



美浜発電所 3号機
原子炉格納容器電気配線貫通部取替工事に係る
設計及び工事計画認可申請の概要について

関西電力株式会社

2020年9月8日

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。

原子炉格納容器電気配線貫通部取替工事を行うため、工事概要ならびに技術基準への適合性について説明する。

説明項目	ページ 番号
1. 全体スケジュール	2
2. 工事の概要について	3～8
3. 設計及び工事計画認可申請の内容について	9～11
4. 既工認と今回申請書との主な内容比較について	12
<参考1> モジュール型ペネトレーションの当社導入実績	13
<参考2> 耐震評価の概要	14
<参考3> 強度評価の概要	15

2. 原子炉格納容器電気配線貫通部取替工事の概要について

【工事目的】

電気計装設備の原子炉格納容器電気配線貫通部のうち、キャニスター型の三重同軸型電気ペネトレーションについて、経年劣化を考慮した予防保全の観点から取り替える。なお、キャニスター型電気ペネトレーションは既に製造中止となっていることから、モジュール型電気ペネトレーションに更新を行う。

※電気ペネトレーションとは原子炉格納容器電気配線貫通部といい、原子炉格納容器内外で運転時の異常な過渡変化時及び事故時を通じて「格納容器バウンダリ」を形成するような気密性を有し、電力及び制御信号を送受するための電線貫通金物である。

【工事概要】

電気ペネトレーション（2台：放射線監視装置用）を取替える。

主な変更点は以下の通り。

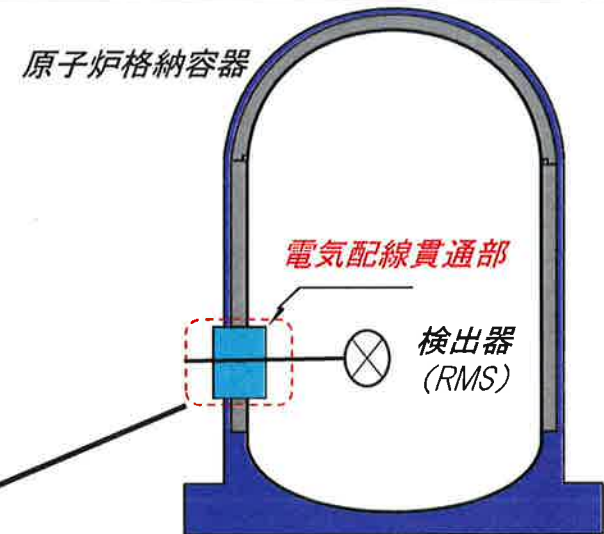
- (1) 主要寸法の変更（要目表記載対象）
- (2) 材料の変更（要目表記載対象）
- (3) ペネトレーションの型式変更（要目表記載対象外）

