

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) 核分裂性輸送物に係る試験条件</p> <p>a. 次の核分裂性輸送物に係る一般の試験条件下に置いた後の輸送物の損傷状態を評価すること。</p> <p>(a) 以下の連続試験</p> <p>i. 水噴霧試験</p> <p>ii. 0.3 m 自由落下試験</p> <p>(b) 積み重ね試験</p> <p>(c) 6 kg 棒貫通試験</p> <p>b. 次の核分裂性輸送物に係る特別の試験条件下に順次置いた後の輸送物の損傷状態を評価すること。</p> <p>(a) 核分裂性輸送物に係る一般の試験条件</p> <p>(b) 9 m 落下試験</p> <p>(c) 1 m 貫通試験</p> <p>(d) 火災試験</p> <p>(e) 0.9 m の水中浸漬試験</p> <p>なお、核分裂性輸送物に係る一般及び特別の試験条件の中で機械的（強度）試験においては、本輸送物が使用される-20℃～38℃の周囲温度範囲を考慮する。</p> <p>(H)-A-3</p>	<p>(5) 核分裂性輸送物に係る試験条件</p> <p>a. 次の核分裂性輸送物に係る一般の試験条件下に置いた後の輸送物の損傷状態を評価すること。</p> <p>(a) 以下の連続試験</p> <p>i. 水噴霧試験</p> <p>ii. 0.3 m 自由落下試験</p> <p>(b) 積み重ね試験</p> <p>(c) 6 kg 棒貫通試験</p> <p>b. 次の核分裂性輸送物に係る特別の試験条件下に順次置いた後の輸送物の損傷状態を評価すること。</p> <p>(a) 核分裂性輸送物に係る一般の試験条件</p> <p>(b) 9 m 落下試験</p> <p>(c) 1 m 貫通試験</p> <p>(d) 火災試験</p> <p>(e) 0.9 m の水中浸漬試験</p> <p>なお、核分裂性輸送物に係る一般及び特別の試験条件の中で機械的（強度）試験においては、本輸送物が使用される-20℃～38℃の周囲温度範囲を考慮する。</p> <p>(H)-A-3</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. 設計基準</p> <p>各解析項目に対して材質、温度、負荷係数等の設計条件を考慮して適用数式、要素及び解析基準を決定した。</p> <p>この中で、輸送容器の胴、一次蓋、二次蓋、三次蓋、蓋ボルト、蓋密封シール部及びトランニオンに発生する応力の設計基準値は、金属キャスク構造規格¹⁾を適用した。</p> <p>金属キャスク構造規格に設計基準値の記載がない、外筒、下部端板、蓋部中性子遮蔽材カバー及び底部中性子遮蔽材カバーは、中性子遮蔽材を保持する構造物であることを考慮し、設計・建設規格²⁾〈第 I 編 軽水炉規格〉のクラス 1 支持構造物の規定を適用した。アルミニウム合金製のバスケットについては、金属キャスク構造規格のバスケットの考え方を基本として設計基準値を設定した。また、燃料被覆管については、一般の試験条件における荷重負荷時の変形を防止するため、設計基準値を降伏応力以下とした。</p> <p>三次蓋とキャスク本体の O リング取付位置の相対口開き変形量については、O リングが閉じ込め機能を維持できる設計基準値とした。</p> <p>各試験条件に対しての応力及び変形量の設計基準値を以下に示す。また、設計条件及び解析方法の要約を (a)-第 A.1 表に示す。</p> <p>(1) 通常の輸送条件（吊上装置及び固縛装置）</p> <p>a. トランニオン本体は応力強さが設計降伏点以下であること。ここで、応力強さは主応力の差の絶対値をいう。</p> <p>b. トランニオン接続部は以下に示す一次支圧応力 f_p' を超えないこと。一次+二次支圧応力については f_p' の 1.5 倍を超えないこと。</p> $f_p' = 1.25S_y$ <p>ここで、 S_y : 金属キャスク構造規格¹⁾別表第 5-8 に示される設計降伏点</p> <p>c. 吊上装置については疲労評価を行うこと。</p> <p>(2) 一般の試験条件（熱的試験及び自由落下試験）</p> <p>a. 蓋ボルト以外の輸送容器の胴、一次蓋、二次蓋、三次蓋は発生応力を分類し、各応力が以下に示す基準値以下であること。</p> $P_n \leq S_n$ $P_L \leq 1.5S_n$ $P_L + P_b \leq 1.5S_n$ $P_L + P_b + Q \leq 3S_n$ <p>ここで、 P_n : 一次一般膜応力</p> <p>(a)-A-4</p>	<p>2. 設計基準</p> <p>各解析項目に対して材質、温度、負荷係数等の設計条件を考慮して適用数式、要素及び解析基準を決定した。</p> <p>この中で、輸送容器の胴、一次蓋、二次蓋、三次蓋、蓋ボルト、蓋密封シール部及びトランニオンに発生する応力の設計基準値は、金属キャスク構造規格¹⁾を適用した。</p> <p>金属キャスク構造規格に設計基準値の記載がない、外筒、下部端板、蓋部中性子遮蔽材カバー及び底部中性子遮蔽材カバーは、中性子遮蔽材を保持する構造物であることを考慮し、設計・建設規格²⁾〈第 I 編 軽水炉規格〉のクラス 1 支持構造物の規定を適用した。アルミニウム合金製のバスケットについては、金属キャスク構造規格のバスケットの考え方を基本として設計基準値を設定した。また、燃料被覆管については、一般の試験条件における荷重負荷時の変形を防止するため、設計基準値を降伏応力以下とした。</p> <p>三次蓋とキャスク本体の O リング取付位置の相対口開き変形量については、O リングが閉じ込め機能を維持できる設計基準値とした。</p> <p>各試験条件に対しての応力及び変形量の設計基準値を以下に示す。また、設計条件及び解析方法の要約を (a)-第 A.1 表に示す。</p> <p>(1) 通常の輸送条件（吊上装置及び固縛装置）</p> <p>a. トランニオン本体は応力強さが設計降伏点以下であること。ここで、応力強さは主応力の差の絶対値をいう。</p> <p>b. トランニオン接続部は以下に示す一次支圧応力 f_p' を超えないこと。一次+二次支圧応力については f_p' の 1.5 倍を超えないこと。</p> $f_p' = 1.25S_y$ <p>ここで、 S_y : 金属キャスク構造規格¹⁾別表第 5-8 に示される設計降伏点</p> <p>c. 吊上装置については疲労評価を行うこと。</p> <p>(2) 一般の試験条件（熱的試験及び自由落下試験）</p> <p>a. 蓋ボルト以外の輸送容器の胴、一次蓋、二次蓋、三次蓋は発生応力を分類し、各応力が以下に示す基準値以下であること。</p> $P_n \leq S_n$ $P_L \leq 1.5S_n$ $P_L + P_b \leq 1.5S_n$ $P_L + P_b + Q \leq 3S_n$ <p>ここで、 P_n : 一次一般膜応力</p> <p>(a)-A-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
<p>ここで、</p> <p>P_m : 一次一般膜応力</p> <p>P_L : 一次局部膜応力</p> <p>P_b : 一次曲げ応力</p> <p>Q : 二次応力</p> <p>S_m : 金属キャスク構造規格¹⁾別表第 5-1 に示される設計応力強さ</p> <p>b. 蓋ボルトに対しては以下の基準を適用する。</p> <p>(平均引張応力) $\leq 2S_m$</p> <p>(平均引張応力+曲げ応力) $\leq 3S_m$</p> <p>ここで、</p> <p>S_m : 金属キャスク構造規格¹⁾別表第 5-2 に示される設計応力強さ</p> <p>c. 一次蓋密封シール部及び二次蓋密封シール部は発生応力を分類し、各応力が以下に示す基準値以下であること。</p> <p>$P_m \leq S_y$</p> <p>$P_L \leq S_y$</p> <p>$P_L + P_b \leq S_y$</p> <p>$P_L + P_b + Q \leq S_y$</p> <p>ここで、</p> <p>S_y : 金属キャスク構造規格¹⁾別表第 5-8 に示される設計降伏点</p> <p>d. 三次蓋とキャスク本体の O リング取付位置での相対口開き変形量が、O リングの初期締め付け代より小さいこと。</p> <p>e. 外筒、下部端板、蓋部中性子遮蔽材カバー、底部中性子遮蔽材カバーにおいては以下の基準を適用する。ただし、各溶接部については、各構成部材と同じ基準を適用する。</p> <p>(a) 各部位の一次引張応力は以下に示す f_t を超えないこと。一次+二次応力については、(b)の圧縮応力との差が f_t の 3 倍を超えないこと。</p> $f_t = \frac{F}{1.5}$ <p>ここで、</p> <p>$F = \text{MIN}[0.7S_u, S_y]$ (オーステナイト系ステンレス鋼以外)</p> <p>$F = \text{MIN}[1.35S_y, 0.7S_u, S_y(\text{RT})]$ (オーステナイト系ステンレス鋼)</p> <p>S_u : 金属キャスク構造規格¹⁾別表 5-9 に示される設計引張強さ</p> <p>$S_y(\text{RT})$: 金属キャスク構造規格¹⁾別表 5-8 に示される 40 °C における設計降伏点</p> <p>(ロ)-A-5</p>	<p>ここで、</p> <p>P_m : 一次一般膜応力</p> <p>P_L : 一次局部膜応力</p> <p>P_b : 一次曲げ応力</p> <p>Q : 二次応力</p> <p>S_m : 金属キャスク構造規格¹⁾別表第 5-1 に示される設計応力強さ</p> <p>b. 蓋ボルトに対しては以下の基準を適用する。</p> <p>(平均引張応力) $\leq 2S_m$</p> <p>(平均引張応力+曲げ応力) $\leq 3S_m$</p> <p>ここで、</p> <p>S_m : 金属キャスク構造規格¹⁾別表第 5-2 に示される設計応力強さ</p> <p>c. 一次蓋密封シール部及び二次蓋密封シール部は発生応力を分類し、各応力が以下に示す基準値以下であること。</p> <p>$P_m \leq S_y$</p> <p>$P_L \leq S_y$</p> <p>$P_L + P_b \leq S_y$</p> <p>$P_L + P_b + Q \leq S_y$</p> <p>ここで、</p> <p>S_y : 金属キャスク構造規格¹⁾別表第 5-8 に示される設計降伏点</p> <p>d. 三次蓋とキャスク本体の O リング取付位置での相対口開き変形量が、O リングの初期締め付け代より小さいこと。</p> <p>e. 外筒、下部端板、蓋部中性子遮蔽材カバー、底部中性子遮蔽材カバーにおいては以下の基準を適用する。ただし、各溶接部については、各構成部材と同じ基準を適用する。</p> <p>(a) 各部位の一次引張応力は以下に示す f_t を超えないこと。一次+二次応力については、(b)の圧縮応力との差が f_t の 3 倍を超えないこと。</p> $f_t = \frac{F}{1.5}$ <p>ここで、</p> <p>$F = \text{MIN}[0.7S_u, S_y]$ (オーステナイト系ステンレス鋼以外)</p> <p>$F = \text{MIN}[1.35S_y, 0.7S_u, S_y(\text{RT})]$ (オーステナイト系ステンレス鋼)</p> <p>S_u : 金属キャスク構造規格¹⁾別表 5-9 に示される設計引張強さ</p> <p>$S_y(\text{RT})$: 金属キャスク構造規格¹⁾別表 5-8 に示される 40 °C における設計降伏点</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) 各部位の一次圧縮応力は以下に示す f_c を超えないこと。</p> $f_c = \left[1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right] \frac{F}{v}$ <p>ここで、</p> <p>λ : 有効細長比</p> <p>Λ : 限界細長比</p> $v = 1.5 + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$ <p>(c) 各部位の一次せん断応力は以下に示す f_s を超えないこと。一次+二次応力については f_s の 3 倍を超えないこと。</p> $f_s = \frac{F}{1.5\sqrt{3}}$ <p>(d) 各部位の一次曲げ応力は以下に示す f_b を超えないこと。一次+二次応力については f_b の 3 倍を超えないこと。</p> $f_b = \frac{F}{1.5}$ <p>f. バスケットにおいては、以下の基準を適用する。</p> <p>(a) 各部位の応力が以下に示す基準値以下であること。</p> $P_n \leq S_n$ $P_n + P_b \leq \alpha S_n$ $\tau \leq 0.6S_n$ <p>(一次圧縮応力) $\leq f_c$</p> $f_c = \left[1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right] \frac{F}{v}$ <p>ここで、</p> <p>S_n : 付属書類 A. 10.5 (ロ)-第 A. 94 表に示される設計応力強さ</p> <p>P_n : 一次一般膜応力</p> <p>P_b : 一次曲げ応力</p> <p>α : 純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は 1.5 のいずれかの小さい方の値</p> <p>τ : 平均せん断応力</p> <p>λ : 有効細長比</p> <p>Λ : 限界細長比</p> $v = 1.5 + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$ <p>g. 燃料被覆管については応力強さが降伏応力以下であること。</p> <p style="text-align: center;">(ロ)-A-6</p>	<p>(b) 各部位の一次圧縮応力は以下に示す f_c を超えないこと。</p> $f_c = \left[1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right] \frac{F}{v}$ <p>ここで、</p> <p>λ : 有効細長比</p> <p>Λ : 限界細長比</p> $v = 1.5 + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$ <p>(c) 各部位の一次せん断応力は以下に示す f_s を超えないこと。一次+二次応力については f_s の 3 倍を超えないこと。</p> $f_s = \frac{F}{1.5\sqrt{3}}$ <p>(d) 各部位の一次曲げ応力は以下に示す f_b を超えないこと。一次+二次応力については f_b の 3 倍を超えないこと。</p> $f_b = \frac{F}{1.5}$ <p>f. バスケットにおいては、以下の基準を適用する。</p> <p>(a) 各部位の応力が以下に示す基準値以下であること。</p> $P_n \leq S_n$ $P_n + P_b \leq \alpha S_n$ $\tau \leq 0.6S_n$ <p>(一次圧縮応力) $\leq f_c$</p> $f_c = \left[1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right] \frac{F}{v}$ <p>ここで、</p> <p>S_n : 付属書類 A. 10.4 (ロ)-第 A. 86 表に示される設計応力強さ</p> <p>P_n : 一次一般膜応力</p> <p>P_b : 一次曲げ応力</p> <p>α : 純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は 1.5 のいずれかの小さい方の値</p> <p>τ : 平均せん断応力</p> <p>λ : 有効細長比</p> <p>Λ : 限界細長比</p> $v = 1.5 + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$ <p>g. 燃料被覆管については応力強さが降伏応力以下であること。</p> <p style="text-align: center;">(ロ)-A-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
<p>(3) 一般の試験条件（積み重ね試験及び6 kg 棒貫通試験）</p> <p>a. 積み重ね試験に対しては胴に発生する応力強さが設計降伏点を超えないこと。</p> <p>b. 6 kg 棒貫通試験に対しては、せん断で破壊しないこと。</p> <p>(4) 特別の試験条件</p> <p>a. 蓋ボルト以外の輸送容器の胴、二次蓋及び三次蓋は以下の基準を適用する。</p> <p>(a) 各部位について発生応力を分類し、各応力が以下に示す基準値以下であること。</p> <p>i) オーステナイト系ステンレス鋼以外</p> $P_m \leq 2/3S_u$ $P_L \leq S_u$ $P_L + P_b \leq S_u$ <p>ii) オーステナイト系ステンレス鋼</p> $P_m \leq \text{MIN}[2.4S_m, 2/3S_u]$ $P_L \leq \text{MIN}[3.6S_m, S_u]$ $P_L + P_b \leq \text{MIN}[3.6S_m, S_u]$ <p>b. 二次蓋ボルト及び三次蓋ボルトに対しては以下の基準を適用する。</p> <p>(平均引張応力) $\leq S_y$</p> <p>(平均引張応力+曲げ応力) $\leq S_y$</p> <p>c. 二次蓋密封シール部に対しては各部位について発生応力を分類し、各応力が以下に示す基準値以下であること。</p> $P_m \leq S_y$ $P_L \leq S_y$ $P_L + P_b \leq S_y$ $P_L + P_b + Q \leq S_y$ <p>d. 三次蓋とキャスク本体のOリング取付位置の相対口開き変形量が、Oリングの初期締め付け代より小さいこと。</p> <p>e. 外筒、下部端板及び底部中性子遮蔽材カバーにおいては以下の基準を適用する。ただし、各溶接部については、各構成部材と同じ基準を適用する。</p> <p>(a) 各部位の一次引張応力は以下に示す f_t の1.5倍を超えないこと。</p> $f_t = \frac{F}{1.5}$ <p>ここで、</p> $F = \text{MIN}[0.7S_u, 1.2S_y]$ (オーステナイト系ステンレス鋼以外) $F = \text{MIN}[1.35S_y, 0.7S_u, 1.2S_y(\text{RT})]$ (オーステナイト系ステンレス鋼) <p>(ロ)-A-7</p>	<p>(3) 一般の試験条件（積み重ね試験及び6 kg 棒貫通試験）</p> <p>a. 積み重ね試験に対しては胴に発生する応力強さが設計降伏点を超えないこと。</p> <p>b. 6 kg 棒貫通試験に対しては、せん断で破壊しないこと。</p> <p>(4) 特別の試験条件</p> <p>a. 蓋ボルト以外の輸送容器の胴、二次蓋及び三次蓋は以下の基準を適用する。</p> <p>(a) 各部位について発生応力を分類し、各応力が以下に示す基準値以下であること。</p> <p>i) オーステナイト系ステンレス鋼以外</p> $P_m \leq 2/3S_u$ $P_L \leq S_u$ $P_L + P_b \leq S_u$ <p>ii) オーステナイト系ステンレス鋼</p> $P_m \leq \text{MIN}[2.4S_m, 2/3S_u]$ $P_L \leq \text{MIN}[3.6S_m, S_u]$ $P_L + P_b \leq \text{MIN}[3.6S_m, S_u]$ <p>b. 二次蓋ボルト及び三次蓋ボルトに対しては以下の基準を適用する。</p> <p>(平均引張応力) $\leq S_y$</p> <p>(平均引張応力+曲げ応力) $\leq S_y$</p> <p>c. 二次蓋密封シール部に対しては各部位について発生応力を分類し、各応力が以下に示す基準値以下であること。</p> $P_m \leq S_y$ $P_L \leq S_y$ $P_L + P_b \leq S_y$ $P_L + P_b + Q \leq S_y$ <p>d. 三次蓋とキャスク本体のOリング取付位置の相対口開き変形量が、Oリングの初期締め付け代より小さいこと。</p> <p>e. 外筒、下部端板及び底部中性子遮蔽材カバーにおいては以下の基準を適用する。ただし、各溶接部については、各構成部材と同じ基準を適用する。</p> <p>(a) 各部位の一次引張応力は以下に示す f_t の1.5倍を超えないこと。</p> $f_t = \frac{F}{1.5}$ <p>ここで、</p> $F = \text{MIN}[0.7S_u, 1.2S_y]$ (オーステナイト系ステンレス鋼以外) $F = \text{MIN}[1.35S_y, 0.7S_u, 1.2S_y(\text{RT})]$ (オーステナイト系ステンレス鋼) <p>(ロ)-A-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) 各部位の一次圧縮応力は以下に示す f_c の 1.5 倍を超えないこと。</p> $f_c = \left\{ 1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \frac{F}{v}$ <p>ここで、 $F = \text{MIN}[0.7S_u, 1.2S_y]$ (オーステナイト系ステンレス鋼以外) $F = \text{MIN}[1.35S_y, 0.7S_u, 1.2S_y(\text{RT})]$ (オーステナイト系ステンレス鋼)</p> <p>(c) 各部位の一次せん断応力は以下に示す f_s の 1.5 倍を超えないこと。</p> $f_s = \frac{F}{1.5\sqrt{3}}$ <p>(d) 各部位の一次曲げ応力は以下に示す f_b の 1.5 倍を超えないこと。</p> $f_b = \frac{F}{1.5}$ <p>f. バスケットにおいては、以下の基準を適用する。</p> <p>(a) 各部位の応力が以下に示す基準値以下であること。</p> $P_n \leq 2/3S_u$ $P_n + P_b \leq 2/3 \alpha S_u$ $\tau \leq 1.2S_m$ <p>ここで、 S_u : 付属書類 A.10.5 (ロ)-第 A.97 表に示される設計引張強さ</p> <p>(b) 各部位の一次圧縮応力は f_c^* の 1.5 倍を超えないこととする。f_c^* の値は、以下に示す f_c の値を算出する際に S_y とあるのを $1.2S_y$ と読み替えて算出した値。</p> $f_c = \left\{ 1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \frac{F}{v}$ <p>ここで、 $F = \text{MIN}[0.7S_u, S_y]$</p> <p>g. 1 m 貫通試験に対しては、せん断で破断しないこと。</p> <p>(5) 強化浸漬試験</p> <p>a. 輸送容器の胴（底板）及び蓋部は以下の基準を適用する。</p> $P_L + P_b \leq S_u$ (オーステナイト系ステンレス鋼以外) $P_L + P_b \leq \text{MIN}[3.6S_m, S_u]$ (オーステナイト系ステンレス鋼) <p style="text-align: center;">(ロ)-A-8</p>	<p>(b) 各部位の一次圧縮応力は以下に示す f_c の 1.5 倍を超えないこと。</p> $f_c = \left\{ 1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \frac{F}{v}$ <p>ここで、 $F = \text{MIN}[0.7S_u, 1.2S_y]$ (オーステナイト系ステンレス鋼以外) $F = \text{MIN}[1.35S_y, 0.7S_u, 1.2S_y(\text{RT})]$ (オーステナイト系ステンレス鋼)</p> <p>(c) 各部位の一次せん断応力は以下に示す f_s の 1.5 倍を超えないこと。</p> $f_s = \frac{F}{1.5\sqrt{3}}$ <p>(d) 各部位の一次曲げ応力は以下に示す f_b の 1.5 倍を超えないこと。</p> $f_b = \frac{F}{1.5}$ <p>f. バスケットにおいては、以下の基準を適用する。</p> <p>(a) 各部位の応力が以下に示す基準値以下であること。</p> $P_n \leq 2/3S_u$ $P_n + P_b \leq 2/3 \alpha S_u$ $\tau \leq 1.2S_m$ <p>ここで、 S_u : 付属書類 A.10.4 (ロ)-第 A.89 表に示される設計引張強さ</p> <p>(b) 各部位の一次圧縮応力は f_c^* の 1.5 倍を超えないこととする。f_c^* の値は、以下に示す f_c の値を算出する際に S_y とあるのを $1.2S_y$ と読み替えて算出した値。</p> $f_c = \left\{ 1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \frac{F}{v}$ <p>ここで、 $F = \text{MIN}[0.7S_u, S_y]$</p> <p>g. 1 m 貫通試験に対しては、せん断で破断しないこと。</p> <p>(5) 強化浸漬試験</p> <p>a. 輸送容器の胴（底板）及び蓋部は以下の基準を適用する。</p> $P_L + P_b \leq S_u$ (オーステナイト系ステンレス鋼以外) $P_L + P_b \leq \text{MIN}[3.6S_m, S_u]$ (オーステナイト系ステンレス鋼) <p style="text-align: center;">(ロ)-A-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>b. 外圧を受ける胴にあつては、外面に受ける圧力が金属キャスク構造規格¹⁾に示される胴の厚さ等によって定まる許容外圧 P_a の 1.5 倍以下であること。</p> <p>3. 余裕率 適用数式及び要素による結果のうち、定量的な基準のあるものについては次に示す余裕率 MS を用いて評価する。</p> $\text{余裕率 (MS)} = \frac{\text{解析基準値}}{\text{解析結果}} - 1$ <p>したがって、余裕率は 0 以上であれば良いとする。</p> <p>余裕率を用いられないものは、該当箇所にその基準等を記載した。なお、解析基準値は A.3 に示す材料の機械的性質及び B. に示す温度等に基づいて決定する。^(注)</p> <hr/> <p>(注)設計降伏点、設計引張強さ、縦弾性係数等の値は、A.3 に示す引用文献中で与えられている温度依存データを内挿することによって求める。</p> <p style="text-align: center;">(□)-A-9</p>	<p>b. 外圧を受ける胴にあつては、外面に受ける圧力が金属キャスク構造規格¹⁾に示される胴の厚さ等によって定まる許容外圧 P_a の 1.5 倍以下であること。</p> <p>3. 余裕率 適用数式及び要素による結果のうち、定量的な基準のあるものについては次に示す余裕率 MS を用いて評価する。</p> $\text{余裕率 (MS)} = \frac{\text{解析基準値}}{\text{解析結果}} - 1$ <p>したがって、余裕率は 0 以上であれば良いとする。</p> <p>余裕率を用いられないものは、該当箇所にその基準等を記載した。なお、解析基準値は A.3 に示す材料の機械的性質及び B. に示す温度等に基づいて決定する。^(注)</p> <hr/> <p>(注)設計降伏点、設計引張強さ、縦弾性係数等の値は、A.3 に示す引用文献中で与えられている温度依存データを内挿することによって求める。</p> <p style="text-align: center;">(□)-A-9</p>	

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (1/13)

条件	解析項目及びその評価	設計条件					解析方法		備考	
		参照図表	材質	温度	設計負荷		適用数式又は要素	解析基準		
					種類	負荷係数				要素
化学的及び電気的反応	1) 化学的反応 2) 電気的反応	(ロ)-第 A.3 表	表による	—	—	腐食	—	活性	活性の有無	無
		(ロ)-第 A.3 表	表による	—	—	腐食	—	電位差	反応の有無	無
低温強度	1) 構成部品 2) 低温時の強度	(ロ)-第 A.4 表	表による	—	—	材質	—	き裂・破損	-20℃でのき裂・破損の有無	無
		(ロ)-第 A.4 表	表による	—	—	材質	—	脆性破壊	-20℃での脆化の有無	無
密封装置		(イ)-第 C.2 図	—	—	—	誤操作による開放	—	誤操作の可否	緩衝体等に覆われての誤操作の可否	否

(ロ)-A-10

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (1/13)

条件	解析項目及びその評価	設計条件					解析方法		備考	
		参照図表	材質	温度	設計負荷		適用数式又は要素	解析基準		
					種類	負荷係数				要素
化学的及び電気的反応	1) 化学的反応 2) 電気的反応	(ロ)-第 A.3 表	表による	—	—	腐食	—	活性	活性の有無	無
		(ロ)-第 A.3 表	表による	—	—	腐食	—	電位差	反応の有無	無
低温強度	1) 構成部品 2) 低温時の強度	(ロ)-第 A.4 表	表による	—	—	材質	—	き裂・破損	-20℃でのき裂・破損の有無	無
		(ロ)-第 A.4 表	表による	—	—	材質	—	脆性破壊	-20℃での脆化の有無	無
密封装置		(イ)-第 C.2 図	—	—	—	誤操作による開放	—	誤操作の可否	緩衝体等に覆われての誤操作の可否	否

(ロ)-A-10

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (2/13)

条件	解析項目及びその評価	設計条件				解析方法			備考	
		参照図表	材質	温度	種類	設計負荷		適用数式又は要素		
						種類	要素			
通常の輸送条件										
品上装置										
トラニオン本体	(ロ)-第 A.10 図	SUS630		吊上荷重	3 1.3	曲げとせん断 疲労評価	$S = \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau^2}$ N_c	S_y N_a	(注 1)	
トラニオン接続部 (トラニオン側)	(ロ)-第 A.10 図	SUS630		吊上荷重	3 1.3	支圧 疲労評価	$\sigma_F = \text{MAX}[\sigma_{F1}, \sigma_{F2}]$ $\sigma_F = \text{MAX}[\sigma_{F1}, \sigma_{F2}] + \sigma_{F2}$ N_a	$1.25S_y$ $1.5 \times 1.25S_y$ N_a	(注 2)	
トラニオン接続部 (胴側)	(ロ)-第 A.10 図			同上	同上	同上	同上	同上		
固縛装置										
トラニオン本体	(ロ)-第 A.14 図	SUS630		上下、前後 2g (下方向は自重を 考慮し、3g)	1	曲げとせん断	$S = \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau^2}$	S_y		
トラニオン接続部 (トラニオン側)	(ロ)-第 A.14 図	SUS630		上下、前後 2g (下方向は自重を 考慮し、3g)	1	支圧	$\sigma_F = \text{MAX}[\sigma_{F1}, \sigma_{F2}]$ $\sigma_F = \text{MAX}[\sigma_{F1}, \sigma_{F2}] + \sigma_{F2}$	$1.25S_y$ $1.5 \times 1.25S_y$		
トラニオン接続部 (胴側)	(ロ)-第 A.14 図			同上	同上	同上	同上	同上		
圧力	-	-		周囲圧力の降下	-	内圧	密封性	良		
振動	(ロ)-第 A.15 図			振動による力	-	振動	固有振動数	加振源の 振動数	(注 3)	

(ロ)-A-11

(注 1) S: 応力強さ、 σ_b : 曲げ応力、 τ : せん断応力、 S_y : 設計降伏点、 N_c : 使用計画回数、 N_a : 許容繰返し回数
(注 2) σ_F : 支圧応力、 σ_{F1} 、 σ_{F2} : 吊上げ荷重による支圧応力 (一次応力)、 σ_{F2} : しまり嵌め荷重による支圧応力 (二次応力)
(注 3) 輸送容器の胴、一次蓋及び二次蓋の材質は、である。

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (2/13)

条件	解析項目及びその評価	設計条件				解析方法			備考	
		参照図表	材質	温度	種類	設計負荷		適用数式又は要素		
						種類	要素			
通常の輸送条件										
品上装置										
トラニオン本体	(ロ)-第 A.10 図	SUS630		吊上荷重	3 1.3	曲げとせん断 疲労評価	$S = \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau^2}$ N_c	S_y N_a	(注 1)	
トラニオン接続部 (トラニオン側)	(ロ)-第 A.10 図	SUS630		吊上荷重	3 1.3	支圧 疲労評価	$\sigma_F = \text{MAX}[\sigma_{F1}, \sigma_{F2}]$ $\sigma_F = \text{MAX}[\sigma_{F1}, \sigma_{F2}] + \sigma_{F2}$ N_a	$1.25S_y$ $1.5 \times 1.25S_y$ N_a	(注 2)	
トラニオン接続部 (胴側)	(ロ)-第 A.10 図			同上	同上	同上	同上	同上		
固縛装置										
トラニオン本体	(ロ)-第 A.14 図	SUS630		上下、前後 2g (下方向は自重を 考慮し、3g)	1	曲げとせん断	$S = \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau^2}$	S_y		
トラニオン接続部 (トラニオン側)	(ロ)-第 A.14 図	SUS630		上下、前後 2g (下方向は自重を 考慮し、3g)	1	支圧	$\sigma_F = \text{MAX}[\sigma_{F1}, \sigma_{F2}]$ $\sigma_F = \text{MAX}[\sigma_{F1}, \sigma_{F2}] + \sigma_{F2}$	$1.25S_y$ $1.5 \times 1.25S_y$		
トラニオン接続部 (胴側)	(ロ)-第 A.14 図			同上	同上	同上	同上	同上		
圧力	-	-		周囲圧力の降下	-	内圧	密封性	良		
振動	(ロ)-第 A.15 図			振動による力	-	振動	固有振動数	加振源の 振動数	(注 3)	

(ロ)-A-11

(注 1) S: 応力強さ、 σ_b : 曲げ応力、 τ : せん断応力、 S_y : 設計降伏点、 N_c : 使用計画回数、 N_a : 許容繰返し回数
(注 2) σ_F : 支圧応力、 σ_{F1} 、 σ_{F2} : 吊上げ荷重による支圧応力 (一次応力)、 σ_{F2} : しまり嵌め荷重による支圧応力 (二次応力)
(注 3) 輸送容器の胴、一次蓋及び二次蓋の材質は、である。

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (3/13)

条件	解析項目及びその評価	参照図表	材質	温度	設計条件		設計負荷		適用数式又は要素	解析方法	解析基準	備考
					種類	種類	負荷係数	要素				
熱的試験												
1) 応力計算												
銅	(ロ)-第 A.17 図				内圧、熱膨張及び初期縮付トルク	同上	1	応力強さ	P_m P_L P_L+P_b P_L+P_b+Q	S_m $1.5S_m$ $1.5S_m$ $3S_m$	(注 4)	
銅 (底板)	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
一次蓋	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
二次蓋	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
三次蓋	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
外筒	-				同上	同上	1	応力	引張応力 圧縮応力 せん断応力 曲げ応力	f_t f_c f_s f_b	(注 5)	
下部端板	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
蓋部中性子遮蔽材カバー	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
底部中性子遮蔽材カバー	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
一次蓋シール部 (蓋)	-				同上	同上	1	応力強さ	P_L P_L+P_b+Q	S_y S_y		
一次蓋シール部 (胴)	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
二次蓋シール部 (蓋)	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
二次蓋シール部 (胴)	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
一次蓋ボルト	-				同上	同上	1	引張 引張と曲げ	σ_m $\sigma_m+\sigma_b$	$2S_m$ $3S_m$	(注 6)	
二次蓋ボルト	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
三次蓋ボルト	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
ガスケットの密封性	-		EPDM	-	同上	同上	1	変形量	口開き変形量	同上	初期縮付付け代	

(ロ)-A-12

(注 4) P_m : 一次一般膜応力、 P_L : 一次局部応力、 P_b : 一次曲げ応力、 Q : 二次応力、 S_m : 設計応力強さ
(注 5) f_t : 許容引張応力、 f_c : 許容圧縮応力、 f_s : 許容せん断応力、 f_b : 許容曲げ応力
(注 6) σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (3/13)

条件	解析項目及びその評価	参照図表	材質	温度	設計条件		設計負荷		適用数式又は要素	解析方法	解析基準	備考
					種類	種類	負荷係数	要素				
熱的試験												
1) 応力計算												
銅	(ロ)-第 A.17 図				内圧、熱膨張及び初期縮付トルク	同上	1	応力強さ	P_m P_L P_L+P_b P_L+P_b+Q	S_m $1.5S_m$ $1.5S_m$ $3S_m$	(注 4)	
銅 (底板)	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
一次蓋	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
二次蓋	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
三次蓋	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
外筒	-				同上	同上	1	応力	引張応力 圧縮応力 せん断応力 曲げ応力	f_t f_c f_s f_b	(注 5)	
下部端板	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
蓋部中性子遮蔽材カバー	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
底部中性子遮蔽材カバー	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
一次蓋シール部 (蓋)	-				同上	同上	1	応力強さ	P_L P_L+P_b+Q	S_y S_y		
一次蓋シール部 (胴)	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
二次蓋シール部 (蓋)	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
二次蓋シール部 (胴)	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
一次蓋ボルト	-				同上	同上	1	引張 引張と曲げ	σ_m $\sigma_m+\sigma_b$	$2S_m$ $3S_m$	(注 6)	
二次蓋ボルト	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
三次蓋ボルト	-				同上	同上	1	同上	同上	同上		
ガスケットの密封性	-		EPDM	-	同上	同上	1	変形量	口開き変形量	同上	初期縮付付け代	

(ロ)-A-12

(注 4) P_m : 一次一般膜応力、 P_L : 一次局部応力、 P_b : 一次曲げ応力、 Q : 二次応力、 S_m : 設計応力強さ
(注 5) f_t : 許容引張応力、 f_c : 許容圧縮応力、 f_s : 許容せん断応力、 f_b : 許容曲げ応力
(注 6) σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (4/13)

条件	解析項目及びその評価	設計条件			設計条件		解析方法		備考
		参照図表	材質	温度	種類	設計負荷 負荷係数	要素	適用数式又は要素	
一般の試験条件	水噴霧	-		-	水噴霧	-	吸水による脆化、水溜	吸水性 水切	無 良
	自由落下 1) 衝撃体の変形量と衝撃 加速度								
	垂直落下	(ロ)-第 A.23 図 (ロ)-第 A.24 図		-	落下エネルギー	1	エネルギー 吸収	$E_a = \Sigma \sigma_c V$	$E_k = mgH$ (注7)
	水平落下	(ロ)-第 A.25 図		-	落下エネルギー	1	エネルギー 吸収	$E_a = \Sigma \sigma_c V$	$E_k = mgH$
	コーナー落下	(ロ)-第 A.26 図 (ロ)-第 A.27 図		-	落下エネルギー	1	エネルギー 吸収	$E_a = \Sigma \sigma_c V$	$E_k = mgH$
	2) 垂直落下								
	胴	(ロ)-第 A.28 図 (ロ)-第 A.29 図				1	応力強さ	P_a P_L $P_L + P_b$ $P_L + P_b + Q$	S_a $1.5S_a$ $1.5S_a$ $3S_a$
	胴 (底板)	-			同上	1	同上	同上	同上
	一次蓋	-			同上	1	同上	同上	同上
	二次蓋	-			同上	1	同上	同上	同上
	三次蓋	-			同上	1	同上	同上	同上
	外筒	-			同上	1	応力	引張応力 圧縮応力 せん断応力 曲げ応力	f_t f_c f_s f_b
	下部端板	-			同上	1	同上	同上	同上
蓋部中性子遮蔽材カバー	-			同上	1	同上	同上	同上	
底部中性子遮蔽材カバー	-			同上	1	同上	同上	同上	

(注7) E_a : 吸収エネルギー、 σ_c : 圧縮応力、 V : 変形量、 E_k : 輸送物の落下エネルギー、 m : 輸送物最大総質量、 g : 重力加速度、 H : 落下高さ

(ロ)-A-13

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (4/13)

条件	解析項目及びその評価	設計条件			設計条件		解析方法		備考
		参照図表	材質	温度	種類	設計負荷 負荷係数	要素	適用数式又は要素	
一般の試験条件	水噴霧	-		-	水噴霧	-	吸水による脆化、水溜	吸水性 水切	無 良
	自由落下 1) 衝撃体の変形量と衝撃 加速度								
	垂直落下	(ロ)-第 A.23 図 (ロ)-第 A.24 図		-	落下エネルギー	1	エネルギー 吸収	$E_a = \Sigma \sigma_c V$	$E_k = mgH$ (注7)
	水平落下	(ロ)-第 A.25 図		-	落下エネルギー	1	エネルギー 吸収	$E_a = \Sigma \sigma_c V$	$E_k = mgH$
	コーナー落下	(ロ)-第 A.26 図 (ロ)-第 A.27 図		-	落下エネルギー	1	エネルギー 吸収	$E_a = \Sigma \sigma_c V$	$E_k = mgH$
	2) 垂直落下								
	胴	(ロ)-第 A.28 図 (ロ)-第 A.29 図				1	応力強さ	P_a P_L $P_L + P_b$ $P_L + P_b + Q$	S_a $1.5S_a$ $1.5S_a$ $3S_a$
	胴 (底板)	-			同上	1	同上	同上	同上
	一次蓋	-			同上	1	同上	同上	同上
	二次蓋	-			同上	1	同上	同上	同上
	三次蓋	-			同上	1	同上	同上	同上
	外筒	-			同上	1	応力	引張応力 圧縮応力 せん断応力 曲げ応力	f_t f_c f_s f_b
	下部端板	-			同上	1	同上	同上	同上
蓋部中性子遮蔽材カバー	-			同上	1	同上	同上	同上	
底部中性子遮蔽材カバー	-			同上	1	同上	同上	同上	

(注7) E_a : 吸収エネルギー、 σ_c : 圧縮応力、 V : 変形量、 E_k : 輸送物の落下エネルギー、 m : 輸送物最大総質量、 g : 重力加速度、 H : 落下高さ

(ロ)-A-13

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (5/13)

条件	解析項目及びその評価	参照図表	材質	温度	設計条件		設計方法		備考
					種類	設計荷重 負荷係数	要素	適用数式又は要素	
一般の試験条件	2) 垂直落下 (続き)								
	一次蓋シール部 (蓋)	-			1	応力強さ	P_L P_L+P_{e+Q}	S_y S_T	
	一次蓋シール部 (胴)	-			1	同上	同上	同上	
	二次蓋シール部 (蓋)	-			1	同上	同上	同上	
	二次蓋シール部 (胴)	-			1	同上	同上	同上	
	一次蓋ボルト	-			1	引張 引張と曲げ	σ_m $\sigma_m+\sigma_b$	$2S_m$ $3S_m$	
	二次蓋ボルト	-			1	同上	同上	同上	
	三次蓋ボルト	-			1	同上	同上	同上	
	ガスケットの密封性	-		EPDM	1	変形量	口開き変形量	初期縮 付け代	
	バスケット	(ロ)-第 A.31 図		アルミニウム合金 ジルカロイ	1	慣性力	圧縮 $\sigma_c = \frac{W_v \cdot G_v}{A}$	S_m f_c	(注 8)
	燃料被覆管	-			1	内圧及び慣性力	S	σ_T	(注 9)
	3) 水平落下								
	胴	(ロ)-第 A.32 図				1	応力強さ	P_m P_L P_L+P_e P_L+P_{e+Q}	S_m $1.5S_m$ $1.5S_m$ $3S_m$
胴 (底板)	-				1	同上	同上	同上	
一次蓋	-				1	同上	同上	同上	
二次蓋	-				1	同上	同上	同上	
三次蓋	-				1	同上	同上	同上	
外筒	-				1	応力	引張応力 圧縮応力 せん断応力 曲げ応力	f_c f_c f_s f_b	

(ロ)-A-14

(注 8) W_v : バスケット合計質量、 G_v : 垂直落下時の衝撃加速度、 A : バスケットプレートと胴の接触面積
(注 9) σ_T : 設計降伏点

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (5/13)

条件	解析項目及びその評価	参照図表	材質	温度	設計条件		設計方法		備考
					種類	設計荷重 負荷係数	要素	適用数式又は要素	
一般の試験条件	2) 垂直落下 (続き)								
	一次蓋シール部 (蓋)	-			1	応力強さ	P_L P_L+P_{e+Q}	S_y S_T	
	一次蓋シール部 (胴)	-			1	同上	同上	同上	
	二次蓋シール部 (蓋)	-			1	同上	同上	同上	
	二次蓋シール部 (胴)	-			1	同上	同上	同上	
	一次蓋ボルト	-			1	引張 引張と曲げ	σ_m $\sigma_m+\sigma_b$	$2S_m$ $3S_m$	
	二次蓋ボルト	-			1	同上	同上	同上	
	三次蓋ボルト	-			1	同上	同上	同上	
	ガスケットの密封性	-		EPDM	1	変形量	口開き変形量	初期縮 付け代	
	バスケット	(ロ)-第 A.31 図		アルミニウム合金 ジルカロイ	1	慣性力	圧縮 $\sigma_c = \frac{W_v \cdot G_v}{A}$	S_m f_c	(注 8)
	燃料被覆管	-			1	内圧及び慣性力	S	σ_T	(注 9)
	3) 水平落下								
	胴	(ロ)-第 A.32 図				1	応力強さ	P_m P_L P_L+P_e P_L+P_{e+Q}	S_m $1.5S_m$ $1.5S_m$ $3S_m$
胴 (底板)	-				1	同上	同上	同上	
一次蓋	-				1	同上	同上	同上	
二次蓋	-				1	同上	同上	同上	
三次蓋	-				1	同上	同上	同上	
外筒	-				1	応力	引張応力 圧縮応力 せん断応力 曲げ応力	f_c f_c f_s f_b	

(ロ)-A-14

(注 8) W_v : バスケット合計質量、 G_v : 垂直落下時の衝撃加速度、 A : バスケットプレートと胴の接触面積
(注 9) σ_T : 設計降伏点

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (6/13)

条件	解析項目及びその評価	参照図表	材質	温度	設計条件		解析方法		備考	
					種類	設計負荷 負荷係数	要素	適用数式又は要素		解析 基準
一般の試験条件	3) 水平落下 (続き)	-			同上	1	同上	同上	同上	
	下部端板	-			同上	1	同上	同上	同上	
	蓋部中性子遮蔽材カバー	-			同上	1	同上	同上	同上	
	底部中性子遮蔽材カバー	-			同上	1	応力強さ	P_L P_L+P_G+Q	S_y S_z	
	一次蓋シールド部 (蓋)	-			同上	1	同上	同上	同上	
	一次蓋シールド部 (胴)	-			同上	1	同上	同上	同上	
	二次蓋シールド部 (蓋)	-			同上	1	同上	同上	同上	
	二次蓋シールド部 (胴)	-			同上	1	同上	同上	同上	
	一次蓋ボルト	-			同上	1	引張 引張と曲げ	σ_m $\sigma_m+\sigma_b$	$2S_m$ $3S_m$	
	二次蓋ボルト	-			同上	1	同上	同上	同上	
	三次蓋ボルト	-			同上	1	同上	同上	同上	
	ガスケットの密封性	-	EPDM	-	同上	1	変形量	口開き変形量	初期締 付け代	
	バスケット	(ロ)-第 A.33 図 (ロ)-第 A.34 図 (ロ)-第 A.35 図 (ロ)-第 A.36 図	アルミニウム合金			慣性力	1	圧縮 曲げ せん断	$\sigma_c = (W_r + W_H) \cdot \frac{G_H}{A \cdot N}$ $\sigma_b = \frac{M}{Z}$ $\tau = \frac{F}{A}$	S_m αS_m $0.6S_m$ (注 10)
	燃料被覆管	-	ジルカロイ			内圧及び慣性力	1	応力強さ	S	σ_y

(ロ)-A-15

(注 10) W_r, W_H : バスケットプレート、中性子吸収材、バスケットサポート及び燃料集合体の質量、 G_H : 水平落下時の衝撃加速度、 A : 断面積、 N : バスケットプレートの数、 M : 曲げモーメント、 Z : 断面係数、 F : せん断力、 α : 純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は 1.5 のいずれか小さい方の値

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (6/13)

条件	解析項目及びその評価	参照図表	材質	温度	設計条件		解析方法		備考	
					種類	設計負荷 負荷係数	要素	適用数式又は要素		解析 基準
一般の試験条件	3) 水平落下 (続き)	-			同上	1	同上	同上	同上	
	下部端板	-			同上	1	同上	同上	同上	
	蓋部中性子遮蔽材カバー	-			同上	1	同上	同上	同上	
	底部中性子遮蔽材カバー	-			同上	1	応力強さ	P_L P_L+P_G+Q	S_y S_z	
	一次蓋シールド部 (蓋)	-			同上	1	同上	同上	同上	
	一次蓋シールド部 (胴)	-			同上	1	同上	同上	同上	
	二次蓋シールド部 (蓋)	-			同上	1	同上	同上	同上	
	二次蓋シールド部 (胴)	-			同上	1	同上	同上	同上	
	一次蓋ボルト	-			同上	1	引張 引張と曲げ	σ_m $\sigma_m+\sigma_b$	$2S_m$ $3S_m$	
	二次蓋ボルト	-			同上	1	同上	同上	同上	
	三次蓋ボルト	-			同上	1	同上	同上	同上	
	ガスケットの密封性	-	EPDM	-	同上	1	変形量	口開き変形量	初期締 付け代	
	バスケット	(ロ)-第 A.33 図 (ロ)-第 A.34 図 (ロ)-第 A.35 図 (ロ)-第 A.36 図	アルミニウム合金			慣性力	1	圧縮 曲げ せん断	$\sigma_c = (W_r + W_H) \cdot \frac{G_H}{A \cdot N}$ $\sigma_b = \frac{M}{Z}$ $\tau = \frac{F}{A}$	S_m αS_m $0.6S_m$ (注 10)
	燃料被覆管	-	ジルカロイ			内圧及び慣性力	1	応力強さ	S	σ_y

(ロ)-A-15

(注 10) W_r, W_H : バスケットプレート、中性子吸収材、バスケットサポート及び燃料集合体の質量、 G_H : 水平落下時の衝撃加速度、 A : 断面積、 N : バスケットプレートの数、 M : 曲げモーメント、 Z : 断面係数、 F : せん断力、 α : 純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は 1.5 のいずれか小さい方の値

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (7/13)

条件	解析項目及びその評価	設計条件				解析方法		備考	
		参照図表	材質	温度	設計負荷	適用数式又は要素	解析基準		
一般の試験条件	種み重ね 1) 軸に直角方向 2) 軸方向 貫通	(ロ)-第 A.37 図 (ロ)-第 A.38 図 (ロ)-第 A.39 図	[Redacted]	[Redacted]	種類	要素	$\sigma_b = \frac{M_{max} d_0}{2I}$ $\sigma_c = \frac{W}{A}$	$E_s = \frac{\pi}{2} dt^3 S$	(注 11) S _y S _y
					輸送物質量の 5 倍	曲げ			
					輸送物質量の 5 倍	圧縮			
		(ロ)-第 A.39 図			落下エネルギー	せん断			(注 12) せん断 エネルギー

(注 11) M_{max}: 最大曲げモーメント、d₀: 円筒外径、I: 断面二次モーメント、W: 荷重
(注 12) E_s: せん断エネルギー、d: 直径、t: 板厚、S: せん断強さ

(ロ)-A-16

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (7/13)

条件	解析項目及びその評価	設計条件				解析方法		備考	
		参照図表	材質	温度	設計負荷	適用数式又は要素	解析基準		
一般の試験条件	種み重ね 1) 軸に直角方向 2) 軸方向 貫通	(ロ)-第 A.37 図 (ロ)-第 A.38 図 (ロ)-第 A.39 図	[Redacted]	[Redacted]	種類	要素	$\sigma_b = \frac{M_{max} d_0}{2I}$ $\sigma_c = \frac{W}{A}$	$E_s = \frac{\pi}{2} dt^3 S$	(注 11) S _y S _y
					輸送物質量の 5 倍	曲げ			
					輸送物質量の 5 倍	圧縮			
		(ロ)-第 A.39 図			落下エネルギー	せん断			(注 12) せん断 エネルギー

(注 11) M_{max}: 最大曲げモーメント、d₀: 円筒外径、I: 断面二次モーメント、W: 荷重
(注 12) E_s: せん断エネルギー、d: 直径、t: 板厚、S: せん断強さ

(ロ)-A-16

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (8/13)

