

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

| | |
|-------------------------|---------------|
| 柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料 | |
| 資料番号 | KK7 補足-020 改0 |
| 提出年月日 | 2020年4月16日 |

工事計画に係る説明資料（設備別記載事項の設定根拠に関する説明書）

2020年4月

東京電力ホールディングス株式会社

「設備別記載事項の設定根拠に関する説明書」の記載内容を補足するための説明資料リストを以下に示す。

| 工認添付書類 | 補足説明資料（内容） | 備考 |
|--------------------------------|---|--------|
| V-1-1-5 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書 | 1. 可搬型代替注水ポンプ（A-1級）、可搬型代替注水ポンプ（A-2級）、大容量送水車（原子炉建屋放水設備用）、大容量送水車（熱交換器ユニット用）、大容量送水車（海水取水用）に使用する可搬型ホースの必要数及び保有数の考え方について | — |
| | 2. 接続口配置図 | — |
| | 3. タンクローリによる燃料補給の成立性について | — |
| | 4. 配管内標準流速について | 今回提出範囲 |
| | 5. 熱交換器の伝熱容量について | 今回提出範囲 |

4. 配管内標準流速について

1. 概要

V-1-1-5「設備別記載事項の設定根拠に関する説明書」に記載のある標準流速は内部流体及び配管径等からメーカ社内基準に基づき定められており、本資料では各配管内標準流速について記載する。

なお、第一ガスタービン発電設備で使用する配管の一部については、「機械設計便覧（第3版）」に基づく管内流速を使用し、補機駆動用燃料設備で使用する配管については、「化学プラント建設便覧（改訂2版）」に基づく標準流速を使用する。

2. 各系統における配管内標準流速

表1及び表2に各系統における配管内標準流速を示す。

3. 配管内許容最高流速について

表3に流体による浸食・配管振動を生じさせない配管内の許容最高流速を示す。

圧力損失増大による最高使用圧力及び動力などへの影響が小さいと判断できる場合には、標準流速を超えて使用することを許容している。

表 1 配管内標準流速（目安値）

| 内部流体*1 | | 配管口径 | 標準流速 (m/s) |
|----------|------|---------|---------------|
| *2 淡水 | 低圧水 | 50A 以下 | |
| | | ∮ | |
| | | 200A 以上 | |
| | 高圧水 | 50A 以下 | |
| | | ∮ | |
| | | 200A 以上 | |
| *2 蒸気 | 低圧蒸気 | 全口径 | |
| | 高圧蒸気 | 50A 以下 | |
| | | ∮ | |
| | | 300A 以上 | |
| 自由膨張蒸気 | 全口径 | | |
| 空気・ガス | 圧縮 | 全口径 | |
| | 一般 | 全口径 | |
| 海水*2 | | 100A 以下 | |
| | | 100A 超過 | |
| 油 | | 全口径 | |
| 薬品 | | 全口径 | |

注記 *1：配管肉厚がスケジュール 80 以上の場合を高圧，スケジュール 80 未満の場合を低圧とする。空気・ガス（圧縮）は，計装用圧縮空気系，所内用圧縮空気系を対象とする。

*2：淡水，海水，蒸気（高圧）においては，運転状態が短期（非常時）の場合，本表記載値の 1.5 倍を基準流速範囲とする。（非常用炉心冷却系の定例試験時使用（1 回／1 ヶ月），定期検査時のみ使用（1 回／年）など。）

*3：（内挿）と記載した箇所は，流速を記載した前後配管呼び径で直線補間することにより内挿し，設定する。

*4：配管肉厚がスケジュール 40 以下は，最大 m/s とする。

*5：原子炉冷却材圧力バウンダリとなる配管では表 3 に示す配管内許容最高流速を基準流速とする。

*6：製作メーカーによる標準流速の違い。

表2 ポンプ廻り配管内標準流速

| ポンプ種類 | 配管 | 標準流速 (m/s) |
|--------|-----------|---------------|
| うず巻ポンプ | 吸込配管（静水頭） | |
| | 吸込配管（加圧） | |
| 往復動ポンプ | 吸込配管 | |
| | 吐出配管 | |

表3 配管内許容最高流速

| 流体の種類 | 運転形態 | 許容最高流速 (m/s) |
|-------|---------|-----------------|
| 淡水，海水 | 長期（通常） | |
| | 短期（非常時） | |
| 蒸気 | — | |
| 空気・ガス | 圧縮 | |
| | 一般 | |

5. 熱交換器の伝熱容量について

目次

1. 代替原子炉補機冷却系熱交換器（P27-D2000, P27-D3000, P27-D4000）の容量（設計熱交換量）について
2. 代替原子炉補機冷却系熱交換器（P27-D1000, P27-D5000）の容量（設計熱交換量）について