変更前： キャニスター型

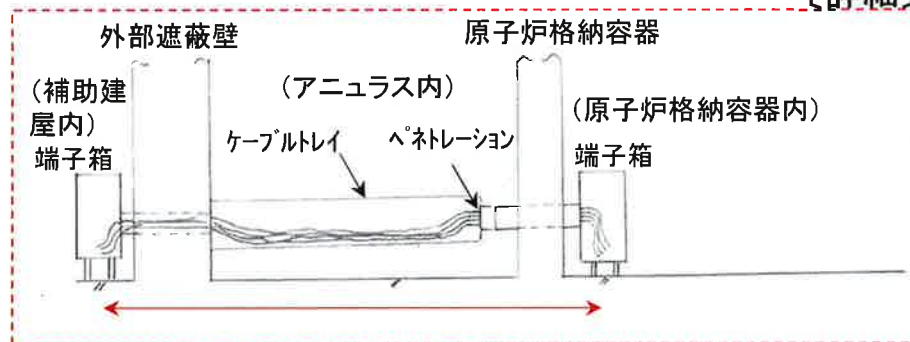
変更後： モジュール型（大飯3,4号機及び高浜1,2号機での導入実績あり）

- (4) 対象

放射線監視装置[格納容器内高レンジエリアモニタ]（RMS）のケーブルが貫通する電気配線貫通部



【詳細】



【電気ペネトレーション（ケーブル含む）取替範囲】

- ・補助建屋端子箱のケーブルから電気ペネトレーション及び格納容器内端子箱のケーブルまでを取り替える。
- ・今回は計装用ケーブルの三重同軸型が対象となる。

【取替範囲の概略図】

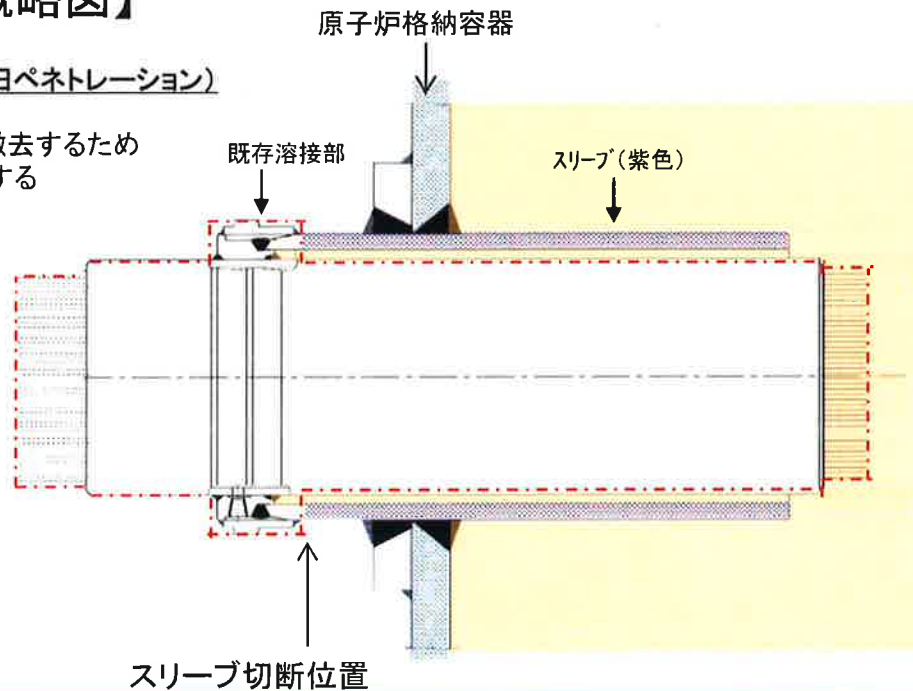
取替前: キャニスター型(旧ペネトレーション)