条件	解析項目及びその評価	参照図表	材質	温度	設計条件		設計負荷		適用数式又は要素	解析方法		備考
					種類	負荷係数	種類	要素		解析基準		
特別の試験条件 (注 13) S _u : 設計引張強さ	9 m 落下試験 1) エネルギー吸収と衝撃力	(ロ)-第 A.23 図 (ロ)-第 A.24 図										
	垂直落下	(ロ)-第 A.23 図 (ロ)-第 A.24 図				落下エネルギー	1	エネルギー吸収	$E_g = \sum \sigma_c V$	$E_k = mgH$		
	水平落下	(ロ)-第 A.25 図				落下エネルギー	1	エネルギー吸収	$E_g = \sum \sigma_c V$	$E_k = mgH$		
	コーナー落下	(ロ)-第 A.26 図 (ロ)-第 A.27 図				落下エネルギー	1	エネルギー吸収	$E_g = \sum \sigma_c V$	$E_k = mgH$		
	2) 垂直落下											
	胴	(ロ)-第 A.40 図 (ロ)-第 A.41 図				内圧、慣性力及び初期縮付トルク	1	応力強さ	P_a P_L P_L+P_b	$2/3S_u$ S_u S_u	(注 13)	
	胴 (底板)	-				同上	1	同上	同上	同上	同上	
	二次蓋	-				同上	1	同上	同上	同上	同上	
	三次蓋	-				同上	1	同上	P_a P_L P_L+P_b	$MIN[2.4S_u, 2/3S_u]$ $MIN[3.6S_u, S_u]$ $MIN[3.6S_u, S_u]$		
	外筒	-				同上	1	応力	引張応力 圧縮応力 せん断応力 曲げ応力	1.5f _t 1.5f _c 1.5f _s 1.5f _b		
	下部端板	-				同上	1	同上	同上	同上	同上	
	底部中性子遮蔽材カバー	-				同上	1	同上	同上	同上	同上	
	二次蓋シールド部 (蓋)	-				内圧、慣性力、熱膨張及び初期縮付トルク	1	応力強さ	P_L P_L+P_b+Q	S_y S_y		
二次蓋シールド部 (胴)	-				同上	1	同上	同上	同上	同上		

(ロ)-A-17

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (8/13)

条件	解析項目及びその評価	参照図表	材質	温度	設計条件		設計負荷		適用数式又は要素	解析方法		備考
					種類	負荷係数	種類	要素		解析基準		
特別の試験条件 (注 13) S _u : 設計引張強さ	9 m 落下試験 1) エネルギー吸収と衝撃力	(ロ)-第 A.23 図 (ロ)-第 A.24 図										
	垂直落下	(ロ)-第 A.23 図 (ロ)-第 A.24 図				落下エネルギー	1	エネルギー吸収	$E_g = \sum \sigma_c V$	$E_k = mgH$		
	水平落下	(ロ)-第 A.25 図				落下エネルギー	1	エネルギー吸収	$E_g = \sum \sigma_c V$	$E_k = mgH$		
	コーナー落下	(ロ)-第 A.26 図 (ロ)-第 A.27 図				落下エネルギー	1	エネルギー吸収	$E_g = \sum \sigma_c V$	$E_k = mgH$		
	2) 垂直落下											
	胴	(ロ)-第 A.40 図 (ロ)-第 A.41 図				内圧、慣性力及び初期縮付トルク	1	応力強さ	P_a P_L P_L+P_b	$2/3S_u$ S_u S_u	(注 13)	
	胴 (底板)	-				同上	1	同上	同上	同上	同上	
	二次蓋	-				同上	1	同上	同上	同上	同上	
	三次蓋	-				同上	1	同上	P_a P_L P_L+P_b	$MIN[2.4S_u, 2/3S_u]$ $MIN[3.6S_u, S_u]$ $MIN[3.6S_u, S_u]$		
	外筒	-				同上	1	応力	引張応力 圧縮応力 せん断応力 曲げ応力	1.5f _t 1.5f _c 1.5f _s 1.5f _b		
	下部端板	-				同上	1	同上	同上	同上	同上	
	底部中性子遮蔽材カバー	-				同上	1	同上	同上	同上	同上	
	二次蓋シールド部 (蓋)	-				同上	1	応力強さ	P_L P_L+P_b+Q	S_y S_y		
二次蓋シールド部 (胴)	-				同上	1	同上	同上	同上	同上		

(ロ)-A-17

記載の充実化

(ロ) 第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (9/13)

条件	解析項目及びその評価	参照図表	材質	温度	設計条件		設計荷重		適用数式又は要素	解析方法	備考
					種類	負荷係数	要素	基準			
特別の試験条件	2) 垂直落下 (続き)										
	二次蓋ボルト	-				同上	1	引張 引張と曲げ	σ_m $\sigma_m + \sigma_b$	S_y S_y	
	三次蓋ボルト	-				同上	1	同上	同上	同上	
	ガスケットの密封性	-	EPDM			同上	1	変形量	口開き変形量	初期締付け代	
	バスケット	-	アルミニウム合金			慣性力	2.6	圧縮	$\frac{W_b \cdot G_L}{A}$	$\frac{2}{3}S_u$ $1.5f_c$	(注 14)
	3) 水平落下										
	胴	(ロ) 第 A.42 図				内圧、慣性力及び初期締付けトルク	1	応力強さ	P_n P_L $P_L + P_b$	$\frac{2}{3}S_u$ S_u S_u	
	胴 (底板)	-				同上	1	同上	同上	同上	
	二次蓋	-				同上	1	同上	同上	同上	
	三次蓋	-				同上	1	同上	P_n P_L $P_L + P_b$	$\frac{2}{3}S_u$ S_u S_u	
	外筒	-				同上	1	応力	引張応力 圧縮応力 せん断応力 曲げ応力	$1.5f_c$ $1.5f_c$ $1.5f_c$ $1.5f_b$	
	下部端板	-				同上	1	同上	同上	同上	
	底部中性子遮蔽材カバー	-				同上	1	同上	同上	同上	
二次蓋シール部 (蓋)	-				内圧、慣性力、熱膨張及び初期締付けトルク	1	応力強さ	P_L $P_L + P_b + Q$	S_y S_y		
二次蓋シール部 (胴)	-				同上	1	同上	同上	同上		
二次蓋ボルト	-				同上	1	引張	σ_m $\sigma_m + \sigma_b$	S_y S_y		
三次蓋ボルト	-				同上	1	引張と曲げ	同上	同上		

(注 14) f_c : f_c の値を算出する際に S_y とあるのを $1.2S_y$ と読み替えて算出した値

(ロ)-A-18

(ロ) 第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (9/13)

条件	解析項目及びその評価	参照図表	材質	温度	設計条件		設計荷重		適用数式又は要素	解析方法	備考
					種類	負荷係数	要素	基準			
特別の試験条件	2) 垂直落下 (続き)										
	二次蓋ボルト	-				同上	1	引張 引張と曲げ	σ_m $\sigma_m + \sigma_b$	S_y S_y	
	三次蓋ボルト	-				同上	1	同上	同上	同上	
	ガスケットの密封性	-	EPDM			同上	1	変形量	口開き変形量	初期締付け代	
	バスケット	-	アルミニウム合金			慣性力	2.6	圧縮	$\frac{W_b \cdot G_L}{A}$	$\frac{2}{3}S_u$ $1.5f_c$	(注 14)
	3) 水平落下										
	胴	(ロ) 第 A.42 図				内圧、慣性力及び初期締付けトルク	1	応力強さ	P_n P_L $P_L + P_b$	$\frac{2}{3}S_u$ S_u S_u	
	胴 (底板)	-				同上	1	同上	同上	同上	
	二次蓋	-				同上	1	同上	同上	同上	
	三次蓋	-				同上	1	同上	P_n P_L $P_L + P_b$	$\frac{2}{3}S_u$ S_u S_u	
	外筒	-				同上	1	応力	引張応力 圧縮応力 せん断応力 曲げ応力	$1.5f_c$ $1.5f_c$ $1.5f_c$ $1.5f_b$	
	下部端板	-				同上	1	同上	同上	同上	
	底部中性子遮蔽材カバー	-				同上	1	同上	同上	同上	
二次蓋シール部 (蓋)	-				内圧、慣性力、熱膨張及び初期締付けトルク	1	応力強さ	P_L $P_L + P_b + Q$	S_y S_y		
二次蓋シール部 (胴)	-				同上	1	同上	同上	同上		
二次蓋ボルト	-				同上	1	引張	σ_m $\sigma_m + \sigma_b$	S_y S_y		
三次蓋ボルト	-				同上	1	引張と曲げ	同上	同上		

(注 14) f_c : f_c の値を算出する際に S_y とあるのを $1.2S_y$ と読み替えて算出した値

(ロ)-A-18

記載の充実化

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (10/13)

条件	解析項目及びその評価	参照図表	材質	温度	設計条件		解析方法	備考	
					種類	設計負荷 負荷係数			
3) 水花落下 (続き)	ガスケットの密封性	-	EPDM	-	同上	1	変形量 開口変形量	初期縮 付け代	
	バスケット	-	アルミニウム 合金		慣性力	1.2	圧縮 曲げ せん断	$\sigma_c = \frac{(W_1 + W_2) \cdot G_H}{A \cdot N}$ $\sigma_b = \frac{M}{Z}$ $\tau = \frac{F}{A}$	$\frac{2}{3} S_u$ $\frac{2}{3} \alpha S_u$ 1.2 S _m
4) コーナ落下	二次蓋ボルト	-			内圧、慣性力、熱膨張 及び初期縮付トルク	1	引張	$\sigma_t = \sigma_{t1} + \phi \sigma_{t2}$	S _T (注 15)
	三次蓋ボルト	-			同上	1	同上	同上	同上
5) 傾斜落下	傾斜落下	-							
1) 貫通試験	貫通試験	-							
1) 垂直落下	垂直落下	-							
	三次蓋	-			軟鋼棒圧潰荷重	1	せん断	$F_{bar} = \sigma_u \cdot A$ $F = \pi \cdot d \cdot t \cdot S$	F (注 16)
	底部中性子遮蔽材カバー	-			軟鋼棒圧潰荷重	1	せん断	$F_{bar} = \sigma_u \cdot A$ $F = \pi \cdot d \cdot t \cdot S$	F
2) 水花落下	水花落下	-							
	胴	-			軟鋼棒圧潰荷重	1	せん断	$F_{bar} = \sigma_u \cdot A$ $F = \pi \cdot d \cdot t \cdot S$	F

(注 15) σ_t : 各荷重によりボルトに生じる引張応力、 σ_{t1} : 初期縮付トルク、 ϕ : ボルト内力係数、 σ_{t2} : 慣性力により生じる引張応力

(注 16) F_{bar} : 最大荷重、 σ_u : SS400 の設計引張強さ、F: 貫通荷重

(ロ)-A-19

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (10/13)

条件	解析項目及びその評価	参照図表	材質	温度	設計条件		解析方法	備考	
					種類	設計負荷 負荷係数			
3) 水花落下 (続き)	ガスケットの密封性	-	EPDM	-	同上	1	変形量 開口変形量	初期縮 付け代	
	バスケット	-	アルミニウム 合金		慣性力	1.2	圧縮 曲げ せん断	$\sigma_c = \frac{(W_1 + W_2) \cdot G_H}{A \cdot N}$ $\sigma_b = \frac{M}{Z}$ $\tau = \frac{F}{A}$	$\frac{2}{3} S_u$ $\frac{2}{3} \alpha S_u$ 1.2 S _m
4) コーナ落下	二次蓋ボルト	-			内圧、慣性力及び 初期縮付トルク	1	引張	$\sigma_t = \sigma_{t1} + \phi \sigma_{t2}$	S _T (注 15)
	三次蓋ボルト	-			同上	1	同上	同上	同上
5) 傾斜落下	傾斜落下	-							
1) 貫通試験	貫通試験	-							
1) 垂直落下	垂直落下	-							
	三次蓋	-			軟鋼棒圧潰荷重	1	せん断	$F_{bar} = \sigma_u \cdot A$ $F = \pi \cdot d \cdot t \cdot S$	F (注 16)
	底部中性子遮蔽材カバー	-			軟鋼棒圧潰荷重	1	せん断	$F_{bar} = \sigma_u \cdot A$ $F = \pi \cdot d \cdot t \cdot S$	F
2) 水花落下	水花落下	-							
	胴	-			軟鋼棒圧潰荷重	1	せん断	$F_{bar} = \sigma_u \cdot A$ $F = \pi \cdot d \cdot t \cdot S$	F

(注 15) σ_t : 各荷重によりボルトに生じる引張応力、 σ_{t1} : 初期縮付トルク、 ϕ : ボルト内力係数、 σ_{t2} : 慣性力により生じる引張応力

(注 16) F_{bar} : 最大荷重、 σ_u : SS400 の設計引張強さ、F: 貫通荷重

(ロ)-A-19

記載の充実化

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (11/13)

条件	解析項目及びその評価	参照図表	材質	温度	設計条件		解析方法		備考
					種類	設計負荷 負荷係数	要素	適用数式又は要素	
熱的試験									
胴	(ロ)-第 A.43 図				内圧及び初期縮付トルク	1	応力強さ	P_m $P_L + P_b$	$2/3S_u$ S_u S_u
胴 (底板)	-				同上	1	同上	同上	同上
二次蓋	-				同上	1	同上	同上	同上
三次蓋	-				同上	1	同上	P_m $P_L + P_b$	$\text{MIN}[2.4S_u, 2/3S_u]$ $\text{MIN}[3.6S_u, S_u]$ $\text{MIN}[3.6S_u, S_u]$
外筒	-				同上	1	応力	引張応力 圧縮応力 せん断応力 曲げ応力	$1.5f_t$ $1.5f_c$ $1.5f_s$ $1.5f_b$
下部端板	-				同上	1	同上	同上	同上
底部中性子遮蔽材カバー	-				同上	1	同上	同上	同上
二次蓋シール部 (蓋)	-				内圧、熱膨張及び初期縮付トルク	1	応力強さ	$P_L + P_b + Q$	S_y S_y
二次蓋シール部 (胴)	-				同上	1	同上	同上	同上
二次蓋ボルト	-				同上	1	引張 引張と曲げ	σ_m $\sigma_m + \sigma_b$	S_y S_y
三次蓋ボルト	-				同上	1	同上	同上	同上
ガスケットの密封性	-		EPDM	-	同上	1	変形量	口開き変形量	初期縮付け代
15 m 浸漬	-								
三次蓋	(ロ)-第 A.44 図				外圧	1	応力強さ (曲げ)	$S = \sigma_b = 0.75 \frac{P \cdot a^2}{t^2}$	$\text{MIN}[3.6 S_m, S_u]$ (注 17)

(ロ)-A-20

(注 17)P: 差圧、a: 円板の半径

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (11/13)

条件	解析項目及びその評価	参照図表	材質	温度	設計条件		解析方法		備考
					種類	設計負荷 負荷係数	要素	適用数式又は要素	
熱的試験									
1) 応力計算									
胴	(ロ)-第 A.43 図				内圧、熱膨張及び初期縮付トルク	1	応力強さ	P_m $P_L + P_b$	$2/3S_u$ S_u S_u
胴 (底板)	-				同上	1	同上	同上	同上
二次蓋	-				同上	1	同上	同上	同上
三次蓋	-				同上	1	同上	P_m $P_L + P_b$	$\text{MIN}[2.4S_u, 2/3S_u]$ $\text{MIN}[3.6S_u, S_u]$ $\text{MIN}[3.6S_u, S_u]$
外筒	-				同上	1	応力	引張応力 圧縮応力 せん断応力 曲げ応力	$1.5f_t$ $1.5f_c$ $1.5f_s$ $1.5f_b$
下部端板	-				同上	1	同上	同上	同上
底部中性子遮蔽材カバー	-				同上	1	同上	同上	同上
二次蓋シール部 (蓋)	-				同上	1	応力強さ	$P_L + P_b + Q$	S_y S_y
二次蓋シール部 (胴)	-				同上	1	同上	同上	同上
二次蓋ボルト	-				同上	1	引張 引張と曲げ	σ_m $\sigma_m + \sigma_b$	S_y S_y
三次蓋ボルト	-				同上	1	同上	同上	同上
ガスケットの密封性	-		EPDM	-	同上	1	変形量	口開き変形量	初期縮付け代
15 m 浸漬	-								
三次蓋	(ロ)-第 A.44 図				外圧	1	応力強さ (曲げ)	$S = \sigma_b = 0.75 \frac{P \cdot a^2}{t^2}$	$\text{MIN}[3.6 S_m, S_u]$ (注 17)

(ロ)-A-20

(注 17)P: 差圧、a: 円板の半径

記載の充実化

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (12/13)

条件	解析項目及びその評価	参照図表	材質	温度	設計条件			解析方法		備考
					種類	設計負荷 負荷係数	要素	適用数式又は要素	解析 基準	
使用済 の追加 試験条 件	強化浸漬	—	[Redacted]	[Redacted]	外圧	1	圧力	P_0	$1.5P_a$	(注 18)
	1)胴	—			外圧	1	応力強さ (曲げ)	$S = \sigma_b = 0.75 \frac{P \cdot a^2}{t^2}$	S_u	
	2)胴 (底板)	—			外圧	1	応力強さ (曲げ)	$S = \sigma_b = 0.75 \frac{P \cdot a^2}{t^2}$	S_u	
3)三次蓋	(ロ)-第 A.45 図			外圧	1					

(注 18) P_0 : 外圧、 P_a : 許容外圧

(ロ)-A-21

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (12/13)

条件	解析項目及びその評価	参照図表	材質	温度	設計条件			解析方法		備考
					種類	設計負荷 負荷係数	要素	適用数式又は要素	解析 基準	
使用済 の追加 試験条 件	強化浸漬	—	[Redacted]	[Redacted]	外圧	1	圧力	P_0	$1.5P_a$	(注 18)
	1)胴	—			外圧	1	応力強さ (曲げ)	$S = \sigma_b = 0.75 \frac{P \cdot a^2}{t^2}$	S_u	
	2)胴 (底板)	—			外圧	1	応力強さ (曲げ)	$S = \sigma_b = 0.75 \frac{P \cdot a^2}{t^2}$	S_u	
3)三次蓋	(ロ)-第 A.45 図			外圧	1					

(注 18) P_0 : 外圧、 P_a : 許容外圧

(ロ)-A-21

(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (13/13)

条件	解析項目及びその評価	設計条件				解析方法		備考	
		参照図表	材質	温度	種類	設計負荷 負荷係数	要素		適用数式又は要素
核分裂性輸送物に係る試験条件	一般の試験条件								
	1) 水噴霧 2) 0.3 m 自由落下 3) 積み重ね 4) 6 kg 棒貫通								
核分裂性輸送物に係る試験条件	特別の試験条件	(ロ)-第 A.46 図							
	1) 9 m 落下 2) 1 m 落下 3) 火災試験 4) 0.9 m 浸漬								

(ロ)-A-23

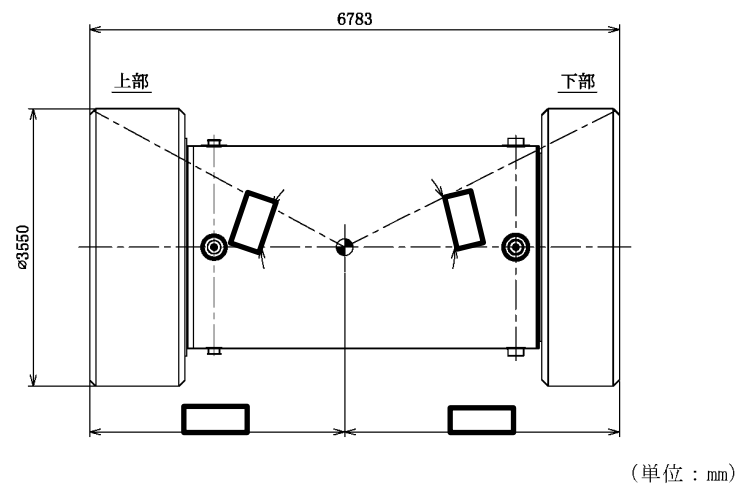
(ロ)-第 A.1 表 輸送容器の構造設計の条件及び解析方法 (13/13)

条件	解析項目及びその評価	設計条件				解析方法		備考	
		参照図表	材質	温度	種類	設計負荷 負荷係数	要素		適用数式又は要素
核分裂性輸送物に係る試験条件	一般の試験条件								
	1) 水噴霧 2) 0.3 m 自由落下 3) 積み重ね 4) 6 kg 棒貫通								
核分裂性輸送物に係る試験条件	特別の試験条件	(ロ)-第 A.46 図							
	1) 9 m 落下 2) 1 m 落下 3) 火災試験 4) 0.9 m 浸漬								

(ロ)-A-23

A.2 重量及び重心

通常時における輸送物の質量は、(イ)章 C の 5.に記載したとおり 134.4 トン以下である。また、輸送物の重心の位置は、(ロ)-第 A.1 図に示すとおりである。

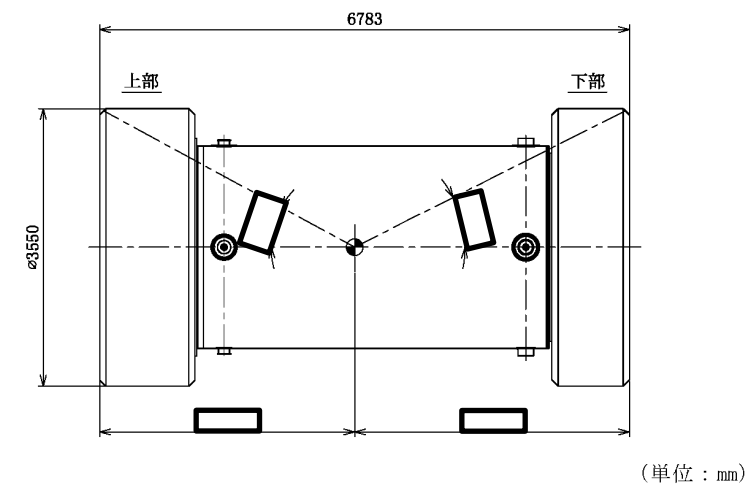


(ロ)-第 A.1 図 重心の位置

(ロ)-A-23

A.2 重量及び重心

通常時における輸送物の質量は、(イ)章 C の 5.に記載したとおり 134.4 トン以下である。また、輸送物の重心の位置は、(ロ)-第 A.1 図に示すとおりである。



(ロ)-第 A.1 図 重心の位置

(ロ)-A-23

A.3 材料の機械的性質

解析に用いる材料の機械的性質を(ロ)-第A.2表に示す。ステンレス鋼、炭素鋼、析出硬化系ステンレス鋼、ニッケルクロムモリブデン鋼、アルミニウム合金及びジルカロイの温度に対する機械的性質の変化を(ロ)-第A.2図～(ロ)-第A.9図に示す。これらは、主に金属キャスク構造規格¹⁾より引用した。なお、緩衝体の材料の機械的性質については、A.5.3に示す。

(ロ)-第A.2表 材料の機械的性質 (常温)

材料	設計引張強さ (MPa)	設計降伏点 (MPa)	熱膨張係数 (mm/mm°C)	ポアソン比	縦弾性係数 (MPa)
ステンレス鋼 ^{1), 3)} []	[]	[]	[]	0.3	[]
ステンレス鋼 ^{1), 3)} []				0.3	
炭素鋼 ^{1), 3)} []				0.3	
析出硬化系ステンレス鋼 ^{1), 3)} (SUS630-H1150)	930	725	11.10×10^{-6}	0.3	1.96×10^5
ニッケルクロムモリブデン鋼 ^{1), 3)} []	[]	[]	[]	0.3	[]
炭素鋼 ^{1), 3)} []				0.3	
アルミニウム合金 ^(注1) (MB-A3004-H112)	153	56	22.61×10^{-6}	—	7.39×10^4
ジルカロイ-4 ⁴⁾	—	735	—	—	—

(注1) アルミニウム合金の機械的性質の詳細については付属書類 A.10.5 を参照。

(ロ)-A-24

A.3 材料の機械的性質

解析に用いる材料の機械的性質を(ロ)-第A.2表に示す。ステンレス鋼、炭素鋼、析出硬化系ステンレス鋼、ニッケルクロムモリブデン鋼、アルミニウム合金及びジルカロイの温度に対する機械的性質の変化を(ロ)-第A.2図～(ロ)-第A.9図に示す。これらは、主に金属キャスク構造規格¹⁾より引用した。なお、緩衝体の材料の機械的性質については、A.5.3に示す。

(ロ)-第A.2表 材料の機械的性質 (常温)

材料	設計引張強さ (MPa)	設計降伏点 (MPa)	熱膨張係数 (mm/mm°C)	ポアソン比	縦弾性係数 (MPa)
ステンレス鋼 ^{1), 3)} []	[]	[]	[]	0.3	[]
ステンレス鋼 ^{1), 3)} []				0.3	
炭素鋼 ^{1), 3)} []				0.3	
析出硬化系ステンレス鋼 ^{1), 3)} (SUS630-H1150)	930	725	11.10×10^{-6}	0.3	1.96×10^5
ニッケルクロムモリブデン鋼 ^{1), 3)} []	[]	[]	[]	0.3	[]
炭素鋼 ^{1), 3)} []				0.3	
アルミニウム合金 ^(注1) (MB-A3004-H112)	153	56	22.61×10^{-6}	—	7.39×10^4
ジルカロイ-4 ⁴⁾	—	735	—	—	—

(注1) アルミニウム合金の機械的性質の詳細については付属書類 A.10.4 を参照。

(ロ)-A-24

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="261 367 1252 1417" style="border: 1px solid black; height: 500px; width: 334px; margin: 10px auto;"></div> <p data-bbox="391 1432 1136 1461">(v)-第 A.2 図 ステンレス鋼 の温度に対する機械的性質の変化(1/2) ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="727 1774 813 1797">(v)-A-25</p>	<div data-bbox="1507 367 2499 1417" style="border: 1px solid black; height: 500px; width: 334px; margin: 10px auto;"></div> <p data-bbox="1638 1432 2383 1461">(v)-第 A.2 図 ステンレス鋼 の温度に対する機械的性質の変化(1/2) ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="1973 1774 2059 1797">(v)-A-25</p>	

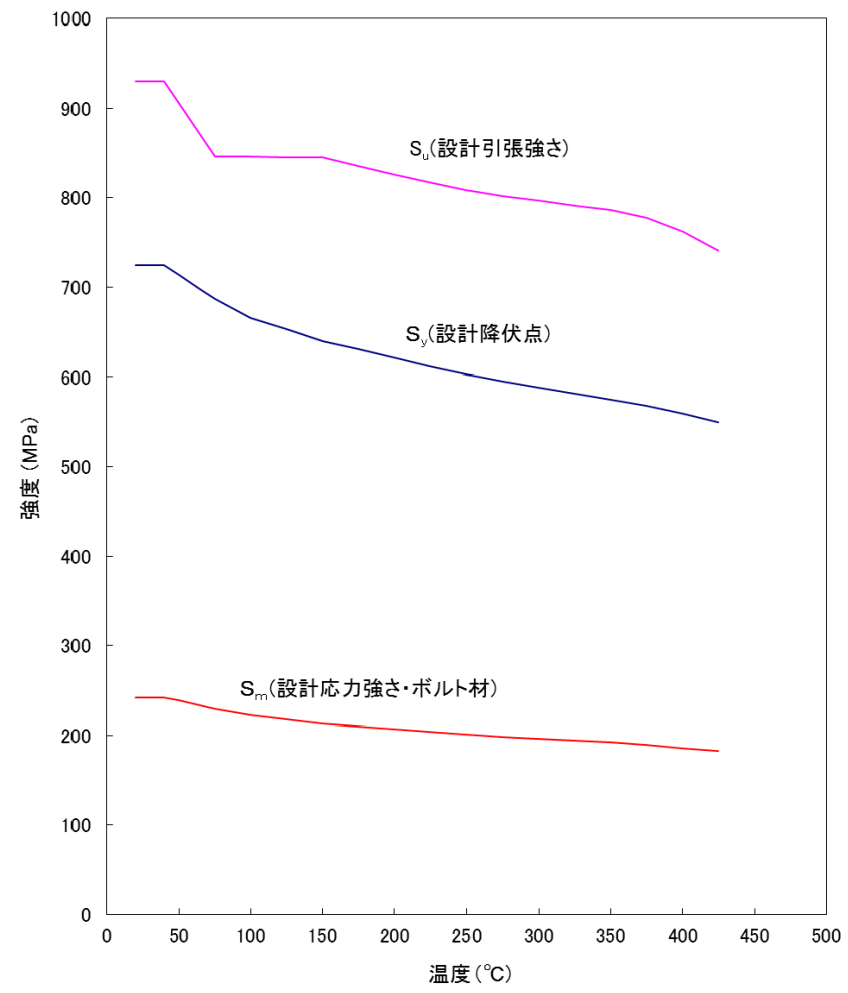
型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="320 436 1205 1556" style="border: 1px solid black; height: 533px; width: 298px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="388 1577 1139 1604">(p)-第 A.2 図 ステンレス鋼 の温度に対する機械的性質の変化(2/2) ^{(1), (3)}</p> <p data-bbox="727 1776 813 1801">(p)-A-26</p>	<div data-bbox="1567 436 2451 1545" style="border: 1px solid black; height: 528px; width: 298px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="1635 1577 2386 1604">(p)-第 A.2 図 ステンレス鋼 の温度に対する機械的性質の変化(2/2) ^{(1), (3)}</p> <p data-bbox="1973 1776 2059 1801">(p)-A-26</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="362 474 1169 1446" style="border: 1px solid black; height: 463px; width: 272px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="379 1461 1139 1493">(v)-第 A.3 図 ステンレス鋼 の温度に対する機械的性質の変化(1/2) ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="724 1776 807 1801">(v)-A-27</p>	<div data-bbox="1599 474 2418 1446" style="border: 1px solid black; height: 463px; width: 276px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="1629 1461 2389 1493">(v)-第 A.3 図 ステンレス鋼 の温度に対する機械的性質の変化(1/2) ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="1973 1776 2056 1801">(v)-A-27</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="329 415 1178 1556" style="border: 1px solid black; height: 543px; width: 286px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="382 1577 1142 1604">(v)-第 A.3 図 ステンレス鋼 の温度に対する機械的性質の変化(2/2) ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="724 1776 813 1801">(v)-A-28</p>	<div data-bbox="1578 415 2427 1556" style="border: 1px solid black; height: 543px; width: 286px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="1632 1577 2392 1604">(v)-第 A.3 図 ステンレス鋼 の温度に対する機械的性質の変化(2/2) ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="1973 1776 2062 1801">(v)-A-28</p>	

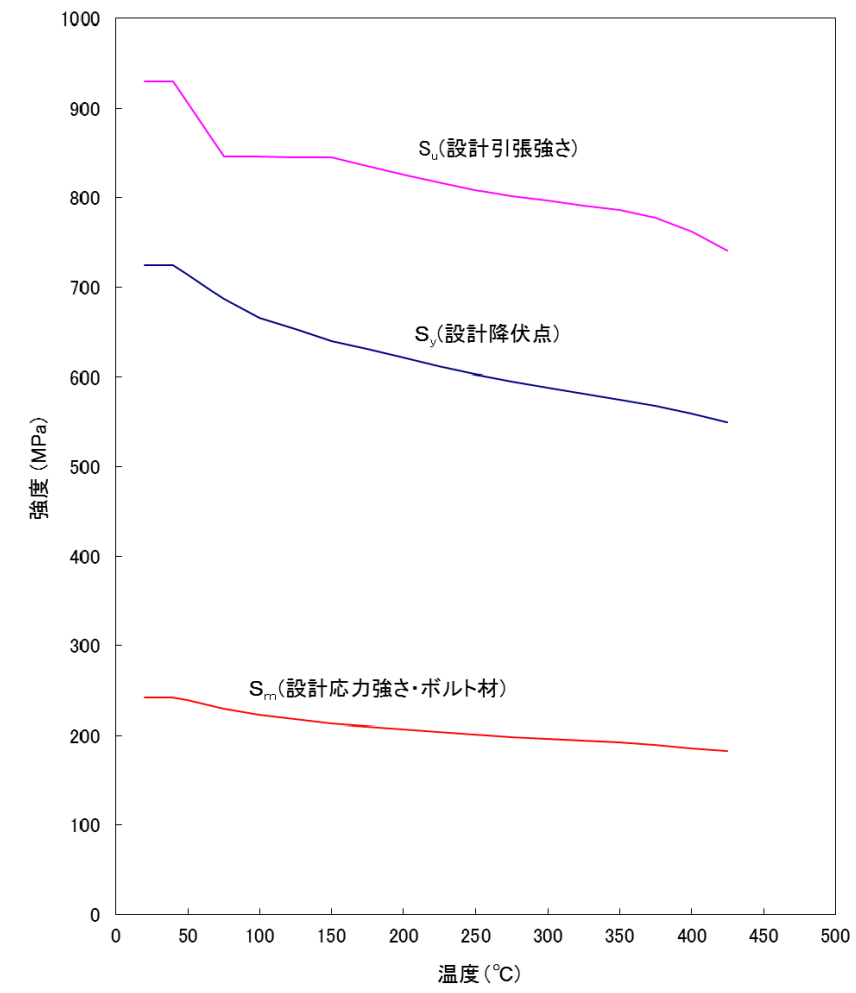
型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="341 441 1193 1444" style="border: 1px solid black; height: 478px; width: 287px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="400 1465 1113 1495">(v)-第 A. 4 図 炭素鋼 の温度に対する機械的性質の変化(1/2) ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="727 1780 816 1810">(v)-A-29</p>	<div data-bbox="1587 441 2439 1444" style="border: 1px solid black; height: 478px; width: 287px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="1647 1465 2359 1495">(v)-第 A. 4 図 炭素鋼 の温度に対する機械的性質の変化(1/2) ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="1973 1780 2062 1810">(v)-A-29</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="320 373 1199 1549" style="border: 1px solid black; height: 560px; width: 296px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="409 1570 1121 1600">(v)-第 A.4 図 炭素鋼 の温度に対する機械的性質の変化(2/2) ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="727 1768 816 1797">(v)-A-30</p>	<div data-bbox="1567 373 2445 1549" style="border: 1px solid black; height: 560px; width: 296px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="1656 1570 2368 1600">(v)-第 A.4 図 炭素鋼 の温度に対する機械的性質の変化(2/2) ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="1973 1768 2062 1797">(v)-A-30</p>	



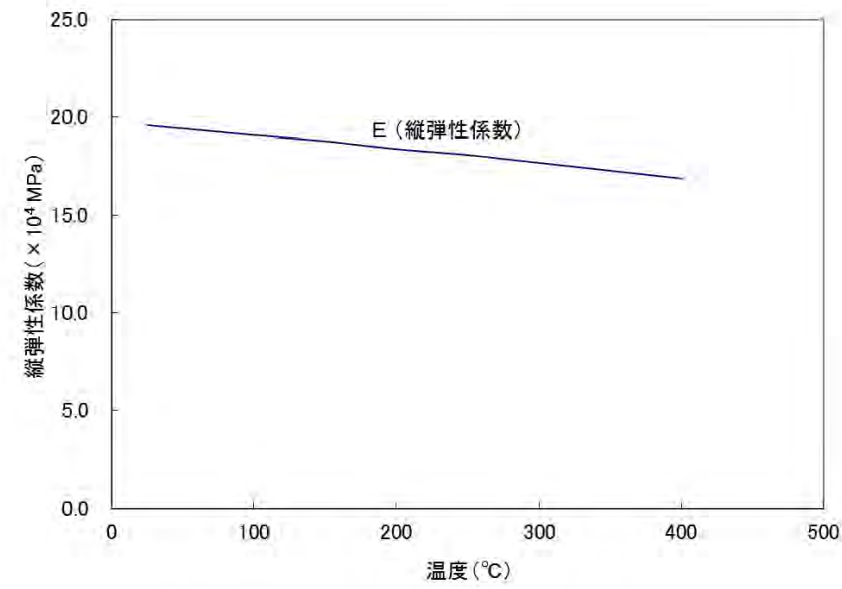
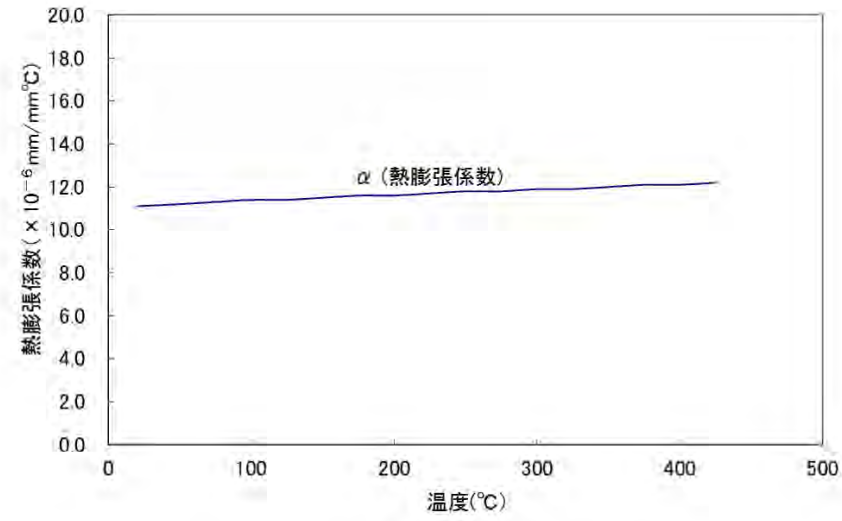
(v)-第 A.5 図 析出硬化系ステンレス鋼 (SUS630-H1150) の
温度に対する機械的性質の変化(1/2) ^{1), 3)}

(v)-A-31



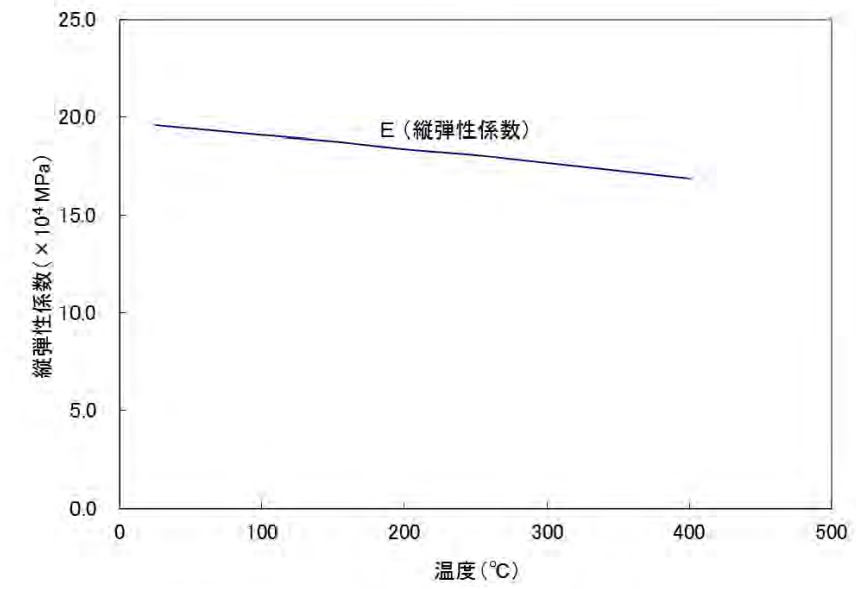
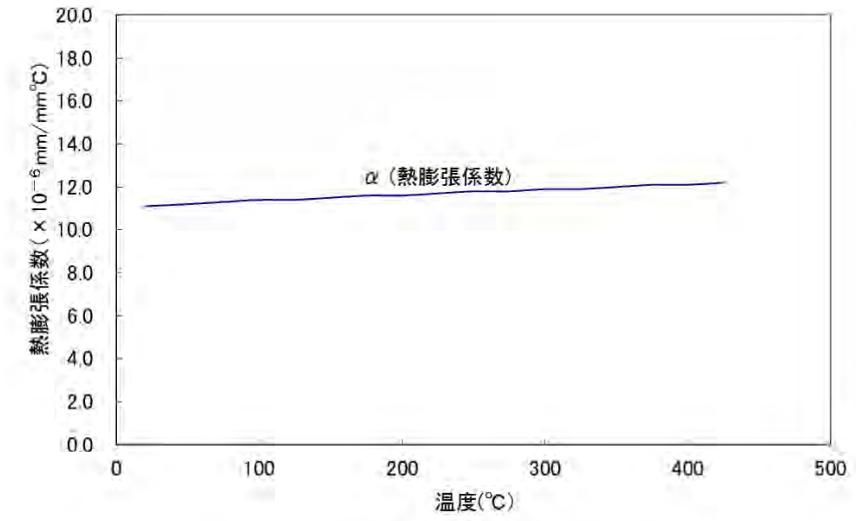
(v)-第 A.5 図 析出硬化系ステンレス鋼 (SUS630-H1150) の
温度に対する機械的性質の変化(1/2) ^{1), 3)}

(v)-A-31



(v)-第 A.5 図 析出硬化系ステンレス鋼 (SUS630-H1150) の
温度に対する機械的性質の変化(2/2) ^{1), 3)}

(v)-A-32



(v)-第 A.5 図 析出硬化系ステンレス鋼 (SUS630-H1150) の
温度に対する機械的性質の変化(2/2) ^{1), 3)}

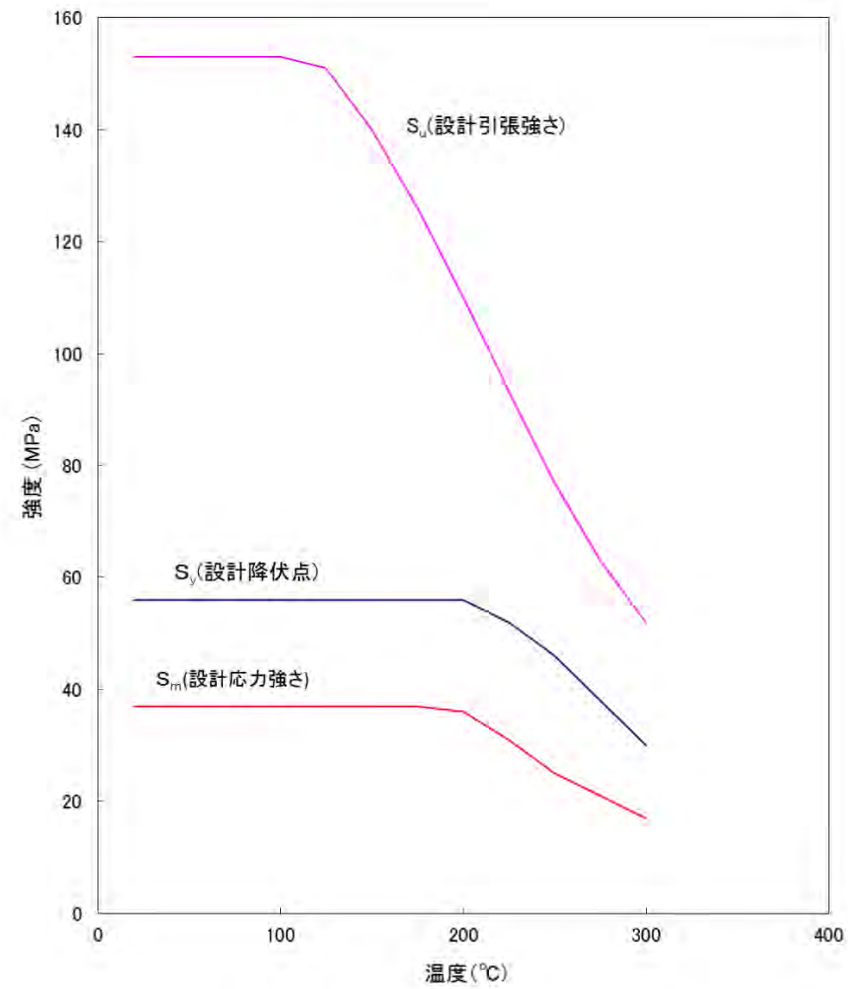
(v)-A-32

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="350 478 1163 1444" style="border: 1px solid black; width: 274px; height: 460px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="507 1461 1012 1528" style="text-align: center;">(v)-第 A.6 図 ニッケルクロモリブデン鋼 <u>の温度に対する機械的性質の変化(1/2)</u> ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="727 1774 810 1797" style="text-align: center;">(v)-A-33</p>	<div data-bbox="1596 478 2410 1444" style="border: 1px solid black; width: 274px; height: 460px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="1754 1461 2258 1528" style="text-align: center;">(v)-第 A.6 図 ニッケルクロモリブデン鋼 <u>の温度に対する機械的性質の変化(1/2)</u> ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="1973 1774 2056 1797" style="text-align: center;">(v)-A-33</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="270 422 1160 1591" style="border: 1px solid black; height: 557px; width: 300px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="498 1612 1020 1682" style="text-align: center;">(v)-第 A.6 図 ニッケルクロムモリブデン鋼 の 温度に対する機械的性質の変化(2/2) ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="724 1776 807 1801" style="text-align: center;">(v)-A-34</p>	<div data-bbox="1516 422 2407 1591" style="border: 1px solid black; height: 557px; width: 300px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="1748 1612 2270 1682" style="text-align: center;">(v)-第 A.6 図 ニッケルクロムモリブデン鋼 の 温度に対する機械的性質の変化(2/2) ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="1973 1776 2056 1801" style="text-align: center;">(v)-A-34</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="329 499 1243 1556" style="border: 1px solid black; height: 500px; width: 300px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="418 1577 1107 1604">(□)-第 A.7 図 炭素鋼 [] の温度に対する機械的性質の変化(1/2) ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="730 1776 813 1801">(□)-A-35</p>	<div data-bbox="1576 499 2490 1556" style="border: 1px solid black; height: 500px; width: 300px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="1665 1577 2353 1604">(□)-第 A.7 図 炭素鋼 [] の温度に対する機械的性質の変化(1/2) ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="1976 1776 2059 1801">(□)-A-35</p>	

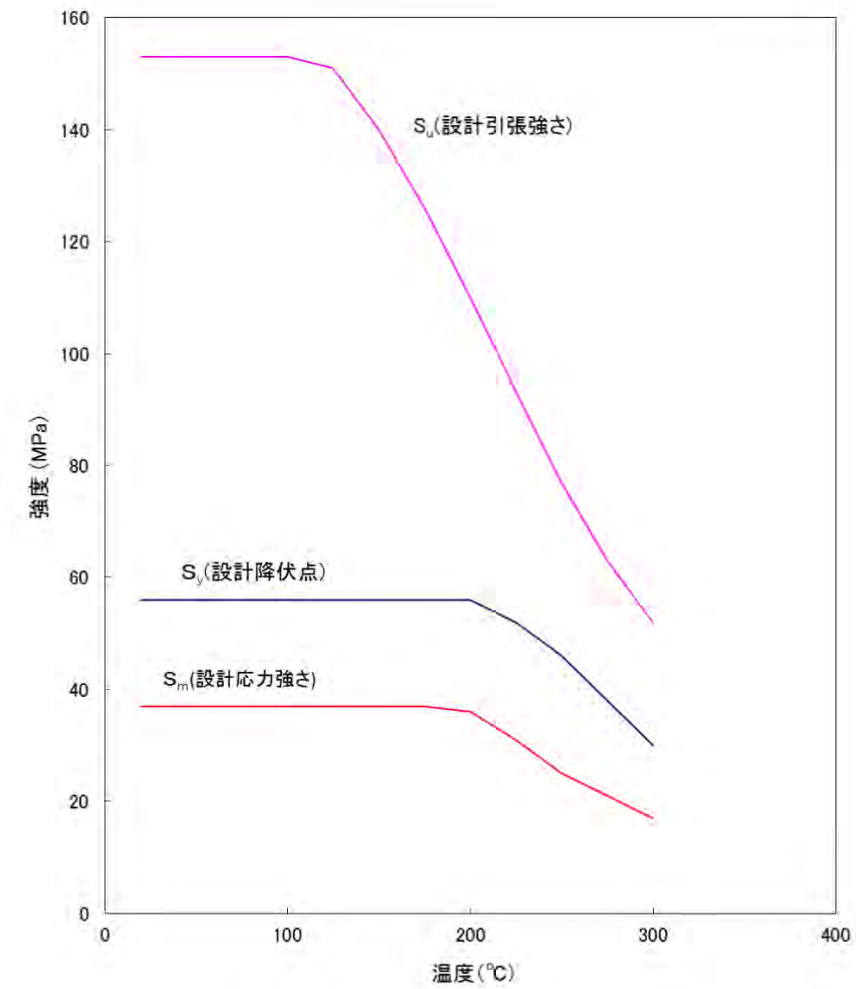
型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<div data-bbox="320 405 1196 1556" style="border: 1px solid black; height: 548px; width: 295px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="421 1577 1110 1604">(v)-第 A.7 図 炭素鋼 の温度に対する機械的性質の変化(2/2) ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="727 1776 813 1801">(v)-A-36</p>	<div data-bbox="1567 405 2442 1556" style="border: 1px solid black; height: 548px; width: 295px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="1668 1577 2356 1604">(v)-第 A.7 図 炭素鋼 の温度に対する機械的性質の変化(2/2) ^{1), 3)}</p> <p data-bbox="1973 1776 2059 1801">(v)-A-36</p>	



(v)-第 A.8 図 アルミニウム合金 (MB-A3004-H112) の
温度に対する機械的性質の変化(1/2) (注1)

(注1) アルミニウム合金の機械的性質の詳細については A.10.5 を参照。

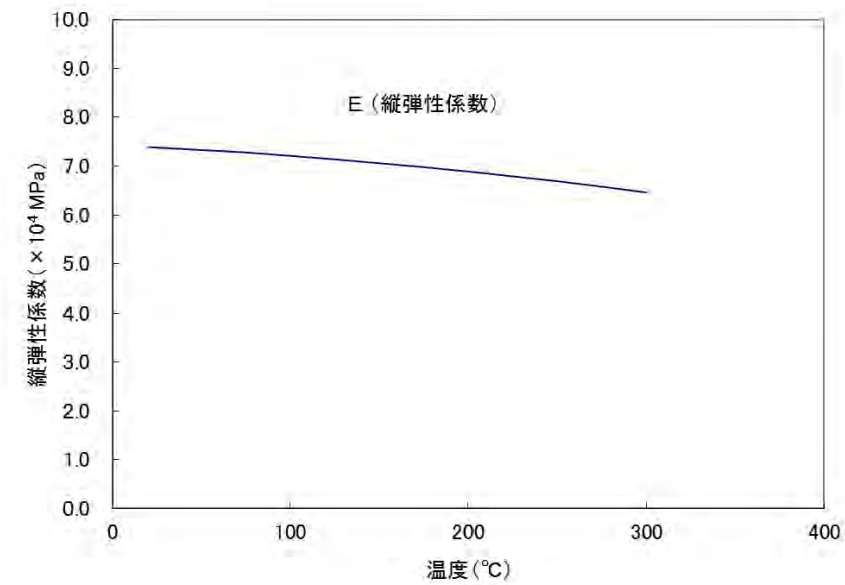
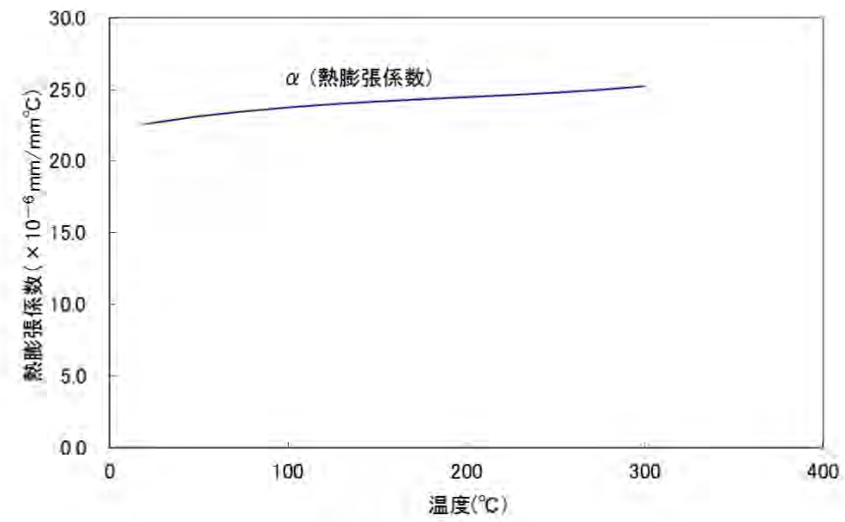
(v)-A-37



