

川内1号機 緊急時対策棟接続工事設工認 説明事項リスト(機電関係)

資料(1)

No.	説明資料	ページ	説明項目	説明内容	(参考)前回の関連説明資料
1	補足説明資料8 非常用空気浄化配管に関する補足説明資料	(1)-2	屋外配管内部については、結露が発生しない理由を明記する。	補足説明資料8を修文する。	8/19ヒアリング資料1 No.6 補足説明資料8 非常用空気浄化配管に関する補足説明資料 ((1)-27)
2	補足説明資料4 緊急時対策棟(連絡通路)の連結部に関する補足説明資料	(1)-8	建屋間接続部に設置するシリコーンゴムについて、機能を期待する状態(SA時)までの期間(待機状態)も含めて健全性の説明を充実する。	補足説明資料4の参考にて説明する。	8/19ヒアリング資料1 No.4 補足説明資料4 緊急時対策棟(連絡通路)の連結部に関する補足説明資料 ((1)-24)
3	—	—	添付資料14『設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書』における記載の適正化について		—
			以下余白		

※ 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。

## 非常用空気浄化配管に関する補足説明資料

### 1. 非常用空気浄化ラインの概要

連絡通路に敷設する緊急時対策棟の非常用空気浄化ラインについては、連絡通路のスペースが限られていることから、通行性を確保するために、第 1 図に示す通り連絡通路の屋上を通過して休憩所へ鋼管を敷設する設計としており、設置（変更）許可申請時より変更はない。第 1 表にダクトルートの検討内容を示す。

緊急時対策棟（指揮所）設置工事（1 期工事）にて配管接続端の仕舞については、フランジ止めとしたうえで隔離ダンパにより閉止し、端部は指揮所外壁より外側の屋外まで施工することで、連絡通路接続工事（2 期工事）において指揮所躯体を壊すことなく配管延伸工事を可能としており、既に工事計画認可を受領している。

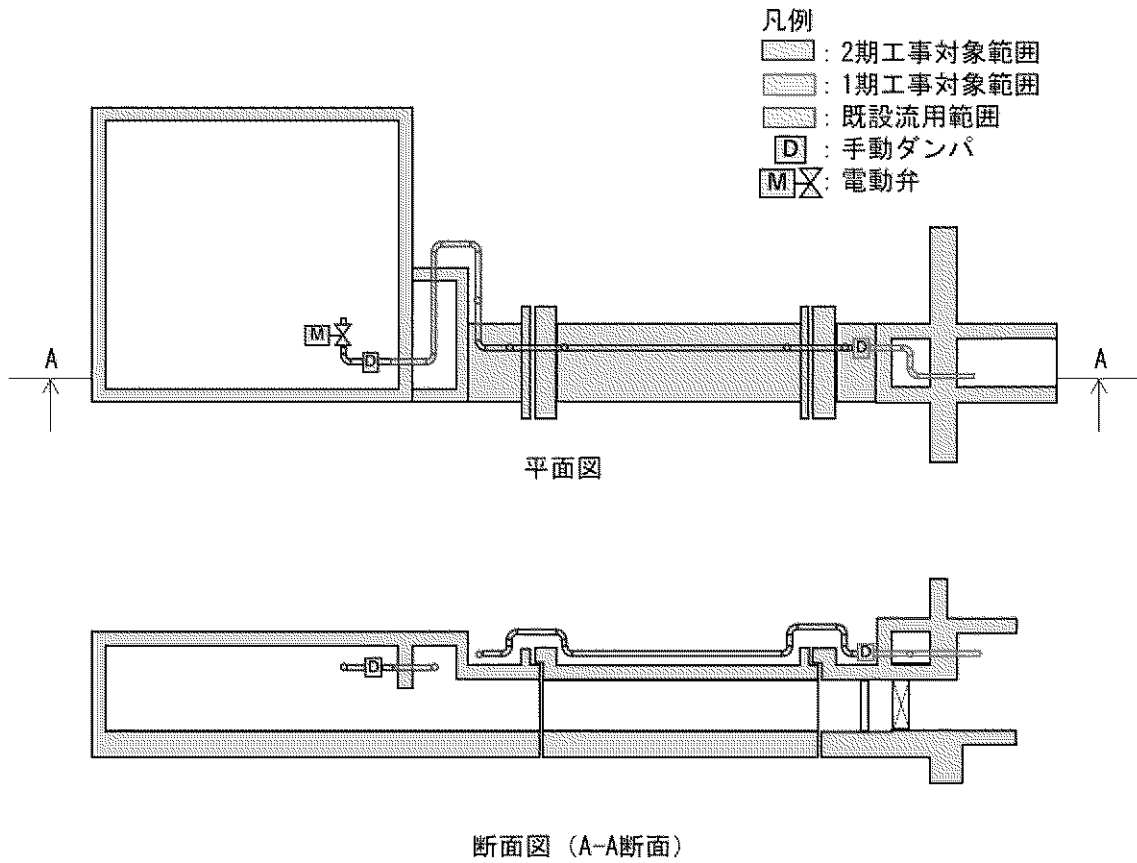
また、休憩所に敷設する配管については、代替緊急時対策所にて使用している貫通配管を一部流用し、新規貫通部を増設しない配慮を行っている。

### 2. 連絡通路上部の非常用空気浄化ラインに対する防護設計

非常用空気浄化ラインのうち、屋外に敷設する部分については、長方形ダクトや円形ダクトと比較して強度及び耐震評価上強固であることから建屋間相対変位に対して優位である鋼管を採用している。