- ・旧ペネトレーションを撤去するためスリーブの一部を切断する

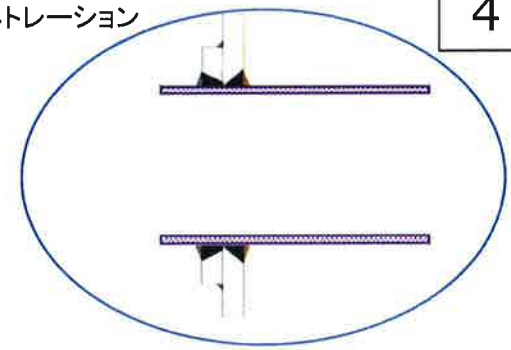
凡例

撤去範囲を示す

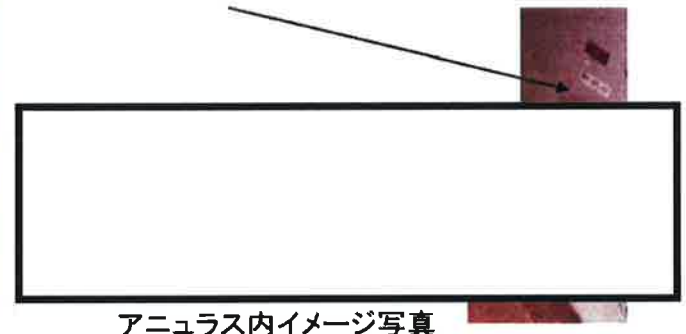
原子炉格納容器内圧範囲を示す



キャニスター型ペネトレーション撤去後の状態

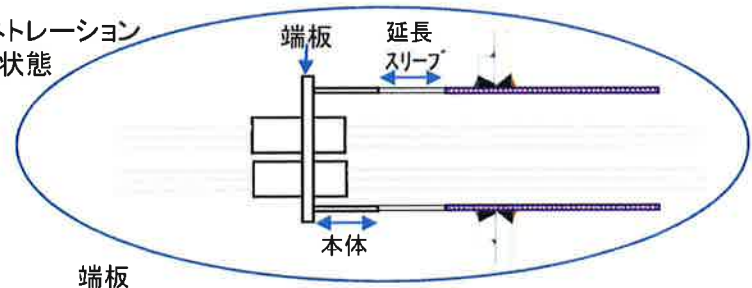
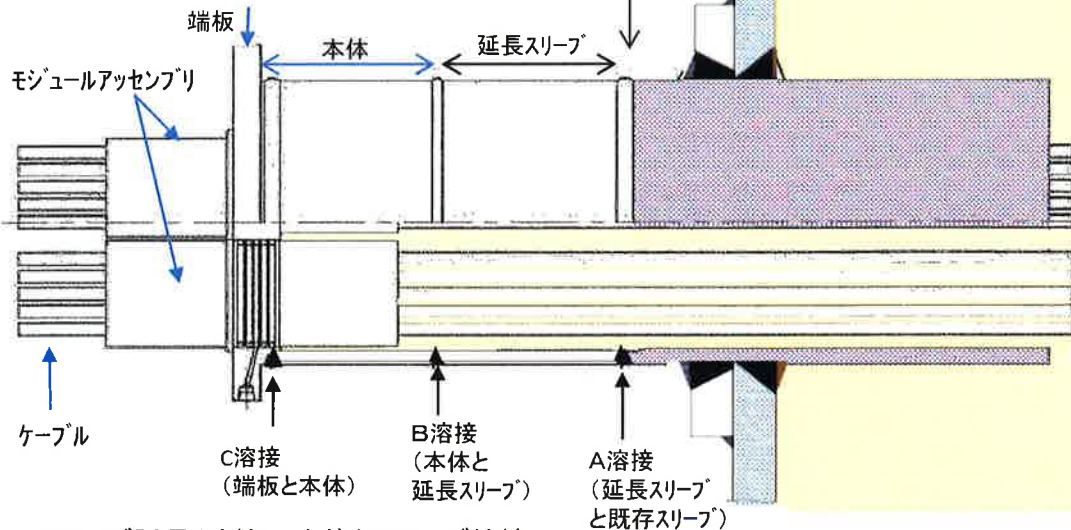


原子炉格納容器



取替後: モジュール型(新ペネトレーション)

モジュール型ペネトレーション本体取付け後の状態



端板



モジュール型本体イメージ写真

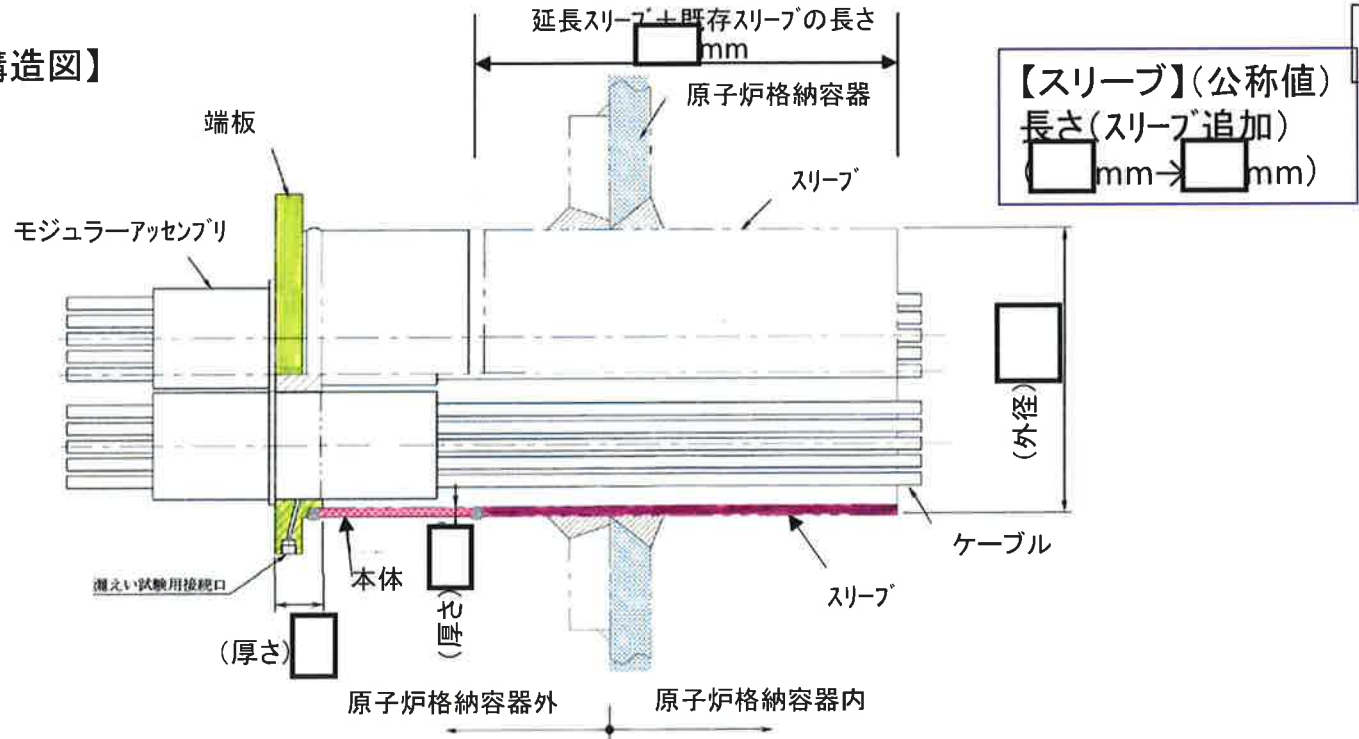
- ・スリーブ延長(溶接)、本体とスリーブ接続(溶接)を行う。(本体と端板溶接は工場)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