(v)-第 A.8 図 アルミニウム合金 (MB-A3004-H112) の
温度に対する機械的性質の変化(1/2) (注1)

(注1) アルミニウム合金の機械的性質の詳細については A.10.4 を参照。

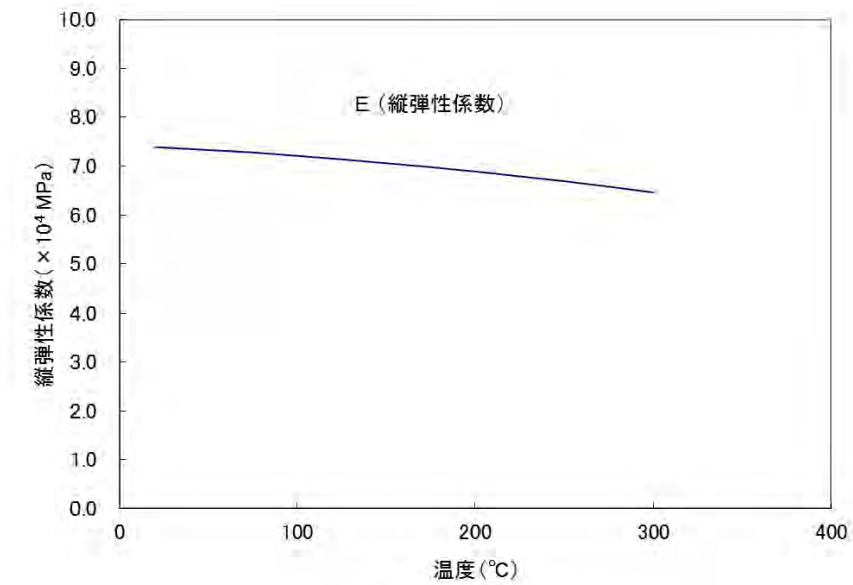
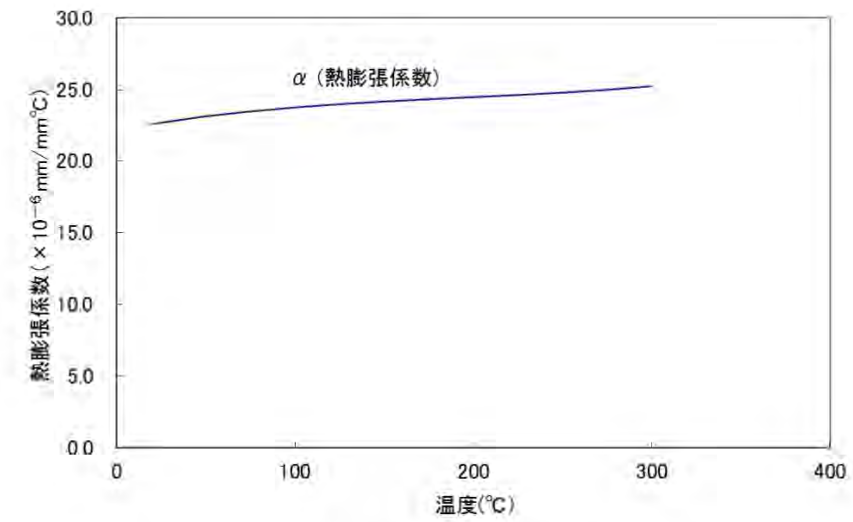
(v)-A-37



(v)-第 A.8 図 アルミニウム合金 (MB-A3004-H112) の
温度に対する機械的性質の変化 (2/2) (注1)

(注1) アルミニウム合金の機械的性質の詳細については付属書類 A.10.5 を参照。

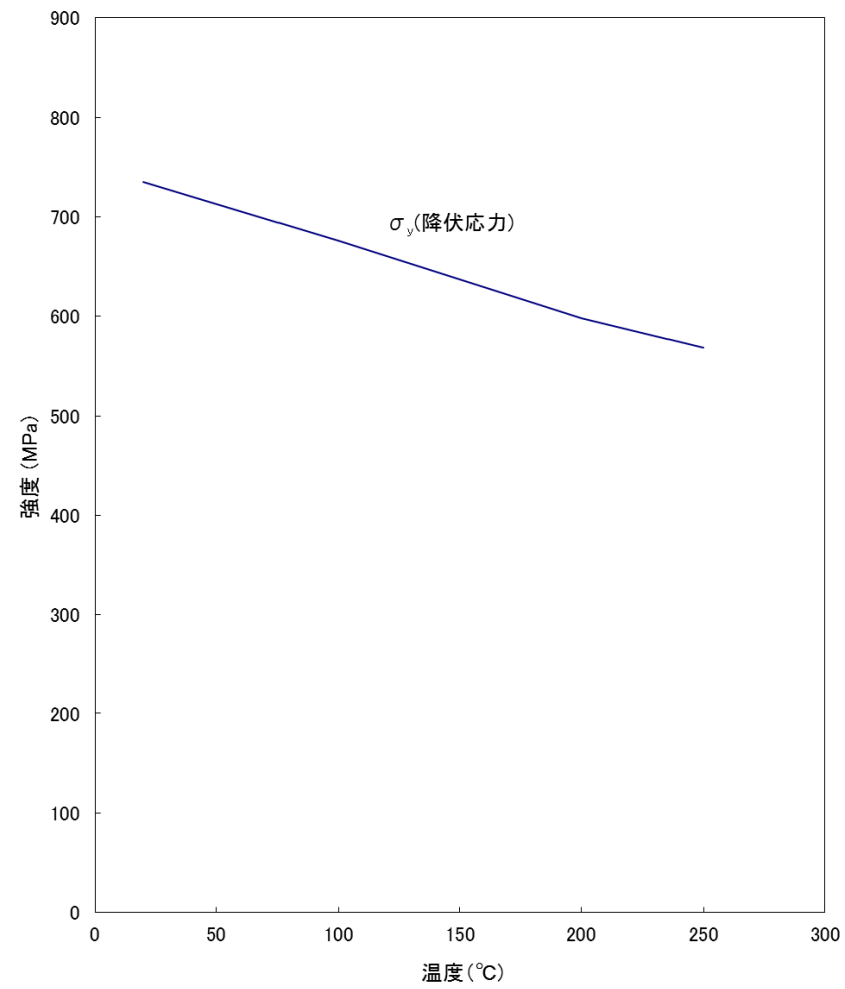
(v)-A-38



(v)-第 A.8 図 アルミニウム合金 (MB-A3004-H112) の
温度に対する機械的性質の変化 (2/2) (注1)

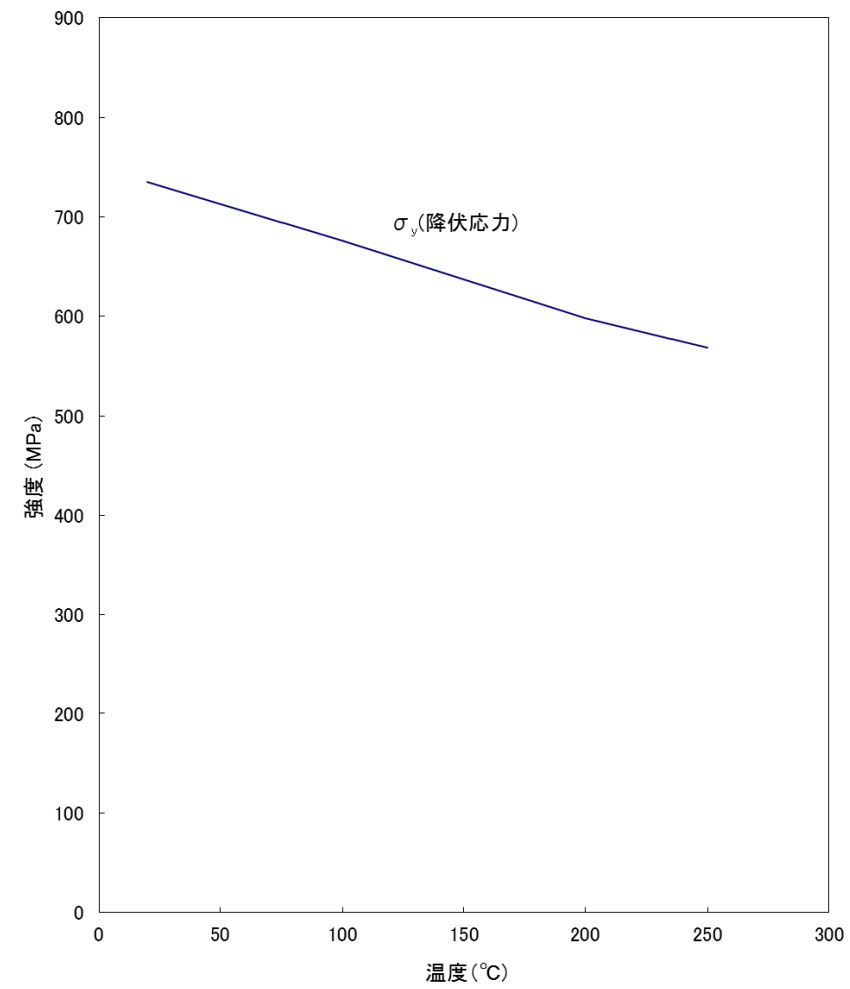
(注1) アルミニウム合金の機械的性質の詳細については付属書類 A.10.4 を参照。

(v)-A-38



(v)-第A.9図 ジルカロイ-4の温度に対する機械的性質の変化⁴⁾

(v)-A-39



(v)-第A.9図 ジルカロイ-4の温度に対する機械的性質の変化⁴⁾

(v)-A-39

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.4 輸送物の要件</p> <p>A.4.1 化学的及び電気的反応</p> <p>本輸送物は、(イ)-第C.1表に示すとおり化学的に安定した材料を使用している。また、輸送容器構成部品が相互に接触する異種材料の一覧を(ロ)-第A.3表に示す。</p> <p>レジンは、一次蓋及び蓋部中性子遮蔽材カバー、底板及び底部中性子遮蔽材カバー、胴、外筒及び下部端板に密閉されて収納されており、これらの金属と化学的及び電気的に反応することはない。</p> <p>一次蓋、二次蓋、三次蓋と各蓋ボルト、金属ガスケット及びOリング等の間では、化学的及び電気的に作用して問題になるような腐食を起こすことはない。</p> <p>伝熱フィンと胴及び外筒の接合部は、密閉静止した淡水環境における銅が接続した銅の腐食試験において銅単独の場合の腐食速度と同程度になることが確認されていること、及びレジンより生じる水分量は限定的であり、レジン充填空間は閉鎖環境にあって酸素が連続的に供給されないことから、異種金属接触による腐食促進の影響は小さく、化学的及び電気的な反応による腐食の影響はない。</p> <p>なお、収納物は胴内でヘリウム雰囲気にあるため収納物に対する化学的影響はない。</p> <p>(ロ)-A-40</p>	<p>A.4 輸送物の要件</p> <p>A.4.1 化学的及び電気的反応</p> <p>本輸送物は、(イ)-第C.1表に示すとおり化学的に安定した材料を使用している。また、輸送容器構成部品が相互に接触する異種材料の一覧を(ロ)-第A.3表に示す。</p> <p>レジンは、一次蓋及び蓋部中性子遮蔽材カバー、底板及び底部中性子遮蔽材カバー、胴、外筒及び下部端板に密閉されて収納されており、これらの金属と化学的及び電気的に反応することはない。</p> <p>一次蓋、二次蓋、三次蓋と各蓋ボルト、金属ガスケット及びOリング等の間では、化学的及び電気的に作用して問題になるような腐食を起こすことはない。</p> <p>伝熱フィンと胴及び外筒の接合部は、密閉静止した淡水環境における銅が接続した銅の腐食試験において銅単独の場合の腐食速度と同程度になることが確認されていること、及びレジンより生じる水分量は限定的であり、レジン充填空間は閉鎖環境にあって酸素が連続的に供給されないことから、異種金属接触による腐食促進の影響は小さく、化学的及び電気的な反応による腐食の影響はない。</p> <p>なお、収納物は胴内でヘリウム雰囲気にあるため収納物に対する化学的影響はない。</p> <p>(ロ)-A-40</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.3 表 接触する異種材料の一覧表

接触する異種材料			
材質	部位	材質	部位
炭素鋼	胴 一次蓋	レジン	中性子遮蔽材
炭素鋼	外筒 蓋部中性子遮蔽材カバー		
ステンレス鋼	底部中性子遮蔽材カバー 下部端板		
析出硬化系 ステンレス鋼	トラニオン		
銅	伝熱フィン		
炭素鋼	胴 一次蓋 二次蓋	ニッケルクロム モリブデン鋼	一次蓋ボルト 二次蓋ボルト 三次蓋ボルト
ステンレス鋼	三次蓋		
ステンレス鋼 (注)	胴 一次蓋 二次蓋	アルミニウム /ニッケル基合金	金属ガスケット
ステンレス鋼	三次蓋	EPDM	Oリング
ステンレス鋼	緩衝体カバープレート		緩衝体内部
炭素鋼	胴	ほう素添加 アルミニウム合金	中性子吸収材
		アルミニウム合金	バスケットプレート バスケットサポート
炭素鋼	胴	析出硬化系 ステンレス鋼	トラニオン
炭素鋼	胴	銅	伝熱フィン
炭素鋼	外筒		

(注)

(ロ)-A-41

(ロ)-第 A.3 表 接触する異種材料の一覧表

接触する異種材料			
材質	部位	材質	部位
炭素鋼	胴 一次蓋	レジン	中性子遮蔽材
炭素鋼	外筒 蓋部中性子遮蔽材カバー		
ステンレス鋼	底部中性子遮蔽材カバー 下部端板		
析出硬化系 ステンレス鋼	トラニオン		
銅	伝熱フィン		
炭素鋼	胴 一次蓋 二次蓋	ニッケルクロム モリブデン鋼	一次蓋ボルト 二次蓋ボルト 三次蓋ボルト
ステンレス鋼	三次蓋		
ステンレス鋼 (注)	胴 一次蓋 二次蓋	アルミニウム合金 /ニッケル基合金	金属ガスケット
ステンレス鋼	三次蓋	EPDM	Oリング
ステンレス鋼	緩衝体カバープレート		緩衝体内部
炭素鋼	胴	ほう素添加 アルミニウム合金	中性子吸収材
		アルミニウム合金	バスケットプレート バスケットサポート
炭素鋼	胴	析出硬化系 ステンレス鋼	トラニオン
炭素鋼	胴	銅	伝熱フィン
炭素鋼	外筒		

(注)

(ロ)-A-41

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.4.2 低温強度</p> <p>本輸送物は周囲温度-20℃以上で使用する。</p> <p>1. 構成部品の低温特性</p> <p>(イ)章Cの3.に示す本輸送容器の使用材料の低温特性を(ロ)-第A.4表に示す。同表より明らかなように、最低温度-20℃において構成部品はき裂、破損等の生じるおそれはない。</p> <p>2. 低温時の強度</p> <p>構造評価に用いる主要材料は、金属キャスク構造規格¹⁾のじん性要求を満足するように製造するので、-20℃において低温脆性破壊を起こすことはない。</p> <p>(ロ)-A-42</p>	<p>A.4.2 低温強度</p> <p>本輸送物は周囲温度-20℃以上で使用する。</p> <p>1. 構成部品の低温特性</p> <p>(イ)章Cの3.に示す本輸送容器の使用材料の低温特性を(ロ)-第A.4表に示す。同表より明らかなように、最低温度-20℃において構成部品はき裂、破損等の生じるおそれはない。</p> <p>2. 低温時の強度</p> <p>構造評価に用いる主要材料は、金属キャスク構造規格¹⁾のじん性要求を満足するように製造するので、-20℃において低温脆性破壊を起こすことはない。</p> <p>(ロ)-A-42</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.4 表 輸送容器使用材料の-20℃における低温特性評価

輸送容器の部品	材質	評価	引用、文献、資料
緩衝体カバープレート 緩衝体リブ ベントバルブ及びドレンバルブ バルブカバープレート モニタリングポートカバープレート 底部中性子遮蔽材カバー 下部端板 リリースバルブ リリースバルブカバープレート	ステンレス鋼 []	-20℃において 使用可能	原子力学会標準 AESJ-SC-F006 :2013 ⁵⁾
三次蓋蓋板	ステンレス鋼 []	-20℃において 使用可能	同上
胴 一次蓋蓋板 二次蓋蓋板	炭素鋼 []	-20℃において 使用可能	同上
蓋部中性子遮蔽材カバー 外筒	炭素鋼 []	-20℃において 使用可能	同上
蓋ボルト	ニッケルクロムモリブデン鋼 []	-20℃において 使用可能	同上
伝熱フィン	銅 (C1020P) []	-20℃において 使用可能	同上
中性子吸収材	ほう素添加アルミニウム合金	-20℃において 使用可能	メーカー資料 ⁶⁾
バスケットプレート バスケットサポート	アルミニウム合金 (MB-A3004-H112)	-20℃において 使用可能	A.10.5 参照
トラニオン	析出硬化系ステンレス鋼 (SUS630-H1150)	-20℃において 使用可能	材料規格 ³⁾
金属ガスケット	アルミニウム/ ニッケル基合金	-20℃において き裂、破損なし	メーカー資料 ⁷⁾
中性子遮蔽材	レジン	-20℃において き裂、破損なし	原燃輸送株式会社 報告書 ⁸⁾
緩衝体緩衝材	[]	-20℃において き裂、破損なし ^(注1)	木材工業ハンド ブック ⁹⁾
Oリング	EPDM	-20℃において き裂、破損なし	複合材料技術集成 ¹⁰⁾

(注1) 緩衝体緩衝材の [] は、-20℃では常温時に対して強度が 16~29%上昇する。A.10.4 に示すように、-20℃の木材強度を用いた場合の自由落下試験時の衝撃加速度は、常温時の木材強度を用いて算出した(ロ)-第 A.19 表及び(ロ)-第 A.37 表に示す設計加速度に対して最大 11%増加するが、各評価部位に発生する応力は低温時の評価基準を満足するため、輸送物の構造上の健全性が損なわれることはない。

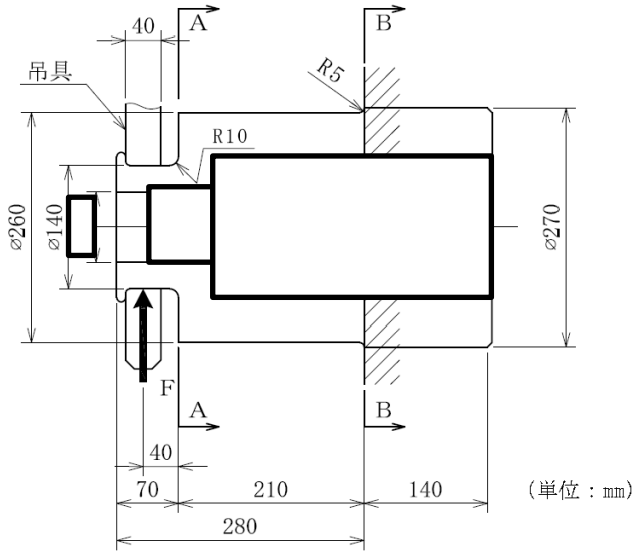
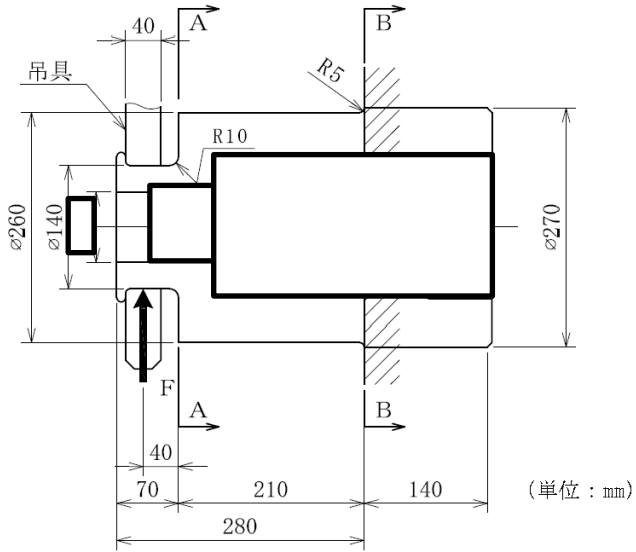
(ロ)-A-43

(ロ)-第 A.4 表 輸送容器使用材料の-20℃における低温特性評価

輸送容器の部品	材質	評価	引用、文献、資料
緩衝体カバープレート 緩衝体リブ ベントバルブ及びドレンバルブ バルブカバープレート モニタリングポートカバープレート 底部中性子遮蔽材カバー 下部端板 リリースバルブ リリースバルブカバープレート	ステンレス鋼 []	-20℃において 使用可能	原子力学会標準 AESJ-SC-F006 :2013 ⁵⁾
三次蓋蓋板	ステンレス鋼 []	-20℃において 使用可能	同上
胴 一次蓋蓋板 二次蓋蓋板	炭素鋼 []	-20℃において 使用可能	同上
蓋部中性子遮蔽材カバー 外筒	炭素鋼 []	-20℃において 使用可能	同上
蓋ボルト	ニッケルクロムモリブデン鋼 []	-20℃において 使用可能	同上
伝熱フィン	銅 (C1020P) []	-20℃において 使用可能	同上
中性子吸収材	ほう素添加アルミニウム合金	-20℃において 使用可能	メーカー資料 ⁶⁾
バスケットプレート バスケットサポート	アルミニウム合金 (MB-A3004-H112)	-20℃において 使用可能	A.10.4 参照
トラニオン	析出硬化系ステンレス鋼 (SUS630-H1150)	-20℃において 使用可能	材料規格 ³⁾
金属ガスケット	アルミニウム合金/ ニッケル基合金	-20℃において き裂、破損なし	メーカー資料 ⁷⁾
中性子遮蔽材	レジン	-20℃において き裂、破損なし	原燃輸送株式会社 報告書 ⁸⁾
緩衝体緩衝材	[]	-20℃において き裂、破損なし ^(注1)	木材工業ハンド ブック ⁹⁾
Oリング	EPDM	-20℃において き裂、破損なし	複合材料技術集成 ¹⁰⁾

(注1) 緩衝体緩衝材の [] は、-20℃では常温時に対して強度が 16~29%上昇する。A.10.4 に示すように、-20℃の木材強度を用いた場合の自由落下試験時の衝撃加速度は、常温時の木材強度を用いて算出した(ロ)-第 A.19 表及び(ロ)-第 A.37 表に示す設計加速度に対して最大 11%増加するが、各評価部位に発生する応力は低温時の評価基準を満足するため、輸送物の構造上の健全性が損なわれることはない。

(ロ)-A-43

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. 4. 3 密封装置</p> <p>輸送容器の三次蓋、三次蓋ボルト、リリースバルブカバープレート及びそのボルトは、通常の輸送時には(イ)-第 C. 2 図に示すように上部緩衝体で覆われており、かつ、<input type="checkbox"/>がされているので不用意に開けられることはない。そのため、リリースバルブカバープレート内部のリリースバルブは誤って操作されることはない。</p> <p>A. 4. 4 吊上装置</p> <p>輸送容器の吊上装置は、(イ)-第 C. 5 図及び(イ)-第 C. 6 図に示す位置に取り付けられているトラニオンであり、その構造は(イ)-第 C. 7 図に示すとおりである。トラニオンは、嵌め合いにより容器に取り付けられている。垂直吊りは上部トラニオンにより行われ、90°、270° 側の一对の下部トラニオンは輸送架台上で輸送容器をたて起し又はよこ倒しする際の支点となり、上部トラニオンに作用する以上の荷重が下部トラニオンには作用しない。一方、水平吊りは上部及び下部トラニオンにより行われる。したがって、荷重が最大となる垂直吊りにおける上部トラニオンを対象とし、トラニオン本体及びトラニオン接続部の応力評価を行う。</p> <p>構造解析では各トラニオンの温度を<input type="checkbox"/>として評価する。</p> <p>A. 4. 4. 1 応力評価</p> <p>トラニオンの解析モデル図を(ロ)-第 A. 10 図に示す。</p>  <p>(ロ)-第 A. 10 図 上部トラニオン解析モデル図</p> <p>(ロ)-A-44</p>	<p>A. 4. 3 密封装置</p> <p>輸送容器の三次蓋、三次蓋ボルト、リリースバルブカバープレート及びそのボルトは、通常の輸送時には(イ)-第 C. 2 図に示すように上部緩衝体で覆われており、かつ、<input type="checkbox"/>がされているので不用意に開けられることはない。そのため、リリースバルブカバープレート内部のリリースバルブは誤って操作されることはない。</p> <p>A. 4. 4 吊上装置</p> <p>輸送容器の吊上装置は、(イ)-第 C. 5 図及び(イ)-第 C. 6 図に示す位置に取り付けられているトラニオンであり、その構造は(イ)-第 C. 7 図に示すとおりである。トラニオンは、嵌め合いにより容器に取り付けられている。垂直吊りは上部トラニオンにより行われ、90°、270° 側の一对の下部トラニオンは輸送架台上で輸送容器をたて起し又はよこ倒しする際の支点となり、上部トラニオンに作用する以上の荷重が下部トラニオンには作用しない。一方、水平吊りは上部及び下部トラニオンにより行われる。したがって、荷重が最大となる垂直吊りにおける上部トラニオンを対象とし、トラニオン本体及びトラニオン接続部の応力評価を行う。</p> <p>構造解析では各トラニオンの温度を<input type="checkbox"/>として評価する。</p> <p>A. 4. 4. 1 応力評価</p> <p>トラニオンの解析モデル図を(ロ)-第 A. 10 図に示す。</p>  <p>(ロ)-第 A. 10 図 上部トラニオン解析モデル図</p> <p>(ロ)-A-44</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>垂直吊り時（緩衝体なし）の輸送物吊上質量は、119.4 トン以下である。垂直吊り時には2個のトラニオンを使用するので1個のトラニオンに作用する荷重F(N)は、次式により求められる。</p> $F = \frac{Wag}{n}$ <p>ここで、</p> <p>F : 垂直吊り時のトラニオン1個に作用する荷重 (N)</p> <p>n : トラニオンの数 (2)</p> <p>W : 容器の質量 (垂直吊り時) (1.194×10⁵ kg)</p> <p>a : 安全係数 (3)</p> <p>g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)</p> <p>したがって、</p> $F = \frac{1.194 \times 10^5 \times 3 \times 9.80665}{2}$ $= 1.757 \times 10^6 \text{ N}$ <p>となる。</p> <p>1. トラニオン本体</p> <p>(1) 曲げ応力</p> <p>(a)-第 A.10 図に示すトラニオン本体の断面に発生する曲げ応力σ_b(MPa)は次式で与えられる。</p> $\sigma_b = \frac{MC}{I}$ $M = FX$ <p>ここで、</p> <p>M : 曲げモーメント (N・mm)</p> <p>F : 最大荷重 (N)</p> <p>X : モーメントアーム (mm)</p> <p>C : 中立軸からの距離 (mm)</p> <p>I : 断面二次モーメント (mm⁴)</p> <p>ここに、</p> $I = \frac{\pi}{64} (d_o^4 - d_i^4)$ <p>d_o : トラニオン外径 (mm)</p> <p>d_i : トラニオン内径 (mm)</p> <p style="text-align: right;">(a)-A-45</p>	<p>垂直吊り時（緩衝体なし）の輸送物吊上質量は、119.4 トン以下である。垂直吊り時には2個のトラニオンを使用するので1個のトラニオンに作用する荷重F(N)は、次式により求められる。</p> $F = \frac{Wag}{n}$ <p>ここで、</p> <p>F : 垂直吊り時のトラニオン1個に作用する荷重 (N)</p> <p>n : トラニオンの数 (2)</p> <p>W : 容器の質量 (垂直吊り時) (1.194×10⁵ kg)</p> <p>a : 安全係数 (3)</p> <p>g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)</p> <p>したがって、</p> $F = \frac{1.194 \times 10^5 \times 3 \times 9.80665}{2}$ $= 1.757 \times 10^6 \text{ N}$ <p>となる。</p> <p>1. トラニオン本体</p> <p>(1) 曲げ応力</p> <p>(a)-第 A.10 図に示すトラニオン本体の断面に発生する曲げ応力σ_b(MPa)は次式で与えられる。</p> $\sigma_b = \frac{MC}{I}$ $M = FX$ <p>ここで、</p> <p>M : 曲げモーメント (N・mm)</p> <p>F : 最大荷重 (N)</p> <p>X : モーメントアーム (mm)</p> <p>C : 中立軸からの距離 (mm)</p> <p>I : 断面二次モーメント (mm⁴)</p> <p>ここに、</p> $I = \frac{\pi}{64} (d_o^4 - d_i^4)$ <p>d_o : トラニオン外径 (mm)</p> <p>d_i : トラニオン内径 (mm)</p> <p style="text-align: right;">(a)-A-45</p>	

(2) せん断応力

(ロ)-第 A.10 図に示すトラニオン本体の断面に発生するせん断応力 τ (MPa) は次式で与えられる。

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_i^2)$$

(3) 応力強さ

上述の曲げ応力 σ_b とせん断応力 τ による応力強さ S (MPa) は次式で与えられる。

$$S = \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau^2}$$

トラニオン本体の各断面の計算条件と計算結果を(ロ)-第 A.5 表に示す。

(ロ)-第 A.5 表 トラニオン本体の応力計算条件及び計算結果

評価位置	最大荷重 : F (N)	モーメント アーム : X (mm)	中立軸から の距離 : C (mm)	トラニオン 外径 : d_o (mm)	トラニオン 内径 : d_i (mm)
A-A 断面	1.757×10^8	40	70	140	<input type="text"/> (注)
B-B 断面	1.757×10^8	250	130	260	<input type="text"/>

評価位置	曲げ応力 : σ_b (MPa)	せん断応力 : τ (MPa)	応力強さ : S (MPa)	基準値 : S_y (MPa)	余裕率 (-)
A-A 断面	<input type="text"/>	<input type="text"/>	449	653	0.45
B-B 断面	<input type="text"/>	<input type="text"/>	304	653	1.14

(注) A-A 断面は中実であるが、近傍では中空となっているため保守的に近傍と同じ内径をもつ中空として評価。

(ロ)-A-46

(2) せん断応力

(ロ)-第 A.10 図に示すトラニオン本体の断面に発生するせん断応力 τ (MPa) は次式で与えられる。

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_i^2)$$

(3) 応力強さ

上述の曲げ応力 σ_b とせん断応力 τ による応力強さ S (MPa) は次式で与えられる。

$$S = \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau^2}$$

トラニオン本体の各断面の計算条件と計算結果を(ロ)-第 A.5 表に示す。

(ロ)-第 A.5 表 トラニオン本体の応力計算条件及び計算結果

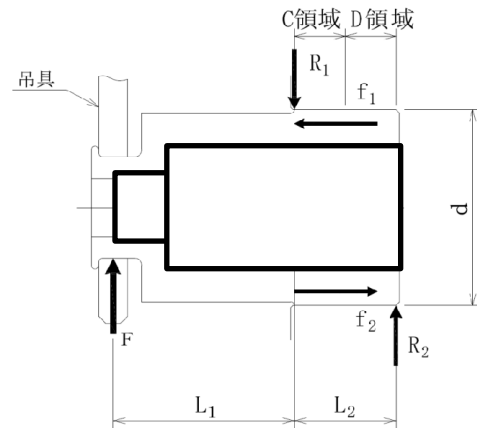
評価位置	最大荷重 : F (N)	モーメント アーム : X (mm)	中立軸から の距離 : C (mm)	トラニオン 外径 : d_o (mm)	トラニオン 内径 : d_i (mm)
A-A 断面	1.757×10^8	40	70	140	<input type="text"/> (注)
B-B 断面	1.757×10^8	250	130	260	<input type="text"/>

評価位置	曲げ応力 : σ_b (MPa)	せん断応力 : τ (MPa)	応力強さ : S (MPa)	基準値 : S_y (MPa)	余裕率 (-)
A-A 断面	<input type="text"/>	<input type="text"/>	449	653	0.45
B-B 断面	<input type="text"/>	<input type="text"/>	304	653	1.14

(注) A-A 断面は中実であるが、近傍では中空となっているため保守的に近傍と同じ内径をもつ中空として評価。

(ロ)-A-46

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. トラニオン接続部</p> <p>(1) 吊上げ荷重による支圧応力 (一次応力)</p> <p>(a)-第 A.11 図に吊上げ時の上部トラニオンに作用する荷重の関係を示す。(a)-第 A.11 図に示す各荷重は以下の関係がある。</p> <p>① Y 軸方向の力のつり合い</p> $R_1 = F + R_2$ <p>ここで、</p> <p>F : 垂直吊り時の上部トラニオン 1 個に作用する荷重 (N)</p> <p>R₁ : 上部トラニオンに作用する反力 (N)</p> <p>R₂ : 上部トラニオンに作用する反力 (N)</p> <p>② 0 点回りのモーメントのつり合い</p> $F \cdot L_1 - R_2 \cdot L_2 - (f_1 + f_2) \cdot d/2 = 0$ <p>ここで、</p> <p>f₁ : 上部トラニオンに作用する摩擦力 (N)</p> <p>f₂ : 上部トラニオンに作用する摩擦力 (N)</p> <p>L₁ : 0 点から荷重作用点までの距離 (mm)</p> <p>L₂ : 0 点から反力 R₂ の作用点までの距離 (mm)</p> <p>d : 上部トラニオン接続部の外径 (mm)</p> <p>③ 摩擦力と垂直抗力の関係</p> $f_1 = \mu R_1, f_2 = \mu R_2$ <p>ここで、</p> <p>μ : 摩擦係数 (-)</p> <p>①、②及び③の関係より荷重 F 作用時の反力 R₁ 及び R₂ は次式で与えられる。</p> $R_1 = \frac{FL_1 + \mu F(d/2) + FL_2}{\mu d + L_2}$ $R_2 = \frac{FL_1 - \mu F(d/2)}{\mu d + L_2}$ <p>吊上げ荷重による支圧応力 σ_{P11} (MPa)、σ_{P12} (MPa) は次式で与えられる。</p> $\sigma_{P11} = R_1 / (d \cdot L_2 / 2)$ $\sigma_{P12} = R_2 / (d \cdot L_2 / 2)$ <p>(a)-A-47</p>	<p>2. トラニオン接続部</p> <p>(1) 吊上げ荷重による支圧応力 (一次応力)</p> <p>(a)-第 A.11 図に吊上げ時の上部トラニオンに作用する荷重の関係を示す。(a)-第 A.11 図に示す各荷重は以下の関係がある。</p> <p>① Y 軸方向の力のつり合い</p> $R_1 = F + R_2$ <p>ここで、</p> <p>F : 垂直吊り時の上部トラニオン 1 個に作用する荷重 (N)</p> <p>R₁ : 上部トラニオンに作用する反力 (N)</p> <p>R₂ : 上部トラニオンに作用する反力 (N)</p> <p>② 0 点回りのモーメントのつり合い</p> $F \cdot L_1 - R_2 \cdot L_2 - (f_1 + f_2) \cdot d/2 = 0$ <p>ここで、</p> <p>f₁ : 上部トラニオンに作用する摩擦力 (N)</p> <p>f₂ : 上部トラニオンに作用する摩擦力 (N)</p> <p>L₁ : 0 点から荷重作用点までの距離 (mm)</p> <p>L₂ : 0 点から反力 R₂ の作用点までの距離 (mm)</p> <p>d : 上部トラニオン接続部の外径 (mm)</p> <p>③ 摩擦力と垂直抗力の関係</p> $f_1 = \mu R_1, f_2 = \mu R_2$ <p>ここで、</p> <p>μ : 摩擦係数 (-)</p> <p>①、②及び③の関係より荷重 F 作用時の反力 R₁ 及び R₂ は次式で与えられる。</p> $R_1 = \frac{FL_1 + \mu F(d/2) + FL_2}{\mu d + L_2}$ $R_2 = \frac{FL_1 - \mu F(d/2)}{\mu d + L_2}$ <p>吊上げ荷重による支圧応力 σ_{P11} (MPa)、σ_{P12} (MPa) は次式で与えられる。</p> $\sigma_{P11} = R_1 / (d \cdot L_2 / 2)$ $\sigma_{P12} = R_2 / (d \cdot L_2 / 2)$ <p>(a)-A-47</p>	



(a)-第 A.11 図 上部トラニオン解析モデル図

(2) しまり嵌め荷重による支圧応力 (二次応力)

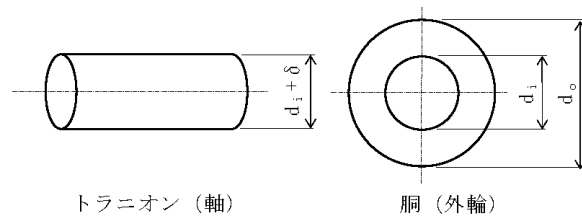
(a)-第 A.12 図にしまり嵌め荷重による支圧応力の解析モデルを示す。

しまり嵌め荷重による支圧応力は次式¹¹⁾により与えられる。

$$\sigma_{pz} = \frac{\alpha}{\left(\frac{1-\nu}{E} + \frac{1+\nu}{E'}\right) + \frac{2}{E'} \frac{d_1^2}{d_o^2 - d_1^2}}$$

ここで、

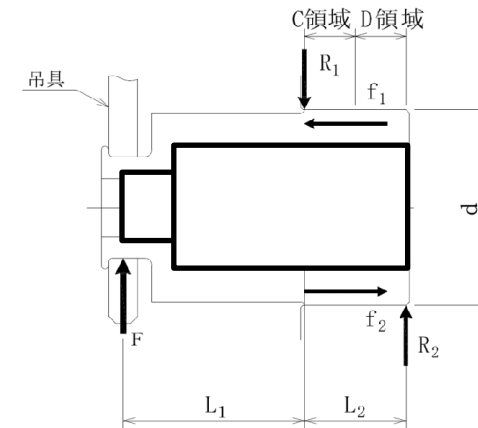
- ν : ポアソン比 (-)
- α : しまり嵌め比 (δ/d₁)
- δ : 胴と上部トラニオンの締め代 (直径差)
- d₁ : 上部トラニオン接続部の外径 (mm)
- d_o : 上部トラニオン接続部の外輪外径 (mm)
- E : 上部トラニオンの縦弾性係数 (MPa)
- E' : 胴の縦弾性係数 (MPa)



トラニオン (軸) 胴 (外輪)

(a)-第 A.12 図 しまり嵌め荷重による支圧応力の解析モデル

(a)-A-48



(a)-第 A.11 図 上部トラニオン解析モデル図

(2) しまり嵌め荷重による支圧応力 (二次応力)

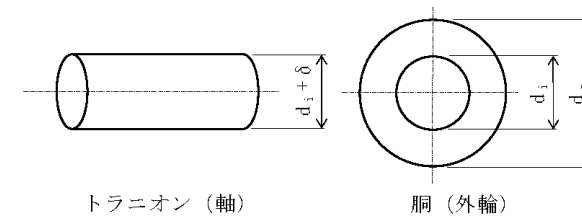
(a)-第 A.12 図にしまり嵌め荷重による支圧応力の解析モデルを示す。

しまり嵌め荷重による支圧応力は次式¹¹⁾により与えられる。

$$\sigma_{pz} = \frac{\alpha}{\left(\frac{1-\nu}{E} + \frac{1+\nu}{E'}\right) + \frac{2}{E'} \frac{d_1^2}{d_o^2 - d_1^2}}$$

ここで、

- ν : ポアソン比 (-)
- α : しまり嵌め比 (δ/d₁)
- δ : 胴と上部トラニオンの締め代 (直径差)
- d₁ : 上部トラニオン接続部の外径 (mm)
- d_o : 上部トラニオン接続部の外輪外径 (mm)
- E : 上部トラニオンの縦弾性係数 (MPa)
- E' : 胴の縦弾性係数 (MPa)



トラニオン (軸) 胴 (外輪)

(a)-第 A.12 図 しまり嵌め荷重による支圧応力の解析モデル

(a)-A-48

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) 支圧応力 (一次+二次) 応力 支圧応力 σ_P (MPa) は次式で与えられる。 $\sigma_P = \text{MAX}[\sigma_{P11}, \sigma_{P12}] + \sigma_{P2}$</p> <p>支圧応力の計算条件と計算結果を(□)-第 A.6 表に示す。(□)-第 A.6 表より、上部 トラニオン接続部に発生する応力は評価基準値を満たす。</p> <p>(□)-A-49</p>	<p>(3) 支圧応力 (一次+二次) 応力 支圧応力 σ_P (MPa) は次式で与えられる。 $\sigma_P = \text{MAX}[\sigma_{P11}, \sigma_{P12}] + \sigma_{P2}$</p> <p>支圧応力の計算条件と計算結果を(□)-第 A.6 表に示す。(□)-第 A.6 表より、上部 トラニオン接続部に発生する応力は評価基準値を満たす。</p> <p>(□)-A-49</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 A.6 表 上部トラニオン接続部の応力計算条件及び計算結果

評価位置	上部トラニオンに作用する荷重 : F (N)	0点から荷重作用点までの距離 : L ₁ (mm)	0点から反力 R ₂ の作用点までの距離 : L ₂ (mm)	上部トラニオン接続部の外径 : d (mm)	摩擦係数 : μ (-) ¹⁵⁾
C 領域	1.757×10 ⁶	250	140	270	0.35
D 領域	1.757×10 ⁶	250	140	270	0.35

(a)-第 A.6 表 上部トラニオン接続部の応力計算条件及び計算結果

評価位置	上部トラニオンに作用する荷重 : F (N)	0点から荷重作用点までの距離 : L ₁ (mm)	0点から反力 R ₂ の作用点までの距離 : L ₂ (mm)	上部トラニオン接続部の外径 : d (mm)	摩擦係数 : μ (-) ¹⁵⁾
C 領域	1.757×10 ⁶	250	140	270	0.35
D 領域	1.757×10 ⁶	250	140	270	0.35

評価位置	上部トラニオンに作用する反力 : R ₁ 又は R ₂ (N)	吊上げ荷重による支圧応力 (一次応力) : σ _{P11} 又は σ _{P12} (MPa)	評価基準値 (注1) : 1.25S _y (MPa)	余裕率
C 領域	3.277×10 ⁶	174	231	0.32
D 領域	1.520×10 ⁶	81		1.85

評価位置	上部トラニオンに作用する反力 : R ₁ 又は R ₂ (N)	吊上げ荷重による支圧応力 (一次応力) : σ _{P11} 又は σ _{P12} (MPa)	評価基準値 (注1) : 1.25S _y (MPa)	余裕率
C 領域	3.277×10 ⁶	174	231	0.32
D 領域	1.520×10 ⁶	81		1.85

(注1) 胴の方が許容応力は小さいため、胴の評価基準値を示す。

(注1) 胴の方が許容応力は小さいため、胴の評価基準値を示す。

評価位置	ポアソン比 : ν (-)	胴と上部トラニオンの締め代 : δ ₀ (mm)	上部トラニオン接続部の外径 : d ₁ (mm)	上部トラニオン接続部の外輪外径 : d ₀ (mm)
C 及び D 領域	0.3	<input type="text"/>	270	<input type="text"/>

評価位置	ポアソン比 : ν (-)	胴と上部トラニオンの締め代 : δ ₀ (mm)	上部トラニオン接続部の外径 : d ₁ (mm)	上部トラニオン接続部の外輪外径 : d ₀ (mm)
C 及び D 領域	0.3	<input type="text"/>	270	<input type="text"/>

(注2) d₀の大きい方がしまり嵌めによる応力を保守的に評価できるため、キャスク外径より大きい d₁の 倍とした。

(注2) d₀の大きい方がしまり嵌めによる応力を保守的に評価できるため、キャスク外径より大きい d₁の 倍とした。

評価位置	上部トラニオンの縦弾性係数 : E (MPa)	胴の縦弾性係数 : E' (MPa)	しまり嵌め荷重による支圧応力 (二次応力) : σ _{P2} (MPa)
C 及び D 領域	1.90×10 ⁵	<input type="text"/>	45

評価位置	上部トラニオンの縦弾性係数 : E (MPa)	胴の縦弾性係数 : E' (MPa)	しまり嵌め荷重による支圧応力 (二次応力) : σ _{P2} (MPa)
C 及び D 領域	1.90×10 ⁵	<input type="text"/>	45

評価位置	支圧応力 (一次+二次応力)		余裕率 (-)
	σ _P (MPa)	評価基準値 (注3) : 1.5×1.25S _y (MPa)	
C 領域	219	346	0.57
D 領域	126		1.74

評価位置	支圧応力 (一次+二次応力)		余裕率 (-)
	σ _P (MPa)	評価基準値 (注3) : 1.5×1.25S _y (MPa)	
C 領域	219	346	0.57
D 領域	126		1.74

(注3) 胴の方が許容応力は小さいため、胴の評価基準値を示す。

(注3) 胴の方が許容応力は小さいため、胴の評価基準値を示す。

(a)-A-50

(a)-A-50

A.4.4.2 上部トラニオンの疲労評価

上部トラニオンは垂直吊り時に荷重が作用する。

上部トラニオン段付部及び接続部の応力強さについて、応力集中を考慮し繰返しピーク応力強さによる許容繰返し回数と使用計画回数を比較して評価を行う。

1. 繰返しピーク応力強さ

上部トラニオン段付部及び接続部の繰返しピーク応力強さ S_a (MPa) はそれぞれ次式で求める。

① 上部トラニオン段付部

$$S_{a1} = \frac{SK_t K_r \frac{E_0}{E_t}}{2}$$

② 上部トラニオン接続部

$$S_{a2} = \frac{SK_t \frac{E_0}{E_t}}{2}$$

ここで、

S_{a1} : 上部トラニオン段付部の繰返しピーク応力強さ (MPa)

S_{a2} : 上部トラニオン接続部の繰返しピーク応力強さ (MPa)

S : 応力強さ (垂直吊り時) (MPa)

K_t : 応力集中係数 (-)

K_r : 表面粗さ係数 (-)

E_0 : 設計疲労線図^{1) 12)}の基本縦弾性係数

E_t : 材料の使用温度における縦弾性係数 (MPa)

上部トラニオン段付部の応力集中係数は応力集中係数線図¹³⁾より、表面粗さ係数は表面粗さ係数線図¹²⁾より、(a)-第A.7表に示すように与えられる。また、上部トラニオン接続部の応力集中係数は金属キャスク構造規格¹⁾より4.0とする。

(a)-第A.7表 上部トラニオン段付部の応力集中係数

評価位置	丸み半径 :r (mm)	小径部 :d (mm)	大径部 :D (mm)	2r/d	D/d	応力集中 係数 :K _t (-)	表面粗 さ係数 :K _r (-)
A-A 断面	10	140	260	0.14	1.86	2.0	1.24
B-B 断面	5	260	270	0.04	1.04	2.3	1.24

(a)-A-51

A.4.4.2 上部トラニオンの疲労評価

上部トラニオンは垂直吊り時に荷重が作用する。

上部トラニオン段付部及び接続部の応力強さについて、応力集中を考慮し繰返しピーク応力強さによる許容繰返し回数と使用計画回数を比較して評価を行う。

1. 繰返しピーク応力強さ

上部トラニオン段付部及び接続部の繰返しピーク応力強さ S_a (MPa) はそれぞれ次式で求める。

① 上部トラニオン段付部

$$S_{a1} = \frac{SK_t K_r \frac{E_0}{E_t}}{2}$$

② 上部トラニオン接続部

$$S_{a2} = \frac{SK_t \frac{E_0}{E_t}}{2}$$

ここで、

S_{a1} : 上部トラニオン段付部の繰返しピーク応力強さ (MPa)

S_{a2} : 上部トラニオン接続部の繰返しピーク応力強さ (MPa)

S : 応力強さ (垂直吊り時) (MPa)

K_t : 応力集中係数 (-)

K_r : 表面粗さ係数 (-)

E_0 : 設計疲労線図^{1) 12)}の基本縦弾性係数

E_t : 材料の使用温度における縦弾性係数 (MPa)

上部トラニオン段付部の応力集中係数は応力集中係数線図¹³⁾より、表面粗さ係数は表面粗さ係数線図¹²⁾より、(a)-第A.7表に示すように与えられる。また、上部トラニオン接続部の応力集中係数は金属キャスク構造規格¹⁾より4.0とする。

(a)-第A.7表 上部トラニオン段付部の応力集中係数

評価位置	丸み半径 :r (mm)	小径部 :d (mm)	大径部 :D (mm)	2r/d	D/d	応力集中 係数 :K _t (-)	表面粗 さ係数 :K _r (-)
A-A 断面	10	140	260	0.14	1.86	2.0	1.24
B-B 断面	5	260	270	0.04	1.04	2.3	1.24

(a)-A-51

(1) 上部トラニオンに作用する荷重

上部トラニオンに作用する荷重 F(N)は、疲労評価については実際に作用する荷重をベースとし、クレーン構造規格より想定される荷重係数¹⁴⁾を用いて、次式で求める。

$$F = \frac{Wag}{n}$$

ここで、

W : 容器の垂直吊り時の質量 (1.194×10⁵ kg)

n : 上部トラニオンの数 (2)

a : 荷重係数 (1.3)

g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)

したがって、

$$F = 7.611 \times 10^5 \text{ N}$$

(2) 繰返しピーク応力強さ

繰返しピーク応力強さ S_a(MPa)は、A.4.4.1と同様に求めた応力強さ Sを用いて求める。

上部トラニオン段付部の各断面及び上部トラニオン接続部の計算条件及び評価結果を(㉔)-第A.8表に示す。

(㉔)-第A.8表 トラニオンの繰返しピーク応力計算条件及び計算結果

評価位置	最大荷重 :F(N)	モーメントアーム :X (mm)	中立軸からの距離 :C (mm)	トラニオン外径 :d _o (mm)	トラニオン内径 :d _i (mm)	応力強さ :S (MPa)	基本縦弾性係数 :E _o (MPa)	縦弾性係数 :E _t (MPa)	繰返しピーク応力強さ :S _a (MPa)
A-A断面	7.611×10 ⁵	40	70	140		195	2.00×10 ⁵	1.90×10 ⁵	255
B-B断面	7.611×10 ⁵	250	130	260		132	2.00×10 ⁵	1.90×10 ⁵	199

