

(2) 9 m 落下試験時の変形量と衝撃加速度

落下高さとしては、0.3 m 落下と 9 m 落下の合計 9.3 m を与える。A. 6. 1 の 1. と同様に、落下エネルギー E_k は与えられる。計算条件と計算結果を (ロ)-第 A. 65 表に示す。

(ロ)-第 A. 65 表 輸送物落下エネルギー計算条件及び計算結果

項目	輸送物 最大総重量 : m (kg)	重力加速度 : g (m/s ²)	落下高さ : H (mm)	輸送物の 落下エネルギー : E_k (N・mm)
数値	1. 344 × 10 ⁵	9. 80665	9300	1. 226 × 10 ¹⁰

A. 6. 1 の 1. に示す手法を用いて、変形量 δ 及び衝撃加速度 G を求める。評価結果の緩衝体の累積変形量及び最大衝撃加速度は (ロ)-第 A. 66 表に示すとおりである。

(ロ)-第 A. 66 表 9 m 落下試験における緩衝体の累積変形量と衝撃加速度

落下姿勢		緩衝体の 累積変形量 (mm)	設計基準 変形量 ^(注1) (mm)	衝撃加速度 (A) (m/s ²)	9 m 落下試験時 設計加速度 (B) (m/s ²)	加速度の 比 (A/B)
垂直 落下	頭部	268	684	568	600	0. 95
	底部	309	608	490	500	0. 98
水平落下		279	374. 5	704	710	0. 99
コーナー 落下	頭部	766	826	469	480	0. 98
	底部	760	827	464	—	—

(注 1) 設計基準変形量とは、それぞれの落下方向において衝撃力を急激に上昇させないための設計上の基準値である。

(3) 容器本体及びバスケットの構造健全性評価

本落下試験時の衝撃加速度は (ロ)-第 A. 66 表に示すように A. 6. 1 の設計加速度と比較して 1 以下であり、A. 6. 1 の評価より小さい。また、累積変形量は、設計基準変形量以下であるので、本落下試験においても容器本体及びバスケットの構造健全性は維持される。

(ロ)-A-175

(2) 9 m 落下試験時の変形量と衝撃加速度

落下高さとしては、0.3 m 落下と 9 m 落下の合計 9.3 m を与える。A. 6. 1 の 1. と同様に、落下エネルギー E_k は与えられる。計算条件と計算結果を (ロ)-第 A. 65 表に示す。

(ロ)-第 A. 65 表 輸送物落下エネルギー計算条件及び計算結果

項目	輸送物 最大総重量 : m (kg)	重力加速度 : g (m/s ²)	落下高さ : H (mm)	輸送物の 落下エネルギー : E_k (N・mm)
数値	1. 344 × 10 ⁵	9. 80665	9300	1. 226 × 10 ¹⁰

A. 6. 1 の 1. に示す手法を用いて、変形量 δ 及び衝撃加速度 G を求める。評価結果の緩衝体の累積変形量及び最大衝撃加速度は (ロ)-第 A. 66 表に示すとおりである。

(ロ)-第 A. 66 表 9 m 落下試験における緩衝体の累積変形量と衝撃加速度

落下姿勢		緩衝体の 累積変形量 (mm)	設計基準 変形量 ^(注1) (mm)	衝撃加速度 (A) (m/s ²)	9 m 落下試験時 設計加速度 (B) (m/s ²)	加速度の 比 (A/B)
垂直 落下	頭部	268	684	568	600	0. 95
	底部	309	608	490	500	0. 98
水平落下		279	374. 5	704	710	0. 99
コーナー 落下	頭部	766	826	469	480	0. 98
	底部	760	827	464	—	—

(注 1) 設計基準変形量とは、それぞれの落下方向において衝撃力を急激に上昇させないための設計上の基準値である。

(3) 容器本体及びバスケットの構造健全性評価

本落下試験時の衝撃加速度は (ロ)-第 A. 66 表に示すように A. 6. 1 の設計加速度と比較して 1 以下であり、A. 6. 1 の評価より小さい。また、累積変形量は、設計基準変形量以下であるので、本落下試験においても容器本体及びバスケットの構造健全性は維持される。

(ロ)-A-175

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考																														
<p>(4) 三次蓋 O リングの密封性能の評価 (歪レベルの評価)</p> <p>(ロ) 第 A. 57 表に示したように、9 m 落下試験の O リング位置での蓋とキャスク本体との相対口開き変形量は基準値に対して十分な余裕を有しており、本試験条件においても密封性能が損なわれることはない。</p> <p>(5) 二次蓋防水機能の評価</p> <p>(ロ) 第 A. 67 表に示すように、特別の試験条件における二次蓋金属ガスケットの横ずれ量は基準値に対して十分な余裕を有しており、また二次蓋ボルトに生じる応力は S_y 以下で締付力は維持されており二次蓋の残留口開きは生じないため、本試験条件においても防水機能が損なわれることはない。なお、二次蓋貫通孔のモニタリングポートカバープレートは O リングで密封されており、本落下試験条件においても防水機能が維持される。</p> <p>(ロ) 第 A. 67 表 特別の試験条件における二次蓋部金属ガスケットの密封性能の評価</p> <table border="1" data-bbox="353 898 1080 1031"> <thead> <tr> <th colspan="2">条件</th> <th>二次蓋ガスケットの横ずれ量 (mm)</th> <th>密封性能 (5×10^{-3} ref cm^3/s) を維持する基準値 (mm) ^{17), 19)}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">9 m 落下</td> <td>垂直落下</td> <td>0.66</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>水平落下</td> <td>0.34</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td colspan="2">熱的試験</td> <td>0.46</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. 1 m 貫通試験</p> <p>1. 及び 2. の落下試験において緩衝体に変形するが、これらは A. 6. 2 に示すように 1m 貫通試験に対する評価において関係しない。したがって、本試験における輸送物の損傷状態は A. 6. 2 の結果 (A. 6. 5 に示す要約参照) と同一である。</p> <p>4. 熱的試験</p> <p>1. 及び 2. の落下試験における緩衝体の累積変形量は、A. 6. 1 に示す 9 m 落下試験の各落下試験時の変形量に対して若干増加しているが、特別の試験条件の熱解析モデルに考慮する緩衝体変形量 (B. 5. 2 参照) は、1. 及び 2. の落下試験における緩衝体の累積変形量を包絡した値としている。したがって、本熱的試験における輸送物の損傷評価は A. 6. 5 の 2. と同一となる。</p> <p>5. 0. 9 m 浸漬試験</p> <p>0. 9m 浸漬試験の条件及び評価結果は、A. 6. 4 に示す 15 m 浸漬試験の条件及び評価結果に包絡されるため、0. 9 m 浸漬試験において輸送物は損傷が拡大することはない。</p> <p>(ロ)-A-176</p>	条件		二次蓋ガスケットの横ずれ量 (mm)	密封性能 (5×10^{-3} ref cm^3/s) を維持する基準値 (mm) ^{17), 19)}	9 m 落下	垂直落下	0.66	3	水平落下	0.34	3	熱的試験		0.46	3	<p>(4) 三次蓋 O リングの密封性能の評価 (歪レベルの評価)</p> <p>(ロ) 第 A. 57 表に示したように、9 m 落下試験の O リング位置での蓋とキャスク本体との相対口開き変形量は基準値に対して十分な余裕を有しており、本試験条件においても密封性能が損なわれることはない。</p> <p>(5) 二次蓋防水機能の評価</p> <p>(ロ) 第 A. 67 表に示すように、特別の試験条件における二次蓋金属ガスケットの横ずれ量は基準値に対して十分な余裕を有しており、また二次蓋ボルトに生じる応力は S_y 以下で締付力は維持されており二次蓋の残留口開きは生じないため、本試験条件においても防水機能が損なわれることはない。なお、二次蓋貫通孔のモニタリングポートカバープレートは O リングで密封されており、本落下試験条件においても防水機能が維持される。</p> <p>(ロ) 第 A. 67 表 特別の試験条件における二次蓋部金属ガスケットの密封性能の評価</p> <table border="1" data-bbox="1638 898 2365 1031"> <thead> <tr> <th colspan="2">条件</th> <th>二次蓋ガスケットの横ずれ量 (mm)</th> <th>密封性能 (5×10^{-3} ref cm^3/s) を維持する基準値 (mm) ^{17), 19)}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">9 m 落下</td> <td>垂直落下</td> <td>0.66</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>水平落下</td> <td>0.34</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td colspan="2">熱的試験</td> <td>0.46</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. 1 m 貫通試験</p> <p>1. 及び 2. の落下試験において緩衝体に変形するが、これらは A. 6. 2 に示すように 1m 貫通試験に対する評価において関係しない。したがって、本試験における輸送物の損傷状態は A. 6. 2 の結果 (A. 6. 5 に示す要約参照) と同一である。</p> <p>4. 熱的試験</p> <p>1. 及び 2. の落下試験における緩衝体の累積変形量は、A. 6. 1 に示す 9 m 落下試験の各落下試験時の変形量に対して若干増加しているが、特別の試験条件の熱解析モデルに考慮する緩衝体変形量 (B. 5. 2 参照) は、1. 及び 2. の落下試験における緩衝体の累積変形量を包絡した値としている。したがって、本熱的試験における輸送物の損傷評価は A. 6. 5 の 2. と同一となる。</p> <p>5. 0. 9 m 浸漬試験</p> <p>0. 9m 浸漬試験の条件及び評価結果は、A. 6. 4 に示す 15 m 浸漬試験の条件及び評価結果に包絡されるため、0. 9 m 浸漬試験において輸送物は損傷が拡大することはない。</p> <p>(ロ)-A-176</p>	条件		二次蓋ガスケットの横ずれ量 (mm)	密封性能 (5×10^{-3} ref cm^3/s) を維持する基準値 (mm) ^{17), 19)}	9 m 落下	垂直落下	0.66	3	水平落下	0.34	3	熱的試験		0.46	3	
条件		二次蓋ガスケットの横ずれ量 (mm)	密封性能 (5×10^{-3} ref cm^3/s) を維持する基準値 (mm) ^{17), 19)}																													
9 m 落下	垂直落下	0.66	3																													
	水平落下	0.34	3																													
熱的試験		0.46	3																													
条件		二次蓋ガスケットの横ずれ量 (mm)	密封性能 (5×10^{-3} ref cm^3/s) を維持する基準値 (mm) ^{17), 19)}																													
9 m 落下	垂直落下	0.66	3																													
	水平落下	0.34	3																													
熱的試験		0.46	3																													

6. 輸送物の損傷状態の要約

(ロ)-第 A. 68 表に特別の試験条件における輸送物の損傷状態の要約を示す。なお、特別の試験条件において燃料集合体の強度評価は行っていないが、9 m 落下時には、上・下部ノズルの変形及び燃料棒の変形が想定される¹⁸⁾ことから、燃料集合体については、臨界解析において(ロ)-第 A. 69 表に示すように条件を設定する。

(ロ)-第 A. 68 表 核分裂性輸送物に係る特別の試験条件下の輸送物の損傷状態

条件	輸送物の損傷状態	備考
9 m 落下	緩衝体の変形	緩衝体は臨界解析では無視。
1 m 貫通	緩衝体、外筒及び中性子遮蔽材の変形	緩衝体及び中性子遮蔽材は臨界解析では無視。
熱的試験 (火災時)	中性子遮蔽材の一部焼損 各部位の温度が上昇	臨界解析上は中性子遮蔽材を無視し、燃料温度を20℃としている。
0.9 m 浸漬	損傷なし	密封装置及び二次蓋の密封性が健全であるので、胴内に浸水することはない。

(ロ)-第 A. 69 表 臨界解析における燃料集合体の設定

解析項目	解析における燃料集合体の設定
臨界解析	支持格子1スパン間の燃料棒ピッチの拡大及び縮小を仮定する。

(ロ)-A-177

6. 輸送物の損傷状態の要約

(ロ)-第 A. 68 表に特別の試験条件における輸送物の損傷状態の要約を示す。なお、特別の試験条件において燃料集合体の強度評価は行っていないが、9 m 落下時には、上・下部ノズルの変形及び燃料棒の変形が想定される¹⁸⁾ことから、燃料集合体については、臨界解析において(ロ)-第 A. 69 表に示すように条件を設定する。

(ロ)-第 A. 68 表 核分裂性輸送物に係る特別の試験条件下の輸送物の損傷状態

条件	輸送物の損傷状態	備考
9 m 落下	緩衝体の変形	緩衝体は臨界解析では無視。
1 m 貫通	緩衝体、外筒及び中性子遮蔽材の変形	緩衝体及び中性子遮蔽材は臨界解析では無視。
熱的試験 (火災時)	中性子遮蔽材の一部焼損 各部位の温度が上昇	臨界解析上は中性子遮蔽材を無視し、燃料温度を20℃としている。
0.9 m 浸漬	損傷なし	密封装置及び二次蓋の密封性が健全であるので、胴内に浸水することはない。

(ロ)-第 A. 69 表 臨界解析における燃料集合体の設定

解析項目	解析における燃料集合体の設定
臨界解析	支持格子1スパン間の燃料棒ピッチの拡大及び縮小を仮定する。

(ロ)-A-177

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>A.10 付属書類</p> <p>A.10.1 MSF キャスクの落下試験</p> <p>1. 試験目的</p> <p>本試験は、MSF-24P(S)型輸送容器のプロトタイプである MSF キャスクの落下試験モデルを用いて 9.3 m 落下試験（垂直及び傾斜）を実施し、容器の胴及び蓋に取り付けた加速度計によりデータを取得するとともに、落下後の緩衝体の変形量等を測定した。</p> <p>2. 試験項目</p> <p>(1) 頭部垂直落下</p> <p>9.3 m の高さから落下試験モデル頭部を下側にして、垂直姿勢にて落下させた。</p> <p>(2) 傾斜落下</p> <p>9.3 m の高さから 10° 傾斜させた状態で水平方向に落下させる。なお、底部側が一次衝突、頭部側が二次衝突するよう傾斜させ、落下させた。</p> <p>3. 試験装置</p> <p>(1) 落下試験モデル</p> <p>落下試験モデルは、BWR 燃料集合体を 69 体収納する設計である。本体は、胴（鍛造材）、中性子遮蔽材及び外筒（炭素鋼）から構成され、胴と外筒の間には銅製の伝熱フィンが溶接されている。</p> <p>蓋部は、一次蓋と二次蓋の二重構造とし、本体胴フランジに、金属ガスケットを取り付けた一次蓋及び二次蓋をボルトにより締結することで密封性を維持する構造としている。</p> <p>バスケットはアルミニウム合金の角パイプからなる構造とし、キャビティ内において燃料集合体を分散・集合させないように支持する構造としている。落下試験時には、独立した 69 個のバスケットセルに燃料集合体を模擬した重量体を挿入した。</p> <p>材質は基本的に実機と同じ又は相当材である。また、胴内、一二次蓋間は計装配線の関係から開放されており、大気圧である。</p> <p>落下試験モデルの概要図を (a)-第 A.47 図～(a)-第 A.51 図に示す。</p> <p>(a)-A-178</p>	<p>A.10 付属書類</p> <p>A.10.1 MSF キャスクの落下試験</p> <p>1. 試験目的</p> <p>本試験は、MSF-24P 型輸送容器のプロトタイプである MSF キャスクの落下試験モデルを用いて 9.3 m 落下試験（垂直及び傾斜）を実施し、容器の胴及び蓋に取り付けた加速度計によりデータを取得するとともに、落下後の緩衝体の変形量等を測定した。</p> <p>2. 試験項目</p> <p>(1) 頭部垂直落下</p> <p>9.3 m の高さから落下試験モデル頭部を下側にして、垂直姿勢にて落下させた。</p> <p>(2) 傾斜落下</p> <p>9.3 m の高さから 10° 傾斜させた状態で水平方向に落下させる。なお、底部側が一次衝突、頭部側が二次衝突するよう傾斜させ、落下させた。</p> <p>3. 試験装置</p> <p>(1) 落下試験モデル</p> <p>落下試験モデルは、BWR 燃料集合体を 69 体収納する設計である。本体は、胴（鍛造材）、中性子遮蔽材及び外筒（炭素鋼）から構成され、胴と外筒の間には銅製の伝熱フィンが溶接されている。</p> <p>蓋部は、一次蓋と二次蓋の二重構造とし、本体胴フランジに、金属ガスケットを取り付けた一次蓋及び二次蓋をボルトにより締結することで密封性を維持する構造としている。</p> <p>バスケットはアルミニウム合金の角パイプからなる構造とし、キャビティ内において燃料集合体を分散・集合させないように支持する構造としている。落下試験時には、独立した 69 個のバスケットセルに燃料集合体を模擬した重量体を挿入した。</p> <p>材質は基本的に実機と同じ又は相当材である。また、胴内、一二次蓋間は計装配線の関係から開放されており、大気圧である。</p> <p>落下試験モデルの概要図を (a)-第 A.47 図～(a)-第 A.51 図に示す。</p> <p>(a)-A-178</p>	<p>名称（型式）の差異</p>

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="433 470 1006 1705" style="border: 1px solid black; height: 588px; width: 193px; margin: 0 auto;"></div> <div data-bbox="1006 915 1038 1262" style="text-align: center; font-size: small;">(ロ)-第 A.47 図 落下試験モデル全体図</div> <div data-bbox="765 1776 863 1801" style="text-align: center; font-size: small;">(ロ)-A-179</div>	<div data-bbox="1605 470 2178 1705" style="border: 1px solid black; height: 588px; width: 193px; margin: 0 auto;"></div> <div data-bbox="2178 915 2211 1262" style="text-align: center; font-size: small;">(ロ)-第 A.47 図 落下試験モデル全体図</div> <div data-bbox="2012 1776 2110 1801" style="text-align: center; font-size: small;">(ロ)-A-179</div>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="373 449 1077 1675" style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> <div data-bbox="1083 898 1113 1281" style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>(P)-第 A.48 図 一次蓋 (落下試験モデル)</p> </div> <div data-bbox="765 1776 863 1801" style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>(P)-A-180</p> </div>	<div data-bbox="1546 449 2249 1675" style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> <div data-bbox="2255 898 2285 1281" style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>(P)-第 A.48 図 一次蓋 (落下試験モデル)</p> </div> <div data-bbox="2015 1776 2113 1801" style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>(P)-A-180</p> </div>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="371 499 1110 1684" style="border: 1px solid black; width: 249px; height: 564px; margin: 0 auto;"></div> <div data-bbox="1121 898 1151 1281" style="text-align: center; margin-top: 10px;">(p)-第 A.49 図 二次蓋 (落下試験モデル)</div> <div data-bbox="765 1776 863 1801" style="text-align: center; margin-top: 20px;">(p)-A-181</div>	<div data-bbox="1617 499 2356 1684" style="border: 1px solid black; width: 249px; height: 564px; margin: 0 auto;"></div> <div data-bbox="2368 898 2398 1281" style="text-align: center; margin-top: 10px;">(p)-第 A.49 図 二次蓋 (落下試験モデル)</div> <div data-bbox="2012 1776 2110 1801" style="text-align: center; margin-top: 20px;">(p)-A-181</div>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="403 464 1110 1675" style="border: 1px solid black; height: 577px; width: 238px; margin: 0 auto;"></div> <div data-bbox="1121 877 1151 1304" style="text-align: center; margin-top: 10px;">(p)-第 A.50 図 上部緩衝体 (落下試験モデル)</div> <div data-bbox="765 1776 863 1801" style="text-align: center; margin-top: 20px;">(p)-A-182</div>	<div data-bbox="1650 464 2356 1675" style="border: 1px solid black; height: 577px; width: 238px; margin: 0 auto;"></div> <div data-bbox="2368 877 2398 1304" style="text-align: center; margin-top: 10px;">(p)-第 A.50 図 上部緩衝体 (落下試験モデル)</div> <div data-bbox="2012 1776 2110 1801" style="text-align: center; margin-top: 20px;">(p)-A-182</div>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="320 415 1032 1667" style="border: 1px solid black; height: 596px; width: 240px; margin: 0 auto;"></div> <div data-bbox="1044 884 1071 1297" style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>(ロ)-第 A.51 図 下部緩衝体 (落下試験モデル)</p> </div> <div data-bbox="765 1780 863 1801" style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>(ロ)-A-183</p> </div>	<div data-bbox="1567 415 2279 1667" style="border: 1px solid black; height: 596px; width: 240px; margin: 0 auto;"></div> <div data-bbox="2291 884 2318 1297" style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>(ロ)-第 A.51 図 下部緩衝体 (落下試験モデル)</p> </div> <div data-bbox="2012 1780 2110 1801" style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>(ロ)-A-183</p> </div>	

(2) 測定項目及び測定方法

a. 測定項目

落下試験モデルを用いた落下試験において測定した主な測定項目と測定部位及び測定器等について(□)-第 A.70 表に示す。また、加速度計及びひずみゲージの取付位置を(□)-第 A.52 図に示す。

(□)-第 A.70 表 落下試験における主な測定項目

測定項目	測定部位	測定器等
緩衝体変形量	上部・下部緩衝体	スケール
加速度	胴、一次蓋、二次蓋	加速度計
ひずみ (参考値)	一次蓋ボルト、二次蓋ボルト	ひずみゲージ
蓋の横ずれ (参考値)	一次蓋、二次蓋	隙間ゲージ デプスゲージ

(□)-A-184

(2) 測定項目及び測定方法

a. 測定項目

落下試験モデルを用いた落下試験において測定した主な測定項目と測定部位及び測定器等について(□)-第 A.70 表に示す。また、加速度計及びひずみゲージの取付位置を(□)-第 A.52 図に示す。

(□)-第 A.70 表 落下試験における主な測定項目

測定項目	測定部位	測定器等
緩衝体変形量	上部・下部緩衝体	スケール
加速度	胴、一次蓋、二次蓋	加速度計
ひずみ (参考値)	一次蓋ボルト、二次蓋ボルト	ひずみゲージ
蓋の横ずれ (参考値)	一次蓋、二次蓋	隙間ゲージ デプスゲージ

(□)-A-184

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="347 369 1071 1745" style="border: 1px solid black; height: 655px; width: 244px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="691 1770 786 1793" style="text-align: center;">(□)-A-185</p> <p data-bbox="1083 846 1113 1329" style="text-align: center;">(□)-第 A.52 図 加速度計及びひびみゲージの取付位置</p>	<div data-bbox="1599 369 2323 1745" style="border: 1px solid black; height: 655px; width: 244px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="1938 1770 2033 1793" style="text-align: center;">(□)-A-185</p> <p data-bbox="2335 846 2365 1329" style="text-align: center;">(□)-第 A.52 図 加速度計及びひびみゲージの取付位置</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>4. 試験結果</p> <p>(1) 頭部 9.3 m 垂直落下</p> <p>(a)-第 A.53 図に頭部 9.3 m 垂直落下試験前後の落下試験モデルの写真を示す。以下に頭部 9.3 m 垂直落下試験結果の概要を示す。</p> <p>a. 緩衝体変形量</p> <p>(a)-第 A.71 表に緩衝体変形量を示す。緩衝体変形量は、許容変形量を満足している。</p> <p>b. 加速度履歴</p> <p>(a)-第 A.54 図に胴中央の加速度履歴を示す。(a)-第 A.72 表に各部位の最大加速度を示す。</p> <p>c. 蓋の横ずれ量 (参考値)</p> <p>(a)-第 A.73 表に各蓋の横ずれ量を示す。一次蓋については蓋の横ずれが確認され、横ずれ量は最大 0.24 mm であった。二次蓋については、蓋の横ずれは生じなかった。</p> <p>d. ボルトに作用する応力 (参考値)</p> <p>(a)-第 A.74 表に各ボルトに作用する最大応力を示す。なお、応力は、落下衝撃負荷時にボルトに生じたひずみから算出した。一次蓋ボルト、二次蓋ボルトともに、基準値に対して十分に余裕があった。</p> <p>e. 落下試験前後の漏えい率 (参考値)</p> <p>(a)-第 A.75 表に落下試験前後の一次蓋及び二次蓋の漏えい率を示す。一次蓋の落下試験後の漏えい率は、落下試験前に比べ 2~3 桁程度増加したが、密封性を維持する基準値 (5×10^{-4} Pa m³/s [= 5×10^{-3} ref cm³/s]) を満足した。また、二次蓋の漏えい率は落下試験前後で同程度であった。</p> <p>(a)-A-186</p>	<p>4. 試験結果</p> <p>(1) 頭部 9.3 m 垂直落下</p> <p>(a)-第 A.53 図に頭部 9.3 m 垂直落下試験前後の落下試験モデルの写真を示す。以下に頭部 9.3 m 垂直落下試験結果の概要を示す。</p> <p>a. 緩衝体変形量</p> <p>(a)-第 A.71 表に緩衝体変形量を示す。緩衝体変形量は、許容変形量を満足している。</p> <p>b. 加速度履歴</p> <p>(a)-第 A.54 図に胴中央の加速度履歴を示す。(a)-第 A.72 表に各部位の最大加速度を示す。</p> <p>c. 蓋の横ずれ量 (参考値)</p> <p>(a)-第 A.73 表に各蓋の横ずれ量を示す。一次蓋については蓋の横ずれが確認され、横ずれ量は最大 0.24 mm であった。二次蓋については、蓋の横ずれは生じなかった。</p> <p>d. ボルトに作用する応力 (参考値)</p> <p>(a)-第 A.74 表に各ボルトに作用する最大応力を示す。なお、応力は、落下衝撃負荷時にボルトに生じたひずみから算出した。一次蓋ボルト、二次蓋ボルトともに、基準値に対して十分に余裕があった。</p> <p>e. 落下試験前後の漏えい率 (参考値)</p> <p>(a)-第 A.75 表に落下試験前後の一次蓋及び二次蓋の漏えい率を示す。一次蓋の落下試験後の漏えい率は、落下試験前に比べ 2~3 桁程度増加したが、密封性を維持する基準値 (5×10^{-4} Pa m³/s [= 5×10^{-3} ref cm³/s]) を満足した。また、二次蓋の漏えい率は落下試験前後で同程度であった。</p> <p>(a)-A-186</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(ロ)-第 A.71 表 9.3 m 頭部垂直落下時の緩衝体変形量

部位	変形量 (mm)	許容変形量 (mm)
上部緩衝体	259	<input type="text"/>

(ロ)-第 A.71 表 9.3 m 頭部垂直落下時の緩衝体変形量

部位	変形量 (mm)	許容変形量 (mm)
上部緩衝体	259	<input type="text"/>

(ロ)-第 A.72 表 9.3 m 頭部垂直落下時の最大加速度

計測位置	方向	最大加速度 (G)
胴上部 (0°)	落下方向	59
胴上部 (180°)	落下方向	63
胴中央	落下方向	72
一次蓋	落下方向	448
二次蓋	落下方向	533

(ロ)-第 A.72 表 9.3 m 頭部垂直落下時の最大加速度

計測位置	方向	最大加速度 (G)
胴上部 (0°)	落下方向	59
胴上部 (180°)	落下方向	63
胴中央	落下方向	72
一次蓋	落下方向	448
二次蓋	落下方向	533

(ロ)-第 A.73 表 9.3 m 頭部垂直落下時の蓋の横ずれ量 (参考値)

部位	位置	横ずれ量 ^(注1) (mm)
一次蓋	0° 側	-0.24
	90/270° 側	0.02 / -0.15
	180° 側	-0.04
二次蓋	0° 側	0.0
	90/270° 側	0.0 / 0.0
	180° 側	0.0

(注1) 横ずれ量の符号は、各蓋が胴フランジに対し、内側へずれる場合を
+、外側へずれる場合を-として示す。

(ロ)-第 A.73 表 9.3 m 頭部垂直落下時の蓋の横ずれ量 (参考値)

部位	位置	横ずれ量 ^(注1) (mm)
一次蓋	0° 側	-0.24
	90/270° 側	0.02 / -0.15
	180° 側	-0.04
二次蓋	0° 側	0.0
	90/270° 側	0.0 / 0.0
	180° 側	0.0

(注1) 横ずれ量の符号は、各蓋が胴フランジに対し、内側へずれる場合を
+、外側へずれる場合を-として示す。

(ロ)-A-187

(ロ)-A-187

(ロ)-第 A.74 表 9.3 m 頭部垂直落下時の最大応力 (参考値)

部位	位置	応力成分	最大応力 ^(注1) (MPa)	基準値 ^(注2) (MPa)
一次蓋ボルト	0° 側	膜	468	890
		曲げ	164	890
	90° 側	膜	508	890
		曲げ	216	890
	180° 側	膜	413	890
		曲げ	201	890
二次蓋ボルト	0° 側	膜	-29	890
		曲げ	14	890
	90° 側	膜	-27	890
		曲げ	11	890
	180° 側	膜	-50	890
		曲げ	32	890

(注1)膜応力の符号は、引張を+、圧縮を-として示す。

(注2)一次蓋ボルト及び二次蓋ボルトの基準値は、 S_y (RT)とした。

(ロ)-第 A.75 表 9.3 m 頭部垂直落下時の落下試験前後の漏えい率 (参考値)

部位	落下試験前 (Pa m ³ /s)	落下試験後 (Pa m ³ /s)
一次蓋	1.0×10^{-8}	3.9×10^{-6}
二次蓋	2.0×10^{-11}	1.7×10^{-11}

(ロ)-A-188

(ロ)-第 A.74 表 9.3 m 頭部垂直落下時の最大応力 (参考値)

部位	位置	応力成分	最大応力 ^(注1) (MPa)	基準値 ^(注2) (MPa)
一次蓋ボルト	0° 側	膜	468	890
		曲げ	164	890
	90° 側	膜	508	890
		曲げ	216	890
	180° 側	膜	413	890
		曲げ	201	890
二次蓋ボルト	0° 側	膜	-29	890
		曲げ	14	890
	90° 側	膜	-27	890
		曲げ	11	890
	180° 側	膜	-50	890
		曲げ	32	890

(注1)膜応力の符号は、引張を+、圧縮を-として示す。

(注2)一次蓋ボルト及び二次蓋ボルトの基準値は、 S_y (RT)とした。

(ロ)-第 A.75 表 9.3 m 頭部垂直落下時の落下試験前後の漏えい率 (参考値)

部位	落下試験前 (Pa m ³ /s)	落下試験後 (Pa m ³ /s)
一次蓋	1.0×10^{-8}	3.9×10^{-6}
二次蓋	2.0×10^{-11}	1.7×10^{-11}

(ロ)-A-188



(1) 落下試験前



(1) 落下試験前



(2) 落下試験後



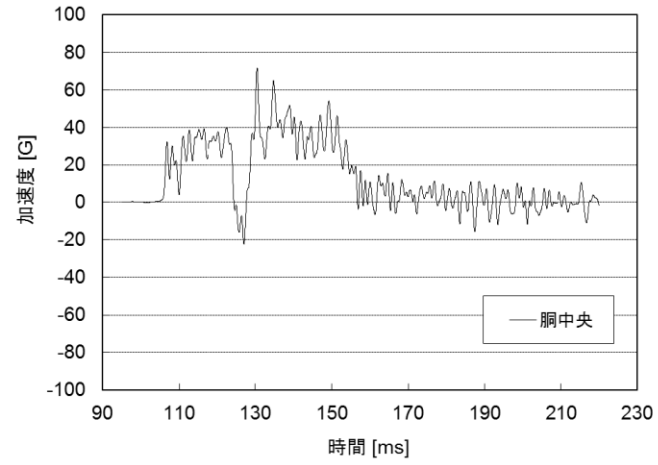
(2) 落下試験後

(D)-第 A.53 図 9.3 m 頭部垂直落下試験時の落下試験モデル写真

(D)-第 A.53 図 9.3 m 頭部垂直落下試験時の落下試験モデル写真

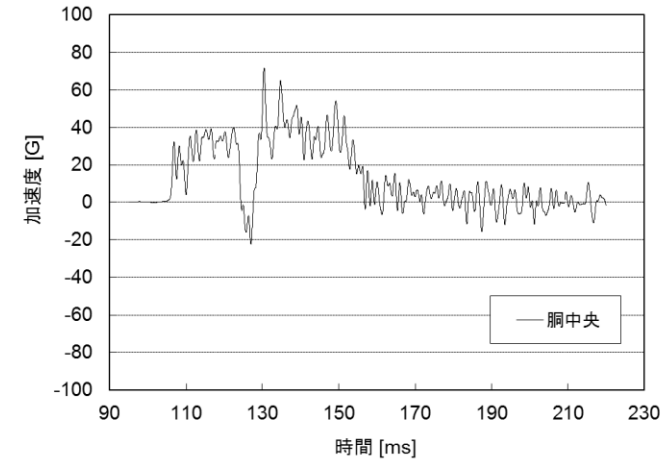
(D)-A-189

(D)-A-189



(p)-第 A. 54 図 9.3 m 頭部垂直落下時の落下方向加速度履歴

(p)-A-190



(p)-第 A. 54 図 9.3 m 頭部垂直落下時の落下方向加速度履歴

(p)-A-190

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>(2) 9.3 m 傾斜落下</p> <p>(a) 緩衝体変形量</p> <p>(b) 加速度履歴</p> <p>(c) 蓋の横ずれ量 (参考値)</p> <p>(d) ボルトに作用する応力 (参考値)</p> <p>(e) 落下試験前後の漏えい率 (参考値)</p> <p>(a)-A-191</p>	<p>(2) 9.3 m 傾斜落下</p> <p>(a) 緩衝体変形量</p> <p>(b) 加速度履歴</p> <p>(c) 蓋の横ずれ量 (参考値)</p> <p>(d) ボルトに作用する応力 (参考値)</p> <p>(e) 落下試験前後の漏えい率 (参考値)</p> <p>(a)-A-191</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(ロ)-第 A.76 表 9.3 m 傾斜落下時の緩衝体変形量

部位	変形量 (mm)	許容変形量 (mm)
上部緩衝体	253	
下部緩衝体	174	

(ロ)-第 A.77 表 9.3 m 傾斜落下時の最大加速度

計測位置	方向	最大加速度 (G)
胴上部 (0°)	落下方向	150
胴中央	落下方向	85
胴下部	落下方向	77
一次蓋	落下方向	149
二次蓋	落下方向	148

(ロ)-第 A.78 表 9.3 m 傾斜落下時の蓋の横ずれ量 (参考値)

部位	位置	横ずれ量 ^(注1) (mm)
一次蓋	落下側	-0.81
	側面	0.14 / 0.21
	反落下側	-0.07
二次蓋	落下側	0.09
	側面	0.02 / -0.01
	反落下側	-0.79

(注1) 横ずれ量の符号は、各蓋が胴フランジに対し、内側へずれる場合を+、外側へずれる場合を-として示す。

(ロ)-A-192

(ロ)-第 A.76 表 9.3 m 傾斜落下時の緩衝体変形量

部位	変形量 (mm)	許容変形量 (mm)
上部緩衝体	253	
下部緩衝体	174	

(ロ)-第 A.77 表 9.3 m 傾斜落下時の最大加速度

計測位置	方向	最大加速度 (G)
胴上部 (0°)	落下方向	150
胴中央	落下方向	85
胴下部	落下方向	77
一次蓋	落下方向	149
二次蓋	落下方向	148

(ロ)-第 A.78 表 9.3 m 傾斜落下時の蓋の横ずれ量 (参考値)

部位	位置	横ずれ量 ^(注1) (mm)
一次蓋	落下側	-0.81
	側面	0.14 / 0.21
	反落下側	-0.07
二次蓋	落下側	0.09
	側面	0.02 / -0.01
	反落下側	-0.79

(注1) 横ずれ量の符号は、各蓋が胴フランジに対し、内側へずれる場合を+、外側へずれる場合を-として示す。

(ロ)-A-192

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(ロ)-第 A.79 表 9.3 m 傾斜落下時の最大応力 (参考値)

部位	位置	応力成分	最大応力 ^(注1) (MPa)	基準値 ^(注2) (MPa)
一次蓋ボルト	反落下側	膜	-5	890
		曲げ	4	890
	側面	膜	3	890
		曲げ	21	890
	落下側	膜	74	890
		曲げ	82	890
二次蓋ボルト	反落下側	膜	-14	890
		曲げ	141	890
	側面	膜	-18	890
		曲げ	181	890
	落下側	膜	178	890
		曲げ	243	890

(注1)膜応力の符号は、引張を+、圧縮を-として示す。

(注2)一次蓋ボルト及び二次蓋ボルトの基準値は、 $S_y(RT)$ とした。

(ロ)-第 A.80 表 9.3 m 傾斜落下時の落下試験前後の漏えい率 (参考値)

部位	落下試験前 (Pa m ³ /s)	落下試験後 (Pa m ³ /s)
一次蓋	$< 1 \times 10^{-11}$	$< 1 \times 10^{-11}$
二次蓋	7.4×10^{-9}	1.6×10^{-6}

(ロ)-A-193

(ロ)-第 A.79 表 9.3 m 傾斜落下時の最大応力 (参考値)

部位	位置	応力成分	最大応力 ^(注1) (MPa)	基準値 ^(注2) (MPa)
一次蓋ボルト	反落下側	膜	-5	890
		曲げ	4	890
	側面	膜	3	890
		曲げ	21	890
	落下側	膜	74	890
		曲げ	82	890
二次蓋ボルト	反落下側	膜	-14	890
		曲げ	141	890
	側面	膜	-18	890
		曲げ	181	890
	落下側	膜	178	890
		曲げ	243	890

(注1)膜応力の符号は、引張を+、圧縮を-として示す。

(注2)一次蓋ボルト及び二次蓋ボルトの基準値は、 $S_y(RT)$ とした。

(ロ)-第 A.80 表 9.3 m 傾斜落下時の落下試験前後の漏えい率 (参考値)

部位	落下試験前 (Pa m ³ /s)	落下試験後 (Pa m ³ /s)
一次蓋	$< 1 \times 10^{-11}$	$< 1 \times 10^{-11}$
二次蓋	7.4×10^{-9}	1.6×10^{-6}

(ロ)-A-193



(1) 落下試験前



(2) 落下試験後

(ロ)-第 A.55 図 9.3 m 傾斜落下試験時の落下試験モデル写真

(ロ)-A-194



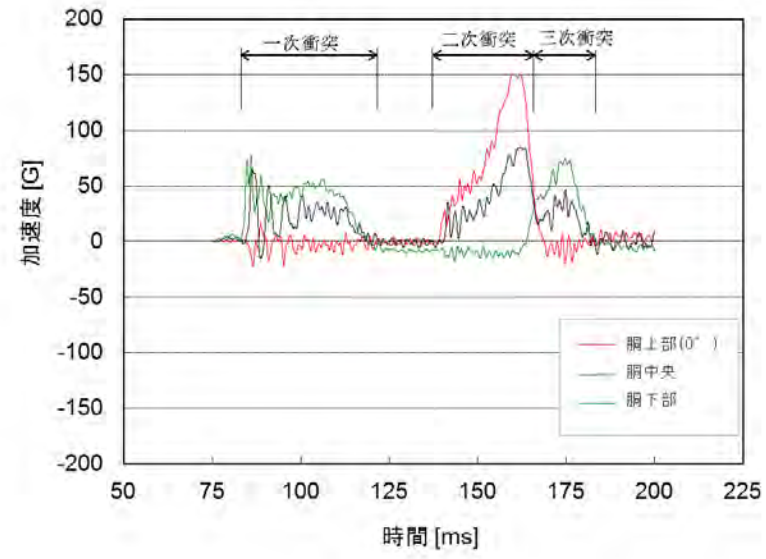
(1) 落下試験前



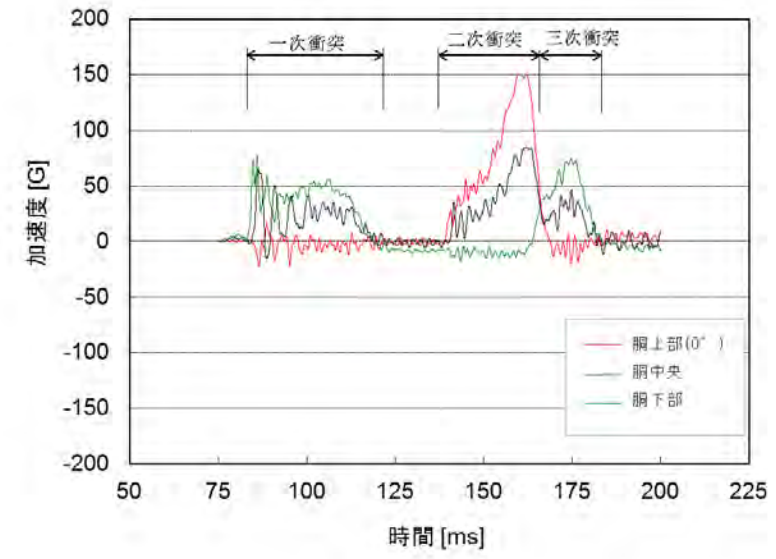
(2) 落下試験後

(ロ)-第 A.55 図 9.3 m 傾斜落下試験時の落下試験モデル写真

(ロ)-A-194



(ロ)-第 A.56 図 9.3 m 傾斜落下時の落下方向加速度履歴



(ロ)-第 A.56 図 9.3 m 傾斜落下時の落下方向加速度履歴

(ロ)-A-195

(ロ)-A-195

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考																																												
<p>A. 10.2 CRUSH 及び ABAQUS 解析による評価手法の検証</p> <p>MSF-24P(S)型輸送容器の構造設計は、緩衝体性能及び密封性能の維持の観点から、落下試験モデルをベースに、基本構造が同様となるよう設計している。</p> <p>本項では、上述の落下試験で得られた試験結果 (A. 10.1 4. 参照) に基づき、MSF-24P(S)型輸送容器の落下解析で使用している CRUSH 及び ABAQUS 解析による評価手法の妥当性を確認した。</p> <p>1. CRUSH 解析手法の検証</p> <p>落下試験モデルの落下試験結果 (A. 10.1 4. 参照) と CRUSH 解析の結果を比較し、CRUSH 解析による評価手法の妥当性を確認した。比較結果を (ロ)-第 A. 81 表及び(ロ)-第 A. 82 表に示す。CRUSH による加速度及び緩衝体変形量の解析結果は落下試験と同等であり、CRUSH 解析による評価手法の妥当性を確認した。</p> <p>(ロ)-第 A. 81 表 落下試験結果と CRUSH コードの比較(最大衝撃加速度)</p> <table border="1" data-bbox="480 934 1053 1102"> <thead> <tr> <th rowspan="2">試験条件</th> <th colspan="2">最大衝撃加速度 (m/s²)</th> </tr> <tr> <th>落下試験 (注1)</th> <th>CRUSH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9.3 m 頭部垂直落下</td> <td>598 (61G)</td> <td>618 (63G)</td> </tr> <tr> <td>9.3 m 傾斜落下</td> <td>1451 (148G)</td> <td>1510 (154G)</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注1) 落下試験での計測結果 (A. 10.1 4. 参照)</p> <ul style="list-style-type: none"> 9.3 m 頭部垂直落下 : 胴上部の落下方向加速度の平均値 9.3 m 傾斜落下 : 二次蓋の落下方向加速度 <p>(ロ)-第 A. 82 表 落下試験結果と CRUSH コードの比較(緩衝体変形量)</p> <table border="1" data-bbox="480 1291 1053 1459"> <thead> <tr> <th rowspan="2">試験条件</th> <th colspan="2">緩衝体変形量 (mm)</th> </tr> <tr> <th>落下試験 (注1)</th> <th>CRUSH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9.3 m 頭部垂直落下</td> <td>259</td> <td>308</td> </tr> <tr> <td>9.3 m 傾斜落下</td> <td>253</td> <td>314</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注1) 落下試験での計測結果 (A. 10.1 4. 参照)</p> <p>(ロ)-A-196</p>	試験条件	最大衝撃加速度 (m/s ²)		落下試験 (注1)	CRUSH	9.3 m 頭部垂直落下	598 (61G)	618 (63G)	9.3 m 傾斜落下	1451 (148G)	1510 (154G)	試験条件	緩衝体変形量 (mm)		落下試験 (注1)	CRUSH	9.3 m 頭部垂直落下	259	308	9.3 m 傾斜落下	253	314	<p>A. 10.2 CRUSH 及び ABAQUS 解析による評価手法の検証</p> <p>MSF-24P 型輸送容器の構造設計は、緩衝体性能及び密封性能の維持の観点から、落下試験モデルをベースに、基本構造が同様となるよう設計している。</p> <p>本項では、上述の落下試験で得られた試験結果 (A. 10.1 4. 参照) に基づき、MSF-24P 型輸送容器の落下解析で使用している CRUSH 及び ABAQUS 解析による評価手法の妥当性を確認した。</p> <p>1. CRUSH 解析手法の検証</p> <p>落下試験モデルの落下試験結果 (A. 10.1 4. 参照) と CRUSH 解析の結果を比較し、CRUSH 解析による評価手法の妥当性を確認した。比較結果を (ロ)-第 A. 81 表及び(ロ)-第 A. 82 表に示す。CRUSH による加速度及び緩衝体変形量の解析結果は落下試験と同等であり、CRUSH 解析による評価手法の妥当性を確認した。</p> <p>(ロ)-第 A. 81 表 落下試験結果と CRUSH コードの比較(最大衝撃加速度)</p> <table border="1" data-bbox="1727 934 2300 1102"> <thead> <tr> <th rowspan="2">試験条件</th> <th colspan="2">最大衝撃加速度 (m/s²)</th> </tr> <tr> <th>落下試験 (注1)</th> <th>CRUSH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9.3 m 頭部垂直落下</td> <td>598 (61G)</td> <td>618 (63G)</td> </tr> <tr> <td>9.3 m 傾斜落下</td> <td>1451 (148G)</td> <td>1510 (154G)</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注1) 落下試験での計測結果 (A. 10.1 4. 参照)</p> <ul style="list-style-type: none"> 9.3 m 頭部垂直落下 : 胴上部の落下方向加速度の平均値 9.3 m 傾斜落下 : 二次蓋の落下方向加速度 <p>(ロ)-第 A. 82 表 落下試験結果と CRUSH コードの比較(緩衝体変形量)</p> <table border="1" data-bbox="1727 1291 2300 1459"> <thead> <tr> <th rowspan="2">試験条件</th> <th colspan="2">緩衝体変形量 (mm)</th> </tr> <tr> <th>落下試験 (注1)</th> <th>CRUSH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9.3 m 頭部垂直落下</td> <td>259</td> <td>308</td> </tr> <tr> <td>9.3 m 傾斜落下</td> <td>253</td> <td>314</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注1) 落下試験での計測結果 (A. 10.1 4. 参照)</p> <p>(ロ)-A-196</p>	試験条件	最大衝撃加速度 (m/s ²)		落下試験 (注1)	CRUSH	9.3 m 頭部垂直落下	598 (61G)	618 (63G)	9.3 m 傾斜落下	1451 (148G)	1510 (154G)	試験条件	緩衝体変形量 (mm)		落下試験 (注1)	CRUSH	9.3 m 頭部垂直落下	259	308	9.3 m 傾斜落下	253	314	<p>名称 (型式) の差異</p> <p>名称 (型式) の差異</p>
試験条件		最大衝撃加速度 (m/s ²)																																												
	落下試験 (注1)	CRUSH																																												
9.3 m 頭部垂直落下	598 (61G)	618 (63G)																																												
9.3 m 傾斜落下	1451 (148G)	1510 (154G)																																												
試験条件	緩衝体変形量 (mm)																																													
	落下試験 (注1)	CRUSH																																												
9.3 m 頭部垂直落下	259	308																																												
9.3 m 傾斜落下	253	314																																												
試験条件	最大衝撃加速度 (m/s ²)																																													
	落下試験 (注1)	CRUSH																																												
9.3 m 頭部垂直落下	598 (61G)	618 (63G)																																												
9.3 m 傾斜落下	1451 (148G)	1510 (154G)																																												
試験条件	緩衝体変形量 (mm)																																													
	落下試験 (注1)	CRUSH																																												
9.3 m 頭部垂直落下	259	308																																												
9.3 m 傾斜落下	253	314																																												

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>2. ABAQUS 解析手法の検証</p> <p>落下試験で計測された蓋部のひずみを基に、MSF-24P(S)型と落下試験モデルの寸法差等を考慮して算出した MSF-24P(S)型輸送容器に発生する応力と、A. 6. 1 に記載される ABAQUS 解析結果とを比較し、ABAQUS 解析による評価手法の妥当性を検証した。</p> <p>(1) 検証手順</p> <p>以下に ABAQUS による解析手法の検証手順を示す。(ロ)-第 A. 57 図参照)</p> <ol style="list-style-type: none"> MSF-24P(S)型輸送容器と落下試験モデルの蓋部を構成する各部位の寸法を抽出する。 各部位の設計条件(材質、設計温度、縦弾性係数)を抽出する。 抽出した寸法及び設計条件を基に、MSF-24P(S)型輸送容器と落下試験モデルの各部位の強度比を算出する。 落下衝撃力を決定する設計条件(キャスク重量、落下時の衝撃加速度)を抽出し、MSF-24P(S)型輸送容器と落下試験モデルの落下時に作用する荷重比を算出する。 荷重比、各部位の強度比および落下試験モデルの各部位に作用した応力(落下試験で計測したひずみから算出)を用いて、MSF-24P(S)型輸送容器の各部位に作用する応力を算出する。 e. で算出した応力と、解析結果を比較し、ABAQUS による解析手法を検証する。 <p>(2) 評価結果及びまとめ</p> <p>9 m 頭部垂直落下時及び 9 m 水平落下時に MSF-24P(S)型輸送容器に発生する応力について、落下試験結果より算出した結果と解析結果の比較を(ロ)-第 A. 83 表及び(ロ)-第 A. 84 表に示す。</p> <p>9 m 頭部垂直落下時及び 9 m 水平落下時の各蓋ボルトの応力は、落下試験結果より算出した応力が解析結果より小さく、ABAQUS 解析による評価手法は妥当である。</p> <p>(ロ)-A-197</p>	<p>2. ABAQUS 解析手法の検証</p> <p>落下試験で計測された蓋部のひずみを基に、MSF-24P 型と落下試験モデルの寸法差等を考慮して算出した MSF-24P 型輸送容器に発生する応力と、A. 6. 1 に記載される ABAQUS 解析結果とを比較し、ABAQUS 解析による評価手法の妥当性を検証した。</p> <p>(1) 検証手順</p> <p>以下に ABAQUS による解析手法の検証手順を示す。(ロ)-第 A. 57 図参照)</p> <ol style="list-style-type: none"> MSF-24P 型輸送容器と落下試験モデルの蓋部を構成する各部位の寸法を抽出する。 各部位の設計条件(材質、設計温度、縦弾性係数)を抽出する。 抽出した寸法及び設計条件を基に、MSF-24P 型輸送容器と落下試験モデルの各部位の強度比を算出する。 落下衝撃力を決定する設計条件(キャスク重量、落下時の衝撃加速度)を抽出し、MSF-24P 型輸送容器と落下試験モデルの落下時に作用する荷重比を算出する。 荷重比、各部位の強度比および落下試験モデルの各部位に作用した応力(落下試験で計測したひずみから算出)を用いて、MSF-24P 型輸送容器の各部位に作用する応力を算出する。 e. で算出した応力と、解析結果を比較し、ABAQUS による解析手法を検証する。 <p>(2) 評価結果及びまとめ</p> <p>9 m 頭部垂直落下時及び 9 m 水平落下時に MSF-24P 型輸送容器に発生する応力について、落下試験結果より算出した結果と解析結果の比較を(ロ)-第 A. 83 表及び(ロ)-第 A. 84 表に示す。</p> <p>9 m 頭部垂直落下時及び 9 m 水平落下時の各蓋ボルトの応力は、落下試験結果より算出した応力が解析結果より小さく、ABAQUS 解析による評価手法は妥当である。</p> <p>(ロ)-A-197</p>	<p>名称(型式)の差異 同上</p> <p>同上</p> <p>同上</p> <p>同上</p> <p>同上</p> <p>同上</p> <p>同上</p>

(□)-第 A.83 表 9.3 m 頭部垂直落下時の各蓋ボルトの応力評価結果

部位	変形モード	試験結果より 算出した応力 (MPa)	ABAQUS 解析結果 (注1) (MPa)	評価基準 (MPa)
二次蓋ボルト	引張+曲げ	47	201	848
三次蓋ボルト	引張+曲げ	51	53	848

(注 1) 落下試験結果のひずみ測定位置が蓋ボルトの中央位置(軸方向)であるため、解析結果に記載する応力も蓋ボルトの中央位置(軸方向)の応力とした。また、落下試験結果は、蓋ボルト締付後のひずみを 0 として測定しているが、ABAQUS 解析結果には初期締付力が含まれているため、記載する値は解析結果と初期締付力の差とした。

(□)-第 A.84 表 9.3 m 水平落下時の各蓋ボルトの応力評価結果

部位	変形モード	試験結果より 算出した応力 (MPa)	ABAQUS 解析結果 (注1) (MPa)	評価基準 (MPa)
二次蓋ボルト	引張+曲げ	92	181	848
三次蓋ボルト	引張+曲げ	273	368	848

(注 1) 落下試験結果のひずみ測定位置が蓋ボルトの中央位置(軸方向)であるため、解析結果に記載する応力も蓋ボルトの中央位置(軸方向)の応力とした。また、落下試験結果は、蓋ボルト締付後のひずみを 0 として測定しているが、ABAQUS 解析結果には初期締付力が含まれているため、記載する値は解析結果と初期締付力の差とした。

(□)-A-198

(□)-第 A.83 表 9.3 m 頭部垂直落下時の各蓋ボルトの応力評価結果

部位	変形モード	試験結果より 算出した応力 (MPa)	ABAQUS 解析結果 (注1) (MPa)	評価基準 (MPa)
二次蓋ボルト	引張+曲げ	47	201	848
三次蓋ボルト	引張+曲げ	51	53	848

(注 1) 落下試験結果のひずみ測定位置が蓋ボルトの中央位置(軸方向)であるため、解析結果に記載する応力も蓋ボルトの中央位置(軸方向)の応力とした。また、落下試験結果は、蓋ボルト締付後のひずみを 0 として測定しているが、ABAQUS 解析結果には初期締付力が含まれているため、記載する値は解析結果と初期締付力の差とした。

(□)-第 A.84 表 9.3 m 水平落下時の各蓋ボルトの応力評価結果

部位	変形モード	試験結果より 算出した応力 (MPa)	ABAQUS 解析結果 (注1) (MPa)	評価基準 (MPa)
二次蓋ボルト	引張+曲げ	92	181	848
三次蓋ボルト	引張+曲げ	273	368	848

(注 1) 落下試験結果のひずみ測定位置が蓋ボルトの中央位置(軸方向)であるため、解析結果に記載する応力も蓋ボルトの中央位置(軸方向)の応力とした。また、落下試験結果は、蓋ボルト締付後のひずみを 0 として測定しているが、ABAQUS 解析結果には初期締付力が含まれているため、記載する値は解析結果と初期締付力の差とした。

(□)-A-198

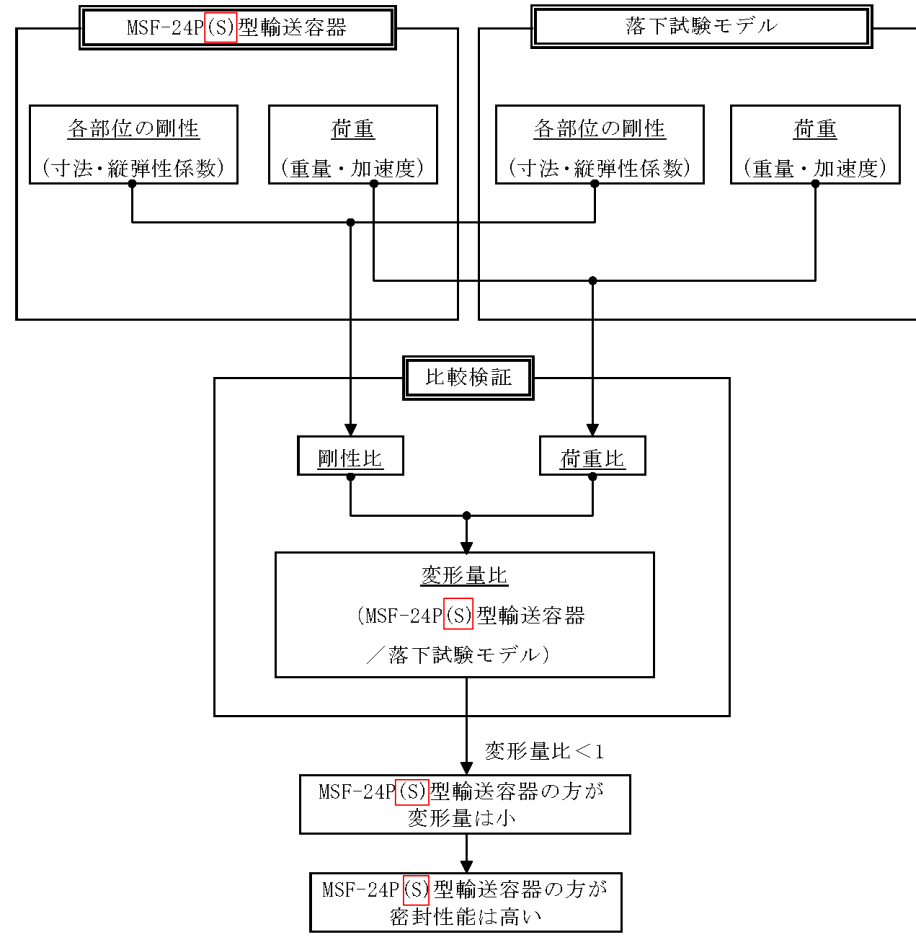
型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>MSF-24P(S)型輸送容器</p> <p>落下試験モデル</p> <p>各部位の強度 (寸法・縦弾性係数)</p> <p>荷重 (重量・加速度)</p> <p>各部位の強度 (寸法・縦弾性係数)</p> <p>荷重 (重量・加速度)</p> <p>応力算出</p> <p>強度比</p> <p>落下衝撃負荷時のひずみ (参考値) (落下試験モデルの落下試験結果)</p> <p>落下衝撃負荷時に作用した応力 (参考値) (落下試験モデル)</p> <p>荷重比</p> <p>MSF-24P(S)型輸送容器に作用する応力(※)</p> <p>ABAQUS 解析結果</p> <p>(※)にて算出した応力と ABAQUS 解析結果を比較</p> <p>(□)-第 A. 57 図 ABAQUS 解析手法の検証手順</p> <p>(□)-A-199</p>	<p>MSF-24P 型輸送容器</p> <p>落下試験モデル</p> <p>各部位の強度 (寸法・縦弾性係数)</p> <p>荷重 (重量・加速度)</p> <p>各部位の強度 (寸法・縦弾性係数)</p> <p>荷重 (重量・加速度)</p> <p>応力算出</p> <p>強度比</p> <p>落下衝撃負荷時のひずみ (参考値) (落下試験モデルの落下試験結果)</p> <p>落下衝撃負荷時に作用した応力 (参考値) (落下試験モデル)</p> <p>荷重比</p> <p>MSF-24P 型輸送容器に作用する応力(※)</p> <p>ABAQUS 解析結果</p> <p>(※)にて算出した応力と ABAQUS 解析結果を比較</p> <p>(□)-第 A. 57 図 ABAQUS 解析手法の検証手順</p> <p>(□)-A-199</p>	<p>名称 (型式) の差異</p> <p>名称 (型式) の差異</p>

