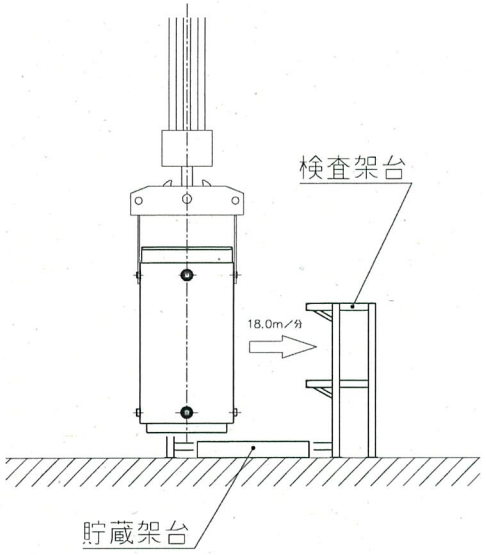
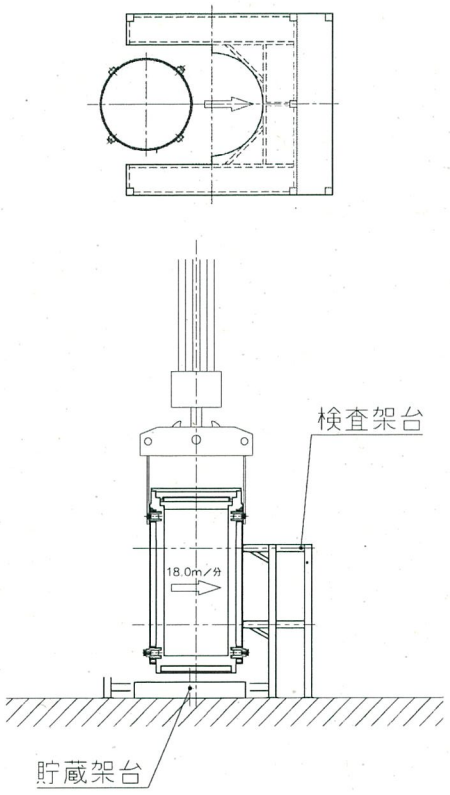
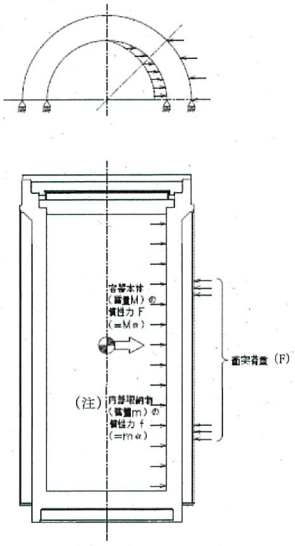


【取扱いフロー図】



【評価断面図】

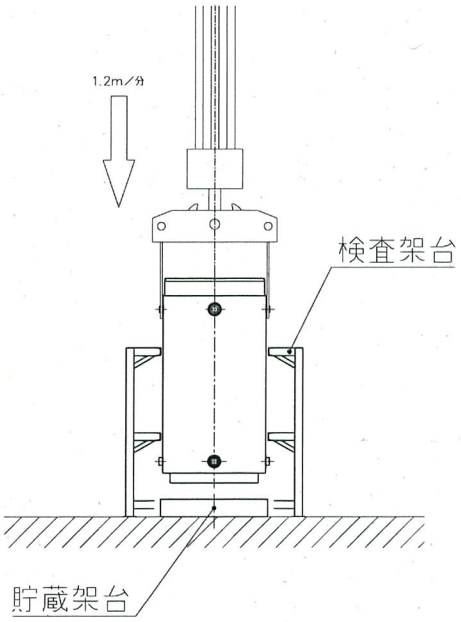


検査架台への衝突時の荷重及び境界条件

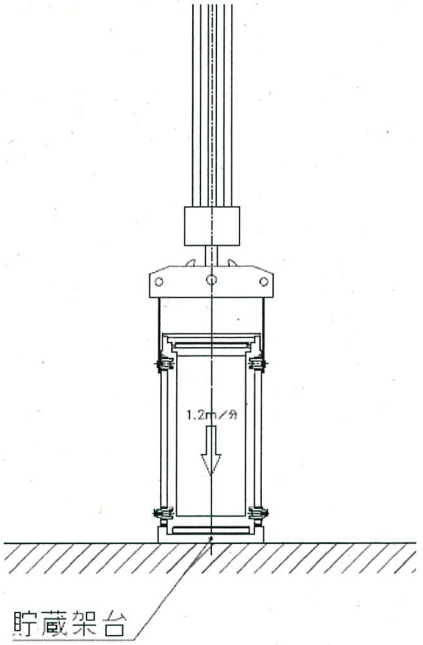
(注) αは衝撃加速度（α＝衝突荷重／(容器本体質量M+内部収納物質量m)）を示す。
内部収納物（バスケット及び燃料集合体）は形状をモデル化しないため、内部収納物の質量に衝撃加速度を乗じた荷重を内部収納物の慣性力として、胴内面に作用させる。

【評価モデル図】

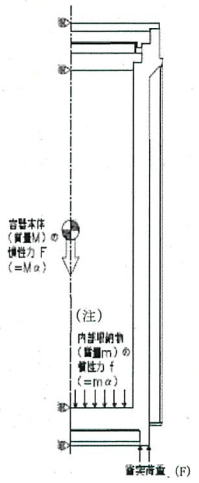
第2.7-9図（a）　検査架台への衝突



【取扱いフロー図】



【評価断面図】

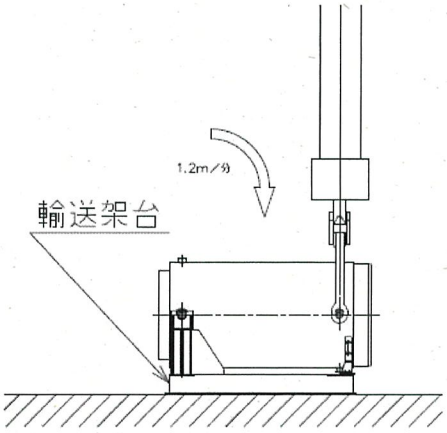


貯蔵架台への底部垂直落下時の荷重及び境界条件

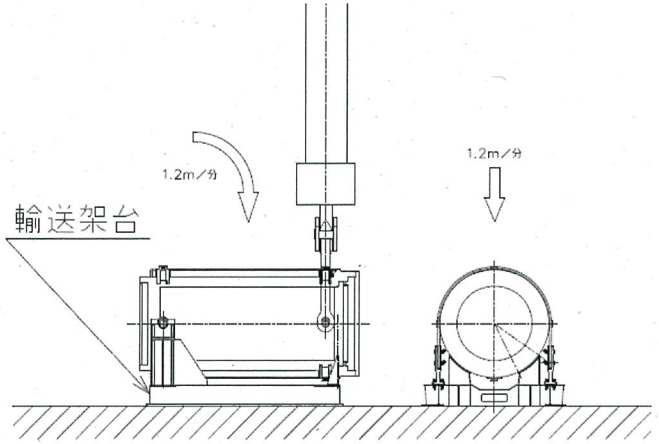
(注) αは衝撃加速度（α＝衝突荷重／(容器本体質量M+内部収納物質量m)）を示す。
内部収納物（バスケット及び燃料集合体）は形状をモデル化しないため、内部収納物の質量に衝撃加速度を乗じた荷重を内部収納物の慣性力として、胴内面に作用させる。

【評価モデル図】

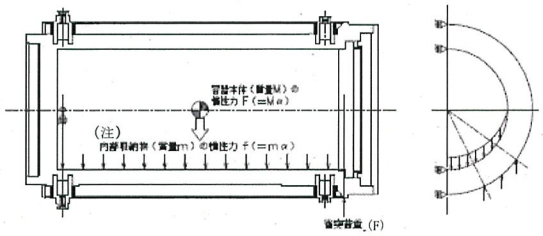
第 2.7-9 図 (b)　貯蔵架台への衝突



【取扱いフロー図】



【評価断面図】

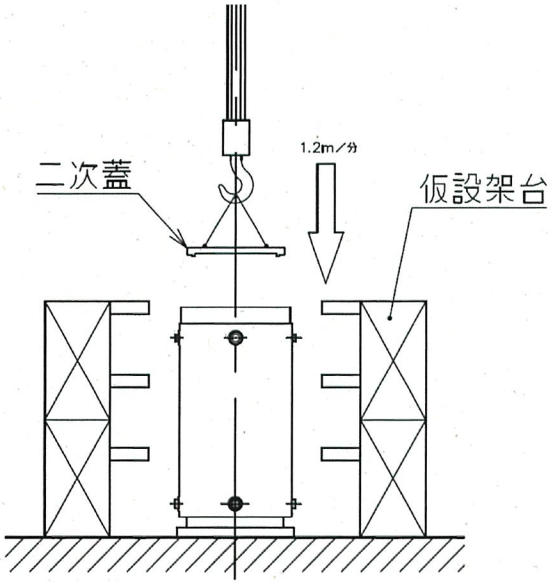


横倒し時の衝突時の荷重及び境界条件

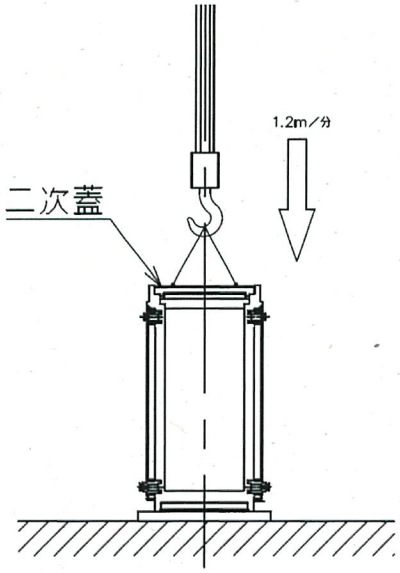
(注) αは衝撃加速度（α＝衝突荷重／(容器本体質量M+内部収納物質量m)）を示す。
内部収納物（バスケット及び燃料集合体）は形状をモデル化しないため、内部収納物の質量に衝撃加速度を乗じた荷重を内部収納物の慣性力として、胴内面に作用させる。

【評価モデル図】

第2.7-9図（d）　横倒し時の衝突



【取扱いフロー図】



【評価断面図】

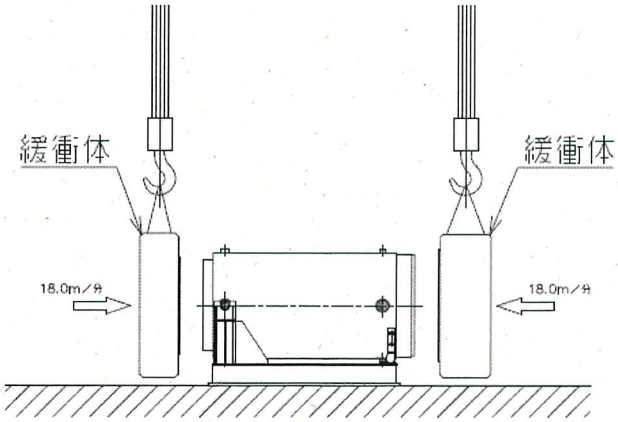
(F)

反力(F)

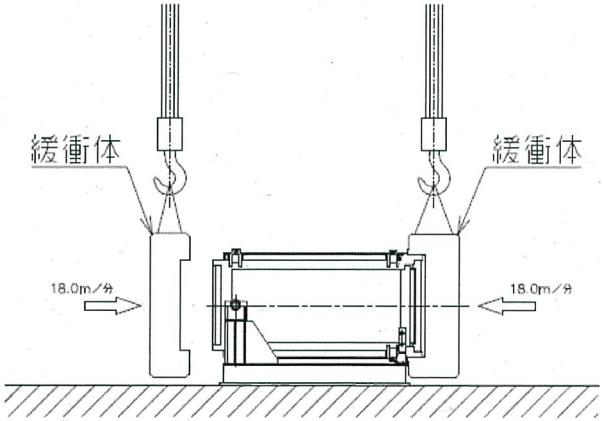
【評価モデル図】

(注) 二次蓋装着時は、二次蓋ボルト穴に位置決めピンを設置し、胴フランジからずれないように吊り下ろすため、胴フランジに一様に荷重が作用するものとして評価を行う。

第 2.7-9 図 (e)　二次蓋の衝突

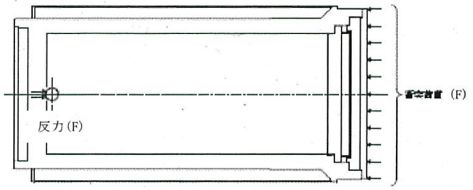


【取扱いフロー図】

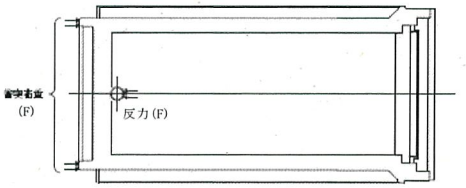


【評価断面図】

（注）緩衝体装着時は、緩衝体取付ボルト穴に位置決めピンを設置し、胴からずれないように取り付けるため、三次蓋又は胴底面に一様に荷重が作用するものとして評価を行う。



緩衝体の衝突時の荷重及び境界条件
（上部緩衝体の衝突）



緩衝体の衝突時の荷重及び境界条件
（下部緩衝体の衝突）

【評価モデル図】

第 2.7-9 図（f）　緩衝体の衝突

2.7.3.3　応力評価の方針

乾式キャスクへ求められる4つの安全機能は未臨界、閉じ込め、遮蔽、除熱であり、想定事象時においてもこれら乾式キャスクの機能を維持する部位の構造健全性を維持する必要がある。ここで、各想定事象における衝突により乾式キャスクへ発生する加速度によりキャスクの各部材（胴、胴（底板）、外筒、中性子遮蔽材カバー、一次蓋、二次蓋、伝熱フィン、バスケット）へ発生する応力については、各部材の代表部位について評価を行い、各部材が構造健全性を維持することを確認する。

胴、胴（底板）、外筒、中性子遮蔽材カバー、一次蓋、二次蓋は、三次元FEMモデルを用いて評価を行う。なお、解析モデルは保守的に伝熱フィンをモデル化していないが、伝熱フィンに荷重が作用する場合は材料力学の公式を用いて評価を行う。また、バスケット及び胴（脚部）は、材料力学の公式及び核燃料輸送物設計承認申請で用いている式により評価を行う。評価基準は、乾式キャスクの除熱解析から得られた各評価部位の最高温度から設定した値を用いる。

各安全機能を維持する部材及び評価基準を表2.7-9に示す。胴、胴（底板）、一次蓋、二次蓋は、核燃料輸送物設計承認申請の0.3m落下（一般の試験条件）と同様に、使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格(2007年版)の密封容器の供用状態Bの評価基準とする。外筒、中性子遮蔽材カバーは、胴、胴（底板）、一次蓋の中性子遮蔽材を支持する部材であって、圧力保持を目的としないことから、核燃料輸送物設計承認申請の0.3m落下（一般の試験条件）と同様に、発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2012年版)の支持構造物の供用状態Bの基準を準用して評価基準とする。バスケットは、臨界評価上の有意な変形を起こさないことを評価基準とする。伝熱フィンは、除熱機能を維持するための基準として弾性範囲内とする。また、乾式キャスクの応力評価位置を第2.7-10図に示す。

また、各想定事象において、衝突部近傍の評価を行い、衝突部近傍の構造健全性を確認し、安全機能が損なわれないことを確認する。

表 2.7-9　キャスクが担保すべき安全機能及び評価基準

想定事象時にキャスクが担保すべき安全機能	安全機能を維持する部材	安全機能を維持するための基準	左記に該当する応力評価基準
未臨界	バスケット(注 3)	臨界評価上の有意な変形を起こさない	$\sigma_m \leqq Sy$ $\sigma_b \leqq Sy$ $\tau \leqq Sy/\sqrt{3}$
閉じ込め （閉じ込め境界）	一次蓋シール部(注 2)	供用状態 B(金属キャスク構造規格)	$P_m \leqq Sy$ $P_L \leqq Sy$ $P_L+P_b \leqq Sy$ $P_L+P_b+Q \leqq Sy$
	一次蓋ボルト、 二次蓋ボルト(注 2)	供用状態 B(金属キャスク構造規格)	$\sigma_m \leqq 2Sm$ $\sigma_m+\sigma_b \leqq 3Sm$
遮蔽	胴、一次蓋、二次蓋(注 2)	供用状態 B(金属キャスク構造規格)	$P_m \leqq Sm$ $P_L \leqq 1.5Sm$ $P_L+P_b \leqq 1.5Sm$
	外筒、中性子遮蔽材カバー(注 1)(注 2)	供用状態 B(設計・建設規格)	引張応力≦F/1.5 せん断応力≦F/(1.5×√3) 圧縮応力≦F/1.5 曲げ応力≦F/1.5
除熱	バスケット(注 3)	未臨界と同様とする	$\sigma_m \leqq Sy$ $\sigma_b \leqq Sy$ $\tau \leqq Sy/\sqrt{3}$
	胴、一次蓋、二次蓋(注 2)	供用状態 B(金属キャスク構造規格)	$P_m \leqq Sm$ $P_L \leqq 1.5Sm$ $P_L+P_b \leqq 1.5Sm$
	伝熱フィン(注 4)	弾性範囲内	$\sigma_b \leqq 1.5Sy$ $\tau \leqq Sy/\sqrt{3}$
	外筒、中性子遮蔽材カバー(注 1)(注 2)	供用状態 B(設計・建設規格)	引張応力≦F/1.5 せん断応力≦F/(1.5×√3) 圧縮応力≦F/1.5 曲げ応力≦F/1.5

(注 1) F の値は以下のとおり

(a)使用温度が 40℃を超えるオーステナイト系ステンレス鋼

F=MIN[1.35Sy, 0.7Su, Sy(RT)]

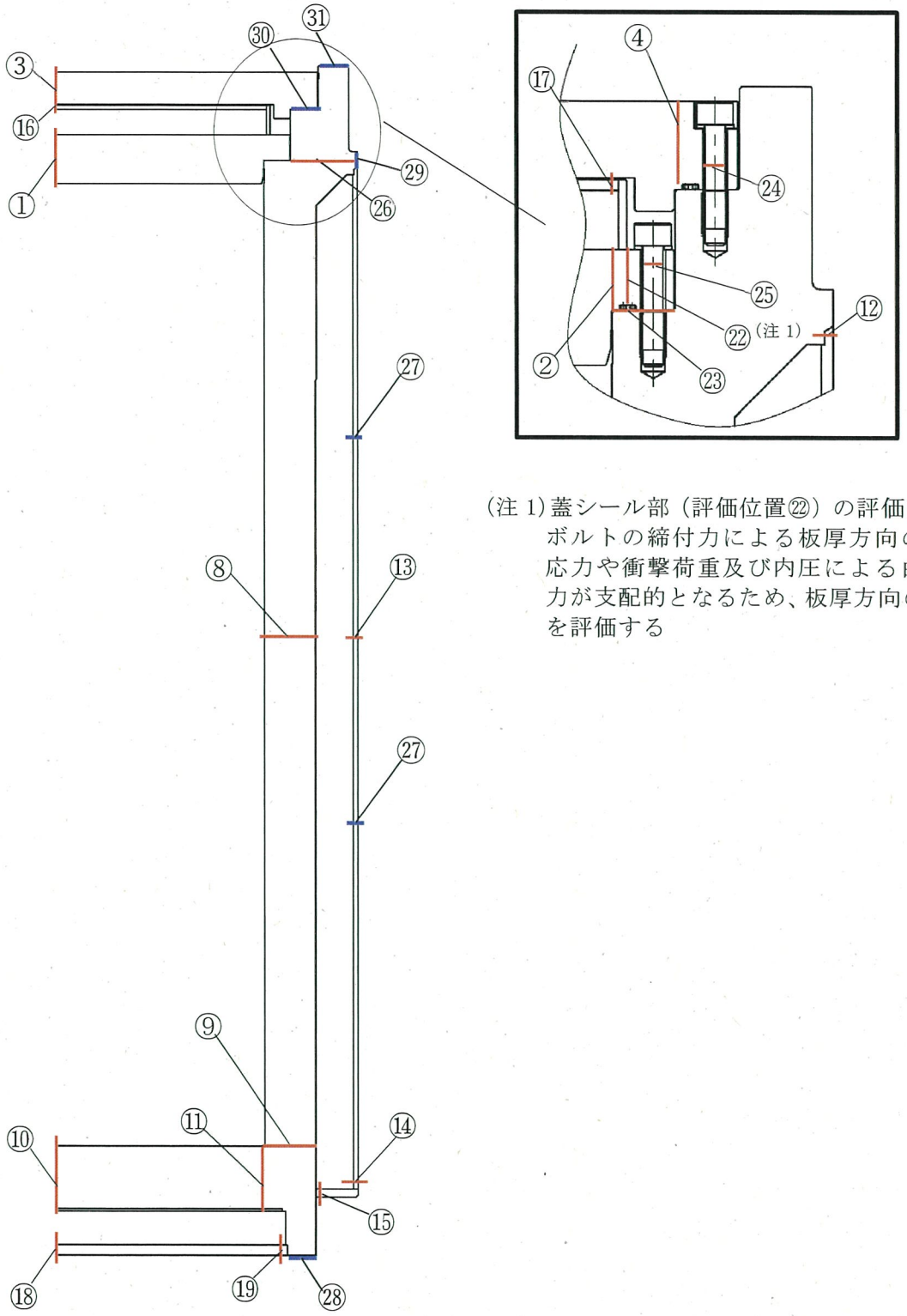
(b)上記(a)に示すもの以外

F＝MIN[0.7Su, Sy]