(注1)A-A断面は中実であるが、近傍では中空となっているため保守的に近傍と同じ内径をもつ中空として評価。

評価位置	最大荷重 :F(N)	応力強さ :S (MPa)	応力集中係数 :K _t (-)	基本縦弾性係数 :E _o (MPa)	縦弾性係数 :E _t (MPa)	繰返しピーク応力強さ :S _a (MPa)
接続部 (トラニオン側)	7.611×10 ⁵	121	4.0	2.00×10 ⁵	1.90×10 ⁵	316
接続部 (胴側)	7.611×10 ⁵	121	4.0	2.07×10 ⁵		255

(㉔)-A-52

(1) 上部トラニオンに作用する荷重

上部トラニオンに作用する荷重 F(N)は、疲労評価については実際に作用する荷重をベースとし、クレーン構造規格より想定される荷重係数¹⁴⁾を用いて、次式で求める。

$$F = \frac{Wag}{n}$$

ここで、

W : 容器の垂直吊り時の質量 (1.194×10⁵ kg)

n : 上部トラニオンの数 (2)

a : 荷重係数 (1.3)

g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)

したがって、

$$F = 7.611 \times 10^5 \text{ N}$$

(2) 繰返しピーク応力強さ

繰返しピーク応力強さ S_a(MPa)は、A.4.4.1と同様に求めた応力強さ Sを用いて求める。

上部トラニオン段付部の各断面及び上部トラニオン接続部の計算条件及び評価結果を(㉔)-第A.8表に示す。

(㉔)-第A.8表 トラニオンの繰返しピーク応力計算条件及び計算結果

評価位置	最大荷重 :F(N)	モーメントアーム :X (mm)	中立軸からの距離 :C (mm)	トラニオン外径 :d _o (mm)	トラニオン内径 :d _i (mm)	応力強さ :S (MPa)	基本縦弾性係数 :E _o (MPa)	縦弾性係数 :E _t (MPa)	繰返しピーク応力強さ :S _a (MPa)
A-A断面	7.611×10 ⁵	40	70	140		195	2.00×10 ⁵	1.90×10 ⁵	255
B-B断面	7.611×10 ⁵	250	130	260		132	2.00×10 ⁵	1.90×10 ⁵	199

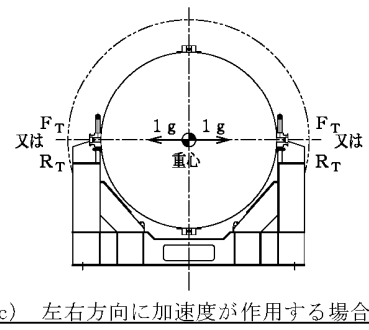
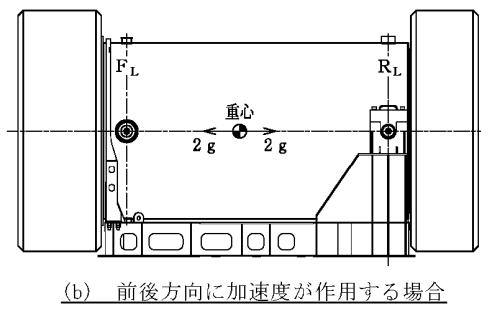
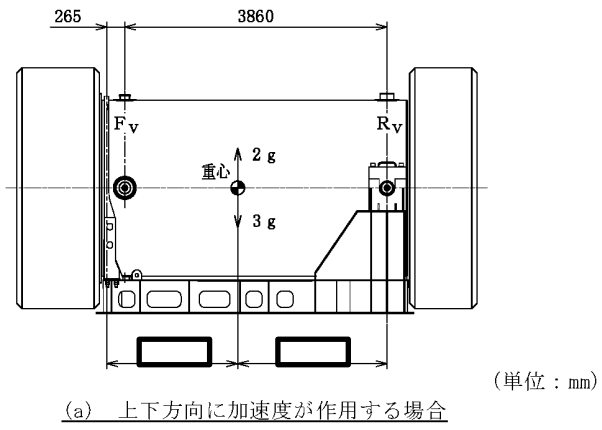
(注1)A-A断面は中実であるが、近傍では中空となっているため保守的に近傍と同じ内径をもつ中空として評価。

評価位置	最大荷重 :F(N)	応力強さ :S (MPa)	応力集中係数 :K _t (-)	基本縦弾性係数 :E _o (MPa)	縦弾性係数 :E _t (MPa)	繰返しピーク応力強さ :S _a (MPa)
接続部 (トラニオン側)	7.611×10 ⁵	121	4.0	2.00×10 ⁵	1.90×10 ⁵	316
接続部 (胴側)	7.611×10 ⁵	121	4.0	2.07×10 ⁵		255

(㉔)-A-52

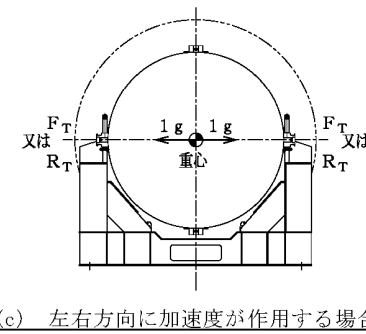
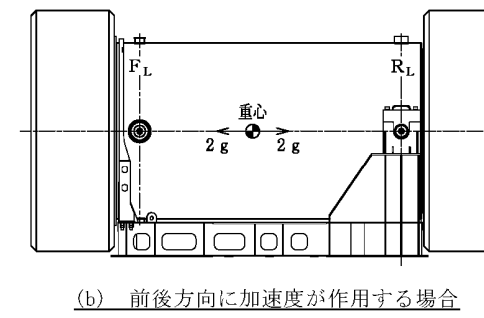
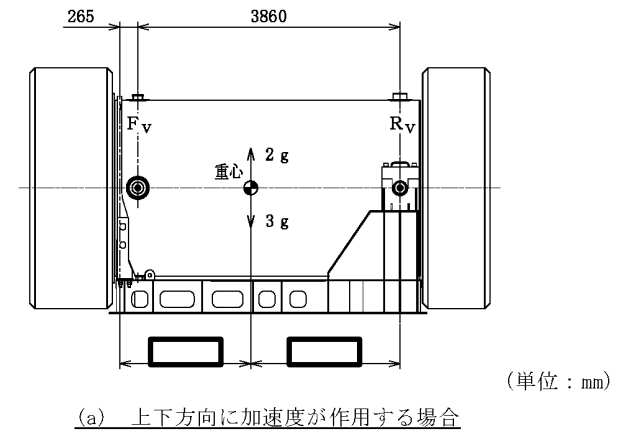
型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>2. 許容繰返し回数</p> <p>設計疲労線図^{1) 12)}より許容繰返し回数 N_a は以下となる。</p> <p>A-A 断面 : 約 6.8×10^8 回 B-B 断面 : 約 1.0×10^7 回 トランニオン接続部 (トランニオン側) : 約 4.2×10^5 回以上 トランニオン接続部 (胴側) : 約 1.0×10^4 回以上</p> <p>3. 使用計画回数</p> <p>本吊上装置の使用計画回数 N_c は次のようになる。</p> <p>輸送回数 : 10 回 輸送時吊上回数 : 20 回 (輸送ごと)</p> <p>なお、上記の輸送時吊上回数は、(ハ)章「輸送容器の保守及び核燃料輸送物の取扱い方法」の「A. 核燃料輸送物の取扱い方法」に示す標準的な取扱いとして想定される吊上回数であり、燃料装荷、特定兼用キャスク貯蔵施設での貯蔵、再処理工場への輸送における取扱いを含む。</p> <p>したがって、 $N_c = 10 \times 20 = 200$ 回</p> <p>以上より、使用計画回数は許容繰返し回数を十分下回っており、トランニオンの疲労強度は十分である。</p> <p>A. 4. 5 固縛装置</p> <p>本輸送物は、(イ)-第 C. 3 図に示すように胴上部及び下部のトランニオンを使用して輸送架台に固定される。</p> <p>上下方向及び左右方向の荷重は胴上部及び下部トランニオンが支え、前後方向の荷重を支持するのは下部トランニオンである。</p> <p>固縛装置の荷重条件として、前後及び上下に各 $2 g^{1)}$ の加速度が作用し、左右方向に $1 g^{1)}$ の加速度が作用する場合を考える。また、下方向は自重を考慮し $3 g^{1)}$ の加速度が作用すると考える。</p> <p>(ロ)-A-53</p>	<p>2. 許容繰返し回数</p> <p>設計疲労線図^{1) 12)}より許容繰返し回数 N_a は以下となる。</p> <p>A-A 断面 : 約 6.8×10^8 回 B-B 断面 : 約 1.0×10^7 回 トランニオン接続部 (トランニオン側) : 約 4.2×10^5 回以上 トランニオン接続部 (胴側) : 約 1.0×10^4 回以上</p> <p>3. 使用計画回数</p> <p>本吊上装置の使用計画回数 N_c は次のようになる。</p> <p>輸送回数 : 10 回 輸送時吊上回数 : 20 回 (輸送ごと)</p> <p>なお、上記の輸送時吊上回数は、(ハ)章「輸送容器の保守及び核燃料輸送物の取扱い方法」の「A. 核燃料輸送物の取扱い方法」に示す標準的な取扱いとして想定される吊上回数であり、燃料装荷、乾式貯蔵施設での貯蔵、再処理工場への輸送における取扱いを含む。</p> <p>したがって、 $N_c = 10 \times 20 = 200$ 回</p> <p>以上より、使用計画回数は許容繰返し回数を十分下回っており、トランニオンの疲労強度は十分である。</p> <p>A. 4. 5 固縛装置</p> <p>本輸送物は、(イ)-第 C. 3 図に示すように胴上部及び下部のトランニオンを使用して輸送架台に固定される。</p> <p>上下方向及び左右方向の荷重は胴上部及び下部トランニオンが支え、前後方向の荷重を支持するのは下部トランニオンである。</p> <p>固縛装置の荷重条件として、前後及び上下に各 $2 g^{1)}$ の加速度が作用し、左右方向に $1 g^{1)}$ の加速度が作用する場合を考える。また、下方向は自重を考慮し $3 g^{1)}$ の加速度が作用すると考える。</p> <p>(ロ)-A-53</p>	<p>貯蔵施設の名称差異</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>1. 胴上部及び下部トラニオンに作用する荷重</p> <p>胴上部及び下部トラニオンに作用する荷重は、(a)-第 A.13 図に示す荷重状態図から、次のように与えられる。</p> $F_V = \frac{b}{a+b} V$ $R_V = \frac{a}{a+b} V$ $R_L = H$ $F_T = \frac{b}{a+b} L$ $R_T = \frac{a}{a+b} L$ <p>ここで、</p> <p>F_V : 胴上部に作用する上下方向荷重 (N)</p> <p>R_V : 下部トラニオンに作用する上下方向荷重 (N)</p> <p>R_L : 下部トラニオンに作用する前後方向荷重 (N)</p> <p>F_T : 胴上部に作用する左右方向荷重 (N)</p> <p>R_T : 下部トラニオンに作用する左右方向荷重 (N)</p> <p>V : 上下方向慣性力</p> <p>$= 1.344 \times 10^5 \times 2 \times 9.80665 = 2.637 \times 10^6$ N (上方向)</p> <p>$= 1.344 \times 10^5 \times 3 \times 9.80665 = 3.955 \times 10^6$ N (下方向)</p> <p>H : 前後方向慣性力</p> <p>$= 1.344 \times 10^5 \times 2 \times 9.80665 = 2.637 \times 10^6$ N (上方向)</p> <p>L : 左右方向慣性力</p> <p>$= 1.344 \times 10^5 \times 1 \times 9.80665 = 1.319 \times 10^6$ N</p> <p>a : 重心より胴上部固縛位置中心までの距離 (<input type="text"/> mm)</p> <p>b : 重心より下部トラニオン中心までの距離 (<input type="text"/> mm)</p> <p>(a)-A-54</p>	<p>1. 胴上部及び下部トラニオンに作用する荷重</p> <p>胴上部及び下部トラニオンに作用する荷重は、(a)-第 A.13 図に示す荷重状態図から、次のように与えられる。</p> $F_V = \frac{b}{a+b} V$ $R_V = \frac{a}{a+b} V$ $R_L = H$ $F_T = \frac{b}{a+b} L$ $R_T = \frac{a}{a+b} L$ <p>ここで、</p> <p>F_V : 胴上部に作用する上下方向荷重 (N)</p> <p>R_V : 下部トラニオンに作用する上下方向荷重 (N)</p> <p>R_L : 下部トラニオンに作用する前後方向荷重 (N)</p> <p>F_T : 胴上部に作用する左右方向荷重 (N)</p> <p>R_T : 下部トラニオンに作用する左右方向荷重 (N)</p> <p>V : 上下方向慣性力</p> <p>$= 1.344 \times 10^5 \times 2 \times 9.80665 = 2.637 \times 10^6$ N (上方向)</p> <p>$= 1.344 \times 10^5 \times 3 \times 9.80665 = 3.955 \times 10^6$ N (下方向)</p> <p>H : 前後方向慣性力</p> <p>$= 1.344 \times 10^5 \times 2 \times 9.80665 = 2.637 \times 10^6$ N (上方向)</p> <p>L : 左右方向慣性力</p> <p>$= 1.344 \times 10^5 \times 1 \times 9.80665 = 1.319 \times 10^6$ N</p> <p>a : 重心より胴上部固縛位置中心までの距離 (<input type="text"/> mm)</p> <p>b : 重心より下部トラニオン中心までの距離 (<input type="text"/> mm)</p> <p>(a)-A-54</p>	



(a)-(c) 第 A.13 図 各方向に加速度が作用する場合の胴上部及び下部トラニオンに作用する荷重

(a)-A-55



(a)-(c) 第 A.13 図 各方向に加速度が作用する場合の胴上部及び下部トラニオンに作用する荷重

(a)-A-55

(ロ)-第 A.9 表に以上の式を用いて求めた各方向の荷重を示す。輸送固縛時には上部ト
ラニオンに荷重は作用せず下部トニオンのみ荷重が作用する。また、胴上部は剛な
構造であるので、下部トニオンを対象としてトニオン本体及びトニオン接続部の
応力評価を行う。なお、左右の加速度による荷重はトニオン本体に直接作用しないの
で、評価を除外する。

(ロ)-第 A.9 表 胴上部及び下部トニオンに作用する荷重

(単位: N)

荷重 ^(注1)	胴 上 部			下部トニオン		
	F _V	F _L	F _T	R _V	R _L	R _T
加速度方向						
上 (2g)						
下 (3g)						
前後 (2g) ^(注2)		0			2.637×10 ⁵	
左右 (1g)						

(注1) F_V、R_V: 垂直方向荷重

F_L、R_L: 容器軸方向荷重

F_T、R_T: 容器軸に直角な方向荷重

(注2) 胴上部は前後方向に固定していないため、胴上部に前後方向の荷重は作用し
ない。

2. トニオン本体

トニオン本体には、下方向荷重 R_V と前後方向荷重 R_L の合成荷重 F (N) が作用する。

$$F = \frac{\sqrt{R_V^2 + R_L^2}}{n}$$

$$= 1.612 \times 10^6 \text{ N}$$

ここで、

n : 荷重を受けもつトニオンの数 (2)

(ロ)-A-56

(ロ)-第 A.9 表に以上の式を用いて求めた各方向の荷重を示す。輸送固縛時には上部ト
ラニオンに荷重は作用せず下部トニオンのみ荷重が作用する。また、胴上部は剛な
構造であるので、下部トニオンを対象としてトニオン本体及びトニオン接続部の
応力評価を行う。なお、左右の加速度による荷重はトニオン本体に直接作用しないの
で、評価を除外する。

(ロ)-第 A.9 表 胴上部及び下部トニオンに作用する荷重

(単位: N)

荷重 ^(注1)	胴 上 部			下部トニオン		
	F _V	F _L	F _T	R _V	R _L	R _T
加速度方向						
上 (2g)						
下 (3g)						
前後 (2g) ^(注2)		0			2.637×10 ⁵	
左右 (1g)						

(注1) F_V、R_V: 垂直方向荷重

F_L、R_L: 容器軸方向荷重

F_T、R_T: 容器軸に直角な方向荷重

(注2) 胴上部は前後方向に固定していないため、胴上部に前後方向の荷重は作用し
ない。

2. トニオン本体

トニオン本体には、下方向荷重 R_V と前後方向荷重 R_L の合成荷重 F (N) が作用する。

$$F = \frac{\sqrt{R_V^2 + R_L^2}}{n}$$

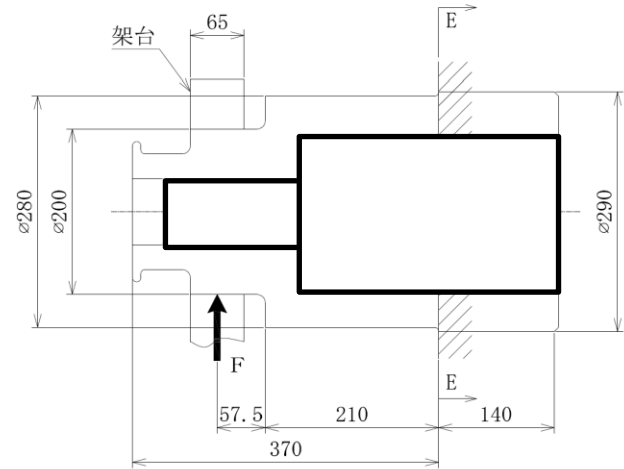
$$= 1.612 \times 10^6 \text{ N}$$

ここで、

n : 荷重を受けもつトニオンの数 (2)

(ロ)-A-56

トラニオン本体には、(a)-第 A.14 図に示す断面 E-E に最大曲げ応力が生じる。曲げ応力 σ_b (MPa) は、吊上装置に対する強度評価と同様に求められる。計算条件と計算結果を (a)-第 A.10 表に示す。



(a)-第 A.14 図 輸送架台固縛状態解析モデル図 (単位 : mm)

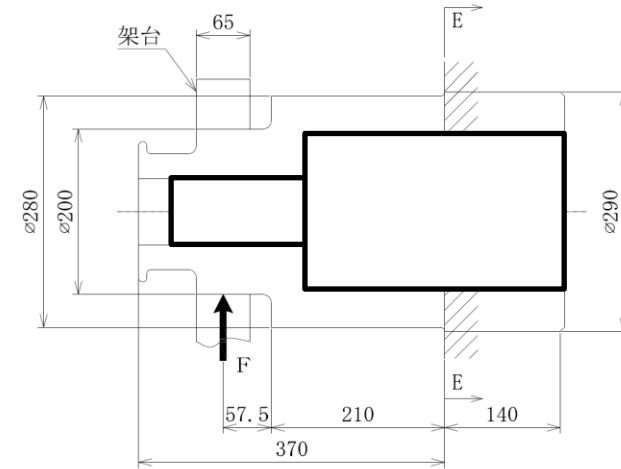
(a)-第 A.10 表 トラニオン本体の応力計算条件及び計算結果

評価位置	最大荷重 : F (N)	モーメント アーム : X (mm)	中立軸から の距離 : C (mm)	トラニオン 外径 : d_o (mm)	トラニオン 内径 : d_i (mm)
E-E 断面	1.612×10^6	267.5	140	280	

評価位置	曲げ応力 : σ_b (MPa)	せん断応力 : τ (MPa)	応力強さ : S (MPa)	基準値 : S_y (MPa)	余裕率 (-)
E-E 断面			232	653	1.81

(a)-A-57

トラニオン本体には、(a)-第 A.14 図に示す断面 E-E に最大曲げ応力が生じる。曲げ応力 σ_b (MPa) は、吊上装置に対する強度評価と同様に求められる。計算条件と計算結果を (a)-第 A.10 表に示す。



(a)-第 A.14 図 輸送架台固縛状態解析モデル図 (単位 : mm)

(a)-第 A.10 表 トラニオン本体の応力計算条件及び計算結果

評価位置	最大荷重 : F (N)	モーメント アーム : X (mm)	中立軸から の距離 : C (mm)	トラニオン 外径 : d_o (mm)	トラニオン 内径 : d_i (mm)
E-E 断面	1.612×10^6	267.5	140	280	

評価位置	曲げ応力 : σ_b (MPa)	せん断応力 : τ (MPa)	応力強さ : S (MPa)	基準値 : S_y (MPa)	余裕率 (-)
E-E 断面			232	653	1.81

(a)-A-57

3. トラニオン接続部

下部トラニオン接続部は、上部トラニオン接続部に対する強度評価と同様に求められる (A.4.4.1 の上部トラニオン接続部の評価方法について「上部トラニオン」を「下部トラニオン」に読み替える)。計算条件と計算結果を(ロ)-第 A.11 表に示す。(ロ)-第 A.11 表より、下部トラニオン接続部の本体胴側に発生する応力は基準値を満たす。

(ロ)-第 A.11 表 下部トラニオン接続部の応力計算条件及び計算結果

評価位置	下部トラニオンに作用する荷重 : F (N)	0点から荷重作用点までの距離 : L ₁ (mm)	0点から反力 R ₂ の作用点までの距離 : L ₂ (mm)	下部トラニオン接続部の外径 : d (mm)	摩擦係数 : μ (-) ¹⁵⁾
C 領域	1.612×10 ⁶	267.5	140	290	0.35
D 領域	1.612×10 ⁶	267.5	140	290	0.35

評価位置	下部トラニオンに作用する反力 : R ₁ 又は R ₂ (N)	吊上げ荷重による支圧応力 (一次応力) : σ _{F11} 又は σ _{F12} (MPa)	評価基準値 (注1) : 1.25S _y (MPa)	余裕率
C 領域	3.059×10 ⁶	151	231	0.52
D 領域	1.447×10 ⁶	72		2.20

(注1) 胴の方が許容応力は小さいため、胴の評価基準値を示す。

評価位置	ポアソン比 : ν (-)	胴と下部トラニオンの締め代 : δ ₀ (mm)	下部トラニオン接続部の外径 : d _i (mm)	下部トラニオン接続部の外輪外径 : d _o (mm)
C 及び D 領域	0.3		290	

(注2) d_oの大きい方がしまり嵌めによる応力を保守的に評価できるため、キャスク外径より大きい d_iの□等とした。

評価位置	下部トラニオンの縦弾性係数 : E (MPa)	胴の縦弾性係数 : E' (MPa)	しまり嵌め荷重による支圧応力 (二次応力) : σ _{F2} (MPa)
C 及び D 領域	1.90×10 ⁵		44

評価位置	支圧応力 (一次+二次応力)		余裕率 (-)
	σ _F (MPa)	評価基準値 (注3) : 1.5×1.25S _y (MPa)	
C 領域	195	346	0.77
D 領域	116		1.98

(注3) 胴の方が許容応力は小さいため、胴の評価基準値を示す。

(ロ)-A-58

3. トラニオン接続部

下部トラニオン接続部は、上部トラニオン接続部に対する強度評価と同様に求められる (A.4.4.1 の上部トラニオン接続部の評価方法について「上部トラニオン」を「下部トラニオン」に読み替える)。計算条件と計算結果を(ロ)-第 A.11 表に示す。(ロ)-第 A.11 表より、下部トラニオン接続部の本体胴側に発生する応力は基準値を満たす。

(ロ)-第 A.11 表 下部トラニオン接続部の応力計算条件及び計算結果

評価位置	下部トラニオンに作用する荷重 : F (N)	0点から荷重作用点までの距離 : L ₁ (mm)	0点から反力 R ₂ の作用点までの距離 : L ₂ (mm)	下部トラニオン接続部の外径 : d (mm)	摩擦係数 : μ (-) ¹⁵⁾
C 領域	1.612×10 ⁶	267.5	140	290	0.35
D 領域	1.612×10 ⁶	267.5	140	290	0.35

評価位置	下部トラニオンに作用する反力 : R ₁ 又は R ₂ (N)	吊上げ荷重による支圧応力 (一次応力) : σ _{F11} 又は σ _{F12} (MPa)	評価基準値 (注1) : 1.25S _y (MPa)	余裕率
C 領域	3.059×10 ⁶	151	231	0.52
D 領域	1.447×10 ⁶	72		2.20

(注1) 胴の方が許容応力は小さいため、胴の評価基準値を示す。

評価位置	ポアソン比 : ν (-)	胴と下部トラニオンの締め代 : δ ₀ (mm)	下部トラニオン接続部の外径 : d _i (mm)	下部トラニオン接続部の外輪外径 : d _o (mm)
C 及び D 領域	0.3		290	

(注2) d_oの大きい方がしまり嵌めによる応力を保守的に評価できるため、キャスク外径より大きい d_iの□等とした。

評価位置	下部トラニオンの縦弾性係数 : E (MPa)	胴の縦弾性係数 : E' (MPa)	しまり嵌め荷重による支圧応力 (二次応力) : σ _{F2} (MPa)
C 及び D 領域	1.90×10 ⁵		44

評価位置	支圧応力 (一次+二次応力)		余裕率 (-)
	σ _F (MPa)	評価基準値 (注3) : 1.5×1.25S _y (MPa)	
C 領域	195	346	0.77
D 領域	116		1.98

(注3) 胴の方が許容応力は小さいため、胴の評価基準値を示す。

(ロ)-A-58

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. 4. 6 圧力</p> <p>本輸送物の一般の試験条件での胴内の最大内圧は 0. 0780 MPa であり、外気圧が 60 kPa (0. 060 MPa) まで降下した場合には、差圧は 0. 0180 MPa G となる。また、胴、二次蓋と三次蓋に囲まれた空間 (以下、二三次蓋間という。) の最大内圧は 0. 253 MPa であり、外気圧が 60 kPa (0. 060 MPa) まで降下した場合には、差圧は 0. 193 MPa G となる。</p> <p>後述するように、一般の試験条件の熱的試験において、胴内と外気圧との差圧を 0. 101325 MPa G、二三次蓋間の最大内圧と外気圧との差圧を 0. 19 MPa G とした条件の下で構造健全性を確認しており、十分な裕度がある。したがって、上記の圧力降下が生じた場合にも輸送容器の健全性を損なうことはない。</p> <p>A. 4. 7 振動</p> <p>本輸送物は(イ)章 C の 1. で述べたように固縛装置によって 2ヶ所で輸送架台に固定されている ((イ)-第 C. 3 図参照)。本輸送物を(ロ)-第 A. 15 図のとおり両端支持の梁と考えると、輸送物の n 次の固有振動数 f_n は次式で示される。¹⁵⁾</p> $f_n = \frac{\lambda^2}{2\pi \ell^2} \sqrt{\frac{EIg}{w}}$ <p>ここで、</p> <p>λ : 境界条件と振動形によって定まる無次元定数 (-)</p> <p>E : 縦弾性係数 (MPa)</p> <p>I : 振動面に直交する断面主軸に関する断面二次モーメント (mm⁴)</p> <p>ℓ : 輸送容器支持間長さ (mm)</p> <p>g : 重力加速度 (mm/s²)</p> <p>w : 単位長さ当たりの荷重 (N/mm)</p> $w = \frac{W \times 9. 80665}{L}$ <p>W : 輸送物質量 (kg)</p> <p>L : 容器本体全長 (mm)</p> <p>また、断面二次モーメントとしては胴のみを考えると、</p> $I = \frac{\pi}{64} (d_2^4 - d_1^4)$ <p>ただし、</p> <p>d_2 : 胴外径 (mm)</p> <p>d_1 : 胴内径 (mm)</p> <p>(ロ)-A-59</p>	<p>A. 4. 6 圧力</p> <p>本輸送物の一般の試験条件での胴内の最大内圧は 0. 0780 MPa であり、外気圧が 60 kPa (0. 060 MPa) まで降下した場合には、差圧は 0. 0180 MPa G となる。また、胴、二次蓋と三次蓋に囲まれた空間 (以下、二三次蓋間という。) の最大内圧は 0. 253 MPa であり、外気圧が 60 kPa (0. 060 MPa) まで降下した場合には、差圧は 0. 193 MPa G となる。</p> <p>後述するように、一般の試験条件の熱的試験において、胴内と外気圧との差圧を 0. 101325 MPa G、二三次蓋間の最大内圧と外気圧との差圧を 0. 19 MPa G とした条件の下で構造健全性を確認しており、十分な裕度がある。したがって、上記の圧力降下が生じた場合にも輸送容器の健全性を損なうことはない。</p> <p>A. 4. 7 振動</p> <p>本輸送物は(イ)章 C の 1. で述べたように固縛装置によって 2ヶ所で輸送架台に固定されている ((イ)-第 C. 3 図参照)。本輸送物を(ロ)-第 A. 15 図のとおり両端支持の梁と考えると、輸送物の n 次の固有振動数 f_n は次式で示される。¹⁵⁾</p> $f_n = \frac{\lambda^2}{2\pi \ell^2} \sqrt{\frac{EIg}{w}}$ <p>ここで、</p> <p>λ : 境界条件と振動形によって定まる無次元定数 (-)</p> <p>E : 縦弾性係数 (MPa)</p> <p>I : 振動面に直交する断面主軸に関する断面二次モーメント (mm⁴)</p> <p>ℓ : 輸送容器支持間長さ (mm)</p> <p>g : 重力加速度 (mm/s²)</p> <p>w : 単位長さ当たりの荷重 (N/mm)</p> $w = \frac{W \times 9. 80665}{L}$ <p>W : 輸送物質量 (kg)</p> <p>L : 容器本体全長 (mm)</p> <p>また、断面二次モーメントとしては胴のみを考えると、</p> $I = \frac{\pi}{64} (d_2^4 - d_1^4)$ <p>ただし、</p> <p>d_2 : 胴外径 (mm)</p> <p>d_1 : 胴内径 (mm)</p> <p>(ロ)-A-59</p>	

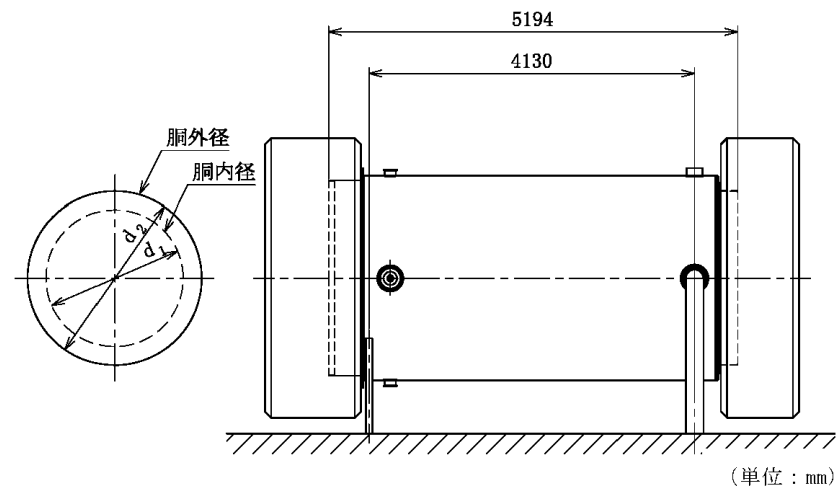
ここで、最も振動数の低い一次の固有振動数を計算する。 $\lambda = \pi$ (両端支持の一次固有振動に対する定数)として、計算条件と計算結果を(□)-第 A.12 表に示す。一方、輸送中に車両の最大加速度と振動数の関係において、輸送中の振動により輸送物に作用する励振力の振動数域は大部分が 10 Hz 以下であり、十分離れた固有振動数を有しているため、励振力による輸送物の応答増幅の影響はなく、輸送中の振動による荷重は A.5.3 の一般の試験条件の 0.3m 落下事象に包絡されることから、輸送物は予想される振動等によってき裂、破損等の生じるおそれはない。

また三次蓋は振動等により緩まないよう、A.4.5 にて考慮した左右方向加速度 1 g と下方向加速度 3 g による三次蓋の慣性力 (1.024×10^5 N) より十分大きい摩擦力 が生じるようにボルトによって強固に締め付けられており、振動等によって緩むことはない。

(□)-第 A.12 表 固有振動数計算条件及び計算結果

項目	無次元定数： λ (-)	縦弾性係数： E (MPa)	胴外径： d ₂ (mm)	胴内径： d ₁ (mm)	輸送容器 支持間長さ： ℓ (mm)
数値等	π	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	4130

項目	輸送物総質量： W (kg)	重力加速度： g (mm/s ²)	輸送容器本体 全長：L (mm)	固有振動数： f _n (Hz)
数値等	1.344×10^5	9.80665×10^3	5194	215



(□)-第 A.15 図 輸送容器振動解析モデル図

(□)-A-60

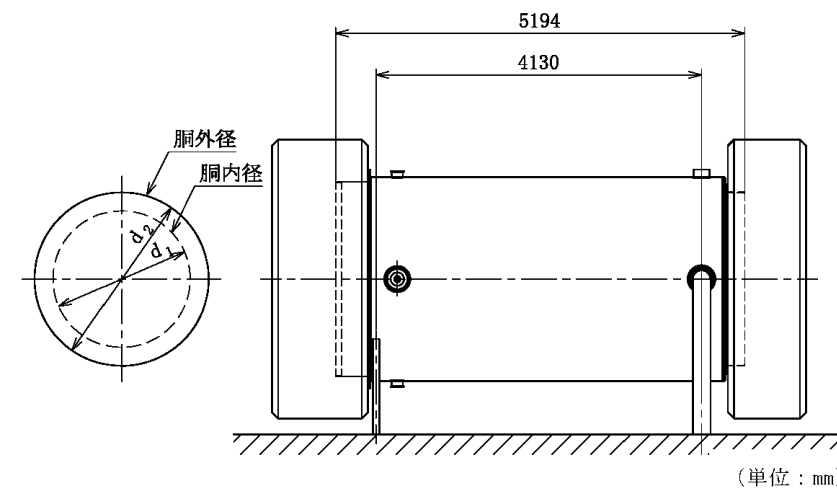
ここで、最も振動数の低い一次の固有振動数を計算する。 $\lambda = \pi$ (両端支持の一次固有振動に対する定数)として、計算条件と計算結果を(□)-第 A.12 表に示す。一方、輸送中に車両の最大加速度と振動数の関係において、輸送中の振動により輸送物に作用する励振力の振動数域は大部分が 10 Hz 以下であり、十分離れた固有振動数を有しているため、励振力による輸送物の応答増幅の影響はなく、輸送中の振動による荷重は A.5.3 の一般の試験条件の 0.3m 落下事象に包絡されることから、輸送物は予想される振動等によってき裂、破損等の生じるおそれはない。

また三次蓋は振動等により緩まないよう、A.4.5 にて考慮した左右方向加速度 1 g と下方向加速度 3 g による三次蓋の慣性力 (1.024×10^5 N) より十分大きい摩擦力 が生じるようにボルトによって強固に締め付けられており、振動等によって緩むことはない。

(□)-第 A.12 表 固有振動数計算条件及び計算結果

項目	無次元定数： λ (-)	縦弾性係数： E (MPa)	胴外径： d ₂ (mm)	胴内径： d ₁ (mm)	輸送容器 支持間長さ： ℓ (mm)
数値等	π	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	4130

項目	輸送物総質量： W (kg)	重力加速度： g (mm/s ²)	輸送容器本体 全長：L (mm)	固有振動数： f _n (Hz)
数値等	1.344×10^5	9.80665×10^3	5194	215



(□)-第 A.15 図 輸送容器振動解析モデル図

(□)-A-60

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. 4. 8 輸送物の要件に対する評価結果の要約

以上の結果より通常の輸送時における輸送物の要件に対する評価結果の要約を(ロ)-第A.13表に示す。

(ロ)-第A.13表 輸送物の要件に対する評価結果の要約

解析及びその詳細	解析基準	解析基準値	解析結果等	余裕率等 (MS)
・化学的及び電氣的反応 化学的反應 電氣的反應	反応のないこと 反応のないこと	— —	反応なし 反応なし	基準に合致 基準に合致
・低温強度 構成部品の低温特性	-20℃でのき裂、 破損のないこと 低温脆化温度	—	き裂、破損なし	基準に合致
低温時の強度		-20℃	-20℃では低 温脆化なし	基準に合致
・密封装置の誤操作による開放 の可能性 三次蓋	可能性がないこと	—	可能性なし	基準に合致
・吊上装置 1. 応力評価				
トランオン本体	S_y	653 MPa	449 MPa	0.45
トランオン接続部 (一次応力)	$1.25S_y$	231 MPa	174 MPa	0.32
(一次応力+二次応力)	$1.5 \times 1.25S_y$	346 MPa	219 MPa	0.57
2. 疲労評価				
トランオン本体	許容繰返し回数以下 であること	許容繰返し回数 6.8×10^8 回	使用計画回数 200 回	基準に合致
トランオン接続部	許容繰返し回数以下 であること	許容繰返し回数 1.0×10^4 回	使用計画回数 200 回	基準に合致
・固縛装置				
トランオン本体	S_y	653 MPa	232 MPa	1.81
トランオン接続部 (一次応力)	$1.25S_y$	231 MPa	151 MPa	0.52
(一次応力+二次応力)	$1.5 \times 1.25S_y$	346 MPa	195 MPa	0.77
・圧力	密封性	—	良	基準に合致
・振動	振動性	固有振動数 (215 Hz) と輸送による振動数 (10 Hz) の差が大であり、輸送物の応答増幅の影響はなく、輸送中の振動による荷重は、一般の試験条件の 0.3m 落下事象に包絡されることから、輸送物にき裂、破損等は生じない。		

(ロ)-A-61

A. 4. 8 輸送物の要件に対する評価結果の要約

以上の結果より通常の輸送時における輸送物の要件に対する評価結果の要約を(ロ)-第A.13表に示す。

(ロ)-第A.13表 輸送物の要件に対する評価結果の要約

解析及びその詳細	解析基準	解析基準値	解析結果等	余裕率等 (MS)
・化学的及び電氣的反応 化学的反應 電氣的反應	反応のないこと 反応のないこと	— —	反応なし 反応なし	基準に合致 基準に合致
・低温強度 構成部品の低温特性	-20℃でのき裂、 破損のないこと 低温脆化温度	—	き裂、破損なし	基準に合致
低温時の強度		-20℃	-20℃では低 温脆化なし	基準に合致
・密封装置の誤操作による開放 の可能性 三次蓋	可能性がないこと	—	可能性なし	基準に合致
・吊上装置 1. 応力評価				
トランオン本体	S_y	653 MPa	449 MPa	0.45
トランオン接続部 (一次応力)	$1.25S_y$	231 MPa	174 MPa	0.32
(一次応力+二次応力)	$1.5 \times 1.25S_y$	346 MPa	219 MPa	0.57
2. 疲労評価				
トランオン本体	許容繰返し回数以下 であること	許容繰返し回数 6.8×10^8 回	使用計画回数 200 回	基準に合致
トランオン接続部	許容繰返し回数以下 であること	許容繰返し回数 1.0×10^4 回	使用計画回数 200 回	基準に合致
・固縛装置				
トランオン本体	S_y	653 MPa	232 MPa	1.81
トランオン接続部 (一次応力)	$1.25S_y$	231 MPa	151 MPa	0.52
(一次応力+二次応力)	$1.5 \times 1.25S_y$	346 MPa	195 MPa	0.77
・圧力	密封性	—	良	基準に合致
・振動	振動性	固有振動数 (215 Hz) と輸送による振動数 (10 Hz) の差が大であり、輸送物の応答増幅の影響はなく、輸送中の振動による荷重は、一般の試験条件の 0.3m 落下事象に包絡されることから、輸送物にき裂、破損等は生じない。		

(ロ)-A-61

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

A.5 一般の試験条件

A.5.1 熱的試験

A.5.1.1 温度及び圧力の要約

1. 温度

一般の試験条件における輸送物各部の温度分布は(ロ)章 B の熱解析から求まる。各部位の最高温度と解析基準値を定める温度を(ロ)-第 A.14 表に示す。

(ロ)-第 A.14 表 一般の試験条件における最高温度の要約

(単位：℃)

部位	熱解析結果		解析基準値 設定温度
	17×17燃料 収納時	15×15燃料 収納時	
胴 (本体部)	121	121	
胴 (フランジ部)	111	111	
胴 (底板)	133	133	
一次蓋	110	110	
二次蓋	105	105	
三次蓋	103	103	
一次蓋ボルト	109	110	
二次蓋ボルト	105	105	
三次蓋ボルト	103	103	
外筒	114	114	
下部端板	115	115	
蓋部中性子遮蔽材カバー	108	108	
底部中性子遮蔽材カバー	117	117	
トラニオン	118	118	
バスケット	177	178	
燃料集合体	206	206	

(ロ)-A-62

先行設計承認申請書記載事項

A.5 一般の試験条件

A.5.1 熱的試験

A.5.1.1 温度及び圧力の要約

1. 温度

一般の試験条件における輸送物各部の温度分布は(ロ)章 B の熱解析から求まる。各部位の最高温度と解析基準値を定める温度を(ロ)-第 A.14 表に示す。

(ロ)-第 A.14 表 一般の試験条件における最高温度の要約

(単位：℃)

部位	熱解析結果	解析基準値設定温度
胴 (本体部)	121	
胴 (フランジ部)	111	
胴 (底板)	133	
一次蓋	110	
二次蓋	105	
三次蓋	103	
一次蓋ボルト	109	
二次蓋ボルト	105	
三次蓋ボルト	103	
外筒	114	
下部端板	115	
蓋部中性子遮蔽材カバー	108	
底部中性子遮蔽材カバー	117	
トラニオン	118	
バスケット	177	
燃料集合体	206	

(ロ)-A-62

備考

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

2. 圧力

(ロ)章 B の熱解析から求まる一般の試験条件における輸送容器各部の圧力及び構造解析で使用する圧力を(ロ)-第 A.15 表に示す。

(ロ)-第 A.15 表 一般の試験条件の熱解析の要約と評価

項目	熱解析結果	構造解析使用圧力	圧力設定方法
胴内圧	0.0780 MPa (-0.0233 MPa G)	0 MPa (-0.101325 MPa G)	内外圧力差が最大となるように最低圧(真空)を仮定
一二次蓋間 ^(注1) 圧力	0.390 MPa (0.289 MPa G)	0.411325 MPa (0.31 MPa G)	内外圧力差が最大となるように熱解析に余裕を取った値を使用
二三次蓋間圧力	0.253 MPa (0.152 MPa G)	0.291325 MPa (0.19 MPa G)	三次蓋に対して安全側になるように熱解析結果に余裕を取った値を使用

(注 1) 胴、一次蓋及び二次蓋に囲まれた空間をいう。

なお、蓋部中性子遮蔽材充填空間は、当該空間の水の存在による圧力上昇を考慮して、 MPa G (MPa) とする。この圧力は製造時の周囲温度が仮に-20℃であった場合、温度上昇により製造時の周囲温度が常温であった場合に比べて最大 11%増加する可能性がある。この圧力上昇による蓋部中性子遮蔽材カバーの応力増加は 1MPa であり、A.5.3 の一般の試験条件の 0.3m 落下事象において解析基準値に対して 1MPa 以上の余裕を有していることを確認している。

側部中性子遮蔽材充填空間は、外筒部を MPa G (MPa)、端板部を MPa G (MPa)、底部中性子遮蔽材充填空間は、 MPa G (MPa) とする。側部中性子遮蔽材充填空間及び底部中性子遮蔽材充填空間の圧力は輸送前の保守により圧力が開放される。この圧力は、圧力開放時の周囲温度が-20℃であった場合、温度上昇により圧力開放時の周囲温度が 38℃であった場合に比べて側部中性子遮蔽材空間の外筒部で最大 29%、端板部で最大 67%、底部中性子遮蔽材空間で最大 20%増加する可能性がある。この圧力上昇による応力増加は外筒で 10MPa、下部端板で 8MPa、底部中性子遮蔽材カバーで 6MPa であり、A.5.3 の一般の試験条件の 0.3m 落下事象において解析基準値に対して外筒で 10MPa、下部端板で 8MPa、底部中性子遮蔽材カバーで 6MPa 以上の余裕を有していることを確認している。

(ロ)-A-63

2. 圧力

(ロ)章 B の熱解析から求まる一般の試験条件における輸送容器各部の圧力及び構造解析で使用する圧力を(ロ)-第 A.15 表に示す。

(ロ)-第 A.15 表 一般の試験条件の熱解析の要約と評価

項目	熱解析結果	構造解析使用圧力	圧力設定方法
胴内圧	0.0780 MPa (-0.0233 MPa G)	0 MPa (-0.101325 MPa G)	内外圧力差が最大となるように最低圧(真空)を仮定
一二次蓋間 ^(注1) 圧力	0.390 MPa (0.289 MPa G)	0.411325 MPa (0.31 MPa G)	内外圧力差が最大となるように熱解析に余裕を取った値を使用
二三次蓋間圧力	0.253 MPa (0.152 MPa G)	0.291325 MPa (0.19 MPa G)	三次蓋に対して安全側になるように熱解析結果に余裕を取った値を使用

(注 1) 胴、一次蓋及び二次蓋に囲まれた空間をいう。

なお、蓋部中性子遮蔽材充填空間は、当該空間の水の存在による圧力上昇を考慮して、 MPa G (MPa) とする。この圧力は製造時の周囲温度が仮に-20℃であった場合、温度上昇により製造時の周囲温度が常温であった場合に比べて最大 11%増加する可能性がある。この圧力上昇による蓋部中性子遮蔽材カバーの応力増加は 1MPa であり、A.5.3 の一般の試験条件の 0.3m 落下事象において解析基準値に対して 1MPa 以上の余裕を有していることを確認している。

側部中性子遮蔽材充填空間は、外筒部を MPa G (MPa)、端板部を MPa G (MPa)、底部中性子遮蔽材充填空間は、 MPa G (MPa) とする。側部中性子遮蔽材充填空間及び底部中性子遮蔽材充填空間の圧力は輸送前の保守により圧力が開放される。この圧力は、圧力開放時の周囲温度が-20℃であった場合、温度上昇により圧力開放時の周囲温度が 38℃であった場合に比べて側部中性子遮蔽材空間の外筒部で最大 29%、端板部で最大 67%、底部中性子遮蔽材空間で最大 20%増加する可能性がある。この圧力上昇による応力増加は外筒で 10MPa、下部端板で 8MPa、底部中性子遮蔽材カバーで 6MPa であり、A.5.3 の一般の試験条件の 0.3m 落下事象において解析基準値に対して外筒で 10MPa、下部端板で 8MPa、底部中性子遮蔽材カバーで 6MPa 以上の余裕を有していることを確認している。

(ロ)-A-63

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. 5. 1. 2 熱膨張</p> <p>輸送容器には熱膨張により応力が発生する。発生応力の計算を A. 5. 1. 3 に示す。</p> <p>なお、本輸送物は周囲温度-20 ℃～38 ℃の温度範囲において使用するが、当該温度範囲における輸送物の各部品の熱膨張に伴う寸法変化は十分に小さく、最も熱膨張の差の大きいバスケットと胴においても隙間が□以上あり部品同士の干渉は生じないため、周囲温度の変化によりき裂、破損等の生じるおそれはない。</p> <p>A. 5. 1. 3 応力計算</p> <p>1. 容器本体</p> <p>本項では、一般の試験条件におけるキャスク本体（本体（胴、外筒及び底部中性子遮蔽材カバー）、一次蓋（蓋板及び蓋部中性子遮蔽材カバー）、二次蓋、三次蓋及び蓋ボルトからなる構成体をいう。）各部の応力計算を行う。B. 4. 2 に示す温度分布及び輸送容器に作用する圧力を荷重条件とし、解析は有限要素法による ABAQUS コードを用いて行う。</p> <p>(1) 解析モデル</p> <p>解析モデルとして(イ)-第 C. 5 図に基づいて作成した(ロ)-第 A. 16 図に示す三次元 180°対称モデルを用いる。</p> <p>本解析モデルは、胴、外筒、下部端板、中性子遮蔽材、一次蓋、二次蓋、三次蓋、蓋部中性子遮蔽材カバー及び底部中性子遮蔽材カバー等より構成される。なお、一次蓋、二次蓋及び三次蓋は蓋ボルトにより胴に接続され、蓋と胴との接触が考慮されている。</p> <p>(2) 荷重条件及び境界条件</p> <p>荷重条件及び境界条件を(ロ)-第 A. 17 図に示す。</p> <p>(ロ)-A-64</p>	<p>A. 5. 1. 2 熱膨張</p> <p>輸送容器には熱膨張により応力が発生する。発生応力の計算を A. 5. 1. 3 に示す。</p> <p>なお、本輸送物は周囲温度-20 ℃～38 ℃の温度範囲において使用するが、当該温度範囲における輸送物の各部品の熱膨張に伴う寸法変化は十分に小さく、最も熱膨張の差の大きいバスケットと胴においても隙間が□以上あり部品同士の干渉は生じないため、周囲温度の変化によりき裂、破損等の生じるおそれはない。</p> <p>A. 5. 1. 3 応力計算</p> <p>1. 容器本体</p> <p>本項では、一般の試験条件におけるキャスク本体（本体（胴、外筒及び底部中性子遮蔽材カバー）、一次蓋（蓋板及び蓋部中性子遮蔽材カバー）、二次蓋、三次蓋及び蓋ボルトからなる構成体をいう。）各部の応力計算を行う。B. 4. 2 に示す温度分布及び輸送容器に作用する圧力を荷重条件とし、解析は有限要素法による ABAQUS コードを用いて行う。</p> <p>(1) 解析モデル</p> <p>解析モデルとして(イ)-第 C. 5 図に基づいて作成した(ロ)-第 A. 16 図に示す三次元 180°対称モデルを用いる。</p> <p>本解析モデルは、胴、外筒、下部端板、中性子遮蔽材、一次蓋、二次蓋、三次蓋、蓋部中性子遮蔽材カバー及び底部中性子遮蔽材カバー等より構成される。なお、一次蓋、二次蓋及び三次蓋は蓋ボルトにより胴に接続され、蓋と胴との接触が考慮されている。</p> <p>(2) 荷重条件及び境界条件</p> <p>荷重条件及び境界条件を(ロ)-第 A. 17 図に示す。</p> <p>(ロ)-A-64</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="418 485 1124 1562" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="563 1646 955 1684" data-label="Caption"> <p>(x)-第 A.16 図 三次元 180° 対称モデル</p> </div> <div data-bbox="715 1770 816 1803" data-label="Text"> <p>(x)-A-65</p> </div>	<div data-bbox="1644 485 2350 1562" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1807 1646 2202 1684" data-label="Caption"> <p>(x)-第 A.16 図 三次元 180° 対称モデル</p> </div> <div data-bbox="1955 1770 2059 1803" data-label="Text"> <p>(x)-A-65</p> </div>	



