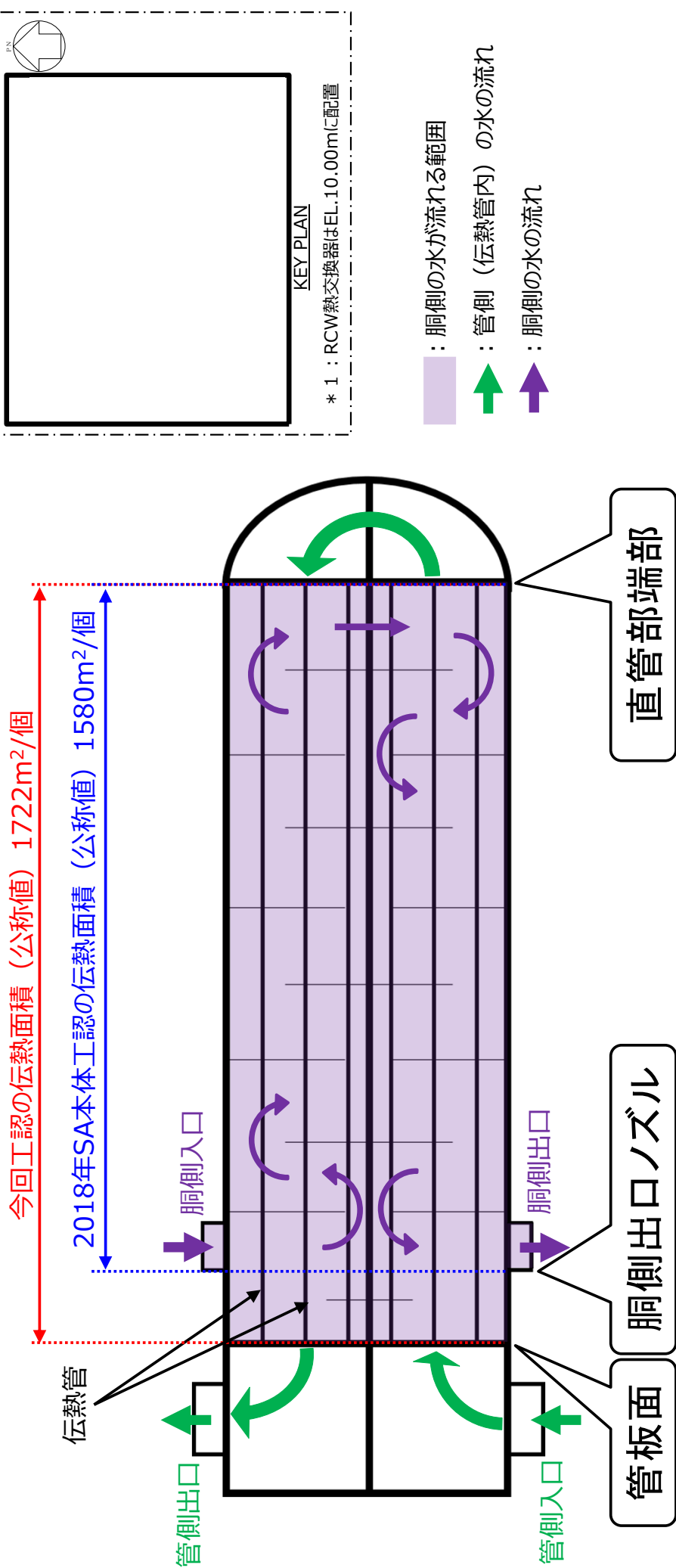


図1 RCW熱交換器の伝熱面積 (公称値) の設定方法

- ◆ 2018年SA本体工認では、建設時工認を踏襲して、保守的に胴側出口ノズルの位置から直管部端部までの伝熱面積を伝熱面積 (公称値) としていた。
- ◆ 今回工認では、他プラント及び2018年SA本体工認時の残留熱除去系熱交換器の伝熱面積 (公称値) の算出方法に合わせて、伝熱管接液部の全表面積を伝熱面積 (公称値) とする。熱交換器の胴側管板面と出口ノズル間においても流れが生じており伝熱性能は同等であることから、伝熱面積として期待できる。