【モジュラー型電気ペネトレーション構造図】

【端板】(公称値)
 厚さ
 () mm → () mm

【本体】(公称値)
 外径
 () mm → () mm
 厚さ
 () mm → () mm



【スリーブ】(公称値)
 長さ(スリーブ追加)
 () mm → () mm

【要目表】

貫通部 番号	種類	個数	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	構成	変更前				変更後				
						主要寸法 (mm)			材 料	主要寸法 (mm)			材 料	
						外 径	長 さ	厚 さ			外 径	長 さ		厚 さ
(注3, 5) 550 553 557 559	電線 貫通部	(注4) 4	0.261 (注2)	122 (注2)	スリーブ	変更なし								
					本 体									
					端 板									
					溶接 リング									
(注3) 555 561	電線 貫通部	(注4) 2	0.261 (注2)	122 (注2)	スリーブ	変更なし								スリーブ
					本 体									本 体
					端 板									端 板
					溶接 リング									

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

技術基準等要求事項と検査関連の整理

耐圧・漏えい試験		漏えい率試験	
使用前事業者検査 (構造、強度又は漏えいに係る検査)	使用前事業者検査 (主要な耐圧部の溶接に係る検査)	使用前事業者検査 全体漏えい率試験 (A種試験)	局部漏えい率試験 (B種試験)
第二十一条 1項 第五十八 1項 (耐圧試験等)	第十七条 15号 第五十五 1項7号 (材料及び構造)	第二十一条 3項 第五十八 2項 (耐圧試験等)	第四十四条 1項 (原子炉格納施設)
JSME 設計・建設規格 (2012)	JSME 溶接規格(2012/2013)	JEAC 4203-2008	JEAC 4203 -2008
仮設材 (加圧空間構成材) を設置し、 使用時の圧力に相当する内圧をかけ、 鋼管母材及び溶接部に過度な変形がないこと、 著しい漏えいがないことを確認。	仮設材 (加圧空間構成材) を設置し、 使用時の圧力に相当する内圧をかけ、 溶接部に過度な変形がないこと、漏えいがないことを確認。	CV内について、最高使用圧力の0.9倍の内圧をかけ、 著しい漏えいがないことを確認。	圧力が安定した時間から30分以上経過後、 圧力降下法により漏えい量を漏えい率に換算し 著しい漏えいがないことを確認。 (加圧空間構成材不要)
1.2Pd (約3時間)	1.2Pd (約3時間)	0.9Pd (約24時間)	0.9Pd(30分以上)
図1 参照	図1 参照	図2 参照	図1、2 参照