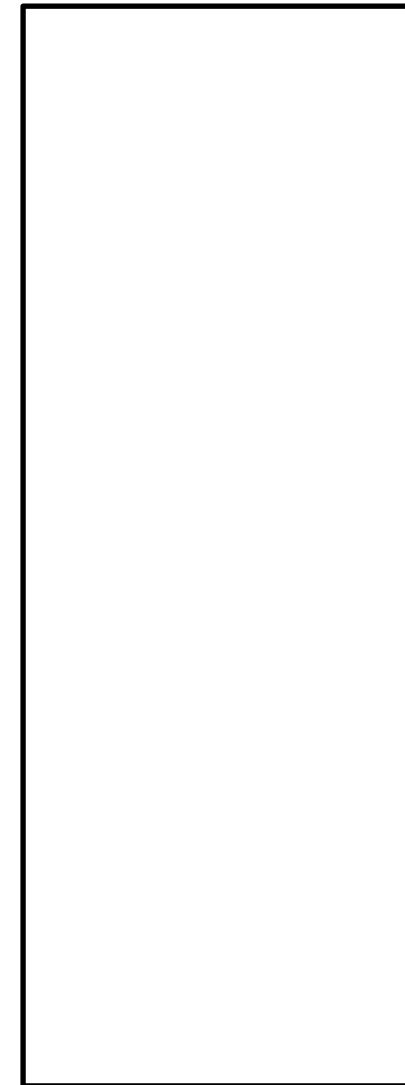
P_i : 胴内圧 (-0.101325 MPa G)
 P_{ii} : 一二次蓋間圧力 (0.31 MPa G)
 P_{iii} : 二三次蓋間圧力 (0.19 MPa G)
 P_{sr} : 側部中性子遮蔽材部 (外筒側面) 圧力
 MPa G)
 P_{or} : 側部中性子遮蔽材部 (端板面) 圧力
 MPa G)
 P_{tr} : 蓋部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{br} : 底部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{bi} : 一次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{bii} : 二次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{biii} : 三次蓋ボルト初期締付力 MPa)



(ボルト初期締付力：一次蓋ボルトの例)

(p)-第 A. 17 図 一般の試験条件の熱的試験における荷重条件及び境界条件

(p)-A-66



P_i : 胴内圧 (-0.101325 MPa G)
 P_{ii} : 一二次蓋間圧力 (0.31 MPa G)
 P_{iii} : 二三次蓋間圧力 (0.19 MPa G)
 P_{sr} : 側部中性子遮蔽材部 (外筒側面) 圧力
 MPa G)
 P_{or} : 側部中性子遮蔽材部 (端板面) 圧力
 MPa G)
 P_{tr} : 蓋部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{br} : 底部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{bi} : 一次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{bii} : 二次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{biii} : 三次蓋ボルト初期締付力 MPa)

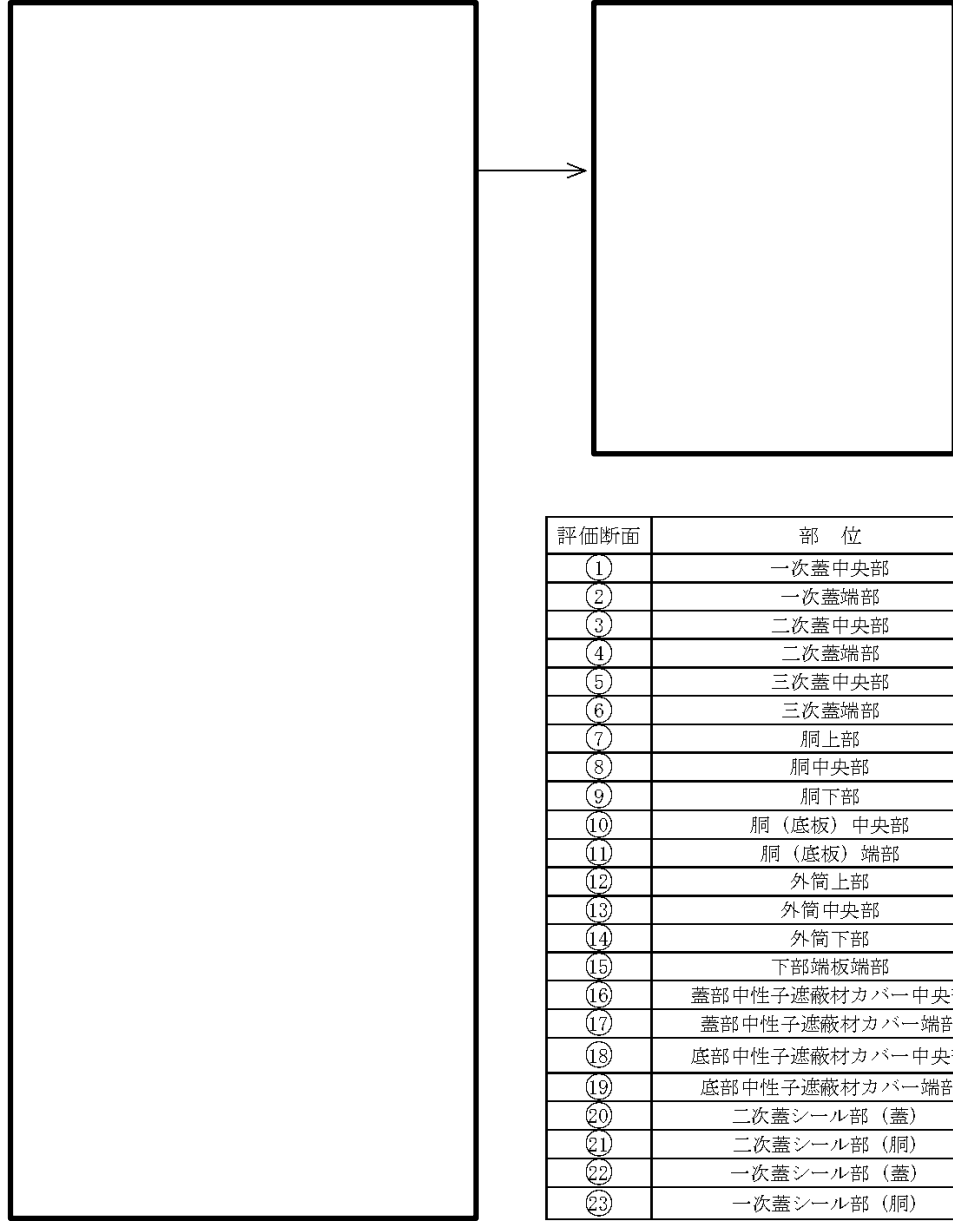


(ボルト初期締付力：一次蓋ボルトの例)

(p)-第 A. 17 図 一般の試験条件の熱的試験における荷重条件及び境界条件

(p)-A-66

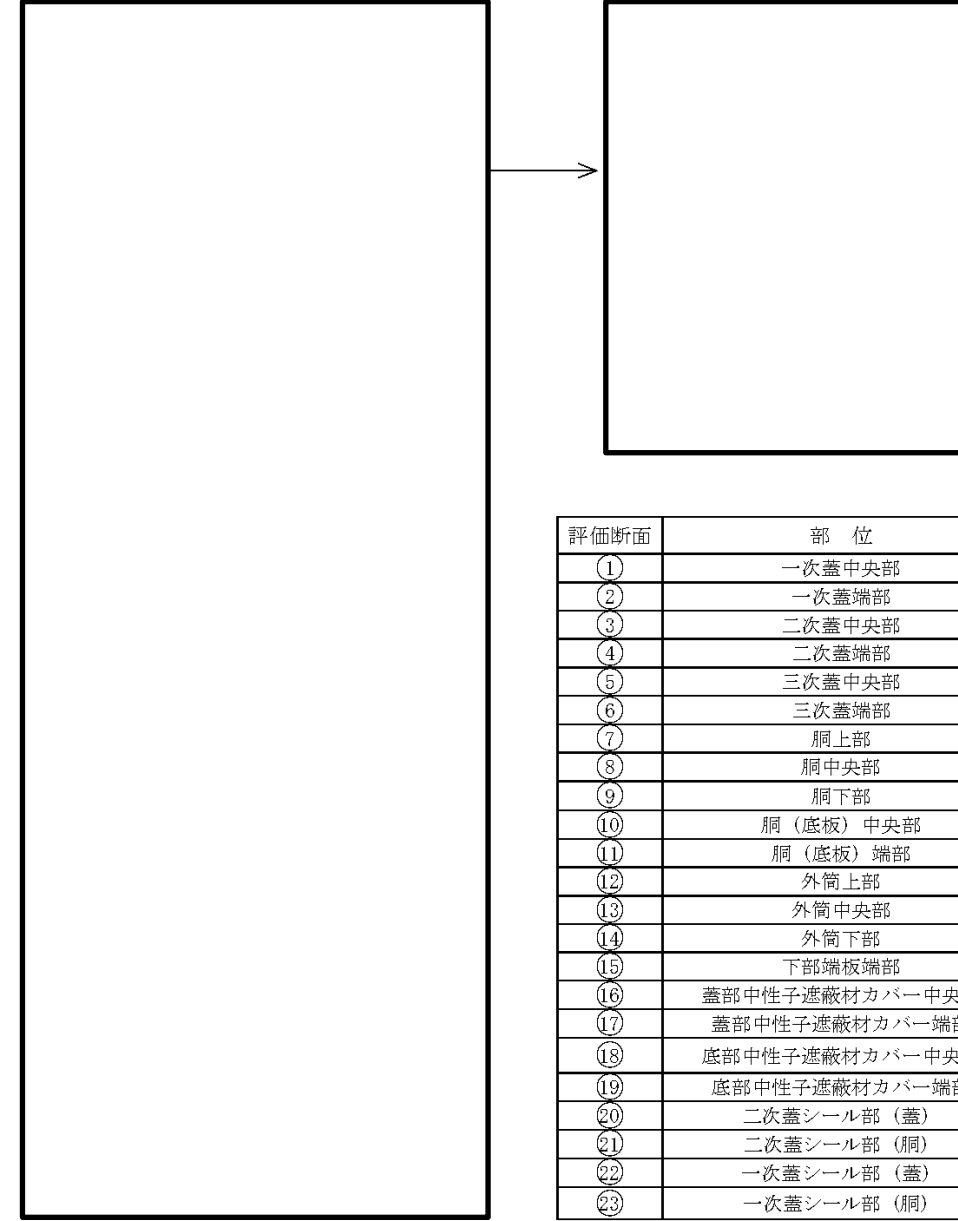
型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>(3) 解析結果</p> <p>a. 胴内圧等による応力解析結果</p> <p>(a)-第 A.18 図に示す主要な評価位置における胴内圧等による応力の評価結果を(a)-第 A.16 表に示す。表に示すように、いずれの応力も A.1.2 に定めた解析基準値以下である。</p> <p>(v)-A-67</p>	<p>(3) 解析結果</p> <p>a. 胴内圧等による応力解析結果</p> <p>(a)-第 A.18 図に示す主要な評価位置における胴内圧等による応力の評価結果を(a)-第 A.16 表に示す。表に示すように、いずれの応力も A.1.2 に定めた解析基準値以下である。</p> <p>(v)-A-67</p>	



(注)評価断面⑨-2は下部トランニオンを取り付けていない断面を含む。

(p)-第 A. 18 図 一般の試験条件の熱的試験における応力評価位置

(p)-A-68



(注)評価断面⑨-2は下部トランニオンを取り付けていない断面を含む。

(p)-第 A. 18 図 一般の試験条件の熱的試験における応力評価位置

(p)-A-68

(ロ)-第 A.16 表 一般の試験条件における圧力による容器本体の一次応力の評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
一次蓋	①	P _n	—	1	—	124	123
		P _L +P _b	内	7		186	25.5
	外		6	—		30.0	
②	P _L	—	5	186		36.2	
二次蓋	③	P _n	—	2		124	61.0
		P _L +P _b	内	11		186	15.9
	外		13	—		13.3	
④	P _L	—	4	186		45.5	
三次蓋	⑤	P _n	—	4		137	33.2
		P _L +P _b	内	19		205	9.78
	外		18	—		10.3	
⑥	P _L	—	6	205		33.1	
胴	⑦	P _L	—	2		186	92.0
	⑧	P _n	—	2		123	60.5
		P _L +P _b	内	3	184	60.3	
	外		2	—	91.0		
	⑨-1	P _L	—	2	184	91.0	
⑨-2	P _L	—	2	—	91.0		
胴 (底板)	⑩	P _n	—	1	122	121	
		P _L +P _b	内	1	183	182	
	外		1	—	182		
⑪	P _L	—	1	183	182		
外筒	⑫	引張	—	10	156	14.6	
		圧縮	—	—	156	—	
		せん断	—	7	90	11.8	
		曲げ	—	33	156	3.72	
	⑬	引張	—	21	156	6.42	
		圧縮	—	1	156	155	
		せん断	—	1	90	89.0	
		曲げ	—	2	156	77.0	
	⑭	引張	—	6	156	25.0	
		圧縮	—	2	156	77.0	
		せん断	—	8	90	10.2	
		曲げ	—	35	156	3.45	

(注1) (ロ)-第 A.18 図参照

(注2) P_n : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注3) 断面①~⑩の P_n に対する基準値は S_n、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は 1.5S_n である。断面⑫~⑭における引張応力に対する基準値は f_t、圧縮応力に対する基準値は f_c、せん断応力に対する基準値は f_s、曲げ応力に対する基準値は f_b である。

(ロ)-第 A.16 表 一般の試験条件における圧力による容器本体の一次応力の評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
一次蓋	①	P _n	—	1	—	124	123
		P _L +P _b	内	7		186	25.5
	外		6	—		30.0	
②	P _L	—	5	186		36.2	
二次蓋	③	P _n	—	2		124	61.0
		P _L +P _b	内	11		186	15.9
	外		13	—		13.3	
④	P _L	—	4	186		45.5	
三次蓋	⑤	P _n	—	4		137	33.2
		P _L +P _b	内	19		205	9.78
	外		18	—		10.3	
⑥	P _L	—	6	205		33.1	
胴	⑦	P _L	—	2		186	92.0
	⑧	P _n	—	2		123	60.5
		P _L +P _b	内	3	184	60.3	
	外		2	—	91.0		
	⑨-1	P _L	—	2	184	91.0	
⑨-2	P _L	—	2	—	91.0		
胴 (底板)	⑩	P _n	—	1	122	121	
		P _L +P _b	内	1	183	182	
	外		1	—	182		
⑪	P _L	—	1	183	182		
外筒	⑫	引張	—	10	156	14.6	
		圧縮	—	—	156	—	
		せん断	—	7	90	11.8	
		曲げ	—	33	156	3.72	
	⑬	引張	—	21	156	6.42	
		圧縮	—	1	156	155	
		せん断	—	1	90	89.0	
		曲げ	—	2	156	77.0	
	⑭	引張	—	6	156	25.0	
		圧縮	—	2	156	77.0	
		せん断	—	8	90	10.2	
		曲げ	—	35	156	3.45	

(注1) (ロ)-第 A.18 図参照

(注2) P_n : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注3) 断面①~⑩の P_n に対する基準値は S_n、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は 1.5S_n である。断面⑫~⑭における引張応力に対する基準値は f_t、圧縮応力に対する基準値は f_c、せん断応力に対する基準値は f_s、曲げ応力に対する基準値は f_b である。

(ロ)-第 A.16 表 一般の試験条件における圧力による容器本体の一次応力の評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
下部端板	⑮	引張	—	2	[Redacted]	136	67.0
		圧縮	—	1		136	135
		せん断	—	3		78	25.0
		曲げ	—	12		136	10.3
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	—		157	—
		圧縮	—	1		157	156
		せん断	—	1		90	89.0
		曲げ	—	2		157	77.5
	⑰	引張	—	—		157	—
		圧縮	—	1		157	156
		せん断	—	1		90	89.0
		曲げ	—	3		157	51.3
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	2		136	67.0
		圧縮	—	1		136	135
		せん断	—	3		78	25.0
		曲げ	—	8		136	16.0
	⑲	引張	—	4	136	33.0	
		圧縮	—	—	136	—	
		せん断	—	5	78	14.6	
		曲げ	—	29	136	3.68	
二次蓋シール部	⑳	P _L	—	13	186	13.3	
一次蓋シール部	㉑	P _L	—	12	185	14.4	
一次蓋シール部	㉒	P _L	—	33	185	4.60	
一次蓋シール部	㉓	P _L	—	14	185	12.2	

(注1) (ロ)-第 A.18 図参照

(注2) P_a : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注3) 断面⑮~⑲における引張応力に対する基準値は f_t、圧縮応力に対する基準値は f_c、せん断応力に対する基準値は f_s、曲げ応力に対する基準値は f_b である。断面㉑~㉓の P_L に対する基準値は S_y である。

(ロ)-A-70

(ロ)-第 A.16 表 一般の試験条件における圧力による容器本体の一次応力の評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
下部端板	⑮	引張	—	2	[Redacted]	136	67.0
		圧縮	—	1		136	135
		せん断	—	3		78	25.0
		曲げ	—	12		136	10.3
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	—		157	—
		圧縮	—	1		157	156
		せん断	—	1		90	89.0
		曲げ	—	2		157	77.5
	⑰	引張	—	—		157	—
		圧縮	—	1		157	156
		せん断	—	1		90	89.0
		曲げ	—	3		157	51.3
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	2		136	67.0
		圧縮	—	1		136	135
		せん断	—	3		78	25.0
		曲げ	—	8		136	16.0
	⑲	引張	—	4	136	33.0	
		圧縮	—	—	136	—	
		せん断	—	5	78	14.6	
		曲げ	—	29	136	3.68	
二次蓋シール部	⑳	P _L	—	13	186	13.3	
一次蓋シール部	㉑	P _L	—	12	185	14.4	
一次蓋シール部	㉒	P _L	—	33	185	4.60	
一次蓋シール部	㉓	P _L	—	14	185	12.2	

(注1) (ロ)-第 A.18 図参照

(注2) P_a : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注3) 断面⑮~⑲における引張応力に対する基準値は f_t、圧縮応力に対する基準値は f_c、せん断応力に対する基準値は f_s、曲げ応力に対する基準値は f_b である。断面㉑~㉓の P_L に対する基準値は S_y である。

(ロ)-A-70

b. 圧力による応力と熱応力との組合せに対する容器本体の（一次＋二次）応力と蓋ボルトの応力評価結果
 A. 5. 1. 3 で求めた圧力による応力と熱応力との組合せに対する容器本体の（一次＋二次）応力と蓋ボルトの応力評価結果を(ロ)-第 A. 17 表に示す。この表に示すように、容器本体及び蓋ボルトは A. 1. 2 の解析基準値以下である。

b. 圧力による応力と熱応力との組合せに対する容器本体の（一次＋二次）応力と蓋ボルトの応力評価結果
 A. 5. 1. 3 で求めた圧力による応力と熱応力との組合せに対する容器本体の（一次＋二次）応力と蓋ボルトの応力評価結果を(ロ)-第 A. 17 表に示す。この表に示すように、容器本体及び蓋ボルトは A. 1. 2 の解析基準値以下である。

(ロ)-第 A. 17 表 一般の試験条件における熱及び圧力による容器本体の
 (一次＋二次) 応力及び蓋ボルトの評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力の種類	表面	応力強さ又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注2)	余裕率 (MS)
一次蓋	①	—	内	6	[Redacted]	372	61.0
			外	9			40.3
	②	—	内	8		372	45.5
			外	9			40.3
二次蓋	③	—	内	11		372	32.8
			外	12			30.0
	④	—	内	9		372	40.3
			外	11			32.8
三次蓋	⑤	—	内	21		411	18.5
			外	15			26.4
	⑥	—	内	24		411	16.1
			外	27	14.2		
胴	⑦	—	内	14	372	25.5	
			外	19		18.5	
	⑧	—	内	13	369	27.3	
			外	9		40.0	
	⑨-1	—	内	12	369	29.7	
			外	14		25.3	
	⑨-2	—	内	19	369	18.4	
			外	20		17.4	
胴(底板)	⑩	—	内	27	366	12.5	
			外	3		121	
	⑪	—	内	18	366	19.3	
			外	23		14.9	

(注1) (ロ)-第 A. 18 図参照
 (注2) 断面①～⑪における基準値は 3S_m である。

(ロ)-A-71

(ロ)-第 A. 17 表 一般の試験条件における熱及び圧力による容器本体の
 (一次＋二次) 応力及び蓋ボルトの評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力の種類	表面	応力強さ又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注2)	余裕率 (MS)
一次蓋	①	—	内	6	[Redacted]	372	61.0
			外	9			40.3
	②	—	内	8		372	45.5
			外	9			40.3
二次蓋	③	—	内	11		372	32.8
			外	12			30.0
	④	—	内	9		372	40.3
			外	11			32.8
三次蓋	⑤	—	内	21		411	18.5
			外	15			26.4
	⑥	—	内	24		411	16.1
			外	27	14.2		
胴	⑦	—	内	14	372	25.5	
			外	19		18.5	
	⑧	—	内	13	369	27.3	
			外	9		40.0	
	⑨-1	—	内	12	369	29.7	
			外	14		25.3	
	⑨-2	—	内	19	369	18.4	
			外	20		17.4	
胴(底板)	⑩	—	内	27	366	12.5	
			外	3		121	
	⑪	—	内	18	366	19.3	
			外	23		14.9	

(注1) (ロ)-第 A. 18 図参照
 (注2) 断面①～⑪における基準値は 3S_m である。

(ロ)-A-71

(ロ)-第 A.17 表 一般の試験条件下における熱及び圧力による容器本体の
(一次+二次) 応力及び蓋ボルトの評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力の種類 (注2)	表面	応力強さ又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
外筒	⑫	引張	—	47	—	470	9.00
		せん断	—	6		271	44.1
		曲げ	—	27		470	16.4
	⑬	引張	—	30		470	14.6
		せん断	—	2		271	134
		曲げ	—	5		470	93.0
	⑭	引張	—	82		470	4.73
		せん断	—	17		271	14.9
		曲げ	—	82		470	4.73
下部端板	⑮	引張	—	48		410	7.54
		せん断	—	24		236	8.83
		曲げ	—	109		410	2.76
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	2		472	235
		せん断	—	2		272	135
		曲げ	—	3		472	156
	⑰	引張	—	4		472	117
		せん断	—	1		272	271
		曲げ	—	2		472	235
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	34		410	11.0
		せん断	—	3		236	77.6
		曲げ	—	10		410	40.0
	⑲	引張	—	29	410	13.1	
		せん断	—	4	236	58.0	
		曲げ	—	21	410	18.5	
二次蓋シール部	⑳	—	内	22	186	7.45	
		—	外	10			17.6
	㉑	—	内	18		185	9.27
		—	外	16			
一次蓋シール部	㉒	—	内	27	185	5.85	
		—	外	60			2.08
	㉓	—	内	14		185	12.2
		—	外	15			
一次蓋ボルト	—	σ_m	—	249	562	1.25	
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	251	843	2.35	
二次蓋ボルト	—	σ_m	—	206	564	1.73	
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	219	846	2.86	
三次蓋ボルト	—	σ_m	—	229	564	1.46	
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	320	846	1.64	

(注1) (ロ)-第 A.18 図参照
 (注2) σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力
 (注3) 断面⑫~⑱における引張応力に対する基準値は $3f_t$ 、せん断応力に対する基準値は $3f_s$ 、曲げ応力に対する基準値は $3f_b$ である。断面㉒~㉓に対する基準値は S_y である。蓋ボルトの基準値は σ_m に対して $2S_m$ 、 $\sigma_m + \sigma_b$ に対して $3S_m$ である。なお、蓋ボルトの $2S_m$ 及び $3S_m$ の値は、 S_y より小さい。

(ロ)-A-72

(ロ)-第 A.17 表 一般の試験条件下における熱及び圧力による容器本体の
(一次+二次) 応力及び蓋ボルトの評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力の種類 (注2)	表面	応力強さ又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
外筒	⑫	引張	—	47	—	470	9.00
		せん断	—	6		271	44.1
		曲げ	—	27		470	16.4
	⑬	引張	—	30		470	14.6
		せん断	—	2		271	134
		曲げ	—	5		470	93.0
	⑭	引張	—	82		470	4.73
		せん断	—	17		271	14.9
		曲げ	—	82		470	4.73
下部端板	⑮	引張	—	48		410	7.54
		せん断	—	24		236	8.83
		曲げ	—	109		410	2.76
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	2		472	235
		せん断	—	2		272	135
		曲げ	—	3		472	156
	⑰	引張	—	4		472	117
		せん断	—	1		272	271
		曲げ	—	2		472	235
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	34		410	11.0
		せん断	—	3		236	77.6
		曲げ	—	10		410	40.0
	⑲	引張	—	29	410	13.1	
		せん断	—	4	236	58.0	
		曲げ	—	21	410	18.5	
二次蓋シール部	⑳	—	内	22	186	7.45	
		—	外	10			17.6
	㉑	—	内	18		185	9.27
		—	外	16			
一次蓋シール部	㉒	—	内	27	185	5.85	
		—	外	60			2.08
	㉓	—	内	14		185	12.2
		—	外	15			
一次蓋ボルト	—	σ_m	—	249	562	1.25	
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	251	843	2.35	
二次蓋ボルト	—	σ_m	—	206	564	1.73	
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	219	846	2.86	
三次蓋ボルト	—	σ_m	—	229	564	1.46	
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	320	846	1.64	

(注1) (ロ)-第 A.18 図参照
 (注2) σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力
 (注3) 断面⑫~⑱における引張応力に対する基準値は $3f_t$ 、せん断応力に対する基準値は $3f_s$ 、曲げ応力に対する基準値は $3f_b$ である。断面㉒~㉓に対する基準値は S_y である。蓋ボルトの基準値は σ_m に対して $2S_m$ 、 $\sigma_m + \sigma_b$ に対して $3S_m$ である。なお、蓋ボルトの $2S_m$ 及び $3S_m$ の値は、 S_y より小さい。

(ロ)-A-72

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. 5. 1. 4 許容応力との比較</p> <p>一般の試験条件の熱的試験において輸送容器に発生する応力は、A. 5. 1. 3 に示すように解析基準値を満足しており、健全性は維持される。</p> <p>なお、三次蓋ボルトは三次蓋と異なる材質のため、運搬中に予想される-20℃～38℃の周囲温度の変化により軸力が変化する。仮に周囲温度-20℃で三次蓋ボルトを締め付けた後38℃に置かれた場合は、ステンレス鋼製の三次蓋と合金鋼製の三次蓋ボルトの熱膨張係数の差により三次蓋ボルトの軸力が約5%増加するものの余裕率が0.05以上あるため、また周囲温度38℃で締め付けた後-20℃に置かれた場合には、軸力が約10%低下するもののOリングを締め付けるために必要な軸力を維持しているため、三次蓋ボルトにゆるみや破損を生じることはない。一方、一次蓋ボルトと二次蓋ボルトは、それぞれ一次蓋と二次蓋との温度の差及び熱膨張係数の差が小さいため、軸力の変化は三次蓋ボルトに比べ軽微であることから、ゆるみや破損を生じることはない。</p> <p>また、三次蓋とキャスク本体のOリング取付位置での相対口開き変形量は0.08mmであり、Oリングの初期締め付け代\squaremmより小さく、密封性が損なわれることはない。</p> <p>次に、疲労強度について評価する。評価は、密封境界を構成する部材で発生応力が比較的高く、複数容器間で共用するため使用計画回数が最も多い三次蓋及び三次蓋ボルトを代表として行う。設計疲労線図¹⁾より、三次蓋の許容繰返し回数は1×10^{11}回、三次蓋ボルトの許容繰返し回数は9.3×10^9回である。一方で、使用期間中に想定される三次蓋及び三次蓋ボルトの使用計画回数は60回（輸送回数：30回、輸送時使用回数：2回（輸送ごと））であり、許容繰返し回数を十分下回っていることから、三次蓋及び三次蓋ボルトの疲労強度は十分である。</p> <p>A. 5. 2 水噴霧</p> <p>本輸送容器の外側はステンレス鋼又は塗装を施した炭素鋼であり、水噴霧に対して吸水による脆化により密封性が損なわれたり、水溜りによる腐食が発生することがないため線量当量率の増加等を生じることはない。</p> <p>(p)-A-73</p>	<p>A. 5. 1. 4 許容応力との比較</p> <p>一般の試験条件の熱的試験において輸送容器に発生する応力は、A. 5. 1. 3 に示すように解析基準値を満足しており、健全性は維持される。</p> <p>なお、三次蓋ボルトは三次蓋と異なる材質のため、運搬中に予想される-20℃～38℃の周囲温度の変化により軸力が変化する。仮に周囲温度-20℃で三次蓋ボルトを締め付けた後38℃に置かれた場合は、ステンレス鋼製の三次蓋と合金鋼製の三次蓋ボルトの熱膨張係数の差により三次蓋ボルトの軸力が約5%増加するものの余裕率が0.05以上あるため、また周囲温度38℃で締め付けた後-20℃に置かれた場合には、軸力が約10%低下するもののOリングを締め付けるために必要な軸力を維持しているため、三次蓋ボルトにゆるみや破損を生じることはない。一方、一次蓋ボルトと二次蓋ボルトは、それぞれ一次蓋と二次蓋との温度の差及び熱膨張係数の差が小さいため、軸力の変化は三次蓋ボルトに比べ軽微であることから、ゆるみや破損を生じることはない。</p> <p>また、三次蓋とキャスク本体のOリング取付位置での相対口開き変形量は0.08mmであり、Oリングの初期締め付け代\squaremmより小さく、密封性が損なわれることはない。</p> <p>次に、疲労強度について評価する。評価は、密封境界を構成する部材で発生応力が比較的高く、複数容器間で共用するため使用計画回数が最も多い三次蓋及び三次蓋ボルトを代表として行う。設計疲労線図¹⁾より、三次蓋の許容繰返し回数は1×10^{11}回、三次蓋ボルトの許容繰返し回数は9.3×10^9回である。一方で、使用期間中に想定される三次蓋及び三次蓋ボルトの使用計画回数は60回（輸送回数：30回、輸送時使用回数：2回（輸送ごと））であり、許容繰返し回数を十分下回っていることから、三次蓋及び三次蓋ボルトの疲労強度は十分である。</p> <p>A. 5. 2 水噴霧</p> <p>本輸送容器の外側はステンレス鋼又は塗装を施した炭素鋼であり、水噴霧に対して吸水による脆化により密封性が損なわれたり、水溜りによる腐食が発生することがないため線量当量率の増加等を生じることはない。</p> <p>(p)-A-73</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. 5.3 自由落下</p> <p>A. 5.3.1 落下時の緩衝体の変形量と衝撃加速度</p> <p>ここでは、A. 1.2 のうち、一般の試験条件の自由落下試験において規則及び告示に規定された輸送物の健全性について評価を行う。本輸送物の最大総質量は 134.4 トンであるため、告示により、落下高さは 0.3 m となる。輸送物が 0.3 m 落下した場合、その落下エネルギーは容器本体の上下部に取り付けられた緩衝体の変形によって吸収される。</p> <p>本項では、自由落下試験時の緩衝体の変形量及び衝撃加速度について評価し、輸送容器の健全性を評価する。</p> <p>緩衝体の変形量及び衝撃加速度の解析条件を以下に述べる。</p> <p>1. 解析モデル</p> <p>(1) 解析する落下姿勢</p> <p>輸送物の落下姿勢として次の 3 種類を考える。(p)-第 A.19 図参照</p> <p>① 垂直落下</p> <p>② 水平落下</p> <p>③ コーナー落下</p> <p>(2) 解析方法</p> <p>① 輸送物の落下エネルギーは緩衝体の弾塑性変形によって全て吸収されるものとする。この仮定では、緩衝体を除いた輸送物及び落下試験台を剛体とし、落下エネルギーの振動及び熱等への消費を無視することになるので、落下による緩衝体の変形を大きく評価し安全側の解析となる。</p> <p>② 解析に用いる輸送物の質量に関する数値は、(イ)章 C.5 で示した通常輸送時における輸送物最大総質量 134.4 トンを用いる。</p> <p>落下エネルギーは次式で与えられる。</p> $E_k = mgH$ <p>ただし、</p> <p>E_k : 輸送物の落下エネルギー (N・mm)</p> <p>m : 輸送物最大総質量 (kg)</p> <p>g : 重力加速度 (m/s^2)</p> <p>H : 落下高さ (mm)</p> <p>計算条件と計算結果を (p)-第 A.18 表に示す。</p> <p>(p)-A-74</p>	<p>A. 5.3 自由落下</p> <p>A. 5.3.1 落下時の緩衝体の変形量と衝撃加速度</p> <p>ここでは、A. 1.2 のうち、一般の試験条件の自由落下試験において規則及び告示に規定された輸送物の健全性について評価を行う。本輸送物の最大総質量は 134.4 トンであるため、告示により、落下高さは 0.3 m となる。輸送物が 0.3 m 落下した場合、その落下エネルギーは容器本体の上下部に取り付けられた緩衝体の変形によって吸収される。</p> <p>本項では、自由落下試験時の緩衝体の変形量及び衝撃加速度について評価し、輸送容器の健全性を評価する。</p> <p>緩衝体の変形量及び衝撃加速度の解析条件を以下に述べる。</p> <p>1. 解析モデル</p> <p>(1) 解析する落下姿勢</p> <p>輸送物の落下姿勢として次の 3 種類を考える。(p)-第 A.19 図参照</p> <p>① 垂直落下</p> <p>② 水平落下</p> <p>③ コーナー落下</p> <p>(2) 解析方法</p> <p>① 輸送物の落下エネルギーは緩衝体の弾塑性変形によって全て吸収されるものとする。この仮定では、緩衝体を除いた輸送物及び落下試験台を剛体とし、落下エネルギーの振動及び熱等への消費を無視することになるので、落下による緩衝体の変形を大きく評価し安全側の解析となる。</p> <p>② 解析に用いる輸送物の質量に関する数値は、(イ)章 C.5 で示した通常輸送時における輸送物最大総質量 134.4 トンを用いる。</p> <p>落下エネルギーは次式で与えられる。</p> $E_k = mgH$ <p>ただし、</p> <p>E_k : 輸送物の落下エネルギー (N・mm)</p> <p>m : 輸送物最大総質量 (kg)</p> <p>g : 重力加速度 (m/s^2)</p> <p>H : 落下高さ (mm)</p> <p>計算条件と計算結果を (p)-第 A.18 表に示す。</p> <p>(p)-A-74</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 A.18 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 総質量 : 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	300	3.955×10 ⁸

- ③ 緩衝体の変形量と衝撃力の計算は CRUSH コード¹⁸⁾を用いて行う。このコードにおいてはエネルギー吸収に寄与する部材は安全側に内部の木材のみとして、緩衝体の変形量を単軸変形法 (UDM) により求めている。
- ④ 衝撃力については解析と実験との比較検証により得られた誤差±20 %を考慮した負荷係数 1.2¹⁸⁾を③で求められる衝撃力に乗じる。
- ⑤ 木材は、木目 (又は積層) 方向と、木目 (又は積層) と直角方向で圧潰特性が異なる。各々の方向における特性を (a)-第 A.20 図～(a)-第 A.22 図に示す。木目 (又は積層) 方向とある角度を持つ落下方向に対しては、異方性の影響を考慮する。
- ⑥ 水平落下においては、上部緩衝体と下部緩衝体の吸収エネルギー比を 50%ずつとして解析している。また、緩衝体の変形量は、上部緩衝体と下部緩衝体の変形が大きい方の値としている。

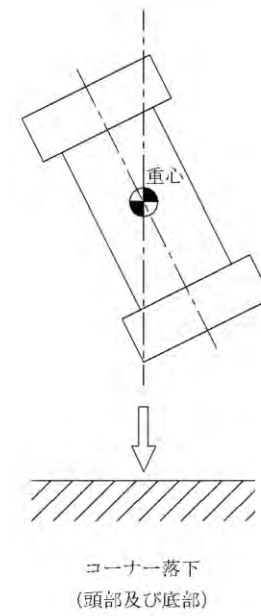
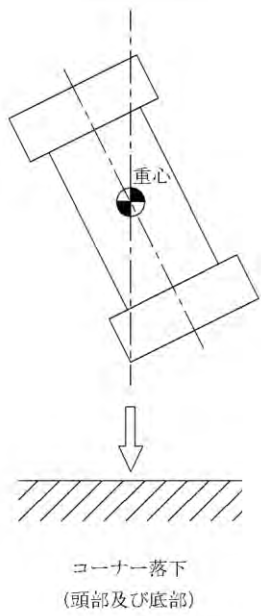
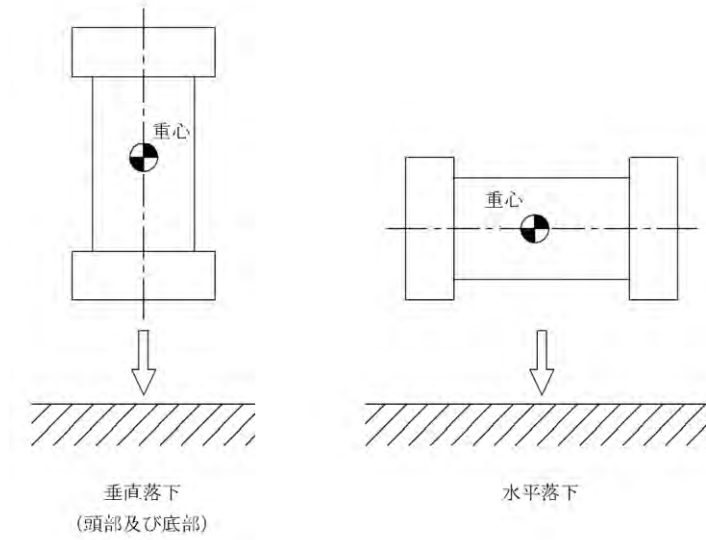
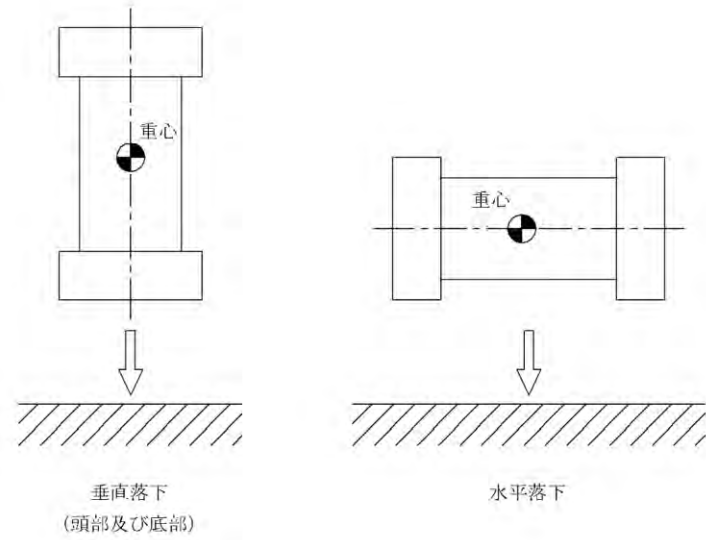
(a)-A-75

(a)-第 A.18 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 総質量 : 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	300	3.955×10 ⁸

- ③ 緩衝体の変形量と衝撃力の計算は CRUSH コード¹⁸⁾を用いて行う。このコードにおいてはエネルギー吸収に寄与する部材は安全側に内部の木材のみとして、緩衝体の変形量を単軸変形法 (UDM) により求めている。
- ④ 衝撃力については解析と実験との比較検証により得られた誤差±20 %を考慮した負荷係数 1.2¹⁸⁾を③で求められる衝撃力に乗じる。
- ⑤ 木材は、木目 (又は積層) 方向と、木目 (又は積層) と直角方向で圧潰特性が異なる。各々の方向における特性を (a)-第 A.20 図～(a)-第 A.22 図に示す。木目 (又は積層) 方向とある角度を持つ落下方向に対しては、異方性の影響を考慮する。
- ⑥ 水平落下においては、上部緩衝体と下部緩衝体の吸収エネルギー比を 50%ずつとして解析している。また、緩衝体の変形量は、上部緩衝体と下部緩衝体の変形が大きい方の値としている。

(a)-A-75



(p)-第 A.19 図 0.3 m 落下試験での落下姿勢

(p)-第 A.19 図 0.3 m 落下試験での落下姿勢

(p)-A-76

(p)-A-76

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="448 489 1080 917" style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> <p data-bbox="596 961 928 993">(a)-第 A.20 図 の圧潰特性</p> <div data-bbox="448 1102 1080 1530" style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> <p data-bbox="596 1587 928 1619">(a)-第 A.21 図 の圧潰特性</p> <p data-bbox="724 1772 813 1803">(a)-A-77</p>	<div data-bbox="1694 489 2326 917" style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> <p data-bbox="1843 961 2175 993">(a)-第 A.20 図 の圧潰特性</p> <div data-bbox="1694 1102 2326 1530" style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> <p data-bbox="1843 1587 2175 1619">(a)-第 A.21 図 の圧潰特性</p> <p data-bbox="1970 1772 2059 1803">(a)-A-77</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="433 457 1092 919" style="border: 1px solid black; width: 222px; height: 220px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="596 961 928 993" style="text-align: center;">(a)-第A.22 図 の圧潰特性</p> <p data-bbox="724 1772 813 1803" style="text-align: center;">(a)-A-78</p>	<div data-bbox="1679 457 2338 919" style="border: 1px solid black; width: 222px; height: 220px; margin: 0 auto;"></div> <p data-bbox="1843 961 2175 993" style="text-align: center;">(a)-第A.22 図 の圧潰特性</p> <p data-bbox="1964 1772 2053 1803" style="text-align: center;">(a)-A-78</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>(3) 各落下方向解析モデル 各落下方向の解析モデルを(Ⅱ)-第 A. 23 図～(Ⅱ)-第 A. 27 図に示す。斜線を施した部分、すなわち緩衝体内の木材が深さ δ だけ圧潰して落下エネルギーを吸収するものとする。</p> <div data-bbox="430 596 1107 1037" style="border: 1px solid black; height: 210px; margin: 10px 0;"></div> <p style="text-align: center;">(Ⅱ)-第 A. 23 図 頭部垂直落下解析モデル</p> <div data-bbox="430 1104 1107 1545" style="border: 1px solid black; height: 210px; margin: 10px 0;"></div> <p style="text-align: center;">(Ⅱ)-第 A. 24 図 底部垂直落下解析モデル</p> <p style="text-align: center;">(Ⅱ)-A-79</p>	<p>(3) 各落下方向解析モデル 各落下方向の解析モデルを(Ⅱ)-第 A. 23 図～(Ⅱ)-第 A. 27 図に示す。斜線を施した部分、すなわち緩衝体内の木材が深さ δ だけ圧潰して落下エネルギーを吸収するものとする。</p> <div data-bbox="1659 590 2335 1031" style="border: 1px solid black; height: 210px; margin: 10px 0;"></div> <p style="text-align: center;">(Ⅱ)-第 A. 23 図 頭部垂直落下解析モデル</p> <div data-bbox="1659 1098 2335 1539" style="border: 1px solid black; height: 210px; margin: 10px 0;"></div> <p style="text-align: center;">(Ⅱ)-第 A. 24 図 底部垂直落下解析モデル</p> <p style="text-align: center;">(Ⅱ)-A-79</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="341 405 1213 844" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="587 852 931 888" data-label="Caption"> <p>(a)-第 A. 25 図 水平落下解析モデル</p> </div> <div data-bbox="406 947 1154 1470" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="549 1478 970 1514" data-label="Caption"> <p>(a)-第 A. 26 図 頭部コーナー落下解析モデル</p> </div> <div data-bbox="712 1770 816 1803" data-label="Text"> <p>(a)-A-80</p> </div>	<div data-bbox="1555 405 2427 844" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1831 852 2178 888" data-label="Caption"> <p>(a)-第 A. 25 図 水平落下解析モデル</p> </div> <div data-bbox="1620 947 2368 1470" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1792 1478 2217 1514" data-label="Caption"> <p>(a)-第 A. 26 図 頭部コーナー落下解析モデル</p> </div> <div data-bbox="1955 1770 2062 1803" data-label="Text"> <p>(a)-A-80</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="418 457 1127 953" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="557 968 967 993" data-label="Caption"> <p>(e)-第 A. 27 図 底部コーナー落下解析モデル</p> </div> <div data-bbox="724 1776 810 1801" data-label="Text"> <p>(e)-A-81</p> </div>	<div data-bbox="1656 457 2365 953" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1804 968 2214 993" data-label="Caption"> <p>(e)-第 A. 27 図 底部コーナー落下解析モデル</p> </div> <div data-bbox="1976 1776 2062 1801" data-label="Text"> <p>(e)-A-81</p> </div>	

2. 落下時の緩衝体の変形量と衝撃加速度

1. に示した方法により求めた落下エネルギー E_k に対応する変形量 δ と衝撃加速度 G を
(a)-第 A.19 表に示す。

ここで、衝撃加速度 G は次式で求めている。

$$G = \frac{F}{m}$$

F : 解析で求めた衝撃力 (N)

m : 輸送物質量 (kg)

(a)-第 A.19 表 自由落下試験時の衝撃加速度と緩衝体の変形量

落下姿勢		衝撃力 : F (N)	衝撃 加速度 G : (m/s ²)	設計 加速度 ^(注1) (m/s ²)	緩衝体の 変形量 : δ (mm)	設計基準 変形量 ^(注2) : δ_{max} (mm)
垂直 落下	頭部	3.555×10^7	265	270	26	684
	底部	3.417×10^7	255	260	27	608
水平落下		2.686×10^7	200	210	42	374.5
コーナー 落下	頭部	4.611×10^8	35	—	309	826
	底部	4.234×10^8	32	—	324	827

(注1)設計加速度とは、得られた衝撃加速度に裕度を考慮した値である。

(注2)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。

(a)-A-82

2. 落下時の緩衝体の変形量と衝撃加速度

1. に示した方法により求めた落下エネルギー E_k に対応する変形量 δ と衝撃加速度 G を
(a)-第 A.19 表に示す。

ここで、衝撃加速度 G は次式で求めている。

$$G = \frac{F}{m}$$

F : 解析で求めた衝撃力 (N)

m : 輸送物質量 (kg)

(a)-第 A.19 表 自由落下試験時の衝撃加速度と緩衝体の変形量

落下姿勢		衝撃力 : F (N)	衝撃 加速度 G : (m/s ²)	設計 加速度 ^(注1) (m/s ²)	緩衝体の 変形量 : δ (mm)	設計基準 変形量 ^(注2) : δ_{max} (mm)
垂直 落下	頭部	3.555×10^7	265	270	26	684
	底部	3.417×10^7	255	260	27	608
水平落下		2.686×10^7	200	210	42	374.5
コーナー 落下	頭部	4.611×10^8	35	—	309	826
	底部	4.234×10^8	32	—	324	827

(注1)設計加速度とは、得られた衝撃加速度に裕度を考慮した値である。

(注2)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。

(a)-A-82

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. 5. 3. 2 落下時の応力計算</p> <p>0.3 m 落下時の衝撃力に対して、容器本体は十分な強度で密封性を保持することを示す。また、胴内のバスケット及び燃料集合体が健全性を維持することを示す。</p> <p>1. 垂直落下</p> <p>(1) 容器本体</p> <p>垂直落下時の衝撃力に対する容器本体の解析を有限要素法による ABAQUS コードにより行う。また落下方向は頭部及び底部落下とする。</p> <p>a. 解析モデル</p> <p>A. 5. 1. 3 と同様に、三次元有限要素を用いた (p)-第 A. 16 図に示す三次元 180 ° 対称モデルを用いる。</p> <p>b. 荷重条件及び境界条件</p> <p>(a) ①荷重条件</p> <p>頭部垂直落下時に作用する荷重は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 衝撃加速度 (270 m/s²) による自重の慣性力が落下方向に働く。 ・ 下部緩衝体の自重による慣性力が胴 (底板) 外面に働く。 ・ 内部の収納物等 (バスケット、燃料集合体) の慣性力が一次蓋内面に働く。 ・ 落下時の上部緩衝体反力が三次蓋外面に働く。 <p>底部垂直落下時に作用する荷重は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 衝撃加速度 (260 m/s²) による自重の慣性力が落下方向に働く。 ・ 上部緩衝体の自重による慣性力が三次蓋上面に働く。 ・ 内部の収納物等 (バスケット、燃料集合体) の慣性力が胴 (底板) 内面に働く。 <p>(b) ②境界条件</p> <p>境界条件は衝撃力を受ける面の節点の軸方向変位及び対称面上の節点の法線方向変位を拘束し、他は変位自由とした。</p> <p>それぞれの落下方向に対する荷重条件及び境界条件を (p)-第 A. 28 図及び (p)-第 A. 29 図に示す。</p> <p style="text-align: center;">(p)-A-83</p>	<p>A. 5. 3. 2 落下時の応力計算</p> <p>0.3 m 落下時の衝撃力に対して、容器本体は十分な強度で密封性を保持することを示す。また、胴内のバスケット及び燃料集合体が健全性を維持することを示す。</p> <p>1. 垂直落下</p> <p>(1) 容器本体</p> <p>垂直落下時の衝撃力に対する容器本体の解析を有限要素法による ABAQUS コードにより行う。また落下方向は頭部及び底部落下とする。</p> <p>a. 解析モデル</p> <p>A. 5. 1. 3 と同様に、三次元有限要素を用いた (p)-第 A. 16 図に示す三次元 180 ° 対称モデルを用いる。</p> <p>b. 荷重条件及び境界条件</p> <p>(a) ①荷重条件</p> <p>頭部垂直落下時に作用する荷重は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 衝撃加速度 (270 m/s²) による自重の慣性力が落下方向に働く。 ・ 下部緩衝体の自重による慣性力が胴 (底板) 外面に働く。 ・ 内部の収納物等 (バスケット、燃料集合体) の慣性力が一次蓋内面に働く。 ・ 落下時の上部緩衝体反力が三次蓋外面に働く。 <p>底部垂直落下時に作用する荷重は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 衝撃加速度 (260 m/s²) による自重の慣性力が落下方向に働く。 ・ 上部緩衝体の自重による慣性力が三次蓋上面に働く。 ・ 内部の収納物等 (バスケット、燃料集合体) の慣性力が胴 (底板) 内面に働く。 <p>(b) ②境界条件</p> <p>境界条件は衝撃力を受ける面の節点の軸方向変位及び対称面上の節点の法線方向変位を拘束し、他は変位自由とした。</p> <p>それぞれの落下方向に対する荷重条件及び境界条件を (p)-第 A. 28 図及び (p)-第 A. 29 図に示す。</p> <p style="text-align: center;">(p)-A-83</p>	



F_{ab} : 下部緩衝体の慣性力
 P_i : 胴内圧 (-0.101325 MPa G)
 P_{ii} : 一二次蓋間圧力 (0.31 MPa G)
 P_{iii} : 二三次蓋間圧力 (0.19 MPa G)
 F_{iw} : 内部の収納物等 (バスケット、燃料集合体) の慣性力
 P_{sr} : 側部中性子遮蔽材部 (外筒側面) 圧力 MPa G)
 P_{or} : 側部中性子遮蔽材部 (端板面) 圧力 MPa G)
 P_{tr} : 蓋部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{br} : 底部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 F_{rw} : 上部緩衝体反力
 P_{bi} : 一次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{bii} : 二次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{biii} : 三次蓋ボルト初期締付力 MPa)



(ボルト初期締付力：一次蓋ボルトの例)