なお、前述の通り配管は機能喪失しない設計としているものの、万が一屋外の配管が破断したとしても隔離弁を設けているため、放射性物質がバウンダリ内に流入することを防止できる。

また、貫通部については、気密、防火、防水、遮蔽シール処置を適切に行い、バウンダリとしての健全性を維持する設計としている。



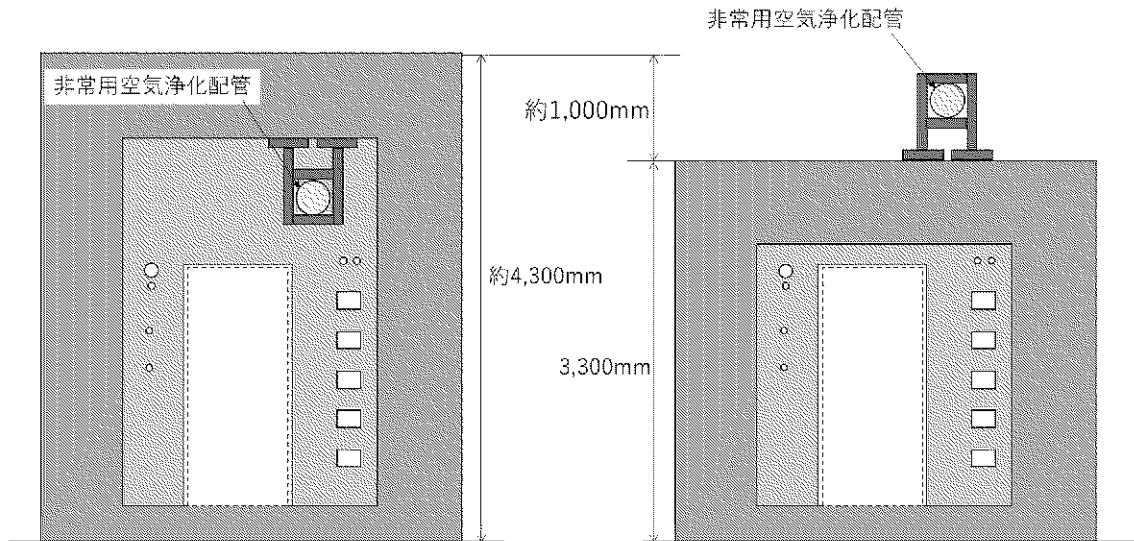
第 1 図 連絡通路上部の非常用空気浄化ライン概要図

第1表 非常用空気浄化ダクト（指揮所～休憩所）のルート検討内容

(凡例) ◎…技術基準を満足するとともに、比較的早期に運用の向上が図れるもの  
○…技術基準を満足するもの ×…技術基準を満足しないもの

ダクトルート		連絡通路内側（屋内）	連絡通路外側（屋外）
設計上の考慮※ <sub>1</sub>	環境条件	屋内の環境条件を考慮する。 ・風荷重、降雪荷重及び降灰荷重に対しダクトを連絡通路内に設置する。	屋外の環境条件を考慮する。 ・風荷重に対しダクトが機能を損なわない設計とする。 ・必要により除雪、除灰を行う。 ・凍結、降水を考慮※ <sub>2</sub> する。
		○	○
	共通要因故障	中央制御室と同時に機能喪失しないよう、中央制御室とは離れた位置に設置する。	中央制御室と同時に機能喪失しないよう、中央制御室とは離れた位置に設置する。
		○	○
メンテナンス性	劣化モード	屋内環境下であり外面腐食の影響が小さい。	屋外環境下であり外面腐食の影響が大きい、外面塗装を実施することで影響を低減できる。
		○	○
	アクセス性	床面からの目視可能な範囲に限られる。(必要時、仮設足場の設置) ※通行性確保の観点から、恒設の点検架台の設置は困難	地上面から目視可能な範囲に限られる。 ※屋上部アクセス用の恒設階段※ <sub>3</sub> を設置し、ダクト全範囲を目視可能とする。
		○	○
工事への影響	連絡通路サイズ（第2図参照）	要員の通行性に加えダクトサイズ（12B）を考慮するとサイズが大きくなるため、建設工事期間が長くなる。	要員の通行性を必要最低限確保することで、サイズを小さくできるため、建設工事期間が短くなり、早期竣工が可能となる。
		○	◎
	旧代替緊急時対策所への影響	干渉調整範囲が多いため、既設設備の干渉物の撤去・移設工事期間が長くなる。	干渉調整範囲が少ないため、既設設備の干渉物の撤去・移設工事期間が短くなり、早期竣工が可能となる。
		○	◎
	貫通部	バウンダリ内でのダクト敷設が可能であるため、バウンダリ部に貫通部が発生しない。	バウンダリ部に貫通部が発生するが、シール施工を実施することで要求を満足できる。(第3図参照)
		○	○

※1 技術基準規則第54条第1項第1号及び第76条並びにそれらの解釈に基づく設計  
 ※2 当該ダクトは給気ラインでありダクトの内部流体は外気から取り込んだ空気であるため、外気との温度差により結露は発生せず凍結の影響を受けることはない。また、降水に対して内部に雨水が流入しないように、配管の溶接接続等により防水対策を行う設計とする。なお、ダクト外部に対しては、外表面が金属であることから凍結・降水の影響は受けない。  
 ※3 地震の波及的影響により重大事故対処設備の機能に影響を与えないよう、耐震性を有する設計とするとともに、竜巻により防護対象施設の安全機能に影響を与えないよう、飛来物対策区域外に設置する設計とする。(第4図参照)

