

STACY施設の設計及び工事の方法の認可申請（第3回）
に係るコメント回答について

令和元年 11 月 25 日
日本原子力研究開発機構
原子力科学研究所

No. 1

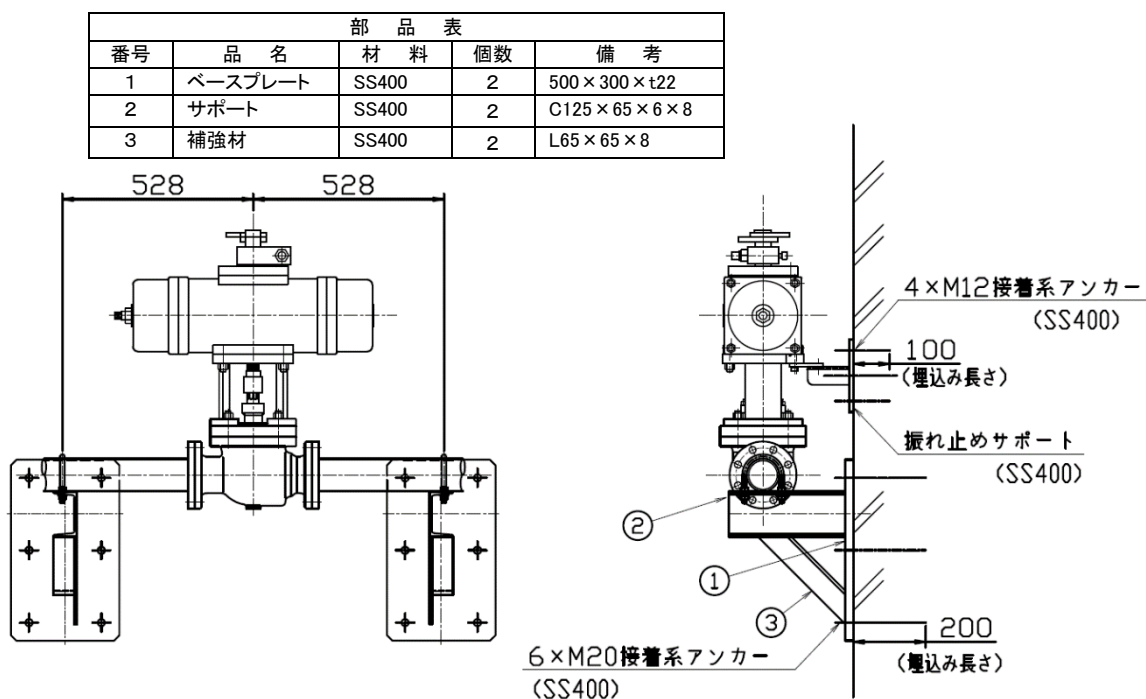
- ①耐震Bクラスの給排水系配管の主要弁（動的機器の機能維持が要求される弁）について、以下の情報が見当たらない。
- 1) 主要弁が加振試験によって動作機能の維持を確認した加速度以下とする設計となっていることが分かる情報
 - 2) 主要弁の支持の耐震設計（支持方法、支持位置）の情報
- ②また、配管の支持について、定ピッチスパン法で設計となっている情報が見当たらない。

①について

- 1) 耐震Bクラスの主要弁は、発電用原子力設備規格 設計・建設規格（JSME S NC1-2012）に規定するクラス3弁の検査方法に適用される日本電気工業会規格（JEM1423-2017、原子力発電所用バルブの検査）に合格したものを使用する旨を追記して補正する。