(v)-第 A.28 図 頭部 0.3 m 垂直落下時の荷重条件及び境界条件

(v)-A-84



F_{ab} : 下部緩衝体の慣性力
 P_i : 胴内圧 (-0.101325 MPa G)
 P_{ii} : 一二次蓋間圧力 (0.31 MPa G)
 P_{iii} : 二三次蓋間圧力 (0.19 MPa G)
 F_{iw} : 内部の収納物等 (バスケット、燃料集合体) の慣性力
 P_{sr} : 側部中性子遮蔽材部 (外筒側面) 圧力 MPa G)
 P_{or} : 側部中性子遮蔽材部 (端板面) 圧力 MPa G)
 P_{tr} : 蓋部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{br} : 底部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 F_{rw} : 上部緩衝体反力
 P_{bi} : 一次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{bii} : 二次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{biii} : 三次蓋ボルト初期締付力 MPa)



(ボルト初期締付力：一次蓋ボルトの例)

(v)-第 A.28 図 頭部 0.3 m 垂直落下時の荷重条件及び境界条件

(v)-A-84



F_{ab} : 上部緩衝体の慣性力
 P_i : 胴内圧 (-0.101325 MPa G)
 P_{ii} : 一二次蓋間圧力 (0.31 MPa G)
 P_{iii} : 二三次蓋間圧力 (0.19 MPa G)
 F_{iw} : 内部の収納物等 (バスケット、燃料集合体)
 の慣性力
 P_{sr} : 側部中性子遮蔽材部 (外筒側面) 圧力
 MPa G)
 P_{er} : 側部中性子遮蔽材部 (端板面) 圧力
 MPa G)
 P_{tr} : 蓋部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{br} : 底部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{bi} : 一次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{bii} : 二次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{biii} : 三次蓋ボルト初期締付力 MPa)



(ボルト初期締付力：一次蓋ボルトの例)

(v)-第 A.29 図 底部 0.3 m 垂直落下時の荷重条件及び境界条件

(v)-A-85



F_{ab} : 上部緩衝体の慣性力
 P_i : 胴内圧 (-0.101325 MPa G)
 P_{ii} : 一二次蓋間圧力 (0.31 MPa G)
 P_{iii} : 二三次蓋間圧力 (0.19 MPa G)
 F_{iw} : 内部の収納物等 (バスケット、燃料集合体)
 の慣性力
 P_{sr} : 側部中性子遮蔽材部 (外筒側面) 圧力
 MPa G)
 P_{er} : 側部中性子遮蔽材部 (端板面) 圧力
 MPa G)
 P_{tr} : 蓋部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{br} : 底部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{bi} : 一次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{bii} : 二次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{biii} : 三次蓋ボルト初期締付力 MPa)

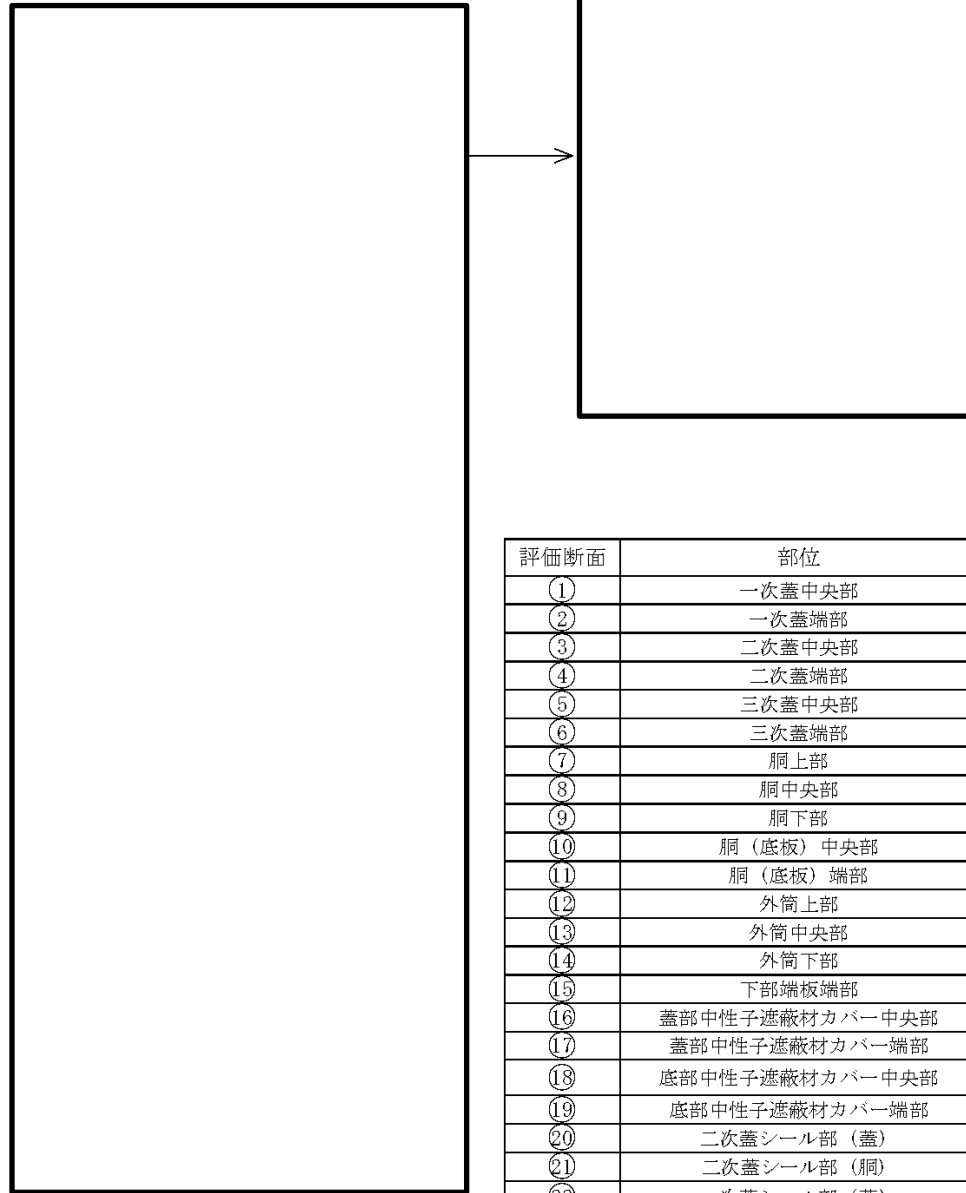


(ボルト初期締付力：一次蓋ボルトの例)

(v)-第 A.29 図 底部 0.3 m 垂直落下時の荷重条件及び境界条件

(v)-A-85

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. 解析結果</p> <p>主要な位置（(a)-第 A.30 図参照）に対する頭部垂直落下時の一次応力の評価結果を (a)-第 A.20 表に、（一次＋二次）応力及び蓋ボルトの応力の評価結果を (a)-第 A.21 表に、また、底部垂直落下時の一次応力の評価結果を (a)-第 A.22 表に、（一次＋二次）応力及び蓋ボルトの評価結果を (a)-第 A.23 表に示す。</p> <p>それぞれの表に示すように、すべての評価位置において A.1.2 に示す解析基準を満足する。</p> <p>また、三次蓋とキャスク本体の O リング取り付け位置での相対口開き変形量は 0.01 mm 以下であり、O リングの初期締め付け代 <input type="text"/> mm より小さく、密封性が損なわれることはない。</p> <p style="text-align: center;">(a)-A-86</p>	<p>c. 解析結果</p> <p>主要な位置（(a)-第 A.30 図参照）に対する頭部垂直落下時の一次応力の評価結果を (a)-第 A.20 表に、（一次＋二次）応力及び蓋ボルトの応力の評価結果を (a)-第 A.21 表に、また、底部垂直落下時の一次応力の評価結果を (a)-第 A.22 表に、（一次＋二次）応力及び蓋ボルトの評価結果を (a)-第 A.23 表に示す。</p> <p>それぞれの表に示すように、すべての評価位置において A.1.2 に示す解析基準を満足する。</p> <p>また、三次蓋とキャスク本体の O リング取り付け位置での相対口開き変形量は 0.01 mm 以下であり、O リングの初期締め付け代 <input type="text"/> mm より小さく、密封性が損なわれることはない。</p> <p style="text-align: center;">(a)-A-86</p>	

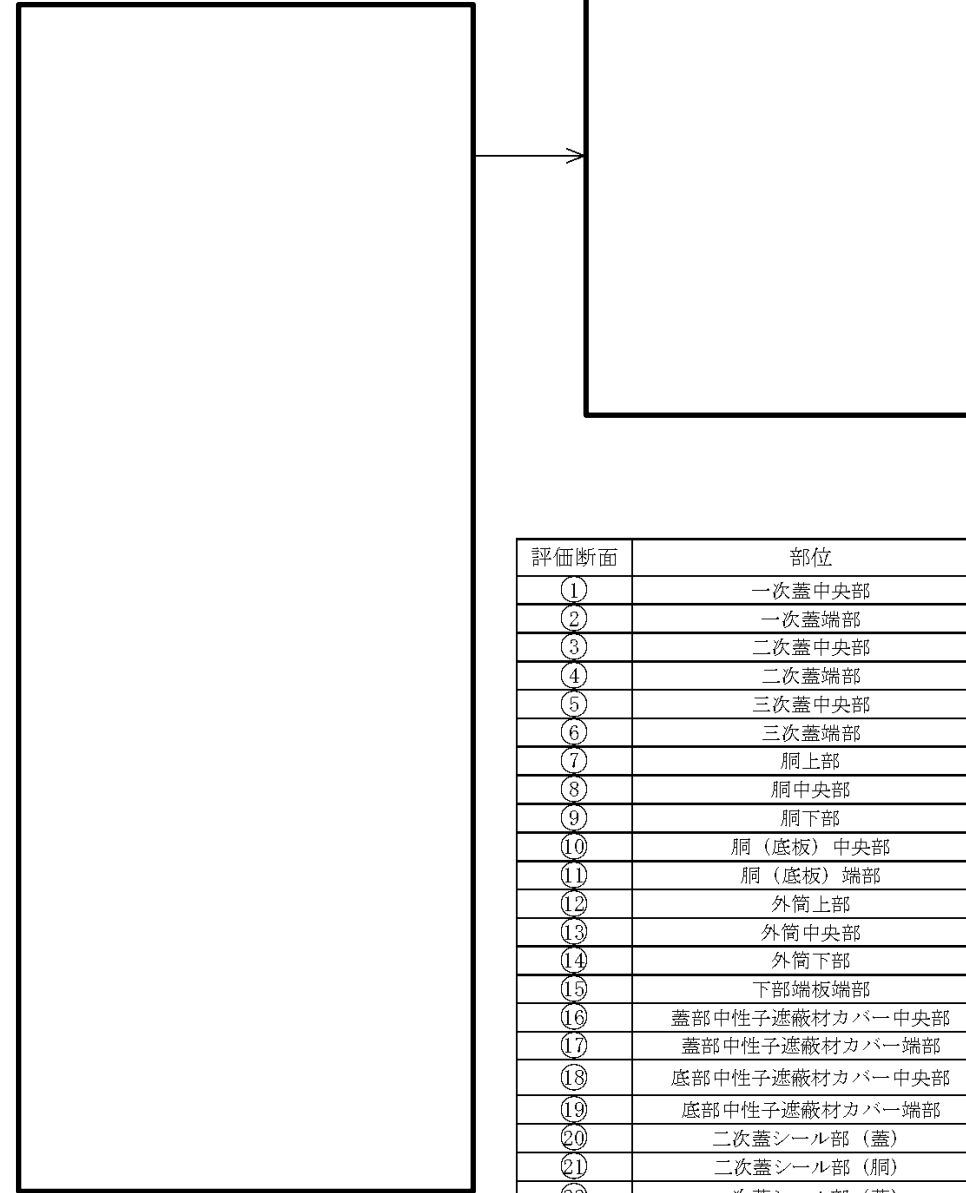


評価断面	部位
①	一次蓋中央部
②	一次蓋端部
③	二次蓋中央部
④	二次蓋端部
⑤	三次蓋中央部
⑥	三次蓋端部
⑦	胴上部
⑧	胴中央部
⑨	胴下部
⑩	胴（底板）中央部
⑪	胴（底板）端部
⑫	外筒上部
⑬	外筒中央部
⑭	外筒下部
⑮	下部端板端部
⑯	蓋部中性子遮蔽材カバー中央部
⑰	蓋部中性子遮蔽材カバー端部
⑱	底部中性子遮蔽材カバー中央部
⑲	底部中性子遮蔽材カバー端部
⑳	二次蓋シール部（蓋）
㉑	二次蓋シール部（胴）
㉒	一次蓋シール部（蓋）
㉓	一次蓋シール部（胴）

(注) 評価断面⑨-2 は下部トランニオンを取り付けていない断面を含む。

(p)-第 A. 30 図 自由落下時の応力評価位置

(p)-A-87



評価断面	部位
①	一次蓋中央部
②	一次蓋端部
③	二次蓋中央部
④	二次蓋端部
⑤	三次蓋中央部
⑥	三次蓋端部
⑦	胴上部
⑧	胴中央部
⑨	胴下部
⑩	胴（底板）中央部
⑪	胴（底板）端部
⑫	外筒上部
⑬	外筒中央部
⑭	外筒下部
⑮	下部端板端部
⑯	蓋部中性子遮蔽材カバー中央部
⑰	蓋部中性子遮蔽材カバー端部
⑱	底部中性子遮蔽材カバー中央部
⑲	底部中性子遮蔽材カバー端部
⑳	二次蓋シール部（蓋）
㉑	二次蓋シール部（胴）
㉒	一次蓋シール部（蓋）
㉓	一次蓋シール部（胴）

(注) 評価断面⑨-2 は下部トランニオンを取り付けていない断面を含む。

(p)-第 A. 30 図 自由落下時の応力評価位置

(p)-A-87

(ロ)-第 A.20 表 頭部 0.3 m 垂直落下時の容器本体に対する一次応力の評価 (1/2)

部位	断面 No. (注 1)	応力分類 (注 2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注 3)	余裕率 (MS)
一次蓋	①	P _n P _L +P _b	内	7 64	[Redacted]	124 186	16.7 1.90
			外	65		1.86	
	②	P _L	内	33		186	4.63
			外	33		124	23.8
二次蓋	③	P _n P _L +P _b	内	5 30		186	5.20
			外	34		4.47	
	④	P _L	内	6		186	30.0
			外	6		137	18.5
三次蓋	⑤	P _n P _L +P _b	内	7 26		205	6.88
			外	16		11.8	
	⑥	P _L	内	36		205	4.69
			外	36		186	3.32
胴	⑦	P _n P _L +P _b	内	9 9		123	12.6
			外	9		184	19.4
	⑧	P _L	内	9	184	35.8	
			外	9	29.6		
胴(底板)	⑨-1	P _L	内	5	122	121	
			外	5	183	29.5	
	⑨-2	P _L	内	6	183	29.5	
			外	6	183	35.6	
外筒	⑩	P _n P _L +P _b	内	1 6	156	21.2	
			外	6	5.50		
			せん断	14	90	5.42	
			曲げ	45	156	2.46	
	⑪	P _L	内	39	156	3.00	
			外	4	156	38.0	
			せん断	1	90	89.0	
			曲げ	1	156	155	
	⑫	P _L	内	7	156	21.2	
			外	2	156	77.0	
			せん断	9	90	9.00	
			曲げ	37	156	3.21	

(ロ)-第 A.20 表 頭部 0.3 m 垂直落下時の容器本体に対する一次応力の評価 (1/2)

部位	断面 No. (注 1)	応力分類 (注 2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注 3)	余裕率 (MS)
一次蓋	①	P _n P _L +P _b	内	7 64	[Redacted]	124 186	16.7 1.90
			外	65		1.86	
	②	P _L	内	33		186	4.63
			外	33		124	23.8
二次蓋	③	P _n P _L +P _b	内	5 30		186	5.20
			外	34		4.47	
	④	P _L	内	6		186	30.0
			外	6		137	18.5
三次蓋	⑤	P _n P _L +P _b	内	7 26		205	6.88
			外	16		11.8	
	⑥	P _L	内	36		205	4.69
			外	36		186	3.32
胴	⑦	P _n P _L +P _b	内	9 9		123	12.6
			外	9		184	19.4
	⑧	P _L	内	9	184	35.8	
			外	9	29.6		
胴(底板)	⑨-1	P _L	内	5	122	121	
			外	5	183	29.5	
	⑨-2	P _L	内	6	183	29.5	
			外	6	183	35.6	
外筒	⑩	P _n P _L +P _b	内	1 6	156	21.2	
			外	6	5.50		
			せん断	14	90	5.42	
			曲げ	45	156	2.46	
	⑪	P _L	内	39	156	3.00	
			外	4	156	38.0	
			せん断	1	90	89.0	
			曲げ	1	156	155	
	⑫	P _L	内	7	156	21.2	
			外	2	156	77.0	
			せん断	9	90	9.00	
			曲げ	37	156	3.21	

(注 1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注 2) P_n : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注 3) 断面①~⑩の P_n に対する基準値は S_m、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は 1.5S_m である。断面⑫~⑭における引張応力に対する基準値は f_t、圧縮応力に対する基準値は f_c、せん断応力に対する基準値は f_s、曲げ応力に対する基準値は f_b である。

(注 1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注 2) P_n : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注 3) 断面①~⑩の P_n に対する基準値は S_m、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は 1.5S_m である。断面⑫~⑭における引張応力に対する基準値は f_t、圧縮応力に対する基準値は f_c、せん断応力に対する基準値は f_s、曲げ応力に対する基準値は f_b である。

(ロ)-第 A.20 表 頭部 0.3 m 垂直落下時の容器本体に対する一次応力の評価 (2/2)

部位	断面 No. (注 1)	応力分類 (注 2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注 3)	余裕率 (MS)	
下部端板	⑮	引張	—	2	[Redacted]	136	67.0	
		圧縮	—	1		136	135	
		せん断	—	4		78	18.5	
		曲げ	—	12		136	10.3	
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	7		157	21.4	
		圧縮	—	1		157	156	
		せん断	—	8		90	10.2	
	⑰	曲げ	—	18		157	7.72	
		引張	—	17		157	8.23	
		圧縮	—	—		157	—	
		せん断	—	10		90	8.00	
⑱	曲げ	—	70	157		1.24		
	下部端板	⑮	引張	—		1	136	135
			圧縮	—		1	136	135
せん断			—	2		78	38.0	
曲げ			—	4		136	33.0	
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	2	136	67.0		
		圧縮	—	1	136	135		
		せん断	—	3	78	25.0		
	⑰	曲げ	—	16	136	7.50		
二次蓋シール部	㉔	P _L	—	16	186	10.6		
一次蓋シール部	㉕	P _L	—	31	185	4.96		
	㉖	P _L	—	48	185	2.85		
一次蓋シール部	㉗	P _L	—	14	185	12.2		

(注 1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注 2) P_a : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注 3) 断面⑮~⑱における引張応力に対する基準値は f_t、圧縮応力に対する基準値は f_c、せん断応力に対する基準値は f_s、曲げ応力に対する基準値は f_b である。断面⑲~㉗の P_L に対する基準値は S_y である。

(ロ)-第 A.20 表 頭部 0.3 m 垂直落下時の容器本体に対する一次応力の評価 (2/2)

部位	断面 No. (注 1)	応力分類 (注 2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注 3)	余裕率 (MS)	
下部端板	⑮	引張	—	2	[Redacted]	136	67.0	
		圧縮	—	1		136	135	
		せん断	—	4		78	18.5	
		曲げ	—	12		136	10.3	
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	7		157	21.4	
		圧縮	—	1		157	156	
		せん断	—	8		90	10.2	
	⑰	曲げ	—	18		157	7.72	
		引張	—	17		157	8.23	
		圧縮	—	—		157	—	
		せん断	—	10		90	8.00	
⑱	曲げ	—	70	157		1.24		
	下部端板	⑮	引張	—		1	136	135
			圧縮	—		1	136	135
せん断			—	2		78	38.0	
曲げ			—	4		136	33.0	
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	2	136	67.0		
		圧縮	—	1	136	135		
		せん断	—	3	78	25.0		
	⑰	曲げ	—	16	136	7.50		
二次蓋シール部	㉔	P _L	—	16	186	10.6		
一次蓋シール部	㉕	P _L	—	31	185	4.96		
	㉖	P _L	—	48	185	2.85		
一次蓋シール部	㉗	P _L	—	14	185	12.2		

(注 1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注 2) P_a : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注 3) 断面⑮~⑱における引張応力に対する基準値は f_t、圧縮応力に対する基準値は f_c、せん断応力に対する基準値は f_s、曲げ応力に対する基準値は f_b である。断面⑲~㉗の P_L に対する基準値は S_y である。

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

(ロ)-第 A.21 表 頭部 0.3 m 垂直落下時の容器本体に対する (一次+二次)

応力及び蓋ボルトの評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力の種類	表面	応力強さ又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注2)	余裕率 (MS)
一次蓋	①	-	内	66	[Redacted]	372	4.63
			外	63			4.90
	②	-	内	48			6.75
			外	49			6.59
二次蓋	③	-	内	30		372	11.4
			外	34			9.94
	④	-	内	18			19.6
			外	21			16.7
三次蓋	⑤	-	内	26		411	14.8
			外	22			17.6
	⑥	-	内	85			3.83
			外	36	10.4		
胴	⑦	-	内	76	372	3.89	
			外	37		9.05	
	⑧	-	内	22		369	15.7
			外	9			40.0
	⑨-1	-	内	9		369	40.0
			外	17			20.7
	⑨-2	-	内	24			14.3
			外	23			15.0
胴(底板)	⑩	-	内	21	366	16.4	
			外	4		90.5	
	⑪	-	内	21		16.4	
			外	23		14.9	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) 断面①~⑪における基準値は 3S₀ である。

(ロ)-A-90

(ロ)-第 A.21 表 頭部 0.3 m 垂直落下時の容器本体に対する (一次+二次)

応力及び蓋ボルトの評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力の種類	表面	応力強さ又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注2)	余裕率 (MS)
一次蓋	①	-	内	66	[Redacted]	372	4.63
			外	63			4.90
	②	-	内	48			6.75
			外	49			6.59
二次蓋	③	-	内	30		372	11.4
			外	34			9.94
	④	-	内	18			19.6
			外	21			16.7
三次蓋	⑤	-	内	26		411	14.8
			外	22			17.6
	⑥	-	内	85			3.83
			外	36	10.4		
胴	⑦	-	内	76	372	3.89	
			外	37		9.05	
	⑧	-	内	22		369	15.7
			外	9			40.0
	⑨-1	-	内	9		369	40.0
			外	17			20.7
	⑨-2	-	内	24			14.3
			外	23			15.0
胴(底板)	⑩	-	内	21	366	16.4	
			外	4		90.5	
	⑪	-	内	21		16.4	
			外	23		14.9	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) 断面①~⑪における基準値は 3S₀ である。

(ロ)-A-90

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.21 表 頭部 0.3 m 垂直落下時の容器本体に対する (一次+二次) 応力及び蓋ボルトの評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力の種類 (注2)	表面	応力強さ又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)	
外筒	⑫	引張	—	28	[Redacted]	470	15.7	
		せん断	—	14		271	18.3	
		曲げ	—	14		470	32.5	
	⑬	引張	—	44		470	9.68	
		せん断	—	1		271	270	
		曲げ	—	3		470	155	
	⑭	引張	—	82		470	4.73	
		せん断	—	18		271	14.0	
		曲げ	—	85		470	4.52	
下部端板	⑮	引張	—	48		410	7.54	
		せん断	—	24		236	8.83	
		曲げ	—	107		410	2.83	
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	8		472	58.0	
		せん断	—	11		272	23.7	
		曲げ	—	23		472	19.5	
	⑰	引張	—	11		472	41.9	
		せん断	—	8		272	33.0	
		曲げ	—	64		472	6.37	
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	35	410	10.7		
		せん断	—	2	236	117		
		曲げ	—	6	410	67.3		
	⑲	引張	—	29	410	13.1		
		せん断	—	3	236	77.6		
		曲げ	—	9	410	44.5		
二次蓋シール部	⑳	—	内	24	186	6.75		
			外	21		7.85		
	㉑	—	内	43		185	3.30	
			外	38			3.86	
一次蓋シール部	㉒	—	内	25			185	6.40
			外	96				0.92
	㉓	—	内	14		185		12.2
			外	14				12.2
一次蓋ボルト	—	σ_m	—	289	562			0.94
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	323	843			1.60
二次蓋ボルト	—	σ_m	—	212	564	1.66		
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	323	846	1.61		
三次蓋ボルト	—	σ_m	—	204	564	1.76		
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	216	846	2.91		

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力

(注3) 断面⑫~⑲における引張応力に対する基準値は $3f_t$ 、せん断応力に対する基準値は $3f_s$ 、曲げ応力に対する基準値は $3f_b$ である。断面㉒~㉓に対する基準値は S_y である。蓋ボルトの基準値は σ_m に対して $2S_m$ 、 $\sigma_m + \sigma_b$ に対して $3S_m$ である。なお、蓋ボルトの $2S_m$ 及び $3S_m$ の値は、 S_y より小さい。

(ロ)-A-91

(ロ)-第 A.21 表 頭部 0.3 m 垂直落下時の容器本体に対する (一次+二次) 応力及び蓋ボルトの評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力の種類 (注2)	表面	応力強さ又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)	
外筒	⑫	引張	—	28	[Redacted]	470	15.7	
		せん断	—	14		271	18.3	
		曲げ	—	14		470	32.5	
	⑬	引張	—	44		470	9.68	
		せん断	—	1		271	270	
		曲げ	—	3		470	155	
	⑭	引張	—	82		470	4.73	
		せん断	—	18		271	14.0	
		曲げ	—	85		470	4.52	
下部端板	⑮	引張	—	48		410	7.54	
		せん断	—	24		236	8.83	
		曲げ	—	107		410	2.83	
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	8		472	58.0	
		せん断	—	11		272	23.7	
		曲げ	—	23		472	19.5	
	⑰	引張	—	11		472	41.9	
		せん断	—	8		272	33.0	
		曲げ	—	64		472	6.37	
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	35	410	10.7		
		せん断	—	2	236	117		
		曲げ	—	6	410	67.3		
	⑲	引張	—	29	410	13.1		
		せん断	—	3	236	77.6		
		曲げ	—	9	410	44.5		
二次蓋シール部	⑳	—	内	24	186	6.75		
			外	21		7.85		
	㉑	—	内	43		185	3.30	
			外	38			3.86	
一次蓋シール部	㉒	—	内	25			185	6.40
			外	96				0.92
	㉓	—	内	14		185		12.2
			外	14				12.2
一次蓋ボルト	—	σ_m	—	289	562			0.94
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	323	843			1.60
二次蓋ボルト	—	σ_m	—	212	564	1.66		
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	323	846	1.61		
三次蓋ボルト	—	σ_m	—	204	564	1.76		
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	216	846	2.91		

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力

(注3) 断面⑫~⑲における引張応力に対する基準値は $3f_t$ 、せん断応力に対する基準値は $3f_s$ 、曲げ応力に対する基準値は $3f_b$ である。断面㉒~㉓に対する基準値は S_y である。蓋ボルトの基準値は σ_m に対して $2S_m$ 、 $\sigma_m + \sigma_b$ に対して $3S_m$ である。なお、蓋ボルトの $2S_m$ 及び $3S_m$ の値は、 S_y より小さい。

(ロ)-A-91

(ロ)-第 A.22 表 底部 0.3 m 垂直落下時の容器本体に対する一次応力の評価 (1/2)

部位	断面 No. (注 1)	応力分類 (注 2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析 基準値 (MPa) (注 3)	余裕率 (MS)
一次蓋	①	P _n	—	2	[]	124	61.0
			内	16		186	10.6
		P _L +P _b	外	15		186	11.4
②	P _L	—	12	186		14.5	
		—	1	124		123	
二次蓋	③	P _n	—	1		124	123
			内	5		186	36.2
		P _L +P _b	外	4		186	45.5
④	P _L	—	5	186		36.2	
		—	8	137		16.1	
三次蓋	⑤	P _n	—	8		137	16.1
			内	39		205	4.25
		P _L +P _b	外	35	205	4.85	
⑥	P _L	—	28	205	6.32		
		—	6	186	30.0		
胴	⑦	P _n	—	11	123	10.1	
			内	11	184	15.7	
	P _L +P _b	外	11	184	15.7		
	⑧	P _L	—	16	184	10.5	
			—	23	184	7.00	
胴(底板)	⑩	P _n	—	5	122	23.4	
			内	24	183	6.62	
		P _L +P _b	外	30	183	5.10	
外筒	⑪	P _L	—	11	183	15.6	
			—	12	156	12.0	
	⑫	引張	—	—	156	—	
			—	8	90	10.2	
			—	39	156	3.00	
			—	37	156	3.21	
	⑬	圧縮	—	1	156	155	
			—	1	90	89.0	
			—	1	156	155	
			—	12	156	12.0	
	⑭	せん断	—	5	156	30.2	
			—	7	90	11.8	
			—	27	156	4.77	
			—	—	—	—	

(注 1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注 2) P_n : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注 3) 断面①~⑩の P_n に対する基準値は S_m、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は 1.5S_m である。断面⑫~⑭における引張応力に対する基準値は f_t、圧縮応力に対する基準値 f_c、せん断応力に対する基準値は f_s、曲げ応力に対する基準値は f_b である。

(ロ)-A-92

(ロ)-第 A.22 表 底部 0.3 m 垂直落下時の容器本体に対する一次応力の評価 (1/2)

部位	断面 No. (注 1)	応力分類 (注 2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析 基準値 (MPa) (注 3)	余裕率 (MS)
一次蓋	①	P _n	—	2	[]	124	61.0
			内	16		186	10.6
		P _L +P _b	外	15		186	11.4
②	P _L	—	12	186		14.5	
		—	1	124		123	
二次蓋	③	P _n	—	1		124	123
			内	5		186	36.2
		P _L +P _b	外	4		186	45.5
④	P _L	—	5	186		36.2	
		—	8	137		16.1	
三次蓋	⑤	P _n	—	8		137	16.1
			内	39		205	4.25
		P _L +P _b	外	35	205	4.85	
⑥	P _L	—	28	205	6.32		
		—	6	186	30.0		
胴	⑦	P _n	—	11	123	10.1	
			内	11	184	15.7	
	P _L +P _b	外	11	184	15.7		
	⑧	P _L	—	16	184	10.5	
			—	23	184	7.00	
胴(底板)	⑩	P _n	—	5	122	23.4	
			内	24	183	6.62	
		P _L +P _b	外	30	183	5.10	
外筒	⑪	P _L	—	11	183	15.6	
			—	12	156	12.0	
	⑫	引張	—	—	156	—	
			—	8	90	10.2	
			—	39	156	3.00	
			—	37	156	3.21	
	⑬	圧縮	—	1	156	155	
			—	1	90	89.0	
			—	1	156	155	
			—	12	156	12.0	
	⑭	せん断	—	5	156	30.2	
			—	7	90	11.8	
			—	27	156	4.77	
			—	—	—	—	

(注 1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注 2) P_n : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注 3) 断面①~⑩の P_n に対する基準値は S_m、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は 1.5S_m である。断面⑫~⑭における引張応力に対する基準値は f_t、圧縮応力に対する基準値 f_c、せん断応力に対する基準値は f_s、曲げ応力に対する基準値は f_b である。

(ロ)-A-92

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.22 表 底部 0.3 m 垂直落下時の容器本体に対する一次応力の評価 (2/2)

部位	断面 No. (注 1)	応力分類 (注 2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析 基準値 (MPa) (注 3)	余裕率 (MS)
下部端板	⑮	引張	—	7	—	136	18.4
		圧縮	—	2		136	67.0
		せん断	—	11		78	6.09
		曲げ	—	43		136	2.16
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	—		157	—
		圧縮	—	2		157	77.5
		せん断	—	2		90	44.0
		曲げ	—	4		157	38.2
	⑰	引張	—	—		157	—
		圧縮	—	3		157	51.3
		せん断	—	2		90	44.0
		曲げ	—	9		157	16.4
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	13		136	9.46
		圧縮	—	1		136	135
		せん断	—	6		78	12.0
		曲げ	—	20		136	5.80
	⑲	引張	—	14	136	8.71	
		圧縮	—	2	136	67.0	
		せん断	—	8	78	8.75	
		曲げ	—	57	136	1.38	
二次蓋シール部	㉔	P _L	—	12	186	14.5	
一次蓋シール部	㉕	P _L	—	14	185	12.2	
一次蓋シール部	㉖	P _L	—	36	185	4.13	
一次蓋シール部	㉗	P _L	—	25	185	6.40	

(注 1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注 2) P_a : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注 3) 断面⑮~⑲における引張応力に対する基準値は f_t、圧縮応力に対する基準値は f_c、せん断応力に対する基準値は f_s、曲げ応力に対する基準値は f_b である。断面⑳~㉗の P_L に対する基準値は S_y である。

(ロ)-A-93

(ロ)-第 A.22 表 底部 0.3 m 垂直落下時の容器本体に対する一次応力の評価 (2/2)

部位	断面 No. (注 1)	応力分類 (注 2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析 基準値 (MPa) (注 3)	余裕率 (MS)
下部端板	⑮	引張	—	7	—	136	18.4
		圧縮	—	2		136	67.0
		せん断	—	11		78	6.09
		曲げ	—	43		136	2.16
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	—		157	—
		圧縮	—	2		157	77.5
		せん断	—	2		90	44.0
		曲げ	—	4		157	38.2
	⑰	引張	—	—		157	—
		圧縮	—	3		157	51.3
		せん断	—	2		90	44.0
		曲げ	—	9		157	16.4
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	13		136	9.46
		圧縮	—	1		136	135
		せん断	—	6		78	12.0
		曲げ	—	20		136	5.80
	⑲	引張	—	14	136	8.71	
		圧縮	—	2	136	67.0	
		せん断	—	8	78	8.75	
		曲げ	—	57	136	1.38	
二次蓋シール部	㉔	P _L	—	12	186	14.5	
一次蓋シール部	㉕	P _L	—	14	185	12.2	
一次蓋シール部	㉖	P _L	—	36	185	4.13	
一次蓋シール部	㉗	P _L	—	25	185	6.40	

(注 1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注 2) P_a : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注 3) 断面⑮~⑲における引張応力に対する基準値は f_t、圧縮応力に対する基準値は f_c、せん断応力に対する基準値は f_s、曲げ応力に対する基準値は f_b である。断面⑳~㉗の P_L に対する基準値は S_y である。

(ロ)-A-93

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.23 表 底部 0.3 m 垂直落下時の容器本体に対する (一次+二次)

応力及び蓋ボルトの評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力の種類	表面	応力強さ又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注2)	余裕率 (MS)
一次蓋	①	-	内	15	372	372	23.8
			外	17			20.8
	②	-	内	22		372	15.9
			外	14			25.5
二次蓋	③	-	内	5		372	73.4
			外	4			92.0
	④	-	内	6		372	61.0
			外	8			45.5
三次蓋	⑤	-	内	37		411	10.1
			外	37			10.1
	⑥	-	内	37		411	10.1
			外	55	6.47		
胴	⑦	-	内	26	372	13.3	
			外	15		23.8	
	⑧	-	内	24	369	14.3	
			外	11		32.5	
	⑨-1	-	内	13	369	27.3	
			外	29		11.7	
	⑨-2	-	内	21	369	16.5	
			外	44		7.38	
胴(底板)	⑩	-	内	49	366	6.46	
			外	34		9.76	
	⑪	-	内	20	366	17.3	
			外	34		9.76	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) 断面①~⑪における基準値は 3S₀である。

(ロ)-A-94

(ロ)-第 A.23 表 底部 0.3 m 垂直落下時の容器本体に対する (一次+二次)

応力及び蓋ボルトの評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力の種類	表面	応力強さ又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注2)	余裕率 (MS)
一次蓋	①	-	内	15	372	372	23.8
			外	17			20.8
	②	-	内	22		372	15.9
			外	14			25.5
二次蓋	③	-	内	5		372	73.4
			外	4			92.0
	④	-	内	6		372	61.0
			外	8			45.5
三次蓋	⑤	-	内	37		411	10.1
			外	37			10.1
	⑥	-	内	37		411	10.1
			外	55	6.47		
胴	⑦	-	内	26	372	13.3	
			外	15		23.8	
	⑧	-	内	24	369	14.3	
			外	11		32.5	
	⑨-1	-	内	13	369	27.3	
			外	29		11.7	
	⑨-2	-	内	21	369	16.5	
			外	44		7.38	
胴(底板)	⑩	-	内	49	366	6.46	
			外	34		9.76	
	⑪	-	内	20	366	17.3	
			外	34		9.76	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) 断面①~⑪における基準値は 3S₀である。

(ロ)-A-94

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.23 表 底部 0.3 m 垂直落下時の容器本体に対する (一次+二次) 応力及び蓋ボルトの評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力の種類 (注2)	表面	応力強さ又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)	
外筒	⑫	引張	—	51	—	470	8.21	
		せん断	—	7		271	37.7	
		曲げ	—	19		470	23.7	
	⑬	引張	—	44		470	9.68	
		せん断	—	1		271	270	
		曲げ	—	3		470	155	
	⑭	引張	—	87		470	4.40	
		せん断	—	15		271	17.0	
		曲げ	—	49		470	8.59	
	下部端板	⑮	引張	—		40	410	9.25
			せん断	—		11	236	20.4
			曲げ	—		58	410	6.06
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	—		472	—	
		せん断	—	4		272	67.0	
		曲げ	—	9		472	51.4	
	⑰	引張	—	3		472	156	
		せん断	—	2		272	135	
		曲げ	—	11		472	41.9	
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	33		410	11.4	
		せん断	—	8		236	28.5	
		曲げ	—	26		410	14.7	
	⑲	引張	—	15		410	26.3	
		せん断	—	9		236	25.2	
		曲げ	—	61		410	5.72	
二次蓋シール部	⑳	—	内	22	186	7.45		
			外	9		19.6		
	㉑	—	内	21		185	7.80	
			外	18		9.27		
一次蓋シール部	㉒	—	内	28	185	5.60		
			外	63		1.93		
	㉓	—	内	25		185	6.40	
			外	24		6.70		
一次蓋ボルト	—	σ_m	—	249	562	1.25		
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	250	843	2.37		
二次蓋ボルト	—	σ_m	—	196	564	1.87		
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	202	846	3.18		
三次蓋ボルト	—	σ_m	—	234	564	1.41		
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	326	846	1.59		

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照
 (注2) σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力
 (注3) 断面⑫~⑲における引張応力に対する基準値は $3f_t$ 、せん断応力に対する基準値は $3f_s$ 、曲げ応力に対する基準値は $3f_b$ である。断面㉒~㉓に対する基準値は S_y である。蓋ボルトの基準値は σ_m に対して $2S_m$ 、 $\sigma_m + \sigma_b$ に対して $3S_m$ である。なお、蓋ボルトの $2S_m$ 及び $3S_m$ の値は、 S_y より小さい。

(ロ)-A-95

(ロ)-第 A.23 表 底部 0.3 m 垂直落下時の容器本体に対する (一次+二次) 応力及び蓋ボルトの評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力の種類 (注2)	表面	応力強さ又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)	
外筒	⑫	引張	—	51	—	470	8.21	
		せん断	—	7		271	37.7	
		曲げ	—	19		470	23.7	
	⑬	引張	—	44		470	9.68	
		せん断	—	1		271	270	
		曲げ	—	3		470	155	
	⑭	引張	—	87		470	4.40	
		せん断	—	15		271	17.0	
		曲げ	—	49		470	8.59	
	下部端板	⑮	引張	—		40	410	9.25
			せん断	—		11	236	20.4
			曲げ	—		58	410	6.06
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	—		472	—	
		せん断	—	4		272	67.0	
		曲げ	—	9		472	51.4	
	⑰	引張	—	3		472	156	
		せん断	—	2		272	135	
		曲げ	—	11		472	41.9	
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	33		410	11.4	
		せん断	—	8		236	28.5	
		曲げ	—	26		410	14.7	
	⑲	引張	—	15		410	26.3	
		せん断	—	9		236	25.2	
		曲げ	—	61		410	5.72	
二次蓋シール部	⑳	—	内	22	186	7.45		
			外	9		19.6		
	㉑	—	内	21		185	7.80	
			外	18		9.27		
一次蓋シール部	㉒	—	内	28	185	5.60		
			外	63		1.93		
	㉓	—	内	25		185	6.40	
			外	24		6.70		
一次蓋ボルト	—	σ_m	—	249	562	1.25		
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	250	843	2.37		
二次蓋ボルト	—	σ_m	—	196	564	1.87		
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	202	846	3.18		
三次蓋ボルト	—	σ_m	—	234	564	1.41		
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	326	846	1.59		

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照
 (注2) σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力
 (注3) 断面⑫~⑲における引張応力に対する基準値は $3f_t$ 、せん断応力に対する基準値は $3f_s$ 、曲げ応力に対する基準値は $3f_b$ である。断面㉒~㉓に対する基準値は S_y である。蓋ボルトの基準値は σ_m に対して $2S_m$ 、 $\sigma_m + \sigma_b$ に対して $3S_m$ である。なお、蓋ボルトの $2S_m$ 及び $3S_m$ の値は、 S_y より小さい。

(ロ)-A-95

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) バスケット</p> <p>バスケットは、頭部側と底部側で同様な構造である((p)-第 A.31 図参照)。設計加速度は頭部落下の方が大きいため、頭部落下の値を用いて評価する。</p> <p>垂直落下時に最下段のバスケットプレートには、それより上部にあるバスケットプレートを含む自重による慣性力が作用し、圧縮による膜応力 σ_c (MPa) が生じる。</p> $\sigma_c = \frac{W_b \cdot G_v}{A_1}$ <p>ここで、</p> <p>W_b : バスケットプレート、バスケットサポート、中性子吸収材の合計質量 (kg)</p> <p>G_v : 垂直落下時の衝撃加速度 (m/s²)</p> <p>A_1 : バスケットプレートと胴の接触面積 (mm²)</p> $A_1 = (b_{A1} - b_{A2})L_1 \cdot n_A + (b_{B1} - b_{B2})L_1 \cdot n_B$ <p>b_{A1} : バスケットプレート A 幅 1 (mm)</p> <p>b_{A2} : バスケットプレート A 幅 2 (mm)</p> <p>b_{B1} : バスケットプレート B 幅 1 (mm)</p> <p>b_{B2} : バスケットプレート B 幅 2 (mm)</p> <p>L_1 : バスケットプレート長さ (mm)</p> <p>n_A : 胴に接触するバスケットプレート A L₁部の個数 (-)</p> <p>n_B : 胴に接触するバスケットプレート B L₁部の個数 (-)</p> <div data-bbox="290 1144 1264 1549" style="border: 1px solid black; height: 193px; width: 328px; margin: 10px auto;"></div> <p style="text-align: center;">(p)-第 A.31 図 バスケットプレートの解析モデル図</p> <p>計算条件と計算結果を (p)-第 A.24 表に示す。表に示すように、評価位置において A.1.2 に示す解析基準値を満足する。なお、バスケットに生じる応力は、設計降伏点 (56 MPa) より低いので、バスケットは塑性変形しない。</p> <p style="text-align: center;">(p)-A-96</p>	<p>(2) バスケット</p> <p>バスケットは、頭部側と底部側で同様な構造である((p)-第 A.31 図参照)。設計加速度は頭部落下の方が大きいため、頭部落下の値を用いて評価する。</p> <p>垂直落下時に最下段のバスケットプレートには、それより上部にあるバスケットプレートを含む自重による慣性力が作用し、圧縮による膜応力 σ_c (MPa) が生じる。</p> $\sigma_c = \frac{W_b \cdot G_v}{A_1}$ <p>ここで、</p> <p>W_b : バスケットプレート、バスケットサポート、中性子吸収材の合計質量 (kg)</p> <p>G_v : 垂直落下時の衝撃加速度 (m/s²)</p> <p>A_1 : バスケットプレートと胴の接触面積 (mm²)</p> $A_1 = (b_{A1} - b_{A2})L_1 \cdot n_A + (b_{B1} - b_{B2})L_1 \cdot n_B$ <p>b_{A1} : バスケットプレート A 幅 1 (mm)</p> <p>b_{A2} : バスケットプレート A 幅 2 (mm)</p> <p>b_{B1} : バスケットプレート B 幅 1 (mm)</p> <p>b_{B2} : バスケットプレート B 幅 2 (mm)</p> <p>L_1 : バスケットプレート長さ (mm)</p> <p>n_A : 胴に接触するバスケットプレート A L₁部の個数 (-)</p> <p>n_B : 胴に接触するバスケットプレート B L₁部の個数 (-)</p> <div data-bbox="1525 1144 2499 1549" style="border: 1px solid black; height: 193px; width: 328px; margin: 10px auto;"></div> <p style="text-align: center;">(p)-第 A.31 図 バスケットプレートの解析モデル図</p> <p>計算条件と計算結果を (p)-第 A.24 表に示す。表に示すように、評価位置において A.1.2 に示す解析基準値を満足する。なお、バスケットに生じる応力は、設計降伏点 (56 MPa) より低いので、バスケットは塑性変形しない。</p> <p style="text-align: center;">(p)-A-96</p>	

(u)-第 A. 24 表 バスケット格子の応力計算条件及び計算結果

項目	バスケット 合計質量 : W_b (kg)	垂直落下時の 衝撃加速度 : G_V (m/s ²)
数値	5600	270

項目	バスケット プレートの タイプ	バスケット プレート 全厚さ : b_1 (mm)	バスケット プレート 内幅 : b_2 (mm)	バスケット プレート長 さ : L_1 (mm)	胴に接触す るバスケット プレート L_1 部の個数 : n (-)	バスケット プレートと胴 の接触面積 : A_1 (mm ²)
数値	A					
	B					

項目	バスケット プレートの タイプ	圧縮応力 : σ_c (MPa)	基準値 : S_B (MPa)	余裕率 (-)
数値	A	7	36	4.14
	B	7		4.14

次に、一次圧縮応力について検討する。

バスケットプレートの有効細長比 λ は、次式で与えられる。

$$\lambda = \frac{\ell_k}{i}$$

ここで、

ℓ_k : 座屈長さ (一端支持、他端固定) (mm)

i : 座屈軸についての断面二次半径 (mm)

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_2}}$$

I : 断面二次モーメント (mm⁴)

$$I = \frac{1}{12}(b_1^3 - b_2^3)L$$

A_2 : バスケットプレートの断面積 (mm²)

$$A_2 = (b_1 - b_2)L$$

L : バスケットプレート長さ (mm)

また、バスケットプレートの限界細長比 Λ は、次式により与えられる。

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6F}}$$

(v)-A-97

(u)-第 A. 24 表 バスケット格子の応力計算条件及び計算結果

項目	バスケット 合計質量 : W_b (kg)	垂直落下時の 衝撃加速度 : G_V (m/s ²)
数値	5600	270

項目	バスケット プレートの タイプ	バスケット プレート 全厚さ : b_1 (mm)	バスケット プレート 内幅 : b_2 (mm)	バスケット プレート長 さ : L_1 (mm)	胴に接触す るバスケット プレート L_1 部の個数 : n (-)	バスケット プレートと胴 の接触面積 : A_1 (mm ²)
数値	A					
	B					

項目	バスケット プレートの タイプ	圧縮応力 : σ_c (MPa)	基準値 : S_B (MPa)	余裕率 (-)
数値	A	7	36	4.14
	B	7		4.14

次に、一次圧縮応力について検討する。

バスケットプレートの有効細長比 λ は、次式で与えられる。

$$\lambda = \frac{\ell_k}{i}$$

ここで、

ℓ_k : 座屈長さ (一端支持、他端固定) (mm)

i : 座屈軸についての断面二次半径 (mm)

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_2}}$$

I : 断面二次モーメント (mm⁴)

$$I = \frac{1}{12}(b_1^3 - b_2^3)L$$

A_2 : バスケットプレートの断面積 (mm²)

$$A_2 = (b_1 - b_2)L$$

L : バスケットプレート長さ (mm)

また、バスケットプレートの限界細長比 Λ は、次式により与えられる。

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6F}}$$

(v)-A-97

ここで、

E : 縦弾性係数 (MPa)

F : 設計降伏点又は設計引張強さの 0.7 倍の値のいずれか小さい方の値 (MPa)

バスケットプレートの有効細長比は、限界細長比より小さいので、許容圧縮応力 f_c は、次式で与えられる。

$$f_c = \left\{ 1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \frac{F}{\nu}$$

ここで、

$$\nu : \nu = 1.5 + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$$

計算条件と計算結果を (p)-第 A.25 表に示す。なお、許容圧縮応力は、バスケットプレート B の方が小さいため、バスケットプレート B を評価対象とする。

(p)-第 A.25 表 バスケットプレートの一次圧縮応力の計算条件及び計算結果

項目	バスケットプレート長さ : L (mm)	バスケットプレートの断面積 : A_2 (mm ²)	バスケットプレートの縦弾性係数 : E (MPa)
数値			6.94 × 10 ⁴

項目	座屈長さ : l_k (mm)	設計降伏点又は設計引張強さの 0.7 倍の値のいずれか小さい方の値 : F (MPa)	圧縮応力 : σ_c (MPa)	許容圧縮応力 : f_c (MPa)	余裕率 (-)
数値			7	37	4.28

(p)-A-98

ここで、

E : 縦弾性係数 (MPa)

F : 設計降伏点又は設計引張強さの 0.7 倍の値のいずれか小さい方の値 (MPa)

バスケットプレートの有効細長比は、限界細長比より小さいので、許容圧縮応力 f_c は、次式で与えられる。

$$f_c = \left\{ 1 - 0.4 \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \frac{F}{\nu}$$

ここで、

$$\nu : \nu = 1.5 + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$$

計算条件と計算結果を (p)-第 A.25 表に示す。なお、許容圧縮応力は、バスケットプレート B の方が小さいため、バスケットプレート B を評価対象とする。

(p)-第 A.25 表 バスケットプレートの一次圧縮応力の計算条件及び計算結果

項目	バスケットプレート長さ : L (mm)	バスケットプレートの断面積 : A_2 (mm ²)	バスケットプレートの縦弾性係数 : E (MPa)
数値			6.94 × 10 ⁴

項目	座屈長さ : l_k (mm)	設計降伏点又は設計引張強さの 0.7 倍の値のいずれか小さい方の値 : F (MPa)	圧縮応力 : σ_c (MPa)	許容圧縮応力 : f_c (MPa)	余裕率 (-)
数値			7	37	4.28