1. 代替原子炉補機冷却系熱交換器 (P27-D2000, P27-D3000, P27-D4000) の容量 (設計熱交換量) について

1. 概要

V-1-1-5-3「設備別記載事項の設定根拠に関する説明書（原子炉冷却系統施設）（代替原子炉補機冷却系熱交換器（P27-D2000, P27-D3000, P27-D4000）」の容量（設計熱交換量）について補足説明を行う。

2. 容量（設計熱交換量）の算出

保守性を有した評価による原子炉停止 48 時間経過後の崩壊熱 MW を 2 個の熱交換器で除熱できる容量として、 MW/個以上とする。

3. 伝熱面積の設定

重大事故等時に原子炉補機冷却設備として使用する代替原子炉補機冷却系熱交換器の伝熱面積は、下記を考慮して決定した。

(1) 必要最小伝熱面積

代替原子炉補機冷却系熱交換器の必要最小伝熱面積は、設計熱交換量 MW/個を満足するための性能計算で求められる m²/個とする。

必要最小伝熱面積は、設計熱交換量、熱通過率及び高温側と低温側の温度差の平均値である対数平均温度差を用いて下記のように求める。

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

Q : 設計熱交換量(W) = (= MW/個)

K : 熱通過率(W/(m²・K)) = (メーカーデータ値より)

ΔT : 対数平均温度差(K) 図 3-1 及び向流形の算出式より

$$\begin{aligned} \Delta T &= \frac{(T_{h1}-T_{c2})-(T_{h1}-T_{c1})}{\ln \frac{T_{h1}-T_{c2}}{T_{h2}-T_{c1}}} \\ &= \frac{(\text{} - \text{}) - (\text{} - \text{})}{\ln(\frac{\text{} - \text{}}{\text{} - \text{})}} \\ &= \text{} \div \text{} \text{ K} \end{aligned}$$

(引用文献:「伝熱工学資料 改訂第 4 版」(1986 年 日本機械学会)

T_{h1}: 一次側 (RCW側) の入口温度(°C) =

T_{h2}: 一次側 (RCW側) の出口温度(°C) =

T_{c1}: 二次側 (海水側) の入口温度(°C) =

T_{c2}: 二次側 (海水側) の出口温度(°C) =

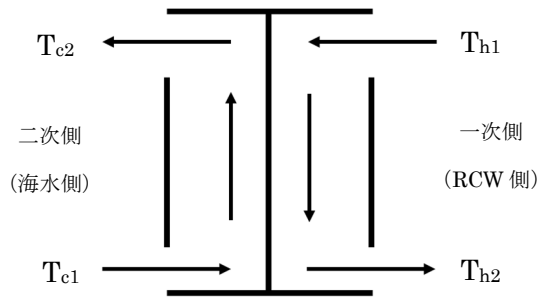


図 3-1 対数平均温度差の概念図

(2) 公称伝熱面積

代替原子炉補機冷却系熱交換器の公称伝熱面積は、下記より算出する。

$$A_1 = N \times A_p$$

$$= \boxed{} \times \boxed{} = \boxed{} \text{ m}^2 \div \boxed{} \text{ m}^2$$

A_1 : 公称伝熱面積 (m²)

N : 伝熱板有効枚数 (枚) =

A_p : 伝熱板 1 枚当たりの有効伝熱面積 (m²) =

(3) 伝熱面積の設計確認値

代替原子炉補機冷却系熱交換器の伝熱面積の設計確認値は、必要最小伝熱面積に汚れによる性能低下を見込み、約 % の余裕を考慮した値を公称伝熱面積として設定しているため、公称伝熱面積と同じ m² とする。

2. 代替原子炉補機冷却系熱交換器 (P27-D1000, P27-D5000) の容量 (設計熱交換量) について

1. 概要

V-1-1-5-3「設備別記載事項の設定根拠に関する説明書（原子炉冷却系統施設）（代替原子炉補機冷却系熱交換器（P27-D1000, P27-D5000）」の容量（設計熱交換量）について補足説明を行う。

2. 容量（設計熱交換量）の算出

保守性を有した評価による原子炉停止 48 時間経過後の崩壊熱 \square MW を 2 個の熱交換器で除熱できる容量として、 \square MW/個とする。

