

本資料のうち、枠囲みの内容は、
商業機密あるいは防護上の観点
から公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-016 改0
提出年月日	平成29年12月28日

日本原子力発電株式会社

東海第二発電所 工事計画審査資料

計測制御系統施設のうちほう酸水注入設備

(添付書類)

V-1-1-4-4-3 設定根拠に関する説明書
(ほう酸水注入系 ほう酸水注入ポンプ)

名 称		ほう酸水注入ポンプ	
容 量	m ³ /h/個	9.78 以上 (9.78)	
吐 出 圧 力	MPa	8.5 以上 (8.5)	
最 高 使 用 圧 力	MPa	吸込側 1.04 吐出側 9.66	
最 高 使 用 温 度	℃	66	
原 動 機 出 力	kW/個	37	
個 数	—	2	
<p>【設 定 根 拠】</p> <p>(概要)</p> <ul style="list-style-type: none"> 設計基準対象施設 <p>ほう酸水注入ポンプは、設計基準対象施設として運転時の異常な過渡変化時において発電用原子炉の運転を緊急に停止することができない事象が発生するおそれがある場合又は当該事象が発生した場合においても炉心の著しい損傷を防止するため、発電用原子炉を未臨界に移行するために設置する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 重大事故等対処設備 <p>重大事故等時に計測制御系統施設のうちほう酸水注入設備（ほう酸水注入系）として使用するほう酸水注入ポンプは、以下の機能を有する。</p> <p>ほう酸水注入ポンプは、運転時の異常な過渡変化時において発電用原子炉の運転を緊急に停止することができない事象が発生するおそれがある場合又は当該事象が発生した場合においても炉心の著しい損傷を防止するため、原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器の健全性を維持するとともに、発電用原子炉を未臨界に移行するために設置する。</p> <p>系統構成は、ほう酸水貯蔵タンクを水源としたほう酸水注入ポンプにより発電用原子炉に十分な量のほう酸水を注入することで発電用原子炉を未臨界に移行する設計とする。</p> <p>重大事故等時に原子炉冷却系統施設のうち非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備（ほう酸水注入系）として使用するほう酸水注入ポンプは、以下の機能を有する。</p> <p>ほう酸水注入ポンプは、原子炉冷却材圧力バウンダリが高圧の状態であって、設計基準事故対処設備が有する発電用原子炉の冷却機能が喪失した場合においても炉心の著しい損傷を防止するため、発電用原子炉を冷却するために設置する。</p>			

系統構成は、ほう酸水貯蔵タンクを水源としたほう酸水注入ポンプによりほう酸水注入系統を介してほう酸水貯蔵タンクの水を原子炉に注水することで、発電用原子炉を冷却し、重大事故等の進展の抑制が可能な設計とする。

重大事故等時に原子炉格納施設のうち圧力低減設備その他の安全設備の原子炉格納容器安全設備（ほう酸水注入系）として使用するほう酸水注入ポンプは、以下の機能を有する。

ほう酸水注入ポンプは、炉心の著しい損傷が発生した場合において格納容器の破損を防止するため、溶融し、原子炉格納容器の下部に落下した炉心を冷却するために設置する。

系統構成は、炉心の著しい損傷が発生した場合に、ほう酸水貯蔵タンクを水源としたほう酸水注入ポンプによりほう酸水を原子炉圧力容器に注水することで、溶融炉心の原子炉格納容器下部のペDESTAL（ドライウェル部）への落下を遅延又は防止できる設計とする。

1. 容量の設定根拠

設計基準対象施設として使用するほう酸水注入ポンプの容量は、ほう酸水貯蔵タンクの有効容積*1すべてを []² で原子炉に注入する必要があることから、 [] を上回るものとし、9.78 m³/h/個以上とする。

重大事故等対処設備として使用するほう酸水注入ポンプの容量は、設計基準対象施設と同様の使用方法であるため、設計基準対象施設と同仕様で設計し、9.78 m³/h/個以上とする。