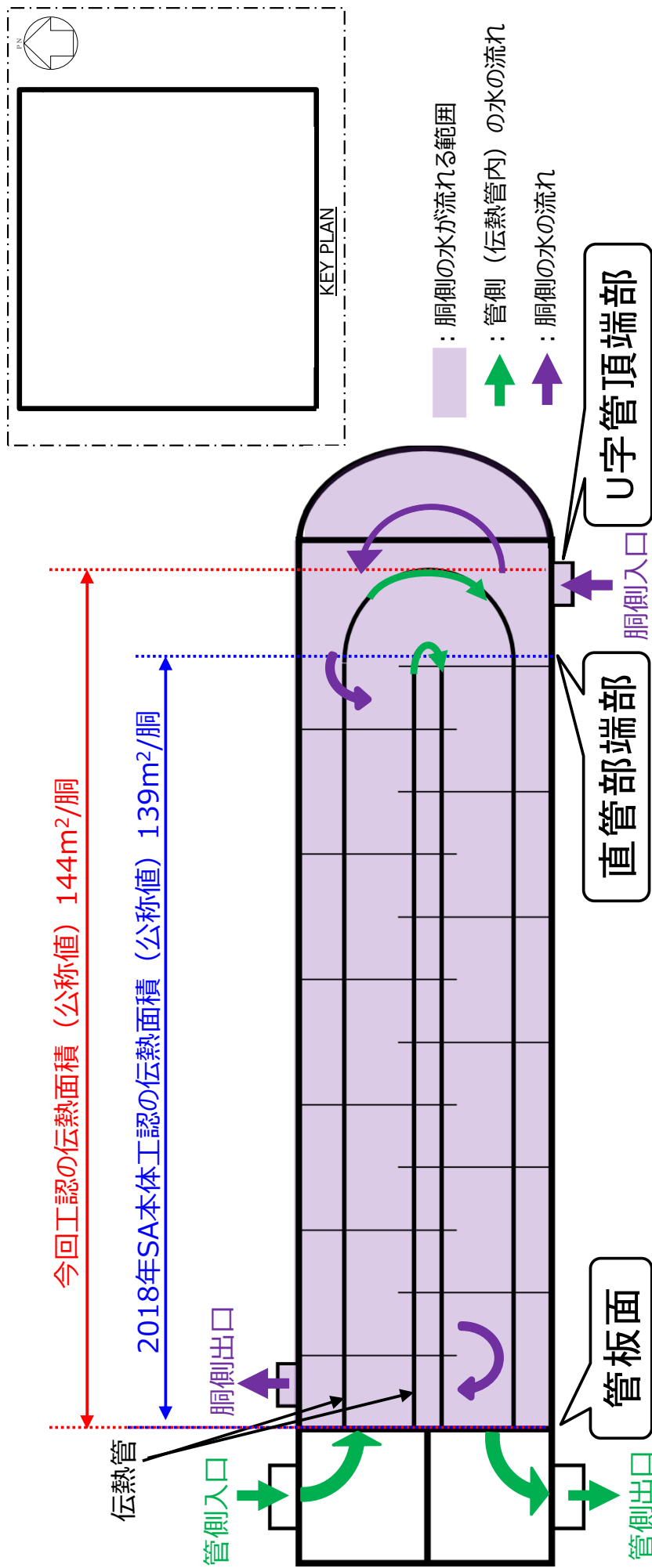


図2 CUW非再生熱交換器の伝熱面積 (公称値) の設定方法

- ◆ 2018年SA本社工認では、建設時工認を踏襲して、保守的に**管板面の位置から直管部端部 (U字管除く。)**までの**伝熱管表面積**を伝熱面積 (公称値) としていた。
- ◆ 今回工認では、他プラント及び2018年SA本社工認時の残留熱除去系熱交換器の伝熱面積 (公称値) の算出方法に合わせて、**伝熱管接液部の全表面積**を伝熱面積 (公称値) とする。U字管部においても流れが生じており直管部とU字管部の伝熱性能は同等であることから、伝熱面積として期待できる。