なお、JEAC4601では、弁について設計・建設規格に基づいた設計を実施する場合には、地震荷重に対する強度評価を行わなくてよい旨が記載されている。

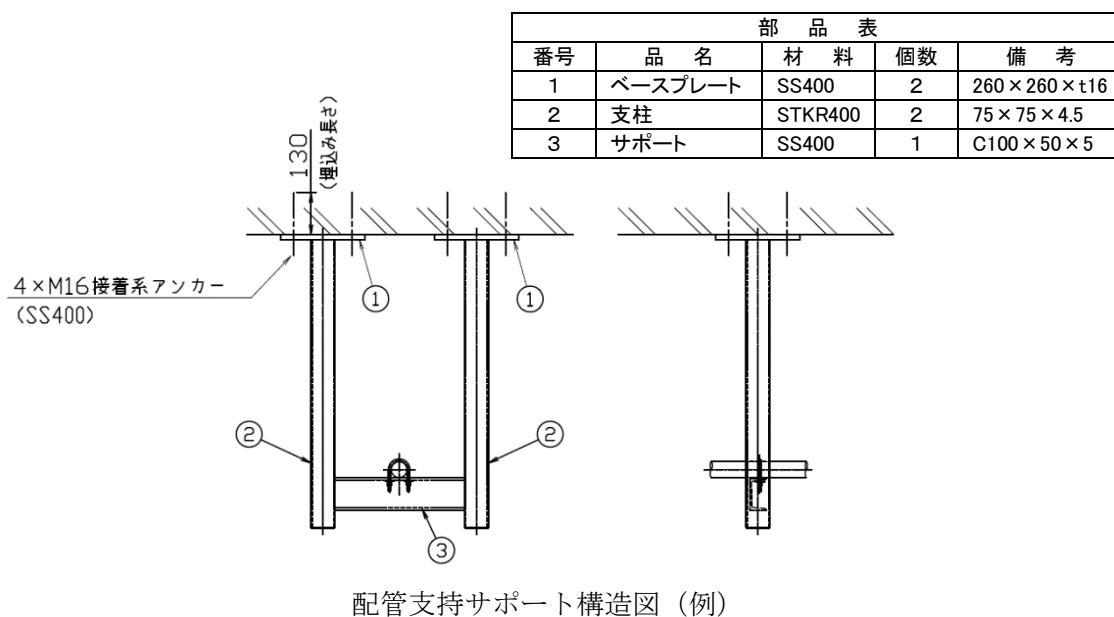
- 2) 主要弁の支持の耐震設計（支持方法、支持位置）が分かるよう以下の構造図を追加して補正する。



急速排水弁の支持構造図（例）

②について

配管の支持について、サポートの構造図を追加する。また、定ピッチスパン法に基づく耐震強度計算の結果として、配管直管部、曲がり部、分岐部、集中荷重部の最大支持間隔を追記して補正する。



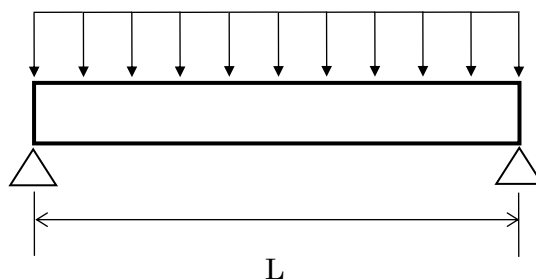
配管材の各最大支持間隔

対象	最大支持間隔 (mm)						
	直管部	90° 曲がり部	45° 曲がり部	分岐部	直管部と 集中荷重	曲がり部と 集中荷重	分岐部と 集中荷重
200A×Sch10S	4200	3400	3200	3300	2100	1700	1600
150A×Sch10S	3700	3000	2900	3000	1800	1500	1500
100A×Sch10S	3200	2600	2500	2500	1600	1100	1100
80A×Sch10S	2900	2400	2200	2300	1200	900	900
65A×Sch20S	2700	2200	2100	2100	1200	900	900
50A×Sch20S	2500	2000	1900	2000	1000	800	800
40A×Sch20S	2200	1800	1700	1800	900	700	700
25A×Sch20S	1900	1500	1500	1500	400	400	400

耐震Bクラスの給排水系の主要弁に接続される配管を耐震Cクラスとしても地震での閉塞により急速排水ができなくなることはないことについて説明されていない。

排水系配管について、耐震クラスBの設備に適用される設計用地震力により発生する応力は以下の式によって求められる（応力評価に関する記号及び各評価対象排水系配管の計算条件は、それぞれ表2-1、表2-2に示す）。表2-3に示すとおり、発生する応力は許容応力以下であり、排水系配管が閉塞するおそれはない。

なお、設工認申請書においては、添付書類「耐震性についての説明書」において、排水系配管（耐震Cクラス）は、耐震クラスBの設備に適用される設計用地震力を考慮しても健全性が維持され、閉塞することがないように設計する旨を追記する。



排水系配管の計算モデル

(1) 曲げ応力

$$M = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot L}{8}$$

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

(2) せん断応力

$$F = \frac{m \cdot g \cdot C_H}{2}$$

$$\tau = \frac{2F}{A}$$

表2-1 応力評価に関する記号

記号	表記内容	単位
C_H	水平震度 (=0.38)	—
d_1	配管の外径	mm
d_2	配管の内径	mm
F	配管に生じるせん断力	N・mm
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
I	断面二次モーメント $\frac{\pi}{64}(d_1^4 - d_2^4)$	mm ⁴
L	固有振動数が 20Hz 以上となる配管の最大支持間隔	mm
M	配管に生じる最大曲げモーメント	N・mm
m	配管材と内包する水の重量	kg
Z	断面係数 $\frac{2I}{d_1}$	mm ³
σ_b	配管の曲げ応力	MPa
τ	配管のせん断応力	MPa