(p)-A-98

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) 燃料集合体</p> <p>垂直落下時に燃料被覆管に生じる応力は、落下衝撃による圧縮応力σ_c(MPa)と内圧による各方向応力$\sigma_z, \sigma_r, \sigma_\theta$(MPa)である。垂直落下時において最大応力強さ S(MPa)は、燃料被覆管内面に生じるので燃料被覆管内面のみ評価する。</p> <p>a. 落下衝撃により生じる圧縮応力</p> <p>落下衝撃により生じる圧縮応力は、次式で与えられる。</p> $\sigma_c = -\frac{WG_V}{A}$ <p>ここで、</p> <p>W : 燃料被覆管最下端における質量 (kg)</p> <p>G_V : 垂直落下時の衝撃加速度 (m/s²)</p> <p>A : 燃料被覆管の断面積 (mm²)</p> $A = \frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_i^2)$ <p>d_o : 燃料被覆管の外径 (mm)</p> <p>d_i : 燃料被覆管の内径 (mm)</p> <p>b. 内圧による各方向応力</p> <p>内圧P_oにより生じる各方向応力は、以下の式で与えられる。</p> $\sigma_z = \frac{1}{K^2 - 1} P_o$ $\sigma_r = -\frac{\frac{K^2}{R^2} - 1}{K^2 - 1} P_o$ $\sigma_\theta = \frac{\frac{K^2}{R^2} + 1}{K^2 - 1} P_o$ <p>ここで、</p> <p>σ_z : 軸方向応力 (MPa)</p> <p>σ_r : 半径方向応力 (MPa)</p> <p>σ_θ : 周方向応力 (MPa)</p> $K = \frac{b}{a}$ <p>b : 燃料被覆管外半径 (mm)</p> $a = \frac{d_o}{2}$ <p style="text-align: center;">(v)-A-99</p>	<p>(3) 燃料集合体</p> <p>垂直落下時に燃料被覆管に生じる応力は、落下衝撃による圧縮応力σ_c(MPa)と内圧による各方向応力$\sigma_z, \sigma_r, \sigma_\theta$(MPa)である。垂直落下時において最大応力強さ S(MPa)は、燃料被覆管内面に生じるので燃料被覆管内面のみ評価する。</p> <p>a. 落下衝撃により生じる圧縮応力</p> <p>落下衝撃により生じる圧縮応力は、次式で与えられる。</p> $\sigma_c = -\frac{WG_V}{A}$ <p>ここで、</p> <p>W : 燃料被覆管最下端における質量 (kg)</p> <p>G_V : 垂直落下時の衝撃加速度 (m/s²)</p> <p>A : 燃料被覆管の断面積 (mm²)</p> $A = \frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_i^2)$ <p>d_o : 燃料被覆管の外径 (mm)</p> <p>d_i : 燃料被覆管の内径 (mm)</p> <p>b. 内圧による各方向応力</p> <p>内圧P_oにより生じる各方向応力は、以下の式で与えられる。</p> $\sigma_z = \frac{1}{K^2 - 1} P_o$ $\sigma_r = -\frac{\frac{K^2}{R^2} - 1}{K^2 - 1} P_o$ $\sigma_\theta = \frac{\frac{K^2}{R^2} + 1}{K^2 - 1} P_o$ <p>ここで、</p> <p>σ_z : 軸方向応力 (MPa)</p> <p>σ_r : 半径方向応力 (MPa)</p> <p>σ_θ : 周方向応力 (MPa)</p> $K = \frac{b}{a}$ <p>b : 燃料被覆管外半径 (mm)</p> $a = \frac{d_o}{2}$ <p style="text-align: center;">(v)-A-99</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

a : 燃料被覆管内半径 (mm)

$$a = \frac{d_i}{2}$$

P_o : 内圧 (MPa)

$$R = \frac{r}{a} \text{ (内面においては } R=1 \text{)}$$

r : 評価位置 (a ≤ r ≤ b)

c. 応力強さ

垂直落下時に生じる圧縮応力及び内圧により生じる各方向応力から求まる応力強さは、以下の式で与えられる。

$$S = \text{Max} \{ |\sigma_{rL} - \sigma_{\theta L}|, |\sigma_{\theta L} - \sigma_{zL}|, |\sigma_{zL} - \sigma_{rL}| \}$$

ここで、

$$\sigma_{rL} = \sigma_r$$

$$\sigma_{\theta L} = \sigma_{\theta}$$

$$\sigma_{zL} = \sigma_c + \sigma_z$$

燃料被覆管材料 (ジルカロイ-4) の °C における照射後の降伏応力 σ_y は、589 MPa⁴⁾ であるので、余裕率 MS は、次式で与えられる。

$$MS = \frac{\sigma_y}{S} - 1$$

以上の諸式を用いて燃料に対して計算した結果を (a)-第 A.26 表に示す。燃料被覆管に発生する応力強さは基準値以下である。

(a)-第 A.26 表 垂直落下時の燃料被覆管の強度評価結果

燃料タイプ	17×17燃料		15×15燃料	
	A型	B型	A型	B型
燃料被覆管最下端における質量 : W (kg)				
衝撃加速度 : G _v (m/s ²)	270	270	270	270
燃料被覆管外径 : d _o (mm)	9.50	9.50	10.72	10.72
燃料被覆管内径 : d _i (mm)	8.36	8.36	9.48	9.40
内圧 : P _o (MPa)	11.77	11.38	13.71	13.71
応力強さ : S (MPa)	105	102	126	120
降伏応力 : σ_y (MPa)	589	589	589	589
余裕率 : MS (-)	4.60	4.77	3.67	3.90

(a)-A-100

先行設計承認申請書記載事項

a : 燃料被覆管内半径 (mm)

$$a = \frac{d_i}{2}$$

P_o : 内圧 (MPa)

$$R = \frac{r}{a} \text{ (内面においては } R=1 \text{)}$$

r : 評価位置 (a ≤ r ≤ b)

c. 応力強さ

垂直落下時に生じる圧縮応力及び内圧により生じる各方向応力から求まる応力強さは、以下の式で与えられる。

$$S = \text{Max} \{ |\sigma_{rL} - \sigma_{\theta L}|, |\sigma_{\theta L} - \sigma_{zL}|, |\sigma_{zL} - \sigma_{rL}| \}$$

ここで、

$$\sigma_{rL} = \sigma_r$$

$$\sigma_{\theta L} = \sigma_{\theta}$$

$$\sigma_{zL} = \sigma_c + \sigma_z$$

燃料被覆管材料 (ジルカロイ-4) の °C における照射後の降伏応力 σ_y は、589 MPa⁴⁾ であるので、余裕率 MS は、次式で与えられる。

$$MS = \frac{\sigma_y}{S} - 1$$

以上の諸式を用いて燃料に対して計算した結果を (a)-第 A.26 表に示す。燃料被覆管に発生する応力強さは基準値以下である。

(a)-第 A.26 表 垂直落下時の燃料被覆管の強度評価結果

燃料タイプ	A型	B型
燃料被覆管最下端における質量 : W (kg)		
衝撃加速度 : G _v (m/s ²)	270	270
燃料被覆管外径 : d _o (mm)	9.50	9.50
燃料被覆管内径 : d _i (mm)	8.36	8.36
内圧 : P _o (MPa)	11.77	11.38
応力強さ : S (MPa)	105	102
降伏応力 : σ_y (MPa)	589	589
余裕率 : MS (-)	4.60	4.77

(a)-A-100

備考

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>2. 水平落下</p> <p>(1) 容器本体</p> <p>水平落下時の衝撃力に対する容器本体の解析を有限要素法による ABAQUS コードにより行う。</p> <p>a. 解析モデル</p> <p>A. 5. 1. 3 と同様に、三次元有限要素を用いた (p)-第 A. 16 図に示す三次元 180° 対称モデルを用いる。</p> <p>b. 荷重条件及び境界条件</p> <p>(a) 荷重条件</p> <p>水平落下時に作用する荷重は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 衝撃加速度 (210 m/s²) による自重の慣性力が落下方向に働く。 ・ 内部の収納物等 (バスケット、燃料集合体) の慣性力が胴内面へ働く。 ・ 落下時の上・下部緩衝体反力が胴フランジ面及び底板に働く。 <p>(b) 境界条件</p> <p>上・下部緩衝体を取り付く面 (反力を受ける面) の上・下 1 箇所の Y 方向変位を拘束した。また、0° -180° 面の対称面において X 方向の変位を拘束した。</p> <p>水平落下時に作用する荷重条件及び境界条件を (p)-第 A. 32 図に示す。</p> <p style="text-align: center;">(p)-A-101</p>	<p>2. 水平落下</p> <p>(1) 容器本体</p> <p>水平落下時の衝撃力に対する容器本体の解析を有限要素法による ABAQUS コードにより行う。</p> <p>a. 解析モデル</p> <p>A. 5. 1. 3 と同様に、三次元有限要素を用いた (p)-第 A. 16 図に示す三次元 180° 対称モデルを用いる。</p> <p>b. 荷重条件及び境界条件</p> <p>(a) 荷重条件</p> <p>水平落下時に作用する荷重は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 衝撃加速度 (210 m/s²) による自重の慣性力が落下方向に働く。 ・ 内部の収納物等 (バスケット、燃料集合体) の慣性力が胴内面へ働く。 ・ 落下時の上・下部緩衝体反力が胴フランジ面及び底板に働く。 <p>(b) 境界条件</p> <p>上・下部緩衝体を取り付く面 (反力を受ける面) の上・下 1 箇所の X 方向変位を拘束した。また、0° -180° 面の対称面において Y 方向の変位を拘束した。</p> <p>水平落下時に作用する荷重条件及び境界条件を (p)-第 A. 32 図に示す。</p> <p style="text-align: center;">(p)-A-101</p>	

(a)-A-102

P_i : 胴内圧 (-0.101325 MPa G)
 P_u : 一二次蓋間圧力 (0.31 MPa G)
 P_m : 二三次蓋間圧力 (0.19 MPa G)
 P_{er} : 側部中性子遮蔽材部 (外筒側面) 圧力 MPa G)
 P_{er} : 側部中性子遮蔽材部 (端板面) 圧力 MPa G)
 P_{er} : 蓋部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{br} : 底部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 F_{sw} : 内部の収納物等 (バスケット、燃料集合体) の慣性力
 F_{ur} : 上部緩衝体反力
 F_{br} : 下部緩衝体反力

P_{bi} : 一次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{bu} : 二次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{bm} : 三次蓋ボルト初期締付力 MPa)

(ボルト初期締付力：一次蓋ボルトの例)

(a)-第 A.32 図 0.3m 水平落下時の荷重及び境界条件

(a)-A-102

P_i : 胴内圧 (-0.101325 MPa G)
 P_u : 一二次蓋間圧力 (0.31 MPa G)
 P_m : 二三次蓋間圧力 (0.19 MPa G)
 P_{er} : 側部中性子遮蔽材部 (外筒側面) 圧力 MPa G)
 P_{er} : 側部中性子遮蔽材部 (端板面) 圧力 MPa G)
 P_{er} : 蓋部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{br} : 底部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 F_{sw} : 内部の収納物等 (バスケット、燃料集合体) の慣性力
 F_{ur} : 上部緩衝体反力
 F_{br} : 下部緩衝体反力

P_{bi} : 一次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{bu} : 二次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{bm} : 三次蓋ボルト初期締付力 MPa)

(ボルト初期締付力：一次蓋ボルトの例)

(a)-第 A.32 図 0.3m 水平落下時の荷重及び境界条件

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. 解析結果</p> <p>水平落下時の主要な位置 ((p)-第 A.30 図参照) に対する一次応力の評価結果を (p)-第 A.27 表に、(一次+二次) 応力の評価結果を (p)-第 A.28 表に示す。表に示すように、すべての評価位置において A.1.2 に示す解析基準値を満足する。また、三次蓋とキャスク本体の Oリング取り付け位置での相対口開き変形量は 0.18 mm であり、Oリングの初期締め付け代 <input type="text" value=""/> mm より小さく、密封性が損なわれることはない。</p> <p>(p)-A-103</p>	<p>c. 解析結果</p> <p>水平落下時の主要な位置 ((p)-第 A.30 図参照) に対する一次応力の評価結果を (p)-第 A.27 表に、(一次+二次) 応力の評価結果を (p)-第 A.28 表に示す。表に示すように、すべての評価位置において A.1.2 に示す解析基準値を満足する。また、三次蓋とキャスク本体の Oリング取り付け位置での相対口開き変形量は 0.18 mm であり、Oリングの初期締め付け代 <input type="text" value=""/> mm より小さく、密封性が損なわれることはない。</p> <p>(p)-A-103</p>	

(ロ)-第 A.27 表 0.3 m 水平落下時の容器本体に対する一次応力の評価 (1/2)

部位	断面 No. (注 1)	応力分類 (注 2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注 3)	余裕率 (MS)
一次蓋	①	P _n P _L +P _b	—	3	[Redacted]	124	40.3
			内	8		186	22.2
			外	10		186	17.6
②	P _L	—	10	186		17.6	
二次蓋	③	P _n P _L +P _b	—	6		124	19.6
			内	15		186	11.4
			外	20			8.30
④	P _L	—	19	186		8.78	
三次蓋	⑤	P _n P _L +P _b	—	13		137	9.53
			内	23		205	7.91
			外	22			8.31
⑥	P _L	—	24	205		7.54	
胴	⑦	P _L P _n	—	66	186	1.81	
			—	21	123	4.85	
	⑧	P _L +P _b	内	20	184	8.20	
			外	29		5.34	
	⑨-1	P _L	—	20	184	8.20	
⑨-2	P _L	—	31	184	4.93		
胴(底板)	⑩	P _n P _L +P _b	—	11	122	10.0	
			内	12	183	14.2	
			外	13		13.0	
⑪	P _L	—	18	183	9.16		
外筒	⑫	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	77	156	1.02	
			—	20	156	6.80	
			—	30	90	2.00	
			—	87	156	0.79	
	⑬	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	41	156	2.80	
			—	13	156	11.0	
			—	3	90	29.0	
			—	7	156	21.2	
	⑭	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	14	156	10.1	
			—	18	156	7.66	
			—	20	90	3.50	
			—	86	156	0.81	

(注 1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注 2) P_n : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注 3) 断面①～⑩の P_n に対する基準値は S_n、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は 1.5S_n である。断面⑫～⑭における引張応力に対する基準値は f_t、圧縮応力に対する基準値は f_c、せん断応力に対する基準値は f_s、曲げ応力に対する基準値は f_b である。

(ロ)-A-104

(ロ)-第 A.27 表 0.3 m 水平落下時の容器本体に対する一次応力の評価 (1/2)

部位	断面 No. (注 1)	応力分類 (注 2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注 3)	余裕率 (MS)
一次蓋	①	P _n P _L +P _b	—	3	[Redacted]	124	40.3
			内	8		186	22.2
			外	10		186	17.6
②	P _L	—	10	186		17.6	
二次蓋	③	P _n P _L +P _b	—	6		124	19.6
			内	15		186	11.4
			外	20			8.30
④	P _L	—	19	186		8.78	
三次蓋	⑤	P _n P _L +P _b	—	13		137	9.53
			内	23		205	7.91
			外	22			8.31
⑥	P _L	—	24	205		7.54	
胴	⑦	P _L P _n	—	66	186	1.81	
			—	21	123	4.85	
	⑧	P _L +P _b	内	20	184	8.20	
			外	29		5.34	
	⑨-1	P _L	—	20	184	8.20	
⑨-2	P _L	—	31	184	4.93		
胴(底板)	⑩	P _n P _L +P _b	—	11	122	10.0	
			内	12	183	14.2	
			外	13		13.0	
⑪	P _L	—	18	183	9.16		
外筒	⑫	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	77	156	1.02	
			—	20	156	6.80	
			—	30	90	2.00	
			—	87	156	0.79	
	⑬	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	41	156	2.80	
			—	13	156	11.0	
			—	3	90	29.0	
			—	7	156	21.2	
	⑭	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	14	156	10.1	
			—	18	156	7.66	
			—	20	90	3.50	
			—	86	156	0.81	

(注 1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注 2) P_n : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注 3) 断面①～⑩の P_n に対する基準値は S_n、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は 1.5S_n である。断面⑫～⑭における引張応力に対する基準値は f_t、圧縮応力に対する基準値は f_c、せん断応力に対する基準値は f_s、曲げ応力に対する基準値は f_b である。

(ロ)-A-104

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.27 表 0.3 m 水平落下時の容器本体に対する一次応力の評価 (2/2)

部位	断面 No. (注 1)	応力分類 (注 2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析 基準値 (MPa) (注 3)	余裕率 (MS)
下部端板	⑮	引張	—	8	—	136	16.0
		圧縮	—	13		136	9.46
		せん断	—	16		78	3.87
		曲げ	—	63		136	1.15
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	2		157	77.5
		圧縮	—	1		157	156
		せん断	—	6		90	14.0
		曲げ	—	13		157	11.0
	⑰	引張	—	14		157	10.2
		圧縮	—	5		157	30.4
		せん断	—	6		90	14.0
		曲げ	—	24		157	5.54
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	5		136	26.2
		圧縮	—	30		136	3.53
		せん断	—	17		78	3.58
		曲げ	—	11		136	11.3
	⑲	引張	—	12	136	10.3	
		圧縮	—	56	136	1.42	
		せん断	—	16	78	3.87	
		曲げ	—	67	136	1.02	
二次蓋シール部	㉔	P _L	—	15	186	11.4	
一次蓋シール部	㉕	P _L	—	67	185	1.76	
二次蓋シール部	㉖	P _L	—	40	185	3.62	
一次蓋シール部	㉗	P _L	—	57	185	2.24	

(注 1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注 2) P_a: 一次一般膜応力、P_L: 一次局部膜応力、P_b: 一次曲げ応力

(注 3) 断面⑮~⑲における引張応力に対する基準値は f_t、圧縮応力に対する基準値は f_c、せん断応力に対する基準値は f_s、曲げ応力に対する基準値は f_b である。断面㉔~㉗の P_L に対する基準値は S_y である。

(ロ)-A-105

(ロ)-第 A.27 表 0.3 m 水平落下時の容器本体に対する一次応力の評価 (2/2)

部位	断面 No. (注 1)	応力分類 (注 2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析 基準値 (MPa) (注 3)	余裕率 (MS)
下部端板	⑮	引張	—	8	—	136	16.0
		圧縮	—	13		136	9.46
		せん断	—	16		78	3.87
		曲げ	—	63		136	1.15
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	2		157	77.5
		圧縮	—	1		157	156
		せん断	—	6		90	14.0
		曲げ	—	13		157	11.0
	⑰	引張	—	14		157	10.2
		圧縮	—	5		157	30.4
		せん断	—	6		90	14.0
		曲げ	—	24		157	5.54
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	5		136	26.2
		圧縮	—	30		136	3.53
		せん断	—	17		78	3.58
		曲げ	—	11		136	11.3
	⑲	引張	—	12	136	10.3	
		圧縮	—	56	136	1.42	
		せん断	—	16	78	3.87	
		曲げ	—	67	136	1.02	
二次蓋シール部	㉔	P _L	—	15	186	11.4	
一次蓋シール部	㉕	P _L	—	67	185	1.76	
二次蓋シール部	㉖	P _L	—	40	185	3.62	
一次蓋シール部	㉗	P _L	—	57	185	2.24	

(注 1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注 2) P_a: 一次一般膜応力、P_L: 一次局部膜応力、P_b: 一次曲げ応力

(注 3) 断面⑮~⑲における引張応力に対する基準値は f_t、圧縮応力に対する基準値は f_c、せん断応力に対する基準値は f_s、曲げ応力に対する基準値は f_b である。断面㉔~㉗の P_L に対する基準値は S_y である。

(ロ)-A-105

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.28 表 0.3 m 水平落下時の容器本体に対する

(一次+二次) 応力及び蓋ボルトの評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力の種類	表面	応力強さ又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注2)	余裕率 (MS)
一次蓋	①	-	内	7	[Redacted]	372	52.1
			外	12			30.0
	②	-	内	15		372	23.8
			外	13			27.6
二次蓋	③	-	内	14		372	25.5
			外	18			19.6
	④	-	内	54		372	5.88
			外	32			10.6
三次蓋	⑤	-	内	25		411	15.4
			外	25			15.4
	⑥	-	内	43		411	8.55
			外	64	5.42		
胴	⑦	-	内	101	372	2.68	
			外	78		3.76	
	⑧	-	内	23	369	15.0	
			外	36		9.25	
	⑨-1	-	内	25	369	13.7	
			外	24		14.3	
	⑨-2	-	内	43	369	7.58	
			外	32		10.5	
胴(底板)	⑩	-	内	33	366	10.0	
			外	11		32.2	
	⑪	-	内	39	366	8.38	
			外	45		7.13	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) 断面①~⑪における基準値は 3S_m である。

(ロ)-A-106

(ロ)-第 A.28 表 0.3 m 水平落下時の容器本体に対する

(一次+二次) 応力及び蓋ボルトの評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力の種類	表面	応力強さ又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注2)	余裕率 (MS)
一次蓋	①	-	内	7	[Redacted]	372	52.1
			外	12			30.0
	②	-	内	15		372	23.8
			外	13			27.6
二次蓋	③	-	内	14		372	25.5
			外	18			19.6
	④	-	内	54		372	5.88
			外	32			10.6
三次蓋	⑤	-	内	25		411	15.4
			外	25			15.4
	⑥	-	内	43		411	8.55
			外	64	5.42		
胴	⑦	-	内	101	372	2.68	
			外	78		3.76	
	⑧	-	内	23	369	15.0	
			外	36		9.25	
	⑨-1	-	内	25	369	13.7	
			外	24		14.3	
	⑨-2	-	内	43	369	7.58	
			外	32		10.5	
胴(底板)	⑩	-	内	33	366	10.0	
			外	11		32.2	
	⑪	-	内	39	366	8.38	
			外	45		7.13	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) 断面①~⑪における基準値は 3S_m である。

(ロ)-A-106

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.28 表 0.3 m 水平落下時の容器本体に対する
(一次+二次) 応力及び蓋ボルトの評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力の種類 (注2)	表面	応力強さ又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)	
外筒	⑫	引張	—	99	[Redacted]	470	3.74	
		せん断	—	26		271	9.42	
		曲げ	—	72		470	5.52	
	⑬	引張	—	64		470	6.34	
		せん断	—	3		271	89.3	
		曲げ	—	5		470	93.0	
	⑭	引張	—	86		470	4.46	
		せん断	—	30		271	8.03	
		曲げ	—	134		470	2.50	
下部端板	⑮	引張	—	60		410	5.83	
		せん断	—	33		236	6.15	
		曲げ	—	146		410	1.80	
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	3		472	156	
		せん断	—	2		272	135	
		曲げ	—	5		472	93.4	
	⑰	引張	—	12		472	38.3	
		せん断	—	6		272	44.3	
		曲げ	—	25		472	17.8	
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	64	410	5.40		
		せん断	—	17	236	12.8		
		曲げ	—	8	410	50.2		
	⑲	引張	—	80	410	4.12		
		せん断	—	16	236	13.7		
		曲げ	—	59	410	5.94		
二次蓋シール部	㉔	—	内	36	186	4.16		
			外	25		6.44		
	㉕	—	内	61		185	2.03	
			外	62		1.98		
一次蓋シール部	㉖	—	内	28		185	5.60	
			外	70			1.64	
	㉗	—	内	57			185	2.24
			外	56			2.30	
一次蓋ボルト	—	σ_m	—	251	562		1.23	
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	590	843		0.42	
二次蓋ボルト	—	σ_m	—	241	564		1.34	
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	596	846		0.41	
三次蓋ボルト	—	σ_m	—	285	564	0.97		
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	468	846	0.80		

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力

(注3) 断面⑫~⑱における引張応力に対する基準値は $3f_t$ 、せん断応力に対する基準値は $3f_s$ 、曲げ応力に対する基準値は $3f_b$ である。断面㉔~㉗に対する基準値は S_y である。蓋ボルトの基準値は σ_m に対して $2S_m$ 、 $\sigma_m + \sigma_b$ に対して $3S_m$ である。なお、蓋ボルトの $2S_m$ 及び $3S_m$ の値は、 S_y より小さい。

(ロ)-A-107

(ロ)-第 A.28 表 0.3 m 水平落下時の容器本体に対する
(一次+二次) 応力及び蓋ボルトの評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力の種類 (注2)	表面	応力強さ又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)	
外筒	⑫	引張	—	99	[Redacted]	470	3.74	
		せん断	—	26		271	9.42	
		曲げ	—	72		470	5.52	
	⑬	引張	—	64		470	6.34	
		せん断	—	3		271	89.3	
		曲げ	—	5		470	93.0	
	⑭	引張	—	86		470	4.46	
		せん断	—	30		271	8.03	
		曲げ	—	134		470	2.50	
下部端板	⑮	引張	—	60		410	5.83	
		せん断	—	33		236	6.15	
		曲げ	—	146		410	1.80	
蓋部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	3		472	156	
		せん断	—	2		272	135	
		曲げ	—	5		472	93.4	
	⑰	引張	—	12		472	38.3	
		せん断	—	6		272	44.3	
		曲げ	—	25		472	17.8	
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	64	410	5.40		
		せん断	—	17	236	12.8		
		曲げ	—	8	410	50.2		
	⑲	引張	—	80	410	4.12		
		せん断	—	16	236	13.7		
		曲げ	—	59	410	5.94		
二次蓋シール部	㉔	—	内	36	186	4.16		
			外	25		6.44		
	㉕	—	内	61		185	2.03	
			外	62		1.98		
一次蓋シール部	㉖	—	内	28		185	5.60	
			外	70			1.64	
	㉗	—	内	57			185	2.24
			外	56			2.30	
一次蓋ボルト	—	σ_m	—	251	562		1.23	
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	590	843		0.42	
二次蓋ボルト	—	σ_m	—	241	564		1.34	
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	596	846		0.41	
三次蓋ボルト	—	σ_m	—	285	564	0.97		
		$\sigma_m + \sigma_b$	—	468	846	0.80		



(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力

(注3) 断面⑫~⑱における引張応力に対する基準値は $3f_t$ 、せん断応力に対する基準値は $3f_s$ 、曲げ応力に対する基準値は $3f_b$ である。断面㉔~㉗に対する基準値は S_y である。蓋ボルトの基準値は σ_m に対して $2S_m$ 、 $\sigma_m + \sigma_b$ に対して $3S_m$ である。なお、蓋ボルトの $2S_m$ 及び $3S_m$ の値は、 S_y より小さい。

(ロ)-A-107

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) バスケット</p> <p>a. バスケットプレート縦板</p> <p>水平落下時にバスケットプレート縦板切欠部には(σ)-第 A.33 図に示すように、領域 I の範囲にあるバスケットプレート、バスケットサポート及び燃料集合体の自重による慣性力並びに、領域 II のバスケットプレートの自重による慣性力が作用し、圧縮による膜応力 σ_c (MPa) が生じる。</p> <div data-bbox="338 638 1279 1241" style="border: 1px solid black; height: 287px; width: 317px; margin: 10px auto;"></div> <p>(σ)-第 A.33 図 バスケットプレート縦板の解析モデル</p> $\sigma_c = \frac{W_I + W_{II}}{A \cdot N} G_{II}$ <p>ここで、</p> <ul style="list-style-type: none"> W_I : 領域 I のバスケットプレート、中性子吸収材、バスケットサポート及び燃料集合体の質量 (kg) W_{II} : 領域 II のバスケットプレート及び中性子吸収材の質量 (kg) W_f : 燃料集合体の質量 (kg) N_f : 領域 I の範囲にある燃料集合体の数 (体) G_{II} : 水平落下時の衝撃加速度 (m/s^2) N : バスケットプレートの数 (枚) <p>(σ)-A-108</p>	<p>(2) バスケット</p> <p>a. バスケットプレート縦板</p> <p>水平落下時にバスケットプレート縦板切欠部には(σ)-第 A.33 図に示すように、領域 I の範囲にあるバスケットプレート、バスケットサポート及び燃料集合体の自重による慣性力並びに、領域 II のバスケットプレートの自重による慣性力が作用し、圧縮による膜応力 σ_c (MPa) が生じる。</p> <div data-bbox="1567 638 2507 1241" style="border: 1px solid black; height: 287px; width: 317px; margin: 10px auto;"></div> <p>(σ)-第 A.33 図 バスケットプレート縦板の解析モデル</p> $\sigma_c = \frac{W_I + W_{II}}{A \cdot N} G_{II}$ <p>ここで、</p> <ul style="list-style-type: none"> W_I : 領域 I のバスケットプレート、中性子吸収材、バスケットサポート及び燃料集合体の質量 (kg) W_{II} : 領域 II のバスケットプレート及び中性子吸収材の質量 (kg) W_f : 燃料集合体の質量 (kg) N_f : 領域 I の範囲にある燃料集合体の数 (体) G_{II} : 水平落下時の衝撃加速度 (m/s^2) N : バスケットプレートの数 (枚) <p>(σ)-A-108</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 : 断面積 (mm²) $A = (b_1 + b_2 \times 2) \times h_1 - (b_3 + b_4 \times 2) \times h_2$ b₁ : バスケットプレート幅 1 (mm) b₂ : バスケットプレート幅 2 (mm) b₃ : バスケットプレート幅 3 (mm) b₄ : バスケットプレート幅 4 (mm) h₁ : バスケットプレート高さ 1 (mm) h₂ : バスケットプレート高さ 2 (mm)</p>  <p>(a)-第 A.34 図 バスケットプレート解析モデル図</p> <p>計算条件と計算結果を(a)-第 A.29 表に示す。表に示すように、評価位置において A.1.2 に示す解析基準値を満足する。なお、180 ° 側以外の任意の角度で落下する場合も健全性は維持される。また、バスケットに生じる応力は、設計降伏点 (56 MPa) より低いので、バスケットは塑性変形しない。</p> <p>(a)-A-109</p>	<p>A : 断面積 (mm²) $A = (b_1 + b_2 \times 2) \times h_1 - (b_3 + b_4 \times 2) \times h_2$ b₁ : バスケットプレート幅 1 (mm) b₂ : バスケットプレート幅 2 (mm) b₃ : バスケットプレート幅 3 (mm) b₄ : バスケットプレート幅 4 (mm) h₁ : バスケットプレート高さ 1 (mm) h₂ : バスケットプレート高さ 2 (mm)</p>  <p>(a)-第 A.34 図 バスケットプレート解析モデル図</p> <p>計算条件と計算結果を(a)-第 A.29 表に示す。表に示すように、評価位置において A.1.2 に示す解析基準値を満足する。なお、180 ° 側以外の任意の角度で落下する場合も健全性は維持される。また、バスケットに生じる応力は、設計降伏点 (56 MPa) より低いので、バスケットは塑性変形しない。</p> <p>(a)-A-109</p>	

(ロ)-第 A.29 表 バスケットプレート縦板の応力計算条件及び計算結果

項目	燃料集合体の質量(BP 無, BP 有) : W_f (kg)	領域 I の範囲にある燃料集合体の数(BP 無, BP 有) : N_I (体)	領域 I のバスケットプレート、中性子吸収材、バスケットサポート及び燃料集合体の質量 ^(注1) : W_I (kg)	領域 II のバスケットプレート及び中性子吸収材の質量 ^(注2) : W_{II} (kg)	水平落下時の衝撃加速度 : G_H (m/s ²)
数値	680				210

(ロ)-第 A.29 表 バスケットプレート縦板の応力計算条件及び計算結果

項目	燃料集合体の質量(BP 無, BP 有) : W_f (kg)	領域 I の範囲にある燃料集合体の数(BP 無, BP 有) : N_I (体)	領域 I のバスケットプレート、中性子吸収材、バスケットサポート及び燃料集合体の質量 ^(注1) : W_I (kg)	領域 II のバスケットプレート及び中性子吸収材の質量 ^(注2) : W_{II} (kg)	水平落下時の衝撃加速度 : G_H (m/s ²)
数値	680				210

項目	バスケットプレート幅 1 : b_1 (mm)	バスケットプレート幅 2 : b_2 (mm)	バスケットプレート高さ 1 : h_1 (mm)	バスケットプレート幅 3 : b_3 (mm)	バスケットプレート幅 4 : b_4 (mm)	バスケットプレート高さ 2 : h_2 (mm)	断面積 : A (mm ²)
数値							

項目	バスケットプレート幅 1 : b_1 (mm)	バスケットプレート幅 2 : b_2 (mm)	バスケットプレート高さ 1 : h_1 (mm)	バスケットプレート幅 3 : b_3 (mm)	バスケットプレート幅 4 : b_4 (mm)	バスケットプレート高さ 2 : h_2 (mm)	断面積 : A (mm ²)
数値							

項目	バスケットプレートの数 : N (枚)	圧縮応力 : σ_c (MPa)	基準値 : S_m (MPa)	余裕率 (-)
数値		12	36	2.00

項目	バスケットプレートの数 : N (枚)	圧縮応力 : σ_c (MPa)	基準値 : S_m (MPa)	余裕率 (-)
数値		12	36	2.00



(注1) 領域 I のバスケットプレート、中性子吸収材、バスケットサポート及び燃料集合体の各質量の内訳は、以下のとおりである。
 バスケットプレートの質量 : () (kg)
 中性子吸収材の質量 : () (kg)
 バスケットサポートの質量 : () (kg)
 燃料集合体の合計質量 : $680 \times$ () (kg)

(注1) 領域 I のバスケットプレート、中性子吸収材、バスケットサポート及び燃料集合体の各質量の内訳は、以下のとおりである。
 バスケットプレートの質量 : () (kg)
 中性子吸収材の質量 : () (kg)
 バスケットサポートの質量 : () (kg)
 燃料集合体の合計質量 : $680 \times$ () (kg)

(注2) 領域 II のバスケットプレート及び中性子吸収材の各質量の内訳は以下のとおりである。
 バスケットプレートの質量 : () (kg)
 中性子吸収材の質量 : () (kg)

(注2) 領域 II のバスケットプレート及び中性子吸収材の各質量の内訳は以下のとおりである。
 バスケットプレートの質量 : () (kg)
 中性子吸収材の質量 : () (kg)

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. バスケットプレート横板</p> <p>水平落下時にバスケットプレート横板切欠部には、(v)-第 A.35 図に示すようにバスケットプレート、中性子吸収材及び燃料集合体の自重による慣性力により曲げ応力 σ_b が生じる。</p> <div data-bbox="305 558 1249 1213" style="border: 1px solid black; height: 312px; width: 318px; margin: 10px auto;"></div> <p>(v)-第 A.35 図 バスケットプレート横板の解析モデル</p> $\sigma_b = \frac{M}{Z}$ $\tau = \frac{F}{A}$ <p>ここで、</p> <p>σ_b : 曲げ応力 (MPa)</p> <p>τ : せん断応力 (MPa)</p> <p>M : 曲げモーメント (N・mm)</p> $M = \frac{w \cdot l^2}{12} G_H$ <p>Z : 断面係数 (mm³)</p> <p>(a)-A-111</p>	<p>b. バスケットプレート横板</p> <p>水平落下時にバスケットプレート横板切欠部には、(v)-第 A.35 図に示すようにバスケットプレート、中性子吸収材及び燃料集合体の自重による慣性力により曲げ応力 σ_b が生じる。</p> <div data-bbox="1555 558 2499 1213" style="border: 1px solid black; height: 312px; width: 318px; margin: 10px auto;"></div> <p>(v)-第 A.35 図 バスケットプレート横板の解析モデル</p> $\sigma_b = \frac{M}{Z}$ $\tau = \frac{F}{A}$ <p>ここで、</p> <p>σ_b : 曲げ応力 (MPa)</p> <p>τ : せん断応力 (MPa)</p> <p>M : 曲げモーメント (N・mm)</p> $M = \frac{w \cdot l^2}{12} G_H$ <p>Z : 断面係数 (mm³)</p> <p>(a)-A-111</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
$Z = \frac{h_1^3 \times b_1 - h_2^3 \times (b_2 + b_3 \times 2)}{6h_1}$ <p>A : 断面積 (mm²) $A = b_1 \times h_1 - h_2 \times (b_2 + b_3 \times 2)$ F : せん断力 (N) $F = w \times \ell / 2 \times G_H$ w : 分布荷重 (kg/mm) $w = \frac{W_f + W_b \times N}{\ell \times N}$</p> <p>ℓ : バスケットセルの内幅 (mm) G_H : 水平落下時の衝撃加速度 (m/s²) W_f : 燃料集合体の質量 (kg) W_b : バスケットプレート及び中性子吸収材の質量 (kg) N : バスケットプレートの数 (段) h₁ : バスケットプレート高さ 1 (mm) b₁ : バスケットプレート幅 1 (mm) b₂ : バスケットプレート幅 2 (mm) h₂ : バスケットプレート高さ 2 (mm) b₃ : バスケットプレート幅 3 (mm)</p>  <p>(e)-第 A.36 図 バスケットプレート解析モデル図</p> <p>計算条件と計算結果を(e)-第 A.30 表に示す。表に示すように、評価位置において A.1.2 に示す解析基準値を満足する。なお、180° 側以外の任意の角度で落下する場合も健全性は維持される。なお、バスケットに生じる応力は、設計降伏点(56 MPa)より低いので、バスケットは塑性変形しない。</p> <p>(p)-A-112</p>	$Z = \frac{h_1^3 \times b_1 - h_2^3 \times (b_2 + b_3 \times 2)}{6h_1}$ <p>A : 断面積 (mm²) $A = b_1 \times h_1 - h_2 \times (b_2 + b_3 \times 2)$ F : せん断力 (N) $F = w \times \ell / 2 \times G_H$ w : 分布荷重 (kg/mm) $w = \frac{W_f + W_b \times N}{\ell \times N}$</p> <p>ℓ : バスケットセルの内幅 (mm) G_H : 水平落下時の衝撃加速度 (m/s²) W_f : 燃料集合体の質量 (kg) W_b : バスケットプレート及び中性子吸収材の質量 (kg) N : バスケットプレートの数 (段) h₁ : バスケットプレート高さ 1 (mm) b₁ : バスケットプレート幅 1 (mm) b₂ : バスケットプレート幅 2 (mm) h₂ : バスケットプレート高さ 2 (mm) b₃ : バスケットプレート幅 3 (mm)</p>  <p>(e)-第 A.36 図 バスケットプレート解析モデル図</p> <p>計算条件と計算結果を(e)-第 A.30 表に示す。表に示すように、評価位置において A.1.2 に示す解析基準値を満足する。なお、180° 側以外の任意の角度で落下する場合も健全性は維持される。なお、バスケットに生じる応力は、設計降伏点(56 MPa)より低いので、バスケットは塑性変形しない。</p> <p>(p)-A-112</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.30 表 バスケットプレート横板の応力計算条件及び計算結果

項目	燃料集合体の質量(BP有) : W_f (kg)	バスケットプレート及び中性子吸収材の質量 : W_b (kg)	バスケットプレートの数 : N (枚)	バスケットセルの内幅 : ℓ (mm)	分布荷重 : w (kg/mm)	水平落下時の衝撃加速度 : G_H (m/s^2)
数値						210

項目	バスケットプレート高さ 1 : h_1 (mm)	バスケットプレート幅 1 : b_1 (mm)	バスケットプレート幅 2 : b_2 (mm)	バスケットプレート高さ 2 : h_2 (mm)	バスケットプレート幅 3 : b_3 (mm)
数値					

項目	曲げモーメント : M ($N \cdot mm$)	断面係数 : Z (mm^3)	曲げ応力 : σ_b (MPa)	基準値 : αS_m (MPa)	余裕率 (-)
数値			8	46	4.75

項目	せん断力 : F (N)	断面積 : A (mm^2)	せん断応力 : τ (MPa)	基準値 : $0.6S_m$ (MPa)	余裕率 (-)
数値			2	21	9.50

(ロ)-A-113

(ロ)-第 A.30 表 バスケットプレート横板の応力計算条件及び計算結果

項目	燃料集合体の質量(BP有) : W_f (kg)	バスケットプレート及び中性子吸収材の質量 : W_b (kg)	バスケットプレートの数 : N (枚)	バスケットセルの内幅 : ℓ (mm)	分布荷重 : w (kg/mm)	水平落下時の衝撃加速度 : G_H (m/s^2)
数値						210

項目	バスケットプレート高さ 1 : h_1 (mm)	バスケットプレート幅 1 : b_1 (mm)	バスケットプレート幅 2 : b_2 (mm)	バスケットプレート高さ 2 : h_2 (mm)	バスケットプレート幅 3 : b_3 (mm)
数値					

項目	曲げモーメント : M ($N \cdot mm$)	断面係数 : Z (mm^3)	曲げ応力 : σ_b (MPa)	基準値 : αS_m (MPa)	余裕率 (-)
数値			8	46	4.75

項目	せん断力 : F (N)	断面積 : A (mm^2)	せん断応力 : τ (MPa)	基準値 : $0.6S_m$ (MPa)	余裕率 (-)
数値			2	21	9.50

(ロ)-A-113

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) 燃料集合体</p> <p>水平落下時に生じる応力は、落下衝撃による曲げ応力 σ_b(MPa)と内圧による各方向応力 σ_z、σ_r、σ_θ(MPa)である。水平落下時において最大応力強さ S(MPa)は、外面に生じるので外面のみ評価する。</p> <p>a. 落下衝撃により生じる曲げ応力</p> <p>燃料被覆管は支持格子により支持される連続梁とみなすことができ、1つの支持スパン内の部分を考えると両端固定梁となる。したがって、落下衝撃により生じる最大曲げ応力は、次式で与えられる。</p> $\sigma_b = \frac{Md_o}{2I}$ $M = \frac{1}{12}(W_f + W_c)\ell^2 \times G_H$ $I = \frac{\pi}{64}(d_o^4 - d_i^4)$ <p>ここで、</p> <p>M : 曲げモーメント (N・mm)</p> <p>G_H : 水平落下時の衝撃加速度 (m/s²)</p> <p>I : 断面二次モーメント (mm⁴)</p> <p>W_f : ペレット単位長さ当たり質量 (kg/mm)</p> <p>W_c : 燃料被覆管単位長さ当たり質量 (kg/mm)</p> <p>ℓ : 支持スパン (mm)</p> <p>d_o : 燃料被覆管外径 (mm)</p> <p>d_i : 燃料被覆管内径 (mm)</p> <p>b. 内圧による各方向応力</p> <p>内圧 P_oにより生じる各方向応力は、1.(3)と同じである。</p> <p>c. 応力強さ</p> <p>水平落下時に生じる曲げ応力及び内圧により生じる各方向応力から求まる応力強さは、以下の式で与えられる。</p> $S = \text{Max} (\sigma_{rL} - \sigma_{\theta L} , \sigma_{\theta L} - \sigma_{zL} , \sigma_{zL} - \sigma_{rL})$ <p>ここで、</p> $\sigma_{rL} = \sigma_r$ $\sigma_{\theta L} = \sigma_\theta$ $\sigma_{zL} = -\sigma_b + \sigma_z$ <p style="text-align: center;">(p)-A-114</p>	<p>(3) 燃料集合体</p> <p>水平落下時に生じる応力は、落下衝撃による曲げ応力 σ_b(MPa)と内圧による各方向応力 σ_z、σ_r、σ_θ(MPa)である。水平落下時において最大応力強さ S(MPa)は、外面に生じるので外面のみ評価する。</p> <p>a. 落下衝撃により生じる曲げ応力</p> <p>燃料被覆管は支持格子により支持される連続梁とみなすことができ、1つの支持スパン内の部分を考えると両端固定梁となる。したがって、落下衝撃により生じる最大曲げ応力は、次式で与えられる。</p> $\sigma_b = \frac{Md_o}{2I}$ $M = \frac{1}{12}(W_f + W_c)\ell^2 \times G_H$ $I = \frac{\pi}{64}(d_o^4 - d_i^4)$ <p>ここで、</p> <p>M : 曲げモーメント (N・mm)</p> <p>G_H : 水平落下時の衝撃加速度 (m/s²)</p> <p>I : 断面二次モーメント (mm⁴)</p> <p>W_f : ペレット単位長さ当たり質量 (kg/mm)</p> <p>W_c : 燃料被覆管単位長さ当たり質量 (kg/mm)</p> <p>ℓ : 支持スパン (mm)</p> <p>d_o : 燃料被覆管外径 (mm)</p> <p>d_i : 燃料被覆管内径 (mm)</p> <p>b. 内圧による各方向応力</p> <p>内圧 P_oにより生じる各方向応力は、1.(3)と同じである。</p> <p>c. 応力強さ</p> <p>水平落下時に生じる曲げ応力及び内圧により生じる各方向応力から求まる応力強さは、以下の式で与えられる。</p> $S = \text{Max} (\sigma_{rL} - \sigma_{\theta L} , \sigma_{\theta L} - \sigma_{zL} , \sigma_{zL} - \sigma_{rL})$ <p>ここで、</p> $\sigma_{rL} = \sigma_r$ $\sigma_{\theta L} = \sigma_\theta$ $\sigma_{zL} = -\sigma_b + \sigma_z$ <p style="text-align: center;">(p)-A-114</p>	

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

燃料被覆管材料（ジルカロイ-4）の \square °C における照射後の降伏応力 σ_y は、589 MPa⁴⁾ であるので、余裕率 MS は、次式で与えられる。

$$MS = \frac{\sigma_y}{S} - 1$$

以上の諸式を用いて各燃料に対して計算した結果を (a)-第 A.31 表に示す。燃料被覆管に発生する応力強さは基準値以下である。

(a)-第 A.31 表 水平落下時の燃料被覆管の強度評価結果

燃料タイプ	17×17燃料		15×15燃料	
	A型	B型	A型	B型
ペレット単位長さ当たり質量：W _f (kg/mm)				
燃料被覆管単位長さ当たり質量：W _o (kg/mm)				
衝撃加速度：G _H (m/s ²)	210	210	210	210
支持スパン：ℓ (mm)				
燃料被覆管外径：d _o (mm)	9.50	9.50	10.72	10.72
燃料被覆管内径：d _i (mm)	8.36	8.36	9.48	9.40
内圧：P _o (MPa)	11.77	11.38	13.71	13.71
応力強さ：S (MPa)	141	140	202	190
降伏応力：σ _y (MPa)	589	589	589	589
余裕率：MS (-)	3.17	3.20	1.91	2.10

3. コーナー落下

(a)-第 A.19 表に示すように、コーナー落下時の衝撃加速度は垂直落下及び水平落下時に比べて小さく、垂直及び水平落下時に比べて条件が厳しくない。ただし、頭部コーナー落下時は、頭部垂直落下時と違い蓋部に作用する緩衝体の圧潰力が蓋全面に作用せず内部の収納物等による慣性力が蓋を介して蓋ボルトに作用する。この蓋ボルトへの荷重については、より衝撃加速度の大きい特別の試験条件で評価し、蓋ボルトの応力が設計降伏点より低いことを確認している。したがって、コーナー落下時に輸送容器及び収納物の構造健全性が損なわれることはない。

(a)-A-115

先行設計承認申請書記載事項

燃料被覆管材料（ジルカロイ-4）の \square °C における照射後の降伏応力 σ_y は、589 MPa⁴⁾ であるので、余裕率 MS は、次式で与えられる。

$$MS = \frac{\sigma_y}{S} - 1$$

以上の諸式を用いて各燃料に対して計算した結果を (a)-第 A.31 表に示す。燃料被覆管に発生する応力強さは基準値以下である。

(a)-第 A.31 表 水平落下時の燃料被覆管の強度評価結果

燃料タイプ	A型	B型
ペレット単位長さ当たり質量：W _f (kg/mm)		
燃料被覆管単位長さ当たり質量：W _o (kg/mm)		
衝撃加速度：G _H (m/s ²)	210	210
支持スパン：ℓ (mm)		
燃料被覆管外径：d _o (mm)	9.50	9.50
燃料被覆管内径：d _i (mm)	8.36	8.36
内圧：P _o (MPa)	11.77	11.38
応力強さ：S (MPa)	141	140
降伏応力：σ _y (MPa)	589	589
余裕率：MS (-)	3.17	3.20

3. コーナー落下

(a)-第 A.19 表に示すように、コーナー落下時の衝撃加速度は垂直落下及び水平落下時に比べて小さく、垂直及び水平落下時に比べて条件が厳しくない。ただし、頭部コーナー落下時は、頭部垂直落下時と違い蓋部に作用する緩衝体の圧潰力が蓋全面に作用せず内部の収納物等による慣性力が蓋を介して蓋ボルトに作用する。この蓋ボルトへの荷重については、より衝撃加速度の大きい特別の試験条件で評価し、蓋ボルトの応力が設計降伏点より低いことを確認している。したがって、コーナー落下時に輸送容器及び収納物の構造健全性が損なわれることはない。

(a)-A-115

備考

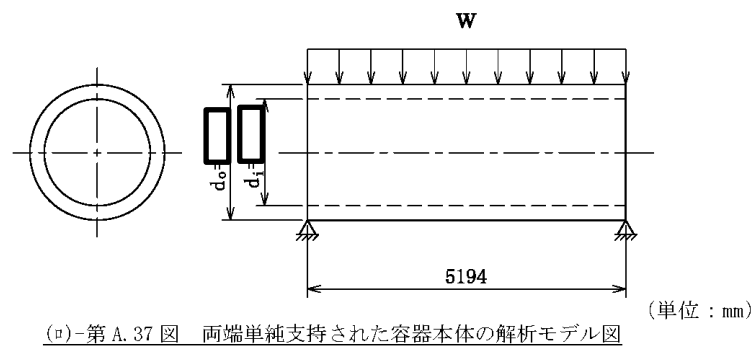
15×15 燃料追加に伴う記載の追加

A. 5.4 積み重ね試験

本項の条件として、輸送物の 5 倍に相当する荷重又は鉛直投影面積に 1.3×10^{-2} MPa のいずれか厳しい方を負荷することになっている。本輸送物の場合、輸送物の構造解析上での総質量 1.344×10^5 kg の 5 倍に相当する 6.720×10^5 kg (6.591×10^8 N) の荷重の方が、本輸送容器の鉛直投影面積に 1.3×10^{-2} MPa を乗じて得た値に相当する荷重より大きいので、 6.720×10^5 kg (6.591×10^8 N) の荷重が輸送容器の軸に垂直方向にかかる場合及び軸方向にかかる場合について評価を行う。

1. 軸に垂直な方向の荷重の場合

本輸送物では、容器本体を円筒構造とみなして、最も厳しい条件として (a)-第 A. 37 図に示すように、長さ L、外径 d_o (胴外径)、内径 d_i (胴内径) の円筒 (胴) をよこ置きにして両端を単純支持し、鉛直方向に 6.591×10^8 N の等分布荷重が負荷する場合について解析する。



この場合、荷重を受けるのは容器本体であり、緩衝体が両端支持として働く。容器本体を梁と仮定すれば、生じる最大曲げ応力 σ_b (MPa) は、次式で与えられる。

$$\sigma_b = \frac{M_{max} d_o}{2I}$$

ここで、

M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

$$M_{max} = \frac{1}{8} WL$$

L : 円筒の長さ (mm)