公称値については要求される容量と同仕様として9.78 m³/h/個とする。

注記*1：ほう酸水貯蔵タンクの有効容積は、ここでは保守的に無効容積を0 m³とし、タンクの最大容量である19.5 m³とする。

*2：ほう酸水の注入時間について

ほう酸水の注入時間は、原子炉圧力容器の通常水位までの炉水量を基準として、炉水中のボロン濃度変化が [] の範囲になるように設定する。

必要ボロン濃度を、停止余裕を [] にするのに必要なボロン濃度 [] に不完全混合に対する余裕をとって [] とすると、許容注入時間は以下の通りとなる。

上記より、ほう酸水の注入時間は [] となる。

2. 吐出圧力の設定根拠

設計基準対象施設として使用するほう酸水注入ポンプの吐出圧力は、0 MPa からほう酸水注入系を必要とする最大運転圧力に至るまでの全圧力範囲で原子炉に定格注量を注入できるものとする。すなわち、原子炉圧力容器内の圧力逃がし安全弁の安全弁機能の第一段圧力である 7.78 MPa の時にも注入できるよう、それを上回る 8.5 MPa 以上とする。

重大事故等対処設備として使用するほう酸水注入ポンプの吐出圧力は、設計基準対象施設と同様の使用方法であるため、設計基準と同じ 8.5 MPa 以上とする。

公称値については要求される吐出圧力と同じ 8.5 MPa とする。

3. 最高使用圧力の設定根拠

3.1 吸込側の最高使用圧力

設計基準対象施設として使用するほう酸水注入ポンプの吸込側の最高使用圧力は、主配管「ほう酸水貯蔵タンク～ほう酸水注入ポンプ（連絡配管含む）」の最高使用圧力と同じ 1.04 MPa とする。

重大事故等対処設備として使用するほう酸水注入ポンプの吸込側の圧力は、重大事故等時における主配管「ほう酸水貯蔵タンク～ほう酸水注入ポンプ（連絡配管含む）」の使用圧力と同じ 1.04 MPa とする。

3.2 吐出側の最高使用圧力

設計基準対象施設として使用するほう酸水注入ポンプの吐出側の最高使用圧力は、ほう酸水注入ポンプの吐出圧力を上回る圧力とし、9.66 MPa とする。

重大事故等対処設備として使用するほう酸水注入ポンプの吐出側の圧力は、重大事故等時におけるほう酸水注入ポンプの吐出圧力を上回る圧力とし、9.66 MPa とする。

4. 最高使用温度の設定根拠

設計基準対象施設として使用するほう酸水注入ポンプの最高使用温度は、ほう酸水貯蔵タンクの最高使用温度と同じ 66 °C とする。

重大事故等対処設備として使用するほう酸水注入ポンプの温度は、重大事故等時におけるほう酸水貯蔵タンクの使用温度と同じ 66 °C とする。

5. 原動機出力の設定根拠

設計基準対象施設として使用するほう酸水注入ポンプの原動機出力は、定格流量点での軸動力を基に、容量及び吐出圧力を考慮して設定する。

$$P_u = \frac{10^3}{60} \times Q \times p$$

$$\eta = \frac{P_u}{P} \times 100$$

$$P = \frac{10^3 \times Q \times p}{60 \times \eta / 100}$$

(日本工業規格 J I S B 8 3 1 1 (2002)「往復ポンプー試験方法」)

P : 軸動力 (kW)

P_u : 水動力 (kW)

Q : 容量 (m³/min)

p : 吐出圧力 (MPa)

η : ポンプ効率 (%)

$$\eta = \eta_m \times \eta_g \times \eta_v \times 10^{-4} = \boxed{} \div \boxed{}$$

$$\eta_m : \text{ポンプ機械効率 (\%)} = \boxed{}$$

$$\eta_g : \text{減速機効率 (\%)} = \boxed{}$$

$$\eta_v : \text{ポンプ容積効率 (\%)} = \boxed{}$$

$$P = \frac{10^3 \times 0.163 \times 8.5}{60 \times \boxed{} / 100} = \boxed{} \div \boxed{}$$