表2-2 計算条件

評価対象	d_1 (mm)	d_2 (mm)	L (mm)	m (kg)	Z (mm ³)
200A×Sch10S	216.3	208.3	4200	232.0	1.39E+05
150A×Sch10S	165.2	158.4	3700	123.6	6.85E+04
100A×Sch10S	114.3	108.3	3200	56.1	2.84E+04
80A×Sch10S	89.1	83.1	2900	34.4	1.69E+04

表2-3 応力評価結果

評価対象	材料	温度 (°C)	応力種類	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
200A×Sch10S	SUS304TP	80	曲げ	σ_b 4	205
			せん断	τ 1	118
150A×Sch10S	SUS304TP	80	曲げ	σ_b 4	205
			せん断	τ 1	118
100A×Sch10S	SUS304TP	80	曲げ	σ_b 3	205
			せん断	τ 1	118
80A×Sch10S	SUS304TP	80	曲げ	σ_b 3	205
			せん断	τ 1	118

No. 3

未臨界板については、設置許可申請の第5条の説明において、浸水に対し炉心の未臨界を確保するため対策（未臨界板、貯蔵箱の設計）を講じるとしているが、設工認本文に記載が見当たらない。

未臨界板の設計仕様、構造図等について、以下のとおりとする。また、未臨界板の耐震性に関する説明書を別紙1に示す。

○設計条件

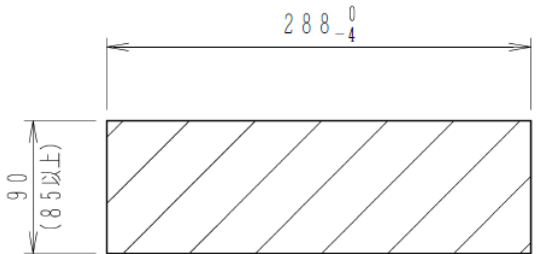
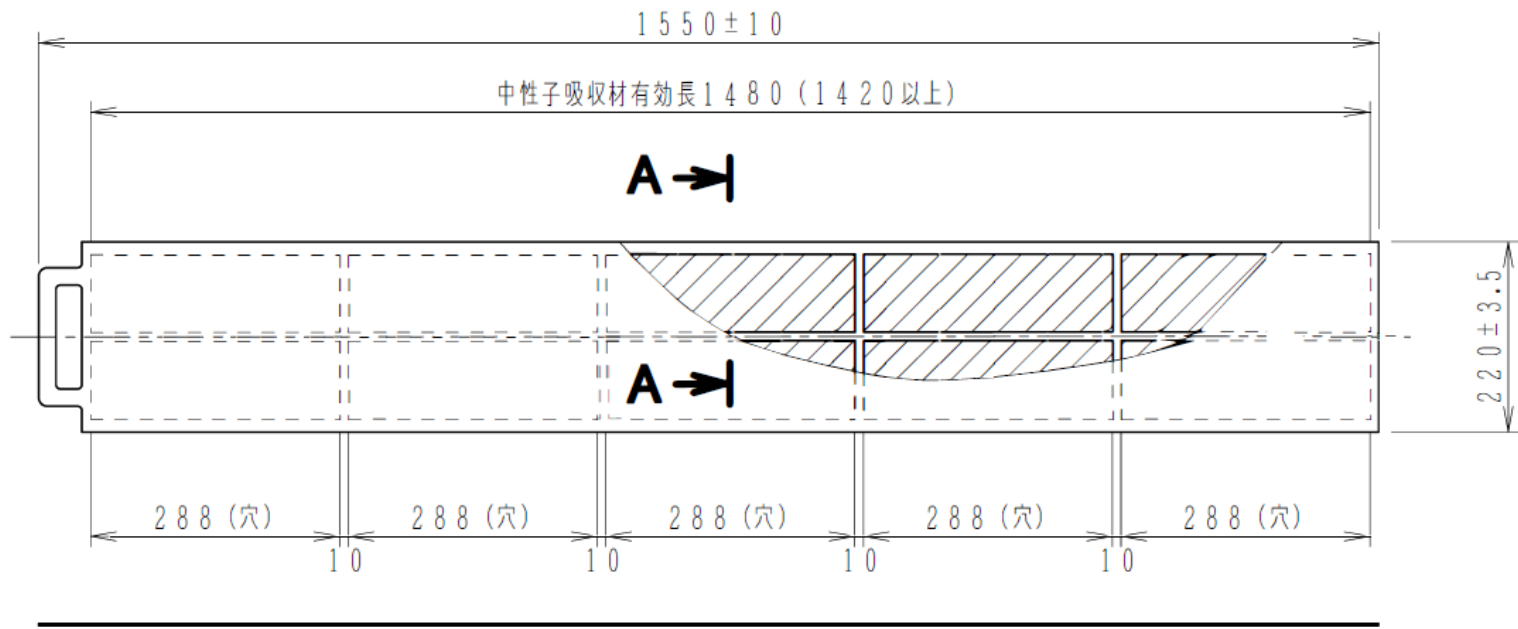
名 称	未臨界板
機 器 種 別	—
耐震クラス	C
吸 収 材	カドミウム
吸収材厚さ	0.3 mm以上
吸収材有効幅	170 mm以上
吸収材有効長	約1500 mm
未臨界板幅	約230 mm
未臨界板厚さ	約2 mm
最高使用温度	常温
機 能	津波による浸水に対し、炉心の未臨界を確保すること。