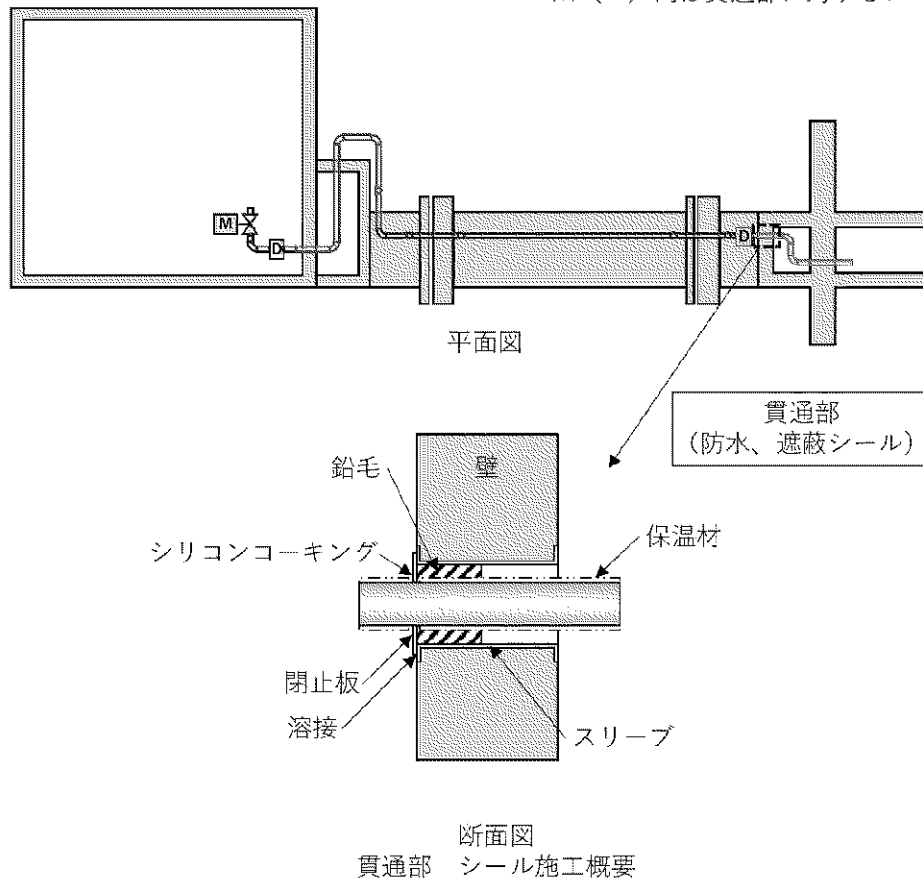


連絡通路内側（屋内）の場合

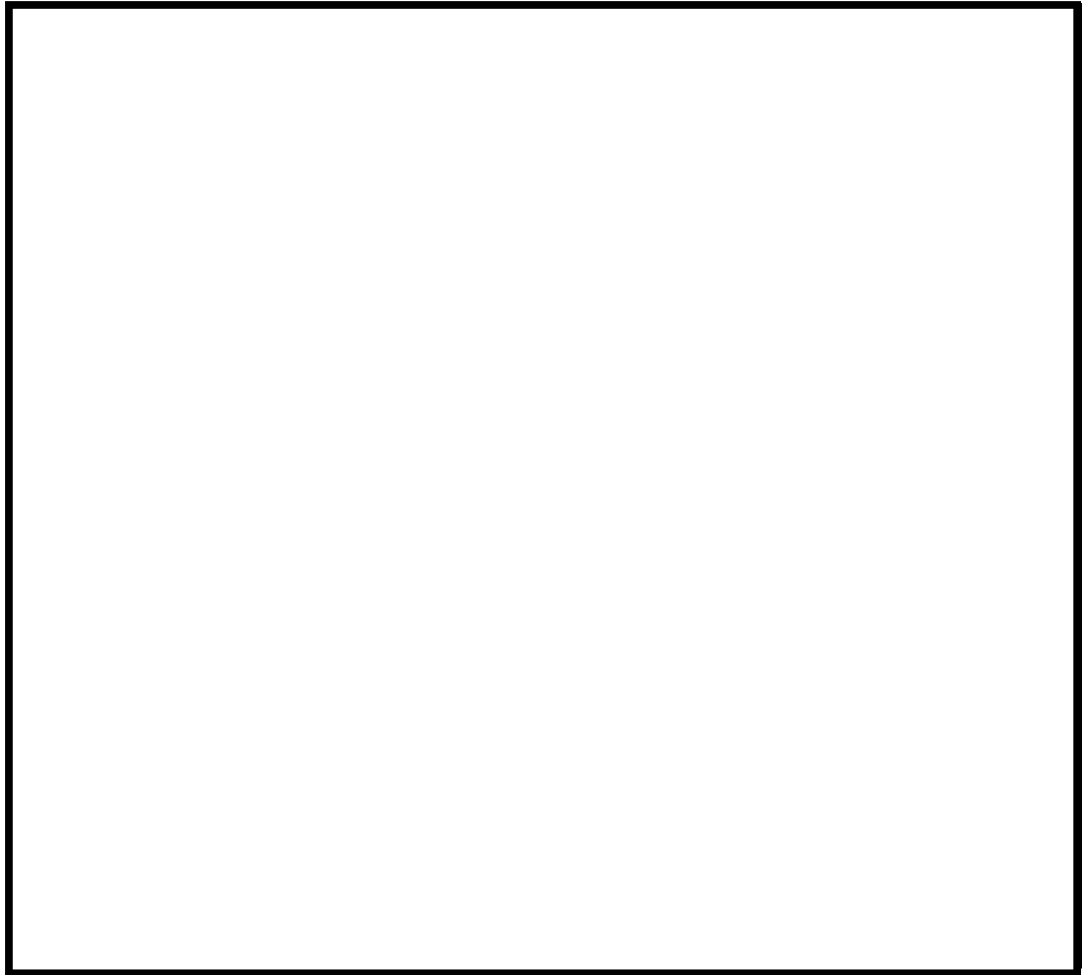
連絡通路外側（屋外）の場合

第2図 非常用空気浄化ライン設置位置の概要図

※（ ）内は貫通部に対するシール要求



第3図 ダクト貫通部のシール要領概要図



第4図 竜巻による飛来物対策区域図

緊急時対策棟の非常用空気浄化配管（重大事故等クラス2管）の  
使用前事業者検査及び供用期間中検査について

緊急時対策棟の2期工事で設置する非常用空気浄化配管（重大事故等クラス2管）の使用前事業者検査及び供用期間中検査にて計画している検査項目について以下に示す。

なお、本配管において想定される劣化モードは、外面腐食のみを想定している。

**1. 重大事故等クラス2管の使用前事業者検査**

設計及び工事計画認可申請書の「緊急時対策所に係る工事の方法」に基づき以下の検査を計画している。

(1) 構造、強度又は漏えいに係る検査

- ① 材料検査                      ② 寸法検査                      ③ 外観検査
- ④ 組立て及び据付け状態を確認する検査（据付検査）
- ⑤ 状態確認検査                ⑥ 耐圧検査                      ⑦ 漏えい検査

(2) 機能又は性能に係る検査