上記より、ほう酸水注入ポンプの原動機出力は軸動力 $\boxed{}$ を上回る出力とし、37 kW/個とする。

重大事故等対処設備として使用するほう酸水注入ポンプの原動機出力は、設計基準対象施設と同様の使用方法であるため、設計基準対象施設と同仕様とし、37 kW/個とする。

6. 個数の設定根拠

ほう酸水注入ポンプ（原動機含む）は，設計基準対象施設としてほう酸水を原子炉へ注水するために必要な個数である 1 個を，故障時及び保守点検時による待機除外時を考慮し，合計 2 個設置する。

ほう酸水注入ポンプ（原動機含む）は，設計基準対象施設と同様の使用方法であるため，設計基準対象施設として 2 個設置しているものを重大事故等対処設備として使用する。

V-1-1-4-4-4 設定根拠に関する説明書
(ほう酸水注入系 ほう酸水貯蔵タンク)

名 称		ほう酸水貯蔵タンク	
容 量	m ³ /個		(19.5)
最 高 使 用 圧 力	MPa	静水頭	
最 高 使 用 温 度	℃	66	
個 数	—	1	
<p>【設 定 根 拠】</p> <p>(概要)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設計基準対象施設 <p>ほう酸水貯蔵タンクは、設計基準対象施設として制御棒の挿入不能の場合に発電用原子炉に注入するほう酸水を貯蔵するために設置する。ほう酸水の濃度は 15℃において 13.4 wt%以上であり、定期的に試料採取を行うことによって確認する。</p> ・重大事故等対処設備 <p>重大事故等時に計測制御系統施設のうちほう酸水注入設備（ほう酸水注入系）として使用するほう酸水貯蔵タンクは、以下の機能を有する。</p> <p>ほう酸水貯蔵タンクは、運転時の異常な過渡変化時において発電用原子炉の運転を緊急に停止することができない事象が発生するおそれがある場合又は当該事象が発生した場合においても炉心の著しい損傷を防止するため、原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器の健全性を維持するとともに、発電用原子炉を未臨界に移行するために設置する。</p> <p>系統構成は、ほう酸水貯蔵タンクを水源としたほう酸水注入ポンプにより、十分な量のほう酸水を発電用原子炉へ注入することで発電用原子炉を未臨界に移行する設計とする。</p> <p>重大事故等時に原子炉冷却系統施設のうち非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備（ほう酸水注入系）として使用するほう酸水貯蔵タンクは、以下の機能を有する。</p> <p>ほう酸水貯蔵タンクは、原子炉冷却材圧力バウンダリが高圧の状態であって、設計基準事故対処設備が有する発電用原子炉の冷却機能が喪失した場合においても炉心の著しい損傷を防止するため、発電用原子炉を冷却するために設置する。</p> <p>系統構成は、ほう酸水貯蔵タンクを水源としたほう酸水注入ポンプによりほう酸水貯蔵タンクの水を原子炉に注水することで、発電用原子炉を冷却し、重大事故等の進展の抑制が可能な設計とする。</p> 			

重大事故等時に原子炉格納施設のうち圧力低減設備その他の安全設備の原子炉格納容器安全設備（ほう酸水注入系）として使用するほう酸水貯蔵タンクは、以下の機能を有する。

ほう酸水貯蔵タンクは、炉心の著しい損傷が発生した場合において格納容器の破損を防止するため、熔融し、原子炉格納容器の下部に落下した炉心を冷却するために設置する。

系統構成は、炉心の著しい損傷が発生した場合に、ほう酸水貯蔵タンクを水源としたほう酸水注入ポンプによりほう酸水を原子炉圧力容器に注水することで、熔融炉心の原子炉格納容器下部のペDESTAL（ドライウェル部）への落下を遅延又は防止できる設計とする。

1. 容量の設定根拠

設計基準対象施設として使用するほう酸水貯蔵タンクの容量は、ほう酸水の必要貯蔵量 [] を上回る容量として、ほう酸水貯蔵タンク内の無効容積 [] を加味した [] とする。

