

美浜発電所3号機

設計及び工事計画認可申請書 補足説明資料

2021年1月25日

関西電力株式会社

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。

1. 目 的	3
2. 概 要	4
3. 種類・構造・特徴・用途	5
4. 試験・検査	10
5. キャニスター型とモジュラー型のバウンダリーの違い	11
6. 現地耐圧試験のイメージ	12
7. 当社のモジュラー型導入実績プラントの据付状態	12
8. 美浜発電所の現状状態（取替前：キャニスター型 3 重同軸ケーブル）	13
9. 設計及び工事計画認可申請書に添付する書類の整理について	14
10. 設計及び工事計画認可申請における適用条文等の整理について	18
11. 高浜 1, 2 号機、美浜 3 号機比較一覧	28
12. 技術基準等要求事項と検査関連の整理について	44
13. 溶接箇所に対しての溶接後熱処理について	48
14. 延長スリーブの必要性について	49
15. 技術基準規則 18 条、56 条（使用中の亀裂等による破壊の防止） の適用要否の判断について	50
16. 原子炉格納容器 評価温度、圧力の評価における経年劣化の影響について	51
17. 取替工事のステップ説明と耐震、強度の概要説明	54
18. 技術基準規則 34 条（計測装置）、73 条（計装設備）の適用要否について	74
19. 原子炉格納容器の電気配線貫通部に対する火災防護の設計について	77
20. 電気配線貫通部取替工事における「工事の方法」の該当箇所について	81
21. 電気ペネトレーション取替に関連する原子炉冷却系統施設及び原子炉格納施設の 基本設計方針の最新版について	83
22. 耐震性に関する説明書の補足説明	84

1. 目的

原子力規制庁の安全研究成果報告である「電気・計装設備用高分子材料の長期健全性評価に係る研究」(令和2年6月。以下「成果報告」という。)において、高経年化技術評価等の審査における技術的妥当性の確認に資することを目的として、SA時環境下の電気ペネトレーションの絶縁性能等に係る調査・試験が行われている。成果報告では、従来の美浜発電所3号機における電気ペネトレーションの試験条件と異なる条件※において長期健全性評価が実施されている。

成果報告は研究報告の段階であり、審査及び検査における判断の根拠となり得る NRA 技術報告として取りまとめられたものではなく、炉規則第82条第4項に基づく評価を行う必要はないと認識している。しかしながら、この成果報告において、事故時環境暴露試験条件(※の②)については、従来の試験条件においても、美浜発電所3号機のSA時環境下の試験条件を包絡していることから問題はないものの、通常時劣化条件(※の①)については、成果報告と同等の条件による長期健全性試験に基づく評価を実施すると、ケーブル以外の電気ペネトレーションの絶縁材の部分において厳しい結果となることは否定できない。このため、美浜発電所3号機の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は、自主的安全性向上対応として、可能な限り至近の定期検査にて、成果報告で長期健全性評価が実施されている、供試体と形状は異なるものの絶縁材が同じ硬質エポキシ樹脂を使用したモジュラー型電気ペネトレーションに取替を実施すべく、電気ペネトレーションの作成期間も考慮して、現在、本認可申請をしているものである。なお、絶縁性能を担保している樹脂部分においては、体積抵抗率が現状のキャニスター型に使用されているシリコン樹脂(約 $1.7 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$)よりも取替後のモジュラー型に使用されているエポキシ樹脂(約 $3.7 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$)の方が良く、絶縁性能が良い。

また、取替後のモジュラー型電気ペネトレーションについても、現状のキャニスター型電気ペネトレーションの高経年化技術評価と同様に長期健全性評価を実施し、60年の通常運転に加えてその後の事故環境においても健全性を維持できることを評価しており(添付資料7「原子炉格納容器の設計条件に関する説明書」別紙—1)、保安規定に定めている長期施設管理方針を変更する必要は無いと判断している。

※成果報告と従来の試験手法との違いとしては以下の通り。

①通常時劣化：従来は高温高放射線により短期間で劣化させている。

(105℃—7日、500kGy)

成果報告では低温低放射線の同時加速で長期間じっくり劣化させている。(より実機の状況を模擬していると言われている。)

(100℃・100Gy/h・100日)

②事故時環境暴露：従来はDB条件を包絡する試験条件で実施し、SA環境も含めて包絡していることを机上で評価。

(最高温度：190℃、最高圧力：0.414MPa)

成果報告では、SA環境を大きく包絡する条件での試験を実施しており、より保守的な評価を実施。

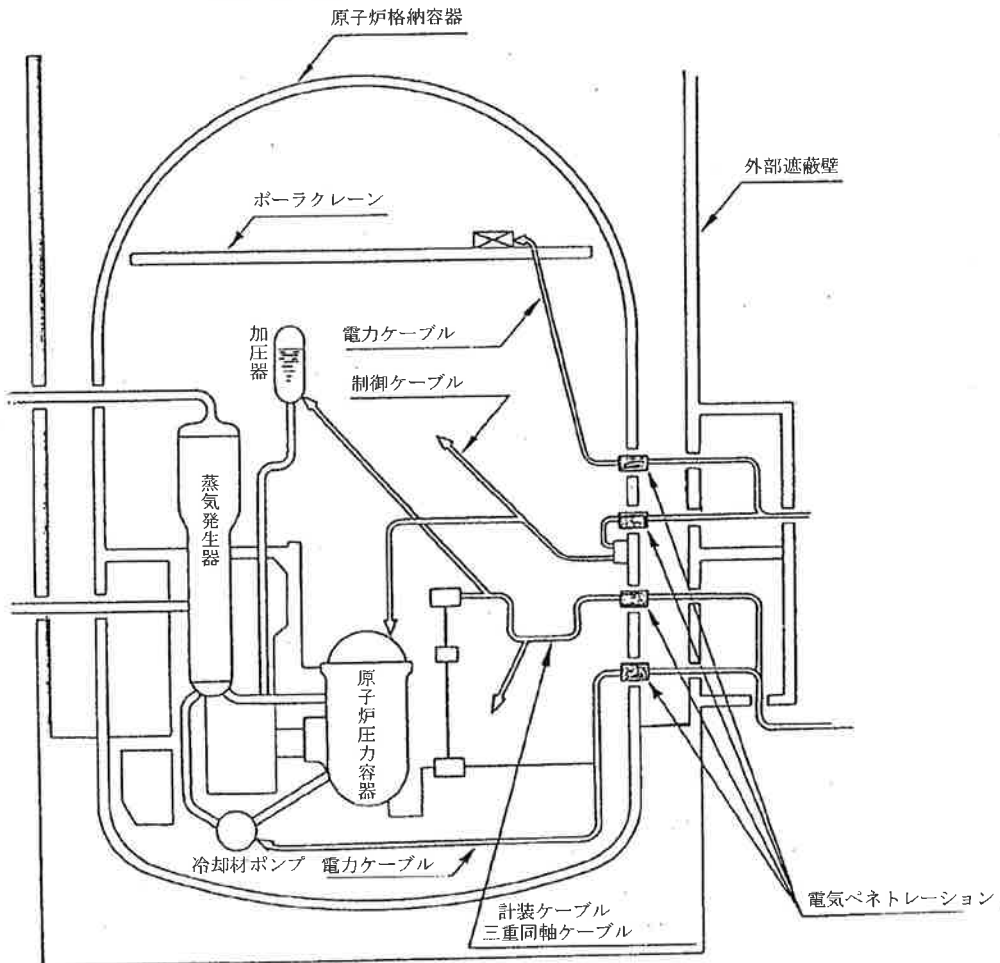
(最高温度：200℃、最高圧力：0.9MPa)

2. 概要

電気ペネトレーションは原子炉格納容器電線貫通部といい、原子力発電所の原子炉格納容器内外で、運転時の異常な過度変化時および事故時を通じて「格納容器バウンダリ」を形成するような高度な気密性を有し、電力および制御信号を送受するための電線貫通金物である。

格納容器の電線貫通部には、補助建屋等に対するシール構造の電気ペネトレーションが使用される。電気ペネトレーションは、大別して、キャニスター型とモジュラー型に分けられている。ケーブルの用途と種類によって、ブッシング形、ピッグテール形、同軸形の3形式がある。

格納容器電線貫通部(電気ペネトレーション)取付概要図



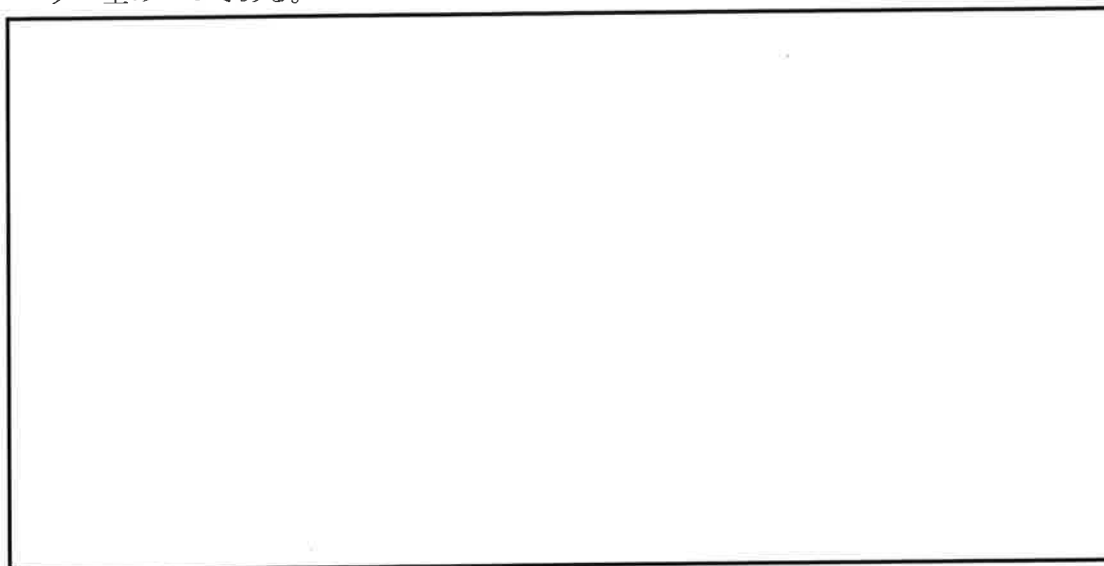
3. 種類・構造・特徴・用途

(1) 電気ペネトレーションの種類・構造・特徴・用途

a. 電気ペネトレーションの種類・構造・特徴

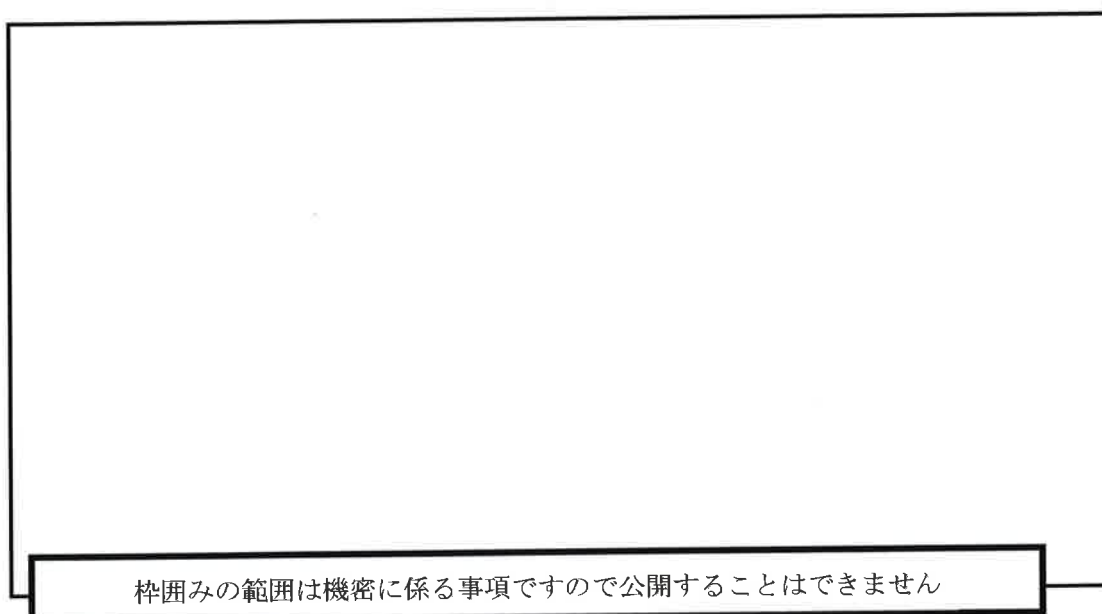
(a) ブッシング形

6.6kV と 440V の電力用に使用されているもので、外部ケーブルとの接続は導体引出棒と導体棒を圧縮している。内部には N2 ガスを封入し、気密構造になっている。キャニスター型の一つである。



(b) ピッグテール形

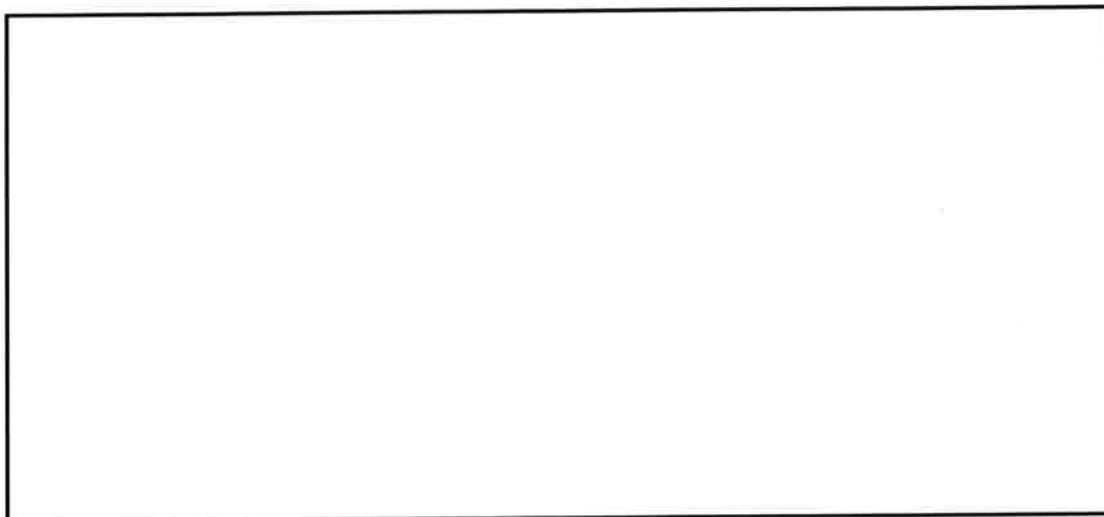
440V以下の低圧電力、制御用、計装用に使用されているもので、外部ケーブルとの接続はスリーブの半田付けである。内部にはN2ガスを封入し、気密構造になっている。キャニスター型の一つである。



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

(c) 同軸形

計装用に使用されるもので、外部ケーブルとの接続はコネクタ式である。内部は気密構造で、保護管内にはシリコンを充填している。キャニスター型の一つである。



(d) モジュール型

今回申請するタイプであり、大飯 3、4 号機、高浜 1、2 号機に採用されているもので、使用する電線およびケーブルにより 3 種類のタイプがある。

- ・ MV タイプ：高電圧用(定格電圧 6.6kV)：スリーブで 6 個装着可能
- ・ LV タイプ：低圧用、計装用、制御用
- ・ LV(TR)タイプ：核計装用(三重同軸ケーブル)：スリーブで 3 個の装着可能

モジュール型は次のような特徴がある。

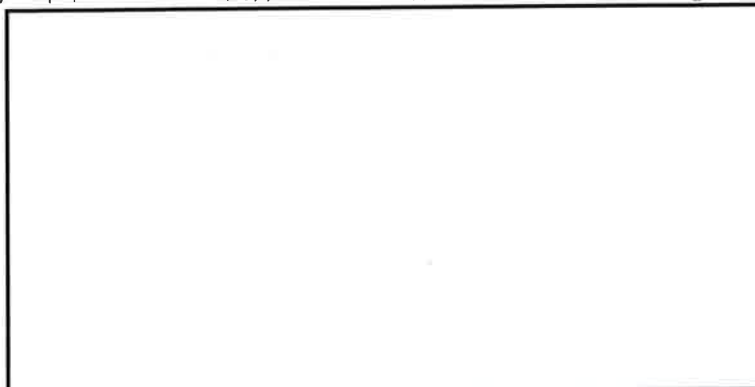
- ・ シール構造は有機材シール方式である。

(気密性は 2 重構造で、O リングとエポキシ樹脂で保持する。)

- ・ 導体の接続は圧着スリーブまたは導体接続金具を用いている。
- ・ モジュール部分(導体部分)の取り替えが容易に出来る。

(現地溶接部を解体せず、モジュールアセンブリのみ交換で可能)

- ・ 常時ペネトレーション内部を N2 加圧保持 [$9.8 \times 10^4 \text{Pa} (1.0 \text{kg/cm}^2)$]



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

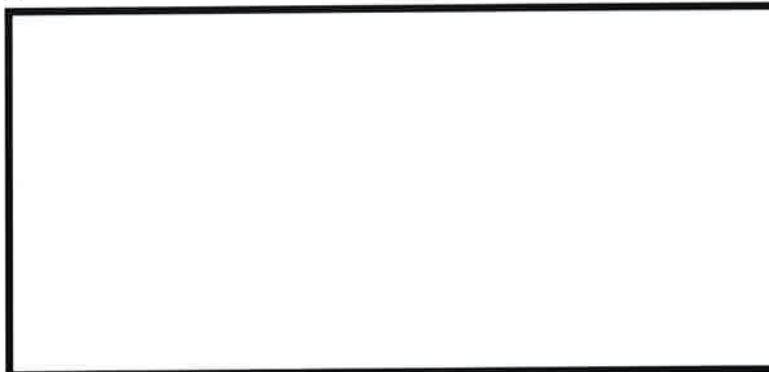
b. 電気ペネトレーションの種類と用途

電気ペネトレーションにはピッグテール形(Pigtail)、ブッシング形(Bushing)、三同軸形(Triaxial)の3種類があり、電線サイズ、使用回路の一例を次表に示す。

--

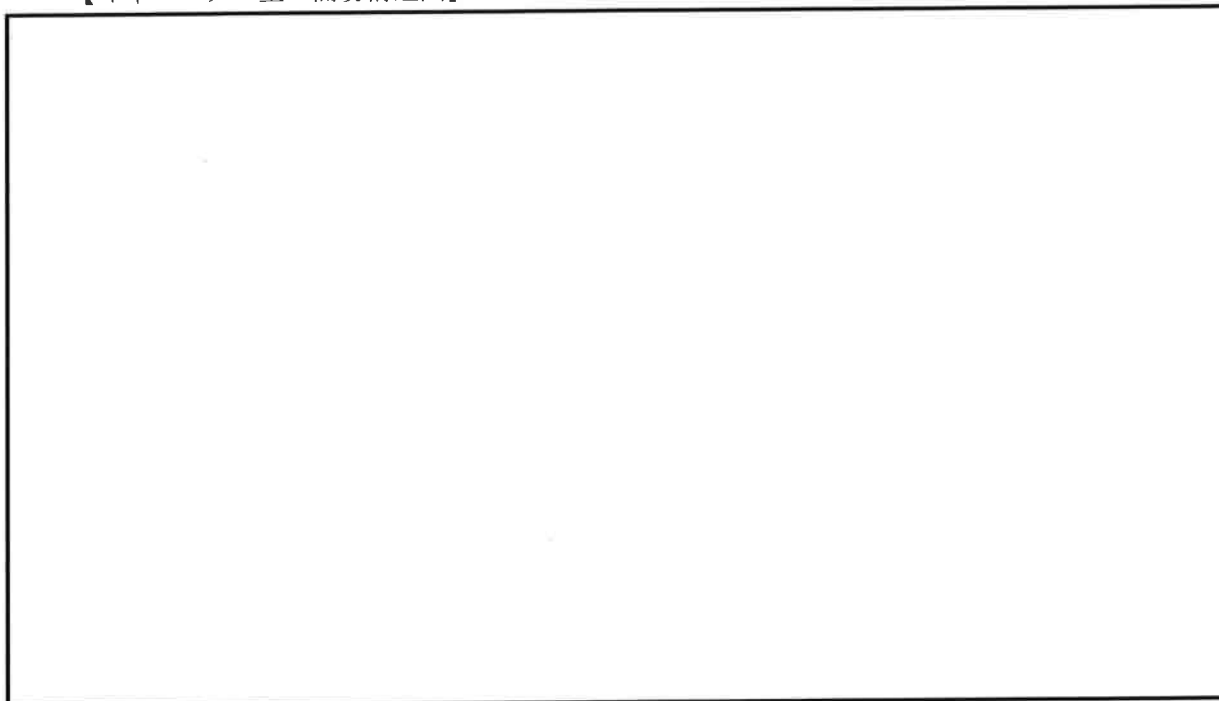
c. キャニスター型とモジュラー型のシール構造比較

構造については、キャニスター型は、ステンレス鋼製円筒の両端に端板を溶接し、この端板を貫通する電線ケーブルと端板間は碍管を介して、ハーメチックシール(セラミックロウ付)されており、電気絶縁および耐気密をしている。一方、モジュラー型は、導体部分をエポキシ樹脂でモールドしたものを2重Oリング端板部分で保持し、耐気密をしている。

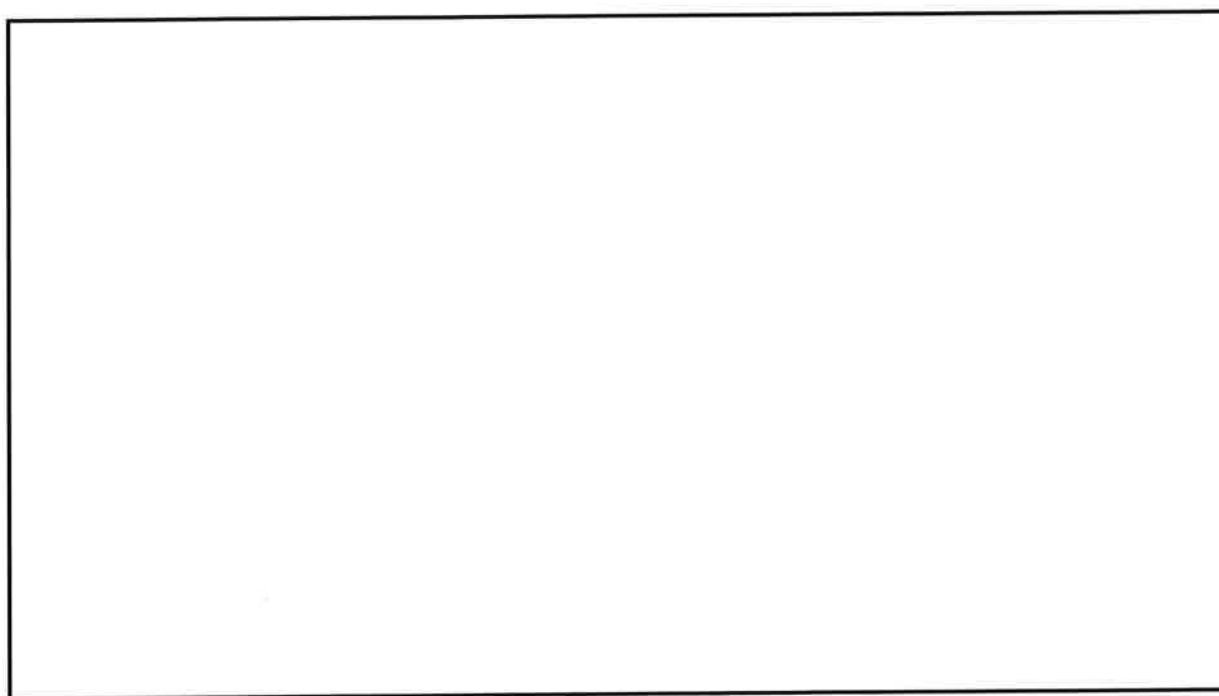


枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

【キャニスター型の簡易構造図】



【モジュラー型の簡易構造図】



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

(2) 電気ペネトレーションの設計条件

a. 電気ペネトレーションの設計要求

(a) 原子炉の事故時(LOCA : Loss of Coolant Accident)においても、原子炉およびその系統から放出される放射性物質を C/V の外部へ放散させぬこと。

C/V のノズルに溶接されるので、C/V の気密を保持するため高度な気密性を有すること。(LOCA : 事故時における C/V 内雰囲気圧力および温度を各々設計圧力および設計温度という。)

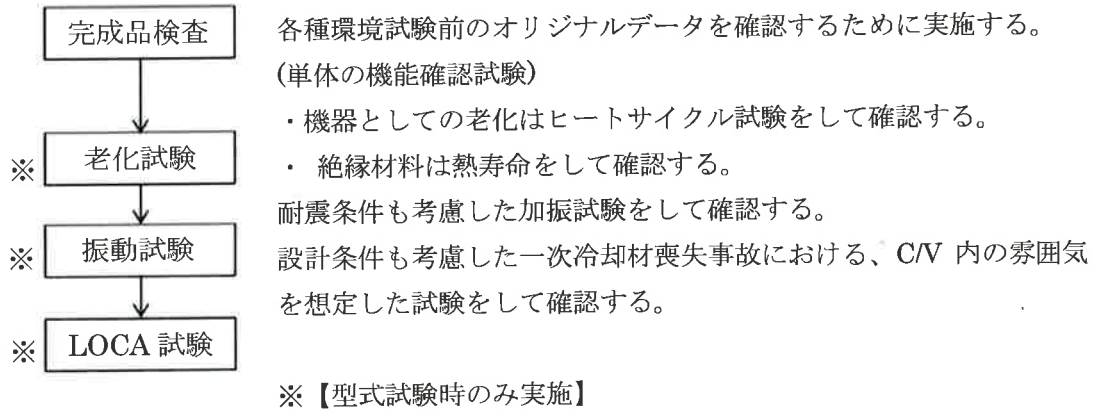
(b) 電気回路として基本的な電気特性を維持すること。

原子炉事故時にも一部の電気回路は使用できること。

b. 完成試験項目と判定基準

電気ペネトレーションが完成すると、設計要求を満足しているかを確認するために、次のような手順で工場試験が実施される。この試験は、完成品単体の機能確認以外に、プラントのあらゆる環境条件を十分に満足しているかを確認するために実施される試験である。従って、これを環境試験という。

(a) 試験手順



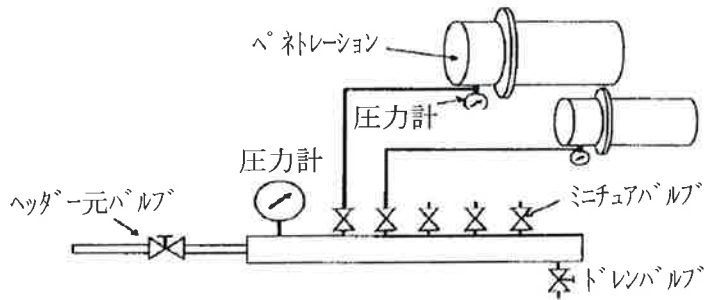
C. 環境試験条件と評価項目

IEEE Std317 (2013年版) の規定により試験を行う。

4. 試験・検査

(1) 耐圧・漏えい試験 (シール関係)

