

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密または防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-420 改1
提出年月日	平成30年5月24日

各クラス機器の強度に関する説明書の補足説明資料

平成30年5月

日本原子力発電株式会社

各クラス機器の強度に関する説明書の補足説明資料目次

1. 補足説明資料と添付資料の関連
2. 補足説明資料
 - 2.1 全般に関する補足説明資料
 - 補足-420-1 強度に関する説明書における適用規格の整理
 - 2.2 クラス 1 機器に関する補足説明資料
 - 補足-420-2 クラス 1 管の応力評価における建設時 ASME と設計・建設規格の比較
 - 2.3 クラス 3 機器に関する補足説明資料
 - 補足-420-3 技術基準規則第 17 条と高圧ガス保安法及び消防法の規定の比較
 - 補足-420-4 火災防護設備の水源タンクのクラス 3 容器への適合性について
 - 2.4 重大事故等クラス 2 機器に関する補足説明資料
 - 補足-420-5 重大事故等クラス 2 機器に用いられるクラス 1 機器の事故時の強度評価について
 - 補足-420-6 重大事故等クラス 2 管の疲労評価について
 - 補足-420-7 重大事故等クラス 2 機器におけるクラス 2 機器の規定によらない場合の評価
 - 補足-420-8 JIS G 3106 (SM 材) の使用について
 - 2.5 重大事故等クラス 3 機器に関する補足説明資料
 - 補足-420-9 重大事故等クラス 3 機器の強度評価における耐圧試験を用いた裕度の考え方について

1. 補足説明資料と添付資料の関連

補足説明資料と添付資料の関連

補足説明資料		該当添付資料
全般に関する補足説明資料		
補足-420-1 強度に関する説明書における適用規格の整理	V-3-1 強度計算の基本方針	
クラス1機器に関する補足説明資料		
補足-420-2 クラス1管の応力評価における建設時ASMEと設計・建設規格の比較	V-3-1-2 クラス1機器の強度計算の基本方針	
クラス3機器に関する補足説明資料		
補足-420-3 技術基準規則第17条と高圧ガス保安法及び消防法の規定の比較	V-3-1-4 クラス3機器の強度計算の基本方針	
補足-420-4 火災防護設備の水源タンクのクラス3容器への適合性について	V-3-1-4 クラス3機器の強度計算の基本方針	
重大事故等クラス2機器に関する補足説明資料		
補足-420-5 重大事故等クラス2機器に用いられるクラス1機器の事故時の強度評価について	V-3-1-6 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針	
補足-420-6 重大事故等クラス2管の疲労評価について	V-3-1-6 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針	
補足-420-7 重大事故等クラス2機器におけるクラス2機器の規定によらない場合の評価	V-3-1-6 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針	
補足-420-8 JIS G 3106 (SM材) の使用について	V-3-1-6 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針	
重大事故等クラス3機器に関する補足説明資料		
補足-420-9 重大事故等クラス3機器の強度評価における耐圧試験を用いた裕度の考え方について	V-3-1-7 重大事故等クラス3機器の強度評価の基本方針	

2. 補足説明資料

2.1 全般に関する補足説明資料

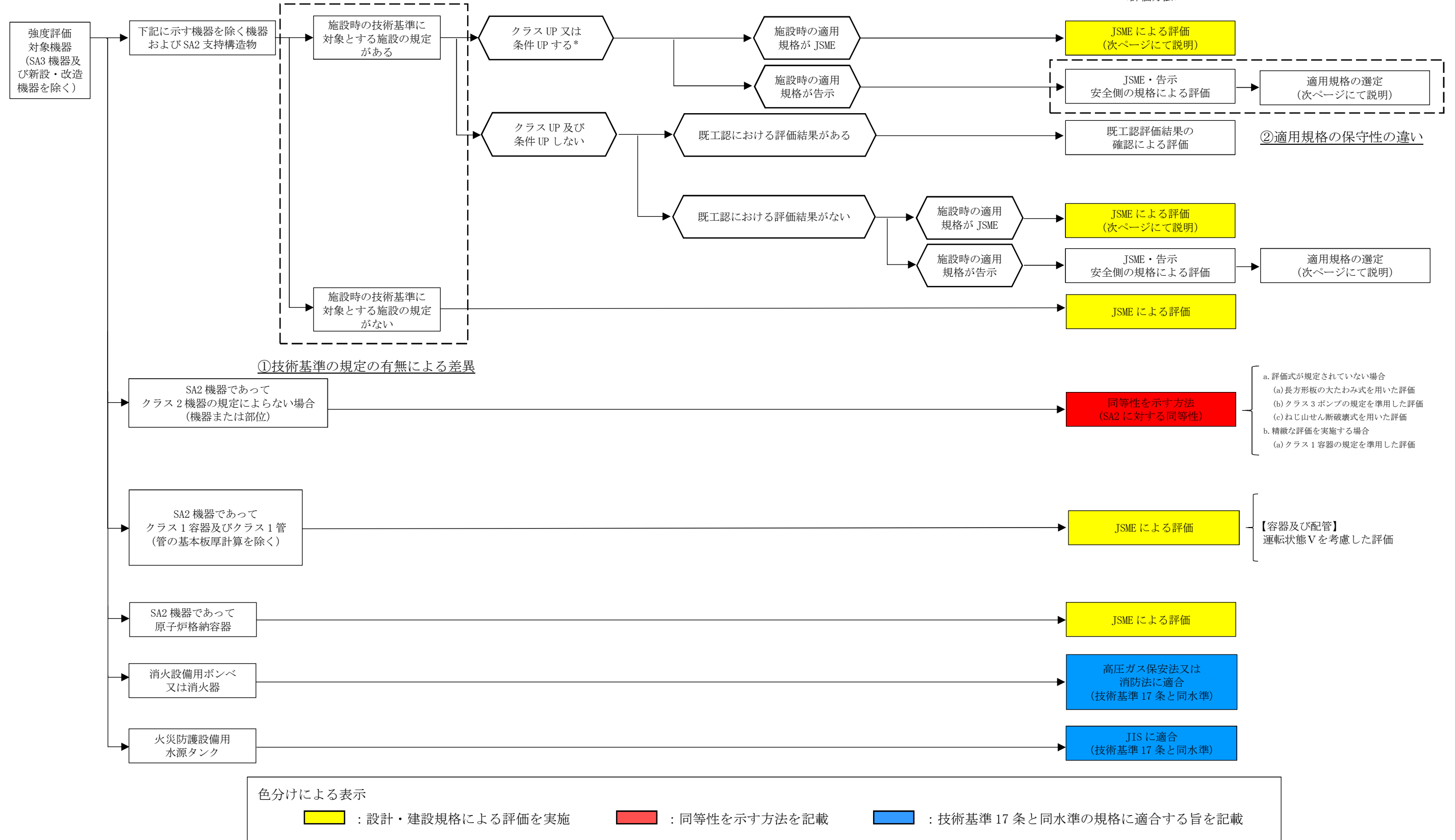
補足-420-1 強度に関する説明書における適用規格の整理

強度評価に関する基本的な考え方（東海第二）

1. 強度計算の基本方針に基づく評価区分の整理フロー

今回の申請範囲における強度評価対象機器の強度評価方法について、強度計算の基本方針（SAクラス3機器及び新設・改造機器を除く。）に基づき強度評価方法を整理すると、以下のとおり類型化される。

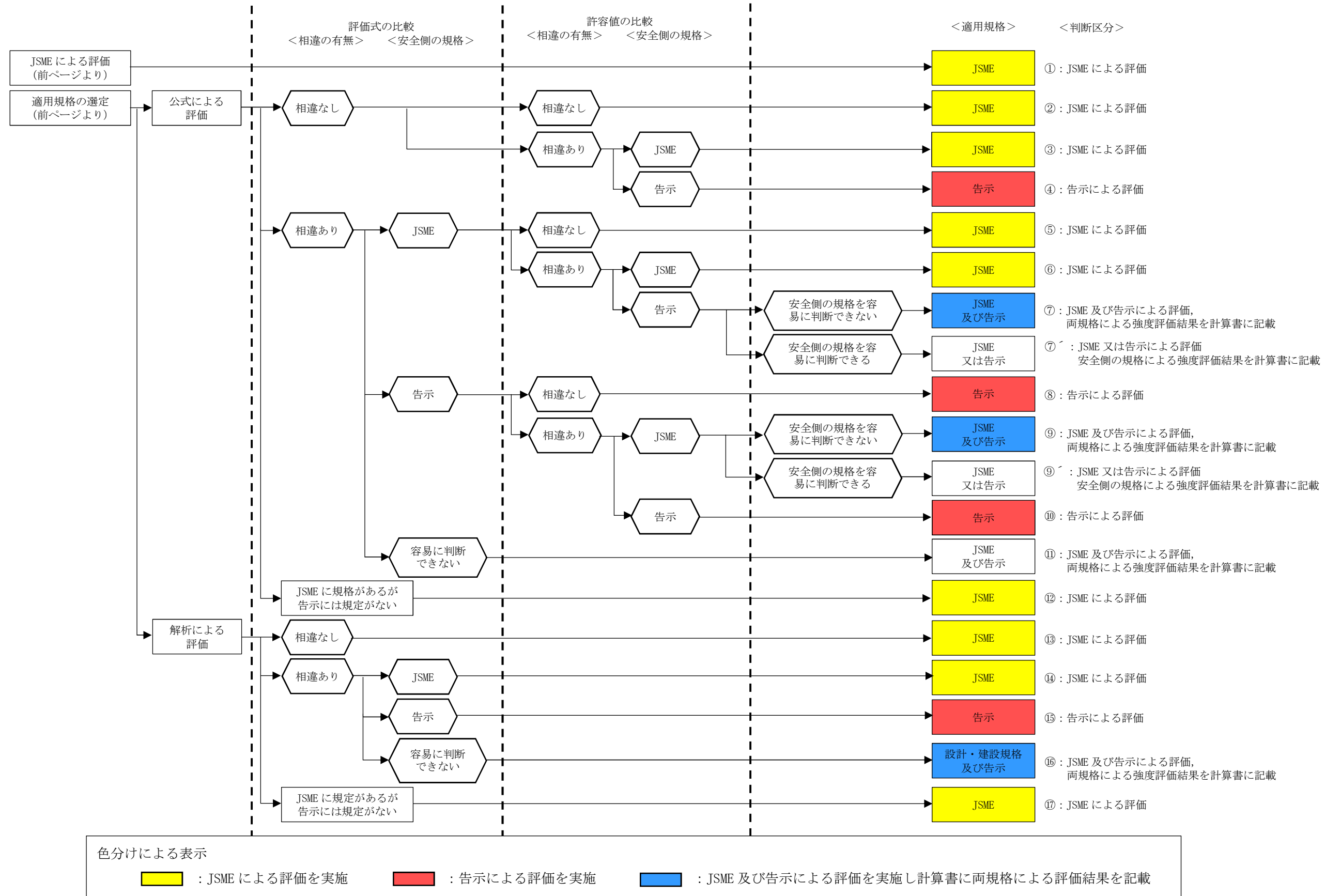
注記*：クラスアップする機器
 DB設備
 「DBクラス2→DBクラス1」及び「Nonクラス→DBクラス3」となるもの
 （例：RCPB拡大範囲、火災防護設備）
 SA設備
 「SAクラス2（DBクラス1又はDBクラス2に属するものを除く）」となるもの
 条件アップする機器
 SA設備にあって、「DB条件にSA条件が包絡されないもの」



強度評価に関する基本的な考え方（東海第二）

2. 強度計算の基本方針（SA3 機器を除く）に基づく適用規格の選定フロー

設計・建設規格又は告示による評価を実施する場合、強度計算の基本方針（SA クラス 3 機器を除く）の適用規格に基づき整理すると、以下のとおり類型化される。



追而

3. 強度説明書における適用規格の整理一覧

強度評価対象機器の評価を実施する上で適用している規格と、改造等の有無について下表に整理すると共に、代表説明対象を選定する。

クラス1管

設計・建設規格各規格番号及び告示第501号各条項と強度計算書との対応			分類	クラス1管 (RCPB 拡大範囲)	クラス1管		
設計・建設規格 規格番号 告示第501号 条項	強度計算書の 計算式 (章節番号)	備考	系統	残留熱除去系	主蒸気系	残留熱除去系	原子炉隔離時 冷却系
			既設/新設	既設	既設	既設	既設
			改造	無	無	無	無
			DB クラス	DB2→DB1	DB1	DB1	DB1
			SA クラス	SA2	SA2	SA2	SA2
第50条第1項～第3項	2.2.1	管の強度計算（告示第501号）			△		△
PPB-3411	2.2.2	管の強度計算（設計・建設規格）			—		—
PPB-3411(1)	2.4	鏡板の強度計算（フランジ部）			—		—
PPB-3411(2)(3)	2.5	レジャーサの強度計算			—		—
PPB-3413	2.3	平板の強度計算			—		—
PPB-3414	2.7	フランジの強度計算			—		—
PPB-3415	—	管継手の強度計算			—		—
PPB-3415.1	2.5	レジャーサの強度計算			—		—
PPB-3124.2 準用	2.5	レジャーサの強度計算（円すい及びその丸みの部分（外面に圧力を受けるもの））			—		—
PPB-3415.2	2.4	鏡板の強度計算			—		—
第52条 第31条準用	2.6.1	管の穴と補強計算（告示第501号）			△		—
PPB-3420	2.6.2	管の穴と補強計算（設計・建設規格）			—		—
PPB-3422(3)	2.3	平板の強度計算			—		—
PPB-3551 PPB-3561	2.2.2	管の強度計算（設計・建設規格） （管の許容圧力）			—		—
32条1項, 2項	既工認	鏡板の強度計算			△		—
JIS B 2210	既工認	フランジの強度計算			△		—

【表の記号】

- ：設計・建設規格を用いた評価
- △：告示を用いた評価
- ：一般規格を用いた評価
- ：対象とする評価項目なし

クラス1弁

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			分類	クラス1弁										
設計・建設規格 規格番号	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	系統名	残留熱 除去系				高压炉心 スプレイ系	低压炉心 スプレイ系	原子炉隔離時 冷却系	残留熱 除去系			
			弁名称	E12-F008	E12-F042A	E12-F042B	E12-F042C	E22-F004	E21-F005	E51-F064	E12-F053A	E12-F053B	E12-F050B	
			既設/新設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	
			改造	無	無	無	無	無	有 (弁一式交換)	有 (弁一式交換)	有 (弁一式交換)	有 (弁一式交換)	有 (弁一式交換)	
			DB クラス	DB2→DB1	DB1	DB1	DB1	DB1	DB1	DB1	DB1	DB2→DB1	DB2→DB1	DB1
			SA クラス	—	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	—	—	—	—
			型式	止め弁 (仕切弁)	止め弁 (仕切弁)	止め弁 (仕切弁)	止め弁 (仕切弁)	止め弁 (仕切弁)	止め弁 (仕切弁)	止め弁 (仕切弁)	止め弁 (仕切弁)	止め弁 (玉形弁)	止め弁 (玉形弁)	逆止め弁
弁の 応力 評価	VVB-3320	2.1.1	一次応力 (弁箱)	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	VVB-3330	2.1.2	配管反力による応力 (弁箱)	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	VVB-3340	2.1.3	一次+二次応力 (弁箱)	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	VVB-3350	2.1.4	一次局部応力 (弁箱)	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	VVB-3360	2.1.5	起動時及び停止時の繰返しピーク応力強さ (弁箱)	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	VVB-3370	2.1.6	繰返しピーク応力強さ (弁箱)	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	VVB-3380	2.2	弁体の一次応力	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	VVB-3390	2.3	フランジの強度計算	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	VVB-3390	2.3	弁箱と弁ふたのフランジの応力解析	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	VVB-3390	2.3	フランジボルトの応力解析	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
耐 圧 部 の 設 計	VVB-3210	2.4	弁箱又は弁ふたの最小厚さの計算	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	VVB-3220	2.6	管台の最小厚さの計算	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
弁 の 形 状	VVB-3410	2.5	弁箱のネック部内径と弁入口流路内径の比	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	VVB-3411 (1)	2.5	弁箱のネック部と流路部が交わる部分の外表面の丸みの半径	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	VVB-3411 (2)	2.5	弁箱の弁座挿入部のすみの丸みの半径	○	○	○	○	○	○	—	—	—		

クラス2管

設計・建設規格各規格番号及び告示第501号各条項と強度計算書との対応			分類	クラス2管
設計・建設規格 規格番号 告示第501号 条項	強度計算書の 計算式 (章節番号)	備考	系統	不活性ガス系
			既設/新設	既設
			改造	有
			DBクラス	DB2
			SAクラス	—
第58条	2.2.1	管の強度計算（告示第501号）	—	
PPC-3411	2.2.2	管の強度計算（設計・建設規格）	○	
PPC-3411(1)	2.4	鏡板の強度計算（フランジ部）	—	
PPC-3411(2)(3)	2.5	レジューサの強度計算（フランジ部）	—	
PPC-3413	2.3	平板の強度計算	—	
PPC-3414	2.7	フランジの強度計算	—	
PPC-3415.1	2.5	レジューサの強度計算	—	
PPC-3124.2 準用	2.5	レジューサの強度計算（円すい及びその丸みの部分（外面に圧力を受けるもの））	—	
PPC-3415.2	2.4	鏡板の強度計算	—	
PPC-3416	2.8	伸縮継手の強度計算	—	
第60条	2.6.1	管の穴と補強計算（告示第501号）	—	
PPC-3420	2.6.2	管の穴と補強計算（設計・建設規格）	—	
PPC-3422(3)	2.3	平板の強度計算	—	

クラス2弁

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			分類	クラス2弁		
設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式(章節番号)	備考	系統名	不活性ガス系		
			弁名称	2-26B-9	2-26B-6	2-26B-7
			既設/新設	既設	既設	既設
			改造	有 (弁一式交換)	有 (弁一式交換)	有 (弁一式交換)
			DBクラス	DB2	DB2	DB2
			SAクラス	—	—	—
			型式	止め弁 (グローブ弁)	止め弁 (グローブ弁)	止め弁 (グローブ弁)
耐圧部の設計	VVC-3210	2.1	弁箱又は弁ふたの最小厚さの計算			
	VVC-3220	2.2	上段の規定に適合しない場合の計算			
	VVC-3230	2.3	管台の最小厚さの計算			
弁の応力評価	VVC-3310(a)	2.4	弁箱と弁ふたのフランジの応力解析			
	VVC-3310(b)	2.4	フランジボルトの応力解析			

クラス3 容器

適用規格各規格番号と強度計算書との対応			分類	タンク		
適用規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考	系統名	火災防護	火災防護	火災防護
			機器名	原水タンク	多目的タンク	ろ過水貯蔵タンク
			既設/新設	既設	既設	既設
			改造	無	無	無
			DB クラス	DB3	DB3	DB3
			SA クラス	—	—	—
			型式	開放タンク たて置円筒形	開放タンク たて置円筒形	開放タンク たて置円筒形
			PVD-3900	2.2	クラス3 機器のうち原水タンクの構造及び強度	○
JIS B 8501	2.3	クラス3 機器のうち消火設備用ポンペ、消火器及び原水タンクを除く機器の構造及び強度	—	□	□	
高圧ガス保安法及び消防法	—	クラス3 機器のうち消火設備用ポンペ及び消火器の構造及び強度	—	—	—	

クラス3管

設計・建設規格各規格番号及び告示第501号各条項と強度計算書との対応			分類	クラス3管		
設計・建設規格 規格番号 告示第501号 条項	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考	系統	燃料プール 冷却浄化系	消火系	消火系
			既設/新設	既設	既設	既設
			改造	無	無	無
			DBクラス	DB3	DB3	DB3
			SAクラス	—	—	—
第58条	2.2.1	管の強度計算（告示第501号）	—			
PPD-3411	2.2.2	管の強度計算（設計・建設規格）	○			
PPD-3411(1)	2.4	鏡板の強度計算（フランジ部）	—			
PPD-3411(2)(3)	2.5	レジューサの強度計算（フランジ部）	—			
PPD-3414	2.7	フランジの強度計算	—			
PPD-3415	—	管継手の強度計算	—			
PVC-3115.1	2.5	レジューサの強度計算	—			
PVC-3124.2 準用	2.5	レジューサの強度計算（円すい及びその丸みの部分（外面に圧力を受けるもの））	—			
PPD-3415	2.4	鏡板の強度計算	—			
PPD-3416	2.8	伸縮継手の強度計算	—			
第60条準用	2.6.1	管の穴と補強計算（告示第501号）	—			
PPD-3420	2.6.2	管の穴と補強計算（設計・建設規格）	—			
PPD-3422(3)	2.3	平板の強度計算	—			