ほう酸水貯蔵タンクを重大事故等時において使用する場合の容量は、設計基準対象施設と同様の使用方法であるため、設計基準対象施設と同仕様で設計し、 [] とする。

公称値については要求される容量である [] を上回る容量として、19.5 m³/個とする。

注記*：ほう酸水の貯蔵量について

ほう酸水の貯蔵量は、ほう酸水を注入して原子炉を冷温停止に至らせ、その状態を余裕を持って維持するのに必要な原子炉冷却材中のボロン濃度を考慮する。

必要ボロン濃度は、停止余裕を [] 以上にするのに必要なボロン濃度 [] に、不完全混合に対する余裕をとって [] とする。

ここで、ほう酸水は五ほう酸ナトリウム溶液が使用されているため、必要ボロン濃度から五ほう酸ナトリウムの量に換算する。

必要ボロン濃度に対するボロン量は、原子炉冷却材水量が 416×10^3 kg であるため、
 $416 \times 10^3 \times [] \times 10^{-6} = 416$ kg

となる。そして五ほう酸ナトリウム中のボロン含有率は [] であることから、五ほう酸ナトリウムの量に換算すると、必要五ほう酸ナトリウム量は、以下の通りである。

$$\begin{aligned} \text{必要五ほう酸ナトリウム量} &= 416 \times \frac{100}{\square} \\ &= \square = \square \text{ kg} \end{aligned}$$

また、五ほう酸ナトリウムの設計飽和温度 15 °C における溶解度は \square で、溶液の比重 \square である。したがって、ほう酸水の貯蔵量は、

$$\begin{aligned} \text{貯蔵量} &= \frac{\text{必要五ほう酸ナトリウム量 (kg)}}{\text{五ほう酸ナトリウム飽和溶解度} \cdot \text{密度 (kg/m}^3\text{)}} \\ &= \frac{\square}{\square \times 10^3} \\ &= \square \end{aligned}$$

上記から、ほう酸水の必要貯蔵量は \square とする。

2. 最高使用圧力の設定根拠

設計基準対象施設として使用するほう酸水貯蔵タンクの最高使用圧力は、ほう酸水貯蔵タンクが大気開放であることから、静水頭とする。

ほう酸水貯蔵タンクを重大事故等時において使用する場合の圧力は、設計基準対象施設と同様の使用方法であるため、設計基準対象施設と同仕様で設計し、静水頭とする。

3. 最高使用温度の設定根拠

設計基準対象施設として使用するほう酸水貯蔵タンクの最高使用温度は、保温用電気ヒータによりほう酸水を 27 ± 3 °C に維持していることから、これを上回る 66 °C とする。

ほう酸水貯蔵タンクを重大事故等時において使用する場合の温度は、設計基準対象施設と同様の使用方法であるため、設計基準対象施設と同仕様で設計し、66 °C とする。

4. 個数の設定根拠

ほう酸水貯蔵タンクは、設計基準対象施設として制御棒の挿入不能の場合に原子炉に注入するほう酸水を貯蔵するために必要な個数である 1 個を設置する。

ほう酸水貯蔵タンクは、設計基準対象施設と同様の使用方法であるため設計基準対象施設として 1 個設置しているものを重大事故等対処設備として使用する。

V-1-1-4-4-5 設定根拠に関する説明書

(ほう酸水注入系 安全弁及び逃がし弁)