➤ 表 2 に記載のRCW熱交換器 1 個当たりの伝熱面積（公称値）は，下式より算出した。

$$\begin{aligned} \text{伝熱面積（公称値）} \quad A_1 &= \pi \times d_0 \times N \times L \\ &= \pi \times \boxed{\phantom{000}} \times \boxed{\phantom{000}} \times \boxed{\phantom{000}} = 1722m^2/\text{個} \end{aligned}$$

（引用文献：「伝熱工学資料 改訂第4版」（1986年 日本機械学会））

➤ 表 2 に記載のCUW非再生熱交換器 1 胴当たりの伝熱面積（公称値）は，下式より算出した。

$$\begin{aligned} \text{伝熱面積（公称値）} \quad A_1 &= \pi \times d_0 \times (N \times L + L_U) \\ &= \pi \times \boxed{\phantom{000}} \times \boxed{\phantom{000}} \times \boxed{\phantom{000}} + \boxed{\phantom{000}} = 144m^2/\text{胴} \end{aligned}$$

（引用文献：「伝熱工学資料 改訂第4版」（1986年 日本機械学会））

- $d_0$  :伝熱管外径 (m)
- $N$  :伝熱管総本数 (本)
- $L$  :伝熱管直管部長さ (m)
- $L_U$  :伝熱管U字部長さの総合計 (m)

表 2 に記載のRCW熱交換器の伝熱面積（設計確認値）は、伝熱管外径のマイナス公差を考慮した伝熱面積から、伝熱管総本数  $N$  の本数について、伝熱管外径のプラス公差を考慮した伝熱面積を引いて算出した。（伝熱面積（設計確認値）は保守的に設定するため、メーカー製作時の公差を考慮し算出した。）

$$\begin{aligned} \text{伝熱管外径のマイナス公差を考慮した伝熱面積 } A &= \pi \times (d_0 - \Delta d_2) \times (N \times L) \\ &= \pi \times (\text{ } - \text{ }) \times (\text{ } \times \text{ }) = \text{ } m^2 \\ \text{伝熱面積（設計確認値） } A' &= A - \pi \times (d_0 + \Delta d_1) \times (N \times L) \\ &= \text{ } - \pi \times (\text{ } + \text{ }) \times (\text{ } \times \text{ }) = \text{ } m^2 / \text{個} \end{aligned}$$

（引用文献：「伝熱工学資料 改訂第4版」（1986年 日本機械学会））

表 2 に記載のCUW非再生熱交換器の伝熱面積（設計確認値）は、伝熱管外径のマイナス公差を考慮した伝熱面積から、伝熱管総本数  $N$  の本数について、伝熱管外径のプラス公差を考慮した伝熱面積を引いて算出した。（伝熱面積（設計確認値）は保守的に設定するため、メーカー製作時の公差を考慮し算出した。）

$$\begin{aligned} \text{伝熱管外径のマイナス公差を考慮した伝熱面積 } A &= \pi \times (d_0 - \Delta d_2) \times (N \times L + L_U) \\ &= \pi \times (\text{ } - \text{ }) \times (\text{ } \times \text{ } + \text{ }) = \text{ } m^2 \\ \text{伝熱面積（設計確認値） } A' &= A - \pi \times (d_0 + \Delta d_1) \times (N \times L_{MAX}) \\ &= \text{ } - \pi \times (\text{ } + \text{ }) \times (\text{ } \times \text{ }) = \text{ } m^2 / \text{胴} \end{aligned}$$

（引用文献：「伝熱工学資料 改訂第4版」（1986年 日本機械学会））

- $d_0$  : 伝熱管外径 (m)       $L$  : 伝熱管直管部長さ (m)
- $\Delta d_1$  : 伝熱管外径プラス公差 (m)       $L_U$  : 伝熱管U字部長さの総合計 (m)
- $\Delta d_2$  : 伝熱管外径マイナス公差 (m)       $N$  : 伝熱管総本数 (本)
- $L_{MAX}$  : 伝熱管最大長さ (m)       $N$  : 伝熱管総本数の  $N$  に相当する本数 (本)

- 表 2 に記載のRCW熱交換器の必要最小伝熱面積は，設計熱交換量，伝熱管熱通過率及び高温側と低温側の温度差平均値である対数平均温度差を用いて下式より算出した。

$$\begin{aligned} \text{必要最小伝熱面積} &= \frac{Q}{K_o \times \Delta T} \\ &= \frac{14.9 \times 10^6}{\square \times \square} = 1272m^2 / \text{個} \end{aligned}$$