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>A. 10. 3 MSF-24P(S)型輸送容器の落下試験結果に基づく密封性能の検証</p> <p>MSF-24P(S)型輸送容器の 9.3 m 傾斜落下条件下における密封性能について落下試験結果に基づき評価・検証を行った。</p> <p>1. MSF-24P(S)型輸送容器の密封設計</p> <p>落下試験結果に基づき落下時の蓋密封部挙動について考察し、蓋密封部の漏えいメカニズムを分析した。それら結果に基づき、MSF-24P(S)型輸送容器の蓋密封部設計に反映した項目を(ロ)-第 A. 85 表に示す。また、(ロ)-第 A. 58 図に MSF-24P(S)型輸送容器及び落下試験モデルの蓋部構造の比較を示す。</p> <p>2. MSF-24P(S)型輸送容器の密封性能評価</p> <p>9.3 m 傾斜落下において、MSF-24P(S)型輸送容器の密封性能が維持することを、落下試験により密封性能が維持することが実証されている落下試験モデル及びその落下試験結果を用いて検証する。</p> <p>落下後の漏えい率の増加は蓋に取り付けられた金属ガスケットまたはゴム O リングと胴フランジ面との口開き量の増加、金属ガスケットの相対横ずれ量の増加、金属ガスケットまたはゴム O リングの圧縮量の増加及び蓋ボルトの締付力の低下に起因するリークパスの発生とガスケット線力の低下が原因である。したがって、蓋部の変形量を抑えることが密封性能の維持につながる。そこで、MSF-24P(S)型輸送容器の蓋、胴フランジ及び蓋ボルトの変形量が落下試験モデルに比べて小さいことを示すことにより、MSF-24P(S)型輸送容器の密封性能を検証する。</p> <p>また、MSF-24P(S)型輸送容器の三次蓋構造に対して落下試験モデルは二次蓋構造であるが、荷重の伝達経路と蓋密封部の構造について、MSF-24P(S)型輸送容器の三次蓋周辺部（最外の蓋）と落下試験モデルの二次蓋周辺部（最外の蓋）は同様であり、MSF-24P(S)型輸送容器の二次蓋周辺部及び一次蓋周辺部（内側の蓋）と落下試験モデルの一次蓋周辺部（内側の蓋）で同様である。したがって、MSF-24P(S)型輸送容器の蓋密封部（三次蓋）は落下試験モデルの蓋密封部（二次蓋）と、MSF-24P(S)型輸送容器の蓋密封部（二次蓋及び一次蓋）は落下試験モデルの蓋密封部（一次蓋）と比較する。</p> <p>(ロ)-A-200</p>	<p>A. 10. 3 MSF-24P 型輸送容器の落下試験結果に基づく密封性能の検証</p> <p>MSF-24P 型輸送容器の 9.3 m 傾斜落下条件下における密封性能について落下試験結果に基づき評価・検証を行った。</p> <p>1. MSF-24P 型輸送容器の密封設計</p> <p>落下試験結果に基づき落下時の蓋密封部挙動について考察し、蓋密封部の漏えいメカニズムを分析した。それら結果に基づき、MSF-24P 型輸送容器の蓋密封部設計に反映した項目を(ロ)-第 A. 85 表に示す。また、(ロ)-第 A. 58 図に MSF-24P 型輸送容器及び落下試験モデルの蓋部構造の比較を示す。</p> <p>2. MSF-24P 型輸送容器の密封性能評価</p> <p>9.3 m 傾斜落下において、MSF-24P 型輸送容器の密封性能が維持することを、落下試験により密封性能が維持することが実証されている落下試験モデル及びその落下試験結果を用いて検証する。</p> <p>落下後の漏えい率の増加は蓋に取り付けられた金属ガスケットまたはゴム O リングと胴フランジ面との口開き量の増加、金属ガスケットの相対横ずれ量の増加、金属ガスケットまたはゴム O リングの圧縮量の増加及び蓋ボルトの締付力の低下に起因するリークパスの発生とガスケット線力の低下が原因である。したがって、蓋部の変形量を抑えることが密封性能の維持につながる。そこで、MSF-24P 型輸送容器の蓋、胴フランジ及び蓋ボルトの変形量が落下試験モデルに比べて小さいことを示すことにより、MSF-24P 型輸送容器の密封性能を検証する。</p> <p>また、MSF-24P 型輸送容器の三次蓋構造に対して落下試験モデルは二次蓋構造であるが、荷重の伝達経路と蓋密封部の構造について、MSF-24P 型輸送容器の三次蓋周辺部（最外の蓋）と落下試験モデルの二次蓋周辺部（最外の蓋）は同様であり、MSF-24P 型輸送容器の二次蓋周辺部及び一次蓋周辺部（内側の蓋）と落下試験モデルの一次蓋周辺部（内側の蓋）で同様である。したがって、MSF-24P 型輸送容器の蓋密封部（三次蓋）は落下試験モデルの蓋密封部（二次蓋）と、MSF-24P 型輸送容器の蓋密封部（二次蓋及び一次蓋）は落下試験モデルの蓋密封部（一次蓋）と比較する。</p> <p>(ロ)-A-200</p>	<p>名称（型式）の差異 同上</p> <p>同上</p> <p>同上 同上</p> <p>同上</p> <p>同上 同上 同上 同上</p> <p>同上 同上</p>

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>(1) 評価手順</p> <p>密封性能評価方法の手順を以下に示す。(□)-第 A.59 図参照</p> <p>a. MSF-24P(□)型輸送容器と落下試験モデルの蓋部を構成する各部位(胴フランジ、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)の各変形モード(曲げ、圧縮、引張、オーバル変形)の剛性に影響する寸法を抽出する。</p> <p>b. 各部位の剛性に影響する設計条件(材質、設計温度、縦弾性係数)を抽出する。</p> <p>c. 抽出した寸法及び設計条件を基に、MSF-24P(□)型輸送容器と落下試験モデルの各部位の剛性比を算出する。</p> <p>d. 落下衝撃力を決定する設計条件(キャスク重量、落下時の衝撃加速度)を抽出し、MSF-24P(□)型輸送容器と落下試験モデルの落下時に作用する荷重比を算出する。</p> <p>e. 各部位の剛性比と落下時に作用する荷重比から、落下衝撃負荷時の変形量比を算出する。</p> <p>f. e. で算出した変形量比が 1 以下(MSF-24P(□)型輸送容器の方が小さい)であれば、落下試験モデルに比べて、より高い密封性能を有していることが示される。</p> <p>(□)-A-201</p>	<p>(1) 評価手順</p> <p>密封性能評価方法の手順を以下に示す。(□)-第 A.59 図参照</p> <p>a. MSF-24P 型輸送容器と落下試験モデルの蓋部を構成する各部位(胴フランジ、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)の各変形モード(曲げ、圧縮、引張、オーバル変形)の剛性に影響する寸法を抽出する。</p> <p>b. 各部位の剛性に影響する設計条件(材質、設計温度、縦弾性係数)を抽出する。</p> <p>c. 抽出した寸法及び設計条件を基に、MSF-24P 型輸送容器と落下試験モデルの各部位の剛性比を算出する。</p> <p>d. 落下衝撃力を決定する設計条件(キャスク重量、落下時の衝撃加速度)を抽出し、MSF-24P 型輸送容器と落下試験モデルの落下時に作用する荷重比を算出する。</p> <p>e. 各部位の剛性比と落下時に作用する荷重比から、落下衝撃負荷時の変形量比を算出する。</p> <p>f. e. で算出した変形量比が 1 以下(MSF-24P 型輸送容器の方が小さい)であれば、落下試験モデルに比べて、より高い密封性能を有していることが示される。</p> <p>(□)-A-201</p>	<p>名称(型式)の差異</p> <p>同上</p> <p>同上</p> <p>同上</p>

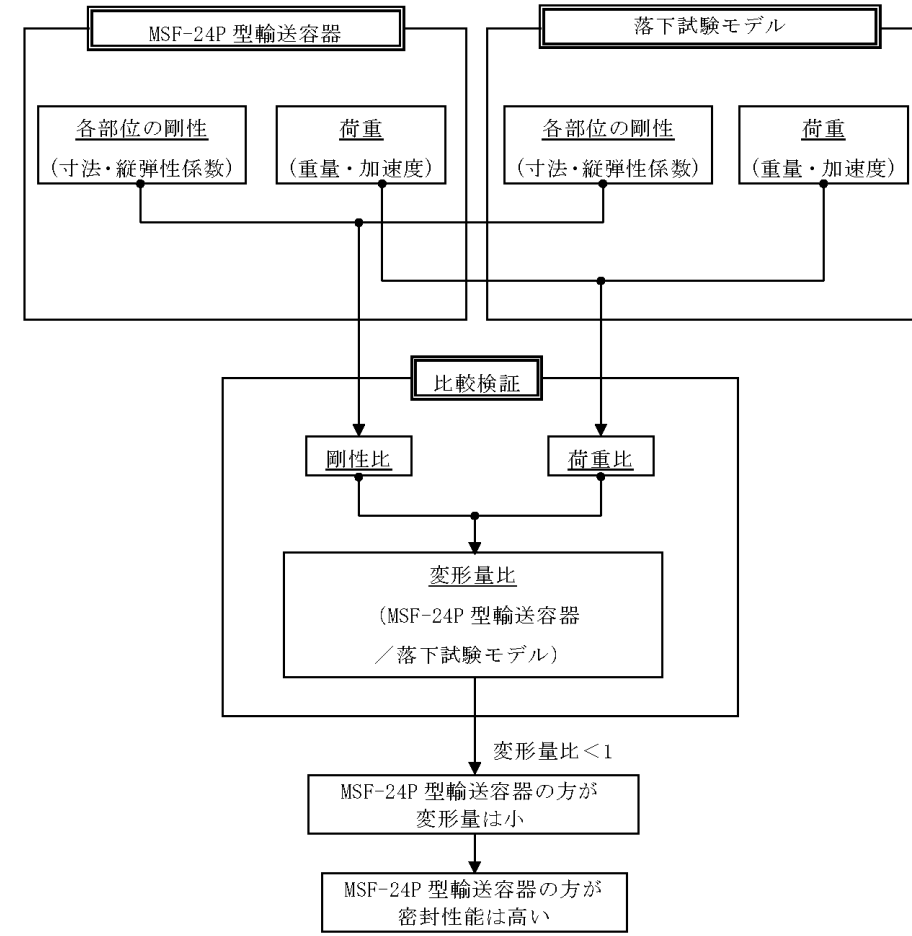
型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考																		
<p style="text-align: center;">(□)-第 A.85 表 MSF-24P(S)型輸送容器の蓋密封部設計に反映した項目</p> <table border="1" data-bbox="350 447 1181 961"> <thead> <tr> <th>部位</th> <th>落下試験等の結果</th> <th>蓋密封部設計に反映した項目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>蓋密封部</td> <td>(1) 落下衝撃荷重が胴フランジ及び蓋側面に作用し、胴フランジ、二次蓋及び二次蓋ボルトが曲げ及び引張変形し、蓋の横ずれ及び口開きが生じた。 (2) 上記(1)により、落下試験では、二次蓋(最外蓋)の 9.3m 落下試験後の漏えい率は基準値を満足したものの、試験前より 2~3 桁程度増加した。</td> <td>以下に示す反映により、落下試験モデルよりも密封性能を向上させる。 (1) 胴フランジ、一次蓋及び二次蓋の剛性を落下試験モデルよりも高めることで蓋密封部の変形量を低減させる。 (2) 落下試験モデルの二次蓋(最外蓋)に加えて三次蓋(最外蓋)を追加し、密封機能の向上を図る。</td> </tr> <tr> <td>緩衝体</td> <td>(1) 緩衝体の厚肉内鋼板構造による木材保持機能が有効に機能したため、緩衝体の変形量は許容量以下であることを確認した(但し、許容変形量に対する余裕は小さい)。</td> <td>(1) 緩衝体の厚肉内鋼板構造による木材保持機能を維持するため、輸送容器の緩衝体構造は、落下試験により検証された基本構造を採用する。 (2) 緩衝材高温時の強度低下を考慮した上で、比較的固い木材を適用した上で、外形制限寸法内の範囲内で緩衝体を径方向に大型化し、緩衝性能を向上させる。</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">(□)-A-202</p>	部位	落下試験等の結果	蓋密封部設計に反映した項目	蓋密封部	(1) 落下衝撃荷重が胴フランジ及び蓋側面に作用し、胴フランジ、二次蓋及び二次蓋ボルトが曲げ及び引張変形し、蓋の横ずれ及び口開きが生じた。 (2) 上記(1)により、落下試験では、二次蓋(最外蓋)の 9.3m 落下試験後の漏えい率は基準値を満足したものの、試験前より 2~3 桁程度増加した。	以下に示す反映により、落下試験モデルよりも密封性能を向上させる。 (1) 胴フランジ、一次蓋及び二次蓋の剛性を落下試験モデルよりも高めることで蓋密封部の変形量を低減させる。 (2) 落下試験モデルの二次蓋(最外蓋)に加えて三次蓋(最外蓋)を追加し、密封機能の向上を図る。	緩衝体	(1) 緩衝体の厚肉内鋼板構造による木材保持機能が有効に機能したため、緩衝体の変形量は許容量以下であることを確認した(但し、許容変形量に対する余裕は小さい)。	(1) 緩衝体の厚肉内鋼板構造による木材保持機能を維持するため、輸送容器の緩衝体構造は、落下試験により検証された基本構造を採用する。 (2) 緩衝材高温時の強度低下を考慮した上で、比較的固い木材を適用した上で、外形制限寸法内の範囲内で緩衝体を径方向に大型化し、緩衝性能を向上させる。	<p style="text-align: center;">(□)-第 A.85 表 MSF-24P 型輸送容器の蓋密封部設計に反映した項目</p> <table border="1" data-bbox="1596 447 2427 961"> <thead> <tr> <th>部位</th> <th>落下試験等の結果</th> <th>蓋密封部設計に反映した項目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>蓋密封部</td> <td>(1) 落下衝撃荷重が胴フランジ及び蓋側面に作用し、胴フランジ、二次蓋及び二次蓋ボルトが曲げ及び引張変形し、蓋の横ずれ及び口開きが生じた。 (2) 上記(1)により、落下試験では、二次蓋(最外蓋)の 9.3m 落下試験後の漏えい率は基準値を満足したものの、試験前より 2~3 桁程度増加した。</td> <td>以下に示す反映により、落下試験モデルよりも密封性能を向上させる。 (1) 胴フランジ、一次蓋及び二次蓋の剛性を落下試験モデルよりも高めることで蓋密封部の変形量を低減させる。 (2) 落下試験モデルの二次蓋(最外蓋)に加えて三次蓋(最外蓋)を追加し、密封機能の向上を図る。</td> </tr> <tr> <td>緩衝体</td> <td>(1) 緩衝体の厚肉内鋼板構造による木材保持機能が有効に機能したため、緩衝体の変形量は許容量以下であることを確認した(但し、許容変形量に対する余裕は小さい)。</td> <td>(1) 緩衝体の厚肉内鋼板構造による木材保持機能を維持するため、輸送容器の緩衝体構造は、落下試験により検証された基本構造を採用する。 (2) 緩衝材高温時の強度低下を考慮した上で、比較的固い木材を適用した上で、外形制限寸法内の範囲内で緩衝体を径方向に大型化し、緩衝性能を向上させる。</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">(□)-A-202</p>	部位	落下試験等の結果	蓋密封部設計に反映した項目	蓋密封部	(1) 落下衝撃荷重が胴フランジ及び蓋側面に作用し、胴フランジ、二次蓋及び二次蓋ボルトが曲げ及び引張変形し、蓋の横ずれ及び口開きが生じた。 (2) 上記(1)により、落下試験では、二次蓋(最外蓋)の 9.3m 落下試験後の漏えい率は基準値を満足したものの、試験前より 2~3 桁程度増加した。	以下に示す反映により、落下試験モデルよりも密封性能を向上させる。 (1) 胴フランジ、一次蓋及び二次蓋の剛性を落下試験モデルよりも高めることで蓋密封部の変形量を低減させる。 (2) 落下試験モデルの二次蓋(最外蓋)に加えて三次蓋(最外蓋)を追加し、密封機能の向上を図る。	緩衝体	(1) 緩衝体の厚肉内鋼板構造による木材保持機能が有効に機能したため、緩衝体の変形量は許容量以下であることを確認した(但し、許容変形量に対する余裕は小さい)。	(1) 緩衝体の厚肉内鋼板構造による木材保持機能を維持するため、輸送容器の緩衝体構造は、落下試験により検証された基本構造を採用する。 (2) 緩衝材高温時の強度低下を考慮した上で、比較的固い木材を適用した上で、外形制限寸法内の範囲内で緩衝体を径方向に大型化し、緩衝性能を向上させる。	<p>名称(型式)の差異</p>
部位	落下試験等の結果	蓋密封部設計に反映した項目																		
蓋密封部	(1) 落下衝撃荷重が胴フランジ及び蓋側面に作用し、胴フランジ、二次蓋及び二次蓋ボルトが曲げ及び引張変形し、蓋の横ずれ及び口開きが生じた。 (2) 上記(1)により、落下試験では、二次蓋(最外蓋)の 9.3m 落下試験後の漏えい率は基準値を満足したものの、試験前より 2~3 桁程度増加した。	以下に示す反映により、落下試験モデルよりも密封性能を向上させる。 (1) 胴フランジ、一次蓋及び二次蓋の剛性を落下試験モデルよりも高めることで蓋密封部の変形量を低減させる。 (2) 落下試験モデルの二次蓋(最外蓋)に加えて三次蓋(最外蓋)を追加し、密封機能の向上を図る。																		
緩衝体	(1) 緩衝体の厚肉内鋼板構造による木材保持機能が有効に機能したため、緩衝体の変形量は許容量以下であることを確認した(但し、許容変形量に対する余裕は小さい)。	(1) 緩衝体の厚肉内鋼板構造による木材保持機能を維持するため、輸送容器の緩衝体構造は、落下試験により検証された基本構造を採用する。 (2) 緩衝材高温時の強度低下を考慮した上で、比較的固い木材を適用した上で、外形制限寸法内の範囲内で緩衝体を径方向に大型化し、緩衝性能を向上させる。																		
部位	落下試験等の結果	蓋密封部設計に反映した項目																		
蓋密封部	(1) 落下衝撃荷重が胴フランジ及び蓋側面に作用し、胴フランジ、二次蓋及び二次蓋ボルトが曲げ及び引張変形し、蓋の横ずれ及び口開きが生じた。 (2) 上記(1)により、落下試験では、二次蓋(最外蓋)の 9.3m 落下試験後の漏えい率は基準値を満足したものの、試験前より 2~3 桁程度増加した。	以下に示す反映により、落下試験モデルよりも密封性能を向上させる。 (1) 胴フランジ、一次蓋及び二次蓋の剛性を落下試験モデルよりも高めることで蓋密封部の変形量を低減させる。 (2) 落下試験モデルの二次蓋(最外蓋)に加えて三次蓋(最外蓋)を追加し、密封機能の向上を図る。																		
緩衝体	(1) 緩衝体の厚肉内鋼板構造による木材保持機能が有効に機能したため、緩衝体の変形量は許容量以下であることを確認した(但し、許容変形量に対する余裕は小さい)。	(1) 緩衝体の厚肉内鋼板構造による木材保持機能を維持するため、輸送容器の緩衝体構造は、落下試験により検証された基本構造を採用する。 (2) 緩衝材高温時の強度低下を考慮した上で、比較的固い木材を適用した上で、外形制限寸法内の範囲内で緩衝体を径方向に大型化し、緩衝性能を向上させる。																		

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="373 394 1133 936" style="border: 1px solid black; height: 258px; margin-bottom: 10px;"></div> <p data-bbox="655 940 863 968" style="text-align: center;">MSF-24P(S)型輸送容器</p> <div data-bbox="382 991 1139 1463" style="border: 1px solid black; height: 225px; margin-bottom: 10px;"></div> <p data-bbox="685 1467 834 1495" style="text-align: center;">落下試験モデル</p> <p data-bbox="403 1541 1121 1568" style="text-align: center;">(ロ)-第 A. 58 図 MSF-24P(S)型輸送容器及び落下試験モデルの蓋密封部構造の比較</p> <p data-bbox="724 1778 813 1806" style="text-align: center;">(ロ)-A-203</p>	<div data-bbox="1614 394 2374 936" style="border: 1px solid black; height: 258px; margin-bottom: 10px;"></div> <p data-bbox="1917 940 2125 968" style="text-align: center;">MSF-24P 型輸送容器</p> <div data-bbox="1623 991 2380 1463" style="border: 1px solid black; height: 225px; margin-bottom: 10px;"></div> <p data-bbox="1938 1467 2086 1495" style="text-align: center;">落下試験モデル</p> <p data-bbox="1662 1541 2362 1568" style="text-align: center;">(ロ)-第 A. 58 図 MSF-24P 型輸送容器及び落下試験モデルの蓋密封部構造の比較</p> <p data-bbox="1967 1740 2056 1768" style="text-align: center;">(ロ)-A-203</p>	<p data-bbox="2620 936 2828 963" style="text-align: center;">名称（型式）の差異</p> <p data-bbox="2620 1530 2828 1558" style="text-align: center;">名称（型式）の差異</p>



(ロ)-第 A.59 図 密封性能評価手順

(ロ)-A-204



(ロ)-第 A.59 図 密封性能評価手順

(ロ)-A-204

名称 (型式) の差異

同上

同上

同上

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考																																																																																																																		
<p>(2) 評価結果及びまとめ</p> <p>9 m 傾斜落下において、MSF-24P(S)型輸送容器の密封性能が維持されていることを落下試験結果を用いて検証した。検証結果を以下に示す。</p> <p>a. 9 m 傾斜落下</p> <p>9 m 傾斜落下時の蓋部の変形量比較結果を(ロ)-第 A.86 表に示す。全ての評価部位において変形量比は 1 以下であり、MSF-24P(S)型輸送容器の蓋部の変形量は落下試験モデルに比べ小さい。したがって、MSF-24P(S)型輸送容器は、落下試験モデルに比べて高い密封性能を有している。</p> <p style="text-align: center;">(ロ)-第 A.86 表 9 m 傾斜落下時の蓋部の変形量評価結果</p> <table border="1" data-bbox="412 785 1121 1325"> <thead> <tr> <th>部位 (注 1)</th> <th>変形モード</th> <th>荷重比 (注 2)</th> <th>剛性比 (注 2)</th> <th>変形量比 (注 2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>一次蓋</td> <td>曲げ</td> <td>0.57</td> <td>1.58</td> <td>0.36</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">一次蓋ボルト</td> <td>引張</td> <td>0.57</td> <td>0.98</td> <td>0.58</td> </tr> <tr> <td>曲げ</td> <td>0.57</td> <td>0.98</td> <td>0.58</td> </tr> <tr> <td>二次蓋</td> <td>曲げ</td> <td>0.46</td> <td>3.86</td> <td>0.12</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">二次蓋ボルト</td> <td>引張</td> <td>0.46</td> <td>0.86</td> <td>0.53</td> </tr> <tr> <td>曲げ</td> <td>0.46</td> <td>0.86</td> <td>0.53</td> </tr> <tr> <td>三次蓋</td> <td>曲げ</td> <td>0.52</td> <td>0.53</td> <td>0.98</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">三次蓋ボルト</td> <td>引張</td> <td>0.52</td> <td>1.00</td> <td>0.52</td> </tr> <tr> <td>曲げ</td> <td>0.52</td> <td>1.41</td> <td>0.37</td> </tr> <tr> <td>胴フランジ (二次蓋側)</td> <td>曲げ</td> <td>0.83</td> <td>1.16</td> <td>0.71</td> </tr> <tr> <td>胴フランジ (三次蓋側)</td> <td>曲げ</td> <td>0.83</td> <td>1.25</td> <td>0.66</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注 1) 部位は、MSF-24P(S)型輸送容器の各部位を示す。</p> <p>(注 2) 荷重比、剛性比及び変形量比は全て、落下試験モデルに対する MSF-24P(S)型輸送容器の比を示す。</p> <p style="text-align: center;">(ロ)-A-205</p>	部位 (注 1)	変形モード	荷重比 (注 2)	剛性比 (注 2)	変形量比 (注 2)	一次蓋	曲げ	0.57	1.58	0.36	一次蓋ボルト	引張	0.57	0.98	0.58	曲げ	0.57	0.98	0.58	二次蓋	曲げ	0.46	3.86	0.12	二次蓋ボルト	引張	0.46	0.86	0.53	曲げ	0.46	0.86	0.53	三次蓋	曲げ	0.52	0.53	0.98	三次蓋ボルト	引張	0.52	1.00	0.52	曲げ	0.52	1.41	0.37	胴フランジ (二次蓋側)	曲げ	0.83	1.16	0.71	胴フランジ (三次蓋側)	曲げ	0.83	1.25	0.66	<p>(2) 評価結果及びまとめ</p> <p>9 m 傾斜落下において、MSF-24P 型輸送容器の密封性能が維持されていることを落下試験結果を用いて検証した。検証結果を以下に示す。</p> <p>a. 9 m 傾斜落下</p> <p>9 m 傾斜落下時の蓋部の変形量比較結果を(ロ)-第 A.86 表に示す。全ての評価部位において変形量比は 1 以下であり、MSF-24P 型輸送容器の蓋部の変形量は落下試験モデルに比べ小さい。したがって、MSF-24P 型輸送容器は、落下試験モデルに比べて高い密封性能を有している。</p> <p style="text-align: center;">(ロ)-第 A.86 表 9 m 傾斜落下時の蓋部の変形量評価結果</p> <table border="1" data-bbox="1659 785 2368 1325"> <thead> <tr> <th>部位 (注 1)</th> <th>変形モード</th> <th>荷重比 (注 2)</th> <th>剛性比 (注 2)</th> <th>変形量比 (注 2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>一次蓋</td> <td>曲げ</td> <td>0.57</td> <td>1.58</td> <td>0.36</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">一次蓋ボルト</td> <td>引張</td> <td>0.57</td> <td>0.98</td> <td>0.58</td> </tr> <tr> <td>曲げ</td> <td>0.57</td> <td>0.98</td> <td>0.58</td> </tr> <tr> <td>二次蓋</td> <td>曲げ</td> <td>0.46</td> <td>3.86</td> <td>0.12</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">二次蓋ボルト</td> <td>引張</td> <td>0.46</td> <td>0.86</td> <td>0.53</td> </tr> <tr> <td>曲げ</td> <td>0.46</td> <td>0.86</td> <td>0.53</td> </tr> <tr> <td>三次蓋</td> <td>曲げ</td> <td>0.52</td> <td>0.53</td> <td>0.98</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">三次蓋ボルト</td> <td>引張</td> <td>0.52</td> <td>1.00</td> <td>0.52</td> </tr> <tr> <td>曲げ</td> <td>0.52</td> <td>1.41</td> <td>0.37</td> </tr> <tr> <td>胴フランジ (二次蓋側)</td> <td>曲げ</td> <td>0.83</td> <td>1.16</td> <td>0.71</td> </tr> <tr> <td>胴フランジ (三次蓋側)</td> <td>曲げ</td> <td>0.83</td> <td>1.25</td> <td>0.66</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注 1) 部位は、MSF-24P 型輸送容器の各部位を示す。</p> <p>(注 2) 荷重比、剛性比及び変形量比は全て、落下試験モデルに対する MSF-24P 型輸送容器の比を示す。</p> <p style="text-align: center;">(ロ)-A-205</p>	部位 (注 1)	変形モード	荷重比 (注 2)	剛性比 (注 2)	変形量比 (注 2)	一次蓋	曲げ	0.57	1.58	0.36	一次蓋ボルト	引張	0.57	0.98	0.58	曲げ	0.57	0.98	0.58	二次蓋	曲げ	0.46	3.86	0.12	二次蓋ボルト	引張	0.46	0.86	0.53	曲げ	0.46	0.86	0.53	三次蓋	曲げ	0.52	0.53	0.98	三次蓋ボルト	引張	0.52	1.00	0.52	曲げ	0.52	1.41	0.37	胴フランジ (二次蓋側)	曲げ	0.83	1.16	0.71	胴フランジ (三次蓋側)	曲げ	0.83	1.25	0.66	<p>名称 (型式) の差異</p> <p>同上</p> <p>同上</p>
部位 (注 1)	変形モード	荷重比 (注 2)	剛性比 (注 2)	変形量比 (注 2)																																																																																																																
一次蓋	曲げ	0.57	1.58	0.36																																																																																																																
一次蓋ボルト	引張	0.57	0.98	0.58																																																																																																																
	曲げ	0.57	0.98	0.58																																																																																																																
二次蓋	曲げ	0.46	3.86	0.12																																																																																																																
二次蓋ボルト	引張	0.46	0.86	0.53																																																																																																																
	曲げ	0.46	0.86	0.53																																																																																																																
三次蓋	曲げ	0.52	0.53	0.98																																																																																																																
三次蓋ボルト	引張	0.52	1.00	0.52																																																																																																																
	曲げ	0.52	1.41	0.37																																																																																																																
胴フランジ (二次蓋側)	曲げ	0.83	1.16	0.71																																																																																																																
胴フランジ (三次蓋側)	曲げ	0.83	1.25	0.66																																																																																																																
部位 (注 1)	変形モード	荷重比 (注 2)	剛性比 (注 2)	変形量比 (注 2)																																																																																																																
一次蓋	曲げ	0.57	1.58	0.36																																																																																																																
一次蓋ボルト	引張	0.57	0.98	0.58																																																																																																																
	曲げ	0.57	0.98	0.58																																																																																																																
二次蓋	曲げ	0.46	3.86	0.12																																																																																																																
二次蓋ボルト	引張	0.46	0.86	0.53																																																																																																																
	曲げ	0.46	0.86	0.53																																																																																																																
三次蓋	曲げ	0.52	0.53	0.98																																																																																																																
三次蓋ボルト	引張	0.52	1.00	0.52																																																																																																																
	曲げ	0.52	1.41	0.37																																																																																																																
胴フランジ (二次蓋側)	曲げ	0.83	1.16	0.71																																																																																																																
胴フランジ (三次蓋側)	曲げ	0.83	1.25	0.66																																																																																																																

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考								
<p>A. 10. 4 緩衝材低温時の強度評価</p> <p>MSF-24P(S)型輸送容器の緩衝体緩衝材には木材 [] を適用している。緩衝材である各木材は、使用最低温度である-20℃では常温時に対して強度が 16%~29%上昇する。-20℃の木材強度を用いて評価を行った場合にキャスクへ発生する衝撃加速度は、(□)-第 A. 19 表及び(□)-第 A. 37 表に示す設計加速度（常温時の解析結果に裕度を考慮した値）に対して増加する。本項では、その衝撃加速度の増加を考慮しても、キャスクの各部位に発生する応力は評価基準を満足することを確認した。</p> <p>1. -20℃における木材強度の上昇割合</p> <p>木材は温度が低くなると強度が上昇する。その特性を CRUSH 解析で考慮するために、温度係数として緩衝材の応力-ひずみ特性に考慮する。各木材の温度と温度係数の関係を(□)-第 A. 60 図～(□)-第 A. 62 図に示す。</p> <p>その関係式から、木材の温度を本輸送物の周囲温度-20℃とした場合の温度係数を求めた。木材低温時に木材の応力-ひずみ特性に考慮する温度係数を(□)-第 A. 87 表に示す。</p> <p>(□)-第 A. 87 表 木材の応力-ひずみ特性に考慮する温度係数（低温時：-20℃）</p> <table border="1" data-bbox="418 1045 1121 1201"> <thead> <tr> <th>木材種</th> <th>温度係数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>[]</td> <td>[]</td> </tr> </tbody> </table> <p>(□)-A-206</p>	木材種	温度係数	[]	[]	<p>A. 10. 4 緩衝材低温時の強度評価</p> <p>MSF-24P 型輸送容器の緩衝体緩衝材には木材 [] を適用している。緩衝材である各木材は、使用最低温度である-20℃では常温時に対して強度が 16%~29%上昇する。-20℃の木材強度を用いて評価を行った場合にキャスクへ発生する衝撃加速度は、(□)-第 A. 19 表及び(□)-第 A. 37 表に示す設計加速度（常温時の解析結果に裕度を考慮した値）に対して増加する。本項では、その衝撃加速度の増加を考慮しても、キャスクの各部位に発生する応力は評価基準を満足することを確認した。</p> <p>1. -20℃における木材強度の上昇割合</p> <p>木材は温度が低くなると強度が上昇する。その特性を CRUSH 解析で考慮するために、温度係数として緩衝材の応力-ひずみ特性に考慮する。各木材の温度と温度係数の関係を(□)-第 A. 60 図～(□)-第 A. 62 図に示す。</p> <p>その関係式から、木材の温度を本輸送物の周囲温度-20℃とした場合の温度係数を求めた。木材低温時に木材の応力-ひずみ特性に考慮する温度係数を(□)-第 A. 87 表に示す。</p> <p>(□)-第 A. 87 表 木材の応力-ひずみ特性に考慮する温度係数（低温時：-20℃）</p> <table border="1" data-bbox="1866 1045 2163 1201"> <thead> <tr> <th>木材種</th> <th>温度係数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>[]</td> <td>[]</td> </tr> </tbody> </table> <p>(□)-A-206</p>	木材種	温度係数	[]	[]	<p>名称（型式）の差異</p>
木材種	温度係数									
[]	[]									
木材種	温度係数									
[]	[]									

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="385 436 1121 907" style="border: 1px solid black; width: 248px; height: 224px; margin: 10px auto;"></div> <div data-bbox="528 934 991 968" style="text-align: center;">(a)-第 A.60 図 温度と温度係数の関係 </div> <div data-bbox="385 1008 1121 1478" style="border: 1px solid black; width: 248px; height: 224px; margin: 10px auto;"></div> <div data-bbox="528 1505 991 1539" style="text-align: center;">(a)-第 A.61 図 温度と温度係数の関係 </div> <div data-bbox="718 1774 813 1801" style="text-align: center; margin-top: 20px;">(a)-A-207</div>	<div data-bbox="1626 436 2362 907" style="border: 1px solid black; width: 248px; height: 224px; margin: 10px auto;"></div> <div data-bbox="1768 934 2231 968" style="text-align: center;">(a)-第 A.60 図 温度と温度係数の関係 </div> <div data-bbox="1626 1008 2362 1478" style="border: 1px solid black; width: 248px; height: 224px; margin: 10px auto;"></div> <div data-bbox="1768 1505 2231 1539" style="text-align: center;">(a)-第 A.61 図 温度と温度係数の関係 </div> <div data-bbox="1964 1774 2059 1801" style="text-align: center; margin-top: 20px;">(a)-A-207</div>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="388 407 1190 905" style="border: 1px solid black; width: 270px; height: 237px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="528 940 991 968" style="text-align: center;">(a)-第 A.62 図 温度と温度係数の関係 </p> <p data-bbox="365 1016 641 1043">2. -20℃における衝撃加速度</p> <p data-bbox="397 1054 1207 1155">1. に示す木材強度の上昇割合を考慮して CRUSH 解析を行った結果を (a)-第 A.88 表 (0.3m 落下時) 及び (a)-第 A.89 表 (9m 落下時) に示す。その他解析条件は A.5.3.1 及び A.6.1 に示す条件と同様である。</p> <p data-bbox="397 1167 1207 1230">木材温度が低くなると木材の強度は上昇するため、(a)-第 A.88 表及び (a)-第 A.89 表に示すとおり、落下時の衝撃加速度は常温時に比べて大きくなる。</p> <p data-bbox="721 1776 813 1801" style="text-align: center;">(a)-A-208</p>	<div data-bbox="1635 407 2436 905" style="border: 1px solid black; width: 270px; height: 237px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="1783 940 2246 968" style="text-align: center;">(a)-第 A.62 図 温度と温度係数の関係 </p> <p data-bbox="1611 1016 1887 1043">2. -20℃における衝撃加速度</p> <p data-bbox="1644 1054 2454 1155">1 項に示す木材強度の上昇割合を考慮して CRUSH 解析を行った結果を (a)-第 A.88 表 (0.3m 落下時) 及び (a)-第 A.89 表 (9m 落下時) に示す。その他解析条件は A.5.3.1 及び A.6.1 に示す条件と同様である。</p> <p data-bbox="1644 1167 2454 1230">木材温度が低くなると木材の強度は上昇するため、(a)-第 A.88 表及び (a)-第 A.89 表に示すとおり、落下時の衝撃加速度は常温時に比べて大きくなる。</p> <p data-bbox="1967 1776 2059 1801" style="text-align: center;">(a)-A-208</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(ロ)-第 A.88 表 0.3m 落下時の衝撃加速度計算結果

落下姿勢	木材温度	衝撃加速度 (m/s ²)		
		計算結果 ^(注1) (A)	設計加速度 ^(注1) (B)	(A)/(B)
頭部垂直	常温	265	270	0.99
	低温	299		1.11
底部垂直	常温	255	260	0.99
	低温	288		1.11
水平	常温	200	210	0.96
	低温	220		1.05
頭部コーナー	常温	35	—	—
	低温	37		—
底部コーナー	常温	32	—	—
	低温	34		—

(注1) 計算結果(常温)と設計加速度は、(ロ)-第 A.19 表に記載する値。

(ロ)-第 A.89 表 9m 落下時の衝撃加速度計算結果

落下姿勢	木材温度	衝撃加速度 (m/s ²)		
		計算結果 ^(注1) (A)	設計加速度 ^(注1) (B)	(A)/(B)
頭部垂直	常温	568	600	0.95
	低温	617		1.03
底部垂直	常温	490	500	0.98
	低温	548		1.10
水平	常温	704	710	1.00
	低温	762		1.08
頭部コーナー	常温	469	480	0.98
	低温	481		1.01
底部コーナー	常温	464	—	—
	低温	473		—

(注1) 計算結果(常温)と設計加速度は、(ロ)-第 A.66 表に記載する値(落下高さを 0.3m 落下と 9m 落下の合計 9.3m とした場合の解析結果)。また、計算結果(低温)は、落下高さを 0.3m 落下と 9m 落下の合計 9.3m とした場合の解析結果。

(ロ)-A-209

(ロ)-第 A.88 表 0.3m 落下時の衝撃加速度計算結果

落下姿勢	木材温度	衝撃加速度 (m/s ²)		
		計算結果 ^(注1) (A)	設計加速度 ^(注1) (B)	(A)/(B)
頭部垂直	常温	265	270	0.99
	低温	299		1.11
底部垂直	常温	255	260	0.99
	低温	288		1.11
水平	常温	200	210	0.96
	低温	220		1.05
頭部コーナー	常温	35	—	—
	低温	37		—
底部コーナー	常温	32	—	—
	低温	34		—

(注1) 計算結果(常温)と設計加速度は、(ロ)-第 A.19 表に記載する値。

(ロ)-第 A.89 表 9m 落下時の衝撃加速度計算結果

落下姿勢	木材温度	衝撃加速度 (m/s ²)		
		計算結果 ^(注1) (A)	設計加速度 ^(注1) (B)	(A)/(B)
頭部垂直	常温	568	600	0.95
	低温	617		1.03
底部垂直	常温	490	500	0.98
	低温	548		1.10
水平	常温	704	710	1.00
	低温	762		1.08
頭部コーナー	常温	469	480	0.98
	低温	481		1.01
底部コーナー	常温	464	—	—
	低温	473		—

(注1) 計算結果(常温)と設計加速度は、(ロ)-第 A.66 表に記載する値(落下高さを 0.3m 落下と 9m 落下の合計 9.3m とした場合の解析結果)。また、計算結果(低温)は、落下高さを 0.3m 落下と 9m 落下の合計 9.3m とした場合の解析結果。

(ロ)-A-209

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>3. 衝撃加速度の上昇が構造評価に与える影響</p> <p>木材常温時に対する木材低温時における衝撃加速度の上昇が構造評価に与える影響について以下に示す。</p> <p>(a)-第 A. 88 表及び(a)-第 A. 89 表に示すとおり、木材低温時の衝撃加速度は、(a)-第 A. 19 表及び(a)-第 A. 37 表に示す設計加速度（構造評価に<input type="checkbox"/>入力する加速度）から増加する。ここで、余裕率が最も小さい部位について、木材低温時の衝撃加速度において発生する応力を評価する。評価式を以下に示す。</p> $\sigma_1 = (\sigma_2 - \sigma_f) \times \frac{\alpha_1}{\alpha_2} + \sigma_f \quad (\text{蓋ボルトの評価式})$ $\sigma_1 = \sigma_2 \times \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \quad (\text{蓋ボルト以外の評価式})$ <p>ここで、</p> <p>σ_1: 木材低温時の 0.3m 又は 9m 落下時に評価部位に発生する応力 (MPa)</p> <p>σ_2: 0.3m 又は 9m 落下時の設計加速度において評価部位に発生する応力 (MPa)</p> <p>σ_f: 二次蓋ボルト又は三次蓋ボルトの初期締付応力 (MPa)</p> <p>α_1: 木材低温時の衝撃加速度 (m/s^2)</p> <p>α_2: 0.3m 又は 9m 落下時の設計加速度 (m/s^2)</p> <p>評価条件及び評価結果を(a)-第 A. 90 表及び(a)-第 A. 91 表に示す。(a)-第 A. 90 表及び(a)-第 A. 91 表に示すとおり余裕率が最も小さい部位へ発生する応力は評価基準を満足する。</p> <p style="text-align: center;">(a)-A-210</p>	<p>3. 衝撃加速度の上昇が構造評価に与える影響</p> <p>木材常温時に対する木材低温時における衝撃加速度の上昇が構造評価に与える影響について以下に示す。</p> <p>(a)-第 A. 88 表及び(a)-第 A. 89 表に示すとおり、木材低温時の衝撃加速度は、(a)-第 A. 19 表及び(a)-第 A. 37 表に示す設計加速度（構造評価に<input type="checkbox"/>入力する加速度）から増加する。ここで、余裕率が最も小さい部位について、木材低温時の衝撃加速度において発生する応力を評価する。評価式を以下に示す。</p> $\sigma_1 = (\sigma_2 - \sigma_f) \times \frac{\alpha_1}{\alpha_2} + \sigma_f \quad (\text{蓋ボルトの評価式})$ $\sigma_1 = \sigma_2 \times \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \quad (\text{蓋ボルト以外の評価式})$ <p>ここで、</p> <p>σ_1: 木材低温時の 0.3m 又は 9m 落下時に評価部位に発生する応力 (MPa)</p> <p>σ_2: 0.3m 又は 9m 落下時の設計加速度において評価部位に発生する応力 (MPa)</p> <p>σ_f: 二次蓋ボルト又は三次蓋ボルトの初期締付応力 (MPa)</p> <p>α_1: 木材低温時の衝撃加速度 (m/s^2)</p> <p>α_2: 0.3m 又は 9m 落下時の設計加速度 (m/s^2)</p> <p>評価条件及び評価結果を(a)-第 A. 90 表及び(a)-第 A. 91 表に示す。(a)-第 A. 90 表及び(a)-第 A. 91 表に示すとおり余裕率が最も小さい部位へ発生する応力は評価基準を満足する。</p> <p style="text-align: center;">(a)-A-210</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(ロ)-第 A.90 表 0.3m 落下時の強度評価

落下姿勢	0.3m 頭部垂直落下		0.3m 底部垂直落下		0.3m 水平落下	
	蓋部中性子遮蔽材カバー	二次蓋ボルト	底部中性子遮蔽材カバー	三次蓋ボルト	外筒	二次蓋ボルト
σ_z	70 MPa	323 MPa	57 MPa	234 MPa	87 MPa	596 MPa
σ_f	-	200 MPa	-	190 MPa	-	200 MPa
α_1	299 m/s ²		288 m/s ²		220 m/s ²	
α_2	270 m/s ²		260 m/s ²		210 m/s ²	
σ_1	78 MPa	337 MPa	64 MPa	239 MPa	92 MPa	615 MPa
評価基準 ^(注1)	168 MPa (f_b : <input type="text"/>)	885 MPa ($3S_m$: <input type="text"/>)	164 MPa (f_b : <input type="text"/>)	590 MPa ($2S_m$: <input type="text"/>)	166 MPa (f_b : <input type="text"/>)	885 MPa ($3S_m$: <input type="text"/>)

(注1) 評価基準を設定する温度(キャスク各部位の低温時温度)は、木材温度と同程度低下(木材温度:38℃から-20℃へ約60℃低下)するとし、「低温時温度=(設計温度)-60℃」とした。

(ロ)-第 A.91 表 9m 落下時の強度評価

落下姿勢	9m 頭部垂直落下		9m 底部垂直落下		9m 水平落下		9m コーナー落下
	外筒	二次蓋ボルト	下部端板	三次蓋ボルト	二次蓋シール部	二次蓋ボルト	
σ_z	170 MPa	663 MPa	107 MPa	436 MPa	155 MPa	809 MPa	236 MPa
σ_f	-	200 MPa	-	190 MPa	-	200 MPa	190 MPa
α_1	617 m/s ²		548 m/s ²		762 m/s ²		481 m/s ²
α_2	600 m/s ²		500 m/s ²		710 m/s ²		480 m/s ²
σ_1	175 MPa	677 MPa	118 MPa	460 MPa	167 MPa	854 MPa	237 MPa
評価基準 ^(注1)	249 MPa ($1.5f_b$: <input type="text"/>)	884 MPa (S_y : <input type="text"/>)	246 MPa ($1.5f_b$: <input type="text"/>)	884 MPa (S_y : <input type="text"/>)	199 MPa (S_y : <input type="text"/>)	884 MPa (S_y : <input type="text"/>)	884 MPa (S_y : <input type="text"/>)

(注1) 評価基準を設定する温度(キャスク各部位の低温時温度)は、木材温度と同程度低下(木材温度:38℃から-20℃へ約60℃低下)するとし、「低温時温度=(設計温度)-60℃」とした。

(ロ)-A-211

(ロ)-第 A.90 表 0.3m 落下時の強度評価

落下姿勢	0.3m 頭部垂直落下		0.3m 底部垂直落下		0.3m 水平落下	
	蓋部中性子遮蔽材カバー	二次蓋ボルト	底部中性子遮蔽材カバー	三次蓋ボルト	外筒	二次蓋ボルト
σ_z	70 MPa	323 MPa	57 MPa	234 MPa	87 MPa	596 MPa
σ_f	-	200 MPa	-	190 MPa	-	200 MPa
α_1	299 m/s ²		288 m/s ²		220 m/s ²	
α_2	270 m/s ²		260 m/s ²		210 m/s ²	
σ_1	78 MPa	337 MPa	64 MPa	239 MPa	92 MPa	615 MPa
評価基準 ^(注1)	168 MPa (f_b : <input type="text"/>)	885 MPa ($3S_m$: <input type="text"/>)	164 MPa (f_b : <input type="text"/>)	590 MPa ($2S_m$: <input type="text"/>)	166 MPa (f_b : <input type="text"/>)	885 MPa ($3S_m$: <input type="text"/>)

(注1) 評価基準を設定する温度(キャスク各部位の低温時温度)は、木材温度と同程度低下(木材温度:38℃から-20℃へ約60℃低下)するとし、「低温時温度=(設計温度)-60℃」とした。

(ロ)-第 A.91 表 9m 落下時の強度評価

落下姿勢	9m 頭部垂直落下		9m 底部垂直落下		9m 水平落下		9m コーナー落下
	外筒	二次蓋ボルト	下部端板	三次蓋ボルト	二次蓋シール部	二次蓋ボルト	
σ_z	170 MPa	663 MPa	107 MPa	436 MPa	155 MPa	809 MPa	236 MPa
σ_f	-	200 MPa	-	190 MPa	-	200 MPa	190 MPa
α_1	617 m/s ²		548 m/s ²		762 m/s ²		481 m/s ²
α_2	600 m/s ²		500 m/s ²		710 m/s ²		480 m/s ²
σ_1	175 MPa	677 MPa	118 MPa	460 MPa	167 MPa	854 MPa	237 MPa
評価基準 ^(注1)	249 MPa ($1.5f_b$: <input type="text"/>)	884 MPa (S_y : <input type="text"/>)	246 MPa ($1.5f_b$: <input type="text"/>)	884 MPa (S_y : <input type="text"/>)	199 MPa (S_y : <input type="text"/>)	884 MPa (S_y : <input type="text"/>)	884 MPa (S_y : <input type="text"/>)

(注1) 評価基準を設定する温度(キャスク各部位の低温時温度)は、木材温度と同程度低下(木材温度:38℃から-20℃へ約60℃低下)するとし、「低温時温度=(設計温度)-60℃」とした。

(ロ)-A-211

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>A. 10. 5 MSF-24P(S)型輸送容器のバスケットプレート用材料 アルミニウム合金 (MB-A3004-H112) に関する説明書</p> <p>1. 概要 本書は、MSF-24P(S)型輸送容器のバスケットプレートに適用するアルミニウム合金 (MB-A3004-H112) の材料規定及び製造管理規定について説明するものである。</p> <p>2. 適用範囲 本材料を MSF-24P(S)型のバスケットプレートに適用するにあたり、本材料及びこれを使用するバスケットは以下の事項に適合すること。 (1) 供用期間は 60 年以下であること。 (2) バスケットが収納されるキャスク本体内部には、ヘリウムガスを封入し、不活性ガス雰囲気が維持されていること。 (3) バスケットは耐圧構造でないこと。 (4) バスケットは溶接部がない構造とすること。 (5) 本材料はボルト材として使用しないこと。 (6) 供用状態によらずバスケットプレートの発生応力は、弾性範囲内であること。 (7) 供用状態によらずバスケットは長期間にわたる熱応力を生じない構造とすること。</p> <p>3. 材料規定 本規定は、設計評価に適用する材料規定である。なお、本規定を適用する材料は、4. に示す製造管理規定を満足しなければならない。 (1) 材料名称 材料の規定名称は(ロ)-第 A. 92 表に示すものであること。 (2) 化学成分 化学成分は(ロ)-第 A. 93 表に示す百分率の値の範囲内にあること。 (3) 設計応力強さ 設計応力強さは(ロ)-第 A. 94 表の規定によること。 (4) 許容引張応力 許容引張応力は(ロ)-第 A. 95 表の規定によること。</p> <p>(ロ)-A-212</p>	<p>A. 10. 5 MSF-24P 型輸送容器のバスケットプレート用材料 アルミニウム合金 (MB-A3004-H112) に関する説明書</p> <p>1. 概要 本書は、MSF-24P 型輸送容器のバスケットプレートに適用するアルミニウム合金 (MB-A3004-H112) の材料規定及び製造管理規定について説明するものである。</p> <p>2. 適用範囲 本材料を MSF-24P 型のバスケットプレートに適用するにあたり、本材料及びこれを使用するバスケットは以下の事項に適合すること。 (1) 供用期間は 60 年以下であること。 (2) バスケットが収納されるキャスク本体内部には、ヘリウムガスを封入し、不活性ガス雰囲気が維持されていること。 (3) バスケットは耐圧構造でないこと。 (4) バスケットは溶接部がない構造とすること。 (5) 本材料はボルト材として使用しないこと。 (6) 供用状態によらずバスケットプレートの発生応力は、弾性範囲内であること。 (7) 供用状態によらずバスケットは長期間にわたる熱応力を生じない構造とすること。</p> <p>3. 材料規定 本規定は、設計評価に適用する材料規定である。なお、本規定を適用する材料は、4. に示す製造管理規定を満足しなければならない。 (1) 材料名称 材料の規定名称は(ロ)-第 A. 92 表に示すものであること。 (2) 化学成分 化学成分は(ロ)-第 A. 93 表に示す百分率の値の範囲内にあること。 (3) 設計応力強さ 設計応力強さは(ロ)-第 A. 94 表の規定によること。 (4) 許容引張応力 許容引張応力は(ロ)-第 A. 95 表の規定によること。</p> <p>(ロ)-A-212</p>	<p>名称 (型式) の差異</p> <p>同上</p> <p>同上</p>

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>(5) 設計降伏点 設計降伏点は(□)-第 A.96 表の規定によること。</p> <p>(6) 設計引張強さ 設計引張強さは(□)-第 A.97 表の規定によること。</p> <p>(7) 縦弾性係数 縦弾性係数は(□)-第 A.98 表の規定によること。</p> <p>(8) 熱膨張係数 熱膨張係数は(□)-第 A.99 表の規定によること。</p> <p>4. 製造管理規定 本規定は、製造管理に係る規定である。</p> <p>(1) 化学成分は、(□)-第 A.93 表に示す百分率の値の範囲内にあること。この場合において、化学成分は溶湯成分分析によること。化学成分の分析試験は、JIS H 4100「アルミニウム及びアルミニウム合金の押出形材」(以下「JIS H 4100」という。)によること。</p> <p>(2) 材料の製造は、(□)-第 A.63 図に示す製造フローに従い、熱間押出成形加工されたものであること。</p> <p>(3) 材料は、熱間押出成形加工後、熱処理は行わず、空冷されたものであること。熱間加工によって得られるか又はごくわずかな冷間加工を加えただけの状態であること。質別 H112 は、JIS H 0001「アルミニウム、マグネシウム及びそれらの合金-質別記号」によること。</p> <p>(4) 機械的性質は、(□)-第 A.100 表に示す値に適合すること。</p> <p>(5) 製品の寸法の許容差は、以下及び JIS H 4100 によること。これを逸脱する寸法を適用する場合、機械的性質が(□)-第 A.100 表を満足することを確認すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・肉厚 : 16mm 以下 ・押出比^(注1) : 10 以上 <p>(注1) ピレットの押出方向に垂直な断面積と押出材の押出方向に垂直な断面積の比</p> <p>(6) 本材料は、耐食性向上等を目的として表面処理を行う場合がある。表面処理を行う場合、機械的性質が(□)-第 A.100 表を満足することを確認すること。</p> <p>(7) 本材料は、(□)-第 A.63 図の製造フローの各段階において、(□)-第 A.101 表に示す品質管理を行う。</p> <p style="text-align: center;">(□)-A-213</p>	<p>(5) 設計降伏点 設計降伏点は(□)-第 A.96 表の規定によること。</p> <p>(6) 設計引張強さ 設計引張強さは(□)-第 A.97 表の規定によること。</p> <p>(7) 縦弾性係数 縦弾性係数は(□)-第 A.98 表の規定によること。</p> <p>(8) 熱膨張係数 熱膨張係数は(□)-第 A.99 表の規定によること。</p> <p>4. 製造管理規定 本規定は、製造管理に係る規定である。</p> <p>(1) 化学成分は、(□)-第 A.93 表に示す百分率の値の範囲内にあること。この場合において、化学成分は溶湯成分分析によること。化学成分の分析試験は、JIS H 4100「アルミニウム及びアルミニウム合金の押出形材」(以下「JIS H 4100」という。)によること。</p> <p>(2) 材料の製造は、(□)-第 A.63 図に示す製造フローに従い、熱間押出成形加工されたものであること。</p> <p>(3) 材料は、熱間押出成形加工後、熱処理は行わず、空冷されたものであること。熱間加工によって得られるか又はごくわずかな冷間加工を加えただけの状態であること。質別 H112 は、JIS H 0001「アルミニウム、マグネシウム及びそれらの合金-質別記号」によること。</p> <p>(4) 機械的性質は、(□)-第 A.100 表に示す値に適合すること。</p> <p>(5) 製品の寸法の許容差は、以下及び JIS H 4100 によること。これを逸脱する寸法を適用する場合、機械的性質が(□)-第 A.100 表を満足することを確認すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・肉厚 : 16mm 以下 ・押出比^(注1) : 10 以上 <p>(注1) ピレットの押出方向に垂直な断面積と押出材の押出方向に垂直な断面積の比</p> <p>(6) 本材料は、耐食性向上等を目的として表面処理を行う場合がある。表面処理を行う場合、機械的性質が(□)-第 A.100 表を満足することを確認すること。</p> <p>(7) 本材料は、(□)-第 A.63 図の製造フローの各段階において、(□)-第 A.101 表に示す品質管理を行う。</p> <p style="text-align: center;">(□)-A-213</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

(8) 上記規定以外の規定については、JIS H 4100 又は EN 755-1「Aluminium and aluminium alloys- Extruded rod/bar, tube and profiles - Part 1: Technical conditions for inspection and delivery」によること。

(a)-第 A.92 表 材料の規定名称

材料の名称	記号	質別
バスケットプレート用材料 アルミニウム合金 (MB-A3004-H112)	MB-A3004	H112

(a)-第 A.93 表 化学成分規定

記号	化学成分 (mass%)											
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ga, V, Ni, B, Zr など	Ti	その他		Al
										個々	合計	
MB-A3004	0.30 以下	0.7 以下	0.25 以下	1.1 以上 1.5 以下	1.0 以上 1.3 以下	—	0.25 以下	—	—	0.05 以下	0.15 以下	残部

(a)-A-214

先行設計承認申請書記載事項

(8) 上記規定以外の規定については、JIS H 4100 又は EN 755-1「Aluminium and aluminium alloys- Extruded rod/bar, tube and profiles - Part 1: Technical conditions for inspection and delivery」によること。

(a)-第 A.92 表 材料の規定名称

材料の名称	記号	質別
バスケットプレート用材料 アルミニウム合金 (MB-A3004-H112)	MB-A3004	H112

(a)-第 A.93 表 化学成分規定

記号	化学成分 (mass%)											
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ga, V, Ni, B, Zr など	Ti	その他		Al
										個々	合計	
MB-A3004	0.30 以下	0.7 以下	0.25 以下	1.1 以上 1.5 以下	1.0 以上 1.3 以下	—	0.25 以下	—	—	0.05 以下	0.15 以下	残部

(a)-A-214

備考

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

(a)-第 A.94 表 材料の各温度における設計応力強さ S_m (注1)(注2)

単位：MPa

記号	温 度 (°C)										
	-40 ~40	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
MB-A3004	37	37	37	37	37	37	36	31	25	21	17

(注1) 温度の中間における値は、比例法によって計算する。

(注2) 時効による強度低下を考慮した値である。

(a)-第 A.95 表 材料の各温度における許容引張応力 S (注1)(注2)

単位：MPa

記号	温 度 (°C)									
	-40 ~40	75	100	125	150	175	200	225	250	
MB-A3004	37	37	37	37	29	21	15	11	8	

(注1) 温度の中間における値は、比例法によって計算する。

(注2) 時効による強度低下を考慮した値である。

(a)-第 A.96 表 材料の各温度における設計降伏点 S_y (注1)(注2)

単位：MPa

記号	温 度 (°C)										
	-40 ~40	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
MB-A3004	56	56	56	56	56	56	56	52	46	38	30

(注1) 温度の中間における値は、比例法によって計算する。

(注2) 時効による強度低下を考慮した値である。

(a)-第 A.97 表 材料の各温度における設計引張強さ S_u (注1)(注2)

単位：MPa

記号	温 度 (°C)										
	-40 ~40	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
MB-A3004	153	153	153	151	140	126	110	93	77	63	52

(注1) 温度の中間における値は、比例法によって計算する。

(注2) 時効による強度低下を考慮した値である。

(a)-A-215

先行設計承認申請書記載事項

(a)-第 A.94 表 材料の各温度における設計応力強さ S_m (注1)(注2)

単位：MPa

記号	温 度 (°C)										
	-40 ~40	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
MB-A3004	37	37	37	37	37	37	36	31	25	21	17

(注1) 温度の中間における値は、比例法によって計算する。

(注2) 時効による強度低下を考慮した値である。

(a)-第 A.95 表 材料の各温度における許容引張応力 S (注1)(注2)

単位：MPa

記号	温 度 (°C)									
	-40 ~40	75	100	125	150	175	200	225	250	
MB-A3004	37	37	37	37	29	21	15	11	8	

(注1) 温度の中間における値は、比例法によって計算する。

(注2) 時効による強度低下を考慮した値である。

(a)-第 A.96 表 材料の各温度における設計降伏点 S_y (注1)(注2)

単位：MPa

記号	温 度 (°C)										
	-40 ~40	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
MB-A3004	56	56	56	56	56	56	56	52	46	38	30

(注1) 温度の中間における値は、比例法によって計算する。

(注2) 時効による強度低下を考慮した値である。

(a)-第 A.97 表 材料の各温度における設計引張強さ S_u (注1)(注2)

単位：MPa

記号	温 度 (°C)										
	-40 ~40	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
MB-A3004	153	153	153	151	140	126	110	93	77	63	52

(注1) 温度の中間における値は、比例法によって計算する。

(注2) 時効による強度低下を考慮した値である。

(a)-A-215

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(ロ)-第 A.98 表 材料の各温度における縦弾性係数 (注1)

単位：MPa

記号	温 度 (°C)											
	20	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
MB-A3004	73900	73300	72800	72100	71400	70600	69800	68900	67900	66900	65800	64600

(注1) 温度の中間における値は、比例法によって計算する。

(ロ)-第 A.99 表 材料の各温度における熱膨張係数 (注1)

