

リサイクル燃料備蓄センター設工認
設2-補-014-03
2021年12月6日

リサイクル燃料備蓄センター  
設計及び工事の計画の変更認可申請書  
(補足説明資料)

仮想的大規模津波に対する  
使用済燃料貯蔵建屋の影響評価

令和3年12月

リサイクル燃料貯蔵株式会社

## 目次

1. 添付記載事項と補足説明資料の関係	1
2. 評価の流れについて	3
3. 評価対象部位の選定について	3
4. 荷重及び荷重の組合せについて	4
5. 評価方法及び許容限界について	7
6. 評価結果について	9

## 1. 添付記載事項と補足説明資料の関係

「Ⅱ-2-4-1 仮想的大規模津波に対する使用済燃料貯蔵建屋の影響評価」では、建屋の津波波力に対する耐性の説明のため、以下の6つの内容を記載している。設工認図書記載事項と以下の補足説明資料の内容との関係を図1に整理している。

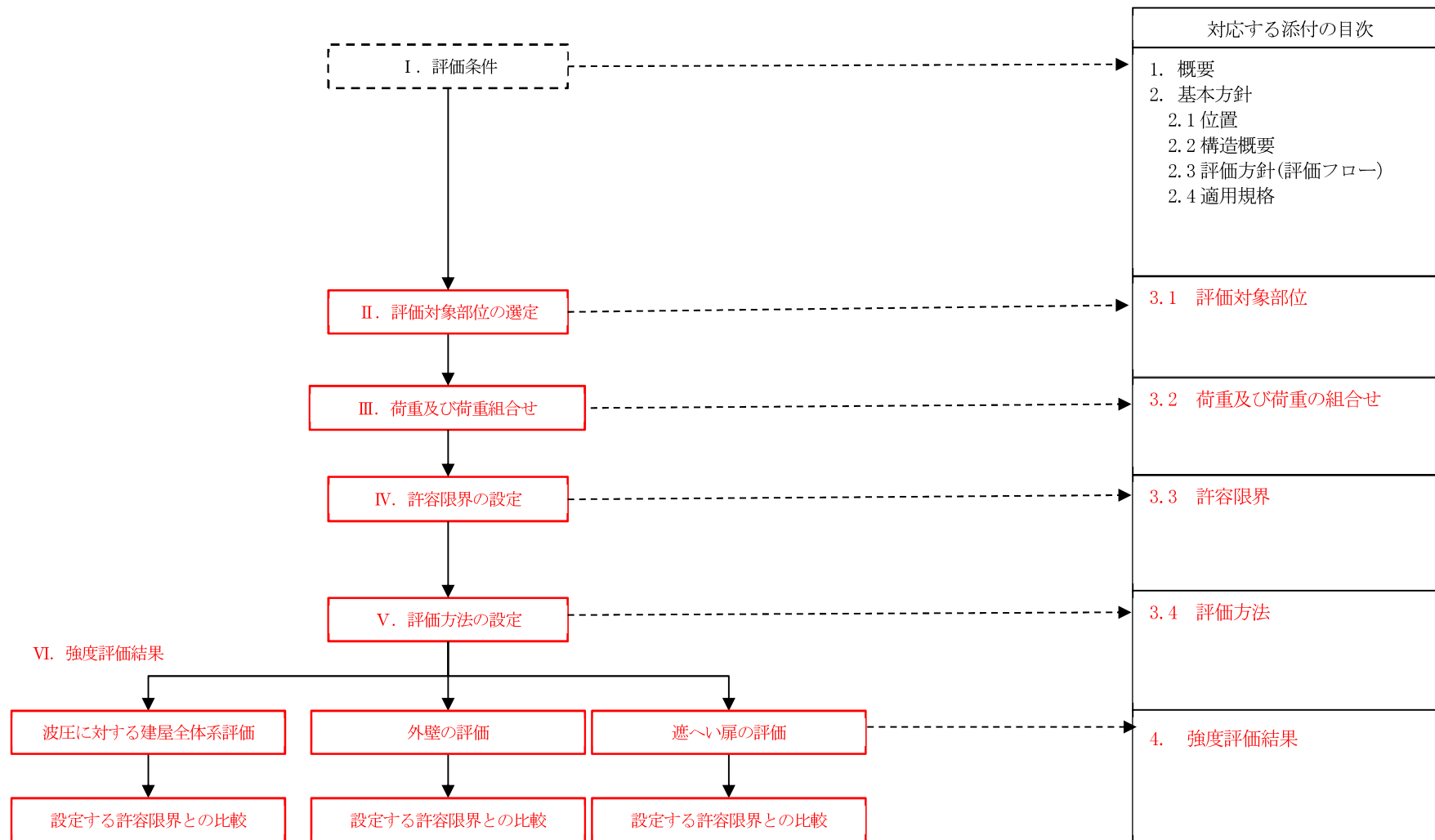
- I. 評価条件
- II. 評価対象部位の選定
- III. 荷重及び荷重の組合せ
- IV. 許容限界の設定
- V. 評価方法の設定
- VI. 強度評価結果