- ① 系統の機能又は性能の確認検査

**2. 重大事故等クラス2管の供用期間中検査**

発電用原子力設備規格維持規格等に準拠し、以下の検査を検討していく。

(1) 漏えい検査（不可の場合は代替の外観検査）

以 上

## 緊急時対策棟（連絡通路）の連結部に関する補足説明資料

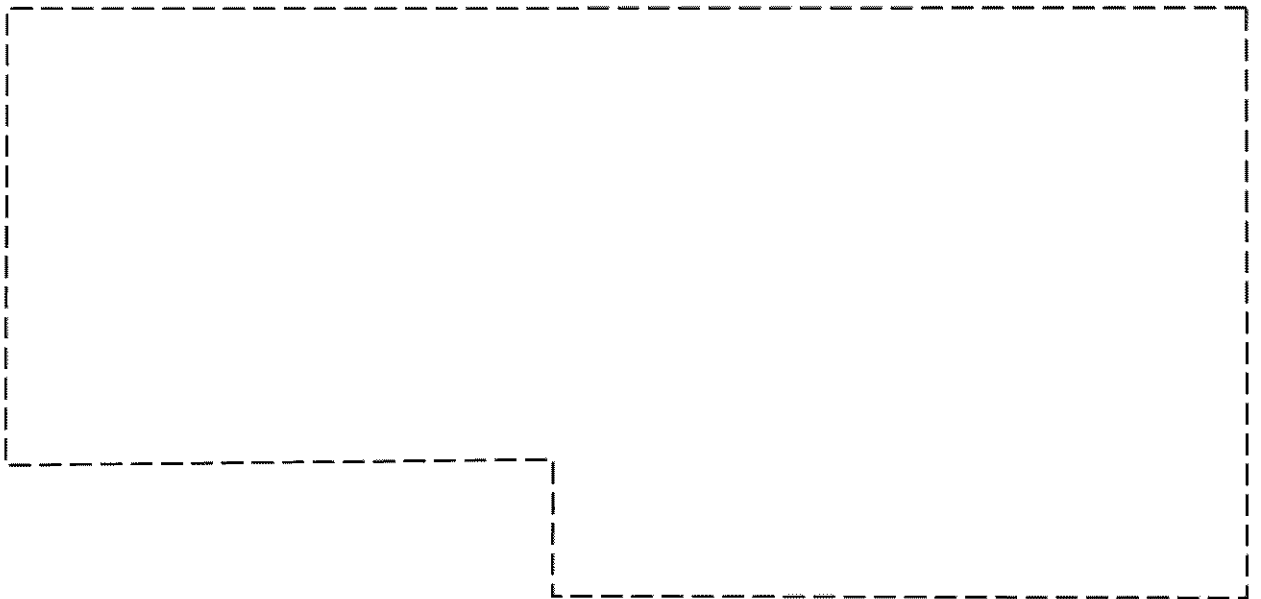
## 1. 概要

緊急時対策棟の連結部については、地震時の各建物の相対変位を考慮して約 100mm の隙間を設けることとしているが、設計及び工事計画において具体的な相対変位の評価結果を示し、当該連結部が相対変位の影響を考慮した設計となっていることを示す。

なお、連絡通路連結部の設計は、設置変更許可時から設計及び工事計画認可申請時において変更はない。連結部の設計上の考慮事項を以下に示す。

- ① 連結部は、地震時の各建物の相対変位を考慮して約 100mm の隙間を設ける。隙間は、ラビリンス構造とし、適切な遮へい厚を確保することで放射線防護対策を行う。
- ② 連結部のシール構造は、国内の原子力発電所の建屋間の接続部等で実績のある構造とし、材料は、当社の原子力発電所の配管貫通部シールとして使用実績のあるシリコンゴムを使用する。
- ③ 連結部の隙間の内側と外側の両方にシール材を取り付ける。内側シール材は、連絡通路内の空気ボンベ加圧対象エリアを正圧に維持することを目的とし、外側シール材は、連結部の隙間への放射性物質の侵入防止を目的とする。