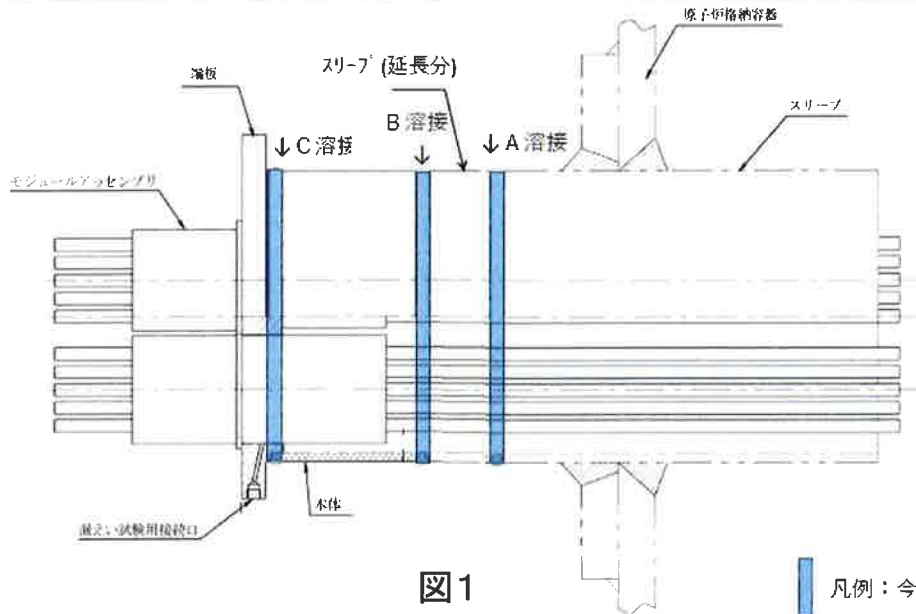
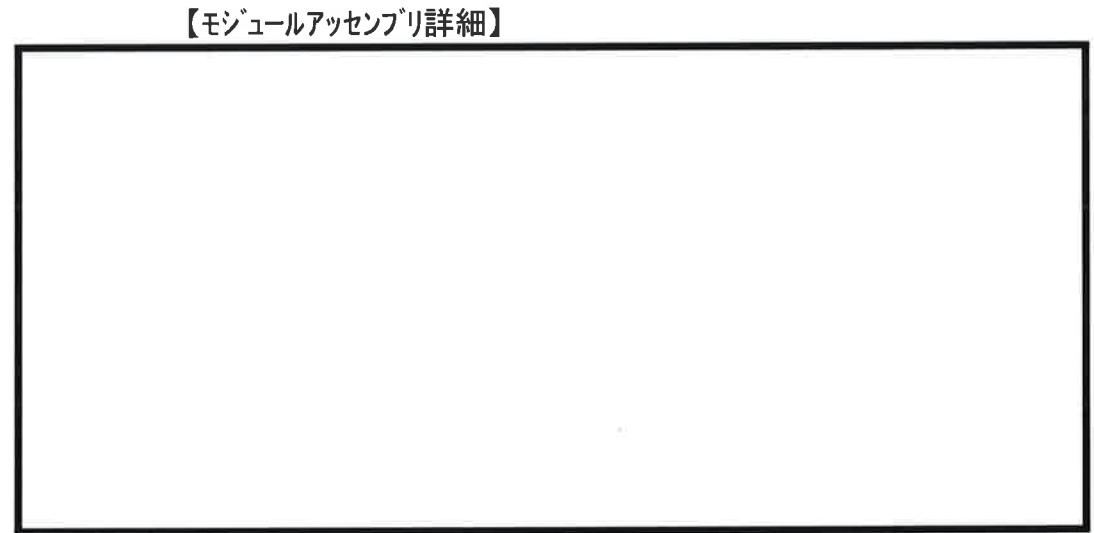


図1

凡例：今回申請の溶接箇所



【モジュールアセンブリ詳細】

図2

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

・第十五条2項(保守点検(試験及び検査含む))

