

変更箇所については、青枠または青字で記載しています。

高浜発電所 3、4 号機
設計及び工事計画認可申請書 補足説明資料

2022年8月10日

関西電力株式会社

本資料のうち枠囲みの範囲は、機密に係る事項ですので公開することはできません。

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	13
8. 高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）	14
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	15
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	19
11. 高浜 1, 2 号機、美浜 3 号機、高浜 3, 4 号機比較一覧	29
12. 技術基準等要求事項と検査関連の整理について	53
13. 溶接箇所に対しての溶接後熱処理について	57
14. 延長スリーブの必要性について	58
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	59
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	60
17. 取替工事のステップ説明と耐震、強度の概要説明	63
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	83
19. 火災防護に関する説明書の補足説明資料	86
20. 「工事の方法」の該当箇所について	88
21. 耐震性に関する説明書の補足説明	90

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、従来の高浜発電所3、4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、高浜発電所3、4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、高浜発電所3、4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)

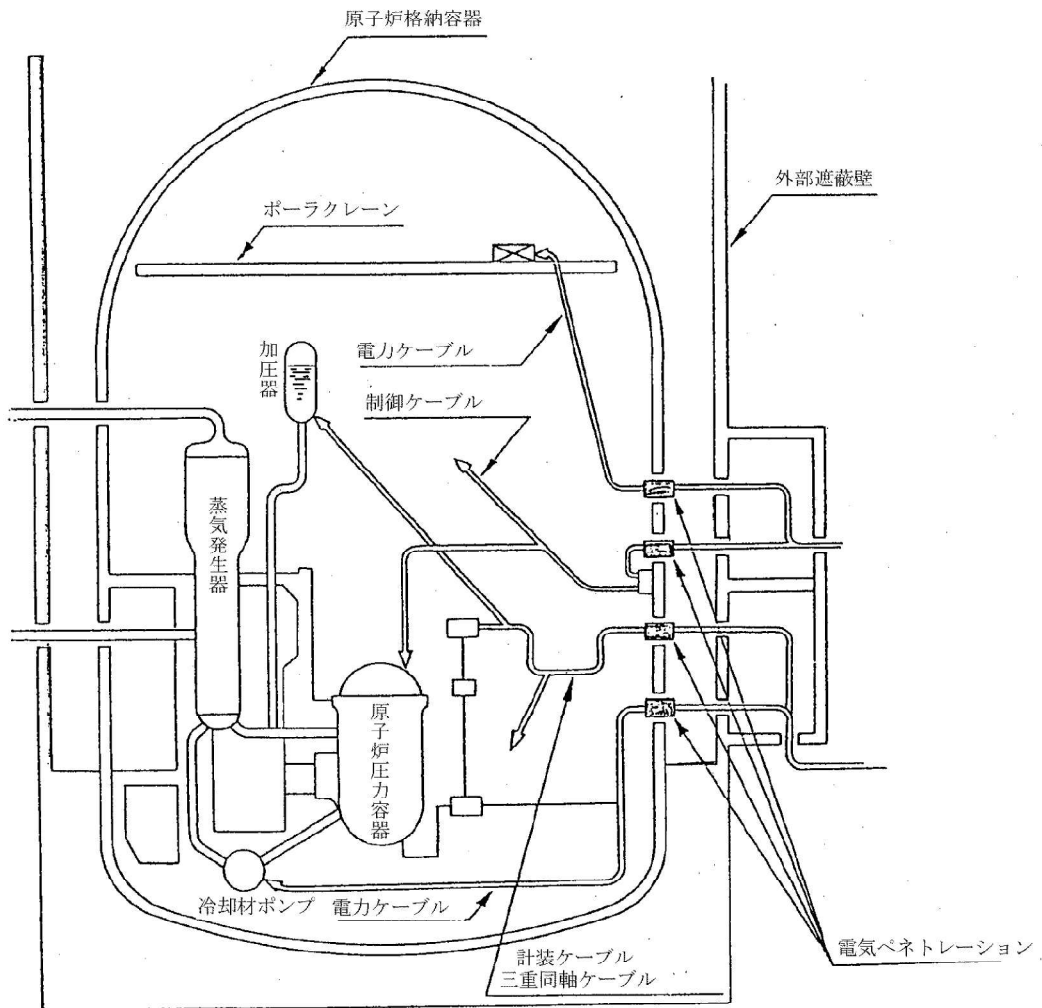
2. 概要

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



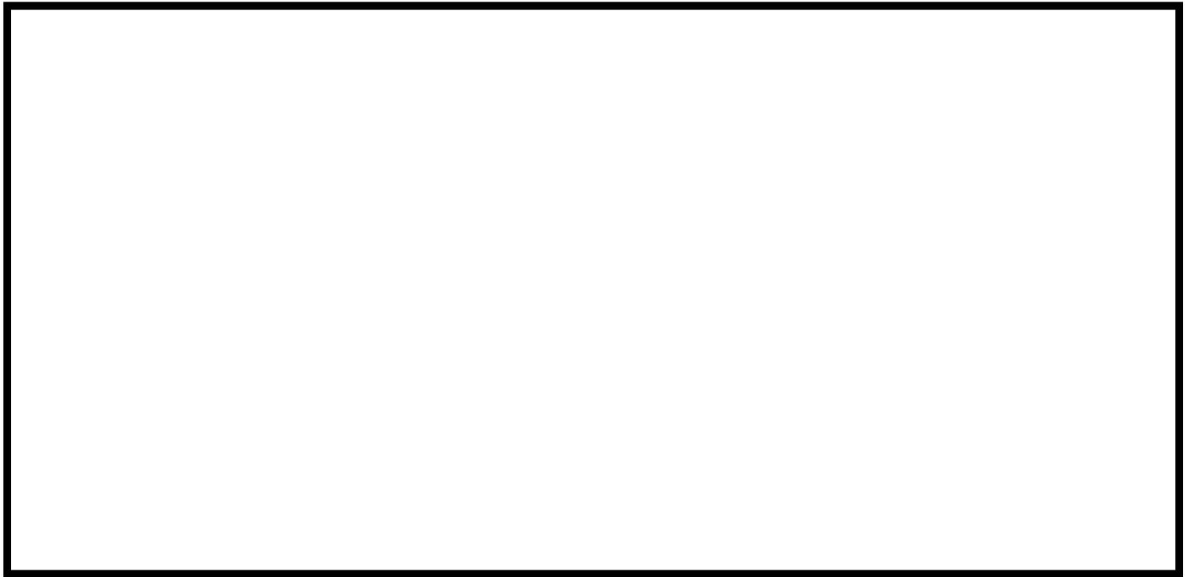
3. 種類・構造・特徴・用途

(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。



(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) モジュラー型

今回申請するタイプであり、大飯 3、4 号機、高浜 1、2 号機、美浜 3 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
- モジュラー型は次のような特徴がある。

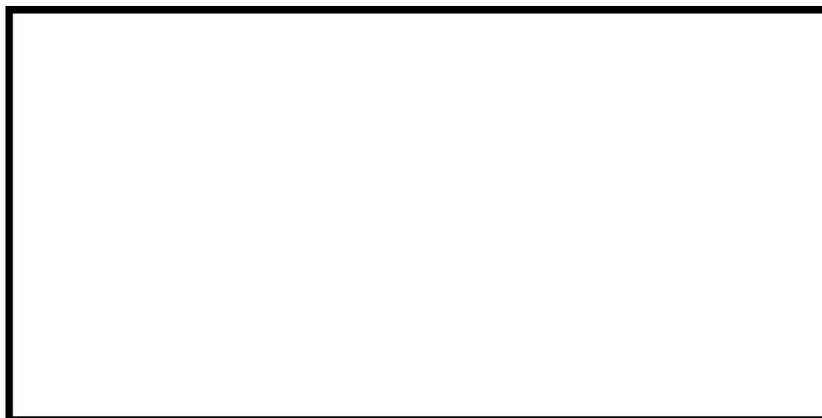
- ・ シール構造は有機材シール方式である。

(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、モジュールアッ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 [$9.8 \times 10^4 \text{Pa}$ (1.0kg/cm²)]



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。

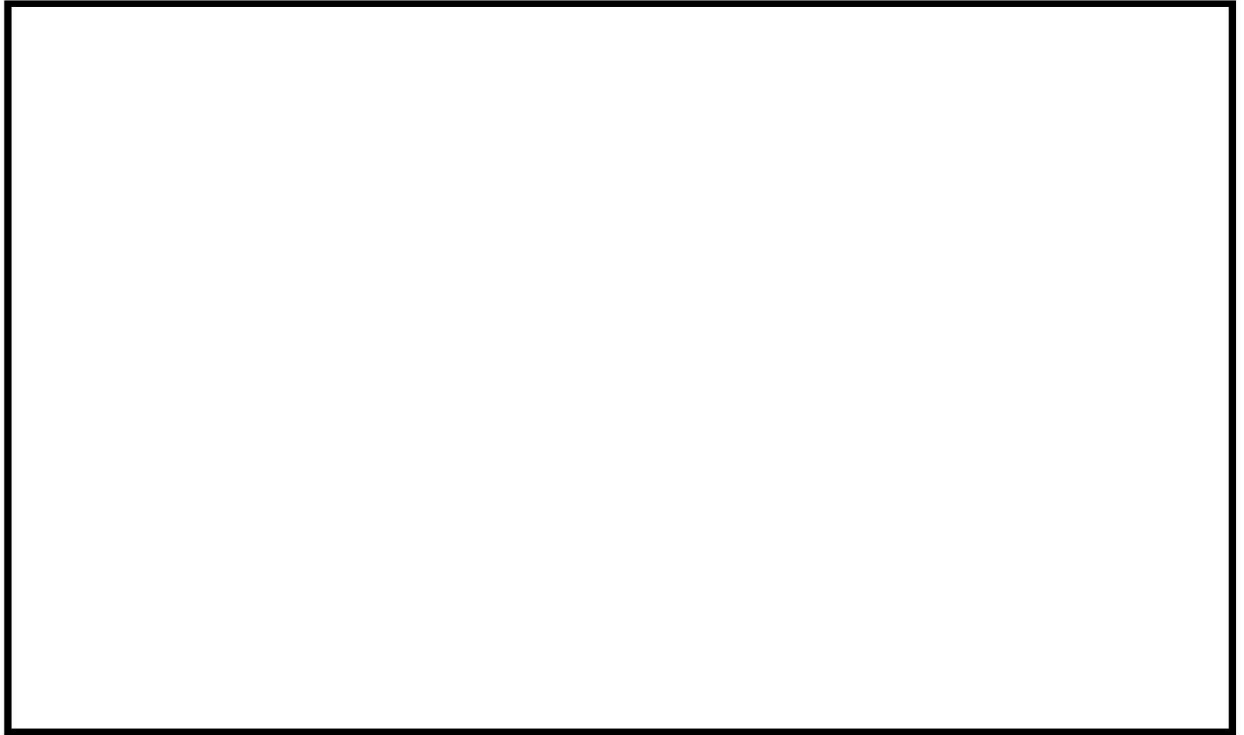
--

c. キャニスター型とモジュラー型のシール構造比較

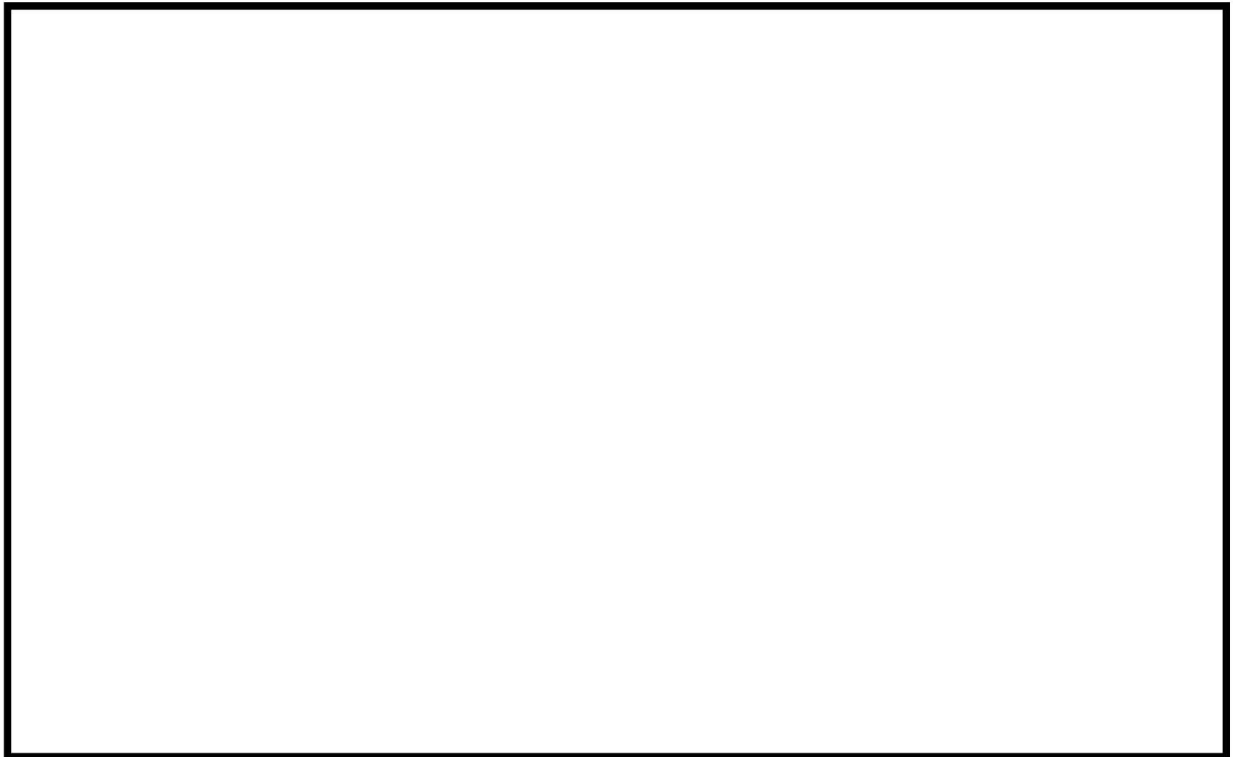
構造については、キャニスター型は、ステンレス鋼製円筒の両端に端板を溶接し、この端板を貫通する電線ケーブルと端板間は碍管を介して、ハーメチックシール(セラミックロウ付)されており、電気絶縁および耐気密をしている。一方、モジュラー型は、導体部分をエポキシ樹脂でモールドしたものを2重Oリング端板部分で保持し、耐気密をしている。

--

【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】



(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、原子炉およびそのシステム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。

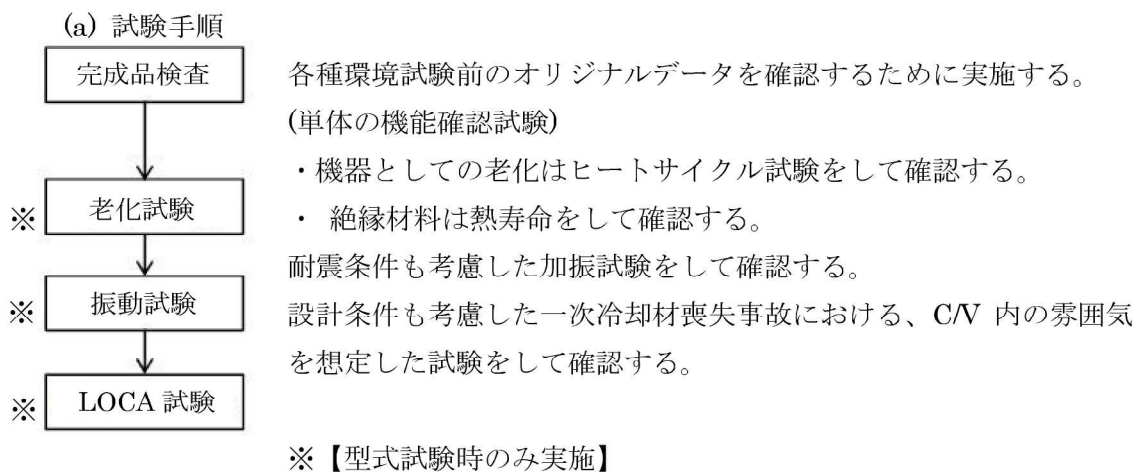
C/V のノズルに溶接されるので、C/V の気密を保持するため高度な気密性を有すること。(LOCA : 事故時における C/V 内雰囲気気圧力および温度を各々設計圧力および設計温度という。)

(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。



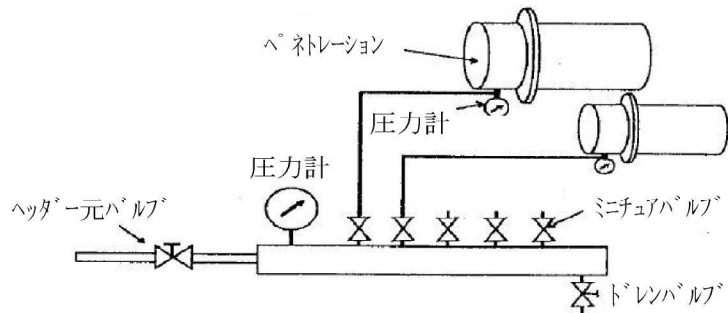
C. 環境試験条件と評価項目

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 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			

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 磚管（セラミック） 電線絶縁材
モジュラー型	エポキシ樹脂（モジュールアッセンブリ内部） Oリング	エポキシ樹脂（モジュールアッセンブリ内部） 電線絶縁材

6. 現地耐圧試験のイメージ

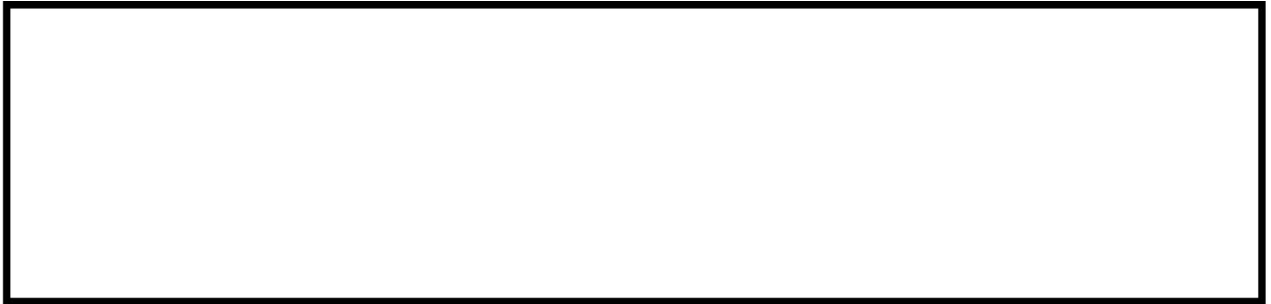
耐圧試験・漏えい試験共に、にて実施する。
 試験後、加圧空間構成材料は撤去する。
 撤去跡は、PTを実施する。



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）



【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. 高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）

【高浜3号機：鋼製CV】



【高浜4号機：鋼製CV】



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

1. 概要

今回、高浜3、4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

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
各発電用原子炉施設に共通		
送電関係一覧図	×	送電関係設備の変更はないため不要。
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内での工事ではないため不要。
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	×	主要設備の配置の変更はないため不要。
単線結線図	×	単線結線図の変更はないため不要。
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	×	発電用原子炉施設の熱精算に影響を与えないため不要。
熱出力計算書	×	原子炉の熱出力に影響を与えないため不要。
発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書	○	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	×	排気及び排水に関連しないため不要。
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	×	線量管理の変更はないため不要。
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	×	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に関する記載に影響を与えないため不要。
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	×	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変更はないため不要。
取水口及び放水口に関する説明書	×	取水口及び放水口の変更はないため不要。
設備別記載事項の設定根拠に関する説明書	○	構成が変更となることから設定根拠の説明が必要なため添付する。
環境測定装置の構造図及び取付箇所を明示した図面	×	環境測定装置の変更はないため不要。
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の変更はないため不要。
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	○	構成が変更となることから火災防護に関する説明が必要なため添付する。
発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書	×	当該設備は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の変更はない)

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
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の変更はないため不要。
通信連絡設備に関する説明書及び取付箇所を明示した図面	×	通信連絡設備の変更はないため不要。
安全避難通路に関する説明書及び安全避難通路を明示した図面	×	安全避難通路の変更はないため不要。
非常用照明に関する説明書及び取付箇所を明示した図面	×	非常用照明の変更はないため不要。

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
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	○	本工事計画において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	○	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	○	当該機器の改造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	○	当該機器の改造により構造が変更となるため添付する。
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。)	○	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ため添付する。(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 備の変更はないため不要。
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の変更はな 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	×	圧力低減設備その他の安全設備のポンプの変更はない ため不要。
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。)	×	安全弁及び逃がし弁の変更はないため不要。
「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」(第九条)		
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	○	本工事計画における設計及び工事に係る品質管理の 方法等を説明するため添付する。

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

1. 概要

今回、高浜発電所第3、4号機の原子炉格納容器貫通部（電気配線貫通部）の一部について改造を実施するため、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、令和元年8月7日付け原規規発第1908072号及び令和元年8月7日付け原規規発第1908073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ず審査対象条文とならない。
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ず審査対象条文とならない。
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ず審査対象条文とならない。
第8条 立入りの防止	△	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ず審査対象条文とならない。
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ず審査対象条文とならない。
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、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ず審査対象条文とならない。
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ず審査対象条文とならない。
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。 ただし、本条文は使用前事業者検査段階での要求であるため、 工事計画段階においては審査対象条文とならない。【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）の改造により、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ため、審査対象条文とならない。
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ず審査対象条文とならない。
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ず審査対象条文とならない。
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、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	省略	
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ず審査対象条文とならない。
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ず審査対象条文とならない。
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ず審査対象条文とならない。
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ず審査対象条文とならない。

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ず審査対象条文とならない。
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ず審査対象条文とならない。
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ず審査対象条文とならない。
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）の改造により、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ず審査対象条文とならない。
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。

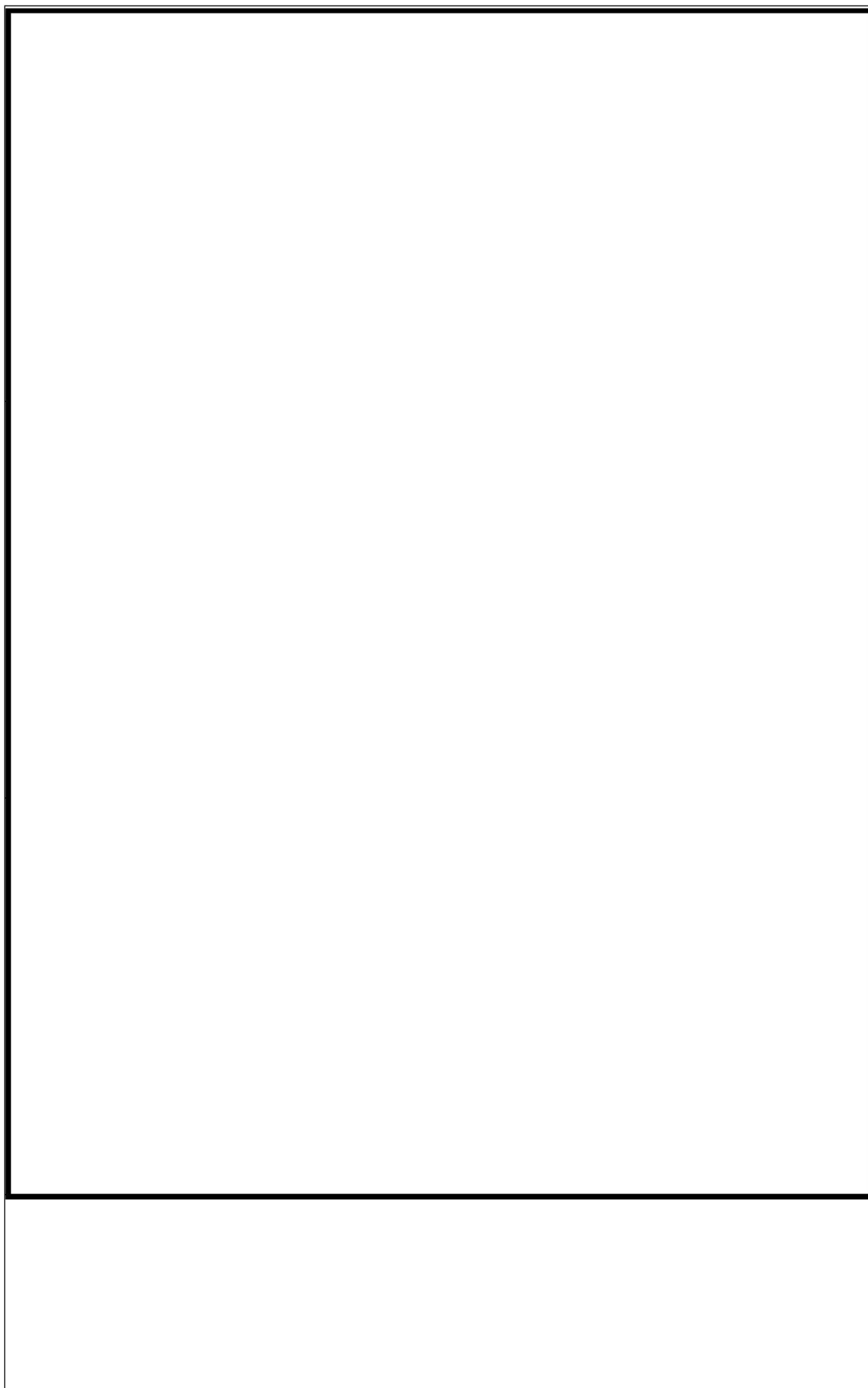
第1表 適用条文の整理結果 (9/9)

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。

11. 高浜 1, 2 号機、美浜 3 号機、高浜 3, 4 号機比較一覧

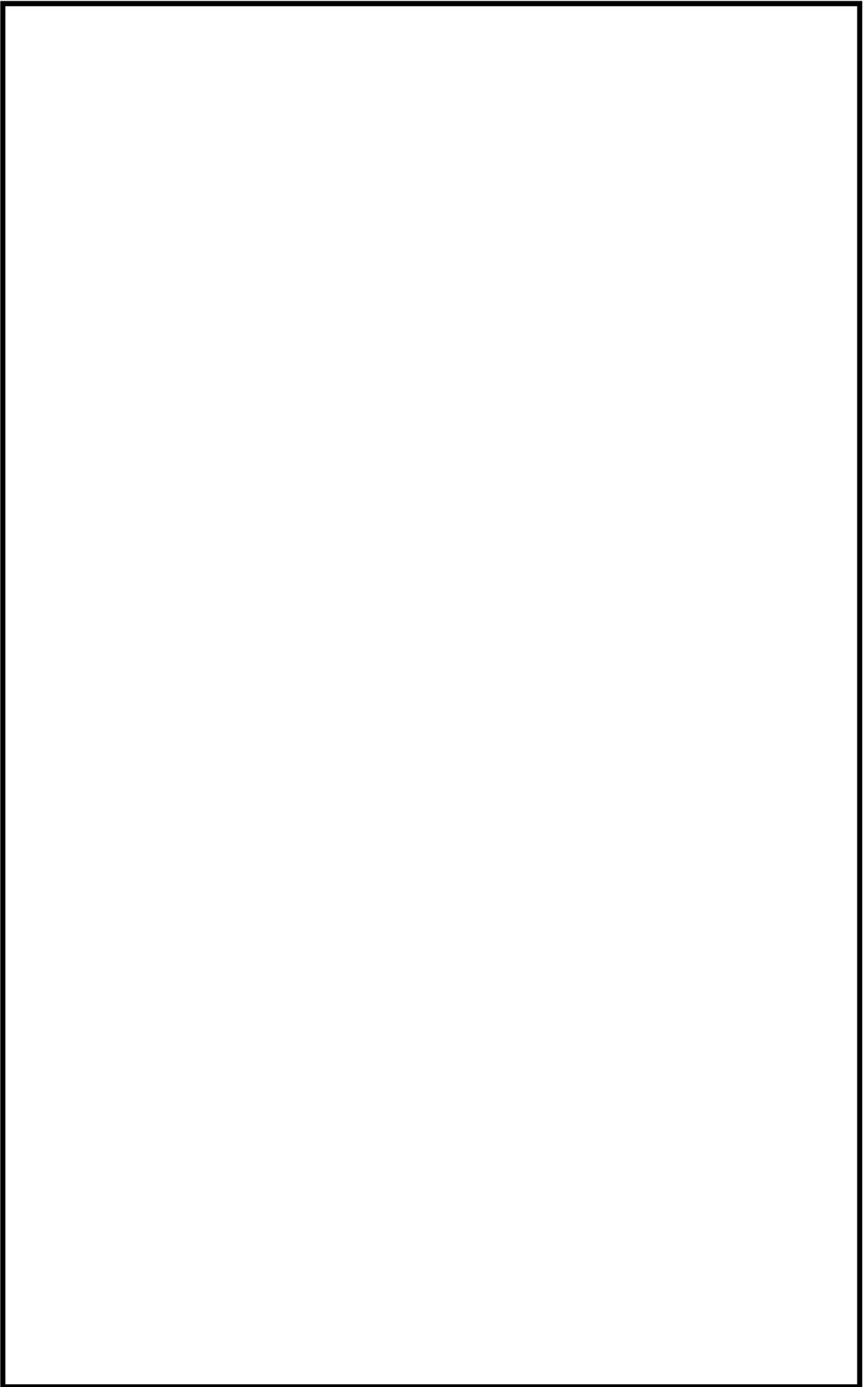
	高浜 1 号機※1	美浜 3 号機	高浜 3 号機※1 (今回申請分)
<p>要目表</p>			
<p>配置</p>			

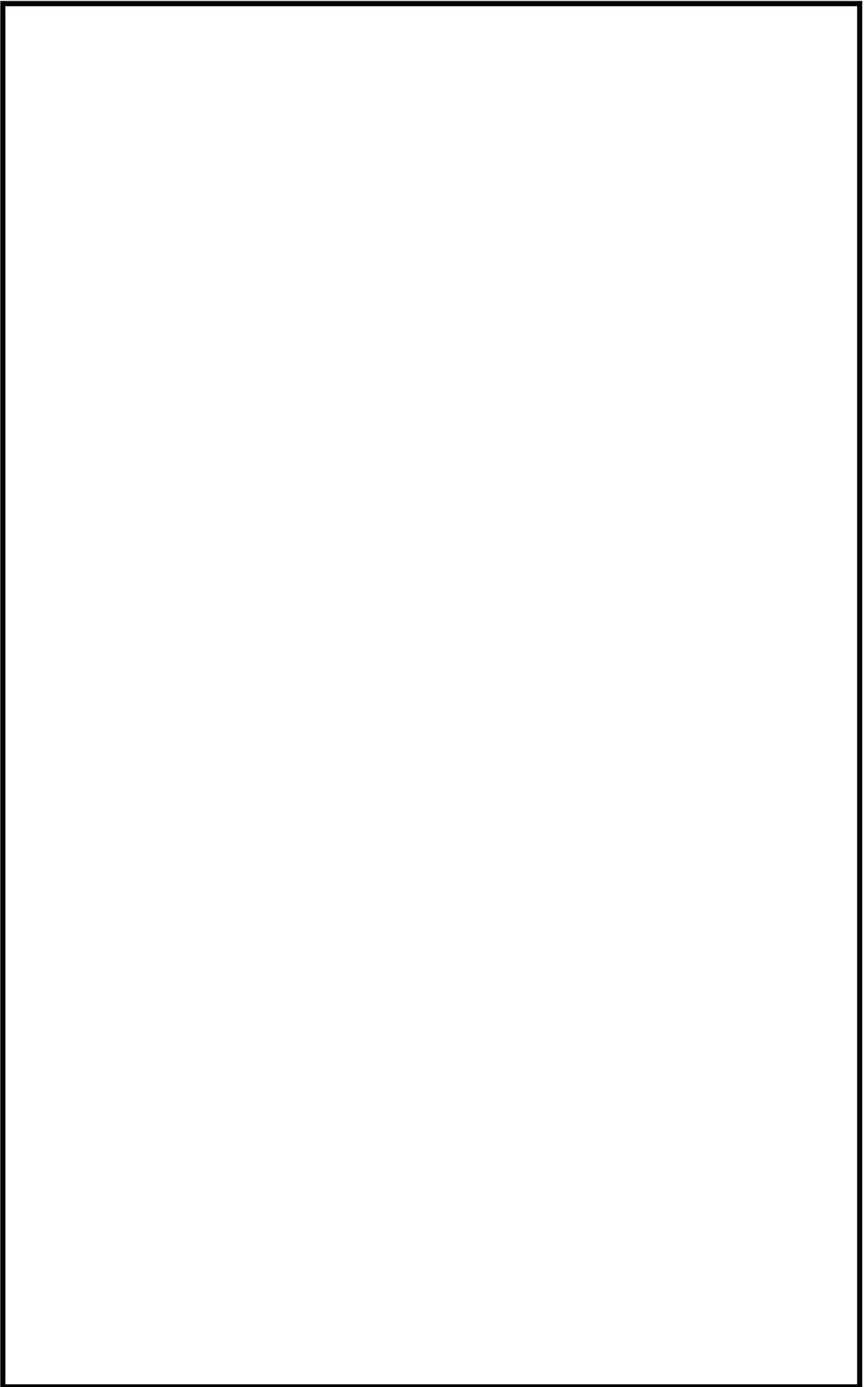
耐震性	<p>電線貫通部の構造上最も応力の高い部分は、電線ケーブル、端板等を支持する本体である。しかし、本耐震計算書で評価する電線貫通部の自重は [] で、地震荷重と圧力により本体に発生する応力強さは、許容値の [] に対して3%以下であり、耐震性に問題はない。</p>	<p>電線貫通部の構造上最も応力の高い部分は、電線ケーブル、端板等を支持する本体である。しかし、本耐震計算書で評価する電線貫通部の自重は [] で、地震荷重と圧力により本体に発生する応力強さは、許容応力状態ⅢAS(許容値 [])、許容応力状態ⅣAS(許容値 [])のいずれにおいても10%以下であり、耐震性に問題はない。</p>	<p>電線貫通部の構造上最も応力の大きい部分は、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 [] で、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ⅢAS(許容値 [])、許容応力状態ⅣAS(許容値 [])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>
強度	<p>[原子炉格納容器] 5. スリーブ（電線貫通部）の強度計算書 6. 電線貫通部の強度計算書</p>	<p>[原子炉格納容器] 2. 電線貫通部 スリーブの強度計算書 1. 電線貫通部 本体及び端板の強度計算書</p>	<p>[原子炉格納容器] 1. 電線貫通部 スリーブの強度計算書 2. 電線貫通部 本体及び端板の強度計算書</p>
CV の設計条件			

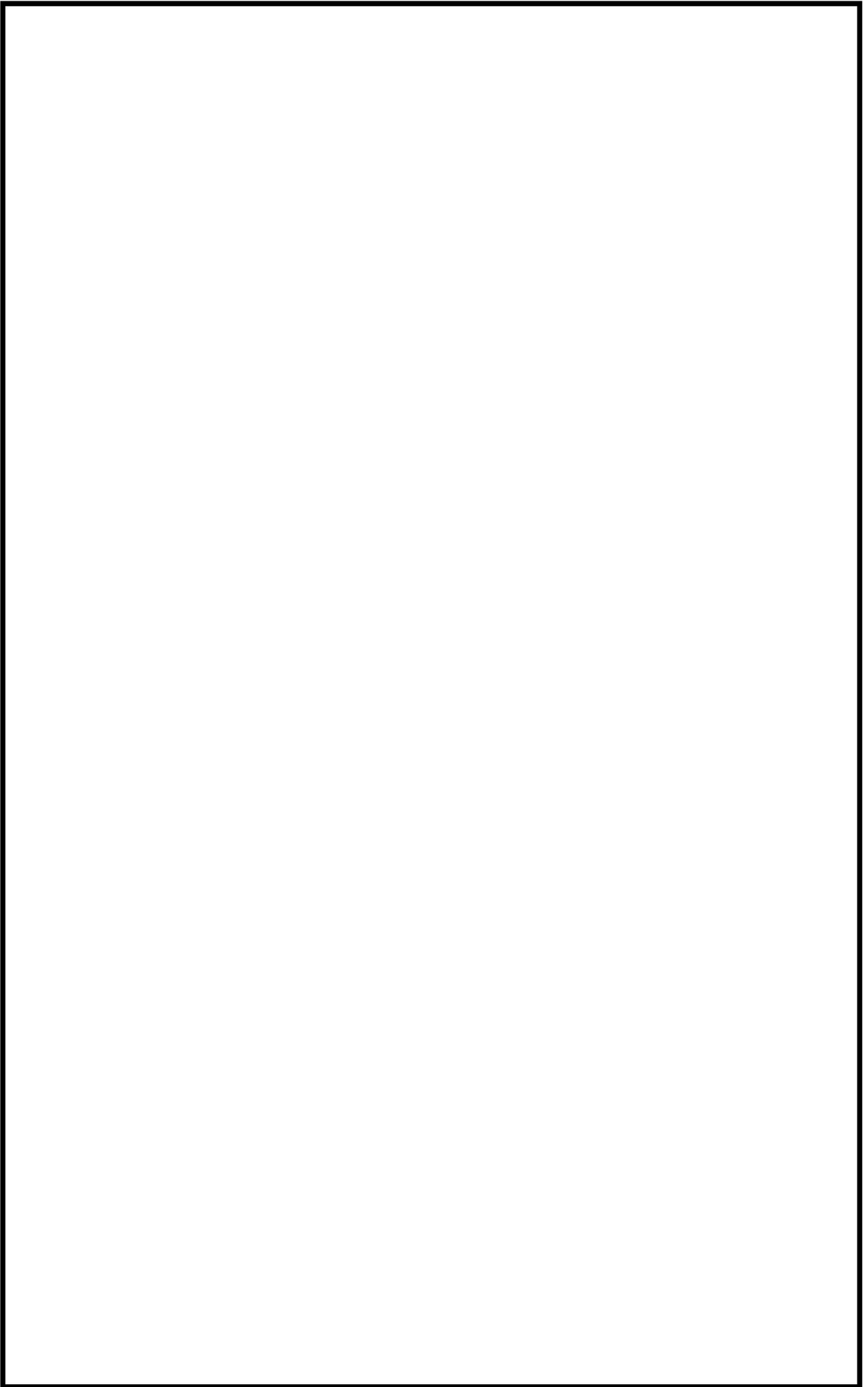


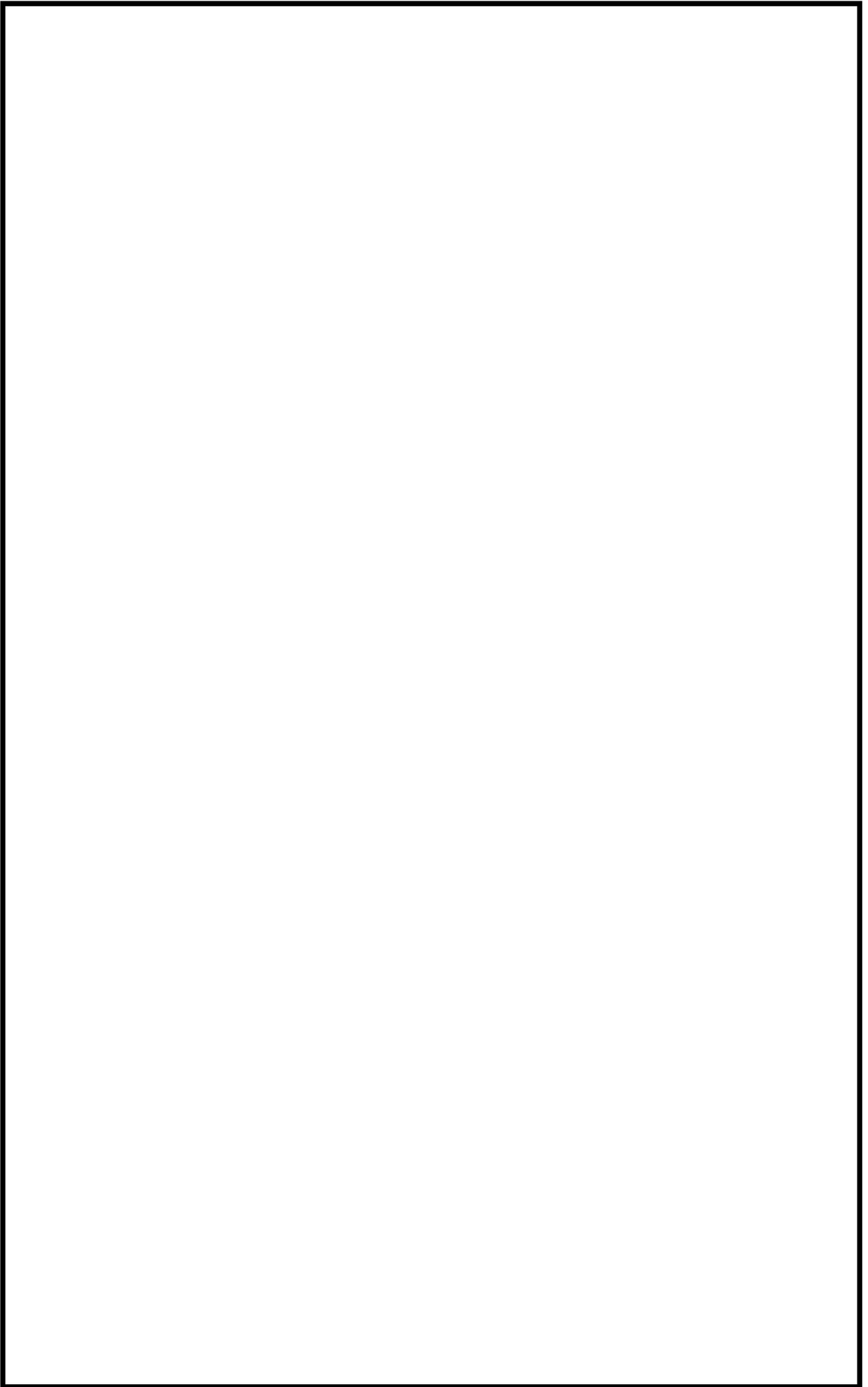
--	--

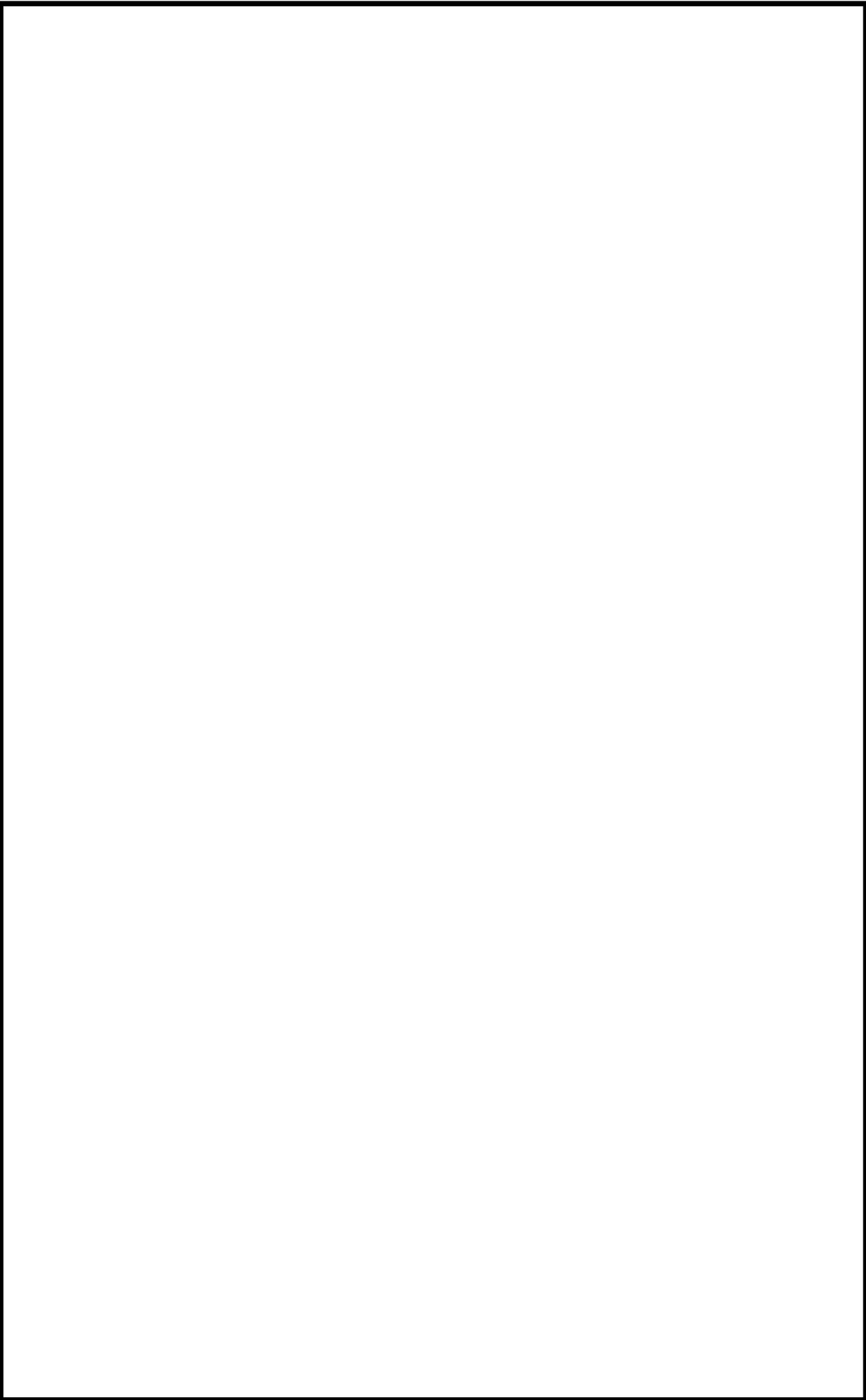
※1： 高浜 1、2 号機及び高浜 3，4 号機については、設計条件が同じことから代表として高浜 1 号機及び高浜 3 号機を記載する。

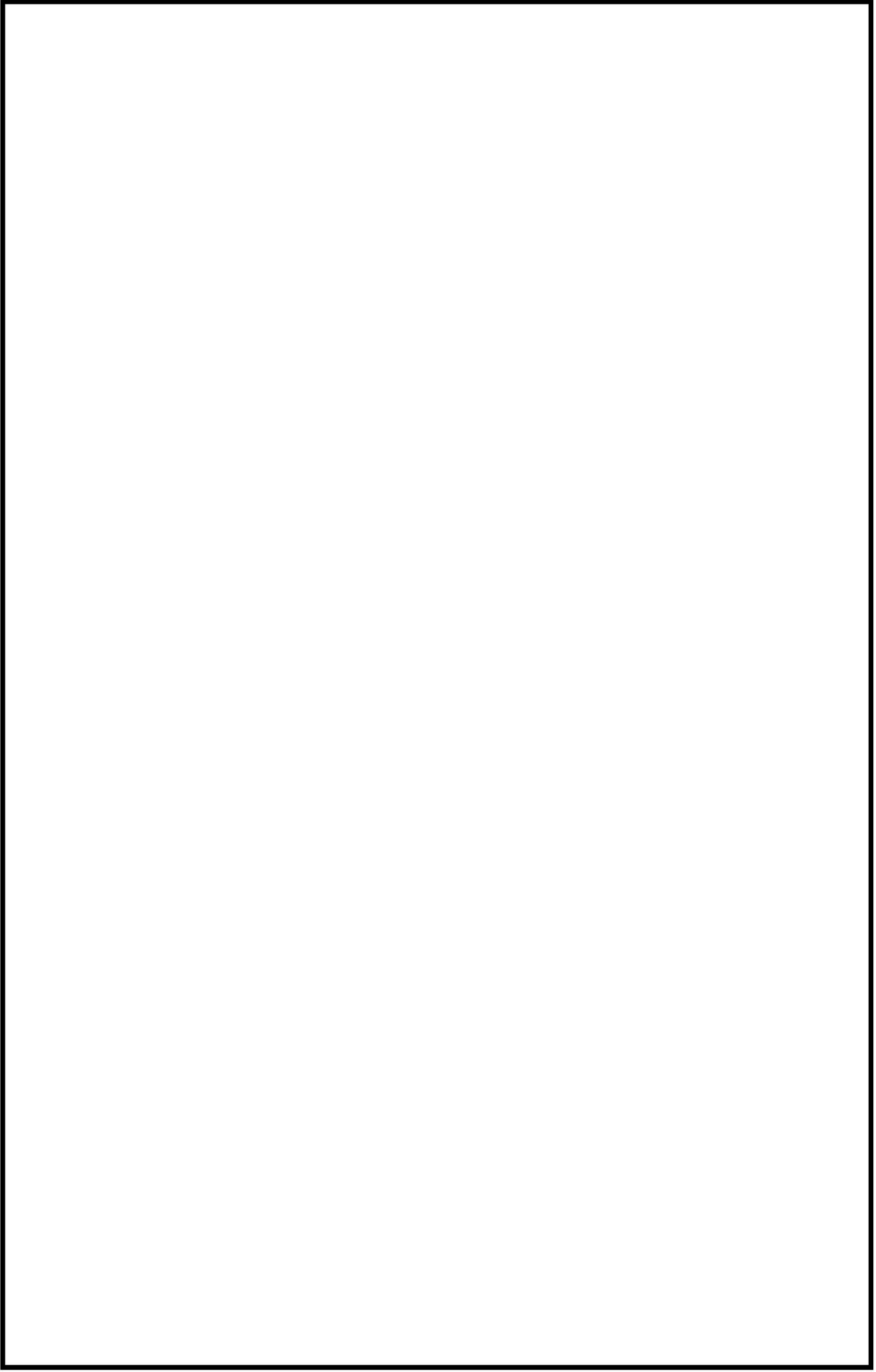












12.技術基準等要求事項と検査関連の整理について

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	2Pd (10分)	2Pd (10分)
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) ※1	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 4203-2017	JEAC 4203-2017
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：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]

JEAC4203-2017 より



なお、A 種試験は主に原子炉格納容器貫通部及び原子炉格納容器隔離弁を対象に実施しているとみなすことができる。

【図 1】溶接部主体の概要図



【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

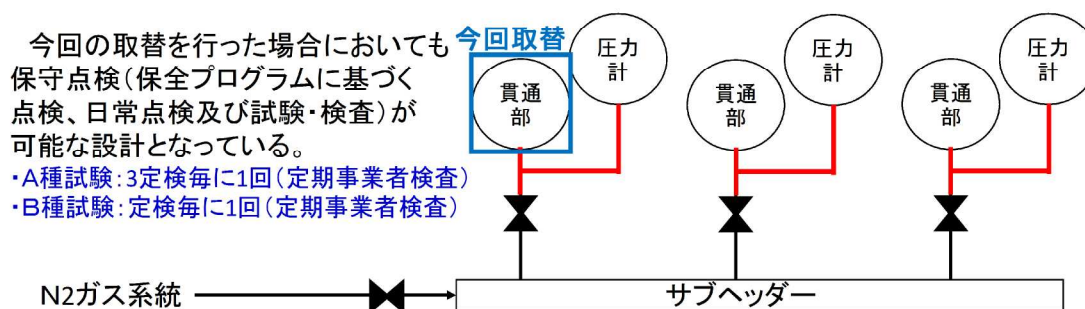
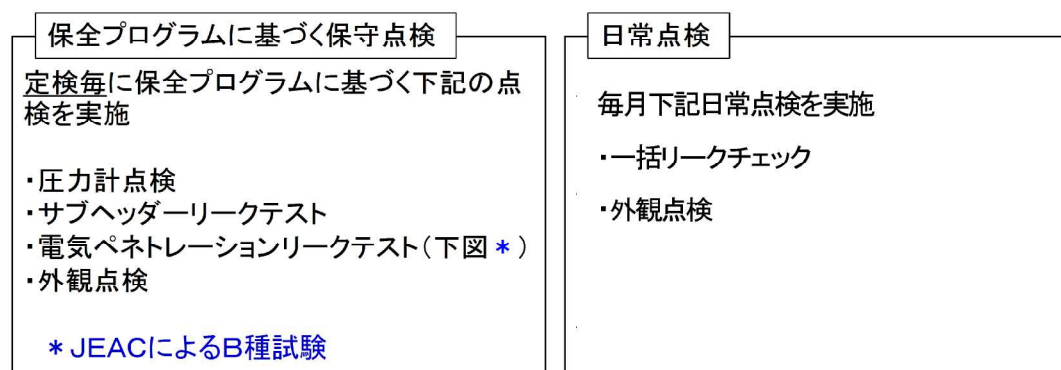
[B種試験の加圧範囲]



- | | |
|------------------|--------------------|
| 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

・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（N I S、RMS）については、N I S、RMSの点検にて、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 2008 又は漏えい率試験規程 2017 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」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。」との記載がある。

〔補足〕

設計圧力試験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、許容漏えい率を設定している。

13.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)]



14.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、これを下回ることがないように決定する。

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

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**事業者**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。

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

原子炉格納容器評価温度、圧力 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。

モジュラー型電線貫通部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0リング）の経年劣化に対する長期健全性評価

1. 概要

高浜発電所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

--

2.2 熱劣化期間算出

エポキシ樹脂及び0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。

加速倍率算出

熱劣化期間

--

加速熱劣化の条件はエポキシ樹脂と0リングを包絡した 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	0リング
加速倍率	a	倍		
気体定数	R	kcal/mol・K		
実機温度	T _{real}	°C		
試験温度	T _{exam}	°C		
部材の活性化エネルギー※	E	kcal/mol		
評価年数	Z	years		
熱劣化期間	T _{acc}	Days		

--

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		
放射線照射		
事故時 雰囲気暴露		

※ 出典：電力共同委託「モジュラ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

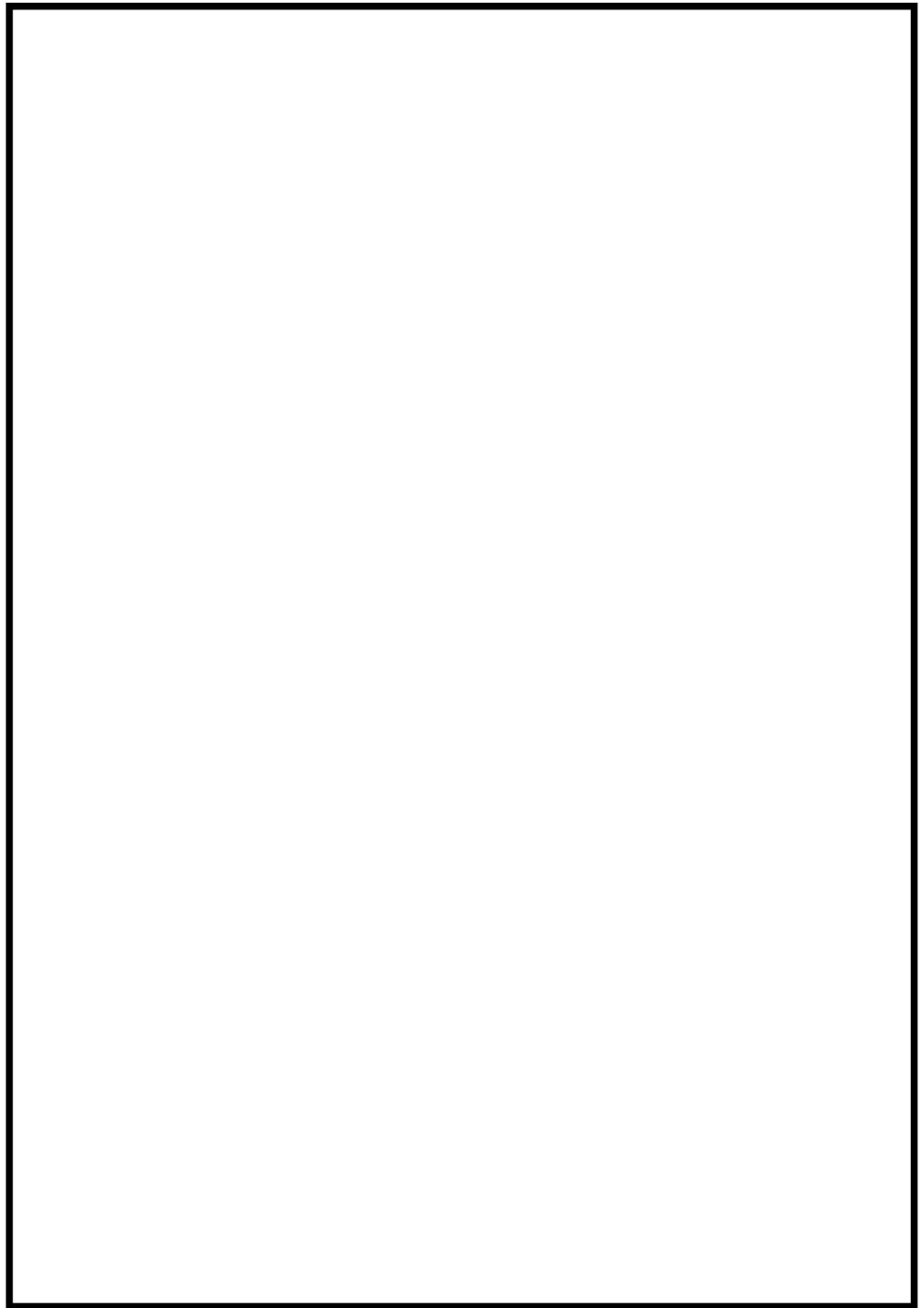
--

17. 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）

原子炉格納容器外

原子炉格納容器内

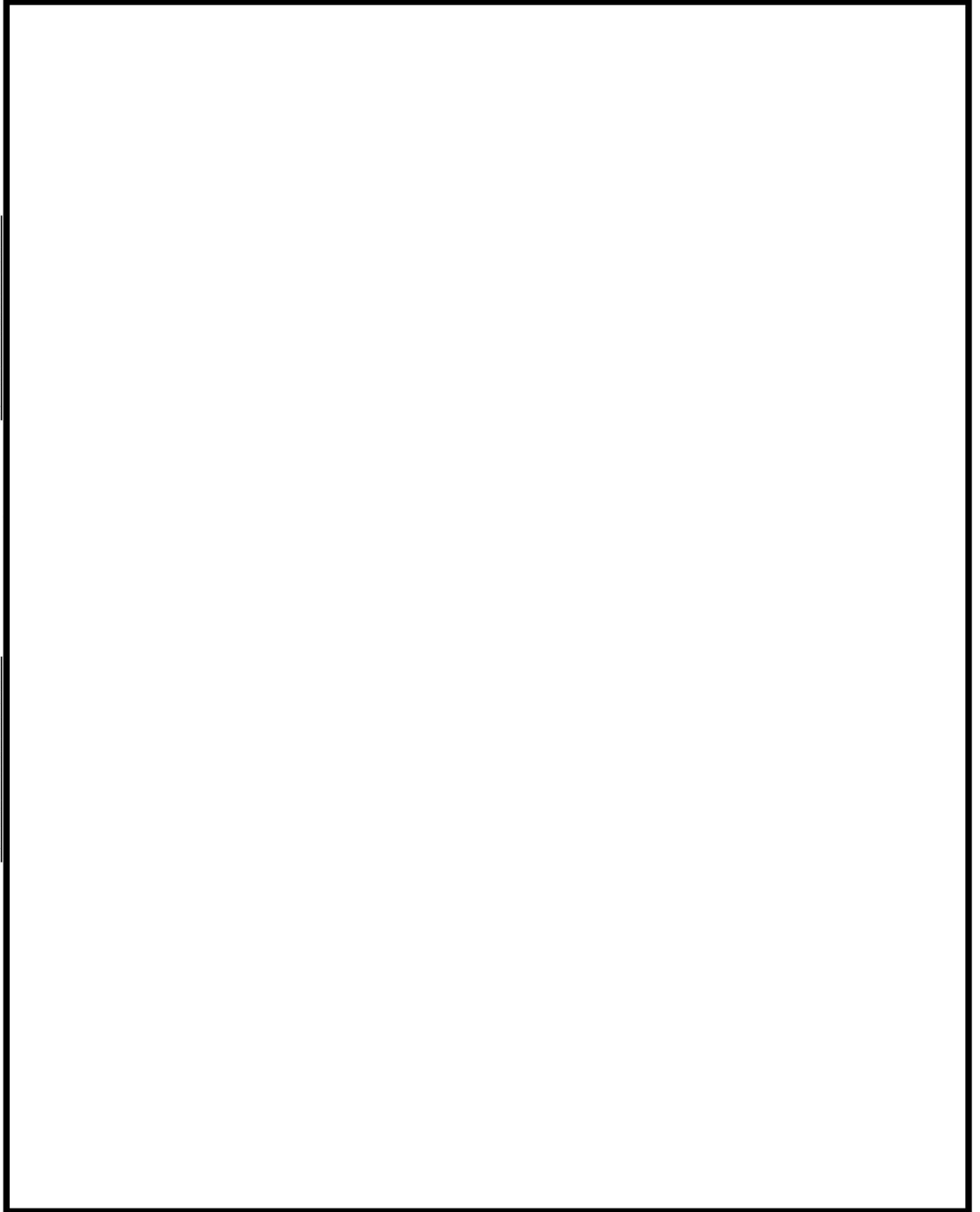


(単位：mm)

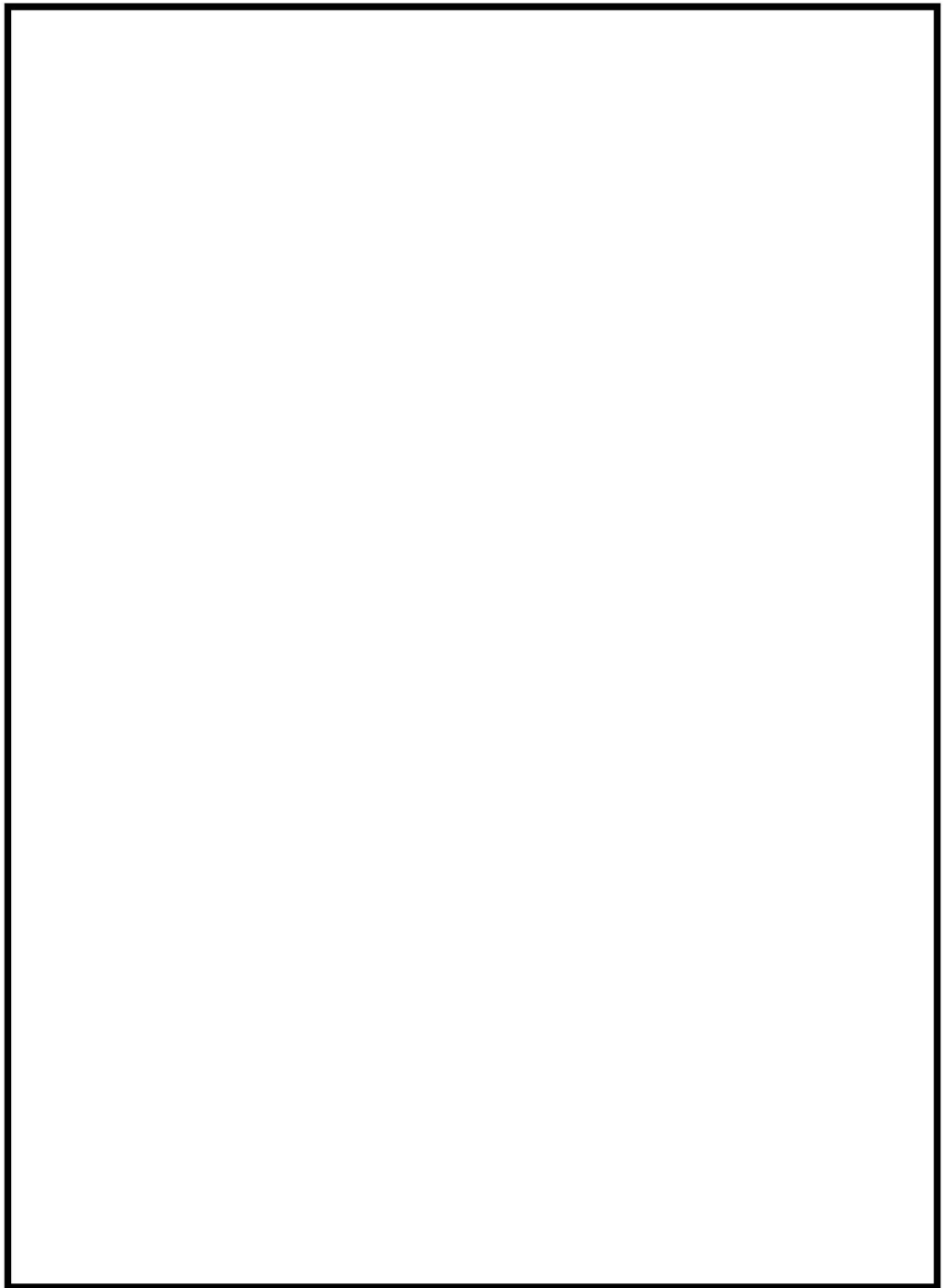
STEP 1) 既設スリーブ切断

原子炉格納容器外

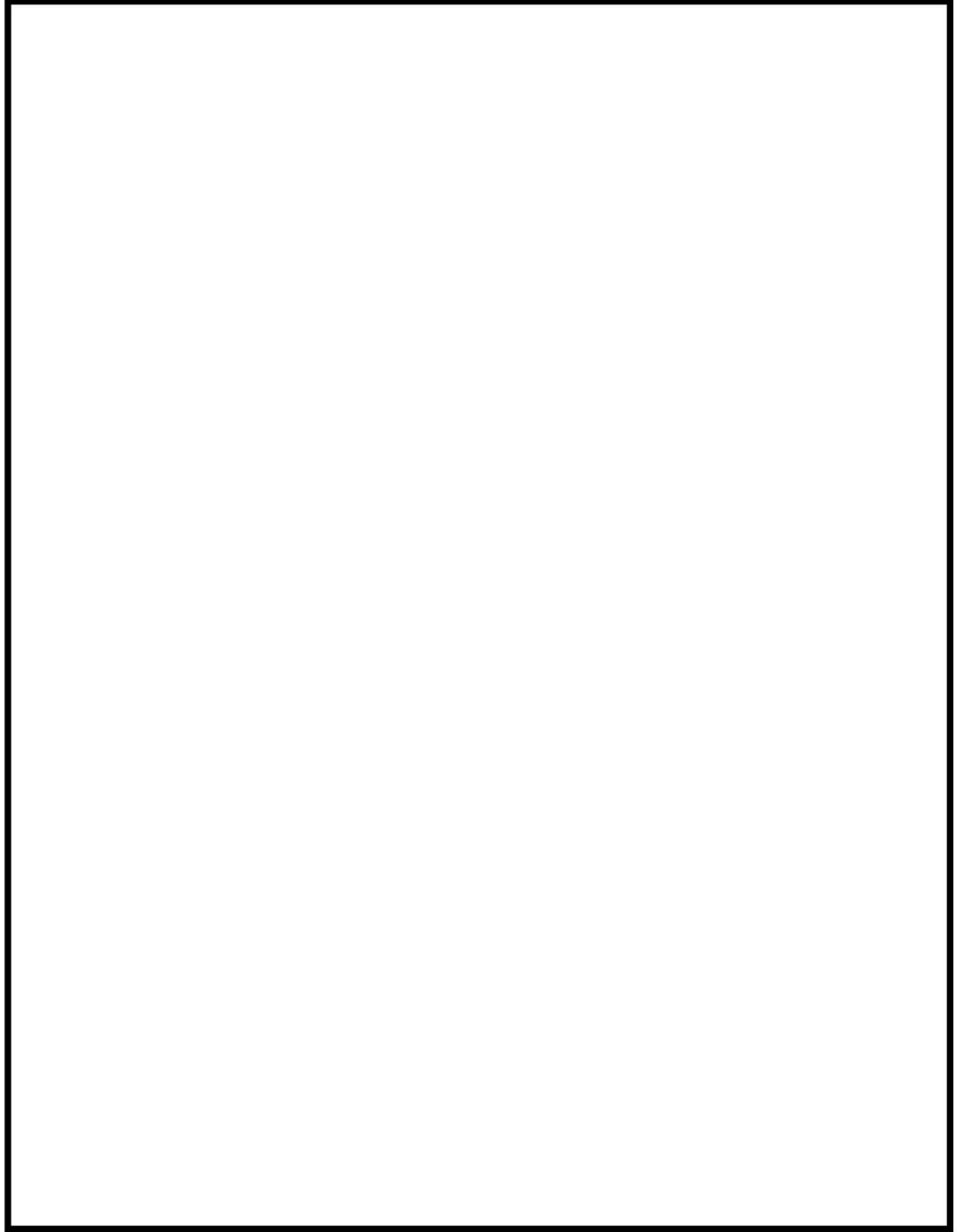
原子炉格納容器内



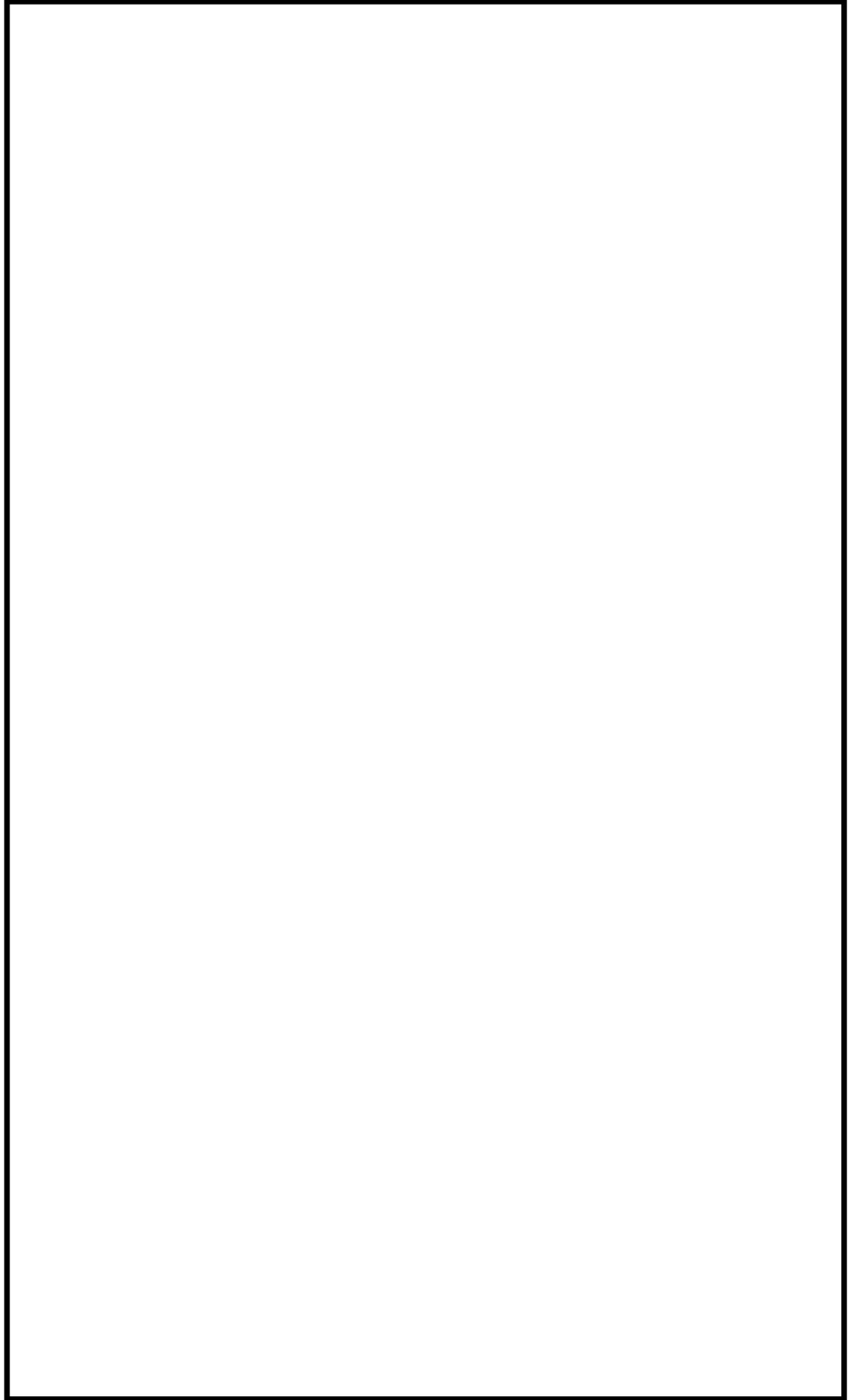
STEP 2) 既設電気ペネ本体外し後



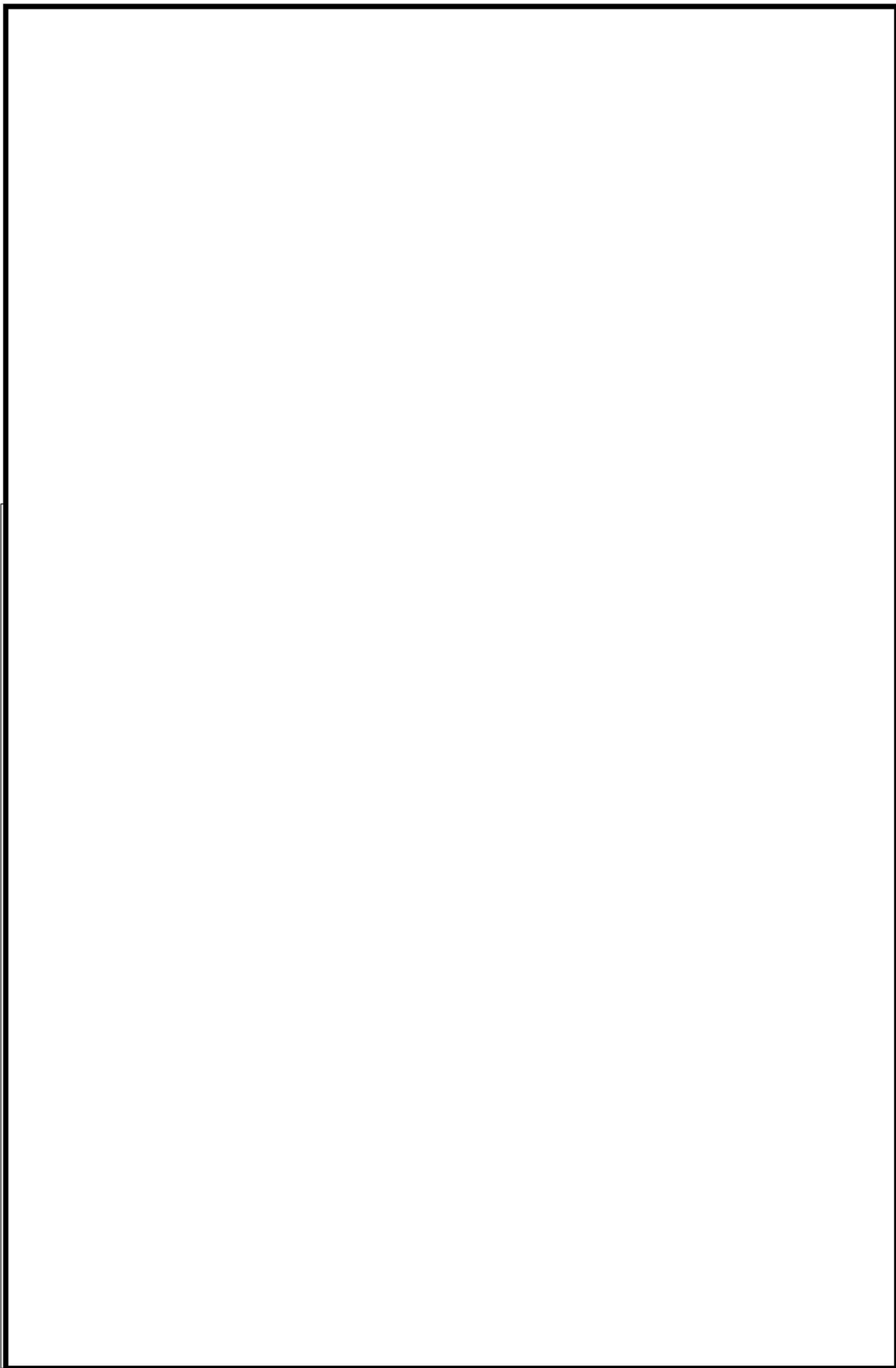
STEP 3) 延長スリーブ溶接



STEP 4) 延長スリーブ溶接後



STEP 5) 電気ペネ溶接後(据付完了)



[強度に関する説明書抜粋：T3-添 6・3・1-2]

FORMAT-1 電線貫通部 スリーブの強度計算結果

貫通部番号 51J, 538

原子炉格納容器

スリーブの強度計算結果 (1/20)

a. 規格計算

(1) スリーブ本体 (管台) の厚さの計算

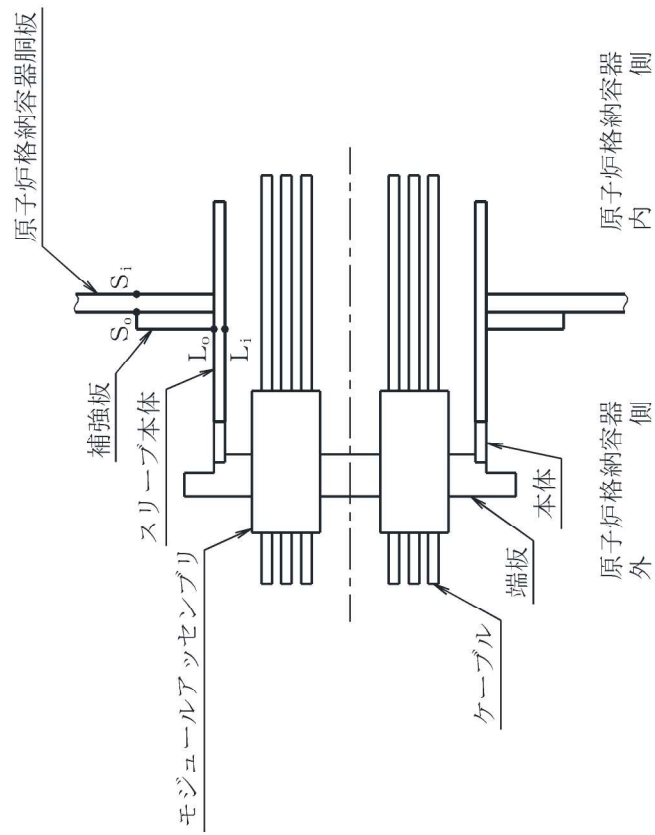
最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	スリーブ 本体の外径 (mm)	許容 引張応力 (MPa)	継手効率	必要な厚さ (mm)	計算上 必要な厚さ (mm)	炭素鋼鋼管の 必要な厚さ (mm)	実際使用 最小厚さ (mm)
P		D ₁	S _{mc}	η	t _{nr}	t _{nr1}	t _{nr2}	t _n
0.283	132							

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：T3-添 6・2-1-14]

(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 1-2 図 スリーブ評価部位

[強度に関する説明書抜粋：T3-添 6・3・1-8]

貫通部番号 511, 538

原子炉格納容器

スリーブの強度計算結果 (7/20)

(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	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x
L_o												
許容値												
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：T3・添 6・3・3・8]

貫通部番号 511.538

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			
	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$
L_i												
L_o												
許容値												
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：T3・添 6・3・1・18]

貫通部番号 511, 538

原子炉格納容器

スリーブの強度計算結果 (17/20)

(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												
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：T3・添 6・3・3・15]

貫通部番号 511,538

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	
	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$	$\sigma_x - \sigma_y$	$\sigma_y - \sigma_z$	$\sigma_z - \sigma_x$
S _i						
S _o						
許容値						
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：T3・添6・3・1・23]

FORMAT-2 電線貫通部 本体および端板の強度計算結果

貫通部番号 511, 538

原子炉格納容器

本体及び端板の強度計算結果(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 η	計算上必要な厚さ (mm)	最小使用厚さ (mm)
		D_i					
P							

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 K	計算上必要な厚さ (mm)	最小使用厚さ (mm)
		d					
P							

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 P_m	一次膜＋一次曲げ応力 $P_t + P_b + Q$
リガメント部		
許容値		

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：T3・添 6・3・3-I7E]

FORMAT-2 電線貫通部 本体および端板の強度計算結果

貫通部番号 511, 538

本体及び端板の強度計算結果

(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 η	計算上必要な厚さ (mm)	最小使用厚さ (mm)
	P		D_i	S_1				
モジュラー型								

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				
モジュラー型						K		

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

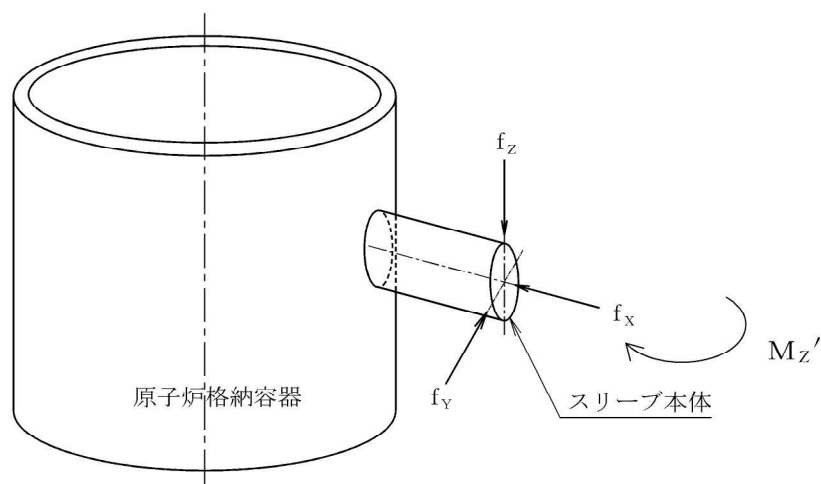
電線貫通部形式	応力 (MPa)	
	一次一般膜応力 P_m	一次局部膜応力 P_L
モジュラー型		
許容値		$P_L + P_b$

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：T3・添 5・4・10~12】

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

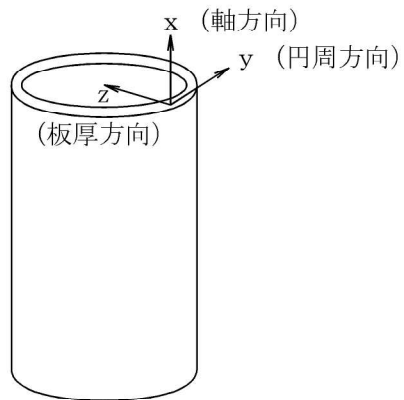
スリーブには図示のような外力が作用するが、外力により発生する応力はそれぞれ次に示すように取り扱う。

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

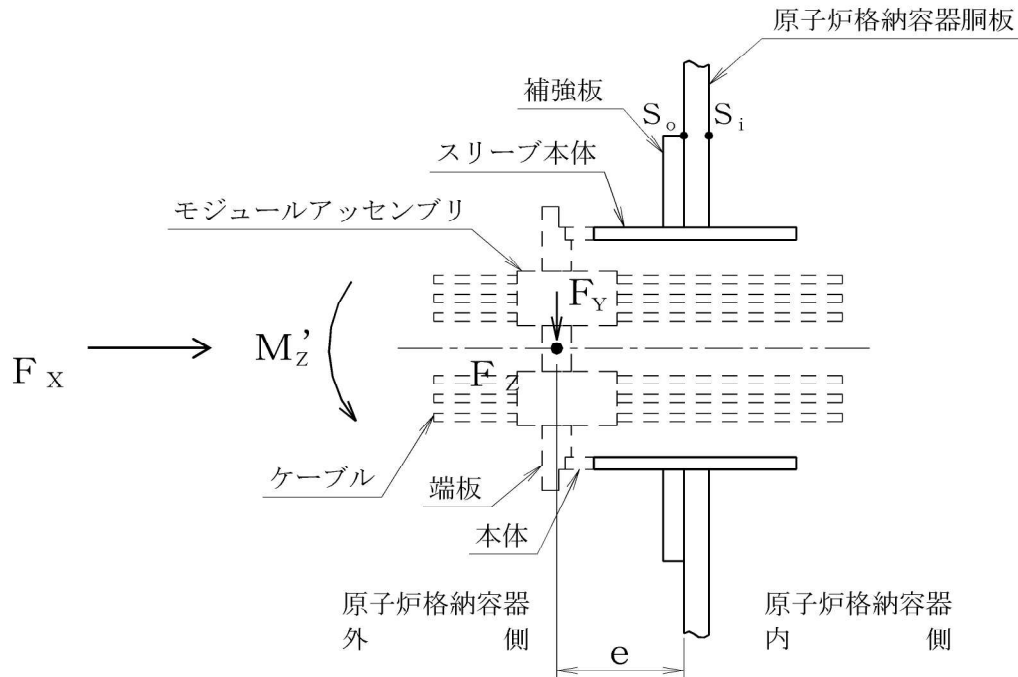
4.4 局部外力の算出方法

貫通部に作用する局部外力は次の式により求める。

$$F_x = W \cdot F_{HS}$$

$$M_z' = \sqrt{F_Y^2 + F_Z^2}$$

$$= \sqrt{(W \cdot (1 + F_{VS}) \cdot e)^2 + (W \cdot F_{HS} \cdot e)^2}$$



(水平断面)

ここに

W : 電線貫通部重量 (第 4-4 表及び第 4-5 表による)

F_{VS} : 鉛直震度 = 0.4058 (Sd 地震動)

= 0.8127 (Ss 地震動)

F_{HS} : 水平震度 = 0.5608 (Sd 地震動)

= 1.224 (Ss 地震動)

鉛直震度及び水平震度とも最大応答加速度を重力加速度で除した値とする。

最大応答加速度は、第 4-4 表及び第 4-5 表による。

e : 評価点から局部外力作用点までの距離 = 510 mm

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	裕度	備考
原子炉格納施設	原子炉格納容器	一次一般膜応力強さ (単位：MPa)	128	234	1.82 ^(注1)	① ^(注2)
		膜応力強さ+曲げ応力強さ (単位：MPa)	128	280	2.18 ^(注1)	① ^(注2)
		一次+二次応力強さ (単位：MPa)	144	450	3.12 ^(注1)	② ^(注2)

(注 1) 単位なし

(注 2) 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
原子炉格納施設	貫通部スリーブ 取付部	一次一般膜応力強さ (単位：MPa)	128	234	○	① ^(注 1)
		膜応力強さ+曲げ応力強さ (単位：MPa)	128	280	○	① ^(注 1)

(注 1) 許容応力状態Ⅲ_{AS} に対する評価として、D+P+M+Sd 及び D+P_L*+M_L+Sd の評価については、D+P_L*+M_L+Sd 及び D+P+M+Ss の発生値で置き換えた評価を記載している。①: D+P_L*+M_L+Sd、②: D+P+M+Ss における結果を示す

第6-3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_{SAL}+M_{SAL}+Sd

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生値	許容値	裕度	備考
原子炉格納施設	原子炉格納容器	一次一般膜応力強さ (単位：MPa)	155	234	1.50 ^(注1)	① ^(注2)
		膜応力強さ+曲げ応力強さ (単位：MPa)	155	280	1.80 ^(注1)	① ^(注2)
		一次+二次応力強さ (単位：MPa)	144	393	2.72 ^(注1)	② ^(注2)

(注1) 単位なし

(注2) ①: D+P_{SAL}+M_{SAL}+Sd、②: D+P+M+Ss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+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
原子炉格納施設	貫通部スリーブ 取付部	一次一般膜応力強さ (単位：MPa)	155	234	○	① ^(注1)
		膜応力強さ+曲げ応力強さ (単位：MPa)	155	280	○	① ^(注1)

(注1) 許容応力状態Ⅲ_{AS}に対する評価として、D+P_L+M_L+Sdの評価については、D+P+M+Ss及びD+P_{SAL}+M_{SAL}+Sdの発生値で置き換えた評価を記載している。①: D+P_{SAL}+M_{SAL}+Sd、②: D+P+M+Ssにおける結果を示す。

第6-5表 許容応力状態Ⅳ_{AS}及びⅤ_{AS}に対する評価結果 (D+P+M+Ss、D+P_{SAL}+M_{SAL}+Sd 及び D+P_{SAL}+M_{SAL}+Sd)

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生値	許容値	裕度	備考
原子炉格納施設	貫通部スリーブ	一次一般膜応力強さ (単位：MPa)	155	234	1.50 ^(注1)	①③ ^(注2)
		膜応力強さ+曲げ応力強さ (単位：MPa)	155	280	1.80 ^(注1)	①③ ^(注2)
	取付部	一次+二次応力強さ (単位：M Pa)	144	393	2.72 ^(注1)	② ^(注2)

(注1) 単位なし

(注2) ①: D+P_{SAL}+M_{SAL}+Sd、②: D+P+M+Ss、③: D+P_{SAL}+M_{SAL}+Sd における結果を示す。

第6-6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
原子炉格納施設	貫通部スリーブ	一次一般膜応力強さ (単位：MPa)	155	234	○	①③ ^(注1)
		膜応力強さ+曲げ応力強さ (単位：MPa)	155	280	○	①③ ^(注1)

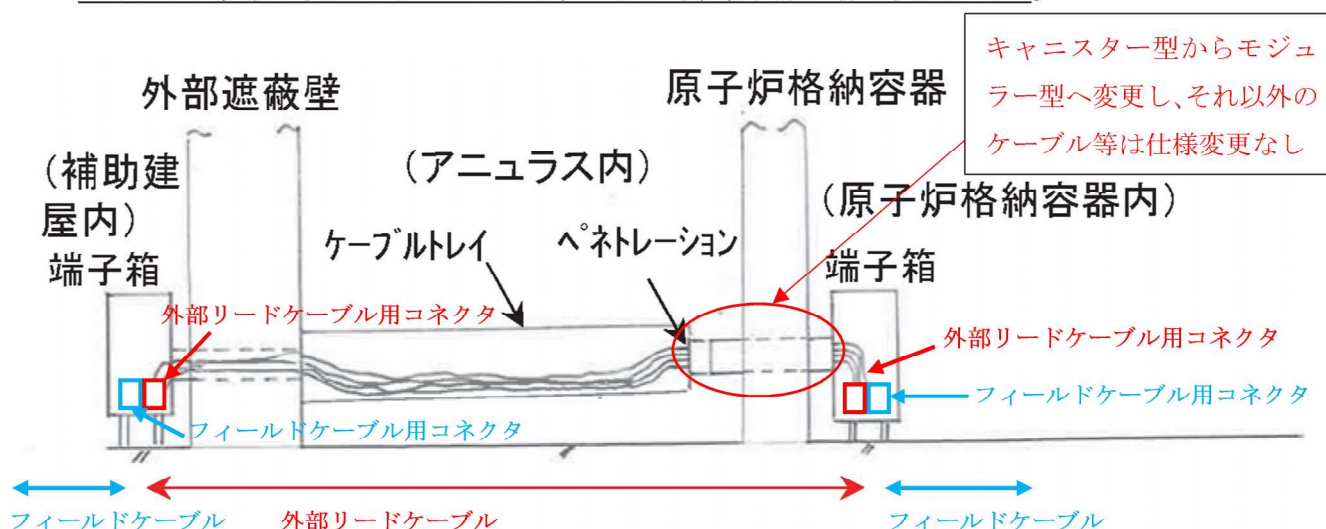
(注1) 許容応力状態Ⅲ_{AS}に対する評価として、D+P+M+Sd 及び D+P_L+M_L+Sd の評価については、D+P+M+Ss、D+P_{SAL}+M_{SAL}+Sd 及び D+P_{SAL}+M_{SAL}+Sd の発生値で置き換えた評価を記載している。①: D+P_{SAL}+M_{SAL}+Sd、②: D+P+M+Ss、③: D+P_{SAL}+M_{SAL}+Sd における結果を示す。

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

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。

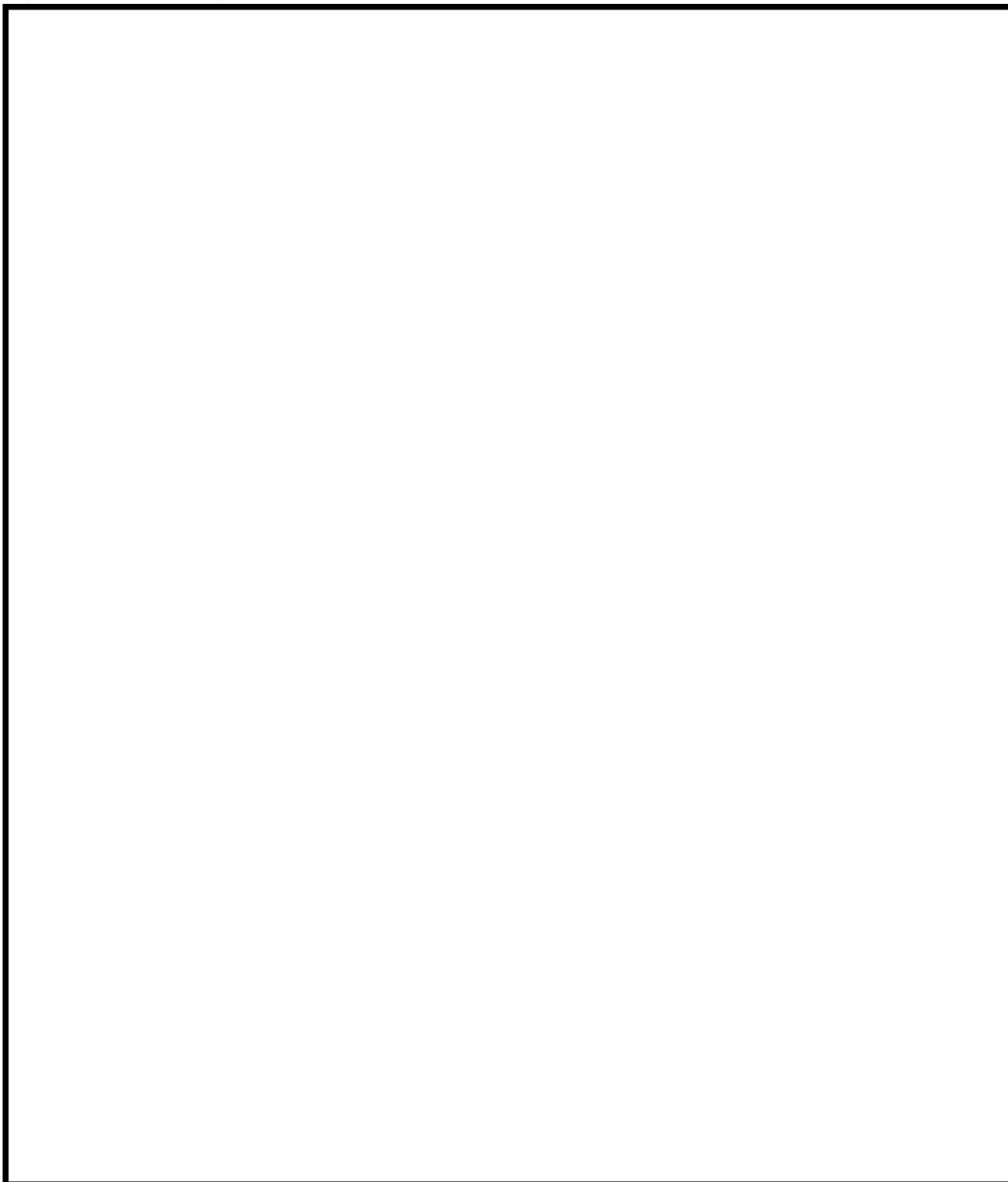
モジュラー型に使用するエポキシ樹脂は、設計上、気密性能及び絶縁性能を有することをメーカーにて確認している。なお、RMS及びN I Sケーブルへの絶縁性能に影響のないことは、絶縁抵抗測定等により確認する。

さらに、現場の機器（RMS、NIS）からすると、回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

モジュールアッ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、モジュールアッ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～碍管～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(E P 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)

19.火災防護に関する説明書の補足説明資料

本資料は、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（炭素鋼）、本体（炭素鋼）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。



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格納容器内、アニュラスエリア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。

アニュラスエリアは、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、原子炉補助建屋側は、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、格納容器内は、原子炉格納容器スプレイ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、既工認にて認可された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

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、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、系統分離対策を行わないため、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、既工認にて認可された火災防護対策から変更はない。

以上

20. 「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改造工事については、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。	○	
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。	—	今回の工事計画は、修理は実施しないため、該当しない。
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。	—	今回の工事計画は、特別な工法は採用しないため、該当しない。
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。

21. 耐震性に関する説明書の補足説明

本資料は、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と既工認との差異について

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、今回工認と既工認との差異は、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

既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。

・JSME 適用年度の差異によるもの

今回工認では2012年版適用を基本とするが、重大事故等設備としての評価では、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。

(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

既工認では、耐震設計の全体的な基本方針を「資料11-1 耐震設計の基本方針」に記載し、その具体的内容を「資料11-3～資料11-11」に記載している。既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る。

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」における章番号と既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

既工認の原子炉格納容器貫通部の耐震計算書では、代表機器として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、既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、既工認（既設設備のためSA工認からの呼び込み）から引用しているが、評価対象について、今回工認では取替を実施する電線貫通部に関連した記載としている。そのため、記載内容は既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既工認との相違

今回既工認資料5-3の 章番号	対応する既工認の 資料番号及び章番号	相違
1. 概要	-	-
2. 耐震重要度分類並びに設備の分類	資料 11-4 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	なし
3. 耐震計算の基本事項	-	-
3.1 構造計画	資料 11-16-5-3-2 原子炉格納容器貫通部の耐震計算書 →2.1 構造の説明	あり →既工認は、配管貫通部を含む全貫通部の代表機器の構造計画を記載。
3.2 設計用地震力	資料 11-9 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 →今回既工認では、既工認のうち原子炉格納容器貫通部に関連する部分（機器・配管系）を用いている。
3.3 荷重の組合せ及び許容応力	資料 11-9 機能維持の基本方針 →3.1 構造強度上の制限	なし →今回既工認では、既工認のうち原子炉格納容器貫通部に関連する部分（機器・配管系）を用いている。
4. 気密性の維持	資料 11-9 機能維持の基本方針 →4.3 気密性の維持	なし →今回既工認では、既工認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既工認との差分表

計算書の章番号 (※1)	該当頁 (※1)	項目	既工認	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。(既工認では、配管貫通部を含む全貫通部の代表機器にて評価)
3.貫通部の耐震評価箇所	P.3	評価方針	SA工認の評価方針と同様	同左	-
4.貫通部の地震応答解析	P.4.5	評価点	貫通部スリーブ取付部	同左	-
	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	評価対象の差異による。(既工認では、配管貫通部を含む全貫通部の代表機器にて評価)
	P.6	自重			- (評価点については、荷重が最も大きくなるCV固定点 [] の値を使用している。)
	P.7.8	曲げモーメント			- (評価点については、荷重が最も大きくなるCV固定点 [] の値を使用している。)
	P.7.8	軸力			- (評価点については、荷重が最も大きくなるCV固定点 [] の値を使用している。)
5.貫通部の応力評価	P.9	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。(既工認では、配管貫通部を含む全貫通部の代表機器にて評価)
	P.10,11	軸力及び曲げモーメントの方向	座標軸の説明	同左	-
	P.13	解析モデル	3次元シミュレーションモデル	同左	-
	P.13	解析コード	MSC NASTRAN Ver.2005r3b	同左	-
	P.13	JSMIE 適用年度	2005/2007	2012、2005/2007	JSMIE 適用年度の差異による。今回工認では2012年版適用を基本とするが、重大事故等設備としての評価では、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.14,15,16	荷重の組合せ	機器区分に応じた組合せ	同左	-
	P.14	耐震重要度分類	S	同左	-
	P.14,15,16	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.15,16	設備分類	常設/震/防/止、常設/緩和	同左	-
	P.17,18,19	許容応力	クラス MC 容器の許容応力	同左	-

5.貫通部の応力評価	P.20	温度・圧力条件	132°C、0.283MPa	同左	—
	P.20	材料物性値	JSMIE2005/2007 の値	JSMIE2012 及び JSMIE2005/2007 の値	JSMIE 適用年度の差異による。今回工認では 2012 年版適用を基本とするが、S 重大事故等設備としての評価では、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。
6.評価結果	P.21	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	—
	P.22				評価対象のスリーブ寸法の差異による。(既工認では貫通部スリーブ取付部の反力が最大である [] (スリーブ径が [] で評価しており、今回工認の評価対象のスリーブ径は [])
	P.23~25	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。(既工認で評価している貫通部は設置位置が高く []、SA 時の動水圧 (水位: []) が作用しない)
	P.26~31	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。

(※1) 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。

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既工認の相違

今回設工認資料5-5の章番号	対応する既工認資料 11-18 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、既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 3.2 機器・配管系	なし →既工認では新設設備(改造により影響を受ける既設設備含む)について抽出している。既設設備については新規制基準工認を読み込んでいます。
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	同上
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	同上
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	同上
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	同上
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 →評価対象の差異による。
4. まとめ	4. まとめ	なし →既工認、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。