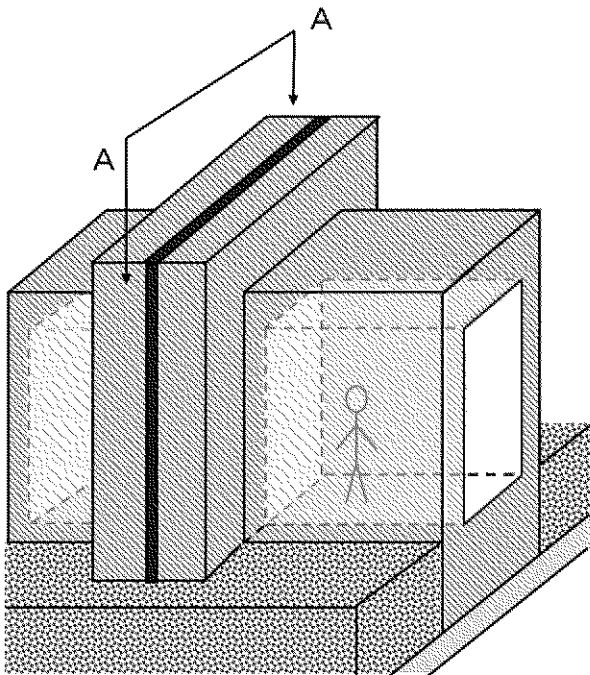
緊急時対策棟の連絡通路連結部を第 1 図に、緊急時対策棟の連絡通路連結部の概略図を第 2 図及び第 3 図に示す。



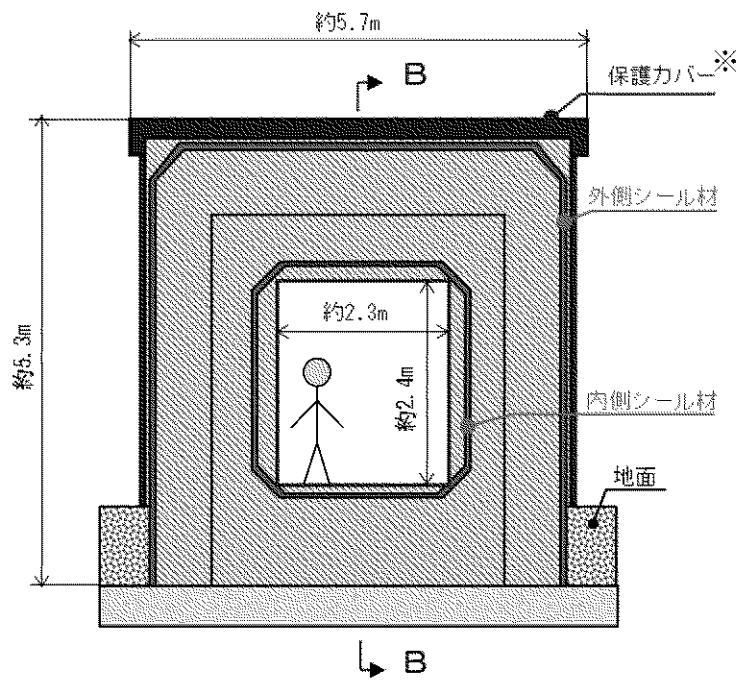
第 1 図 緊急時対策棟の連絡通路連結部

※ 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。



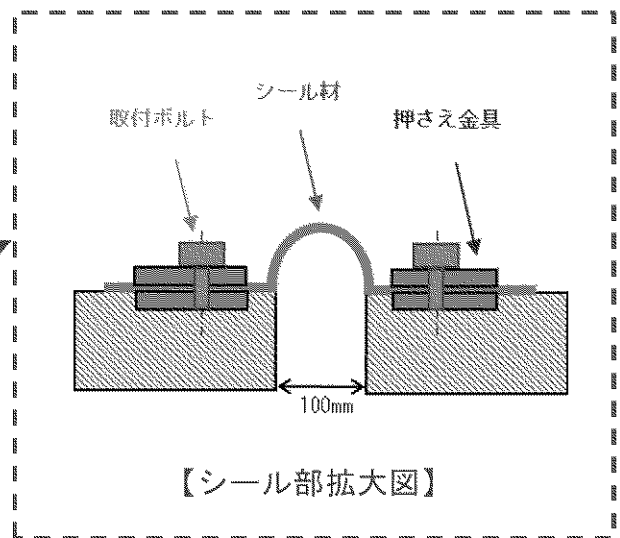
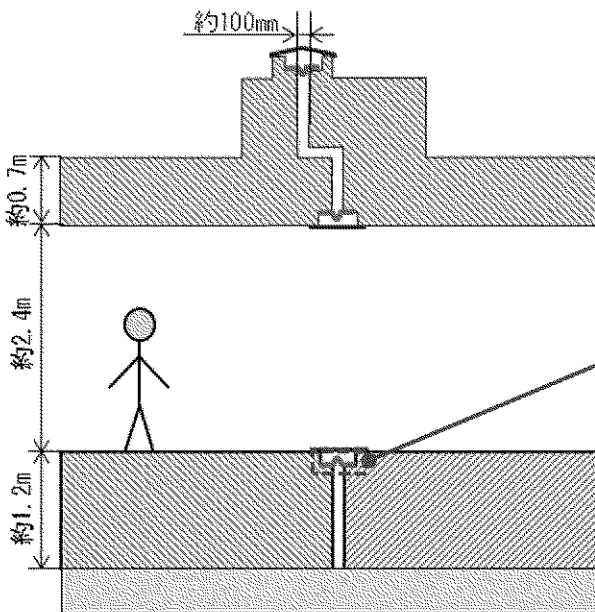