保全プログラムに基づく保守点検

定検毎に保全プログラムに基づく下記の点検を実施

- ・圧力計点検
- ・サブヘッダーリークテスト
- ・電気ペネトレーションリークテスト(下図*)
- ・外観点検

* JEACによるB種試験

日常点検

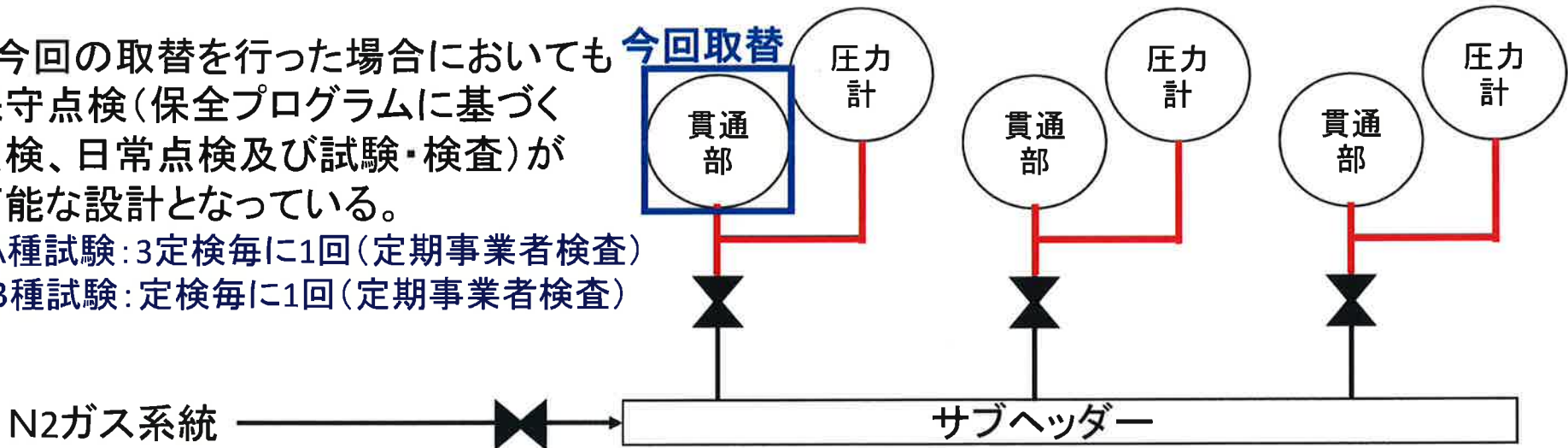
2ヶ月及び4ヶ月毎に下記の日常点検を実施

- 2ヶ月毎
- ・一括リークチェック
 - ・外観点検

- 4ヶ月毎
- ・サブヘッダー毎のリークチェック

今回の取替を行った場合においても
保守点検(保全プログラムに基づく
点検、日常点検及び試験・検査)が
可能な設計となっている。

- ・A種試験: 3定検毎に1回(定期事業者検査)
- ・B種試験: 定検毎に1回(定期事業者検査)



・第四十四条1項1号ハ(漏えい試験)

「原子炉格納容器を貫通する箇所及び出入口は、想定される漏えい量その他の漏えい試験に影響を与える環境条件に応じて漏えい試験ができること。」の要求に対し、電気ペネについては、端板に漏えい試験用接続口を設けており、電気ペネトレーションをスリーブに溶接後においても漏えい試験を実施することを可能な設計としている。

また、技術基準の解釈については「第1号ハに規定する「漏えい試験ができる」とは、「漏えい率試験規程(JEAC 4203-2008)」の規定に「日本電気協会「原子炉格納容器の漏えい率試験規程(JEAC 4203)」の適用に当たって(別記-8)」の要件を付した試験ができること。」との記載に対し、電気ペネトレーションの漏えい率試験はJEAC4203-2008に準拠し、また別記-8に記載の「(2)2.5 B種試験総合漏えい率の判定基準に見込む「漏えいの増加要因を考慮した余裕係数」を0.2とすること。」を満足している。

〔補足〕

試験圧力における許容漏えい率にさらに余裕係数を考慮した値(1-0.2)を乗算し、より安全側に許容漏えい率を設定している。

3. 設計及び工事計画認可申請の内容について(1/3)

【申請概要】

「原子炉格納施設」のうち「原子炉格納容器」原子炉格納容器電気配線貫通部の要目表（構成、主要寸法及び材料）を変更する。
 なお、今回の申請では、取替に伴う原子炉格納施設評価への影響があるものに関して、必要とする添付書類として説明書を添付した。