名 称		C41-F029A, B
吹 出 圧 力	MPa	9.66
個 数	—	2
<p>【設 定 根 拠】</p> <p>(概要)</p> <p>C41-F029A, B は、主配管「ほう酸水注入ポンプ～弁 C41-F004A, B (連絡配管含む)」上に設置する逃がし弁である。</p> <p>C41-F029A, B は、設計基準対象施設として、主配管「ほう酸水注入ポンプ～弁 C41-F004A, B (連絡配管含む)」の圧力が最高使用圧力になった場合に開動作して最高使用圧力以下に維持するために設置する。</p> <p>重大事故等対処設備としては、主配管「ほう酸水注入ポンプ～弁 C41-F004A, B (連絡配管含む)」の重大事故等時における圧力が最高使用圧力になった場合に開動作して最高使用圧力以下に維持するために設置する。</p> <p>1. 吹出圧力の設定根拠</p> <p>設計基準対象施設として使用する C41-F029A, B の吹出圧力は、当該逃がし弁が接続する配管の最高使用圧力に合わせて、9.66 MPa とする。</p> <p>安全弁 C41-F029A, B を重大事故等時において使用する場合の吹出圧力は、設計基準対象施設と同様の使用方法であるため、設計基準対象施設と同じ 9.66 MPa とする。</p> <p>2. 個数の設定根拠</p> <p>安全弁 C41-F029A, B は、設計基準対象施設として「ほう酸水注入ポンプ～弁 C41-F004A, B (連絡配管含む)」の圧力を最高使用圧力以下に維持するために必要な個数である各系列に 1 個とし、合計 2 個設置する。</p> <p>重大事故等時対処設備として使用する C41-F029A, B は、設計基準対象施設と同様の使用方法であるため、設計基準対象施設として 2 個設置しているものを重大事故等対処設備として使用する。</p>		

V-1-1-4-4-6 設定根拠に関する説明書

(ほう酸水注入系 主配管 (常設))

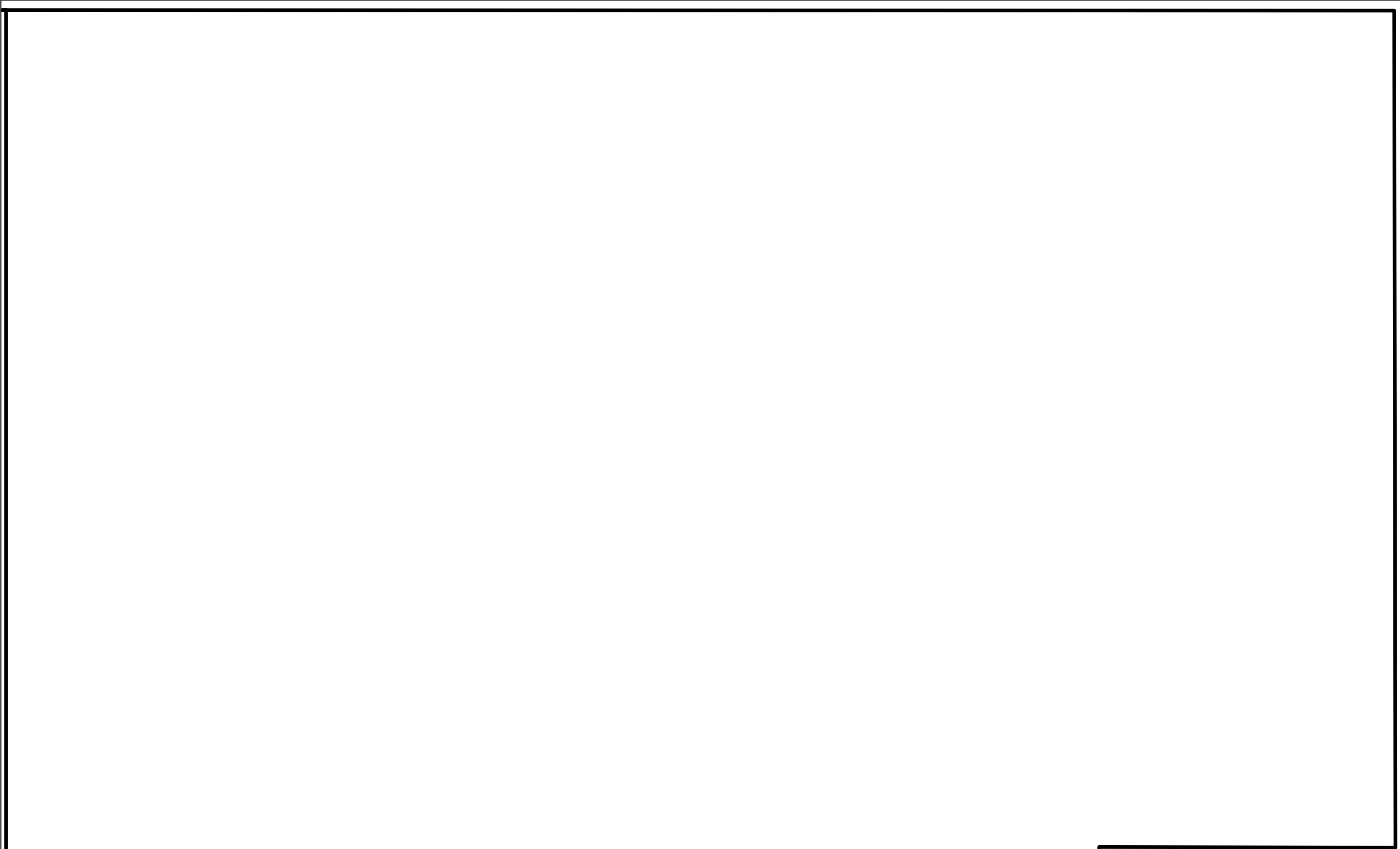
名 称		ほう酸水貯蔵タンク ～ ほう酸水注入ポンプ（連絡配管含む）
最 高 使 用 圧 力	MPa	1.04
最 高 使 用 温 度	℃	66
外 径	mm	89.1
<p>【設 定 根 拠】 (概要)</p> <p>本配管は、ほう酸水貯蔵タンクとほう酸水注入ポンプを接続する配管であり、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備として、ほう酸水貯蔵タンクのほう酸水をほう酸水注入ポンプに供給するために設置する。</p> <p>1. 最高使用圧力の設定根拠</p> <p>設計基準対象施設として使用する本配管の最高使用圧力は、ほう酸水貯蔵タンクの最高使用圧力が静水頭であるため、それを上回る 1.04 MPa とする。</p> <p>本配管を重大事故等時において使用する場合の圧力は、重大事故等時におけるほう酸水貯蔵タンクの使用圧力が静水頭であるため、それを上回る 1.04 MPa とする。</p> <p>2. 最高使用温度の設定根拠</p> <p>設計基準対象施設として使用する本配管の最高使用温度は、ほう酸水貯蔵タンクの最高使用温度と同じ 66 ℃とする。</p> <p>本配管を重大事故等時において使用する場合の温度は、重大事故等時におけるほう酸水貯蔵タンクの使用温度と同じ 66 ℃とする。</p> <p>3. 外径の設定根拠</p> <p>本配管を重大事故等時において使用する場合の外径は、重大事故等時に使用するほう酸水注入ポンプの容量を基に設定しており、重大事故等時に使用するほう酸水注入ポンプの容量が設計基準対象施設として使用する場合の容量と同仕様であるため、本配管の外径はメーカー社内基準に基づき定めた基準流速を考慮し選定した設計基準対象施設の外径と同仕様で設計し、89.1 mm とする。</p>		