【立面図】



【A-A：正面から見た図】

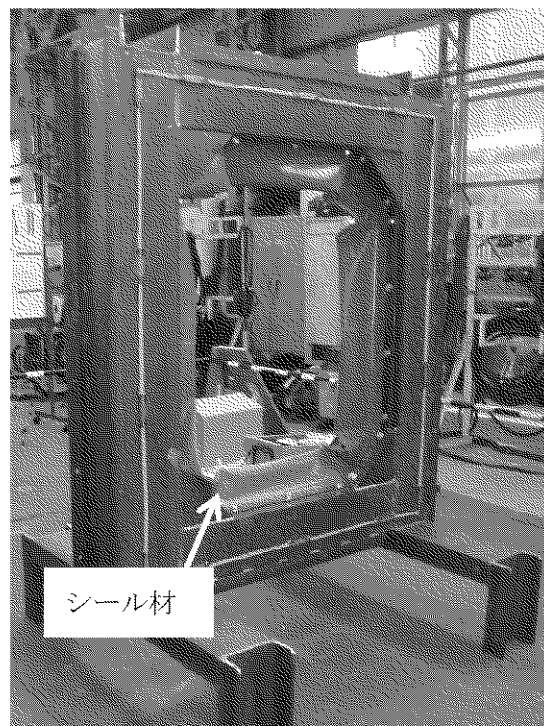
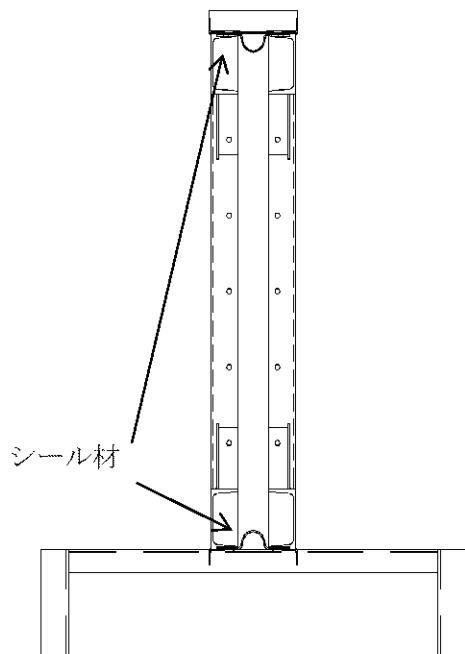
※：雨水避けを目的として設置  
(シールに対する遮光の機能も持つ)



【シール部拡大図】

【B-B：横から見た図】

第2図 緊急時対策棟の連絡通路連結部の概略図



第3図 緊急時対策棟の連絡通路連結部のモックアップ

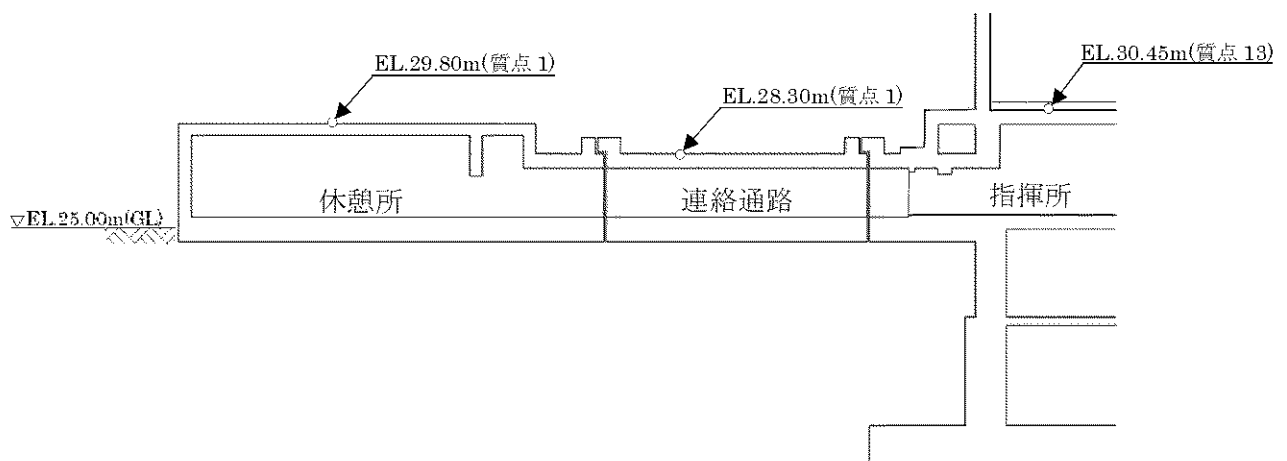
## 2. 相対変位の評価結果

### (1) 相対変位の評価方法

連結部が接触しないことの評価方法は、Ss地震時における緊急時対策棟(連絡通路)と緊急時対策棟(指揮所)及び緊急時対策棟(休憩所)との相対変位を算出し、各建屋間の離隔(100mm)を超えないことを確認する。