3. 伝熱面積の設定

重大事故等時に原子炉補機冷却設備として使用する代替原子炉補機冷却系熱交換器の伝熱面積は、下記を考慮して決定した。

(1) 必要最小伝熱面積

代替原子炉補機冷却系熱交換器の必要最小伝熱面積は、設計熱交換量 \square MW を満足するための性能計算で求められる \square m²/個とする。

必要最小伝熱面積は、設計熱交換量、熱通過率及び高温側と低温側の温度差の平均値である対数平均温度差を用いて下記のように求める。

$$\begin{aligned} \text{必要最小伝熱面積} &= \frac{Q_i}{K_{ij} \times \Delta T_i} + \frac{Q_j}{K_{ja} \times \Delta T_j} = \frac{\square}{\square} + \frac{\square}{\square} \\ &= \frac{\square}{\square} \div \square \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Q : 設計熱交換量(W) = \square (= \square MW/個)

Q_i : \square の熱交換量(W) = \square

Q_j : \square の熱交換量(W) = \square

K_{ia} : \square の熱通過率(W/(m²・K)) = \square (メーカーデータ値より)

K_{ja} : \square の熱通過率(W/(m²・K)) = \square (メーカーデータ値より)

ΔT_i : \square の対数平均温度差(K) = 図 3-1 及び向流形の算出式より

ΔT_j : \square の対数平均温度差(K) = 図 3-1 及び向流形の算出式より

$$\begin{aligned} \Delta T_i &= \frac{(T_{ih1} - T_{ic2}) - (T_{ih2} - T_{ic1})}{\ln \frac{T_{ih1} - T_{ic2}}{T_{ih2} - T_{ic1}}} \\ &= \frac{(\square - \square) - (\square - \square)}{\ln(\frac{\square}{\square})} \\ &= \square \div \square \text{ K} \end{aligned}$$

$$\Delta T_j = \frac{(T_{jh1} - T_{jc2}) - (T_{jh2} - T_{jc1})}{\ln \frac{T_{jh1} - T_{jc2}}{T_{jh2} - T_{jc1}}}$$

$$= \frac{(\text{ } - \text{ }) - (\text{ } - \text{ })}{\ln(\text{ })}$$

$$= \text{ } \div \text{ } \text{ K}$$

(引用文献：「伝熱工学資料 改訂第4版」(1986年 日本機械学会))

- T_{ih1} : の一次側 (RCW側) の入口温度 (°C) =
 T_{ih2} : の一次側 (RCW側) の出口温度 (°C) =
 T_{ic1} : の二次側 (海水側) の入口温度 (°C) =
 T_{ic2} : の二次側 (海水側) の出口温度 (°C) =
 T_{jh1} : の一次側 (RCW側) の入口温度 (°C) =
 T_{jh2} : の一次側 (RCW側) の出口温度 (°C) =
 T_{jc1} : の二次側 (海水側) の入口温度 (°C) =
 T_{jc2} : の二次側 (海水側) の出口温度 (°C) =

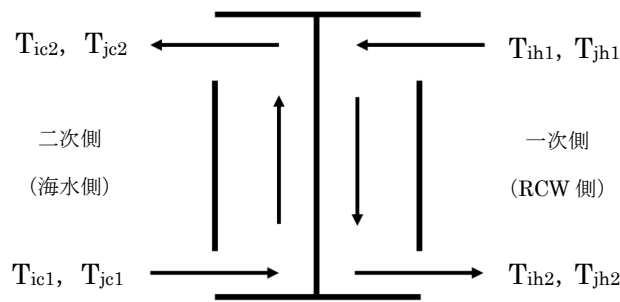


図 3-1 対数平均温度差の概念図

(2) 公称伝熱面積

代替原子炉補機冷却系熱交換器の公称伝熱面積 A_1 は、下記より算出する。

$$A_1 = N \times A_p$$

$$= \text{ } \times \text{ } = \text{ } \text{ m}^2 \div \text{ } \text{ m}^2$$

A_1 : 公称伝熱面積 (m²)

N : 伝熱板有効枚数 (枚) =

A_p : 伝熱板 1 枚当たりの有効伝熱面積 (m²) =

(3) 伝熱面積の設計確認値

代替原子炉補機冷却系熱交換器の伝熱面積の設計確認値は、汚れによる性能低下を見込み、

%の余裕を考慮した場合の必要伝熱面積とし、下記のように求める。

$$A' = \frac{Q_i}{K_{ib} \times \Delta T_i} + \frac{Q_j}{K_{jb} \times \Delta T_j} = \frac{\text{ }}{\text{ }} + \frac{\text{ }}{\text{ }}$$

$$= \text{ } \div \text{ } \text{ m}^2$$

A' : 伝熱面積の設計値 (m^2)

K_{ib} : 鈍角パターン領域の余裕 % の伝熱板熱通過率 ($W / (m^2 \cdot K)$) = (メーカーデータ値より)

K_{jb} : 混合パターン領域の余裕 % の伝熱板熱通過率 ($W / (m^2 \cdot K)$) = (メーカーデータ値より)