クラス4管

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			分類	クラス4管
設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考	系統	非常用ガス再循環系
			既設/新設	既設
			改造	有
			DBクラス	DB4
			SAクラス	—
PPH-3020	2.2	管の強度計算		○
PPH-3040	2.3	フランジの強度計算		—
PPH-3045	—	管継手の強度計算		—
PPC-3416 準用	2.4	伸縮継手の強度計算		—

重大事故等クラス2容器

設計・建設規格各規格番号及び告示第501号各条項と強度計算書との対応		分類	A		B	C		D	E		既工認呼込み						
設計・建設規格 規格番号 告示第501号 条項		系統名	燃料プール 冷却浄化系	使用済燃料 貯蔵設備	ほう酸水 注入系	代替燃料 プール冷却系	緊急用 海水系	格納容器 圧力逃がし装 置	非常用 ディーゼル 発電設備	高圧炉心スプ レイ系ディー ゼル発電設備	残留熱 除去系	主蒸気系	制御棒 駆動水圧系	制御棒 駆動水圧系	残留熱 除去系 海水系	非常用 ディーゼル 発電設備	高圧炉心スプ レイ系ディー ゼル発電設備
強度計算書の計算式 (章節番号)		機器名	スキマサージ タンク	使用済燃料 プール	ほう酸水 貯蔵タンク	代替燃料プール 冷却系熱交換器	緊急用海水系 ストレート	フィルタ装置	非常用ディーゼル 発電機空気だめA	高圧炉心スプレ イ系ディーゼル 発電機 空気だめ	残留熱除去系 熱交換器	自動減圧機能用 アキュムレータ	水圧制御ユニット アキュムレータ	水圧制御ユニット 窒素容器	残留熱除去系海水系 ストレート	非常用ディーゼル 発電機用 海水ストレート	高圧炉心スプレ イ系ディーゼル 発電機用 海水ストレート
		備考															
		既設/新設	既設	既設	既設	新設	新設	新設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	既設
		改造	無	無	無	—	—	—	無	無	無	無	無	無	無	無	無
		DBクラス	DB3	DB3	DB2	—	—	—	DB3	DB3	DB2	DB3	DB2	DB2	DB3	DB3	DB3
		SAクラス	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2
		型式	開放タンク たて置円筒形 (埋込式)	開放タンク ステンレス鋼 内張りプール 形(ラック貯 蔵方式)	開放タンク たて置円筒形	プレート式	バスケット形 ダブル ストレート	スクラバ, 金属フィルタ 及び銀ゼオラ イトフィルタ	横置 円筒形	横置 円筒形	たて置 U字管式	たて置 円筒形	たて置 円筒形	たて置 円筒形	たて置 円筒形	たて置 円筒形	たて置 円筒形
		内張り材の 評価	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無
PVC-3121 PVC-3122(1) 第31条2項	2.2.1	円筒形の胴の厚さの計算	—	—	—	—	—	○	○	○	△	△	△	△	—	—	—
PVC-3150(2) 第31条5項	2.2.2	容器の胴の補強を要しない穴 の最大径の計算	—	—	—	—	—	○	○	○	△	—	—	—	—	—	—
PVC-3160	2.2.9(2)	容器の穴の補強計算(胴)	—	—	—	—	—	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—
PVC-3162	—	2つ以上の穴が接近している ときの補強計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PVC-3210(1) PVC-3220 PVC-3221	2.2.3(1)	さら形鏡板の計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PVC-3210(2) PVC-3223(1) 第32条2項	2.2.3(2)	全半球形鏡板の計算	—	—	—	—	—	—	—	—	△	—	—	△	—	—	—
PVC-3210(3) PVC-3220 PVC-3225 第32条1項	2.2.3(3)	半だ円形鏡板の計算	—	—	—	—	—	○	○	○	△	△	—	—	—	—	—
PVC-3230(2) 第32条3項	2.2.3(4)	容器の鏡板の補強を要しない 穴の最大径の計算	—	—	—	—	—	○	—	—	△	△	—	—	—	—	—
PVC-3240 第32条4項	2.2.9(2)	容器の穴の補強計算(鏡板)	—	—	—	—	—	—	—	—	△	—	—	—	—	—	—
PVC-3310 PVC-3320 第33条1項	2.2.4	平板の計算	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	△	—	—	—	—
JIS B 8201	—	だ円マンホール平板の計算	—	—	—	—	—	—	□	□	—	—	—	—	—	—	—
PVC-3320(2)	2.2.9(2)	容器の穴の補強計算(平板)	—	—	—	—	—	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—
PVC-3510 第35条1項	2.2.5	容器の管板の計算	—	—	—	—	—	—	—	—	△	—	—	—	—	—	—
PVC-3610 第36条1項	2.2.6	容器の管台の計算	—	—	—	—	—	○	○	○	△	△	—	△	—	—	—
PVC-3610 第58条1項	2.2.6	熱交換器の伝熱管の計算	—	—	—	—	—	—	—	—	△	—	—	—	—	—	—
PVC-3920	2.2.7(1)	開放タンクの胴の計算	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PVC-3940 PVC-3950	2.2.9(3)	開放タンクの胴の穴の補強計 算	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PVC-3960 PVC-3970	2.2.7(2)	開放タンクの底板の計算	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PVC-3980	2.2.7(3)	開放タンクの管台の計算	○	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PVC-3020 第30条	—	検定水圧	—	—	—	○	○	—	—	—	—	—	—	—	△	△	△
設計・建設規格における材料の規定に よらない場合の評価	—	—	—	—	—	—	—	—	○※	○※	—	—	—	—	—	—	—

※：設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価を胴板、鏡板、マンホール平板、マンホール管台、空気入口/出口管台、安全弁要管台、ドレン用管台、計器取付用管台について実施

重大事故等クラス2管 (1/2)

設計・建設規格各規格番号及び告示第501号各条項と強度計算書との対応			分類	重大事故等クラス2管																				
設計・建設規格 規格番号 告示第501号 条項	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考	系統	燃料プール冷却浄化系	代替燃料プール注水系	代替燃料プール冷却系	残留熱除去系	主蒸気系	耐圧強化ベント系	高圧炉心スプレイ系	低圧炉心スプレイ系	高圧代替注水系	低圧代替注水系	代替循環冷却系	原子炉隔離時冷却系	残留熱除去系海水系	緊急用海水系	制御棒駆動水圧系	窒素供給系	非常用窒素供給系	非常用逃がし安全弁駆動系	機器ドレン処理系		
			既設/新設	既設	新設	新設	既設	既設	新設	既設	既設	新設	新設	新設	既設	既設	新設	既設	既設	既設	既設	新設	既設	
			改造	無	—	—	無	無	—	無	無	無	—	—	—	無	無	—	無	無	無	無	—	無
			DBクラス	DB2	—	—	DB2	DB2	—	DB2	DB2	—	—	—	—	DB2	DB3	—	DB3	DB2	—	—	—	DB3
			SAクラス	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2
第58条	2.2.1	管の強度計算		△	—	—		△	—	—	—	—	—	—	—	—	—	△	△	△				
PPC-3411	2.2.2	管の強度計算		○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	○				
PPC-3411(1)	2.4	鏡板の強度計算 (フランジ部)		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
PPC-3411(2)(3)	2.5	レギュレーサの強度計算 (フランジ部)		—	—	—		○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
PPC-3413	2.3	平板の強度計算		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
PPC-3414	2.7	フランジの強度計算		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
PPC-3415		管継手の強度計算		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
PPC-3415.1	2.5	レギュレーサの強度計算		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
PPC-3424.2 準用	—	レギュレーサの強度計算 (円すい及びその丸みの部分 (外面に圧力を受けるもの))		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
PPC-3415	2.4	鏡板の強度計算		△	—	—		○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
PPC-3416	2.8	伸縮継手の強度計算		—	—	—		○	—	—	—	—	—	—	—	△	—	—	—	—				
第60条	2.6.1	管の穴と補強計算		△	—	—		△	—	△	△	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
PPC-3420	2.6.2	管の穴と補強計算		○	○	—		○	—	○	○	—	—	—	—	△	—	—	—	—				
PPC-3422(3)	—	平板の強度計算		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
第22条6項, 8項	既工認	補強計算および貫通部 (ペネトレーション) 取付部の強度計算		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	△	—	—	—	—	—				
第50条	既工認	管の強度計算		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
ASME	既工認	フランジの強度計算		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
JIS B 2210-17	既工認	フランジの強度計算		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
—	既工認	管継手の強度計算		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
第31条2項, 7項	既工認	レギュレーサの強度計算		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
第32条1項, 2項	既工認	鏡板の強度計算		—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				

重大事故等クラス2管 (2/2)

設計・建設規格各規格番号及び告示第501号各条項と強度計算書との対応			分類	重大事故等クラス2管																	既工認呼込み			
設計・建設規格 規格番号 告示第501号 条項	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考	系統	床ドレン処理系	中央制御室換気系	中央制御室待機室	緊急時対策所換気系	第二弁操作室	格納容器 スプレイヘッド	代替格納容器 スプレイ冷却系	代替循環冷却系	格納容器 下部注水系	ペDESTアル排水系	非常用ガス再循環系	非常用ガス処理系	窒素ガス代替注入系	不活性ガス系	格納容器圧力 逃がし装置	非常用ディーゼル 発電装置	高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電装置	原子炉冷却材再循環系	ほう酸水注入系		
			既設/新設	既設	既設	新設	新設	新設	既設	新設	新設	新設	新設	既設	既設	新設	既設	新設	既設	既設	既設	既設	既設	
			改造	無	無	—	—	—	無	—	—	—	—	無	無	—	無	—	無	無	無	無	無	無
			DBクラス	DB3	DB4	—	—	—	DB2	—	—	—	—	DB4	DB4	—	DB2	—	DB3	DB3	DB2	DB2	DB2	DB2
SAクラス	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2		
第58条	2.2.1	管の強度計算				—		—	—	—	—	—		—		—	△	—	—	—	—	△		
PPC-3411	2.2.2	管の強度計算				○		○	—	○	○	○		○		○	○	○	○	○	—	—		
PPC-3411(1)	2.4	鏡板の強度計算 (フランジ部)				—		—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—		
PPC-3411(2)(3)	2.5	レジャーサの強度計算 (フランジ部)				—		—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—		
PPC-3413	2.3	平板の強度計算				—		—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—		
PPC-3414	2.7	フランジの強度計算				—		—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—		
PPC-3415	—	管継手の強度計算				—		—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—		
PPC-3415.1	2.5	レジャーサの強度計算				—		—	—	—	—	—		○		—	—	—	—	—	—	—		
PPC-3124.2準用	—	レジャーサの強度計算 (円すい及びその丸みの部分 (外面に圧力を受けるもの))				—		—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—		
PPC-3415.2	2.4	鏡板の強度計算				—		—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—		
PPC-3416	2.8	伸縮継手の強度計算				—		—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—		
第60条	2.6.1	管の穴と補強計算 (告示第501号)				—		—	—	—	—	—		△		—	—	—	—	—	—	—		
PPC-3420	2.6.2	管の穴と補強計算 (設計・建設規格)				—		—	—	—	—	—		○		—	○	○	○	○	—	—		
PPC-3422(3)	2.3	平板の強度計算				—		—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—		
第22条6項, 8項	既工認	補強計算および貫通部 (ペネトレーション) 取付部の強度計算				—		—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	—		
第50条	既工認	管の強度計算				—		—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	△	—		
ASME	既工認	フランジの強度計算				—		—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	△	—		
JIS B 2210-17	既工認	フランジの強度計算				—		—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	—	△		
	既工認	管継手の強度計算				—		—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	△	—		
第31条2項, 7項	既工認	レジャーサの強度計算				—		—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	△	—		
第32条1項, 2項	既工認	鏡板の強度計算				—		—	—	—	—	—		—		—	—	—	—	—	△	—		

重大事故等クラス2ポンプ

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			分類	ピットバレル型			横軸ターボ				立形				往復	うず巻	
設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式(章節番号)	備考	系統名	高压炉心スプレイ系	低压炉心スプレイ系	残留熱除去系	原子炉隔離時冷却系	常設高压代替注水系	常設低压代替注水系	代替循環冷却系	代替燃料プール冷却系	残留熱除去系海水系	非常用ディーゼル発電機	高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機	緊急用海水系	ほう酸水注入系	格納容器圧力逃がし系
			機器名	高压炉心スプレイ系ポンプ	低压炉心スプレイ系ポンプ	残留熱除去系ポンプ	原子炉隔離時冷却系ポンプ	常設高压代替注水系ポンプ	常設低压代替注水系ポンプ	代替循環冷却系ポンプ	代替燃料プール冷却系ポンプ	残留熱除去系海水系ポンプ	非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ	高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ	緊急用海水ポンプ	ほう酸水注入ポンプ	移送ポンプ
			既設/新設	既設	既設	既設	既設	新設	新設	新設	新設	既設	既設	既設	新設	既設	新設
			改造	無	無	無	無	—	—	—	—	有※1	有※1	有※1	—	無	—
			DBクラス	DB2	DB2	DB2	DB2	—	—	—	—	Non	Non	Non	—	DB2	—
			SAクラス	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2
			種類	ピットバレル型	ピットバレル型	ピットバレル型	横軸	横軸	横軸	横軸	横軸	横軸	立形	立形	立形	立形	往復
PMC-3110	3.1	ポンプの型式判別	形式	ターボ	ターボ	ターボ	ターボ	ターボ	ターボ	ターボ	ターボ	ターボ	ターボ	ターボ	ターボ	往復	うず巻
			ケーシング	軸垂直割 軸対称	軸垂直割 軸対称	軸垂直割 軸対称	軸垂直割 軸対称	軸垂直割 軸対称	軸垂直割 軸対称	軸垂直割 軸対称	軸垂直割 軸対称	軸垂直割 軸対称	軸垂直割 軸対称	軸垂直割 軸対称	軸垂直割 軸対称	軸垂直割 軸対称	軸垂直割 軸対称
PMC-3320	3.2	うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの厚さ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PMC-3330	3.3	うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの吸込みおよび吐出口部分の厚さ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PMC-3340	3.4	ケーシングの各部形状 (うず巻きポンプであって、ケーシングが軸垂直割りまたは軸平行割りであるもの)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○
PMC-3340	3.4	ケーシングの各部形状 (横軸であって軸垂直割り軸対称ケーシングをもつ多段のターボポンプのケーシングのボルト穴の規定)	—	—	—	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—
PMC-3350	3.5	往復ポンプのリキッドシリンダー及びマニホールドに関するものの厚さ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	
PMC-3410	3.6	うず巻ポンプ、ターボポンプ又は往復ポンプのケーシングカバーの厚さ	○※3	○※3	○※3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
PMC-3510	3.7	ボルトの平均引張応力	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
PMC-3610	3.8	耐圧部分等のうち管台に係るもの (ケーシングの吸込部分及び吐出口部分を除く。)の厚さ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
PMC-3710	3.9	吸込及び吐出フランジ	-※4	-※4	-※4	-※4	-※4	-※4	-※4	-※4	-※4	-※4	-※4	-※4	-※4	-※4	
立形ポンプの強度計算方法	4.1	クラス2ポンプに評価式が規定されていない機器の強度計算方法	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	—	—	
クラス1容器の規定を準用した強度計算方法	4.2		○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価	—	—	○※5	○※5	○※5	—	○※6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

※1：設置許可要求による砂巻込対策のため、一部改造予定（強度評価への影響なし）

※2：立形ポンプのため、クラス3の規定を使用

※3：ケーシングカバーについてクラス1容器の規定を準用した強度評価を実施

※4：JIS B 2238 or 設計・建設規格別表2に記載のフランジを使用しているため、強度計算不要

※5：設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価をアウターケーシングについて実施

※6：設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価をケーシング材について実施

重大事故等クラス2弁

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			分類	重大事故等クラス2弁																
設計・建設規格規格番号	強度計算書の計算式(章節番号)	備考	系統名	制御棒駆動水圧系		常設高圧代替注水系	中央制御室換気空調系						原子炉隔離時冷却系	格納容器圧力逃がし系				不活性ガス系		
			弁名称	C12-126	C12-127	SA13-M0-F300	SA31-DMP-M0-F001	SB2-18A	SB2-18B	SB2-19A	SB2-19B	SB2-20A	SB2-20B	E51-F013	2-26B-90	2-26B-91	SA14-F001A	SA14-F001B	2-26B-12	2-26B-10
			既設/新設	既設	既設	新設	新設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	新設	新設	新設	新設	既設	既設
			改造	無	無	—	—	無	無	無	無	無	無	無	—	—	—	—	有	有
			DBクラス	DB2	DB2	—	—	—	—	—	—	—	—	DB2	—	—	—	—	DB2	DB2
			SAクラス	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2
			型式	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁※
耐圧部の設計	VVC-3210	2.1	弁箱又は弁ふたの最小厚さの計算	○	○	○							○	○	○	○	○	○	○	
	VVC-3220	2.2	上段の規定に適合しない場合の計算	—	—	—							—	—	—	—	—	—	—	
	VVC-3230	2.3	管台の最小厚さの計算	—	—	—							—	—	—	—	—	—	—	
弁の応力評価	VVC-3310 (a)	2.4	弁箱と弁ふたのフランジの応力解析	—	—	—							○	○	○	○	○	○	○	
	VVC-3310 (b)	2.4	フランジボルトの応力解析	—	—	—							○	○	○	○	○	○	○	

※：バタフライ弁

重大事故等クラス2支持構造物（容器）

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			分類	
設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考	系統名	
			機器名	
			既設/新設	
			改造	
			DB クラス	
			SA クラス	
SSC		応力計算（スカート）		
SSC		応力計算（支持脚）		

重大事故等クラス2支持構造物（ポンプ）

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			分類	
設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考	系統名	
			機器名	
			既設/新設	
			改造	
			DB クラス	
			SA クラス	
SSC		応力計算（取付ラグ）		

重大事故等クラス3容器

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			分類	ポンベ					タンク				
設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式(章節番号)	備考	系統名	非常用窒素供給系	非常用逃がし安全弁駆動系	中央制御室待避室	緊急時対策所換気系	第二弁操作室	補機駆動用燃料設備			非常用電源設備	
			機器名	高圧窒素ポンベ	高圧窒素ポンベ	中央制御室待避室空気ポンベ	緊急時対策所加圧設備	第二弁操作室空気ポンベ	タンクローリ	大型ポンプ車載燃料タンク 可搬型代替注水	中型ポンプ車載燃料タンク 可搬型代替注水	可搬型代替低圧電源車 燃料タンク	窒素供給装置用電源車 燃料タンク
			既設/新設	新設	新設	新設	新設	新設	新設	新設	新設	新設	新設
			改造	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			DBクラス	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			SAクラス	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3
型式	一般継目なし鋼製容器	一般継目なし鋼製容器	一般継目なし鋼製容器	一般継目なし鋼製容器	一般継目なし鋼製容器	一般継目なし鋼製容器	横置だ円形	角形	角形	角形	角形		
PPD-3414 PPD-3415	2.1	完成品を除く重大事故等クラス3機器の構造及び強度	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
高圧ガス保安法に基づく容器保安規則及び一般高圧ガス保安規則等 日本工業規格等	2.2	重大事故等クラス3機器のうち完成品の構造及び強度	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	

重大事故等クラス3管

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			分類	ホース							ノズル	放水砲	
設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式(章節番号)	備考	系統	代替燃料プール注水系	低圧代替注水系		原子炉建屋放水設備	窒素ガス代替注入系	格納容器圧力逃がし装置	燃料設備		代替燃料プール注水系	原子炉建屋放水設備
			配管箇所	可搬型スプレイノズル用20mホース	取水用5mホース	送水用5m, 10m, 50mホース	放水砲用5m, 50mホース	窒素供給用5mホース	格納容器圧力逃がし装置送水用20mホース	タンクローリ給油用10mホース	タンクローリ送油用19.5mホース	可搬型スプレイノズル	放水砲
			既設/新設	新設	新設	新設	新設	新設	新設	新設	新設	新設	新設
			改造	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			DBクラス	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			SAクラス	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3
PPD-3414 PPD-3415	2.1	完成品を除く重大事故等クラス3機器の構造及び強度	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
高圧ガス保安法に基づく容器保安規則及び一般高圧ガス保安規則等 日本工業規格等	2.2	重大事故等クラス3機器のうち完成品の構造及び強度	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

重大事故等クラス3ポンプ

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			分類	可搬型ポンプ			
設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式(章節番号)	備考	系統名	低圧代替注水系		非常用発電装置	
			機器名	可搬型代替注水大型ポンプ	可搬型代替注水中型ポンプ	可搬型代替低圧電源車冷却水ポンプ	窒素供給装置用電源車冷却水ポンプ
			既設/新設	新設	新設	新設	新設
			改造	—	—	—	—
			DBクラス	—	—	—	—
			SAクラス	SA3	SA3	SA3	SA3
			種類	うず巻形	うず巻形	遠心式	遠心式
PPD-3414 PPD-3415	2.1	完成品を除く重大事故等クラス3機器の構造及び強度	—	—	—	—	
高圧ガス保安法に基づく容器保安規則及び一般高圧ガス保安規則 日本工業規格	2.2	重大事故等クラス3機器のうち完成品の構造及び強度	□	□	□	□	

2.2 クラス1機器に関する補足説明資料

補足-420-2 クラス 1 管の応力評価における建設時工認（ASME／告示）と
設計・建設規格の比較

東海第二の建設時の1種管については、施設時の基準として「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和45年通産省告示第501号 以下昭和45年告示）があるが、応力評価の要求がないためASME Boiler and Pressure Vessel Code Sec. III（以下ASME）を準用した応力評価を建設時既工認として提出している。ここでは、参考に建設時に評価に準用していたASMEと日本機械学会 発電用原子力設備 設計・建設規格（以下設計・建設規格）の比較を実施する。

1. ASMEと設計・建設規格の比較

建設時の評価に準用したASMEクラス1管の式について設計・建設規格クラス1管との比較を表1に示す。比較の結果、応力評価式についてはASMEと設計・建設規格でほぼ同等と考える。次に応力係数については設計・建設規格における「曲げ管または突合せ溶接式エルボ」と「突合せ溶接式ティー」のB1係数（内圧にかかる応力係数）が0.5であるのに対して、ASME1971, 1974が1.0と大きいですが、ASME 1980以降のB1係数は0.5となっており、設計・建設規格と同等である。2. において応力係数の違いについて影響の確認を行った。

また、許容値については、炭素鋼についてはおおむね建設時当時の告示と設計・建設規格は同等であり、その他は規格の違いによる応力評価への影響が小さいことを参考文献（1）（2）で確認した。

2. B1係数の違いに関する影響調査

クラス1配管のうち一次応力が比較的厳しい主蒸気系配管について、現状の設計・建設規格評価結果を用いてB1係数の違いによる影響を表2に示す。

施設時の昭和45年告示第501号には管の応力評価の記載がないことからASME Boiler and Pressure Vessel Code Sec. III 1971 Editionを流用した評価を実施している。ASME 1971 Editionでは管の応力評価に用いる曲げ管、ティー、エルボの応力係数B1は1.0であったが、試験等の十分なデータが整備されていなかったことから保守的な値を採用していた。ASME 1980 Editionで、曲げ管、ティー、エルボの応力係数B1を1.0から0.5へ変更しているが、これは製品の製造能力の向上によるものではなく、試験データ等の拡充に伴い、より合理的な値が採用できると判断されたためである。
(3)

昭和55年告示第501号、JSME設計・建設規格においてもB1係数は0.5を採用しており、今回の評価も上記ASME改訂理由を考慮し、曲げ管、エルボ、ティーの応力係数B1は合理的な値（0.5）を採用する。

3. 参考文献

- (1) 「Boiler and Pressure Vessel Code Sec. III Div.1 1971, 1974, 1980 edition」 (The American Society of Mechanical Engineers)
- (2) 「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版含む。))」 <第1編 軽水炉規格> J S M E S N C 1 - 2005/2007」 (日本機械学会)
- (3) S.E.Moore and E.C.Rodabaugh, “Background for Changes in the 1981 Edition of the ASME Nuclear Power Plant Components Code for Controlling Primary Loads in Piping Systems”, Journal of Pressure Vessel Technology Vol.104, Nov 1982, pp.351-361.

表1 クラス1管 ASME と設計・建設規格の式の比較

比較項目	ASME	設計・建設規格	比較
応力算出式			1次応力の評価式はASMEと設計・建設規格で同様の式を用いている。

表1 クラス1管 ASME と設計・建設規格の式の比較

比較項目	ASME	設計・建設規格	比較
応力係数			<p>上記の式で用いているB1, B2の応力係数は以下以外はASMEと設計・建設規格ではほぼ同等。</p> <p>「曲げ管または突合せ溶接式エルボ」と「突合せ溶接式テーパー」はASMEのほうがB1係数が大きいですが、ASME 1980以降のB1係数は0.5となり設計・建設規格と同様となっている。応力評価へ及ぼす影響を3. で確認する。</p>

表2 クラス1管 ASME と設計・建設規格の式の比較

比較項目	ASME (STS49, STPT49 は既工認で用いている昭和45年告示の値)			設計・建設規格			比較
許容値	材料	温度 °C	設計応力強さ Sm	材料	温度 °C	設計応力強さ Sm	炭素鋼については、単位系換算の桁処理により値が違いますが、昭和45告示と設計・建設規格はほぼ同等。 AMSE 材については、設計・建設規格（JIS）と機械的性質が全く一致するものがないため、単純に比較することはできないが、評価において ASME 許容値を用いることとしているため問題ない。
	STS49 (昭和45告示 JISG3455)	302	139 MPa ^{※1} (14.2 kgf/mm ²) ^{※2}	STS480 (設計・建設規格 JISG3455)	302	138 MPa ^{※3}	
	STPT49 (昭和45告示 JISG3456)	302	139 MPa ^{※1} (14.2 kgf/mm ²) ^{※2}	STPT480 (設計・建設規格 JISG3455)	302	138 MPa	
	SUS304 (SA240 TP304等 ASME)	302	117 MPa ^{※3}	設計・建設規格類似 材なし	—	—	
	SA-333 Gr6 (ASME)	302	121 MPa ^{※3}	SUS304TP (設計・建設規格) 参考	302	114 MPa	
	<p>※1：() 内の設計応力強さ kgf/mm² に×9.80665 を乗じて小数点以下を切り捨てた値。</p> <p>※2：() 内は建設時工認に記載の値から算出した Sm</p> <p>※3：ASME に記載の PSI を MPa へ変換した値</p>			STPL380 の強度を 少し高めにしたもの	—	—	
				STPL380 (設計・建設規格)参 考	302	104 MPa	

表2 クラス1管 ASME と設計・建設規格の式の比較

比較 項目	ASME (STS49, STPT49 は既工認で用いている昭和45年告示の値)	設計・建設規格	比較
		<p>※3：設計・建設規格設計建設規格2005/2007 付録材料図表のSm値を302℃で線形補完した値。</p>	

表 2. B1 係数の違いに関する影響調査

比較項目	ASME1971 及び 1974 の応力係数	設計・建設規格の応力係数
応力係数の違いによる一次応力		

2.3 クラス3機器に関する補足説明資料

補足-420-3 技術基準規則第 17 条と高圧ガス保安法及び消防法の
規定の比較

補足-420-3-1 技術基準規則第 17 条と高圧ガス保安法の規定比較

技術基準規則第 17 条と高圧ガス保安法の規定の比較 (1/6)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	高圧ガス保安法 (容器保安規則)	評 価
(材料及び構造) 第十七条 設計基準対象施設 (圧縮機, 補助ボイラー, 蒸気タービン (発電用のものに限る。), 発電機, 変圧器及び遮断機を除く。) に属する容器, 管, ポンプ若しくは弁若しくはこれらの支持構造物又は炉心支持構造物の材料及び構造は, 次に定めるところによらなければならない。この場合において, 第一号から第七号まで及び第十五号の規定については, 使用前に適用されるものとする。		
三 クラス 3 機器 (クラス 3 容器又はクラス 3 管をいう。以下同じ。) に使用する材料は, 次に定めるところによること。 イ クラス 3 機器が, その使用される圧力 ^(注1) , 温度 ^(注2) , 荷重 ^(注3) その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分 ^(注4) を有すること。	(容器保安規則第 3 条) 一 容器は, 充てんする高圧ガスの種類, 充てん圧力 ^(注5) , 使用温度 ^(注7) 及び使用される環境に応じた適切な材料 ^(注8) を使用して製造すること。 (注 5) 最高充てん圧力 (容器保安規則第 2 条第 1 項第 25 号) 次の表 (抜粋) の上欄に掲げる容器の区分に応じて, それぞれ同表の下欄に掲げる圧力 (ゲージ圧力をいう。以下同じ。)	クラス 3 容器に使用する材質は, その使用条件に応じて適切な機械的強度及び化学的成分を有することが求められる。 以下に示す評価のとおり, 技術基準規則第 17 条に定めるクラス 3 容器の材料及び使用条件 (圧力, 温度, 荷重その他使用条件) と高圧ガス保安法に定めるボンベの材料及び使用条件 (圧力, 温度, 荷重その他使用条件) に関する要求は, 同等の水準である。

技術基準規則第 17 条と高圧ガス保安法の規定の比較 (2/6)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	高圧ガス保安法 (容器保安規則)		評 価						
<p>(注 1) 最高使用圧力 (設置許可基準規則第 2 条第 2 項第 38 号) 対象とする機器又は炉心支持構造物とその主たる機能を果たすべき運転状態において受ける最高の圧力以上の圧力であって、設計上定めるものをいう。</p> <p>(注 2) 最高使用温度 (設計許可基準規則第 2 条第 2 項第 39 号) 対象とする機器、支持構造物又は炉心支持構造物とその主たる機能を果たすべき運転状態において生ずる最高の温度以上の温度であって、設計上定めるものをいう。</p> <p>(注 3) 設計・建設規格のクラス 3 容器の規定において、具体的な荷重は規定されていない。</p> <p>(注 4) 設計・建設規格付録材料図表 Part1 のクラス 3 容器の欄に示す材料の規格に適合するもの、またはこれと同等以上の化学的成分及び機械的強度を有するものを使用する。</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="768 488 1093 536">容器の区分</th> <th data-bbox="1093 488 1411 536">圧力</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="768 536 1093 730"> 圧縮ガスを充てんする容器 【ハロンガスボンベ】 </td> <td data-bbox="1093 536 1411 730"> 温度 35 度においてその容器に充てんすることができるガスの圧力のうち最高のものの数値 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="768 730 1093 1023"> 超低温容器、低温容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器以外の容器であって液化ガスを充てんするもの (SG 容器を除く。) 【二酸化炭素ガスボンベ】 </td> <td data-bbox="1093 730 1411 1023"> 第 26 号の表に規定する耐圧試験圧力^(注 6)の 5 分の 3 倍 (再充てん禁止容器の場合にあつては、第 27 号に規定する耐圧試験圧力の 5 分の 4 倍) の圧力の数値 </td> </tr> </tbody> </table>		容器の区分	圧力	圧縮ガスを充てんする容器 【ハロンガスボンベ】	温度 35 度においてその容器に充てんすることができるガスの圧力のうち最高のものの数値	超低温容器、低温容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器以外の容器であって液化ガスを充てんするもの (SG 容器を除く。) 【二酸化炭素ガスボンベ】	第 26 号の表に規定する耐圧試験圧力 ^(注 6) の 5 分の 3 倍 (再充てん禁止容器の場合にあつては、第 27 号に規定する耐圧試験圧力の 5 分の 4 倍) の圧力の数値	<p>○圧 力 技術基準規則第 17 条では、設計上定める条件において、機器が受ける最高の圧力以上の圧力である「最高使用圧力」を規定しており、高圧ガス保安法における、ボンベ内部に受ける最高の圧力である「充てん圧力^(注 5)」と同等である。</p> <p>○温 度 技術基準規則第 17 条では、設計上定める条件において、機器が受ける最高の温度以上の温度である「最高使用温度^(注 7)」として規定している温度の上限値と同等である。</p> <p>○荷 重 技術基準規則第 17 条の要求を満たす仕様規定である設計・建設規格のクラス 3 容器の規定において、具体的な荷重は規定されていない。消火設備用ボンベに対する荷重は最高使用圧力に包絡されており、高圧ガス保安法も充てん圧力を規定していることから、想定する荷重は同等である。</p>
容器の区分	圧力								
圧縮ガスを充てんする容器 【ハロンガスボンベ】	温度 35 度においてその容器に充てんすることができるガスの圧力のうち最高のものの数値								
超低温容器、低温容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器以外の容器であって液化ガスを充てんするもの (SG 容器を除く。) 【二酸化炭素ガスボンベ】	第 26 号の表に規定する耐圧試験圧力 ^(注 6) の 5 分の 3 倍 (再充てん禁止容器の場合にあつては、第 27 号に規定する耐圧試験圧力の 5 分の 4 倍) の圧力の数値								

技術基準規則第 17 条と高圧ガス保安法の規定の比較 (3/6)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	高圧ガス保安法 (容器保安規則)	評 価						
	<p>(注 6) 耐圧試験圧力 (容器保安規則第 2 条第 26 号)</p> <table border="1" data-bbox="770 485 1397 780"> <thead> <tr> <th data-bbox="770 485 1090 536">高圧ガスの種類</th> <th data-bbox="1090 485 1397 536">圧力 (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="770 536 1090 683"> その他のガス 【ハロンガスボンベ】 </td> <td data-bbox="1090 536 1397 683"> 温度 48 度における圧力の 数値の 3 分の 5 倍又は 24.5 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="770 683 1090 780"> 液化炭酸ガス 【二酸化炭素ガスボンベ】 </td> <td data-bbox="1090 683 1397 780"> 19.6 </td> </tr> </tbody> </table> <p>(注 7) 一般高圧ガス保安規則第 6 条第 2 項第 8 号充てん容器等は、常に温度 40 度以下に保つこと。</p> <p>(注 8) ボンベのうち、一般継目なし容器 (ハロンボンベ及び二酸化炭素ボンベ) の材料は、「容器保安規則の機能性基準の運用について」(20130409 商局第 4 号) の別添 1「一般継目なし容器の技術基準の解釈」に掲げる材料の規格に適合する、炭素鋼、マンガン鋼、クロムモリブデン鋼その他の低合金鋼、ステンレス鋼及びアルミニウム合金の金属材料 (規格材料)、またはこれらと化学的成分及び機械的性質が同一の材料 (同等材料) 等を使用する。</p>	高圧ガスの種類	圧力 (MPa)	その他のガス 【ハロンガスボンベ】	温度 48 度における圧力の 数値の 3 分の 5 倍又は 24.5	液化炭酸ガス 【二酸化炭素ガスボンベ】	19.6	<p>○その他使用条件</p> <p>技術基準規則第 17 条では、機器の内部流体等の使用条件を考慮した材料を選定することが規定されており、具体的な使用可能材料が設計・建設規格に規定されている。</p> <p>高圧ガス保安法では、ボンベの材料選定として、充てんする高圧ガスの種類等、使用される環境に応じた適切な材料を選定するよう規定していることから、技術基準規則第 17 条において考慮すべき「その他使用条件」と同等である。</p> <p>○材 料</p> <p>技術基準規則第 17 条では、圧力、温度、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分を有する材料を使用することが要求されている。</p> <p>高圧ガス保安法では、容器について、充てんする高圧ガスの種類、充てん圧力、使用温度及び使用される環境に応じた適切な材料を使用して製造することが要求されており、考慮する使用条件は上記の</p>
高圧ガスの種類	圧力 (MPa)							
その他のガス 【ハロンガスボンベ】	温度 48 度における圧力の 数値の 3 分の 5 倍又は 24.5							
液化炭酸ガス 【二酸化炭素ガスボンベ】	19.6							

技術基準規則第 17 条と高圧ガス保安法の規定の比較 (4/6)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	高圧ガス保安法 (容器保安規則)	評 価
		とおり同等であることから、材料に対して要求する水準は同等である。
ロ 工学的安全施設に属するクラス 3 機器に使用する材料にあつては、当該機器の最低使用温度に対して適切な破壊じん性を有することを機械的試験その他の評価方法により確認したものであること。		火災防護設備は工学的安全施設に該当しないため、対象外。
十 クラス 3 機器の構造及び強度は、次に定めるところによること。 イ 設計上定める条件 ^(注 8) において、全体的な変形を弾性域に抑えること。	(容器保安規則第 3 条) ニ 容器は、充てんする高圧ガスの種類、充てん圧力 ^(注 4) 、使用温度 ^(注 5) 及び使用される環境に応じた適切な肉厚 ^(注 9) を有するように製造すること。	技術基準規則第 17 条では、「設計上定める条件において全体的な変形を弾性域に抑えること」が要求されている。

技術基準規則第 17 条と高圧ガス保安法の規定の比較 (5/6)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	高圧ガス保安法 (容器保安規則)	評 価
(注 8) 設計上定める条件 (技術基準規則第 17 条第 8 号) 最高使用圧力, 最高使用温度及び機械的 荷重 ^(注 3) が負荷されている状態。	(注 9) 「容器保安規則の機能性基準の運用について」 (20 130409 商局第 4 号) の別添より, 一般継目なし容器 (ハロンボンベ及び二酸化炭素ボンベ) に必要な肉厚 を, 一般継目なし容器 (ハロンボンベ及び二酸化炭素 ボンベ) の最高充てん圧力及び材料の許容応力より算 出する。	高圧ガス保安法では, 「一般継目なし容器 (ハロ ンボンベ及び二酸化炭素ボンベ) の必要肉厚を材料 の許容応力より算出すること ^(注 9) 」が要求されてお り, 材料の降伏点を超えることの無いよう許容応力 を規定していることから, 要求する水準は同等であ る。
ロ クラス 3 機器に属する伸縮継手にあつては, 設計上定める条件で応力が繰り返し加わる 場合において, 疲労破壊が生じないこと。		消火設備用ボンベに対し, 伸縮継手を使用してい ないため, 対象外。
ハ 設計上定める条件において, 座屈が生じない こと。		消火設備用ボンベ外面には圧力が加わらないこと から, 消火設備用ボンベに座屈が生じることはない。
十五 クラス 1 容器, クラス 1 管, クラス 2 容器, ク ラス 2 管, クラス 3 容器, クラス 3 管, クラス 4 管及び原子炉格納容器のうち主要な耐圧部の 溶接部 (溶接金属部及び熱影響部をいう。) は, 次に定めるところによること。 イ 不連続で特異な形状でないものであること。		火災防護設備の容器は, 第十五号に規定する「主 要な耐圧部の溶接部」 ^(注 10) に該当しないため, 対象 外。 (注 10) 「実用発電用原子炉及びその付属施設の技 術基準に関する規則の解釈」第 17 条第 15 項 15 第 15 号に規定する「主要な耐圧部の溶接部」 とは, 以下に掲げるものの溶接部をいう。

技術基準規則第 17 条と高圧ガス保安法の規定の比較 (6/6)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	高圧ガス保安法 (容器保安規則)	評 価
<p>ロ 溶接による割れが生ずる恐れがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを非破壊試験により確認したものであること。</p> <p>ハ 適切な強度を有するものであること。</p> <p>ニ 機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法、溶接設備及び技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したものにより溶接したものであること。</p>		<p>(1)－③ 非常用電源設備、火災防護設備又は区画排水設備に係る外径 150mm 以上の管のうち、耐圧部について溶接を必要とするもの</p>

補足-420-3-2 技術基準規則第 17 条と消防法の規定比較

技術基準規則第 17 条と消防法の規定の比較 (1/8)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	消防法 (消火器の技術上の規格を定める省令)	評価
(材料及び構造) 第十七条 設計基準対象施設 (圧縮機, 補助ボイラー, 蒸気タービン (発電用のものに限る。), 発電機, 変圧器及び遮断器を除く。) に属する容器, 管, ポンプ若しくは弁若しくはこれらの支持構造物又は炉心支持構造物の材料及び構造は, 次に定めるところによらなければならない。この場合において, 第一号から第七号まで及び第十五号の規定については, 使用前に適用されるものとする。		
三 クラス 3 機器 (クラス 3 容器又はクラス 3 管をいう。以下同じ。) に使用する材料は, 次に定めるところによること。 イ クラス 3 機器が, その使用される圧力 ^(注1) , 温度 ^(注2) , 荷重 ^(注3) その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分 ^(注4) を有すること。	(省令第 6 条) 1 消火器は, その各部分を良質の材料で造るとともに, 充てんした消火剤に接触する部分をその消火剤に侵されない材料 (以下「耐食性材料」という。) で造り, 又は当該部分に耐食加工を施し, かつ, 外気に接触する部分を容易にさびない材料で造り, 又は当該部分に防錆加工を施さなければならない。	クラス 3 容器に使用する材料は, その使用条件に応じて適切な機械的強度及び化学的成分を有することが求められる。 以下に示す評価のとおり, 技術基準規則第 17 条に定めるクラス 3 容器の材料及び使用条件 (圧力, 温度, 荷重その他の使用条件) と消防法に定める消火器の材料及び使用条件 (圧力, 温度, 荷重その他の使用条件) に関する要求は, 同等の水準である。

技術基準規則第 17 条と消防法の規定の比較 (2/8)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	消防法 (消火器の技術上の規格を定める省令)	評価
<p>(注 1) 最高使用圧力 (設置許可基準規則第 2 条第 2 項第 38 号) 対象とする機器又は炉心支持構造物はその主たる機能を果たすべき運転状態において受ける最高の圧力以上の圧力であって、設計上定めるものをいう。</p> <p>(注 2) 最高使用温度 (設置許可基準規則第 2 条第 2 項第 39 号) 対象とする機器、支持構造又は炉心支持構造物とその主たる機能を果たすべき運転状態において生ずる最高の温度以上の温度であって、設計上定めるものをいう。</p> <p>(注 3) 設計・建設規格のクラス 3 容器の規定において、具体的な荷重は規定されていない。</p> <p>(注 4) 設計・建設規格付録材料図表 Part1 のクラス 3 容器の欄に示す材料の規格に適合するもの、またはこれと同等以上の化学的成分及び機械的強度を有するものを使用する。</p>	<p>2 消火器は、充てんした消火剤に接触する部分について 3 パーセントの塩化ナトリウム水溶液中に 14 日間浸す腐食試験及び 3 パーセントの水酸化ナトリウム水溶液に浸す腐食試験等を行なった場合において、さびその他の異常を生じないものでなければならない。</p> <p>3 充てんした消火剤に接触する部分に耐食塗装を施した消火器は、当該部分と同じ試験片について、座屈試験、衝撃性試験及び腐食試験を行なった場合において、塗膜に割れ、はがれ等を生じないこと。</p> <p>(省令第 10 条の 2) 消火器は、その種類に応じ、次の各号に掲げる温度範囲 (10 度単位で拡大した場合においてもなお正常に操作できることができ、かつ、消火及び放射の機能を有効に発揮する性能を有する消火器にあっては、当該拡大した温度範囲。以下「使用温度範囲」という。) で使用した場合において、正常に操作することができ、かつ、消火及び放射の機能を有効に発揮することができるものでなければならない。</p> <p>一 化学泡消火器 5 度以上 40 度以下</p>	<p>○圧 力 技術基準規則第 17 条では、設計上定める条件において、機器が受ける最高の圧力以上の圧力である「最高使用圧力」を規定しており、消防法における、消火器内部に受ける最高の圧力である「調整圧力、閉そく圧力及び使用圧力の上限值」と同等の水準である。(省令第 12 条)</p> <p>○温 度 技術基準規則第 17 条では、設計上定める条例において、最高の温度以上の温度である「最高使用温度」を規定しており、消防法における、「使用温度範囲」として規定している最高温度と同等である。(省令第 10 条の 2)</p> <p>○荷 重 技術基準規則第 17 条の要求を満たす仕様規定である設計・建設規格クラス 3 容器の規定において、具体的な荷重は規定されていない。消火器に対する最高使用圧力に包絡されており、消防法も使用圧力を規定していることから、規定する荷重は同等である。</p>

技術基準規則第 17 条と消防法の規定の比較 (3/8)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	消防法 (消火器の技術上の規格を定める省令)	評価																
	<p>二 化学泡消火器以外の消火器 0 度以上 40 度以下 (省令第 11 条)</p> <p>1 次の表の上欄に掲げる消火器の本体容器は、それぞれ 当該下欄に掲げる数値以上の板厚を有する堅ろうなも のでなければならない。</p> <table border="1" data-bbox="766 726 1415 1233"> <thead> <tr> <th colspan="2">区 分</th> <th colspan="2">板厚</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">加 圧 式 の 消 火 器 又 は</td> <td rowspan="2">JIS G 3131 に適合する材 料又はこれと同等以上の 耐食性を有する材質を用 いたもの</td> <td>内径 120 mm 以上</td> <td>1.2 mm</td> </tr> <tr> <td>内径 120 mm 未満</td> <td>1.0 mm</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">蓄 圧 式 の 消 火 器 の 容 器 本 体</td> <td rowspan="2">JIS H 3100 若しくは JIS G 4304 に適合する材質又 はこれらと同等以上の耐 食性を有する材料を用い たもの</td> <td>内径 100 mm 以上</td> <td>1.0 mm</td> </tr> <tr> <td>内径 100 mm 未満</td> <td>0.8 mm</td> </tr> </tbody> </table>	区 分		板厚		加 圧 式 の 消 火 器 又 は	JIS G 3131 に適合する材 料又はこれと同等以上の 耐食性を有する材質を用 いたもの	内径 120 mm 以上	1.2 mm	内径 120 mm 未満	1.0 mm	蓄 圧 式 の 消 火 器 の 容 器 本 体	JIS H 3100 若しくは JIS G 4304 に適合する材質又 はこれらと同等以上の耐 食性を有する材料を用い たもの	内径 100 mm 以上	1.0 mm	内径 100 mm 未満	0.8 mm	<p>○その他使用条件</p> <p>技術基準規則第 17 条では、機器の内部流体等 の使用条件を考慮した材料を選定することが規 定されており、具体的な使用可能材料が設計・建 設規格に規定されている。</p> <p>消防法では、消火器の材料選定として、充てん した消火剤に接触する部分をその消火剤に侵さ れない材料で造ることが規定されており、技術基 準規則第 17 条において考慮すべき「その他使用 条件」と同等である。</p> <p>○材 料</p> <p>技術基準規則第 17 条では、圧力、温度、荷重 その他条件に対して適切な機械的強度及び化学 成分を有する材料を使用することが要求されて いる。</p> <p>消防法では、容器について耐食性及び耐久性を 有する良質の材料を用いた堅ろうな材料を使用 すること並びに腐食試験等においてさび等の異 常を生じないことが要求されており、考慮する使</p>
区 分		板厚																
加 圧 式 の 消 火 器 又 は	JIS G 3131 に適合する材 料又はこれと同等以上の 耐食性を有する材質を用 いたもの	内径 120 mm 以上	1.2 mm															
		内径 120 mm 未満	1.0 mm															
蓄 圧 式 の 消 火 器 の 容 器 本 体	JIS H 3100 若しくは JIS G 4304 に適合する材質又 はこれらと同等以上の耐 食性を有する材料を用い たもの	内径 100 mm 以上	1.0 mm															
		内径 100 mm 未満	0.8 mm															

技術基準規則第 17 条と消防法の規定の比較 (4/8)

<p>実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)</p>	<p>消防法 (消火器の技術上の規格を定める省令)</p>	<p>評価</p>
		<p>用条件は上記のとおり同等であることから, 材料 に対して要求する水準は同等である。</p>
<p>ロ 工学的安全施設に属するクラス 3 機器に使用 する材料にあつては, 当該機器の最低使用温度 に対して適切な破壊じん性を有することを機 械試験その他の評価方法により確認したも のであること。</p>		<p>火災防護設備は工学的安全施設に該当しないた め, 対象外。</p>
<p>十 クラス 3 機器の構造及び強度は, 次に定めると ころによること。</p> <p>イ 設計上定める条件^(注5)において, 全体的 な変形を弾性域に抑えること。</p> <p>(注5) 設計上定める条件 (技術基準規則第 17 条第 8 号) 最高使用圧力, 最高使用温度及び機械的荷 重^(注3)が負荷されている状態。</p>	<p>(省令第 12 条) 消火器の本体容器の耐圧は, 次の各記号に適合するもので なければならない。</p> <p>一 次の表の上欄に掲げる本体容器の区分に応じ, それぞ れ当該下欄に掲げる圧力を水圧力で五分間加える試験 を行なった場合において, 漏れを生ぜず, かつ, 強度 上支障のある永久ひずみ (円筒部分にあつては, 円周 長の 0.5 パーセント以上の永久ひずみ) を生じないこ と。</p>	<p>技術基準規則第 17 条では, 「設計上定める条件 において全体的な変形を弾性域に抑えること」が要 求されている。</p> <p>消防法では, 使用材料に応じた消火器の本体容器 の板厚を規定しており, 消火器内部に受ける最高の 圧力 (調整圧力, 閉そく圧力及び使用圧力の上限值) を超える圧力 (設計上定める最高の圧力の 1.3 から 2.0 倍) で耐圧試験を実施し, 強度上支障のある永 久ひずみ (円筒部分にあつては, 円周長の 0.5 パー セント以上の永久ひずみ) を生じないことが要求さ れている。これは, 設計上定める条件に対して十分</p>

技術基準規則第 17 条と消防法の規定の比較 (5/8)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	消防法 (消火器の技術上の規格を定める省令)	評価																													
	<p style="text-align: center;">表 (抜粋)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: left;">区分</th> <th style="text-align: left;">圧力</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="vertical-align: top;"> 加圧式 の消火 器の本 体容器 </td> <td rowspan="4" style="vertical-align: top;"> 開閉式 のノズ ルを有 するも の </td> <td rowspan="2" style="vertical-align: top;"> 非耐食性材料 を用いたもの </td> <td style="vertical-align: top;"> 安全弁の ないもの </td> <td style="text-align: center;">P×2.0</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> 安全弁の あるもの </td> <td style="text-align: center;">P×1.6</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="vertical-align: top;"> 耐食性材料を 用いたもの </td> <td style="vertical-align: top;"> 安全弁の ないもの </td> <td style="text-align: center;">P×1.6</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> 安全弁の あるもの </td> <td style="text-align: center;">P×1.3</td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="vertical-align: top;"> 蓄圧式の消火器の 本体容器 </td> <td rowspan="4"></td> <td rowspan="2" style="vertical-align: top;"> 非耐食性材料 を用いたもの </td> <td style="vertical-align: top;"> 安全弁の ないもの </td> <td style="text-align: center;">Q×2.0</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> 安全弁の あるもの </td> <td style="text-align: center;">Q×1.6</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="vertical-align: top;"> 耐食性材料を 用いたもの </td> <td style="vertical-align: top;"> 安全弁の ないもの </td> <td style="text-align: center;">Q×1.6</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> 安全弁の あるもの </td> <td style="text-align: center;">Q×1.3</td> </tr> </tbody> </table>	区分				圧力	加圧式 の消火 器の本 体容器	開閉式 のノズ ルを有 するも の	非耐食性材料 を用いたもの	安全弁の ないもの	P×2.0	安全弁の あるもの	P×1.6	耐食性材料を 用いたもの	安全弁の ないもの	P×1.6	安全弁の あるもの	P×1.3	蓄圧式の消火器の 本体容器		非耐食性材料 を用いたもの	安全弁の ないもの	Q×2.0	安全弁の あるもの	Q×1.6	耐食性材料を 用いたもの	安全弁の ないもの	Q×1.6	安全弁の あるもの	Q×1.3	<p>な裕度を持って、全体的な変形を弾性域に抑えることができる水準であることから、要求する水準は同等である。</p> <p style="text-align: center;">詳細説明は、別紙に示す。</p>
区分				圧力																											
加圧式 の消火 器の本 体容器	開閉式 のノズ ルを有 するも の	非耐食性材料 を用いたもの	安全弁の ないもの	P×2.0																											
			安全弁の あるもの	P×1.6																											
		耐食性材料を 用いたもの	安全弁の ないもの	P×1.6																											
			安全弁の あるもの	P×1.3																											
蓄圧式の消火器の 本体容器		非耐食性材料 を用いたもの	安全弁の ないもの	Q×2.0																											
			安全弁の あるもの	Q×1.6																											
		耐食性材料を 用いたもの	安全弁の ないもの	Q×1.6																											
			安全弁の あるもの	Q×1.3																											

技術基準規則第 17 条と消防法の規定の比較 (6/8)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	消防法 (消火器の技術上の規格を定める省令)	評価
	<p>二 安全弁のない消火器の本体容器にあつては、前号に規定するもののほか、次の表の上欄に掲げる区分に応じ、それぞれ当該下欄に掲げる圧力を水圧力で五分間加える試験を行なった場合において、き裂又は破断を生じないこと。</p> <p style="text-align: center;">表 省略</p> <p>2 前項各号の表において、P 及び Q は、それぞれ次の圧力値 (単位メガパスカル) を表すものとする。</p> <p>一 P</p> <p>イ 加圧用ガス容器及び圧力調整器以外の本体容器にあつては、調整圧力の最大値。</p> <p>ロ イに掲げる本体容器以外の本体容器にあつては、その内部の温度を 40 度 (消火器の使用最高温度が 40 度を超えるものにあつては、その最高温度) とした場合における閉そく圧力の最大値。</p> <p>二 Q</p> <p>蓄圧式の消火器の本体容器について、その内部の温度を 40 度 (消火器の使用温度範囲が 40 度を超えるものに</p>	

技術基準規則第 17 条と消防法の規定の比較 (7/8)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	消防法 (消火器の技術上の規格を定める省令)	評価
	あっては、その最高温度) とした場合において第二十八 条に規定する指示圧力計に緑色で明示された使用圧力 上限値。 (省令第 19 条) 消火器は、運搬及び作動操作に伴う不時の落下、衝撃等に 十分耐えることができるものであって、かつ、耐久性を有す る良質の材料を用いた堅ろうなものでなければならない。	
ロ クラス 3 機器に属する伸縮継手にあっては、設 計上定める条件で応力が繰り返し加わる場合 において、疲労破壊が生じないこと。		消火器に対し、伸縮継手を使用していないため、 対象外。
ハ 設計上定める条件において、座屈が生じないこ と。		消火器外面には圧力が加わらないことから、ボン ベに座屈が生じることはない。
十五 クラス 1 容器、クラス 1 管、クラス 2 容器、ク ラス 2 管、クラス 3 容器、クラス 3 管、クラス 4 管及び原子炉格納容器のうち主要な耐圧部の 溶接部 (溶接金属部及び熱影響部をいう。) は、 次に定めるところによること。		火災防護設備の容器は、第十五号に規定する「主 要な耐圧部の溶接部」 ^(注 6) に該当しないため、対象 外。

技術基準規則第 17 条と消防法の規定の比較 (8/8)

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 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	消防法 (消火器の技術上の規格を定める省令)	評価
<p>イ 不連続で特異な形状でないものであること。</p> <p>ロ 溶接部による割れが生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶け込み不良その他の欠陥がないことを非破壊試験により確認したものであること。</p> <p>ハ 適切な強度を有するものであること。</p> <p>ニ 機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法、溶接設備及び技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したものにより溶接したものであること。</p>		<p>(注 6) 「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解釈」第 17 条第 15 項 15 第 15 号に規定する「主要な耐圧部の溶接部」とは、以下に掲げるものの溶接部をいう。</p> <p>(1)－③ 非常用電源設備、火災防護設備又は区画排水設備に係る外径 150 mm 以上の管のうち、耐圧部について溶接を必要とするもの。</p>

消火器に係る技術基準規則第 17 条の構造強度に関する規定と
消防法の構造強度に関する規定の同等性について

技術基準規則第 17 条では、「設計上定める条件において全体的な変形を弾性域に抑えること」が要求されている。これは、技術基準規則解釈第 17 条 10 にて技術基準規則の要求を満たす仕様規定である設計・建設規格において、設計上定める条件において発生する応力を許容応力以下に抑えることを要求している。これは、設計降伏点 S_y に対して安全率 1.6 として設定した許容引張応力 S を許容応力として用いるものであり、許容応力により十分な安全裕度を見込んだ設計を要求している。

一方、消防法では、消火器内部に受ける最高の圧力（調整圧力、閉そく圧力及び使用圧力の上限值）を超える圧力（設計上定める最高の圧力の 1.6 から 2.0 倍（安全弁がないもの））で耐圧試験を実施し、強度上支障のある永久ひずみ（円筒部分にあっては、円周長の 0.5 パーセント以上の永久ひずみ*）を生じないことが要求されている。これは、設計上定める最高の使用圧力に対して安全率 1.6 から 2.0 として設定した耐圧試験圧力を用いるものであり、耐圧試験圧力により十分な安全裕度を見込んだ設計を要求している。

よって技術基準規則第 17 条においては、安全裕度として設計降伏点に対して安全率 1.6 を見込んでいることに対して、消防法では最高使用圧力に対して安全率 1.6 から 2.0 を見込んでいることから、技術基準規則第 17 条の要求水準は、消防法の要求水準と同等である。

注記*：消防法の耐圧試験圧力においては、僅かな永久ひずみが生じる（応力とひずみの関係が直線的に変化する領域から僅かに外れる）ことを規定上許容しているが、最高の使用圧力は、消防法における耐圧試験圧力の 8 分の 5 以下（安全率 1.6 以上）の圧力であり、応力とひずみの関係が直線的に変化する領域である弾性域の範囲となることから、永久ひずみは生じることはない。

補足-420-4 火災防護設備の水源タンクのクラス3容器への適合性について

1. はじめに

火災防護設備の水源タンクについては、新規性基準においてクラス3容器となったことから、東海第二発電所の既に施設している消火設備の水源タンクである多目的タンク及びろ過水タンクはクラス3容器となる。

クラス3機器の材料及び構造については、技術基準規則第17条に規定されており、その解釈において設計・建設規格によるとされている。

また、解釈冒頭では「技術基準規則に定める技術的要件を満足する技術的内容は、本解釈に限定されるものではなく、技術基準規則に照らして十分な保安基準の確保が達成できる技術的根拠があれば、技術基準規則に適合するものと判断する。」と規定されている。

水源タンクについては、開放型のタンクで鋼製石油貯槽の構造の規定であるJIS B 8501の規定に従って設計しており、解釈冒頭の規定を適用し、その施設時の規格に適合したものを使用する設計とすることとし、本資料ではJIS B 8501に基づく設計が技術基準規則クラス3容器の構造強度に係る要求を満たすことを確認する。

2. 技術基準規則クラス3容器への適合性

クラス3容器の構造及び強度については、技術基準規則第17条第10号において「設計上定める条件において、全体的な変形を弾性域に抑えること。」が規定されている。

また、同規則第17条解釈6において『「全体的な変形を弾性域に抑えること」とは、構造上の全体的な変形を弾性域に抑えるに加え、材料の引張り強さに対しても十分な構造強度を有することをいう。』とされている。

上記技術基準規則への適合性を確認するための許容値について、JIS B 8501は、設計降伏点 (S_y) に対して60%に抑えることが規定されている。また、水源タンクの使用材料 (SS41/SS400) において S_y は設計引張強さ (S_u) の60%程度*1であることから

$$S_y = 0.6 \cdot S_u \quad \dots (2.1)$$

JIS B 8501で水源タンクに要求されている許容値 (以下「 S_j 」とする。) は設計降伏点 (S_y) に対して60%に抑える規定により

$$S_j = 0.6 \cdot S_y \quad \dots (2.2)$$

式 (2.1) 及び (2.2) より

$$S_j = 0.6 \cdot (0.6 \cdot S_u) = 0.36 \cdot S_u$$

となり、設計引張強さに対するJIS B 8501の許容値 (S_j) は (S_u) に対しても40%程度に抑えられる。よって (S_j) を許容値としているJIS B 8501の規定については引張強さに対しても十分な構造強度を有していると言える。

注記 *1: JISで規定される (S_u) (S_y) に対して、設計・建設規格で規定される (S_u) (S_y) の値は、40℃以下のSS400で同じ値

JIS B 8501の許容値は、設計・建設規格クラス3容器の規定と異なることから、想定される破壊モードにおいて構造及び使用条件を踏まえて妥当であることを確認する。

設計・建設規格クラス3 容器の許容値： $\min (5/8 S_y, 1/4 S_u)$

ここで、設計・建設規格クラス3 容器の許容値は、以下に示す圧力容器基準の考え方で設定されていると考えられる。

- ・考慮すべき複数の破壊モードのすべてに対応する基準強度と設計係数を設定することが煩雑である。
- ・そこで、延性破壊と脆性破壊という究極の破壊モードに対応する基準強度である引張り強さ S_u を代表に選び、これに大きい設計係数を設定することで、他の破壊モードに考慮しない代償とする。

なお、水源タンクは、貯蔵機能を有するタンクであり、開放された構造でオーバーフローレベル以上の水頭はかからないことから高い圧力が加わることはなく破裂危険性はない。

(1) 塑性崩壊の防止

ひずみ硬化を期待しない弾完全塑性における塑性崩壊は、 S_y に依存することになるため、 S_u に対する余裕の差異は影響を与えず、 S_y に対して 60 % に抑えることから十分な余裕がある。

(2) 延性破壊の防止

S_u に設計係数を考慮した許容値は、延性破壊の場合に、延性不安定に至るまでのひずみ硬化を最大限に考慮し、裕度を設定したものである。JIS B 8501 には、この S_u に設計係数を考慮した許容値の設定はないが、水源タンクの使用材料 (SS41/SS400) においては、JIS B 8501 の許容値は S_u に対して約 2.7 の裕度がある。

この許容値は、 S_u に対する制限ではないが、以下のことから S_u に対する余裕は十分確保され、延性破壊に対して影響を与えない。

- ・水源タンクは内包液が水の開放タンクであり、主に作用する荷重は水頭圧であるため、圧力容器のような急激な圧力上昇の可能性はなく、オーバーフローレベル以上の水頭はかからない。
- ・ S_y 基準の許容値により応力を S_y 以下に抑えることで弾性設計とできる。
- ・水源タンクの使用材料 (SS41/SS400) は軟鋼材であり、 S_y 基準の許容値は S_u の 40 % 相当である。

また、設計・建設規格の S_u に対する基準は、ASME の設計係数に基づくものであるが、その設計係数は材料の製造技術、非破壊検査技術、品質保証体制等も踏まえ総合的に判断し設定されている。水源タンクはすでに施設しているものであり、これまで長期に亘り運用されてきた実績があり、今後も QMS に基づく保全計画に従い定期的に点検、検査を行い、健全性を確認していくことにしており、また、QMS において、定期的に保全の有効性評価を行い、点検結果により、点検頻度及び点検方法を見直す仕組みがあることから、設計時の製造技術等を考慮することについては影響を与えないと考える。

なお、JIS B 8501 の制定以降、我が国の石油貯槽は、ほぼ当該規格に従って製作されており十分な使用実績がある。また、これまでの使用実績を踏まえた改正においても、当該規格の制定時か

ら現在まで許容値は変更されていない。

(3) 脆性破壊の防止

JIS 規格に適合し品質が確認された材料においては、低温以外で脆性破壊が発生することはなく、水源タンクは、常温常圧下で使用されることから脆性破壊の発生する可能性は低い。脆性破壊の防止について設計・建設規格では、材質、形状（厚さ）、最低使用温度を踏まえた機械試験等により確認する規定となっており、 S_y 及び S_u を基準とした許容値を用いているものではない。

(4) 進行性変形の防止

進行性変形は、一次一般膜応力に二次応力を加えたものの変動値が $2 S_y$ を超えた場合、過大な塑性変形が生じるものであり S_y に依存する。 S_y に対する余裕は設計・建設規格クラス 3 容器の規定と同等であり、JIS B 8501 の許容値は進行性変形に対して影響を与えるものではない。

(5) 疲労による破壊の防止

疲労限度は一般的に S_u との関係が経験的に示されており、 S_u の 50 % とされているが、 S_u に対する余裕は 40 % であり疲労限度以下である。また、水源タンクは常温常圧下で使用され、压力容器のような有意な圧力及び温度変動（繰り返し荷重）が作用せず、影響の大きいと考えられる運用水位の大幅な変動は限られているため、疲労破壊に対する懸念は有意ではない。

(6) 座屈の防止

開放タンクについては、外面に圧力を受けることはなく、 S_y 及び S_u を基準とした許容値が影響を与えるものではない。

以上より、想定される破壊モードにおいて、水源タンクの構造及び使用条件を踏まえた場合、JIS B 8501 の許容値は妥当で、設計・建設規格クラス 3 容器との S_u に対する余裕の差が有意な影響を与えるものではない。

よって、JIS B 8501 の規定に従って設計、製作した水源タンクは、技術基準規則に照らして十分な保安水準の確保ができることから、技術基準規則へ適合していると考えられる。

2.4 重大事故等クラス2に関する補足説明資料

補足-420-5 重大事故等クラス 2 機器に用いられる
クラス 1 機器の事故時の強度評価について

1. はじめに

重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の材料及び構造については、「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」（平成25年6月28日 原子力規制委員会規則第六号）第55条第1項第2号及び第5号に規定されており、適切な材料を使用し、十分な構造及び強度を有することが要求されている。具体的には、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下「設計・建設規格」という。）もしくは、施設時に適用された規格を用いて重大事故等時に機器が十分な強度を有することを確認する必要がある。

ここでは、東海第二で重大事故等クラス2であってクラス1機器の対象となる原子炉圧力容器と重大事故等クラス2管でクラス1管に関する施設時の基準、建設時工認の評価状況の整理を行い、重大事故等時に機器が十分な強度を有することを示すための方針を記載する。

2. 施設時の要求と既工認の強度評価状況

原子炉圧力容器と重大事故等クラス2管でクラス1管について施設時の基準と既工認の強度評価状況を表1に示す。施設時の基準では強度評価は、原子炉圧力容器は応力評価、第1種管は板厚評価が要求されており、既工認ではそれぞれ「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和45年通産省告示第501号（以下「昭和45年告示という。」））に基づき評価を実施している。尚、第1種管については昭和45年告示で応力評価の要求はないが、ASMEを準用して応力評価を実施している。

表1 施設時の要求と既工認の強度評価状況

	第1種容器(原子炉圧力容器)	第1種管
施設時の基準 (昭和45年告示要求)	応力評価 (ただし供用状態の概念なし)	板厚評価 (応力評価の要求はなし)
既工認の評価 (建設時から昭和55年前まで)	昭和45年告示で応力評価 (ただし供用状態の概念なし)	昭和45年告示で板厚評価 ASMEを準用した応力評価
設計・建設規格の要求 (参考)	応力評価 (供用状態の概念あり)	板厚評価 応力評価

3. 重大事故等クラス2機器でクラス1機器の強度評価方針

施設時の基準，既工認の評価状況を踏まえて，重大事故等クラス2機器であってクラス1機器の強度評価方針を表2に示す。

原子炉压力容器の重大事故等クラス2でクラス1機器としての強度評価は施設時の昭和45年告示での評価結果として既工認の評価結果があるが，昭和45年告示では供用状態の概念がないことから設計・建設規格を準用して重大事故等時の評価を行う。

重大事故等クラス2管でクラス1管の強度評価は，施設時の規格（昭和45年告示）では，管に対する応力評価要求がないが，設計・建設規格では，応力評価の要求があることから，設計・建設規格を準用して重大事故等時の管の応力評価を行う。

重大事故等クラス2管でクラス1管の板厚評価は施設時の昭和45年告示での評価結果として既工認の評価結果があり，既工認の評価条件は重大事故等時の評価条件を包絡することを示した上で，既工認の結果を確認することで重大事故等時の評価を行う。

表2 重大事故等クラス2機器であってクラス1機器の強度評価方針

機器クラス	対象機器	施設時の基準で要求される評価	強度評価方針
重大事故等クラス2機器であってクラス1機器	原子炉压力容器	応力評価	設計・建設規格を準用して重大事故等時の評価を行う
	重大事故等クラス2管でクラス1管	応力評価 (昭和45年告示では評価要求なし，昭和55年告示，設計建設規格では評価要求あり)	設計・建設規格を準用して重大事故等時の評価を行う
		板厚評価	既工認の評価条件が重大事故等時の評価条件を包絡することを示し，既工認の結果を確認することで重大事故等時の評価を行う

4. 原子炉压力容器の評価方法

原子炉压力容器の重大事故等時の強度評価（応力計算）を，設計・建設規格に従い評価を行うことの妥当性を確認する。

4.1 重大事故等時と建設時の強度計算の整理

以下に原子炉压力容器の胴を代表として，重大事故等時（設計・建設規格）と建設時（告示第501号）の強度計算を整理した。胴以外の部位については，別紙1に示す。評価応力については，設計・建設規格と告示第501号で同等である。

4.1.1 重大事故等時の原子炉压力容器の評価（PVB-3111 準用）

(1) 評価応力

重大事故等時の強度評価としては，以下に示す設計・建設規格の供用状態Dの一次応力を準用して応力評価を行うことが要求事項と考える。

PVB-3111 (3) 供用状態Dにおける応力強さ

a. 一次一般膜応力強さ： P_m

(a) オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金以外の材料

$$P_m \leq \frac{2}{3} S_u \quad (\text{PVB-13})$$

c. 一次膜＋一次曲げ応力強さ： $P_L + P_b$

(a) オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金以外の材料

$$P_L + P_b \leq \alpha \left(\frac{2}{3} S_u \right) \quad (\text{PVB-17})$$

α ：純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比または1.5のいずれか小さい方の値

(1) 評価する荷重

上記で一次一般膜応力，一次膜＋一次曲げ応力を求めるときに考慮する荷重を表3に示す。

表3 原子炉压力容器の強度評価の荷重の組み合わせ（重大事故等時）

	強度評価（V）
原子炉压力容器の 重大事故等時の考慮する荷重	$D + P_{SA} + M_L$ D：死荷重 P_{SA} ：重大事故等時の圧力 M_L ：重大事故等時の機械荷重（ジェット荷重）

(3) 応力算出方法

各荷重に対する応力算出方法は設計・建設規格には規定されていなく、一般的な機械工学便覧等の算出方法を用いる。ここで、発生する応力はいずれも圧力、荷重（モーメント含む）に比例しており、圧力、荷重（モーメント含む）が大きければ、発生する応力は大きくなること
がわかる。

表 4 原子炉压力容器 胴の応力算出方法（重大事故等時）

--

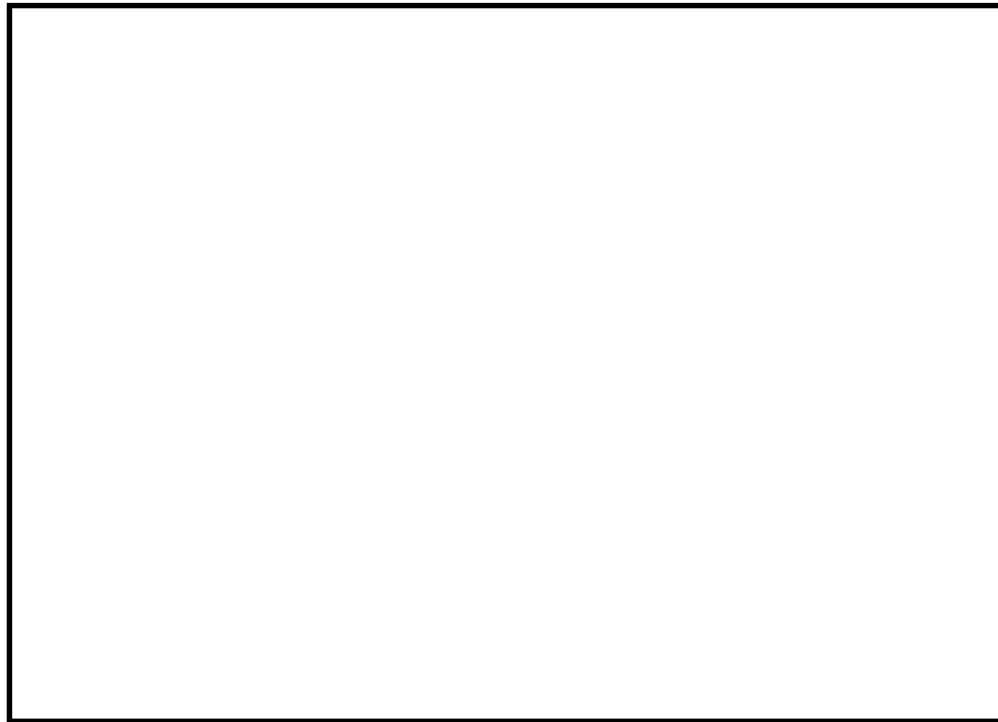


図 1 機械荷重における F や M を算出する RPV-建屋連成モデル

4.1.2 建設時の原子炉圧力容器の評価（昭和 45 年告示）

(1) 評価応力（昭和 45 年告示）

建設時の昭和 45 年告示の応力評価要求は以下の記載となり，設計・建設規格を同様な応力分類で制限をしている。ただし，許容値については告示では供用状態の概念がまだないため，設計条件として応力を制限している。昭和 45 年告示と設計・建設規格の許容値の違いを 4.2 に示す。

また，建設時の評価では，特別な応力として（軸圧縮）の評価を実施しているが，図 2 に表わす通り，建設時は特別な応力として軸圧縮応力評価を実施しているが，胴は内圧による引張り応力が作用し，死荷重や地震荷重による圧縮応力より大きいため，軸圧縮応力は支配的ではなく，現在の設計・建設規格評価では省略されている。

昭和 45 年告示 抜粋

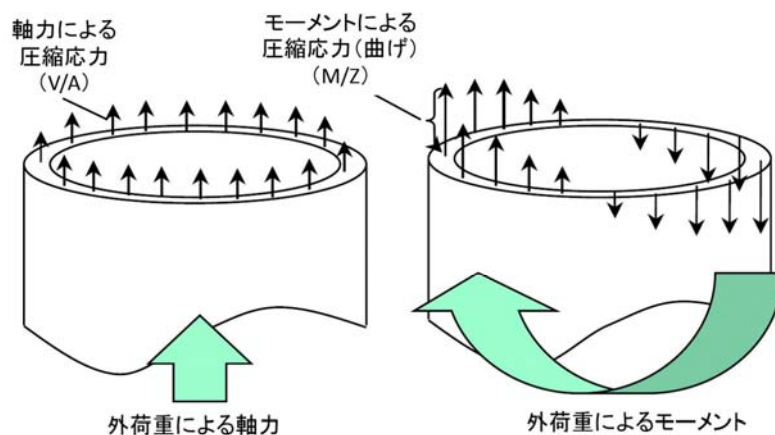
第 13 条

イ 応力解析による一次応力強さ，二次応力強さ及びこれらの組合せによる応力強さは，次の値をこえないこと。

(イ) 最高使用圧力および自重その他の機械荷重により生じる一次一般膜応力強さは，別表第 1 に定める値

(ハ) 最高使用圧力および自重その他の機械荷重により生じる一次膜応力と一次曲げ応力を加えて求めた応力強さは，別表第 1 に定める値の 1.5 倍の値

ここで別表第 1 は，設計応力強さ（ S_m ）を示す。



特別な応力(軸圧縮)は、上図に示す外荷重(軸力、モーメント)により発生する圧縮応力に対して規格に規定される許容値を満足する事を確認する評価である。

図 2 特別な応力(軸圧縮)の説明

(1) 評価する荷重

建設時の一次一般膜応力、一次膜+一次曲げ応力を求めるときに考慮する荷重を以下に示す。評価荷重については重大事故等時と同様の荷重(死荷重、内圧、機械荷重)+地震荷重となっている。

表 5 原子炉压力容器の強度評価時の荷重の組み合わせ(建設時設計)

	強度評価(建設時の設計条件)
原子炉压力容器の 建設時設計荷重	$D + P_d + M_d + S$ D : 死荷重 P_d : 最高使用圧力 M_d : 機械荷重 S : 設計地震動による荷重

(2) 応力算出方法

応力算出方法は下表のとおりとなる。各荷重に対する応力算出方法は昭和 45 年告示に規定されていなく、一般的な工学式（当時の ASME 等）を用いる。ここで、発生する応力はいずれも圧力、荷重（モーメント含む）に比例しており、圧力、荷重（モーメント含む）が大きければ、発生する応力が大きくなることがわかる。

表 6 原子炉压力容器 胴の応力算出方法（建設時）

--

4.2 施設時の許容値と設計・建設規格許容値との比較

表7に既工認の許容値（昭和45年告示）と重大事故等時の許容値（設計・建設規格）を示す。施設時は設計条件に対する許容値のため、供用状態の概念がなく保守的な値を用いている。尚、 S_m 値自体については告示と設計・建設規格で差がないことを確認した。

表7 既工認で用いた昭和45年告示と設計・建設規格の許容値

	一次一般膜応力 (P_m)	膜+曲げ応力 ($P_L + P_b$)
昭和45年告示	S_m (184 MPa) ^{※2}	$1.5 S_m$ (276 MPa)
設計・建設規格	$2/3 S_u$ (326 MPa)	$\alpha \cdot 2/3 S_u$ (470 MPa)

※1：()内は胴 (SQV1A) の許容応力例を示す。

※2：設計・建設規格での S_m も 184 MPa で告示と同等である。

4.3 重大事故等時の条件が設計条件（原子炉压力容器）へ包絡性されていることの確認

原子炉压力容器の応力評価に必要な評価条件として温度、圧力、外荷重について重大事故等時の評価条件を表8表に示す。圧力、温度については、重大事故等時のうちNo.8の原子炉停止機能喪失が事故シーケンスの中で大きい。外荷重としては、No.9のLOCA時注水機能喪失で発生する配管破断によるジェット荷重が生じる。このため、重大事故等時の評価では、No.8の温度、圧力条件とNo.9の外荷重を用いた評価を行う。

表8 既工認と重大事故等時の評価条件

No.	状態 ^{※3}	圧力 ^{※5} (MPa)	温度 (°C)	外荷重
1	高圧・低圧注水機能喪失	7.79	295	事故時荷重は生じない ^{※4}
2	高圧注水・減圧機能喪失	7.79	295	事故時荷重は生じない ^{※4}
3	全交流動力電源喪失(長期TB)	8.16	298	事故時荷重は生じない ^{※4}
4	全交流動力電源喪失(TBD, TBU)	8.16	298	事故時荷重は生じない ^{※4}
5	全交流動力電源喪失(TBP)	8.16	298	事故時荷重は生じない ^{※4}
6	崩壊熱除去機能喪失(取水機能喪失の場合)	7.79	295	事故時荷重は生じない ^{※4}
7	崩壊熱除去機能喪失(残留熱除去系故障の場合)	7.79	295	事故時荷重は生じない ^{※4}
8	原子炉停止機能喪失	<u>8.19</u>	298	事故時荷重は生じない ^{※4}
<u>9</u>	<u>LOCA時注水機能喪失</u>	7.79	295	<u>配管破断によるジェット荷重</u>
10	格納容器バイパス(ISLOCA)	7.79	295	事故時荷重は生じない ^{※4}
11	津波浸水による注水機能喪失	8.16	298	事故時荷重は生じない ^{※4}

※3：No.1~11までは、事故シーケンスの状態を示す。

※4：配管破断を伴わない事故シーケンスであり、事故時荷重は生じない。

※5：No.1~11は压力容器ドーム圧を示す。

4.4 重大事故等時の事故シーケンス毎の応力関係

重大事故等時の条件での応力関係を以下に示す。ここで、死荷重は各重大事故等シーケンスで同様となり、圧力は原子炉停止機能喪失時が大きい。事故時荷重は、LOCA注水機能喪失時にジェット荷重が生じる。このため、重大事故等時の強度評価では、原子炉停止機能喪失時の圧力条件とLOCA注水機能喪失時の事故時荷重を用いた評価を行う。尚、有効性評価で考慮しているLOCA注水機能喪失時に想定している破断面積は3.7 cm²だが、強度評価ではより厳しい評価となる全破断を考慮する。

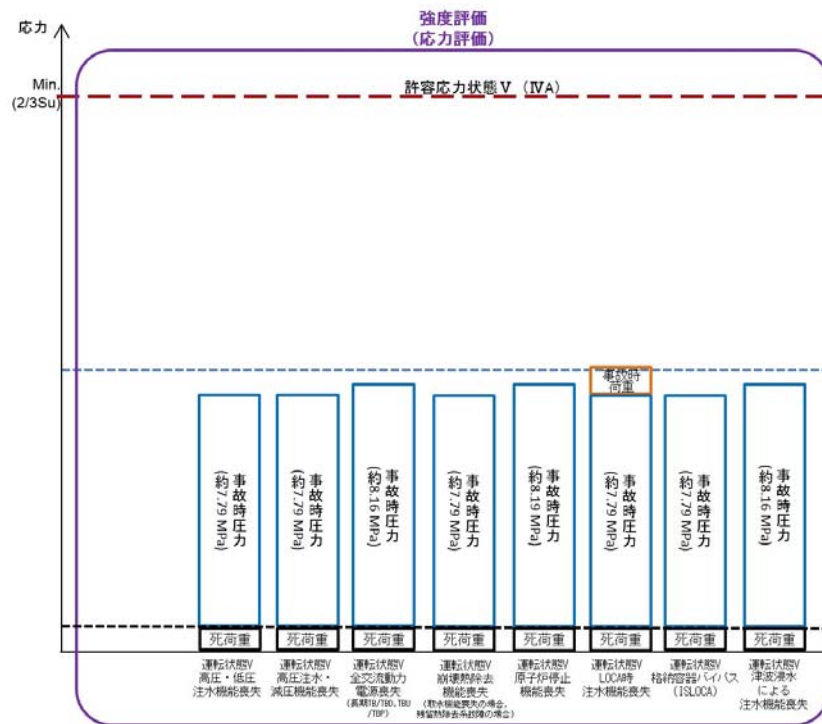


図 3 重大事故等時と建設時設計条件の応力関係

応力分類：1次応力評価（胴板）

5. 管の応力評価方法

5.1 重大事故等時の管の応力評価 (PPB-3560 準用)

(1) 評価応力

重大事故等時の評価は、設計・建設規格での供用状態 D (IV_A) の管の応力評価を準用し以下となる。

PPB-3560 供用状態 D (IV_A) に対する規定

PPB-3562 一次応力制限

供用状態 D (IV_A) における一次応力 S_{prm} は、圧力 P およびモーメント M_{bp}, M_{rp}, M_{ip} に対して PPB-3520 の式に従い算出すること。この時の許容応力は、 $3S_m$ または $2S_y$ の小さい方の値とする。

S_m : 付録材料図 表 Part5 表 1 に定める設計応力強さ (MPa)

S_y : 付録材料図 表 Part5 表 8 に定める設計降伏点 (MPa)

PPB-3520 設計条件における一次応力制限

設計条件における一次応力は、次の(1)、(2)の要求を満たさなければならない。

(1) 管台および突合せ溶接式ティー

$$S_{prm} = \frac{B_1 P D_0}{2t} + \frac{B_{2b} M_{bp}}{Z_b} + \frac{B_{2r} M_{rp}}{Z_r} \quad (\text{PPB-3.1})$$

(2) (1)以外の管

$$S_{prm} = \frac{B_1 P D_0}{2t} + \frac{B_2 M_{ip}}{Z_i} \quad (\text{PPB-3.2})$$

S_{prm} : 一次応力 (MPa)

P : 最高使用圧力 (MPa)

D_0 : 管の外径 (mm)

t : 管の厚さ (mm)

M_{bp} : 管台または突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の機械的荷重により生じるモーメント (N・mm)

M_{rp} : 管台または突合せ溶接式ティーに接続される主管の機械的荷重により生じるモーメント (N・mm)

M_{ip} : 管の機械的荷重により生じるモーメント (N・mm)

Z_b : 管台または突合せ溶接式ティーに接続される分岐管の断面係数 (mm³)

Z_r : 管台または突合せ溶接式ティーに接続される主管の断面係数 (mm³)

Z_i : 管の断面係数 (mm³)

B_1, B_{2b}, B_{2r}, B_2 : PPB-3810 に規定する応力係数

(2) 評価する荷重

重大事故時における管の強度評価に用いる荷重の組み合わせを表9に示す。重大事故等時(V)は死荷重, 圧力, 外荷重(機械荷重)を考慮して強度評価を行う。

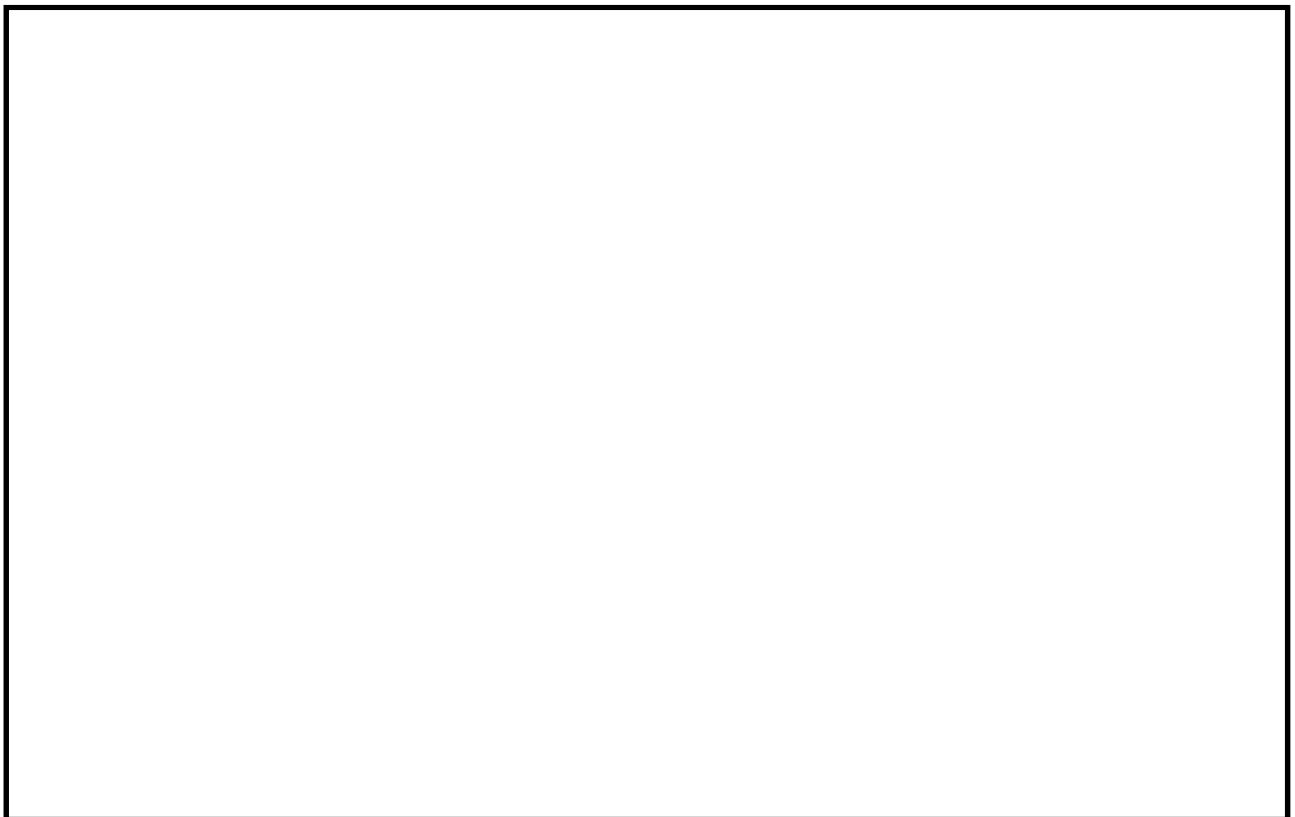
表9 管の強度評価と耐震評価における荷重の組合せ

	強度評価 (V)
管の荷重の組み合わせ	D + P + M D : 死荷重 P _{SA} : 重大事故等時の圧力 M : 重大事故等時の機械荷重※

※ : MS-SRV の取り付く配管モデルでは, 機械荷重として SRV 吹き出し反力が入る。

(3) 応力算出方法

応力は, (1)の式の圧力P, 荷重により発生するモーメントMを代入することで算出する。荷重により発生するモーメントは図4の梁モデルから得られる。



5.2 重大事故等時の強度評価条件

管の応力評価に必要な評価条件として温度、圧力、外荷重について重大事故等時の評価条件を表 10 に示す。圧力、温度については、重大事故等時のうち No. 8 の原子炉停止機能喪失が事故シーケンスの中で大きい。外荷重については、重大事故等時のうち LOCA 時注水機能喪失時に破断した配管にはジェット荷重が発生するため、今後評価条件の整理を行う。

表 10 耐震評価IV_AS と重大事故等時の評価条件

No.	状態 ^{※1}	圧力 (MPa)	温度 (°C)	外荷重
1	高圧・低圧注水機能喪失	7.79	295	事故荷重は生じない ^{※2}
2	高圧注水・減圧機能喪失	7.79	295	事故荷重は生じない ^{※2}
3	全交流動力電源喪失(長期 TB)	8.16	298	事故荷重は生じない ^{※2}
4	全交流動力電源喪失(TBD, TBU)	8.16	298	事故荷重は生じない ^{※2}
5	全交流動力電源喪失(TBP)	8.16	298	事故荷重は生じない ^{※2}
6	崩壊熱除去機能喪失(取水機能喪失の場合)	7.79	295	事故荷重は生じない ^{※2}
7	崩壊熱除去機能喪失(残留熱除去系故障の場合)	7.79	295	事故荷重は生じない ^{※2}
8	原子炉停止機能喪失	8.19	298	事故荷重は生じない ^{※2}
9	LOCA 時注水機能喪失	7.79	295	配管破断によるジェット荷重あり
10	格納容器バイパス(ISLOCA)	7.79	295	事故荷重は生じない ^{※2}
11	津波浸水による注水機能喪失	8.16	298	事故荷重は生じない ^{※2}

※1：No. 1～11 までは、重要事故シーケンスの状態を示す。

※2：配管破断を伴わない事故シーケンスであり、事故時荷重は生じない。

※3：No. 1～11 は圧力容器ドーム圧を示す。

5.3 重大事故等時の事故シーケンス毎の応力関係

重大事故等時の条件での応力関係を以下に示す。ここで、死荷重は各重大事故シーケンスで同様となり、圧力は原子炉停止機能喪失が大きい。このため、重大事故等時の強度評価では、重大事故時の評価条件を上回る条件を用いる。事故時荷重については、今後整理する。

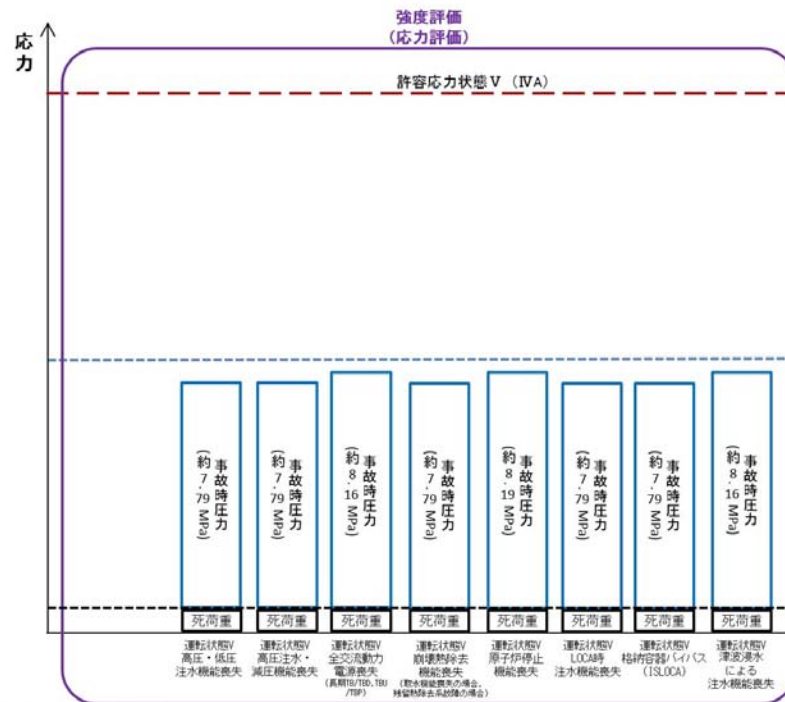


図 5-1 重大事故等時の応力関係例 (MS 配管以外)

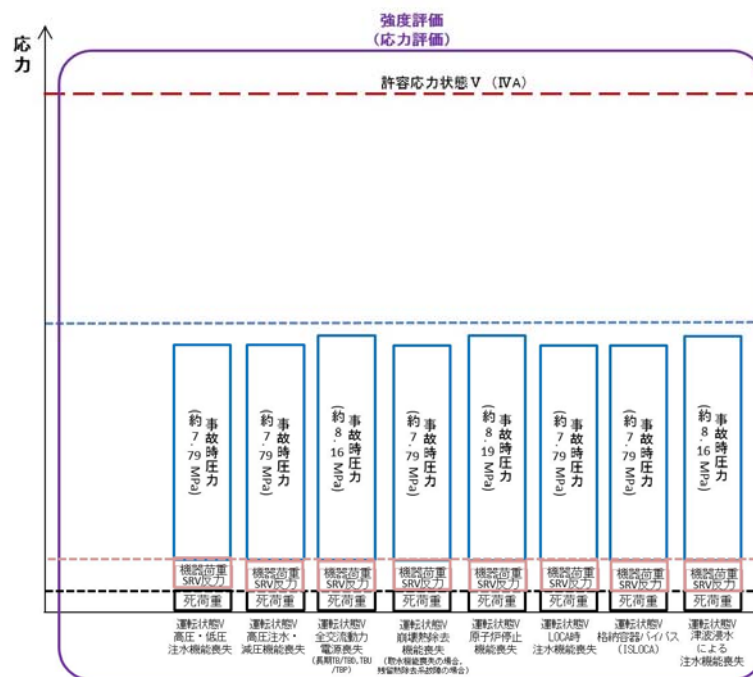


図 5-2 重大事故等時の応力関係例 (MS 配管)

重大事故等クラス2機器であってクラス1機器（原子炉圧力容器及びクラス1管）の
強度評価において考慮する事故シーケンスの考え方

原子炉圧力容器及びクラス1管が有する原子炉冷却材圧力バウンダリ機能は、「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、異常発生防止系として、その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を引き起こすおそれのある構築物、系統及び機器であると定義されている。このため、重大事故等クラス2機器としての強度評価においては、技術基準規則第54条に基づき、「実用発電用原子炉及びその付属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第37条において、個別プラントの確率論的安全評価を活用し、炉心の著しい損傷に至る可能性があるとして想定する事故シーケンスグループから選定された、炉心損傷防止対策の重要事故シーケンスに基づく圧力・温度条件を考慮する。

想定する格納容器破損モードのうち、高圧溶融物／格納容器雰囲気直接加熱（DCH）、原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用（FCI）、溶融炉心・コンクリート相互作用（MCCI）は、著しく炉心が損傷し、原子炉圧力容器の破損に至る事故シーケンスである。また、想定する格納容器破損モードのうち、雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）及び水素燃焼は、重大事故等対処設備を用いた原子炉注水により原子炉圧力容器の破損防止に成功する事故シーケンスであるが、大破断LOCAが発生し、著しい炉心損傷に至る事象である。これら炉心の著しい損傷に至る格納容器破損モードの事故シーケンスについては、原子炉格納容器バウンダリの機能維持を確認する評価に適用することとしている。なお、格納容器過圧・過温破損及び水素燃焼では、原子炉圧力容器が損傷炉心を冷却するバウンダリの機能を担うが、大破断LOCAの発生により原子炉圧力容器内の圧力は、原子炉格納容器圧力と同程度に減圧されることから、重大事故等クラス2機器（原子炉圧力容器及びクラス1配管）強度評価の圧力条件である8.62MPaを大きく下回り、圧力荷重による原子炉圧力容器の発生応力は小さくなる。また、格納容器過圧・過温破損の有効性評価では、感度解析として、Excessive LOCAが発生することで重大事故等対処設備を用いた原子炉注水に失敗し、原子炉圧力容器破損に至る場合の評価を行っており、この場合においても、格納容器スプレー等の重大事故等対策により原子炉格納容器バウンダリ機能が維持できることを確認している。また、DCH、FCI、MCCIについては、原子炉圧力容器が破損に至ることから、原子炉冷却材圧力バウンダリの健全性を維持する必要は無く、評価は不要である。

想定される重大事故等のうち、使用済燃料貯蔵槽内における想定事故については、原子炉圧力容器及びクラス1管への事故荷重は生じない。また、想定する運転停止中の事故シーケンスグループについては、事故時の圧力・温度が低いことから、炉心損傷防止対策の重要事故シーケンスの評価に包含される。

炉心損傷防止対策の重要事故シーケンスに基づく圧力・温度条件を第1表に示す。

表1 炉心損傷防止対策の重要事故シーケンスに基づく圧力・温度条件

No.	状態 ^{※1}	圧力 ^{※1} MPa [gage]	温度 ^{※2} ℃
1	高圧・低圧注水機能喪失	7.79	295
2	高圧注水・減圧機能喪失	7.79	295
3	全交流動力電源喪失(長期TB)	8.16	298
4	全交流動力電源喪失(TBD, TBU)	8.16	298
5	全交流動力電源喪失(TBP)	8.16	298
6	崩壊熱除去機能喪失(取水機能喪失の場合)	7.79	295
7	崩壊熱除去機能喪失(残留熱除去系故障の場合)	7.79	295
8	原子炉停止機能喪失	8.19	298
9	LOCA時注水機能喪失	7.79	295
10	格納容器バイパス(ISLOCA)	7.79	295
11	津波浸水による注水機能喪失	8.16	298

[重大事故等クラス2機器の強度評価条件：圧力 8.62MPa, 温度 302℃]

- ※1 有効性評価解析における、原子炉圧力容器ドーム部圧力を示す。
- ※2 原子炉圧力容器ドーム部圧力に対する飽和温度を設定する。炉心損傷しない事故シーケンスにおいて、原子炉容器及びクラス1管に接触する冷却材は過熱状態とならないことから、飽和温度を考慮することは保守的な仮定である。

補足-420-6 重大事故等クラス2管の疲労評価について

1. はじめに

本資料では、重大事故等クラス2管の疲労評価省略について説明するものである。

2. 重大事故等クラス2管の疲労評価について

重大事故等時の疲労評価については、発生回数が少ないことから先行審査同様に省略できると考えているが、発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1 - 2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）及び発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和45年9月3日通商産業省告示第501号並びに昭和55年10月30日通商産業省告示第501号）（以下「告示第501号」という。）において、疲労評価として一次＋二次応力の規定があることから、以下に二次応力について整理する。なお、二次応力の規定については、告示第501号と設計・建設規格は同等の規定であることから、以降は設計・建設規格にて説明を実施する。二次応力については、設計・建設規格 解説GNR-2130の5.において以下のとおり規定されている。

【設計・建設規格 解説 GNR-2130】

5. 二次応力は、容器の自己拘束によって発生する応力である。すなわち、その特性は、自己制御性があることである。換言すると、二次応力が発生し、部材が降伏を起こしたりまたはわずかにひずみを生じた場合、もはやそれ以上の応力の増加はなく、応力の飽和状態に達する。

従って、二次応力のみによっては破損を起こすことは考えられない。ただし、二次応力により生ずるひずみが無制限に許されるのではなく、シェイクダウン特性を考慮して応力強さの限界を設けている。

二次応力の代表例として、熱応力と不連続応力がある。熱応力は、部材内部に温度差が発生することにより生ずるものであり、この応力によって変形を生ずるかまたは応力の増加により塑性流れの状態を生ずると、応力分布は全体として均等化する。

不連続応力は、部材の肉厚が一様でない管台等において、変形が不連続になることにより発生する応力である。これは、内圧や外荷重の増減に伴い変化するが、容器全体からみると極めて限られた部分であり、一次応力のようにいつまでもその応力状態を維持しているわけではなく、応力が増加すれば局所的な塑性流れを発生し応力分布は均等化することになる。

クラス2管については、疲労による破壊の防止の評価として、設計・建設規格 PPC-3530「供用状態AおよびBにおける一次+二次応力制限」が規定されており、高温、高圧となる系統などについては設計(使用)条件に応じて適切に考慮する必要がある。

ここで、設計・建設規格における一次+二次応力評価については、供用状態A及び供用状態Bについてのみ規定されているが、これは設計・建設規格 解説PVB-3112において解説されており、一次+二次応力評価は疲労評価の前提であり、供用状態Cおよび供用状態Dについては、発電設備の寿命中において、発生する回数が非常に少なく疲労破壊には顕著な影響を与えないため、あらかじめ疲労解析は不要とされており、従って、一次応力と二次応力を加えて求めて応力強さの評価も必要ないとされている。

重大事故等事象は設計・建設規格に規定が無いが、従来の設計基準事象において「原子炉施設の故障、異常な作動等により原子炉の運転の停止が緊急に必要とされる運転状態」と規定される運転状態Ⅲ、「原子炉施設の安全性を評価する観点から異常な状態を想定した運転状態」と規定される運転状態Ⅳを超える事象であり、疲労評価が不要とされている事象よりもさらに発生する回数が少ないものである（複数回発生することを想定しない）ことから、設計・建設規格 解説PVB-3112に基づき、重大事故等事象に対して疲労評価(1次応力+2次応力評価)は省略可能であると考ええる。

以上のことから、重大事故等クラス2管の疲労評価については、重大事故等時は発生回数が少なく疲労に顕著な影響を及ぼす繰返し応力は発生しないことから評価を省略することとしている。

ここで、配管に各荷重により生じる応力は、以下のとおりに分類されるが、重大事故等時の強度評価は、上述のとおり一次応力を評価する。

	重大事故等時 (V)	耐震IVAS
一次応力	自重による応力	自重による応力
	圧力による応力	圧力による応力
	機械荷重による応力*	機械荷重による応力*
	—	地震慣性力による応力
二次応力	ジェットにより原子炉圧力容器等に変位が生じることで配管に生じる応力	
	熱応力	地震相対変位による応力

※：MS-SRVの取り付く配管モデルでは、機械荷重としてSRV吹き出し反力が入る。

補足-420-7 重大事故等クラス2機器におけるクラス2機器の規定に
よらない場合の評価

1. クラス2機器の規定によらない場合の評価対象機器

設計・建設規格又は告示第501号に評価式が規定されていない場合、又は、より精緻な評価を実施する必要がある場合について、同等性又は精緻な評価を行うために使用する規定及び適用系統・設備を以下に示す。適用式の詳細については「2. クラス2機器の規定によらない場合の評価」にて説明を行う。

評価方法	適用規格・適用式	適用系統・設備										
a. 評価式が規定されていない場合												
(a) 長方形板の大たわみ式を用いた評価	<p>機械工学便覧 (4辺単純支持の長方形板が等分布荷重を受ける場合の長方形板の大たわみ式)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">計算式</p> $\frac{256(1-\nu^2)}{\pi^4 E t^4} (P + g D_p) =$ $\frac{4}{3} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2} \right)^2 \frac{\delta_{max}}{t} + \left\{ \frac{4\nu}{a^2 c^2} + (3-\nu^2) + \left(\frac{1}{a^4} + \frac{1}{c^4} \right) \right\} \left(\frac{\delta_{max}}{t} \right)^3$ $\sigma_{max} = \frac{\pi^2 E \delta_{max}}{8(1-\nu^2)} \left\{ \frac{(2-\nu^2)\delta_{max} + 4t}{a^2} + \frac{\nu(\delta_{max} + 4t)}{c^2} \right\}$ </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・中央制御室換気空調系 ダクト ・緊急時対策所換気系 ダクト <p>注1：設計・建設規格クラス2管の規格が適用できない長方形ダクトについて評価 注2：「2.(1) 長方形の大たわみ式を用いた矩形ダクトの評価」に記載</p>										
(b) クラス3ポンプの規定を準用した評価	<p>設計・建設規格 (第3種機器の評価式)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 15%;">型 式</th> <th colspan="2" style="width: 60%;">ク ラ ス</th> <th rowspan="2" style="width: 25%;">備 考</th> </tr> <tr> <th style="width: 20%;">2</th> <th style="width: 40%;">3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">立形 ポンプ</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;"> $t = \frac{P D_o}{2(S \eta + P y)}$ </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・内圧を受ける円筒の応力式であるLameの修正式に基づく。 </td> </tr> </tbody> </table>	型 式	ク ラ ス		備 考	2	3	立形 ポンプ	-	$t = \frac{P D_o}{2(S \eta + P y)}$	<ul style="list-style-type: none"> ・内圧を受ける円筒の応力式であるLameの修正式に基づく。 	<ul style="list-style-type: none"> ・残留熱除去系海水ポンプ ・緊急用海水系ポンプ ・非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ <p>注3：設計・建設規格クラス2ポンプの規格が適用できない立形ポンプについて評価 注4：「2.(2) 立形ポンプの評価」に記載</p>
型 式	ク ラ ス		備 考									
	2	3										
立形 ポンプ	-	$t = \frac{P D_o}{2(S \eta + P y)}$	<ul style="list-style-type: none"> ・内圧を受ける円筒の応力式であるLameの修正式に基づく。 									

評価方法	適用規格・適用式	適用系統・設備
(c) ねじ山のせん断破壊式を用いた評価	機械工学便覧 (ねじ山のせん断破壊荷重評価式) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p style="text-align: center;">計 算 式</p> $AB = (P/2) + (d_p - D_c) \tan \alpha$ $W_B = \pi D_c \overline{AB} z \tau_B$ $F_B = (W_B - F_t) / A$ </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高圧窒素ボンベラック ・ 二次隔離弁操作室 空気ボンベラック ・ 中央制御室退避室 空気ボンベラック (可搬の連結管と常設配管の継手) <p>注5：設計・建設規格クラス2管の規格が適用できないねじ込み継手について評価</p> <p>注6：「2. (3) ねじ山のせん断破壊式を用いたねじ込み継手の評価」に記載</p>
b. 精緻な評価を実施する必要がある場合		
(a) クラス1容器の規定を準用した評価	設計・建設規格 (第1種容器の規定) <ul style="list-style-type: none"> ・ クラス1容器の規定を準用し、解析による評価を実施 ・ 機器によっては、公式による評価と解析による評価を組み合わせ、その健全性を確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 残留熱除去系ポンプ ・ 高圧炉心スプレイ系ポンプ ・ 低圧炉心注水ポンプ (ケーシングカバー) <p>注7：設計・建設規格クラス2機器の評価において、公式による評価を満足しない部位について評価</p> <p>注8：「2. (4) クラス1容器の規定を準用又は参考とした評価」に記載</p>

2. クラス2機器の規定によらない場合の評価

ここでは、設計・建設規格又は告示第501号に評価式*¹が規定されていない場合、又は、より精緻な評価を実施する必要がある場合の評価方法について説明する。

設計・建設規格又は告示第501号に評価式が規定されていない場合、同等性を示す評価式により評価を実施する。より精緻な評価が必要な場合は、クラス1容器の規定を準用した評価により十分な強度を有することを確認する。

図2-1に重大事故等クラス2機器の技術基準規則適合性確認フローを示す。今回の工事計画対象設備である重大事故等クラス2機器の評価のうち、フローに基づき抽出された同等性評価方法を以下に示す。

- a. 評価式が規定されていない場合
 - (a) 長方形板の大たわみ式*²を用いた評価
 - (b) クラス3ポンプの規定を準用した評価
 - (c) ねじ山のせん断破壊式*³を用いた評価

- b. 精緻な評価を実施する必要がある場合
 - (a) クラス1容器の規定を準用した評価

注記 *1：評価式とは、設計・建設規格にて評価する場合はクラス2機器の評価式、告示第501号にて評価する場合は第3種容器、第4種容器及び第2種管の評価式を示す。

*2：機械工学便覧に記載されている4辺単純支持の長方形板が等分布荷重を受ける場合の長方形板の大たわみ式

*3：機械工学便覧に記載されているねじ山のせん断破壊荷重評価式

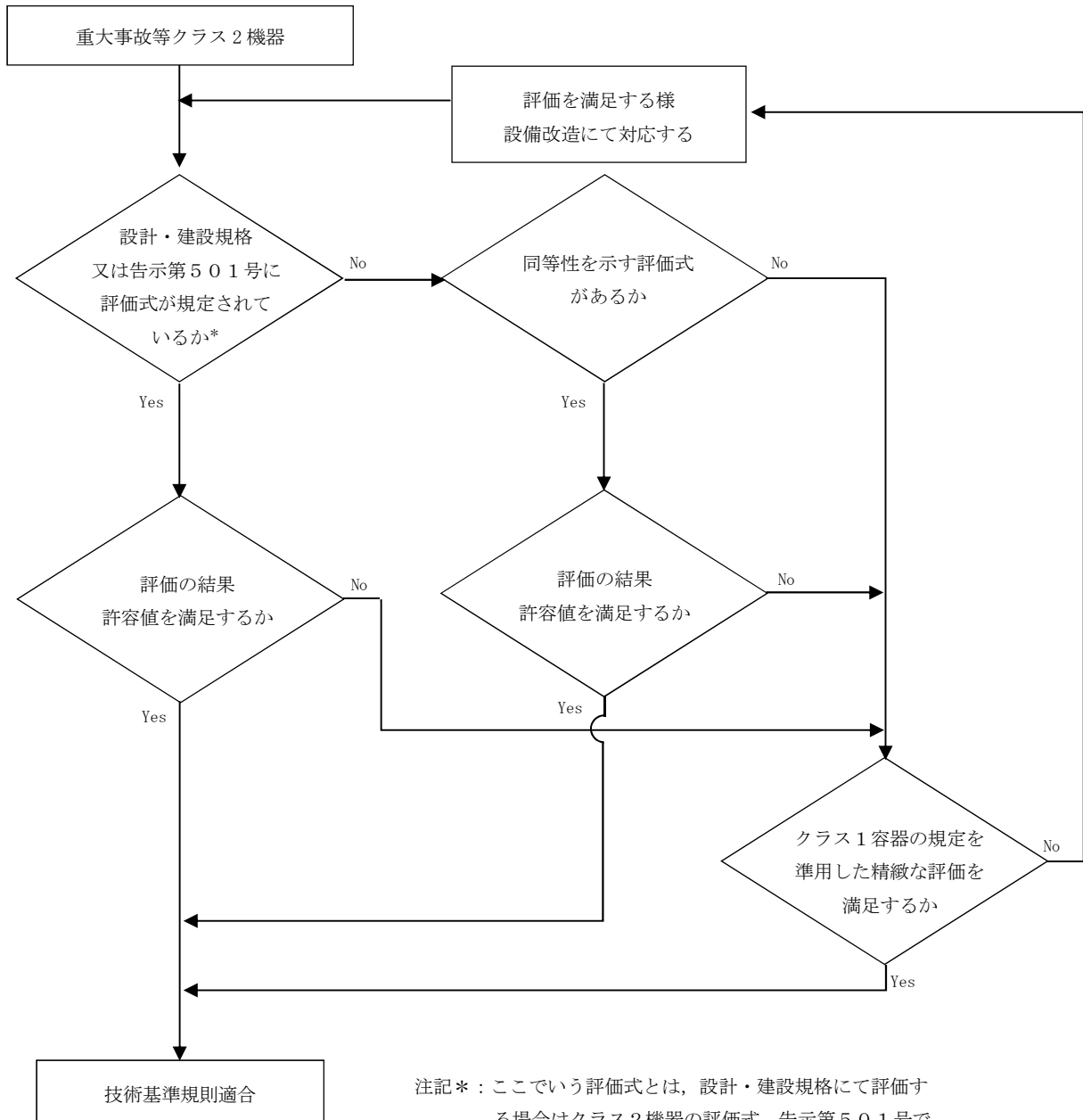


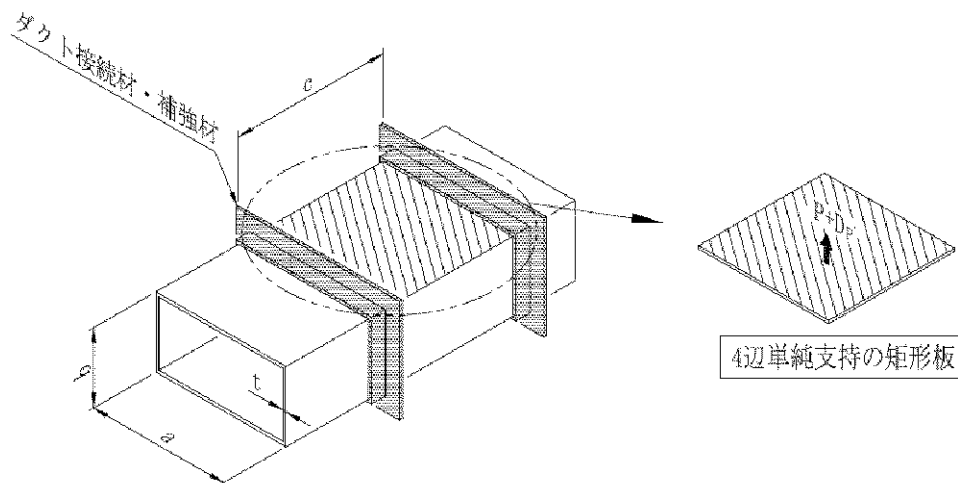
図1 重大事故等クラス2機器の技術基準規則適合性確認フロー

(1) 長方形の大たわみ式を用いた矩形ダクトの評価

重大事故等クラス2管のうち矩形ダクトについては、形状が円形ではないことから、設計・建設規格に規定されているクラス2管の円形を前提とした評価式を適用することができない。このため、矩形ダクトの強度評価については、以下に示すとおり重大事故等クラス2管の評価手法として妥当性を確認した機械工学便覧に記載されている長方形板の大たわみ式及び判断基準を用いた評価を実施する。

a. 評価式

クラス2管の評価式を適用できない矩形ダクトについて、矩形ダクトの任意のダクト鋼板面のうち2辺は他の2つの側面のダクト鋼板で支持されており、残りの2辺は補強部材（及び接続材）で支持された、4辺単純支持長方形板とみなすことができる。実際の使用条件では、この鋼板面に圧力と自重の等分布荷重である面外荷重が作用する。鋼板面は、この面外荷重により薄い平板が板厚の半分以上大きくたわみ、膜引張応力状態で応力の釣合いが保たれ、鋼板中心部で最大応力が発生する。このように、薄い平板が板厚の半分以上の比較的大きなたわみを生じる挙動を示す場合の応力評価には、機械工学便覧記載の長方形板の大たわみ式（次項に示す2つの式）が適していることから、矩形ダクトの強度評価には、機械工学便覧記載の4辺単純支持長方形板の大たわみ式を用いる。



計算に使う記号

記号	単位	定義
t	mm	ダクトの厚さ
a	mm	ダクト幅
b	mm	ダクト高さ
c	mm	ダクト接続材・補強材の接続ピッチ
P	MPa	最高使用圧力
g	mm/s ²	重力加速度
D _p	kg/mm ²	単位面積あたりのダクト鋼板の質量
E	MPa	ヤング率
ν	—	ポアソン比
δ _{max}	mm	面外荷重によるダクト鋼板の最大変位量
σ _{max}	MPa	面外荷重による一次応力

計算式
$\frac{256 (1-\nu^2)}{\pi^6 E t^4} (P + g D_p) =$ $\frac{4}{3} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2} \right)^2 \frac{\delta_{max}}{t} + \left\{ \frac{4\nu}{a^2 c^2} + (3-\nu^2) + \left(\frac{1}{a^4} + \frac{1}{c^4} \right) \right\} \left(\frac{\delta_{max}}{t} \right)^3$ $\sigma_{max} = \frac{\pi^2 E \delta_{max}}{8(1-\nu^2)} \left\{ \frac{(2-\nu^2) \delta_{max} + 4t}{a^2} + \frac{\nu (\delta_{max} + 4t)}{c^2} \right\}$

b. 判断基準

矩形ダクトの強度評価では、設計・建設規格クラス2管に規定のある厚さ計算及び応力計算を参考とし、機械工学便覧のたわみの式を適用した評価を実施する。また、判断基準については以下のとおりとし、裕度については設計・建設規格のクラス2管の規定における許容引張応力S値を適用する。

(a) 厚さ計算

最少板厚を求める場合は、面外荷重による一時応力 σ_{max} を許容引張応力S値に置き換えて、2式を解き、両式を満足する δ_{max} 及び t を求める。この時の t を矩形ダクトの計算上必要な厚さと定義し、ダクトの実際使用厚さが計算上必要な厚さを満足することを確認する。

(b) 応力計算

一次応力を求める場合は、ダクトの実際使用厚さを用いて、2式を解き、両式を満足する δ_{max} 及び σ_{max} を求める。この時の σ_{max} を矩形ダクトの一次応力と定義し、一次応力が許容引張応力S値の1.5倍以下であることを確認する。

(2) 立形ポンプの評価

重大事故等クラス2ポンプのうち立形ポンプについては、設計・建設規格におけるクラス2ポンプに評価式が規定されていないため、立形ポンプの強度評価については、以下に示すとおり重大事故等クラス2ポンプの評価手法として妥当性を確認した設計・建設規格に規定されているクラス3ポンプの評価式及び判断基準を用いた評価を実施する。

a. 評価式

クラス2ポンプ及びクラス3ポンプのケーシングの強度評価式を表2-1に示す。

ケーシング厚さの評価式については、一般的な材料力学における内圧を受ける薄肉円筒の式又は内圧を受ける円筒の応力式であるLameの修正式に基づいており、横形ポンプにおいては、クラス2ポンプとクラス3ポンプの考え方は同一であり、技術的に同一の強度を有することが要求されている。この考え方については、クラス2管とクラス3管の厚さ計算についても同様であることから、クラス2ポンプに評価式が規定されていない重大事故等クラス2ポンプのうち立形ポンプのケーシングの強度評価については、クラス3ポンプに規定されている立形ポンプの評価式を用いる。

表 2-1 設計建設規格 ケーシングの強度評価式

ポンプ型式	設計・建設規格強度評価式		備考
	クラス 2	クラス 3	
横形ポンプ	$t = \frac{P A}{2 S}$	$t = \frac{P A}{2 S}$	<ul style="list-style-type: none"> ・同じ式である ・内圧を受ける薄肉円筒の式に基づく
立形ポンプ	—	$t = \frac{P D_o}{2(S \eta + P y)}$	<ul style="list-style-type: none"> ・内圧を受ける円筒の応力式である Lamé の修正式に基づく。
配管 (参考)	$t = \frac{P D_o}{2 S \eta + 0.8 P}$	$t = \frac{P D_o}{2 S \eta + 0.8 P}$	<ul style="list-style-type: none"> ・内圧を受ける円筒の応力式である Lamé の修正式に基づく。
<p>t : ケーシング及び吐出エルボ、揚水管又はボウルの計算上必要な厚さ (mm)</p> <p>P : 最高使用圧力 (MPa)</p> <p>A : 設計・建設規格 図 PMC-3320-6 又は設計・建設規格 図 PMD-3310-1 から図 PMD-3310-6 までに示す寸法 (mm)</p> <p>S : 最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に規定する材料の許容引張応力 (MPa)</p> <p>D_o : 設計・建設規格 図 PMD-3310-7 に示す吐出エルボの外径寸法、揚水管の外径寸法、個々のボウルの吸込み側の最大外径寸法 (mm)</p> <p>η : 長手継手の効率で、設計・建設規格 PMD-3110 に定めるところによる。</p> <p>y : 0.4 (D_o / t ≥ 6.0 の場合) d / (d + D_o) (D_o / t < 6.0 の場合)</p>			

b. 判断基準

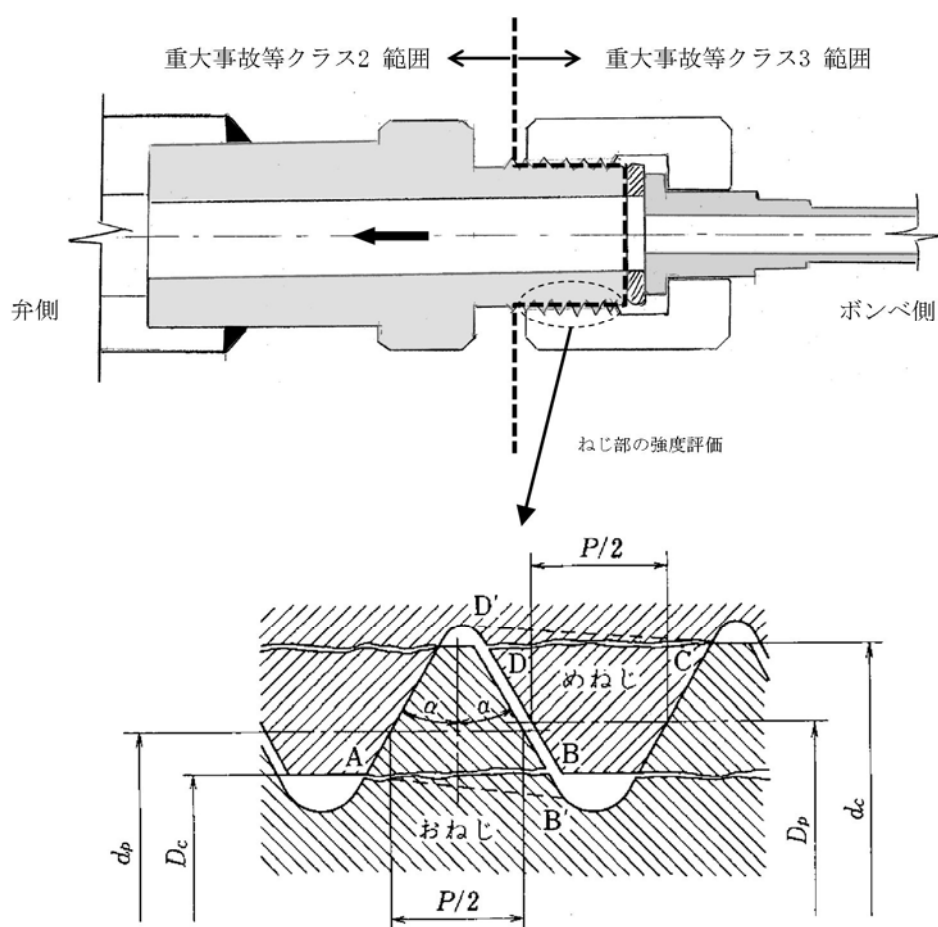
立形ポンプのケーシングの強度評価では、クラス 3 ポンプに規定されている立形ポンプの評価式を用いた評価を実施するが、裕度については設計・建設規格のクラス 2 ポンプのケーシングの規定における許容引張応力 S 値を適用する。

(3) ねじ山のせん断破壊式を用いたねじ込み継手の評価

重大事故等クラス2管のうちねじ込み継手については端部がねじ部であるため設計・建設規格に規定されているクラス2管の評価式を適用することができない。このため、ねじ部の強度評価については、以下に示す機械工学便覧に記載されているねじ部のせん断破壊評価式を準用した評価を実施する。

a. 評価式

クラス2管の評価式を適用できないねじ部のせん断応力評価について、使用するねじは JIS B 0208 (1965)「ウィット細目ネジ及びユニファイ細目ネジ」に適合したものを使用することから、ねじ部の強度評価に用いられる機械工学便覧記載のねじ山のせん断破壊式を用い評価する。また、継手部の厚さ計算については、設計・建設規格に規定されている計算上必要な厚さの規定を用いる。



計算に使う記号及び計算式

記号	単位	定義
AB	mm	おねじのせん断長さ
P	mm	ピッチ
d_p	mm	おねじの外径
D_c	mm	おねじの有効径
α	°	ねじ角度
W_B	N	おねじのねじ山の許容軸方向荷重
Z	—	負荷能力があるとみなされるねじ山の数 $z = (L - 0.5P)/P$
τ_B	MPa	おねじ材料の許容せん断応力
L	mm	ねじの基準長さ
F_B	MPa	おねじの耐圧力
F_t	N	ねじ締付トルクによる引抜荷重
A	mm ²	内圧評価断面積

計 算 式
$AB = (P/2) + (d_p - D_c) \tan \alpha$ $W_B = \pi D_c \overline{AB} z \tau_B$ $F_B = (W_B - F_t)/A$

b. 許容値

ねじ部のせん断評価は、機械工学便覧記載のせん断破壊式を準用した評価を実施するが、ねじ込み継手は管と管とを接続する継手であることから許容値については設計・建設規格クラス2管の規定における許容引張応力Sを基に求めた許容せん断応力 $S/\sqrt{3}$ を適用する。

(4) クラス1容器の規定を準用又は参考とした評価

重大事故等クラス2機器の評価において、公式による評価を満足しない部位については、より精緻な評価を実施する必要があるため、設計・建設規格にて規定されている準用規定に基づき、クラス1容器の規定を準用し、解析による評価を実施する。そのため機器によっては、公式による評価と解析による評価を組み合わせ、その健全性を確認する方針とする。

クラス1容器の規定を満足しない場合は、重大事故等時に求められる機能を発揮できるよう、クラス1容器の規定を参考とした評価を実施する。

a. 公式による評価と解析による評価の組合せ

設計・建設規格のクラス2機器の評価は公式による評価が基本となるが、公式による評価を満足しない部位を含む機器は、公式による評価と解析による評価を組み合わせた評価を実施する。

(a) クラス2機器の公式による評価

設計・建設規格のクラス2機器の評価については、設計・建設規格 PVC-3000（クラス2容器の設計）、PPC-3000（管の設計）、PMC-3000（クラス2ポンプの設計）の各機器の規定において、胴、管、ケーシング等の一般部の板厚評価式、開口部に対する補強及びフランジの簡易評価式等、強度評価式が種々に与えられているが、構造不連続部等の局所に着目した強度評価方法については明確にされていない。

設計建設規格のクラス2機器であっても、構造不連続部等の局所的に応力が高い部分も存在すると考えられるが、各機器の規定されている強度評価は、一般部に対し、許容値を低く設定（許容引張応力 S ）して裕度のある評価を行うことで、局所の健全性も担保している。

(b) 解析による評価

評価対象部位のうち公式による評価を満足しない部位については、より精緻な評価としてクラス1容器の規定を準用し、解析による評価を実施する。解析による評価は、構造不連続部等の局所的に応力が高い部位を模擬した詳細な解析に応じた許容値（許容応力 S_m ）を設定し、より精緻な評価を行うことで、局所の健全性を確認している。

(c) 評価対象部位間の相互影響

前述の(b)項に記載の機器は、評価対象部位ごとに公式と解析による評価が混在する機器であり、以下に示すとおり部位間の相互影響を適切に考慮することで、機器としての健全性を確認する。

イ. 一体構造体

主管に設けられた管台等の一体構造体中に存在する構造不連続部等の局所では、一般部に比べ発生応力が大きくなり、その局部応力により局所周辺も発生応力が引き上げられると考えられる。そのため、局部応力が隣接する部位に及ぼす影響の有無を適切に評価する必要がある。

局部応力が隣接する部位に及ぼす影響については、設計・建設規格 解説 PVB-3513（補強面積の設置条件）及び設計・建設規格 解説 PVB-3530（補強をしない穴の適合条件）では、殻理論に基づく軸対称殻上の局所が及ぼす影響範囲について示されている。設計・建設規格 解説 PVB-3513 には「 $0.5\sqrt{R \cdot t}$ に局部応力のほとんどが収まる」と示されている。

以上のことから、主管に設けられた管台等の一体構造体内に存在する構造不連続部等の局所の評価について、局部応力が及ぼす影響範囲 $0.5\sqrt{R \cdot t}$ を網羅するよう適切にモデル化することで、一体構造体として評価を実施する。

ロ. 一体でない構造体

フランジとボルト等の一体でない異なる構造体中に存在する評価対象部位間では、荷重・変位伝達等を個別に設定することで、独立した部位として個々に評価を実施する。

補足-420-8 JIS G 3106 (SM材) の使用について

1. 概要

東海第二発電所における既設設備の健全性評価にあたり、建設時に使用されている SM 材（溶接構造用圧延鋼材：JIS G 3106（1966）*1）の継続使用の妥当性*2を示す。

*1：設計・建設規格（2005/2007）付録材料図表 Part1 に記載される材料規格名称であって、建設時は JIS G 3106（1966）（S45 年告示 5 0 1 号（以下 S45 年告示））を適用している。

設計・建設規格（2005/2007）では JIS G 3106（2004）を適用している。

*2：設計・建設規格（2005/2007）では、最高使用圧力が 2.9 MPa を超える機器には、SM 材（溶接構造用圧延鋼材：JIS G 3106（2004））を使用してはならないと使用制限が記載されている。

2. 東海第二発電所における SM 材の使用範囲について

東海第二発電所の建設時は、S45 年告示に従い設計、製作を行っている。S45 年告示には、SM 材の使用制限の記載がなく、最高使用温度が 250℃を超える容器又は最高使用圧力が 10 kg/cm²を超える容器には JIS G 3106（1966）（SM 材）を適用することを規定している。従って、最高使用圧力が 30 kg/cm²以上の機器、配管についても SM 材（JIS G 3106（1966））が使用されているが、S45 年告示に従って設計、製作された機器、配管は、技術基準から外れるものではない。

東海第二発電所で 2.9 MPa 以上で SM 材を使用している設備

使用範囲	使用部位	SM 材	最高使用圧力	機器クラス
残留熱除去系配管	配管	SM41B SM50B	3.45 MPa	DB クラス 2 SA クラス 2
低圧炉心スプレイ系配管	配管	SM50B	4.14 MPa	DB クラス 2 SA クラス 2
残留熱除去系海水系配管	配管	SM50B	3.45 MPa	DB クラス 3 SA クラス 2
残留熱除去系ポンプ	ケーシング	SM41B	3.50 MPa	DB クラス 2 SA クラス 2
高圧炉心スプレイ系ポンプ	ケーシング	SM41B	11.07 MPa	DB クラス 2 SA クラス 2
低圧炉心スプレイ系ポンプ	ケーシング	SM41B	3.97 MPa	DB クラス 2 SA クラス 2
非常用ディーゼル発電機 空気だめ	胴板、鏡板、 マンホール	SM50B	3.24 MPa	DB クラス 3 SA クラス 2
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機空気だめ	胴板、鏡板、 マンホール	SM50B	3.24 MPa	DB クラス 3 SA クラス 2

3. SM材の使用制限の経緯および調査結果

設計・建設規格に記載されている SM 材の使用制限は、S55 年告示 5 0 1 号（以下 S55 年告示）から記載されており、同解説では次の記載があることから、SM 材の使用制限は日本工業規格（JIS）から由来しているものと考えられる。S55 年告示の備考 27 から備考 30 までは、S45 年告示及び JIS B 8243（1977）「圧力容器の構造」の使用制限に従って定めたものである。

JIS における SM 材の使用制限について調査した結果は以下の通り。

(1) J I S B 8 2 4 3 「圧力容器の構造」

JIS B 8243「圧力容器の構造」は、1963 年に「火なし容器の構造」が制定され、1969 年に「圧力容器の構造」と名称が変更になっている。1975 年の「圧力容器の構造」改正時に SM 材の使用制限が設けられているが、その設けられた理由についての記載はない。

一方、JIS G 3106（SM 材）の JIS 制定は 1952 年、JIS G 3103「ボイラー及び圧力容器用炭素鋼およびモリブデン鋼（SB 材）」の JIS 制定は 1953 年、JIS G 3115「圧力容器鋼板（SPV 材）」の JIS 制定は 1968 年、JIS G 3118「中・常温圧力容器用炭素鋼鋼板（SGV 材）」は 1970 年であり、圧力容器用の材料の JIS の整備が行われてきたことから、1975 年に「圧力容器に使用する材料は、圧力容器用の JIS 材で」という考えのもと、それ以外の材料（JIS G 3106）に対しては、使用制限が設けられたものと考えられる。

(2) J I S 圧力容器（改訂版）－解説と計算例－（日本規格協会発行）

J I S 圧力容器（改訂版）－解説と計算例－によれば、SM 材の使用制限は、「該当する鋼材が構造用鋼材であるため」と記載がある。また、鋼板の試験片採取要領において、「…JIS G 3106 の SM 材は各板保証されていない。このため、これらの鋼板では、最高使用圧力が定められ重要度の低い用途に限定されている。」と記載がある。JIS G 3106 において引張試験片の数は、「同一溶鋼に属し、最大厚さが最小厚さの 2 倍以内のものを一括して一組とし、引張試験片を 1 個採取する。」としていることから、圧力容器の主要な部位であり、その強度を確保する必要があるため、SM 材については、使用制限が設けられた可能性がある。

4. SM材の使用制限の経緯を踏まえた検討結果

(1) SM 材が圧力容器用の材料でないことについての考察

JIS で使用制限を制定した経緯として JIS は、その適用範囲の項において当該材料の用途を明示しているため、この範囲内で使用するのが適切であり、ボイラー用または圧力容器用として定められているものを使用すべきという考え方があるものと推定する。材料は、材料の規格や使用条件に合わせて化学成分が調整されているが、概ね製造方法は、構造用（SM 材）も圧力容器用（SB, SPV, SGV 材）も同じであり、上記 3. (2) に記載した通り、圧力容器用の材料は、構造用の材料に比べてそれぞれの用途に応じた品質を JIS にて要求していると考えられる。

東海第二発電所の建設時に使用した SM 材は、S45 年告示で要求されている化学成分、機械的強度及び材料の試験要領等の仕様を材料メーカーへ与えて購入しているものであり、圧力容器用の材料と同等以上の製品要求のもと製造されていると考えられることから、圧力の高い範囲に使用することは問題ないと考えられる。

(2) 試験片の採取要領について

圧力容器用の JIS 材 (SB, SPV, SGV 材) は、規格に従い圧延大板ごと、熱処理を実施した場合には同一熱処理条件ごとに材料試験を実施しているが、SM 材は規格に従い最大 50 t ごとに材料試験 (各板での試験ではなく、ロットでの試験) を実施している。ただし、ロット試験であっても、材料メーカーはミルシートにおいて、すべての材料に対して規格や規定値を保証しており、品質的には SM 材についても同じであり、2.9 MPa を超える使用条件で SM 材を継続使用することについては問題ないと考えている。

(3) 先行 PWR の同様の事例調査

先行機の工認認可申請において、東海第二発電所と同様に最高使用圧力が 2.9MPa を超える機器、配管に SM 材を使用しているという記載は確認できなかった。

(4) 他電力 (BWR) における同様の事例調査

他電力 (BWR) において、SM 材は使用しているが東海第二発電所と同様に最高使用圧力が 2.9 MPa を超える機器、配管に SM 材を使用している箇所はないとの回答を得た。

(5) 検討結果

以上の検討結果から、設計・建設規格では最高使用圧力が 2.9 MPa を超える機器に対する SM 材の使用制限があるが、建設当時の適用規格を満足しており、材料は圧力容器の材料と同等の製品要求のもとに製造されていること、対応する材料のすべてに対して規格の規定値を保証していることから、現在の使用条件で使用することは問題ない。

また、これらの設備については、建設時の使用前検査や供用中の点検等において使用に問題がないことを確認し、これまでも材料及び構造に起因した故障等の不適合は確認されていない。

なお、「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解釈」(平成 25 年 6 月 19 日制定 平成 30 年 1 月 24 日改正) の第 17 条 (材料及び強度) においては、構造強度が維持されていれば現に施設された設計基準対象施設 (DB) は施設時に適用された基準によること、とされており第 55 条 (材料及び強度) に規定される重大事故等対処設備も同様であることから、基準上も問題はない。

補足) 技術基準第 17 条 (解説) ・ ・ 以下、要約して記載

- 1 第 8 号から 14 号までの構造強度は、原子炉等規制法第 43 条の 3 の 14 に基づき維持段階にも適用される。

第 8 号～14 号の規定はクラス 1～3 機器及び支持構造物及びクラス 4 機器についての構造及び強度は、設計上定める条件において、延性破断に至る塑性変形を生じないこと、全体的な変形を弾性域に抑えることを規定しており材料及び構造については 10 号で規定している。

10 この規則（技術基準）施行の際に施設し、又は着手した設計基準対象施設については、施設時に適用された規格（告示501号）等によること。

5. 代替材で評価することの妥当性について

(1) 代替材との比較

JIS G 3106（1966）において規定される使用材料と設計・建設規格で使用が認められている代替の材料との比較を以下に示す。

① 材料の概要

使用材料		代替材料	
SM41B	「溶接構造用圧延鋼材（JIS G 3106）」 溶接性や低温靱性が良好な材料。圧延鋼材。	SGV410	「中・常温圧力容器用炭素鋼鋼板（JIS G 3118）」 中温，常温で使用される圧力容器用の材料。圧延鋼材。
SM50B	「溶接構造用圧延鋼材（JIS G 3106）」 溶接性や低温靱性が良好な材料。圧延鋼材。	SB480	「ボイラ及び圧力容器用炭素鋼及びモリブデン鋼鋼板（JIS G 3103）」 中温から高温で使用されるボイラー及び圧力容器用の材料。圧延鋼材。

② 化学的成分

使用材料	化学的成分 (%)					妥当性
代替材料	C	Si	Mn	P	S	
SM41B	≦0.20	≦0.35	0.60 ~1.20	≦0.040	≦0.040	成分規定に差があり機械的性質に違いはあるが、下表の機械的強度に問題はなく、溶接性についても炭素量が0.35%以下であり問題ない。
SGV410	≦0.23	0.15 ~0.40	0.85 ~1.20	≦0.030	≦0.030	
SM50B	≦0.18	≦0.55	≦1.50	≦0.040	≦0.040	
SB480	≦0.31	0.15 ~0.40	≦1.20	≦0.030	≦0.030	

③ 機械的強度

使用材料	引張強さ	降伏点又は耐力	妥当性
代替材料	(MPa)	(MPa)	
SM41B	402~510	≧235	機械的強度は同等
SGV410	410~490	≧225	
SM50B	490~608	≧324	機械的強度は同等
SB480	481~588	≧265	

④ 代替材との比較結果

JIS G 3106 (1966) において規定される使用材料と代替材料との比較検討結果代替材料との比較により、化学的成分及び機械的強度において大きな差はなく、代替材として選定できる。

以上

2.5 重大事故等クラス3に関する補足説明資料

補足-420-9 重大事故等クラス 3 機器の強度評価における
耐圧試験を用いた裕度の考え方について

1. 概要

重大事故等クラス3機器の強度評価における最高使用圧力の1.5倍の耐圧試験を用いた裕度の考え方を以下に示す。

2. 内容

重大事故等クラス3機器のうち完成品については一般産業品の規格及び基準に適合していることを確認することとし、強度については、対象となる機器の使用条件がメーカ保証値又は指定する仕様の範囲内であることを確認することで、当該機器が十分な強度を有することを確認する。

十分な強度については、耐圧試験圧力から設計裕度の水準を確認し、設計・建設規格の設計許容応力と比較することで行う。

耐圧試験圧力での設計裕度の確認は、以下の考え方から行う。

設計・建設規格クラス3機器の設計許容応力は、降伏点 (S_y) に対して $5/8$ を基準としている。この設計許容応力以下となる必要板厚は、最高使用圧力を条件として評価式により求めていることから、最高使用圧力に対して1.5倍^(注)以上の圧力で耐圧試験を行い塑性変形が起きない場合は、設計・建設規格と同等の水準で設計が行われていると判断できる。

よって、耐圧試験圧力が使用範囲の最大値の1.5倍以上であること、その耐圧試験に合格していること（耐えていること＝塑性変形が起きていないこと）を確認することで、応力制限 (S_y) に達しておらず、設計・建設規格と同等以上の裕度を持った設計が行われていると言える。

(注) 設計・建設規格のクラス3機器の最高許容耐圧試験圧力は、機器保全の観点から機器の応力制限 (S_y) を基に定められており、耐圧試験の規定では、耐圧試験圧力は最高使用圧力の1.5倍（気体の場合は1.25倍）の106%を超えないこととしている。

$$(5/8 S_y \times 1.5 \times 1.06 = 0.99375 S_y \doteq S_y)$$

(補足説明)

耐圧試験については、機器保全の観点から、設計・建設規格では最高許容耐圧試験圧力を耐圧試験圧力の106%で制限している。そのため、最高使用圧力の1.5倍の耐圧試験を実施し降伏点 S_y に至らなかった場合、以下の関係が成り立つ。

最高許容耐圧試験圧力

$$= \text{最高使用圧力} \times 1.5 \times 1.06 < \text{降伏点 } S_y$$

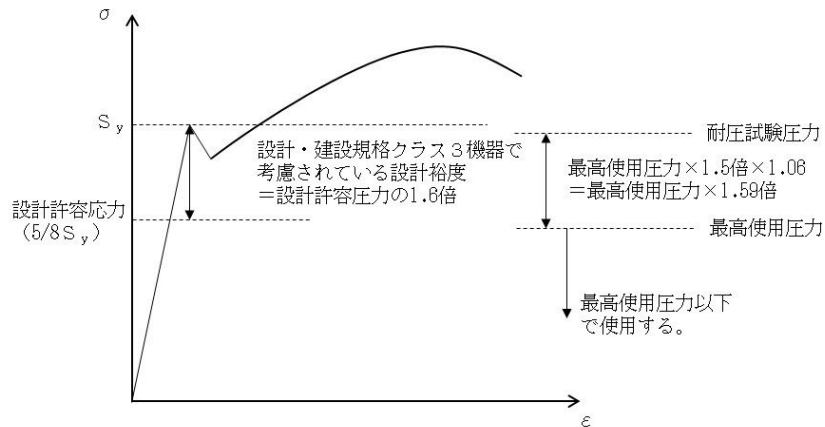
$$\Rightarrow \text{最高使用圧力} \times 1.59 < \text{降伏点 } S_y$$

上記より、最高使用圧力の約1.5倍の耐圧試験に合格すること（耐えること＝塑性変形が起きないこと）で、降伏点 S_y に対して1.59以上の裕度を持っていることを確認できる。

一方、設計・建設規格においては、設計許容応力は材料の降伏点 S_y に対して5/8を基準としており、降伏点に対して1.6以上の裕度を持つよう規定されている。

よって、最高使用圧力の約1.5倍の耐圧試験に合格することで、降伏点 S_y に対する裕度が設計・建設規格と同等である設計が行われていることを確認できる。

なお、耐圧試験の最高使用圧力に対する倍率が大きくなる程、材料の降伏点に対する裕度も大きくなる。



降伏点に対する裕度のイメージ