○設計仕様

名 称	未臨界板		
型 式	板状形状		
主 要 寸 法	高さ	1550 mm	
	幅	220 mm	
	中性 子吸 収材	幅	180 mm (170 mm以上)
		厚さ	1.0 mm (0.3 mm以上)
		有効長	1480 mm (1420 mm以上)
	被覆材厚さ	0.5 mm	
主 要 材 料	被覆材	SUS304	
	中性子吸収材	カドミウム (JIS H2113相当)	
枚 数	4 枚		

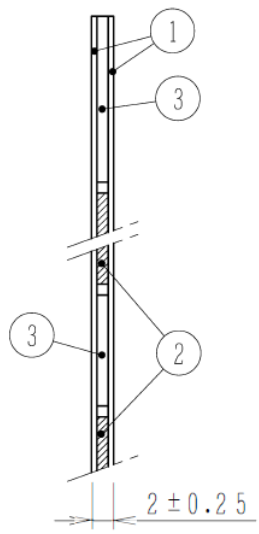
○構造図及び工事フロー

図 3 - 1 及び図 3 - 2 に示すとおり。



② 中性子吸収材詳細

A - A 断面



3	枠板	1	SUS304
2	中性子吸収材	10	カドミウム
1	被覆材	2	SUS304
番号	品名	個数	材料
部品表			

部品表の個数は、1基当りの個数を示す。

中性子吸収材の厚さ
カドミウム：1.0 mm (0.3 mm 以上)