(注 2) 評価基準を定める物性値は、発電用原子力設備規格 材料規格(2012 年版)を適用。

(注 3) 評価基準を定める物性値は、メーカ保証値（MSF-24P 型及び MSF-32P 型の核燃料輸送物設計承認申請と同様）を適用。

(注 4) 評価基準を定める物性値は、2007 ASME Boiler & Pressure Vessel Code を適用。



(注 1)蓋シール部（評価位置㉒）の評価は、蓋ボルトの締付力による板厚方向の圧縮応力や衝撃荷重及び内圧による曲げ応力が支配的となるため、板厚方向の応力を評価する

第 2.7-10 図　キャスクの応力評価位置

（赤線は評価断面、青線は衝突面/衝突箇所を示す）

評価断面	部　位	4つの安全機能	想定事象	備考
①	一次蓋中央部	閉/遮/熱	○	
②	一次蓋端部	閉/遮/熱	○	
③	二次蓋中央部	遮/熱	○	
④	二次蓋端部	遮/熱	○	
⑤	三次蓋中央部	閉	×	三次蓋は輸送時のみ装着のため、想定事象時は評価対象外
⑥	三次蓋端部	閉	×	
⑦	胴上部	閉	×	
⑧	胴中央部	閉/遮/熱	○	
⑨	胴下部	閉/遮/熱	○	
⑩	胴（底板）中央部	閉/遮/熱	○	
⑪	胴（底板）端部	閉/遮/熱	○	
⑫	外筒上部	遮/熱	○	
⑬	外筒中央部	遮/熱	○	
⑭	外筒下部	遮/熱	○	
⑮	下部端板端部	遮	○	
⑯	蓋部中性子遮蔽材カバー中央部	遮	○	
⑰	蓋部中性子遮蔽材カバー端部	遮	○	
⑱	底部中性子遮蔽材カバー中央部	遮	○	
⑲	底部中性子遮蔽材カバー端部	遮	○	
⑳	二次蓋シール部（蓋）	閉	×	輸送時のみ二重の水密性で要求のため、想定事象時は評価対象外
㉑	二次蓋シール部（胴）	閉	×	
㉒	一次蓋シール部（蓋）	閉	○	
㉓	一次蓋シール部（胴）	閉	○	
㉔	二次蓋ボルト	閉	○	輸送時のみ二重の水密性で要求、想定事象時は構造健全性の維持で要求
㉕	一次蓋ボルト	閉	○	
㉖	胴上部（vs 横倒し架台）	閉/遮/熱	○	衝突・荷重負荷される部位を評価対象に選定
㉗	外筒（vs 検査架台）	遮/熱	○	
㉘	胴底板（vs 貯蔵架台、下部緩衝体）	－	○	
㉙	胴上部（vs 横倒し架台）	遮	○	
㉚	胴フランジ（vs 二次蓋）	閉	○	
㉛	胴フランジ（vs 上部緩衝体）	－	○	
－	バスケット	臨/熱	○	
－	伝熱フィン	熱	○	

（1）バスケットプレートの圧縮応力の算出式

貯蔵架台への衝突時及び二次蓋の衝突時に最下段のバスケットプレート（第2.7-11図参照）には、それより上部にあるバスケットプレート等の自重及び鉛直方向の慣性力が作用し、圧縮による膜応力 σ_c (MPa)が生じる。

$$\sigma_c = \frac{W_b \times G_v}{A_1} \quad (1)$$

ここで、

W_b：バスケットプレート、バスケットサポート、中性子吸収材の合計質量(kg)

G_v：自重及び鉛直方向の加速度（m/s^2）

A_1：バスケットプレートと胴の接触面積（mm^2）

バスケットプレートと胴の接触面積A_1は、以下の式で与えられる。計算に用いた寸法を第2.7-11図に示す。

$$A_1 = (b_1 - b_2) \times L_1 \times n \quad (2)$$

ここで、

b_1：バスケットプレート幅1（mm）

b_2：バスケットプレート幅2（mm）

L_1：バスケットプレート長さ（mm）

n：胴に接触するバスケットプレートL_1部の個数（-）

（2）バスケットプレート縦板の圧縮応力の算出式

検査架台への衝突時、横倒し時の衝突時、及び緩衝体の衝突時にバスケットプレート縦板切欠部には、第2.7-12図に示すように、領域Ⅰの範囲にあるバスケットプレート、バスケットサポート及び燃料集合体に生じる水平方向の慣性力並びに、領域Ⅱのバスケットプレートに生じる水平方向の慣性力により、圧縮による膜応力σ_c(MPa)が生じる。

$$\sigma_c = \frac{W_I + W_{II}}{A \times N} G_H \quad (3)$$

ここで、

W_I：領域Ⅰのバスケットプレート、中性子吸収材、バスケットサポート及び燃料集合体の質量（kg）

W_{II}：領域Ⅱのバスケットプレート及び中性子吸収材の質量（kg）

G_H：水平方向の加速度（m/s^2）

N：バスケットプレートの数（枚）

A：バスケットプレート縦板の断面積（mm^2）

バスケットプレート縦板の断面積Aは、以下の式で与えられる。計算に用いた寸法を第2.7-13図に示す。

$$A = (b_1 + b_2 \times 2) \times h_1 - (b_3 + b_4 \times 2) \times h_2 \quad (4)$$

ここで、

b_1 ：バスケットプレート幅1（mm）

b_2 ：バスケットプレート幅2（mm）

h_1 ：バスケットプレート高さ1（mm）

b_3 ：バスケットプレート幅3（mm）

b_4 ：バスケットプレート幅4（mm）

h_2 ：バスケットプレート高さ2（mm）

（3）バスケットプレート横板の曲げ応力及びせん断応力の算出式

検査架台への衝突時、横倒し時の衝突時、及び緩衝体の衝突時にバスケットプレート横板切欠部には、第2.7-14図に示すようにバスケットプレート、中性子吸収材及び燃料集合体に生じる慣性力により曲げ応力σ_b及びせん断応力τが生じる。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \quad (5)$$

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (6)$$

ここで、

σ_b ：曲げ応力（MPa）

τ ：せん断応力(MPa)

M ：曲げモーメント（N･mm）

Z ：断面係数（mm^3）

F ：せん断荷重（N）

A ：断面積（mm^2）

曲げモーメントMは、以下の式で与えられる。

$$M = \frac{w \times \ell^2}{12} G_H \quad (7)$$

ここで、

w：分布荷重（kg/mm）

ℓ：バスケットセルの内幅（mm）

G_H：水平方向の加速度（m/s^2）

分布荷重wは、以下の式で与えられる。

$$w = \frac{W_f + W_b \times N}{\ell \times N} \quad (8)$$

ここで、

W_f：燃料集合体の質量（kg）

W_b：バスケットプレート及び中性子吸収材の質量（kg）

N：バスケットプレートの数（段）

断面係数Zは、以下の式で与えられる。計算に用いた寸法を第 2.7-15 図に示す。

$$Z = \frac{h_1^3 \times b_1 - h_2^3 \times (b_2 + b_3 \times 2)}{6h_1} \quad (9)$$

ここで、

h_1：バスケットプレート高さ 1（mm）

b_1：バスケットプレート幅 1（mm）

b_2：バスケットプレート幅 2（mm）

h_2：バスケットプレート高さ 2（mm）

b_3：バスケットプレート幅 3（mm）

断面積Aは、以下の式で与えられる。計算に用いた寸法を第 2.7-15 図に示す。

$$A = b_1 \times h_1 - h_2 \times (b_2 + b_3 \times 2) \quad (10)$$

せん断荷重Fは、以下の式で与えられる。

$$F = \frac{w \times \ell}{2} G_H \quad (11)$$

（4）伝熱フィンの曲げ応力及びせん断応力の算出式

検査架台への衝突時に伝熱フィン溶接部には、衝突時の外筒の変形により伝熱フィンに曲げ応力σ_b及びせん断応力τが生じる。なお、第2.7-16図に示すとおり、伝熱フィン溶接部は伝熱フィンに対して両側に隅肉溶接を施すが、保守側の評価として伝熱フィン溶接部のど部の面積は片側の隅肉のみを考慮して評価する。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \quad (12)$$

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (13)$$

ここで、

σ_b：曲げ応力（MPa）

M　：曲げモーメント（N･mm）

Z　：断面係数（mm^3）

τ　：せん断応力(MPa)

F　：作用荷重（N）

A　：フィン溶接部のど部の断面積（mm^2）

ここで、曲げモーメントMは、以下の式で求められる。

$$M = F \times \ell \quad (14)$$

ℓ　：フィンの長さ（mm）

ここで、作用荷重Fは、以下の式で求められる。

$$F = \frac{3EI}{\ell^2}\upsilon \quad (15)$$

E　：縦弾性係数（MPa）

I　：断面二次モーメント（mm^4）

υ　：外筒の変形量（mm）

また、貯蔵架台への衝突時、二次蓋の衝突時、緩衝体の衝突時に伝熱フィン溶接部には、伝熱フィン及び中性子遮蔽材に生じる慣性力によりせん断応力τが生じる。なお、第2.7-16図に示すとおり、伝熱フィン溶接部は伝熱フィンに対して両側に隅肉溶接を施すが、保守側の評価として伝熱フィン溶接部のど部の面積は片側の隅肉のみを考慮して評価する。

$$\tau = \frac{(W_1+W_2)G_v}{A} \quad (16)$$

ここで、

τ ：せん断応力（MPa）

W_1：伝熱フィンの軸方向単位長さ当たり重量（kg/mm）

W_2：中性子遮蔽材の軸方向単位長さ当たり重量（kg/mm）

G_v ：鉛直方向の加速度（m/s^2）

A ：フィン溶接部のど部の軸方向単位長さ当たりの面積（mm^2/mm）

（5）胴（脚部）の圧縮応力の算出式

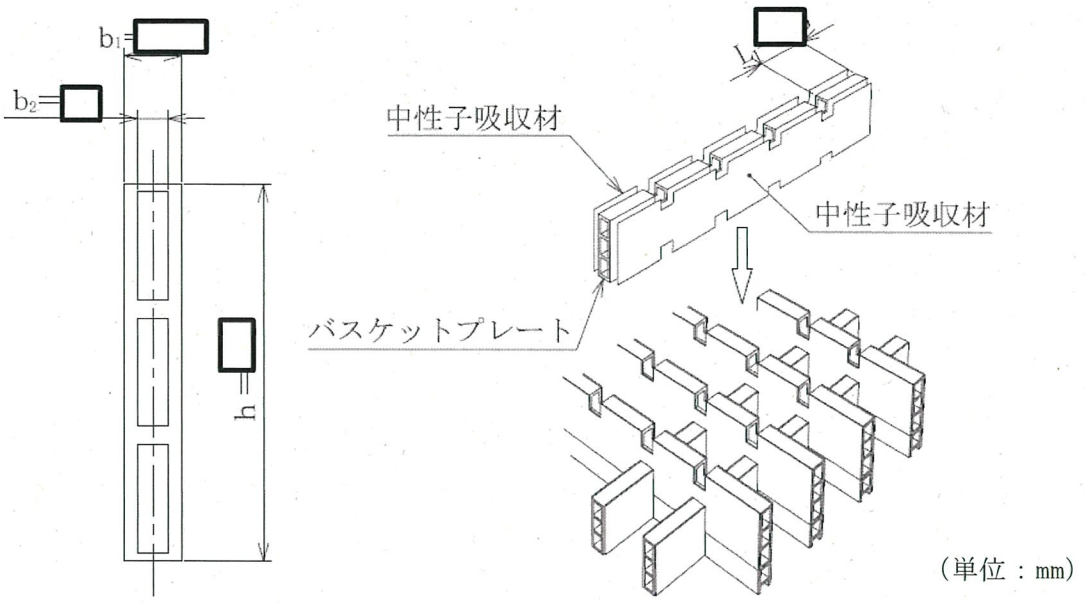
底面衝突時には、乾式キャスクの慣性力が作用し、衝突部近傍に圧縮応力σ_cが生じる。

$$\sigma_c = \frac{F_V}{A_c} \quad (17)$$

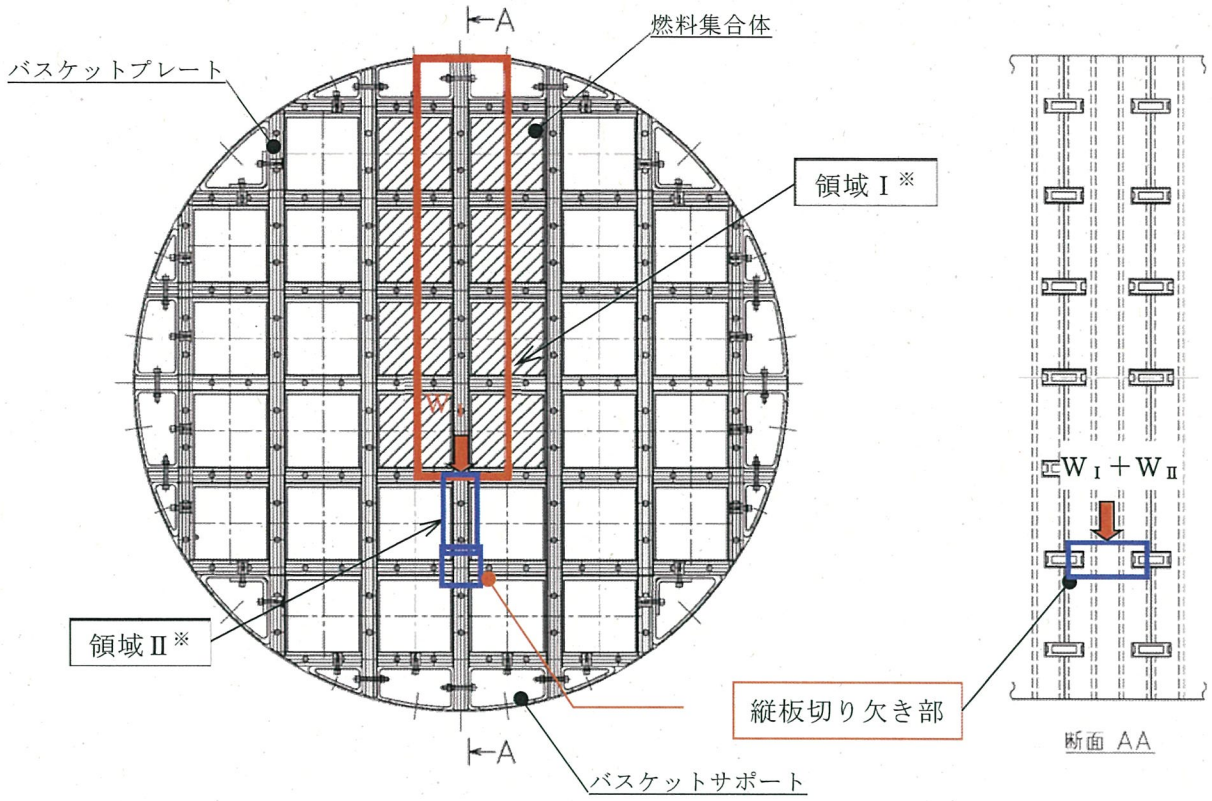
ここで、

F_v ：乾式キャスクに作用する鉛直方向荷重(N)

A_c ：胴（脚部）の圧縮面積（mm^2）

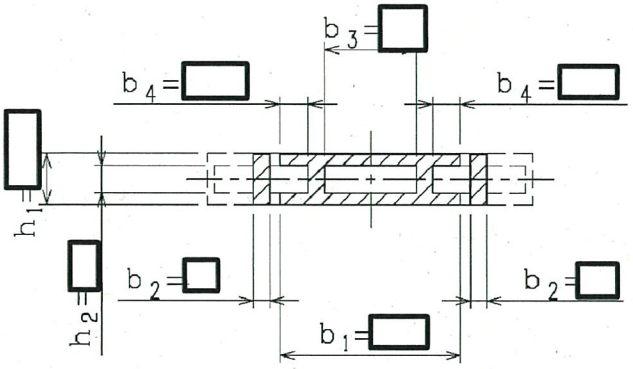


第 2.7-11 図　バスケットプレートのモデル図

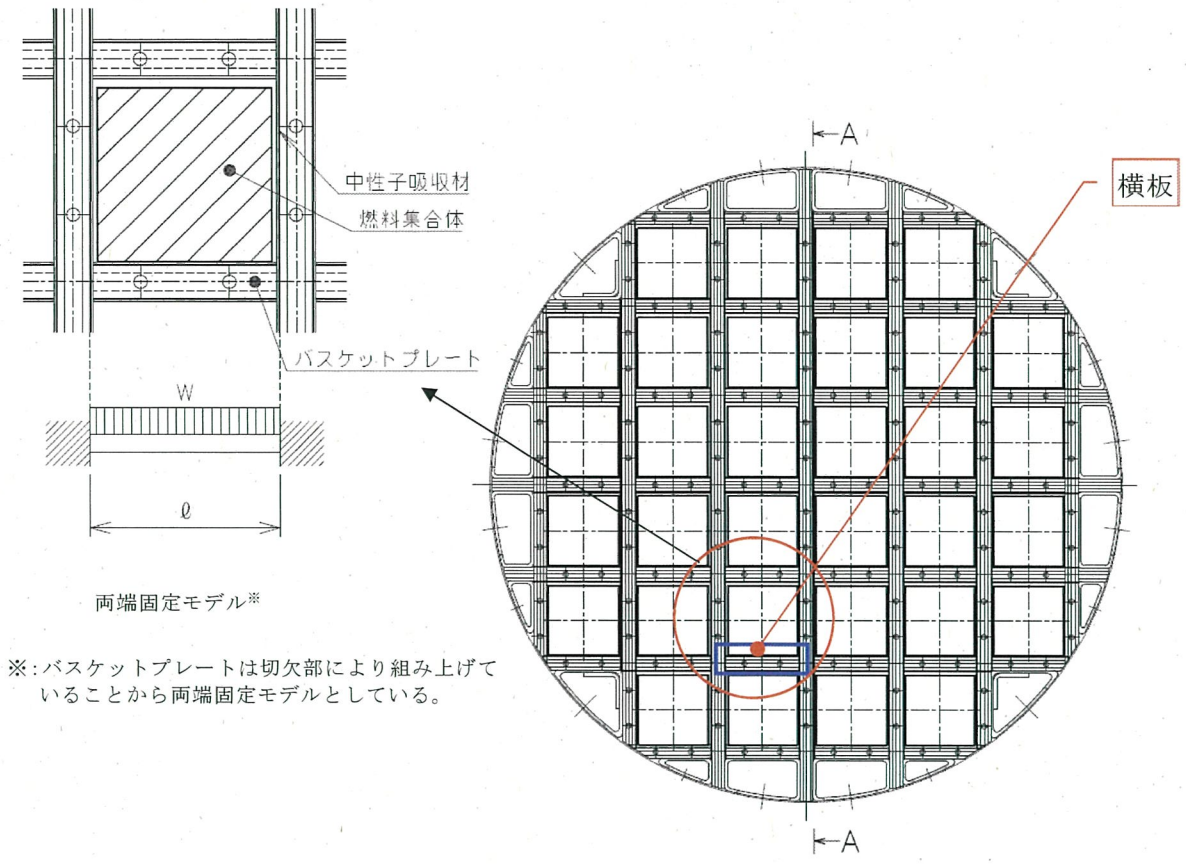


※：バスケットプレート最下段の縦板切欠部は、切欠部にかかる質量は最も大きくなる一方、バスケットサポートの支持により荷重を受ける断面積が大きくなり、発生する圧縮応力は最下段から２段目の切欠部と比較して低減され、最下段から２段目の切欠部において圧縮応力が最大となることから、領域Ⅰ及び領域Ⅱを選定している。

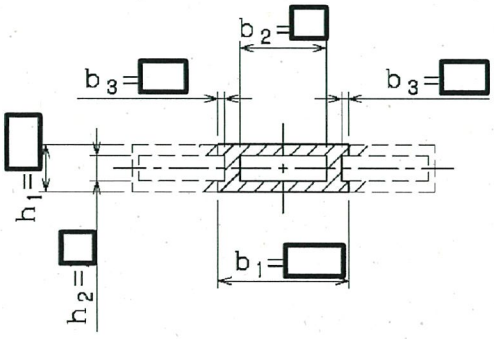
第 2.7-12 図　バスケットプレート縦板のモデル図



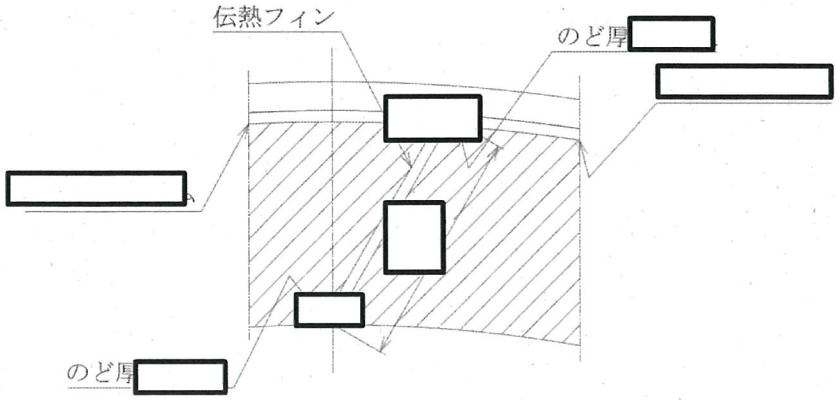
第 2.7-13 図　バスケットプレート縦板の断面



第 2.7-14 図　バスケットプレート横板のモデル図



第 2.7-15 図　バスケットプレート横板の断面



第2.7-16図　伝熱フィン溶接部のモデル図

2.7.3.4　応力評価(各部材の構造健全性の確認)

（１）　検査架台への衝突（第2.7-9図（a.））

ｉ.評価事象

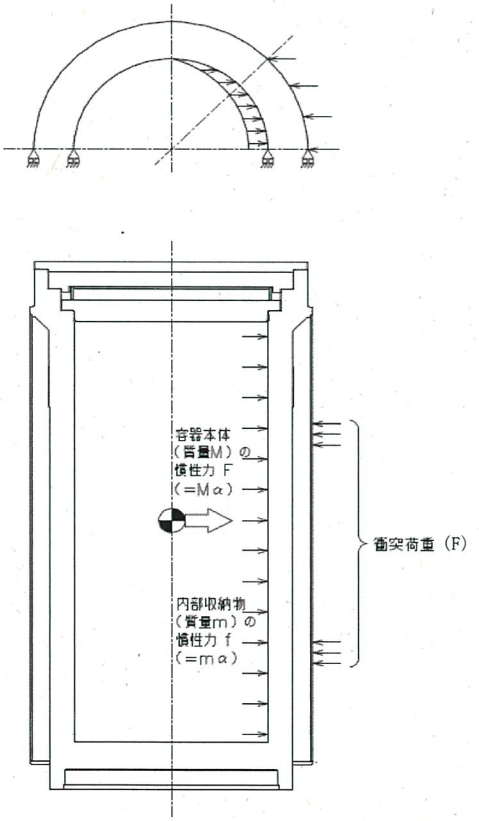
検査架台への衝突として、乾式貯蔵建屋天井クレーンの誤操作により、乾式キャスクの側部が最大速度(18m/分)で検査架台に衝突することを想定した評価を行う。

ⅱ.評価条件

検査架台への衝突時における容器本体の応力の算出にはABAQUSコードを用いる。応力解析モデルは、容器本体（胴、外筒、一次蓋、一次蓋ボルト、二次蓋、二次蓋ボルト、三次蓋、三次蓋ボルト）を三次元でモデル化する。

荷重条件及び境界条件を第2.7-17図に示す。乾式キャスクの有する運動エネルギーが全て検査架台のひずみエネルギーで吸収されるとして算出される乾式キャスクに生じる衝撃荷重（第2.7-5表に示す3.920×10^{6}N）に対応する慣性力を乾式キャスクに作用させるとともに、衝突荷重を外筒の2箇所に作用させる。

また、外筒と検査架台の衝突位置は、外筒の変形量が大きくなるよう（後で述べる衝突部近傍の評価において、保守側の評価となるよう）、外筒の中央付近に検査架台が衝突する条件を代表として解析を実施する。



第2.7-17図 検査架台への衝突時の荷重条件及び境界条件

iii. 基準値

評価基準は表 2.7-9 に示すとおりとする。

iv. 評価結果

検査架台への衝突時における応力解析結果を第 2.7-10 表に示す。検査架台への衝突時において、各評価部位に発生する応力は、iii. 項に示す解析基準値を満足していることから、安全機能が維持されることを確認した。

また、一次蓋及び二次蓋は弾性範囲内にとどまることから、開放可能であり、再取出性に問題はない。

第 2.7-10 表 検査架台への衝突時における応力解析結果

評価部位	材質	温度 (℃)	解析結果 (MPa)	解析基準	解析基準値 (MPa)
一次蓋	GLF1	120	8	1.5Sm	186
二次蓋	GLF1	110	11	1.5Sm	186
胴	GLF1	125	8	1.5Sm	186
胴（底板）	GLF1	140	3	1.5Sm	183
外筒	SGV480	120	42	F/1.5	156
下部端板	SUS304	120	26	F/1.5	136
蓋部中性子遮蔽材カバー	SGV480	115	4	F/1.5	157
底部中性子遮蔽材カバー	SUS304	125	25	F/1.5	136
一次蓋シール部（蓋側）	GLF1	120	103	Sy	185
一次蓋シール部（胴側）	GLF1	120	17	Sy	185
一次蓋ボルト	SNB23-3	115	249	2Sm	562
二次蓋ボルト	SNB23-3	110	207	2Sm	564
バスケット	MB-A3004-H112	180	2	Sy	56
伝熱フィン	H3100 C1020P	120	68	1.5Sy	83

（注 1）Sy：設計降伏応力（規格値又は文献値）、Sm：設計応力強さ（規格値）

F=MIN[1.35Sy, 0.7Su, Sy(RT)]（使用温度が 40℃を超えるオーステナイト系ステンレス鋼）

F＝MIN[0.7Su, Sy]（上記示すもの以外）

（注 2）各評価位置の解析結果は、解析基準値に対しての裕度が最も小さい値を記載。

(2) 貯蔵架台への衝突（第 2.7-9 図（b.））

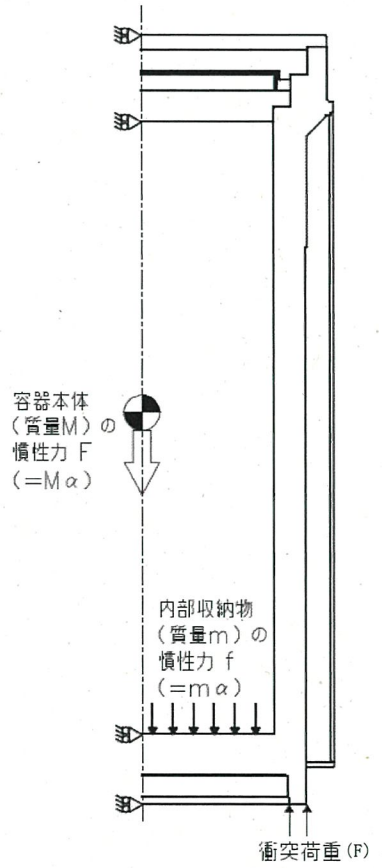
i . 評価事象

貯蔵架台への衝突として、乾式貯蔵建屋天井クレーンの誤操作により、乾式キャスクの底部が最大速度（1.2m/分）で貯蔵架台に衝突することを想定した評価を行う。

ii . 評価条件

貯蔵架台への衝突時における容器本体の応力の算出には ABAQUS コードを用いる。応力解析モデルは、容器本体（胴、外筒、一次蓋、一次蓋ボルト、二次蓋、二次蓋ボルト、三次蓋、三次蓋ボルト）を三次元でモデル化する。

荷重条件及び境界条件を第 2.7-18 図に示す。乾式キャスクの有する運動エネルギーが全て貯蔵架台のひずみエネルギーで吸収されるとして算出される衝撃荷重（第 2.7-8 表に示す 3.690×10^{6} N）から保守側に設定した約 5.9×10^{6} N（5G 相当）に対応する慣性力を乾式キャスクに作用させるとともに、衝突荷重を胴の下端部に作用させる。



第 2.7-18 図 貯蔵架台への衝突時の荷重条件及び境界条件

iii. 基準値

(1) iii. 項と同じとする。

iv. 評価結果

貯蔵架台への衝突時における応力解析結果を第 2.7-11 表に示す。

貯蔵架台への衝突時において、各評価部位に発生する応力は、iii. 項に示す解析基準値を満足していることから、安全機能が維持されることを確認した。

また、一次蓋及び二次蓋は弾性範囲内にとどまることから、開放可能であり、再取出性に問題はない。

第 2.7-11 表 貯蔵架台への衝突時における応力解析結果

評価部位	材質	温度 (℃)	解析結果 (MPa)	解析基準	解析基準値 (MPa)
一次蓋	GLF1	120	9	1.5Sm	186
二次蓋	GLF1	110	8	1.5Sm	186
胴	GLF1	125	3	Sm	124
胴（底板）	GLF1	140	6	1.5Sm	183
外筒	SGV480	120	34	F/1.5	156
下部端板	SUS304	120	3	F/1.5	136
蓋部中性子遮蔽材カバー	SGV480	115	5	F/1.5	157
底部中性子遮蔽材カバー	SUS304	125	29	F/1.5	136
一次蓋シール部（蓋側）	GLF1	120	64	Sy	185
一次蓋シール部（胴側）	GLF1	120	16	Sy	185
一次蓋ボルト	SNB23-3	115	249	2Sm	562
二次蓋ボルト	SNB23-3	110	204	2Sm	564
バスケット	MB-A3004-H112	180	1	Sy	56
伝熱フィン	H3100 C1020P	120	1	$Sy/\sqrt{3}$	31

(注 1) Sy：設計降伏応力（規格値又は文献値）、Sm：設計応力強さ（規格値）

F=MIN[1.35Sy, 0.7Su, Sy(RT)]（使用温度が 40℃を超えるオーステナイト系ステンレス鋼）

F＝MIN[0.7Su, Sy]（上記示すもの以外）

(注 2) 各評価位置の解析結果は、解析基準値に対しての裕度が最も小さい値を記載。

(3) 横倒し時の衝突（第 2.7-9 図（d.））

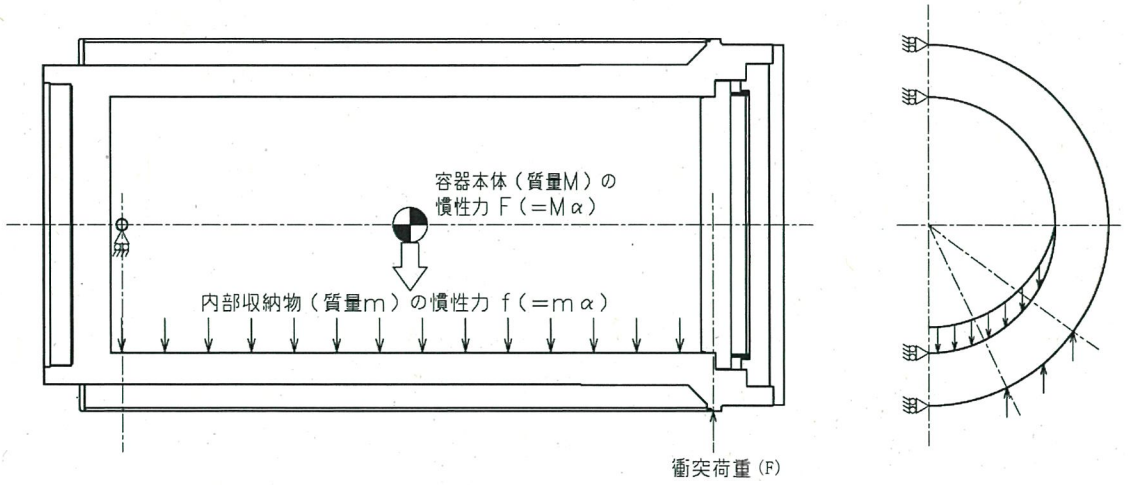
ⅰ.評価事象

横倒し時の衝突として、乾式貯蔵建屋天井クレーンの誤操作により、乾式キャスクの胴上部が最大速度（1.2m/分）で縦起こし架台に衝突することを想定した評価を行う。

ⅱ.評価条件

横倒し時の衝突時における容器本体の応力の算出には ABAQUS コードを用いる。応力解析モデルは、容器本体（胴、外筒、一次蓋、一次蓋ボルト、二次蓋、二次蓋ボルト、三次蓋、三次蓋ボルト）を三次元でモデル化する。

荷重条件及び境界条件を第 2.7-19 図に示す。乾式キャスクの有する運動エネルギーが全て輸送架台のひずみエネルギーで吸収されるとして算出される衝撃荷重（第 2.7-8 表に示す 1.278×10^{6} N）に対応する慣性力を乾式キャスクに作用させるとともに、衝突荷重を本体胴フランジ部に作用させる。



第 2.7-19 図 横倒し時の衝突時の荷重条件及び境界条件

ⅲ.基準値

(1) ⅲ.項と同じとする。

ⅳ. 評価結果

横倒し時の衝突時における応力解析結果を第 2.7-12 表に示す。

横倒し時の衝突時において、各評価部位に発生する応力は、ⅲ. 項に示す解析基準値を満足していることから、安全機能が維持されることを確認した。

また、一次蓋及び二次蓋は弾性範囲内にとどまることから、開放可能であり、再取出性に問題はない。

第 2.7-12 表 横倒し時の衝突時における応力解析結果

評価部位	材質	温度 (℃)	解析結果 (MPa)	解析基準	解析基準値 (MPa)
一次蓋	GLF1	120	8	1.5Sm	186
二次蓋	GLF1	110	11	1.5Sm	186
胴	GLF1	125	3	Sm	124
胴（底板）	GLF1	140	2	1.5Sm	183
外筒	SGV480	120	40	F/1.5	156
下部端板	SUS304	120	13	F/1.5	136
蓋部中性子遮蔽材カバー	SGV480	115	4	F/1.5	157
底部中性子遮蔽材カバー	SUS304	125	24	F/1.5	136
一次蓋シール部（蓋側）	GLF1	120	68	Sy	185
一次蓋シール部（胴側）	GLF1	120	39	Sy	185
一次蓋ボルト	SNB23-3	115	249	2Sm	562
二次蓋ボルト	SNB23-3	110	206	2Sm	564
バスケット	MB-A3004-H112	180	1	Sy	56
伝熱フィン	H3100 C1020P	-	-	-	-

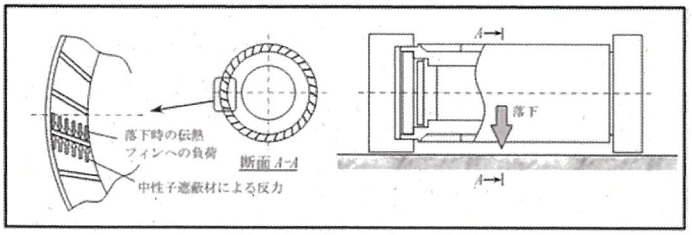
（注 1）Sy：設計降伏応力（規格値又は文献値）、Sm：設計応力強さ（規格値）

F=MIN[1.35Sy, 0.7Su, Sy(RT)]（使用温度が 40℃を超えるオーステナイト系ステンレス鋼）

F＝MIN[0.7Su, Sy]（上記示すもの以外）

（注 2）各評価位置の解析結果は、解析基準値に対しての裕度が最も小さい値を記載。

（注 3） 横倒し時には、伝熱フィンの鉛直上側に位置する中性子遮蔽材の慣性力が伝熱フィンに作用するが、伝熱フィンは鉛直下側の中性子遮蔽材により支えられるため、伝熱フィンに慣性力による応力は発生しない。したがって、構造強度評価は行わない。



(4) 二次蓋の衝突（第 2.7-9 図（e.））

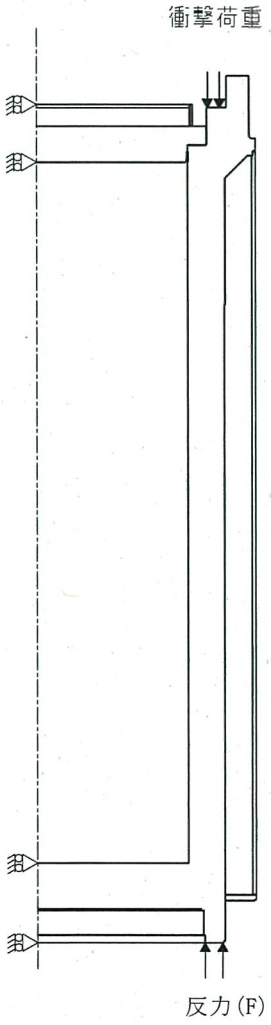
ⅰ.評価事象

二次蓋の衝突として、FH/B クレーンの誤操作により、二次蓋が最大速度（1.2m/分）で乾式キャスクの胴上面に衝突することを想定した評価を行う。

ⅱ.評価条件

二次蓋の衝突時における容器本体の応力の算出には ABAQUS コードを用いる。応力解析モデルは、容器本体（胴、外筒、一次蓋、一次蓋ボルト）を三次元でモデル化する。

荷重条件及び境界条件を第 2.7-20 図に示す。二次蓋の有する運動エネルギーが全て乾式キャスクのひずみエネルギーで吸収されるとして算出される衝撃荷重(第 2.7-8 表に示す 3.697×10^{5} N ）を胴上面に作用させるとともに、衝撃荷重の反力を胴の下端部に作用させる。



第 2.7-20 図 二次蓋衝突時の荷重条件及び境界条件

ⅲ. 基準値

(1) ⅲ. 項と同じとする。

ⅳ. 評価結果

二次蓋の衝突時における応力解析結果を第 2.7-13 表に示す。なお、二次蓋の衝突時には、内部収納物の慣性力が作用せず、バスケットには応力は発生しないため、自重による応力を記載している。

二次蓋の衝突時において、各評価部位に発生する応力は、ⅲ. 項に示す解析基準値を満足していることから、安全機能が維持されることを確認した。

また、一次蓋は弾性範囲内にとどまることから、開放可能であり、再取出性に問題はない。

第 2.7-13 表 二次蓋の衝突時における応力解析結果

評価部位	材質	温度 (℃)	解析結果 (MPa)	解析基準	解析基準値 (MPa)
一次蓋	GLF1	120	4	1.5Sm	186
二次蓋	GLF1	110	-	-	-
胴	GLF1	125	3	Sm	124
胴（底板）	GLF1	140	2	1.5Sm	183
外筒	SGV480	120	34	F/1.5	156
下部端板	SUS304	120	11	F/1.5	136
蓋部中性子遮蔽材カバー	SGV480	115	57	F/1.5	157
底部中性子遮蔽材カバー	SUS304	125	26	F/1.5	136
一次蓋シール部（蓋側）	GLF1	120	64	Sy	185
一次蓋シール部（胴側）	GLF1	120	13	Sy	185
一次蓋ボルト	SNB23-3	115	249	2Sm	562
二次蓋ボルト	SNB23-3	110	-	-	-
バスケット	MB-A3004-H112	180	1	Sy	56
伝熱フィン	H3100 C1020P	120	1	$Sy/\sqrt{3}$	31

(注 1) Sy：設計降伏応力（規格値又は文献値）、Sm：設計応力強さ（規格値）

F=MIN[1.35Sy, 0.7Su, Sy(RT)]（使用温度が 40℃を超えるオーステナイト系ステンレス鋼）

F＝MIN[0.7Su, Sy]（上記示すもの以外）

(注 2) 各評価位置の解析結果は、解析基準値に対しての裕度が最も小さい値を記載。

(4) 緩衝体（上部及び下部）の衝突（第 2.7-9 図（f.））

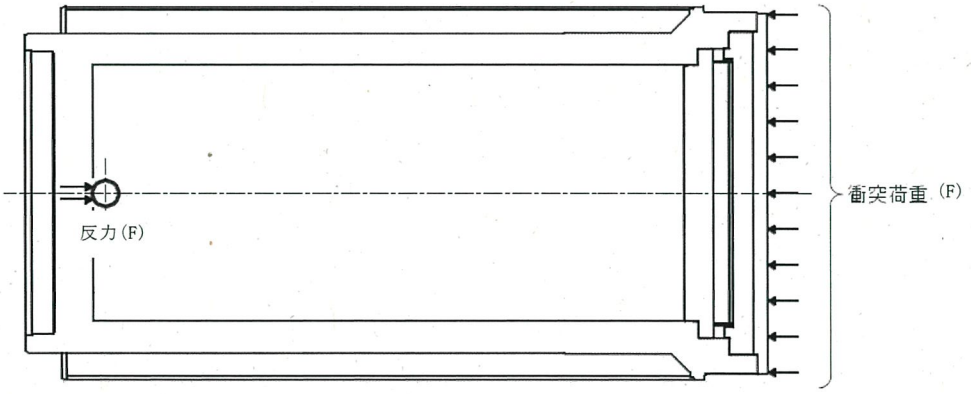
i . 評価事象

緩衝体（上部及び下部）の衝突として、乾式貯蔵建屋天井クレーンの誤操作により、上部緩衝体が最大速度（18m/分）で乾式キャスクの三次蓋上面に衝突することを想定した評価、並びに、下部緩衝体が乾式キャスクの胴底面に衝突することを想定した評価を行う。

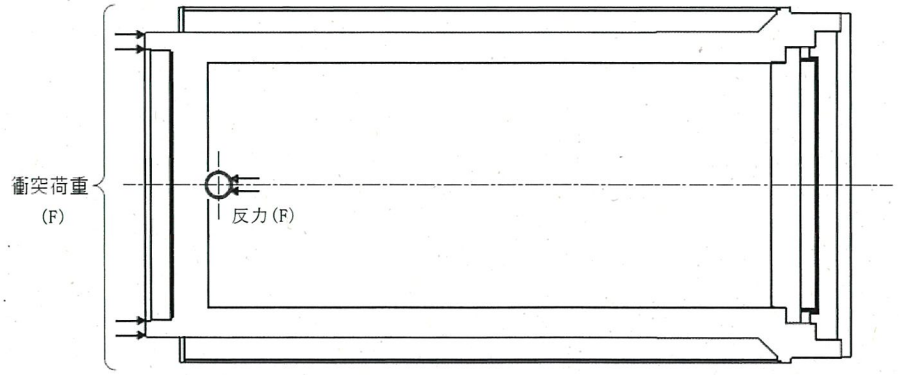
ii . 評価条件

緩衝体の衝突時における容器本体の応力の算出には ABAQUS コードを用いる。応力解析モデルは、容器本体（胴、外筒、一次蓋、一次蓋ボルト、二次蓋、二次蓋ボルト、三次蓋、三次蓋ボルト）を三次元でモデル化する。

荷重条件及び境界条件を第 2.7-21 図及び第 2.7-22 図に示す。緩衝体の有する運動エネルギーが全て乾式キャスクのひずみエネルギーで吸収されるとして算出される衝撃荷重（第 2.7-8 表に示す上部：2.070×10^{6} N、下部：1.710×10^{6} N）を三次蓋上面又は胴底面に作用させるとともに、衝撃荷重の反力を下部トラニオンに作用させる。



第 2.7-21 図 上部緩衝体衝突時の荷重条件及び境界条件



第 2.7-22 図 下部緩衝体衝突時の荷重条件及び境界条件

iii. 基準値

(1) iii. 項と同じとする。

iv. 評価結果

緩衝体の衝突時における応力解析結果を第 2.7-14 表及び第 2.7-15 表に示す。なお、緩衝体の衝突時には、内部収納物の慣性力が作用せず、バスケットには応力は発生しないため、自重による応力を記載している。

緩衝体の衝突時において、各評価部位に発生する応力は、iii. 項に示す解析基準値を満足していることから、安全機能が維持されることを確認した。

また、一次蓋及び二次蓋は弾性範囲内にとどまることから、開放可能であり、再取出性に問題はない。

第 2.7-14 表 上部緩衝体の衝突時における応力解析結果

評価部位	材質	温度 (℃)	解析結果 (MPa)	解析基準	解析基準値 (MPa)
一次蓋	GLF1	120	7	1.5Sm	186
二次蓋	GLF1	110	11	1.5Sm	186
胴	GLF1	125	10	1.5Sm	186
胴（底板）	GLF1	140	9	1.5Sm	183
外筒	SGV480	120	35	F/1.5	156
下部端板	SUS304	120	14	F/1.5	136
蓋部中性子遮蔽材カバー	SGV480	115	4	F/1.5	157
底部中性子遮蔽材カバー	SUS304	125	24	F/1.5	136
一次蓋シール部（蓋側）	GLF1	120	69	Sy	185
一次蓋シール部（胴側）	GLF1	120	38	Sy	185
一次蓋ボルト	SNB23-3	115	249	2Sm	562
二次蓋ボルト	SNB23-3	110	205	2Sm	564
バスケット	MB-A3004-H112	180	1	Sy	56
伝熱フィン	H3100 C1020P	120	1	$Sy/\sqrt{3}$	31

(注 1) Sy：設計降伏応力（規格値又は文献値）、Sm：設計応力強さ（規格値）

F=MIN[1.35Sy, 0.7Su, Sy(RT)]（使用温度が 40℃を超えるオーステナイト系ステンレス鋼）

F＝MIN[0.7Su, Sy]（上記示すもの以外）

(注 2) 各評価位置の解析結果は、解析基準値に対しての裕度が最も小さい値を記載。

第 2.7-15 表 下部緩衝体の衝突時における応力解析結果

評価部位	材質	温度 (℃)	解析結果 (MPa)	解析基準	解析基準値 (MPa)
一次蓋	GLF1	120	8	1.5Sm	186
二次蓋	GLF1	110	11	1.5Sm	186
胴	GLF1	125	10	1.5Sm	186
胴（底板）	GLF1	140	7	1.5Sm	183
外筒	SGV480	120	37	F/1.5	156
下部端板	SUS304	120	10	F/1.5	136
蓋部中性子遮蔽材カバー	SGV480	115	4	F/1.5	157
底部中性子遮蔽材カバー	SUS304	125	25	F/1.5	136
一次蓋シール部（蓋側）	GLF1	120	68	Sy	185
一次蓋シール部（胴側）	GLF1	120	40	Sy	185
一次蓋ボルト	SNB23-3	115	249	2Sm	562
二次蓋ボルト	SNB23-3	110	206	2Sm	564
バスケット	MB-A3004-H112	180	1	Sy	56
伝熱フィン	H3100 C1020P	120	1	$Sy/\sqrt{3}$	31

（注 1）Sy：設計降伏応力（規格値又は文献値）、Sm：設計応力強さ（規格値）

F=MIN[1.35Sy, 0.7Su, Sy(RT)]（使用温度が 40℃を超えるオーステナイト系ステンレス鋼）

F＝MIN[0.7Su, Sy]（上記示すもの以外）

（注 2）各評価位置の解析結果は、解析基準値に対しての裕度が最も小さい値を記載。

2.7.3.5　衝突部位近傍の評価

(1)　検査架台への衝突

検査架台への衝突時には、外筒の衝突部近傍にせん断応力が発生することから、せん断により変形しないことを評価する。衝突部近傍に発生するせん断応力は、衝撃荷重を衝突部の断面積で除して算出する。衝突部近傍の応力解析結果を第 2.7-16 表に示す。発生するせん断応力は、基準を満足しており、安全機能への影響はない。

(2)　貯蔵架台への衝突、横倒し時の衝突、二次蓋の衝突及び緩衝体の衝突

貯蔵架台への衝突時、横倒し時の衝突時、二次蓋の衝突時及び緩衝体の衝突時には、衝突部近傍に圧縮応力が発生することから、圧縮により変形しないことを評価する。衝突部近傍に発生する圧縮応力は、衝撃荷重を衝突部の断面積で除して算出する。衝突部近傍の応力解析結果を第 2.7-16 表に示す。発生する圧縮応力は、基準を満足しており、安全機能への影響は生じない。

第 2.7-16 表　各想定事象時の衝突部位近傍の応力解析結果

項目	衝撃荷重 (N)	衝突部の断面積 (mm^2)	衝突部に発生する応力 (MPa)	解析基準 (注 1)	解析基準値 (MPa)
a. 検査架台への衝突	3.920×10^6	1.970×10^5 (注 2)	20(せん断)	$Sy/\sqrt{3}$	135
b. 貯蔵架台への衝突	3.690×10^6	8.621×10^5 (注 3)	5(圧縮)	Sy	183
d. 横倒し時の衝突	1.278×10^6	4.522×10^4 (注 4)	29(圧縮)	Sy	185
e. 二次蓋の衝突	3.697×10^5	7.737×10^5 (注 5)	1(圧縮)	Sy	185
f. 緩衝体（上部）の衝突	2.070×10^6	9.578×10^5 (注 6)	3(圧縮)	Sy	185
f. 緩衝体（下部）の衝突	1.710×10^6	8.621×10^5 (注 3)	2(圧縮)	Sy	183

(注 1)Sy：設計降伏点（規格値）。検査架台への衝突における解析基準値は、せん断ひずみエネルギー説に基づき Sy の $1/\sqrt{3}$ とした。検査架台への衝突を除く衝突事象の解析基準は Sy とした。

(注 2)外筒のせん断断面積

(注 3)胴底部の圧縮断面積

(注 4)胴上部の圧縮断面積

(注 5)胴フランジ（二次蓋部）の圧縮断面積

(注 6)胴フランジ（三次蓋部）の圧縮断面積

2.7.3.6　使用済燃料集合体の評価

2.7.2 で抽出した想定事象が万一発生した場合でも、使用済燃料集合体に発生する応力は弾性範囲内であり、使用済燃料集合体に過度な変形が生じず、燃料ペレットが燃料被覆管から脱落しないことから、使用済燃料集合体の再取出性に問題ないことを評価する。

第 2.7-17 表に示すとおり、核燃料輸送物設計承認申請の 0.3m 落下（一般の試験条件）において使用済燃料集合体に発生する応力は弾性範囲内である。想定事象における衝撃加速度は、0.3m 落下における衝撃加速度以下であるため、想定事象において使用済燃料集合体に発生する応力も弾性範囲内となる。なお、使用済燃料集合体は乾式キャスク内部にあって結合されていないため、a.、b.及び d.の事象では使用済燃料集合体に発生する加速度は乾式キャスクの衝突等の事象によって発生する方向の加速度と同等である。一方、e.及び f.の事象では、衝突時に内部収納物の慣性力が作用しないため、使用済燃料集合体に発生する衝撃加速度は自重のみとなる。

したがって、各想定事象において、使用済燃料集合体に過度な変形が生じず、燃料ペレットが燃料被覆管から脱落しないことから、使用済燃料集合体の再取出性に問題はない。

第 2.7-17 表　使用済燃料集合体の応力評価結果

項目	想定事象における衝撃加速度	0.3m 落下における衝撃加速度	0.3m 落下における発生応力	解析基準	解析基準値（MPa）
a. 検査架台への衝突	3.3g(注 1)	21.4g（水平落下）	200 MPa	Sy	595 MPa[1)]（ｼﾞﾙｶﾛｲ-4、205℃）
b. 貯蔵架台への衝突	3.1g(注 1)	28.6g（頭部垂直落下）	118 MPa		
d. 横倒し時の衝突	1.1g(注 1)	21.4g（水平落下）	200 MPa		
e. 二次蓋の衝突	1g(注 2)	28.6g（頭部垂直落下）	118 MPa		
f. 緩衝体（上部）の衝突	1g(注 2)	21.4g（水平落下）	200 MPa		
f. 緩衝体（下部）の衝突	1g(注 2)	21.4g（水平落下）	200 MPa		

（注 1）第 2.7-8 表に記載する衝撃荷重と第 2.7-6 表に記載する質量から、以下式により算出。

$$衝撃加速度(g)=\frac{衝撃荷重(N)}{質量(kg)\times g(9.80665m/s^2)}$$

（注 2）二次蓋の衝突時及び緩衝体の衝突時には、内部収納物の慣性力が作用しないため、使用済燃料集合体に発生する衝撃加速度は自重とする。

2.7.3.7　各想定事象時の衝撃荷重のばね定数の算出方法について

(1) 検査架台への衝突

検査架台への衝突時には、第 2.7-23 図に示す 2 枚の足場板の梁が圧縮変形するとして検査架台衝突部のばね剛性K_1は次式[2)]より算出する。

$$K_1 = E_1 A_1 / L_1 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

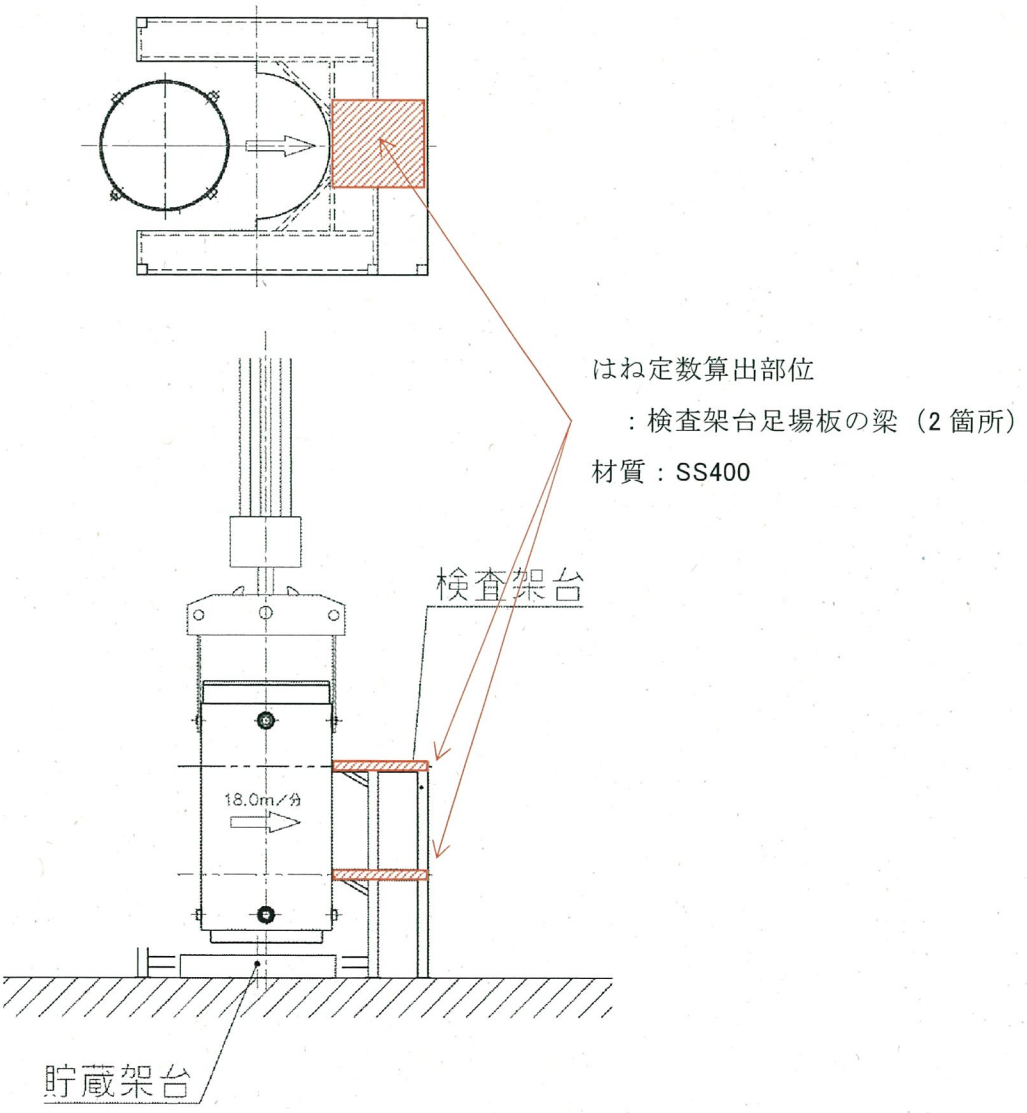
$$= 1.410 \times 10^6 \text{ N/mm} \quad (1.410 \times 10^9 \text{ N/m})$$

ここで、

E_1　　：梁の縦弾性係数= 202000 MPa

A_1　　：梁の断面積 = 11400 mm^2 (※1)

L_1　　：梁の全長 = 1640 mm



第 2.7-23 図 検査架台への衝突時のばね定数の算出モデル

(※1) 梁の断面積(A_1) 設計根拠

衝突範囲内にあるＬアングルの断面積と個数より算出する。

Ｌアングル(100×100) 断面積

$A = 19cm^2$

[JIS G 3192]

衝突範囲内のＬアングル個数

Ｎ＝3 個/段×2 段 ＝6 個

[下図参照]

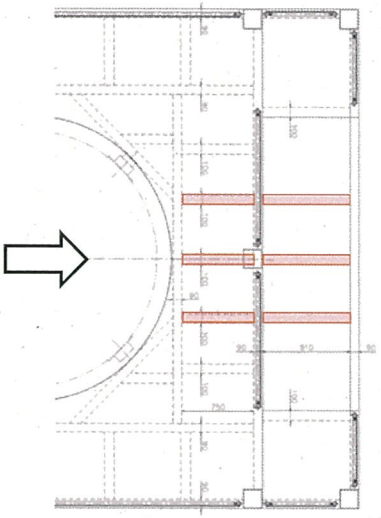
梁の断面積

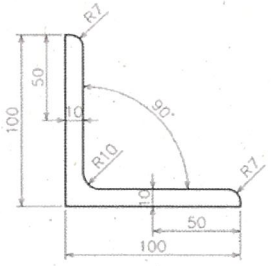
$A_1 = A \times N$

$= 19 \times 6$

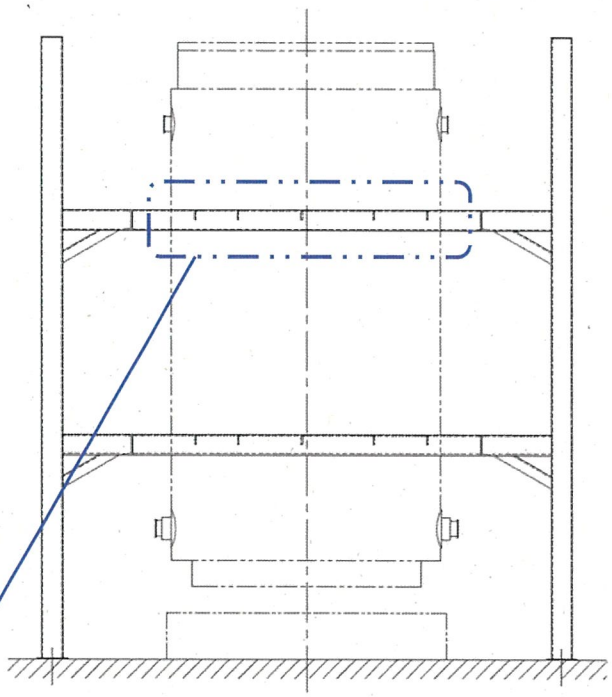
$= 114\ cm^2$

$= 11{,}400\ mm^2$

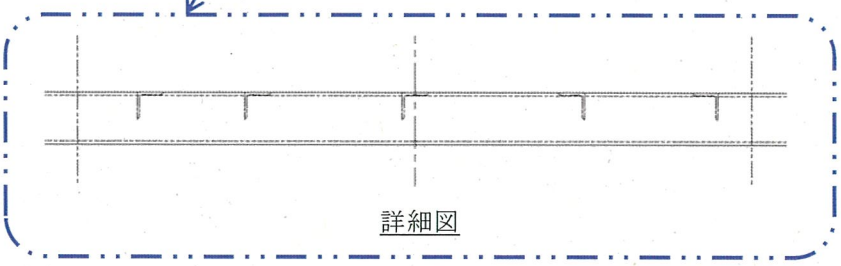




Ｌアングル詳細寸法



矢視

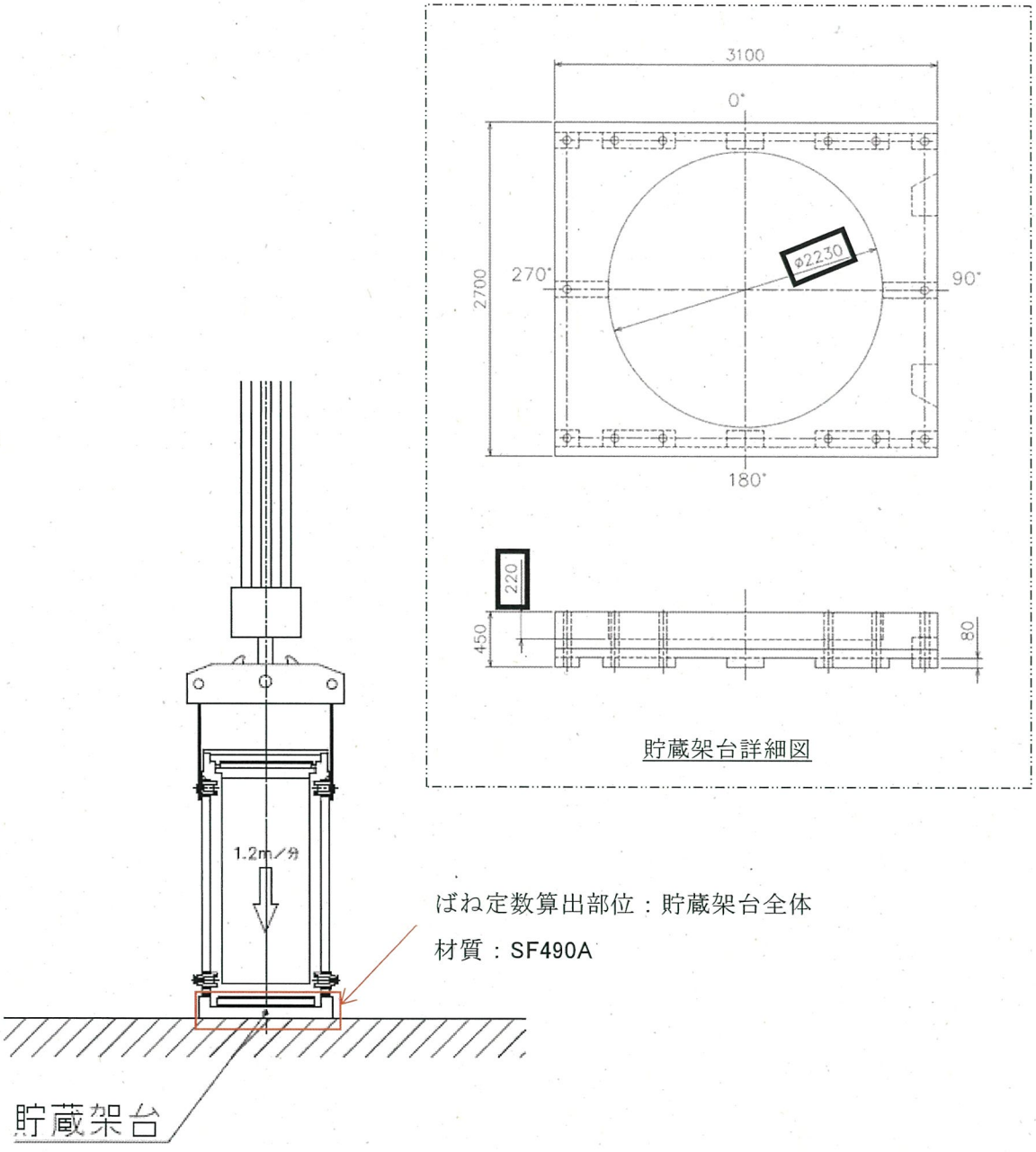


詳細図

(2) 貯蔵架台への衝突

貯蔵架台への衝突時には、第 2.7-24 図に示す貯蔵架台が圧縮及び曲げ変形するとして貯蔵架台のばね剛性K_2は FEM により貯蔵架台形状をモデル化し算出する。

$$K_2 = 1.016 \times 10^{11} \text{ N/m} \quad \cdots\cdots (2)$$



第 2.7-24 図 貯蔵架台への衝突時のばね定数の算出モデル

(3) 横倒し時の衝突

横倒し時の衝突時には、第 2.7-25 図に示すたて起こし架台の胴受け部が圧縮変形するとして輸送架台衝突部のばね剛性K_3は次式[2)]より算出する。

$$K_3 = E_3 A_3 / L_3 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3)$$

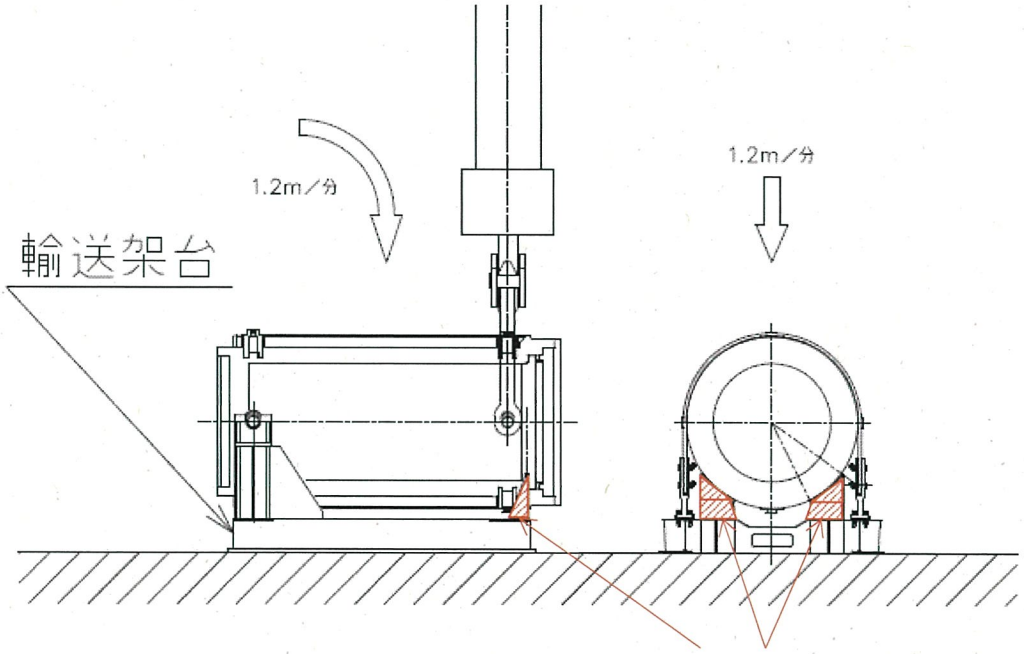
$$= 3.510 \times 10^7 \text{ N/mm} \quad (3.510 \times 10^{10} \text{ N/m})$$

ここで、

E_3　：たて起こし架台の縦弾性係数 = 202000 MPa

A_3　：たて起こし架台の胴受け部の断面積 = 55556 mm^2 (※2)

L_3　：たて起こし架台の胴受け部の代表全長 = 320 mm



ばね定数算出部位

：たて起こし架台の胴受け部

材質：SHY685

第 2.7-25 図 横倒し時の衝突時のばね定数の算出モデル

(※2) たて起こし架台の胴受け部の断面積(A_3) 設計根拠

右の簡易断面図より胴受け部の断面積を算出する。

****

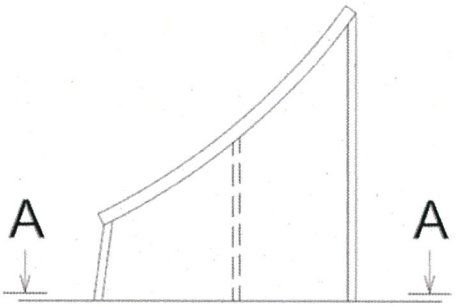
$A_3 = [\ \{(t1+t2+t3)\times(\ell1 - (t4+t5))\} + \{(t4+t5)\times\ell2\}\ ]\times2$

$= [\ \{(12+12+12)\times(266 - (19+19))\} + \{(19+19)\times515\}\ ]\times2$

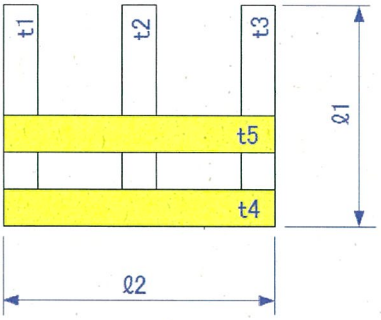
$= 27,778\times2$

$= 55,556\ mm^2$

t1=12
t2=12
t3=12
t4=19
t5=19
ℓ1=266
ℓ2=515



たて起こし架台胴受け部正面図

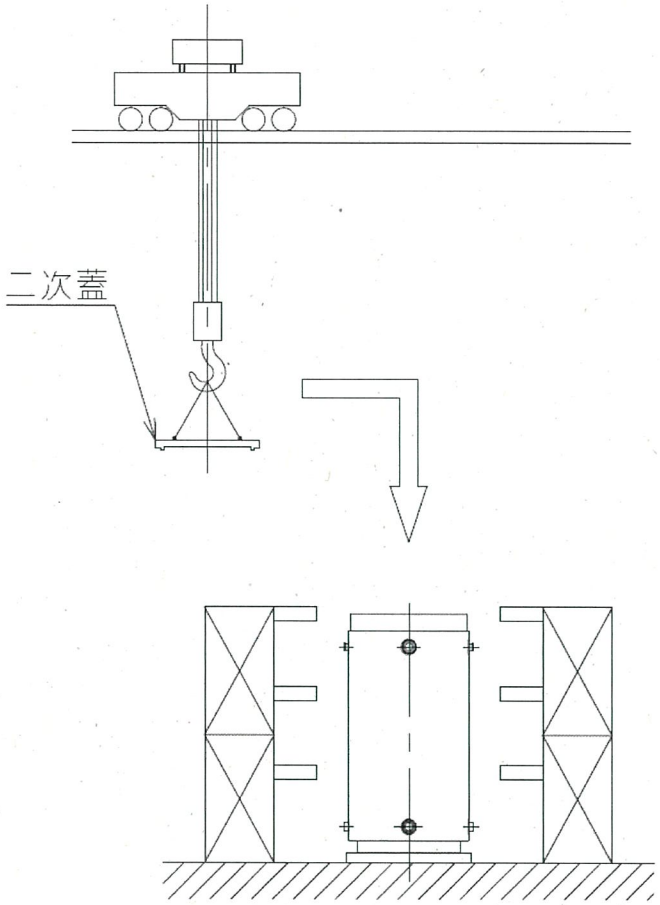


簡易断面図（AA 断面）

(4) 二次蓋の衝突

二次蓋の衝突時には、第 2.7-26 図に示すように乾式キャスク底面を基準として、乾式キャスク全体が圧縮変形するとして FEM により乾式キャスク形状をモデル化し、二次蓋の衝突時のばね剛性K_4を算出する。

$$K_4 = 5.459 \times 10^{10} \text{ N/m} \quad \cdots\cdots (4)$$



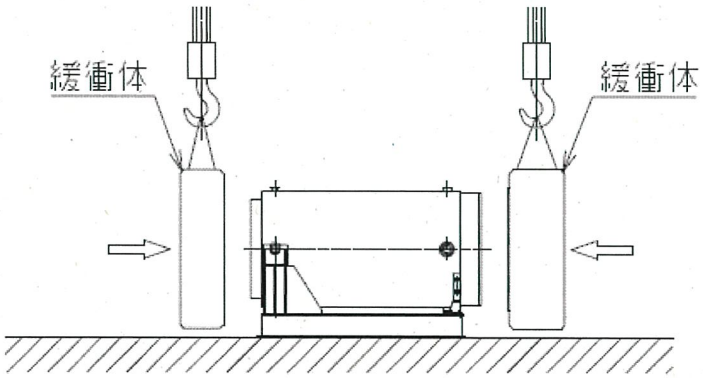
第 2.7-26 図 二次蓋衝突時のばね定数の算出モデル

(5) 緩衝体の衝突

上部緩衝体及び下部緩衝体の衝突時には、第 2.7-27 図に示すように下部トラニオンを支点として、下部トラニオン接続部が曲げ変形及び乾式キャスク全体が圧縮変形するとして FEM により下部トラニオンを含む乾式キャスク形状をモデル化し、上部緩衝体及び下部緩衝体の衝突時のばね剛性K_5及びK_6をそれぞれ算出する。

$$K_5 = 5.401 \times 10^9 \text{ N/m} \quad \cdots\cdots (5)$$

$$K_6 = 5.168 \times 10^9 \text{ N/m} \quad \cdots\cdots (6)$$



第 2.7-27 図 緩衝体衝突時のばね定数の算出モデル

2.7.3.8　まとめ

以上のことから、想定事象について評価した結果、評価対象部位に発生する応力は、解析基準値より十分低く、安全機能を維持できる。したがって、一次蓋及び二次蓋が弾性範囲内にとどまること、使用済燃料集合体に過度な変形が生じず、燃料ペレットが燃料被覆管から脱落しないことから、使用済燃料の再取出性に問題はない。

2.7.4　参考資料

1)　“Proving Test on the Reliability of PWR 15×15 Fuel Assemblies Through Three Reactor Cycles in Japan”, Proceeding of the International Topical Meeting on LWR Fuel Performance April 17-20, (1988).

2)　(株)培風館, 材料力学の基礎, (1991).

2.8　使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力等の監視について

2.8.1　設置許可基準規則要求事項および原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド確認事項

（1）設置許可基準規則要求事項

使用済燃料乾式貯蔵容器に関する要求事項は、以下のとおりである。

①設置許可基準規則第 16 条第４項第三号

・使用済燃料が内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができ、かつ、その機能を適切に監視することができるものとすること。

②設置許可基準規則解釈別記４第 16 条第３項

・第 16 条第４項第２号に規定する「崩壊熱を適切に除去することができる」とは、第５項に規定するもののほか、貯蔵事業許可基準規則解釈第６条並びに第 17 条第１項第２号（貯蔵建屋を設置する場合に限る。）及び第３号に規定する金属キャスクの設計に関する基準を満たすことをいう。

・貯蔵事業許可基準規則解釈第 17 条第１項第２号

・貯蔵建屋内の雰囲気温度が異常に上昇していないことを監視できること。

（2）原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド確認事項

使用済燃料乾式貯蔵容器に関する要求事項は、以下のとおりである。

「2. 安全機能の確保　2.4 閉じ込め機能」には以下のように記載されている。

【審査における確認事項】

『

(1) 設計上想定される状態において、兼用キャスクが内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができること。

』

【確認内容】

『

(1) 長期間にわたって閉じ込め機能を維持する観点から、耐熱性、耐食性等を有し耐久性の高い金属ガスケット等のシールを採用するとともに、蓋部を一次蓋と二次蓋の二重とし、一次蓋と二次蓋との間の圧力（以下「蓋間圧力」という。）を監視することにより、蓋部が有する閉じ込め機能を監視できること。

』

また、「4. 自然現象等に対する兼用キャスクの設計　4.4 監視機能」には以下のように記載されている。

【審査における確認事項】

『

蓋間圧力及び兼用キャスク表面温度について、適切な頻度での監視をすること。

』

【確認内容】

『

(1) 蓋間圧力を適切な頻度で監視すること。ここで、適切な頻度とは、閉じ込め機能が低下しても、FP ガス等の放出に至る前に、密封シール部の異常を検知できる頻度をいう。頻度の設定に当たっては、設計貯蔵期間中の兼用キャスク発熱量の低下、周囲環境の温度変化及び蓋間圧力の変化を考慮する。

(2) 兼用キャスク表面温度を適切な頻度で監視すること。ここで、適切な頻度とは、除熱機能が低下しても、兼用キャスクや燃料被覆管が健全であるうちに異常を検知できる頻度をいう。

』

（3）要求事項および確認事項の整理

監視項目	基準規則等における 要求事項	審査ガイドにおける 確認事項	審査ガイドにおける確認内容
蓋間圧力	・使用済燃料が内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができ、かつ、その機能を適切に監視することができるものとすること。	・設計上想定される状態において、兼用キャスクが内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができること。 ・蓋間圧力及び兼用キャスク表面温度について、適切な頻度での監視をすること。	・長期間にわたって閉じ込め機能を維持する観点から、耐熱性、耐食性等を有し耐久性の高い金属ガスケット等のシールを採用するとともに、蓋部を一次蓋と二次蓋の二重とし、一次蓋と二次蓋との間の圧力（以下「蓋間圧力」という。）を監視することにより、蓋部が有する閉じ込め機能を監視できること。 ・蓋間圧力を適切な頻度で監視すること。ここで、適切な頻度とは、閉じ込め機能が低下しても、FP ガス等の放出に至る前に、密封シール部の異常を検知できる頻度をいう。頻度の設定に当たっては、設計貯蔵期間中の兼用キャスク発熱量の低下、周囲環境の温度変化及び蓋間圧力の変化を考慮する。
兼用キャスク表面温度	—	・蓋間圧力及び兼用キャスク表面温度について、適切な頻度での監視をすること。	・兼用キャスク表面温度を適切な頻度で監視すること。ここで、適切な頻度とは、除熱機能が低下しても、兼用キャスクや燃料被覆管が健全であるうちに異常を検知できる頻度をいう。
貯蔵建屋内の雰囲気温度	・貯蔵建屋内の雰囲気温度が異常に上昇していないことを監視できること。	—	—

2.8.2　適合性について

（1）審査ガイド

審査ガイドでは、設置（変更）許可に係る審査において、兼用キャスクの有する４つの安全機能（臨界防止機能、遮蔽機能、除熱機能及び閉じ込め機能）に係る設計の基本方針の妥当性を確認することが定められており、乾式キャスクの監視機能については、以下のとおり審査ガイドの確認内容に適合している。

[確認内容]

（1）蓋間圧力を適切な頻度で監視すること。ここで、適切な頻度とは、閉じ込め機能が低下しても、FP ガス等の放出に至る前に、密封シール部の異常を検知できる頻度をいう。頻度の設定に当たっては、設計貯蔵期間中の兼用キャスク発熱量の低下、周囲環境の温度変化及び蓋間圧力の変化を考慮する。

（2）兼用キャスク表面温度を適切な頻度で監視すること。ここで、適切な頻度とは、除熱機能が低下しても、兼用キャスクや燃料被覆管が健全であるうちに異常を検知できる頻度をいう。

伊方発電所の使用済燃料乾式貯蔵施設に貯蔵する乾式キャスク（タイプ１：MSF-24P 及びタイプ２：MSF-32P）の一次蓋および二次蓋間の圧力（以下、「蓋間圧力」という。）および乾式キャスク表面温度について、適切な頻度で監視する。詳細は、2.8.2.1 および 2.8.2.2 参照。

（2）設置許可基準規則等

設置許可基準規則解釈別記４第 16 条第３項で規定される貯蔵建屋内の雰囲気温度の監視については、以下のとおり要求事項に適合している。

[要求事項]

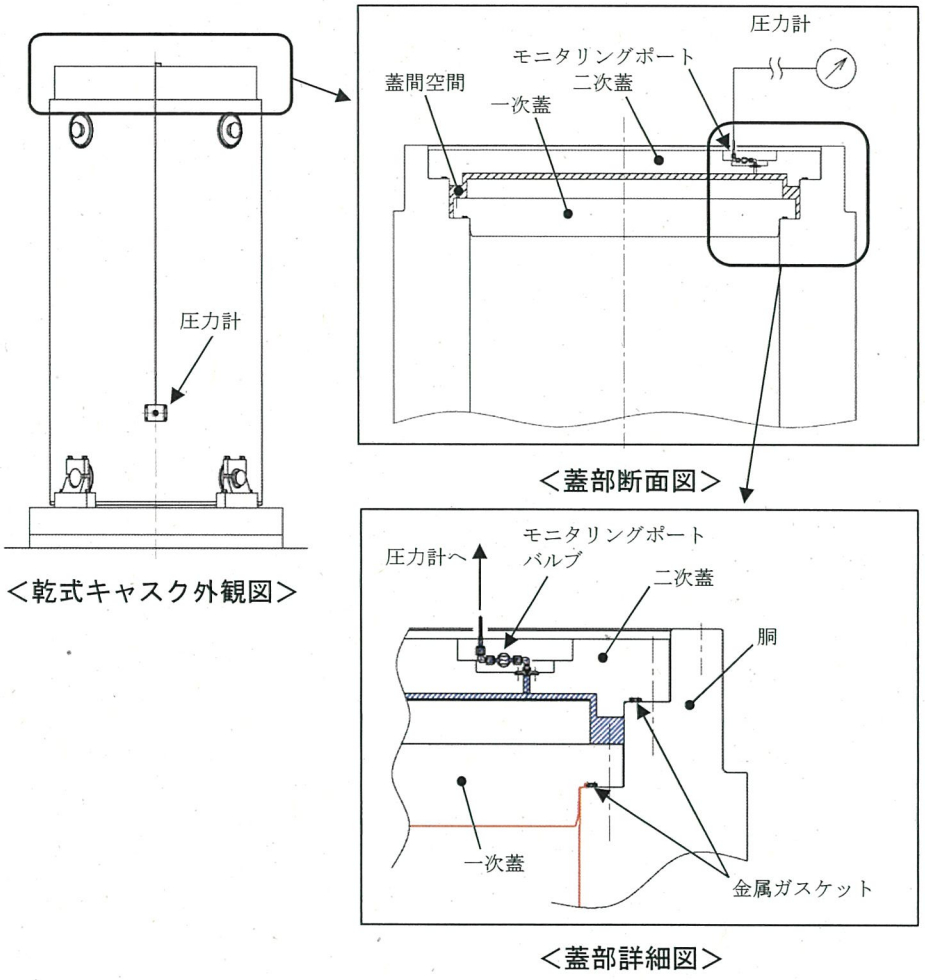
貯蔵建屋内の雰囲気温度が異常に上昇していないことを監視できること。

貯蔵建屋内に温度計を設置し、雰囲気温度を監視することで、雰囲気温度が異常に上昇していないことを監視できる設計とする。詳細は、2.8.2.3 参照。

2.8.2.1　乾式キャスク蓋間圧力

（1）監視方法

乾式キャスクが内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができていることを監視するために、乾式キャスクの蓋間圧力を監視する。蓋間圧力は、第 2.8-1 図に示すとおり、乾式キャスクの二次蓋に貫通部を設け、蓋間空間の圧力を圧力計により監視できる設計とする。



第 2.8-1 図．乾式キャスク蓋間圧力の監視方法（イメージ図）

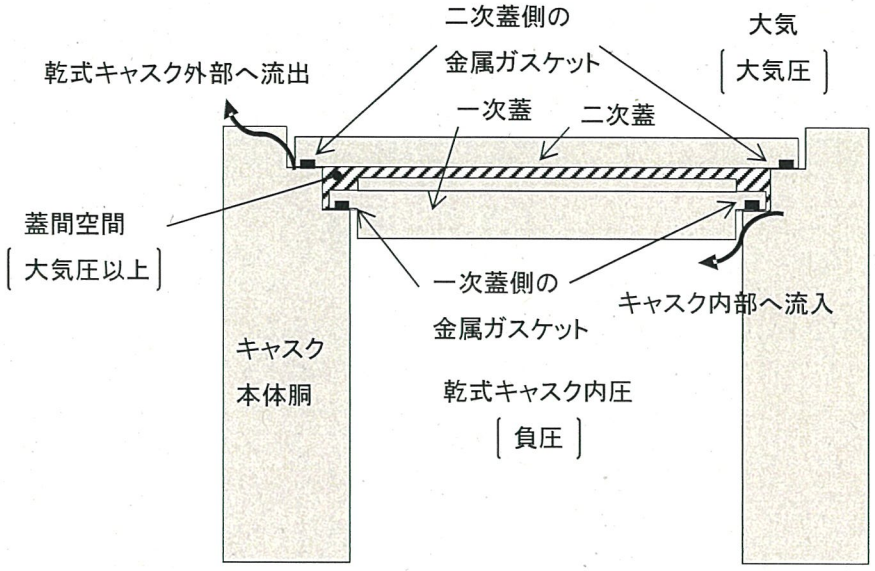
ここで、第 2.8-2 図に示すように、一次蓋側の金属ガスケットから漏えいが生じた場合は、蓋間のヘリウムガスが乾式キャスク内部に流入し、蓋間圧力は低下するとともに、乾式キャスク内部の圧力（乾式キャスク内圧）は次第に上昇し、大気圧以下で均圧する。

また、二次蓋側の金属ガスケットから漏えいが生じた場合は、蓋間のヘリウムガスが外部へ流出するとともに、蓋間圧力は次第に低下し、大気圧となる。

よって、一次蓋側、二次蓋側の金属ガスケットからの漏えいによらず、蓋間圧力が大気圧以上の間は、蓋間空間からヘリウムガスがアウトリークする。

以上より、乾式キャスクの蓋間圧力が大気圧以上であることを監視することで、

乾式キャスクが内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができていることを監視できる。



第 2.8-2 図　乾式キャスク蓋間空間からの漏えい（イメージ）

（2）監視頻度

基準規則及び審査ガイドの要求事項を踏まえ、審査ガイドに定められている「密封シール部の異常」及び「適切な頻度」を以下のとおり定義する。

・密封シール部の異常：乾式キャスクの蓋間圧力が管理値を下回ること。

・適切な頻度：閉じ込め機能が低下しても、FP ガス等の放出に至る前（蓋間圧力が大気圧になる前）に、密封シール部の異常（乾式キャスクの蓋間圧力が管理値を下回ること）を検知できる頻度のこと。

蓋間圧力の監視頻度を決めるため、次のとおり保守的に閉じ込め機能の低下を想定する。（蓋間圧力が最も早く低下する想定とする。）

① 金属ガスケットの漏えい率を基準漏えい率とする。

② 乾式キャスクの蓋間空間のヘリウムガスが、一次蓋側（キャスク内部）および二次蓋側（キャスク外部）の二方向から漏えいする。

③ 想定される全ての発熱量条件での圧力変動幅を包絡するよう、蓋間圧力は崩壊熱量を考慮する場合*と崩壊熱量を考慮しない場合（崩壊熱量 0 kW の場合）を想定する。

④ 貯蔵開始後は、周囲環境温度が－7 ℃～50 ℃の範囲で変動すると想定する。

⑤ 圧力計の計器誤差を±1.6%とする。

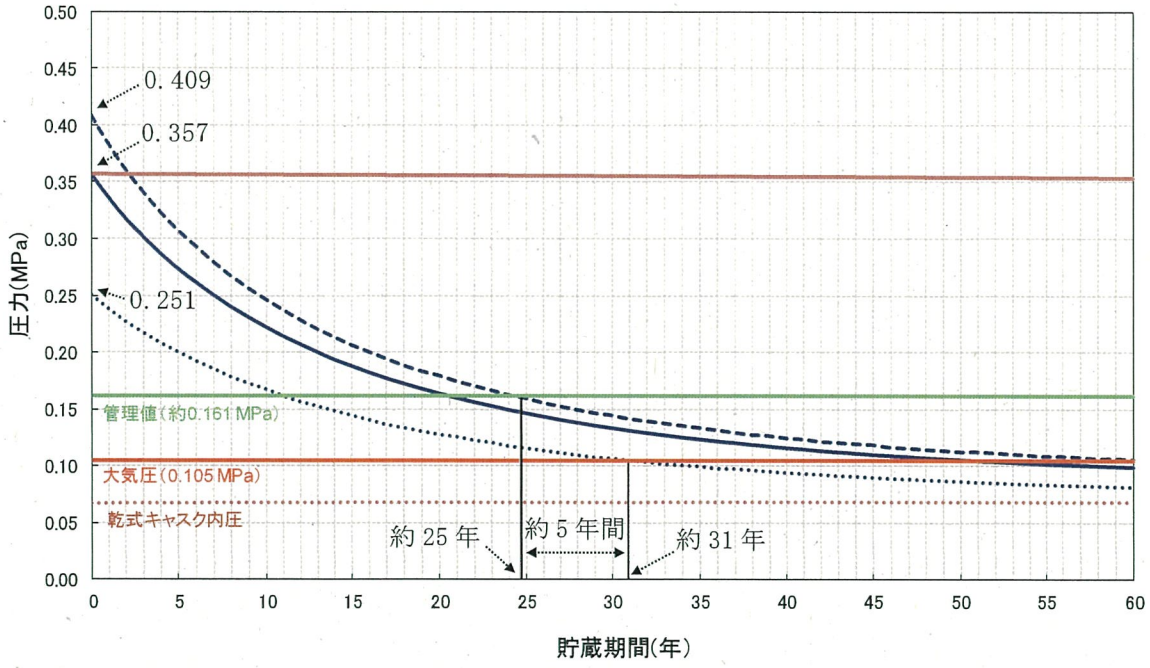
＊：MSF-32P 型キャスクの収納制限最大の発熱量となる場合

上記想定での設計貯蔵期間（60 年）中の蓋間圧力の経時変化を第 2.8-3 図に示す。

ここで、以下の理由から設計貯蔵期間中において、金属ガスケットの漏えい率は、

基準漏えい率を上回ることはない。

- 乾式キャスクは、設計貯蔵期間中（60 年間）の温度、放射線等の環境及びその環境下での腐食等の経年変化に対して必要な耐食性のある材料を選定し、その必要とされる強度及び性能を維持するため、乾式キャスクの閉じ込め機能を担保している金属ガスケットの漏えい率に影響を与えない。
- 乾式キャスクは輸送時の落下事象に耐える堅牢性を有しており、設計貯蔵期間中に想定される基準地震動 Ss に対しても安全機能を維持できることから、乾式キャスクの閉じ込め機能を担保している金属ガスケットの漏えい率に影響を与えない。
- 乾式キャスクを頑健な建屋内に貯蔵し、外郭防護することで、貯蔵中に想定される外部事象に対しても乾式キャスクの閉じ込め機能を担保している金属ガスケットの漏えい率に影響を与えない。



凡例	圧力条件
———	周囲環境温度25℃（崩壊熱量考慮、計器誤差なし）
- - - -	周囲環境温度50℃（崩壊熱量考慮、計器誤差+1.6%、ヘリウム充填時の温度影響考慮）
.....	周囲環境温度-7℃（崩壊熱量考慮しない、計器誤差-1.6%、ヘリウム充填時の温度影響考慮）
———	金属ガスケットの設計漏えい率による現実的な評価（周囲環境温度25℃、崩壊熱量考慮、計器誤差なし）
———	管理値（約0.161MPa）
———	大気圧（0.105MPa）
.....	乾式キャスク内圧（周囲環境温度-7℃の場合の乾式キャスク内圧の上昇曲線）

第 2.8-3 図　貯蔵期間中における蓋間圧力等の経時変化（二方向からの漏えいを考慮）

第 2.8-3 図に示すとおり、周囲環境の温度変化（－7 ℃～50 ℃）による圧力変動を考慮すると、周囲環境が－7 ℃で崩壊熱量を考慮しない場合（崩壊熱量 0 kW の場合）に最も蓋間圧力は低くなり、蓋間圧力は貯蔵開始から約 31 年後に大気圧（0.105 MPa･abs）に到達する。ここで、蓋間圧力は、管理値（約 0.161MPa･abs）

を設定し、管理値に到達した場合は、ヘリウムガスを充填することとするため、管理値に最も遅く到達した場合（約25年）でも大気圧に至るまでは、約5年間かかる。

よって、第2.8-4図に示すとおり、管理値（約0.161MPa･abs）を定め、1年に1回の圧力監視を行うことで、乾式キャスクが内包する放射性物質が乾式キャスク外部に放出される前に密封シール部の異常を検知することができる。これを踏まえて、３ヶ月に１回の頻度で圧力監視を行う。

（３）監視頻度の妥当性

a.　実機大スケール落下試験からの考察

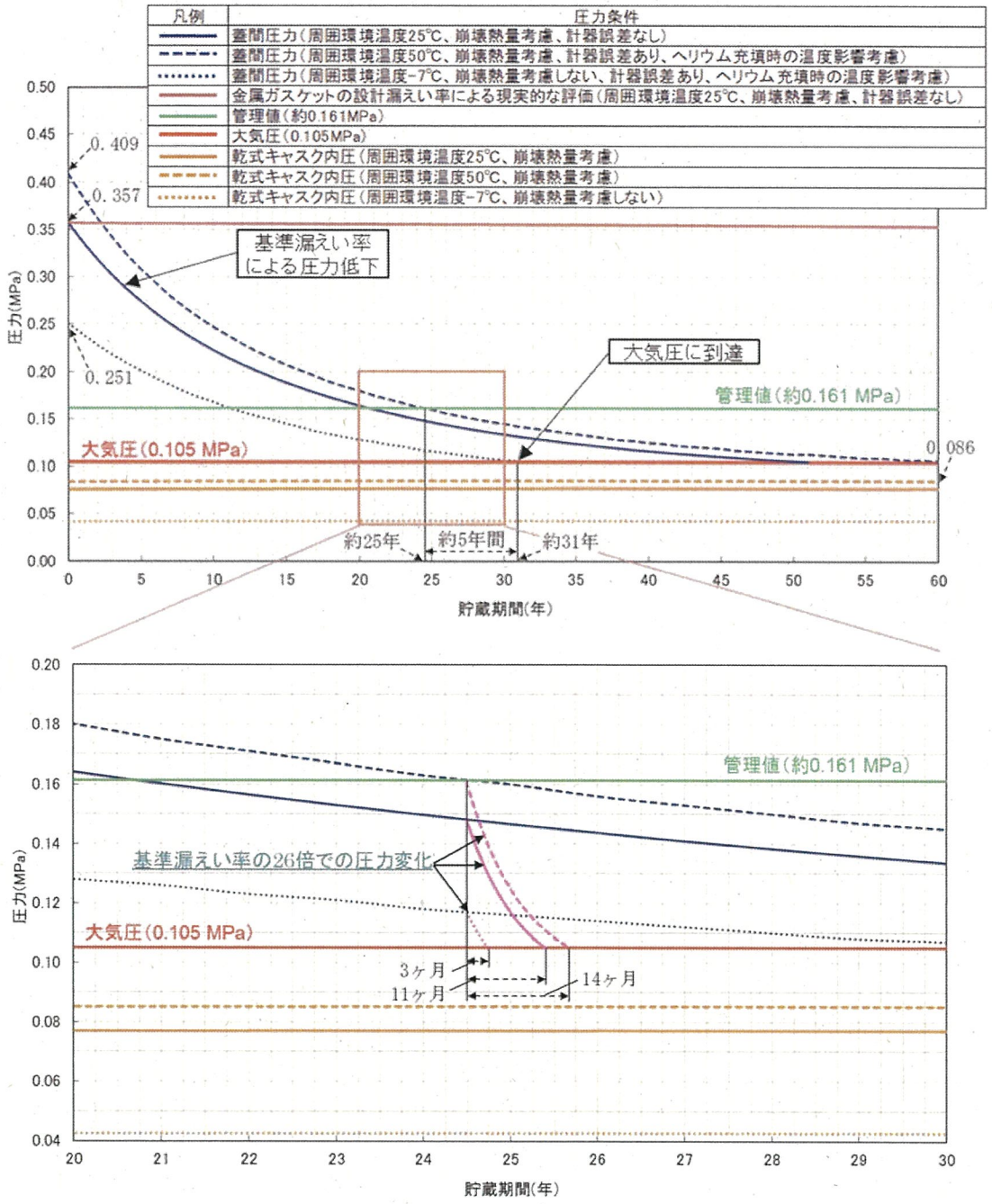
第2.8-3図のように、基準漏えい率で2方向の漏えいを想定した後、管理値到達後に急に基準漏えい率の約 26 倍（$2.58\times10^{-6}\times26.63 = 6.87\times10^{-5}$Pa･m^3/s ）で2方向に漏えい量が増加する場合を想定すると、以下のとおりとなる。（第2.8-4図参照）

・周囲温度－7℃の場合：約26倍の漏洩率　　３ヶ月で大気圧に到達
・周囲温度+25℃の場合：約26倍の漏洩率　１１ヶ月で大気圧に到達
・周囲温度+50℃の場合：約26倍の漏洩率　１４ヶ月で大気圧に到達

以下の実機大スケール落下試験を踏まえても、基準漏えい率の約26倍（6.87×10^{-5}Pa･m^3/s）に至ることはなく、３ヶ月に１回の監視頻度は妥当である。

・別途申請中の核燃料輸送物設計承認申請（以下、「設計承認」という）で説明している実規模相当での9.3m傾斜落下試験による衝撃力（約5.3×10^7N）を受けても、第2.8-1表及び第2.8-2表に示すとおり、試験後の漏えい率は最大でも1.6×10^{-6}Pa･m^3/sである。

なお、9.3m傾斜落下試験と同じ衝撃力（約5.3×10^7N）を、竜巻飛来物での衝突荷重に換算すると、鋼製材では280m/sの衝突速度、乗用車では193m/sの衝突速度となり、当社伊方発電所で想定している設計竜巻（100m/s）を大きく超えるものであり、想定し得ない条件である。



第 2.8-4 図　基準漏えい率の 26 倍で漏えいした場合の蓋間圧力変化

第 2.8-1 表　落下試験ケース及び条件

試験 No.	試験条件	特記事項
Seq. 1	9.3m 傾斜落下 (180° 下向き)	・傾斜角度は、二次衝突速度が最大となる 10° に設定 ・0.3m 落下と 9m 落下の積み重ねと比較し、衝突速度の観点でより厳しい条件である 9.3m 落下を選定
Seq. 2	1m 水平貫通 (180° 下向き)	・事前評価により、二次蓋の蓋ずれが最も大きくなると考えられる貫通位置として、二次蓋側面中央を貫通位置に設定
Seq. 3	9.3m 頭部垂直落下	・0.3m 落下と 9m 落下の積み重ねと比較し、衝突速度の観点でより厳しい条件である 9.3m 落下を選定
Seq. 4	0.3m 傾斜落下 (270° 下向き) 9m 傾斜落下 (270° 下向き)	・傾斜角度は、二次衝突速度が最大となる 10° に設定 ・9.3m 落下との比較のために、0.3m 落下と 9m 落下を個別に実施

第 2.8-2 表　傾斜落下試験前後の漏えい率

試験 No.	部位	落下試験前 (Pa m^3/s)	落下試験後 (Pa m^3/s)
Seq. 4-1 (0.3m)	一次蓋	2.5×10^{-11}	1.0×10^{-11}
	二次蓋	1.5×10^{-11}	$< 1\times10^{-11}$
Seq. 4-2 (9m)	一次蓋	1.0×10^{-11}	$< 1\times10^{-11}$
	二次蓋	$< 1\times10^{-11}$	3.0×10^{-7}
Seq. 1 (9.3m)	一次蓋	$< 1\times10^{-11}$	$< 1\times10^{-11}$
	二次蓋	7.4×10^{-9}	$\underline{1.6\times10^{-6}}$

b.　海外事例及び文献を踏まえた考察

以下の海外事例及び文献を踏まえても、基準漏えい率の約 26 倍に至ることはなく、3ヶ月に1回の監視頻度は妥当である。

・サリー発電所における密封異常（アメリカ）[1)]

乾式キャスク蓋部の防護カバーを貫通している電気ケーブル周囲の金属シール部分から雨水が防護カバー内に入り、蓋部の金属ガスケット※の外側が腐食したことにより、金属ガスケットの外側がリークしたもの。なお、金属ガスケットの内側にはリークはなかった。

※：当該乾式キャスクは一次蓋のみで構成されており、圧力監視境界に接する金属ガスケット（金属ガスケットの二次側）は大気と接している。

一方、伊方発電所では、乾式キャスクを乾式貯蔵建屋内に設置すること、また、圧力監視境界に接する金属ガスケット(一次蓋ガスケットの二次側と二次蓋ガスケットの一次側）は、ヘリウム雰囲気であるため、同様の事象は起こらない。また、2.6 項に記載しているとおり、大気と触れる二次蓋金属ガスケットの外側については、設計貯蔵期間中を通じて閉じ込め機能を維持できることを確認している。

・航空機エンジンの衝突における評価（電力中央研究所）[2)]

本評価では、伊方発電所と同様に、二重の蓋をそれぞれ金属ガスケットでシールする構造の乾式キャスクに対して、航空機エンジンを衝突させた際の漏えい率を評価しているものである。

評価の結果、航空機衝突後の金属ガスケットからの漏えい率は、3.5×10^{-5}Pa・m^3/s であり、基準漏えい率の約 26 倍（6.87×10^{-5}Pa・m^3/s）には至っていない。

・乾式キャスク落下時の漏えい評価（電力中央研究所）[3)]

本評価では、伊方発電所と同様に、二重の蓋をそれぞれ金属ガスケットでシールする構造の乾式キャスクをコンクリート床面に落下、及び下部トラニオンを中心に蓋部を回転衝突させた際の漏えい率を評価しているものである。

評価の結果、金属ガスケットからの漏えい率は、一次蓋で 3.9×10^{-9}Pa・m^3/s、二次蓋で 8.4×10^{-9}Pa・m^3/s であり、基準漏えい率（2.58×10^{-6}Pa・m^3/s）には至っていない。

c. 敷地境界線量への影響

仮に乾式キャスクに装荷されている使用済燃料集合体燃料被覆管が設計承認の評価条件である 0.1%破損し、閉じ込め機能の喪失に伴い内包する放射性物質が瞬時に全量漏洩したと想定した場合においても、敷地境界線量への影響は事象当たり 1μSv 未満であり、審査ガイドに要求される通常貯蔵時の線量限度（1mSv/y）に影響はない。

以上のことから、仮に、基準漏えい率の約 26 倍の漏えいを２方向想定しても、３ヶ月に１回の頻度で監視することで、蓋間圧力が大気圧に至る前に密封シール部の異常（乾式キャスクの蓋間圧力が管理値を下回ること）を検知できるため、管理値を定めたうえで、３ヶ月に１回の頻度で監視する（蓋間圧力を測定する）ことは適切であると考える。

（4）著しい漏えい率の増加を考慮した監視頻度の妥当性

a．監視頻度の評価条件

以下のとおり、監視頻度の妥当性を確認した。

① 金属ガスケットの漏えい率は、設計漏えい率程度で推移すると想定しているが、保守的に、基準漏えい率の 1000 倍の漏えい率*1（（ $2.58\times10^{-6}\times1000 = 2.58\times10^{-3}$ Pa·m³/s ））を設定する。

＊１：文献（航空機衝突試験、キャスク転倒試験、９m落下試験）を基に設定。（第 2.8-3 表参照）

② 乾式キャスクの蓋間空間のヘリウムガスが、一次蓋側（キャスク内部）および二次蓋側（キャスク外部）の二方向から漏えいする。

③ 想定される全ての発熱量条件での圧力変動幅を包絡するよう、蓋間圧力は崩壊熱量を考慮する場合*2と崩壊熱量を考慮しない場合（崩壊熱量 0 kW の場合）を想定する。

④ 貯蔵開始後は、周囲環境温度が－7 ℃～50 ℃の範囲で変動すると想定する。

⑤ 圧力計の計器誤差を±1.6%とする。

＊２：MSF-32P 型キャスクの収納制限最大の発熱量となる場合

b．監視頻度の評価結果

第 2.8-5 図及び第 2.8-6 図に示すように、仮に、貯蔵開始直後に、基準漏えい率の 1000 倍の漏えいが２方向で生じた場合、蓋間圧力は急激に低下し、最早で約９日経過後に大気圧に到達する可能性がある。また、蓋間圧力が大気圧に到達した後は、蓋間空間内のガスは乾式キャスク内部へ大気圧一定条件下で１方向に漏えいする。（乾式キャスク外（大気圧）→蓋間空間（大気圧）→乾式キャスク内部、の方向で１方向に漏えいする。）

一方、乾式キャスク内部は蓋間空間と比べて容積が大きいため、乾式キャスク内部は大気圧に到達するまでに比較的時間を要する。具体的には、乾式キャスク内部は、基準漏えい率の 1000 倍の漏えいが生じた場合、約４年間が経過しても、乾式キャスク内部は大気圧（大気圧の気象変動を考慮した下限値である 0.097MPa）に到達することはなく、大気圧に到達しない。

従って、蓋間空間が大気圧で一定となっている一方で、乾式キャスク内部は、約４年間は乾式キャスク内部が負圧に維持されているため、約４年間は FP ガスが外部へ放出されることはない。

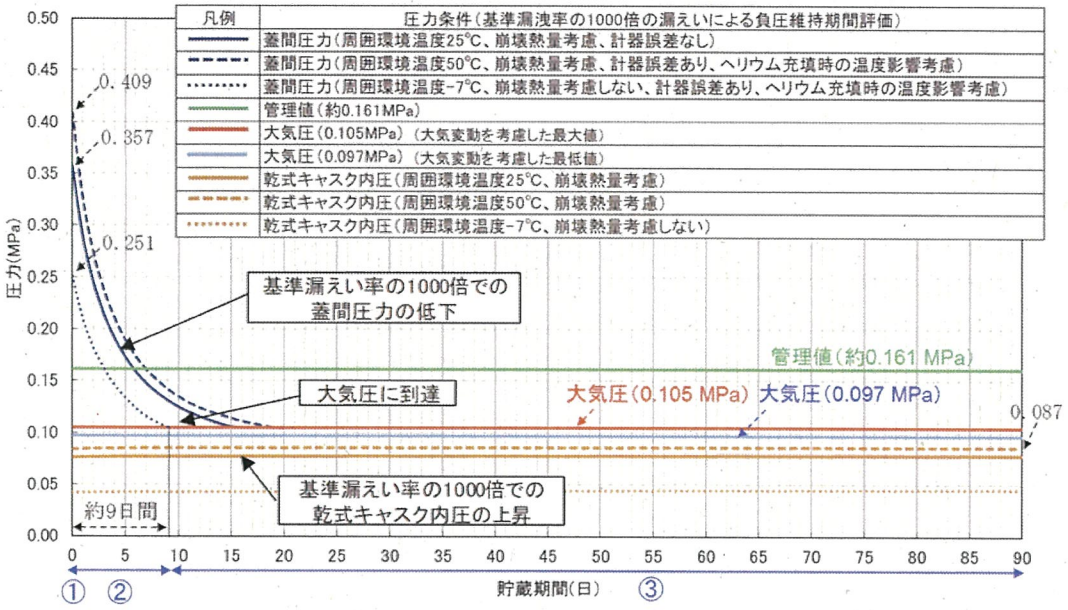
以上のことから、監視頻度の設定にあたって、設計貯蔵期間中の乾式キャスクの発熱量の低下、周囲環境の温度変化、蓋間圧力の変化に加え、基準漏えい率の 1000 倍の漏えい率を考慮しても、３カ月に１回の頻度で監視することにより、閉じ込め機能が低下しても FP ガス等の放出に至る前に、密封シール部の異常を検知できるため、監視頻度を３カ月に１回と設定することは適切である。

第 2.8-3 表　各種試験前後の漏えい率

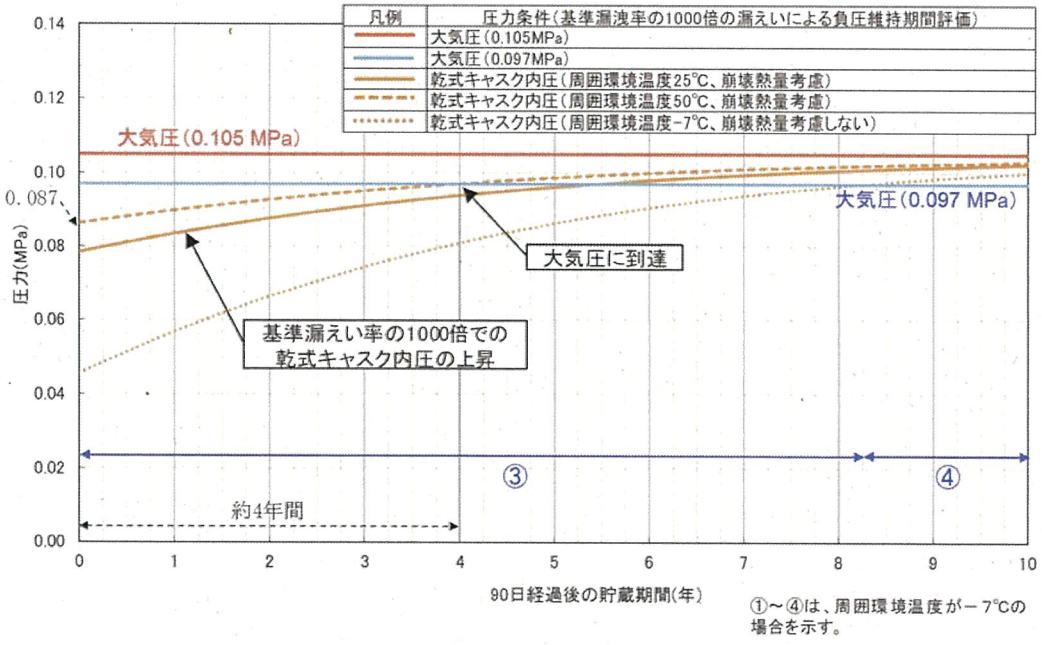
試験		部位	漏えい率（測定値）： Pa･m³/s		
			試験前	試験後	増加率
キャスク転倒試験（トラニオンを回転中心とする回転高さ１ｍでの蓋部衝突試験）		一次蓋	3.7×10^{-12}	3.9×10^{-9}	1000
		二次蓋	1.2×10^{-12}	8.4×10^{-9}	1000
航空機衝突試験（縦置き状態のキャスク蓋部周辺への航空機エンジンの衝突試験）		一次蓋	8.2×10^{-11}	4.0×10^{-6}	100000
９ｍ落下試験（MSF 型キャスクのプロトタイプを用いた輸送荷姿（緩衝体付き）での落下試験※）	0.3m 傾斜落下	一次蓋	2.5×10^{-11}	1.0×10^{-11}	1
		二次蓋	1.5×10^{-11}	$< 1\times10^{-11}$	1
	9m 傾斜落下	一次蓋	1.0×10^{-11}	$< 1\times10^{-11}$	1
		二次蓋	$< 1\times10^{-11}$	3.0×10^{-7}	10000
	9.3m 傾斜落下	一次蓋	$< 1\times10^{-11}$	$< 1\times10^{-11}$	1
		二次蓋	7.4×10^{-9}	1.6×10^{-6}	1000

上記のとおり、想定事象を超える事象に対する漏えい率の増加率は 1 倍から 100000 倍のばらつきがあるが、著しい漏えい率の増加を考慮した監視頻度の妥当性確認としては、想定事象を超える事象であることを考慮して、基準漏えい率の 1000 倍（ばらつきの中間程度）の漏えい率を設定する。

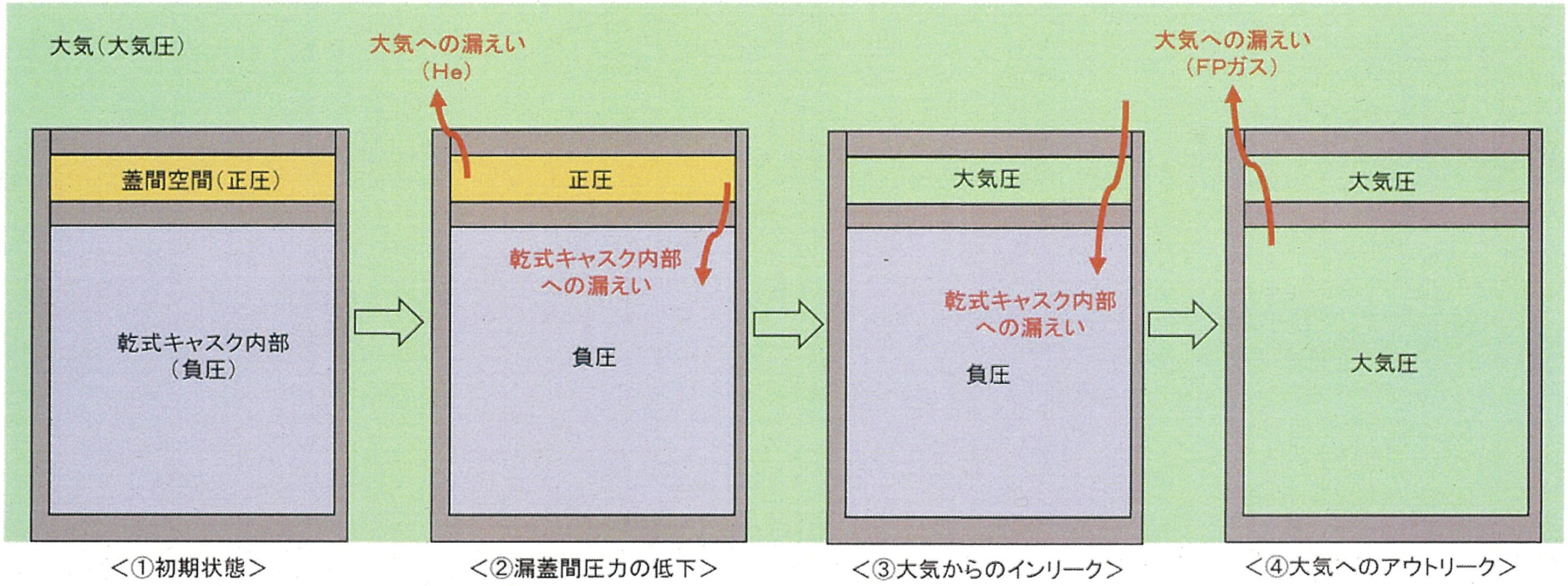
※　金属ガスケットを用いた二重の蓋構造であり、三次蓋（ゴム０リング）を設けない構造



第 2.8-5 図　貯蔵期間中における蓋間圧力等の経時変化（１／２）



第 2.8-5 図　貯蔵期間中における蓋間圧力等の経時変化（拡大図）（２／２）



第 2.8-6 図　漏えいのイメージ図

2.8.2.2　乾式キャスク表面温度

（1）監視方法

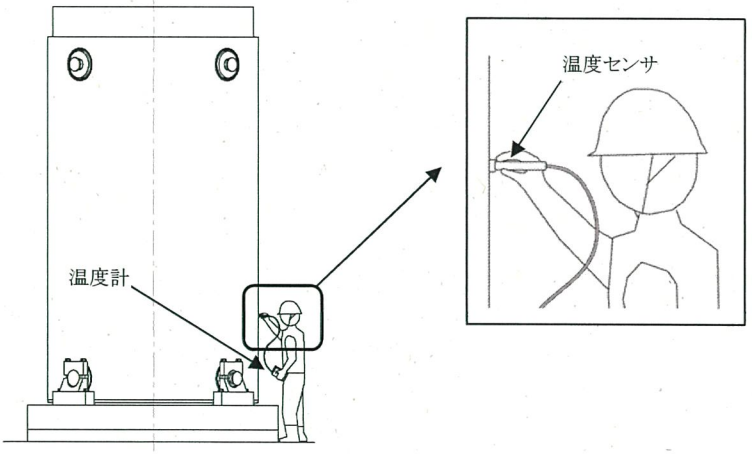
乾式キャスク内の使用済燃料の崩壊熱が適切に除去できていることを監視するために、乾式キャスクの表面温度を監視する。

乾式キャスクの表面温度は、第2.8-7図に示すとおり、温度センサを乾式キャスク外筒の外表面に接触させ、外筒外表面の温度を温度計により監視できる設計とする。

ここで、別添4「伊方発電所3号炉燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設（使用済用済燃料乾式貯蔵容器の除熱機能について）」における乾式キャスクの除熱解析に示すとおり、外筒外表面の温度が設計温度※以下であれば、乾式キャスクおよび燃料被覆管が健全であることが確認できる。

以上より乾式キャスク表面温度が設計温度※以下であることを監視することで、乾式キャスクおよび燃料被覆管が健全であり、乾式キャスク内の使用済燃料の崩壊熱が適切に除去できていることが監視できる。

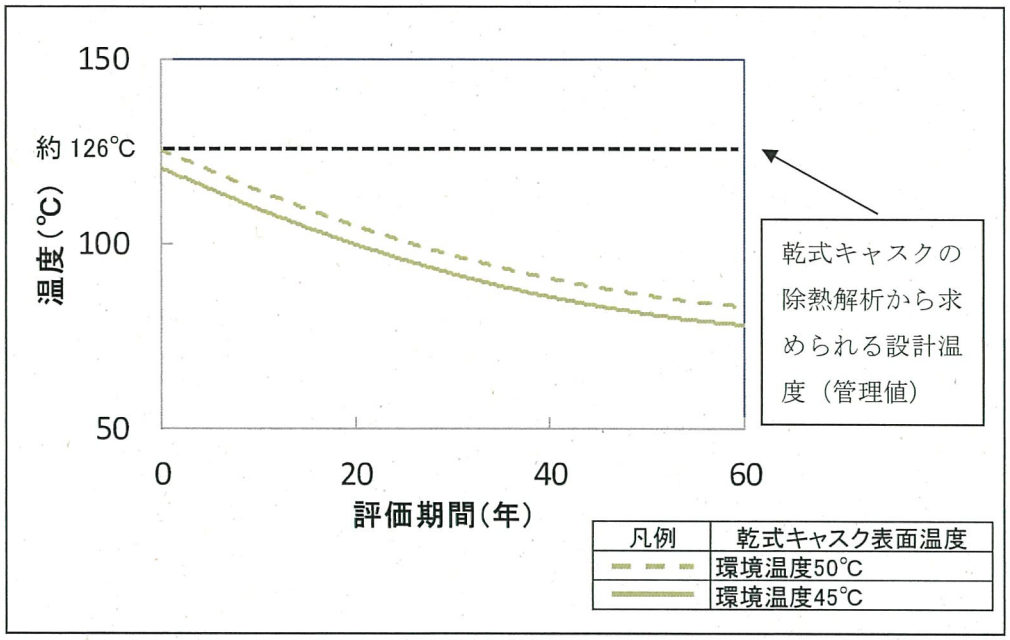
※　MSF-24P型：129℃,　MSF-32P型：126℃



第2.8-7図　乾式キャスク表面温度の監視方法（イメージ図）

（2）監視頻度

乾式キャスク表面温度の監視頻度を決めるため、設計貯蔵期間（60 年）中の表面温度の経時変化を第 2.8-8 図に示す。



第 2.8-8 図　乾式キャスク表面（外筒）温度の変化（MSF-32P 型の例）

第 2.8-8 図に示すとおり、乾式キャスク表面温度は、貯蔵開始直後が最も高く、使用済燃料の発熱量低下とともに乾式キャスクの表面温度は低下する。

ここで、以下の理由から設計貯蔵期間中において、乾式キャスクの除熱機能は低下しない。

- 乾式キャスクは、設計貯蔵期間中（60 年間）の温度、放射線等の環境及びその環境下での腐食等の経年変化に対して必要な耐食性のある材料を選定し、その必要とされる強度及び性能を維持するため、乾式キャスクの除熱機能は低下しない。
- 乾式キャスクは輸送時の落下事象に耐える堅牢性を有しており、貯蔵中に想定される基準地震動 Ss に対しても安全機能を維持できることから、乾式キャスクの除熱機能は低下しない。
- 乾式キャスクを頑健な建屋内に貯蔵することで、貯蔵中に想定される外部事象に対しても乾式キャスクの除熱機能は低下しない。なお、乾式貯蔵建屋の給排気口は、積雪等により閉塞しないことから、乾式貯蔵建屋の除熱機能は低下しない。

以上より、乾式キャスク内の使用済燃料の崩壊熱が適切に除去できていることは、設計貯蔵期間の 60 年間にわたり維持できるものの、蓋間圧力を３ヶ月に１回の頻度で監視することとしており、これに合わせて乾式キャスク表面温度を３ヶ月に１回の頻度で監視する。

2.8.2.3　貯蔵建屋内雰囲気温度

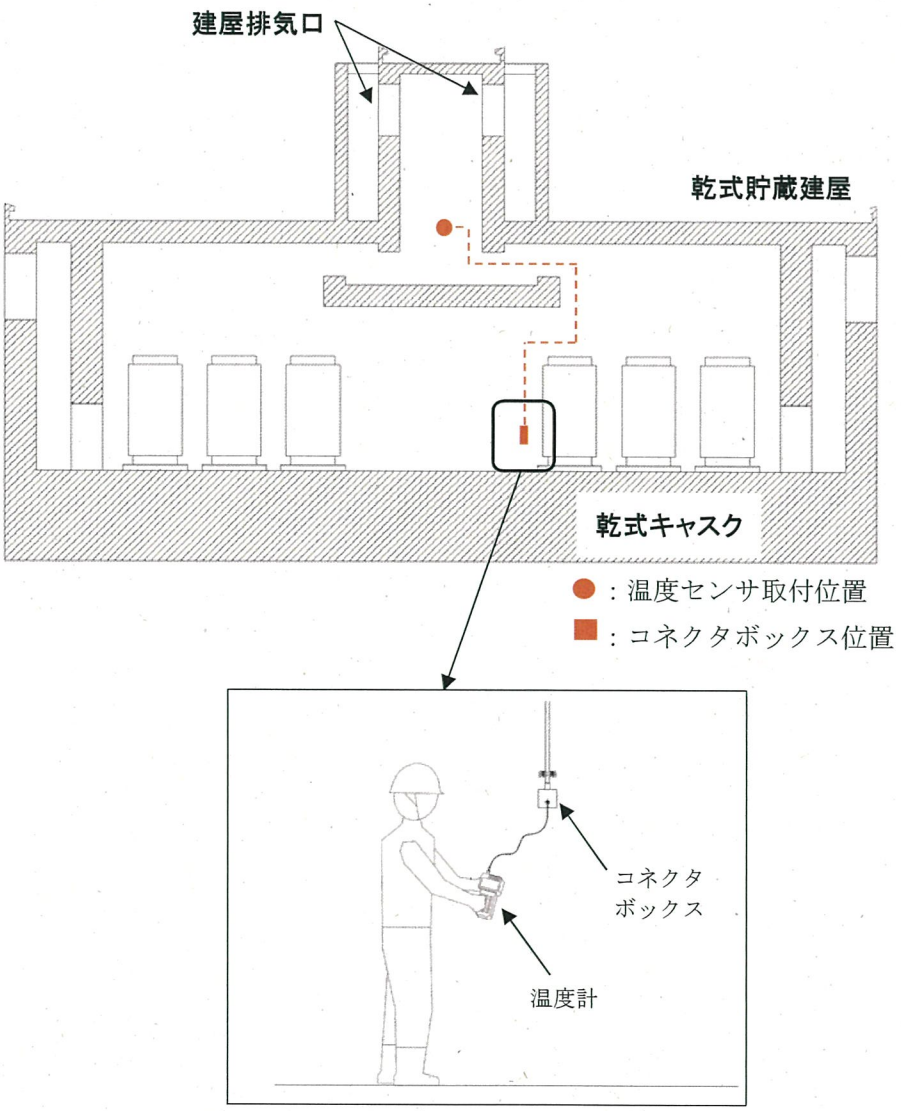
（1）監視方法

貯蔵建屋内の雰囲気温度が異常に上昇していないことを監視するため、建屋内の雰囲気温度が最も高くなる建屋排気口付近の温度（建屋排気温度）を監視する。

建屋排気温度は、第2.8-9図に示すとおり、温度センサを貯蔵エリアの４つの区画（乾式キャスク12基分）の排気口付近に１箇所ずつ（計４箇所）設置し温度を監視できる設計とする。

ここで、別添４「伊方発電所３号炉燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設（使用済用済燃料乾式貯蔵容器の除熱機能について）」における乾式キャスクの除熱解析において、貯蔵建屋内雰囲気温度を最高 50℃と設定し、評価しているため、貯蔵建屋内の雰囲気温度が50℃以下であれば、乾式キャスクの健全性は担保される。

以上より、建屋排気温度が 50℃以下であることを監視することで、貯蔵建屋内の雰囲気温度が異常に上昇していないことを監視する。



第2.8-9図　貯蔵建屋内雰囲気温度の監視方法（イメージ図）

（2）監視頻度

2.8.2.2 で示したように設計貯蔵期間の 60 年間において、乾式キャスクの除熱機能は維持されることおよび別添４「伊方発電所３号炉燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設（使用済用済燃料乾式貯蔵容器の除熱機能について）」における乾式貯蔵建屋の除熱評価に示すように、乾式キャスク 45 基を貯蔵した場合においても、貯蔵建屋内雰囲気温度は 50℃を超えないことから、設計貯蔵期間の 60 年間において、貯蔵建屋内雰囲気温度は 50℃を超えないものの、乾式キャスク表面温度の監視に合わせて、貯蔵建屋内雰囲気温度を３ヶ月に１回の頻度で監視する。

2.8.3　参考文献

1)　使用済燃料乾式貯蔵施設（中間貯蔵施設）に係る技術検討報告書，資源エネルギー庁，(2000).

2)　航空機エンジンの水平衝突荷重に対する金属キャスクの密封性能評価，（一財）電力中央研究所，(2010).

3)　金属キャスク落下時瞬時漏えい評価，（一財）電力中央研究所，(2006).

3. 自然現象等に対する使用済燃料乾式貯蔵施設の設計方針

兼用キャスクの安全機能の喪失及びそれに続く公衆への放射線による影響を防止する観点から、使用済燃料乾式貯蔵施設の設備ごとの設計方針を示す。

3.1 使用済燃料乾式貯蔵施設の設備の分類及び担保すべき機能について

乾式貯蔵施設は、兼用キャスク及び周辺施設等から構成されるため、乾式貯蔵施設を構成する設備を以下の考えに基づき第3-1表のとおり分類するとともに、兼用キャスクの安全機能を維持するために、各設備が担保すべき機能をまとめる。

ここで、地盤及び周辺斜面については、兼用キャスクに影響を及ぼさないよう第3条2項、3項及び第4条第7項に基づき、安定な地盤及び周辺斜面に乾式貯蔵施設を設置する設計とする。詳細については、地盤に係る安全審査資料に示す。

兼用キャスクは、安全機能を維持するために、それ自体で以下の必要な機能を有しており、乾式キャスクが該当する。

- 兼用キャスクを地震による損傷の防止（第4条第1項、第2項、第6項及び第7項）
- 兼用キャスクを火災による損傷の防止（第8条第1項）
- 兼用キャスクを溢水による損傷の防止（第9条第1項）
- 兼用キャスクの安全機能の維持（第16条第2項及び第4項）

周辺施設は、兼用キャスクである乾式キャスクの安全機能を維持するために必要な機能を有するものと考えられることから、

- 兼用キャスクを地震による損傷から防止するもの（兼用キャスクと相まって耐震性を確保するもの）（第4条第1項、第2項、第6項及び第7項）：貯蔵架台、基礎ボルト、基礎、貯蔵建屋※1
- 兼用キャスクを津波による損傷から防護するもの（第5条第2項）：貯蔵建屋
- 兼用キャスクを外部からの衝撃による損傷から防護するもの（第6条第1項及び第3項）：貯蔵建屋
- 兼用キャスクを火災による損傷から防護するもの（第8条第1項）：貯蔵建屋
- 兼用キャスクの安全機能の維持を監視するもの（第16条第4項）：乾式キャスク圧力計、乾式キャスク表面温度計、貯蔵建屋内雰囲気温度計
- 兼用キャスクの遮蔽機能を補完するもの（第29条第1項、第30条第1項～第3項）：貯蔵建屋
- 兼用キャスクを通常に取扱うために必要なもの：貯蔵建屋天井クレーン、

（第 16 条第 2 項）　　乾式キャスク搬送台車

が該当する。

※1　乾式キャスクに波及的影響を及ぼさないよう設計とするもの

ここで、周辺施設のうち、貯蔵架台、基礎ボルト及び基礎は、乾式キャスクの直接支持構造物及び間接支持構造物として、基準地震動 Ss による地震力に対して乾式キャスクの安全機能が損なわれるおそれがないように、特段の機能を有する設備※2 として設計する。また、貯蔵建屋についても、基準地震動 Ss による地震力に対して、貯蔵中の乾式キャスクへ波及的影響を防止するように、特段の機能を有する設備※2 として設計する。

一方、周辺施設のうち、乾式キャスク圧力計、乾式キャスク表面温度計、貯蔵建屋内雰囲気温度計、貯蔵建屋天井クレーン及び乾式キャスク搬送台車は、乾式キャスクの安全機能を維持するために、特段の機能を要しないことから、一般産業施設や公衆施設と同等の設計とする。

なお、周辺施設へのユーティリティ設備は、周辺施設へ電気・圧縮空気等を供給する設備であり、乾式キャスクの安全機能を維持するために必要な設備ではない。また、点検用架台は、乾式キャスクの点検等に用いる足場であり、乾式キャスクの安全機能を維持するために必要な設備ではない。よって、周辺施設へのユーティリティ設備及び点検用架台は、周辺施設に該当しない。

※2　特段の機能を有する設備：　乾式キャスクの安全機能を維持するために、一般産業施設や公衆施設以上の耐震性を有する設備

また、乾式キャスク及び貯蔵建屋は、1、2、3 号炉の使用済燃料を貯蔵した場合でも乾式キャスクの安全機能を損なわない設計とするとともに、安全施設（第 12 条第 1、3、4、5、7 項）に適合する設計とする。

さらに、貯蔵建屋は、発電用原子炉施設であるため、発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止（第 7 条）を講じ、安全避難通路等（第 11 条第 1 項）を設ける設計とする。

第 3-1 表　乾式貯蔵施設の設備の分類及び担保すべき機能

設　備	名　称	分　類	特段の機能		地震による損傷防止		津波による損傷防止	外部からの衝撃による損傷防止	火災による損傷防止	溢水による損傷防止	兼用キャスクの安全機能維持及び監視		遮蔽機能を補完		設計基準対象施設	安全施設	備　考
			有無	具体的な機能	第 4 条 第 1 項 第 2 項	第 4 条 第 6 項 第 7 項	第 5 条 第 2 項	第 6 条 第 1 項 第 3 項	第 8 条 第 1 項	第 9 条 第 1 項	第 16 条※8 第 2 項	第 16 条※8 第 4 項	第 29 条 第 1 項	第 30 条 第 1 項～第 3 項			
兼用キャスク	使用済燃料乾式貯蔵容器（乾式キャスク）	兼用キャスク	－	S※1	○	○	－	－	○	○	○	○	○	○	○	○ PS-2	乾式キャスクは、1、2、3 号炉の使用済燃料を貯蔵した場合でも乾式キャスクの安全機能を損なわない設計とする。
兼用キャスク支持部 ・架台 ・基礎ボルト	・貯蔵架台注記 ・基礎ボルト	周辺施設	○	S※1	○※6	○※6	－	－	－	－	－	－	－	－	○	○ PS-2	
基礎（兼用キャスクの間接支持構造物）	基礎	周辺施設	○	－※2	○※6	○※6	－	－	－	－	－	－	－	－			
貯蔵建屋等 ・貯蔵建屋（遮蔽壁含む）	使用済燃料乾式貯蔵建屋（遮蔽壁及び火災区域・区画構造物含む）	周辺施設	○	C※3	○	○	○	○	○	－	○※7	○	○	○	○	○ PS-3	・第 7 条及び第 11 条第 1 項についても適合させる設計とする。 ・貯蔵建屋は、1、2、3 号炉の使用済燃料を貯蔵した場合でも乾式キャスクの除熱機能を阻害しない設計とする。
計装設備 ・兼用キャスク圧力計 ・兼用キャスク表面温度計 ・建屋内雰囲気温度計	・乾式貯蔵容器蓋間圧力計 ・乾式貯蔵容器表面温度計 ・乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計	周辺施設	×	－※4	－※4	－	－	－	－	－	－	○	－	－	－	－ －	
クレーン類 ・天井クレーン ・エアパレット	・乾式貯蔵建屋天井クレーン ・乾式貯蔵容器搬送台車	周辺施設	×	－※4	－※4	－	－	－	－	－	○	－	－	－	－	－ －	
周辺施設へのユーティリティ設備 ・電気供給設備 ・空気供給設備 ・換気空調設備	・乾式貯蔵建屋電源設備 ・搬送台車用コンプレッサ、空気供給配管等 ・乾式貯蔵建屋給排気ファン	－※5	×	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－ －	
点検用架台 ・点検用歩廊 ・検査架台	・点検用歩廊 ・検査架台	－※5	×	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－ －	

※1:　耐震重要度分類Ｓクラス施設として分類し、基準地震動 Ss による地震力に対して乾式キャスクの安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。
※2:　耐震重要度分類Ｓクラス施設の間接支持構造物として分類し、基準地震動 Ss による地震力に対して乾式キャスクの支持機能を維持できる設計とする。
※3:　耐震重要度分類Ｃクラス施設として分類し、乾式キャスクに波及的影響を及ぼさない設計とする。
※4:　耐震重要度分類Ｃクラス施設と同様の設計とする。
※5:　乾式キャスクの安全機能を維持するために必要な機能を有していないもの。（乾式キャスクに直接関わらないもの）
※6:　乾式キャスクに貯蔵架台、基礎ボルト及び基礎を含めて適合性を確認する。
※7:　乾式貯蔵施設は、十分余裕を持たせた使用済燃料貯蔵容量を有する設計とする。
※8:　設計上想定される状態における兼用キャスクの安全機能維持、監視機能、材料、構造健全性及び設計貯蔵期間については、2 章設計方針に記載する。
注記:　乾式キャスクと貯蔵架台を固定する固定装置を含む。

（上表以外の設備として、屋内消火栓等については、プラントと同様の設計とする。火災感知器は、消防法に基づき設計する。）

3.2　兼用キャスク及び周辺施設の設計方針

兼用キャスク及び周辺施設について、乾式キャスクの安全機能を維持するために、各設備が担保すべき機能を確保できるよう、第3-1表に示す設置許可基準規則の条項の要求を満足するように設計する。具体的な設計方針を以下に示す。

3.2.1　兼用キャスクの設計方針

兼用キャスクの設計方針を次の項目ごとに示す。

3.2.1.1　地震

兼用キャスクである乾式キャスクは、第4条第6項に規定する地震力※に対して安全機能が損なわれない設計とする。

具体的には、乾式キャスク（支持部及び基礎を含む）は、耐震重要度分類をＳクラスとして分類し、基準地震動Ssによる地震力に対して乾式キャスクの安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。詳細については、第4条に係る安全審査資料に示す。

※　基準地震動による地震力

3.2.1.2　津波

兼用キャスクである乾式キャスクは、津波による作用力※に対して安全機能が損なわれない設計とする。

具体的には、乾式キャスクを津波防護対象設備として分類し、乾式キャスクを設置する貯蔵建屋を浸水防護重点化範囲に設定する。詳細については、第5条に係る安全審査資料に示す。

※　基準津波による作用力（荷重）

3.2.1.3　竜巻

兼用キャスクである乾式キャスクは、竜巻による作用力※に対して安全機能が損なわれない設計とする。

具体的には、乾式キャスクを竜巻防護施設として分類し、貯蔵建屋にて防護する設計とする。詳細については、第6条に係る安全審査資料に示す。

※　設計竜巻による作用力（荷重）

3.2.1.4　その他の外部事象

兼用キャスクである乾式キャスクは、第6条第1項及び第3項において想定される自然現象（地震及び津波を除く。）及び想定される人為事象に対して安全機能が損なわれない設計とする。

具体的には、乾式キャスクを「設計対象施設（降下火砕物の影響を設計に考慮すべき施設）」、「クラス１及びクラス２に属する外部火災防護施設」等に分類し、貯蔵建屋にて防護

する設計とする。詳細については、第6条に係る安全審査資料に示す。

3.2.1.5　内部火災

兼用キャスクである乾式キャスクは、火災により乾式キャスクの安全機能が損なわれないよう、火災発生防止の措置を講じる設計とする。

具体的には、乾式キャスクは不燃性材料を使用した設計とする。詳細については、第8条に係る安全審査資料に示す。

3.2.1.6　溢水

兼用キャスクである乾式キャスクは、乾式貯蔵施設内における溢水が発生した場合においても、安全機能を損なわない設計とする。具体的には、乾式キャスクを防護対象設備とし、溢水事象を想定しても安全機能を損なわない単純で頑丈な構造の金属製の静的機器（容器）で、外部からの動力の供給を必要としない設計とする。詳細については、第9条に係る安全審査資料に示す。

3.2.2　周辺施設の設計

周辺施設の設計方針を次の設備ごとに示す。

3.2.2.1　機器・配管系（兼用キャスクの支持部、計装設備及びクレーン類）

機器・配管系のうち計装設備（乾式キャスク蓋間圧力計、乾式キャスク表面温度計及び貯蔵建屋内雰囲気温度計）及びクレーン類（貯蔵建屋天井クレーン及び乾式キャスク搬送台車）は、一般産業施設や公衆施設と同等の静的地震力に対して、必要な機能が維持される設計とする。

具体的には、耐震重要度分類Ｃクラス施設と同様の設計とするとともに、第3.2-1表に示す一般産業規格等に基づいた一般産業品を用いる設計とする。

第3.2-1表．計装設備及びクレーン類に適用する一般産業規格等※

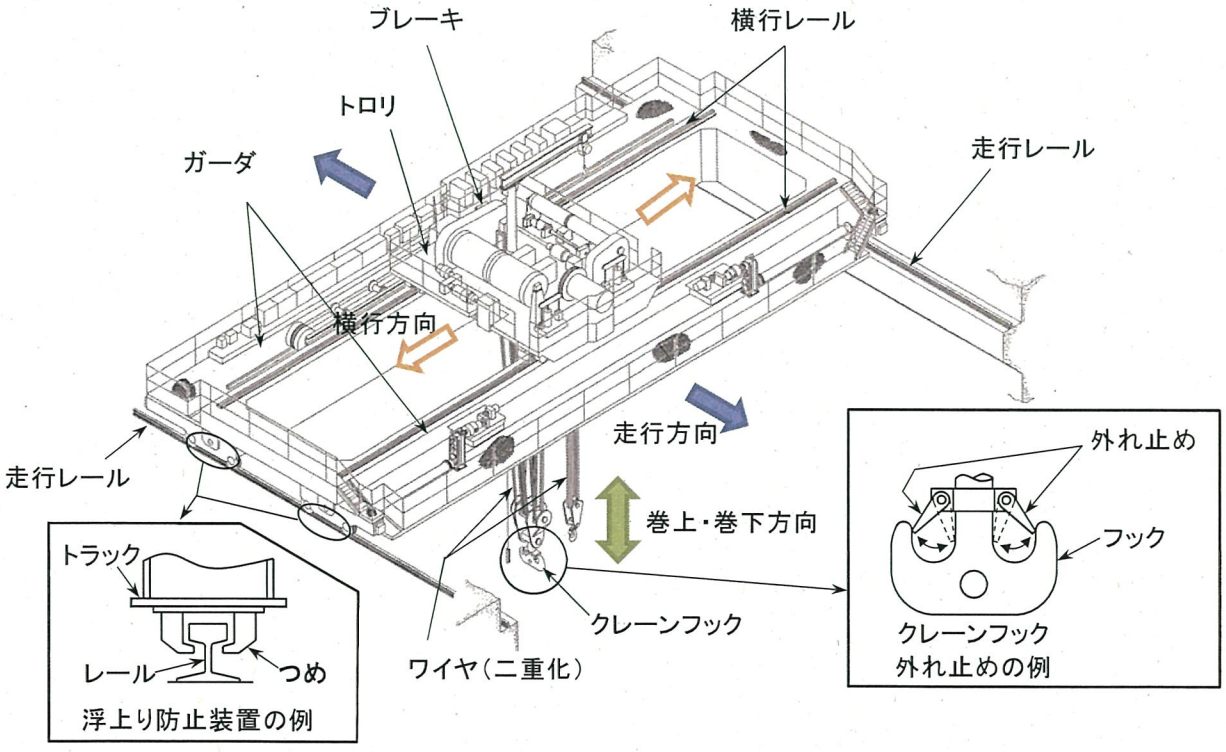
設備名	一般産業規格等
乾式貯蔵容器蓋間圧力計	JIS B7505（アネロイド型圧力計　ブルドン管圧力計）　等
乾式貯蔵容器表面温度計	JIS C1602（熱電対） JIS C1605（シース熱電対）　等
乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計	
乾式貯蔵建屋天井クレーン	クレーン等安全規則、クレーン構造規格　等
乾式貯蔵容器搬送台車	JIS G3101（一般構造用圧延鋼材） エアベアリング（カタログ品）　等

※　JIS 規格等の国内規格類に基づいた部材、部品およびカタログ品により構成される一般産業品を用いる。

機器・配管系のうち乾式キャスク支持部（貯蔵架台及び基礎ボルト）については、乾式キャスクを含めて耐震重要度分類をＳクラスとして分類し、基準地震動 Ss による地震力に対して、乾式キャスクの安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。詳細については、第 4 条に係る安全審査資料に示す。

クレーン類のうち、乾式貯蔵建屋天井クレーンは、乾式貯蔵建屋の取扱エリアの壁に設置された走行レール上をガーダが東西方向に移動（走行）し、ガーダ上の横行レール上を南北方向にトロリが移動（横行）する。横行レール上の移動及びクレーンワイヤの巻上・巻下は、ガーダ上にあるトロリにより行う。乾式貯蔵建屋天井クレーンの構造イメージを第 3.2-1 図に、概略仕様を第 3.2-2 表に示す。ここで、乾式貯蔵建屋天井クレーンは、一般産業施設を用い、クレーン等安全規則、クレーン構造規格等に基づき、以下に示す吊荷の落下防止措置等およびクレーンの落下防止対策を講じることから、乾式キャスクの移動を安全かつ確実に行える設計となっている。

- 電源遮断時に自動的にブレーキが作動することでワイヤが巻き下げられることを防止し吊荷を保持する。
- ワイヤがフックから外れることを防止するための外れ止めを設ける。
- 巻過ぎによるワイヤの破断を防止する巻過防止装置を設ける。
- 吊荷の安定化のためワイヤを二重化する。
- 乾式貯蔵建屋天井クレーンの走行及び横行レールには、浮き上がり防止機能を設ける設計としており、走行及び横行レールからガーダ及びトロリが浮き上がらない。



第 3.2-1 図．乾式貯蔵建屋天井クレーンの構造イメージ図

第 3.2-2 表 乾式貯蔵建屋天井クレーンの概略仕様

項　目	仕　様
容量(ton)	主巻：160
巻上/巻下速度(m/分)	低速 / 中速 / 高速 0.12 / 0.6 / 1.2
移動速度(m/分)	走行　0.9 / 6.0 / 18
	横行　0.6 / 1.5 / 6.0

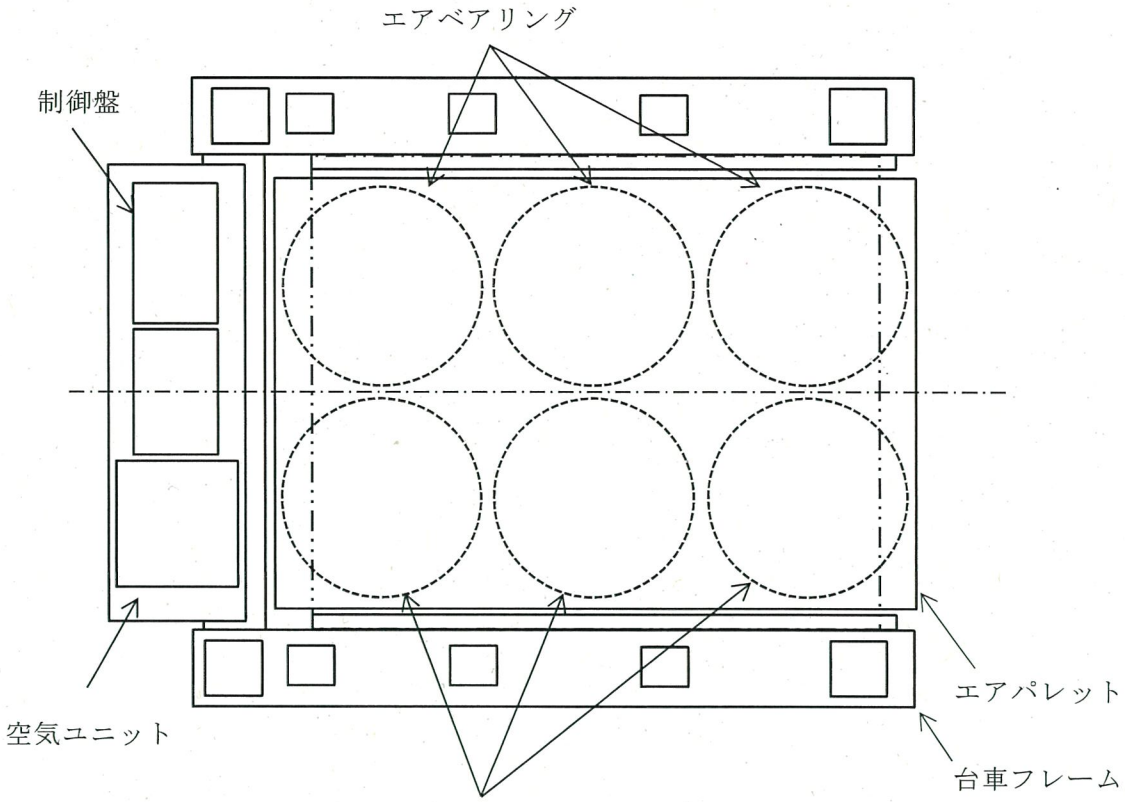
クレーン類のうち、乾式貯蔵容器搬送台車は、乾式キャスクを設置した貯蔵架台をエアパレットで浮上させることにより、床面との摩擦力を低減して乾式キャスクを搬送するものである。エアパレットは、エアベアリングに空気を供給し、エアベアリングの小穴から漏れ出す空気によって、床面とエアベアリングの間に薄いエアフィルムを形成させることにより、床面との摩擦係数を低減させるものである。乾式貯蔵容器搬送台車の概要図を第 3.2-2 図に示す。

また、乾式貯蔵容器搬送台車は、モータによる駆動装置、制御盤、油圧ジャッキ及びエアパレット等によって構成されており、建屋内の空気供給配管からエアホースを通じて搬送台車に空気を供給する構造とする。乾式貯蔵容器搬送台車の概略仕様を第 3.2-3 表に示す。

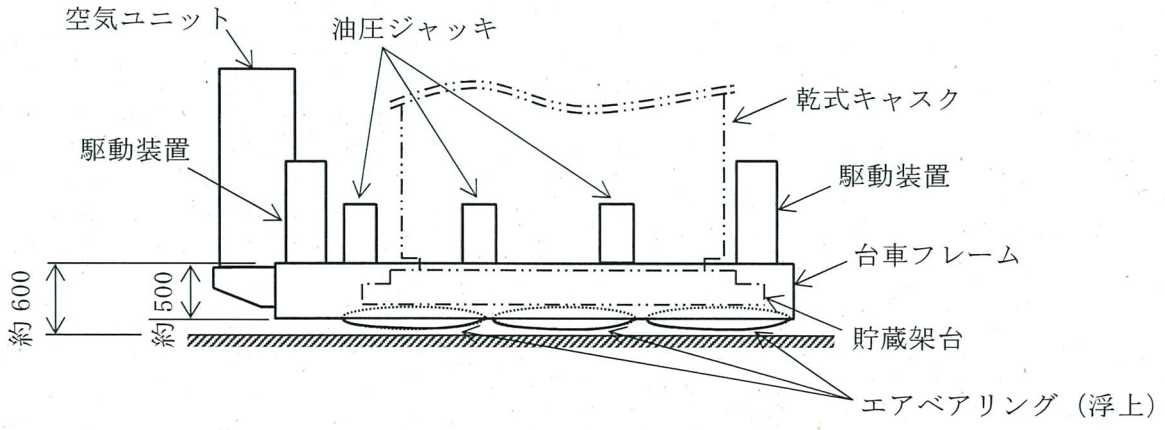
乾式貯蔵容器搬送台車は、第 3.2-3 表に示す走行速度以上の速度は出ない構造であり、第 16 条安全審査資料参考 4 に示すように、搬送中に搬送台車が仮に逸走し、建屋壁及び他の乾式キャスク貯蔵架台等へ衝突した場合でも、乾式キャスクは壁及び他の乾式キャスク等へ衝突しない設計となっているため、乾式キャスクの移動を安全かつ確実に行える設計となっている。

なお、乾式貯蔵容器搬送台車は、一般産業品として、以下に示す機能を有している。

- 搬送台車による乾式キャスクの移送を安全かつ確実に行うために、操作員による誤操作等を想定し、補助員によっても緊急停止できる機構を設けるとともに、他の乾式キャスク、構築物等への衝突を防止する対策を講じる。
- 空気の遮断時には、エアベアリングへの圧縮空気の供給が停止されて搬送台車が床に着座し、駆動装置の能力を超える摩擦力が発生するため、搬送台車は停止する。



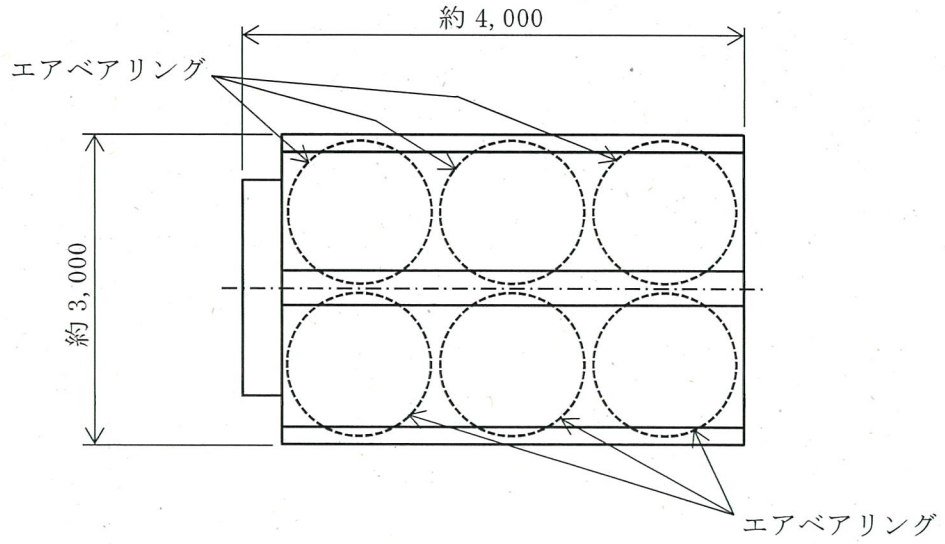
＜乾式貯蔵容器搬送台車　平面図＞



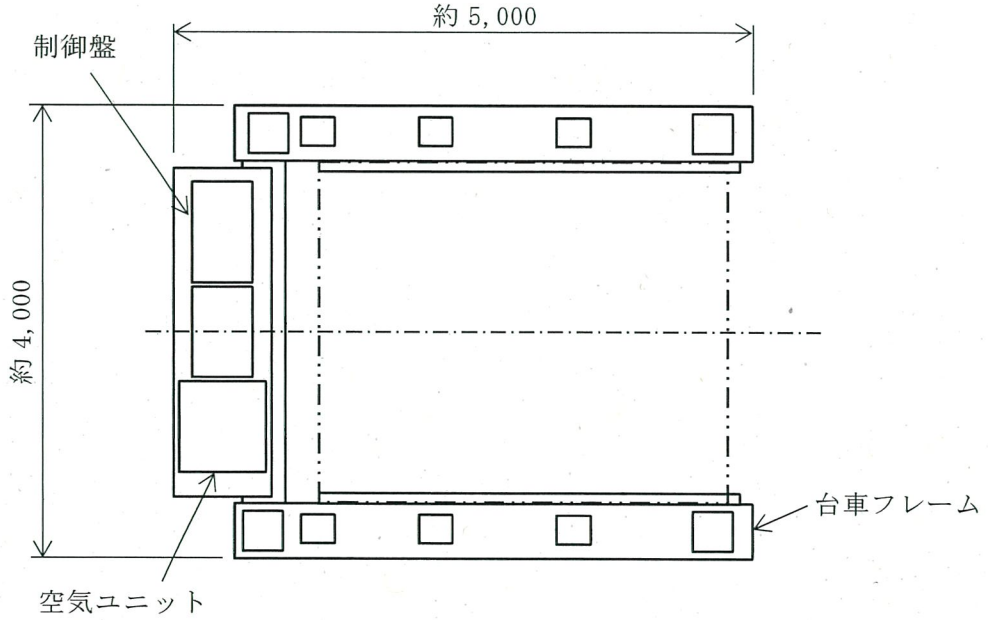
＜乾式貯蔵容器搬送台車　側面図＞

（単位：mm）

第 3.2-2 図．乾式貯蔵容器搬送台車　概要図（１／２）



＜エアパレット平面図＞



＜台車フレーム平面図＞

（単位：mm）

第 3.2-2 図．乾式貯蔵容器搬送台車　概要図（２／２）

第 3.2-3 表．乾式貯蔵容器搬送台車の概略仕様

項　目	仕　様
定格荷重（kN）〔(ton)〕	1,470〔150〕
走行速度（m／分）	0.6／2

3.2.2.2　貯蔵建屋等（貯蔵建屋）

貯蔵建屋の設計方針を次の項目ごとに示す。

(1) 地震

貯蔵建屋は、耐震重要度分類Ｃクラス施設として分類し、地震力に十分耐えることができる設計とする。また、乾式キャスクに波及的影響を及ぼさない設計とする。

詳細については、第 4 条に係る安全審査資料に示す。

(2) 津波

津波防護対象設備である乾式キャスクを設置する貯蔵建屋の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない設計とし、浸水防護重点化範囲である貯蔵建屋は、津波による影響を受けない位置に設置する設計とする。詳細については、第 5 条に係る安全審査資料に示す。

(3) 竜巻

竜巻防護施設である乾式キャスクを内包する貯蔵建屋により、乾式キャスクを防護し構造健全性を維持し安全機能を損なわない設計とする。詳細については、第 6 条に係る安全審査資料に示す。

(4) その他の外部事象

周辺施設である貯蔵建屋は、内包する乾式キャスクをその他の外部事象から防護するとともに、乾式キャスクの安全機能を阻害しない設計とする。詳細については、第 6 条に係る安全審査資料に示す。

(5) 内部火災

貯蔵建屋は、放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域として設定する設計とする。詳細については、第 8 条に係る安全審査資料に示す。

(6) 遮蔽機能

＜工場等周辺における直接線等からの防護＞

貯蔵建屋は、乾式キャスクの遮蔽機能と相まって、既設を含めた原子炉施設からの直接線及びスカイシャイン線による敷地周辺の空間線量率を合理的に達成できる限り小さい値

となるように設計する。具体的には、年間 50 マイクロシーベルトを超えない設計とする。詳細については、第 29 条に係る安全審査資料に示す。

＜放射線からの放射線業務従事者の防護＞

貯蔵建屋は、乾式キャスクの遮蔽機能と相まって、放射線業務従事者の受ける放射線量を低減できるよう、遮蔽、乾式キャスクの配置等放射線防護上の措置を講じた設計とする。詳細については、第 30 条に係る安全審査資料に示す。

別　　添

別添１

伊方発電所３号炉
燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設
（使用済燃料乾式貯蔵容器の閉じ込め機能について）

〈目　　次〉

1.　要求事項

2.　適合性について

3.　参考文献

1. 要求事項

乾式キャスクの閉じ込め機能に関する要求事項は、以下のとおりである。

（1）設置許可基準規則要求事項

①設置許可基準規則第 16 条第２項一号イ

・燃料体等の落下により燃料体等が破損して放射性物質の放出により公衆に放射線障害を及ぼすおそれがある場合において、放射性物質の放出による公衆への影響を低減するため、燃料貯蔵設備を格納するもの及び放射性物質の放出を低減するものとすること。

②設置許可基準規則第 16 条第４項三号

・使用済燃料が内包する放射性物質を閉じ込めることができ、かつ、その機能を適切に監視することができるものとすること。

③設置許可基準規則解釈別記４第16条第４項

・第１６条第４項第３号に規定する「放射性物質を適切に閉じ込めることができ、かつ、その機能を適切に監視することができる」とは、次項に規定するもののほか、使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（以下「貯蔵事業許可基準規則解釈」という）第５条第１項第１号及び第２号並びに第１７条第１項第１号に規定する金属キャスクの設計に関する基準を満たすことをいう。

・貯蔵事業許可基準規則解釈第５条第１項

第５条に規定する「限定された区域に適切に閉じ込めることができるもの」とは、以下の設計をいう。

一 金属キャスクは、設計貯蔵期間を通じて、使用済燃料等を内封する空間を負圧に維持できる設計であること。

二 金属キャスクは、多重の閉じ込め構造を有する蓋部により、使用済燃料等を内封する空間を容器外部から隔離できる設計であること。

・貯蔵事業許可基準規則解釈第 17 条第１項

第１項に規定する「適切に監視することができる」とは、以下の設計をいう。

一 蓋部が有する閉じ込め機能を監視できること。

④設置許可基準規則解釈別記４第 16 条５項

第 16 条第２項第１号ハ及び同条第４項各号を満たすため、兼用キャスクは、当該兼用キャスクを構成する部材及び使用済燃料の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を確保する設計とすること。ここで、「兼用キャスクを構成する部材及び使用済燃

料の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を確保する設計」とは、以下を満たす設計をいう。

・設計貯蔵期間を明確にしていること。

・設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境条件下での経年変化を考慮した材料及び構造であること。

（２）原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド確認事項

「2.安全機能の確保　2.4 閉じ込め機能」には、以下のように記載されている。

【審査における確認事項】

『

(1) 設計上想定される状態において、兼用キャスクが内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができること。

(2) 密封境界部は、設計上想定される衝撃力に対して、おおむね弾性範囲内にとどまること。

(3) 閉じ込め機能の異常に対して、その修復性が考慮されていること。

』

【確認内容】

『

(1) 長期間にわたって閉じ込め機能を維持する観点から、耐熱性、耐食性等を有し耐久性の高い金属ガスケット等のシールを採用するとともに、蓋部を一次蓋と二次蓋の二重とし、一次蓋と二次蓋との間の圧力（以下「蓋間圧力」という。）を監視することにより、蓋部が有する閉じ込め機能を監視できること。

(2) 兼用キャスクの内部の放射性物質が外部へ漏えいしないよう、設計貯蔵期間中、兼用キャスク内部の負圧を維持できること。

(3) 密封境界部の漏えい率は、(2) を満たすものであること。また、使用する金属ガスケット等のシールの性能は、当該漏えい率以下であること。

(4) 閉じ込め機能評価では、密封境界部の漏えい率が、設計貯蔵期間、内部初期圧力及び自由空間容積（兼用キャスク内部容積から収納物及びバスケットを減じた容積をいう。）、初期の蓋間圧力及び蓋間の容積、温度等を条件として、適切な評価式を用いて求められていること。

(5)　兼用キャスクの衝突評価

1)　兼用キャスクを床等に固定せず設置するとき

①　転倒モードの設定

兼用キャスクを縦置き又は横置きにした貯蔵状態で第６項地震力（設置許可基準規則第４条第６項に規定する地震力をいう。以下同じ。）を入力し、兼用キャスクの転倒、兼用キャスク同士の衝突及び兼用キャスクと周辺施設との衝突のうち、設計上想定するものを設定すること。

②　兼用キャスクの衝突評価

①で抽出した転倒等による兼用キャスクへの衝突荷重に対して、密封境界部がおおむね弾性範囲内であること。この際「4.3.1 地震に対する設計方針」を参考にしていること。

2)　貯蔵建屋等を設置するとき

①　貯蔵建屋等の損壊モードの設定

損壊モードに応じた衝突物又は落下物を抽出し、そのうち兼用キャスクの閉じ込め機能に及ぼす影響が最大であるものを設定すること。

②　兼用キャスクの衝突評価

①で抽出した衝突物又は落下物による兼用キャスクへの衝突荷重に対して、密封境界部がおおむね弾性範囲内であること。

3)　使用済燃料の再取出性の評価

a. 兼用キャスクに収納される使用済燃料を取り出すために、一次蓋及び二次蓋が開放できること。

b. 使用済燃料の燃料ペレットが燃料被覆管から脱落せず、かつ、使用済燃料集合体の過度な変形を生じないこと。

(6)　閉じ込め機能の異常に対し、適切な期間内で使用済燃料の取出しや詰替え及び使用済燃料貯蔵槽への移送を行うこと、これらの実施に係る体制を適切に整備すること等、閉じ込め機能の修復性に関して考慮がなされていること。

』