相対変位は、質点系モデルによる非線形地震応答解析を行い、各建屋の最大変位を足し合わせて算出する。

相対変位の算出位置は、緊急時対策棟(連絡通路)は EL.28.30m(屋根スラブ、質点1)、緊急時対策棟(指揮所)は EL.30.45m(2階床スラブ、質点13)、緊急時対策棟(休憩所)は EL.29.80m(屋根スラブ、質点1)の最大応答変位を算出して、各建屋の相対変位を算出する。第4図に各建屋の概略断面図を、第1表に各建屋の地震応答解析モデルを示す。



第4図 各建屋の概略断面図

第1表 各建屋の地震応答解析モデル

項目	今回工認		川内1号機 緊急時対策棟（指揮所）、 加圧設備棟及び燃料設備棟	川内1号機 緊急時対策棟（休憩所） （代替緊急時対策所）
	川内1号機 緊急時対策棟（連絡通路）			
モデル図	水平方向	<p>○：質点 ●：節点  ：部材番号</p>	<p>○：質点 ●：節点 □：部材番号</p>	<p>○：質点 ●：節点 □：部材番号</p>
	鉛直方向	<p>○：質点 ●：節点  ：部材番号</p>	<p>○：質点 ●：節点  ：部材番号</p>	<p>○：質点 ●：節点 □：部材番号</p>

(2) 相対変位の評価結果

「(1) 相対変位の評価方法」に示す方法による相対変位の評価結果を第2表及び第3表に示す。

緊急時対策棟（連絡通路）と緊急時対策棟（指揮所）及び緊急時対策棟（休憩所）のSs地震時における相対変位の最大値は5.1mm程度となり、各建屋間の離隔(100mm)を超えず、連結部が接触しないことを確認した。なお、地盤物性のばらつき及び減衰定数の不確かさを考慮した最大応答変位については、相対変位が最大となる連絡通路～指揮所間の結果を代表して記載する。

第2表 地震応答解析結果（相対変位）（連絡通路～指揮所）

方向	地震動	最大応答変位（ばらつきを考慮した最大値）		相対変位の最大値 (mm)
		緊急時対策棟 (連絡通路) (mm)	緊急時対策棟 (指揮所) (mm)	
NS	Ss-1H	0.9(1.1 <sup>*</sup> )	4.2(4.4)	5.1(5.5)
	Ss-2H	0.7(0.8)	3.0(3.3)	3.7(4.1)
EW	Ss-1H	0.7(0.8)	3.8(4.0)	4.5(4.8)
	Ss-2H	0.6(0.7)	2.8(3.1)	3.4(3.8)
鉛直	Ss-1v	0.1(0.2 <sup>*</sup> )	0.5(0.5)	0.6(0.7)
	Ss-2v	0.1(0.2)	0.4(0.4)	0.5(0.6)

※誘発上下動モデルを考慮して算出した値

第3表 地震応答解析結果（相対変位）（連絡通路～休憩所）

方向	地震動	最大応答変位		相対変位の最大値 (mm)
		緊急時対策棟 (連絡通路) (mm)	緊急時対策棟 (休憩所) (mm)	
NS	Ss-1H	0.9	1.3	2.2
	Ss-2H	0.7	0.8	1.5
EW	Ss-1H	0.7	1.2	1.9
	Ss-2H	0.6	0.8	1.4
鉛直	Ss-1v	0.1	0.2	0.3
	Ss-2v	0.1	0.2	0.3

## 連絡通路接続部シールの屋外環境下における健全性について

### 1. 既プラントにおける採用実績

連絡通路の接続部については、耐圧性及び耐熱性等に優れたシリコーンゴムによるシールを行っており、原子力プラントにおいても、建屋間相対変位が発生する可能性がある接続部に採用している実績がある。

また、水密性能を期待する箇所に対してのシールとしての採用実績も多数あり、原子力プラントにおいて一般的に用いられるものである。

### 2. シールの環境条件に対する実証試験

接続部シールは、第4表に示す通り多数の試験を行っている。

第4表 接続シールの試験内容

試 験 項 目	試 験 内 容 (判定値はメーカー社内基準による)
引 張 強 さ	耐熱性試験後及び耐屈曲性試験後、引張試験機により引張速さ 300±25mm/min で引張り、破断荷重が 196 N/10mm 以上あることを確認。
剥 離 強 さ	一端をナイフ等で剥離させた後、引張試験機により剥離速さ 300±25mm/min で剥離させ、剥離荷重が 9.8 N/25mm 以上あることを確認。
耐 圧 性	980±98 kPa の水圧を 1min～1min15s 付加し、破裂しないことを確認。
空 気 透 過 性	N <sub>2</sub> ガスまたは空気を 98±10 kPa にて 5～6min 付加し、石鹼水を用いて浸透漏洩のないことを確認。
耐 熱 性	250±2℃で 70～72h 加熱後、外観に異常のないことを確認。
耐 屈 曲 性	デマチャ式試験機 50000 回以上屈曲させ、き裂のないことを確認。
耐放射線性	2.58×10 <sup>3</sup> C/kg のγ線を照射後、劣化のないことを確認。
耐 候 性	キセノンウェザーメータで一定条件の紫外線を 200h 照射後、劣化のないことを確認。

### 3. シリコーンゴムの耐候性について

シリコーンゴムは様々な薬品を取り扱う工業分野や、人体に長期間埋め込むような医療分野等、耐環境性能が高い素材として広く産業界で用いられている。環境劣化に対する知見としては、US Army Material Commandによる長期間の曝露試験結果(1977年)<sup>④</sup>が知られる。曝露試験の結果を第5表に示す。これによると、複数の環境条件下の中で10年間放置した場合の性能変化を確認しており、いずれも劣化は小さいことを確認している。以上より、接続部シールのように屋外条件下にさらされた状況下で、仮に結露が発生した場合においても、シールが健全性を損なうことはない。