名 称		ほう酸水注入ポンプ ～ 弁 C41-F004A, B (連絡配管含む)
最 高 使 用 圧 力	MPa	9.66
最 高 使 用 温 度	℃	66
外 径	mm	48.6, 49.1
<p>【設 定 根 拠】 (概要)</p> <p>本配管は、ほう酸水注入ポンプと弁 C41-F004A, B を接続する配管であり、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備として、ほう酸水貯蔵タンクのほう酸水をほう酸水注入ポンプにより原子炉圧力容器に注入するために設置する。</p> <p>1. 最高使用圧力の設定根拠</p> <p>設計基準対象施設として使用する本配管の最高使用圧力は、ほう酸水注入ポンプの吐出側の最高使用圧力と同じ 9.66 MPa とする。</p> <p>本配管を重大事故等時において使用する場合の圧力は、重大事故等時におけるほう酸水注入ポンプの吐出側の使用圧力と同じ 9.66 MPa とする。</p> <p>2. 最高使用温度の設定根拠</p> <p>設計基準対象施設として使用する本配管の最高使用温度は、ほう酸水注入ポンプの最高使用温度と同じ 66 ℃ とする。</p> <p>本配管を重大事故等時において使用する場合の温度は、重大事故等時におけるほう酸水注入ポンプの使用温度と同じ 66 ℃ とする。</p> <p>3. 外径の設定根拠</p> <p>本配管を重大事故等時において使用する場合の外径は、重大事故等時に使用するほう酸水注入ポンプの容量を基に設定しており、重大事故等時に使用するほう酸水注入ポンプの容量が設計基準対象施設として使用する場合の容量と同仕様であるため、本配管の外径はメーカー社内基準に基づき定めた基準流速を考慮し選定した設計基準対象施設の外径と同仕様で設計し、48.6 mm, 49.1 mm とする。</p>		

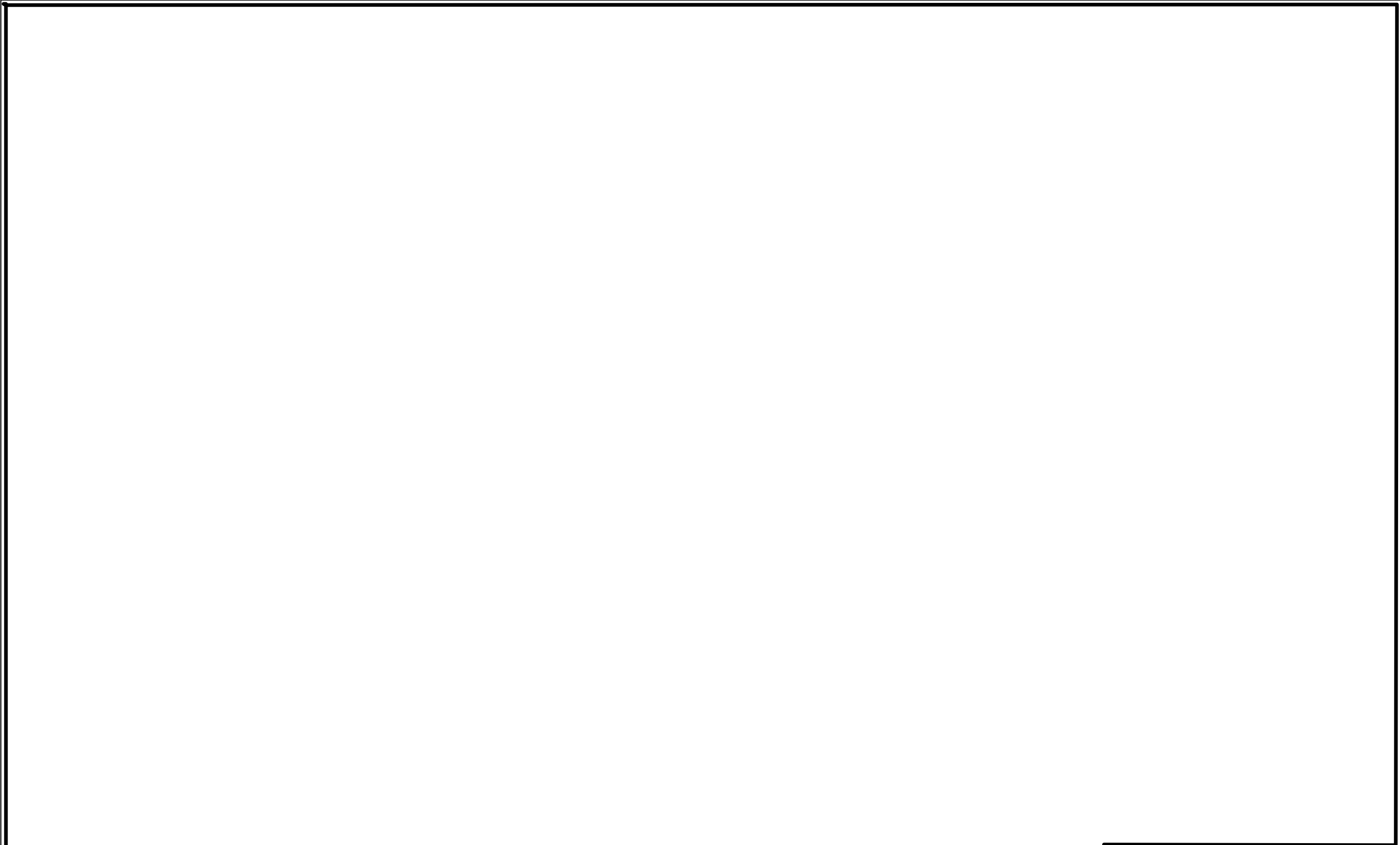
名 称		弁 C41-F004A, B ～ 原子炉压力容器
最 高 使 用 圧 力	MPa	9.66
最 高 使 用 温 度	℃	302
外 径	mm	48.6, 49.1
<p>【設 定 根 拠】 (概要)</p> <p>本配管は、弁 C41-F004A, B と原子炉压力容器を接続する配管であり、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備として、ほう酸水貯蔵タンクのほう酸水をほう酸水注入ポンプにより原子炉压力容器に注入するために設置する。</p> <p>1. 最高使用圧力の設定根拠</p> <p>設計基準対象施設として使用する本配管の最高使用圧力は、ほう酸水注入ポンプの吐出側の最高使用圧力と同じ 9.66 MPa とする。</p> <p>本配管を重大事故等時において使用する場合の圧力は、重大事故等時におけるほう酸水注入ポンプの吐出側の使用圧力と同じ 9.66 MPa とする。</p> <p>2. 最高使用温度の設定根拠</p> <p>設計基準対象施設として使用する本配管の最高使用温度は、原子炉压力容器の最高使用温度と同じ 302 ℃とする。</p> <p>本配管を重大事故等時において使用する場合の温度は、重大事故等時における原子炉压力容器の使用温度と同じ 302 ℃とする。</p> <p>3. 外径の設定根拠</p> <p>本配管を重大事故等時において使用する場合の外径は、重大事故等時に使用するほう酸水注入ポンプの容量を基に設定しており、重大事故等時に使用するほう酸水注入ポンプの容量が設計基準対象施設として使用する場合の容量と同仕様であるため、本配管の外径はメーカー社内基準に基づき定めた基準流速を考慮し選定した設計基準対象施設の外径と同仕様で設計し、48.6 mm, 49.1 mm とする。</p>		