N₂ガス圧0.305MPa[gage] (重大事故等時の圧力)を封入して耐圧・漏えい試験を実施し、異常がないものとする。圧力保持時間は耐圧試験を10分、漏えい試験を4時間とし、耐圧試験に引き続き実施する。



(2) 電気試験

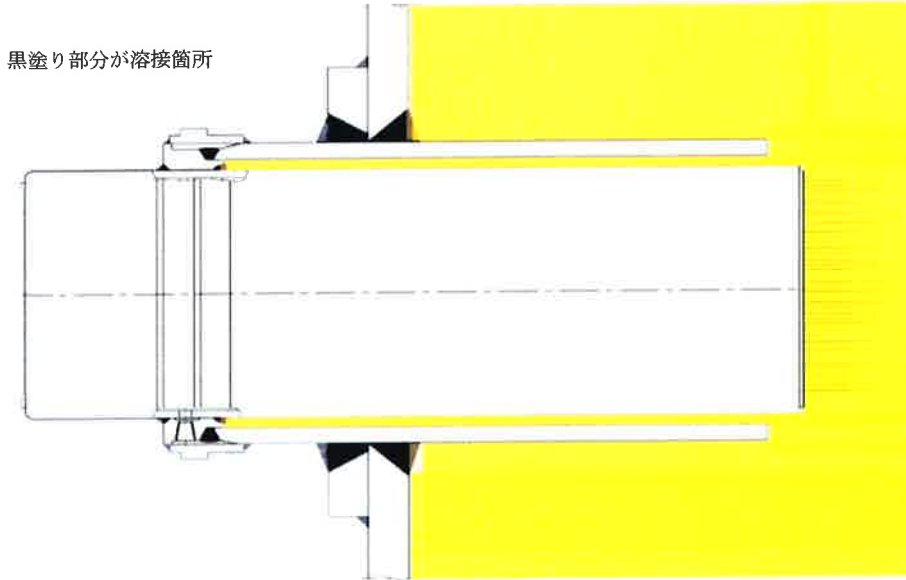
モジュール 型式	ケーブル 種類	耐電圧 V (DC)	絶縁抵抗 Ω (20℃)	その他
TR	三重同軸			

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

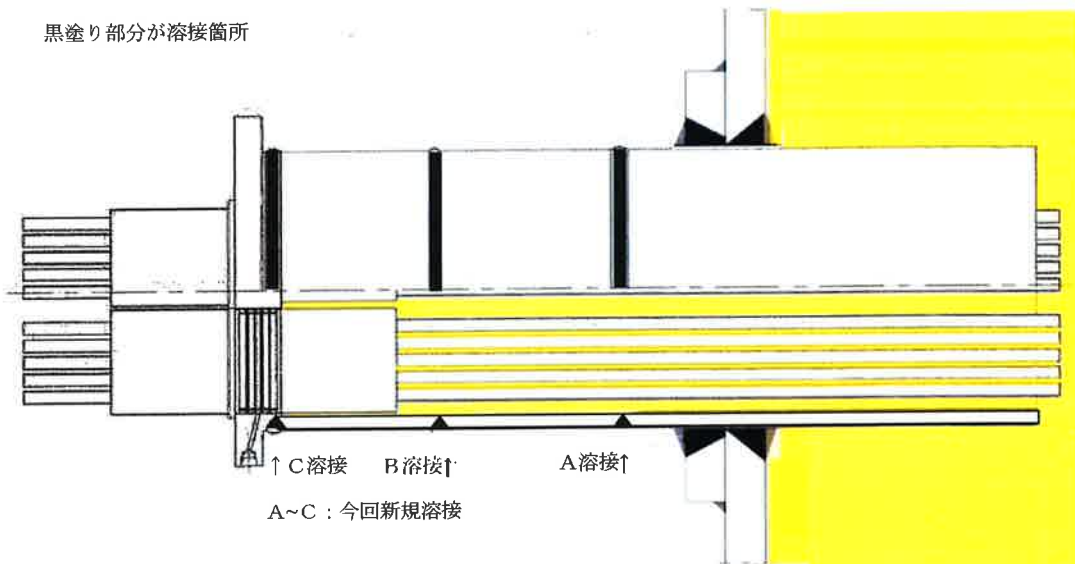
5. キャニスター型とモジュラー型のバウンダリーの違い

黄色の部分が格納容器内の圧力を受ける部分を示す。

【キャニスター型】



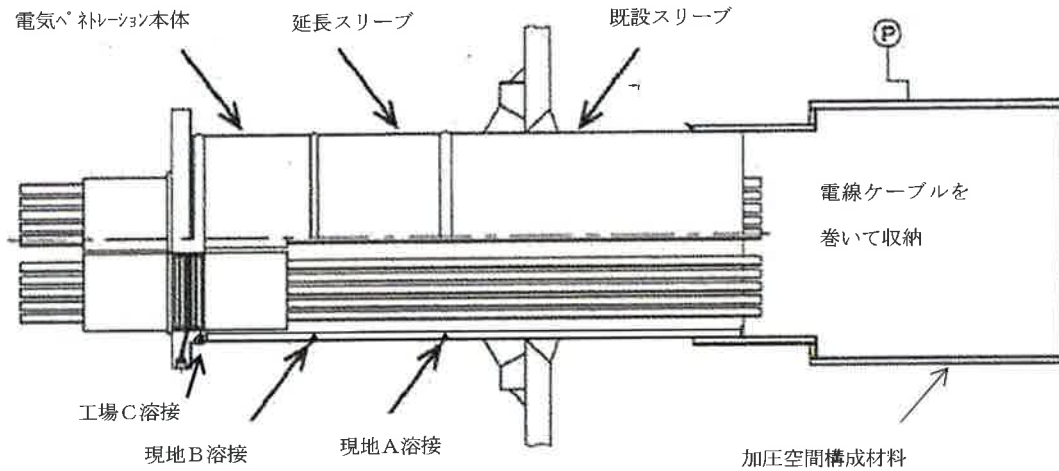
【モジュラー型】



電気ペネトレーション型式	気密部材	絶縁部材
キャニスター型	封着金属（銀ロウ付けシール）	シリコン樹脂 碍管（セラミック） 電線絶縁材
モジュラー型	エポキシ樹脂（モジュールアセンブリ内部） Oリング	エポキシ樹脂（モジュールアセンブリ内部） 電線絶縁材

6. 現地耐圧試験のイメージ

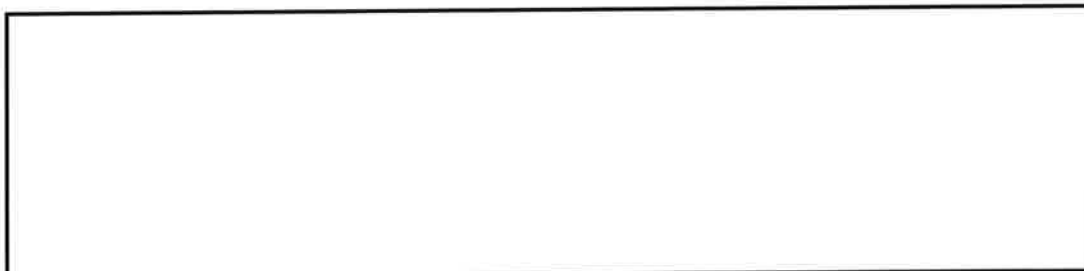
耐圧試験・漏えい試験共に、SA クラス 2 容器としての使用圧力 約 1.2Pd にて実施する。
 試験後、加圧空間構成材料は撤去する。
 撤去跡は、PTを実施する。



項目	耐圧・漏えい試験	漏えい率試験
実施要領	使用前事業者検査及び使用前事業者検査(溶接)にて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する。 ・JSME 設計・建設規格 ・JSME 溶接規格	格納容器全体漏えい率試験(A種試験) 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する。 なお、メーカー性能確認としてシールの健全性を局部漏えい率試験として実施する。

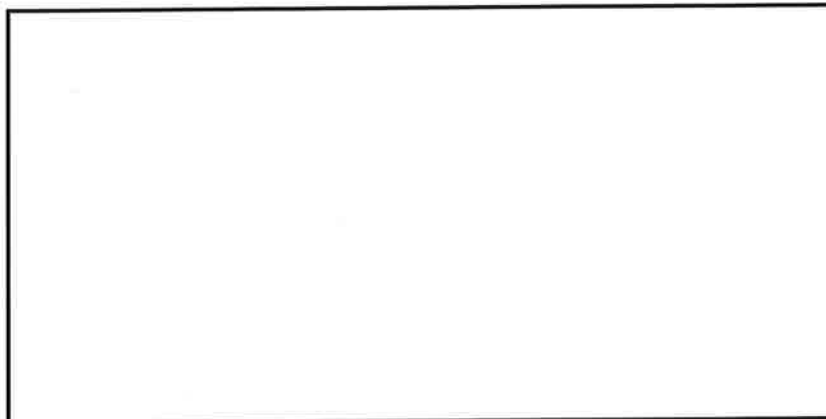
7. 当社の導入実績プラントの据付状態

【大飯3号機：PCCV】アニュラス部 モジュラー型 (3重同軸ケーブル)



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

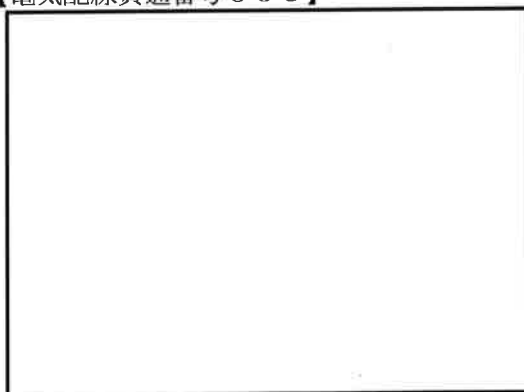
【高浜1号機：鋼製CV】アニュラス部 モジュラー型（3重同軸ケーブル）：施工中写真



8. 美浜発電所の現状状態（取替前：キャニスター型3重同軸ケーブル）

【電気配線貫通番号555】

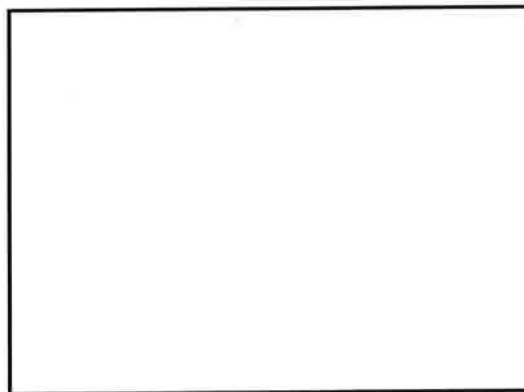
外部遮蔽壁側



格納容器側

【電気配線貫通番号561】（火災防護処置を施した状態）

外部遮蔽壁側



格納容器側

以上

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

設計及び工事計画認可申請書に添付する書類の整理について

1. 概要

今回、美浜3号機の原子炉格納施設のうち原子炉格納容器電気配線貫通部の改造を実施することから、工事計画の手続きを行う。

本資料では、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく当該工事計画の手続きを行うにあたり、設計及び工事計画認可申請書に添付する書類について整理する。

また、併せて「電気事業法」に基づく工事計画の手続きの要否についても整理する。

2. 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく設計及び工事計画認可申請書に添付する書類の整理について

設計及び工事計画認可申請書に添付すべき書類は、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」の別表第二の上覧に記載される種類に応じて、下欄に記載される添付書類及び当該申請に係る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を添付する必要があるが、別表第二では「認可の申請又は届出に係る工事の内容に関係あるものに限る。」との規定があるため、本申請範囲である「原子炉格納施設」に要求される添付書類の要否の検討を行った。検討結果を表1に示す。

3. 「電気事業法」に基づく工事計画の手続きの要否について

「電気事業法」に基づく工事計画の手続きは、「原子力発電工作物の保安に関する命令」の別表第一に規定されている。

今回改造する原子炉格納容器電気配線貫通部については、原子炉格納容器に係る設備であり、「原子力発電工作物の保安に関する命令」の別表第一に規定する工事計画の認可を要するものに該当する。

表1 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく設計及び工事計画認可申請において要求される添付書類及び本申請における添付の要否の検討結果

实用発電用原子炉の設置、 運転等に関する規則 別表第二添付書類	添付の要否 (○・×)	理由
各発電用原子炉施設に共通		
送電関係一覧図	×	送電に係るものの変更がないため不要
急傾斜地崩壊危険区域内において行う制限工事に係る場合は、当該区域内の急傾斜地の崩壊の防止措置に関する説明書	×	急傾斜地崩壊危険区域ではないため不要
工場又は事業所の概要を明示した地形図	×	発電所の概要を明示した地形図に変更はないため不要
主要設備の配置の状況を明示した平面図及び断面図	×	当該機器の配置を示す図面ではないため不要
単線結線図	×	電気配線貫通部のため単線結線図は不要
新技術の内容を十分に説明した書類	×	新技術の採用はないため不要
発電用原子炉施設の熱精算図	×	熱精算図に変更はないため不要
熱出力計算書	×	熱出力計算書の変更はないため不要
発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書	○	本申請では、変更する機器が設置許可との整合性に影響がないことを説明するため添付する。
排気中及び排水中の放射性物質の濃度に関する説明書	×	放射性物質を取り扱わないため不要
人が常時勤務し、又は頻繁に出入する工場又は事業所内の場所における線量に関する説明書	×	左記線量に関係ないため不要
発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書	×	自然現象によりその安全性を損なわないために防護すべき施設(クラス1及びクラス2の属する施設)でないことから不要
排水監視設備及び放射性物質を含む排水を安全に処理する設備の配置の概要を明示した図面	×	放射性物質を取り扱わないため不要
取水口及び放水口に関する説明書	×	取水口及び放水口に関する設備でないため不要
設備別記載事項の設定根拠に関する説明書	○	構成が変更となるため設定根拠の説明が必要
環境測定装置の構造図及び取付箇所を明示した図面	×	環境測定装置でないため不要
クラス1機器及び炉心支持構造物の応力腐食割れ対策に関する説明書	×	クラス1機器及び炉心支持構造物でないため不要
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	○	原子炉格納容器電気配線貫通部は、安全設備及び重大事故等対処設備に該当する。「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」において規定される安全機能を有する機器に該当し、環境条件、試験・検査性について説明が必要なため添付する。
発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書	○	火災防護区画の設備のため必要
発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書	×	防護対象設備でなく、溢水源でもないため不要 (当該設備に対する位置的変更はない)
発電用原子炉施設の蒸気タービン、ポンプ等の損壊に伴う飛散物による損傷防護に関する説明書	×	蒸気タービン、ポンプ等の回転機器でないため不要
通信連絡設備に関する説明書	×	通信連絡設備ではないため不要

実用発電用原子炉の設置、 運転等に関する規則 別表第二添付書類	添付の要否 (○・×)	理由
通信連絡設備の取付箇所を明示した図面	×	通信連絡設備ではないため不要
安全避難通路に関する説明書	×	安全避難通路ではないため不要
安全避難通路を明示した図面	×	安全避難通路ではないため不要
非常用照明に関する説明書	×	非常用照明ではないため不要
非常用照明の取付箇所を明示した図面	×	非常用照明ではないため不要

原子炉格納施設		
原子炉格納施設に係る機器の配置を明示した図面及び系統図	○	本申請では、既工事計画に変更がないことを明確にするため添付する。 (添付図面目次欄にて変更がないことを明確にする)
耐震性に関する説明書	○	本申請では、当該機器が十分な耐震性を有することを確認するため添付する。
強度に関する説明書	○	本申請では、当該機器の取替により材料及び構造が変更となることから、十分な強度を有していることを確認するため添付する。
構造図	○	本申請では、当該機器の取替により構造が変更となることから添付する。
原子炉格納施設の設計条件に関する説明書 (原子炉格納容器本体の脆性破壊防止に関する説明を併せて記載すること。)	○	本申請では、原子炉格納施設の電気配線貫通部に該当するため健全性について確認する必要があることから添付する。(なお、原子炉格納容器本体の脆性破壊防止に関する説明は、本体でないため不要)
原子炉格納施設の水素濃度低減性能に関する説明書	×	原子炉格納施設の水素ガスの濃度を低減するための設備に該当しないため不要。
原子炉格納施設の基礎に関する説明書及びその基礎の状況を明示した図面	×	原子炉格納施設の基礎、それを支持する地盤に該当しないため不要。
圧力低減設備その他の安全設備のポンプの有効吸込水頭に関する説明書	×	当該機器に該当しないことから不要。
安全弁及び逃がし弁の吹出量計算書 (パネ式のものに限る。)	×	当該機器に該当しないことから不要。

設計及び工事計画認可申請における適用条文等の整理について

1. 概要

今回、美浜発電所第3号機の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）の一部について取替えを実施するため、設計及び工事の計画の認可申請を行う。

本資料では、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく当該手続きを行うにあたり、申請対象が適用を受ける「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」の条文について整理すると共に、適合性の確認が必要となる条文を明確にするものである。

整理結果は表1に示す。

表中の記号については以下の通り。

○：適用条文であり、今回の申請で適合性を確認する必要がある条文

△：適用条文であるが、既に適合性が確認されている条文、又は工事計画に係る内容に影響を受けないことが明確に確認できる条文

×：適用を受けない条文

第1表 適用条文の整理結果 (1/9)

技術基準規則	適用要否 判断	理由
設計基準対象施設		
第4条 設計基準対象施設の地盤	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、平成28年10月26日付け原規規発第1610261号にて認可の工事計画（以下、「既工事計画」という）において適合性が確認されており、既工事計画から設計内容に変更はないため、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。
第5条 地震による損傷の防止	○	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、耐震評価を行う必要があることから、対象とする。【第5条第1項、第2項】 なお、ケーブルの電路を含む電気ペネ本体は静的機器のため、電氣的機能維持については考慮不要である。 また、電路としての耐震性については、資料5-4 原子炉格納容器貫通部の耐震計算書にて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を確認することで包絡され、電路としての耐震性に問題がないことを確認している。
第6条 津波による損傷の防止	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、津波による損傷の防止が図られた建屋内に設置されており、設置位置の変更が無いことから、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。
第7条 外部からの衝撃による損傷の防止	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、外部からの衝撃による損傷の防止が図られた建屋内に設置されており、設置位置の変更が無いことから、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。
第8条 立ち入りの防止	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、設置位置の変更は無いことから、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。
第9条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、設置位置の変更は無いことから、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。
第10条 急傾斜地の崩壊の防止	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。

第1表 適用条文の整理結果 (2/9)

技術基準規則	適用要否 判断	理由
第11条 火災による損傷の防止	○	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、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ことから、対象とする。【第11条第1項】
第12条 発電用原子炉施設内における溢水等による損傷の防止	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、溢水の影響を受けない静的機器であり、設置位置の変更が無いことから、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。
第13条 安全避難通路等	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、設置位置の変更は無いことから、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。
第14条 安全設備	○	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、安全設備への適合性を示す必要があることから、対象とする。【第14条第2項】
第15条 設計基準対象施設の機能	○	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、設計基準対象施設の機能への適合性を示す必要があることから、対象とする。【第15条第2項】
第16条 全交流動力電源喪失対策設備	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第17条 材料及び構造	○	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、材料及び構造の適合性を示す必要があることから、対象とする。【第17条第1項】
第18条 使用中の亀裂等による破壊の防止	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第19条 流体振動等による損傷の防止	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。

第1表 適用条文の整理結果 (3/9)

技術基準規則	適用要否 判断	理由
第20条 安全弁等	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第21条 耐圧試験等	○	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、耐圧試験等の対象設備であることから、対象とする。【第21条第1項、第3項】
第22条 監視試験片	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第23条 炉心等	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第24条 熱遮蔽材	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第25条 一次冷却材	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第26条 燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第27条 原子炉冷却材圧力バウンダリ	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第28条 原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置等	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第29条 一次冷却材処理装置	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第30条 逆止め弁	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。

第1表 適用条文の整理結果 (4/9)

技術基準規則	適用要否 判断	理由
第31条 蒸気タービン	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第32条 非常用炉心冷却設備	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第33条 循環設備等	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第34条 計測装置	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）の取替により、貫通しているケーブル（RMS、NISの一部）の取替を行うが、ケーブルの仕様については取替前後で変更がないこと、また、電路の一部（被覆がない部分）の絶縁を担保しているポッティング材が変更となるが、絶縁性を含めたケーブルの健全性については変更前後で同じように確保する設計としていることから、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。
第35条 安全保護装置	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第36条 反応度制御系統及び原子炉停止系統	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第37条 制御材駆動装置	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第38条 原子炉制御室等	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第39条 廃棄物処理設備等	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第40条 廃棄物貯蔵設備等	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第41条 放射性物質による汚染の防止	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。

第1表 適用条文の整理結果 (5/9)

技術基準規則	適用要否 判断	理由
第42条 生体遮蔽等	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第43条 換気設備	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第44条 原子炉格納施設	○	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、原子炉格納施設の機能への適合性を示す必要があることから、対象とする。【第44条第1項】
第45条 保安電源設備	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第46条 緊急時対策所	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第47条 警報装置等	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第48条 準用	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。

第1表 適用条文の整理結果 (6/9)

技術基準規則	適用要否 判断	理由
重大事故等対処施設		
第49条 重大事故等対処施設の地盤	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、既工事計画から設計内容に変更はないため、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。
第50条 地震による損傷の防止	○	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、耐震評価を行う必要があることから、対象とする。【第50条第1項】 なお、ケーブルの回路を含む電気ペネ本体は静的機器のため、電気的機能維持については考慮不要である。 また、回路としての耐震性については、資料5-4 原子炉格納容器貫通部の耐震計算書にて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を確認することで包絡され、回路としての耐震性に問題がないことを確認している。
第51条 津波による損傷の防止	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、設置位置の変更は無いことから、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。
第52条 火災による損傷の防止	○	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、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ことから、対象とする。【第52条第1項】
第53条 特定重大事故等対処施設	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第54条 重大事故等対処設備	○	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、重大事故等対処設備であることから、対象とする。【第54条第1項】
第55条 材料及び構造	○	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、材料及び構造の適合性を示す必要があることから、対象とする。【第55条第1項】
第56条 使用中の亀裂等による破壊の防止	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第57条 安全弁等	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。

第1表 適用条文の整理結果 (7/9)

技術基準規則	適用要否 判断	理由
第58条 耐圧試験等	○	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、耐圧試験等の対象設備であることから、対象とする。【第58条第1項、第2項】
第59条 緊急停止失敗時に発電用 原子炉を未臨界にするた めの設備	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第60条 原子炉冷却材圧力バウン ダリ高圧時に発電用原子 炉を冷却するための設備	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第61条 原子炉冷却材圧力バウン ダリを減圧するための設 備	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第62条 原子炉冷却材圧力バウン ダリ低圧時に発電用原子 炉を冷却するための設備	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、既工事計画から設計内容に変更はないため、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。
第63条 最終ヒートシンクへ熱を 輸送するための設備	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、既工事計画から設計内容に変更はないため、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。
第64条 原子炉格納容器内の冷却 等のための設備	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、既工事計画から設計内容に変更はないため、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。
第65条 原子炉格納容器の過圧破 損を防止するための設備	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、既工事計画から設計内容に変更はないため、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。

第1表 適用条文の整理結果 (8/9)

技術基準規則	適用要否 判断	理由
第66条 原子炉格納容器下部の熔融炉心を冷却するための設備	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、既工事計画から設計内容に変更はないため、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。
第67条 水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、既工事計画から設計内容に変更はないため、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。
第68条 水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第69条 使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第70条 工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第71条 重大事故等の収束に必要なとなる水の供給設備	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、既工事計画から設計内容に変更はないため、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。
第72条 電源設備	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第73条 計装設備	△	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）の取替により、貫通しているケーブル（RMS、NISの一部）の取替を行うが、ケーブルの仕様については取替前後で変更がないこと、また、電路の一部（被覆がない部分）の絶縁を担保しているポッティング材が変更となるが、絶縁性を含めたケーブルの健全性については変更前後で同じように確保する設計としていることから、既工事計画において確認された設計に影響を与えない。
第74条 運転員が原子炉制御室にとどまるための設備	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第75条 監視測定設備	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第76条 緊急時対策所	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。

第1表 適用条文の整理結果 (9/9)

技術基準規則	適用要否 判断	理由
第77条 通信連絡を行うために必要な設備	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。
第78条 準用	×	原子炉格納施設の申請対象の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）は、関係しない条文であることから対象外。

【高浜 1, 2 号機、美浜 3 号機比較一覧】

モジュラー型導入プラントの高浜 1, 2 号機と新規導入美浜 3 号機の主な申請書比較概要

	高浜 1 号機(S49.11 運開) 一括工認 H28.6.10(原規規発第 1606104 号)	高浜 2 号機(S50.11 運開) 一括工認 H28.6.10(原規規発第 1606105 号)	美浜 3 号機 (S51.12 運開) (今回申請分)
要目表	最高使用圧力 0.261MPa 0.305MPa(SA 時) 最高使用温度 122℃ 138℃(SA 時) 構成：スリーブ、 スリーブ外径： mm スリーブ長さ： mm スリーブ厚さ： mm スリーブ厚さ(延長)： mm スリーブ材料： 本体外径： mm 本体厚さ： mm 本体材料： 端板厚さ： mm 端板材料：	全て同左	全て同左
配置	E.L.+17.0m 第 7-1-3 図	E.L.+17.0m 第 7-1-2 図	E.L.+17.0m 第 7-1-2 図 (一括工認 H28.10.26(原規規発第 1610261 号)より呼び込み)
耐震性	電線貫通部の構造上最も応力の高い部分は、電線ケーブル、端板等を支持する本体である。しかし、本耐震計算書で評価する電線貫通部の自重は kg で、	電線貫通部の構造上最も応力の高い部分は、電線ケーブル、端板等を支持する本体である。しかし、本耐震計算書で評価する電線貫通部の自重は kg で、	電線貫通部の構造上最も応力の高い部分は、電線ケーブル、端板等を支持する本体である。しかし、本耐震計算書で評価する電線貫通部の自重は kg で、