本図書にて説明する津波波力に対する貯蔵建屋の耐性評価は事業許可と同じであり、事業許可段階で示した評価結果を補足するものであり、貯蔵建屋のうち貯蔵区域が津波波力に耐えうることを示すものである。なお、受入れ区域については津波により損傷するものとする。

貯蔵建屋については、既設工認に基づき建設され竣工しており、その後の補強・改造がないため、上記のうち建屋の構造を前提とするIについては、既設工認の内容から前提条件として変更となる項目は無い。また、IIの評価対象部位としては、貯蔵建屋及び遮蔽扉を対象としており、このうち、外壁に対する波力の影響を考慮した際に最も厳しくなる部位の選定の考え方の詳細について、「3. 評価対象部位の選定について」に記載している。

評価に当たって考慮する荷重としては、波力と漂流物の衝突荷重があるが、これらの荷重設定の考え方及び荷重組合せの考え方について、「4. 荷重及び荷重の組合せについて」に記載している。

評価方法及び許容限界については、評価部位に応じて設定しており、それぞれの考え方については、「5. 評価方法及び許容限界について」にその詳細を記載している。



※ 補足説明資料作成対象項目を赤字で表示

図1 設工認図書添付記載事項と補足説明資料の関係

## 2. 評価の流れについて

津波の耐性評価では、以下の項目を評価している。

- ① 建屋全体の耐性評価
- ② 建屋外壁の耐性評価
- ③ 遮蔽扉の耐性評価

このうち、②については、対象となる壁の厚さを考慮した相対的な強度を考慮して貯蔵建屋の南側外壁を評価対象に選定している。選定の考え方については「3. 評価対象部位の選定について」に、評価の考え方及び結果については「5. 評価方法及び許容限界について」に記載している。

③については、南側人員用扉を対象として選定している。選定の考え方については「3. 評価対象部位の選定について」に、評価の考え方及び結果については「5. 評価方法及び許容限界について」に記載している。

## 3. 評価対象部位の選定について



### (1) 建屋全体の耐性評価

建屋全体の耐性評価では次項に示すとおり、考慮する荷重は、津波波力によって貯蔵建屋全体に作用する荷重を、耐力は貯蔵建屋の保有水平耐力としている。

### (2) 建屋外壁の耐性評価

表1のように、貯蔵区域の外壁及び受入れ区域との境界壁について、貯蔵区域の南側の外壁は、東側及び西側の外壁より薄く、付随する柱形がないことから、外壁の評価部位として貯蔵区域の南側外壁を選定する。

表1 評価対象部位の壁厚

壁位置	壁厚(m)
東側外壁	
西側外壁	
貯蔵区域と受入れ区域の境界壁（柱形付き）	1.0
南側外壁（柱形なし）	

(3) 遮蔽扉の耐性評価

貯蔵区域の遮蔽扉（機器搬出入口扉 1ヶ所、人員用扉 2ヶ所）のうち、機器搬出入口の遮蔽扉については開放されていると想定していること、南側人員用扉については北側の人員用扉に比べ扉厚さが薄いことから、評価部位として南側人員用扉を選定する。