工事計画認可申請	第 5-2-1 図
東海第二発電所	
名称	計測制御系統施設 ほう酸水注入設備に係る 機器の配置を明示した図面
日本原子力発電株式会社	
7Z28	



工事計画認可申請		第 5-2-1-1-1 図
東海第二発電所		
名称	計測制御系統施設のうち ほう酸水注入設備に係る 主配管の配置を明示した図面 (ほう酸水注入系) (1/3)	
日本原子力発電株式会社		



工事計画認可申請		第 5-2-1-1-2 図
東海第二発電所		
名称	計測制御系統施設のうち ほう酸水注入設備に係る 主配管の配置を明示した図面 (ほう酸水注入系) (2/3)	
日本原子力発電株式会社		



工事計画認可申請		第 5-2-1-1-3 図
東海第二発電所		
名称	計測制御系統施設のうち ほう酸水注入設備に係る 主配管の配置を明示した図面 (ほう酸水注入系) (3/3)	
日本原子力発電株式会社		

工事計画認可申請	第 5-2-1-2-1 図
東海第二発電所	
名称	計測制御系統施設のうち ほう酸水注入設備 (ほう酸水注入系) の系統図(1/2) (設計基準対象施設)
日本原子力発電株式会社	
7227	

工事計画認可申請	第 5-2-1-2-2 図
東海第二発電所	
名称	計測制御系統施設のうち ほう酸水注入設備 (ほう酸水注入系) の系統図(2/2) (重大事故等対処設備)
日本原子力発電株式会社	
7Z27	



工事計画認可申請		第 5-2-1-3 図
東海第二発電所		
名称	計測制御系統施設 ほう酸水注入設備 (ほう酸水注入系)の構造図 C41-F029A, B	
日本原子力発電株式会社		