図3-1 未臨界板構造図

未臨界板

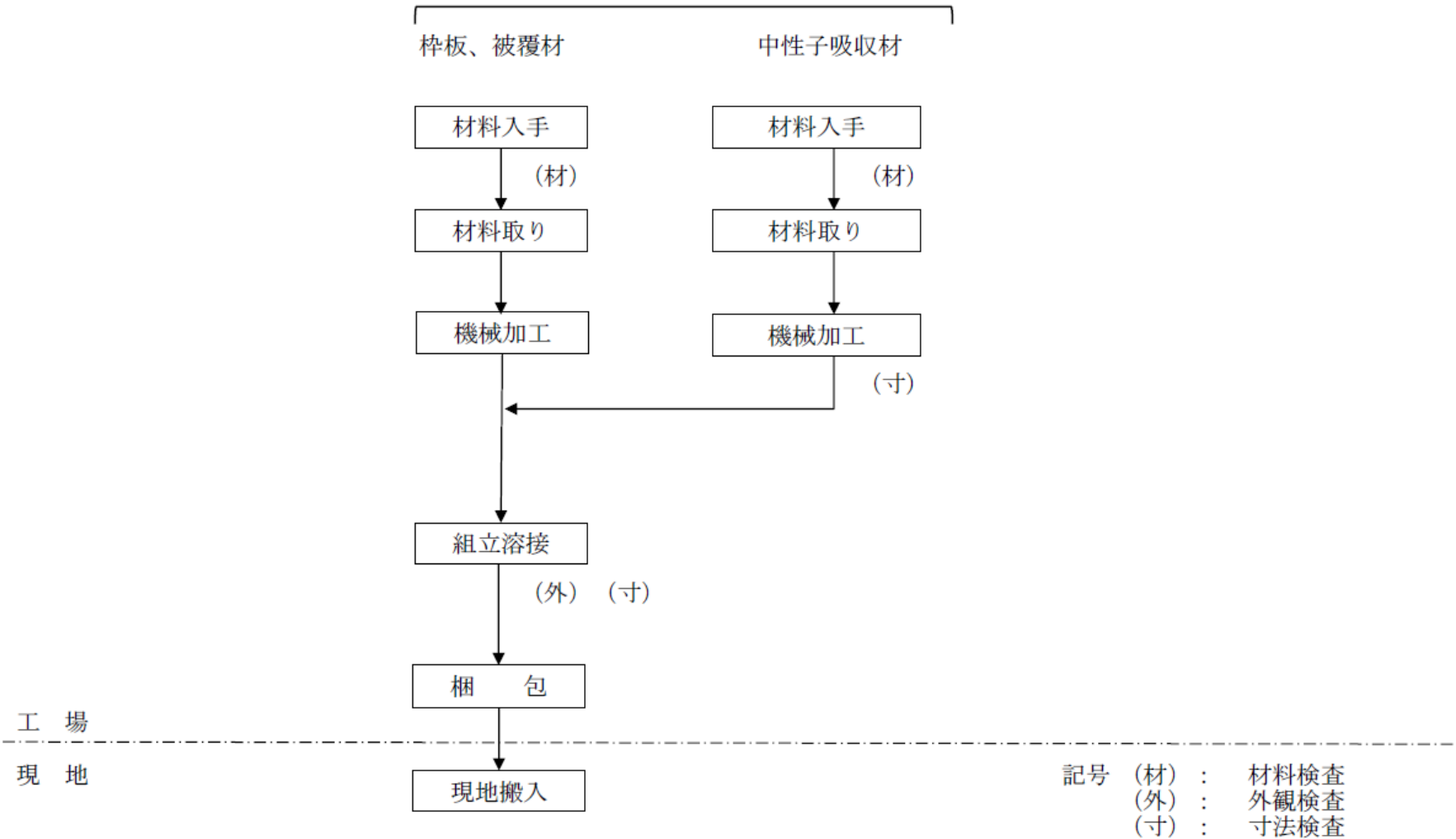


図 3-2 未臨界板の工事フローシート

No. 4

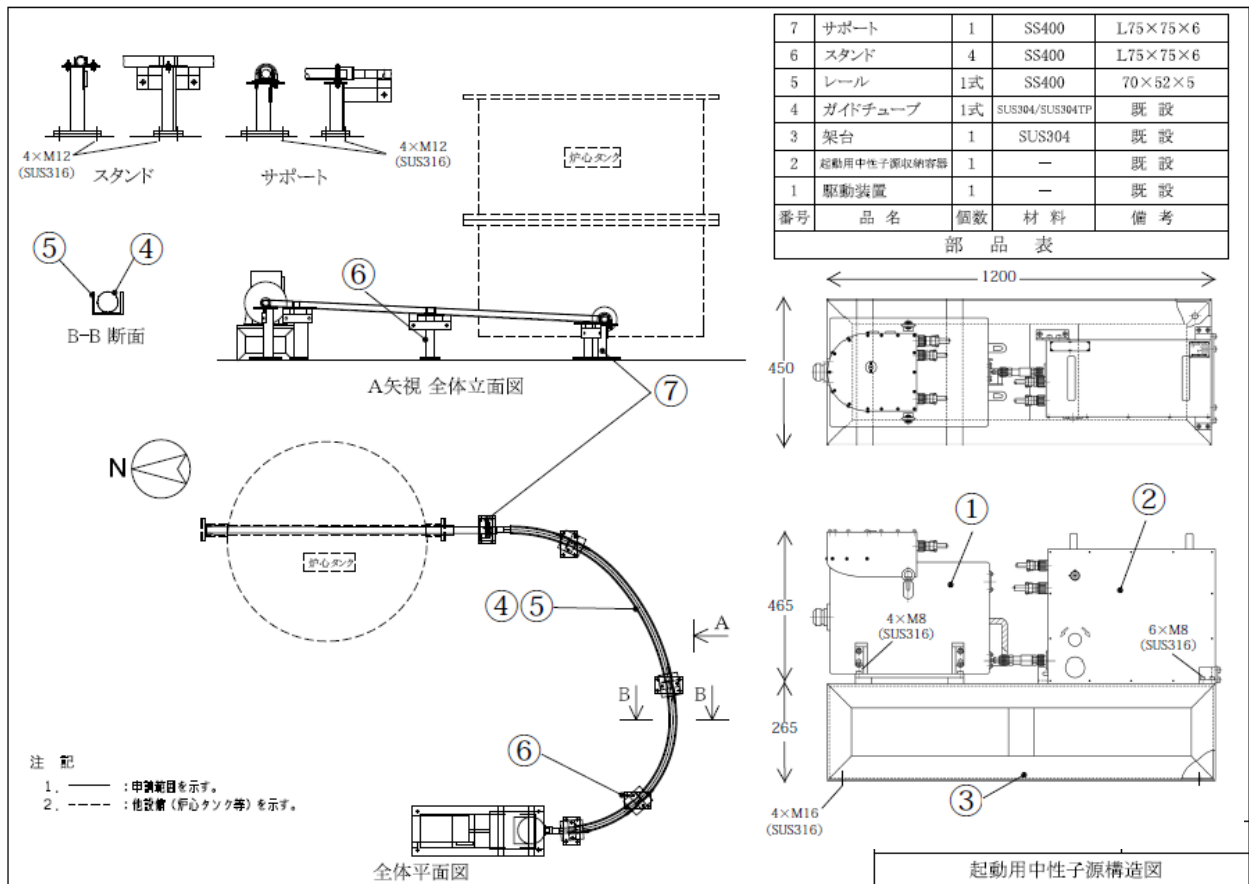
- ・スイッチを使用している状態での耐震評価（B）が見当たらない。
- ・スイッチのガイド管について、耐震の考え方が見当たらない。