	資料名	認可申請の内容
本文	原子炉格納施設（要目表）	・取替に伴い構成、主要寸法及び材料の一部が変更となる。
	基本設計方針、適用基準及び適用規格	・基本設計方針(変更なし、記載適正化：使用前事業者検査、定期事業者検査) ・適用基準及び適用規格(JSME規格追加)
添付資料	資料1:発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書	・本文（五号）耐圧部材料の整合性、試験・検査等についての整合性（使用前事業者検査、定期事業者検査） ・本文（十一号）品質管理に必要な体制の整備についての整合性
	資料2:設備別記載事項の設定根拠に関する説明書	・スリーブ、本体、端板についての最高使用圧力・温度、外径等の設定根拠について説明
	資料3:安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書	・技術基準規則14条(安全設備)、15条(設計基準対象施設の機能)及び54条(重大事故等対処設備)に基づく健全性の説明（悪影響防止、環境条件等、試験・検査性）
	資料4:発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書	・技術基準規則11条(DB)、52条(SA)及び火災防護に係る審査基準に基づく火災防護対策の説明（火災区域及び火災区画に対して、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減等）
	資料5:耐震性に関する説明書	・技術基準規則5条(DB)、50条(SA)に基づく適合性の説明（原子炉格納容器貫通部が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることなど）
	資料6:強度に関する説明書	・技術基準規則17条(DB)、55条(SA)に基づく適合性の説明(原子炉格納容器貫通部における材料及び構造について、適切な材料を使用し、十分な構造及び強度を有していること)
	資料7:原子炉格納施設の設計条件に関する説明書	・技術基準規則44条に基づく適合性の説明(原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能評価及びその他影響確認等)
	資料8: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	・設計に係る品質管理の方法により行った管理の実績又は行おうとしている管理の計画、並びに、工事及び検査に係る品質管理の方法、組織等についての具体的な計画を説明 ・「設計及び工事に係る品質マネジメントシステム」に基づく設計に係るプロセスの実績、工事及び検査に係るプロセスの計画について説明

3. 設計及び工事計画認可申請の内容について(2/3)

技術基準規則の要求事項	今回申請
(第5条 地震による損傷の防止)	変更を行う設備が、耐震性に影響がないことを確認する必要があるため、変更の工事の内容（本申請内容）に関連し評価を実施。 【耐震性に関する説明書】
(第11条 火災による損傷の防止)	原子炉格納施設のうち電気配線貫通部は、火災の発生防止、火災の感知・消火及び火災の影響軽減対策の対象設備であるため、本条文を適用する。材料が変更となることから、火災による損傷の防止が図られた設計であることを確認する必要があるため評価を実施。 【発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書】
(第14条 安全設備)	設計基準事故時及び当該事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その機能を発揮することができることを確認する必要があるため評価を実施。 【安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書】
(第15条 設計基準対象施設の機能)	設計基準事故時において、その機能を発揮することができることを確認する必要があるため評価を実施。 【安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書】
(第17条 材料及び構造)	本条文の適用を受ける対象設備に対する要求に変更はないが、材料が変更となるため評価を実施。 【強度に関する説明書】
(第21条 耐圧試験等)	クラス機器及び原子炉格納容器の耐圧試験等に対する要求であり、本設備は、原子炉格納容器に該当するため評価を実施。 【原子炉格納容器の工事の方法】
(第44条 原子炉格納施設)	原子炉格納施設に対する要求であり、本設備は、原子炉格納施設に該当するため評価を実施。 【原子炉格納施設の設計条件に関する説明書】

3. 設計及び工事計画認可申請の内容について(3/3)

技術基準規則の要求事項	今回申請
(第50条 地震による損傷の防止)	変更を行う設備が、耐震性に影響がないことを確認する必要があるため、変更の工事の内容（本申請内容）に関連し評価を実施。 【耐震性に関する説明書】
(第52条 火災による損傷の防止)	原子炉格納施設のうち電気配線貫通部は、火災の発生防止、火災の感知・消火及び火災の影響軽減対策の対象設備であるため、本条文を適用する。材料が変更となることから、火災による損傷の防止が図られた設計であることを確認する必要があるため評価を実施。 【発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書】
(第54条 重大事故等対処設備)	変更を行う設備が常設重大事故等対処設備に該当するため評価を実施。 【安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書】
(第55条 材料及び構造)	本条文の適用を受ける対象設備に対する要求に変更はないが、材料が変更となるため評価を実施。 【強度に関する説明書】
(第58条 耐圧試験等)	クラス機器及び原子炉格納容器の耐圧試験等に対する要求であり、本設備は、原子炉格納容器に該当するため評価を実施。 【原子炉格納容器の工事の方法】