単位： $\times 10^{-6}$ mm/mm \cdot °C

記号	区分 (注2)	温 度 (°C)											
		20	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
MB-A3004	A	22.75	23.52	24.02	24.42	24.76	25.05	25.35	25.68	26.06	26.54	27.14	27.91
	B	22.61	23.14	23.48	23.76	23.99	24.17	24.33	24.48	24.63	24.79	24.99	25.24

(注1) 温度の中間における値は、比例法によって計算する。

(注2) 区分 A は瞬時熱膨張係数、区分 B は常温から当該温度までの平均熱膨張係数を表す。

(ロ)-A-216

(ロ)-第 A.98 表 材料の各温度における縦弾性係数 (注1)

単位：MPa

記号	温 度 (°C)											
	20	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
MB-A3004	73900	73300	72800	72100	71400	70600	69800	68900	67900	66900	65800	64600

(注1) 温度の中間における値は、比例法によって計算する。

(ロ)-第 A.99 表 材料の各温度における熱膨張係数 (注1)

単位： $\times 10^{-6}$ mm/mm \cdot °C

記号	区分 (注2)	温 度 (°C)											
		20	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
MB-A3004	A	22.75	23.52	24.02	24.42	24.76	25.05	25.35	25.68	26.06	26.54	27.14	27.91
	B	22.61	23.14	23.48	23.76	23.99	24.17	24.33	24.48	24.63	24.79	24.99	25.24

(注1) 温度の中間における値は、比例法によって計算する。

(注2) 区分 A は瞬時熱膨張係数、区分 B は常温から当該温度までの平均熱膨張係数を表す。

(ロ)-A-216

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(ロ)-第 A.100 表 機械的性質 (注1)

記号	引張試験 (試験温度：常温)			シャルピー衝撃試験 (注2) (試験温度：-40℃)
	引張強さ (MPa)	耐力 (MPa)	伸び (%)	吸収エネルギー (J)
MB-A3004	185 以上	85 以上	15 以上	41 以上

(注1)時効による強度低下を考慮しない供用開始前の製造管理値である。

(注2)吸収エネルギーの規定は JIS Z 2242 の V ノッチ試験で得られる押出方向に平行な L 方向及び垂直な T 方向各 3 試験片の個々の値である。

(ロ)-第 A.101 表 管理程度表

製造工程 (注1)	管理項目		材料保証 (規定)	製造管理 (参考)
①合金の溶解	材料特性 (初期材)	化学成分(溶湯)	○	—
⑤検査		引張強度特性	—	○
		シャルピー 衝撃特性	—	○
		組織観察	—	○
③熱間押出	製造条件	押出比	○	—
		押出条件	—	○
		押出冷却条件	—	○
		整直条件	—	○
		質別	○	—

(注1)製造工程は(ロ)-第 A.63 図の製造フローに対応する。

(ロ)-A-217

(ロ)-第 A.100 表 機械的性質 (注1)

記号	引張試験 (試験温度：常温)			シャルピー衝撃試験 (注2) (試験温度：-40℃)
	引張強さ (MPa)	耐力 (MPa)	伸び (%)	吸収エネルギー (J)
MB-A3004	185 以上	85 以上	15 以上	41 以上

(注1)時効による強度低下を考慮しない供用開始前の製造管理値である。

(注2)吸収エネルギーの規定は JIS Z 2242 の V ノッチ試験で得られる押出方向に平行な L 方向及び垂直な T 方向各 3 試験片の個々の値である。

(ロ)-第 A.101 表 管理程度表

製造工程 (注1)	管理項目		材料保証 (規定)	製造管理 (参考)
①合金の溶解	材料特性 (初期材)	化学成分(溶湯)	○	—
⑤検査		引張強度特性	—	○
		シャルピー 衝撃特性	—	○
		組織観察	—	○
③熱間押出	製造条件	押出比	○	—
		押出条件	—	○
		押出冷却条件	—	○
		整直条件	—	○
		質別	○	—

(注1)製造工程は(ロ)-第 A.63 図の製造フローに対応する。

(ロ)-A-217

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="635 485 928 869" data-label="Diagram"> <pre> graph TD A[① 合金の溶解] --> B[② ビレット成型 (鋳造)] B --> C[③ 熱間押出] C --> D[④ 切断・加工] D --> E[⑤ 検査] </pre> </div> <p data-bbox="635 913 890 940">(註)-第 A. 63 図 製造フロー</p> <p data-bbox="721 1776 816 1803">(註)-A-218</p>	<div data-bbox="1881 485 2175 869" data-label="Diagram"> <pre> graph TD A[① 合金の溶解] --> B[② ビレット成型 (鋳造)] B --> C[③ 熱間押出] C --> D[④ 切断・加工] D --> E[⑤ 検査] </pre> </div> <p data-bbox="1881 913 2136 940">(註)-第 A. 63 図 製造フロー</p> <p data-bbox="1967 1776 2062 1803">(註)-A-218</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>A.10.6 参考文献</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) (一社)日本機械学会, 「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格 (JSME S FA1-2007)」, (2007). 2) (一社)日本機械学会, 「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1-2012)」, (2012). 3) (一社)日本機械学会, 「発電用原子力設備規格 材料規格 (JSME S NJ1-2012)」, (2012). 4) “Proving Test on the Reliability for PWR 15×15 Fuel Assemblies Through Three Reactor Cycles in Japan”, Proceedings of the International Topical Meeting on LWR Fuel Performance April 17-20, (1988). 5) (一社)日本原子力学会, 「使用済燃料・混合酸化物新燃料・高レベル放射性廃棄物輸送容器の安全設計及び検査基準 (AESJ-SC-F006:2013)」, (2014). 6) 7) 8) 原燃輸送株式会社, 「高性能使用済燃料輸送容器の安全性に関する技術調査 (PWR) H5 年度上半期 (最終報告書)」, (1993). 9) 木材工業ハンドブック編集委員会, 「木材工業ハンドブック, 改訂 3 版」, (1982). 10) 産業技術センター, 「複合材料技術集成」 (1976). 11) 機械設計便覧編集委員会, 「機械設計便覧 (第 3 版)」, (1992). 12) The American Society of Mechanical Engineers, “ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII Division 3”, (2015). 13) 西田正孝, 「応力集中 増補版」, (1973). 14) 「クレーン構造規格」, 平成 7 年労働省告示第 134 号, (1995). 15) (一社)日本機械学会編, 「機械工学便覧 新版」, (1984). 16) 幾島, 浅田, 「放射性物質輸送容器の衝突解析用簡易計算コードの開発 (I) 緩衝体付き輸送容器衝突計算コード CRUSH」, 日本原子力学会誌 Vol. 33 No. 4, (1991). 17) (独)原子力安全基盤機構, 「金属キャスク貯蔵技術確証試験報告書 1/3 最終報告」, (2004). 18) International Atomic Energy Agency, “Spent Fuel Performance Assessment and Research, Final Report of a Coordinated Research Project on Spent Fuel Performance Assessment and Research (SPAR-III) 2009-2014”, (2015). 19) (独)原子力安全基盤機構, 「中間貯蔵施設健全性評価手法等調査報告書最終報告」, (2005). <p style="text-align: center;">(a)-A-219</p>	<p>A.10.6 参考文献</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) (一社)日本機械学会, 「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格 (JSME S FA1-2007)」, (2007). 2) (一社)日本機械学会, 「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1-2012)」, (2012). 3) (一社)日本機械学会, 「発電用原子力設備規格 材料規格 (JSME S NJ1-2012)」, (2012). 4) “Proving Test on the Reliability for PWR 15×15 Fuel Assemblies Through Three Reactor Cycles in Japan”, Proceedings of the International Topical Meeting on LWR Fuel Performance April 17-20, (1988). 5) (一社)日本原子力学会, 「使用済燃料・混合酸化物新燃料・高レベル放射性廃棄物輸送容器の安全設計及び検査基準 (AESJ-SC-F006:2013)」, (2014). 6) 7) 8) 原燃輸送株式会社, 「高性能使用済燃料輸送容器の安全性に関する技術調査 (PWR) H5 年度上半期 (最終報告書)」, (1993). 9) 木材工業ハンドブック編集委員会, 「木材工業ハンドブック, 改訂 3 版」, (1982). 10) 産業技術センター, 「複合材料技術集成」 (1976). 11) 機械設計便覧編集委員会, 「機械設計便覧 (第 3 版)」, (1992). 12) The American Society of Mechanical Engineers, “ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII Division 3”, (2015). 13) 西田正孝, 「応力集中 増補版」, (1973). 14) 「クレーン構造規格」, 平成 7 年労働省告示第 134 号, (1995). 15) (一社)日本機械学会編, 「機械工学便覧 新版」, (1984). 16) 幾島, 浅田, 「放射性物質輸送容器の衝突解析用簡易計算コードの開発 (I) 緩衝体付き輸送容器衝突計算コード CRUSH」, 日本原子力学会誌 Vol. 33 No. 4, (1991). 17) (独)原子力安全基盤機構, 「金属キャスク貯蔵技術確証試験報告書 1/3 最終報告」, (2004). 18) International Atomic Energy Agency, “Spent Fuel Performance Assessment and Research, Final Report of a Coordinated Research Project on Spent Fuel Performance Assessment and Research (SPAR-III) 2009-2014”, (2015). 19) (独)原子力安全基盤機構, 「中間貯蔵施設健全性評価手法等調査報告書最終報告」, (2005). <p style="text-align: center;">(a)-A-219</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>(□)章B 熱 解 析</p>	<p>(□)章B 熱 解 析</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>B. 熱解析</p> <p>B.1 概要</p> <p>1. 輸送物の熱設計</p> <p>本輸送物の熱放散システムは次のとおりであり、自然冷却にて使用済燃料の崩壊熱を除熱している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 胴内に収納された使用済燃料より発生する崩壊熱は、主に胴内に充填されたヘリウムの熱伝導と放射によりバスケットに伝えられる。 ・ バスケットに伝えられた熱は主に熱伝導によってバスケット外面に伝わり、ヘリウムの熱伝導と放射により胴内面に伝えられる。 ・ 胴内面に伝えられた熱は、熱伝導によって胴外面に伝えられる。 ・ 胴外面に伝えられた熱は、主に胴と外筒の間に設けられた銅製の伝熱フィンの熱伝導によって外筒に伝えられる。 ・ 外筒に伝えられた熱は、放射と空気の自然対流により大気に放散される。 <p>(ロ)章 B 熱解析では、一般の試験条件における輸送物各部の温度を求め、構成部品の温度が使用可能温度を超えないことを示すとともに、他の解析への条件を示す。また、一般の試験条件において人の近づきうる表面の最高温度が 85 ℃以下であることを示す。</p> <p>さらに、特別の試験条件における輸送物各部の温度を求め、構成部品の健全性に与える影響を示すとともに、他の解析への条件を示す。</p> <p>上記に加え、一般及び特別の試験条件における輸送物各部の圧力を求め、他の解析への条件を示す。</p> <p>2. 熱解析の条件</p> <p>熱解析は、(ロ)-第 B.1 表に示す条件で行う。</p> <p>輸送物の最大崩壊熱量は、(イ)-第 A.1 表に示したように 15.8 kW 以下であるが、熱解析ではこれに余裕をみた設計崩壊熱量とする。</p> <p style="text-align: center;">(ロ)-B-1</p>	<p>B. 熱解析</p> <p>B.1 概要</p> <p>1. 輸送物の熱設計</p> <p>本輸送物の熱放散システムは次のとおりであり、自然冷却にて使用済燃料の崩壊熱を除熱している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 胴内に収納された使用済燃料より発生する崩壊熱は、主に胴内に充填されたヘリウムの熱伝導と放射によりバスケットに伝えられる。 ・ バスケットに伝えられた熱は主に熱伝導によってバスケット外面に伝わり、ヘリウムの熱伝導と放射により胴内面に伝えられる。 ・ 胴内面に伝えられた熱は、熱伝導によって胴外面に伝えられる。 ・ 胴外面に伝えられた熱は、主に胴と外筒の間に設けられた銅製の伝熱フィンの熱伝導によって外筒に伝えられる。 ・ 外筒に伝えられた熱は、放射と空気の自然対流により大気に放散される。 <p>(ロ)章 B 熱解析では、一般の試験条件における輸送物各部の温度を求め、構成部品の温度が使用可能温度を超えないことを示すとともに、他の解析への条件を示す。また、一般の試験条件において人の近づきうる表面の最高温度が 85 ℃以下であることを示す。</p> <p>さらに、特別の試験条件における輸送物各部の温度を求め、構成部品の健全性に与える影響を示すとともに、他の解析への条件を示す。</p> <p>上記に加え、一般及び特別の試験条件における輸送物各部の圧力を求め、他の解析への条件を示す。</p> <p>2. 熱解析の条件</p> <p>熱解析は、(ロ)-第 B.1 表に示す条件で行う。</p> <p>輸送物の最大崩壊熱量は、(イ)-第 A.1 表に示したように 15.8 kW 以下であるが、熱解析ではこれに余裕をみた設計崩壊熱量とする。</p> <p style="text-align: center;">(ロ)-B-1</p>	

(ロ)第 B.1 表 熱解析の主な条件及び方法

項目	条件	一般の試験条件			特別の試験条件		
		最高温度評価条件	人の近づきうる表面の最高温度評価条件	最低温度評価条件	火災前	火災時	火災後
設計崩壊熱量	17×17 燃料	18.1 kW	18.1 kW	0 kW	18.1 kW	18.1 kW	18.1 kW
	15×15 燃料	18.1 kW	18.1 kW	0 kW	18.1 kW	18.1 kW	18.1 kW
環境条件	周囲温度	静止空気 38 °C	静止空気 38 °C	静止空気 -20 °C	静止空気 38 °C	火災 30 分間 800 °C	静止空気 38 °C
	太陽熱放射	あり	なし	なし	あり	あり	あり
計算モデル	周囲吸収率	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9 (注)	1.0
	輸送物	三次元 180 ° 対称全体モデル (燃料領域は均質化領域としてモデル化)					
燃料集合体	燃料集合体	燃料集合体モデル					
	温度分布計算プログラム	ABAQUS [®] コード					

(ロ) B-2

(注) 火災の放射率を示す。

(ロ)第 B.1 表 熱解析の主な条件及び方法

項目	条件	一般の試験条件			特別の試験条件		
		最高温度評価条件	人の近づきうる表面の最高温度評価条件	最低温度評価条件	火災前	火災時	火災後
設計崩壊熱量	周囲温度	18.1 kW	18.1 kW	0 kW	18.1 kW	18.1 kW	18.1 kW
	太陽熱放射	静止空気 38 °C	静止空気 38 °C	静止空気 -20 °C	静止空気 38 °C	火災 30 分間 800 °C	静止空気 38 °C
環境条件	周囲吸収率	あり	なし	なし	あり	あり	あり
	輸送物	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9 (注)	1.0
計算モデル	輸送物	三次元 180 ° 対称全体モデル (燃料領域は均質化領域としてモデル化)					
	燃料集合体	燃料集合体モデル					
温度分布計算プログラム	燃料集合体	燃料集合体モデル					
	温度分布計算プログラム	ABAQUS [®] コード					

(ロ) B-2

(注) 火災の放射率を示す。

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

B.2 材料の熱的性質

熱解析で用いた材料の熱的性質を(ロ)-第B.2表、(ロ)-第B.3表及び(ロ)-第B.4表に示す。

(ロ)-第B.2表 材料の熱的性質(固体) (1/3)

材料	密度 (kg/m ³)	放射率 (-)	温度		熱伝導率 (W/(m・K))	比熱 (kJ/(kg・K))
			(K)	(°C)		
ステンレス鋼 ²⁾ []	7.92×10 ³	0.15	300	26.85	16.0	0.499
			400	126.85	16.5	0.511
			600	326.85	19.0	0.556
			800	526.85	22.5	0.620
			1000	726.85	25.7	0.644
析出硬化系 ステンレス鋼 (SUS630) ³⁾	7.75×10 ³	-	293.15	20	17.3	0.465
			398.15	125	18.9	0.501
			498.15	225	20.7	0.547
			598.15	325	22.2	0.592
			698.15	425	23.3	0.649
			798.15	525	23.9	0.743
			898.15	625	24.5	0.914
973.15	700	25.1	0.841			
炭素鋼 ²⁾ []	7.85×10 ³	-	300	26.85	43.0	0.465
			500	226.85	38.6	0.528
			800	526.85	27.7	0.622
炭素鋼 ²⁾ []	7.85×10 ³	-	300	26.85	43.0	0.465
			500	226.85	38.6	0.528
			800	526.85	27.7	0.622
ニッケル クロム モリブデン鋼 ³⁾ []	7.75×10 ³	-	293.15	20	36.3	0.445
			398.15	125	37.0	0.492
			498.15	225	37.2	0.529
			598.15	325	36.5	0.569
			698.15	425	35.0	0.614
			798.15	525	33.3	0.675
			898.15	625	31.5	0.774
973.15	700	30.1	0.923			
中性子吸収材 ⁴⁾ []	[]	0.20	293.15	20	[]	[]
			398.15	125	[]	[]
			473.15	200	[]	[]
アルミニウム 合金 ³⁾	2.72×10 ³	0.055 (酸化面:0.33)	293.15	20	162.1	0.888
			398.15	125	170.1	0.936
			473.15	200	173.6	0.966

(ロ)-B-3

B.2 材料の熱的性質

熱解析で用いた材料の熱的性質を(ロ)-第B.2表、(ロ)-第B.3表及び(ロ)-第B.4表に示す。

(ロ)-第B.2表 材料の熱的性質(固体) (1/3)

材料	密度 (kg/m ³)	放射率 (-)	温度		熱伝導率 (W/(m・K))	比熱 (kJ/(kg・K))
			(K)	(°C)		
ステンレス鋼 ²⁾ []	7.92×10 ³	0.15	300	26.85	16.0	0.499
			400	126.85	16.5	0.511
			600	326.85	19.0	0.556
			800	526.85	22.5	0.620
			1000	726.85	25.7	0.644
析出硬化系 ステンレス鋼 (SUS630) ³⁾	7.75×10 ³	-	293.15	20	17.3	0.465
			398.15	125	18.9	0.501
			498.15	225	20.7	0.547
			598.15	325	22.2	0.592
			698.15	425	23.3	0.649
			798.15	525	23.9	0.743
			898.15	625	24.5	0.914
973.15	700	25.1	0.841			
炭素鋼 ²⁾ []	7.85×10 ³	-	300	26.85	43.0	0.465
			500	226.85	38.6	0.528
			800	526.85	27.7	0.622
炭素鋼 ²⁾ []	7.85×10 ³	-	300	26.85	43.0	0.465
			500	226.85	38.6	0.528
			800	526.85	27.7	0.622
ニッケル クロム モリブデン鋼 ³⁾ []	7.75×10 ³	-	293.15	20	36.3	0.445
			398.15	125	37.0	0.492
			498.15	225	37.2	0.529
			598.15	325	36.5	0.569
			698.15	425	35.0	0.614
			798.15	525	33.3	0.675
			898.15	625	31.5	0.774
973.15	700	30.1	0.923			
中性子吸収材 ⁴⁾ []	[]	0.20	293.15	20	[]	[]
			398.15	125	[]	[]
			473.15	200	[]	[]
アルミニウム 合金 ³⁾	2.72×10 ³	0.055 (酸化面:0.33)	293.15	20	162.1	0.888
			398.15	125	170.1	0.936
			473.15	200	173.6	0.966

(ロ)-B-3

(ロ)-第B.2表 材料の熱的性質(固体) (2/3)

材料	密度 (kg/m ³)	放射率 (-)	温度		熱伝導率 (W/(m・K))	比熱 (kJ/(kg・K))		
			(K)	(°C)				
二酸化ウラン <small>2), 5)</small>	[] <small>(注1)</small>	-	300	26.85	2.00 <small>(注2)</small>	0.237		
			500	226.85		0.286		
			800	526.85		0.300		
			1300	1026.85		0.322		
			1800	1526.85		0.369		
ジルカロイ <small>2), 6)</small>	6.55×10 ³	0.8	273	-0.15	12.4	0.275		
			300	26.85	12.7	0.281		
			400	126.85	14.0	0.302		
			600	326.85	16.5	0.326		
			1000	726.85	21.6	0.366		
インコネル ²⁾	8.25×10 ³	-	300	26.85	12.0	0.425		
銅 ²⁾	8.88×10 ³	-	150	-123.15	428	0.322		
			250	-23.15	404	0.376		
			300	26.85	398	0.386		
			600	326.85	383	0.425		
			800	526.85	371	0.447		
中性子遮蔽材 (レジン) ⁷⁾	1.67×10 ³	-	常温		0.646	1.00		
			[] ⁸⁾	[]	-	300	26.85	[]
						400	126.85	
500	226.85							
600	326.85							
700	426.85							
800	526.85							
900	626.85							
1000	726.85							
1100	826.85							
[] ⁸⁾	[]	-				300	26.85	
			400	126.85				
			500	226.85				
			600	326.85				
			700	426.85				
			800	526.85				
			900	626.85				
			1000	726.85				
			1100	826.85				

(注1)文献値に理論密度比を乗じた値

(注2)照射を考慮した値

(ロ)-B-4

(ロ)-第B.2表 材料の熱的性質(固体) (2/3)

材料	密度 (kg/m ³)	放射率 (-)	温度		熱伝導率 (W/(m・K))	比熱 (kJ/(kg・K))		
			(K)	(°C)				
二酸化ウラン <small>2), 5)</small>	[] <small>(注1)</small>	-	300	26.85	2.00 <small>(注2)</small>	0.237		
			500	226.85		0.286		
			800	526.85		0.300		
			1300	1026.85		0.322		
			1800	1526.85		0.369		
ジルカロイ <small>2), 6)</small>	6.55×10 ³	0.8	273	-0.15	12.4	0.275		
			300	26.85	12.7	0.281		
			400	126.85	14.0	0.302		
			600	326.85	16.5	0.326		
			1000	726.85	21.6	0.366		
インコネル ²⁾	8.25×10 ³	-	300	26.85	12.0	0.425		
銅 ²⁾	8.88×10 ³	-	150	-123.15	428	0.322		
			250	-23.15	404	0.376		
			300	26.85	398	0.386		
			600	326.85	383	0.425		
			800	526.85	371	0.447		
中性子遮蔽材 (レジン) ⁷⁾	1.67×10 ³	-	常温		0.646	1.00		
			[] ⁸⁾	[]	-	300	26.85	[]
						400	126.85	
500	226.85							
600	326.85							
700	426.85							
800	526.85							
900	626.85							
1000	726.85							
1100	826.85							
[] ⁸⁾	[]	-				300	26.85	
			400	126.85				
			500	226.85				
			600	326.85				
			700	426.85				
			800	526.85				
			900	626.85				
			1000	726.85				
			1100	826.85				

(注1)文献値に理論密度比を乗じた値

(注2)照射を考慮した値

(ロ)-B-4

(a)-第 B.2 表 材料の熱的性質 (固体) (3/3)

材料	密度 (kg/m ³)	放射率 (-)	温度		熱伝導率 (W/(m・K))	比熱 (kJ/(kg・K))
			(K)	(°C)		
[] ⁸⁾	[]	-	300	26.85	[]	[]
			400	126.85		
			500	226.85		
			600	326.85		
			700	426.85		
			800	526.85		
			900	626.85		
			1000	726.85		
			1100	826.85		

(a)-第 B.3 表 材料の熱的性質 (気体)

材料	温度		密度 (kg/m ³)	熱伝導率 (W/(m・K))	比熱 (注1) (kJ/(kg・K))	動粘性 係数 (mm ² /s)	粘性係数 (μPa・s)	プラントル数 (-)							
	(K)	(°C)													
ヘリウム ²⁾	0.16253	3.116	0.16253	0.1150 (注2)	3.116	-	15.35	0.693							
				0.1527 (注2)											
				0.1882 (注2)											
				0.2212 (注2)											
				0.2523 (注2)											
				0.2780 (注2)											
				0.3040 (注2)											
				0.3540 (注2)											
				200					-73.15	1.1763	0.01810	0.7220	7.58	-	0.747
				300					26.85		0.02614	0.7200	15.83	-	0.717
400	126.85	0.03305	0.7280	26.39	-	0.715									
500	226.85	0.03951	0.7440	38.58	-	0.710									
600	326.85	0.04560	0.7650	52.36	-	0.710									
700	426.85	0.05130	0.7890	67.70	-	0.715									
800	526.85	0.05690	0.8120	84.50	-	0.719									
900	626.85	0.06250	0.8350	102.70	-	0.722									
1000	726.85	0.06720	0.8550	122.10	-	0.732									
1100	826.85	0.07170	0.8730	143.00	-	0.742									
キセノン ^{2), 9)}	-	0.09502	-	0.00562	0.09502	-	23.30	-							
				0.00728											
				0.00881											
				0.01025											

(注1) 文献記載の定圧比熱を定積比熱に換算して求めた値。

(注2) 圧力を考慮しても常圧の値と有意な差がないため、常圧の値を設定している。

(a)-B-5

(a)-第 B.2 表 材料の熱的性質 (固体) (3/3)

材料	密度 (kg/m ³)	放射率 (-)	温度		熱伝導率 (W/(m・K))	比熱 (kJ/(kg・K))
			(K)	(°C)		
[] ⁸⁾	[]	-	300	26.85	[]	[]
			400	126.85		
			500	226.85		
			600	326.85		
			700	426.85		
			800	526.85		
			900	626.85		
			1000	726.85		
			1100	826.85		

(a)-第 B.3 表 材料の熱的性質 (気体)

材料	温度		密度 (kg/m ³)	熱伝導率 (W/(m・K))	比熱 (注1) (kJ/(kg・K))	動粘性 係数 (mm ² /s)	粘性係数 (μPa・s)	プラントル数 (-)							
	(K)	(°C)													
ヘリウム ²⁾	0.16253	3.116	0.16253	0.1150 (注2)	3.116	-	15.35	0.693							
				0.1527 (注2)											
				0.1882 (注2)											
				0.2212 (注2)											
				0.2523 (注2)											
				0.2780 (注2)											
				0.3040 (注2)											
				0.3540 (注2)											
				200					-73.15	1.1763	0.01810	0.7220	7.58	-	0.747
				300					26.85		0.02614	0.7200	15.83	-	0.717
400	126.85	0.03305	0.7280	26.39	-	0.715									
500	226.85	0.03951	0.7440	38.58	-	0.710									
600	326.85	0.04560	0.7650	52.36	-	0.710									
700	426.85	0.05130	0.7890	67.70	-	0.715									
800	526.85	0.05690	0.8120	84.50	-	0.719									
900	626.85	0.06250	0.8350	102.70	-	0.722									
1000	726.85	0.06720	0.8550	122.10	-	0.732									
1100	826.85	0.07170	0.8730	143.00	-	0.742									
キセノン ^{2), 9)}	-	0.09502	-	0.00562	0.09502	-	23.30	-							
				0.00728											
				0.00881											
				0.01025											

(注1) 文献記載の定圧比熱を定積比熱に換算して求めた値。

(注2) 圧力を考慮しても常圧の値と有意な差がないため、常圧の値を設定している。

(a)-B-5

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(a)-第 B.4 表 材料の熱的性質 (その他)

材料	放射率 ²⁾ (-)	吸収率 ¹⁰⁾ (-)
塗装面	0.8	0.5

(a)-B-6

(a)-第 B.4 表 材料の熱的性質 (その他)

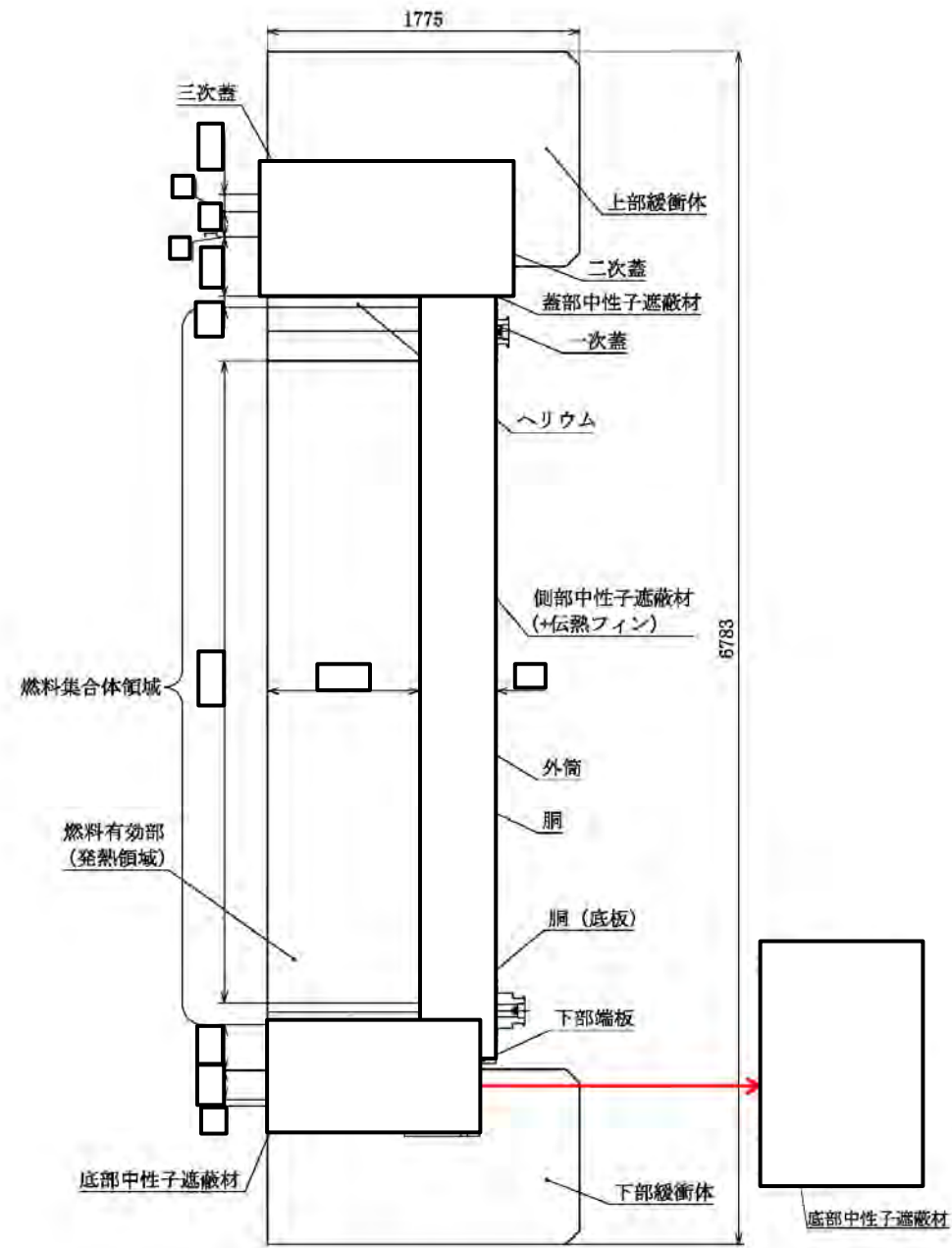
材料	放射率 ²⁾ (-)	吸収率 ¹⁰⁾ (-)
塗装面	0.8	0.5

(a)-B-6

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>B.3 構成要素の仕様</p> <p>1. 三次蓋 O リング</p> <p>EPDM</p> <p>使用可能温度 : -60 °C ~ 150 °C ¹¹⁾ / 一般の試験条件 : -60 °C ~ 300 °C ¹²⁾ / 特別の試験条件</p> <p>2. 一次蓋及び二次蓋金属ガスケット</p> <p>アルミニウム、ニッケル基合金</p> <p>使用可能温度 : 130 °C ¹³⁾ / 一般の試験条件 : 190 °C ¹⁴⁾ / 特別の試験条件</p> <p>3. 中性子遮蔽材</p> <p>レジン</p> <p>使用可能温度 : 149 °C ⁷⁾ / 一般の試験条件 : 180 °C ¹⁵⁾ / 特別の試験条件</p> <p>(p)-B-7</p>	<p>B.3 構成要素の仕様</p> <p>1. 三次蓋 O リング</p> <p>EPDM</p> <p>使用可能温度 : -60 °C ~ 150 °C ¹¹⁾ / 一般の試験条件 : -60 °C ~ 300 °C ¹²⁾ / 特別の試験条件</p> <p>2. 一次蓋及び二次蓋金属ガスケット</p> <p>アルミニウム、ニッケル基合金</p> <p>使用可能温度 : 130 °C ¹³⁾ / 一般の試験条件 : 190 °C ¹⁴⁾ / 特別の試験条件</p> <p>3. 中性子遮蔽材</p> <p>レジン</p> <p>使用可能温度 : 149 °C ⁷⁾ / 一般の試験条件 : 180 °C ¹⁵⁾ / 特別の試験条件</p> <p>(p)-B-7</p>	

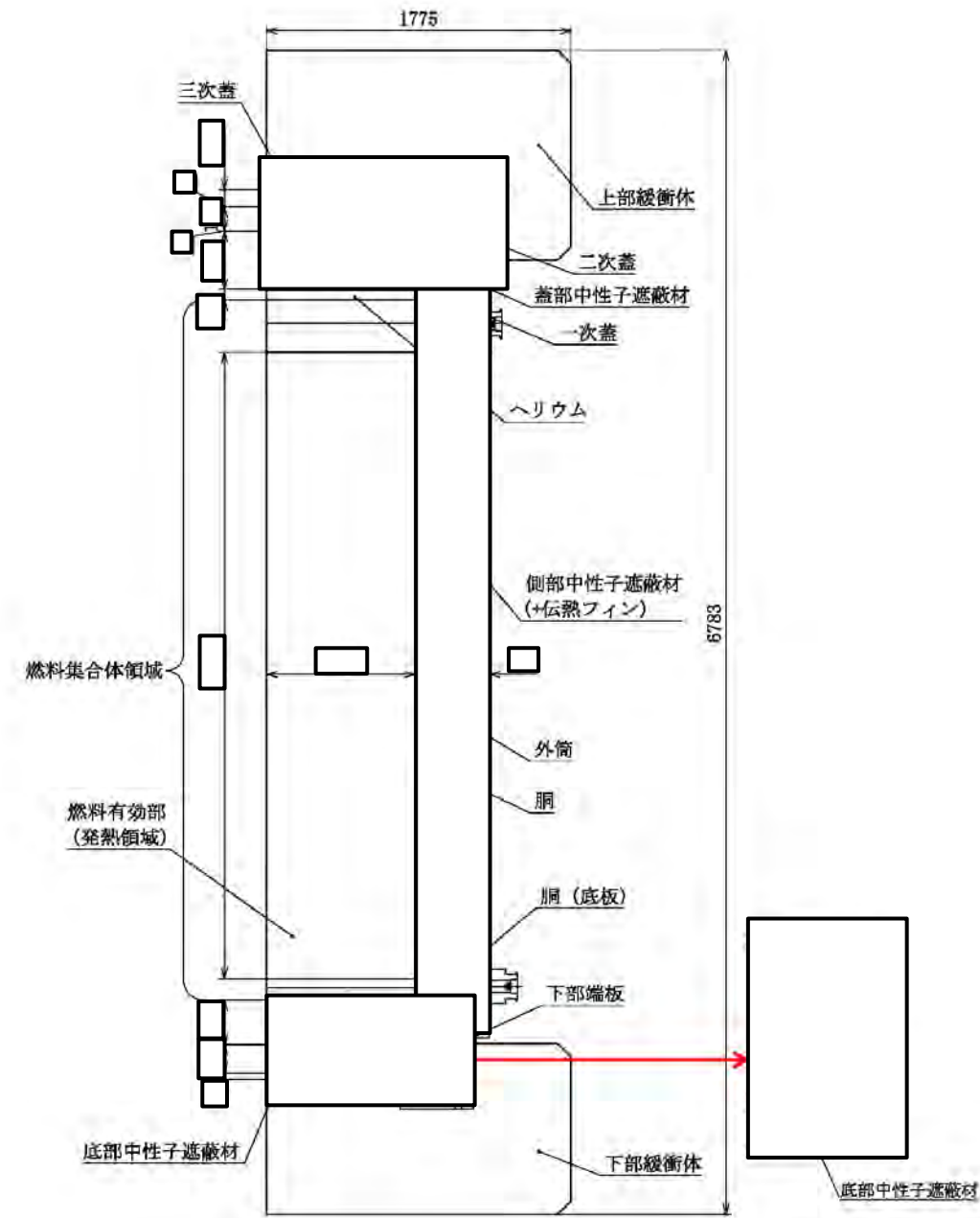
型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>B.4 一般の試験条件</p> <p>B.4.1 熱解析モデル</p> <p>B.4.1.1 解析モデル</p> <p>輸送物の熱解析は、ABAQUS コードを用いた有限要素法により行った。解析に用いるモデル及び解析条件を以下に示す。</p> <p>1. 解析に用いる各モデル</p> <p>一般の試験条件における本輸送物の各部位の温度を算出するために、解析モデルとして以下の2種類のモデルを適用した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・三次元 180° 対称全体モデル（以下「全体モデル」という。） ・燃料集合体モデル <p>各解析モデルにおける温度算出部位は次のとおりである。</p> <p>全体モデル ……………上・下部緩衝体表面、胴、外筒、下部端板、一次蓋、二次蓋、三次蓋、一次蓋金属ガスケット、二次蓋金属ガスケット、三次蓋 O リング、一次蓋ボルト、二次蓋ボルト、三次蓋ボルト、蓋部中性子遮蔽材、底部中性子遮蔽材、側部中性子遮蔽材、蓋部中性子遮蔽材カバー、底部中性子遮蔽材カバー、バスケット^(注)、伝熱フィン、トラニオン</p> <p>燃料集合体モデル …… 燃料集合体</p> <p>(注)バスケットは、アルミニウム合金製のバスケットプレート、ほう素添加アルミニウム合金製の中性子吸収材、アルミニウム合金製のバスケットサポートで構成される。本評価におけるバスケットの最高温度は、これらの構成部材の最高温度とする。</p> <p>全体モデルでは、バスケット格子の内側の領域（以下「燃料集合体領域」という。）を燃料集合体構成部材（ジルカロイ、二酸化ウラン、ステンレス鋼、インコネル）及び充填気体（ヘリウム）の均質化領域としてモデル化する。燃料集合体領域の平均密度及び軸方向の平均熱伝導率は体積平均値とし、平均比熱は重量平均値とする。また、径方向の平均熱伝導率については、燃料有効部のみ燃料集合体モデルの解析結果を基に設定した等価熱伝導率とし、それ以外の領域においては体積平均値とする。</p> <p>(n)-B-8</p>	<p>B.4 一般の試験条件</p> <p>B.4.1 熱解析モデル</p> <p>B.4.1.1 解析モデル</p> <p>輸送物の熱解析は、ABAQUS コードを用いた有限要素法により行った。解析に用いるモデル及び解析条件を以下に示す。</p> <p>1. 解析に用いる各モデル</p> <p>一般の試験条件における本輸送物の各部位の温度を算出するために、解析モデルとして以下の2種類のモデルを適用した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・三次元 180° 対称全体モデル（以下「全体モデル」という。） ・燃料集合体モデル <p>各解析モデルにおける温度算出部位は次のとおりである。</p> <p>全体モデル ……………上・下部緩衝体表面、胴、外筒、下部端板、一次蓋、二次蓋、三次蓋、一次蓋金属ガスケット、二次蓋金属ガスケット、三次蓋 O リング、一次蓋ボルト、二次蓋ボルト、三次蓋ボルト、蓋部中性子遮蔽材、底部中性子遮蔽材、側部中性子遮蔽材、蓋部中性子遮蔽材カバー、底部中性子遮蔽材カバー、バスケット^(注)、伝熱フィン、トラニオン</p> <p>燃料集合体モデル …… 燃料集合体</p> <p>(注)バスケットは、アルミニウム合金製のバスケットプレート、ほう素添加アルミニウム合金製の中性子吸収材、アルミニウム合金製のバスケットサポートで構成される。本評価におけるバスケットの最高温度は、これらの構成部材の最高温度とする。</p> <p>全体モデルでは、バスケット格子の内側の領域（以下「燃料集合体領域」という。）を燃料集合体構成部材（ジルカロイ、二酸化ウラン、ステンレス鋼、インコネル）及び充填気体（ヘリウム）の均質化領域としてモデル化する。燃料集合体領域の平均密度及び軸方向の平均熱伝導率は体積平均値とし、平均比熱は重量平均値とする。また、径方向の平均熱伝導率については、燃料有効部のみ燃料集合体モデルの解析結果を基に設定した等価熱伝導率とし、それ以外の領域においては体積平均値とする。</p> <p>(n)-B-8</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>全体モデルに入力する崩壊熱量は、軸方向の燃焼度分布を考慮する。</p> <p>燃料集合体の最高温度については、燃料集合体モデルで算出する。燃料集合体モデルでは、燃料棒の領域を構成部材（二酸化ウラン、ジルカロイ）及び封入されていた気体（ヘリウム）の均質化領域としてモデル化する。燃料棒の均質化領域における平均熱伝導率は体積平均値とする。また、制御棒案内シンプル及び炉内計装用案内シンプルについては、燃料棒と同じように均質化領域としてモデル化する。制御棒案内シンプル及び炉内計装用案内シンプルは、燃料棒と同じ形状及び物性値を入力しているが、崩壊熱量は入力しない。</p> <p>一般の試験条件のうち、水噴霧試験では輸送物は変形しないが、自由落下試験、積み重ね試験及び貫通試験では緩衝体に変形が生じる。ただし、一般の試験条件では、緩衝体に変形しないものとする方が収納物の温度及び緩衝体最高温度を高く評価できることを確認したことから、一般の試験条件の熱解析では、輸送物の変形は考慮しない。</p> <p>各解析モデルの形状及び要素分割図を (a)-第 B.1 図～(a)-第 B.4 図に示す。</p> <p>(a)-B-9</p>	<p>全体モデルに入力する崩壊熱量は、軸方向の燃焼度分布を考慮する。</p> <p>燃料集合体の最高温度については、燃料集合体モデルで算出する。燃料集合体モデルでは、燃料棒の領域を構成部材（二酸化ウラン、ジルカロイ）及び封入されていた気体（ヘリウム）の均質化領域としてモデル化する。燃料棒の均質化領域における平均熱伝導率は体積平均値とする。また、制御棒案内シンプル及び炉内計装用案内シンプルについては、燃料棒と同じように均質化領域としてモデル化する。制御棒案内シンプル及び炉内計装用案内シンプルは、燃料棒と同じ形状及び物性値を入力しているが、崩壊熱量は入力しない。</p> <p>一般の試験条件のうち、水噴霧試験では輸送物は変形しないが、自由落下試験、積み重ね試験及び貫通試験では緩衝体に変形が生じる。ただし、一般の試験条件では、緩衝体に変形しないものとする方が収納物の温度及び緩衝体最高温度を高く評価できることを確認したことから、一般の試験条件の熱解析では、輸送物の変形は考慮しない。</p> <p>各解析モデルの形状及び要素分割図を (a)-第 B.1 図～(a)-第 B.4 図に示す。</p> <p>(a)-B-9</p>	



(a)-第 B.1 図 一般の試験条件の全体モデル形状図 (1/4) (17×17 燃料収納時、縦断面図) (単位: mm)

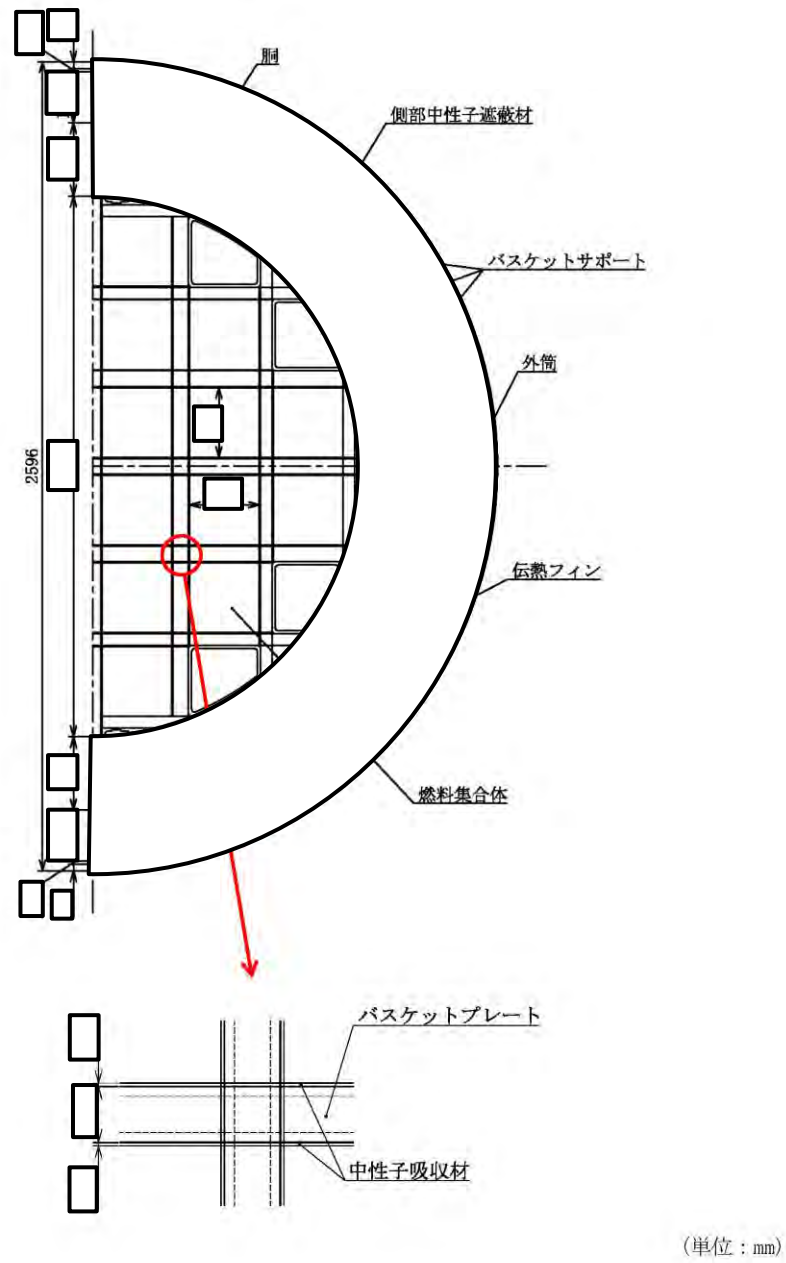
(a)-B-10



(b)-第 B.1 図 一般の試験条件の全体モデル形状図 (1/2) (縦断面図) (単位: mm)

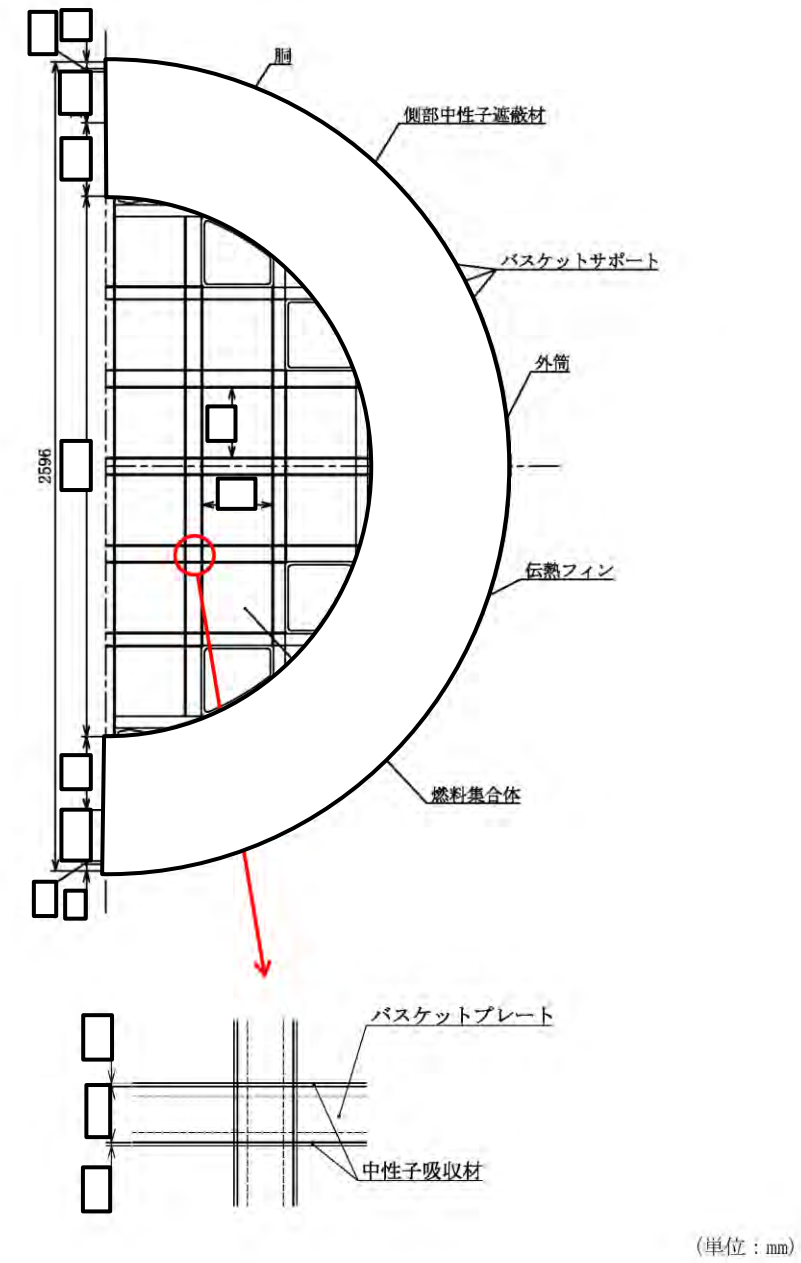
(b)-B-10

15×15 燃料追加に伴う記載の追加



(p)-第 B.1 図 一般の試験条件の全体モデル形状図 (2/4) (17×17 燃料収納時、横断面図)

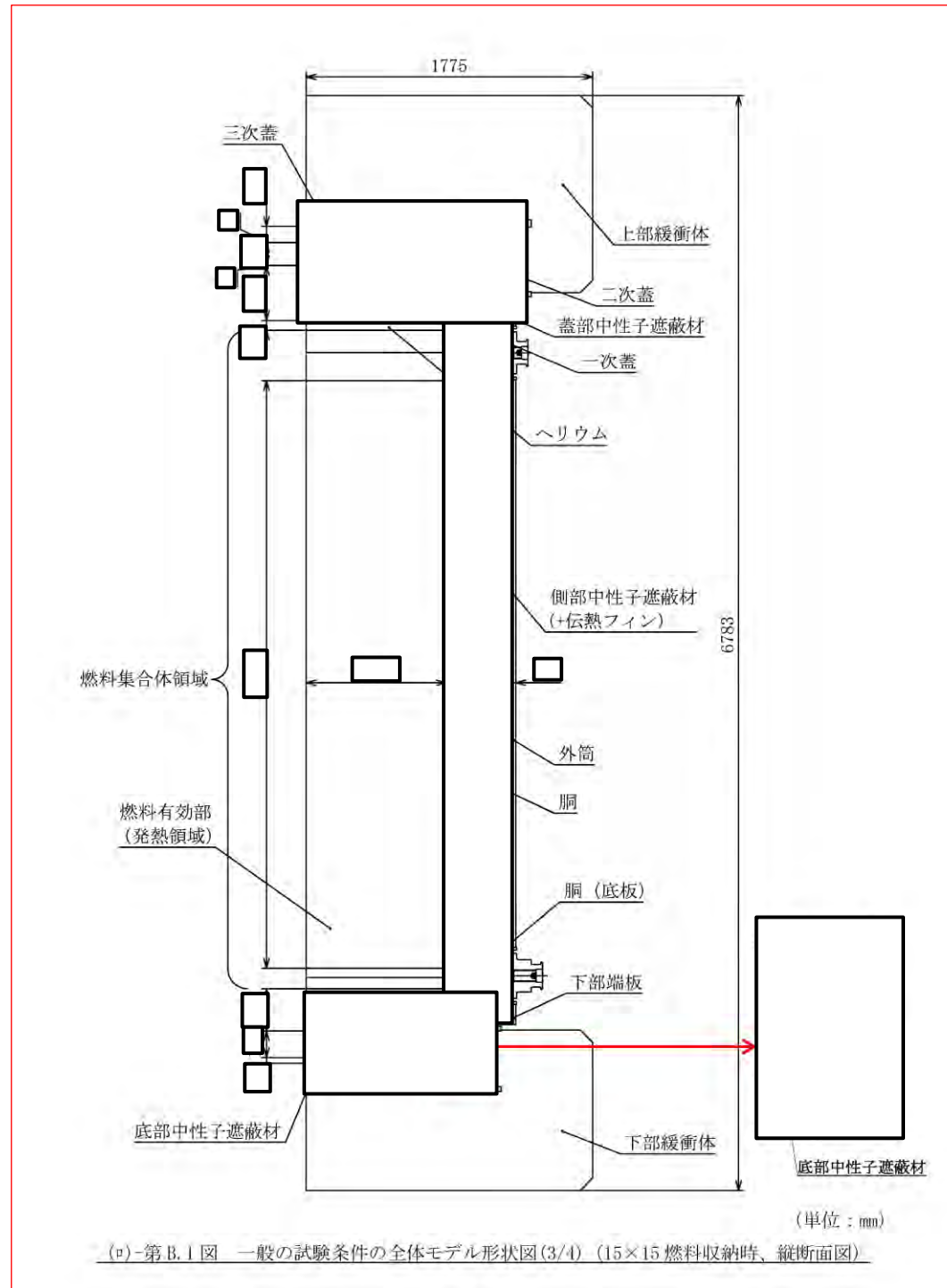
(p)-B-11



(p)-第 B.1 図 一般の試験条件の全体モデル形状図 (2/2) (横断面図)

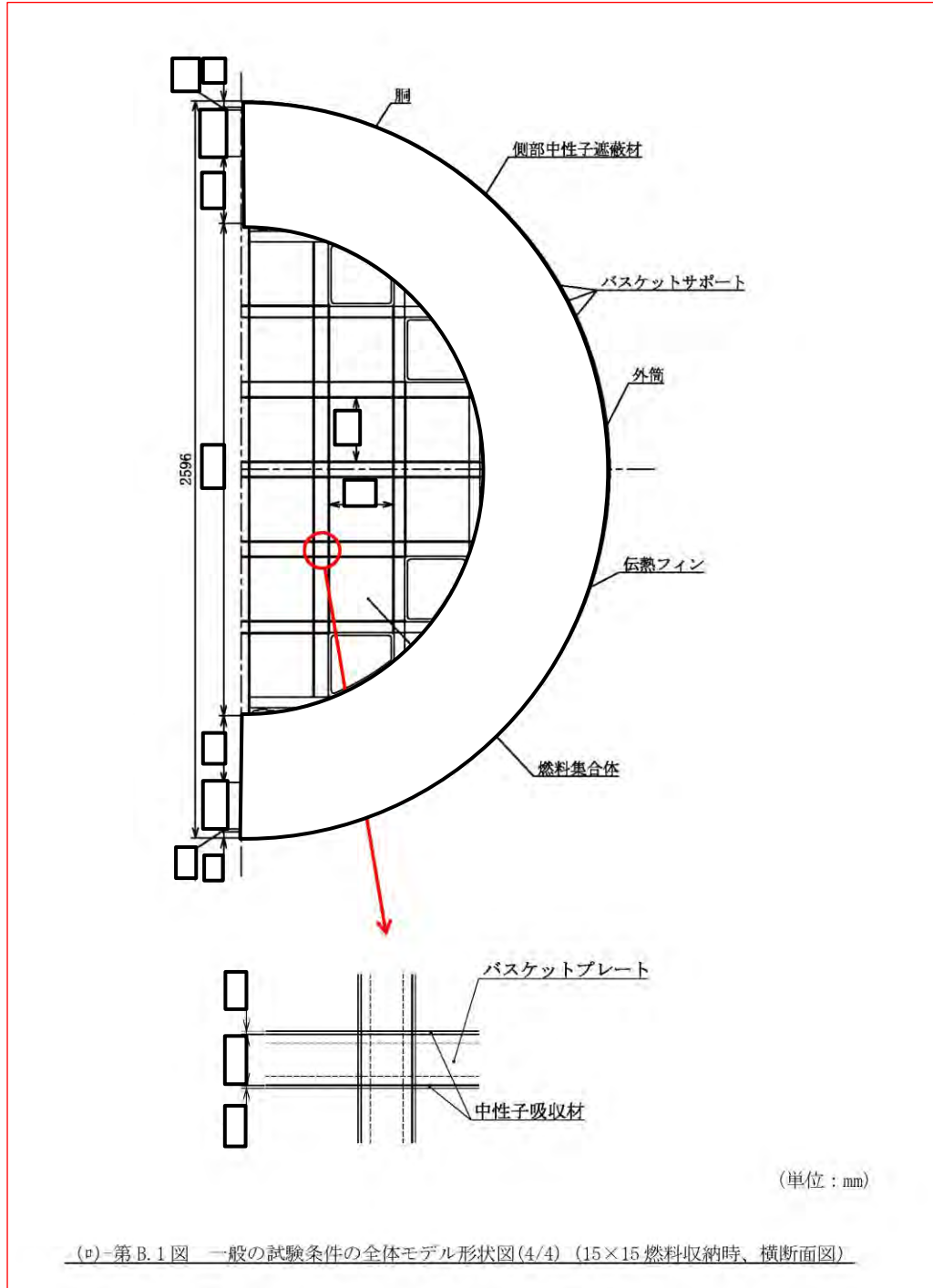
(p)-B-11

15×15 燃料追加に伴う記載の追加



(ロ)-B-12

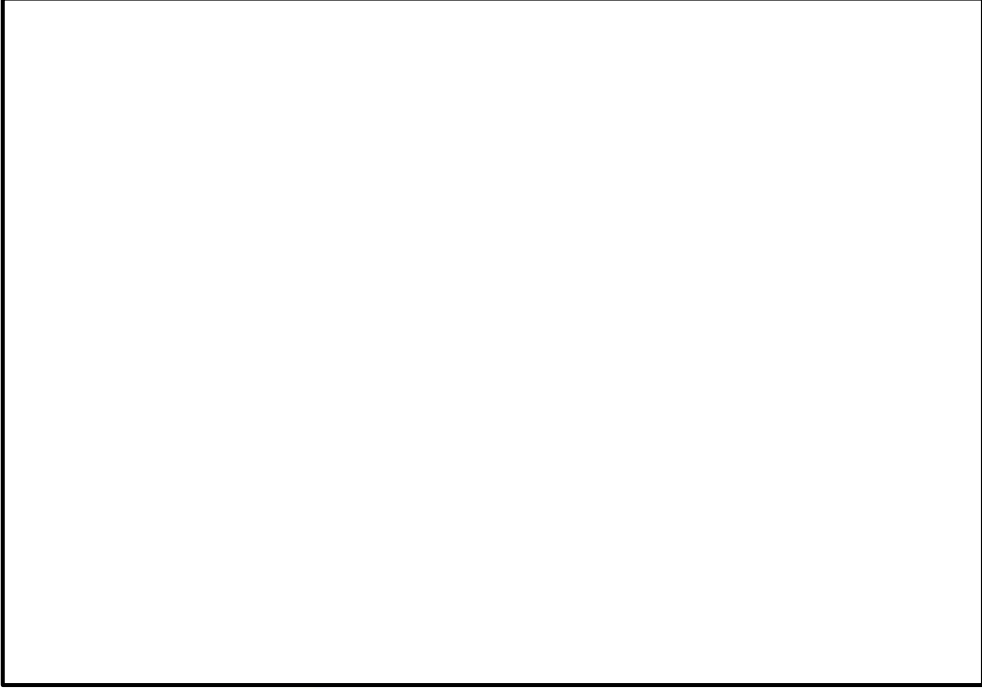
15×15 燃料追加に伴う記載の追加

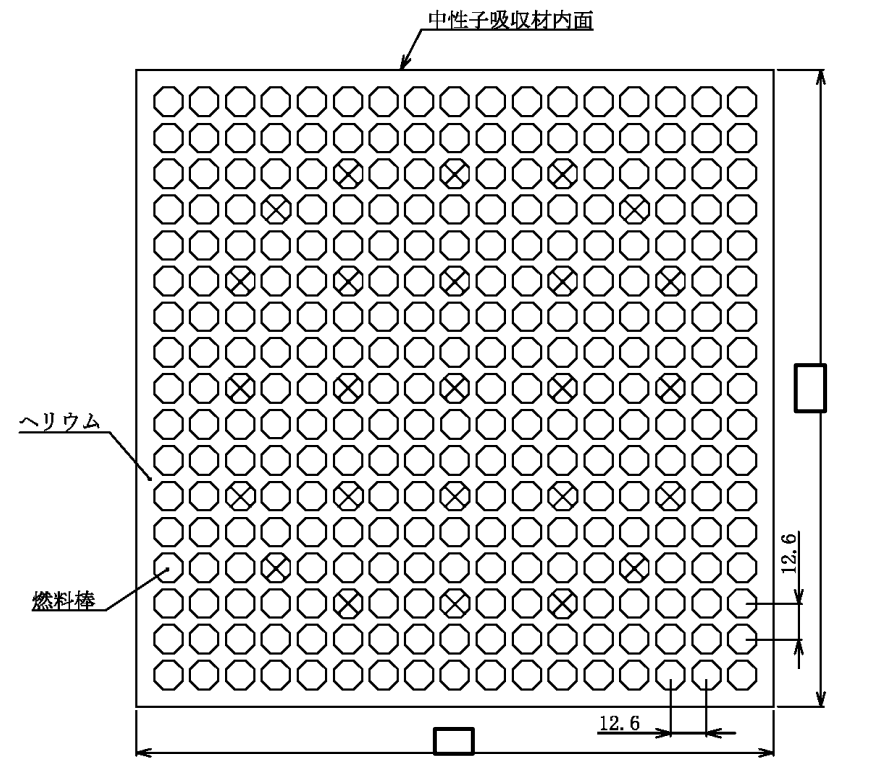


(e)-B-13

15×15燃料追加に伴う記載の追加

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="273 571 1276 1276" style="border: 1px solid black; width: 338px; height: 336px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="427 1291 552 1318">(モデル全体) (バスケット) (燃料集合体領域)</p> <p data-bbox="388 1465 1130 1493">(v)-第 B.2 図 一般の試験条件の全体モデル要素分割図(1/2) (17×17 燃料収納時)</p> <p data-bbox="685 1738 774 1766">(v)-B-14</p>	<div data-bbox="1513 571 2516 1276" style="border: 1px solid black; width: 338px; height: 336px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="1668 1291 1792 1318">(モデル全体) (バスケット) (燃料集合体領域)</p> <p data-bbox="1754 1465 2243 1493">(v)-第 B.2 図 一般の試験条件の全体モデル要素分割図</p> <p data-bbox="1923 1738 2012 1766">(v)-B-12</p>	<p data-bbox="2733 191 2792 218">備考</p> <p data-bbox="2620 1465 2902 1522">15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p>

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="273 571 1249 1514" style="border: 1px solid red; padding: 10px;">  <p style="text-align: center;">(モデル全体) (バスケット) (燃料集合体領域)</p> <p style="text-align: center;">(ロ)-第B.2図 一般の試験条件の全体モデル要素分割図(2/2) (15×15 燃料収納時)</p> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">(ロ)-B-15</p>		<p>15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p>

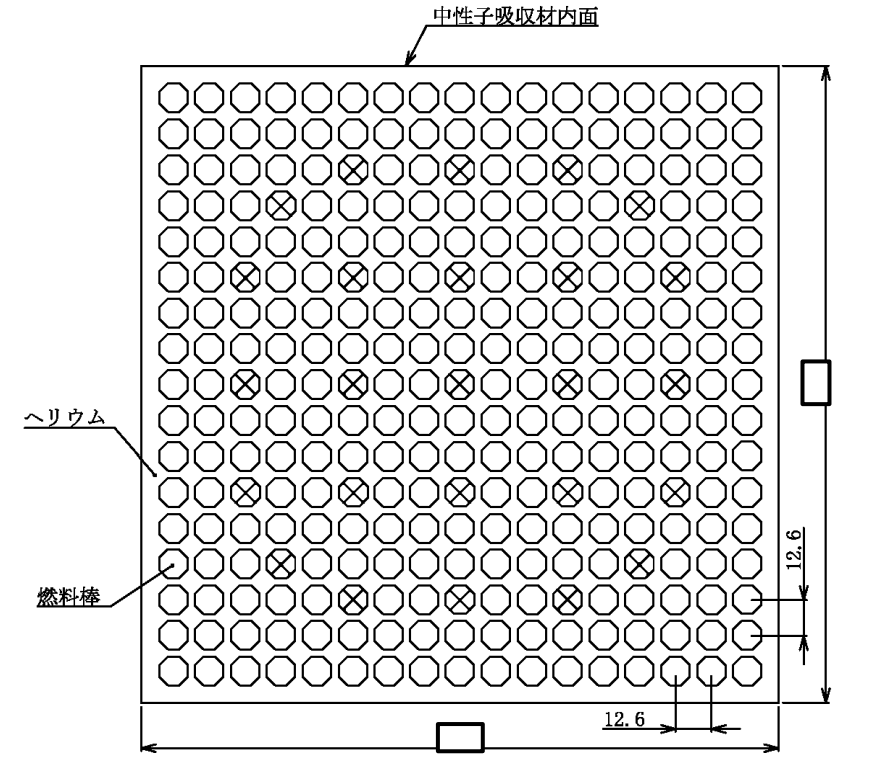


(単位：mm)

(注) ⊗ は制御棒案内シンプル等であり、発熱はない。

(ア)-第 B.3 図 燃料集合体モデル形状図 (1/2) [17×17 燃料]

(ア)-B-16



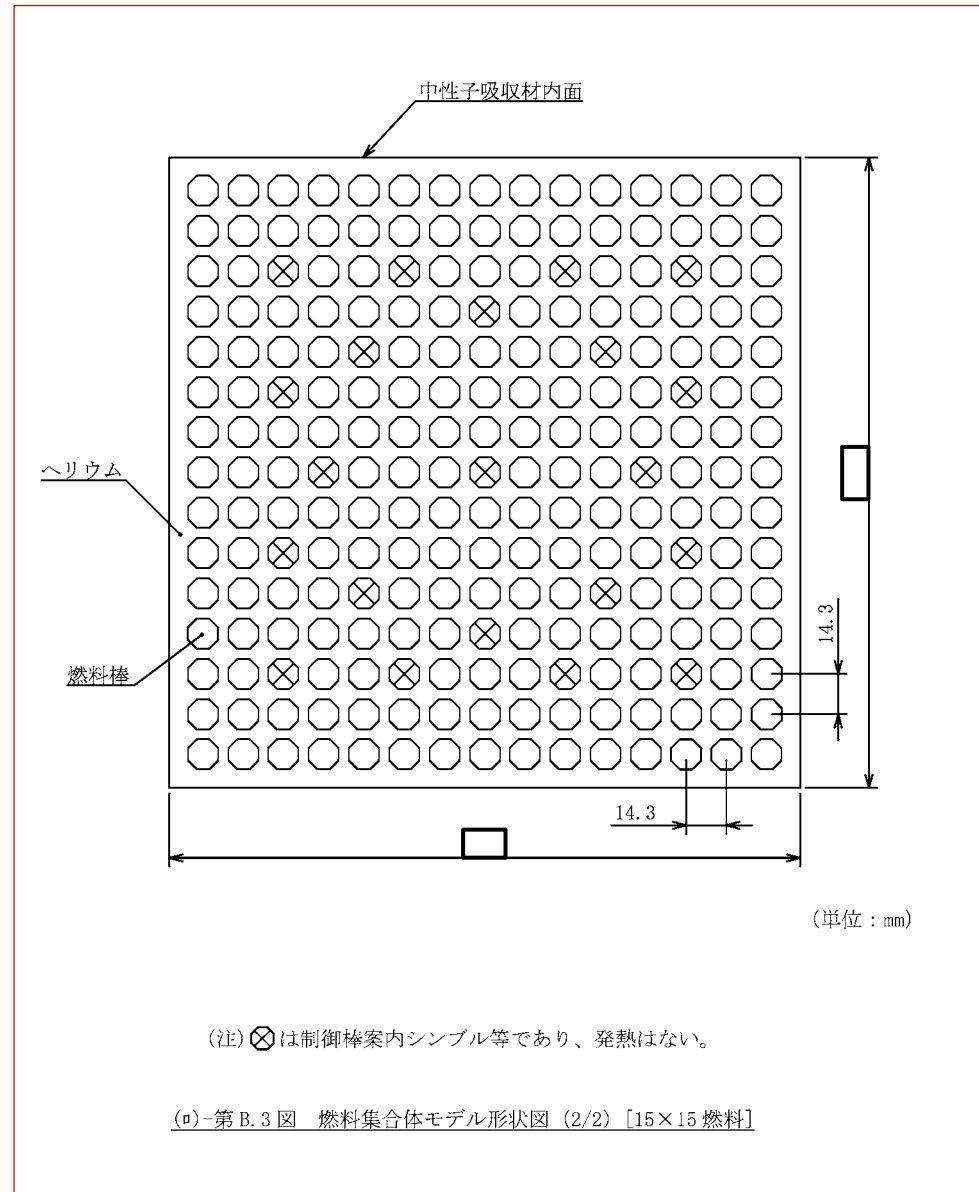
(単位：mm)

(注) ⊗ は制御棒案内シンプル等であり、発熱はない。

(ア)-第 B.3 図 燃料集合体モデル形状図

(ア)-B-13

15×15 燃料追加に伴う記載の追加



15×15 燃料追加に伴う記載の追加

(a)-B-17

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="371 573 1175 1257" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="457 1455 1071 1497" data-label="Caption"> <p>(p)-第 B.4 図 燃料集合体モデル要素分割図 (1/2) [17×17 燃料]</p> </div> <div data-bbox="676 1730 774 1766" data-label="Text"> <p>(p)-B-18</p> </div>	<div data-bbox="1590 562 2395 1247" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1789 1451 2208 1488" data-label="Caption"> <p>(p)-第 B.4 図 燃料集合体モデル要素分割図</p> </div> <div data-bbox="1911 1684 2018 1719" data-label="Text"> <p>(p)-B-14</p> </div>	<div data-bbox="2614 1451 2932 1526" data-label="Text"> <p>15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p> </div>

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="359 522 1160 1549" style="border: 1px solid red; padding: 10px;"> <div data-bbox="388 594 1130 1245" style="border: 1px solid black; height: 300px; width: 250px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="468 1465 1056 1493" style="text-align: center;">(ロ)-第 B.4 図 燃料集合体モデル要素分割図 (2/2) [15×15 燃料]</p> </div> <p data-bbox="685 1738 774 1766" style="text-align: center;">(ロ)-B-19</p>		<p data-bbox="2620 625 2902 688">15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p>

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>2. 解析条件</p> <p>一般の試験条件における解析条件を(□)-第 B.5 表に示す。また、太陽熱放射を(□)-第 B.6 表に示す。各モデルにおいて考慮した解析条件は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 全体モデルにおいては、燃料集合体の軸方向の発熱分布を考慮するために、燃料有効部の範囲を 48 領域に分割した。燃料集合体 24 体あたりの燃料有効部における軸方向崩壊熱量分布を(□)-第 B.5 図に示す。 全体モデルにおいては、中央領域 12 体に最高燃焼度の崩壊熱量を入力した。一方、外周部 12 体には、キャスクに収納する 24 体の崩壊熱量が平均燃焼度の崩壊熱量 24 体分となるように調整した崩壊熱量を入力した。径方向の崩壊熱量設定を(□)-第 B.6 図に示す。 全体モデルにおいては、周囲温度を境界条件として、自然対流熱伝達と放射による放熱を考慮した。 燃料集合体モデルにおいては、全体モデルで算出したバスケット内面温度を境界温度とした。また、崩壊熱量については、燃料棒における単位体積あたりの崩壊熱量を設定した。 <p>(□)-B-20</p>	<p>2. 解析条件</p> <p>一般の試験条件における解析条件を(□)-第 B.5 表に示す。また、太陽熱放射を(□)-第 B.6 表に示す。各モデルにおいて考慮した解析条件は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 全体モデルにおいては、燃料集合体の軸方向の発熱分布を考慮するために、燃料有効部の範囲を 48 領域に分割した。燃料集合体 24 体あたりの燃料有効部における軸方向崩壊熱量分布を(□)-第 B.5 図に示す。 全体モデルにおいては、中央領域 12 体に最高燃焼度の崩壊熱量を入力した。一方、外周部 12 体には、キャスクに収納する 24 体の崩壊熱量が平均燃焼度の崩壊熱量 24 体分となるように調整した崩壊熱量を入力した。径方向の崩壊熱量設定を(□)-第 B.6 図に示す。 全体モデルにおいては、周囲温度を境界条件として、自然対流熱伝達と放射による放熱を考慮した。 燃料集合体モデルにおいては、全体モデルで算出したバスケット内面温度を境界温度とした。また、崩壊熱量については、燃料棒における単位体積あたりの崩壊熱量を設定した。 <p>(□)-B-15</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(a)-第 B.5 表 一般の試験条件の熱解析条件 (1/2) [17×17 燃料収納時]

項目		最高温度 評価条件	人の近づきうる 表面の最高温度 評価条件	最低温度 評価条件
設計崩壊熱量	全体 モデル	[Redacted]	[Redacted]	0 W/体
	中央部			0 W/体
	外周部			0 W/mm ² /本
燃料集合体モデル				0 W/mm ² /本
環境条件	周囲温度	38 °C		-20 °C
	太陽熱放射	あり	なし	
	周囲吸収率	1.0		
輸送容器 表面	放射率	0.8		
	吸収率	0.5	-	
緩衝体、 トランニオン 表面	放射率	0.15		
	吸収率	0.5	-	

(a)-第 B.5 表 一般の試験条件の熱解析条件

項目		最高温度 評価条件	人の近づきうる 表面の最高温度 評価条件	最低温度 評価条件
設計崩壊熱量	全体 モデル	[Redacted]	[Redacted]	0 W/体
	中央部			0 W/体
	外周部			0 W/mm ² /本
燃料集合体モデル				0 W/mm ² /本
環境条件	周囲温度	38 °C		-20 °C
	太陽熱放射	あり	なし	
	周囲吸収率	1.0		
輸送容器 表面	放射率	0.8		
	吸収率	0.5	-	
緩衝体、 トランニオン 表面	放射率	0.15		
	吸収率	0.5	-	

15×15 燃料追加に伴う記載
の追加

(a)-B-21

(ロ)-第 B.5 表 一般の試験条件の熱解析条件 (2/2) [15×15 燃料収納時]

項目		最高温度 評価条件	人の近づきうる 表面の最高温度 評価条件	最低温度 評価条件
設計崩壊熱量	全体 モデル	[]	[]	0 W/体
	中央部 外周部			0 W/体
	燃料集合体モデル			0 W/mm ³ /本
環境条件	周囲温度	38 °C		-20 °C
	太陽熱放射	あり	なし	
	周囲吸収率	1.0		
輸送容器 表面	放射率	0.8		
	吸収率	0.5	-	
緩衝体、 トランニオン 表面	放射率	0.15		
	吸収率	0.5	-	

(ロ)-第 B.6 表 太陽熱放射データ

表面の形状及び位置の区分	太陽の熱放射 (注1) (W/m ²)
垂直に輸送される表面	200
その他の表面 (曲面) (注2)	400

(注1) 技術基準上は一日につき 12 時間の負荷であるが、解析上は連続照射とする。

(注2) 技術基準上は「水平に輸送されない下向きの表面」に対しては 200 W/m²であるが、解析上は安全側にすべての曲面に対して 400 W/m²とする。

(ロ)-B-22

(ロ)-第 B.6 表 太陽熱放射データ

表面の形状及び位置の区分	太陽の熱放射 (注1) (W/m ²)
垂直に輸送される表面	200
その他の表面 (曲面) (注2)	400

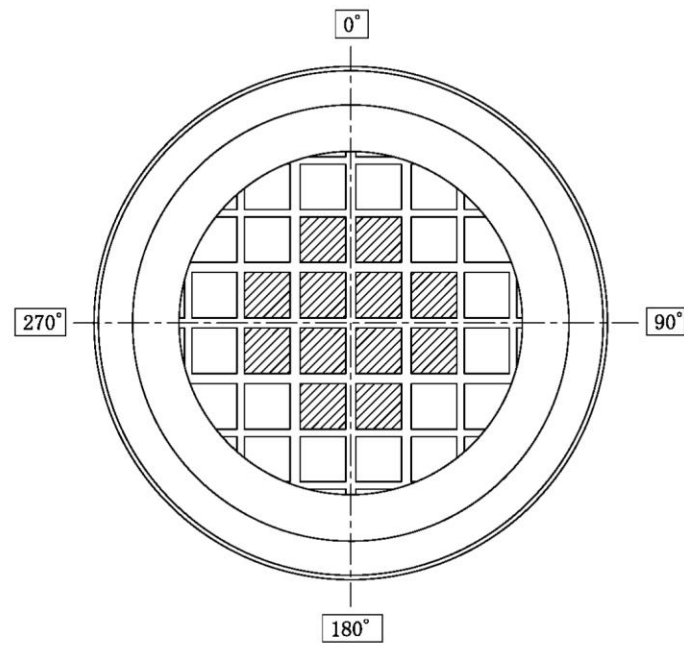
(注1) 技術基準上は一日につき 12 時間の負荷であるが、解析上は連続照射とする。



(注2) 技術基準上は「水平に輸送されない下向きの表面」に対しては 200 W/m²であるが、解析上は安全側にすべての曲面に対して 400 W/m²とする。

(ロ)-B-16

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

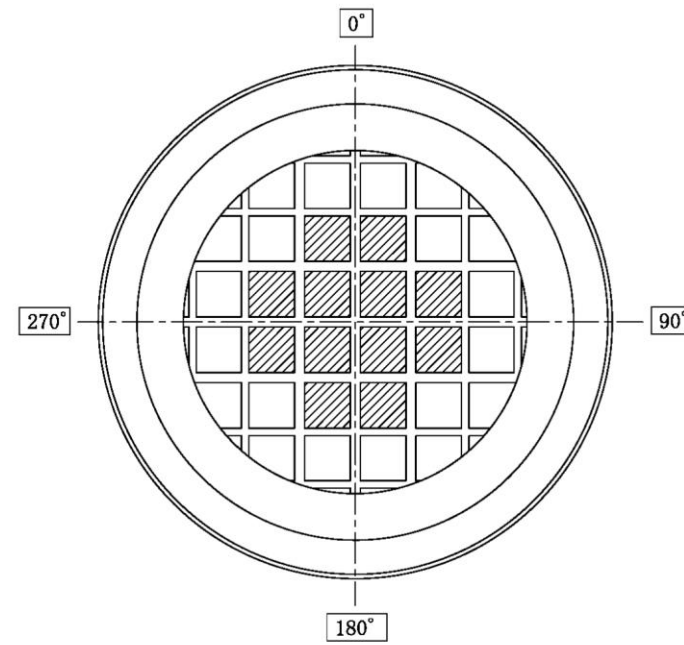
型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="362 424 1187 961" style="border: 1px solid black; width: 278px; height: 256px; margin-bottom: 10px;"></div> <p style="text-align: center;">←上部 軸方向位置 下部→</p> <p>(p)-第 B.5 図 燃料集合体 24 体当りの軸方向崩壊熱量分布 (1/2) [17×17 燃料収納時]</p> <div data-bbox="362 1075 1187 1612" style="border: 1px solid black; width: 278px; height: 256px; margin-bottom: 10px;"></div> <p style="text-align: center;">←上部 軸方向位置 下部→</p> <p>(p)-第 B.5 図 燃料集合体 24 体当りの軸方向崩壊熱量分布 (2/2) [15×15 燃料収納時]</p> <p style="text-align: center;">(p)-B-23</p>	<div data-bbox="1614 424 2439 961" style="border: 1px solid black; width: 278px; height: 256px; margin-bottom: 10px;"></div> <p style="text-align: center;">←上部 軸方向位置 下部→</p> <p style="text-align: center;">(p)-第 B.5 図 燃料集合体 24 体当りの軸方向崩壊熱量分布</p> <p style="text-align: center;">(p)-B-17</p>	<p style="text-align: center;">備考</p> <p>15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p>





-  : 最高燃焼度の崩壊熱量(中央部 12 体)
-  : 平均燃焼度の崩壊熱量 (24 体分) から中央部の最高燃焼度の崩壊熱量 (12 体分) を差し引き、外周部の収納体数 (12 体) で平均化した崩壊熱量

(□)-第 B.6 図 径方向の崩壊熱量設定

(□)-B-24



-  : 最高燃焼度の崩壊熱量(中央部 12 体)
-  : 平均燃焼度の崩壊熱量 (24 体分) から中央部の最高燃焼度の崩壊熱量 (12 体分) を差し引き、外周部の収納体数 (12 体) で平均化した崩壊熱量

(□)-第 B.6 図 径方向の崩壊熱量設定

(□)-B-18

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>B.4.1.2 試験モデル 該当なし。</p> <p>B.4.2 最高温度 一般の試験条件における、B.4.1に記載した解析モデル及び条件に基づいて求めた輸送物各部の最高温度を(□)-第B.7表に示す。 また、一般の試験条件において太陽熱放射のある場合の輸送物とその収納物の各部の温度分布を(□)-第B.7図及び(□)-第B.8図に示す。さらに、太陽熱放射のない場合の輸送物各部の温度分布を(□)-第B.9図に示す。 一般の試験条件において、各部の温度はB.3に示す使用可能温度を超えることはない。一方、太陽熱放射のない場合に人が容易に近づきうる表面としては、(□)-第B.7表に示すように緩衝体表面は82℃であり、基準値の85℃以下であるが、外筒外面及びトラニオン温度はそれぞれ90℃及び103℃であり85℃を超える。ただし、外筒及びトラニオン部には必要に応じ近接防止金網(66℃以下(B.6.3参照))を取り付けて輸送するため^(注)、人が容易に近づきうる表面の温度は全て85℃以下である。</p> <hr/> <p>(注)輸送中の衝撃等により近接防止金網の脱落等が生じた場合、再取付けをする等の対策を施した上で、輸送に供するものとする。</p> <p>(□)-B-25</p>	<p>B.4.1.2 試験モデル 該当なし。</p> <p>B.4.2 最高温度 一般の試験条件における、B.4.1に記載した解析モデル及び条件に基づいて求めた輸送物各部の最高温度を(□)-第B.7表に示す。 また、一般の試験条件において太陽熱放射のある場合の輸送物とその収納物の各部の温度分布を(□)-第B.7図及び(□)-第B.8図に示す。さらに、太陽熱放射のない場合の輸送物各部の温度分布を(□)-第B.9図に示す。 一般の試験条件において、各部の温度はB.3に示す使用可能温度を超えることはない。一方、太陽熱放射のない場合に人が容易に近づきうる表面としては、(□)-第B.7表に示すように緩衝体表面は82℃であり、基準値の85℃以下であるが、外筒外面及びトラニオン温度はそれぞれ90℃及び103℃であり85℃を超える。ただし、外筒及びトラニオン部には必要に応じ近接防止金網(66℃以下(B.6.3参照))を取り付けて輸送するため^(注)、人が容易に近づきうる表面の温度は全て85℃以下である。</p> <hr/> <p>(注)輸送中の衝撃等により近接防止金網の脱落等が生じた場合、再取付けをする等の対策を施した上で、輸送に供するものとする。</p> <p>(□)-B-19</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(a)-第 B.7 表 一般の試験条件における最高温度 (1/2) [17×17 燃料収納時]

(単位：℃)

部位	最高温度評価条件 (太陽熱放射あり)	人の近づきうる表面の 最高温度評価条件 (太陽熱放射なし)
緩衝体表面	99	82
外筒	114	90 (注)
下部端板	115	99
伝熱フィン	115	100
側部中性子遮蔽材	117	102
蓋部中性子遮蔽材	110	94
底部中性子遮蔽材	127	111
胴 (底板)	133	118
胴 (本体部)	121	106
胴 (フランジ部)	111	95
一次蓋	110	94
二次蓋	105	89
三次蓋	103	87
一次蓋ボルト	109	94
二次蓋ボルト	105	89
三次蓋ボルト	103	87
一次蓋金属ガスケット	109	93
二次蓋金属ガスケット	105	89
三次蓋 O リング	103	86
蓋部中性子遮蔽材カバー	108	92
底部中性子遮蔽材カバー	117	101
トラニオン	118	103
バスケット	177	163
燃料集合体	206	193

(注) 外筒外面の最高温度

(a)-B-26

(a)-第 B.7 表 一般の試験条件における最高温度 (単位：℃)

部位	最高温度評価条件 (太陽熱放射あり)	人の近づきうる表面の 最高温度評価条件 (太陽熱放射なし)
緩衝体表面	99	82
外筒	114	90 (注)
下部端板	115	99
伝熱フィン	115	100
側部中性子遮蔽材	117	102
蓋部中性子遮蔽材	110	94
底部中性子遮蔽材	127	111
胴 (底板)	133	118
胴 (本体部)	121	106
胴 (フランジ部)	111	95
一次蓋	110	94
二次蓋	105	89
三次蓋	103	87
一次蓋ボルト	109	94
二次蓋ボルト	105	89
三次蓋ボルト	103	87
一次蓋金属ガスケット	109	93
二次蓋金属ガスケット	105	89
三次蓋 O リング	103	86
蓋部中性子遮蔽材カバー	108	92
底部中性子遮蔽材カバー	117	101
トラニオン	118	103
バスケット	177	163
燃料集合体	206	193

(注) 外筒外面の最高温度

(a)-B-20

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

(ロ)-第 B.7 表 一般の試験条件における最高温度 (2/2) [15×15 燃料収納時]





(単位：℃)

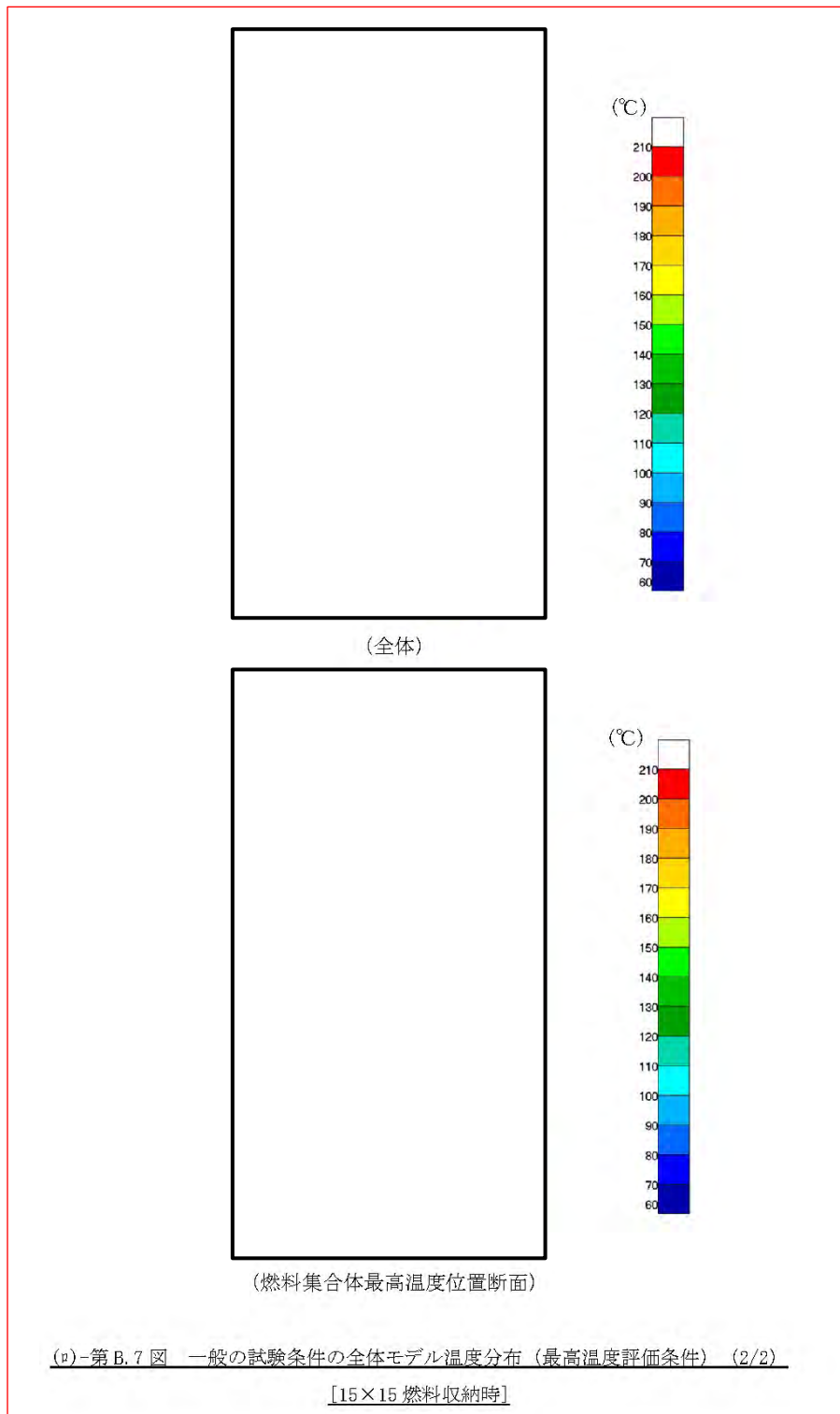
部位	最高温度評価条件 (太陽熱放射あり)	人の近づきうる表面の 最高温度評価条件 (太陽熱放射なし)
緩衝体表面	99	82
外筒	114	90 (注)
下部端板	115	99
伝熱フィン	115	100
側部中性子遮蔽材	117	102
蓋部中性子遮蔽材	110	94
底部中性子遮蔽材	126	111
胴 (底板)	133	118
胴 (本体部)	121	106
胴 (フランジ部)	111	95
一次蓋	110	94
二次蓋	105	89
三次蓋	103	87
一次蓋ボルト	110	94
二次蓋ボルト	105	89
三次蓋ボルト	103	87
一次蓋金属ガスケット	109	93
二次蓋金属ガスケット	105	89
三次蓋 Oリング	103	86
蓋部中性子遮蔽材カバー	108	92
底部中性子遮蔽材カバー	117	101
トラニオン	118	103
バスケット	178	163
燃料集合体	206	193

(注)外筒外面の最高温度

(ロ)-B-27

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

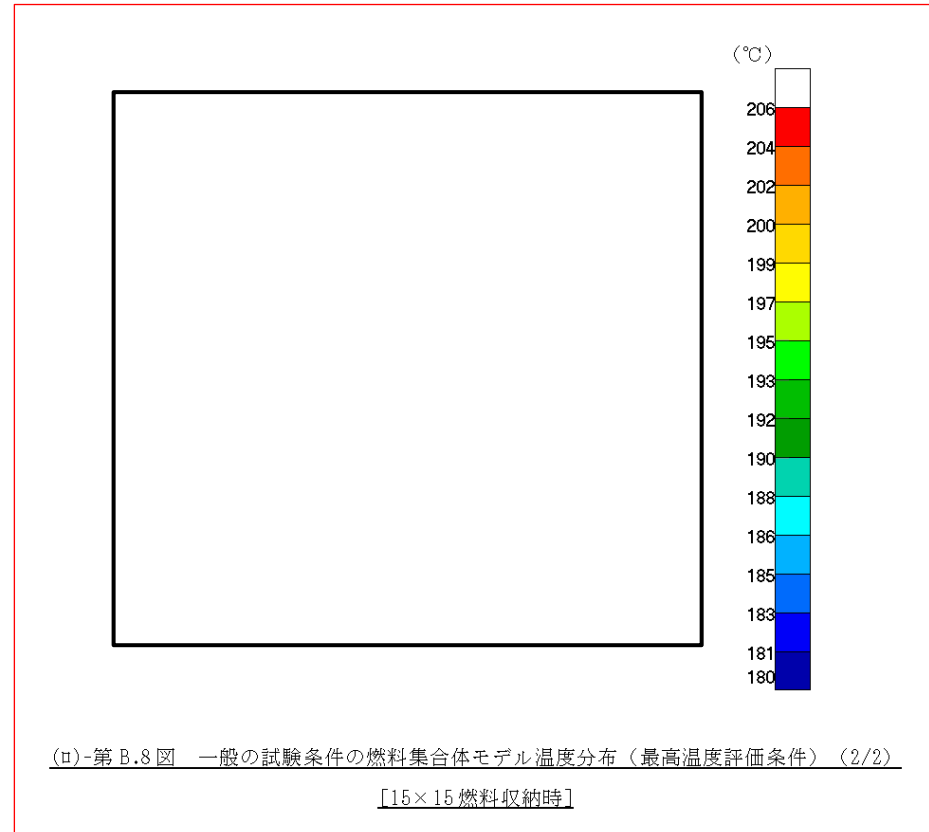
型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div style="text-align: center;">  <p>(全体)</p>  <p>(燃料集合体最高温度位置断面)</p> <p>(a)-第 B.7 図 一般の試験条件の全体モデル温度分布 (最高温度評価条件) (1/2)</p> <p>[17×17 燃料収納時]</p> <p>(a)-B-28</p> </div>	<div style="text-align: center;">  <p>(全体)</p>  <p>(燃料集合体最高温度位置断面)</p> <p>(a)-第 B.7 図 一般の試験条件の全体モデル温度分布 (最高温度評価条件)</p> <p>(a)-B-21</p> </div>	<p>15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p>



(a)-B-29

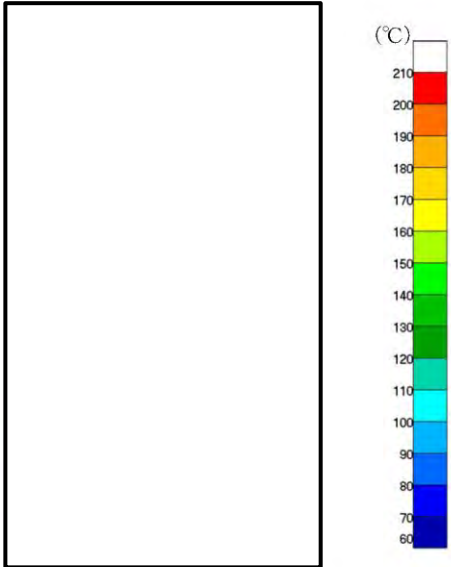
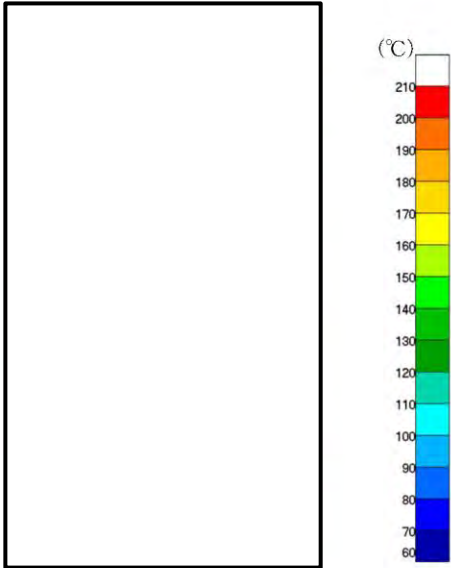
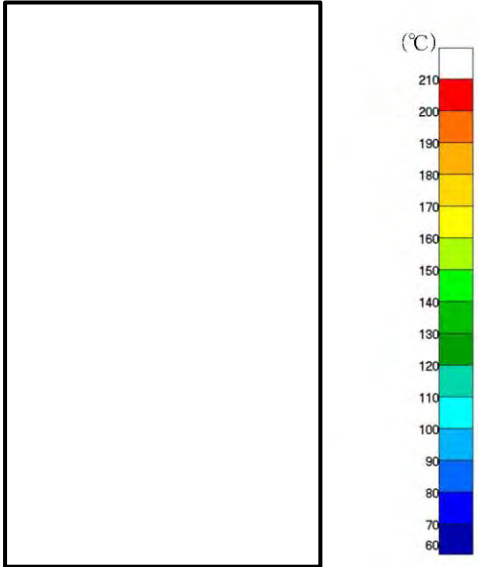
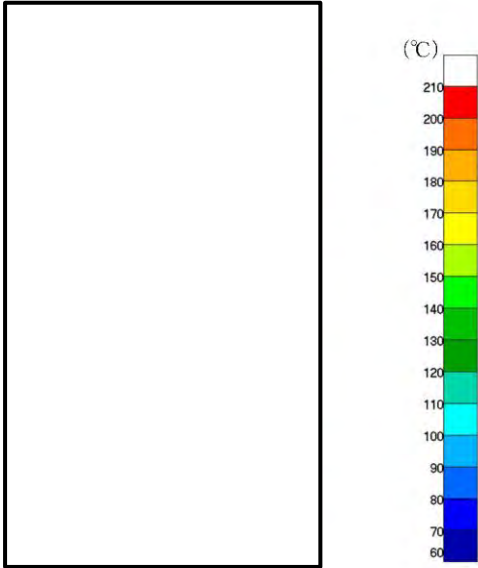
15×15 燃料追加に伴う記載の追加

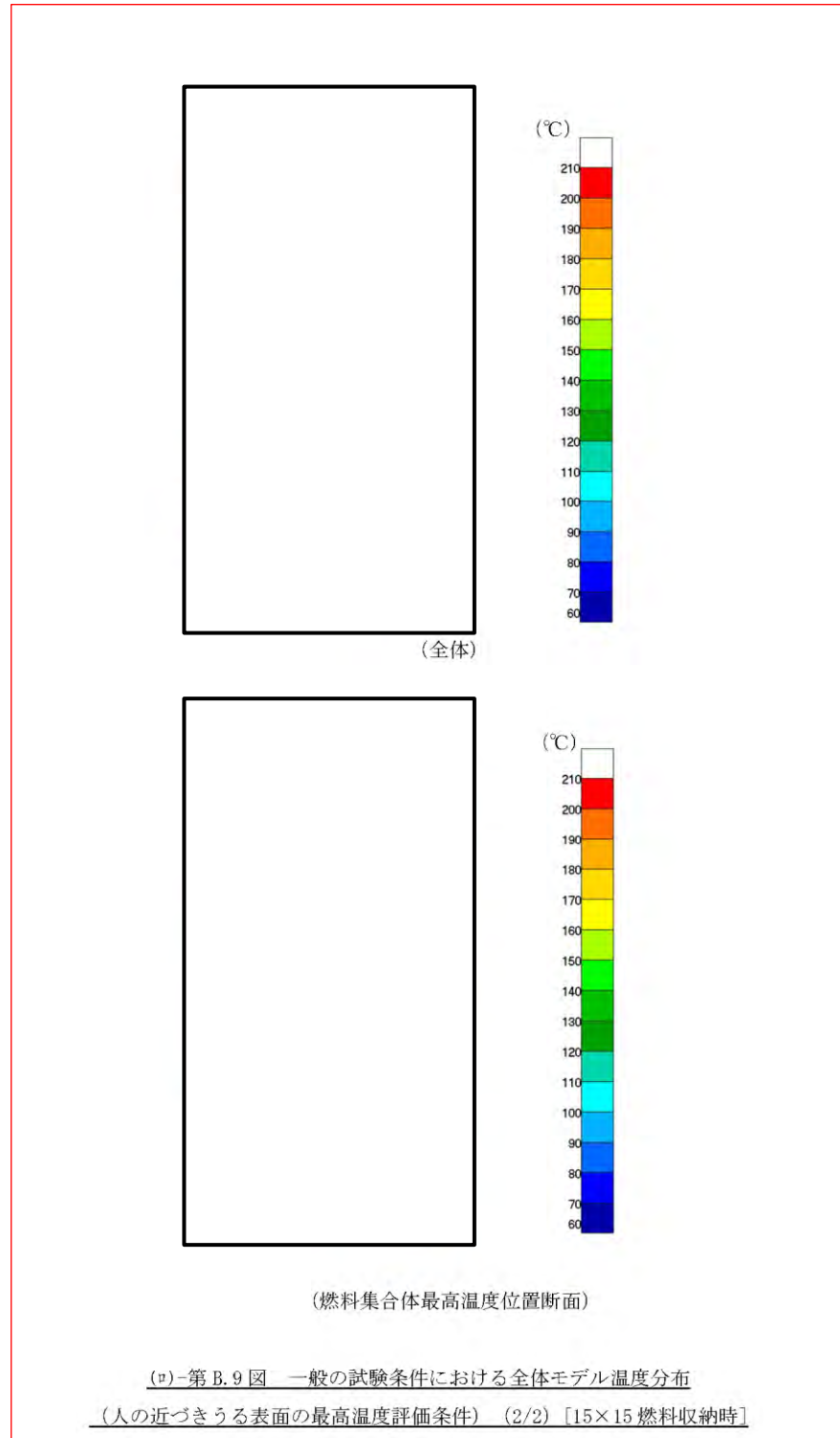
型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="439 472 1113 1071" style="text-align: center;"> </div> <p data-bbox="362 1123 1163 1155">(D)-第 B.8 図 一般の試験条件の燃料集合体モデル温度分布 (最高温度評価条件) (1/2)</p> <p data-bbox="667 1165 854 1192">[17×17 燃料収納時]</p> <p data-bbox="688 1732 771 1759">(D)-B-30</p>	<div data-bbox="1676 472 2350 1071" style="text-align: center;"> </div> <p data-bbox="1638 1123 2368 1155">(D)-第 B.8 図 一般の試験条件の燃料集合体モデル温度分布 (最高温度評価条件)</p> <p data-bbox="1935 1732 2018 1759">(D)-B-22</p>	<p data-bbox="2617 1108 2902 1171">15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p>



15×15 燃料追加に伴う記載の追加

(ロ)-B-31

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div style="text-align: center;">  <p>(全体)</p>  <p>(燃料集合体最高温度位置断面)</p> <p>(a)-第 B.9 図 一般の試験条件における全体モデル温度分布 (人の近づきうる表面の最高温度評価条件) (1/2) [17×17 燃料収納時]</p> <p>(a)-B-32</p> </div>	<div style="text-align: center;">  <p>(全体)</p>  <p>(燃料集合体最高温度位置断面)</p> <p>(a)-第 B.9 図 一般の試験条件における全体モデル温度分布 (人の近づきうる表面の最高温度評価条件)</p> <p>(a)-B-23</p> </div>	<p>15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p>



(ア)-B-33

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>B.4.3 最低温度</p> <p>本輸送物の最低温度評価条件は、(a)-第 B.5 表で示したとおり、周囲温度が-20 °Cであり、また、太陽熱放射がなく崩壊熱量が 0 kW であるため、輸送物の全部位が-20 °Cに達するが、輸送物の健全性に問題はない。また、本輸送物は乾式であり、胴内はヘリウムが充填されるため凍結することはない。</p> <p>B.4.4 最大内圧</p> <p>一般の試験条件において輸送物に最大内圧が生じる条件は、(a)-第 B.5 表で示した最高温度評価条件であり、この条件における一次蓋と胴で構成される空間の圧力（以下「胴内圧」という。）、一次蓋と二次蓋で構成される空間の圧力（以下「一二次蓋間圧力」という。）、二次蓋と三次蓋で構成される空間の圧力（以下「二三次蓋間圧力」という。）、及び三次蓋と胴で構成される密封装置の圧力（以下「三次蓋-胴内圧力」という。）の計算方法及び計算結果を以下に示す。</p> <p>なお、A.5 にて述べたように、燃料棒は一般の試験条件において破損しないため、燃料棒の破損による圧力上昇はない。また、17×17 燃料収納時及び 15×15 燃料収納時で内圧の計算に使用する条件が同じであるため、17×17 燃料収納時及び 15×15 燃料収納時の内圧は同じである。</p> <p>1. 胴内圧</p> <p>輸送物の内部には、輸送に先立ち燃料集合体を収納した後、所定の圧力となるまでヘリウムが充填される。一般の試験条件におけるヘリウムの温度を保守側に燃料集合体最高温度とすると、胴内圧は以下のとおり求められる。</p> $P_0 = P_{c0} \frac{T_{0nor}}{T_{c0}}$ <p>ここで、</p> <p>P_0 : 一般の試験条件における胴内圧 (MPa)</p> <p>P_{c0} : 胴内ヘリウムの初期充填圧力 (MPa)</p> <p>T_{0nor} : 一般の試験条件における胴内ヘリウムの温度 (燃料集合体最高温度) (K)</p> <p>T_{c0} : 胴内ヘリウムの初期温度 (K)</p> <p>計算条件と計算結果を(a)-第 B.8 表に示す。なお、設計評価期間における一二次蓋間ヘリウムの胴内への漏えいは十分に小さいため、漏えいを考慮しても胴内圧は負圧が維持される。</p> <p>(a)-B-34</p>	<p>B.4.3 最低温度</p> <p>本輸送物の最低温度評価条件は、(a)-第 B.5 表で示したとおり、周囲温度が-20 °Cであり、また、太陽熱放射がなく崩壊熱量が 0 kW であるため、輸送物の全部位が-20 °Cに達するが、輸送物の健全性に問題はない。また、本輸送物は乾式であり、胴内はヘリウムが充填されるため凍結することはない。</p> <p>B.4.4 最大内圧</p> <p>一般の試験条件において輸送物に最大内圧が生じる条件は、(a)-第 B.5 表で示した最高温度評価条件であり、この条件における一次蓋と胴で構成される空間の圧力（以下「胴内圧」という。）、一次蓋と二次蓋で構成される空間の圧力（以下「一二次蓋間圧力」という。）、二次蓋と三次蓋で構成される空間の圧力（以下「二三次蓋間圧力」という。）、及び三次蓋と胴で構成される密封装置の圧力（以下「三次蓋-胴内圧力」という。）の計算方法及び計算結果を以下に示す。</p> <p>なお、A.5 にて述べたように、燃料棒は一般の試験条件において破損しないため、燃料棒の破損による圧力上昇はない。</p> <p>1. 胴内圧</p> <p>輸送物の内部には、輸送に先立ち燃料集合体を収納した後、所定の圧力となるまでヘリウムが充填される。一般の試験条件におけるヘリウムの温度を保守側に燃料集合体最高温度とすると、胴内圧は以下のとおり求められる。</p> $P_0 = P_{c0} \frac{T_{0nor}}{T_{c0}}$ <p>ここで、</p> <p>P_0 : 一般の試験条件における胴内圧 (MPa)</p> <p>P_{c0} : 胴内ヘリウムの初期充填圧力 (MPa)</p> <p>T_{0nor} : 一般の試験条件における胴内ヘリウムの温度 (燃料集合体最高温度) (K)</p> <p>T_{c0} : 胴内ヘリウムの初期温度 (K)</p> <p>計算条件と計算結果を(a)-第 B.8 表に示す。なお、設計評価期間における一二次蓋間ヘリウムの胴内への漏えいは十分に小さいため、漏えいを考慮しても胴内圧は負圧が維持される。</p> <p>(a)-B-24</p>	<p>備考</p> <p>15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p>

(a)-第 B.8 表 一般の試験条件における胴内圧計算条件及び計算結果

項目	記号	単位	数値等
胴内ヘリウムの初期充填圧力	P_{e0}	MPa	0.0477
一般の試験条件における胴内ヘリウムの温度	T_{0nor}	K	479.15 (206 °C)
胴内ヘリウムの初期温度	T_{e0}	K	293.15 (20 °C)
一般の試験条件における胴内圧	P_0	MPa	0.0780 (-0.0233 MPaG)

2. 一二次蓋間圧力

一次蓋と二次蓋の間には、二次蓋取付け後、所定の圧力となるまでヘリウムが充填される。一般の試験条件におけるヘリウムの温度を保守側に一二次蓋間ヘリウムの最高温度とすると、一二次蓋間圧力は以下のとおり求められる。

$$P_1 = P_{10} \frac{T_{1nor}}{T_{10}}$$

ここで、

P_1 : 一般の試験条件における一二次蓋間圧力 (MPa)

P_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力 (MPa)

T_{1nor} : 一般の試験条件における一二次蓋間ヘリウムの温度
(一二次蓋間ヘリウムの最高温度) (K)

T_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期温度 (K)

計算条件と計算結果を (a)-第 B.9 表に示す。

(a)-第 B.9 表 一般の試験条件における一二次蓋間圧力計算条件及び計算結果

項目	記号	単位	数値等
一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力	P_{10}	MPa	0.300
一般の試験条件における一二次蓋間ヘリウムの温度	T_{1nor}	K	381.15 (108 °C)
一二次蓋間ヘリウムの初期温度	T_{10}	K	293.15 (20 °C)
一般の試験条件における一二次蓋間圧力	P_1	MPa	0.390 (0.289 MPaG)

(a)-B-35

(a)-第 B.8 表 一般の試験条件における胴内圧計算条件及び計算結果

項目	記号	単位	数値等
胴内ヘリウムの初期充填圧力	P_{e0}	MPa	0.0477
一般の試験条件における胴内ヘリウムの温度	T_{0nor}	K	479.15 (206 °C)
胴内ヘリウムの初期温度	T_{e0}	K	293.15 (20 °C)
一般の試験条件における胴内圧	P_0	MPa	0.0780 (-0.0233 MPaG)

2. 一二次蓋間圧力

一次蓋と二次蓋の間には、二次蓋取付け後、所定の圧力となるまでヘリウムが充填される。一般の試験条件におけるヘリウムの温度を保守側に一二次蓋間ヘリウムの最高温度とすると、一二次蓋間圧力は以下のとおり求められる。

$$P_1 = P_{10} \frac{T_{1nor}}{T_{10}}$$

ここで、

P_1 : 一般の試験条件における一二次蓋間圧力 (MPa)

P_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力 (MPa)

T_{1nor} : 一般の試験条件における一二次蓋間ヘリウムの温度
(一二次蓋間ヘリウムの最高温度) (K)

T_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期温度 (K)

計算条件と計算結果を (a)-第 B.9 表に示す。

(a)-第 B.9 表 一般の試験条件における一二次蓋間圧力計算条件及び計算結果

項目	記号	単位	数値等
一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力	P_{10}	MPa	0.300
一般の試験条件における一二次蓋間ヘリウムの温度	T_{1nor}	K	381.15 (108 °C)
一二次蓋間ヘリウムの初期温度	T_{10}	K	293.15 (20 °C)
一般の試験条件における一二次蓋間圧力	P_1	MPa	0.390 (0.289 MPaG)

(a)-B-25

3. 二三次蓋間圧力

三次蓋取付け時における二三次蓋間の雰囲気は常温、大気圧の空気とし、一般の試験条件における空気の温度は、保守側に二三次蓋間空気の最高温度とする。また、保守側に二次蓋の密封性が失われ一二次蓋間ヘリウムが二三次蓋間に漏えいすると仮定すると、二三次蓋間圧力は以下のとおり求められる。

$$P_2 = \frac{P_{10} V_1 \frac{T_{1nor}}{T_{10}} + P_{20} V_2 \frac{T_{1nor}}{T_{20}}}{V_1 + V_2}$$

ここで、

P_2 : 一般の試験条件における二三次蓋間圧力 (MPa)

P_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力 (MPa)

P_{20} : 二三次蓋間空気の初期圧力 (大気圧) (MPa)

V_1 : 一二次蓋間体積 (m^3)

V_2 : 二三次蓋間体積 (m^3)

T_{1nor} : 一般の試験条件における一二次蓋間ヘリウムの温度
(一二次蓋間ヘリウムの最高温度) (K)

T_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期温度 (K)

T_{20} : 三次蓋取付け時における二三次蓋間空気の初期温度 (K)

計算条件と計算結果を(ウ)-第 B.10 表に示す。なお、この圧力は三次蓋取付け時の周囲温度が仮に-20℃であった場合には空気の密度が大きくなるため、約 4%増加する可能性があるが、構造評価は保守的にこれを包絡する圧力で評価している。

(ウ)-第 B.10 表 一般の試験条件における二三次蓋間圧力計算条件及び計算結果

項目	記号	単位	数値等
一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力	P_{10}	MPa	0.300
二三次蓋間空気の初期圧力 (大気圧)	P_{20}	MPa	0.101325
一二次蓋間体積	V_1	m^3	<input type="text"/>
二三次蓋間体積	V_2	m^3	<input type="text"/>
一般の試験条件における一二次蓋間ヘリウムの温度	T_{1nor}	K	381.15(108℃)
一二次蓋間ヘリウムの初期温度	T_{10}	K	293.15(20℃)
三次蓋取付け時における二三次蓋間空気の初期温度	T_{20}	K	293.15(20℃)
一般の試験条件における二三次蓋間圧力	P_2	MPa	0.253 (0.152 MPaG)

(ウ)-B-36

3. 二三次蓋間圧力

三次蓋取付け時における二三次蓋間の雰囲気は常温、大気圧の空気とし、一般の試験条件における空気の温度は、保守側に二三次蓋間空気の最高温度とする。また、保守側に二次蓋の密封性が失われ一二次蓋間ヘリウムが二三次蓋間に漏えいすると仮定すると、二三次蓋間圧力は以下のとおり求められる。

$$P_2 = \frac{P_{10} V_1 \frac{T_{1nor}}{T_{10}} + P_{20} V_2 \frac{T_{1nor}}{T_{20}}}{V_1 + V_2}$$

ここで、

P_2 : 一般の試験条件における二三次蓋間圧力 (MPa)

P_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力 (MPa)

P_{20} : 二三次蓋間空気の初期圧力 (大気圧) (MPa)

V_1 : 一二次蓋間体積 (m^3)

V_2 : 二三次蓋間体積 (m^3)

T_{1nor} : 一般の試験条件における一二次蓋間ヘリウムの温度
(一二次蓋間ヘリウムの最高温度) (K)

T_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期温度 (K)

T_{20} : 三次蓋取付け時における二三次蓋間空気の初期温度 (K)

計算条件と計算結果を(ウ)-第 B.10 表に示す。なお、この圧力は三次蓋取付け時の周囲温度が仮に-20℃であった場合には空気の密度が大きくなるため、約 4%増加する可能性があるが、構造評価は保守的にこれを包絡する圧力で評価している。

(ウ)-第 B.10 表 一般の試験条件における二三次蓋間圧力計算条件及び計算結果

項目	記号	単位	数値等
一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力	P_{10}	MPa	0.300
二三次蓋間空気の初期圧力 (大気圧)	P_{20}	MPa	0.101325
一二次蓋間体積	V_1	m^3	<input type="text"/>
二三次蓋間体積	V_2	m^3	<input type="text"/>
一般の試験条件における一二次蓋間ヘリウムの温度	T_{1nor}	K	381.15(108℃)
一二次蓋間ヘリウムの初期温度	T_{10}	K	293.15(20℃)
三次蓋取付け時における二三次蓋間空気の初期温度	T_{20}	K	293.15(20℃)
一般の試験条件における二三次蓋間圧力	P_2	MPa	0.253 (0.152 MPaG)

(ウ)-B-26

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>4. 三次蓋－胴内圧力</p> <p>保守側に一次蓋及び二次蓋の密封性が失われ、一二次蓋間に充填されたヘリウム及び二三次蓋間空気が胴内に漏えいすると仮定すると、三次蓋－胴内圧力は、以下のとおり求められる。</p> $P_3 = \frac{P_{10}V_1 \frac{T_{0nor}}{T_{10}} + P_{20}V_2 \frac{T_{0nor}}{T_{20}} + P_{c0}V_c \frac{T_{0nor}}{T_{c0}}}{V_1 + V_2 + V_c}$ <p>ここで、</p> <p>P_3 : 一般の試験条件における三次蓋－胴内圧力 (MPa)</p> <p>P_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力 (MPa)</p> <p>P_{20} : 二三次蓋間空気の初期圧力 (大気圧) (MPa)</p> <p>P_{c0} : 胴内ヘリウムの初期充填圧力 (MPa)</p> <p>V_1 : 一二次蓋間体積 (m³)</p> <p>V_2 : 二三次蓋間体積 (m³)</p> <p>V_c : 胴内体積 (m³)</p> <p>T_{0nor} : 一般の試験条件における胴内ヘリウムの温度 (燃料集合体最高温度) (K)</p> <p>T_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期温度 (K)</p> <p>T_{20} : 三次蓋取付け時における二三次蓋間空気の初期温度 (K)</p> <p>T_{c0} : 胴内ヘリウムの初期温度 (K)</p> <p>計算条件と計算結果を(□)-第 B.11 表に示す。</p> <p style="text-align: center;">(□)-B-37</p>	<p>4. 三次蓋－胴内圧力</p> <p>保守側に一次蓋及び二次蓋の密封性が失われ、一二次蓋間に充填されたヘリウム及び二三次蓋間空気が胴内に漏えいすると仮定すると、三次蓋－胴内圧力は、以下のとおり求められる。</p> $P_3 = \frac{P_{10}V_1 \frac{T_{0nor}}{T_{10}} + P_{20}V_2 \frac{T_{0nor}}{T_{20}} + P_{c0}V_c \frac{T_{0nor}}{T_{c0}}}{V_1 + V_2 + V_c}$ <p>ここで、</p> <p>P_3 : 一般の試験条件における三次蓋－胴内圧力 (MPa)</p> <p>P_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力 (MPa)</p> <p>P_{20} : 二三次蓋間空気の初期圧力 (大気圧) (MPa)</p> <p>P_{c0} : 胴内ヘリウムの初期充填圧力 (MPa)</p> <p>V_1 : 一二次蓋間体積 (m³)</p> <p>V_2 : 二三次蓋間体積 (m³)</p> <p>V_c : 胴内体積 (m³)</p> <p>T_{0nor} : 一般の試験条件における胴内ヘリウムの温度 (燃料集合体最高温度) (K)</p> <p>T_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期温度 (K)</p> <p>T_{20} : 三次蓋取付け時における二三次蓋間空気の初期温度 (K)</p> <p>T_{c0} : 胴内ヘリウムの初期温度 (K)</p> <p>計算条件と計算結果を(□)-第 B.11 表に示す。</p> <p style="text-align: center;">(□)-B-27</p>	

(□)-第 B.11 表 一般の試験条件における三次蓋-胴内圧力計算条件及び計算結果

項目	記号	単位	数値等
一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力	P_{10}	MPa	0.300
二三次蓋間空気の初期圧力 (大気圧)	P_{20}	MPa	0.101325
胴内ヘリウムの初期充填圧力	P_{c0}	MPa	0.0477
一二次蓋間体積	V_1	m^3	<input type="text"/>
二三次蓋間体積	V_2	m^3	<input type="text"/>
胴内体積	V_c	m^3	<input type="text"/>
一般の試験条件における 胴内ヘリウムの温度	T_{0nor}	K	479.15 (206 °C)
一二次蓋間ヘリウムの初期温度	T_{10}	K	293.15 (20 °C)
三次蓋取付け時における 二三次蓋間空気の初期温度	T_{20}	K	293.15 (20 °C)
胴内ヘリウムの初期温度	T_{c0}	K	293.15 (20 °C)
一般の試験条件における 三次蓋-胴内圧力	P_3	MPa	0.0822 (-0.0191 MPaG)

B.4.5 最大熱応力

一般の試験条件においては輸送物に熱応力が生じるが、A.5.1 に示すようにいずれも評価基準を下回る。

(□)-B-38

(□)-第 B.11 表 一般の試験条件における三次蓋-胴内圧力計算条件及び計算結果

項目	記号	単位	数値等
一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力	P_{10}	MPa	0.300
二三次蓋間空気の初期圧力 (大気圧)	P_{20}	MPa	0.101325
胴内ヘリウムの初期充填圧力	P_{c0}	MPa	0.0477
一二次蓋間体積	V_1	m^3	<input type="text"/>
二三次蓋間体積	V_2	m^3	<input type="text"/>
胴内体積	V_c	m^3	<input type="text"/>
一般の試験条件における 胴内ヘリウムの温度	T_{0nor}	K	479.15 (206 °C)
一二次蓋間ヘリウムの初期温度	T_{10}	K	293.15 (20 °C)
三次蓋取付け時における 二三次蓋間空気の初期温度	T_{20}	K	293.15 (20 °C)
胴内ヘリウムの初期温度	T_{c0}	K	293.15 (20 °C)
一般の試験条件における 三次蓋-胴内圧力	P_3	MPa	0.0822 (-0.0191 MPaG)

B.4.5 最大熱応力

一般の試験条件においては輸送物に熱応力が生じるが、A.5.1 に示すようにいずれも評価基準を下回る。

(□)-B-28

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>B.4.6 結果の要約及びその評価</p> <p>一般の試験条件における熱解析結果の要約及びその評価を(ロ)-第 B.12 表に示す。本輸送物は以下のとおり一般の試験条件の基準を満足している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最高温度評価条件において、17×17 燃料収納時及び 15×15 燃料収納時における三次蓋 0 リングの最高温度は 103 ℃であり、使用可能温度 150 ℃を超えることはない。 ・最高温度評価条件において、17×17 燃料収納時及び 15×15 燃料収納時における一次蓋金属ガスケット及び二次蓋金属ガスケットの最高温度はそれぞれ 110 ℃及び 105 ℃であり、使用可能温度 130 ℃を超えることはない。 ・最高温度評価条件において、側部中性子遮蔽材、蓋部中性子遮蔽材、及び底部中性子遮蔽材の最高温度は 17×17 燃料収納時では 127 ℃、15×15 燃料収納時では 126℃であり、使用可能温度である 149 ℃を超えることはない。 ・最高温度評価条件において、上記を除く構成材料についても、健全性に悪影響を及ぼすような温度には到達しない。 ・人が近づきうる表面の最高温度評価条件において、17×17 燃料収納時及び 15×15 燃料収納時における容易に人が近づきうる部位としての緩衝体表面の最高温度は 82 ℃であり、基準値の 85 ℃を超えることはない。一方、17×17 燃料収納時及び 15×15 燃料収納時における外筒外面及びトラニオン温度はそれぞれ 90 ℃及び 103 ℃であり 85 ℃を超えているが、外筒及びトラニオン部には必要に応じ近接防止金網を取り付けて輸送するため、人が容易に近づきうる表面の温度は 85 ℃以下である。 ・最低温度評価条件において、周囲温度が-20 ℃で、太陽熱放射がなく崩壊熱量が 0 kW であるため、すべての部位が-20 ℃に達するが、輸送物の健全性に問題はない。 <p>(ロ)-B-39</p>	<p>B.4.6 結果の要約及びその評価</p> <p>一般の試験条件における熱解析結果の要約及びその評価を(ロ)-第 B.12 表に示す。本輸送物は以下のとおり一般の試験条件の基準を満足している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最高温度評価条件において、三次蓋 0 リングの最高温度は 103 ℃であり、使用可能温度 150 ℃を超えることはない。 ・最高温度評価条件において、一次蓋金属ガスケット及び二次蓋金属ガスケットの最高温度はそれぞれ 110 ℃及び 105 ℃であり、使用可能温度 130 ℃を超えることはない。 ・最高温度評価条件において、側部中性子遮蔽材、蓋部中性子遮蔽材、及び底部中性子遮蔽材の最高温度は 127 ℃であり、使用可能温度である 149 ℃を超えることはない。 ・最高温度評価条件において、上記を除く構成材料についても、健全性に悪影響を及ぼすような温度には到達しない。 ・人が近づきうる表面の最高温度評価条件において、容易に人が近づきうる部位としての緩衝体表面の最高温度は 82 ℃であり、基準値の 85 ℃を超えることはない。一方、外筒外面及びトラニオン温度はそれぞれ 90 ℃及び 103 ℃であり 85 ℃を超えているが、外筒及びトラニオン部には必要に応じ近接防止金網を取り付けて輸送するため、人が容易に近づきうる表面の温度は 85 ℃以下である。 ・最低温度評価条件において、周囲温度が-20 ℃で、太陽熱放射がなく崩壊熱量が 0 kW であるため、すべての部位が-20 ℃に達するが、輸送物の健全性に問題はない。 <p>(ロ)-B-29</p>	<p>備考</p> <p>15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p> <p>同上</p> <p>同上</p> <p>同上</p> <p>同上</p>

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(ロ)-第 B.12 表 一般の試験条件の熱解析結果の要約及びその評価 (1/3)

[17×17 燃料収納時]

項目	結果 [°C]	基準値 [°C]	評価結果	他の解析への条件
最高温度				
燃料集合体	206	275 ¹⁶⁾	基準値以下	構造解析では □°Cを使用 ^(注1)
バスケット	177	250 ¹⁷⁾	基準値以下	構造解析では □°Cを使用 ^(注1)
中性子遮蔽材	127 ^(注2)	149 ⁷⁾	基準値以下	—
一次蓋金属ガスケット	110 ^(注3)	130 ¹³⁾	基準値以下	—
二次蓋金属ガスケット	105 ^(注4)	130 ¹³⁾	基準値以下	—
三次蓋 O リング	103 ^(注5)	150 ¹¹⁾	基準値以下	—
外筒	114	350 ¹⁸⁾	基準値以下	構造解析では □°Cを使用 ^(注1)
胴	133	350 ¹⁸⁾	基準値以下	構造解析では □°Cを使用 ^(注1)
近接表面 ^(注6)	82 ^(注7)	85	基準値以下	—
最低温度	輸送物の全部位 が-20 °C	胴内の凍結 なし	胴内雰囲気がヘ リウムであるた め凍結しない	—

(注1) 構造解析における熱応力算出では、容器全体の温度分布を入力するが、(ロ)-第 B.12 表には、許容値及び内圧計算に使用する温度を代表として示している。なお、この温度は熱解析結果に裕度をみて設定した温度である。

(注2) 蓋部中性子遮蔽材、底部中性子遮蔽材及び側部中性子遮蔽材のうち、最高となる温度。

(注3) 保守側に評価するため、一次蓋の最高温度とする。

(注4) 保守側に評価するため、二次蓋の最高温度とする。

(注5) 保守側に評価するため、三次蓋の最高温度とする。

(注6) 一般の試験条件のうち、人が近づきうる表面の最高温度評価条件における評価結果である。
なお、外筒外面及びトラニオン温度はそれぞれ 90 °C 及び 103 °C であり 85 °C を超えているが、外筒及びトラニオン部には必要に応じ近接防止金網 (66°C 以下 (B.6.3 参照)) を取り付けて輸送するため、人が容易に近づきうる表面の温度は 85 °C 以下である。

(注7) 緩衝体表面の最高温度。

(ロ)-B-40

(ロ)-第 B.12 表 一般の試験条件の熱解析結果の要約及びその評価 (1/2)

項目	結果 [°C]	基準値 [°C]	評価結果	他の解析への条件
最高温度				
燃料集合体	206	275 ¹⁶⁾	基準値以下	構造解析では □°Cを使用 ^(注1)
バスケット	177	250 ¹⁷⁾	基準値以下	構造解析では □°Cを使用 ^(注1)
中性子遮蔽材	127 ^(注2)	149 ⁷⁾	基準値以下	—
一次蓋金属ガスケット	110 ^(注3)	130 ¹³⁾	基準値以下	—
二次蓋金属ガスケット	105 ^(注4)	130 ¹³⁾	基準値以下	—
三次蓋 O リング	103 ^(注5)	150 ¹¹⁾	基準値以下	—
外筒	114	350 ¹⁸⁾	基準値以下	構造解析では □°Cを使用 ^(注1)
胴	133	350 ¹⁸⁾	基準値以下	構造解析では □°Cを使用 ^(注1)
近接表面 ^(注6)	82 ^(注7)	85	基準値以下	—
最低温度	輸送物の全部位 が-20 °C	胴内の凍結 なし	胴内雰囲気がヘ リウムであるた め凍結しない	—

(注1) 構造解析における熱応力算出では、容器全体の温度分布を入力するが、(ロ)-第 B.12 表には、許容値及び内圧計算に使用する温度を代表として示している。なお、この温度は熱解析結果に裕度をみて設定した温度である。

(注2) 蓋部中性子遮蔽材、底部中性子遮蔽材及び側部中性子遮蔽材のうち、最高となる温度。

(注3) 保守側に評価するため、一次蓋の最高温度とする。

(注4) 保守側に評価するため、二次蓋の最高温度とする。

(注5) 保守側に評価するため、三次蓋の最高温度とする。

(注6) 一般の試験条件のうち、人が近づきうる表面の最高温度評価条件における評価結果である。
なお、外筒外面及びトラニオン温度はそれぞれ 90 °C 及び 103 °C であり 85 °C を超えているが、外筒及びトラニオン部には必要に応じ近接防止金網 (66°C 以下 (B.6.3 参照)) を取り付けて輸送するため、人が容易に近づきうる表面の温度は 85 °C 以下である。

(注7) 緩衝体表面の最高温度。

(ロ)-B-30

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

(ロ)-第 B.12 表 一般の試験条件の熱解析結果の要約及びその評価 (2/3)

[15×15 燃料収納時]

項目	結果 [°C]	基準値 [°C]	評価結果	他の解析への条件
最高温度				
燃料集合体	206	275 ¹⁶⁾	基準値以下	構造解析では □を使用 ^(注1)
バスケット	178	250 ¹⁷⁾	基準値以下	構造解析では □を使用 ^(注1)
中性子遮蔽材	126 ^(注2)	149 ⁷⁾	基準値以下	—
一次蓋金属ガスケット	110 ^(注3)	130 ¹³⁾	基準値以下	—
二次蓋金属ガスケット	105 ^(注4)	130 ¹³⁾	基準値以下	—
三次蓋 O リング	103 ^(注5)	150 ¹¹⁾	基準値以下	—
外筒	114	350 ¹⁸⁾	基準値以下	構造解析では □を使用 ^(注1)
胴	133	350 ¹⁸⁾	基準値以下	構造解析では □を使用 ^(注1)
近接表面 ^(注6)	82 ^(注7)	85	基準値以下	—
最低温度	輸送物の全部位 が-20 °C	胴内の凍結 なし	胴内雰囲気がヘ リウムであるた め凍結しない	—

(注1) 構造解析における熱応力算出では、容器全体の温度分布を入力するが、(ロ)-第 B.12 表には、許容値及び内圧計算に使用する温度を代表として示している。なお、この温度は熱解析結果に裕度をみて設定した温度である。

(注2) 蓋部中性子遮蔽材、底部中性子遮蔽材及び側部中性子遮蔽材のうち、最高となる温度。

(注3) 保守側に評価するため、一次蓋の最高温度とする。

(注4) 保守側に評価するため、二次蓋の最高温度とする。

(注5) 保守側に評価するため、三次蓋の最高温度とする。

(注6) 一般の試験条件のうち、人が近づきうる表面の最高温度評価条件における評価結果である。
なお、外筒外面及びトラニオン温度はそれぞれ 90 °C 及び 103 °C であり 85 °C を超えているが、外筒及びトラニオン部には必要に応じ近接防止金網 (66°C 以下 (B.6.3 参照)) を取り付けて輸送するため、人が容易に近づきうる表面の温度は 85 °C 以下である。

(注7) 緩衝体表面の最高温度。

(ロ)-B-41

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(a)-第 B. 12 表 一般の試験条件の熱解析結果の要約及びその評価 (3/3)

項目	結果 [MPa]	基準値 [MPa]	評価	他の解析への条件
最大内圧 胴内圧	0.0780 (-0.0233 MPaG)	—	設計評価期間中のヘリウム内部への漏えいを考慮しても 0.097 MPa ^(注) 未満	構造解析では -0.101325 MPaG を使用
一二次蓋間圧力	0.390 (0.289 MPaG)	—	—	構造解析では 0.31 MPaG を使用
二三次蓋間圧力	0.253 (0.152 MPaG)	—	—	構造解析では 0.19 MPaG を使用
三次蓋-胴内圧力	0.0822 (-0.0191 MPaG)	—	設計評価期間中のヘリウム内部への漏えいを考慮しても 0.097 MPa ^(注) 未満	—

(注) 気象変化による圧力変動 (±0.004 MPa) を考慮した大気圧。

(a)-B-42

(a)-第 B. 12 表 一般の試験条件の熱解析結果の要約及びその評価 (2/2)

項目	結果 [MPa]	基準値 [MPa]	評価	他の解析への条件
最大内圧 胴内圧	0.0780 (-0.0233 MPaG)	—	設計評価期間中のヘリウム内部への漏えいを考慮しても 0.097 MPa ^(注) 未満	構造解析では -0.101325 MPaG を使用
一二次蓋間圧力	0.390 (0.289 MPaG)	—	—	構造解析では 0.31 MPaG を使用
二三次蓋間圧力	0.253 (0.152 MPaG)	—	—	構造解析では 0.19 MPaG を使用
三次蓋-胴内圧力	0.0822 (-0.0191 MPaG)	—	設計評価期間中のヘリウム内部への漏えいを考慮しても 0.097 MPa ^(注) 未満	—

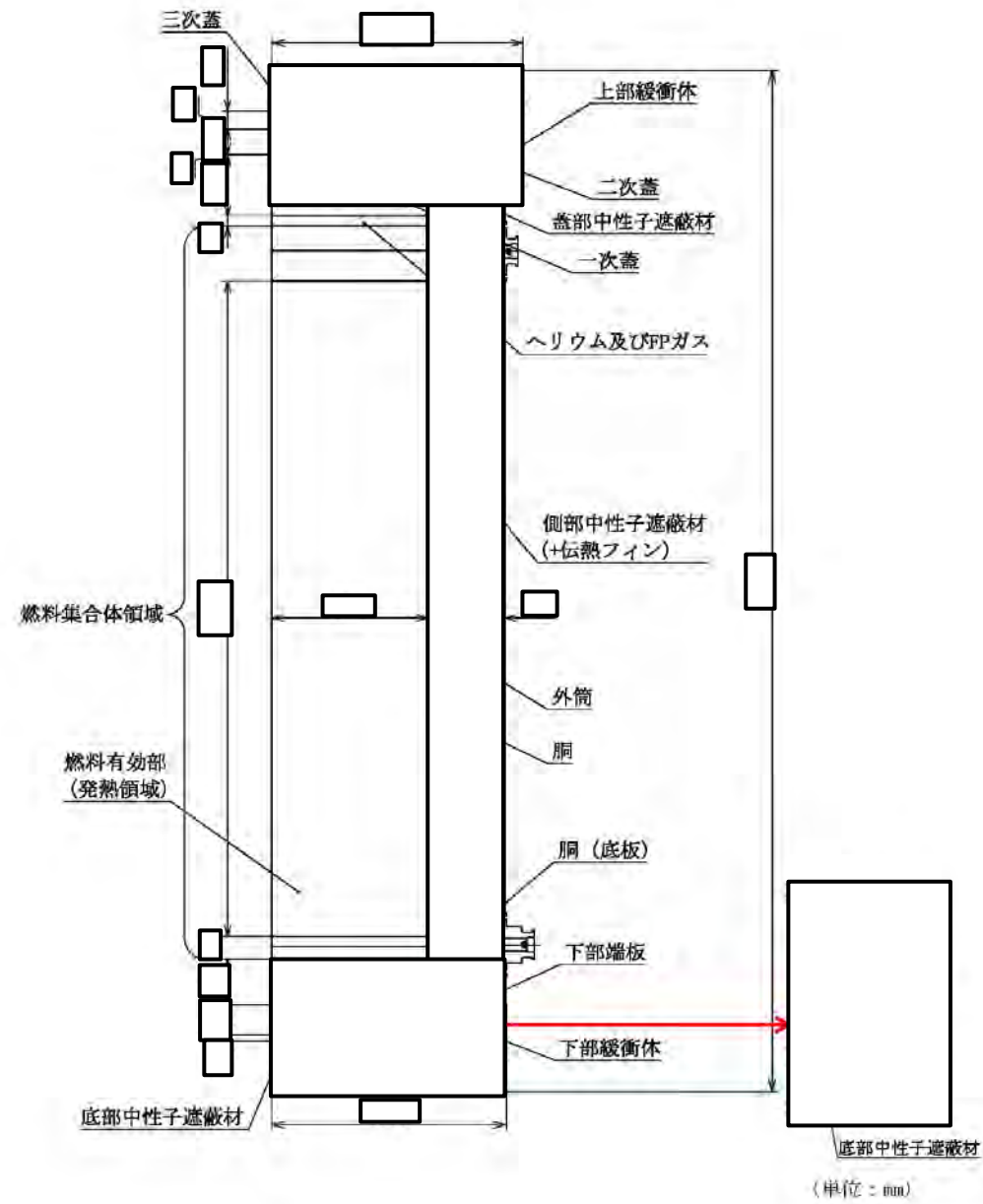
(注) 気象変化による圧力変動 (±0.004 MPa) を考慮した大気圧。

(a)-B-31

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

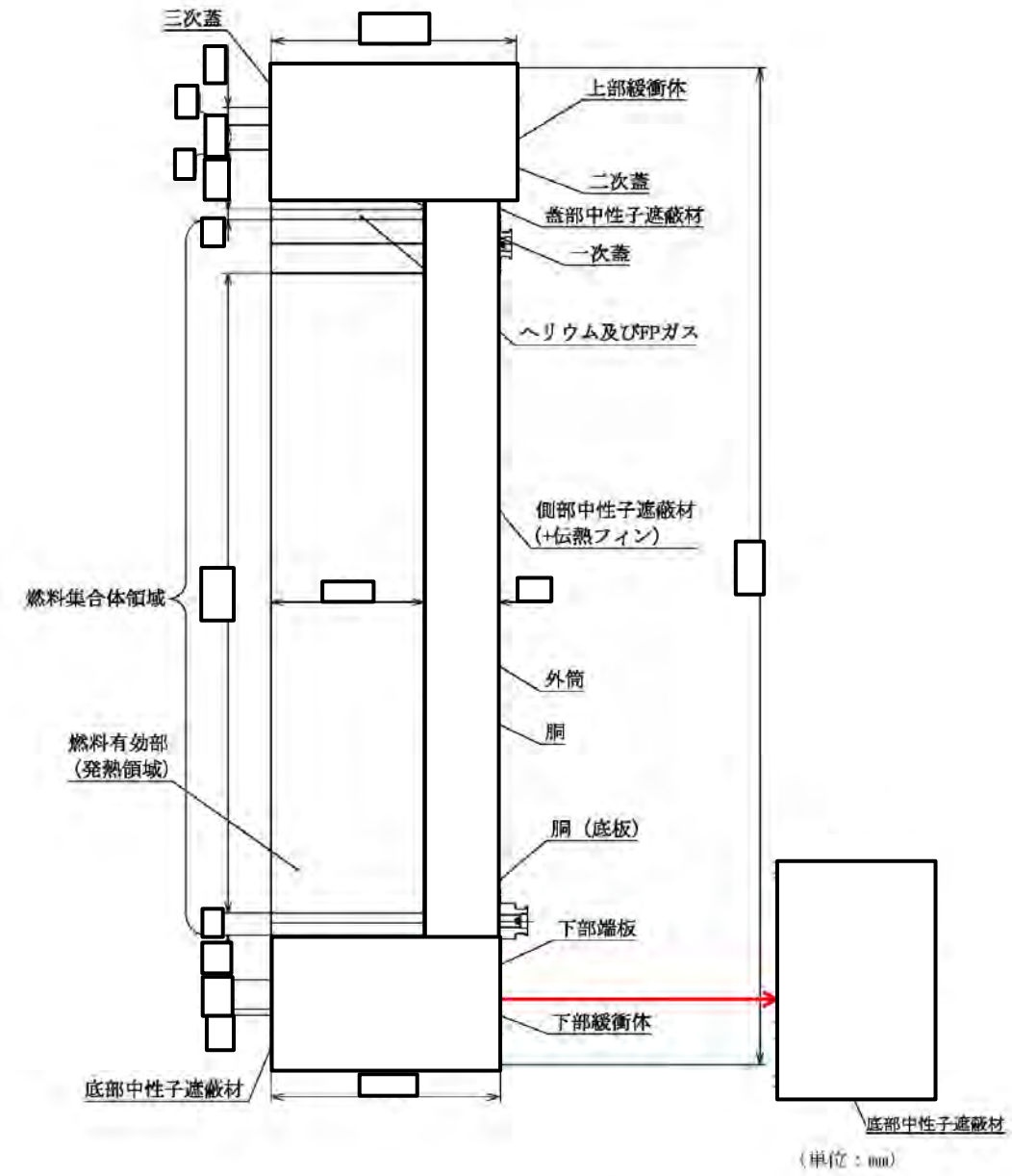
型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>B.5 特別の試験条件</p> <p>B.5.1 熱解析モデル</p> <p>輸送物の熱解析は、ABAQUS コードを用いた有限要素法により行った。以下に解析に用いるモデル及び解析条件について示す。</p> <p>B.5.1.1 解析モデル</p> <p>1. 解析に用いる各モデル</p> <p>一般の試験条件と同様に、本輸送物の各部位の温度を算出するために、解析モデルとして以下の2種類のモデルを適用した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全体モデル ・燃料集合体モデル <p>各解析モデルにおける温度算出部位は次のとおりである。</p> <p>全体モデル …………… 上・下部緩衝体表面、胴、外筒、下部端板、一次蓋、二次蓋、三次蓋、一次蓋金属ガスケット、二次蓋金属ガスケット、三次蓋0リング、一次蓋ボルト、二次蓋ボルト、三次蓋ボルト、蓋部中性子遮蔽材、底部中性子遮蔽材、側部中性子遮蔽材、蓋部中性子遮蔽材カバー、底部中性子遮蔽材カバー、バスケット^(注)、伝熱フィン、トラニオン</p> <p>燃料集合体モデル …………… 燃料集合体</p> <p>(注)バスケットは、アルミニウム合金製のバスケットプレート、ほう素添加アルミニウム合金製の中性子吸収材、アルミニウム合金製のバスケットサポートで構成される。本評価におけるバスケットの最高温度は、これらの構成部材の最高温度とする。</p> <p style="text-align: center;">(註)-B-43</p>	<p>B.5 特別の試験条件</p> <p>B.5.1 熱解析モデル</p> <p>輸送物の熱解析は、ABAQUS コードを用いた有限要素法により行った。以下に解析に用いるモデル及び解析条件について示す。</p> <p>B.5.1.1 解析モデル</p> <p>1. 解析に用いる各モデル</p> <p>一般の試験条件と同様に、本輸送物の各部位の温度を算出するために、解析モデルとして以下の2種類のモデルを適用した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全体モデル ・燃料集合体モデル <p>各解析モデルにおける温度算出部位は次のとおりである。</p> <p>全体モデル …………… 上・下部緩衝体表面、胴、外筒、下部端板、一次蓋、二次蓋、三次蓋、一次蓋金属ガスケット、二次蓋金属ガスケット、三次蓋0リング、一次蓋ボルト、二次蓋ボルト、三次蓋ボルト、蓋部中性子遮蔽材、底部中性子遮蔽材、側部中性子遮蔽材、蓋部中性子遮蔽材カバー、底部中性子遮蔽材カバー、バスケット^(注)、伝熱フィン、トラニオン</p> <p>燃料集合体モデル …………… 燃料集合体</p> <p>(注)バスケットは、アルミニウム合金製のバスケットプレート、ほう素添加アルミニウム合金製の中性子吸収材、アルミニウム合金製のバスケットサポートで構成される。本評価におけるバスケットの最高温度は、これらの構成部材の最高温度とする。</p> <p style="text-align: center;">(註)-B-32</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>特別の試験条件の熱解析は、輸送物が強度試験（9 m 落下試験及び 1 m 貫通試験）条件に引き続いて、火災事故条件下におかれるものとし、落下試験等の影響を以下のように考慮した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 9 m 落下試験により緩衝体に変形するため、変形後の形状をモデルに考慮した。 ・ 1 m 貫通試験における輸送物の変形は外筒、側部中性子遮蔽材及び緩衝体に生じる変形である。外筒及び側部中性子遮蔽材には直径 150 mm の範囲の変形が生じるが、熱解析結果への影響は無視しうるものであることから、解析モデルでは外筒及び側部中性子遮蔽材が変形しないものとした。また、緩衝体に穴があく可能性があるが、局所的であり断熱効果への影響は無視しうるものであることから、解析モデルでは緩衝体に変形しないものとした。 ・ 9 m 落下試験により全燃料棒からヘリウム及び FP ガスが放出されるものと仮定し、胴内ガスの熱伝導率の低下を考慮した。 <p>以上の条件を考慮した特別の試験条件における、全体モデルの形状及び要素分割図を (a)-第 B.10 図及び (a)-第 B.11 図にそれぞれ示す。また、燃料集合体モデルの形状及び要素分割図を (a)-第 B.3 図及び (a)-第 B.4 図にそれぞれ示す。なお、燃料集合体モデルにおけるバスケットセル内の充填気体は、全体モデルと同様にヘリウムと FP ガスの混合気体である。</p> <p>(a)-B-44</p>	<p>特別の試験条件の熱解析は、輸送物が強度試験（9 m 落下試験及び 1 m 貫通試験）条件に引き続いて、火災事故条件下におかれるものとし、落下試験等の影響を以下のように考慮した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 9 m 落下試験により緩衝体に変形するため、変形後の形状をモデルに考慮した。 ・ 1 m 貫通試験における輸送物の変形は外筒、側部中性子遮蔽材及び緩衝体に生じる変形である。外筒及び側部中性子遮蔽材には直径 150 mm の範囲の変形が生じるが、熱解析結果への影響は無視しうるものであることから、解析モデルでは外筒及び側部中性子遮蔽材が変形しないものとした。また、緩衝体に穴があく可能性があるが、局所的であり断熱効果への影響は無視しうるものであることから、解析モデルでは緩衝体に変形しないものとした。 ・ 9 m 落下試験により全燃料棒からヘリウム及び FP ガスが放出されるものと仮定し、胴内ガスの熱伝導率の低下を考慮した。 <p>以上の条件を考慮した特別の試験条件における、全体モデルの形状及び要素分割図を (a)-第 B.10 図及び (a)-第 B.11 図にそれぞれ示す。また、燃料集合体モデルの形状及び要素分割図を (a)-第 B.3 図及び (a)-第 B.4 図にそれぞれ示す。なお、燃料集合体モデルにおけるバスケットセル内の充填気体は、全体モデルと同様にヘリウムと FP ガスの混合気体である。</p> <p>(a)-B-33</p>	



(ロ)-第 B.10 図 特別の試験条件の全体モデル形状図 (1/4) (17×17 燃料収納時) (縦断面図)

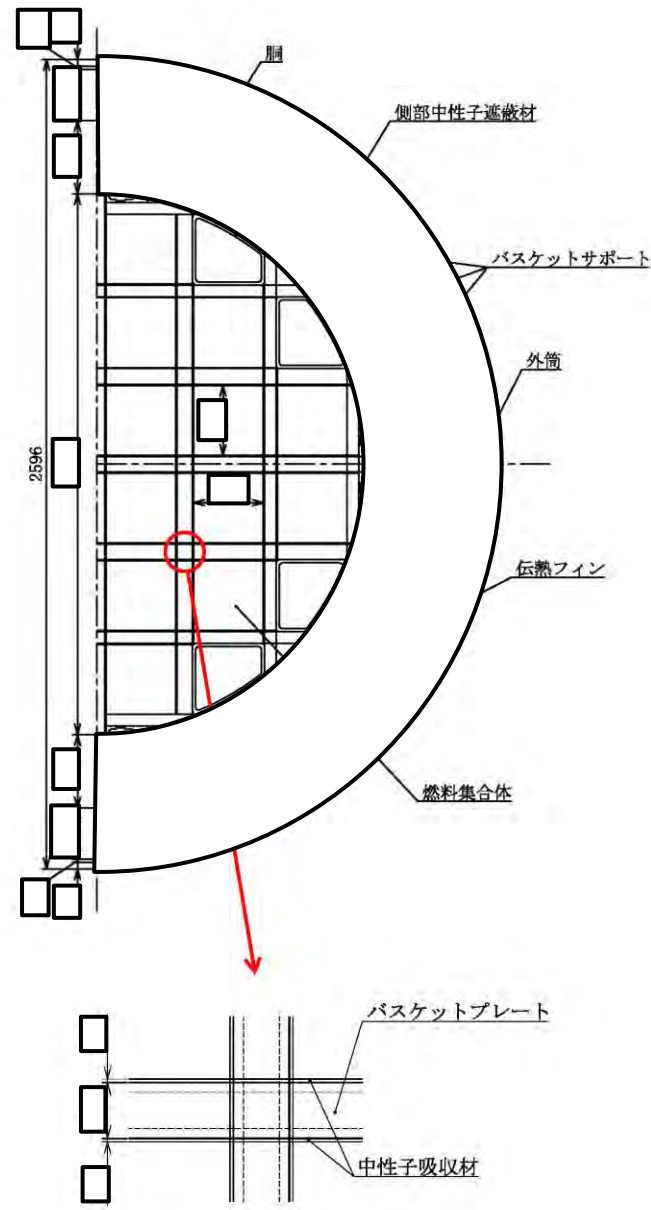
(ロ)-B-45



(ロ)-第 B.10 図 特別の試験条件の全体モデル形状図 (1/2) (縦断面図)

(ロ)-B-34

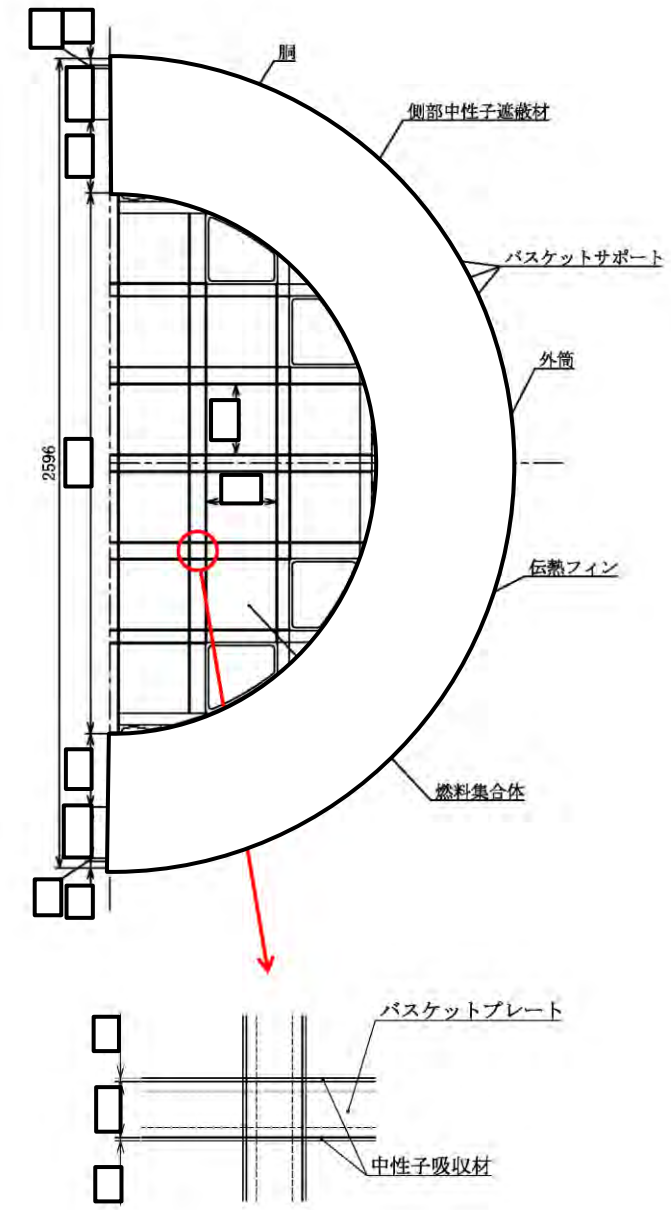
15×15 燃料追加に伴う記載の追加



(単位：mm)

(e)-第 B.10 図 特別の試験条件の全体モデル形状図 (2/4) (17×17 燃料収納時、横断面図)

(e)-B-46

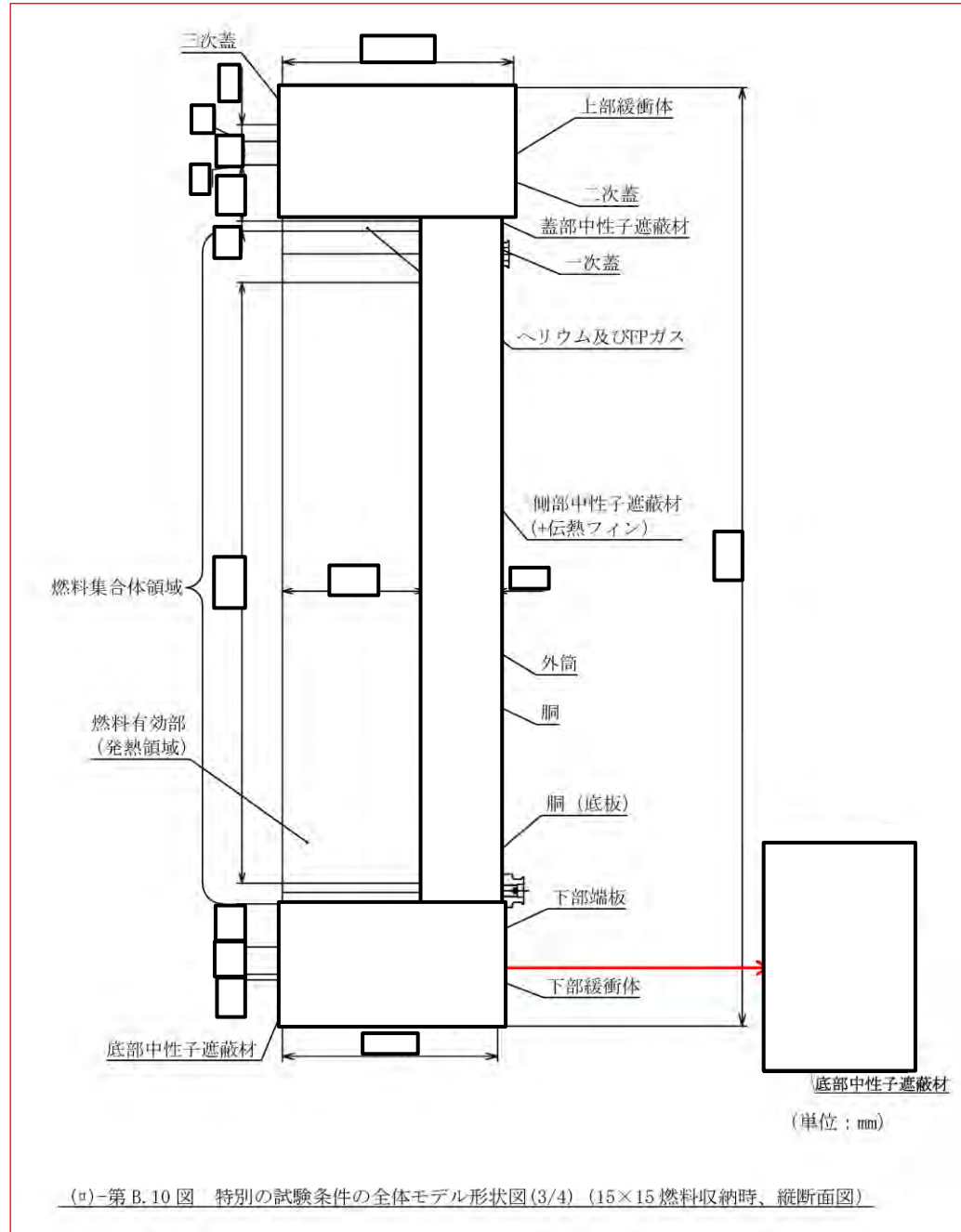


(単位：mm)

(e)-第 B.10 図 特別の試験条件の全体モデル形状図 (2/2) (横断面図)

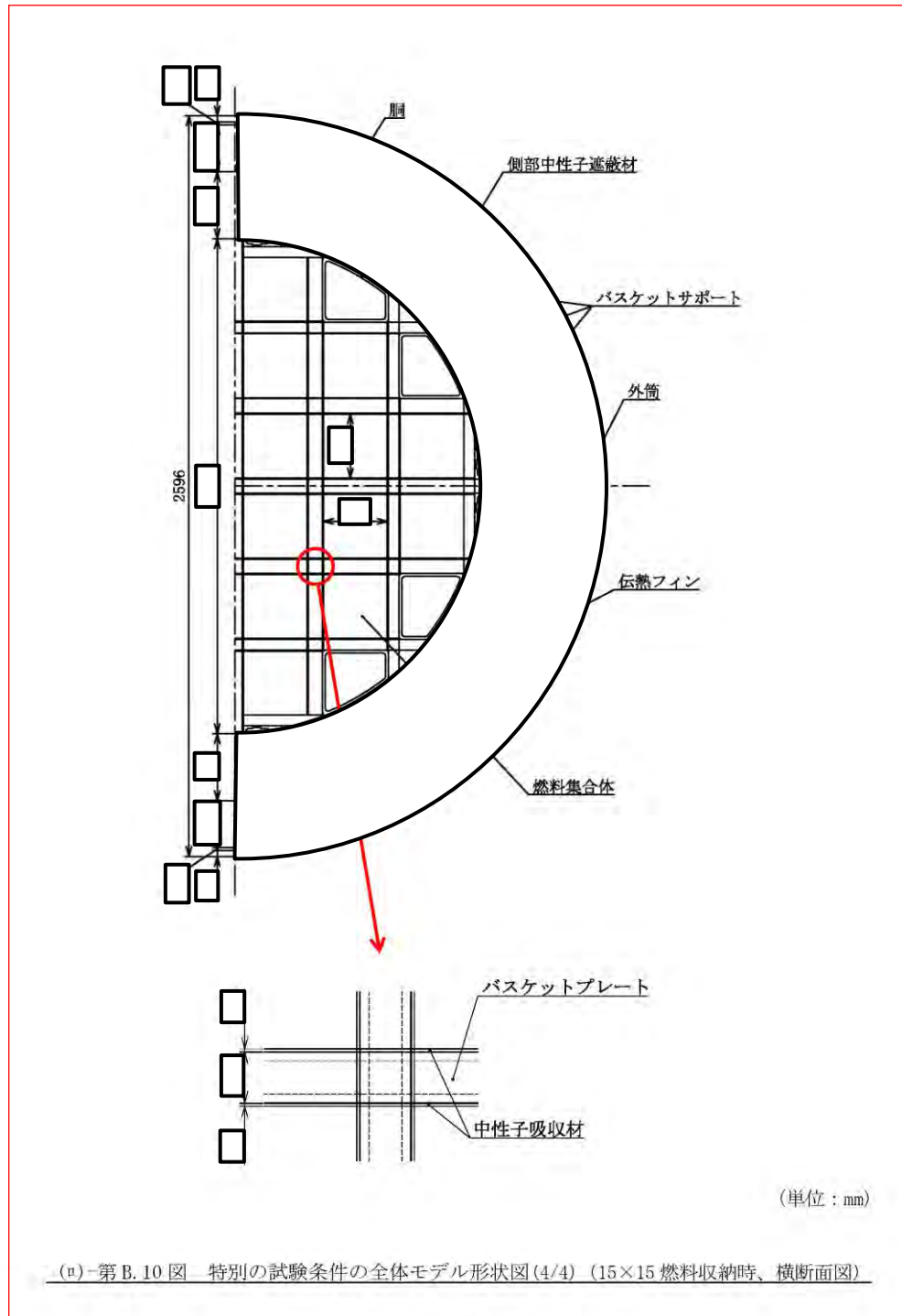
(e)-B-35

15×15 燃料追加に伴う記載の追加



(v)-B-47

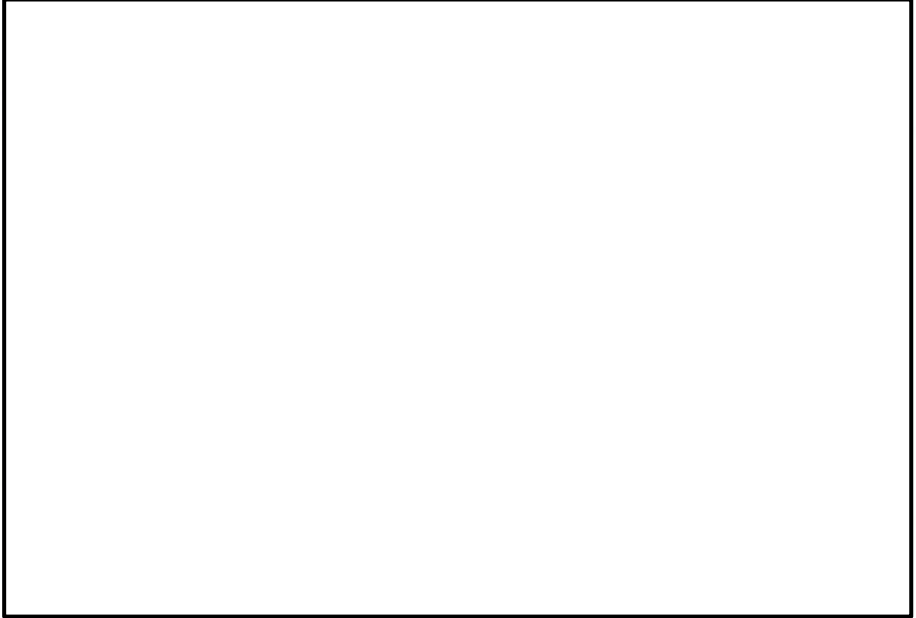
15×15 燃料追加に伴う記載の追加



(p)-B-48

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="284 575 1243 1228" style="border: 1px solid black; width: 323px; height: 311px; margin: 0 auto;"></div> <p style="text-align: center;">(モデル全体) (バスケット) (燃料集合体領域)</p> <p style="text-align: center;">(v)-第 B. 11 図 特別の試験条件の全体モデル要素分割図 (1/2) (17×17 燃料収納時)</p> <p style="text-align: center;">(v)-B-49</p>	<div data-bbox="1516 575 2475 1228" style="border: 1px solid black; width: 323px; height: 311px; margin: 0 auto;"></div> <p style="text-align: center;">(モデル全体) (バスケット) (燃料集合体領域)</p> <p style="text-align: center;">(v)-第 B. 11 図 特別の試験条件の全体モデル要素分割図</p> <p style="text-align: center;">(v)-B-36</p>	<p style="text-align: center;">備考</p> <p style="text-align: center;">15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p>

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="320 569 1210 1465" style="border: 1px solid red; padding: 10px;">  <p style="text-align: center;">(モデル全体) (バスケット) (燃料集合体領域)</p> <p>(v)-第 B. 11 図 特別の試験条件の全体モデル要素分割図(2/2) (15×15 燃料収納時)</p> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">(v)-B-50</p>		<p>15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p>

2. 解析条件

特別の試験条件における熱解析条件を(□)-第 B.13 表に示す。火災時は火炎の放射による入熱が主となる。また、太陽熱放射の条件は(□)-第 B.6 表に示したとおりである。さらに、各モデルにおいて考慮した解析条件は次のとおりである。

- ・特別の試験条件における胴内ガス（ヘリウム及び FP ガス）の熱伝導率は、FP ガス放出後の胴内のヘリウム及び FP ガスのモル分率を考慮して、混合気体の熱伝導率の計算式²⁾を用いて算出した。特別の試験条件における胴内ガスの熱伝導率を(□)-第 B.14 表に示す。
- ・各モデルのその他の解析条件は一般の試験条件と同じである。

(□)-第 B.13 表 特別の試験条件における熱解析条件 (1/2) [17×17 燃料収納時]

項目		火災前	火災時	火災後
設計崩壊熱量	全体モデル			
	中央部			
	外周部			
	燃料集合体モデル			
環境条件	周囲温度	38 °C	800 °C (30 分間)	38 °C
	太陽熱放射	あり	あり	あり
	周囲吸収率	1.0	0.9 (注)	1.0
容器表面	放射率	0.8	0.8	0.64
	吸収率	0.5	0.8 ²⁰⁾	1.0 ²¹⁾
緩衝体、トランニオン表面	放射率	0.15	0.8	0.15
	吸収率	0.5 ¹⁹⁾	0.8 ²⁰⁾	1.0 ²¹⁾

(注) 火炎の放射率を示す。

(□)-B-51

2. 解析条件

特別の試験条件における熱解析条件を(□)-第 B.13 表に示す。火災時は火炎の放射による入熱が主となる。また、太陽熱放射の条件は(□)-第 B.6 表に示したとおりである。さらに、各モデルにおいて考慮した解析条件は次のとおりである。

- ・特別の試験条件における胴内ガス（ヘリウム及び FP ガス）の熱伝導率は、FP ガス放出後の胴内のヘリウム及び FP ガスのモル分率を考慮して、混合気体の熱伝導率の計算式²⁾を用いて算出した。特別の試験条件における胴内ガスの熱伝導率を(□)-第 B.14 表に示す。
- ・各モデルのその他の解析条件は一般の試験条件と同じである。

(□)-第 B.13 表 特別の試験条件における熱解析条件

項目		火災前	火災時	火災後
設計崩壊熱量	全体モデル			
	中央部			
	外周部			
	燃料集合体モデル			
環境条件	周囲温度	38 °C	800 °C (30 分間)	38 °C
	太陽熱放射	あり	あり	あり
	周囲吸収率	1.0	0.9 (注)	1.0
容器表面	放射率	0.8	0.8	0.64
	吸収率	0.5	0.8 ²⁰⁾	1.0 ²¹⁾
緩衝体、トランニオン表面	放射率	0.15	0.8	0.15
	吸収率	0.5 ¹⁹⁾	0.8 ²⁰⁾	1.0 ²¹⁾

(注) 火炎の放射率を示す。

(□)-B-37

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

(a)-第 B.13 表 特別の試験条件における熱解析条件 (2/2) [15×15 燃料収納時]

項目		火災前	火災時	火災後
設計崩壊熱量	全体モデル			
	中央部			
	外周部			
燃料集合体モデル				
環境条件	周囲温度	38 °C	800 °C (30 分間)	38 °C
	太陽熱放射	あり	あり	あり
	周囲吸収率	1.0	0.9 (注)	1.0
容器表面	放射率	0.8	0.8	0.64
	吸収率	0.5	0.8 ²⁰⁾	1.0 ²¹⁾
緩衝体、 トランニオン 表面	放射率	0.15	0.8	0.15
	吸収率	0.5 ¹⁹⁾	0.8 ²⁰⁾	1.0 ²¹⁾

(注) 火災の放射率を示す。

(a)-第 B.14 表 特別の試験条件における胴内ガスの熱伝導率

温度		熱伝導率 (W/(m・K))	
(K)	(°C)	17×17 燃料	15×15 燃料
300	26.85	0.0937	0.0999
400	126.85	0.115	0.123
500	226.85	0.134	0.143
600	326.85	0.153	0.163

B.5.1.2 試験モデル

該当なし。

(a)-B-52

(a)-第 B.14 表 特別の試験条件における胴内ガスの熱伝導率

温度		熱伝導率
(K)	(°C)	(W/(m・K))
300	26.85	0.0937
400	126.85	0.115
500	226.85	0.134
600	326.85	0.153

B.5.1.2 試験モデル

該当なし。

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>B.5.2 輸送物の評価条件</p> <p>9 m 落下試験における輸送物の変形は緩衝体に生じる変形である。解析においては、垂直落下、水平落下及びコーナ落下の変形後の形状を包絡する以下の変形量にて緩衝体をモデル化した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・頭部垂直落下 : <input type="text"/> mm ・底部垂直落下 : <input type="text"/> mm ・頭部水平落下 : <input type="text"/> mm ・底部水平落下 : <input type="text"/> mm ・頭部コーナ落下 : <input type="text"/> mm ・底部コーナ落下 : <input type="text"/> mm <p>1 m 貫通試験における輸送物の変形は緩衝体、外筒及び側部中性子遮蔽材に生じる変形である。緩衝体は落下時に穴があく可能性があるが、局所的であるため、断熱効果に大きな変化はない。</p> <p>外筒及び側部中性子遮蔽材の最大変形は直径 150 mm の範囲の変形である。この変形は局所的であるため、輸送物の熱的性能に影響を及ぼすことはない。</p> <p>B.5.3 輸送物温度</p> <p>特別の試験条件における B.5.1 に記載した解析モデル及び条件に基づいて求めた輸送物各部の最高温度、及び火災事故発生時を基準とした最高温度算出時間を(ロ)第 B.15 表に示す。</p> <p>火災事故発生から 30 分後の輸送物各部の温度分布を(ロ)第 B.12 図に示す。また、17 ×17 燃料の燃料集合体温度が最も高くなる火災事故発生から 25.1 時間後、及び 15×15 燃料の燃料集合体温度が最も高くなる火災事故発生から 23.1 時間後における温度分布を(ロ)第 B.13 図及び(ロ)第 B.14 図に、さらに、時刻歴温度変化を(ロ)第 B.15 図に示す。</p> <p style="text-align: center;">(ロ)-B-53</p>	<p>B.5.2 輸送物の評価条件</p> <p>9 m 落下試験における輸送物の変形は緩衝体に生じる変形である。解析においては、垂直落下、水平落下及びコーナ落下の変形後の形状を包絡する以下の変形量にて緩衝体をモデル化した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・頭部垂直落下 : <input type="text"/> mm ・底部垂直落下 : <input type="text"/> mm ・頭部水平落下 : <input type="text"/> mm ・底部水平落下 : <input type="text"/> mm ・頭部コーナ落下 : <input type="text"/> mm ・底部コーナ落下 : <input type="text"/> mm <p>1 m 貫通試験における輸送物の変形は緩衝体、外筒及び側部中性子遮蔽材に生じる変形である。緩衝体は落下時に穴があく可能性があるが、局所的であるため、断熱効果に大きな変化はない。</p> <p>外筒及び側部中性子遮蔽材の最大変形は直径 150 mm の範囲の変形である。この変形は局所的であるため、輸送物の熱的性能に影響を及ぼすことはない。</p> <p>B.5.3 輸送物温度</p> <p>特別の試験条件における B.5.1 に記載した解析モデル及び条件に基づいて求めた輸送物各部の最高温度、及び火災事故発生時を基準とした最高温度算出時間を(ロ)第 B.15 表に示す。</p> <p>火災事故発生から 30 分後の輸送物各部の温度分布を(ロ)第 B.12 図に示す。また、燃料集合体温度が最も高くなる火災事故発生から 25.1 時間後における温度分布を(ロ)第 B.13 図及び(ロ)第 B.14 図に、さらに、時刻歴温度変化を(ロ)第 B.15 図に示す。</p>	<p style="text-align: center;">備考</p> <p style="text-align: center;">15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p>

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(ロ)-第 B.15 表 特別の試験条件における最高温度 (1/2) [17×17 燃料収納時]

部位	温度 (°C)	最高温度算出時間 (h) (注)
緩衝体表面	783	0.500
外筒	714	0.500
下部端板	655	0.500
伝熱フィン	491	0.502
側部中性子遮蔽材	701	0.502
蓋部中性子遮蔽材	138	31.1
底部中性子遮蔽材	160	3.92
胴 (底板)	175	2.22
胴 (本体部)	206	0.559
胴 (フランジ部)	224	0.524
一次蓋	139	31.1
二次蓋	137	5.35
三次蓋	186	1.32
一次蓋ボルト	139	13.3
二次蓋ボルト	137	5.35
三次蓋ボルト	153	3.11
一次蓋金属ガスケット	137	19.1
二次蓋金属ガスケット	135	7.73
三次蓋 O リング	149	3.56
蓋部中性子遮蔽材カバー	137	22.1
底部中性子遮蔽材カバー	161	3.83
トラニオン	742	0.500
バスケット	218	22.1
燃料集合体	254	25.1

(注) 火災事故発生時を基準とした最高温度算出時間である。

(ロ)-B-54

(ロ)-第 B.15 表 特別の試験条件における最高温度

部位	温度 (°C)	最高温度算出時間 (h) (注)
緩衝体表面	783	0.500
外筒	714	0.500
下部端板	655	0.500
伝熱フィン	491	0.502
側部中性子遮蔽材	701	0.502
蓋部中性子遮蔽材	138	31.1
底部中性子遮蔽材	160	3.92
胴 (底板)	175	2.22
胴 (本体部)	206	0.559
胴 (フランジ部)	224	0.524
一次蓋	139	31.1
二次蓋	137	5.35
三次蓋	186	1.32
一次蓋ボルト	139	13.3
二次蓋ボルト	137	5.35
三次蓋ボルト	153	3.11
一次蓋金属ガスケット	137	19.1
二次蓋金属ガスケット	135	7.73
三次蓋 O リング	149	3.56
蓋部中性子遮蔽材カバー	137	22.1
底部中性子遮蔽材カバー	161	3.83
トラニオン	742	0.500
バスケット	218	22.1
燃料集合体	254	25.1

(注) 火災事故発生時を基準とした最高温度算出時間である。

(ロ)-B-40

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

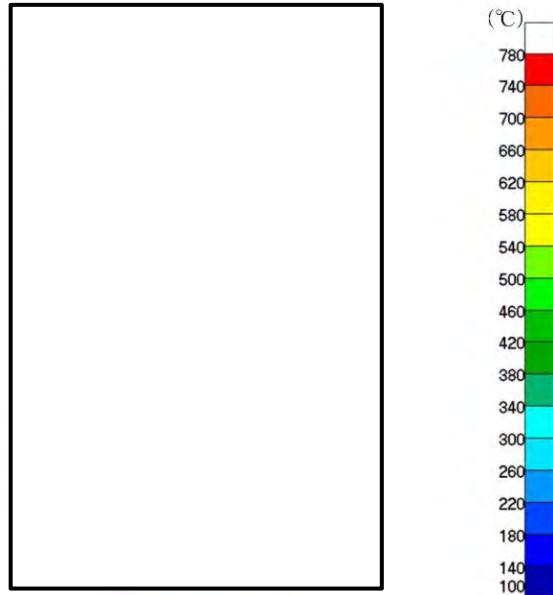
(ロ)-第 B.15 表 特別の試験条件における最高温度 (2/2) [15×15 燃料収納時]

部位	温度 (°C)	最高温度算出時間 (h) (注)
緩衝体表面	783	0.500
外筒	714	0.500
下部端板	655	0.500
伝熱フィン	491	0.502
側部中性子遮蔽材	701	0.502
蓋部中性子遮蔽材	138	31.1
底部中性子遮蔽材	160	3.92
胴 (底板)	175	2.22
胴 (本体部)	206	0.559
胴 (フランジ部)	224	0.524
一次蓋	139	31.1
二次蓋	137	5.34
三次蓋	186	1.32
一次蓋ボルト	139	13.3
二次蓋ボルト	137	5.52
三次蓋ボルト	153	3.11
一次蓋金属ガスケット	137	19.1
二次蓋金属ガスケット	136	7.72
三次蓋 O リング	149	3.56
蓋部中性子遮蔽材カバー	137	22.1
底部中性子遮蔽材カバー	161	3.82
トラニオン	742	0.500
バスケット	217	21.1
燃料集合体	251	23.1

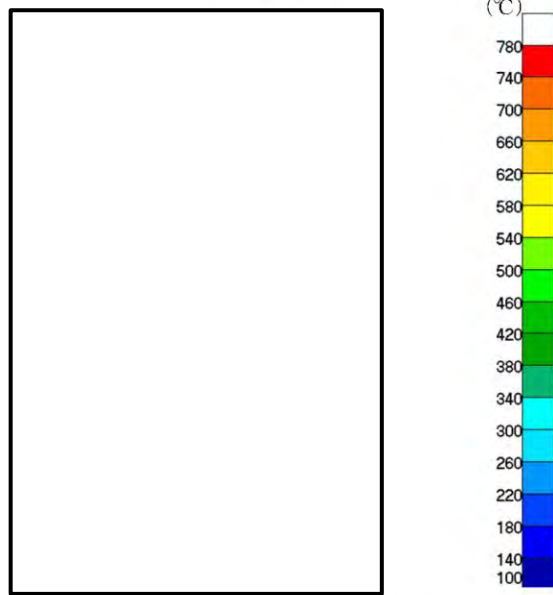
(注) 火災事故発生時を基準とした最高温度算出時間である。

(ロ)-B-55

15×15 燃料追加に伴う記載の追加



(全体)

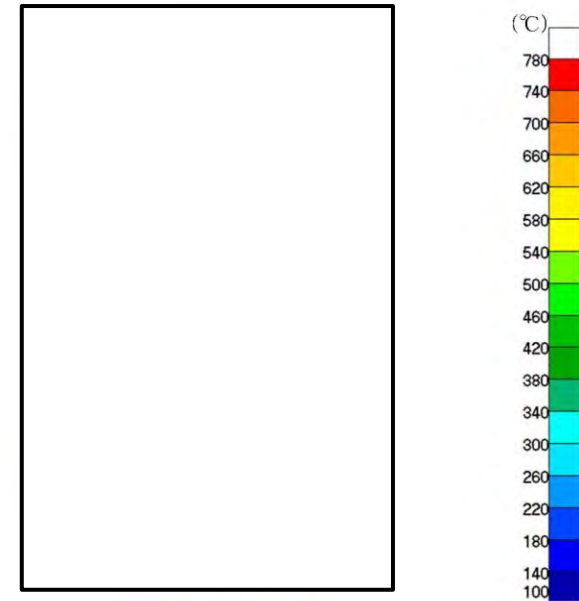


(燃料集合体最高温度位置断面)

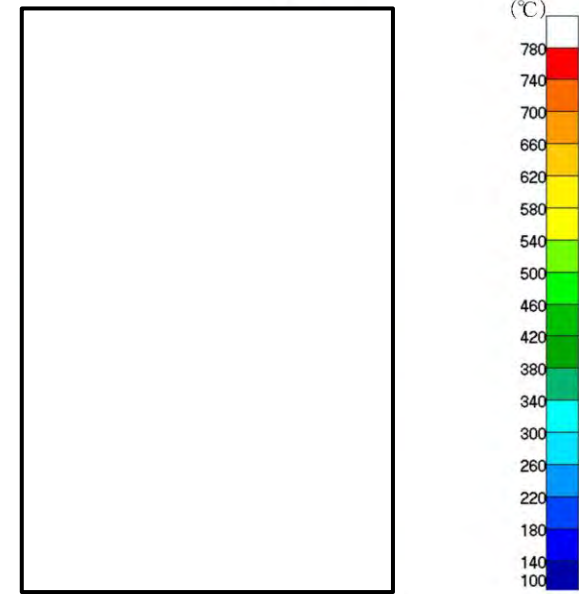
(ロ)-第 B.12 図 特別の試験条件の全体モデル温度分布 (火災事故発生から 30 分後) (1/2)

[17×17 燃料収納時]

(ロ)-B-56



(全体)



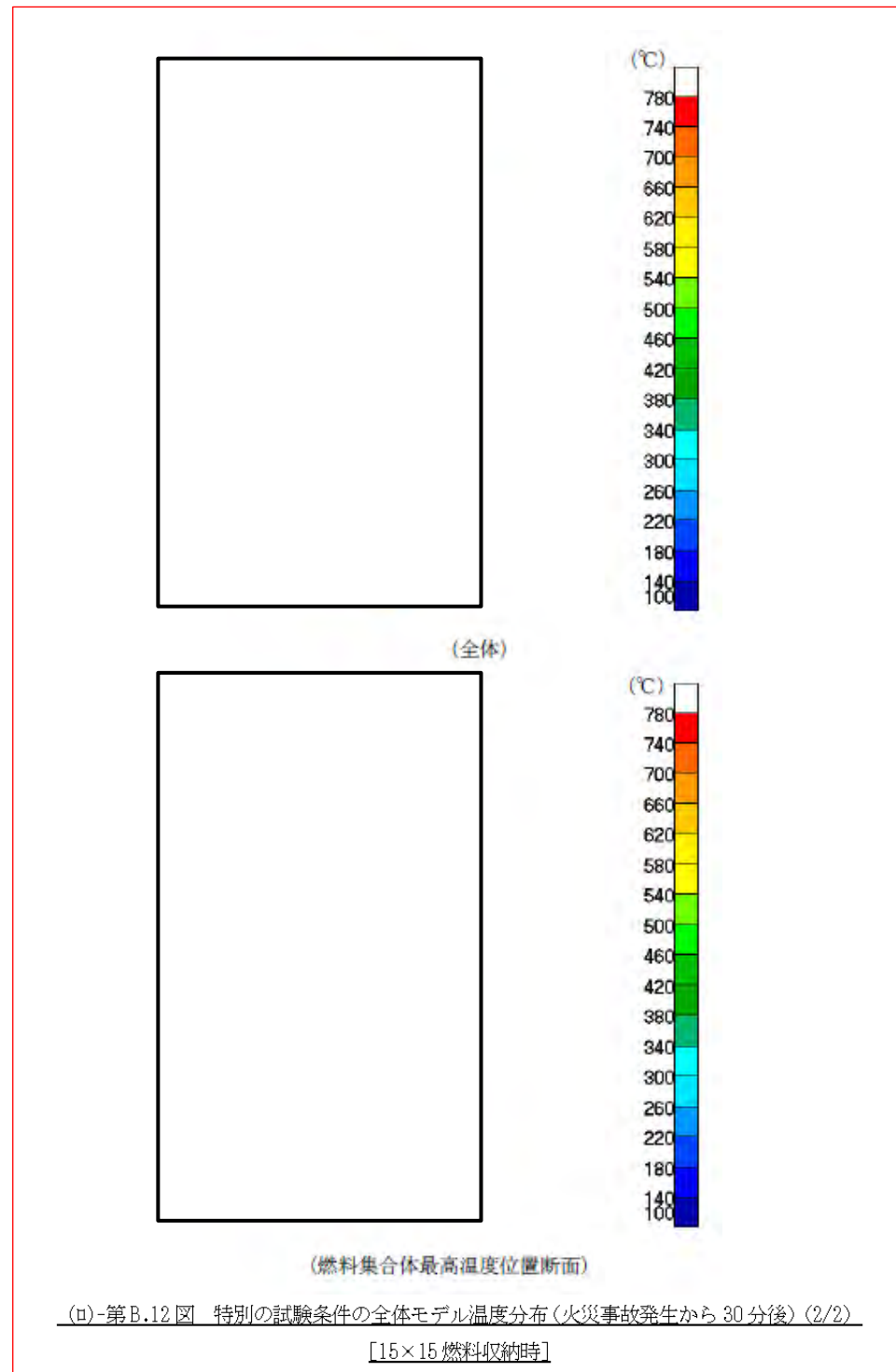
(燃料集合体最高温度位置断面)

(ロ)-第 B.12 図 特別の試験条件の全体モデル温度分布 (火災事故発生から 30 分後)

(燃料最高温度位置断面)

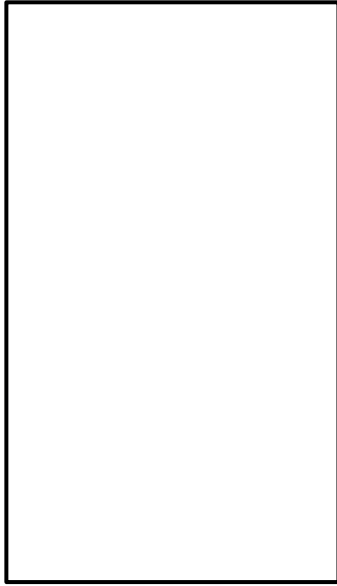
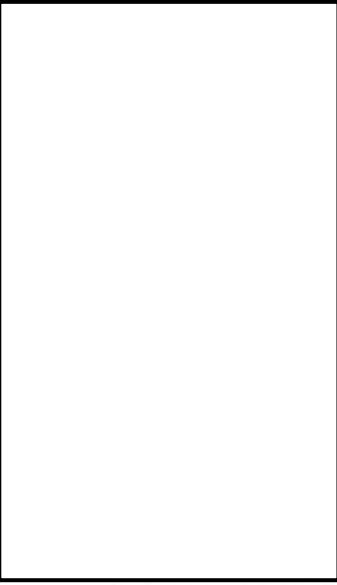
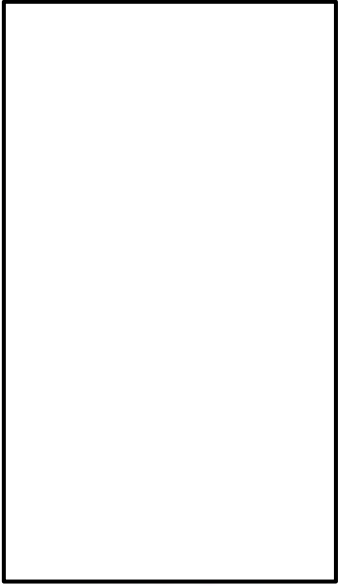

(ロ)-B-41

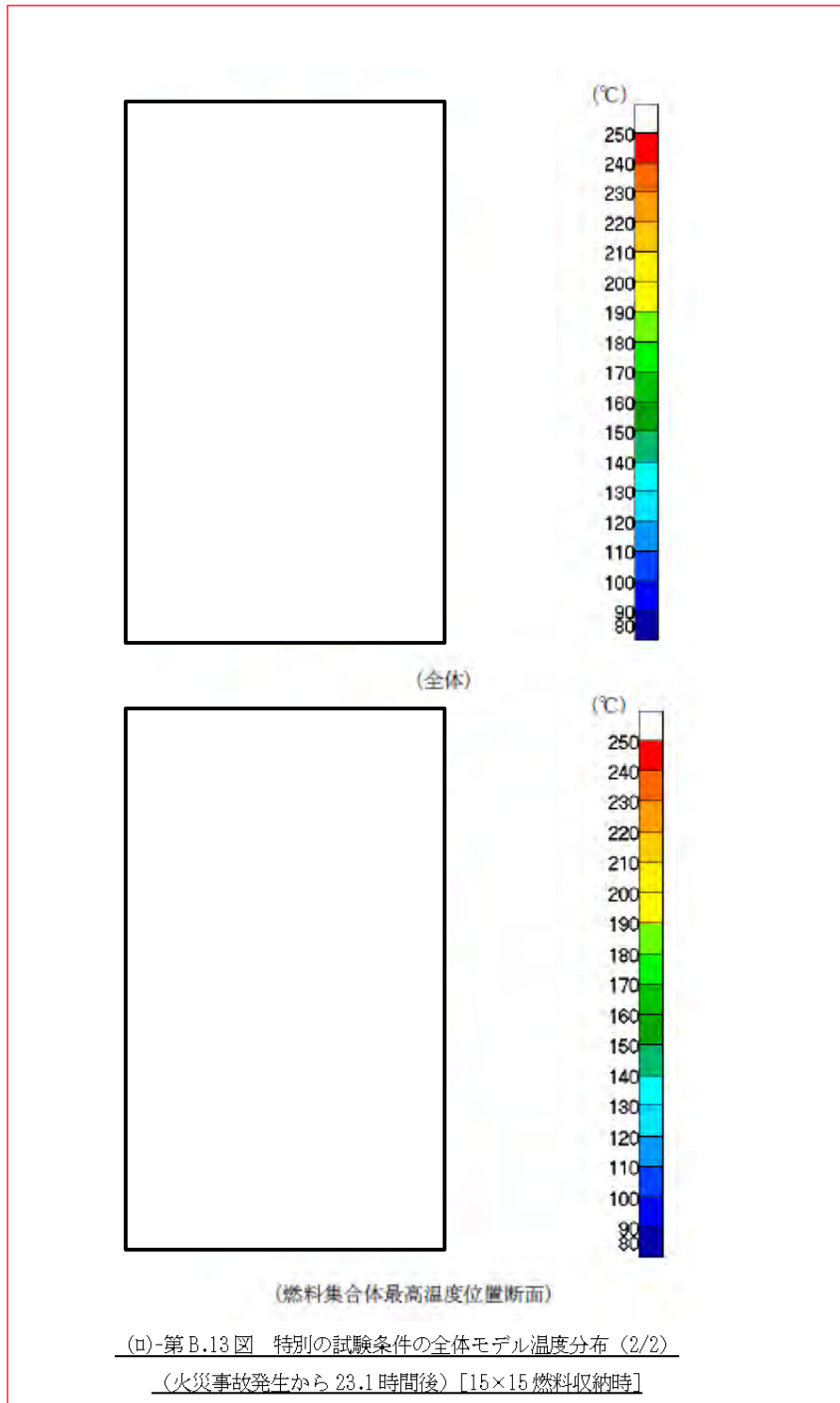
15×15 燃料追加に伴う記載の追加



(a)-B-57

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div style="text-align: center;">  <p>(全体)</p>  <p>(燃料集合体最高温度位置断面)</p> <p>(v)-第 B.13 図 特別の試験条件の全体モデル温度分布 (1/2) (火災事故発生から 25.1 時間後) [17×17 燃料収納時] (v)-B-58</p> </div>	<div style="text-align: center;">  <p>(全体)</p>  <p>(燃料集合体最高温度位置断面)</p> <p>(v)-第 B.13 図 特別の試験条件の全体モデル温度分布 (火災事故発生から 25.1 時間後) (燃料最高温度位置断面) (v)-B-42</p> </div>	<p>備考</p> <p>15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p>



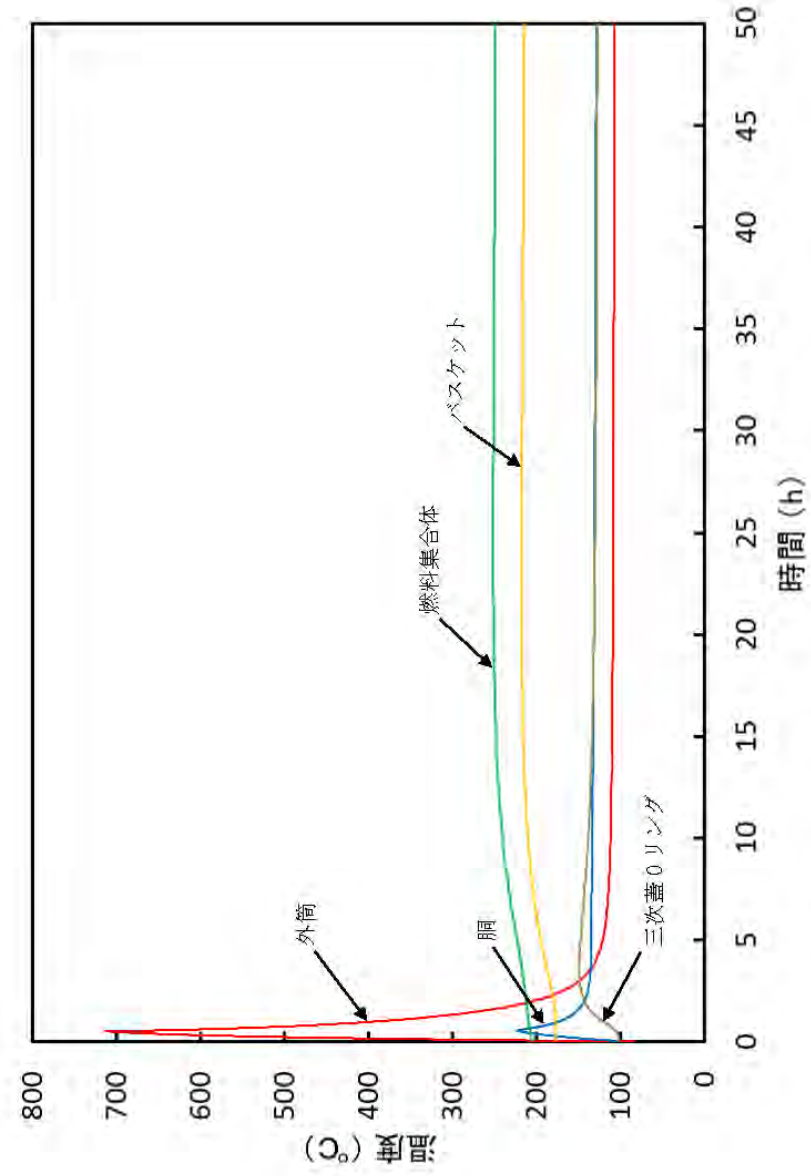
(ロ)-第 B.13 図 特別の試験条件の全体モデル温度分布 (2/2)
(火災事故発生から 23.1 時間後) [15×15 燃料収納時]

(ロ)-B-59

15×15 燃料追加に伴う記載
の追加

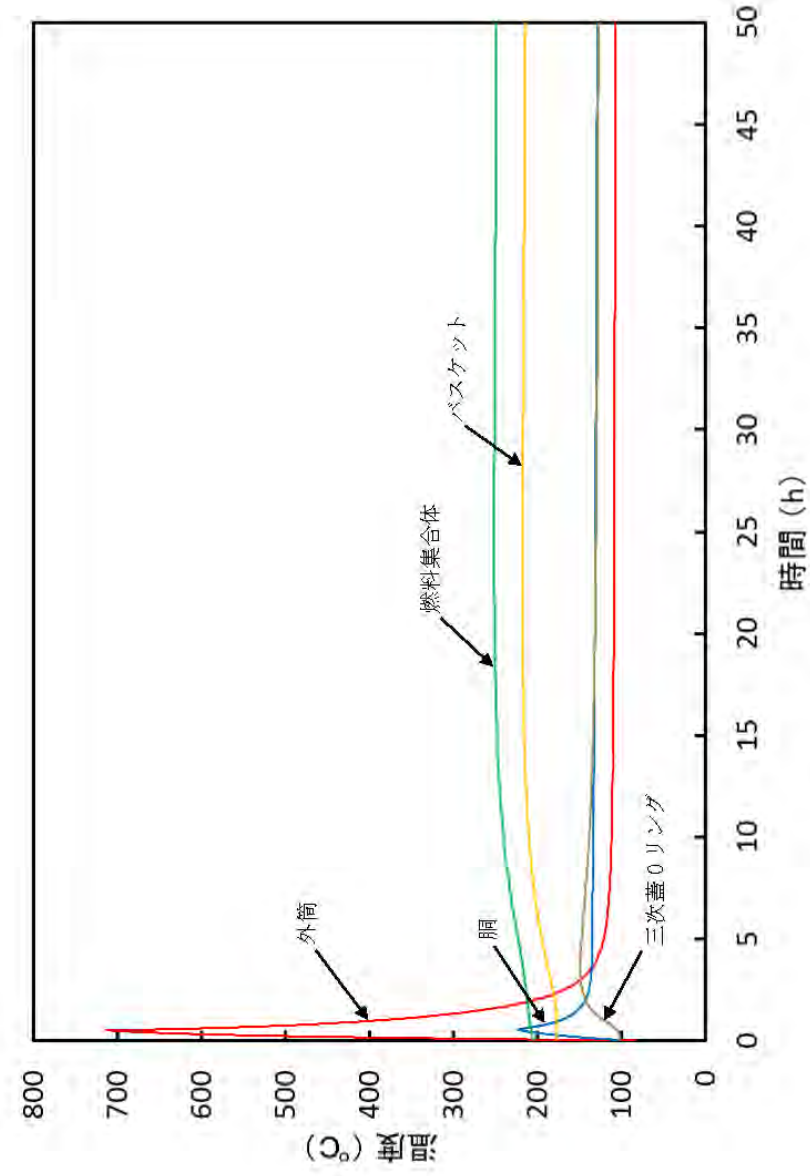
型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="468 422 1121 1003" data-label="Figure"> </div> <div data-bbox="439 1045 1074 1121" data-label="Caption"> <p>(d)-第 B.14 図 特別の試験条件の燃料集合体モデルの温度分布 (1/2) (火災事故発生から 25.1 時間後) [17×17 燃料収納時]</p> </div> <div data-bbox="718 1730 813 1759" data-label="Text"> <p>(d)-B-60</p> </div>	<div data-bbox="1703 422 2356 1003" data-label="Figure"> </div> <div data-bbox="1561 1045 2433 1079" data-label="Caption"> <p>(d)-第 B.14 図 特別の試験条件の燃料集合体モデルの温度分布 (火災事故発生から 25.1 時間後)</p> </div> <div data-bbox="1958 1730 2053 1759" data-label="Text"> <p>(d)-B-43</p> </div>	<div data-bbox="2617 1037 2902 1100" data-label="Text"> <p>15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p> </div>

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="418 386 1160 1230" data-label="Figure"> <p>(註)-第B.14 図 特別の試験条件の燃料集合体モデルの温度分布 (2/2) (火災事故発生から 23.1 時間後) [15×15 燃料収納時]</p> </div> <div data-bbox="727 1732 816 1764" data-label="Text"> <p>(註)-B-61</p> </div>		<p>15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p>



(D)-B-62

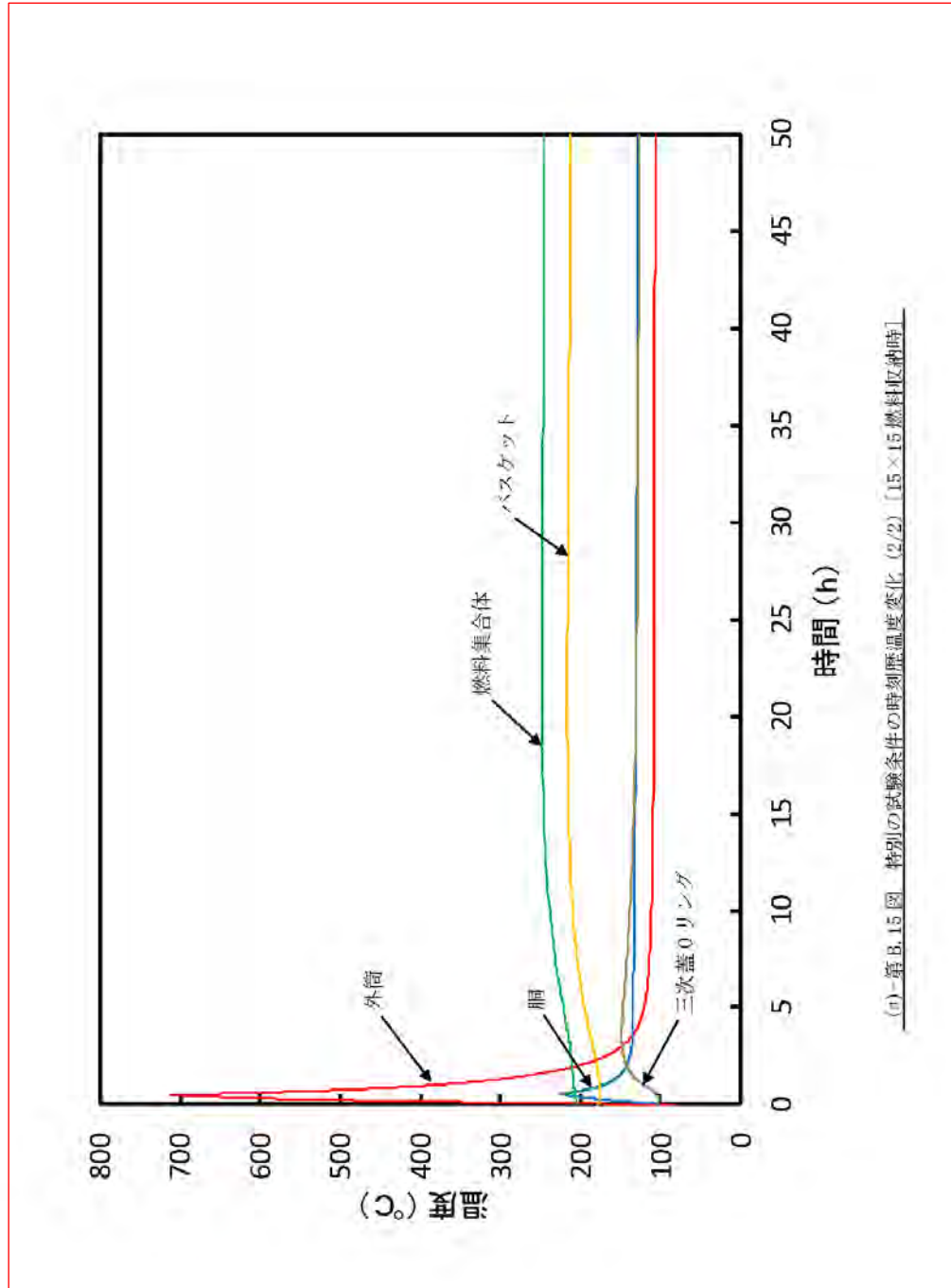
(a)-第 B.15 図 特別の試験条件の時刻歴温度変化 (1/2) [17×17 燃料収納時]



(D)-B-44

(a)-第 B.15 図 特別の試験条件の時刻歴温度変化

15×15 燃料追加に伴う記載の追加



(v)-B-63

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>B.5.4 最大内圧</p> <p>17×17 燃料収納時と 15×15 燃料収納時では、17×17 燃料収納時の方が燃料集合体最高温度は高く、その他温度条件は 17×17 燃料収納時と 15×15 燃料収納時で同じであるため、内圧の計算は 17×17 燃料収納時の条件により行う。</p> <p>輸送物の熱解析から、特別の試験条件における輸送物の胴内圧は、胴内のヘリウム及び FP ガスの温度が最高となる時、つまり燃料集合体の温度が最高となる火災事故発生から 25.1 時間後に最大となる。また、一二次蓋間圧力は、一二次蓋間ヘリウムの温度が最高となる火災発生時から 5.87 時間後に最大となる。さらに、二三次蓋間圧力は、二三次蓋間空気の温度が最高となる火災発生時から 3.56 時間後に最大となる。胴内圧、一二次蓋間圧力、二三次蓋間圧力及び三次蓋-胴内圧力の計算方法及び計算結果を以下に示す。</p> <p>1. 胴内圧</p> <p>胴内圧の算出には、全燃料棒の密封機能が失われたと仮定して、燃料棒内に封入されていたヘリウム及び FP ガス放出による圧力上昇を考慮する。特別の試験条件におけるヘリウム及び FP ガスの温度を保守側に燃料集合体最高温度とすると、胴内圧は、以下のとおり求められる。</p> $P_0' = \frac{P_0 V_c \frac{T_{0acc}}{T_{0nor}} + P_{FP}}{V_c + V_p}$ <p>ここで、</p> <ul style="list-style-type: none"> P_0' : 特別の試験条件における胴内圧力 (MPa) P_0 : 一般の試験条件における胴内圧力 (MPa) P_{FP} : 胴内に放出されたヘリウム及び FP ガス圧力 (MPa) V_c : 胴内体積 (m³) V_p : 全燃料棒内部の体積 (m³) T_{0acc} : 特別の試験条件における胴内ガス温度 (燃料集合体最高温度) (K) T_{0nor} : 一般の試験条件における胴内ガス温度 (燃料集合体最高温度) (K) <p>計算条件と計算結果を (a)-第 B.16 表に示す。</p> <p style="text-align: center;">(a)-B-64</p>	<p>B.5.4 最大内圧</p> <p>輸送物の熱解析から、特別の試験条件における輸送物の胴内圧は、胴内のヘリウム及び FP ガスの温度が最高となる時、つまり燃料集合体の温度が最高となる火災事故発生から 25.1 時間後に最大となる。また、一二次蓋間圧力は、一二次蓋間ヘリウムの温度が最高となる火災発生時から 5.87 時間後に最大となる。さらに、二三次蓋間圧力は、二三次蓋間空気の温度が最高となる火災発生時から 3.56 時間後に最大となる。胴内圧、一二次蓋間圧力、二三次蓋間圧力及び三次蓋-胴内圧力の計算方法及び計算結果を以下に示す。</p> <p>1. 胴内圧</p> <p>胴内圧の算出には、全燃料棒の密封機能が失われたと仮定して、燃料棒内に封入されていたヘリウム及び FP ガス放出による圧力上昇を考慮する。特別の試験条件におけるヘリウム及び FP ガスの温度を保守側に燃料集合体最高温度とすると、胴内圧は、以下のとおり求められる。</p> $P_0' = \frac{P_0 V_c \frac{T_{0acc}}{T_{0nor}} + P_{FP}}{V_c + V_p}$ <p>ここで、</p> <ul style="list-style-type: none"> P_0' : 特別の試験条件における胴内圧力 (MPa) P_0 : 一般の試験条件における胴内圧力 (MPa) P_{FP} : 胴内に放出されたヘリウム及び FP ガス圧力 (MPa) V_c : 胴内体積 (m³) V_p : 全燃料棒内部の体積 (m³) T_{0acc} : 特別の試験条件における胴内ガス温度 (燃料集合体最高温度) (K) T_{0nor} : 一般の試験条件における胴内ガス温度 (燃料集合体最高温度) (K) <p>計算条件と計算結果を (a)-第 B.16 表に示す。</p> <p style="text-align: center;">(a)-B-45</p>	<p>15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p>

(a)-第 B.16 表 特別の試験条件における胴内圧計算条件及び計算結果

項目	記号	単位	数値等
一般の試験条件における胴内圧力	P_0	MPa	0.0780
胴内に放出されたヘリウム及び FP ガス圧力	P_{FP}	MPa	0.223
胴内体積	V_c	m^3	
全燃料棒内部の体積	V_p	m^3	
特別の試験条件における胴内ガス温度	T_{0acc}	K	527.15 (254 °C)
一般の試験条件における胴内ガス温度	T_{0nor}	K	479.15 (206 °C)
特別の試験条件における胴内圧力	P_0'	MPa	0.307 (0.206 MPaG)

2. 一二次蓋間圧力

特別の試験条件におけるヘリウムの温度を保守側に一二次蓋間ヘリウムの最高温度とすると、一二次蓋間圧力は以下のとおり求められる。

$$P_1' = P_{10} \frac{T_{1acc}}{T_{10}}$$

ここで、

P_1' : 特別の試験条件における一二次蓋間圧力 (MPa)

P_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力 (MPa)

T_{1acc} : 特別の試験条件における一二次蓋間ヘリウムの温度
(一二次蓋間ヘリウムの最高温度) (K)

T_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期温度 (K)

計算条件と計算結果を(a)-第 B.17 表に示す。

(a)-第 B.17 表 特別の試験条件における一二次蓋間圧力計算条件及び計算結果

項目	記号	単位	数値等
一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力	P_{10}	MPa	0.300
特別の試験条件における一二次蓋間ヘリウムの温度	T_{1acc}	K	410.15 (137 °C)
一二次蓋間ヘリウムの初期温度	T_{10}	K	293.15 (20 °C)
特別の試験条件における一二次蓋間圧力	P_1'	MPa	0.420 (0.319 MPaG)

(a)-B-65

(a)-第 B.16 表 特別の試験条件における胴内圧計算条件及び計算結果

項目	記号	単位	数値等
一般の試験条件における胴内圧力	P_0	MPa	0.0780
胴内に放出されたヘリウム及び FP ガス圧力	P_{FP}	MPa	0.223
胴内体積	V_c	m^3	
全燃料棒内部の体積	V_p	m^3	
特別の試験条件における胴内ガス温度	T_{0acc}	K	527.15 (254 °C)
一般の試験条件における胴内ガス温度	T_{0nor}	K	479.15 (206 °C)
特別の試験条件における胴内圧力	P_0'	MPa	0.307 (0.206 MPaG)

2. 一二次蓋間圧力

特別の試験条件におけるヘリウムの温度を保守側に一二次蓋間ヘリウムの最高温度とすると、一二次蓋間圧力は以下のとおり求められる。

$$P_1' = P_{10} \frac{T_{1acc}}{T_{10}}$$

ここで、

P_1' : 特別の試験条件における一二次蓋間圧力 (MPa)

P_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力 (MPa)

T_{1acc} : 特別の試験条件における一二次蓋間ヘリウムの温度
(一二次蓋間ヘリウムの最高温度) (K)

T_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期温度 (K)

計算条件と計算結果を(a)-第 B.17 表に示す。

(a)-第 B.17 表 特別の試験条件における一二次蓋間圧力計算条件及び計算結果

項目	記号	単位	数値等
一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力	P_{10}	MPa	0.300
特別の試験条件における一二次蓋間ヘリウムの温度	T_{1acc}	K	410.15 (137 °C)
一二次蓋間ヘリウムの初期温度	T_{10}	K	293.15 (20 °C)
特別の試験条件における一二次蓋間圧力	P_1'	MPa	0.420 (0.319 MPaG)

(a)-B-46

3. 二三次蓋間圧力

特別の試験条件における空気の温度を保守側に二三次蓋間空気の最高温度とする。また、一般の試験条件と同様に、保守側に二次蓋の密封性が失われ一二次蓋間ヘリウムが二三次蓋間に漏えいすると仮定すると、二三次蓋間圧力は以下のとおり求められる。

$$P_2' = \frac{P_{10}V_1 \frac{T_{1acc}}{T_{10}} + P_{20}V_2 \frac{T_{1acc}}{T_{20}}}{V_1 + V_2}$$

ここで、

P_2' : 特別の試験条件における二三次蓋間圧力 (MPa)

P_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力 (MPa)

P_{20} : 二三次蓋間空気の初期圧力 (大気圧) (MPa)

V_1 : 一二次蓋間体積 (m^3)

V_2 : 二三次蓋間体積 (m^3)

T_{1acc} : 特別の試験条件における一二次蓋間ヘリウムの温度 (一二次蓋間ヘリウムの最高温度) (K)

T_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期温度 (K)

T_{20} : 三次蓋取付け時における二三次蓋間空気の初期温度 (K)

計算条件と計算結果を(ロ)-第 B.18 表に示す。なお、この圧力は三次蓋取付け時の周囲温度が仮に-20℃であった場合には空気の密度が大きくなるため、約 4%増加する可能性があるが、構造評価は保守的にこれを包絡する圧力で評価している。

(ロ)-第 B.18 表 特別の試験条件における二三次蓋間圧力計算条件及び計算結果

項目	記号	単位	数値等
一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力	P_{10}	MPa	0.300
二三次蓋間空気の初期圧力 (大気圧)	P_{20}	MPa	0.101325
一二次蓋間体積	V_1	m^3	<input type="text"/>
二三次蓋間体積	V_2	m^3	<input type="text"/>
特別の試験条件における一二次蓋間ヘリウムの温度	T_{1acc}	K	410.15 (137 °C)
一二次蓋間ヘリウムの初期温度	T_{10}	K	293.15 (20 °C)
三次蓋取付け時における二三次蓋間空気の初期温度	T_{20}	K	293.15 (20 °C)
特別の試験条件における二三次蓋間圧力	P_2'	MPa	0.272 (0.171 MPaG)

(ロ)-B-66

3. 二三次蓋間圧力

特別の試験条件における空気の温度を保守側に二三次蓋間空気の最高温度とする。また、一般の試験条件と同様に、保守側に二次蓋の密封性が失われ一二次蓋間ヘリウムが二三次蓋間に漏えいすると仮定すると、二三次蓋間圧力は以下のとおり求められる。

$$P_2' = \frac{P_{10}V_1 \frac{T_{1acc}}{T_{10}} + P_{20}V_2 \frac{T_{1acc}}{T_{20}}}{V_1 + V_2}$$

ここで、

P_2' : 特別の試験条件における二三次蓋間圧力 (MPa)

P_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力 (MPa)

P_{20} : 二三次蓋間空気の初期圧力 (大気圧) (MPa)

V_1 : 一二次蓋間体積 (m^3)

V_2 : 二三次蓋間体積 (m^3)

T_{1acc} : 特別の試験条件における一二次蓋間ヘリウムの温度 (一二次蓋間ヘリウムの最高温度) (K)

T_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期温度 (K)

T_{20} : 三次蓋取付け時における二三次蓋間空気の初期温度 (K)

計算条件と計算結果を(ロ)-第 B.18 表に示す。なお、この圧力は三次蓋取付け時の周囲温度が仮に-20℃であった場合には空気の密度が大きくなるため、約 4%増加する可能性があるが、構造評価は保守的にこれを包絡する圧力で評価している。

(ロ)-第 B.18 表 特別の試験条件における二三次蓋間圧力計算条件及び計算結果

項目	記号	単位	数値等
一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力	P_{10}	MPa	0.300
二三次蓋間空気の初期圧力 (大気圧)	P_{20}	MPa	0.101325
一二次蓋間体積	V_1	m^3	<input type="text"/>
二三次蓋間体積	V_2	m^3	<input type="text"/>
特別の試験条件における一二次蓋間ヘリウムの温度	T_{1acc}	K	410.15 (137 °C)
一二次蓋間ヘリウムの初期温度	T_{10}	K	293.15 (20 °C)
三次蓋取付け時における二三次蓋間空気の初期温度	T_{20}	K	293.15 (20 °C)
特別の試験条件における二三次蓋間圧力	P_2'	MPa	0.272 (0.171 MPaG)

(ロ)-B-47

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>4. 三次蓋-胴内圧力</p> <p>密封解析に使用する三次蓋-胴内圧力は、設計評価期間中の一次蓋の漏えいを考慮して一般の試験条件の胴内圧を 0.0970 MPa と仮定し、また、全燃料棒の密封機能が失われたと仮定して、燃料棒内に封入されていたヘリウム及び FP ガス放出による圧力上昇を考慮する。さらに、一次蓋及び二次蓋の密封性が失われたと仮定し、特別の試験条件における胴内ガスの温度上昇に伴う圧力上昇を考慮すると、三次蓋-胴内圧力は、以下のとおり求められる。</p> $P_3' = \frac{P_{10}V_1 \frac{T_{0acc}}{T_{10}} + P_{20}V_2 \frac{T_{0acc}}{T_{20}} + \left(P_c \frac{T_{0acc}}{T_{0nor}} + P_{FP} \right) (V_c + V_p)}{V_1 + V_2 + V_c + V_p}$ <p>ここで、</p> <ul style="list-style-type: none"> P_3' : 特別の試験条件における三次蓋-胴内圧力 (MPa) P_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力 (MPa) P_{20} : 二三次蓋間空気の初期圧力 (大気圧) (MPa) P_c : 設計評価期間中の一次蓋の漏えいを考慮した一般の試験条件の胴内圧 (MPa) P_{FP} : 胴内に放出されたヘリウム及び FP ガス圧力 (MPa) V_1 : 一二次蓋間体積 (m^3) V_2 : 二三次蓋間体積 (m^3) V_c : 胴内体積 (m^3) V_p : 全燃料棒内部の体積 (m^3) T_{0acc} : 特別の試験条件における胴内ヘリウム及び FP ガスの温度 (燃料集合体最高温度) (K) T_{0nor} : 一般の試験条件における胴内ヘリウムの温度 (燃料集合体最高温度) (K) T_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期温度 (K) T_{20} : 三次蓋取付け時における二三次蓋間空気の初期温度 (K) <p>計算条件と計算結果を(ロ)第 B.19 表に示す。</p> <p style="text-align: center;">(ロ)-B-67</p>	<p>4. 三次蓋-胴内圧力</p> <p>密封解析に使用する三次蓋-胴内圧力は、設計評価期間中の一次蓋の漏えいを考慮して一般の試験条件の胴内圧を 0.0970 MPa と仮定し、また、全燃料棒の密封機能が失われたと仮定して、燃料棒内に封入されていたヘリウム及び FP ガス放出による圧力上昇を考慮する。さらに、一次蓋及び二次蓋の密封性が失われたと仮定し、特別の試験条件における胴内ガスの温度上昇に伴う圧力上昇を考慮すると、三次蓋-胴内圧力は、以下のとおり求められる。</p> $P_3' = \frac{P_{10}V_1 \frac{T_{0acc}}{T_{10}} + P_{20}V_2 \frac{T_{0acc}}{T_{20}} + \left(P_c \frac{T_{0acc}}{T_{0nor}} + P_{FP} \right) (V_c + V_p)}{V_1 + V_2 + V_c + V_p}$ <p>ここで、</p> <ul style="list-style-type: none"> P_3' : 特別の試験条件における三次蓋-胴内圧力 (MPa) P_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力 (MPa) P_{20} : 二三次蓋間空気の初期圧力 (大気圧) (MPa) P_c : 設計評価期間中の一次蓋の漏えいを考慮した一般の試験条件の胴内圧 (MPa) P_{FP} : 胴内に放出されたヘリウム及び FP ガス圧力 (MPa) V_1 : 一二次蓋間体積 (m^3) V_2 : 二三次蓋間体積 (m^3) V_c : 胴内体積 (m^3) V_p : 全燃料棒内部の体積 (m^3) T_{0acc} : 特別の試験条件における胴内ヘリウム及び FP ガスの温度 (燃料集合体最高温度) (K) T_{0nor} : 一般の試験条件における胴内ヘリウムの温度 (燃料集合体最高温度) (K) T_{10} : 一二次蓋間ヘリウムの初期温度 (K) T_{20} : 三次蓋取付け時における二三次蓋間空気の初期温度 (K) <p>計算条件と計算結果を(ロ)第 B.19 表に示す。</p> <p style="text-align: center;">(ロ)-B-48</p>	

(a)-第 B.19 表 特別の試験条件における三次蓋-胴内圧力計算条件及び計算結果

項目	記号	単位	数値等
一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力	P_{10}	MPa	0.300
二三次蓋間空気の初期圧力 (大気圧)	P_{20}	MPa	0.101325
設計評価期間中の一次蓋の漏えいを考慮した一般の試験条件胴内圧	P_c	MPa	0.0970
胴内に放出されたヘリウム及び FP ガス圧力	P_{FP}	MPa	0.223
一二次蓋間体積	V_1	m^3	<input type="text"/>
二三次蓋間体積	V_2	m^3	<input type="text"/>
胴内体積	V_c	m^3	<input type="text"/>
全燃料棒内部の体積	V_p	m^3	<input type="text"/>
特別の試験条件における胴内ヘリウム及び FP ガスの温度	T_{0acc}	K	527.15 (254 °C)
一般の試験条件における胴内ヘリウムの温度	T_{0nor}	K	479.15 (206 °C)
一二次蓋間ヘリウムの初期温度	T_{10}	K	293.15 (20 °C)
三次蓋取付け時における二三次蓋間空気の初期温度	T_{20}	K	293.15 (20 °C)
特別の試験条件における三次蓋-胴内圧力	$P_{S'}$	MPa	0.330 (0.229 MPaG)

B.5.5 最大熱応力

特別の試験条件において輸送物に生じる熱応力は、A.6.3 で説明したように容器各部位が熱膨張を拘束しあうことで生じ、最大熱応力については、温度差が最大になる火災事故発生時から 30 分後に生じる。

ただし、A.6.3 で示したとおり、容器に生じる最大熱応力は小さく、容器の構造健全性に問題はない。

(a)-B-68

(a)-第 B.19 表 特別の試験条件における三次蓋-胴内圧力計算条件及び計算結果

項目	記号	単位	数値等
一二次蓋間ヘリウムの初期充填圧力	P_{10}	MPa	0.300
二三次蓋間空気の初期圧力 (大気圧)	P_{20}	MPa	0.101325
設計評価期間中の一次蓋の漏えいを考慮した一般の試験条件胴内圧	P_c	MPa	0.0970
胴内に放出されたヘリウム及び FP ガス圧力	P_{FP}	MPa	0.223
一二次蓋間体積	V_1	m^3	<input type="text"/>
二三次蓋間体積	V_2	m^3	<input type="text"/>
胴内体積	V_c	m^3	<input type="text"/>
全燃料棒内部の体積	V_p	m^3	<input type="text"/>
特別の試験条件における胴内ヘリウム及び FP ガスの温度	T_{0acc}	K	527.15 (254 °C)
一般の試験条件における胴内ヘリウムの温度	T_{0nor}	K	479.15 (206 °C)
一二次蓋間ヘリウムの初期温度	T_{10}	K	293.15 (20 °C)
三次蓋取付け時における二三次蓋間空気の初期温度	T_{20}	K	293.15 (20 °C)
特別の試験条件における三次蓋-胴内圧力	$P_{S'}$	MPa	0.330 (0.229 MPaG)

B.5.5 最大熱応力

特別の試験条件において輸送物に生じる熱応力は、A.6.3 で説明したように容器各部位が熱膨張を拘束しあうことで生じ、最大熱応力については、温度差が最大になる火災事故発生時から 30 分後に生じる。

ただし、A.6.3 で示したとおり、容器に生じる最大熱応力は小さく、容器の構造健全性に問題はない。

(a)-B-49

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>B.5.6 結果の要約及びその評価</p> <p>特別の試験条件における熱解析結果の要約及びその評価を(ロ)-第 B.20 表に示す。本輸送物の状態は以下のとおりであり、損傷については他の解析に反映している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・密封境界となる三次蓋 O リングの最高温度は、17×17 燃料収納時及び 15×15 燃料収納時ともに 186 °C であり、使用限度 48 時間における使用可能温度である 300 °C を超えることはない。したがって、特別の試験条件において密封性能が失われることはない。 ・蓋部中性子遮蔽材及び底部中性子遮蔽材の最高温度は、17×17 燃料収納時及び 15×15 燃料収納時ともに 138 °C 及び 160 °C であり、使用可能温度 180 °C を超えることはない。一方、側部中性子遮蔽材の最高温度は、17×17 燃料収納時及び 15×15 燃料収納時ともに 701 °C であり、使用可能温度を超えるが全て失われることはない。 ・遮蔽解析においては、中性子遮蔽材の欠損を密度減少量として考慮する。なお、側部中性子遮蔽材だけでなく、蓋部中性子遮蔽材及び底部中性子遮蔽材についても密度減少を考慮している。 ・臨界解析においては、外筒までをモデル化し、中性子遮蔽材は全て失われるとしてモデル化しないことにより、中性子吸収効果を見逃し、保守側の解析を行う。 ・その他の構成材料については、輸送物の健全性に対し悪影響を及ぼす温度には到達しない。 <p>(ロ)-B-69</p>	<p>B.5.6 結果の要約及びその評価</p> <p>特別の試験条件における熱解析結果の要約及びその評価を(ロ)-第 B.20 表に示す。本輸送物の状態は以下のとおりであり、損傷については他の解析に反映している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・密封境界となる三次蓋 O リングの最高温度は 186 °C であり、使用限度 48 時間における使用可能温度である 300 °C を超えることはない。したがって、特別の試験条件において密封性能が失われることはない。 ・蓋部中性子遮蔽材及び底部中性子遮蔽材の最高温度はそれぞれ 138 °C 及び 160 °C であり、使用可能温度 180 °C を超えることはない。一方、側部中性子遮蔽材の最高温度は 701 °C であり、使用可能温度を超えるが全て失われることはない。 ・遮蔽解析においては、中性子遮蔽材の欠損を密度減少量として考慮する。なお、側部中性子遮蔽材だけでなく、蓋部中性子遮蔽材及び底部中性子遮蔽材についても密度減少を考慮している。 ・臨界解析においては、外筒までをモデル化し、中性子遮蔽材は全て失われるとしてモデル化しないことにより、中性子吸収効果を見逃し、保守側の解析を行う。 ・その他の構成材料については、輸送物の健全性に対し悪影響を及ぼす温度には到達しない。 <p>(ロ)-B-50</p>	<p>備考</p> <p>15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p> <p>同上</p> <p>同上</p>

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(ロ)-第 B.20 表 特別の試験条件における熱解析結果の要約及びその評価 (1/3)

[17×17 燃料収納時]

項目	結果 [°C]	基準値 [°C]	評価	他の解析への条件
最高温度				
燃料集合体	254	—	—	—
バスケット	218	250 ¹⁷⁾	基準値以下	—
中性子遮蔽材	701 ^(注1)	180 ¹⁵⁾	蓋部、底部：基準値以下 ^(注2) 側部：基準値を超過 ^(注2)	遮蔽解析では密度減少量として考慮 臨界解析では保守側にモデル化しない
二次蓋金属ガスケット	137 ^(注3)	190 ¹⁴⁾	基準値以下	—
三次蓋 O リング	186 ^(注4)	300 ¹²⁾	基準値以下	—
胴	224	350 ¹⁸⁾	基準値以下	構造解析では □ °C を使用 ^(注5)

- (注1) 蓋部中性子遮蔽材、底部中性子遮蔽材及び側部中性子遮蔽材のうち、最高となる温度。
 (注2) 蓋部中性子遮蔽材及び底部中性子遮蔽材の最高温度はそれぞれ 138 °C 及び 160 °C であり、使用可能温度 180 °C を超えることはない。一方、側部中性子遮蔽材の最高温度は 701 °C であり、使用可能温度を超えるが全て失われることはない。
 (注3) 保守側に評価するため、二次蓋の最高温度とする。
 (注4) 保守側に評価するため、三次蓋の最高温度とする。
 (注5) 構造解析における熱応力算出では、容器全体の温度分布を入力するが、(ロ)-第 B.20 表には、許容値及び内圧計算に使用する温度を代表として示している。

(ロ)-B-70

(ロ)-第 B.20 表 特別の試験条件における熱解析結果の要約及びその評価 (1/2)

項目	結果 [°C]	基準値 [°C]	評価	他の解析への条件
最高温度				
燃料集合体	254	—	—	—
バスケット	218	250 ¹⁷⁾	基準値以下	—
中性子遮蔽材	701 ^(注1)	180 ¹⁵⁾	蓋部、底部：基準値以下 ^(注2) 側部：基準値を超過 ^(注2)	遮蔽解析では密度減少量として考慮 臨界解析では保守側にモデル化しない
二次蓋金属ガスケット	137 ^(注3)	190 ¹⁴⁾	基準値以下	—
三次蓋 O リング	186 ^(注4)	300 ¹²⁾	基準値以下	—
胴	224	350 ¹⁸⁾	基準値以下	構造解析では □ °C を使用 ^(注5)

- (注1) 蓋部中性子遮蔽材、底部中性子遮蔽材及び側部中性子遮蔽材のうち、最高となる温度。
 (注2) 蓋部中性子遮蔽材及び底部中性子遮蔽材の最高温度はそれぞれ 138 °C 及び 160 °C であり、使用可能温度 180 °C を超えることはない。一方、側部中性子遮蔽材の最高温度は 701 °C であり、使用可能温度を超えるが全て失われることはない。
 (注3) 保守側に評価するため、二次蓋の最高温度とする。
 (注4) 保守側に評価するため、三次蓋の最高温度とする。
 (注5) 構造解析における熱応力算出では、容器全体の温度分布を入力するが、(ロ)-第 B.20 表には、許容値及び内圧計算に使用する温度を代表として示している。

(ロ)-B-51

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

(ロ)-第 B.20 表 特別の試験条件における熱解析結果の要約及びその評価 (2/3)

[15×15 燃料収納時]

項目	結果 [°C]	基準値 [°C]	評価	他の解析への条件
最高温度				
燃料集合体	251	—	—	—
バスケット	217	250 ¹⁷⁾	基準値以下	—
中性子遮蔽材	701 ^(注1)	180 ¹⁵⁾	蓋部、底部：基準値以下 ^(注2) 側部：基準値を超過 ^(注2)	遮蔽解析では密度減少量として考慮 臨界解析では保守側にモデル化しない
二次蓋金属ガスケット	137 ^(注3)	190 ¹⁴⁾	基準値以下	—
三次蓋 O リング	186 ^(注4)	300 ¹²⁾	基準値以下	—
胴	224	350 ¹⁸⁾	基準値以下	構造解析では <input type="checkbox"/> °C を使用 ^(注5)

- (注1) 蓋部中性子遮蔽材、底部中性子遮蔽材及び側部中性子遮蔽材のうち、最高となる温度。
 (注2) 蓋部中性子遮蔽材及び底部中性子遮蔽材の最高温度はそれぞれ 138 °C 及び 160 °C であり、使用可能温度 180 °C を超えることはない。一方、側部中性子遮蔽材の最高温度は 701 °C であり、使用可能温度を超えるが全て失われることはない。
 (注3) 保守側に評価するため、二次蓋の最高温度とする。
 (注4) 保守側に評価するため、三次蓋の最高温度とする。
 (注5) 構造解析における熱応力算出では、容器全体の温度分布を入力するが、(ロ)-第 B.20 表には、許容値及び内圧計算に使用する温度を代表として示している。

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(㊦)-第 B.20 表 特別の試験条件における熱解析結果の要約及びその評価 (3/3)

項目	結果 [MPa]	基準値 [MPa]	評価	他の解析への条件
最大内圧				
胴内圧	0.307 (0.206 MPaG)	—	—	構造解析では 0.250 MPaG を使用
一二次蓋間圧力	0.420 (0.319 MPaG)	—	—	構造解析では 0.340 MPaG を使用
二三次蓋間圧力	0.272 (0.171 MPaG)	—	—	構造解析では 0.270 MPaG を使用
三次蓋-胴内圧力	0.330 (0.229 MPaG)	—	—	密封解析では 0.330 MPa を使用

(㊦)-B-72

(㊦)-第 B.20 表 特別の試験条件における熱解析結果の要約及びその評価 (2/2)

項目	結果 [MPa]	基準値 [MPa]	評価	他の解析への条件
最大内圧				
胴内圧	0.307 (0.206 MPaG)	—	—	構造解析では 0.250 MPaG を使用
一二次蓋間圧力	0.420 (0.319 MPaG)	—	—	構造解析では 0.340 MPaG を使用
二三次蓋間圧力	0.272 (0.171 MPaG)	—	—	構造解析では 0.270 MPaG を使用
三次蓋-胴内圧力	0.330 (0.229 MPaG)	—	—	密封解析では 0.330 MPa を使用

(㊦)-B-52

15×15 燃料追加に伴う記載
の追加

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

B.6 付属書類

B.6.1 解析に用いた対流熱伝達率について

B.6.1.1 全体モデルに用いた対流熱伝達率

1. 輸送物表面と周囲の熱伝達率

(1) 外筒表面の自然対流熱伝達率

外筒表面の自然対流熱伝達率は、水平円筒表面の自然対流熱伝達率を表わす次の Schutz の式²⁾を用いる。

$$h = 0.1 \lambda \left(\frac{g \beta \Delta t Pr}{\nu^2} \right)^{1/3}$$

ただし、

- h : 熱伝達率 (W/(m²・K))
- λ : 熱伝導率 (W/(m・K))
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)
- β : 体積膨張係数 (K⁻¹)
- ν : 動粘性係数 (m²/s)
- Pr : プラントル数
- Δt : 温度差 (K)

各温度に対して求めた熱伝達率を(□)-第 B. 付 1 表に示す。

ここで、実際に用いた熱伝達率としては、(□)-第 B. 付 1 図に示される水平円筒外表面の周方向分布を考慮して、0°～180°の平均値に対する割合のうち、90°～180°の割合を平均化して算出した係数 (0.87) を(□)-第 B. 付 1 表の値に乗じた値を保守側に設定した。ただし、火災時に対しては入熱が多くなるよう(□)-第 B. 付 1 表の値を設定した。

(□)-第 B. 付 1 表 外筒表面の自然対流熱伝達率

温度(°C)	熱伝達率(W/(m ² ・K))
-20	1.33 Δt ^{1/3}
0	1.26 Δt ^{1/3}
20	1.20 Δt ^{1/3}
100	1.02 Δt ^{1/3}
200	0.863 Δt ^{1/3}
300	0.760 Δt ^{1/3}
400	0.682 Δt ^{1/3}
600	0.577 Δt ^{1/3}
800	0.500 Δt ^{1/3}

(□)-B-73

先行設計承認申請書記載事項

B.6 付属書類

B.6.1 解析に用いた対流熱伝達率について

B.6.1.1 全体モデルに用いた対流熱伝達率

1. 輸送物表面と周囲の熱伝達率

(1) 外筒表面の自然対流熱伝達率

外筒表面の自然対流熱伝達率は、水平円筒表面の自然対流熱伝達率を表わす次の Schutz の式²⁾を用いる。

$$h = 0.1 \lambda \left(\frac{g \beta \Delta t Pr}{\nu^2} \right)^{1/3}$$

ただし、

- h : 熱伝達率 (W/(m²・K))
- λ : 熱伝導率 (W/(m・K))
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)
- β : 体積膨張係数 (K⁻¹)
- ν : 動粘性係数 (m²/s)
- Pr : プラントル数
- Δt : 温度差 (K)

各温度に対して求めた熱伝達率を(□)-第 B. 付 1 表に示す。

ここで、実際に用いた熱伝達率としては、(□)-第 B. 付 1 図に示される水平円筒外表面の周方向分布を考慮して、0°～180°の平均値に対する割合のうち、90°～180°の割合を平均化して算出した係数 (0.87) を(□)-第 B. 付 1 表の値に乗じた値を保守側に設定した。ただし、火災時に対しては入熱が多くなるよう(□)-第 B. 付 1 表の値を設定した。

(□)-第 B. 付 1 表 外筒表面の自然対流熱伝達率

温度(°C)	熱伝達率(W/(m ² ・K))
-20	1.33 Δt ^{1/3}
0	1.26 Δt ^{1/3}
20	1.20 Δt ^{1/3}
100	1.02 Δt ^{1/3}
200	0.863 Δt ^{1/3}
300	0.760 Δt ^{1/3}
400	0.682 Δt ^{1/3}
600	0.577 Δt ^{1/3}
800	0.500 Δt ^{1/3}

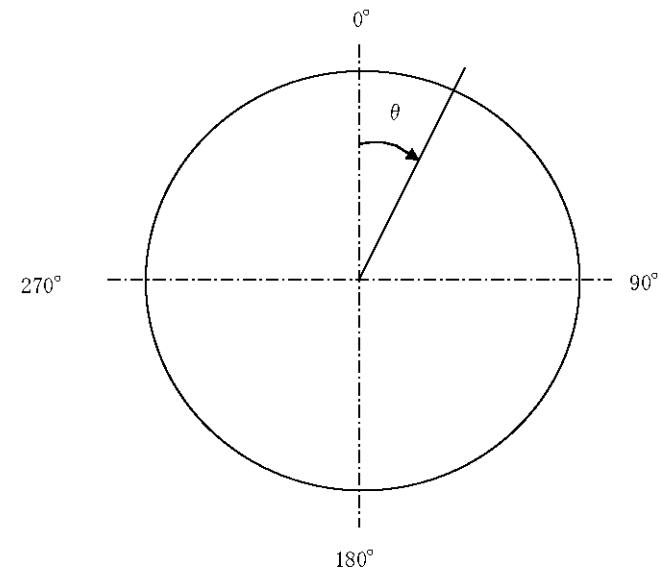
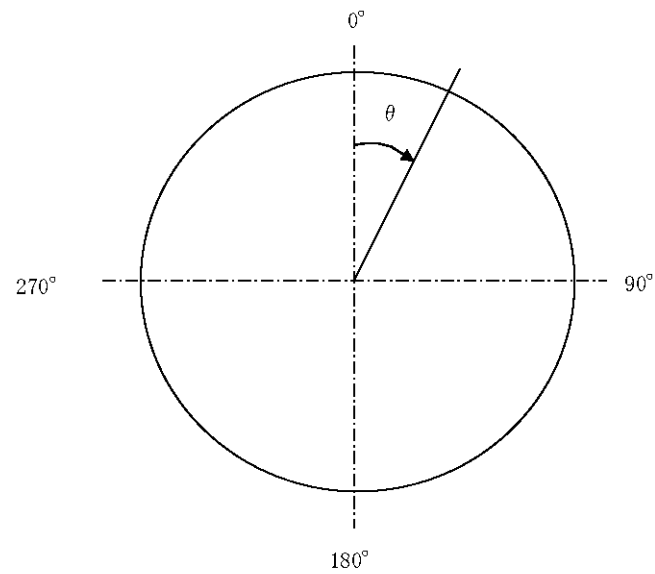
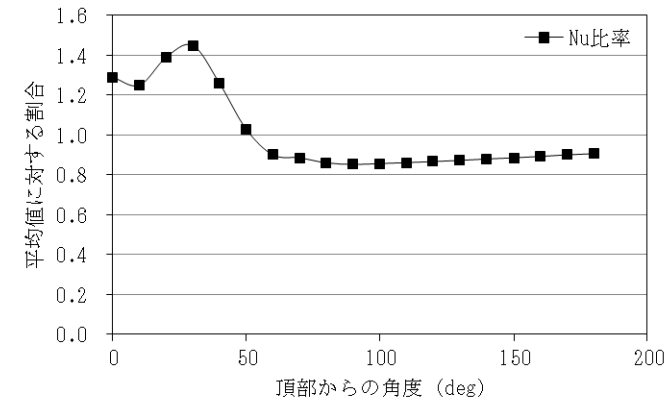
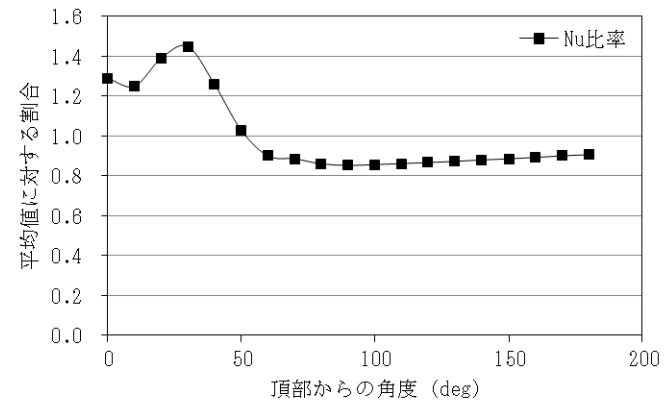
(□)-B-53

備考

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考



(B)-第 B.付 1 図 外表面における自然対流熱伝達率の周方向分布²²⁾

(B)-第 B.付 1 図 外表面における自然対流熱伝達率の周方向分布²²⁾

(B)-B-74

(B)-B-54

(2) 緩衝体円筒表面の自然対流熱伝達率

緩衝体円筒面に対しては外筒表面の自然対流熱伝達率にて使用した Schutz の式を用いる。(a)-第 B. 付 1 表に示す値に周方向分布を考慮した係数 0.87 を乗じて保守的な値を設定した。ただし、火災時に対しては入熱が多くなるように (a)-第 B. 付 1 表の値を設定した。

(3) 緩衝体垂直面の自然対流熱伝達率

緩衝体垂直表面の自然対流熱伝達率は、垂直平板に対する次の Jakob の式²³⁾を用いる。

$$h = 0.129 \lambda \left(\frac{g \beta \Delta t Pr}{\nu^2} \right)^{1/3}$$

ただし、

- h : 熱伝達率 (W/(m²・K))
- λ : 熱伝導率 (W/(m・K))
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)
- β : 体積膨張係数 (K⁻¹)
- ν : 動粘性係数 (m²/s)
- Pr : プラントル数
- Δt : 温度差 (K)

各温度に対して求めた熱伝達率を (a)-第 B. 付 2 表に示す。

(a)-第 B. 付 2 表 垂直面の自然対流熱伝達率

温度 (°C)	熱伝達率 (W/(m ² ・K))
-20	1.72 Δt ^{1/3}
0	1.63 Δt ^{1/3}
20	1.55 Δt ^{1/3}
100	1.31 Δt ^{1/3}
200	1.11 Δt ^{1/3}
300	0.980 Δt ^{1/3}
400	0.880 Δt ^{1/3}
600	0.744 Δt ^{1/3}
800	0.645 Δt ^{1/3}

(a)-B-75

(2) 緩衝体円筒表面の自然対流熱伝達率

緩衝体円筒面に対しては外筒表面の自然対流熱伝達率にて使用した Schutz の式を用いる。(a)-第 B. 付 1 表に示す値に周方向分布を考慮した係数 0.87 を乗じて保守的な値を設定した。ただし、火災時に対しては入熱が多くなるように (a)-第 B. 付 1 表の値を設定した。

(3) 緩衝体垂直面の自然対流熱伝達率

緩衝体垂直表面の自然対流熱伝達率は、垂直平板に対する次の Jakob の式²³⁾を用いる。

$$h = 0.129 \lambda \left(\frac{g \beta \Delta t Pr}{\nu^2} \right)^{1/3}$$

ただし、

- h : 熱伝達率 (W/(m²・K))
- λ : 熱伝導率 (W/(m・K))
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)
- β : 体積膨張係数 (K⁻¹)
- ν : 動粘性係数 (m²/s)
- Pr : プラントル数
- Δt : 温度差 (K)

各温度に対して求めた熱伝達率を (a)-第 B. 付 2 表に示す。

(a)-第 B. 付 2 表 垂直面の自然対流熱伝達率

温度 (°C)	熱伝達率 (W/(m ² ・K))
-20	1.72 Δt ^{1/3}
0	1.63 Δt ^{1/3}
20	1.55 Δt ^{1/3}
100	1.31 Δt ^{1/3}
200	1.11 Δt ^{1/3}
300	0.980 Δt ^{1/3}
400	0.880 Δt ^{1/3}
600	0.744 Δt ^{1/3}
800	0.645 Δt ^{1/3}

(a)-B-55

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>(4) 緩衝体と輸送容器本体との間の熱伝達</p> <p>緩衝体と輸送容器本体との間には取合いの関係上ギャップがあり、この間の熱伝達は空気の熱伝導及び放射によるものとした。</p> <p>B. 6. 2 混合気体の熱伝導率の計算式について</p> <p>特別の試験条件における胴内ガスの熱伝導率は、ヘリウム及び FP ガス放出後の胴内のヘリウム及び FP ガスのモル分率を考慮して、混合気体の熱伝導率の計算式²⁾を用いて算出する。なお、FP ガスは生成量の多いキセノンとした。</p> $\lambda_m = \frac{\lambda_1}{1 + \phi_{12} \frac{x_2}{x_1}} + \frac{\lambda_2}{1 + \phi_{21} \frac{x_1}{x_2}}$ $\phi_{12} = \frac{1}{4} \left\{ 1 + \left[\frac{\eta_1 \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^{3/4} \left(1 + \frac{S_1}{T} \right)}{\eta_2 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^{3/4} \left(1 + \frac{S_2}{T} \right)} \right]^{1/2} \right\}^2 \left(\frac{1 + \frac{S_{12}}{T}}{1 + \frac{S_1}{T}} \right)$ <p>ここで、</p> <ul style="list-style-type: none"> λ_m : 混合ガスの熱伝導率 (W/m/K) λ_1 : ヘリウムの熱伝導率 (W/m/K) λ_2 : 核分裂生成ガスの熱伝導率 (W/m/K) x_1 : ヘリウムの分圧 (MPa abs) x_2 : 核分裂生成ガスの分圧 (MPa abs) η_1 : ヘリウムの粘性率 (Pa·s) η_2 : 核分裂生成ガスの粘性率 (Pa·s) M_1 : ヘリウムの分子量 (-) M_2 : 核分裂生成ガスの分子量 (-) S : Sutherland 定数 <p>計算条件及び計算結果を(ロ)-第 B. 付 3 表に示す。</p> <p style="text-align: center;">(ロ)-B-76</p>	<p>(4) 緩衝体と輸送容器本体との間の熱伝達</p> <p>緩衝体と輸送容器本体との間には取合いの関係上ギャップがあり、この間の熱伝達は空気の熱伝導及び放射によるものとした。</p> <p>B. 6. 2 混合気体の熱伝導率の計算式について</p> <p>特別の試験条件における胴内ガスの熱伝導率は、ヘリウム及び FP ガス放出後の胴内のヘリウム及び FP ガスのモル分率を考慮して、混合気体の熱伝導率の計算式²⁾を用いて算出する。なお、FP ガスは生成量の多いキセノンとした。</p> $\lambda_m = \frac{\lambda_1}{1 + \phi_{12} \frac{x_2}{x_1}} + \frac{\lambda_2}{1 + \phi_{21} \frac{x_1}{x_2}}$ $\phi_{12} = \frac{1}{4} \left\{ 1 + \left[\frac{\eta_1 \left(\frac{M_2}{M_1} \right)^{3/4} \left(1 + \frac{S_1}{T} \right)}{\eta_2 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^{3/4} \left(1 + \frac{S_2}{T} \right)} \right]^{1/2} \right\}^2 \left(\frac{1 + \frac{S_{12}}{T}}{1 + \frac{S_1}{T}} \right)$ <p>ここで、</p> <ul style="list-style-type: none"> λ_m : 混合ガスの熱伝導率 (W/m/K) λ_1 : ヘリウムの熱伝導率 (W/m/K) λ_2 : 核分裂生成ガスの熱伝導率 (W/m/K) x_1 : ヘリウムの分圧 (MPa abs) x_2 : 核分裂生成ガスの分圧 (MPa abs) η_1 : ヘリウムの粘性率 (Pa·s) η_2 : 核分裂生成ガスの粘性率 (Pa·s) M_1 : ヘリウムの分子量 (-) M_2 : 核分裂生成ガスの分子量 (-) S : Sutherland 定数 <p>計算条件及び計算結果を(ロ)-第 B. 付 3 表に示す。</p> <p style="text-align: center;">(ロ)-B-56</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(a)-第B.付3表 胴内ガスの熱伝導率計算条件及び計算結果 (1/2) [17×17 燃料収納時]

項目	記号	単位	T : 温度 (K)				
			300	400	500	600	
熱伝導率	ヘリウム	λ_1	W/(m·K)	0.1527	0.1882	0.2212	0.2523
	キセノン	λ_2	W/(m·K)	0.00562	0.00728	0.00881	0.01025
モル分率	ヘリウム	x_1	-	0.840			
	キセノン	x_2	-	0.160			
粘性係数	ヘリウム	η_1	μ Pa·s	19.93	24.29	28.36	32.21
	キセノン	η_2	μ Pa·s	23.30	30.29	36.80	42.81
分子量	ヘリウム	M_1	g/mol	4.002602			
	キセノン	M_2	g/mol	131.293			
標準沸点	ヘリウム	Tb_1	K	4.21			
	キセノン	Tb_2	K	164.1			
混合気体の熱伝導率	λ_m	W/(m·K)		0.0937	0.115	0.134	0.153

(a)-第B.付3表 胴内ガスの熱伝導率計算条件及び計算結果

項目	記号	単位	T : 温度 (K)				
			300	400	500	600	
熱伝導率	ヘリウム	λ_1	W/(m·K)	0.1527	0.1882	0.2212	0.2523
	キセノン	λ_2	W/(m·K)	0.00562	0.00728	0.00881	0.01025
モル分率	ヘリウム	x_1	-	0.840			
	キセノン	x_2	-	0.160			
粘性係数	ヘリウム	η_1	μ Pa·s	19.93	24.29	28.36	32.21
	キセノン	η_2	μ Pa·s	23.30	30.29	36.80	42.81
分子量	ヘリウム	M_1	g/mol	4.002602			
	キセノン	M_2	g/mol	131.293			
標準沸点	ヘリウム	Tb_1	K	4.21			
	キセノン	Tb_2	K	164.1			
混合気体の熱伝導率	λ_m	W/(m·K)		0.0937	0.115	0.134	0.153

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

(a)-第B.付3表 胴内ガスの熱伝導率計算条件及び計算結果 (2/2) [15×15 燃料収納時]

項目	記号	単位	T : 温度 (K)				
			300	400	500	600	
熱伝導率	ヘリウム	λ_1	W/(m·K)	0.1527	0.1882	0.2212	0.2523
	キセノン	λ_2	W/(m·K)	0.00562	0.00728	0.00881	0.01025
モル分率	ヘリウム	x_1	-	0.863			
	キセノン	x_2	-	0.137			
粘性係数	ヘリウム	η_1	μ Pa·s	19.93	24.29	28.36	32.21
	キセノン	η_2	μ Pa·s	23.30	30.29	36.80	42.81
分子量	ヘリウム	M_1	g/mol	4.002602			
	キセノン	M_2	g/mol	131.293			
標準沸点	ヘリウム	Tb_1	K	4.21			
	キセノン	Tb_2	K	164.1			
混合気体の熱伝導率	λ_m	W/(m·K)		0.0999	0.123	0.143	0.163

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

(a)-B-77

(a)-B-57

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>B.6.3 近接防止金網の温度評価について</p> <p>以下の考え方にに基づき近接防止金網の温度を評価した。(註)第B.付2図参照)</p> <p>①近接防止金網温度に対応する規則要件は38℃の日陰における近接可能な容器表面最高温度を85℃以下とすることであるから、太陽熱放射を考慮しない。</p> <p>②近接防止金網は、当該輸送容器を架台上に設置した際に近接可能な外筒領域及びトランオン領域を覆うように取り付けられている。</p> <p>③近接防止金網は容器周りに垂直平板状に設けられているため、厚さを持たない板として考える。</p> <p>④近接防止金網は輸送容器と周囲の自然対流を阻害しない形状とすることにより熱伝達を干渉しないものと仮定する。したがって、近接防止金網温度を求めするために使用する輸送容器表面の温度は一般の試験条件(人の近づきうる表面の最高評価条件)で得られた結果を用いる。</p> <p>⑤温度を求めるときは、自然対流と放射を考慮する。自然対流熱伝達率は垂直平板の自然対流熱伝達率を用いて評価する。これらを考慮して、容器から近接防止金網への入熱量と近接防止金網から大気への放熱量がつりあうように近接防止金網温度を定める。</p> <p>⑥容器と近接防止金網間にある空気自然対流の評価において、容器と近接防止金網間の空気の温度は近接防止金網温度と容器表面温度の平均温度であるとする。</p> <div data-bbox="424 1199 1151 1539"> </div> <p>(註)第B.付2図 近接防止金網周りの伝熱モデル</p> <p>(註)-B-78</p>	<p>B.6.3 近接防止金網の温度評価について</p> <p>以下の考え方にに基づき近接防止金網の温度を評価した。(註)第B.付2図参照)</p> <p>①近接防止金網温度に対応する規則要件は38℃の日陰における近接可能な容器表面最高温度を85℃以下とすることであるから、太陽熱放射を考慮しない。</p> <p>②近接防止金網は、当該輸送容器を架台上に設置した際に近接可能な外筒領域及びトランオン領域を覆うように取り付けられている。</p> <p>③近接防止金網は容器周りに垂直平板状に設けられているため、厚さを持たない板として考える。</p> <p>④近接防止金網は輸送容器と周囲の自然対流を阻害しない形状とすることにより熱伝達を干渉しないものと仮定する。したがって、近接防止金網温度を求めするために使用する輸送容器表面の温度は一般の試験条件(人の近づきうる表面の最高評価条件)で得られた結果を用いる。</p> <p>⑤温度を求めるときは、自然対流と放射を考慮する。自然対流熱伝達率は垂直平板の自然対流熱伝達率を用いて評価する。これらを考慮して、容器から近接防止金網への入熱量と近接防止金網から大気への放熱量がつりあうように近接防止金網温度を定める。</p> <p>⑥容器と近接防止金網間にある空気自然対流の評価において、容器と近接防止金網間の空気の温度は近接防止金網温度と容器表面温度の平均温度であるとする。</p> <div data-bbox="1656 1199 2383 1539"> </div> <p>(註)第B.付2図 近接防止金網周りの伝熱モデル</p> <p>(註)-B-58</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

以上より、キャスク本体から近接防止金網への入熱量 Q_{in} 及び近接防止金網から大気への放熱量 Q_{out} は、それぞれ以下の式で表わされ、近接防止金網温度 T_a は、 $Q_{in}=Q_{out}$ を満たす T_a を求める。

$$\begin{cases} Q_{in}=h_1(T_{ave}-T_a)+\sigma F_\varepsilon\{(T_1+273.15)^4-(T_a+273.15)^4\} \\ Q_{out}=h_0(T_a-T_0)+\sigma\varepsilon_2\{(T_a+273.15)^4-(T_0+273.15)^4\} \\ F_\varepsilon=1/\{(1/\varepsilon_1)+(1/\varepsilon_2)-1\} \end{cases}$$

ただし、

- Q_{in} : 近接防止金網への入熱量 (W/m²)
- Q_{out} : 近接防止金網から大気への放熱量 (W/m²)
- h_1 : 入熱の境界膜温度における垂直平板の自然対流熱伝達率 (W/(m²・K))
((n)-第 B. 付 4 表参照)
- h_0 : 放熱の境界膜温度における垂直平板の自然対流熱伝達率 (W/(m²・K))
((n)-第 B. 付 4 表参照)
- T_1 : キャスク本体外表面温度 (103 °C)
(キャスク本体外表面において最も温度が高いトラニオンの温度)
- T_{ave} : キャスク本体外表面と近接防止金網の平均温度 (°C)
- T_a : 近接防止金網温度 (°C)
- T_0 : 周囲温度 (38 °C)
- σ : ステファン・ボルツマン定数 (5.670367×10⁻⁸ W/(m²・K⁴))
- F_ε : 形態係数
- ε_1 : キャスク本体外表面の放射率 (0.8)
- ε_2 : 近接防止金網の放射率 (0.33 : アルミニウムの酸化面)

(n)-第 B. 付 4 表 垂直平板の自然対流熱伝達率

境界膜温度 (°C)	垂直平板の自然対流熱伝達率 (W/(m ² ・K))
20	1.55 ΔT ^{1/3}
100	1.31 ΔT ^{1/3}
200	1.11 ΔT ^{1/3}

入熱の境界膜温度 : T_{ave}

放熱の境界膜温度 : $(T_a+T_0)/2$

(n)-B-79

先行設計承認申請書記載事項

以上より、キャスク本体から近接防止金網への入熱量 Q_{in} 及び近接防止金網から大気への放熱量 Q_{out} は、それぞれ以下の式で表わされ、近接防止金網温度 T_a は、 $Q_{in}=Q_{out}$ を満たす T_a を求める。

$$\begin{cases} Q_{in}=h_1(T_{ave}-T_a)+\sigma F_\varepsilon\{(T_1+273)^4-(T_a+273)^4\} \\ Q_{out}=h_0(T_a-T_0)+\sigma\varepsilon_2\{(T_a+273)^4-(T_0+273)^4\} \\ F_\varepsilon=1/\{(1/\varepsilon_1)+(1/\varepsilon_2)-1\} \end{cases}$$

ただし、

- Q_{in} : 近接防止金網への入熱量 (W/m²)
- Q_{out} : 近接防止金網から大気への放熱量 (W/m²)
- h_1 : 入熱の境界膜温度における垂直平板の自然対流熱伝達率 (W/(m²・K))
((n)-第 B. 付 4 表参照)
- h_0 : 放熱の境界膜温度における垂直平板の自然対流熱伝達率 (W/(m²・K))
((n)-第 B. 付 4 表参照)
- T_1 : キャスク本体外表面温度 (103 °C)
(キャスク本体外表面において最も温度が高いトラニオンの温度)
- T_{ave} : キャスク本体外表面と近接防止金網の平均温度 (°C)
- T_a : 近接防止金網温度 (°C)
- T_0 : 周囲温度 (38 °C)
- σ : ステファン・ボルツマン定数 (5.670367×10⁻⁸ W/(m²・K⁴))
- F_ε : 形態係数
- ε_1 : キャスク本体外表面の放射率 (0.8)
- ε_2 : 近接防止金網の放射率 (0.33 : アルミニウムの酸化面)

(n)-第 B. 付 4 表 垂直平板の自然対流熱伝達率

境界膜温度 (°C)	垂直平板の自然対流熱伝達率 (W/(m ² ・K))
20	1.55 ΔT ^{1/3}
100	1.31 ΔT ^{1/3}
200	1.11 ΔT ^{1/3}

入熱の境界膜温度 : T_{ave}

放熱の境界膜温度 : $(T_a+T_0)/2$

(n)-B-59

備考

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

容器表面各部位近傍に設けられた近接防止金網温度を(□)-第 B. 付 5 表に示す。容器表面に設けられた近接防止金網の温度は基準値(85℃)より低い。

(□)-第 B. 付 5 表 近接防止金網の温度評価結果

評価条件 (°C)		評価結果 (°C)
キャスク本体外表面温度 (T _i)	周囲温度 (T ₀)	近接防止金網温度 (T _a)
103	38	66

(□)-B-80

先行設計承認申請書記載事項

容器表面各部位近傍に設けられた近接防止金網温度を(□)-第 B. 付 5 表に示す。容器表面に設けられた近接防止金網の温度は基準値(85℃)より低い。

(□)-第 B. 付 5 表 近接防止金網の温度評価結果

評価条件 (°C)		評価結果 (°C)
キャスク本体外表面温度 (T _i)	周囲温度 (T ₀)	近接防止金網温度 (T _a)
103	38	66

(□)-B-60

備考

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>B.6.4 参考文献</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Dassault Systèmes, “ABAQUS Analysis User’s Manual(6.12)”, (2012). 2) (一社)日本機械学会, 「伝熱工学資料 改訂第4版」, (1986). 3) American Society of Mechanical Engineers, “ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section II Part D Properties (Metric)”, (2010). 4) 中性子吸収材メーカ資料 5) (公財)原子力安全研究協会, 「軽水炉燃料のふるまい 改訂第5版」, (2013). 6) D. L. Hagrman, G. A. Reymann, R. E. Mason, “MATPRO-Version 11 (Rev.2) A Handbook of Materials Properties for Use in the Analysis of Light Water Reactor Fuel Rod Behavior,” EG&G Idaho Inc., (1981). 7) BISCO PRODUCTS, Inc., “NS-4-FR Fire Resistant Neutron and/or Gamma Shielding Material”, (1986). 8) 木材工業ハンドブック編集委員会, 「木材工業ハンドブック 改訂3版」, (1982). 9) (公社)日本化学会, 「化学便覧 基礎編 改訂5版」, (2004). 10) 三菱重工業(株), 「化学試験報告書 エポキシ系樹脂の熱特性測定結果」, (2006). 11) 産業技術センター, 「複合材料技術集成」, (1976). 12) (一財)電力中央研究所, 「輸送キャスク密封装置の耐熱限界性能の評価」, (1998). 13) (一財)電力中央研究所, 「平成20年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等(中間貯蔵設備等長期健全性等試験のうち貯蔵設備長期健全性等調査)報告書」, (2009). 14) (独)原子力安全基盤機構, 「金属キャスク貯蔵技術確証試験 報告書 1/3 最終報告」, (2004). 15) Y. Momma, et al., “Evaluation Test on the Thermal Stability of Resin as Neutron Shielding Material for Spent Fuel Transport Cask”, The 12th International Conference on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials, (1998). 16) (独)原子力安全基盤機構, 「平成18年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等(貯蔵燃料長期健全性等確証試験に関する試験最終成果報告書)」, (2007). 17) 三菱重工業(株), 「型式設計特定容器等の型式指定申請書 本文及び添付書類の一部補正について」, (2017). 18) (一社)日本機械学会, 「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格(JSME S FA1-2007)」, (2007). 19) F. P. Incropera, D. P. Dewitt, “Fundamentals of Heat and Mass Transfer. Third Edition”, John Wiley & Sons, Inc., (1990). 20) 平成二年十一月二十八日科学技術庁告示第五号, 「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示」. <p>(註)-B-81</p>	<p>B.6.4 参考文献</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Dassault Systèmes, “ABAQUS Analysis User’s Manual(6.12)”, (2012). 2) (一社)日本機械学会, 「伝熱工学資料 改訂第4版」, (1986). 3) American Society of Mechanical Engineers, “ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section II Part D Properties (Metric)”, (2010). 4) 中性子吸収材メーカ資料 5) (公財)原子力安全研究協会, 「軽水炉燃料のふるまい 改訂第5版」, (2013). 6) D. L. Hagrmen, G. A. Reymann, R. E. Mason, “MATOPRO-Version 11(Rev.2) A Handbook of Materials Properties for Use in the Analysis of Light Water Reactor Fuel Rod Behavior,” EG&G Idaho Inc., (1981). 7) BISCO PRODUCTS, Inc., “NS-4-FR Fire Resistant Neutron and/or Gamma Shielding Material”, (1986). 8) 木材工業ハンドブック編集委員会, 「木材工業ハンドブック 改訂3版」, (1982). 9) (公社)日本化学会, 「化学便覧 基礎編 改訂5版」, (2004). 10) 三菱重工業(株), 「化学試験報告書 エポキシ系樹脂の熱特性測定結果」, (2006). 11) 産業技術センター, 「複合材料技術集成」, (1976). 12) (一財)電力中央研究所, 「輸送キャスク密封装置の耐熱限界性能の評価」, (1998). 13) (一財)電力中央研究所, 「平成20年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等(中間貯蔵設備等長期健全性等試験のうち貯蔵設備長期健全性等調査)報告書」, (2009). 14) (独)原子力安全基盤機構, 「金属キャスク貯蔵技術確証試験 報告書 1/3 最終報告」, (2004). 15) Y. Momma, et al., “Evaluation Test on the Thermal Stability of Resin as Neutron Shielding Material for Spent Fuel Transport Cask”, The 12th International Conference on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials, (1998). 16) (独)原子力安全基盤機構, 「平成18年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等(貯蔵燃料長期健全性等確証試験に関する試験最終成果報告書)」, (2007). 17) 三菱重工業(株), 「型式設計特定容器等の型式指定申請書 本文及び添付書類の一部補正について」, (2017). 18) (一社)日本機械学会, 「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格(JSME S FA1-2007)」, (2007). 19) F. P. Incropera, D. P. Dewitt, “Fundamentals of Heat and Mass Transfer. Third Edition”, John Wiley & Sons, Inc., (1990). 20) 平成二年十一月二十八日科学技術庁告示第五号, 「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示」. <p>(註)-B-61</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>21) (一社)日本機械学会, 「伝熱工学資料 改訂第3版」, (1975).</p> <p>22) 三角利之, 鈴木幸治, 北村健三, 「大きな水平加熱円柱まわりの自然対流の流動と伝熱(空気の場合)」, (一社)日本機械学会, (1999).</p> <p>23) M. Jakob, “Heat Transfer. Volume 1”, John Wiley & Sons, Inc., (1949).</p> <p>(註)-B-82</p>	<p>21) (一社)日本機械学会, 「伝熱工学資料 改訂第3版」, (1975).</p> <p>22) 三角利之, 鈴木幸治, 北村健三, 「大きな水平加熱円柱まわりの自然対流の流動と伝熱(空気の場合)」, (一社)日本機械学会, (1999).</p> <p>23) M. Jakob, “Heat Transfer. Volume 1”, John Wiley & Sons, Inc., (1949).</p> <p>(註)-B-62</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>(□)章C 密 封 解 析</p>	<p>(□)章C 密 封 解 析</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>C. 密封解析</p> <p>C.1 概要</p> <p>本輸送物は、B.4.6 に示すように一般の試験条件において密封境界の内部は負圧である。したがって、一般の試験条件における放射性物質の漏えいはないが、仮に密封境界の内部の圧力が大気圧になる場合を想定し、漏えい試験によって求めた密封境界からの漏えい率に基づいて放射性物質の密封境界外への漏えい率を評価し、その漏えい率が一般の試験条件における放射性物質漏えい率の基準を満足することを示す。また、特別の試験条件においては、密封境界の内部が正圧になる可能性があるため、同様に、漏えい試験によって求めた密封境界からの漏えい率に基づいて放射性物質の密封境界外への漏えい率を評価し、その漏えい率が特別の試験条件下における放射性物質漏えい率の基準を満足することを示す。</p> <p>なお、本評価における収納放射エネルギーは、ORIGEN2.2UPJ コードを用いて求めた。また、データライブラリは PWRU50 ライブラリを用いた。</p> <p>また、(イ)-第 D.4 表に示すとおり、17×17 型燃料と 15×15 型燃料では、17×17 型燃料の方が輸送容器 1 基当たりの ³H と ⁸⁵Kr の放射能強度は大きいことから、密封解析は 17×17 型燃料で代表する。</p> <p>C.2 密封装置</p> <p>C.2.1 密封装置</p> <p>輸送容器の密封境界を構成する密封装置は、(イ)-第 C.4 図に示すように収納物を収納する胴、三次蓋及びリリーフバルブカバープレートから構成される。また、密封装置の材質は(イ)-第 C.1 表に示すとおりである。なお、三次蓋及びリリーフバルブカバープレートは、ともに上部緩衝体で覆われているため、不用意に取り外されることはない。また、緩衝体の取付部には <input type="checkbox"/> を施すことができるようになっている。</p> <p>C.2.2 密封装置の貫通部</p> <p>密封装置には、(イ)-第 C.13 図に示すように、三次蓋にリリーフバルブを設けるための貫通部が設けられている。リリーフバルブは二三次蓋間と外部との圧力を同圧にするために用いられる。</p> <p>C.2.3 密封装置のガスケット及び溶接部</p> <p>1. ガスケット</p> <p>三次蓋及びリリーフバルブカバープレートには、(イ)-第 C.12 図及び(イ)-第 C.13 図に示すように EPDM 製の O リングが同心円状に設けられている。ガスケットの寸法は(イ)-第 C.2 表に示すとおりである。</p> <p>ガスケットは輸送容器の製作中に気密漏えい試験を行ってその健全性が確認される。</p> <p>(ロ)-C-1</p>	<p>C. 密封解析</p> <p>C.1 概要</p> <p>本輸送物は、B.4.6 に示すように一般の試験条件において密封境界の内部は負圧である。したがって、一般の試験条件における放射性物質の漏えいはないが、仮に密封境界の内部の圧力が大気圧になる場合を想定し、漏えい試験によって求めた密封境界からの漏えい率に基づいて放射性物質の密封境界外への漏えい率を評価し、その漏えい率が一般の試験条件における放射性物質漏えい率の基準を満足することを示す。また、特別の試験条件においては、密封境界の内部が正圧になる可能性があるため、同様に、漏えい試験によって求めた密封境界からの漏えい率に基づいて放射性物質の密封境界外への漏えい率を評価し、その漏えい率が特別の試験条件下における放射性物質漏えい率の基準を満足することを示す。</p> <p>なお、本評価における収納放射エネルギーは、ORIGEN2.2UPJ コードを用いて求めた。また、データライブラリは PWRU50 ライブラリを用いた。</p> <p>C.2 密封装置</p> <p>C.2.1 密封装置</p> <p>輸送容器の密封境界を構成する密封装置は、(イ)-第 C.4 図に示すように収納物を収納する胴、三次蓋及びリリーフバルブカバープレートから構成される。また、密封装置の材質は(イ)-第 C.1 表に示すとおりである。なお、三次蓋及びリリーフバルブカバープレートは、共に上部緩衝体で覆われているため、不用意に取り外されることはない。また、緩衝体の取付部には <input type="checkbox"/> を施すことができるようになっている。</p> <p>C.2.2 密封装置の貫通部</p> <p>密封装置には、(イ)-第 C.13 図に示すように、三次蓋にリリーフバルブを設けるための貫通部が設けられている。リリーフバルブは二三次蓋間と外部との圧力を同圧にするために用いられる。</p> <p>C.2.3 密封装置のガスケット及び溶接部</p> <p>1. ガスケット</p> <p>三次蓋及びリリーフバルブカバープレートには、(イ)-第 C.12 図及び(イ)-第 C.13 図に示すように EPDM 製の O リングが同心円状に設けられている。ガスケットの寸法は(イ)-第 C.2 表に示すとおりである。</p> <p>ガスケットは輸送容器の製作中に気密漏えい試験を行ってその健全性が確認される。</p>	<p>15×15 燃料追加に伴う記載の追加</p>

EPDM製のOリングは、その耐熱性 (B.4.6及びB.5.6) 及び耐寒性 (A.4.2) により、一般及び特別の試験条件並びに最低使用温度でも蓋の密封性を保つことができる。

2. 溶接部 (胴と底板を溶接する場合)

密封境界に係る溶接部は、胴と底板である。胴と底板は、金属キャスク構造規格等に準拠して実施した溶接施工法確認試験に合格した施工法に従って溶接施工される。

溶接部は製作中に放射線透過試験又は浸透探傷試験等を行ってその健全性が確認される。

C.2.4 蓋

三次蓋には、一般及び特別の試験条件の温度、圧力に耐える強度を備え、かつ、密封性を保つことができるOリングを設けている。三次蓋の密封性を保つため、蓋ボルトを適切なトルクで締付ける。

C.3 一般の試験条件

一般の試験条件において密封装置の構造強度が維持され機能が損なわれないことはA.5により確認している。また、B.4.6に示すように一般の試験条件における三次蓋と胴で構成される密封容器の圧力 (以下「三次蓋-胴内圧力」という。) は、0.0822 MPaであり、設計評価期間中のヘリウム内部への漏えいを考慮しても0.097 MPa未満である。したがって、一般の試験条件において密封装置の加圧を考慮しても三次蓋-胴内圧力は負圧である。また、一般の試験条件において密封装置は健全であり漏えいはない。このように漏えいはないが、仮に密封境界の内部の圧力が大気圧の上限值0.105 MPa、外気圧が大気圧の下限值0.097 MPaであると仮定し、一般の試験条件における放射性物質漏えい率の基準を満足することを確認する。

C.3.1 放射性物質の漏えい

1. 核分裂生成ガス

一般の試験条件において燃料棒の破損がないことはA.5により確認されているが、ここでは全収納物の0.1%の燃料棒の密封性が失われたとし、燃料が有する放射性物質が(α)-第C.1表に示す割合及び量で三次蓋-胴内雰囲気中に放出されると仮定する。なお、密封解析の対象とする燃料は、(イ)-第D.4表に示す放射能強度とする。

(α)-第C.1表 放射性物質の放出率

主要核種	収納放射能 (TBq)	破損率 (%)	放出率 (%)	A ₂ 値 (TBq)	放出放射能 (A ₂ 値比)	放射性物質濃度 ^(注1) (A ₂ 値比/ref cm ³)
³ H	[]	0.1	10 ¹⁾	40	[]	8.53×10 ⁻¹¹
⁸⁵ Kr				10		5.03×10 ⁻⁹
合計		—	—	—		5.11×10 ⁻⁹

(注1) 三次蓋-胴内ガス体積は [] ref cm³である。

(α)-C-2

EPDM製のOリングは、その耐熱性 (B.4.6及びB.5.6) 及び耐寒性 (A.4.2) により、一般及び特別の試験条件並びに最低使用温度でも蓋の密封性を保つことができる。

2. 溶接部 (胴と底板を溶接する場合)

密封境界に係る溶接部は、胴と底板である。胴と底板は、金属キャスク構造規格等に準拠して実施した溶接施工法確認試験に合格した施工法に従って溶接施工される。

溶接部は製作中に放射線透過試験又は浸透探傷試験等を行ってその健全性が確認される。

C.2.4 蓋

三次蓋には、一般及び特別の試験条件の温度、圧力に耐える強度を備え、かつ、密封性を保つことができるOリングを設けている。三次蓋の密封性を保つため、蓋ボルトを適切なトルクで締付ける。

C.3 一般の試験条件

一般の試験条件において密封装置の構造強度が維持され機能が損なわれないことはA.5により確認している。また、B.4.6に示すように一般の試験条件における三次蓋と胴で構成される密封容器の圧力 (以下「三次蓋-胴内圧力」という。) は、0.0822 MPaであり、設計評価期間中のヘリウム内部への漏えいを考慮しても0.097 MPa未満である。したがって、一般の試験条件において密封装置の加圧を考慮しても三次蓋-胴内圧力は負圧である。また、一般の試験条件において密封装置は健全であり漏えいはない。このように漏えいはないが、仮に密封境界の内部の圧力が大気圧の上限值0.105 MPa、外気圧が大気圧の下限值0.097 MPaであると仮定し、一般の試験条件における放射性物質漏えい率の基準を満足することを確認する。

C.3.1 放射性物質の漏えい

1. 核分裂生成ガス

一般の試験条件において燃料棒の破損がないことはA.5により確認されているが、ここでは全収納物の0.1%の燃料棒の密封性が失われたとし、燃料が有する放射性物質が(α)-第C.1表に示す割合及び量で三次蓋-胴内雰囲気中に放出されると仮定する。なお、密封解析の対象とする燃料は、(イ)-第D.4表に示す放射能強度とする。

(α)-第C.1表 放射性物質の放出率

主要核種	収納放射能 (TBq)	破損率 (%)	放出率 (%)	A ₂ 値 (TBq)	放出放射能 (A ₂ 値比)	放射性物質濃度 ^(注1) (A ₂ 値比/ref cm ³)
³ H	[]	0.1	10 ¹⁾	40	[]	8.53×10 ⁻¹¹
⁸⁵ Kr				10		5.03×10 ⁻⁹
合計		—	—	—		5.11×10 ⁻⁹

(注1) 三次蓋-胴内ガス体積は [] ref cm³である。

(α)-C-2

2. 一般の試験条件におけるガス漏えい率

一般の試験条件におけるガス漏えい率は、漏えい試験における許容漏えい率 L_{Rt} に基づいて求める。

(1) 漏えい試験における許容漏えい率

密封解析の設計基準として設定した許容漏えい率 L_{Rt} は、輸送容器の三次蓋の被検査部の漏えい率として (u)-第 C.2 表 に示す値とする。なお、表中の各項目の添え字の 0 は、漏えい試験条件を示す。

(u)-第 C.2 表 許容漏えい率及び漏えい試験条件

項目		密封境界 (三次蓋及びリリーフバルブカバープレート)
L_{Rt} : 許容漏えい率 (ref cm^3/s)		2×10^{-3}
圧力条件	$P_{u,0}$: 上流側圧力 (MPa·abs)	0.760
	$P_{d,0}$: 下流側圧力 (MPa·abs)	0.101 (大気圧)
T_0 : 温度 (K)		298.15
$L_{u,0}$: 漏えい試験時のガス漏えい率 (cm^3/s at $P_{u,0}$, T_0)		2.66×10^{-4}

(2) 一般の試験条件におけるガス漏えい率

密封装置の漏えい孔径は、許容漏えい率に基づいて、以下の漏えい計算式により求める。なお、(1)~(6) 式中の添え字の i は試験条件を表し、 $i=0$: 漏えい試験条件、 $i=1$: 一般の試験条件を表す。

$$L_{u,i} = (F_{c,i} + F_{m,i}) \left(P_{u,i} - P_{d,i} \right) \left(\frac{P_{a,i}}{P_{u,i}} \right)^{2.5} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、

$L_{u,i}$: 圧力 $P_{u,i}$ における漏えい率 (cm^3/s at $P_{u,i}$, T_i)

$F_{c,i}$: 連続流の流動伝導係数 ($\text{cm}^3/(\text{MPa} \cdot \text{s})$)

$$F_{c,i} = \frac{\pi}{128} \times \frac{D_i^4}{a_i \mu_i} \dots \dots \dots (2)$$

$F_{m,i}$: 自由分子流の流動伝導係数 ($\text{cm}^3/(\text{MPa} \cdot \text{s})$)

$$F_{m,i} = \frac{\sqrt{2} \pi R_0}{6} \times \frac{D_i^3 \sqrt{T_i}}{a_i P_{a,i}} \dots \dots \dots (3)$$

$P_{u,i}$: 上流側の圧力 (MPa)

$P_{d,i}$: 下流側の圧力 (MPa)

(u)-C-3

2. 一般の試験条件におけるガス漏えい率

一般の試験条件におけるガス漏えい率は、漏えい試験における許容漏えい率 L_{Rt} に基づいて求める。

(1) 漏えい試験における許容漏えい率

密封解析の設計基準として設定した許容漏えい率 L_{Rt} は、輸送容器の三次蓋の被検査部の漏えい率として (u)-第 C.2 表 に示す値とする。なお、表中の各項目の添え字の 0 は、漏えい試験条件を示す。

(u)-第 C.2 表 許容漏えい率及び漏えい試験条件

項目		密封境界 (三次蓋及びリリーフバルブカバープレート)
L_{Rt} : 許容漏えい率 (ref cm^3/s)		2×10^{-3}
圧力条件	$P_{u,0}$: 上流側圧力 (MPa·abs)	0.760
	$P_{d,0}$: 下流側圧力 (MPa·abs)	0.101 (大気圧)
T_0 : 温度 (K)		298.15
$L_{u,0}$: 漏えい試験時のガス漏えい率 (cm^3/s at $P_{u,0}$, T_0)		2.66×10^{-4}

(2) 一般の試験条件におけるガス漏えい率

密封装置の漏えい孔径は、許容漏えい率に基づいて、以下の漏えい計算式により求める。なお、(1)~(6) 式中の添え字の i は試験条件を表し、 $i=0$: 漏えい試験条件、 $i=1$: 一般の試験条件を表す。

$$L_{u,i} = (F_{c,i} + F_{m,i}) \left(P_{u,i} - P_{d,i} \right) \left(\frac{P_{a,i}}{P_{u,i}} \right)^{2.5} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、

$L_{u,i}$: 圧力 $P_{u,i}$ における漏えい率 (cm^3/s at $P_{u,i}$, T_i)

$F_{c,i}$: 連続流の流動伝導係数 ($\text{cm}^3/(\text{MPa} \cdot \text{s})$)

$$F_{c,i} = \frac{\pi}{128} \times \frac{D_i^4}{a_i \mu_i} \dots \dots \dots (2)$$

$F_{m,i}$: 自由分子流の流動伝導係数 ($\text{cm}^3/(\text{MPa} \cdot \text{s})$)

$$F_{m,i} = \frac{\sqrt{2} \pi R_0}{6} \times \frac{D_i^3 \sqrt{T_i}}{a_i P_{a,i}} \dots \dots \dots (3)$$

$P_{u,i}$: 上流側の圧力 (MPa)

$P_{d,i}$: 下流側の圧力 (MPa)

(u)-C-3

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p style="text-align: center;">$P_{a,i} = \frac{1}{2}(P_{u,i} + P_{d,i}) \dots\dots\dots (4)$</p> <p>$P_{a,i}$: 流れの平均圧力 (MPa)</p> <p>ただし、</p> <p>D_i : 漏えい孔径 (cm)</p> <p>a_i : 漏えい孔長 (cm)</p> <p>μ_i : 粘性係数 (MPa・s)</p> <p>R_0 : 気体定数 (8.3144598×10⁷ erg/(mol・K))⁴⁾</p> <p>T_i : 流体の温度 (K)</p> <p>M : 流体の分子量</p> <p>また、漏えい試験条件において、$L_{u,i}$ は次式で与えられる。</p> <p style="text-align: center;">$L_{u,i} = L_{RT} \left(\frac{P_s T_i}{P_{u,i} T_s} \right) \dots\dots\dots (5)$</p> <p>ここで、</p> <p>$L_{RT}$: 許容漏えい率(2箇所) (ref cm³/s)</p> <p>P_s : 基準圧力 (0.101 MPa)</p> <p>T_s : 基準温度 (298.15 K)</p> <p>一般の試験条件におけるガス漏えい率は、漏えい孔が漏えい試験時の漏えい孔径を維持するとして、上記の漏えい計算式により求める。</p> <p>また、次式により上記のガス漏えい率 ($L_{u,i}$) を 25 °C、0.101 MPa (1 atm) の標準状態における漏えい率 $L_{x,i}$ に換算する。</p> <p style="text-align: center;">$L_{x,i} = L_{u,i} \left(\frac{P_{u,i} T_s}{P_s T_i} \right) \dots\dots\dots (6)$</p> <p>一般の試験条件におけるガス漏えい率を(Ⅱ)-第 C.3 表に示す。</p> <p style="text-align: center;">(Ⅱ)-C-4</p>	<p style="text-align: center;">$P_{a,i} = \frac{1}{2}(P_{u,i} + P_{d,i}) \dots\dots\dots (4)$</p> <p>$P_{a,i}$: 流れの平均圧力 (MPa)</p> <p>ただし、</p> <p>D_i : 漏えい孔径 (cm)</p> <p>a_i : 漏えい孔長 (cm)</p> <p>μ_i : 粘性係数 (MPa・s)</p> <p>R_0 : 気体定数 (8.3144598×10⁷ erg/(mol・K))⁴⁾</p> <p>T_i : 流体の温度 (K)</p> <p>M : 流体の分子量</p> <p>また、漏えい試験条件において、$L_{u,i}$ は次式で与えられる。</p> <p style="text-align: center;">$L_{u,i} = L_{RT} \left(\frac{P_s T_i}{P_{u,i} T_s} \right) \dots\dots\dots (5)$</p> <p>ここで、</p> <p>$L_{RT}$: 許容漏えい率(2箇所) (ref cm³/s)</p> <p>P_s : 基準圧力 (0.101 MPa)</p> <p>T_s : 基準温度 (298.15 K)</p> <p>一般の試験条件におけるガス漏えい率は、漏えい孔が漏えい試験時の漏えい孔径を維持するとして、上記の漏えい計算式により求める。</p> <p>また、次式により上記のガス漏えい率 ($L_{u,i}$) を 25 °C、0.101 MPa (1 atm) の標準状態における漏えい率 $L_{x,i}$ に換算する。</p> <p style="text-align: center;">$L_{x,i} = L_{u,i} \left(\frac{P_{u,i} T_s}{P_s T_i} \right) \dots\dots\dots (6)$</p> <p>一般の試験条件におけるガス漏えい率を(Ⅱ)-第 C.3 表に示す。</p> <p style="text-align: center;">(Ⅱ)-C-4</p>	

(a)-第 C.3 表 一般の試験条件におけるガス漏えい率

項目 ^(注1)	部位	密封境界	
		三次蓋	リリースバルブ カバープレート
P _{u,1} : 上流側圧力 (MPa)		0.105	
P _{d,1} : 下流側圧力 (MPa)		0.097	
T ₁ : 流体の温度 (K)		383.15 ^(注2)	
a ₁ : 漏えい孔長 (cm)		<input type="text"/> ^(注3)	<input type="text"/> ^(注3)
D ₁ : 漏えい孔径 (cm)		<input type="text"/>	
L _{u,1} : 一般の試験条件におけるガス漏えい率 (cm ³ /s at P _{u,1} , T ₁)		5.95×10 ⁻⁸	6.50×10 ⁻⁸
L _{x,1} : 一般の試験条件におけるガス漏えい率 (cm ³ /s at 0.101 MPa, 25 °C)		4.82×10 ⁻⁸ (1.73×10 ⁻² cm ³ /h)	5.26×10 ⁻⁸ (1.89×10 ⁻² cm ³ /h)

(注1)各項目の添え字の1は、一般の試験条件 (i=1) を示す。

(注2)三次蓋ガスケット部温度

(注3)Oリングの断面直径を採用

3. 一般の試験条件における放射性物質の漏えい率

一般の試験条件における放射性物質の漏えい率は、(a)-第 C.1 表に示す密封装置内にガス状で存在する核種の放射性物質濃度と前項で求めた一般の試験条件におけるガス漏えい率 (L_{x,i}) を乗じて求められる。

なお、ここでは保守的に漏えい率の大きいリリースバルブカバープレートにおけるガス漏えい率を用いて評価する。

一般の試験条件における放射性物質濃度を用いて求めたガス中の放射性物質の漏えい率、基準値 A₂ 値×10⁻⁶/h 及び漏えい率と基準値との比率を(a)-第 C.4 表に示す。密封装置からの放射性物質の1時間当りの漏えい量と各核種の基準値 A₂ 値×10⁻⁶/h との比率の合計は1よりも小さい。

(a)-第 C.4 表 一般の試験条件におけるガス中の放射性物質の漏えい率

核種	放射性物質漏えい率 (Bq/h)	基準値 : A ₂ 値×10 ⁻⁶ /h (Bq/h)	比率
³ H	6.46×10 ¹	4×10 ⁷	1.62×10 ⁻⁶
⁸⁶ Kr	9.52×10 ²	1×10 ⁷	9.52×10 ⁻⁵
		合計	9.68×10 ⁻⁵

(a)-C-5

(a)-第 C.3 表 一般の試験条件におけるガス漏えい率

項目 ^(注1)	部位	密封境界	
		三次蓋	リリースバルブ カバープレート
P _{u,1} : 上流側圧力 (MPa)		0.105	
P _{d,1} : 下流側圧力 (MPa)		0.097	
T ₁ : 流体の温度 (K)		383.15 ^(注2)	
a ₁ : 漏えい孔長 (cm)		<input type="text"/> ^(注3)	<input type="text"/> ^(注3)
D ₁ : 漏えい孔径 (cm)		<input type="text"/>	
L _{u,1} : 一般の試験条件におけるガス漏えい率 (cm ³ /s at P _{u,1} , T ₁)		5.95×10 ⁻⁸	6.50×10 ⁻⁸
L _{x,1} : 一般の試験条件におけるガス漏えい率 (cm ³ /s at 0.101 MPa, 25 °C)		4.82×10 ⁻⁸ (1.73×10 ⁻² cm ³ /h)	5.26×10 ⁻⁸ (1.89×10 ⁻² cm ³ /h)

(注1)各項目の添え字の1は、一般の試験条件 (i=1) を示す。

(注2)三次蓋ガスケット部温度

(注3)Oリングの断面直径を採用

3. 一般の試験条件における放射性物質の漏えい率

一般の試験条件における放射性物質の漏えい率は、(a)-第 C.1 表に示す密封装置内にガス状で存在する核種の放射性物質濃度と前項で求めた一般の試験条件におけるガス漏えい率 (L_{x,i}) を乗じて求められる。

なお、ここでは保守的に漏えい率の大きいリリースバルブカバープレートにおけるガス漏えい率を用いて評価する。

一般の試験条件における放射性物質濃度を用いて求めたガス中の放射性物質の漏えい率、基準値 A₂ 値×10⁻⁶/h 及び漏えい率と基準値との比率を(a)-第 C.4 表に示す。密封装置からの放射性物質の1時間当りの漏えい量と各核種の基準値 A₂ 値×10⁻⁶/h との比率の合計は1よりも小さい。

(a)-第 C.4 表 一般の試験条件におけるガス中の放射性物質の漏えい率

核種	放射性物質漏えい率 (Bq/h)	基準値 : A ₂ 値×10 ⁻⁶ /h (Bq/h)	比率
³ H	6.46×10 ¹	4×10 ⁷	1.62×10 ⁻⁶
⁸⁶ Kr	9.52×10 ²	1×10 ⁷	9.52×10 ⁻⁵
		合計	9.68×10 ⁻⁵

(a)-C-5

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考																																														
<p>C.3.2 密封装置の加圧</p> <p>密封装置の加圧は、密封装置内のガスの温度上昇及び設計評価期間中の一次蓋と二次蓋間に充填されているヘリウムのキャスク本体内部への漏えいにより生じる。さらに、全取納物の 0.1 % の燃料棒の密封機能が失われ核分裂生成ガスがキャスク本体内部に放出されたと仮定しても、三次蓋と胴で構成される密封装置内の圧力は負圧に維持される。</p> <p>C.3.3 冷却材汚染</p> <p>輸送容器は、冷却水を用いない乾式タイプであり、冷却材は使用しない。</p> <p>C.3.4 冷却材損失</p> <p>輸送容器は、冷却水を用いない乾式タイプであり、冷却材は使用しない。したがって、冷却材の損失はない。また、密封装置にはベント装置はない。</p> <p>C.4 特別の試験条件</p> <p>特別の試験条件において密封装置の構造強度が維持され機能が損なわれないことは A.6 により確認している。また、B.5.6 に示すように特別の試験条件における三次蓋-胴内圧力は、0.330 MPa である。</p> <p>C.4.1 核分裂生成ガス</p> <p>特別の試験条件において、安全側に全燃料棒の密封性が失われたと仮定し、燃料が有する放射性物質が (a)-第 C.5 表 に示す割合及び量で三次蓋-胴内雰囲気中に放出されると仮定する。</p> <p style="text-align: center;">(a)-第 C.5 表 放射性物質の放出率</p> <table border="1" data-bbox="388 1293 1249 1440"> <thead> <tr> <th>主要核種</th> <th>収納放射能量 (TBq)</th> <th>放出率 (%)</th> <th>A₂ 値 (注 1) (TBq)</th> <th>放出放射能量 (A₂ 値比)</th> <th>放射性物質濃度 (注 2) (A₂ 値比/ref cm³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>³H</td> <td></td> <td rowspan="2">10¹⁾</td> <td>40</td> <td></td> <td>2.96×10⁻⁸</td> </tr> <tr> <td>⁸⁶Kr</td> <td></td> <td>100</td> <td></td> <td>1.75×10⁻⁷</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td></td> <td>—</td> <td>—</td> <td></td> <td>2.04×10⁻⁷</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注 1) ⁸⁶Kr については A₂ 値の 10 倍である。 (注 2) 三次蓋-胴内ガス体積は [] ref cm³ である。</p> <p>C.4.2 放射性物質の漏えい</p> <p>1. 特別の試験条件におけるガス漏えい率</p> <p>特別の試験条件におけるガス漏えい率は、(1)～(6)式に特別の試験条件下の圧力、温度条件、ガス物性値及び漏えい孔寸法を代入して求められる。</p> <p>特別の試験条件におけるガス漏えい率を (a)-第 C.6 表 に示す。</p> <p style="text-align: center;">(a)-C-6</p>	主要核種	収納放射能量 (TBq)	放出率 (%)	A ₂ 値 (注 1) (TBq)	放出放射能量 (A ₂ 値比)	放射性物質濃度 (注 2) (A ₂ 値比/ref cm ³)	³ H		10 ¹⁾	40		2.96×10 ⁻⁸	⁸⁶ Kr		100		1.75×10 ⁻⁷	合計		—	—		2.04×10 ⁻⁷	<p>C.3.2 密封装置の加圧</p> <p>密封装置の加圧は、密封装置内のガスの温度上昇及び設計評価期間中の一次蓋と二次蓋間に充填されているヘリウムのキャスク本体内部への漏えいにより生じる。さらに、全取納物の 0.1 % の燃料棒の密封機能が失われ核分裂生成ガスがキャスク本体内部に放出されたと仮定しても、三次蓋と胴で構成される密封装置内の圧力は負圧に維持される。</p> <p>C.3.3 冷却材汚染</p> <p>輸送容器は、冷却水を用いない乾式タイプであり、冷却材は使用しない。</p> <p>C.3.4 冷却材損失</p> <p>輸送容器は、冷却水を用いない乾式タイプであり、冷却材は使用しない。したがって、冷却材の損失はない。また、密封装置にはベント装置はない。</p> <p>C.4 特別の試験条件</p> <p>特別の試験条件において密封装置の構造強度が維持され機能が損なわれないことは A.6 により確認している。また、B.5.6 に示すように特別の試験条件における三次蓋-胴内圧力は、0.330 MPa である。</p> <p>C.4.1 核分裂生成ガス</p> <p>特別の試験条件において、安全側に全燃料棒の密封性が失われたと仮定し、燃料が有する放射性物質が (a)-第 C.5 表 に示す割合及び量で三次蓋-胴内雰囲気中に放出されると仮定する。</p> <p style="text-align: center;">(a)-第 C.5 表 放射性物質の放出率</p> <table border="1" data-bbox="1635 1293 2496 1440"> <thead> <tr> <th>主要核種</th> <th>収納放射能量 (TBq)</th> <th>放出率 (%)</th> <th>A₂ 値 (注 1) (TBq)</th> <th>放出放射能量 (A₂ 値比)</th> <th>放射性物質濃度 (注 2) (A₂ 値比/ref cm³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>³H</td> <td></td> <td rowspan="2">10¹⁾</td> <td>40</td> <td></td> <td>2.96×10⁻⁸</td> </tr> <tr> <td>⁸⁶Kr</td> <td></td> <td>100</td> <td></td> <td>1.75×10⁻⁷</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td></td> <td>—</td> <td>—</td> <td></td> <td>2.04×10⁻⁷</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注 1) ⁸⁶Kr については A₂ 値の 10 倍である。 (注 2) 三次蓋-胴内ガス体積は [] ref cm³ である。</p> <p>C.4.2 放射性物質の漏えい</p> <p>1. 特別の試験条件におけるガス漏えい率</p> <p>特別の試験条件におけるガス漏えい率は、(1)～(6)式に特別の試験条件下の圧力、温度条件、ガス物性値及び漏えい孔寸法を代入して求められる。</p> <p>特別の試験条件におけるガス漏えい率を (a)-第 C.6 表 に示す。</p> <p style="text-align: center;">(a)-C-6</p>	主要核種	収納放射能量 (TBq)	放出率 (%)	A ₂ 値 (注 1) (TBq)	放出放射能量 (A ₂ 値比)	放射性物質濃度 (注 2) (A ₂ 値比/ref cm ³)	³ H		10 ¹⁾	40		2.96×10 ⁻⁸	⁸⁶ Kr		100		1.75×10 ⁻⁷	合計		—	—		2.04×10 ⁻⁷	
主要核種	収納放射能量 (TBq)	放出率 (%)	A ₂ 値 (注 1) (TBq)	放出放射能量 (A ₂ 値比)	放射性物質濃度 (注 2) (A ₂ 値比/ref cm ³)																																											
³ H		10 ¹⁾	40		2.96×10 ⁻⁸																																											
⁸⁶ Kr			100		1.75×10 ⁻⁷																																											
合計		—	—		2.04×10 ⁻⁷																																											
主要核種	収納放射能量 (TBq)	放出率 (%)	A ₂ 値 (注 1) (TBq)	放出放射能量 (A ₂ 値比)	放射性物質濃度 (注 2) (A ₂ 値比/ref cm ³)																																											
³ H		10 ¹⁾	40		2.96×10 ⁻⁸																																											
⁸⁶ Kr			100		1.75×10 ⁻⁷																																											
合計		—	—		2.04×10 ⁻⁷																																											

(a)-第 C.6 表 特別の試験条件におけるガス漏えい率

項目 ^(注1)	部位	密封境界	
		三次蓋	リリースバルブ カバープレート
$P_{u,2}$: 上流側圧力 (MPa)		0.330	
$P_{d,2}$: 下流側圧力 (MPa)		0.097	
T_2 : 流体の温度 (K)		468.15 ^(注2)	
a_2 : 漏えい孔長 (cm)		<input type="text"/> ^(注3)	<input type="text"/> ^(注3)
D_2 : 漏えい孔径 (cm)		<input type="text"/>	
$L_{u,2}$: 特別の試験条件におけるガス漏えい率 (cm^3/s at $P_{u,2}$, T_2)		8.96×10^{-5}	9.50×10^{-5}
$L_{x,2}$: 特別の試験条件におけるガス漏えい率 (cm^3/s at 0.101 MPa, 25 °C)		1.87×10^{-4} ($1.13 \times 10^2 \text{ cm}^3/\text{week}$)	1.98×10^{-4} ($1.20 \times 10^2 \text{ cm}^3/\text{week}$)

(注1)各項目の添え字の2は、特別の試験条件 (i=2) を示す。

(注2)三次蓋ガスケット部温度

(注3)Oリングの断面直径を採用

2. 特別の試験条件における放射性物質の漏えい率

特別の試験条件における放射性物質の漏えい率は、(a)-第 C.5 表に示す密封装置内にガス状で存在する核種の放射性物質濃度と前項で求めた特別の試験条件におけるガス漏えい率 ($L_{x,2}$) を乗じて求められる。

なお、ここでは保守的に漏えい率の大きいリリースバルブカバープレートにおけるガス漏えい率を用いて評価する。

特別の試験条件における放射性物質濃度を用いて求めたガス中の放射性物質の漏えい率、基準値 A_2 値/week 及び漏えい率と基準値との比率を(a)-第 C.7 表に示す。密封装置からの放射性物質の1週間当りの漏えい量と各核種の基準値 A_2 値/week との比率の合計は1よりも小さい。

(a)-第 C.7 表 特別の試験条件におけるガス中の放射性物質の漏えい率

核種	放射性物質漏えい率 (Bq/week)	基準値 : A_2 値/week (Bq/week)	比率
^3H	1.42×10^8	4×10^{13}	3.55×10^{-6}
^{86}Kr	2.09×10^9	1×10^{14}	2.09×10^{-5}
		合計	2.45×10^{-5}

(a)-C-7

(a)-第 C.6 表 特別の試験条件におけるガス漏えい率

項目 ^(注1)	部位	密封境界	
		三次蓋	リリースバルブ カバープレート
$P_{u,2}$: 上流側圧力 (MPa)		0.330	
$P_{d,2}$: 下流側圧力 (MPa)		0.097	
T_2 : 流体の温度 (K)		468.15 ^(注2)	
a_2 : 漏えい孔長 (cm)		<input type="text"/> ^(注3)	<input type="text"/> ^(注3)
D_2 : 漏えい孔径 (cm)		<input type="text"/>	
$L_{u,2}$: 特別の試験条件におけるガス漏えい率 (cm^3/s at $P_{u,2}$, T_2)		8.96×10^{-5}	9.50×10^{-5}
$L_{x,2}$: 特別の試験条件におけるガス漏えい率 (cm^3/s at 0.101 MPa, 25 °C)		1.87×10^{-4} ($1.13 \times 10^2 \text{ cm}^3/\text{week}$)	1.98×10^{-4} ($1.20 \times 10^2 \text{ cm}^3/\text{week}$)

(注1)各項目の添え字の2は、特別の試験条件 (i=2) を示す。

(注2)三次蓋ガスケット部温度

(注3)Oリングの断面直径を採用

2. 特別の試験条件における放射性物質の漏えい率

特別の試験条件における放射性物質の漏えい率は、(a)-第 C.5 表に示す密封装置内にガス状で存在する核種の放射性物質濃度と前項で求めた特別の試験条件におけるガス漏えい率 ($L_{x,2}$) を乗じて求められる。

なお、ここでは保守的に漏えい率の大きいリリースバルブカバープレートにおけるガス漏えい率を用いて評価する。

特別の試験条件における放射性物質濃度を用いて求めたガス中の放射性物質の漏えい率、基準値 A_2 値/week 及び漏えい率と基準値との比率を(a)-第 C.7 表に示す。密封装置からの放射性物質の1週間当りの漏えい量と各核種の基準値 A_2 値/week との比率の合計は1よりも小さい。

(a)-第 C.7 表 特別の試験条件におけるガス中の放射性物質の漏えい率

核種	放射性物質漏えい率 (Bq/week)	基準値 : A_2 値/week (Bq/week)	比率
^3H	1.42×10^8	4×10^{13}	3.55×10^{-6}
^{86}Kr	2.09×10^9	1×10^{14}	2.09×10^{-5}
		合計	2.45×10^{-5}

(a)-C-7

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>C.5 結果の要約及びその評価</p> <p>密封解析の評価結果は以下に示すとおりであり、輸送容器の密封性能は規則及び告示に定められる BM 型輸送物に係る技術上の基準に適合する。</p> <p>1. 密封装置</p> <p>輸送容器の主な密封装置は、胴、三次蓋及びリリーフバルブカバープレートで構成されている。この密封装置は、一般及び特別の試験条件に対して十分な強度を有し、また、ガスケットの密封機能が損なわれることはない。</p> <p>2. 一般の試験条件</p> <p>(1) 放射性物質の漏えい</p> <p>輸送物は一般の試験条件では負圧を維持するため、放射性物質の環境への漏えいはないが、三次蓋一胴内圧力が大気圧上限値まで上昇し、その後大気圧下限値の環境下に置かれたとしても、一般の試験条件における放射性物質の漏えい率と基準値との比率の合計は最大 9.68×10^{-5} であり、放射性物質の漏えい率は基準値 A_2 値 $\times 10^{-6}/h$ を満足する。</p> <p>(2) 密封装置の加圧</p> <p>密封装置の加圧は、主に密封装置の内部ガスの温度上昇による。A.5 に示したようにこの加圧により密封機能が損なわれるような変形は生じない。</p> <p>3. 特別の試験条件</p> <p>特別の試験条件における放射性物質の漏えい率と基準値との比率の合計は最大 2.45×10^{-5} であり、放射性物質の漏えい率は基準値 A_2 値/week を満足する。</p> <p>(v)-C-8</p>	<p>C.5 結果の要約及びその評価</p> <p>密封解析の評価結果は以下に示すとおりであり、輸送容器の密封性能は規則及び告示に定められる BM 型輸送物に係る技術上の基準に適合する。</p> <p>1. 密封装置</p> <p>輸送容器の主な密封装置は、胴、三次蓋及びリリーフバルブカバープレートで構成されている。この密封装置は、一般及び特別の試験条件に対して十分な強度を有し、また、ガスケットの密封機能が損なわれることはない。</p> <p>2. 一般の試験条件</p> <p>(1) 放射性物質の漏えい</p> <p>輸送物は一般の試験条件では負圧を維持するため、放射性物質の環境への漏えいはないが、三次蓋一胴内圧力が大気圧上限値まで上昇し、その後大気圧下限値の環境下に置かれたとしても、一般の試験条件における放射性物質の漏えい率と基準値との比率の合計は最大 9.68×10^{-5} であり、放射性物質の漏えい率は基準値 A_2 値 $\times 10^{-6}/h$ を満足する。</p> <p>(2) 密封装置の加圧</p> <p>密封装置の加圧は、主に密封装置の内部ガスの温度上昇による。A.5 に示したようにこの加圧により密封機能が損なわれるような変形は生じない。</p> <p>3. 特別の試験条件</p> <p>特別の試験条件における放射性物質の漏えい率と基準値との比率の合計は最大 2.45×10^{-5} であり、放射性物質の漏えい率は基準値 A_2 値/week を満足する。</p> <p>(v)-C-8</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>C.6 付属書類</p> <p>C.6.1 参考文献</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) (一社)日本原子力学会, 「使用済燃料・混合酸化物新燃料・高レベル放射性廃棄物輸送容器の安全設計及び検査基準:2013」, (2014). 2) American National Standards Institute, Inc., “American National Standard for Radioactive Materials - Leakage Tests on Packages for Shipment”, ANSI N14.5-2014, (2014). 3) International Organization for Standardization, “Safe transport of radioactive materials - Leakage testing on packages”, ISO 12807, (1996). 4) 自然科学研究機構 国立天文台, 「理科年表(平成28年度版)」, (2015). <p style="text-align: center;">(v)-C-9</p>	<p>C.6 付属書類</p> <p>C.6.1 参考文献</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) (一社)日本原子力学会, 「使用済燃料・混合酸化物新燃料・高レベル放射性廃棄物輸送容器の安全設計及び検査基準:2013」, (2014). 2) American National Standards Institute, Inc., “American National Standard for Radioactive Materials - Leakage Tests on Packages for Shipment”, ANSI N14.5-2014, (2014). 3) International Organization for Standardization, “Safe transport of radioactive materials - Leakage testing on packages”, ISO 12807, (1996). 4) 自然科学研究機構 国立天文台, 「理科年表(平成28年度版)」, (2015). <p style="text-align: center;">(v)-C-9</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>(□)章 D 遮 蔽 解 析</p>	<p>(□)章 D 遮 蔽 解 析</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>D. 遮蔽解析</p> <p>D.1 概要</p> <p>本輸送容器の主要なガンマ線遮蔽材は、(イ)-第C.5図及び(イ)-第C.6図に示すとおり、側部方向には胴及び外筒の炭素鋼であり、軸方向には胴（底部）及び蓋の炭素鋼等である。主要な中性子遮蔽材は、側部方向の胴と外筒間のレジンであり、軸方向の底部及び蓋部のレジンである。また、側部方向の胴及び外筒の炭素鋼、軸方向の胴（底部）及び蓋の炭素鋼等もその役目をする。</p> <p>線源としては核分裂生成物、アクチノイドによる線源及び構造材の放射化による線源を考えた。線源強度は、ORIGEN2.2UPJ コード¹⁾及び放射化計算式により連続照射を仮定して求めた。また、ORIGEN2.2UPJ コードによる線源強度計算で用いるライブラリは、ORIGEN2.2UPJ コード内蔵のPWRU50及びPWRUのデータを使用した。</p> <p>一般の試験条件下及び特別な試験条件下においては、想定される輸送容器及び収納物の状態を考慮して線量当量率を評価した。</p> <p>線量当量率の計算には、DOT3.5コード²⁾を用いた。また、線量当量率評価で用いる断面積ライブラリは、JENDL-3.3に基づく断面積ライブラリ MATXSLIB-J33（以下、「MATXSLIB-J33」という。）のデータ³⁾を使用した。</p> <p>これらの計算から得られた線量当量率は、規則及び告示で定められた基準を満足する。</p> <p>D.2 線源仕様</p> <p>線源強度の計算に用いる燃焼度、照射日数、初期濃縮度及び冷却日数を(ロ)-第D.1表に示す。</p> <p>線源強度の計算は(ロ)-第D.1表に示した平均比出力で連続照射したものと行った。</p> <p>なお、バーナブルポイズン集合体は中央部12体に挿入されているものとした。</p> <p>(ロ)-第D.2表に燃料集合体の種類と型式ごとの線源強度を示す。(ロ)-第D.2表より、燃料有効部ガンマ線源強度及び燃料有効部中性子源強度が高い、17×17燃料 48,000MWd/t 型（A型）及び15×15燃料 48,000MWd/t 型（A型）をそれぞれ収納した場合を対象として遮蔽解析を実施した。</p> <p>(ロ)-D-1</p>	<p>D. 遮蔽解析</p> <p>D.1 概要</p> <p>本輸送容器の主要なガンマ線遮蔽材は、(イ)-第C.5図及び(イ)-第C.6図に示すとおり、側部方向には胴及び外筒の炭素鋼であり、軸方向には胴（底部）及び蓋の炭素鋼等である。主要な中性子遮蔽材は、側部方向の胴と外筒間のレジンであり、軸方向の底部及び蓋部のレジンである。また、側部方向の胴及び外筒の炭素鋼、軸方向の胴（底部）及び蓋の炭素鋼等もその役目をする。</p> <p>線源としては核分裂生成物、アクチノイドによる線源及び構造材の放射化による線源を考えた。線源強度は、ORIGEN2.2UPJ コード¹⁾及び放射化計算式により連続照射を仮定して求めた。また、ORIGEN2.2UPJ コードによる線源強度計算で用いるライブラリは、ORIGEN2.2UPJ コード内蔵のPWRU50及びPWRUのデータを使用した。</p> <p>一般の試験条件下及び特別な試験条件下においては、想定される輸送容器及び収納物の状態を考慮して線量当量率を評価した。</p> <p>線量当量率の計算には、DOT3.5コード²⁾を用いた。また、線量当量率評価で用いる断面積ライブラリは、JENDL-3.3に基づく断面積ライブラリ MATXSLIB-J33（以下、「MATXSLIB-J33」という。）のデータ³⁾を使用した。</p> <p>これらの計算から得られた線量当量率は、規則及び告示で定められた基準を満足する。</p> <p>D.2 線源仕様</p> <p>線源強度の計算に用いる燃焼度、照射日数、初期濃縮度及び冷却日数を(ロ)-第D.1表に示す。</p> <p>線源強度の計算は(ロ)-第D.1表に示した平均比出力で連続照射したものと行った。</p> <p>なお、バーナブルポイズン集合体は中央部12体に挿入されているものとした。</p> <p>(ロ)-第D.2表に燃料集合体の種類と型式ごとの線源強度を示す。(ロ)-第D.2表より、燃料有効部ガンマ線源強度及び燃料有効部中性子源強度が高い17×17燃料 48,000MWd/t 型（A型）を収納した場合を対象として遮蔽解析を実施した。</p> <p>(ロ)-D-1</p>	<p>備考</p> <p>15×15燃料追加に伴う記載の追加</p>

(ロ)-第D.1表 収納物の線源計算条件(1/2)

燃料集合体の種類と型式		中央部			外周部			
		17×17 燃料						
条件	燃焼度 (MWd/t)	48,000MWd/t 型		39,000MWd/t 型		48,000MWd/t 型		39,000MWd/t 型
	照射日数 (日)	A 型	B 型	A 型	B 型	A 型	B 型	A 型 B 型
使用済燃料集合体		[Redacted]						
パーナプルスボイズン集合体		[Redacted]						
平均比出力 (注1) (MW/t)		38.4						
初期濃縮度 (注2) (wt%)		[Redacted]						
使用済燃料集合体		[Redacted]						
冷却日数 (日)		[Redacted]						
パーナプルスボイズン集合体		[Redacted]						
ウラン重量 (kg/体)		[Redacted]						

(ロ)-D-2

(注1)比出力は定格出力に相当する炉平均値を用いた。
(注2)初期濃縮度は最低濃縮度とした。

(ロ)-第D.1表 収納物の線源計算条件

燃料集合体の種類と型式		中央部			外周部			
		17×17 燃料						
条件	燃焼度 (MWd/t)	48,000MWd/t 型		39,000MWd/t 型		48,000MWd/t 型		39,000MWd/t 型
	照射日数 (日)	A 型	B 型	A 型	B 型	A 型	B 型	A 型 B 型
使用済燃料集合体		[Redacted]						
パーナプルスボイズン集合体		[Redacted]						
平均比出力 (注1) (MW/t)		38.4						
初期濃縮度 (注2) (wt%)		[Redacted]						
使用済燃料集合体		[Redacted]						
冷却日数 (日)		[Redacted]						
パーナプルスボイズン集合体		[Redacted]						
ウラン重量 (kg/体)		[Redacted]						

(ロ)-D-2

(注1)比出力は定格出力に相当する炉平均値を用いた。
(注2)初期濃縮度は最低濃縮度とした。

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

(ロ)-第D.1表 取納物の線源計算条件(2/2)

燃料集合体の種類と型式		中央部			外周部		
		15×15 燃料					
条件	燃焼度 (MWd/t)	48,000MWd/t 型		39,000MWd/t 型		48,000MWd/t 型	
	照射日数 (日)	A 型	B 型	A 型	B 型	A 型	B 型
使用済燃料集合体							
パーナブルポイズン集合体							
平均比出力 (注1) (MW/t)		33.7					
初期濃縮度 (注2) (wt%)							
使用済燃料集合体							
冷却日数 (日)							
パーナブルポイズン集合体							
ウラン重量 (kg/体)							

(注1) 比出力は定格出力に相当する炉平均値を用いた。

(注2) 初期濃縮度は最低濃縮度とした。

(ロ)-D-3

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(a)-第 D.2 表 燃料集合体の種類と型式ごとの線源強度(1/2)

(輸送物 1 基当たり)

放射線種類	17×17 燃料 48,000MWd/t 型 ^(注1)		17×17 燃料 39,000MWd/t 型 ^(注2)	
	A 型	B 型	A 型	B 型
燃料有効部ガンマ線 (photons/s)	1.073×10^{17}	1.007×10^{17}	9.067×10^{16}	8.518×10^{16}
構造材放射化ガンマ線 ^(注3) (⁶⁰ Co TBq)	5.922×10^2	6.024×10^2	5.801×10^2	5.736×10^2
燃料有効部中性子 ^(注4) (n/s)	1.205×10^{10}	1.120×10^{10}	8.408×10^9	7.811×10^9

(注1) 中央部 12 体の燃焼度を MWd/t、外周部 12 体の燃焼度を MWd/t とした輸送物 1 基当たりの線源強度である。

(注2) 中央部 12 体及び外周部 12 体の燃焼度を全て MWd/t とした輸送物 1 基当たりの線源強度である。

(注3) パーナブルポイズン集合体の放射化線源を考慮した値である。

(注4) 記載値は実効増倍率 keff を考慮した全中性子源強度とした。

(a)-D-4

(a)-第 D.2 表 燃料集合体の種類と型式ごとの線源強度

(輸送物 1 基当たり)

放射線種類	17×17 燃料 48,000MWd/t 型 ^(注1)		17×17 燃料 39,000MWd/t 型 ^(注2)	
	A 型	B 型	A 型	B 型
燃料有効部ガンマ線 (photons/s)	1.073×10^{17}	1.007×10^{17}	9.067×10^{16}	8.518×10^{16}
構造材放射化ガンマ線 ^(注3) (⁶⁰ Co TBq)	5.922×10^2	6.024×10^2	5.801×10^2	5.736×10^2
燃料有効部中性子 ^(注4) (n/s)	1.205×10^{10}	1.120×10^{10}	8.408×10^9	7.811×10^9

(注1) 中央部 12 体の燃焼度を MWd/t、外周部 12 体の燃焼度を MWd/t とした輸送物 1 基当たりの線源強度である。

(注2) 中央部 12 体及び外周部 12 体の燃焼度を全て MWd/t とした輸送物 1 基当たりの線源強度である。

(注3) パーナブルポイズン集合体の放射化線源を考慮した値である。

(注4) 記載値は実効増倍率 keff を考慮した全中性子源強度とした。

(a)-D-3

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

(ロ)-第 D.2 表 燃料集合体の種類と型式ごとの線源強度 (2/2)

(輸送物 1 基当たり)

放射線種類	15×15 燃料 48,000MWd/t 型 (注 1)		15×15 燃料 39,000MWd/t 型 (注 2)	
	A 型	B 型	A 型	B 型
燃料有効部ガンマ線 (photons/s)	1.062×10^{17}	9.967×10^{18}	9.018×10^{18}	8.474×10^{18}
構造材放射化ガンマ線 (注 3) (⁶⁰ Co TBq)	4.438×10^2	4.984×10^2	4.919×10^2	4.880×10^2
燃料有効部中性子 (注 4) (n/s)	1.266×10^{10}	1.175×10^{10}	8.380×10^9	7.787×10^9

(注 1) 中央部 12 体の燃焼度を MWd/t、外周部 12 体の燃焼度を MWd/t とした輸送物 1 基当たりの線源強度である。

(注 2) 中央部 12 体及び外周部 12 体の燃焼度を全て MWd/t とした輸送物 1 基当たりの線源強度である。

(注 3) パーナブルポイズン集合体の放射化線源を考慮した値である。

(注 4) 記載値は実効増倍率 keff を考慮した全中性子源強度とした。

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>D.2.1 ガンマ線源</p> <p>1. 燃料有効部のガンマ線源</p> <p>燃料有効部のガンマ線源は、核分裂生成物及びアクチノイドによるものである。ガンマ線源強度の計算は、ORIGEN2.2UPJ コードを用いて行った。計算においては、付属書類 D.6.1 に示す軸方向の燃焼度分布を考慮した。</p> <p>燃料有効部のエネルギーごとのガンマ線源強度を (a)-第 D.3 表 に示す。</p> <p>(a)-D-6</p>	<p>D.2.1 ガンマ線源</p> <p>1. 燃料有効部のガンマ線源</p> <p>燃料有効部のガンマ線源は、核分裂生成物及びアクチノイドによるものである。ガンマ線源強度の計算は、ORIGEN2.2UPJ コードを用いて行った。計算においては、付属書類 D.6.1 に示す軸方向の燃焼度分布を考慮した。</p> <p>燃料有効部のエネルギーごとのガンマ線源強度を (a)-第 D.3 表 に示す。</p> <p>(a)-D-4</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(ロ)-第 D.3 表 燃料有効部のエネルギーごとのガンマ線源強度 (1/2)
(17×17 燃料 A 型収納時、輸送物 1 基当たり)

エネルギー 群数	平均エネルギー (MeV)	燃料有効部 (photons/s)		
		中央部	外周部	合計
1	0.01	1.433×10^{18}	1.337×10^{18}	2.770×10^{18}
2	0.025	2.888×10^{15}	2.710×10^{15}	5.599×10^{15}
3	0.0375	3.729×10^{15}	3.445×10^{15}	7.174×10^{15}
4	0.0575	2.903×10^{15}	2.725×10^{15}	5.628×10^{15}
5	0.085	1.636×10^{15}	1.528×10^{15}	3.165×10^{15}
6	0.125	1.581×10^{15}	1.445×10^{15}	3.027×10^{15}
7	0.225	1.363×10^{15}	1.275×10^{15}	2.637×10^{15}
8	0.375	5.802×10^{14}	5.452×10^{14}	1.125×10^{15}
9	0.575	2.481×10^{18}	2.278×10^{18}	4.759×10^{18}
10	0.85	1.142×10^{15}	1.003×10^{15}	2.145×10^{15}
11	1.25	7.743×10^{14}	6.784×10^{14}	1.453×10^{15}
12	1.75	2.373×10^{13}	2.089×10^{13}	4.463×10^{13}
13	2.25	1.395×10^{10}	1.289×10^{10}	2.684×10^{10}
14	2.75	6.962×10^9	5.818×10^9	1.278×10^{10}
15	3.5	6.777×10^8	5.046×10^8	1.182×10^9
16	5.0	2.157×10^8	1.477×10^8	3.634×10^8
17	7.0	2.487×10^7	1.703×10^7	4.190×10^7
18	9.5	2.857×10^6	1.957×10^6	4.814×10^6
合計		5.576×10^{18}	5.152×10^{18}	1.073×10^{17}

(ロ)-D-7

(ロ)-第 D.3 表 燃料有効部のエネルギーごとのガンマ線源強度
(輸送物 1 基当たり)

エネルギー 群数	平均エネルギー (MeV)	燃料有効部 (photons/s)		
		中央部	外周部	合計
1	0.01	1.433×10^{18}	1.337×10^{18}	2.770×10^{18}
2	0.025	2.888×10^{15}	2.710×10^{15}	5.599×10^{15}
3	0.0375	3.729×10^{15}	3.445×10^{15}	7.174×10^{15}
4	0.0575	2.903×10^{15}	2.725×10^{15}	5.628×10^{15}
5	0.085	1.636×10^{15}	1.528×10^{15}	3.165×10^{15}
6	0.125	1.581×10^{15}	1.445×10^{15}	3.027×10^{15}
7	0.225	1.363×10^{15}	1.275×10^{15}	2.637×10^{15}
8	0.375	5.802×10^{14}	5.452×10^{14}	1.125×10^{15}
9	0.575	2.481×10^{18}	2.278×10^{18}	4.759×10^{18}
10	0.85	1.142×10^{15}	1.003×10^{15}	2.145×10^{15}
11	1.25	7.743×10^{14}	6.784×10^{14}	1.453×10^{15}
12	1.75	2.373×10^{13}	2.089×10^{13}	4.463×10^{13}
13	2.25	1.395×10^{10}	1.289×10^{10}	2.684×10^{10}
14	2.75	6.962×10^9	5.818×10^9	1.278×10^{10}
15	3.5	6.777×10^8	5.046×10^8	1.182×10^9
16	5.0	2.157×10^8	1.477×10^8	3.634×10^8
17	7.0	2.487×10^7	1.703×10^7	4.190×10^7
18	9.5	2.857×10^6	1.957×10^6	4.814×10^6
合計		5.576×10^{18}	5.152×10^{18}	1.073×10^{17}

(ロ)-D-5

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

(ロ)第 D.3 表 燃料有効部のエネルギーごとのガンマ線源強度 (2/2)
(15×15 燃料 A 型収納時、輸送物 1 基当たり)

エネルギー 群数	平均エネルギー (MeV)	燃料有効部 (photons/s)		
		中央部	外周部	合計
1	0.01	1.414×10^{18}	1.320×10^{18}	2.734×10^{18}
2	0.025	2.843×10^{15}	2.670×10^{15}	5.512×10^{15}
3	0.0375	3.689×10^{15}	3.411×10^{15}	7.100×10^{15}
4	0.0575	2.866×10^{15}	2.692×10^{15}	5.558×10^{15}
5	0.085	1.612×10^{15}	1.507×10^{15}	3.119×10^{15}
6	0.125	1.566×10^{15}	1.432×10^{15}	2.998×10^{15}
7	0.225	1.342×10^{15}	1.256×10^{15}	2.598×10^{15}
8	0.375	5.700×10^{14}	5.360×10^{14}	1.106×10^{15}
9	0.575	2.462×10^{18}	2.262×10^{18}	4.724×10^{18}
10	0.85	1.128×10^{15}	9.922×10^{14}	2.120×10^{15}
11	1.25	7.723×10^{14}	6.781×10^{14}	1.450×10^{15}
12	1.75	2.368×10^{13}	2.088×10^{13}	4.456×10^{13}
13	2.25	1.295×10^{10}	1.198×10^{10}	2.493×10^{10}
14	2.75	6.936×10^9	5.801×10^9	1.274×10^{10}
15	3.5	6.904×10^8	5.128×10^8	1.203×10^9
16	5.0	2.261×10^8	1.555×10^8	3.816×10^8
17	7.0	2.607×10^7	1.793×10^7	4.400×10^7
18	9.5	2.995×10^8	2.059×10^8	5.054×10^8
合計		5.517×10^{18}	5.101×10^{18}	1.062×10^{17}

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

(ロ)-D-8

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>2. 放射化線源</p> <p>燃料集合体構造材の放射化によるガンマ線源のうち、容器外部の線量当量率に寄与するものは、構造材中に含まれる ^{60}Co の (n, γ) 反応により生じる ^{60}Co が大部分である。^{60}Co の放射化線源強度は次式を用いて求めた。</p> $A = N_0 \sigma \phi \{1 - \exp(-\lambda T_1)\} \times \exp(-\lambda T_2)$ <p>ここで、</p> <p>A : 放射化核種 (^{60}Co) の放射能 (Bq)</p> <p>N_0 : ターゲット核種 (^{59}Co) の個数 (atoms)</p> <p>σ : 2200 m/s の中性子による ^{59}Co の (n, γ) 反応断面積 (cm^2) (37.2 barn = $37.2 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$)⁴⁾</p> <p>$\phi$: 炉内照射熱中性子束 ($\text{n}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$) (注)</p> <p>$\lambda$: ^{60}Co の崩壊定数 ($3.6001 \times 10^{-4}/\text{日}$)</p> <p>$T_1$: 照射日数 (日)</p> <p>T_2 : 冷却日数 (日)</p> <p>線源強度の計算にあたって、燃料集合体構造材のガンマ線源強度は、上部ノズル部、上部プレナム部、燃料有効部、下部プレナム部及び下部ノズル部の 5 領域に分けて求める。</p> <p>^{60}Co の放射化線源強度計算結果を (ロ)-第 D.4 表に示す。</p> <p>なお、^{60}Co は 1 崩壊で 1.17MeV と 1.33MeV のガンマ線を 1 個ずつ放出するものとした。</p> <hr/> <p>(注) 炉設計コードによる炉心計算で求められた軸方向炉内中性子束分布の典型例により放射化評価部位での熱中性子束を求めた。</p> <p>(ロ)-D-9</p>	<p>2. 放射化線源</p> <p>燃料集合体構造材の放射化によるガンマ線源のうち、容器外部の線量当量率に寄与するものは、構造材中に含まれる ^{60}Co の (n, γ) 反応により生じる ^{60}Co が大部分である。^{60}Co の放射化線源強度は次式を用いて求めた。</p> $A = N_0 \sigma \phi \{1 - \exp(-\lambda T_1)\} \times \exp(-\lambda T_2)$ <p>ここで、</p> <p>A : 放射化核種 (^{60}Co) の放射能 (Bq)</p> <p>N_0 : ターゲット核種 (^{59}Co) の個数 (atoms)</p> <p>σ : 2200 m/s の中性子による ^{59}Co の (n, γ) 反応断面積 (cm^2) (37.2 barn = $37.2 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$)⁴⁾</p> <p>$\phi$: 炉内照射熱中性子束 ($\text{n}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$) (注)</p> <p>$\lambda$: ^{60}Co の崩壊定数 ($3.6001 \times 10^{-4}/\text{日}$)</p> <p>$T_1$: 照射日数 (日)</p> <p>T_2 : 冷却日数 (日)</p> <p>線源強度の計算にあたって、燃料集合体構造材のガンマ線源強度は、上部ノズル部、上部プレナム部、燃料有効部、下部プレナム部及び下部ノズル部の 5 領域に分けて求める。</p> <p>^{60}Co の放射化線源強度計算結果を (ロ)-第 D.4 表に示す。</p> <p>なお、^{60}Co は 1 崩壊で 1.17MeV と 1.33MeV のガンマ線を 1 個ずつ放出するものとした。</p> <hr/> <p>(注) 炉設計コードによる炉心計算で求められた軸方向炉内中性子束分布の典型例により放射化評価部位での熱中性子束を求めた。</p> <p>(ロ)-D-6</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(a)-第 D.4 表 燃料集合体構造材の放射化によるガンマ線源強度(1/2)
(17×17 燃料 A 型収納時、輸送物 1 基当たり)

モデル化領域	燃料集合体構造材の線源強度 (⁶⁰ Co TBq)		
	中央部 (注)	外周部	合計
上部ノズル部	9.676×10 ⁰ (5.339×10 ⁰)	4.046×10 ⁰	1.372×10 ¹ (5.339×10 ⁰)
上部プレナム部	4.126×10 ¹ (6.583×10 ⁰)	3.235×10 ¹	7.361×10 ¹ (6.583×10 ⁰)
燃料有効部	3.356×10 ² (1.939×10 ²)	1.322×10 ²	4.678×10 ² (1.939×10 ²)
下部プレナム部	6.278×10 ⁰	5.857×10 ⁰	1.214×10 ¹
下部ノズル部	1.288×10 ¹	1.201×10 ¹	2.489×10 ¹

(注)燃料集合体構造材及びバーナブルポイズン集合体の放射化によるガンマ線源強度の合計値 (() 内はバーナブルポイズン集合体の放射化によるガンマ線源強度)

(a)-第 D.4 表 燃料集合体構造材の放射化によるガンマ線源強度(2/2)
(15×15 燃料 A 型収納時、輸送物 1 基当たり)

モデル化領域	燃料集合体構造材の線源強度 (⁶⁰ Co TBq)		
	中央部 (注)	外周部	合計
上部ノズル部	7.199×10 ⁰ (4.265×10 ⁰)	2.742×10 ⁰	9.941×10 ⁰ (4.265×10 ⁰)
上部プレナム部	2.995×10 ¹ (5.398×10 ⁰)	2.295×10 ¹	5.290×10 ¹ (5.398×10 ⁰)
燃料有効部	2.639×10 ² (1.617×10 ²)	9.552×10 ¹	3.594×10 ² (1.617×10 ²)
下部プレナム部	2.842×10 ⁰	2.657×10 ⁰	5.499×10 ⁰
下部ノズル部	8.272×10 ⁰	7.732×10 ⁰	1.600×10 ¹

(注)燃料集合体構造材及びバーナブルポイズン集合体の放射化によるガンマ線源強度の合計値 (() 内はバーナブルポイズン集合体の放射化によるガンマ線源強度)

(a)-D-10

(a)-第 D.4 表 燃料集合体構造材の放射化によるガンマ線源強度
(輸送物 1 基当たり)

モデル化領域	燃料集合体構造材の線源強度 (⁶⁰ Co TBq)		
	中央部 (注)	外周部	合計
上部ノズル部	9.676×10 ⁰ (5.339×10 ⁰)	4.046×10 ⁰	1.372×10 ¹ (5.339×10 ⁰)
上部プレナム部	4.126×10 ¹ (6.583×10 ⁰)	3.235×10 ¹	7.361×10 ¹ (6.583×10 ⁰)
燃料有効部	3.356×10 ² (1.939×10 ²)	1.322×10 ²	4.678×10 ² (1.939×10 ²)
下部プレナム部	6.278×10 ⁰	5.857×10 ⁰	1.214×10 ¹
下部ノズル部	1.288×10 ¹	1.201×10 ¹	2.489×10 ¹

(注)燃料集合体構造材及びバーナブルポイズン集合体の放射化によるガンマ線源強度の合計値 (() 内はバーナブルポイズン集合体の放射化によるガンマ線源強度)

(a)-D-7

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>D.2.2 中性子源</p> <p>燃料中には中性子源となるアクチノイドが生成される。これらの核種から中性子が発生する反応は、自発核分裂及び (α, n) 反応である。一次中性子源強度の計算は、ORIGEN2.2UPJ コードを用いて行った。計算においては、付属書類 D.6.1 に示す軸方向の燃焼度分布を考慮した。</p> <p>体系の増倍効果を考慮した全中性子源強度 (N_s) は次式で求めた。</p> $N_s = N_o / (1 - k_{eff})$ <p>ここで、</p> <p>N_o : 輸送物 1 基当りの一次中性子源強度</p> <p>k_{eff} : 使用済燃料を収納した場合の輸送物の実効増倍率</p> <p>ここでは乾燥状態において使用済燃料を収納した場合の輸送物の k_{eff} を考慮した。解析に用いた中性子源強度を (a)-第 D.5 表に示す。</p> <p>上記の中性子源強度のうち大部分は、^{244}Cm の自発核分裂線源及び増倍による ^{235}U 及び ^{239}Pu の核分裂線源であり、(α, n) 反応による線源はわずかである。</p> <p>そこで、計算に用いる線源のエネルギースペクトルは、線源強度に支配的な核分裂線源のうち最もスペクトルが硬い ^{239}Pu の核分裂スペクトルとした。計算に使用する ^{239}Pu の核分裂スペクトルを (a)-第 D.6 表に示す。</p> <p>(a)-D-11</p>	<p>D.2.2 中性子源</p> <p>燃料中には中性子源となるアクチノイドが生成される。これらの核種から中性子が発生する反応は、自発核分裂及び (α, n) 反応である。一次中性子源強度の計算は、ORIGEN2.2UPJ コードを用いて行った。計算においては、付属書類 D.6.1 に示す軸方向の燃焼度分布を考慮した。</p> <p>体系の増倍効果を考慮した全中性子源強度 (N_s) は次式で求めた。</p> $N_s = N_o / (1 - k_{eff})$ <p>ここで、</p> <p>N_o : 輸送物 1 基当りの一次中性子源強度</p> <p>k_{eff} : 使用済燃料を収納した場合の輸送物の実効増倍率</p> <p>ここでは乾燥状態において使用済燃料を収納した場合の輸送物の k_{eff} を考慮した。解析に用いた中性子源強度を (a)-第 D.5 表に示す。</p> <p>上記の中性子源強度のうち大部分は、^{244}Cm の自発核分裂線源及び増倍による ^{235}U 及び ^{239}Pu の核分裂線源であり、(α, n) 反応による線源はわずかである。</p> <p>そこで、計算に用いる線源のエネルギースペクトルは、線源強度に支配的な核分裂線源のうち最もスペクトルが硬い ^{239}Pu の核分裂スペクトルとした。計算に使用する ^{239}Pu の核分裂スペクトルを (a)-第 D.6 表に示す。</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(a)-第 D.5 表 中性子源強度(1/2)

(17×17 燃料 A 型収納時、輸送物 1 基当たり)

		燃料有効部		
		中央部	外周部	合計
一次中性子源強度 No (n/s)	(α, n) 反応	9.369×10^7	7.472×10^7	1.684×10^8
	自発核分裂	4.909×10^9	3.360×10^9	8.269×10^9
	合計	5.003×10^9	3.435×10^9	8.437×10^9
輸送物の実効増倍率 keff ^(注)		0.30		
全中性子源強度 Ns (n/s)		7.147×10^9	4.907×10^9	1.205×10^{10}

(注)ORIGEN2.2UPJ コードにより、燃焼に伴う核分裂性物質の減少及びポイズンとなる核分裂生成物の生成量を求め、これらを考慮した核種組成を用いて臨界解析に示す手法と同一手法 (KENO-VI コード) により評価して得られた値である。

(a)-第 D.5 表 中性子源強度(2/2)

(15×15 燃料 A 型収納時、輸送物 1 基当たり)

		燃料有効部		
		中央部	外周部	合計
一次中性子源強度 No (n/s)	(α, n) 反応	9.669×10^7	7.716×10^7	1.739×10^8
	自発核分裂	5.148×10^9	3.537×10^9	8.685×10^9
	合計	5.245×10^9	3.614×10^9	8.859×10^9
輸送物の実効増倍率 keff ^(注)		0.30		
全中性子源強度 Ns (n/s)		7.492×10^9	5.163×10^9	1.266×10^{10}

(注)ORIGEN2.2UPJ コードにより、燃焼に伴う核分裂性物質の減少及びポイズンとなる核分裂生成物の生成量を求め、これらを考慮した核種組成を用いて臨界解析に示す手法と同一手法 (KENO-VI コード) により評価して得られた値である。

(a)-D-12

(a)-第 D.5 表 中性子源強度

(輸送物 1 基当たり)

		燃料有効部		
		中央部	外周部	合計
一次中性子源強度 No (n/s)	(α, n) 反応	9.369×10^7	7.472×10^7	1.684×10^8
	自発核分裂	4.909×10^9	3.360×10^9	8.269×10^9
	合計	5.003×10^9	3.435×10^9	8.437×10^9
輸送物の実効増倍率 keff ^(注)		0.30		
全中性子源強度 Ns (n/s)		7.147×10^9	4.907×10^9	1.205×10^{10}

(注)ORIGEN2.2UPJ コードにより、燃焼に伴う核分裂性物質の減少及びポイズンとなる核分裂生成物の生成量を求め、これらを考慮した核種組成を用いて臨界解析に示す手法と同一手法 (KENO-VI コード) により評価して得られた値である。

(a)-D-8

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(ロ)-第D.6表 中性子源スペクトル (1/5)

エネルギー群数	上限エネルギー (eV)	スペクトル (注)
1	1.964×10^7	0.0
2	1.733×10^7	7.107×10^{-6}
3	1.691×10^7	7.117×10^{-6}
4	1.649×10^7	2.368×10^{-5}
5	1.568×10^7	3.835×10^{-5}
6	1.492×10^7	2.686×10^{-5}
7	1.455×10^7	3.351×10^{-5}
8	1.419×10^7	4.165×10^{-5}
9	1.384×10^7	5.111×10^{-5}
10	1.350×10^7	1.392×10^{-4}
11	1.284×10^7	1.018×10^{-4}
12	1.252×10^7	1.017×10^{-4}
13	1.221×10^7	2.917×10^{-4}
14	1.162×10^7	4.082×10^{-4}
15	1.105×10^7	5.613×10^{-4}
16	1.051×10^7	7.571×10^{-4}
17	1.000×10^7	1.002×10^{-3}
18	9.512×10^6	1.303×10^{-3}
19	9.048×10^6	1.668×10^{-3}
20	8.607×10^6	2.101×10^{-3}
21	8.187×10^6	2.608×10^{-3}
22	7.788×10^6	3.191×10^{-3}
23	7.408×10^6	3.853×10^{-3}
24	7.047×10^6	4.592×10^{-3}
25	6.703×10^6	1.708×10^{-3}
26	6.592×10^6	3.698×10^{-3}
27	6.376×10^6	6.293×10^{-3}
28	6.065×10^6	7.243×10^{-3}
29	5.770×10^6	8.251×10^{-3}
30	5.488×10^6	9.302×10^{-3}
31	5.221×10^6	1.039×10^{-2}
32	4.966×10^6	1.151×10^{-2}
33	4.724×10^6	1.263×10^{-2}
34	4.493×10^6	2.859×10^{-2}
35	4.066×10^6	3.286×10^{-2}

(注) ^{239}Pu の核分裂スペクトルを MATXS LIB-J33 の中性子 175 群構造に振り分けたものである。

(ロ)-D-13

(ロ)-第D.6表 中性子源スペクトル (1/5)

エネルギー群数	上限エネルギー (eV)	スペクトル (注)
1	1.964×10^7	0.0
2	1.733×10^7	7.107×10^{-6}
3	1.691×10^7	7.117×10^{-6}
4	1.649×10^7	2.368×10^{-5}
5	1.568×10^7	3.835×10^{-5}
6	1.492×10^7	2.686×10^{-5}
7	1.455×10^7	3.351×10^{-5}
8	1.419×10^7	4.165×10^{-5}
9	1.384×10^7	5.111×10^{-5}
10	1.350×10^7	1.392×10^{-4}
11	1.284×10^7	1.018×10^{-4}
12	1.252×10^7	1.017×10^{-4}
13	1.221×10^7	2.917×10^{-4}
14	1.162×10^7	4.082×10^{-4}
15	1.105×10^7	5.613×10^{-4}
16	1.051×10^7	7.571×10^{-4}
17	1.000×10^7	1.002×10^{-3}
18	9.512×10^6	1.303×10^{-3}
19	9.048×10^6	1.668×10^{-3}
20	8.607×10^6	2.101×10^{-3}
21	8.187×10^6	2.608×10^{-3}
22	7.788×10^6	3.191×10^{-3}
23	7.408×10^6	3.853×10^{-3}
24	7.047×10^6	4.592×10^{-3}
25	6.703×10^6	1.708×10^{-3}
26	6.592×10^6	3.698×10^{-3}
27	6.376×10^6	6.293×10^{-3}
28	6.065×10^6	7.243×10^{-3}
29	5.770×10^6	8.251×10^{-3}
30	5.488×10^6	9.302×10^{-3}
31	5.221×10^6	1.039×10^{-2}
32	4.966×10^6	1.151×10^{-2}
33	4.724×10^6	1.263×10^{-2}
34	4.493×10^6	2.859×10^{-2}
35	4.066×10^6	3.286×10^{-2}

(注) ^{239}Pu の核分裂スペクトルを MATXS LIB-J33 の中性子 175 群構造に振り分けたものである。

(ロ)-D-9

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(ロ)-第D.6表 中性子源スペクトル (2/5)

エネルギー群数	上限エネルギー (eV)	スペクトル (注)
36	3.679×10^8	3.674×10^{-2}
37	3.329×10^8	1.965×10^{-2}
38	3.166×10^8	2.042×10^{-2}
39	3.012×10^8	2.108×10^{-2}
40	2.865×10^8	2.165×10^{-2}
41	2.725×10^8	2.214×10^{-2}
42	2.592×10^8	2.252×10^{-2}
43	2.466×10^8	1.517×10^{-2}
44	2.385×10^8	3.833×10^{-3}
45	2.365×10^8	3.812×10^{-3}
46	2.346×10^8	7.657×10^{-3}
47	2.307×10^8	1.535×10^{-2}
48	2.231×10^8	2.310×10^{-2}
49	2.123×10^8	2.312×10^{-2}
50	2.019×10^8	2.305×10^{-2}
51	1.921×10^8	2.290×10^{-2}
52	1.827×10^8	2.267×10^{-2}
53	1.738×10^8	2.236×10^{-2}
54	1.653×10^8	2.200×10^{-2}
55	1.572×10^8	2.160×10^{-2}
56	1.496×10^8	2.115×10^{-2}
57	1.423×10^8	2.059×10^{-2}
58	1.353×10^8	2.010×10^{-2}
59	1.287×10^8	1.947×10^{-2}
60	1.225×10^8	1.892×10^{-2}
61	1.165×10^8	1.827×10^{-2}
62	1.108×10^8	3.460×10^{-2}
63	1.003×10^8	1.367×10^{-2}
64	9.616×10^7	1.834×10^{-2}
65	9.072×10^7	1.502×10^{-2}
66	8.629×10^7	1.437×10^{-2}
67	8.209×10^7	1.372×10^{-2}
68	7.808×10^7	1.309×10^{-2}
69	7.427×10^7	1.247×10^{-2}
70	7.065×10^7	1.186×10^{-2}

(注) ^{239}Pu の核分裂スペクトルを MATXS LIB-J33 の中性子 175 群構造に振り分けたものである。

(ロ)-D-14

(ロ)-第D.6表 中性子源スペクトル (2/5)

エネルギー群数	上限エネルギー (eV)	スペクトル (注)
36	3.679×10^8	3.674×10^{-2}
37	3.329×10^8	1.965×10^{-2}
38	3.166×10^8	2.042×10^{-2}
39	3.012×10^8	2.108×10^{-2}
40	2.865×10^8	2.165×10^{-2}
41	2.725×10^8	2.214×10^{-2}
42	2.592×10^8	2.252×10^{-2}
43	2.466×10^8	1.517×10^{-2}
44	2.385×10^8	3.833×10^{-3}
45	2.365×10^8	3.812×10^{-3}
46	2.346×10^8	7.657×10^{-3}
47	2.307×10^8	1.535×10^{-2}
48	2.231×10^8	2.310×10^{-2}
49	2.123×10^8	2.312×10^{-2}
50	2.019×10^8	2.305×10^{-2}
51	1.921×10^8	2.290×10^{-2}
52	1.827×10^8	2.267×10^{-2}
53	1.738×10^8	2.236×10^{-2}
54	1.653×10^8	2.200×10^{-2}
55	1.572×10^8	2.160×10^{-2}
56	1.496×10^8	2.115×10^{-2}
57	1.423×10^8	2.059×10^{-2}
58	1.353×10^8	2.010×10^{-2}
59	1.287×10^8	1.947×10^{-2}
60	1.225×10^8	1.892×10^{-2}
61	1.165×10^8	1.827×10^{-2}
62	1.108×10^8	3.460×10^{-2}
63	1.003×10^8	1.367×10^{-2}
64	9.616×10^7	1.834×10^{-2}
65	9.072×10^7	1.502×10^{-2}
66	8.629×10^7	1.437×10^{-2}
67	8.209×10^7	1.372×10^{-2}
68	7.808×10^7	1.309×10^{-2}
69	7.427×10^7	1.247×10^{-2}
70	7.065×10^7	1.186×10^{-2}

(注) ^{239}Pu の核分裂スペクトルを MATXS LIB-J33 の中性子 175 群構造に振り分けたものである。

(ロ)-D-10

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(ロ)-第 D.6 表 中性子源スペクトル (3/5)

エネルギー群数	上限エネルギー (eV)	スペクトル (注)
71	6.721×10^5	1.127×10^{-2}
72	6.393×10^5	1.070×10^{-2}
73	6.081×10^5	1.014×10^{-2}
74	5.784×10^5	9.605×10^{-3}
75	5.502×10^5	9.086×10^{-3}
76	5.234×10^5	8.591×10^{-3}
77	4.979×10^5	1.576×10^{-2}
78	4.505×10^5	1.401×10^{-2}
79	4.076×10^5	6.397×10^{-3}
80	3.877×10^5	6.017×10^{-3}
81	3.688×10^5	1.097×10^{-2}
82	3.337×10^5	9.670×10^{-3}
83	3.020×10^5	1.040×10^{-3}
84	2.985×10^5	3.887×10^{-4}
85	2.972×10^5	7.998×10^{-4}
86	2.945×10^5	2.159×10^{-3}
87	2.873×10^5	4.115×10^{-3}
88	2.732×10^5	7.463×10^{-3}
89	2.472×10^5	3.378×10^{-3}
90	2.352×10^5	3.160×10^{-3}
91	2.237×10^5	2.955×10^{-3}
92	2.128×10^5	2.763×10^{-3}
93	2.024×10^5	2.581×10^{-3}
94	1.926×10^5	2.411×10^{-3}
95	1.832×10^5	2.254×10^{-3}
96	1.742×10^5	2.100×10^{-3}
97	1.657×10^5	1.964×10^{-3}
98	1.576×10^5	1.828×10^{-3}
99	1.500×10^5	1.709×10^{-3}
100	1.426×10^5	1.590×10^{-3}
101	1.357×10^5	1.485×10^{-3}
102	1.291×10^5	1.384×10^{-3}
103	1.228×10^5	1.287×10^{-3}
104	1.168×10^5	1.202×10^{-3}
105	1.111×10^5	2.653×10^{-3}

(注) ^{238}Pu の核分裂スペクトルを MATXSLIB-J33 の中性子 175 群構造に振り分けたものである。

(ロ)-D-15

(ロ)-第 D.6 表 中性子源スペクトル (3/5)

エネルギー群数	上限エネルギー (eV)	スペクトル (注)
71	6.721×10^5	1.127×10^{-2}
72	6.393×10^5	1.070×10^{-2}
73	6.081×10^5	1.014×10^{-2}
74	5.784×10^5	9.605×10^{-3}
75	5.502×10^5	9.086×10^{-3}
76	5.234×10^5	8.591×10^{-3}
77	4.979×10^5	1.576×10^{-2}
78	4.505×10^5	1.401×10^{-2}
79	4.076×10^5	6.397×10^{-3}
80	3.877×10^5	6.017×10^{-3}
81	3.688×10^5	1.097×10^{-2}
82	3.337×10^5	9.670×10^{-3}
83	3.020×10^5	1.040×10^{-3}
84	2.985×10^5	3.887×10^{-4}
85	2.972×10^5	7.998×10^{-4}
86	2.945×10^5	2.159×10^{-3}
87	2.873×10^5	4.115×10^{-3}
88	2.732×10^5	7.463×10^{-3}
89	2.472×10^5	3.378×10^{-3}
90	2.352×10^5	3.160×10^{-3}
91	2.237×10^5	2.955×10^{-3}
92	2.128×10^5	2.763×10^{-3}
93	2.024×10^5	2.581×10^{-3}
94	1.926×10^5	2.411×10^{-3}
95	1.832×10^5	2.254×10^{-3}
96	1.742×10^5	2.100×10^{-3}
97	1.657×10^5	1.964×10^{-3}
98	1.576×10^5	1.828×10^{-3}
99	1.500×10^5	1.709×10^{-3}
100	1.426×10^5	1.590×10^{-3}
101	1.357×10^5	1.485×10^{-3}
102	1.291×10^5	1.384×10^{-3}
103	1.228×10^5	1.287×10^{-3}
104	1.168×10^5	1.202×10^{-3}
105	1.111×10^5	2.653×10^{-3}

(注) ^{238}Pu の核分裂スペクトルを MATXSLIB-J33 の中性子 175 群構造に振り分けたものである。

(ロ)-D-11

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(ロ)-第D.6表 中性子源スペクトル (4/5)

エネルギー群数	上限エネルギー (eV)	スペクトル (注)
106	9.804×10^4	2.219×10^{-3}
107	8.652×10^4	7.446×10^{-4}
108	8.250×10^4	5.458×10^{-4}
109	7.950×10^4	1.324×10^{-3}
110	7.200×10^4	7.861×10^{-4}
111	6.738×10^4	1.744×10^{-3}
112	5.656×10^4	6.216×10^{-4}
113	5.248×10^4	8.958×10^{-4}
114	4.631×10^4	7.457×10^{-4}
115	4.087×10^4	8.384×10^{-4}
116	3.431×10^4	2.982×10^{-4}
117	3.183×10^4	3.831×10^{-4}
118	2.850×10^4	1.659×10^{-4}
119	2.700×10^4	1.020×10^{-4}
120	2.606×10^4	1.347×10^{-4}
121	2.479×10^4	6.373×10^{-5}
122	2.418×10^4	6.142×10^{-5}
123	2.358×10^4	1.712×10^{-4}
124	2.188×10^4	2.461×10^{-4}
125	1.931×10^4	3.741×10^{-4}
126	1.503×10^4	2.577×10^{-4}
127	1.171×10^4	7.100×10^{-5}
128	1.060×10^4	1.066×10^{-4}
129	9.119×10^3	1.222×10^{-4}
130	7.102×10^3	8.411×10^{-5}
131	5.531×10^3	5.787×10^{-5}
132	4.307×10^3	2.564×10^{-5}
133	3.707×10^3	1.416×10^{-5}
134	3.355×10^3	1.219×10^{-5}
135	3.035×10^3	1.050×10^{-5}
136	2.747×10^3	4.685×10^{-6}
137	2.613×10^3	4.348×10^{-6}
138	2.485×10^3	7.778×10^{-6}
139	2.249×10^3	6.696×10^{-6}
140	2.035×10^3	1.294×10^{-5}

(注)²³⁸Puの核分裂スペクトルをMATXS-LIB-J33の中性子175群構造に振り分けたものである。

(ロ)-D-16

(ロ)-第D.6表 中性子源スペクトル (4/5)

エネルギー群数	上限エネルギー (eV)	スペクトル (注)
106	9.804×10^4	2.219×10^{-3}
107	8.652×10^4	7.446×10^{-4}
108	8.250×10^4	5.458×10^{-4}
109	7.950×10^4	1.324×10^{-3}
110	7.200×10^4	7.861×10^{-4}
111	6.738×10^4	1.744×10^{-3}
112	5.656×10^4	6.216×10^{-4}
113	5.248×10^4	8.958×10^{-4}
114	4.631×10^4	7.457×10^{-4}
115	4.087×10^4	8.384×10^{-4}
116	3.431×10^4	2.982×10^{-4}
117	3.183×10^4	3.831×10^{-4}
118	2.850×10^4	1.659×10^{-4}
119	2.700×10^4	1.020×10^{-4}
120	2.606×10^4	1.347×10^{-4}
121	2.479×10^4	6.373×10^{-5}
122	2.418×10^4	6.142×10^{-5}
123	2.358×10^4	1.712×10^{-4}
124	2.188×10^4	2.461×10^{-4}
125	1.931×10^4	3.741×10^{-4}
126	1.503×10^4	2.577×10^{-4}
127	1.171×10^4	7.100×10^{-5}
128	1.060×10^4	1.066×10^{-4}
129	9.119×10^3	1.222×10^{-4}
130	7.102×10^3	8.411×10^{-5}
131	5.531×10^3	5.787×10^{-5}
132	4.307×10^3	2.564×10^{-5}
133	3.707×10^3	1.416×10^{-5}
134	3.355×10^3	1.219×10^{-5}
135	3.035×10^3	1.050×10^{-5}
136	2.747×10^3	4.685×10^{-6}
137	2.613×10^3	4.348×10^{-6}
138	2.485×10^3	7.778×10^{-6}
139	2.249×10^3	6.696×10^{-6}
140	2.035×10^3	1.294×10^{-5}

(注)²³⁸Puの核分裂スペクトルをMATXS-LIB-J33の中性子175群構造に振り分けたものである。

(ロ)-D-12

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

先行設計承認申請書記載事項

備考

(ロ)-第 D.6 表 中性子源スペクトル (5/5)

エネルギー群数	上限エネルギー (eV)	スペクトル (注)
141	1.585×10^3	8.896×10^{-8}
142	1.234×10^3	6.116×10^{-8}
143	9.611×10^2	4.204×10^{-8}
144	7.485×10^2	2.890×10^{-8}
145	5.830×10^2	1.986×10^{-8}
146	4.540×10^2	1.365×10^{-8}
147	3.536×10^2	9.385×10^{-7}
148	2.754×10^2	6.450×10^{-7}
149	2.145×10^2	4.433×10^{-7}
150	1.670×10^2	3.047×10^{-7}
151	1.301×10^2	2.094×10^{-7}
152	1.013×10^2	1.439×10^{-7}
153	7.889×10^1	9.893×10^{-8}
154	6.144×10^1	6.799×10^{-8}
155	4.785×10^1	4.673×10^{-8}
156	3.727×10^1	3.201×10^{-8}
157	2.902×10^1	2.218×10^{-8}
158	2.260×10^1	1.517×10^{-8}
159	1.760×10^1	1.043×10^{-8}
160	1.371×10^1	7.168×10^{-9}
161	1.068×10^1	4.925×10^{-9}
162	8.315×10^0	3.385×10^{-9}
163	6.476×10^0	2.327×10^{-9}
164	5.044×10^0	1.599×10^{-9}
165	3.928×10^0	1.099×10^{-9}
166	3.059×10^0	7.657×10^{-10}
167	2.382×10^0	5.087×10^{-10}
168	1.855×10^0	3.568×10^{-10}
169	1.445×10^0	2.452×10^{-10}
170	1.125×10^0	1.686×10^{-10}
171	8.764×10^{-1}	1.158×10^{-10}
172	6.826×10^{-1}	7.961×10^{-11}
173	5.316×10^{-1}	5.472×10^{-11}
174	4.140×10^{-1}	1.060×10^{-10}
175	1.000×10^{-1}	1.427×10^{-11}

(注) ^{239}Pu の核分裂スペクトルを MATXS-LIB-J33 の中性子 175 群構造に振り分けたものである。

(ロ)-D-17

(ロ)-第 D.6 表 中性子源スペクトル (5/5)

エネルギー群数	上限エネルギー (eV)	スペクトル (注)
141	1.585×10^3	8.896×10^{-8}
142	1.234×10^3	6.116×10^{-8}
143	9.611×10^2	4.204×10^{-8}
144	7.485×10^2	2.890×10^{-8}
145	5.830×10^2	1.986×10^{-8}
146	4.540×10^2	1.365×10^{-8}
147	3.536×10^2	9.385×10^{-7}
148	2.754×10^2	6.450×10^{-7}
149	2.145×10^2	4.433×10^{-7}
150	1.670×10^2	3.047×10^{-7}
151	1.301×10^2	2.094×10^{-7}
152	1.013×10^2	1.439×10^{-7}
153	7.889×10^1	9.893×10^{-8}
154	6.144×10^1	6.799×10^{-8}
155	4.785×10^1	4.673×10^{-8}
156	3.727×10^1	3.201×10^{-8}
157	2.902×10^1	2.218×10^{-8}
158	2.260×10^1	1.517×10^{-8}
159	1.760×10^1	1.043×10^{-8}
160	1.371×10^1	7.168×10^{-9}
161	1.068×10^1	4.925×10^{-9}
162	8.315×10^0	3.385×10^{-9}
163	6.476×10^0	2.327×10^{-9}
164	5.044×10^0	1.599×10^{-9}
165	3.928×10^0	1.099×10^{-9}
166	3.059×10^0	7.657×10^{-10}
167	2.382×10^0	5.087×10^{-10}
168	1.855×10^0	3.568×10^{-10}
169	1.445×10^0	2.452×10^{-10}
170	1.125×10^0	1.686×10^{-10}
171	8.764×10^{-1}	1.158×10^{-10}
172	6.826×10^{-1}	7.961×10^{-11}
173	5.316×10^{-1}	5.472×10^{-11}
174	4.140×10^{-1}	1.060×10^{-10}
175	1.000×10^{-1}	1.427×10^{-11}

(注) ^{239}Pu の核分裂スペクトルを MATXS-LIB-J33 の中性子 175 群構造に振り分けたものである。

(ロ)-D-13

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>D.3 モデル仕様</p> <p>D.3.1 解析モデル</p> <p>遮蔽解析モデルは二次元 (R-Z) モデルとし、トラニオンのない方向の断面をモデル化した。</p> <p>各試験条件下におけるモデル化は以下に示す条件を考慮した。</p> <p>1. 通常輸送時及び一般の試験条件下</p> <p>通常輸送時及び一般の試験条件下の解析モデルは、一般の試験条件下において 0.3 m 落下における緩衝体の変形を考慮すること以外は同一とし、以下の条件とした。</p> <p>解析モデルを (ロ)-第 D.1 図に示す。</p> <p>① 胴内での燃料集合体の軸方向の移動を考慮し、安全側に蓋方向、底部方向に移動したモデルとした。</p> <p>② 緩衝体は、安全側に空気に置き換え、距離のみ考慮した。</p> <p>③ 各部寸法はノミナル値とし、寸法公差は密度係数として考慮した。</p> <p>④ 蓋部中性子遮蔽材、側部中性子遮蔽材及び底部中性子遮蔽材については保守側の仮定として、中性子遮蔽材の 2.5 % の質量減損を考慮した。</p> <p>⑤ 燃料はバスケットと均質化した。ただし、上部ノズル部の上側についてはバスケット上端より露出するため、バスケットと均質化しない。</p> <p>⑥ バスケットの外周部は均質化した。</p> <p>⑦ パーナブルポイズン集合体の物性値は安全側に考慮しないモデルとした。</p> <p>本輸送容器では、上部、下部トラニオンが燃料有効部近傍にあり、中性子ストリーミング箇所となっている。この箇所は上述のモデルに含まれないため、頭部及び底部モデルの当該部近傍の線束を用いて、トラニオン部を模擬したモデルとの線束接続計算により解析を行った。トラニオン部モデルを (ロ)-第 D.2 図に示す。</p> <p>(ロ)-D-18</p>	<p>D.3 モデル仕様</p> <p>D.3.1 解析モデル</p> <p>遮蔽解析モデルは二次元 (R-Z) モデルとし、トラニオンのない方向の断面をモデル化した。</p> <p>各試験条件下におけるモデル化は以下に示す条件を考慮した。</p> <p>1. 通常輸送時及び一般の試験条件下</p> <p>通常輸送時及び一般の試験条件下の解析モデルは、一般の試験条件下において 0.3 m 落下における緩衝体の変形を考慮すること以外は同一とし、以下の条件とした。</p> <p>解析モデルを (ロ)-第 D.1 図に示す。</p> <p>① 胴内での燃料集合体の軸方向の移動を考慮し、安全側に蓋方向、底部方向に移動したモデルとした。</p> <p>② 緩衝体は、安全側に空気に置き換え、距離のみ考慮した。</p> <p>③ 各部寸法はノミナル値とし、寸法公差は密度係数として考慮した。</p> <p>④ 蓋部中性子遮蔽材、側部中性子遮蔽材及び底部中性子遮蔽材については保守側の仮定として、中性子遮蔽材の 2.5 % の質量減損を考慮した。</p> <p>⑤ 燃料はバスケットと均質化した。ただし、上部ノズル部の上側についてはバスケット上端より露出するため、バスケットと均質化しない。</p> <p>⑥ バスケットの外周部は均質化した。</p> <p>⑦ パーナブルポイズン集合体の物性値は安全側に考慮しないモデルとした。</p> <p>本輸送容器では、上部、下部トラニオンが燃料有効部近傍にあり、中性子ストリーミング箇所となっている。この箇所は上述のモデルに含まれないため、頭部及び底部モデルの当該部近傍の線束を用いて、トラニオン部を模擬したモデルとの線束接続計算により解析を行った。トラニオン部モデルを (ロ)-第 D.2 図に示す。</p> <p>(ロ)-D-14</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="344 331 1216 1619" style="border: 1px solid black; height: 613px; width: 294px; margin: 10px auto;"></div> <p data-bbox="442 1625 1101 1654">(H)-第 D.1(a)図 通常輸送時及び一般の試験条件下の解析モデル (頭部)</p> <p data-bbox="736 1734 819 1759">(H)-D-19</p>	<div data-bbox="1581 331 2454 1619" style="border: 1px solid black; height: 613px; width: 294px; margin: 10px auto;"></div> <p data-bbox="1679 1625 2338 1654">(H)-第 D.1(a)図 通常輸送時及び一般の試験条件下の解析モデル (頭部)</p> <p data-bbox="1973 1734 2056 1759">(H)-D-15</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="365 432 1237 1608" style="border: 1px solid black; height: 560px; margin: 20px auto;"></div> <p data-bbox="448 1625 1101 1654">(u)-第 D.1(b)図 通常輸送時及び一般の試験条件下の解析モデル (底部)</p> <p data-bbox="736 1734 819 1759">(u)-D-20</p>	<div data-bbox="1605 432 2478 1608" style="border: 1px solid black; height: 560px; margin: 20px auto;"></div> <p data-bbox="1688 1625 2341 1654">(u)-第 D.1(b)図 通常輸送時及び一般の試験条件下の解析モデル (底部)</p> <p data-bbox="1976 1734 2059 1759">(u)-D-16</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="368 495 1032 1671" style="border: 1px solid black; width: 224px; height: 560px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="753 1766 834 1787" style="text-align: center;">(v)-D-21</p> <p data-bbox="1071 701 1101 1430" style="text-align: center;"><u>(v)-第 D.2(a) 図 通常輸送時及び一般の試験条件下の解析モデル (上部トラニオン部)</u></p>	<div data-bbox="1620 495 2285 1671" style="border: 1px solid black; width: 224px; height: 560px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="1991 1766 2071 1787" style="text-align: center;">(v)-D-17</p> <p data-bbox="2318 701 2347 1430" style="text-align: center;"><u>(v)-第 D.2(a) 図 通常輸送時及び一般の試験条件下の解析モデル (上部トラニオン部)</u></p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="403 478 1118 1686" style="border: 1px solid black; height: 575px; width: 241px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="753 1766 834 1787" style="text-align: center;">(a)-D-22</p> <p data-bbox="1151 722 1175 1451" style="text-align: center;">(a)-第 D.2(b) 図 通常輸送時及び一般の試験条件下の解析モデル (下部トラニオン部)</p>	<div data-bbox="1635 478 2350 1686" style="border: 1px solid black; height: 575px; width: 241px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="1997 1766 2077 1787" style="text-align: center;">(a)-D-18</p> <p data-bbox="2386 722 2410 1451" style="text-align: center;">(a)-第 D.2(b) 図 通常輸送時及び一般の試験条件下の解析モデル (下部トラニオン部)</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>2. 特別の試験条件下</p> <p>特別の試験条件下における解析モデルは一般の試験条件下の場合と次の点で異なる。 解析モデルを(ロ)-第D.3図に示す。</p> <p>① 熱解析の結果では耐火試験により蓋部中性子遮蔽材、側部中性子遮蔽材、底部中性子遮蔽材及びトラニオン部中性子遮蔽材が著しく焼損することはないが、安全側にその密度が半分に減少するものとした。</p> <p>② 1m貫通試験により外筒、側部中性子遮蔽材が部分的に変形することが考えられるので、安全側に貫通すると仮定して外筒、側部中性子遮蔽材に貫通孔を模擬した。</p> <p>③ 落下試験により緩衝体は大幅に変形するので、無視するものとした。</p> <p>(ロ)-D-23</p>	<p>2. 特別の試験条件下</p> <p>特別の試験条件下における解析モデルは一般の試験条件下の場合と次の点で異なる。 解析モデルを(ロ)-第D.3図に示す。</p> <p>① 熱解析の結果では耐火試験により蓋部中性子遮蔽材、側部中性子遮蔽材、底部中性子遮蔽材及びトラニオン部中性子遮蔽材が著しく焼損することはないが、安全側にその密度が半分に減少するものとした。</p> <p>② 1m貫通試験により外筒、側部中性子遮蔽材が部分的に変形することが考えられるので、安全側に貫通すると仮定して外筒、側部中性子遮蔽材に貫通孔を模擬した。</p> <p>③ 落下試験により緩衝体は大幅に変形するので、無視するものとした。</p> <p>(ロ)-D-19</p>	