スイッチを使用している状態での耐震評価及びスイッチガイド管の耐震の考え方について、別紙2に示す。

起動用中性子源について、第4条への適合性について説明が見当たらない。

起動用中性子源の第4条（試験研究用等原子炉施設の機能）への適合性について、以下のとおりとする。

S T A C Y施設は、既設の起動用中性子源（約74GBqのAm-B e）を用いて原子炉を起動し、給排水系による水位制御にて原子炉の反応度を制御し、核分裂の連鎖反応を制御できる能力を有する設計となっている。なお、起動用中性子源による反応度変化は無視できる。



未臨界板の耐震性についての説明書

1. 概要

STACYは炉心タンクの水位を調整することで反応度を制御する原子炉であるため、設計基準を超えた津波により炉心タンクが水没した場合、予期せず臨界となる可能性が否定できない。このため、炉心構成作業中等、安全板が挿入されていない場合には、未臨界板（安全板と同等の中性子吸収効果をもつ板）を挿入することとしている。

本説明書は、未臨界板の耐震性を評価し、安全板の評価結果に包含されることを示すものである。

2. 未臨界板の特徴

2.1 未臨界板と安全板の構造比較

未臨界板は、安全板と同等の中性子吸収効果を有する設計とするため、安全板と同様に、中性子吸収材であるカドミウムをステンレス鋼で被覆した構造としている。安全板との構造上の異なる点としては、中性子吸収材及び枠板の厚さが厚くなっていること並びに中間格子が入っていることが挙げられる。これは、未臨界板を炉心タンク挿入時に自立させるため、吊り下げ型である安全板より強度を高くするためである。安全板との構造比較を表1に示す。

2.2 未臨界板の使用上の特徴

未臨界板の使用上の特徴は以下のとおり。

- ・未臨界板は、炉心構成作業時に炉心内に手で挿入するものであり、安全板のような落下衝撃が加わるものではない。
- ・地震発生時、未臨界板は、安全板と同様に、格子板及び未臨界板の周辺に配列する棒状燃料により支持される。
- ・未臨界板は、安全板と同様に、炉心タンク内に固定するものではないため、支持構造物の振動と共振のおそれはない。

2.3 未臨界板と安全板の耐震性の比較

安全板は、想定を超える地震動を加えた加振試験を実施し、その耐震性を確認している。未臨界板は、安全板と同じ材質、同様の形状であることに加え、安全板より高い強度を有する構造である。このため、その耐震性は安全板に包含される。

3. 評価結果

以上のとおり、未臨界板の耐震性は、使用上及び構造上の観点から、安全板の耐震評価に包含される。このため、地震及びその後の津波によって炉心タンクが全水没した場合でもその機能が失われることはない。

スイッチ類の耐震強度評価及びスイッチガイド管のスイッチ類等への
波及的影響に係る考え方について

1. 概要

本書は、最大給水制限スイッチ及び給水・排水開始スイッチ（以下「スイッチ類」という。）のスイッチロッド部について、使用状態における耐震強度評価の考え方を示す。また、スイッチロッド部の屈曲を防止するために設けるスイッチガイド管について、地震時におけるスイッチロッド部及び炉心への波及的影響について考え方を示す。