4. 荷重及び荷重の組合せについて

(1) 津波波力

仮想的大規模津波の津波高さは 23m であり、敷地の標高である T.P. 16m を差し引くと、敷地での浸水深は 7m となる。

津波波力の算定に当たっては、「津波避難ビル等の構造上の要件の解説」（国土技術政策総合研究所 平成 24 年 3 月）にて水深係数※として示される値のうち、その最大値である 3.0 を採用している。

※設計用水深に対する動水圧の倍率

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

(2) 津波漂流物による衝突荷重

津波漂流物は、漂流の可能性のある対象物のうち重量が大きく建屋への影響が大きいものを選定することとしており、対象物を浮遊する漂流物と滑動する漂流物それぞれから選定している。

浮遊する漂流物としてキャスク緩衝体、滑動する漂流物としてキャスク輸送車両を選定している。

浮遊する漂流物による衝突荷重は FEMA (2012) \*<sup>1</sup> の式に従い算定している。また、滑動する漂流物による衝突荷重は FEMA (2019) \*<sup>2</sup> で示される ASCE (2016) \*<sup>3</sup> の式により算定している。

表2 津波漂流物の諸元及び衝突荷重

	津波漂流物	
	浮遊する漂流物	滑動する漂流物
対象とする漂流物	キャスク緩衝体	キャスク輸送車両
漂流物の寸法	直径 3.55m×厚さ 0.96m	長さ 12.48 m×幅 3.19 m ×高さ 1.6m
漂流物の質量 (kg)	6100	44000
最大流速 (m/s)	10	10
設計用衝突荷重 (kN)	1573	496

\*1: Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012

\*2: Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Third Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2019

\*3: Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, ASCE/SEI Standard 7-16, American Society of Civil Engineers, 2016

(3) 荷重の組合せ

荷重の組合せにおいては、波力単体の荷重及び波力と漂流物の衝突荷重を組合せることとし、漂流物については浮遊するキャスク緩衝体及び滑動するキャスク輸送車両の2種を考慮することとしている。

なお、遮蔽扉の評価においては、その高さが浮遊する漂流物より低いため、浮遊する漂流物を組合せ荷重に考慮していない。

表3 荷重の組合せ

評価部位	評価内容	荷重ケース	荷重の組合せ
建屋全体	応力評価	ケース1	津波波圧
		ケース2	津波波圧＋漂流物の衝突荷重 (浮遊する漂流物)
		ケース3	津波波圧＋漂流物の衝突荷重 (滑動する漂流物)
耐震壁	変形評価	ケース1	津波波圧
		ケース2	津波波圧＋漂流物の衝突荷重 (浮遊する漂流物)
		ケース3	津波波圧＋漂流物の衝突荷重 (滑動する漂流物)
遮蔽扉	応力評価	ケース1	津波波圧
		ケース2	津波波圧＋漂流物の衝突荷重 (滑動する漂流物)



## 5. 評価方法及び許容限界について

津波に対する耐性の検討においては、以下の3種の検討を実施しているおり、それぞれの許容限界は以下のとおりである。

### (1) 建屋全体の評価

建屋全体の評価においては、南北方向及び東西方向それぞれの外壁が受ける波力の合計に対し、許容限界を保有水平耐力として建屋の健全性を確認することとしている。

### (2) 外壁の評価

外壁の評価においては、図2に示すように外壁を有限要素法モデルにてモデル化し、水深係数3.0を考慮した静的な波力に対する析を実施している。

応力解析は2次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析とし、解析プログラムは「ABAQUS」を用いている。解析モデルに使用するFEMの要素には、積層シェル要素を用いている。この要素は鉄筋層をモデル化した異方性材料による積層シェル要素である。

各要素には、板の曲げと軸力を同時に考えるが、板の曲げには面外せん断変形の影響も考慮する。境界条件は、基礎を固定とし、直交する耐震壁及び屋根スラブに該当するモデル周辺部も固定とする。

コンクリート及び鉄筋の許容ひずみは、表4に示すとおり発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（（一社）日本機械学会、2003）に基づき設定する。

表4 コンクリート及び鉄筋の許容ひずみ

部位	コンクリート (圧縮ひずみ)	鉄筋 (圧縮及び引張ひずみ)
耐震壁	0.003	0.005

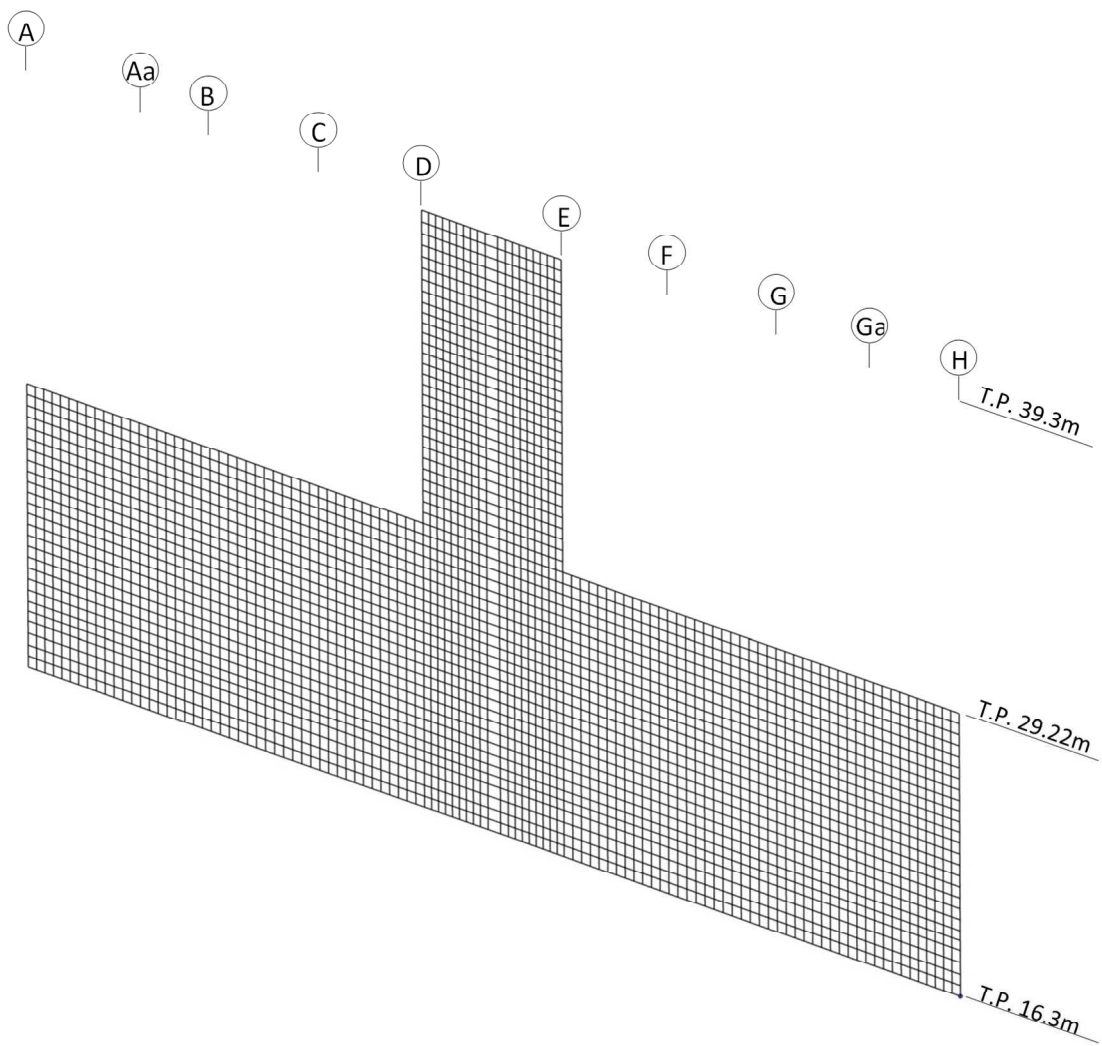


図 2 解析モデル図 (14 通り)

(3) 遮蔽扉の評価

遮蔽扉の評価においては、遮蔽扉を両端ピン支持梁モデルに置換して検討を実施している。

遮蔽扉の構造は鋼板にコンクリートを充填した構造となっており、鉄筋コンクリートの応力算定の考え方に倣い、表面鋼板の応力を算定している。許容限界は、表面鋼板の短期許容応力度としている。

6. 評価結果について

(1) 建屋全体の評価

建屋全体の評価結果は表5のとおりであり、NS方向及びEW方向とも津波波力と漂流物（キャスク緩衝体）の衝突荷重による荷重組合せによる応力が最大となる。

NS方向では設計用地震力以内となるが、EW方向では設計用地震力を超える結果となるものの、いずれも許容限界である保有水平耐力以内となっている。

表5 波圧に対する建屋全体の評価

		津波による 層せん断力 ( $\times 10^4 \text{kN}$ )	設計用地震力 ( $1.5C_i$ ) ( $\times 10^4 \text{kN}$ )	保有水平耐力 ( $\times 10^4 \text{kN}$ )
NS 方向	荷重ケース 1 <sup>※1</sup>	14.0	15.09	67.25
	荷重ケース 2 <sup>※2</sup>	<b>14.16</b>		
	荷重ケース 3 <sup>※3</sup>	14.05		
EW 方向	荷重ケース 1 <sup>※1</sup>	29.83	15.09	92.32
	荷重ケース 2 <sup>※2</sup>	<b>29.99</b>		
	荷重ケース 3 <sup>※3</sup>	29.88		

※1 津波波力による荷重

※2 津波波力+漂流物による衝突荷重（キャスク緩衝体）

※3 津波波力+漂流物による衝突荷重（キャスク輸送車両）

(2) 外壁の評価

外壁の評価結果は表6のとおりであり、コンクリート圧縮ひずみと鉄筋引張ひずみでは、NS方向及びEW方向とも津波波力と漂流物（キャスク緩衝体）の衝突荷重による荷重組合せによる応力が最大となる。面外せん断力では、津波波力+漂流物による衝突荷重（キャスク輸送車両）の衝突荷重による荷重組合せによる応力が最大となる。いずれのケースでも結果は許容値以内となっている。

表6 外壁の評価結果

評価項目		発生値	許容値
コンクリート 圧縮ひずみ	荷重ケース 1 <sup>※1</sup>	$7.72 \times 10^{-4}$	$3.0 \times 10^{-3}$
	荷重ケース 2 <sup>※2</sup>	<b><math>8.57 \times 10^{-4}</math></b>	
	荷重ケース 3 <sup>※3</sup>	$7.90 \times 10^{-4}$	
鉄筋引張ひずみ	荷重ケース 1 <sup>※1</sup>	$1.37 \times 10^{-3}$	$5.0 \times 10^{-3}$
	荷重ケース 2 <sup>※2</sup>	<b><math>1.49 \times 10^{-3}</math></b>	
	荷重ケース 3 <sup>※3</sup>	$1.41 \times 10^{-3}$	
面外せん断力 Q (kN/m)	荷重ケース 1 <sup>※1</sup>	1308	1463
	荷重ケース 2 <sup>※2</sup>	1402	
	荷重ケース 3 <sup>※3</sup>	<b>1441</b>	

※1 津波波力による荷重

※2 津波波力+漂流物による衝突荷重（キャスク緩衝体）

※3 津波波力+漂流物による衝突荷重（キャスク輸送車両）

### (3) 遮蔽扉の評価

遮蔽扉の評価結果は表7のとおりであり、NS方向EW方向とも津波波力と漂流物（キャスク輸送車両）の衝突荷重による荷重組合せによる応力が最大となる。いずれのケースでも結果は許容値以内となっている。

表7 外壁の評価結果

評価項目		発生値	許容値
遮蔽扉に発生する 曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	荷重ケース 1 <sup>※1</sup>	42.0	235
	荷重ケース 3 <sup>※2</sup>	<b>70.6</b>	
遮蔽扉に発生する せん断力 (kN)	荷重ケース 1 <sup>※1</sup>	219.6	1215
	荷重ケース 3 <sup>※2</sup>	<b>293.1</b>	
コンクリート枠に発生する 圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	荷重ケース 1 <sup>※1</sup>	1.83	22.0
	荷重ケース 3 <sup>※2</sup>	<b>2.44</b>	

※1 津波波力による荷重

※2 津波波力+漂流物による衝突荷重（キャスク輸送車両）