### 4. 保護カバーの設置について

上述の通り、接続部シールは耐環境性能が高い素材を用いているが、接続部シール上部に保護カバーを設置することで、通常待機時に日光や降雨の影響を受けない設計としている。併せて保護カバーについては、巡視の際に外観確認を行い、破損がないことを確認する。SA事象発生時は、仮に保護カバーの機能が喪失した場合においても、前述の実証試験等により、シールの機能が喪失することはない。

#### 【参考】

[1] 伊藤 邦雄(1985)ゴム材料の環境劣化と対策 日本ゴム協会誌58巻 12号 pp. 832-841

第5表 US Army Material Commandによる長期間曝露試験

第58巻 第12号 (1985)

伊藤 邦 雄

表7 HTV シリコーンゴム屋外曝露環境

	平均気温 (°F)				降雨量 (inch)				平均湿度 (%)			
	AL	RI	PA <sup>1)</sup>	PA <sup>2)</sup>	AL	RI	PA <sup>1)</sup>	PA <sup>2)</sup>	AL	RI	PA <sup>1)</sup>	PA <sup>2)</sup>
Jan	-27.4	14.3	81	80	0.01	2.01	2.14	1.50	84	66	87	90
Feb	-7.6	24.8	81	80	1.75	0.89	0.71	0.64	87	63	83	85
Mar	-2.5	39.2	80	78	0.34	0.85	1.85	2.44	66	58	83	84
Apr	27.1	47.2	80	78	0.32	3.96	7.26	8.70	50	57	83	89
May	45.4	56.3	77	77	0.38	6.39	22.87	18.30	48	52	93	98
Jun	63.3	70.5	76	80	0.19	4.25	4.49	4.24	34	54	90	96
Jul	62.5	77.9	78	78	0.83	7.74	16.57	11.80	37	52	93	97
Aug	57.1	70.6	80	77	0.59	0.77	19.90	19.80	43	53	94	100
Sep	50.1	62.9	79	79	0.15	2.80	15.15	11.25	42	52	93	99
Oct	24.3	52.5	78	78	0.29	4.38	16.01	19.62	65	46	93	99
Nov	0.6	41.7	77	78	2.06	1.12	33.50	34.76	78	61	93	99
Dec	-20.1	28.1	78	78	0.16	2.52	18.40	14.65	60	70	92	98
					7.07	37.68	158.85	147.70				

AL:アラスカ, RI:ロックアイランド, PA<sup>1)</sup>:パナマ (Sun), PA<sup>2)</sup>:パナマ (Rain Forest)

表8 HTV シリコーンゴムの耐候性 (10~75%低下するまでの年月)

	VMQ	PVMQ	PVMQ	FVMQ
硬 さ (ショア-A)	60	49	47	45
伸 び (%)	250	580	900	690
引張り強さ (psi)	830	1550	1360	690

種 類	暴 露 場 所	引張り強さの変化				伸びの変化			
		10%	25%	50%	75%	10%	25%	50%	75%
VMQ	パ ナ マ (OS)	5YR	7YR	>10YR	—	3.5YR	7.5YR	>10YR	—
	パ ナ マ (RF)	2.5YR	6.5YR	>10YR	—	7.5YR	9.5YR	>10YR	—
	ロックアイランド (OS)	7YR	>10YR	—	—	9.5YR	>10YR	—	—
	ロックアイランド (室内)	6YR	>10YR	—	—	5.5YR	>10YR	—	—
	アラスカ (OS)	>10YR	—	—	—	>10YR	—	—	—
	加熱促進400°F	>1D	1D	>14D	—	>14D	—	—	—
PVMQ	パ ナ マ (OS)	<6M	<6M	1YR	2YR	<6M	<6M	1YR	5.5YR
	ロックアイランド (OS)	<6M	<6M	1YR	6YR	<6M	<6M	2YR	10YR
	ロックアイランド (室内)	7YR	>10YR	—	—	1YR	6.5YR	>10YR	—
	アラスカ (OS)	<6M	1.5YR	6YR	>10YR	<6M	1.5YR	5YR	>10YR
	加熱促進400°F	<1D	2D	>14D	—	<1D	1D	>14D	—
PVMQ (FT プラック添加)	パ ナ マ (OS)	1YR	9YR	>10YR	—	1YR	3YR	>10YR	—
	ロックアイランド (OS)	<6M	2YR	>10YR	—	<6M	1.5YR	>10YR	—
	ロックアイランド (室内)	6YR	>10YR	—	—	2.5YR	6.5YR	>10YR	—
	アラスカ (OS)	3.5YR	>10YR	—	—	2YR	>10YR	—	—
	加熱促進400°F	<1D	2.5D	14D	>14D	<1D	1D	7D	>14D
FVMQ	パ ナ マ (OS)	1.5YR	3.5YR	6.5YR	>10YR	<6M	<6M	6M	>10YR
	ロックアイランド (OS)	>10YR	—	—	—	<6M	1YR	4YR	>10YR
	アラスカ (OS)	1YR	3.5YR	>10YR	—	6M	1.5YR	>10YR	—
	加熱促進400°F	5D	10D	>14D	—	<1D	2D	>14D	—

\* 全グレードとも10年放置後の外観異常は認められない。