2. スイッチ類の耐震強度評価

スイッチ類の耐震強度評価の必要性の有無について、(1)安全機能の観点及び(2)炉心への波及的影響の観点から検討する。

(1) 安全機能の観点

- ①設置変更許可申請書の耐震重要度分類では、許可基準規則の「試験研究用等原子炉施設に係る耐震重要度分類の考え方」に基づき、安全機能を基準にして分類している。
- ②スイッチ類の安全機能は、原子炉停止系への作動信号の発生（最大給水制限スイッチ）、過剰な反応度の添加防止（給水停止スイッチ）、反応度添加抑制（排水開始スイッチ）である。
- ③これらスイッチ類の安全機能は、「原子炉停止及び原子炉停止状態を維持する設備」として耐震Bクラスに分類している。
- ④しかしながら、耐震Bクラスの地震が発生した場合は、STACYはスクラムする（軽水が排水され、給水が継続されない）ため、耐震Bクラスの地震発生時にスイッチ類に期待すべき安全機能はない（注1）。
- ⑤したがって、安全機能の観点からは耐震Bクラスに分類されるが、地震力が作用した場合はその安全機能に期待しないため、当該スイッチ類の耐震強度評価を行う必要はない。
- ⑥なお、設工認技術基準規則第6条（地震による損傷の防止）では、試験研究用等原子炉施設は、これに作用する地震力による損壊により公衆に放射線障害を及ぼすことがないように施設しなければならないことを要求している。スイッチ類は、地震発生時にその安全機能に期待しないため、地震による損壊を想定しても公衆に放射線障害を及ぼすことはなく、設工認技術基準規則第6条に適合していると考えられる。

注1：なお、STACYは耐震Cクラスの地震動より小さい加速度（ 0.25m/s^2 （25Gal））でスクラムする設計としている（参考表1参照）。地震加速度 0.25m/s^2 （25Gal）は震度4相当であり、スクラムが働くまでの間にスイッチ類が破損するおそれはない。

(2) 炉心への波及的影響の観点

- ①スイッチ類の本来の安全機能の観点から整理した耐震強度評価の必要性は上記⑤のとおりであるが、これらスイッチ類は炉心タンクの上部に設置するため、スイッチ類の構成部品（駆動装置フレーム及びスイッチロッド部）について、炉心への波及的影響という観点から耐震強度評価の必要性を検討する。
- ②まず、駆動装置フレームについて、耐震強度評価の必要性を検討する。駆動装置フレームは、炉心タンク上部に設置し、その損壊時に炉心への波及的影響を与えるおそれがあることから、耐震Bクラスの耐震強度評価が必要である。なお、耐震強度評価の結果については、設工認申請書の添付資料「Ⅲ-1-(3)その他の主要な計装の耐震強度計算」に示すとおりである。
- ③次にスイッチロッド部について、耐震強度評価の必要性を検討する。スイッチロッド部は、炉心タンク内の炉心外側に設置し（図1参照）、スイッチロッド部が万一破損した場合でも炉心は適切な耐震強度を有する格子板フレームに保護されるため、波及的影響を与えるおそれはなく、耐震強度評価を行う必要はない。

3. スイッチガイド管のスイッチ類等への波及的影響に係る考え方

- ①スイッチ類の使用状態において、スイッチガイド管が地震により損傷した場合でも、上記「1. (1) ⑤」に記載のとおり、地震時発生時にスイッチ類に期待すべき安全機能はないため、スイッチ類に波及的影響を与えるおそれはない。
- ②スイッチガイド管は、炉心の外側に設置するため、上記「2. (2) ③」と同様な理由により、炉心に波及的影響を与えるおそれはない。
- ③したがって、スイッチガイド管は安全機能を有する機器に対して波及的影響を与えるおそれはなく、スイッチガイド管の耐震強度評価を行う必要はない。
- ④なお、スイッチガイド管は、ステンレス鋼で製作することとしており、STACYがスクラムする以前に破損するおそれはない。

4. その他（地震後におけるスイッチ類の健全性確認）

地震によるスクラム後の再起動に当たっては、起動前点検においてスイッチ類の外観点検（スイッチガイド管の外観点検を含む。）、動作確認（スイッチの摺動抵抗確認）、零点調整により異常がないことを確認するため、異常な状態で原子炉運転が継続されるおそれはない。

参考表 1 地震動の比較

項 目	地震加速度	備 考
スクラムする地震動	0.25m/s ² (25Gal)	安全保護回路の設定点 (地震加速度大)
耐震Cクラス地震動	2.45m/s ² (245Gal)	炉室 (S) における設計用地震力 1.2Ci=0.25
耐震Bクラス地震動	3.72m/s ² (372Gal)	炉室 (S) における設計用地震力 1.8Ci=0.38
排水開始スイッチが 作動する地震動	スクラムする地震動 (0.25m/s ²) より 小さい地震加速度	地震加速度の小さい長周期の地震 動による軽水のスロッシングを検 知する。

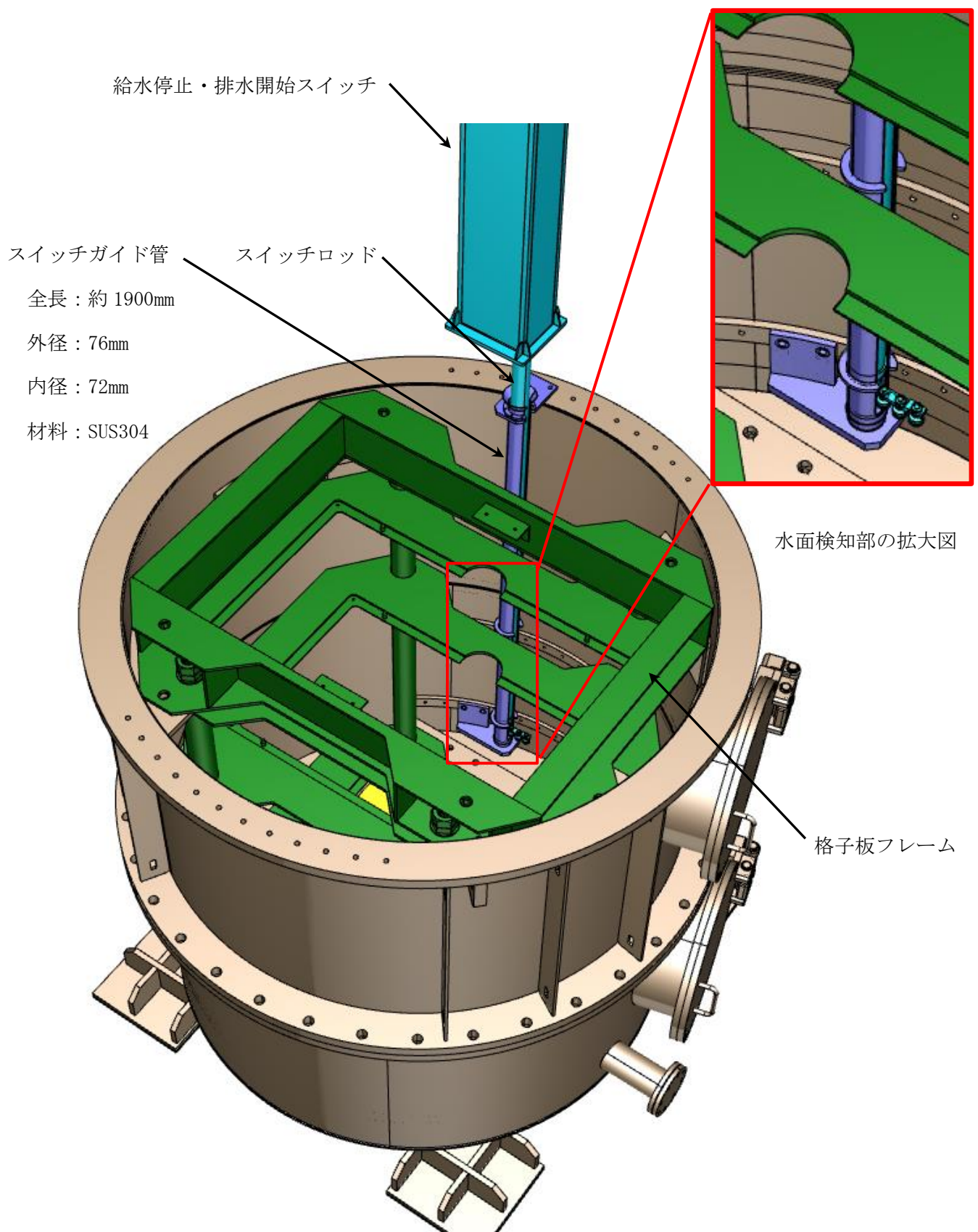


図1 給水停止・排水開始スイッチ等のスイッチガイド管の概略図

許可基準規則（別記1）「試験研究用等原子炉施設に係る耐震重要度分類の考え方」より抜粋

2.3 試験研究用等原子炉施設に係る個別の設備・機器等の具体的な分類の方法