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。

	<p>地震荷重と圧力により本体に発生する応力強さは、許容値の□MPa に対して 3%以下であり、耐震性に問題はない。</p> <p>資料 13 耐震性に関する説明書 1u-添 13-17-7-4-2-1 (原子炉格納容器貫通部の耐震計算書 1.概要)</p>	<p>地震荷重と圧力により本体に発生する応力強さは、許容値の□MPa に対して 3%以下であり、耐震性に問題はない。</p> <p>資料 13 耐震性に関する説明書 2u-添 13-17-7-4-2-1 (原子炉格納容器貫通部の耐震計算書 1.概要)</p>	<p>地震荷重と圧力により本体に発生する応力強さは、許容応力状態Ⅲ_AS(許容値□MPa)、許容応力状態Ⅳ_AS(許容値□MPa)のいずれにおいても 10%以下であり、耐震性に問題はない。</p> <p>資料 13 耐震性に関する説明書 M3-添 5-4-1 (原子炉格納容器貫通部の耐震計算書 1.概要)</p>
強度	<p>5. スリーブ (電線貫通部) の強度計算書</p> <p>資料 14 強度に関する説明書 1u-添 14-3-8-63</p> <p>6. 電線貫通部の強度計算書</p> <p>資料 14 強度に関する説明書 1u-添 14-3-8-82</p>	<p>5. スリーブ (電線貫通部) の強度計算書</p> <p>資料 14 強度に関する説明書 2u-添 14-3-8-63</p> <p>6. 電線貫通部の強度計算書</p> <p>資料 14 強度に関する説明書 2u-添 14-3-8-82</p>	<p>2. 電線貫通部 スリーブの強度計算書</p> <p>資料 6 強度に関する説明書 M3-添 6-3-1-6</p> <p>1. 電線貫通部 本体および端板の強度計算書</p> <p>資料 6 強度に関する説明書 M3-添 6-3-1-1</p>
CVの設計条件	<p>モジュラー型電線貫通部について、電線貫通部の本体、端板の設計時に考慮される機能喪失要因は、脆性破壊、疲労破壊、座屈及び延性破壊が考えられる。今回の評価条件である 200℃、2Pd を考慮した場合、脆性破壊が生じる温度域でないこと、繰返し荷重が作用しないこと、過度の圧縮力が生じないこと</p>	<p>モジュラー型電線貫通部について、電線貫通部の本体、端板の設計時に考慮される機能喪失要因は、脆性破壊、疲労破壊、座屈及び延性破壊が考えられる。今回の評価条件である 200℃、2Pd を考慮した場合、脆性破壊が生じる温度域でないこと、繰返し荷重が作用しないこと、過度の圧縮力が生じないこと</p>	<p>モジュラー型電線貫通部について、電線貫通部の本体、端板の設計時に考慮される機能喪失要因は、脆性破壊、疲労破壊、座屈及び延性破壊が考えられる。今回の評価条件である 200℃、2Pd を考慮した場合、脆性破壊が生じる温度域でないこと、繰返し荷重が作用しないこと、過度の圧縮力が生じないこと</p>

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。

	<p>から、脆性破壊、疲労破壊及び座屈は評価対象外とする。</p> <p>本体、端板には、原子炉格納容器内圧が作用するため、塑性変形が生じ、機能喪失要因は延性破壊が想定されることから、本体、端板の厚さが 200℃、2Pd の環境下で、設計・建設規格に規定される必要厚さを上回ることを確認する。</p> <p>モジュラー型電線貫通部の端版にはモジュール取付用の貫通穴があり、貫通穴間のリガメント部が強度的に厳しくなることから、リガメント部に発生する一次＋二次応力が設計・建設規格 PVE-3270 で規定される許容応力 (3S) 以下であることを確認する。</p> <p>また、電線貫通部のモジュールはエポキシ樹脂により貫通導体の気密性を維持しており、これまでの検証試験結果より気密性維持可能であることを確認する。</p> <p>資料 36 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書 - 1u-別添 1-98 - (別添-1 原子炉格納容器 重大事故等時の閉じ込め機能健全性について 12. 電線貫通部 12.1 評価方針)</p>	<p>から、脆性破壊、疲労破壊及び座屈は評価対象外とする。</p> <p>本体、端板には、原子炉格納容器内圧が作用するため、塑性変形が生じ、機能喪失要因は延性破壊が想定されることから、本体、端板の厚さが 200℃、2Pd の環境下で、設計・建設規格に規定される必要厚さを上回ることを確認する。</p> <p>モジュラー型電線貫通部の端版にはモジュール取付用の貫通穴があり、貫通穴間のリガメント部が強度的に厳しくなることから、リガメント部に発生する一次＋二次応力が設計・建設規格 PVE-3270 で規定される許容応力 (3S) 以下であることを確認する。</p> <p>また、電線貫通部のモジュールはエポキシ樹脂により貫通導体の気密性を維持しており、これまでの検証試験結果より気密性維持可能であることを確認する。</p> <p>資料 36 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書 - 2u-別添 1-99 - (別添-1 原子炉格納容器 重大事故等時の閉じ込め機能健全性について 12. 電線貫通部 12.1 評価方針)</p>	<p>から、脆性破壊、疲労破壊及び座屈は評価対象外とする。</p> <p>本体、端板には、原子炉格納容器内圧が作用するため、塑性変形が生じ、機能喪失要因は延性破壊が想定されることから、本体、端板の厚さが 200℃、2Pd の環境下で、設計・建設規格に規定される必要厚さを上回ることを確認する。</p> <p>モジュラー型電線貫通部の端版にはモジュール取付用の貫通穴があり、貫通穴間のリガメント部が強度的に厳しくなることから、リガメント部に発生する一次＋二次応力が設計・建設規格 PVE-3270 で規定される許容応力 (3S) 以下であることを確認する。</p> <p>また、電線貫通部のモジュールはエポキシ樹脂により貫通導体の気密性を維持しており、これまでの検証試験結果より気密性維持可能であることを確認する。</p> <p>資料 7 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書 - M3-別添 1-2 - (別添-1 原子炉格納容器 重大事故等時 (特定重大事故等時を除く。) の閉じ込め機能健全性について 3. 電線貫通部 3.1 評価方針)</p>
--	--	--	--

	<p>電線貫通部（エポキシ樹脂及びOリング）の経年劣化に対する長期健全性評価</p> <p>1. 概要</p> <p>高浜発電所1号機に設置予定のモジュラー型電線貫通部の長期健全性試験を実施しており、この結果に基づき長期間の経年劣化を考慮した健全性評価を行う。</p> <p>資料 36 原子格納施設の設計条件に関する説明書 - 1u-別紙 1-3 -</p> <p>3. 試験結果</p> <p>表 2 の試験条件を負荷した後の漏えい試験では、漏えい量は [] であった。一方、高浜発電所1号機の原子炉格納容器局部漏えい率検査（B種試験）における電線貫通部のモジュール1台当たりの許容漏えい量は [] であり、漏えい量は十分小さい値となっている。</p> <p>このことから、モジュラー型電線貫通部は60年間の運転を想定しても、放射性物質の閉じ込め機能を維持できる。</p>	<p>電線貫通部（エポキシ樹脂及びOリング）の経年劣化に対する長期健全性評価</p> <p>1. 概要</p> <p>高浜発電所2号機に設置予定のモジュラー型電線貫通部の長期健全性試験を実施しており、この結果に基づき長期間の経年劣化を考慮した健全性評価を行う。</p> <p>資料 36 原子格納施設の設計条件に関する説明書 - 2u-別紙 1-3 -</p> <p>3. 試験結果</p> <p>表 2 の試験条件を負荷した後の漏えい試験では、漏えい量は [] であった。一方、高浜発電所2号機の原子炉格納容器局部漏えい率検査（B種試験）における電線貫通部のモジュール1台当たりの許容漏えい量は [] であり、漏えい量は十分小さい値となっている。</p> <p>このことから、モジュラー型電線貫通部は60年間の運転を想定しても、放射性物質の閉じ込め機能を維持できる。</p>	<p>電線貫通部（エポキシ樹脂及びOリング）の経年劣化に対する長期健全性評価</p> <p>1. 概要</p> <p>美浜発電所3号機に設置予定のモジュラー型電線貫通部の長期健全性試験を実施しており、この結果に基づき長期間の経年劣化を考慮した健全性評価を行う。</p> <p>資料 7 原子格納施設の設計条件に関する説明書 - M3-別紙 1-2 -</p> <p>3. 試験結果</p> <p>表 2 の試験条件を負荷した後の漏えい試験では、漏えい量は [] であった。一方、美浜発電所3号機の原子炉格納容器局部漏えい率検査（B種試験）における電線貫通部のモジュール1台当たりの許容漏えい量は [] であり、漏えい量は十分小さい値となっている。</p> <p>このことから、モジュラー型電線貫通部は60年間の運転を想定しても、放射性物質の閉じ込め機能を維持できる。</p>
--	--	--	---

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。

	資料 36 原子格納施設の設計条件に関する説明書 - 1u-別紙 1-4/E -	資料 36 原子格納施設の設計条件に関する説明書 - 2u-別紙 1-4/E -	資料 7 原子格納施設の設計条件に関する説明書 - M3-別紙 1-3/E -
--	---	---	--

【要目表】 比較対象：破線枠囲み

高浜1号機

変更前										変更後									
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	主要寸法 (mm)			材 料	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	主要寸法 (mm)			材 料
						外 径	長 さ	厚 さ								外 径	長 さ	厚 さ	
602、603 629、630 631、651 661、662 663、675 676、677 551、558	(注5) 電線 貫通部	(注13) 14	(注7) 0.261	(注8) 122	(注9) スリーブ 本 体 端 板 溶接 リング					変更なし			(注3) 0.305	(注3) 138		変更なし			
550 553 555 557 559 561	(注5) 電線 貫通部	(注14) 6	(注7) 0.261	(注8) 122	(注9) スリーブ 本 体 端 板 溶接 リング					変更なし			(注3) 0.305	(注3) 138	スリーブ 本 体 端 板				
526 600 601	(注5) 予備 貫通部	(注5) 3	(注7) 0.261	(注8) 122	(注9) スリーブ 閉止板					変更なし			(注3) 0.305	(注3) 138		変更なし			

(注1) 公称値

(注2) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。記載内容は、設計図書による。

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。

(注3) 重大事故等時における使用時の値

(注4) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。記載内容は、平成7年7月3日付け7資庁第7575号にて認可された工事計画の添付資料1-2「原子炉格納容器電線貫通部の強度計算書」による。

(注5) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。

(注6) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「25組」と記載

(注7) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。記載内容は、既工事計画書に記載の原子炉格納容器の最高使用圧力の値

(注8) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。記載内容は、既工事計画書に記載の原子炉格納容器の最高使用温度の値

(注9) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「貫通部スリーブ」と記載

(注10) GSTPL相当

(注11) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。記載内容は、昭和47年8月26日付け47公第6032号にて認可された工事計画の資料3「格納容器電線ケーブル貫通部強度強度計算書（通産省告示第501号による計算書）」による。

(注12) 記載の適正化を行う。既工事計画書には と記載

(注13) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「14組」と記載

(注14) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「6組」と記載

(注15) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。記載内容は、昭和45年4月21日付け45公第2736号にて認可された工事計画の資料2-1「原子炉格納容器板厚および補強板等の計算書」による。

(注16) 記載の適正化を行う。既工事計画書には と記載

(注17) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。記載内容は、昭和45年7月30日付け関工発第85号にて届出された工事計画の添付図面第2図「貫通部スリーブおよび補強板寸法図（分割申請第1次分第8-3図）」による。

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。

変更前										変更後									
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	主要寸法 (mm)			材 料	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	主要寸法 (mm)			材 料
						外 径	長 さ	厚 さ								外 径	長 さ	厚 さ	
557	電線 貫通部	1	0.261	122	スリーブ					変更なし			0.305	138					
					本 体														
					端 板														
					溶接 リング														
550 553 555 559 561	電線 貫通部	5	0.261	122	スリーブ				変更なし			0.305	138	スリーブ					
					本 体									本 体					
					端 板									端 板					
					溶接 リング														
526 530 676	予備 貫通部	3	0.261	122	スリーブ				変更なし			0.305	138						
					閉止板														

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。

変更前								変更後											
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	主要寸法 (mm)			材 料	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	主要寸法 (mm)			材 料
						外 径	長 さ	厚 さ								外 径	長 さ	厚 さ	
602 603	予備 貫通部	2	0.261	122	スリーブ 閉止板					変更なし			変更なし 0.305	変更なし 138				変更なし	

(注1) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。

(注2) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。記載内容は、既工事計画書に記載の原子炉格納容器の最高使用圧力の値

(注3) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。記載内容は、既工事計画書に記載の原子炉格納容器の最高使用温度の値

(注4) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「貫通部スリーブ」と記載

(注5) 公称値

(注6) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。記載内容は、設計図書による。

(注7) 重大事故等時における使用時の値

(注8) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「25組」と記載

(注9) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。記載内容は、昭和48年2月19日付け47公第11429号にて認可された工事計画の添付資料9「格納容器電線ケーブル貫通部強度計算書（通産省告示第501号による計算書）」による。

(注10) 記載の適正化を行う。既工事計画書には [] と記載

(注11) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「14組」と記載

(注12) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「1組」と記載

(注13) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「5組」と記載

(注14) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。記載内容は、昭和46年2月27日付け45公第13560号にて認可された工事計画の資料2-1「原子炉格納容器板厚ならびに補強板等の計算書」による。

(注15) 記載の適正化を行う。既工事計画書には [] と記載

(注16) 既工事計画書に記載がないため記載の適正化を行う。記載内容は、昭和46年2月27日付け45公第13560号にて認可された工事計画の添付図面第8-3図「貫通部スリーブおよび補強板寸法図」による。

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。

美浜3号機

変更前							変更後												
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	主要寸法 (mm)			材 料	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	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) 0.305	122 (注2) 138	スリーブ 本 体 端 板 溶接 リング										変更なし				
(注3) 555 561	電線 貫通部	(注4) 2	0.261 (注2) 0.305	122 (注2) 138	スリーブ 本 体 端 板 溶接 リング									スリーブ 本 体 端 板	変更なし				

(注1) 公称値

(注2) 重大事故等時における使用時の値

(注3) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「550、553、555、557、559、561」と記載

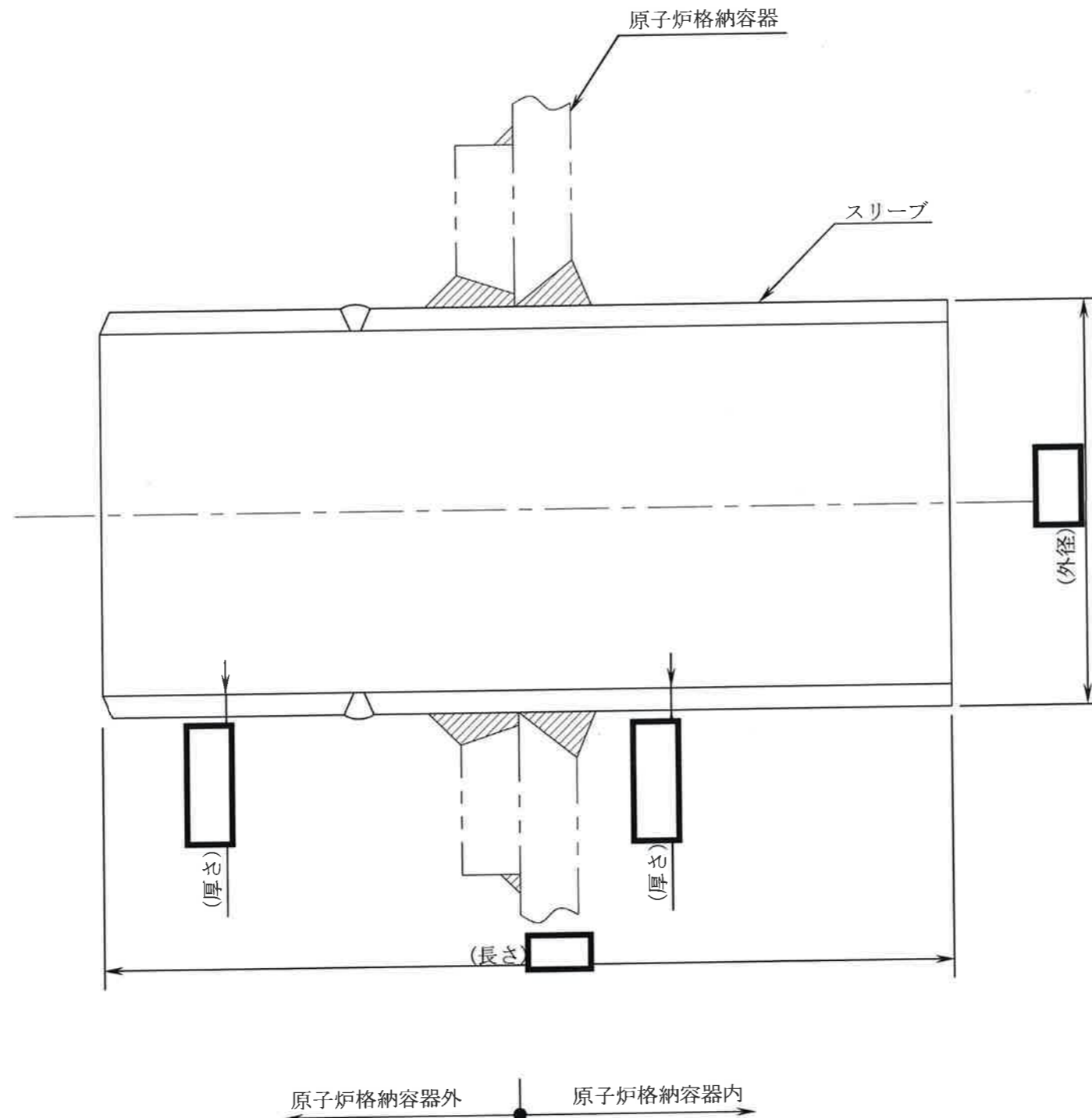
(注4) 記載の適正化を行う。既工事計画書には「6」と記載

(注5) 本設備は記載の適正化を行うものであり、手続き対象外である。

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。

【構造図】
高浜1号機

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	材 料
550 553 555 557 559 561	電線 貫通部	6	0.261 0.305	122 138	スリーブ	



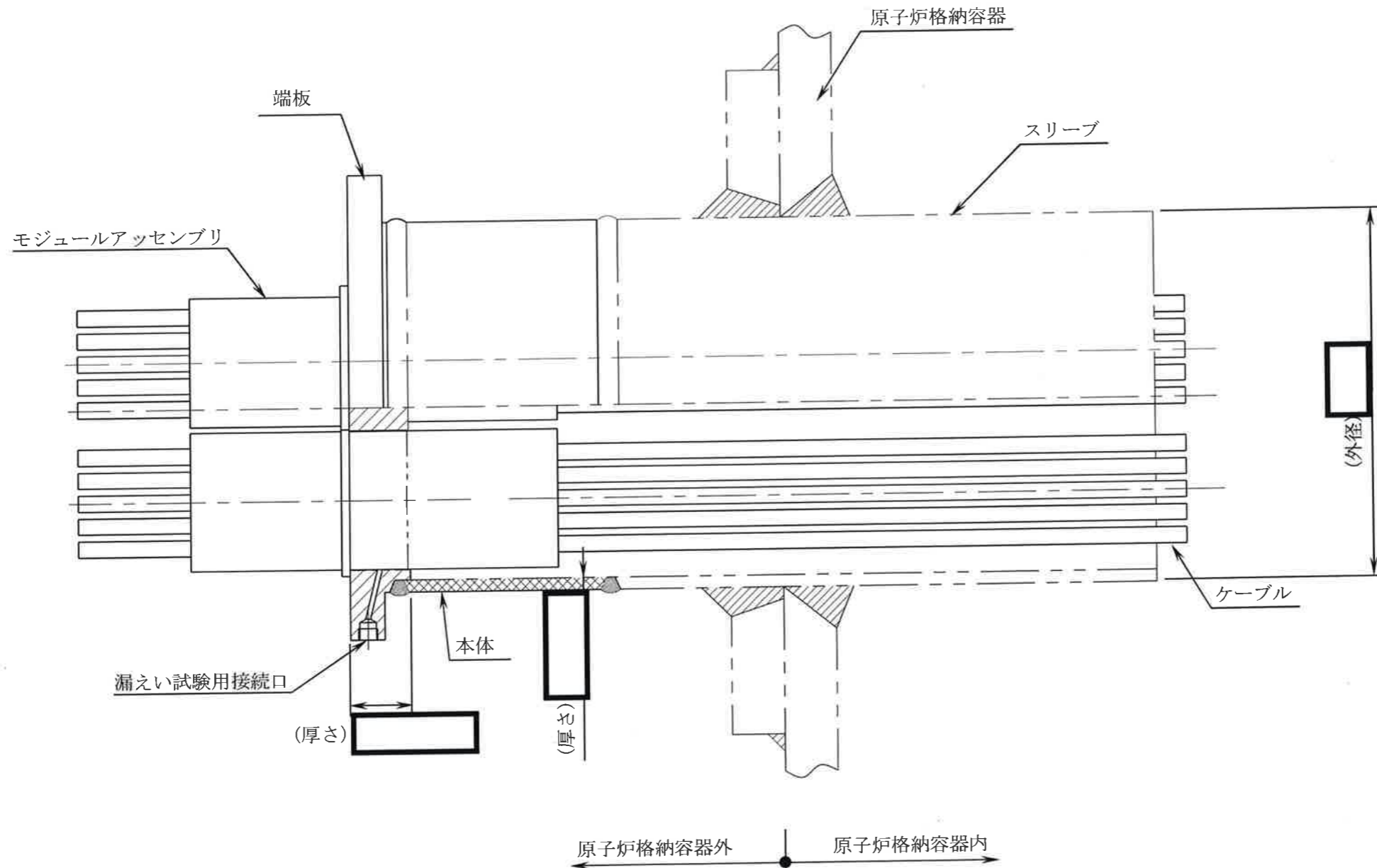
工事計画認可申請	第7-3-3図
高浜発電所第1号機	
原子炉格納施設の構造図 (原子炉格納容器) 原子炉格納容器配管貫通部 及び電気配線貫通部(3/4)	
関西電力株式会社	

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。

(単位：mm)

【構造図】
高浜1号機

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	主要寸法 (mm)			材料
						外径	長さ	厚さ	
550	電線 貫通部	6	0.261 0.305	122 138	本体				
553									
555									
557					端板				
559									
561									



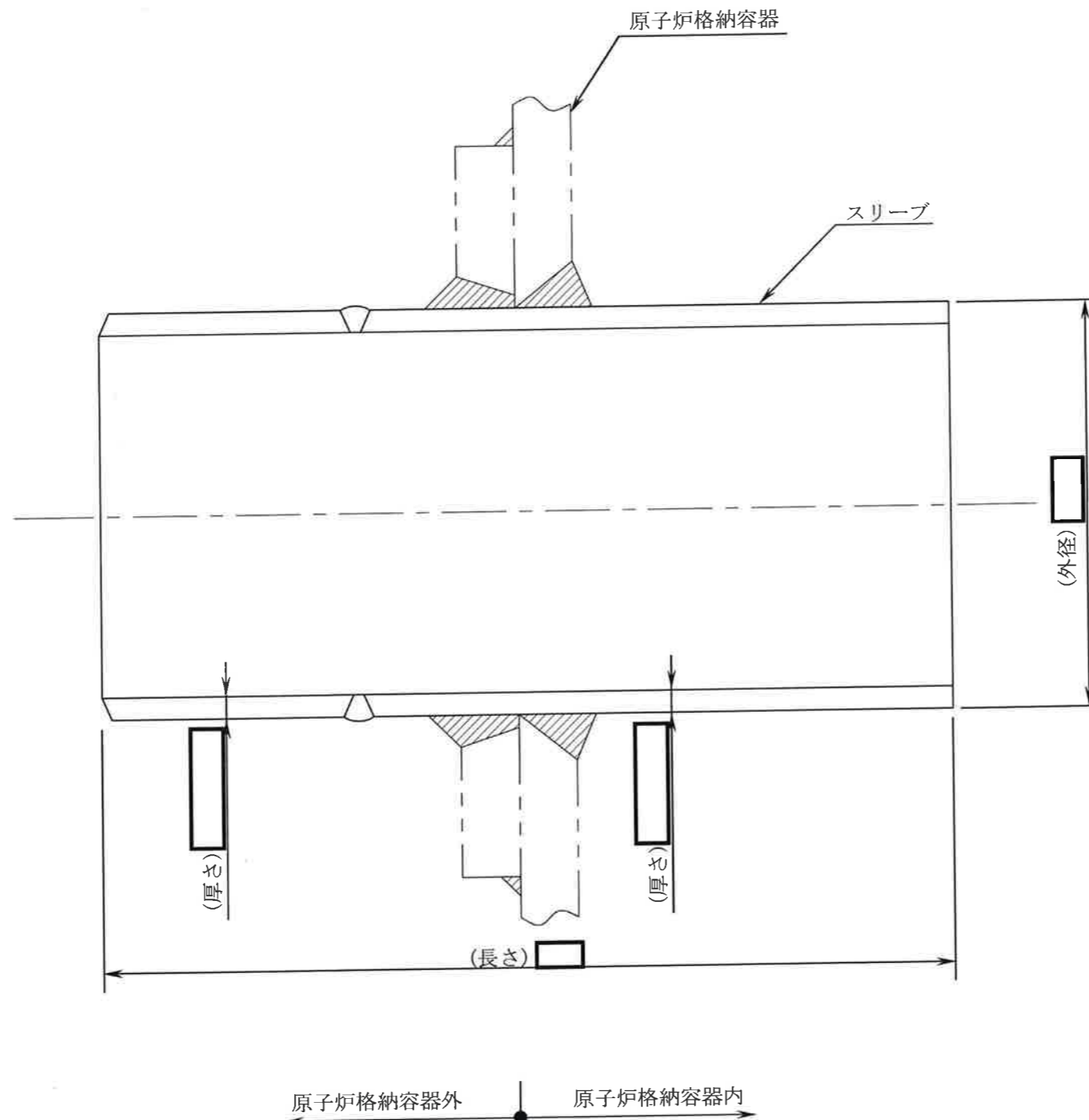
工事計画認可申請	第7-3-4図
高浜発電所第1号機	
原子炉格納施設の構造図 (原子炉格納容器) 原子炉格納容器配管貫通部 及び電気配線貫通部(4/4)	
関西電力株式会社	

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。

(単位: mm)

【構造図】
高浜2号機

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	材 料
550 553 555 559 561	電線 貫通部	5	0.261 0.305	122 138	スリーブ	



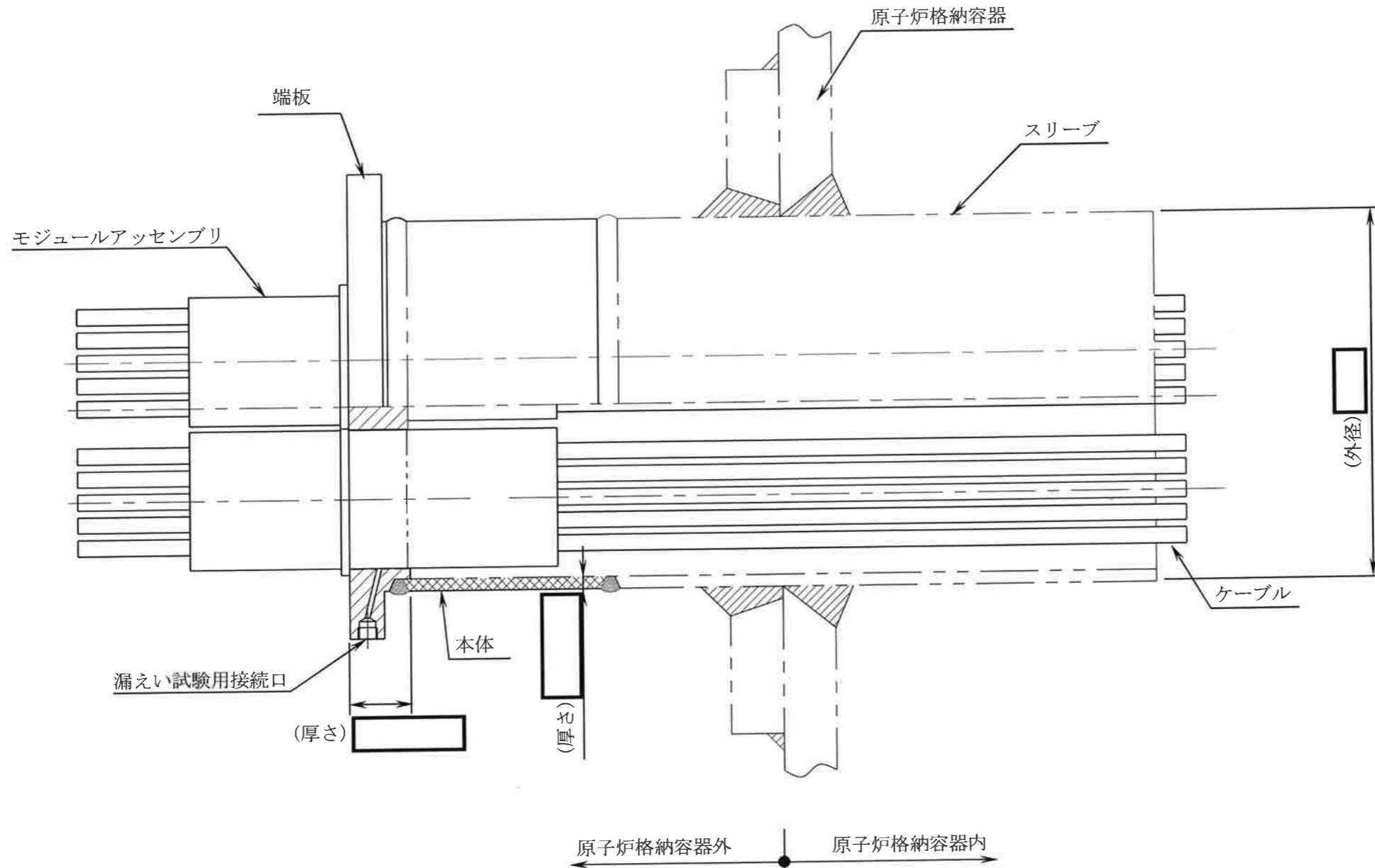
工事計画認可申請	第7-3-3図
高 浜 発 電 所 第 2 号 機	
原子炉格納施設の構造図 (原子炉格納容器) 原子炉格納容器配管貫通部 及び電気配線貫通部(3/4)	
関 西 電 力 株 式 有 限 公 司	

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。

(単位：mm)

【構造図】
高浜2号機

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	主要寸法 (mm)			材 料
						外 径	長 さ	厚 さ	
550 553 555 559 561	電線 貫通部	5	0.261 0.305	122 138	本体 端板				



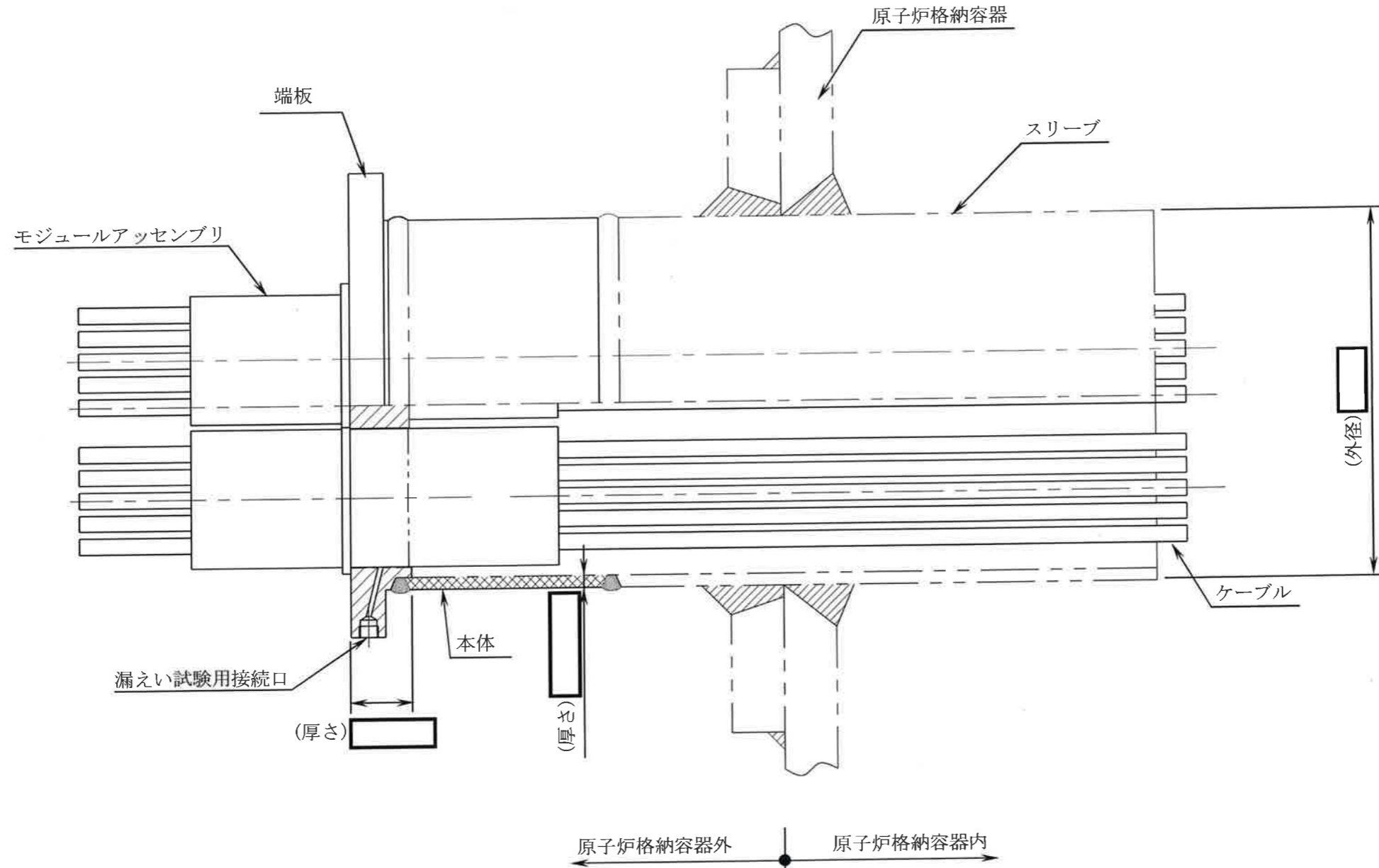
工事計画認可申請	第7-3-4図
高浜発電所第2号機	
原子炉格納施設の構造図 (原子炉格納容器) 原子炉格納容器配管貫通部 及び電気配線貫通部(4/4)	
関西電力株式会社	

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。

(単位: mm)

【構造図】
美浜3号機

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	主要寸法 (mm)			材 料
						外 径	長 さ	厚 さ	
555 561	電線 貫通部	2	0.261 0.305	122 138	本体 端板				



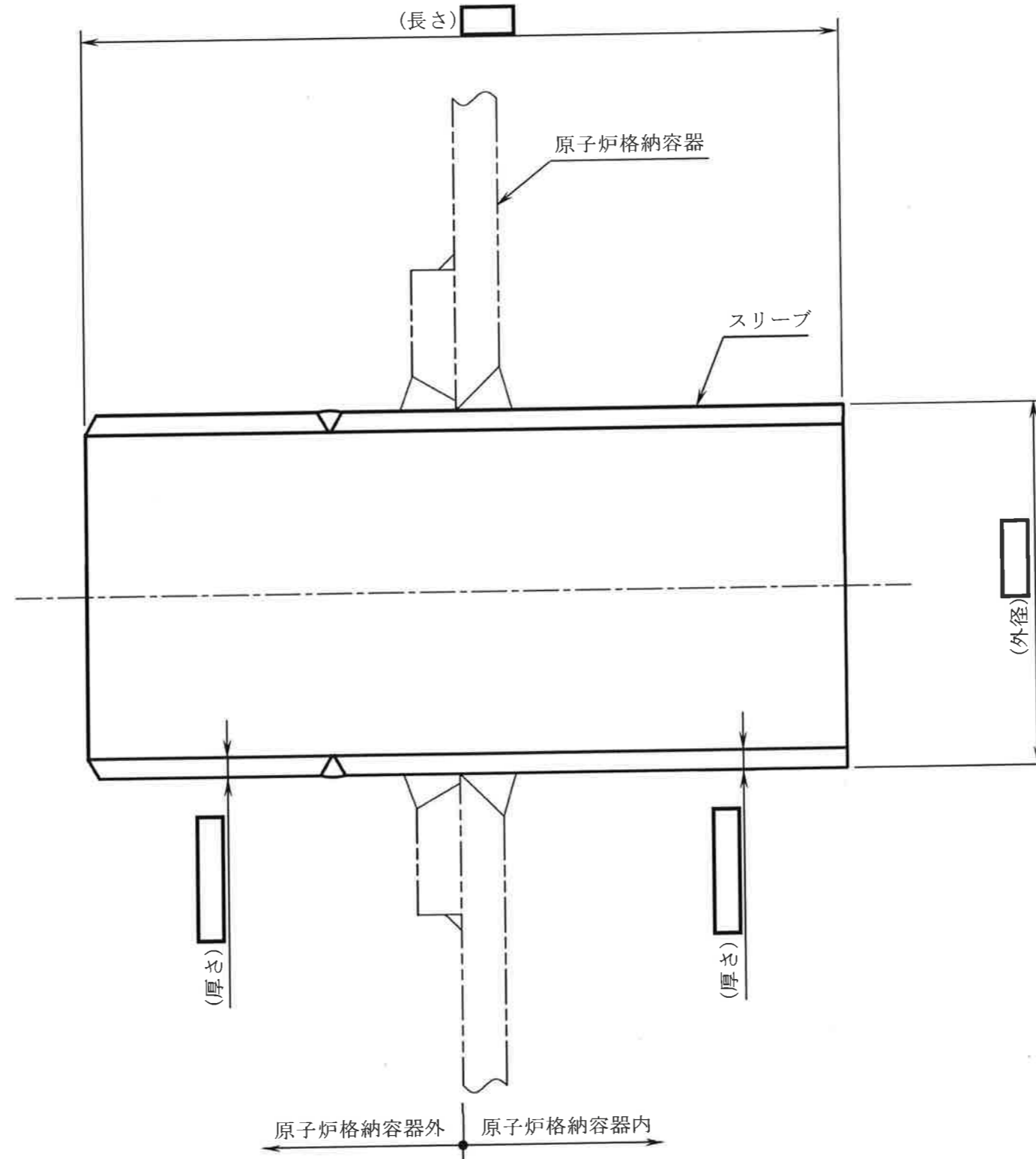
設計及び工事計画認可申請	第 1 図
美 浜 発 電 所 第 3 号 機	
原子炉格納施設の構造図 (原子炉格納容器) 原子炉格納容器配管貫通部 及び電気配線貫通部(1/2)	
関西電力株式会社	

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。

(単位: mm)

【構造図】
美浜3号機

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	材料
555 561	電線貫通部	2	0.261 0.305	122 138	スリーブ	



設計及び工事計画認可申請	第2図
美浜発電所第3号機	
原子炉格納施設の構造図 (原子炉格納容器) 原子炉格納容器配管貫通部 及び電気配線貫通部(2/2)	
関西電力株式会社	

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。

(単位：mm)

技術基準等要求事項と検査関連の整理について

項目	耐圧・漏えい試験	
	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)
技術基準との対応	第二十一条 1 項 第五十八条 1 項	第十七条 15 号 第五十五条 1 項 7 号
準拠する規格	JSME 設計・建設規格 (2012)	JSME 溶接規格 (2012/2013)
実施要領	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。
検査時の圧力値および時間	1.2Pd (約 3 時間) ※ 1	1.2Pd (約 3 時間) ※ 1
備考	図 1 参照	

項目	漏えい率試験	
	全体漏えい率試験 (A 種試験) ※ 2	局部漏えい率試験 (B 種試験)
技術基準との対応	第二十一条 3 項 第五十八条 2 項	第四十四条 1 項
準拠する規格	JEAC 4203-2008	JEAC 4203-2008
実施要領	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)
検査時の圧力値および時間	0.9Pd (約 24 時間)	0.9Pd (30 分以上)
備考	図 2 参照	図 1、2 参照

※ 1 : 「1.2Pd」について、規格上の要求は最高使用圧力 Pd の 1.1 倍 (設計・建設規格 PHT-2512 に記載) であるが、SA 時の規定圧力の 1.2Pd (0.305MPa) を記載したものである。

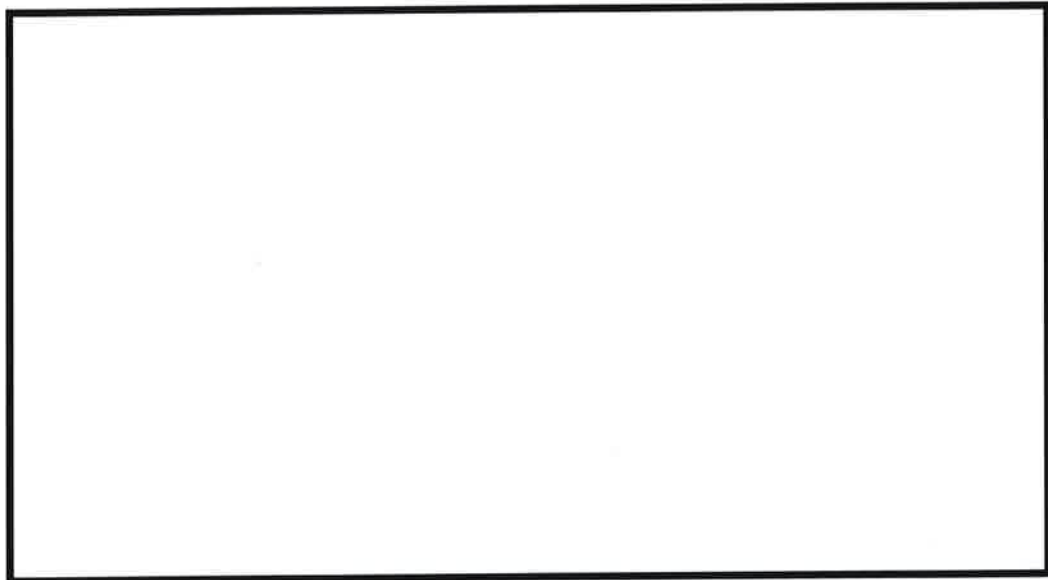
「約 3 時間」について、規格上の要求は 10 分 (設計・建設規格 PHT-4010 (2) 項に記載) であり、実際の検査時の時間も 10 分であるが、試験準備等を含めた試験時間を、先行プラントでの実績を踏まえて記載したものである。

※ 2 : 今回の改造に伴う漏えい率試験の対象は、シール部に加え、スリーブと電気ペネトレーションとの溶接部も対象となる。(図 1 の A~C 溶接)

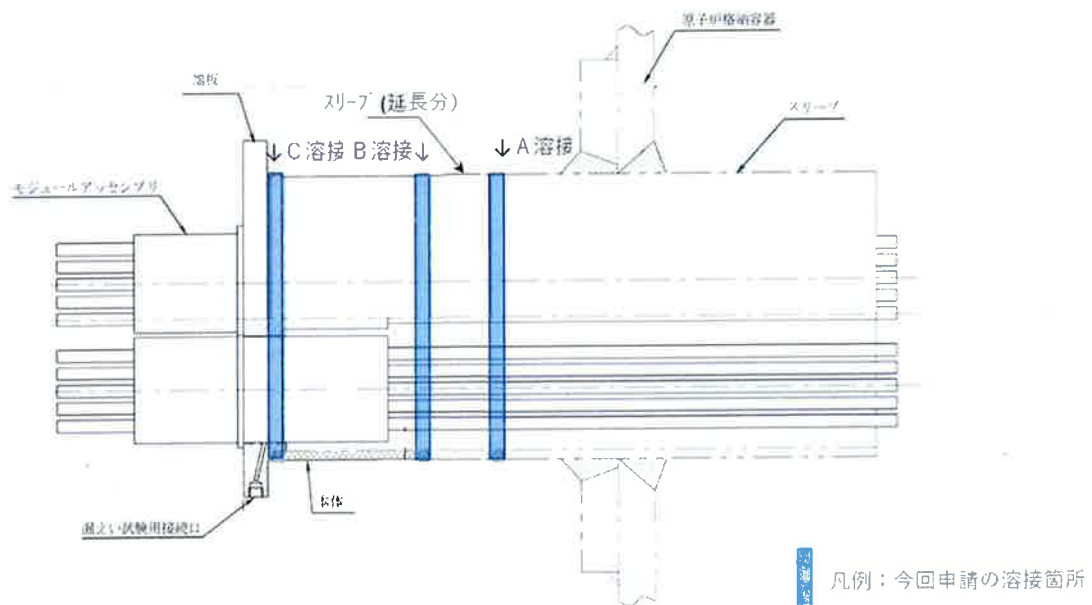
JEACにおいてB種試験の対象は、電気配線用貫通部のシール部のみであり、上記溶接部はB種対象外であるため、A種試験が必要となる。

[参考]

JEAC4203-2008 より



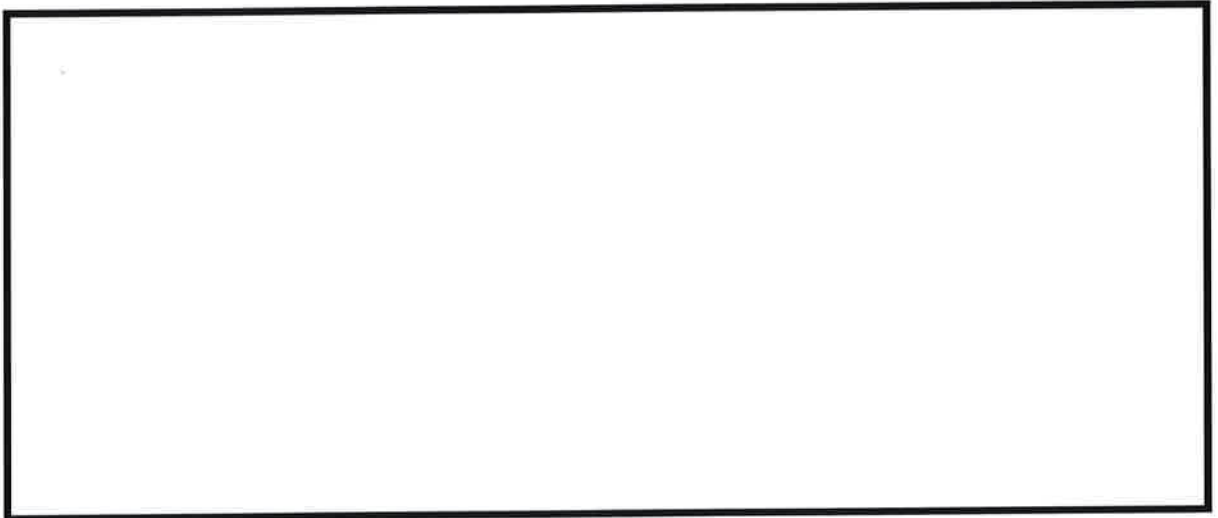
【図1】溶接部主体の概要図



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

【図2】 モジュールアッセンブリ主体の概要図

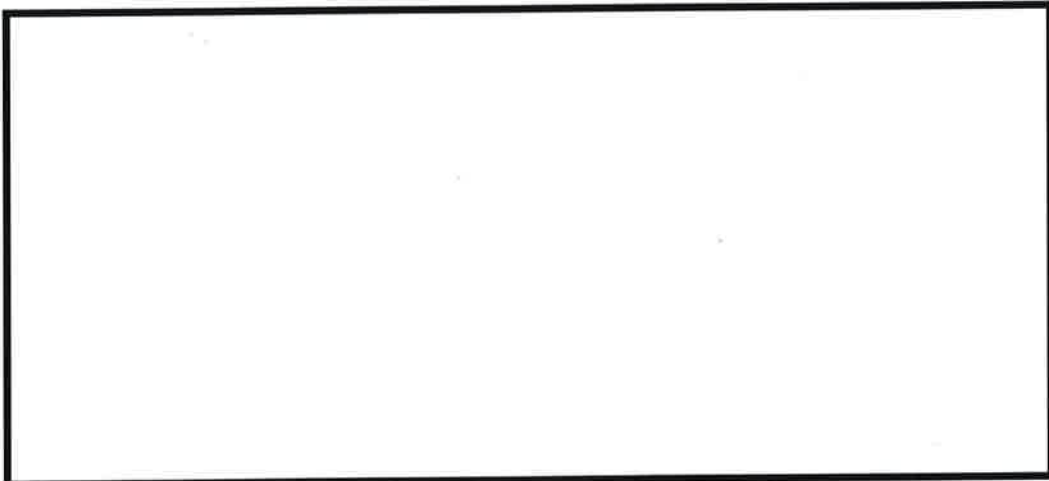
[モジュールアッセンブリ詳細]




エポキシ樹脂は、外側と内側で区別されている。(同材質)

- ・ 内側 (1次ポッティング) : 気密性、耐圧性、電気絶縁性の役割
- ・ 外側 (2次ポッティング) : 湿気侵入防止、ケーブル保持、電気絶縁の役割

[B種試験の加圧範囲]

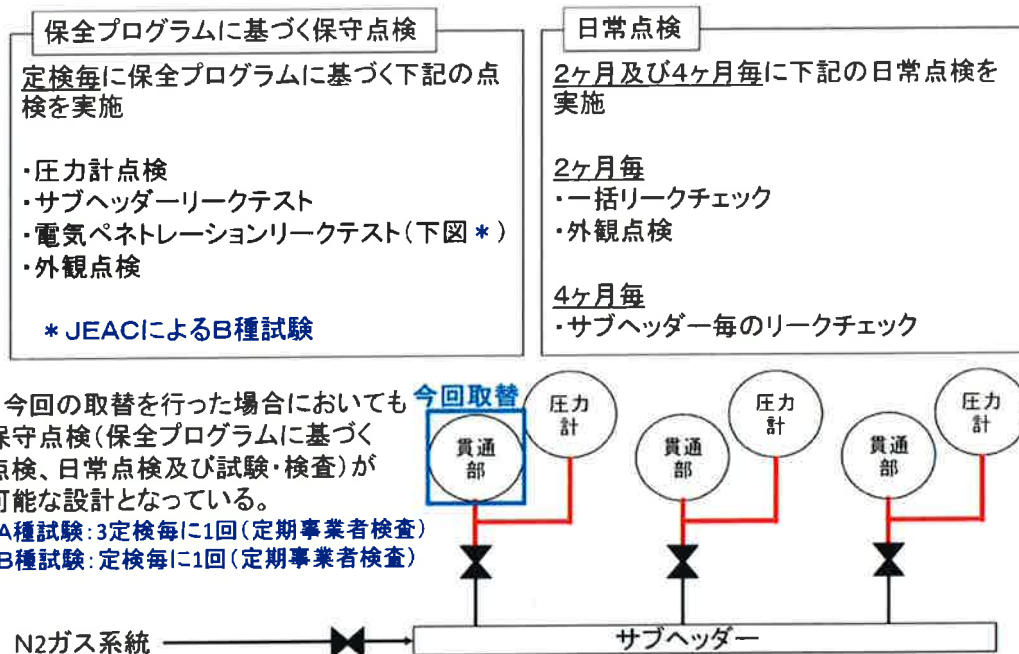


- | | |
|------------------|--------------------|
| ①モジュールアッセンブリ(3個) | ⑦溶接保護リング(恒設) |
| ②ケーブル | ⑧固定金具 |
| ③端板 | ⑨圧力計 |
| ④本体 | ⑩リング(モジュール1個当たり4個) |
| ⑤ケーブルトレイ | ⑪延長スリーブ |
| ⑥ケーブルトレイ金具 | ⑫既設スリーブ |

 : 検査・試験時及び通常の加圧範囲

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))



なお、今回取り替える電気ペネを貫通しているケーブル(NIS、RMS)については、NIS、RMSの点検にて、定検毎に絶縁抵抗測定等を実施している。

- ・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。

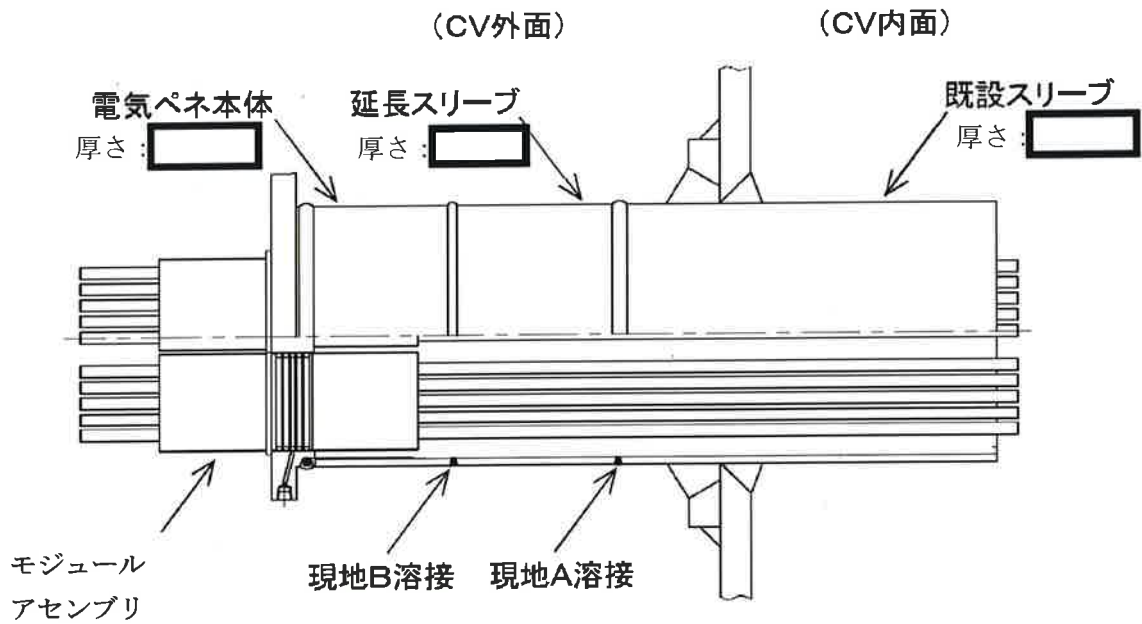
また、技術基準の解釈につきましては「第1号ハに規定する「漏えい試験ができる」とは、「漏えい率試験規程(JEAC 4203-2008)」の規定に「日本電気協会「原子炉格納容器の漏えい率試験規程(JEAC 4203)」の適用に当たって(別記-8)」の要件を付した試験ができること。」との記載に対し、電気ペネトレーションの漏えい率試験はJEAC4203-2008に準拠し、また別記-8に記載の「(2) 2.5 B種試験総合漏えい率の判定基準に見込む「漏えいの増加要因を考慮した余裕係数」を0.2とすること。」を満足している。

[補足]

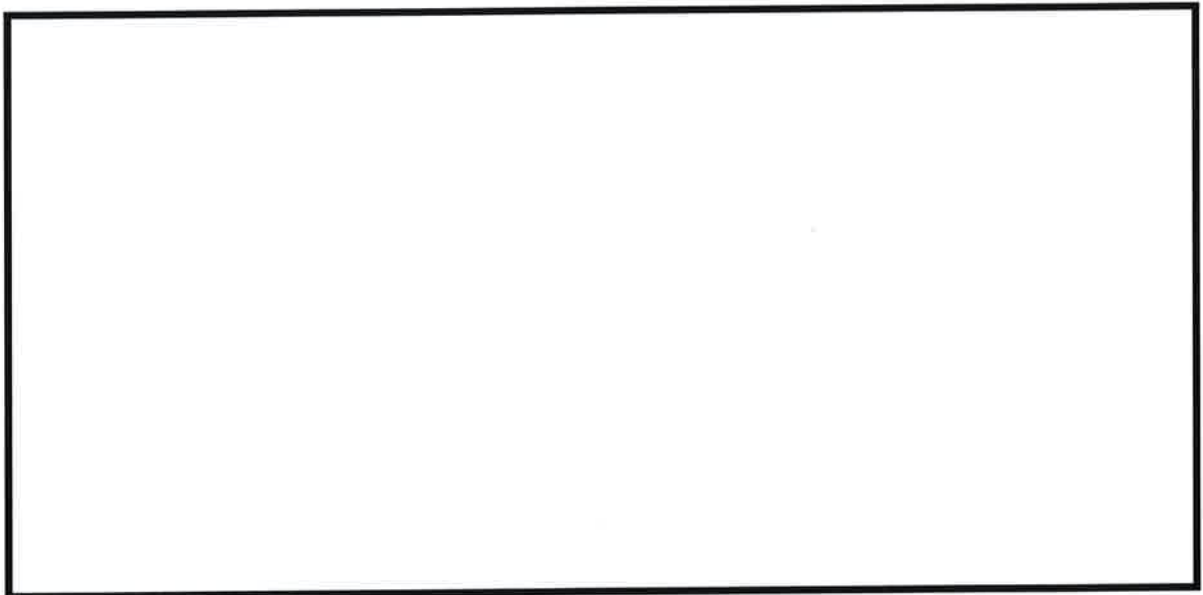
試験圧力における許容漏えい率にさらに余裕係数を考慮した値(1-0.2)を乗算し、より安全側に許容漏えい率を設定している。

溶接箇所に対しての溶接後熱処理について

当該溶接箇所については、母材の厚さが [] 以下、溶接部の厚さが [] 以下であることから、溶接規格 2012 表 N-X090-3 (2/3) に基づき、溶接後熱処理は不要である。
なお、溶接におけるケーブルへの影響を考慮し溶接保護リングを設置している。



[モジュール型電気ペネトレーションの概略図 (溶接保護リング解説図面)]



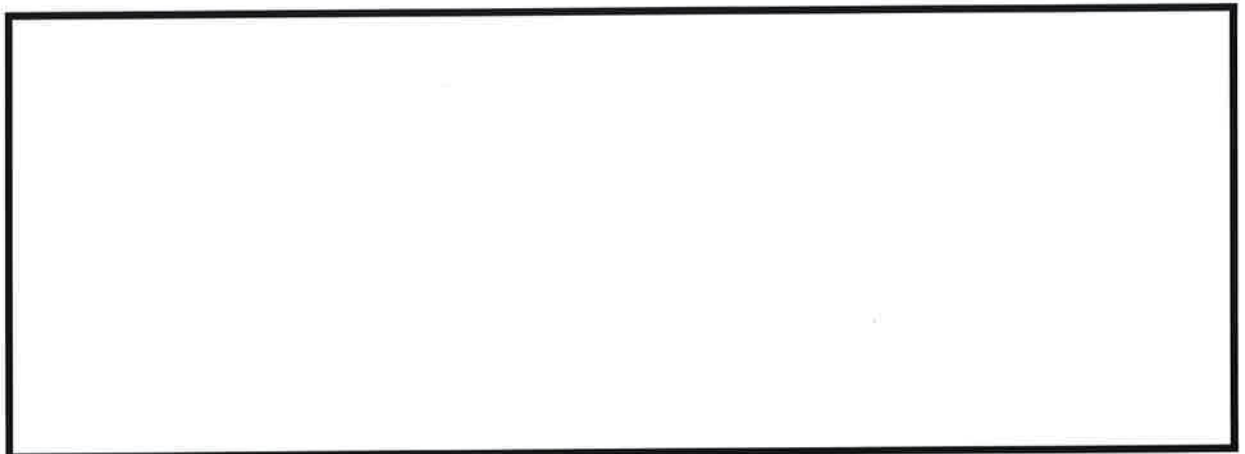
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

延長スリーブの必要性について

延長スリーブ無の場合、電気ペネ本体とスリーブの溶接部 (①) にはUT (超音波探傷試験) を実施する必要がある、UTのためにスリーブ内側を [] 以上 (②) フラットに加工する必要がある。

しかし、既設スリーブを加工すると、建設時工認のCV貫通部の補強計算上必要な範囲が満足できない。(③)

そこで、電気ペネ本体と既設スリーブの間に延長スリーブを設けることで、UTのためにスリーブ内側を [] 以上 (②) 加工しても、建設時工認のCV貫通部の補強計算上必要な範囲を満足させることができる。(④) よって、延長スリーブが必要となる。



(延長スリーブ無)

(延長スリーブ有)

(補 足)

設工認における構造図は、シーニング部 (開先部) を考慮しない一般部の板厚形状として記載している。これは、シーニング部の形状及び寸法は製作設計段階で構造を決定するものであり、設工認段階では形状が決定していないためである。

なお、シーニング部の形状及び寸法の決定に当たっては、設工認段階で評価した強度上の必要板厚 (今回の場合スリーブ [] ペネトレーション本体 [] JSME より) を考慮し、これを下回ることはないよう決定する。

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

技術基準規則 18 条、56 条（使用中の亀裂等による破壊の防止）の適用可否の判断について

今回申請の部位については、以下の理由により当該条文の適用を否（×）とする。

- ・格納容器貫通部の溶接継手のうち、通常繰り返し荷重及び熱応力により疲労が懸念される溶接継手が供用期間中検査（ISI）の対象となる。
- ・維持規格の解説に、疲労が懸念される溶接継手とはクラス 1 管が接続される部分であると規定されている。
- ・PWR では、クラス 1 管は存在しないため、対象となる部位はない。
- ・供用期間中検査（使用中）については、使用前検査以降に適用となる。

適用基準／規格	規定内容
①技術基準第18条 （第56条）	使用中の（中略）原子炉格納容器（中略）には、その破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥があってはならない。
②技術基準規則の解釈 第18条1（第56条1）	「その破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥があってはならない」とは「実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の解釈」の規定に適合するものであること。
③実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の解釈	原子炉施設に属する機器及び構造物のうち維持規格に規定する（中略）クラスMC容器（鋼製）については、次に掲げる方法により確認する。 （1）別紙1に定める非破壊試験を行う。 （別紙1） 維持規格のクラスMC容器（鋼製）に係る非破壊試験の方法は、次の条件を課した上で、維持規格に従い実施すること。
④維持規格 クラスMC容器 （鋼製） IE-2520	格納容器表面（BWRに限定）、耐圧部分の溶接継手（BWRに限定）、圧力保持用ボルト締め付け部に関して、非破壊試験（VT）を実施すること。 →今回の電気配線貫通部取替工事の申請範囲で非破壊要求はない。

原子炉格納容器 評価温度、圧力の評価における経年劣化の影響について

原子炉格納容器評価温度、圧力（200℃、2Pd）時の評価対象部位における放射性物質の閉じ込め機能の健全性が、経年劣化により低下していないことを確認し、今回の評価温度、圧力に関する評価結果に影響しないことを確認する。

考慮する経年劣化事象については、先行プラントにおける高経年化技術評価書を参考にする。

電線貫通部（モジュラー型）についてはエポキシ樹脂及びOリングでバウンダリを維持する構造であり、経年劣化事象としてエポキシ樹脂及びOリングの劣化が考えられる。これらの部位の経年劣化については、長期健全性試験により、健全性を確認した。（添付1）

以上により、経年劣化による原子炉格納容器の評価温度、圧力への影響はないことを確認した。

電線貫通部（エポキシ樹脂及びOリング）の経年劣化に対する長期健全性評価

1. 概要

美浜発電所3号機に設置予定のモジュラー型電線貫通部の長期健全性試験を実施しており、この結果に基づき長期間の経年劣化を考慮した健全性評価を行う。

2. 試験条件

2.1 評価項目

エポキシ樹脂及びOリングは有機物であり、熱及び放射線により経年劣化が進行するため、経年劣化に対する評価が必要である。

2.2 熱劣化期間算出

エポキシ樹脂及びOリングの加速熱劣化試験を実施するため、以下のアレニウスの式を用いることで、加速熱劣化の条件を設定する。

$$\text{加速倍率算出} \quad a = \exp \left[\frac{-E}{R} \left(\frac{1}{(273 + T_{exam})} - \frac{1}{(273 + T_{real})} \right) \right]$$

$$\text{熱劣化期間} \quad T_{acc} = \frac{Z \times 365}{a}$$

加速熱劣化の条件はエポキシ樹脂とOリングを包絡した106℃-44日で設定する。

試験条件設定のための各パラメータを第1表に示す。

第1表 各パラメータ

項目	記号	単位	数値	
			エポキシ樹脂	Oリング
加速倍率	a	倍	503	1714
気体定数	R	kcal/mol・K	0.001987	
実機温度	T _{real}	℃	59	56
試験温度	T _{exam}	℃	106	
部材の活性化エネルギー*	E	kcal/mol	33.1	36.9
評価年数	Z	years	60	
熱劣化期間	T _{acc}	Days	44	13

※メーカー値であり、複数の試験温度で部材の機能が維持される期間をプロットし、直線の傾きから活性化エネルギーを算出

2.3 長期健全性評価

長期健全性試験条件を第2表に示す。

第2表 試験条件

	試験条件※	説明
加速熱劣化	106 °C - 44 日間	試験条件は、電線貫通部の周囲温度（約 40 °C）で 60 年間の運転に相当する条件（ポッティング材：106 °C-3 日、O リング：106 °C-1 日）を包絡している。
放射線照射	2k Gy (平常時) 1300k Gy (事故時)	美浜発電所 3 号機の 60 年間の運転に予想される集積線量、設計想定事故時線量を包絡している。
事故時 雰囲気暴露	温度 Max 190 °C 圧力 Max 0.414 MPa 時間 ~6 日間	美浜発電所 3 号機の設計想定事故時の最高温度（約 122°C）、最高圧力（約 0.261MPa）を包絡している。

※ 出典：電力共同委託「モジュラー型電気ペネトレーションの長期健全性評価（H21 年 2 月）」

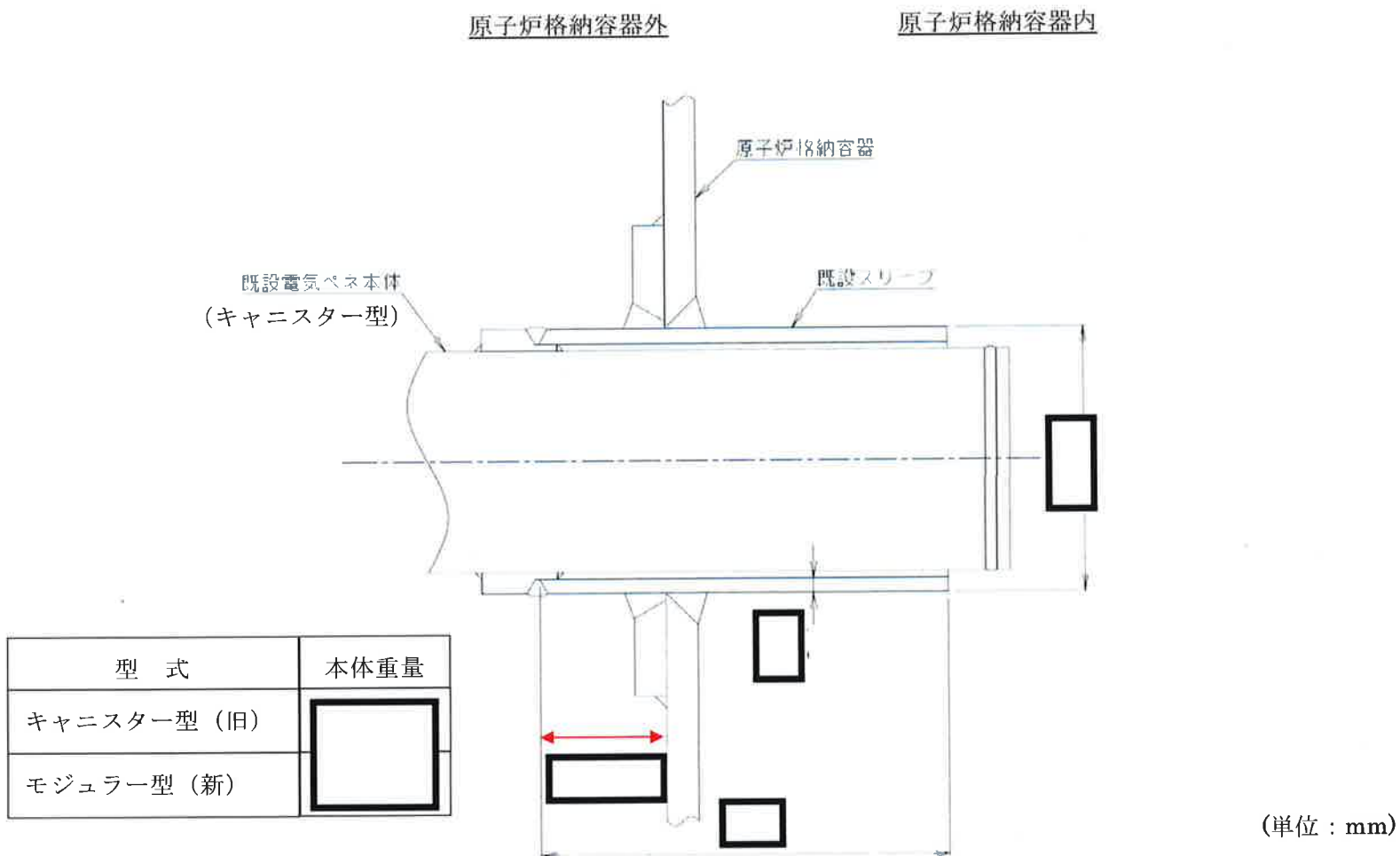
3. 試験結果

表2の試験条件を負荷した後の漏えい試験では、漏えい量は $1.7 \times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{s}$ であった。一方、美浜発電所 3 号機の原子炉格納容器局部漏えい率検査（B 種試験）における電線貫通部のモジュール 1 台当たりの許容漏えい量は $0.69 \text{ cm}^3/\text{s}$ であり、漏えい量は十分小さい値となっている。

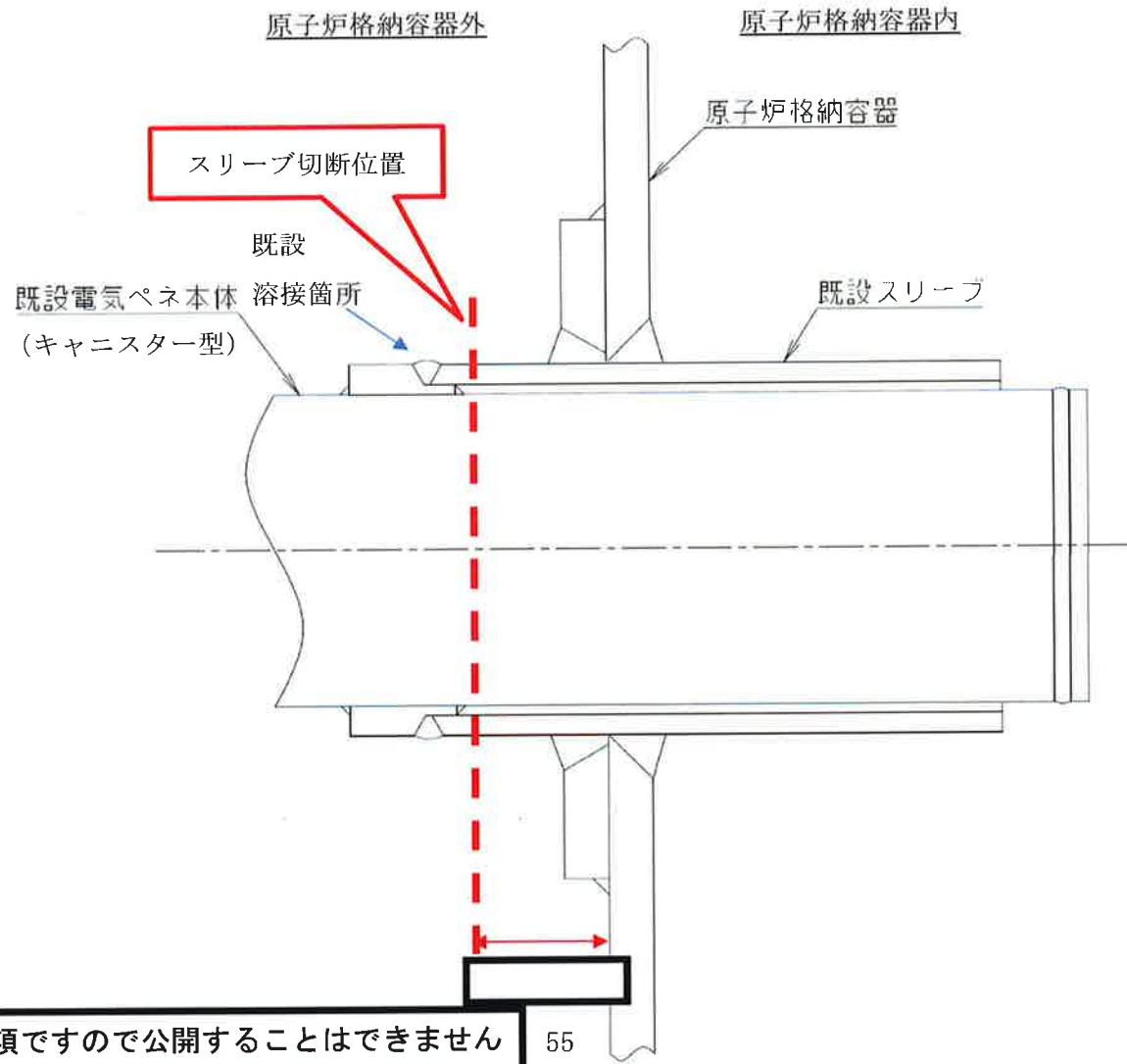
このことから、モジュラー型電線貫通部は 60 年間の運転を想定しても、放射性物質の閉じ込め機能を維持できる。

1.7. 取替工事のステップ説明と耐震、強度の概要説明

STEP 0) 現状 (取替前)

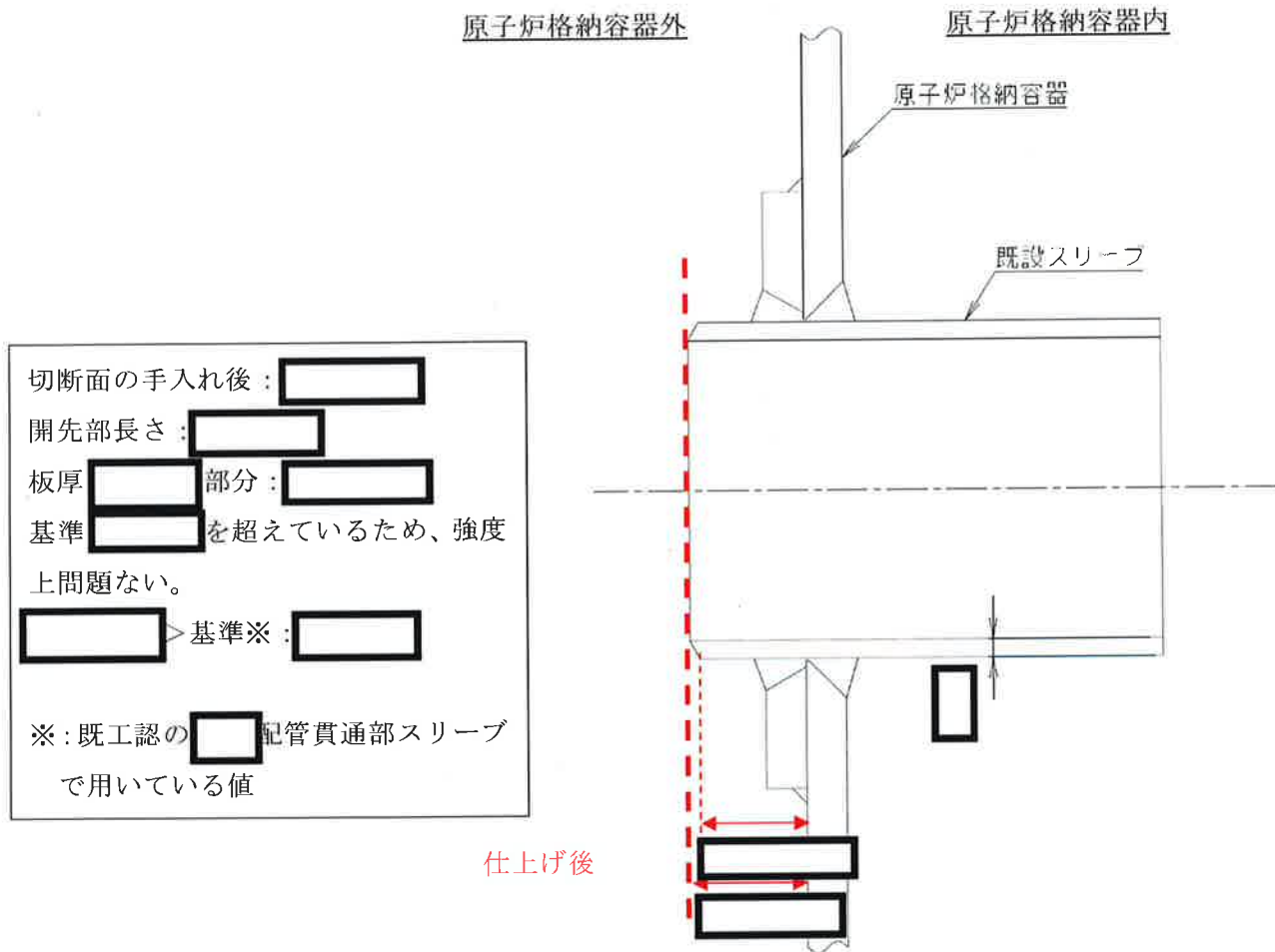


STEP 1) 既設スリーブ切断

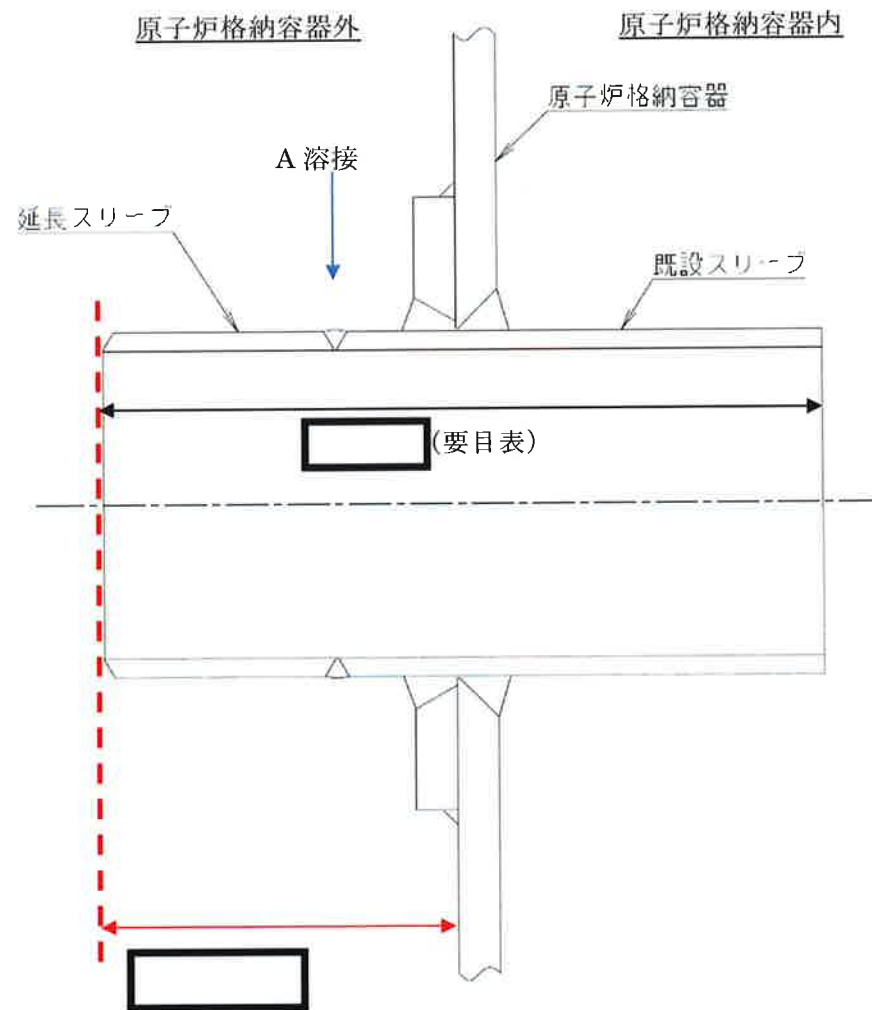


枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

STEP 2) 既設電気ペネ本体取外し後

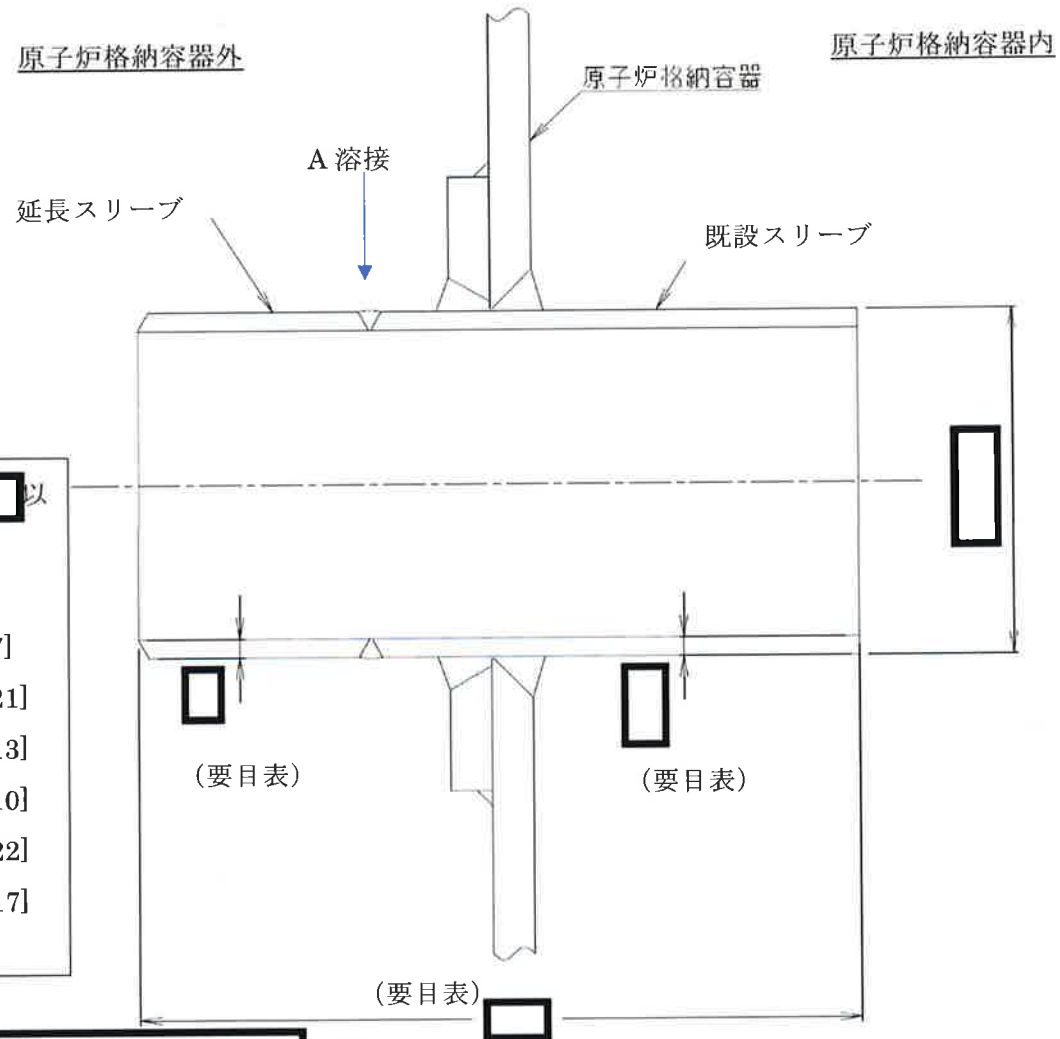


STEP 3) 延長スリーブ溶接



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 57

STEP 4) 延長スリーブ溶接後



シーニング後のスリーブの厚さは、 以上であるため、強度評価として問題ない。
 申請書 添付-6
 [強度に関する説明書抜粋：M3-添 6-3-1-7]
 [強度に関する説明書抜粋：M3-添 6-2-1-21]
 [強度に関する説明書抜粋：M3-添 6-3-1-13]
 [強度に関する説明書抜粋：M3-添 6-3-2-10]
 [強度に関する説明書抜粋：M3-添 6-3-1-22]
 [強度に関する説明書抜粋：M3-添 6-3-2-17]

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

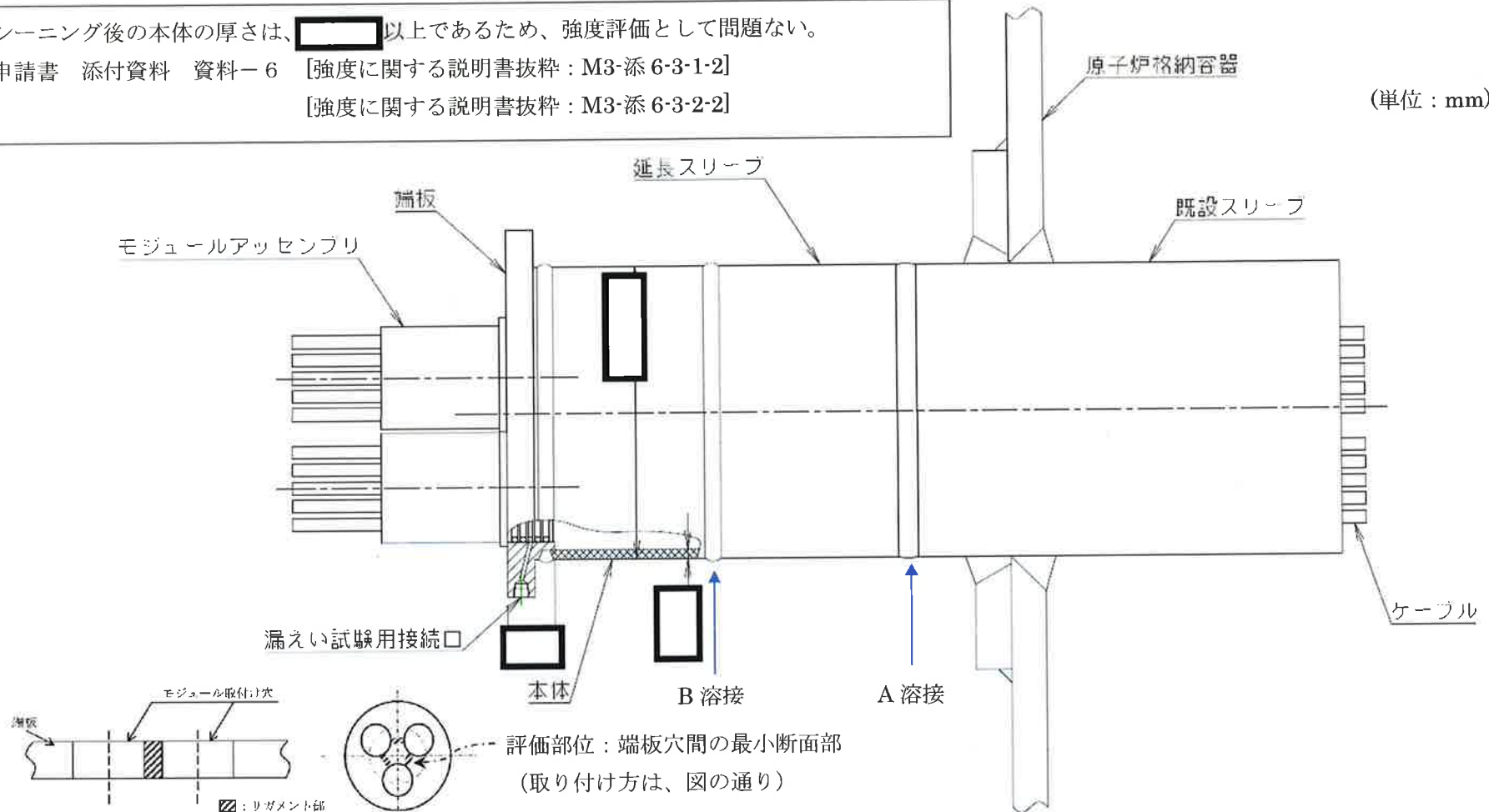
STEP 5) 電気ペネ溶接後(据付完了)

シーニング後の本体の厚さは、 以上であるため、強度評価として問題ない。

申請書 添付資料 資料-6 [強度に関する説明書抜粋：M3-添 6-3-1-2]

[強度に関する説明書抜粋：M3-添 6-3-2-2]

(単位：mm)



電線貫通部は、本体、端板、モジュールアッセンブリで構成されており、原子炉格納容器の貫通スリーブに直接溶接で取り付けられているため、剛構造である。さらに、電線貫通部は、両端に電線ケーブルが接続されているが、電線貫通部が取り付けられている原子炉格納容器と電線ケーブルが接続される他の建屋との間に地震動により相対変位が生じてても、電線ケーブルの柔軟性により、電線貫通部に反力は作用しない。従って、電線貫通部に作用する力は原子炉格納容器の圧力と電線貫通部自身の自重に起因する力のみである。

申請書 添付資料 資料-5 [耐震性に関する説明書抜粋：M3-添 5-4-1]

[強度に関する説明書抜粋：M3-添 6-3-1-7]

FORMAT-2 電線貫通部 スリーブ

貫通部番号 555, 561

原子炉格納容器

スリーブの強度計算結果 (1/19)

a. 規格計算

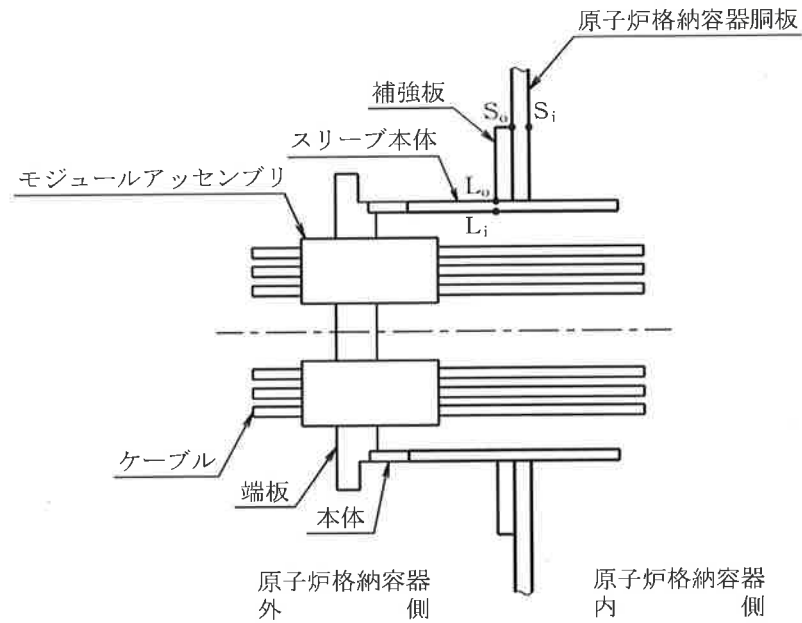
(1) スリーブ本体（管台）の厚さの計算

最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	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_{mc}	η	t_{nr}	t_{nr1}	t_{nr2}	t_n
0.261	122	[Redacted]						
評価：上記の実際使用最小厚さ t_n は、必要な厚さ t_{nr} 以上であるので強度は十分である。								

[強度に関する説明書抜粋：M3-添 6-2-1-21]

(a) 評価部位

スリーブの評価部位は、構造不連続部であるスリーブ本体と原子炉格納容器胴板の接続部（L点（ L_i 、 L_o ）以降、スリーブ本体）及び補強板端部（S点（ S_i 、 S_o ）以降、スリーブ取付部）とする。



(水平断面)

第 2-1 図 スリーブ評価部位

[強度に関する説明書抜粋：M3-添 6-3-1-13]

貫通部番号 555, 561

原子炉格納容器

スリーブの強度計算結果 (7/19)

(7)基本条件における応力強さ (スリーブ本体)

評価点	応力強さ(MPa)											
	一次一般膜応力強さ			一次局部膜応力強さ			一次膜応力+ 一次曲げ応力強さ			一次+二次応力強さ		
	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$
	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x
L _i												
L _o												
許容値	S _{mc} = 129			1.5 S _{mc} = 193			1.3 S _{mc} = 167			3 S _{mc} = 387		
評価：いずれも応力強さの限界を満足している。												

[強度に関する説明書抜粋：M3-添 6-3-2-10] 重大事故等クラス2 容器

貫通部番号 555.561

スリーブの強度計算結果 (7/14)

(8) 評価結果 (スリーブ本体)

評価点	応力強さ(MPa)								
	一次一般膜応力強さ			一次局部膜応力強さ			一次膜応力+ 一次曲げ応力強さ		
	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$
	y	z	x	y	z	x	y	z	x
L _i									
L _o									
許容値	2/3 S _u = 251			1.5 × 2/3 S _u = 376			1.3 × 2/3 S _u = 326		
評価：いずれも応力強さの限界を満足している。									

[強度に関する説明書抜粋：M3・添 6・3・1・22]

貫通部番号 555, 561

原子炉格納容器

スリーブの強度計算結果 (16/19)

(15)基本条件における応力強さ (スリーブ取付部)

評価点	応力強さ(MPa)											
	一次一般膜応力強さ			一次局部膜応力強さ			一次膜応力+ 一次曲げ応力強さ			一次+二次応力強さ		
	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$
S _i												
S _o												
許容値	S _{mc} = 150			1.5 S _{mc} = 225			1.5 S _{mc} = 225			3 S _{mc} = 450		
評価：いずれも応力強さの限界を満足している。												

[強度に関する説明書抜粋：M3-添 6-3-2-17] 重大事故等クラス2容器

貫通部番号 555.561

スリーブの強度計算結果 (14/14)

(15) 評価結果 (スリーブ取付部)

評価点	応力強さ(MPa)								
	一次一般膜応力強さ			一次局部膜応力強さ			一次膜応力+ 一次曲げ応力強さ		
	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$
S_i									
S_o									
許容値	$2/3 S_u = 283$			$1.5 \times 2/3 S_u = 424$			$1.5 \times 2/3 S_u = 424$		
評価：いずれも応力強さの限界を満足している。									

[強度に関する説明書抜粋：M3-添 6-3-1-2]

FORMAT-1 電線貫通部 本体および端板

貫通部番号 555, 561

原子炉格納容器

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 (°C)	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_i	S_{mc1}			t	t_1
0.261	122		131	STS480	1.0	0.3	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 (°C)	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_{mc2}			K	t_{sr}
0.261	122		124	SUS304L	0.33	7.9	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。

(3) 基本条件における応力強さ

評価点	応 力 (MPa)			
	一次一般膜応力	一次局部膜応力	一次膜＋一次曲げ応力	一次＋二次応力
	P_m	P_L	P_L+P_b	P_L+P_b+Q
リガメント部	8	1	11	11
許容値	115	172	172	345

評価：いずれも応力強さの限界を満足している。

[強度に関する説明書抜粋：M3-添 6-3-2-2]

FORMAT-1 電線貫通部 本体および端板

貫通部番号 555, 561

重大事故等クラス2容器

電線貫通部の強度計算結果

(1) 本体の板厚計算

電線貫通部 形式	評価圧力 (MPa)	評価温度 (°C)	本体内径 (mm)	設計引張強さの 2/3 倍の値 (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 _i	S ₁			η	t _{sr1}
モジュラー型	0.333	138		292	STS480	1.0	0.2	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

電線貫通部 形式	評価圧力 (MPa)	評価温度 (°C)	端板外径 (mm)	設計引張強さの 2/3 倍の値 (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 ₂			K	t _{sr2}
モジュラー型	0.333	138		262	SUS304L	0.33	6.2	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。

(3) 供用状態Dにおける応力強さ

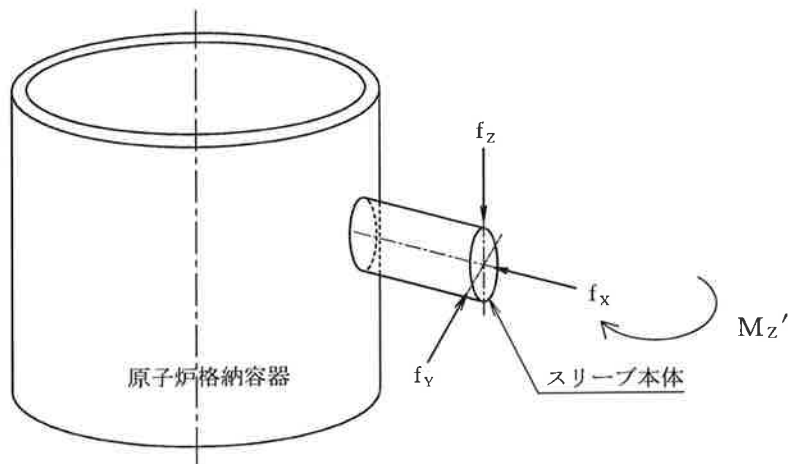
電線貫通部 形式	応力 (MPa)		
	一次一般膜応力	一次局部膜応力	一次膜+一次曲げ応力
	P _m	P _L	P _L +P _b
モジュラー型	8	1	11
許容値	262	394	394

評価：いずれも応力強さの限界を満足している。

[耐震性に関する説明書抜粋：M3-添 5-4-12~14]

4.3 軸力及び曲げモーメントの方向について

貫通部に作用する軸力及び曲げモーメントの方向の説明図を第 4-1 図に示す。



第 4-1 図 軸力及び曲げモーメントの方向

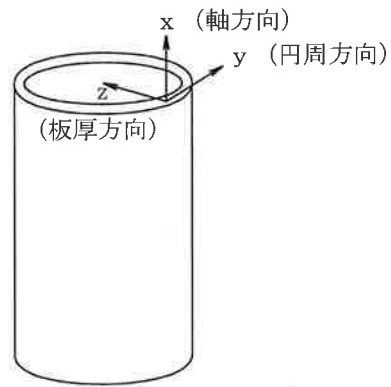
スリーブには図示のような外力が作用するが、外力により発生する応力はそれぞれ次に示すように取り扱う。

F_x …… 原子炉格納容器の電線貫通部本体等からの反力 f_x を F_x とし、 F_x による応力を計算する。

F_y, F_z …… 原子炉格納容器の電線貫通部本体等からの反力 f_y 及び f_z を、それぞれ F_y 及び F_z とする。 F_y 及び F_z によるせん断力は微小であり無視するが、 F_y 及び F_z によって生じる曲げモーメントの合力を M_z' とし、 M_z' による応力を計算する。また、 M_z' は f_z 軸まわりに作用すると仮定した方がスリーブ取付部における応力が保守的に算出されるため、 M_z' は f_z 軸まわりに作用するものとする。

応力の方向を第 4-2 図に示す。

- σ_x : 原子炉格納容器軸方向応力
- σ_y : 原子炉格納容器円周方向応力
- σ_z : 原子炉格納容器板厚方向応力

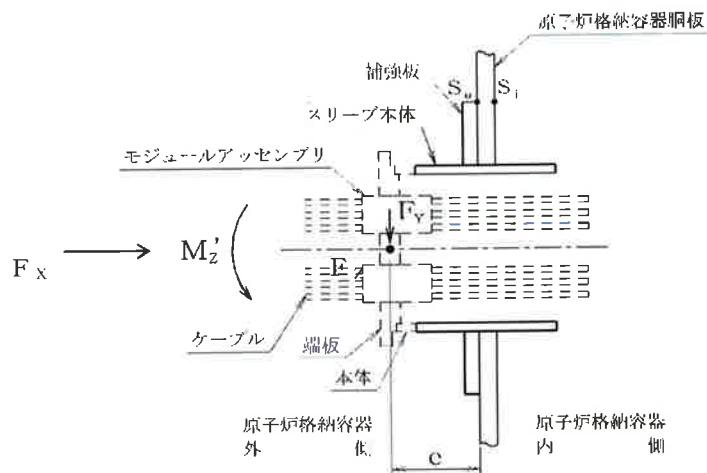


第 4-2 図 応力の方向について

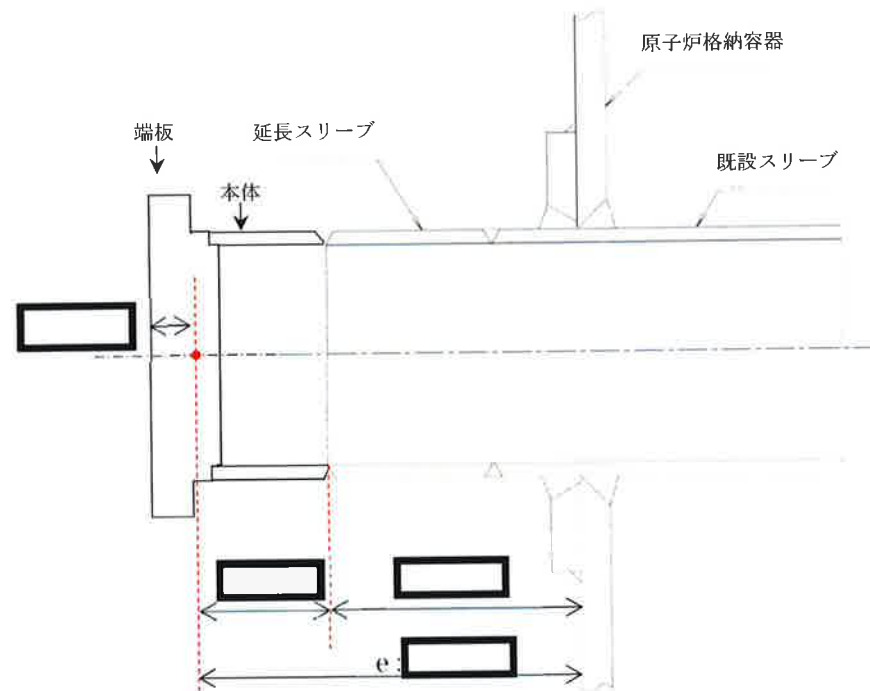
[補足説明]

e : 評価点から局部外力作用点までの距離について

電気ペネトレーションの重心点 (●) については、
 端板および本体単体の寸法および重量により算出
 しているため、要目表の主要寸法からは算出できな
 いものとなっている。



(水平断面)



[耐震性に関する説明書抜粋：M3-添 5-4-28] (設計基準対象施設としての貫通部の評価結果)

第 6-1 表 許容応力状態Ⅳ_AS に対する評価結果(D+P+M+S_s 又は D+P_L*+M_L+S_d)

評価対象設備			評価部位	応力分類	発生値	許容値	備考
原子炉格納施設	原子炉格納容器	貫通部スリーブ	取付部	一次一般膜応力強さ (単位：MPa)	133	235	①(注)
				膜応力強さ+曲げ応力強さ (単位：MPa)	133	282	①(注)
				一次+二次応力強さ (単位：MPa)	233	450	②(注)

(注) ①: D+P_L*+M_L+S_d、②: D+P+M+S_s における結果を示す。

第 6-2 表 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果(D+P+M+S_d 及び D+P_L+M_L+S_d) (簡易)

評価対象設備			評価部位	応力分類	発生値(S _d)	許容値	判定	備考
格納施設 原子炉	原子炉格納容器	貫通部スリーブ	取付部	一次一般膜応力強さ (単位：MPa)	133	235	○	
				膜応力強さ+曲げ応力強さ (単位：MPa)	133	282	○	

[耐震性に関する説明書抜粋：M3-添 5-4-30/E] (重大事故等対処施設としての貫通部の評価結果)

第 6-3 表 許容応力状態Ⅳ_AS に対する評価結果(D+P+M+S_s 又は D+P_{SAL}+M_{SAL}+S_d)

評価対象設備			評価部位	応力分類	発生値	許容値	備考
原子炉格納施設	原子炉格納容器	貫通部スリーブ	取付部	一次一般膜応力強さ (単位：MPa)	169	235	① (注)
				膜応力強さ+曲げ応力強さ (単位：MPa)	169	282	① (注)
				一次+二次応力強さ (単位：MPa)	233	393	② (注 2)

(注) ①: D+P_{SAL}+M_{SAL}+S_d、②: D+P+M+S_s における結果を示す。

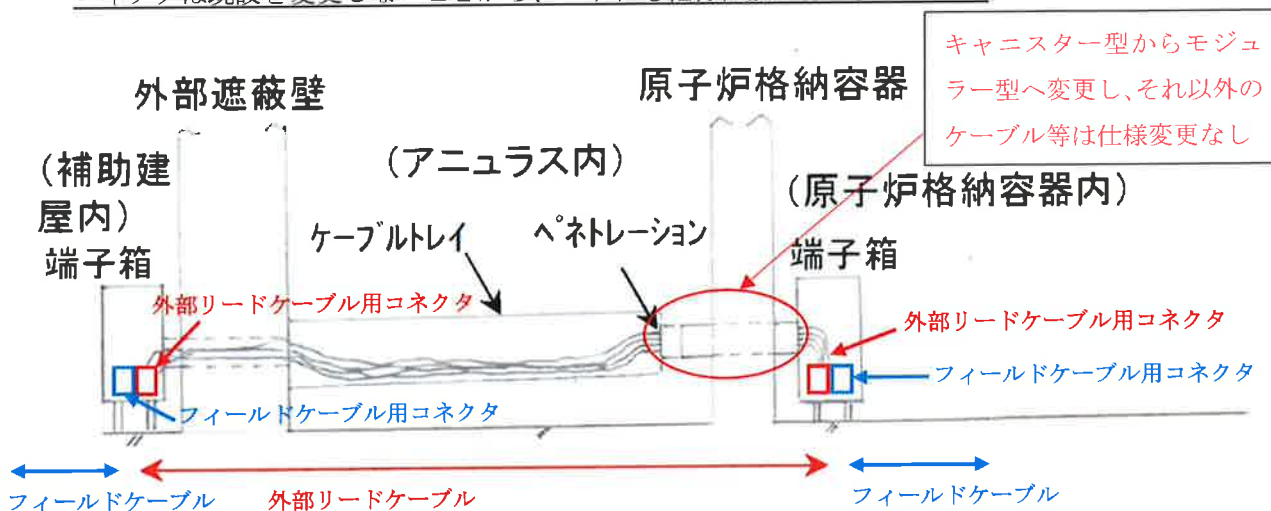
第 6-4 表 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果(D+P_L+M_L+S_d) (簡易)

評価対象設備			評価部位	応力分類	発生値(S _d)	許容値	判定	備考
格納施設 原子炉	原子炉格納容器	貫通部スリーブ	取付部	一次一般膜応力強さ (単位：MPa)	169	235	○	
				膜応力強さ+曲げ応力強さ (単位：MPa)	169	282	○	

1. 電気ペネトレーション取替工事における RMS 及び N I S への影響について

電気ペネトレーションに要求される機能は、電気絶縁維持及び原子炉格納容器の気密性能維持であり、今回の電気ペネトレーション取替工事により、当該電気ペネトレーションを貫通している RMS 及び N I S ケーブルへの電気絶縁維持の影響について確認した結果を以下に説明する。

まず、今回の工事における取替対象は、第 1 図に示すとおり、電気ペネトレーション本体、外部リードケーブル及び外部リードケーブル用コネクタである。このうち、外部リードケーブル及び外部リードケーブル用コネクタは既設と同じ仕様であり、フィールドケーブル及びフィールドケーブル用コネクタは既設を変更しないことから、いずれも絶縁性能に係る変更はない。



※第 1 図において、赤字は取替範囲内、青字は取替範囲外であることを示す。

第 1 図 取替範囲概要図

次に、電気ペネトレーション本体の取替により、気密性能及び絶縁性能を有する部分の仕様を変更した。具体的には、気密部材は封着金属からエポキシ樹脂へ変更し、絶縁部材はシリコン樹脂からエポキシ樹脂へ変更した。変更前（キャニスター型）と変更後（モジュラー型）の構造の相違については添付 1 の通り。

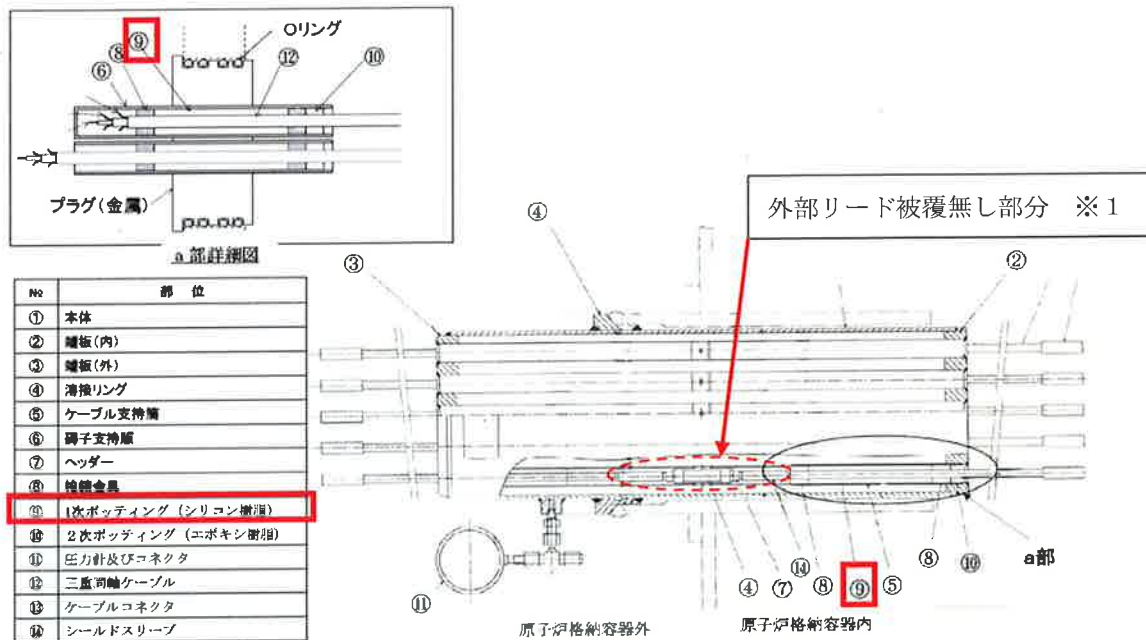
モジュラー型に使用するエポキシ樹脂は、設計上、気密性能及び絶縁性能を有することをメーカーにて確認している。なお、RMS 及び N I S ケーブルへの絶縁性能に影響のないことは、絶縁抵抗測定等により確認する。

さらに、現場の機器（RMS、NIS）からすると、電路の一部を同仕様品（三重同軸ケーブル）への取替という位置付けで実施するものであり、技術基準上の RMS 及び N I S への要求事項に影響を与えるものではない。

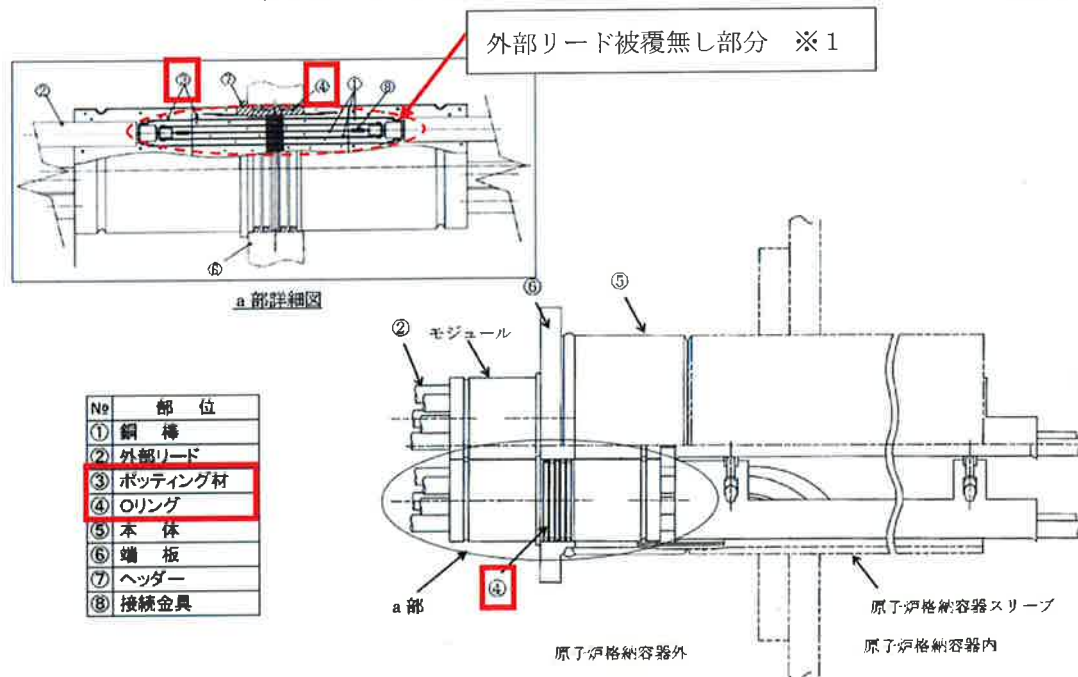
また、新規電気ペネトレーションのコネクタ接続後の健全性については、既設と同様に取替工事内で絶縁抵抗測定等を実施し、測定値が判定基準値内であることを確認する。

電気ペネトレーションの構造の相違

更新前のキャニスター型（三重同軸型）の構造を第2図に、更新後のモジュラー型の構造を第3図に示す。また、電気ペネトレーションに求められる機能としての「気密性の維持」と「電気絶縁維持」のため部位を第1表に示す。



第2図 キャニスター型（三重同軸型）電気ペネトレーション構造図



第3図 モジュラー型電気ペネトレーション構造図

※1 外部リードに被覆が無い部分がある理由

モジュールアセンブリ内における金属部材（ヘッダ、導体）が圧力バウンダリとなるが、ケーブルはその柔軟性により圧力バウンダリを構成できないため、モジュールアセンブリ内に金属である導体を組み込み、圧力バウンダリを構成している。

第1表 気密性維持及び電気絶縁維持

	気密性維持	電気絶縁維持
キャニスタ型	銅棒～磚管～端板間の封着金具によるロウ付け(シリコン樹脂部に内包されている)(劣化部位無し)	ポッティング材(シリコン樹脂) 外部リード絶縁材(架橋ポリ)
モジュラー型	1次ポッティング材(エポキシ樹脂) Oリング(EPゴム)	1次ポッティング材(エポキシ樹脂) 2次ポッティング材(エポキシ樹脂) 外部リード絶縁材(架橋ポリ)

原子炉格納容器の電気配線貫通部に対する火災防護の設計について

今回変更する原子炉格納容器の電気配線貫通部（以降、「電気ペネ」という）は、設計基準対象施設のうち原子炉の安全停止に必要な機器等であるため、電気ペネを設置している火災区画に対して、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のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる設計としている。

火災の発生防止に係る設計は、電気ペネの取替に伴い電気ペネの使用材料が変更となるものの、変更後も電気ペネの主要な構造材のうちエポキシ樹脂、Oリングを除き不燃性材料であることに変わりなく、その他の火災の発生防止対策は、平成 28 年 10 月 26 日付け原規規発第 1610261 号にて認可された美浜発電所第 3 号機の工事計画のうち資料 7「発電用原子炉施設の火災防護の説明書」の火災防護対策から変更はない。

なお、エポキシ樹脂、Oリングは不燃性材料又は難燃材料ではないが、延焼しない設計としている。

また、電気ペネを設置している火災区画の火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減対策に係る設計は、平成 28 年 10 月 26 日付け原規規発第 1610261 号にて認可された美浜発電所第 3 号機の工事計画のうち資料 7「発電用原子炉施設の火災防護の説明書」の火災防護対策から変更はなく、ペネ部の火災の感知に影響はない。

詳細については、別紙にて説明する。

以上

火災防護に関する説明書の補足説明資料

本資料は、2020年7月22日付け関原発第209号にて申請した設計及び工事計画認可申請書（以下「今回設工認」という。）のVI. 添付書類 資料4 発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書について、補足説明するものである。

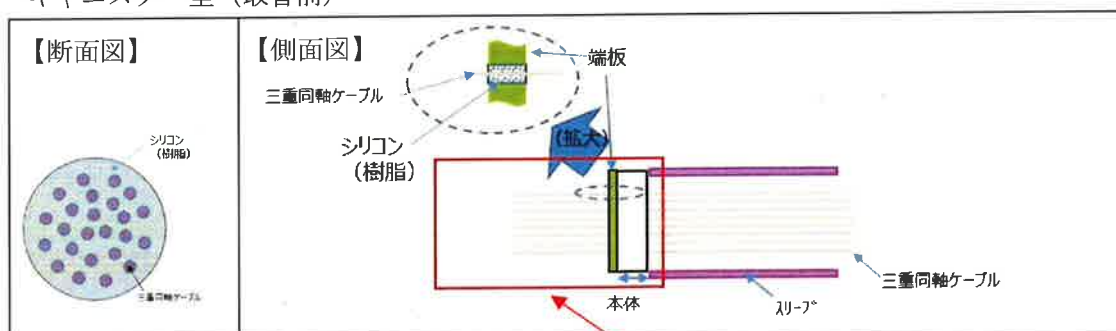
1. 不燃性材料又は難燃性材料の使用について

今回設工認で申請するモジュラー型の電気ペネトレーションのうちスリーブ（ASTM A333：炭素鋼パイプ）、本体（SUS）及び端板（SUS）は、建築基準法に定める不燃材料を使用している。

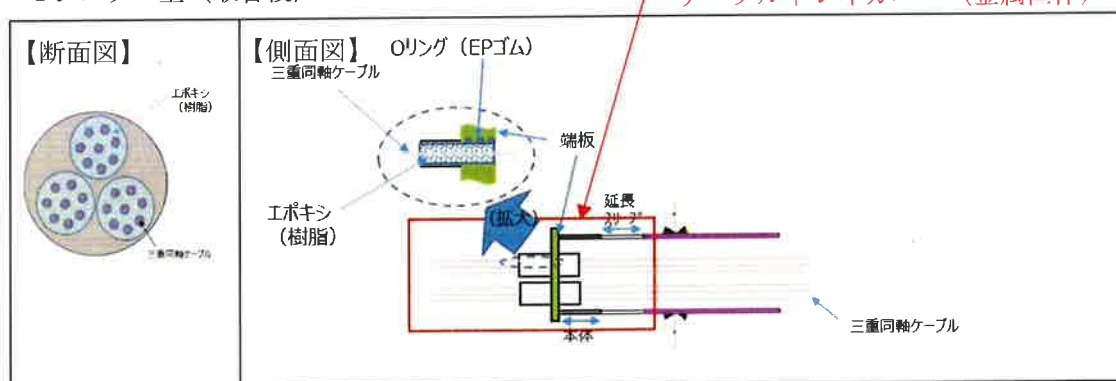
一方、三重同軸ケーブル、シリコン（樹脂）、エポキシ（樹脂）及びOリング（EPゴム）は、当該部品を含めた機器一体での安全性及び健全性が確認されているため、その機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難であり、発火した場合でも、ケーブルトレイカバーが金属筐体であるため、他の火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処施設に延焼しないことから、不燃性材料又は難燃性材料ではない材料を使用する設計としている。（既工認と同様の設計）

キャニスター型（取替前）とモジュラー型（取替後）との断面図及び側面図は以下のとおり。

キャニスター型（取替前）



モジュラー型（取替後）



2. 火災感知及び消火設備について

今回設工認で申請する電気ペネトレーションを設置する範囲は原子炉格納容器、アンユラス及び原子炉補助建屋の一部であり、各火災区画※に対して、早期火災の感知を行うために、異なる種類の火災感知器（アナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器）を設置している。
※今回設工認で申請する電気ペネトレーションを設置する範囲に係る火災区画については、添付にて示す。

アニュラス内は、既工認にて「火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画」と整理し、消火要員による消火活動を行うために、消火器の配備又は消火栓（移動式消火設備含む）を設置する設計としている。

電気ペネトレーションのうち、補助建屋側は、消火活動が困難となるエリアのため、スプリンクラー等の固定式消火設備を設置する設計としている。また、原子炉格納容器エリアは、格納容器スプレ設備の固定式消火設備を設置する設計としている。

火災の感知及び消火に係る設計は、平成 28 年 10 月 26 日付け原規規発第 1610261 号にて認可された美浜発電所第 3 号機の工事計画のうち資料 7「発電用原子炉施設の火災防護の説明書」の火災防護対策から変更はない。

3. 火災の影響軽減対策について

火災防護対象機器等に対する系統分離対策は、火災防護対象機器等が設置される火災区域（区画）に対して、以下の a～c に示すいずれかの方法で実施することを基本方針とする。

- a. 3 時間以上の耐火能力を有する隔壁で分離
- b. 互いに相違する系列間の水平距離を 6m 以上確保し、火災感知設備及び自動消火設備を設置して分離
- c. 互いに相違する系列間を 1 時間の耐火能力を有する隔壁で分離し、火災感知設備及び自動消火設備を設置して分離

今回設工認で申請する電気ペネトレーションについては、「c.」とし、系統分離対策における自動消火設備のケーブルトレイ消火設備を設置しており、当該消火設備において電気ペネトレーションの火災を消火する設計としている。

系統分離対策は、ケーブルトレイ外及びケーブルトレイ内の火災から火災防護対象ケーブルを防護するため、1 時間耐火能力を有する隔壁とともに、火災感知設備及び自動消火設備による早期の消火によって系統分離対策を行うものであり、これらの対策により、隔壁内部に火災が発生しても隔壁外部へ火災の影響を与えず、また、隔壁外部に火災が発生しても、隔壁内部は火災の影響を受けない対策である。

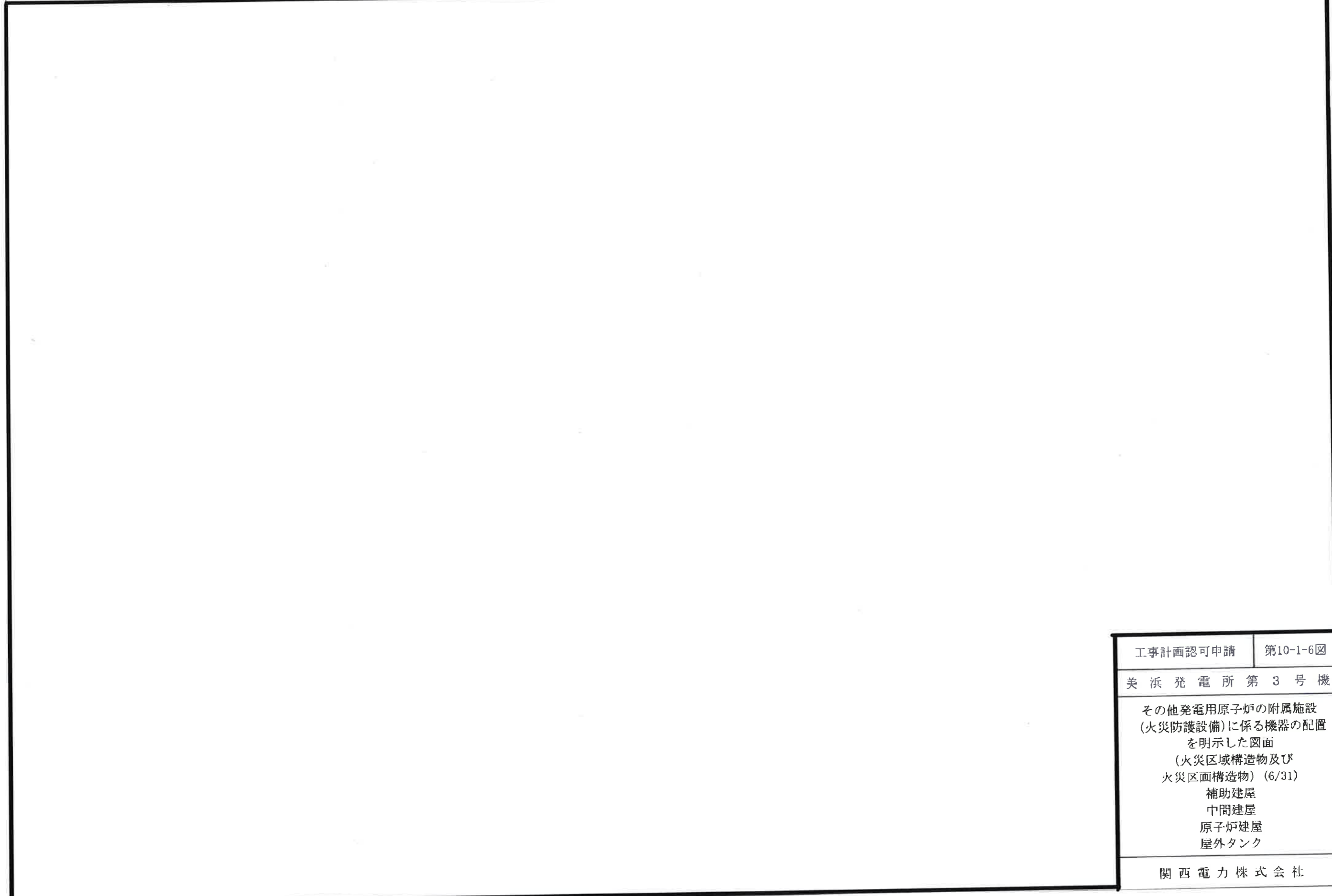
ケーブルトレイ消火設備は、消火設備動作用の火災感知設備である探知チューブとハロゲンガスを噴出するための消火剤配管から構成されている。

具体的な構造は以下のとおり。



系統分離対策を行うケーブルトレイについては、上図のとおり、自動消火装置と 1 時間耐火隔壁 (SK シート) を施工する。一方、系統分離対策を行わない方は、ケーブルトレイカバー（金属筐体）のみを施工する。

火災の影響軽減対策に係る設計は、平成 28 年 10 月 26 日付け原規規発第 1610261 号にて認可された美浜発電所第 3 号機の工事計画のうち資料 7「発電用原子炉施設の火災防護の説明書」の火災防護対策から変更はない。



工事計画認可申請	第10-1-6図
美浜発電所第3号機	
その他発電用原子炉の附属施設 (火災防護設備)に係る機器の配置 を明示した図面 (火災区域構造物及び 火災区画構造物) (6/31) 補助建屋 中間建屋 原子炉建屋 屋外タンク	
関西電力株式会社	

電気配線貫通部取替工事における「工事の方法」の該当箇所について

項目	対象要否	該当箇所の補足説明
1. 工事の手順		
図1(設置又は変更の工事における工事の手順と検査)	○	今回の電気配線貫通部の取替工事については、検査は発電所及び工場で実施する。 今回の申請対象機器に関して、技術上の基準※に適合しているか確認するため、「構造、強度又は漏えいに係る検査」と「機能又は性能に係る検査」を実施する。 ※実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則
図2(主要な耐圧部の溶接に係る工事の手順と検査)	○	主要な耐圧部の溶接に係る検査が発生するため対象。
図3(燃料体に係る工事の手順と検査)	—	燃料体に係る工事が発生しないため対象外。
2. 使用前事業者検査の方法		
2.1.1 構造、強度又は漏えいに係る検査		
材料検査	○	要目表対象に係る検査が発生するため対象。
寸法検査	○	
外観検査	○	
組立て及び据付け状態を確認する検査(据付検査)	○	
状態確認検査	○	技術基準54条に係る検査が発生するため対象。
耐圧検査	○	技術基準21条及び58条に係る検査が発生するため対象。
漏えい検査	○	
原子炉格納施設が直接設置される基盤の状態を確認する検査	—	CV施設が直接設置される対象がないため対象外。
建物・構築物の構造を確認する検査	—	建物・構築物の構造を確認する検査が発生しないため対象外。
2.1.2 主要な耐圧部の溶接部に係る検査	○	主要な耐圧部の溶接に係る検査が発生するため対象。
2.1.3 燃料体に係る検査	—	燃料体に係る検査が発生しないため対象外。
2.2 機能又は性能に係る検査		
2.2.1 燃料体を挿入できる段階の検査	—	当該段階に係る検査が発生しないため対象外。
2.2.2 臨界反応操作を開始できる段階の検査	—	当該段階に係る検査が発生しないため対象外。
2.2.3 工事完了時の検査	○	格納容器全体漏えい率試験を当該段階に実施するため対象。(工事の完了時期)
2.3 基本設計方針検査	—	基本設計方針の変更がないため対象外。
2.4 品質マネジメントシステムに係る検査	○	今回の工事計画に示すプロセスの通り実施していることを確認するため、「品質マネジメントシステムに係る検査」を実施する。

3. 工事上の留意事項		
3.1 設置又は変更の工事に係る工事上の留意事項		
a. 設置又は変更の工事を行う発電用原子炉施設の機器等について、周辺資機材、他の発電用原子炉施設及び環境条件からの悪影響や劣化等を受けないよう、隔離、作業環境維持、異物侵入防止対策等の必要な措置を講じる。	○	工事における一般的な留意事項であるため、該当する。
b. 工事にあたっては、既設の安全上重要な機器等へ悪影響を与えないよう、現場状況、作業環境及び作業条件を把握し、作業に潜在する危険性又は有害性や工事用資機材から想定される影響を確認するとともに、隔離、火災防護、溢水防護、異物侵入防止対策、作業管理等の必要な措置を講じる。	○	
c. 設置又は変更の工事を行う発電用原子炉施設の機器等について、必要に応じて、供用後の施設管理のための重要なデータを採取する。	○	
d. プラントの状況に応じて、検査・試験、試運転等の各段階における工程を管理する。	○	
e. 設置又は変更の工事を行う発電用原子炉施設の機器等について、供用開始後に必要な機能性能を発揮できるように製造から供用開始までの間、維持する。	○	
f. 放射性廃棄物の発生量低減に努めるとともに、その種類に応じて保管及び処理を行う。	○	
g. 現場状況、作業環境及び作業条件を把握し、放射線業務従事者に対して防護具の着用や作業時間管理等適切な被ばく低減措置と、被ばく線量管理を行う。また、公衆の放射線防護のため、気体及び液体廃棄物の放出管理については、周辺管理区域外の空気中・水中の放射性物質濃度が「線量限度等を定める告示」に定める値を超えないようにするとともに、放出管理目標値を超えないように努める。	○	今回の工事計画は、修理は実施しないため、該当しない。
h. 修理の方法は、基本的に「図1 工事の手順と使用前事業者検査のフロー(燃料体を除く)」の手順により行うこととし、機器等の全部又は一部について、撤去、切断、切削又は取外しを行い、据付、溶接又は取付け、若しくは同等の方法により、同等仕様又は性能・強度が改善されたものに取替を行う等、機器等の機能維持又は回復を行う。また、機器等の一部撤去、一部撤去の既設端部について閉止板の取付け、蒸気発生器、熱交換器又は冷却器の伝熱管への閉止栓取付け若しくは同等の方法により適切な処置を実施する。	—	
i. 特別な工法を採用する場合の施工方法は、技術基準に適合するよう、安全性及び信頼性について必要に応じ検証等により十分確認された方法により実施する。	—	
3.2 燃料体の加工に係る工事上の留意事項	—	燃料体の加工に係る作業がないため対象外。

電気ペネトレーション取替に関連する原子炉冷却系統施設及び原子炉格納施設の
基本設計方針の許可整合について

電気ペネトレーション取替に関連する原子炉冷却系統施設及び原子炉格納施設の基本設計方針については、平成28年10月26日付け原規規発第1610261号にて認可された美浜3号機の工事計画（新規制基準対応工事）から変更しておらず*、今回申請においても基本設計方針を変更していないことから、当該工事計画において確認した許可と基本設計方針の整合性（平成28年10月5日付け原規規発第16100514号にて許可された発電用原子炉設置変更許可申請書との整合性）に影響はない。

※原子炉冷却系統施設の基本設計方針については、平成30年11月26日付け原規規発第1811265号にて認可された美浜3号機の工事計画で耐震設計における動的機能に係る事項を追加し、令和元年7月19日付け原規規発第1907197号にて認可された美浜3号機の工事計画で燃料被覆材の耐震性に係る事項を追加しているが、電気ペネトレーション取替工事に適用する基本設計方針ではない。

以上

耐震性に関する説明書の補足説明

本資料は、2020年7月22日付け関原発第209号にて申請した設計及び工事計画認可申請書（以下「今回工認」という。）のVI. 添付書類 資料5 耐震性に関する説明書について、補足説明するものである。

1. 今回工認の資料5-3、5-4、5-5と新規制基準工認の差異について

今回工認の資料5-3、5-4、5-5と、平成28年10月26日付け原規規発第1610261号にて認可された工事計画認可申請書（以下「新規制基準工認」という。）の差異について説明する。

差異の整理に当たっては、資料5-3、資料5-5においては、資料の章番号毎に差異の内容を整理するが、資料5-4は耐震計算書であり、詳細な評価条件が記載されていることから、章番号ではなく、項目毎に差異を整理する。

差異を整理した結果、(1)～(3)に示すとおり、今回工認と新規制基準工認の差異は、以下の2つの理由によるものである。

・対象設備の差異によるもの

新規制基準工認では代表の配管貫通部の評価をしているが、今回工認では取替対象である電線貫通部の評価をしていることによる差異である。なお、新規制前後での当該電線貫通部の評価において、キャニスター型は、過去の電力共同研究で耐震性に問題がないことを確認しており、モジュラー型は、今回工認にて耐震性に問題がないことを確認している。

・JSME 適用年度の差異によるもの

材料物性値におけるJSME 2005/2007年版とJSME 2012年度版に差異については別紙の通り。

(1) 資料5-3 原子炉格納容器貫通部の耐震設計の基本方針

新規制基準工認では、耐震設計の全体的な基本方針を「資料13-1 耐震設計の基本方針」に記載し、その具体的内容を「資料13-4～資料13-15」に記載している。新規制基準工認では申請対象設備が多数あったため、各施設の耐震評価に当たっては、これらの資料の必要な部分を参照しながら耐震評価を実施していた。

一方で、今回の設工認では、申請対象設備が原子炉格納容器貫通部のみであるため、申請対象設備の耐震評価に当たって必要な部分を「資料5-3」に整理しているものである。

今回の設工認の「資料5-3」における章番号と新規制基準工認の資料の対応関係及び、相違点については表-1のとおり。

(2) 資料5-4 原子炉格納容器貫通部の耐震計算書

新規制基準工認の原子炉格納容器貫通部の耐震計算書では、配管貫通部を対象としているが、今回設工認では電線貫通部を対象としており、耐震計算書の記載としても一部異なっている。

今回設工認の原子炉格納容器貫通部の耐震計算書の比較結果は、表-2のとおり。なお、新規制基準工認から差分のある箇所は、黄ハッチング箇所のとおり。

(3) 資料 5-5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針については、新規制基準工認から引用しているが、評価対象について、新規制基準工認では多数の施設があるが、今回工認では取替を実施する電線貫通部のみであるため、今回工認では電線貫通部に関連した記載としている。そのため、記載内容は新規制基準工認と今回設工認で相違はあるものの、原子炉格納容器貫通部としての評価内容に相違はない。具体的な相違については、表-3のとおり。

表-1 資料5-3 原子炉格納容器貫通部の耐震設計の基本方針における今回工認と新規制基準工認の相違

今回設工認資料5-3の章番号	対応する新規制基準工認の資料番号及び章番号	相違
1. 概要	—	—
2. 耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の設備の分類	資料 13-4 重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針 →2. 設計基準対象施設の重要度分類 4. 重大事故等対処施設の設備の分類	なし →今回設工認では新規制基準工認を読み込んでいる。(原子炉格納容器貫通部は、Sクラス、常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備)
3. 耐震計算の基本事項	—	—
3.1 構造計画	資料 13-17-7-4-2 原子炉格納容器貫通部の耐震計算書 →2.1 構造の説明	<u>あり</u> →新規制基準工認では、代表ペネとした配管ペネの構造計画を記載。今回設工認は電気ペネを対象に記載。
3.2 設計用地震力	資料 13-9 機能維持の基本方針 →2. 機能維持の確認に用いる設計用地震力	なし →今回設工認では、新規制基準工認の資料 13-9 に記載の「設計用地震力」のうち、原子炉格納容器貫通部に関連する部分を用いている。
3.3 荷重の組合せ及び許容応力	資料 13-9 機能維持の基本方針 →3.1 構造強度上の制限	なし →今回工認では、新規制基準工認の資料 13-9 に記載の「荷重の組合せ及び許容応力」のうち、原子炉格納容器貫通部に関連する部分を用いている。
4. 気密性の維持	資料 13-9 機能維持の基本方針 →4.3 気密性の維持	なし →今回工認では、新規制基準工認の資料 13-9 に記載の「気密性の維持」に係る記載のうち、原子炉格納容器貫通部に関連する部分を用いている。

表-2 資料5-4 原子炉格納容器貫通部の耐震計算書における新規制基準工認と今回工認の差分表

計算書の章番号 (※)	該当頁 (※)	項目	新規制基準工認	今回工認	差分理由
1.概要	P.1	—	—	—	—
2.基本方針	P.2	構造計画	配管貫通部、電線貫通部	電線貫通部	評価対象の差異による。(新規制基準工認では、配管貫通部を含む全貫通部から代表(評価対象)を選定)
	P.3	評価方針	既工認の評価方針と同じ	同左	—
3.貫通部の耐震評価箇所	P.4,5	評価点	貫通部スリーブ取付部	同左	—
4.貫通部の地震応答解析	P.6	地震応答解析	原子炉格納施設の解析 貫通配管の解析	原子炉格納施設の解析	評価対象の構造の差異による。(新規制基準工認では、配管貫通部が代表のため、配管解析を実施)
	P.6	自重	[]	同左	— (評価対象の設置高さは、新規制基準工認が []、今回工認が [] となっているが、評価点については、貫通部の設置高さによらず、荷重が最も大きくなるCV固定点 [] の値を使用している。)
	P.7,9	曲げモーメント	[]	同左	— (評価対象の設置高さは、新規制基準工認が []、今回工認が [] となっているが、評価点については、貫通部の設置高さによらず、荷重が最も大きくなるCV固定点 [] の値を使用している。)
	P.8,10	軸力	[]	同左	— (評価対象の設置高さは、新規制基準工認が []、今回工認が [] となっているが、評価点については、貫通部の設置高さによらず、荷重が最も大きくなるCV固定点 [] の値を使用している。)
	P.11,14	局部外力	配管からの荷重	電線貫通部重量による荷重	評価対象の構造の差異による。(新規制基準工認では、配管貫通部が代表のため、配管からの荷重を使用)
	P.12,13	軸力及び曲げモーメントの方向	座標軸の説明	同左	— (どちらの工認でも、同じ座標軸を使用)
	5.貫通部の応力評価	P.15	解析モデル	3次元シェルモデル	同左
P.15		解析コード	MSC NASTRAN Ver.2005r3b	同左	—
P.15		JSME 適用年度	2005/2007	2012、2005/2007	事業者方針の差異による。なお、今回工認では 2012 年版適用を基本とするが、SA 施設としての評価では、技術基準要求に従い材料規格 2012 年版の S 値は、設計・建設規格 2005/2007 年版の値に読み替えている。
P.16,17		荷重の組合せ	機器区分に応じた組合せ	同左	—
P.16		耐震重要度分類	S	同左	—
P.16,17		機器等の区分	クラス MC 容器 重大事故等クラス 2 容器	同左	—
P.17		SA 設備分類	常設耐震/防止、常設/緩和	同左	—
P.18,19,20		許容応力	クラス MC 容器の許容応力	同左	—
P.21		温度・圧力条件	122℃、0.261MPa	同左	—
P.21		材料物性値	JSME2005/2007 の値	JSME2012 及び JSME2005/2007 の値	JSME 適用年度の差異による。
P.22		評価点形状、寸法	スリーブ取付部 (=CV 本体) の寸法及び諸元	同左	— (数値の差異なし)
P.23	[]	[]	[]	評価対象のスリーブ寸法の差異による。(新規制基準工認では評価対象のスリーブ径が [] 一方、今回工認の評価対象のスリーブ径は [])	

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

	P.24~26	SA 時地震時動水 圧による応力	考慮不要	考慮している	評価対象の設置高さの相違による。(新規制基準工認では、慣性力や建屋間相対変位が大きい貫通部、すなわち、設置位置の高い貫通部 [] が代表貫通部として選定されるため、SA時の動水圧(水位 []) が作用しない)
6.評価結果	P.27~30	評価結果の値	配管貫通部の評価結果	電線貫通部の評価結果	評価対象の差異による。
		疲労評価	実施している	評価不要 (疲労除外規定を満足)	一次+二次応力値の相違による。(新規制基準工認では、一次+二次応力(411MPa)が許容応力 3S(393MPa)を上回るため疲労評価を実施。一方、今回工認では、一次+二次応力(233MPa)が許容応力 3Smc(450MPa)を下回り、かつ、JEAG4601の規定に従い、疲労除外規定を満足することを確認している)

(※) 今回工認の資料5-4「原子炉格納容器貫通部の耐震計算書」の章番号及び頁番号を示す。

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

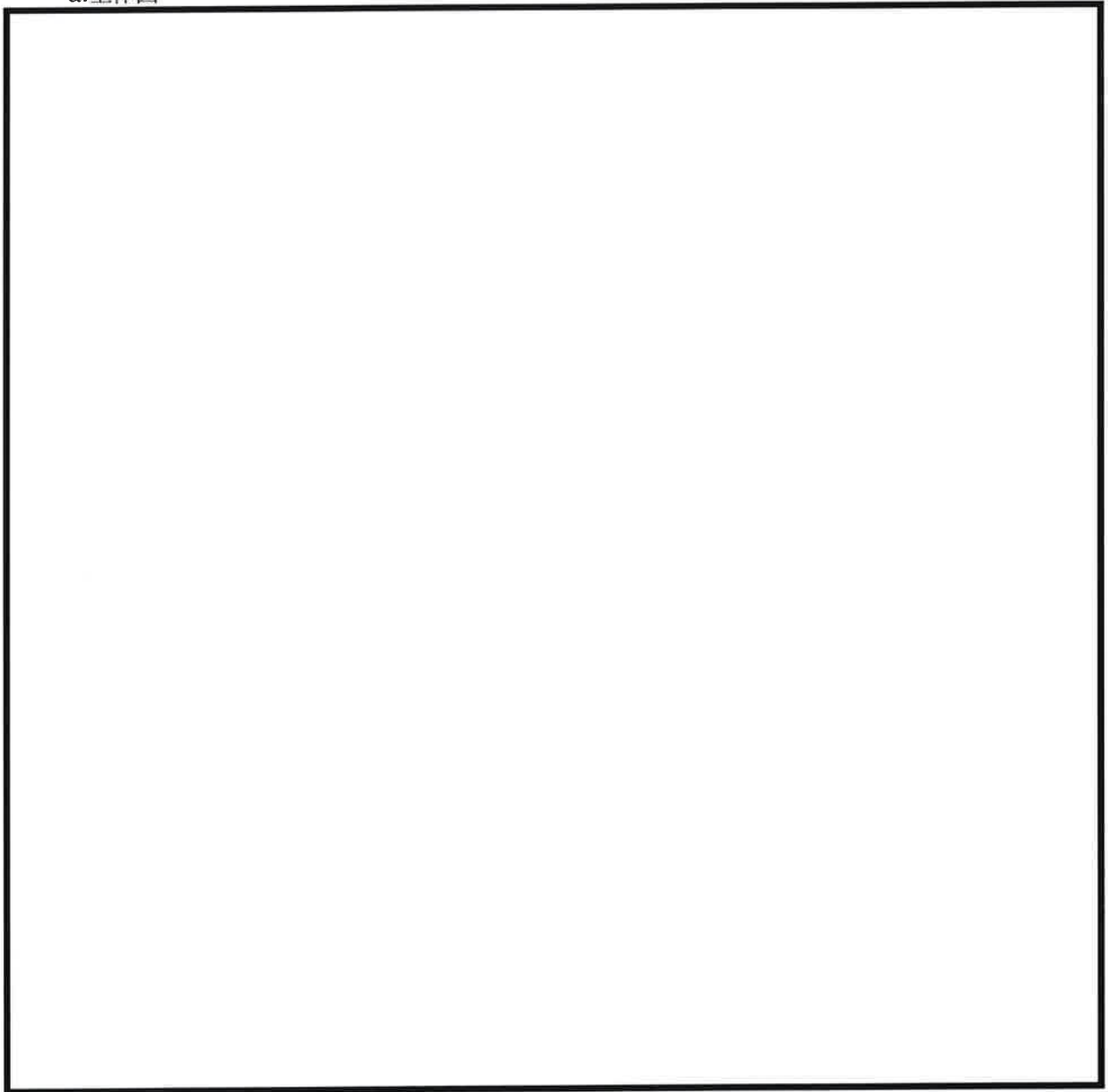
表-3 資料5-5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果における今回工認と新規制基準工認の相違

今回設工認資料5-5の章番号	対応する新規制基準工認の 資料13-19の章番号	相違
1. 概要	1. 概要	-
2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の 組合せによる影響評価に用いる地震動	2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の 組合せによる影響評価に用いる地震動	なし →今回設工認、新規制基準工認ともに用いる地震動は同じ。
3. 水平2方向及び鉛直方向地震力の 組合せに対する検討結果	3. 各施設における水平2方向及び鉛直 方向地震力の組合せに対する検討結果	-
3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の 組合せの評価設備（部位）の抽出	3.2.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の 組合せの評価設備（部位）の抽出	なし →新規制基準工認では対象設備が多数であるため、記載は異なるが、原子炉 格納容器貫通部の扱いは同じ。
3.2 建物・構築物の検討結果を踏まえ た機器・配管系の設備の抽出	3.2.2 建物・構築物の検討結果を踏まえ た機器・配管系の設備の抽出	なし →今回設工認では新規制基準工認を読み込んでいる。（建物・構築物の検討 結果からの影響はない。）
3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の 評価部位の抽出結果	3.2.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の 評価部位の抽出結果	なし →新規制基準工認では対象設備が多数であるため、記載は異なるが、原子炉 格納容器貫通部の扱いは同じ。
3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の 組合せの影響評価	3.2.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の 組合せの影響評価	なし →評価方法を説明しており、新規制基準工認、今回の設工認ともに同じ評価 方法である。
3.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の 影響評価結果	3.2.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の 影響評価結果	あり →新規制基準では対象設備が多数あるが、今回設工認では電気ペネのみが 対象 →また、原子炉格納容器貫通部の評価結果については、新規制基準工認と今 回設工認で対象となる貫通部が異なるため、評価結果も異なる。
4. まとめ		なし →新規制基準工認、今回の設工認ともに、耐震性に影響がないことを確認し ている。

の荷重が最も大きくなる根拠について

既工認より、基準地震動 S_s 、弾性設計用地震動 S_d における最大応答せん断力、曲げモーメントは、で最大となる。

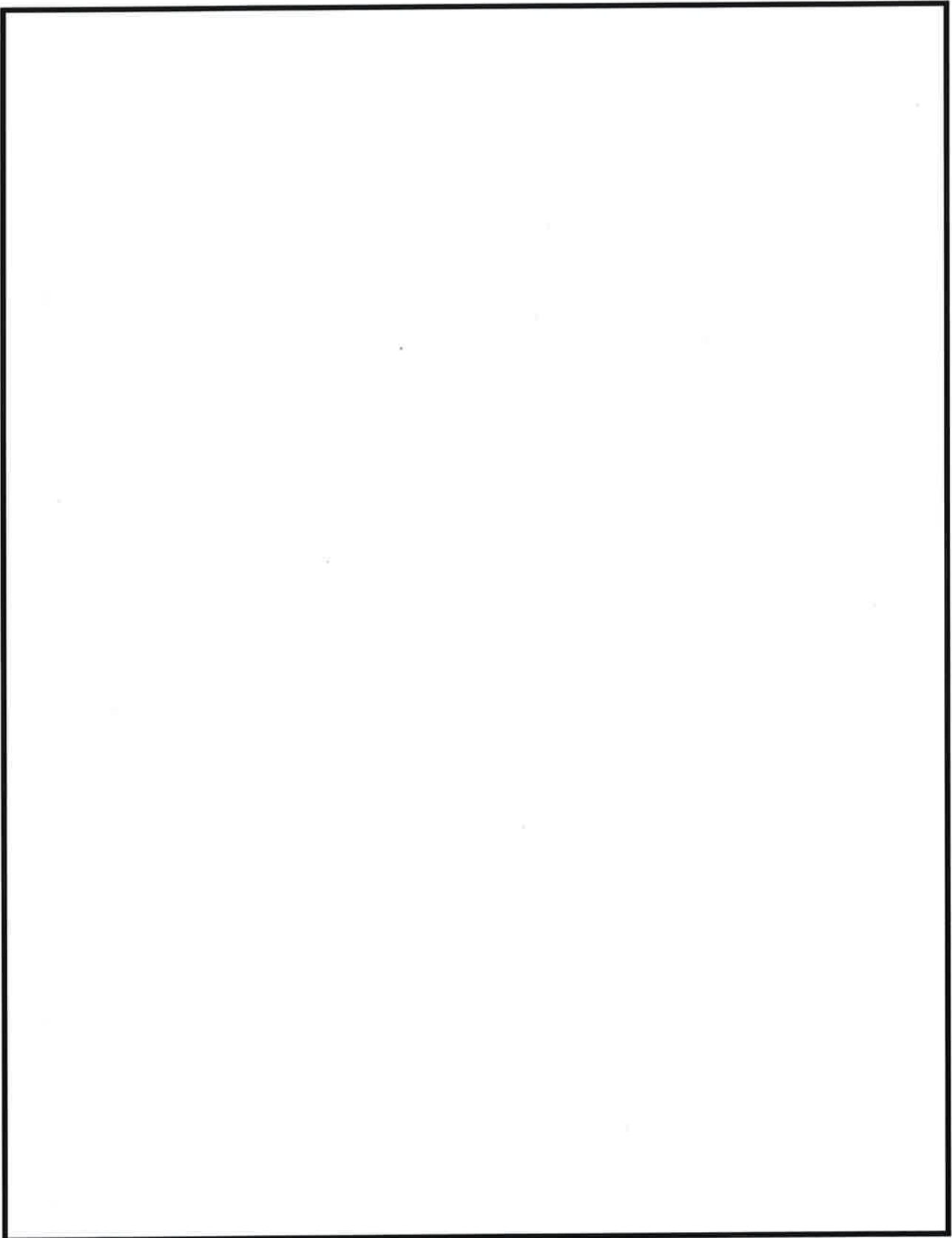
a.全体図



(単位 : mm)

第 1 図 原子炉格納容器の基本形状図

b. 基準地震動 S_s において、NS 方向、EW 方向ともに、にて、最大せん断力、最大応答曲げモーメントとなる。



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

c. 弾性設計用地震動 Sd において、NS 方向、EW 方向ともに、にて、最大せん断力、最大応答曲げモーメントとなる。

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

黄色マーキングの () はJSME2005/2007

5.2.3 材料、温度及び圧力

貫通部の応力評価に用いる部位の材料、温度及び圧力のうち設計基準対象施設における評価に用いるものを第5-5表に、重大事故等対処施設の評価に用いるものを第5-6表に示す。

第5-5表 評価部位の材料、温度及び圧力（設計基準対象施設）

材料	温度条件 ^(注1) (°C)		圧力条件 ^(注2) (MPa)		Smc (MPa)	Sy (MPa)	Su (MPa)	評価部位
	最高使用 温度		最高使用 圧力					
SGV49 (SGV480)	最高使用 温度	122	最高使用 圧力	0.261	150 (131)	235	427	貫通部スリーブ 取付部

(注1) 通常運転時の許容応力は保守的に最高使用温度を用いている。

(注2) 通常運転時圧力による応力は微小であるため、圧力による応力評価を省略している。

第5-6表 評価部位の材料、温度及び圧力（重大事故等対処施設）

材料	温度条件 (°C)		圧力条件 (MPa)		S (MPa)	Sy (MPa)	Su (MPa)	評価部位
	最高使用 温度		最高使用 圧力					
SGV49 (SGV480)	最高使用 温度	122	最高使用 圧力	0.261	131	235	427	貫通部スリーブ 取付部

5.2.4 自重及び荷重

貫通部の応力解析に用いる自重及び荷重は本資料「4.2 応答解析結果」に示す。

第 6-1 表 許容応力状態Ⅳ_AS に対する評価結果 (D+P+M+Ss 又は D+P_L*+M_L+Sd)

評価対象設備			評価部位	応力分類	発生値	許容値	備考
原子炉格納施設	原子炉格納容器	貫通部スリーブ	取付部	一次一般膜応力強さ (単位: MPa)	133	235	① (注)
				膜応力強さ+曲げ応力強さ (単位: MPa)	133	282	① (注)
				一次+二次応力強さ (単位: MPa)	233	450 (393)	② (注)

(注) ①: D+P_L*+M_L+Sd、②: D+P+M+Ss における結果を示す。

第 6-2 表 許容応力状態Ⅲ_AS に対する評価結果 (D+P+M+Sd 及び D+P_L+M_L+Sd) (簡易)

評価対象設備			評価部位	応力分類	発生値 (Sd)	許容値	判定	備考
格納施設 原子炉	原子炉格納容器	貫通部スリーブ	取付部	一次一般膜応力強さ (単位: MPa)	133	235	○	
				膜応力強さ+曲げ応力強さ (単位: MPa)	133	282	○	

第 2-4 表 材料の最高使用温度等における各応力強さの限界

応力強さ	材 料	最高使用 温度 (°C)	応力強さの限界 (MPa)					
			S_{mc}	S_y	$2/3 S_u$	$1.1 S_{mc}$	$0.9 S_y$	^(注2) $0.75 S_y$
一 次 一 般 膜 応 力 強 さ	ASTM A333 Gr. 6 ^(注1) (GSTPL 相当)	122	S_{mc}	S_y	$2/3 S_u$	$1.1 S_{mc}$	$0.9 S_y$	^(注2) $0.75 S_y$
			129 (114)	217	251	141 (125)	195	180
一 次 局 部 膜 応 力 強 さ	ASTM A333 Gr. 6 ^(注1) (GSTPL 相当)	122	$1.5 S_{mc}$	$1.5 S_y$	$1.5 \times 2/3 S_u$	^(注2) $1.5 \times 0.75 S_y$	—	—
			193 (171)	325	376	270	—	—
一 次 曲 げ 応 力 強 さ + 一 次 膜 応 力 強 さ	ASTM A333 Gr. 6 ^(注1) (GSTPL 相当)	122	$1.3 S_{mc}$	$1.3 S_y$	$1.3 \times 2/3 S_u$	^(注2) $1.3 \times 0.75 S_y$	—	—
			167 (148)	282	326	234	—	—
一 次 十 二 次 応 力 強 さ	ASTM A333 Gr. 6 ^(注1) (GSTPL 相当)	122	$3 S_{mc}$	—	—	—	—	—
			387 (342)	—	—	—	—	—

(注 1) 相当材は火力原子力発電技術協会 質疑応答集 (平成 5 年改訂版) による。

(注 2) S_y は、常温における材料規格 Part3 第 1 章 表 6 の値

第 2-6 表 材料の最高使用温度等における各応力強さの限界

応力強さ	材 料	最高使用 温度 (°C)	応力強さの限界 (MPa)					
一次一般膜 応力強さ	SGV49 (SGV480)	122	S_{mc}	S_y	$2/3 S_u$	$1.1 S_{mc}$	$0.9 S_y$	(注) $0.75 S_y$
			150 (131)	235	284	165 (144)	211	198
一次局部膜 応力強さ	SGV49 (SGV480)	122	$1.5 S_{mc}$	$1.5 S_y$	$1.5 \times$ $2/3 S_u$	(注) $1.5 \times$ $0.75 S_y$	—	—
			225 (196)	352	426	297	—	—
一次十二次 応力強さ	SGV49 (SGV480)	122	$3 S_{mc}$	—	—	—	—	—
			450 (393)	—	—	—	—	—

(注) S_y は、常温における材料規格 Part3 第 1 章 表 6 の値

FORMAT-2 電線貫通部 スリーブ

貫通部番号 555, 561

原子炉格納容器

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 (°C)	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_{mc}	η	t_{nr}	t_{nr1}	t_{nr2}	t_n
0.261	122							
評価：上記の実際使用最小厚さ t_n は、必要な厚さ t_{nr} 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

スリーブの強度計算結果 (7/19)

(7) 基本条件における応力強さ (スリーブ本体)

評価点	応力強さ (MPa)											
	一次一般膜応力強さ			一次局部膜応力強さ			一次膜応力+ 一次曲げ応力強さ			一次+二次応力強さ		
	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$
L_i												
L_o												
許容値	$S_{mc} = 129 (114)$			$1.5 S_{mc} = 193 (171)$			$1.3 S_{mc} = 167 (148)$			$3 S_{mc} = 387 (342)$		
評価：いずれも応力強さの限界を満足している。												

- M3-添6-3-1-13 -

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

貫通部番号 555, 561

スリーブの強度計算結果 (8/19)

(8) 疲労解析除外規定確認 (スリーブ本体)

(a) JSME PVB-3140 (1) の計算結果

大気圧から運転圧力となり、 再び大気圧に戻る実際の繰返し回数 (回)	許容引張応力の 3 倍の値 (MPa)	3 S _{mc} を繰返しピーク応力強さとした場合に、 これに対応する許容繰返し回数 (回)
N ₁	3 S _{mc}	N _a
[Redacted]		

(b) JSME PVB-3140 (2) の計算結果

起動時、停止時及び耐圧試験時等を除く供用状態 A 及び 供用状態 B における実際の圧力変動の全振幅 (MPa)	圧力変動の全振幅 (MPa)	最高使用圧力 (MPa)	許容引張応力の値 (MPa)
Δ P	A _{m1}	P	S _{mc}
[Redacted]			
10 ⁶ を許容繰返し回数とした場合に、 これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)	圧力変動の全振幅 (MPa)	A _{m1} の値を超える実際の圧力変動の回数 (回)	N ₂ を許容繰返し回数とした場合に、 これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)
S ₂	A _{m2}	N ₂	S _{2a}
[Redacted]			

(c) JSME PVB-3140 (3) の計算結果

起動時及び停止時において、 相互の距離が p の値を超えない任意の 2 点間の温度差 (°C)	任意の 2 点間の距離 (mm)	p の値を超えない任意の 2 点における 容器の平均半径 (mm)	p の値を超えない任意の 2 点における 容器の厚さ (mm)	温度差 (°C)
Δ T ₃	p	R ₃	t ₃	T _{3'}
[Redacted]				
2 点間の平均温度における縦弾性係数の値 (MPa)	2 点間の平均温度における 瞬時熱膨張係数の値 (×10 ⁻⁶ mm/mm°C)	起動停止の回数 (回)	N ₃ を許容繰返し回数とした場合に、 これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)	
E ₃	α	N ₃	S _{3a}	
[Redacted]				

貫通部番号 555, 561

スリーブの強度計算結果 (9/19)

(d) JSME PVB-3140 (4) の計算結果

起動時及び停止時を除く供用状態 A 及び供用状態 B において、 相互の距離が p の値を超えない任意の 2 点間の温度差の全振幅 (°C)	温度差変動の全振幅 (°C)	$T_{4'}$ を超える温度差の変動回数 (回)	N_4 を許容繰返し回数とした場合に、 これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)
ΔT_R	T_4	N_4	S_{4a}
[Redacted]			
2 点間の平均温度における縦弾性係数の値 (MPa)	2 点間の平均温度における瞬時熱膨張係数の値 ($\times 10^{-6} \text{mm/mm}^\circ\text{C}$)	10^6 を許容繰返し回数とした場合に、 これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)	温度差変動の全振幅 (°C)
E_4	α	S_2	$T_{4'}$
[Redacted]			

(e) JSME PVB-3140 (5) の計算結果

原子炉格納容器貫通部スリーブにおいては、縦弾性係数又は熱膨張係数の異なる材料は使用していないので本規定の検討の必要はない。

(f) JSME PVB-3140 (6) の計算結果

機械的荷重により生じる応力の全振幅 (MPa)	荷重変動回数を許容繰返し回数とした場合に、 これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)	設計外力の繰返し回数 (回)
$\Delta \sigma$	S_6	N_6
[Redacted]		

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

スリーブの強度計算結果 (16/19)

(15) 基本条件における応力強さ (スリーブ取付部)

評価点	応力強さ (MPa)											
	一次一般膜応力強さ			一次局部膜応力強さ			一次膜応力+ 一次曲げ応力強さ			一次+二次応力強さ		
	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$
S _i												
S _o												
許容値	S _{mc} = 150 (131)			1.5 S _{mc} = 225 (196)			1.5 S _{mc} = 225 (196)			3 S _{mc} = 450 (393)		
評価: いずれも応力強さの限界を満足している。												

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

(16) 疲労解析除外規定確認 (スリーブ取付部)

(a) JSME PVB-3140 (1) の計算結果

大気圧から運転圧力となり、 再び大気圧に戻る実際の繰返し回数 (回)	許容引張応力の3倍の値 (MPa)	3S _{mc} を繰返しピーク応力強さとした場合に、 これに対応する許容繰返し回数 (回)
N ₁	3S _{mc}	N _a
[Redacted]		

(b) JSME PVB-3140 (2) の計算結果

起動時、停止時及び耐圧試験時等を除く供用状態A及び 供用状態Bにおける実際の圧力変動の全振幅 (MPa)	圧力変動の全振幅 (MPa)	最高使用圧力 (MPa)	許容引張応力の値 (MPa)
ΔP	A _{m1}	P	S _{mc}
[Redacted]			
10 ⁶ を許容繰返し回数とした場合に、 これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)	圧力変動の全振幅 (MPa)	A _{m1} の値を超える実際の圧力変動の回数 (回)	N ₂ を許容繰返し回数とした場合に、 これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)
S ₂	A _{m2}	N ₂	S _{2a}
[Redacted]			

(c) JSME PVB-3140 (3) の計算結果

起動時及び停止時において、 相互の距離がpの値を超えない任意の2点間の温度差 (℃)	任意の2点間の距離 (mm)	pの値を超えない任意の2点における 容器の平均半径 (mm)	pの値を超えない任意の2点における 容器の厚さ (mm)	温度差 (℃)
ΔT ₃	p	R ₃	t ₃	T _{3'}
[Redacted]				
2点間の平均温度における縦弾性係数の値 (MPa)	2点間の平均温度における 瞬時熱膨張係数の値 (×10 ⁻⁶ mm/mm℃)	起動停止の回数 (回)	N ₃ を許容繰返し回数とした場合に、 これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)	
E ₃	α	N ₃	S _{3a}	
[Redacted]				

(d) JSME PVB-3140 (4) の計算結果

起動時及び停止時を除く供用状態A及び供用状態Bにおいて、 相互の距離が p の値を超えない任意の 2 点間の温度差の全振幅 (°C)	温度差変動の全振幅 (°C)	$T_{4'}$ を超える温度差の変動回数 (回)	N_4 を許容繰返し回数とした場合に、 これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)
ΔT_R	T_4	N_4	S_{4a}
[Redacted]			
2 点間の平均温度における縦弾性係数の値 (MPa)	2 点間の平均温度における瞬時熱膨張係数の値 ($\times 10^{-6} \text{mm/mm}^\circ\text{C}$)	10^6 を許容繰返し回数とした場合に、 これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)	温度差変動の全振幅 (°C)
E_4	α	S_2	$T_{4'}$
[Redacted]			

(e) JSME PVB-3140 (5) の計算結果

原子炉格納容器貫通部スリーブにおいては、縦弾性係数又は熱膨張係数の異なる材料は使用していないので本規定の検討の必要はない。

(f) JSME PVB-3140 (6) の計算結果

機械的荷重により生じる応力の全振幅 (MPa)	荷重変動回数を許容繰返し回数とした場合に、 これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)	設計外力の繰返し回数 (回)
$\Delta \sigma$	S_6	N_6
[Redacted]		

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