【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】については、設工認等に関する改正内容を反映。

・本文への「工事の方法」追加、「品質マネジメントシステム」の変更

4. 既工認と今回申請書との主要内容比較について

項目	既工認	今回申請
要目表	構成、主要寸法、材料	型式変更による仕様の変更。
	最高使用圧力 最高使用温度 重大事故等時における使用時の値を注記。	変更なし
基本設計方針	原子炉格納施設に係る基本設計方針の記載が必要。	変更工事の内容に係りのある基本設計方針の変更はない。

<参考 1> モジュール型ペネトレーションの当社導入実績

▶ 当社では、モジュール型ペネトレーションは大飯発電所や高浜発電所での導入実績もあり完成試験項目（耐圧試験、気密試験、Heリーク試験、導体抵抗、耐電圧、特性インピーダンス、ノイズ特性、パルス試験等）を実施しキャニスター型と遜色ない性能、強度を有していることを確認している。

	大飯 3号機	大飯 4号機	高浜 1号機	高浜 2号機	美浜 3号機
導入台数 (3重同軸)	4台	4台	6台※ ¹	5台※ ¹	2台※ ² (設置予定)
主な 使用設備	・高レンジエリアモニタ ・核計測装置		・高レンジエリアモニタ ・核計測装置		・高レンジエリアモニタ ・核計測装置
設置時期	H3.12建設時	H5.2建設時	H28.6工事計画認可後設置（取替工事実施）	H28.6工事計画認可後設置（取替工事実施）	今回申請 (取替工事実施予定)

※ 1 : ウestingハウス社製から三菱電機製（国産化）へ変更

※ 2 : キャニスター型（高経年化）からモジュール型へ変更

<参考3> 強度評価の概要

- 原子炉格納容器電気配線貫通部の強度評価部位は、取替前後で同じである。
(評価部位は、端板、本体及びスリーブ)
- 最小使用厚さが、計算上の必要厚さを上回っていることで、強度が十分であることを確認している。

<評価部位：左図赤枠>



<評価結果 (抜粋)>

FORMAT-1 電線貫通部 本体および端板

貫通部番号 555, 561

電線貫通部の強度計算結果(1/4)

(1) 本体の板厚計算

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	本体内径 (mm)	許容引張応力 (MPa)	材 料	継手効率	計算上必要な厚さ (mm)	最小使用厚さ (mm)
P	(℃)	D_1	S_{w1}		η	t_1	t_1
0.261	122	[Red Box]	131	STS480	1.0	[Red Box]	10.3

評価：上記の最小使用厚さは、計算上必要な厚さ以上であるので、強度は十分である。

(2) 端板の板厚計算

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	端板内径 (mm)	許容引張応力 (MPa)	材 料	継手効率	計算上必要な厚さ (mm)	最小使用厚さ (mm)
P	(℃)	d	S_{w2}		K	t_2	t_2
0.261	122	[Red Box]	124	SUS304L	0.33	[Red Box]	52

評価：上記の最小使用厚さは、計算上必要な厚さ以上であるので、強度は十分である。

FORMAT-2 電線貫通部 スリーブ

貫通部番号 555, 561

スリーブの強度計算結果 (1/19)

a. 規格計算

(1) スリーブ本体 (管台) の厚さの計算

最高使用 圧 力 (MPa)	最高使用 温 度 (℃)	スリーブ 本体の外径 (mm)	許容 引張応力 (MPa)	継手効率	必要な厚さ (mm)	計算上 必要な厚さ (mm)	炭素鋼鋼管の 必要な厚さ (mm)	実際使用 最小厚さ (mm)
P	(℃)	D_1	S_{w3}	η	t_{w3}	$t_{w3} + t_{w3}$	$t_{w3} + t_{w3}$	t_{w3}
0.261	122	[Red Box]	129	1.00	3.8	0.4	[Red Box]	13.125

評価：上記の実際使用最小厚さ t_{w3} は、必要な厚さ t_{w3} 以上であるので強度は十分である。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません