

本資料のうち、枠囲みの内容は
商業機密の観点から公開できま
せん。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-08-0021_改0
提出年月日	2021年3月26日

VI-3-3-6-1-1-9 ジェット力を考慮した強度計算書

02 ③ VI-3-3-6-1-1-9 R1

2021年3月
東北電力株式会社

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用基準	3
2.4 記号の説明	4
2.5 計算精度と数値の丸め方	5
3. 評価部位	6
4. 強度評価	8
4.1 強度評価方法	8
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	8
4.2.2 許容応力	8
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	8
4.2.4 設計荷重	11
4.3 計算方法	12
4.4 計算条件	13
4.5 応力の評価	13
5. 評価結果	14
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	14
6. 参照図書	16

1. 概要

本計算書は、原子炉格納容器において、ドライウエル内原子炉系配管の破断を想定すると、ドライウエル内面は破断口から噴出する流体のためジェット力を受けるので、この場合のドライウエルの健全性を確認した強度計算書である。

ドライウエルは、設計基準対象施設のドライウエルを重大事故等クラス 2 容器として兼用する機器である。

以下、重大事故等クラス 2 容器として、添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及び「VI-3-1-5 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」に基づき、ドライウエルの強度評価を示す。

なお、本計算書においては、重大事故等時における荷重に対して、平成 2 年 5 月 24 日付け元資庁第 14466 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ドライウエルの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ドライウェルは、原子炉格納容器シヤラグ及び基部（サンドクッション部）を原子炉建屋により拘束された構造であり、水平方向荷重は原子炉格納容器シヤラグ及び基部を介して、鉛直方向荷重は基部を介して原子炉建屋に伝達される。</p>	<p>内半径 [] mm, 板厚 [] mm の上鏡, 内径 [] mm, 板厚 [] mm の円筒胴, 板厚 [] mm のナックル部, 内半径 [] mm, 板厚 [] mm の上部球形部, 内径 [] mm, 板厚 [] mm の円筒部, 内半径 [] mm, 板厚 [] mm の下鏡で構成される鋼製構造物である。 ドライウェル基部外側には、サンドクッションを備える。</p>	<p>概略構造図</p> <p>原子炉格納容器シヤラグ</p> <p>ドライウェル</p> <p>サンドクッション</p> <p>球R</p> <p>φ</p> <p>ナックル部</p> <p>A部詳細</p> <p>上鏡</p> <p>円筒部</p> <p>上部球形部</p> <p>球R</p> <p>円筒部</p> <p>φ</p> <p>球R</p> <p>下鏡</p> <p>ドライウェル 拡大図</p> <p>ドライウェル 詳細図 (単位: mm)</p>

2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2 評価方針

ジェット力を考慮したドライウエルの応力評価は、添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」及び「VI-3-1-5 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」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時におけるドライウエル内原子炉系配管の破断口から噴出する流体のためジェット力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ジェット力を考慮したドライウエルの強度評価フローを図 2-1 に示す。

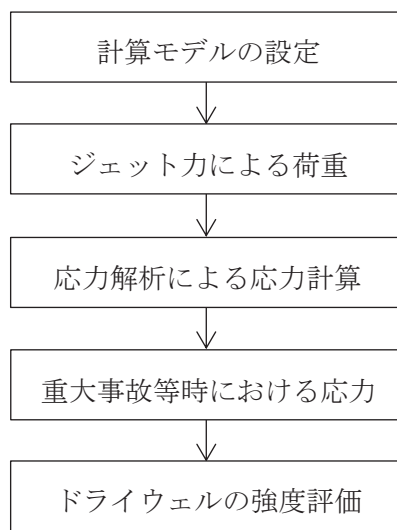


図 2-1 ジェット力を考慮したドライウエルの強度評価フロー

2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（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。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	直径, 死荷重	mm, —
M	機械的荷重	—
R_i	半径 ($i = 1, 2, 3$)	mm
l_i	長さ ($i = 1, 2, 3$)	mm
t_i	厚さ ($i = 1, 2, 3$)	mm
S	許容引張応力	MPa
S_m	設計応力強さ	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
P_C	ジェット流作用面での中心圧力	kPa
T_{SA}	温度 (SA後温度)	°C

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

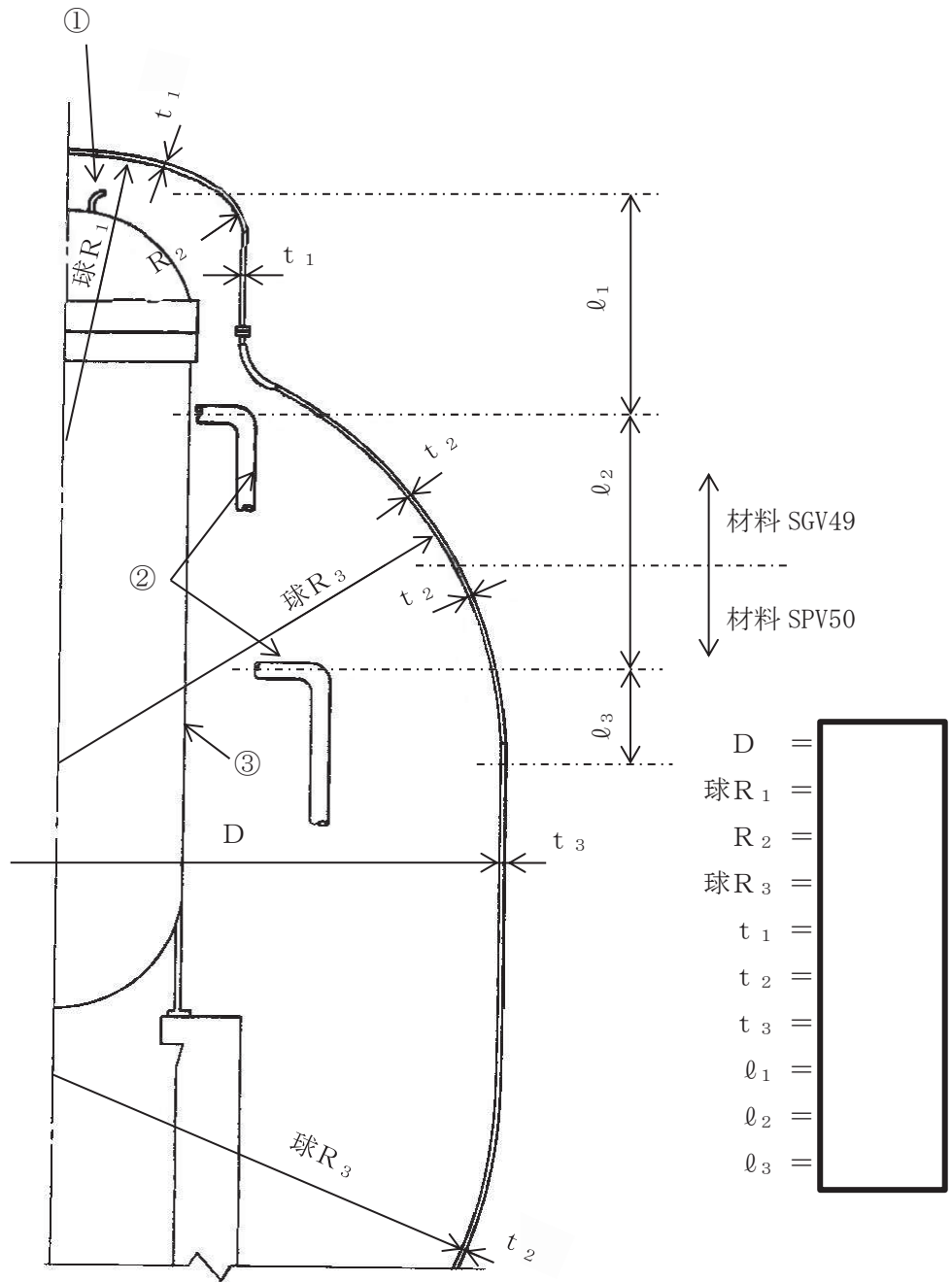
表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	—	—	整数位
温度	℃	—	—	整数位
許容応力*	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位

注記*：告示第501号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第2位を切り捨て，小数点以下第1位までの値として算出する。得られた値をSI単位に換算し，SI単位に換算した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

3. 評価部位

ドライウエルの形状及び主要寸法を図 3-1 に、使用材料及び使用部位を表 3-1 に示す。



① RPV ヘッドスプレイ配管 ② 主蒸気配管 ③ 原子炉圧力容器

図 3-1 ドライウエルの形状及び主要寸法 (単位 : mm)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3-1 使用材料表

使用部位	使用材料
ドライウエル	SGV49 SPV50

4. 強度評価

4.1 強度評価方法

- (1) ドライウェルは、原子炉格納容器シヤラグ及び基部（サンドクッション部）を原子炉建屋により拘束された構造であり、水平方向荷重は原子炉格納容器シヤラグ及び基部を介して、鉛直方向荷重は基部を介して原子炉建屋に伝達される。

ドライウェルの強度評価として、添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて、参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。

- (2) 強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ジェット力を考慮した場合のドライウェルに対する荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

ドライウェルの許容応力は、添付書類「VI-3-1-5 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」に基づき表 4-2 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウェルの使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ	状態
原子炉格納施設	原子炉格納容器	ドライウエル	重大事故等 クラス2容器	D + M	重大事故等時

表4-2 許容応力（告示第501号第21条第2項第2号ハ）

状態	応力分類	一次応力 (曲げ応力を含む。)
	運転状態V*	$0.6 \cdot S_u \cdot 1.5$

注記*：冷却材喪失事故時のジェット力を考慮する。

表4-3 告示第501号に基づく強度評価に用いる使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S (MPa)
		周囲環境 温度					
ドライウエル	SGV49	周囲環境 温度	200	—	—	421	—
	SPV50	周囲環境 温度	200	—	—	545	—

4.2.4 設計荷重

(1) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

ジェット流作用面での中心圧力 P_c	365kPa
温度 T_{SA}	200°C

4.3 計算方法

ドライウエルの応力評価点は、RPV ヘッドスプレイ配管及び主蒸気配管破断を想定した場合、その影響を最も受けやすく、強度的に厳しい表 4-4 及び図 4-1 に示す応力評価点を設定する。

応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

評価点 P1～P3 は既工認の各荷重による応力を応力係数比倍し評価する。

表 4-4 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点	破断想定配管
P1	上鏡ナックル部	RPV ヘッドスプレイ配管
P2	ナックル部と上部球形部の接合点	主蒸気配管
P3	球形胴	主蒸気配管

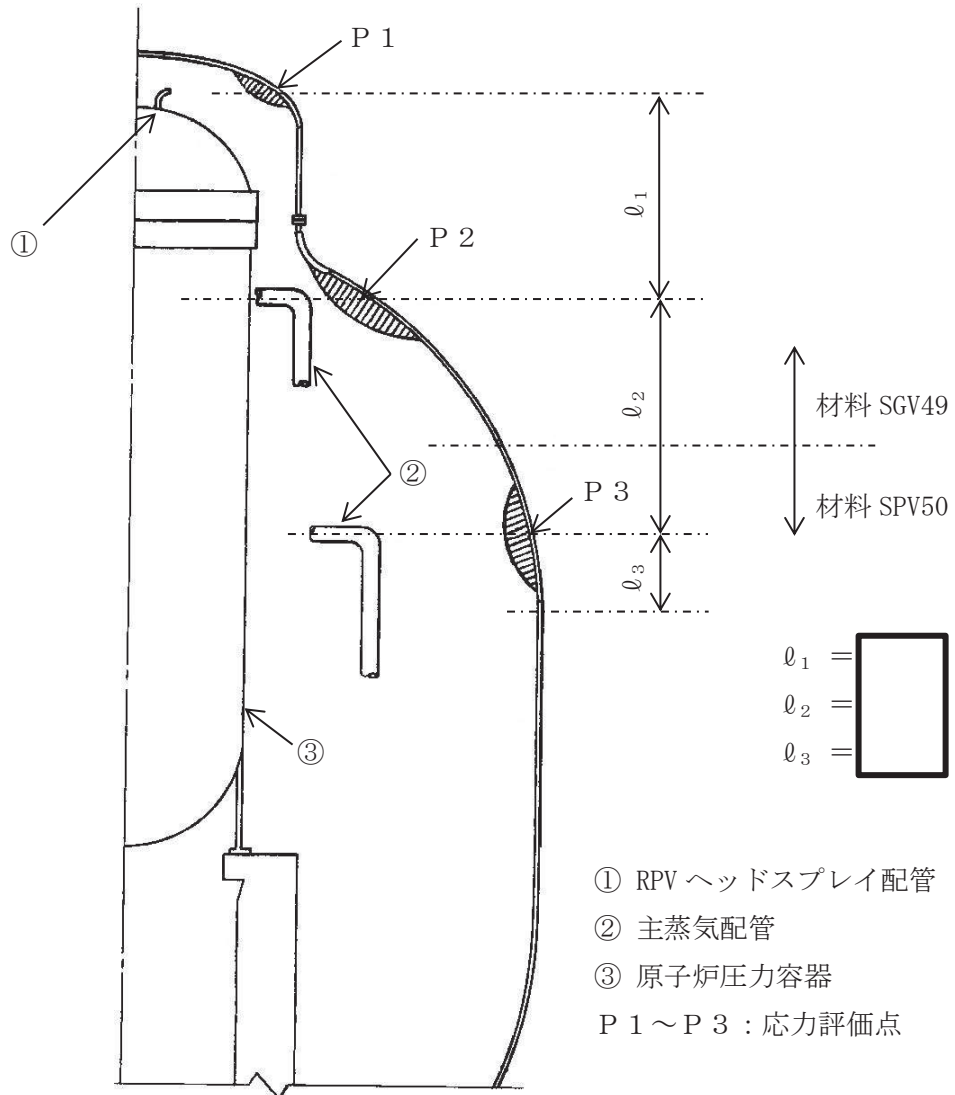


図 4-1 ドライウエルの応力評価点 (単位: mm)

4.4 計算条件

応力計算に用いる荷重を、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

4.5 応力の評価

「4.3 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ドライウエルの重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1) 強度評価結果

強度評価結果を表 5-1 に示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D+M)

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ドライウエル	P 1	上鏡ナックル部	一次応力	12	379	○	
	P 2	ナックル部と上部球形部の接合点	一次応力	46	379	○	
	P 3	球形胴	一次応力	60	490	○	

6. 参照図書

- (1) 女川原子力発電所第2号機 第2回工事計画認可申請書
添付書類「IV-3-1-1-16 ジェット力を考慮した強度計算書」