(引用文献：「伝熱工学資料 改訂第4版」 (1986年 日本機械学会) )

- 表 2 に記載のCUW非再生熱交換器の必要最小伝熱面積は，設計熱交換量，伝熱管熱通過率及び高温側と低温側の温度差平均値である対数平均温度差を用いて下式より算出した。

$$\begin{aligned} \text{必要最小伝熱面積} &= \frac{Q}{K_o \times \Delta T} / 2 \\ &= \frac{8.84 \times 10^6}{\square \times \square} / 2 = 99m^2 / \text{胴} \end{aligned}$$

(引用文献：「伝熱工学資料 改訂第4版」 (1986年 日本機械学会) )

$Q$  : 設計熱交換量 (W)  
 $K_o$  : 伝熱管熱通過率 (W/(m<sup>2</sup>・K))  
 $\Delta T$  : 対数平均温度差 (K)

# 別紙 1 : RCW熱交換器及びCUW非再生熱交換器伝熱管の施栓状況 ( 1 / 2 )

➤ RCW熱交換器及びCUW非再生熱交換器伝熱管の施栓状況を別紙表 1 に示す。

別紙表 1 RCW熱交換器及びCUW非再生熱交換器伝熱管の施栓状況

対象熱交換器	伝熱管本数* 1	必要伝熱管本数* 2	施栓可能本数	施栓本数
RCW熱交換器	A号機	□本	□本	26本
	B号機			13本
	C号機			24本* 3
CUW非再生熱交換器	□本	□本	□本	4本

\* 1 : 表 2 に記載の今回工認時の伝熱面積 (公称値) に対応する本数

\* 2 : 表 2 に記載の今回工認時の伝熱面積 (設計確認値) に対応する本数

\* 3 : 2018年SA本体工認認可後である2021年度に 1 本施栓を実施

➤ 2018年SA本体工認認可前の手続きについて以下に示す。

◆「電気事業法施行規則」の届出手続きの範囲は、別表第2下欄にて定められていた。

2 修理であって、次に掲げるもの

(2) 熱交換器 (蒸気発生器及び非常用のものに限る。) ... (中略) ... の性能又は強度に影響を及ぼすもの

◆RCW熱交換器及びCUW非再生熱交換器は“非常用のもの”に該当しないため、施栓により工事計画記載値が変更になる場合でも、工事計画に係る手続きは不要であった。

➤ 2018年SA本体工認認可後の手続きについて以下に示す。

◆「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」の届出手続きの範囲は、別表第1下欄にて定められている。

2 沸騰水型発電用原子炉施設に係るものの修理 (蒸気タービンに係るものの修理を除く。) であって、次に掲げるもの  
 (2) (中略) 原子炉補機冷却設備 (非常用のものに限る。) 又は原子炉冷却材浄化設備に係るものの性能又は強度に影響を及ぼすもの

◆RCW熱交換器は 2021年度に伝熱管 1 本に対して施栓を行っているが、“非常用のもの”に該当しないため、施栓により工事計画記載値が変更になる場合でも、工事計画に係る手続きは不要であった。

# 別紙 1 : RCW熱交換器及びCUW非再生熱交換器伝熱管の施栓状況 ( 2 / 2 )

## ➤ 今回申請の経緯を以下に示す。

### ◆ 2018年SA本体工認時の伝熱面積について

- ・ 新規規制基準対応である「発電用原子炉施設の工事計画に係る手続きガイド」において、伝熱面積の記載は設計確認値と公称値を併記することとなった。
- ・ SA設備ではないRCW熱交換器及びCUW非再生熱交換器については、新規規制基準の認可対象設備でなかったものの、前述のガイドに従った記載に変更する必要があったことから、「工事計画に係る補足説明資料 補足-1 (工事計画認可申請書における本文及び添付書類の作成要領について)」にて記載している作成要領に基づき、とした。

### ◆ 今回申請の伝熱面積について

- ・ RCW熱交換器及びCUW非再生熱交換器の伝熱面積の公称値は保守的に算出したものであるもの、要目表において状況になる。このため、今後予定している定期事業者検査を考慮すると、要目表の記載の変更 (適正化) が必要と判断した。
- ・ 要目表の変更 (適正化) に当たっては、新たに公称値及び設計確認値を設定する必要があるため、他プラント及び2018年SA本体工認時の残留熱除去系熱交換器の実績並びに許容施栓率に係るメーカー推奨値等を勘案し設定した。

- ・ なお、2018年SA本体工認に記載しているその他の熱交換器については、施栓の実績はなく、今後の施栓計画がないことから (減肉傾向発見時に伝熱管取替) 、今回工認同様の要目表の記載の変更の予定はない。(別紙表 2 参照)

別紙表 2 2018年SA本体工認に記載している熱交換器の施栓状況及び今後の施栓計画

	代替燃料プール冷却系熱交換器 <sup>*1</sup>	残留熱除去系熱交換器 <sup>*1, *2</sup>	原子炉補機冷却系熱交換器 <sup>*1</sup>	原子炉冷却材浄化系再生熱交換器	原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器	気体廃棄物処理系排ガス復水器	気体廃棄物処理系排ガス前置除湿器	再生廃液処理系廃液濃縮器加熱器	固体廃棄物処理系蒸気加熱器	固体廃棄物処理系タンクイベント冷却器
施栓状況	—*3	無	有	無	有	無	無	無	無	無
今後の施栓計画	—*3	有	有	無	有	無	無	無	無	無

\* 1 : 冷却水として海水を使用している熱交換器

\* 2 : 2018年SA本体工認にて施栓を考慮した設計確認値に変更済

\* 3 : プレート式熱交換器 (伝熱管を有さない構造)

# 別紙2：残留熱除去系熱交換器の伝熱面積の算出方法（1 / 1）

➤ 別紙表3に残留熱除去系熱交換器伝熱面積の公称値と設計確認値の関係を示す。

別紙表3 残留熱除去系熱交換器伝熱面積の公称値と設計確認値の関係

残留熱除去系熱交換器	伝熱面積 (公称値)	伝熱面積 (設計確認値)	必要最小伝熱面積 (参考値)
2018年SA本体工認	<input type="text"/> m <sup>2</sup> /個 * 1	<input type="text"/> m <sup>2</sup> /個 * 1	<input type="text"/> m <sup>2</sup> /個

\* 1：要目表記載値

➤ 残留熱除去系熱交換器の伝熱面積の算出方法を以下に示す。

$$\text{伝熱面積 (公称値)} A_1 = \pi \times d_0 \times (N \times L + L_U)$$

$$= \pi \times \text{} \times (\text{} \times \text{} + \text{}) = \text{} \text{ m}^2/\text{個}$$

$$\begin{aligned} \text{伝熱管外径のマイナス公差を考慮した伝熱面積 } A &= \pi \times (d_0 - \Delta d_2) \times (N \times L + L_U) \\ &= \pi \times (\text{} - \text{}) \times (\text{} \times \text{} + \text{}) = \text{} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{伝熱面積 (設計確認値)} A' &= A - \pi \times (d_0 + \Delta d_1) \times (N \text{} \times L_{MAX}) \\ &= \text{} - \pi \times (\text{} + \text{}) \times (\text{} \times \text{}) = \text{} \text{ m}^2/\text{個} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{必要最小伝熱面積} &= \frac{Q}{K \times \Delta T} \\ &= \text{} \times \text{} = \text{} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$L$  : 伝熱管直管部長さ (m)

$d_0$  : 伝熱管外径 (m)

$Q$  : 設計熱交換量 (W)

$L_U$  : 伝熱管U字部長さの総合計 (m)

$\Delta d_1$  : 伝熱管外径プラス公差 (m)

$K$  : 伝熱管熱通過率 (W/(m<sup>2</sup>·K))

$N$  : 伝熱管総本数 (本)

$\Delta d_2$  : 伝熱管外径マイナス公差 (m)

$N \text{}$  : 伝熱管総本数の  に相当する本数 (本)

$L_{MAX}$  : 伝熱管最大長さ (m)

$\Delta T$  : 対数平均温度差 (K)