I : 円筒の中心軸に垂直な断面における Z 軸に関する断面二次モーメント (mm⁴)

$$I = \frac{\pi}{64} (d_o^4 - d_i^4)$$

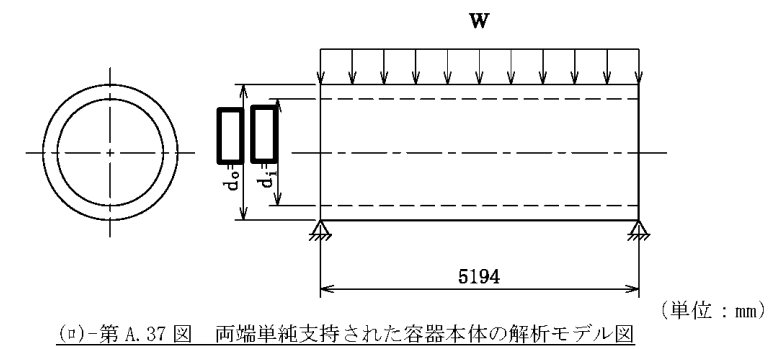
(a)-A-116

A. 5.4 積み重ね試験

本項の条件として、輸送物の 5 倍に相当する荷重又は鉛直投影面積に 1.3×10^{-2} MPa のいずれか厳しい方を負荷することになっている。本輸送物の場合、輸送物の構造解析上での総質量 1.344×10^5 kg の 5 倍に相当する 6.720×10^5 kg (6.591×10^8 N) の荷重の方が、本輸送容器の鉛直投影面積に 1.3×10^{-2} MPa を乗じて得た値に相当する荷重より大きいので、 6.720×10^5 kg (6.591×10^8 N) の荷重が輸送容器の軸に垂直方向にかかる場合及び軸方向にかかる場合について評価を行う。

1. 軸に垂直な方向の荷重の場合

本輸送物では、容器本体を円筒構造とみなして、最も厳しい条件として (a)-第 A. 37 図に示すように、長さ L、外径 d_o (胴外径)、内径 d_i (胴内径) の円筒 (胴) をよこ置きにして両端を単純支持し、鉛直方向に 6.591×10^8 N の等分布荷重が負荷する場合について解析する。



この場合、荷重を受けるのは容器本体であり、緩衝体が両端支持として働く。容器本体を梁と仮定すれば、生じる最大曲げ応力 σ_b (MPa) は、次式で与えられる。

$$\sigma_b = \frac{M_{max} d_o}{2I}$$

ここで、

M_{max} : 最大曲げモーメント (N・mm)

$$M_{max} = \frac{1}{8} WL$$

L : 円筒の長さ (mm)

I : 円筒の中心軸に垂直な断面における Z 軸に関する断面二次モーメント (mm⁴)

$$I = \frac{\pi}{64} (d_o^4 - d_i^4)$$

(a)-A-116

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

d_o : 円筒外径 (mm)
 d_i : 円筒内径 (mm)
 W : 荷重 (N)

ここで、胴部をこの円筒とみなして曲げ応力を計算した場合の計算条件と計算結果を、
 (ロ)-第 A.32 表に示す。本輸送物は、軸に垂直な方向の荷重により圧潰することはない。

(ロ)-第 A.32 表 容器本体の軸に垂直方向の積み重ね応力計算条件及び計算結果

評価位置	輸送物総質量の 5 倍の荷重 : W (N)	容器本体の 全長 : L (mm)	胴外径 : d_o (mm)	胴内径 : d_i (mm)	最 大 曲げ応力 : σ_b (MPa)	基準値 : S_y (MPa)	余裕率 (-)
容器 本体	6.591×10^8	5194			7	184	25.2

(ロ)-A-117

先行設計承認申請書記載事項

d_o : 円筒外径 (mm)
 d_i : 円筒内径 (mm)
 W : 荷重 (N)

ここで、胴部をこの円筒とみなして曲げ応力を計算した場合の計算条件と計算結果を、
 (ロ)-第 A.32 表に示す。本輸送物は、軸に垂直な方向の荷重により圧潰することはない。

(ロ)-第 A.32 表 容器本体の軸に垂直方向の積み重ね応力計算条件及び計算結果

評価位置	輸送物総質量の 5 倍の荷重 : W (N)	容器本体の 全長 : L (mm)	胴外径 : d_o (mm)	胴内径 : d_i (mm)	最 大 曲げ応力 : σ_b (MPa)	基準値 : S_y (MPa)	余裕率 (-)
容器 本体	6.591×10^8	5194			7	184	25.2

(ロ)-A-117

備考

2. 軸方向の荷重の場合

(ロ)-第 A.38 図に示すように、円筒をたて置きにし、円筒の軸方向に両端から等分布荷重 W をかけたときに円筒に生じる圧縮応力 σ_c (MPa) は、次式で与えられる。

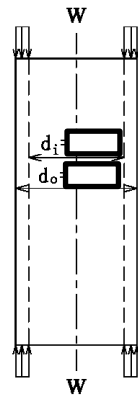
$$\sigma_c = \frac{W}{\frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_i^2)}$$

ここで、

W : 荷重 (N)

d_i : 円筒内径 (mm)

d_o : 円筒外径 (mm)



(単位: mm)

(ロ)-第 A.38 図 両端より圧縮される容器本体の解析モデル図

ここで、胴部をこの円筒とみなして圧縮応力を計算した場合の計算条件と計算結果を (ロ)-第 A.33 表に示す。本輸送物は、軸方向の荷重により圧潰することはない。

(ロ)-第 A.33 表 容器本体の軸方向の積み重ね応力計算条件及び計算結果

評価位置	輸送物総質量の 5 倍の荷重 : W(N)	胴外径 : d_o (mm)	胴内径 : d_i (mm)	圧縮応力 : σ_c (MPa)	基準値 : S_y (MPa)	余裕率 (-)
容器本体	6.591×10^8			5	184	35.8

以上より、容器本体の構造健全性が維持されるので、密封部の健全性が維持される。
なお、実際に輸送物を積み重ねた場合には緩衝体部分が積み重なり、外筒や蓋部及び底部中性子遮蔽材カバーには荷重が作用しないため、遮蔽解析に影響を及ぼすような

(ロ)-A-118

2. 軸方向の荷重の場合

(ロ)-第 A.38 図に示すように、円筒をたて置きにし、円筒の軸方向に両端から等分布荷重 W をかけたときに円筒に生じる圧縮応力 σ_c (MPa) は、次式で与えられる。

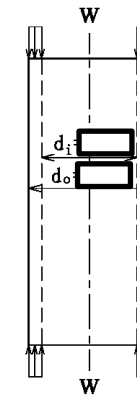
$$\sigma_c = \frac{W}{\frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_i^2)}$$

ここで、

W : 荷重 (N)

d_i : 円筒内径 (mm)

d_o : 円筒外径 (mm)



(単位: mm)

(ロ)-第 A.38 図 両端より圧縮される容器本体の解析モデル図

ここで、胴部をこの円筒とみなして圧縮応力を計算した場合の計算条件と計算結果を (ロ)-第 A.33 表に示す。本輸送物は、軸方向の荷重により圧潰することはない。

(ロ)-第 A.33 表 容器本体の軸方向の積み重ね応力計算条件及び計算結果

評価位置	輸送物総質量の 5 倍の荷重 : W(N)	胴外径 : d_o (mm)	胴内径 : d_i (mm)	圧縮応力 : σ_c (MPa)	基準値 : S_y (MPa)	余裕率 (-)
容器本体	6.591×10^8			5	184	35.8

以上より、容器本体の構造健全性が維持されるので、密封部の健全性が維持される。
なお、実際に輸送物を積み重ねた場合には緩衝体部分が積み重なり、外筒や蓋部及び底部中性子遮蔽材カバーには荷重が作用しないため、遮蔽解析に影響を及ぼすような

(ロ)-A-118

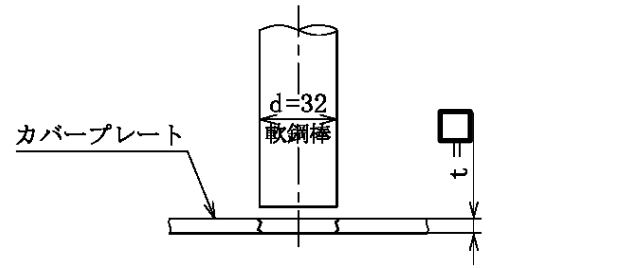
型式指定申請書 添付書類 13 記載事項	先行設計承認申請書記載事項	備考
<p>破損は生じない。一方、緩衝体は、最大 20mm 程度変形する可能性があるが、ロ章 D の遮蔽解析で考慮している 0.3m 落下で想定される変形量には包絡される。</p> <p>A. 5. 5 貫通</p> <p>本項では、質量 6 kg、直径 3.2 cm の軟鋼棒が 1 m の高さから本輸送物外表面で最も板厚の薄い緩衝体カバープレート（板厚□mm）へ落下するとした場合に、緩衝体カバープレートが破断せず軟鋼棒は内部に貫通しないことを示す。</p> <p>6 kg の軟鋼棒が 1 m の高さから落下したときの落下エネルギーE(N・mm)は、次式で与えられる。</p> $E = mgH$ <p>ここで、</p> <p>m : 軟鋼棒の質量 (kg)</p> <p>g : 重力加速度 (m/s²)</p> <p>H : 落下高さ (mm)</p> <p>一方、軟鋼棒が緩衝体カバープレートへ落下した際、貫通するためには落下エネルギーが(ロ)-第 A. 39 図に示すようにカバープレートのせん断に必要なエネルギーより大きい場合である。この場合のせん断に要するエネルギーE_s(N・mm)は、次式で与えられる。</p> $E_s = \frac{\pi}{2} dt^2 S$ <p>ここで、</p> <p>d : 軟鋼棒の直径 (mm)</p> <p>t : 緩衝体カバープレートの板厚 (mm)</p> <p>S : カバープレートのせん断強さ (MPa)</p> <p>(せん断強さはせん断ひずみエネルギー説に基づき、カバープレートの設計引張強さの1/√3とする。)</p> <p>落下エネルギーE とせん断エネルギーE_sを比較すると、計算条件と計算結果は(ロ)-第 A. 34 表に示すように E < E_sとなり、カバープレートは軟鋼棒の落下によりせん断破壊せず、軟鋼棒は緩衝体カバープレートを貫通しない。</p> <p>その他の箇所のせん断に要するエネルギーは、緩衝体カバープレートより大きいいため、せん断破壊はおこらず、密封部の健全性が維持され、また、熱解析及び遮蔽解析への影響は無視できる。</p> <p>(ロ)-A-119</p>	<p>破損は生じない。一方、緩衝体は、最大 20mm 程度変形する可能性があるが、ロ章 D の遮蔽解析で考慮している 0.3m 落下で想定される変形量には包絡される。</p> <p>A. 5. 5 貫通</p> <p>本項では、質量 6 kg、直径 3.2 cm の軟鋼棒が 1 m の高さから本輸送物外表面で最も板厚の薄い緩衝体カバープレート（板厚□mm）へ落下するとした場合に、緩衝体カバープレートが破断せず軟鋼棒は内部に貫通しないことを示す。</p> <p>6 kg の軟鋼棒が 1 m の高さから落下したときの落下エネルギーE(N・mm)は、次式で与えられる。</p> $E = mgH$ <p>ここで、</p> <p>m : 軟鋼棒の質量 (kg)</p> <p>g : 重力加速度 (m/s²)</p> <p>H : 落下高さ (mm)</p> <p>一方、軟鋼棒が緩衝体カバープレートへ落下した際、貫通するためには落下エネルギーが(ロ)-第 A. 39 図に示すようにカバープレートのせん断に必要なエネルギーより大きい場合である。この場合のせん断に要するエネルギーE_s(N・mm)は、次式で与えられる。</p> $E_s = \frac{\pi}{2} dt^2 S$ <p>ここで、</p> <p>d : 軟鋼棒の直径 (mm)</p> <p>t : 緩衝体カバープレートの板厚 (mm)</p> <p>S : カバープレートのせん断強さ (MPa)</p> <p>(せん断強さはせん断ひずみエネルギー説に基づき、カバープレートの設計引張強さの1/√3とする。)</p> <p>落下エネルギーE とせん断エネルギーE_sを比較すると、計算条件と計算結果は(ロ)-第 A. 34 表に示すように E < E_sとなり、カバープレートは軟鋼棒の落下によりせん断破壊せず、軟鋼棒は緩衝体カバープレートを貫通しない。</p> <p>その他の箇所のせん断に要するエネルギーは、緩衝体カバープレートより大きいいため、せん断破壊はおこらず、密封部の健全性が維持され、また、熱解析及び遮蔽解析への影響は無視できる。</p> <p>(ロ)-A-119</p>	

(ロ)-第 A.34 表 軟鋼棒の落下エネルギー及びカバープレートせん断エネルギー

計算条件及び計算結果

項目	軟鋼棒の質量 : m(kg)	重力加速度 : g(m/s ²)	落下高さ : H(mm)	落下エネルギー : E(N・mm)
数値等	8	9.80665	1000	5.884×10 ⁴

項目	軟鋼棒の直径 : d(mm)	緩衝体 カバープレートの 板厚 : t(mm)	カバープレート の設計引張強さ : S ₀ (MPa)	カバープレート のせん断強さ : S(MPa)	せん断 エネルギー : E _s (N・mm)
数値等	32				4.505×10 ⁶



(ロ)-第 A.39 図 せん断による貫通モデル図

(単位: mm)

A.5.6 角又は縁落下

本輸送物は、鋼製の円筒形で質量は 134.4 トンであり、角又は縁落下は該当しない。

A.5.7 結果の要約及びその評価

1. 解析結果の要約

一般の試験条件における輸送物に対する解析結果の要約を(ロ)-第 A.35 表に示す。自由落下試験及び積み重ね試験により緩衝体に永久変形が生じるが、表に示すように、各試験条件下において輸送物各部は A.1.2 に定めた基準を満足し、構造上の健全性が損なわれることはない。また、三次蓋の口開き変形が基準を満足していることから、密封性能も維持される。

なお、頭部 0.3m 垂直落下時には、一次蓋内面、バスケット及び燃料集合体に、底部 0.3m 垂直落下時には、胴底部内面、バスケット及び燃料集合体に、衝撃加速度を上回る加速度が発生すると考えられるが、それらの部材に加速度割増を考慮しても健全性に影響はない。

(注) A.10.1 に示す MSF-24P(S)型輸送容器のプロトタイプである MSF キャスクの 9.3m 頭部垂直落下試験で計測された内部収納物の加速度割増を基に、0.3m 垂直落下時には 1.4 倍程度の加速度割増が生じると考えられるが、輸送物の各部材は 0.4 以上の余裕率を有する。

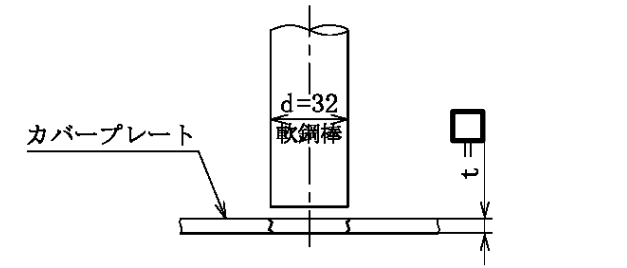
(ロ)-A-120

(ロ)-第 A.34 表 軟鋼棒の落下エネルギー及びカバープレートせん断エネルギー

計算条件及び計算結果

項目	軟鋼棒の質量 : m(kg)	重力加速度 : g(m/s ²)	落下高さ : H(mm)	落下エネルギー : E(N・mm)
数値等	8	9.80665	1000	5.884×10 ⁴

項目	軟鋼棒の直径 : d(mm)	緩衝体 カバープレートの 板厚 : t(mm)	カバープレート の設計引張強さ : S ₀ (MPa)	カバープレート のせん断強さ : S(MPa)	せん断 エネルギー : E _s (N・mm)
数値等	32				4.505×10 ⁶



(ロ)-第 A.39 図 せん断による貫通モデル図

(単位: mm)

A.5.6 角又は縁落下

本輸送物は、鋼製の円筒形で質量は 134.4 トンであり、角又は縁落下は該当しない。

A.5.7 結果の要約及びその評価

1. 解析結果の要約

一般の試験条件における輸送物に対する解析結果の要約を(ロ)-第 A.35 表に示す。自由落下試験及び積み重ね試験により緩衝体に永久変形が生じるが、表に示すように、各試験条件下において輸送物各部は A.1.2 に定めた基準を満足し、構造上の健全性が損なわれることはない。また、三次蓋の口開き変形が基準を満足していることから、密封性能も維持される。

なお、頭部 0.3m 垂直落下時には、一次蓋内面、バスケット及び燃料集合体に、底部 0.3m 垂直落下時には、胴底部内面、バスケット及び燃料集合体に、衝撃加速度を上回る加速度が発生すると考えられるが、それらの部材に加速度割増を考慮しても健全性に影響はない。

(注) A.10.1 に示す MSF-24P 型輸送容器のプロトタイプである MSF キャスクの 9.3m 頭部垂直落下試験で計測された内部収納物の加速度割増を基に、0.3m 垂直落下時には 1.4 倍程度の加速度割増が生じると考えられるが、輸送物の各部材は 0.4 以上の余裕率を有する。

(ロ)-A-120

名称(型式)の差異

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 A.35 表 一般の試験条件における構造解析結果の要約 (1/7)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
熱的試験				
(1) 容器本体 一次応力				
一次蓋 (PL+PB)	1.5Sm	186	7	25.5
二次蓋 (PL+PB)	1.5Sm	186	13	13.3
三次蓋 (PL+PB)	1.5Sm	205	19	9.78
胴 (PL+PB)	1.5Sm	184	3	60.3
胴 (底板) (Pm)	Sm	122	1	121
外筒 (引張)	ft	156	21	6.42
外筒 (圧縮)	fo	156	2	77.0
外筒 (せん断)	fs	90	8	10.2
外筒 (曲げ)	fb	156	35	3.45
下部端板 (引張)	ft	136	2	67.0
下部端板 (圧縮)	fo	136	1	135
下部端板 (せん断)	fs	78	3	25.0
下部端板 (曲げ)	fb	136	12	10.3
蓋部中性子遮蔽材カバー (引張)	ft	157	-	-
蓋部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	fo	157	1	156
蓋部中性子遮蔽材カバー (せん断)	fs	90	1	89.0
蓋部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	fb	157	3	51.3
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	ft	136	4	33.0
底部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	fo	136	1	135
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	fs	78	5	14.6
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	fb	136	29	3.68
一次蓋密封シール部 (PL)	Sy	185	33	4.60
二次蓋密封シール部 (PL)	Sy	186	13	13.3
(一次+二次) 応力				
一次蓋 (PL+PB+Q)	3Sm	372	9	40.3
二次蓋 (PL+PB+Q)	3Sm	372	12	30.0
三次蓋 (PL+PB+Q)	3Sm	411	27	14.2
胴 (PL+PB+Q)	3Sm	369	20	17.4
胴 (底板) (PL+PB+Q)	3Sm	366	27	12.5
外筒 (引張)	3ft	470	82	4.73
外筒 (せん断)	3fs	271	17	14.9
外筒 (曲げ)	3fb	470	82	4.73
下部端板 (引張)	3ft	410	48	7.54
下部端板 (せん断)	3fs	236	24	8.83
下部端板 (曲げ)	3fb	410	109	2.76
蓋部中性子遮蔽材カバー (引張)	3ft	472	4	117
蓋部中性子遮蔽材カバー (せん断)	3fs	272	2	135
蓋部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	3fb	472	3	156
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	3ft	410	34	11.0
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	3fs	236	4	58.0
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	3fb	410	21	18.5
一次蓋密封シール部 (PL+PB+Q)	Sy	185	60	2.08
二次蓋密封シール部 (PL+PB+Q)	Sy	186	22	7.45
一次蓋ボルト (σm)	2Sm	562	249	1.25
一次蓋ボルト (σm+σb)	3Sm	843	251	2.35
二次蓋ボルト (σm)	2Sm	564	206	1.73
二次蓋ボルト (σm+σb)	3Sm	846	219	2.86
三次蓋ボルト (σm)	2Sm	564	229	1.46
三次蓋ボルト (σm+σb)	3Sm	846	320	1.64
三次蓋相対口開き変形量	-	□ mm	0.08 mm	基準に合致
水噴霧試験				
吸水性	-	無	無	基準に合致
水切り	-	有	有	基準に合致

(a)-A-121

(a)-第 A.35 表 一般の試験条件における構造解析結果の要約 (1/7)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
熱的試験				
(1) 容器本体 一次応力				
一次蓋 (PL+PB)	1.5Sm	186	7	25.5
二次蓋 (PL+PB)	1.5Sm	186	13	13.3
三次蓋 (PL+PB)	1.5Sm	205	19	9.78
胴 (PL+PB)	1.5Sm	184	3	60.3
胴 (底板) (Pm)	Sm	122	1	121
外筒 (引張)	ft	156	21	6.42
外筒 (圧縮)	fo	156	2	77.0
外筒 (せん断)	fs	90	8	10.2
外筒 (曲げ)	fb	156	35	3.45
下部端板 (引張)	ft	136	2	67.0
下部端板 (圧縮)	fo	136	1	135
下部端板 (せん断)	fs	78	3	25.0
下部端板 (曲げ)	fb	136	12	10.3
蓋部中性子遮蔽材カバー (引張)	ft	157	-	-
蓋部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	fo	157	1	156
蓋部中性子遮蔽材カバー (せん断)	fs	90	1	89.0
蓋部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	fb	157	3	51.3
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	ft	136	4	33.0
底部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	fo	136	1	135
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	fs	78	5	14.6
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	fb	136	29	3.68
一次蓋密封シール部 (PL)	Sy	185	33	4.60
二次蓋密封シール部 (PL)	Sy	186	13	13.3
(一次+二次) 応力				
一次蓋 (PL+PB+Q)	3Sm	372	9	40.3
二次蓋 (PL+PB+Q)	3Sm	372	12	30.0
三次蓋 (PL+PB+Q)	3Sm	411	27	14.2
胴 (PL+PB+Q)	3Sm	369	20	17.4
胴 (底板) (PL+PB+Q)	3Sm	366	27	12.5
外筒 (引張)	3ft	470	82	4.73
外筒 (せん断)	3fs	271	17	14.9
外筒 (曲げ)	3fb	470	82	4.73
下部端板 (引張)	3ft	410	48	7.54
下部端板 (せん断)	3fs	236	24	8.83
下部端板 (曲げ)	3fb	410	109	2.76
蓋部中性子遮蔽材カバー (引張)	3ft	472	4	117
蓋部中性子遮蔽材カバー (せん断)	3fs	272	2	135
蓋部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	3fb	472	3	156
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	3ft	410	34	11.0
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	3fs	236	4	58.0
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	3fb	410	21	18.5
一次蓋密封シール部 (PL+PB+Q)	Sy	185	60	2.08
二次蓋密封シール部 (PL+PB+Q)	Sy	186	22	7.45
一次蓋ボルト (σm)	2Sm	562	249	1.25
一次蓋ボルト (σm+σb)	3Sm	843	251	2.35
二次蓋ボルト (σm)	2Sm	564	206	1.73
二次蓋ボルト (σm+σb)	3Sm	846	219	2.86
三次蓋ボルト (σm)	2Sm	564	229	1.46
三次蓋ボルト (σm+σb)	3Sm	846	320	1.64
三次蓋相対口開き変形量	-	□ mm	0.08 mm	基準に合致
水噴霧試験				
吸水性	-	無	無	基準に合致
水切り	-	有	有	基準に合致

(a)-A-121

(ロ)-第 A.35 表 一般の試験条件における構造解析結果の要約 (2/7)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
自由落下試験				
I. 垂直落下				
(1) 容器本体 (頭部垂直落下)				
一次応力				
一次蓋 (P _L +P _b)	1.5S _m	186	65	1.86
二次蓋 (P _L +P _b)	1.5S _m	186	34	4.47
三次蓋 (P _L)	1.5S _m	205	36	4.69
胴 (P _L)	1.5S _m	186	43	3.32
胴 (底板) (P _L +P _b)	1.5S _m	183	6	29.5
外筒 (引張)	f _t	156	39	3.00
外筒 (圧縮)	f _c	156	24	5.50
外筒 (せん断)	f _s	90	14	5.42
外筒 (曲げ)	f _b	156	45	2.46
下部端板 (引張)	f _t	136	2	67.0
下部端板 (圧縮)	f _c	136	1	135
下部端板 (せん断)	f _s	78	4	18.5
下部端板 (曲げ)	f _b	136	12	10.3
蓋部中性子遮蔽材カバー (引張)	f _t	157	17	8.23
蓋部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	f _c	157	1	156
蓋部中性子遮蔽材カバー (せん断)	f _s	90	10	8.00
蓋部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	f _b	157	70	1.24
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	f _t	136	2	67.0
底部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	f _c	136	1	135
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	f _s	78	3	25.0
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	f _b	136	16	7.50
一次蓋密封シール部 (P _L)	S _y	185	48	2.85
二次蓋密封シール部 (P _L)	S _y	185	31	4.96
(一次+二次) 応力				
一次蓋 (P _L +P _b +Q)	3S _m	372	66	4.63
二次蓋 (P _L +P _b +Q)	3S _m	372	34	9.94
三次蓋 (P _L +P _b +Q)	3S _m	411	85	3.83
胴 (P _L +P _b +Q)	3S _m	372	76	3.89
胴 (底板) (P _L +P _b +Q)	3S _m	366	23	14.9
外筒 (引張)	3f _t	470	82	4.73
外筒 (せん断)	3f _s	271	18	14.0
外筒 (曲げ)	3f _b	470	85	4.52
下部端板 (引張)	3f _t	410	48	7.54
下部端板 (せん断)	3f _s	236	24	8.83
下部端板 (曲げ)	3f _b	410	107	2.83
蓋部中性子遮蔽材カバー (引張)	3f _t	472	11	41.9
蓋部中性子遮蔽材カバー (せん断)	3f _s	272	11	23.7
蓋部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	3f _b	472	64	6.37
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	3f _t	410	35	10.7
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	3f _s	236	3	77.6
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	3f _b	410	9	44.5
一次蓋密封シール部 (P _L +P _b +Q)	S _y	185	96	0.92
二次蓋密封シール部 (P _L +P _b +Q)	S _y	185	43	3.30
一次蓋ボルト (σ _a)	2S _m	562	289	0.94
一次蓋ボルト (σ _a +σ _b)	3S _m	843	323	1.60
二次蓋ボルト (σ _a)	2S _m	564	212	1.66
二次蓋ボルト (σ _a +σ _b)	3S _m	846	323	1.61
三次蓋ボルト (σ _a)	2S _m	564	204	1.76
三次蓋ボルト (σ _a +σ _b)	3S _m	846	216	2.91
三次蓋相対口開き変形量	—	□ mm	0.01 mm以下	基準に合致

(ロ)-A-122

(ロ)-第 A.35 表 一般の試験条件における構造解析結果の要約 (2/7)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
自由落下試験				
I. 垂直落下				
(1) 容器本体 (頭部垂直落下)				
一次応力				
一次蓋 (P _L +P _b)	1.5S _m	186	65	1.86
二次蓋 (P _L +P _b)	1.5S _m	186	34	4.47
三次蓋 (P _L)	1.5S _m	205	36	4.69
胴 (P _L)	1.5S _m	186	43	3.32
胴 (底板) (P _L +P _b)	1.5S _m	183	6	29.5
外筒 (引張)	f _t	156	39	3.00
外筒 (圧縮)	f _c	156	24	5.50
外筒 (せん断)	f _s	90	14	5.42
外筒 (曲げ)	f _b	156	45	2.46
下部端板 (引張)	f _t	136	2	67.0
下部端板 (圧縮)	f _c	136	1	135
下部端板 (せん断)	f _s	78	4	18.5
下部端板 (曲げ)	f _b	136	12	10.3
蓋部中性子遮蔽材カバー (引張)	f _t	157	17	8.23
蓋部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	f _c	157	1	156
蓋部中性子遮蔽材カバー (せん断)	f _s	90	10	8.00
蓋部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	f _b	157	70	1.24
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	f _t	136	2	67.0
底部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	f _c	136	1	135
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	f _s	78	3	25.0
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	f _b	136	16	7.50
一次蓋密封シール部 (P _L)	S _y	185	48	2.85
二次蓋密封シール部 (P _L)	S _y	185	31	4.96
(一次+二次) 応力				
一次蓋 (P _L +P _b +Q)	3S _m	372	66	4.63
二次蓋 (P _L +P _b +Q)	3S _m	372	34	9.94
三次蓋 (P _L +P _b +Q)	3S _m	411	85	3.83
胴 (P _L +P _b +Q)	3S _m	372	76	3.89
胴 (底板) (P _L +P _b +Q)	3S _m	366	23	14.9
外筒 (引張)	3f _t	470	82	4.73
外筒 (せん断)	3f _s	271	18	14.0
外筒 (曲げ)	3f _b	470	85	4.52
下部端板 (引張)	3f _t	410	48	7.54
下部端板 (せん断)	3f _s	236	24	8.83
下部端板 (曲げ)	3f _b	410	107	2.83
蓋部中性子遮蔽材カバー (引張)	3f _t	472	11	41.9
蓋部中性子遮蔽材カバー (せん断)	3f _s	272	11	23.7
蓋部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	3f _b	472	64	6.37
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	3f _t	410	35	10.7
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	3f _s	236	3	77.6
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	3f _b	410	9	44.5
一次蓋密封シール部 (P _L +P _b +Q)	S _y	185	96	0.92
二次蓋密封シール部 (P _L +P _b +Q)	S _y	185	43	3.30
一次蓋ボルト (σ _a)	2S _m	562	289	0.94
一次蓋ボルト (σ _a +σ _b)	3S _m	843	323	1.60
二次蓋ボルト (σ _a)	2S _m	564	212	1.66
二次蓋ボルト (σ _a +σ _b)	3S _m	846	323	1.61
三次蓋ボルト (σ _a)	2S _m	564	204	1.76
三次蓋ボルト (σ _a +σ _b)	3S _m	846	216	2.91
三次蓋相対口開き変形量	—	□ mm	0.01 mm以下	基準に合致

(ロ)-A-122

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 A.35 表 一般の試験条件における構造解析結果の要約 (3/7)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
(2)容器本体 (底部垂直落下)				
一次応力				
一次蓋 (P _L +P _b)	1.5S _m	186	16	10.6
二次蓋 (P _L +P _b)	1.5S _m	186	5	36.2
三次蓋 (P _L +P _b)	1.5S _m	205	39	4.25
胴 (P _L)	1.5S _m	184	23	7.00
胴 (底板) (P _L +P _b)	1.5S _m	183	30	5.10
外筒 (引張)	f _t	156	37	3.21
外筒 (圧縮)	f _c	156	5	30.2
外筒 (せん断)	f _s	90	8	10.2
外筒 (曲げ)	f _b	156	39	3.00
下部端板 (引張)	f _t	136	7	18.4
下部端板 (圧縮)	f _c	136	2	67.0
下部端板 (せん断)	f _s	78	11	6.09
下部端板 (曲げ)	f _b	136	43	2.16
蓋部中性子遮蔽材カバー (引張)	f _t	157	—	—
蓋部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	f _c	157	3	51.3
蓋部中性子遮蔽材カバー (せん断)	f _s	90	2	44.0
蓋部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	f _b	157	9	16.4
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	f _t	136	14	8.71
底部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	f _c	136	2	67.0
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	f _s	78	8	8.75
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	f _b	136	57	1.38
一次蓋密封シール部 (P _L)	S _y	185	36	4.13
二次蓋密封シール部 (P _L)	S _y	185	14	12.2
(一次+二次) 応力				
一次蓋 (P _L +P _b +Q)	3S _m	372	22	15.9
二次蓋 (P _L +P _b +Q)	3S _m	372	8	45.5
三次蓋 (P _L +P _b +Q)	3S _m	411	55	6.47
胴 (P _L +P _b +Q)	3S _m	369	44	7.38
胴 (底板) (P _L +P _b +Q)	3S _m	366	49	6.46
外筒 (引張)	3f _t	470	87	4.40
外筒 (せん断)	3f _s	271	15	17.0
外筒 (曲げ)	3f _b	470	49	8.59
下部端板 (引張)	3f _t	410	40	9.25
下部端板 (せん断)	3f _s	236	11	20.4
下部端板 (曲げ)	3f _b	410	58	6.06
蓋部中性子遮蔽材カバー (引張)	3f _t	472	3	156
蓋部中性子遮蔽材カバー (せん断)	3f _s	272	4	67.0
蓋部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	3f _b	472	11	41.9
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	3f _t	410	33	11.4
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	3f _s	236	9	25.2
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	3f _b	410	61	5.72
一次蓋密封シール部 (P _L +P _b +Q)	S _y	185	63	1.93
二次蓋密封シール部 (P _L +P _b +Q)	S _y	186	22	7.45
一次蓋ボルト (σ _m)	2S _m	562	249	1.25
一次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	3S _m	843	250	2.37
二次蓋ボルト (σ _m)	2S _m	564	196	1.87
二次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	3S _m	846	202	3.18
三次蓋ボルト (σ _m)	2S _m	564	234	1.41
三次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	3S _m	846	326	1.59
三次蓋相対口開き変形量	—	0.01 mm	0.01 mm以下	基準に合致

(a)-A-123

(a)-第 A.35 表 一般の試験条件における構造解析結果の要約 (3/7)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
(2)容器本体 (底部垂直落下)				
一次応力				
一次蓋 (P _L +P _b)	1.5S _m	186	16	10.6
二次蓋 (P _L +P _b)	1.5S _m	186	5	36.2
三次蓋 (P _L +P _b)	1.5S _m	205	39	4.25
胴 (P _L)	1.5S _m	184	23	7.00
胴 (底板) (P _L +P _b)	1.5S _m	183	30	5.10
外筒 (引張)	f _t	156	37	3.21
外筒 (圧縮)	f _c	156	5	30.2
外筒 (せん断)	f _s	90	8	10.2
外筒 (曲げ)	f _b	156	39	3.00
下部端板 (引張)	f _t	136	7	18.4
下部端板 (圧縮)	f _c	136	2	67.0
下部端板 (せん断)	f _s	78	11	6.09
下部端板 (曲げ)	f _b	136	43	2.16
蓋部中性子遮蔽材カバー (引張)	f _t	157	—	—
蓋部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	f _c	157	3	51.3
蓋部中性子遮蔽材カバー (せん断)	f _s	90	2	44.0
蓋部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	f _b	157	9	16.4
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	f _t	136	14	8.71
底部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	f _c	136	2	67.0
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	f _s	78	8	8.75
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	f _b	136	57	1.38
一次蓋密封シール部 (P _L)	S _y	185	36	4.13
二次蓋密封シール部 (P _L)	S _y	185	14	12.2
(一次+二次) 応力				
一次蓋 (P _L +P _b +Q)	3S _m	372	22	15.9
二次蓋 (P _L +P _b +Q)	3S _m	372	8	45.5
三次蓋 (P _L +P _b +Q)	3S _m	411	55	6.47
胴 (P _L +P _b +Q)	3S _m	369	44	7.38
胴 (底板) (P _L +P _b +Q)	3S _m	366	49	6.46
外筒 (引張)	3f _t	470	87	4.40
外筒 (せん断)	3f _s	271	15	17.0
外筒 (曲げ)	3f _b	470	49	8.59
下部端板 (引張)	3f _t	410	40	9.25
下部端板 (せん断)	3f _s	236	11	20.4
下部端板 (曲げ)	3f _b	410	58	6.06
蓋部中性子遮蔽材カバー (引張)	3f _t	472	3	156
蓋部中性子遮蔽材カバー (せん断)	3f _s	272	4	67.0
蓋部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	3f _b	472	11	41.9
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	3f _t	410	33	11.4
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	3f _s	236	9	25.2
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	3f _b	410	61	5.72
一次蓋密封シール部 (P _L +P _b +Q)	S _y	185	63	1.93
二次蓋密封シール部 (P _L +P _b +Q)	S _y	186	22	7.45
一次蓋ボルト (σ _m)	2S _m	562	249	1.25
一次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	3S _m	843	250	2.37
二次蓋ボルト (σ _m)	2S _m	564	196	1.87
二次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	3S _m	846	202	3.18
三次蓋ボルト (σ _m)	2S _m	564	234	1.41
三次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	3S _m	846	326	1.59
三次蓋相対口開き変形量	—	0.01 mm	0.01 mm以下	基準に合致

(a)-A-123

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.35 表 一般の試験条件における構造解析結果の要約 (4/7)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
(3)バスケット バスケットプレート (σ_c)	S_m	36	7	4.14
	f_c	37	7	4.28
(4)燃料集合体 燃料被覆管 ^(注1)	σ_y	589	126	3.67

(注1) 余裕率がより小さい 15×15 燃料の評価結果を記載。

(ロ)-A-124

(ロ)-第 A.35 表 一般の試験条件における構造解析結果の要約 (4/7)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
(3)バスケット バスケットプレート (σ_c)	S_m	36	7	4.14
	f_c	37	7	4.28
(4)燃料集合体 燃料被覆管	σ_y	589	105	4.60

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

(ロ)-A-124

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.35 表 一般の試験条件における構造解析結果の要約 (6/7)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
(2)バスケット				
バスケットプレート縦板(σ_c)	S_m	36	12	2.00
バスケットプレート横板(σ_b)	αS_m	46	8	4.75
バスケットプレート横板(τ)	$0.6S_m$	21	2	9.50
(3)燃料集合体 燃料被覆管 ^(注1)	σ_y	589	202	1.91

(注1)余裕率がより小さい15×15燃料の評価結果を記載。

(ロ)-A-126

(ロ)-第 A.35 表 一般の試験条件における構造解析結果の要約 (6/7)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
(2)バスケット				
バスケットプレート縦板(σ_c)	S_m	36	12	2.00
バスケットプレート横板(σ_b)	αS_m	46	8	4.75
バスケットプレート横板(τ)	$0.6S_m$	21	2	9.50
(3)燃料集合体 燃料被覆管	σ_y	589	141	3.17

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

(ロ)-A-126

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.35 表 一般の試験条件における構造解析結果の要約 (7/7)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
3. コーナー落下	衝撃加速度が垂直落下及び水平落下に比べ小さいので、垂直落下及び水平落下の結果より厳しくない。			
積み重ね試験				
半径方向	S _y	184	7	25.2
軸方向	S _y	184	5	35.8
貫通				
緩衝体	せん断 エネルギー	4.505×10 ⁵ N・mm	5.884×10 ⁴ N・mm	基準に合致

(ロ)-第 A.35 表 一般の試験条件における構造解析結果の要約 (7/7)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
3. コーナー落下	衝撃加速度が垂直落下及び水平落下に比べ小さいので、垂直落下及び水平落下の結果より厳しくない。			
積み重ね試験				
半径方向	S _y	184	7	25.2
軸方向	S _y	184	5	35.8
貫通				
緩衝体	せん断 エネルギー	4.505×10 ⁵ N・mm	5.884×10 ⁴ N・mm	基準に合致

(ロ)-A-127

(ロ)-A-127

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.6 特別の試験条件</p> <p>本節では輸送物が規則及び告示に規定された特別の試験条件下において、A.1.2 に示す基準を満足することを示す。</p> <p>特別の試験は強度試験に引きつづいて火災試験が行われるとする。火災試験に影響を及ぼす強度試験による変形は、輸送物の熱的性能に関係する緩衝体の変形である。9 m 落下試験と 1 m 貫通試験の試験順序の違いによってこれらの破損または変形に有意な差は生じないので、これらに引きつづく火災試験においては、強度試験の順序の違いは輸送物に影響を与えない。したがって、強度試験は 9 m 落下試験に続いて 1 m 貫通試験が行われるとして解析する。</p> <p>A.6.1 強度試験・落下試験 I (9 m 落下時)</p> <p>連続しておこる特別の試験条件の第 1 番目は、輸送物が最大破損を受けるよう、平らな降伏しない落下試験台上に 9 m の高さから輸送物を落下させるものである。</p> <p>本項では輸送物が 9 m 落下した場合、その落下エネルギーが、容器本体端部に取り付けられた緩衝体の変形によって吸収され、輸送物に加わる衝撃力が十分緩和されることを示し、それに対する輸送物の健全性を検討する。</p> <p>1. 解析モデル</p> <p>(1) 解析する落下姿勢</p> <p>輸送物が最大破損を受ける落下方向としては次の 4 種類を考える。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 垂直落下 ② 水平落下 ③ コーナー落下 (落下点が輸送物の重心を通る鉛直線上にある場合) ④ 傾斜落下 <p>(p)-A-128</p>	<p>A.6 特別の試験条件</p> <p>本節では輸送物が規則及び告示に規定された特別の試験条件下において、A.1.2 に示す基準を満足することを示す。</p> <p>特別の試験は強度試験に引きつづいて火災試験が行われるとする。火災試験に影響を及ぼす強度試験による変形は、輸送物の熱的性能に関係する緩衝体の変形である。9 m 落下試験と 1 m 貫通試験の試験順序の違いによってこれらの破損または変形に有意な差は生じないので、これらに引きつづく火災試験においては、強度試験の順序の違いは輸送物に影響を与えない。したがって、強度試験は 9 m 落下試験に続いて 1 m 貫通試験が行われるとして解析する。</p> <p>A.6.1 強度試験・落下試験 I (9 m 落下時)</p> <p>連続しておこる特別の試験条件の第 1 番目は、輸送物が最大破損を受けるよう、平らな降伏しない落下試験台上に 9 m の高さから輸送物を落下させるものである。</p> <p>本項では輸送物が 9 m 落下した場合、その落下エネルギーが、容器本体端部に取り付けられた緩衝体の変形によって吸収され、輸送物に加わる衝撃力が十分緩和されることを示し、それに対する輸送物の健全性を検討する。</p> <p>1. 解析モデル</p> <p>(1) 解析する落下姿勢</p> <p>輸送物が最大破損を受ける落下方向としては次の 4 種類を考える。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 垂直落下 ② 水平落下 ③ コーナー落下 (落下点が輸送物の重心を通る鉛直線上にある場合) ④ 傾斜落下 <p>(p)-A-128</p>	

(2) 解析方法

緩衝体の変形量と衝撃力の計算方法は A. 5. 3. 1 の 1. に示す方法と同様に行う。
落下エネルギーの計算条件と計算結果を(ロ)-第 A. 36 表に示す。

(ロ)-第 A. 36 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 総質量 :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	9000	1. 187×10 ¹⁰

(3) 各落下方向解析モデル

各落下方向の解析モデルは(ロ)-第 A. 23 図～(ロ)-第 A. 27 図に示したとおりである。

2. 落下時の緩衝体の変形量と衝撃加速度

落下エネルギーE_kに対応する変形量δと衝撃加速度Gは(ロ)-第 A. 37 表に示すようになる。
なお、衝撃加速度Gは次式で求めている。

$$G = \frac{F}{m}$$

ここで、

- F : 解析で求めた衝撃力 (N)
- m : 輸送物質量 (kg)

(ロ)-第 A. 37 表に示すとおり、9 m 落下試験時において輸送物の緩衝体に圧潰変形が生じる。

(ロ)-A-129

(2) 解析方法

緩衝体の変形量と衝撃力の計算方法は A. 5. 3. 1 の 1. に示す方法と同様に行う。
落下エネルギーの計算条件と計算結果を(ロ)-第 A. 36 表に示す。

(ロ)-第 A. 36 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 総質量 :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	9000	1. 187×10 ¹⁰

(3) 各落下方向解析モデル

各落下方向の解析モデルは(ロ)-第 A. 23 図～(ロ)-第 A. 27 図に示したとおりである。

2. 落下時の緩衝体の変形量と衝撃加速度

落下エネルギーE_kに対応する変形量δと衝撃加速度Gは(ロ)-第 A. 37 表に示すようになる。
なお、衝撃加速度Gは次式で求めている。

$$G = \frac{F}{m}$$

ここで、

- F : 解析で求めた衝撃力 (N)
- m : 輸送物質量 (kg)

(ロ)-第 A. 37 表に示すとおり、9 m 落下試験時において輸送物の緩衝体に圧潰変形が生じる。

(ロ)-A-129

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.37 表 9 m 落下試験時の衝撃加速度と緩衝体の変形量

落下姿勢		衝撃力 : F(N)	衝撃加速度: G(m/s ²)	設計加速度 ^(注1) (m/s ²)	緩衝体の 変形量 δ (mm)	設計基準 変形量 ^(注2) δ _{max} (mm)
垂直 落下	頭部	7.449×10 ⁷	555	600	262	684
	底部	6.472×10 ⁷	482	500	302	608
水平落下		9.299×10 ⁷	692	710	273	374.5
コーナー 落下	頭部	6.130×10 ⁷	457	480	760	826
	底部	6.057×10 ⁷	451	—	754	827

(注1)設計加速度とは、得られた衝撃加速度に裕度を考慮した値である。

(注2)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。

(ロ)-A-130

(ロ)-第 A.37 表 9 m 落下試験時の衝撃加速度と緩衝体の変形量

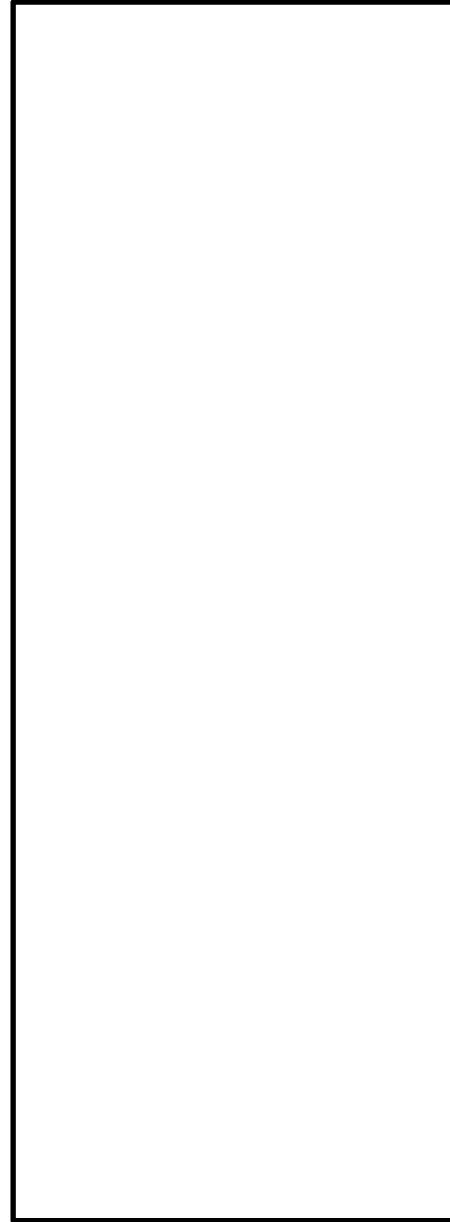
落下姿勢		衝撃力 : F(N)	衝撃加速度: G(m/s ²)	設計加速度 ^(注1) (m/s ²)	緩衝体の 変形量 δ (mm)	設計基準 変形量 ^(注2) δ _{max} (mm)
垂直 落下	頭部	7.449×10 ⁷	555	600	262	684
	底部	6.472×10 ⁷	482	500	302	608
水平落下		9.299×10 ⁷	692	710	273	374.5
コーナー 落下	頭部	6.130×10 ⁷	457	480	760	826
	底部	6.057×10 ⁷	451	—	754	827

(注1)設計加速度とは、得られた衝撃加速度に裕度を考慮した値である。

(注2)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。

(ロ)-A-130

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.6.1.1 垂直落下</p> <p>9 m 垂直落下時の衝撃力に対して、容器本体は十分な強度で密封性を保持し、かつ、遮蔽評価に影響を及ぼすような塑性変形が生じないことを示す。また、胴内のバスケットは破損しないことを示す。</p> <p>1. 容器本体</p> <p>垂直落下時の衝撃力に対する容器本体の解析を有限要素法による ABAQUS コードにより行う。また、落下方向は頭部及び底部落下とする。</p> <p>(1) 解析モデル</p> <p>A.5.3.2 と同様に、三次元有限要素を用いた (a)-第 A.16 図に示す三次元 180° 対称モデルを用いる。</p> <p>(2) 荷重条件及び境界条件</p> <p>a. 荷重条件</p> <p>頭部垂直落下時に作用する荷重は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・容器本体には、衝撃加速度 (600 m/s²) による自重の慣性力が落下方向に働く。 ・下部緩衝体の自重による慣性力が底板外面に働く。 ・一次蓋内面には、衝撃加速度 (600 m/s²) に加速度割増係数として 2.6¹⁷⁾ を乗じた加速度による内部収納物等 (バスケット及び燃料集合体) の慣性力が働く。 ・落下時の上部緩衝体反力が蓋部に働く。 <p>底部垂直落下時に作用する荷重は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・容器本体には、衝撃加速度 (500 m/s²) による自重の慣性力が落下方向に働く。 ・上部緩衝体の自重による慣性力が三次蓋外面に働く。 ・胴底部内面には、衝撃加速度 (500 m/s²) に加速度割増係数として 2.6¹⁷⁾ を乗じた加速度による内部収納物等 (バスケット及び燃料集合体) の慣性力が働く。 <p>b. 境界条件</p> <p>境界条件は緩衝体の衝撃力を受ける面の節点の軸方向変位及び対称面上の節点の法線方向変位を拘束し、他は変位自由とした。</p> <p>それぞれの落下方向に対する荷重条件及び境界条件を (a)-第 A.40 図及び (a)-第 A.41 図に示す。</p> <p>(a)-A-131</p>	<p>A.6.1.1 垂直落下</p> <p>9 m 垂直落下時の衝撃力に対して、容器本体は十分な強度で密封性を保持し、かつ、遮蔽評価に影響を及ぼすような塑性変形が生じないことを示す。また、胴内のバスケットは破損しないことを示す。</p> <p>1. 容器本体</p> <p>垂直落下時の衝撃力に対する容器本体の解析を有限要素法による ABAQUS コードにより行う。また、落下方向は頭部及び底部落下とする。</p> <p>(1) 解析モデル</p> <p>A.5.3.2 と同様に、三次元有限要素を用いた (a)-第 A.16 図に示す三次元 180° 対称モデルを用いる。</p> <p>(2) 荷重条件及び境界条件</p> <p>a. 荷重条件</p> <p>頭部垂直落下時に作用する荷重は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・容器本体には、衝撃加速度 (600 m/s²) による自重の慣性力が落下方向に働く。 ・下部緩衝体の自重による慣性力が底板外面に働く。 ・一次蓋内面には、衝撃加速度 (600 m/s²) に加速度割増係数として 2.6¹⁷⁾ を乗じた加速度による内部収納物等 (バスケット及び燃料集合体) の慣性力が働く。 ・落下時の上部緩衝体反力が蓋部に働く。 <p>底部垂直落下時に作用する荷重は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・容器本体には、衝撃加速度 (500 m/s²) による自重の慣性力が落下方向に働く。 ・上部緩衝体の自重による慣性力が三次蓋外面に働く。 ・胴底部内面には、衝撃加速度 (500 m/s²) に加速度割増係数として 2.6¹⁷⁾ を乗じた加速度による内部収納物等 (バスケット及び燃料集合体) の慣性力が働く。 <p>b. 境界条件</p> <p>境界条件は緩衝体の衝撃力を受ける面の節点の軸方向変位及び対称面上の節点の法線方向変位を拘束し、他は変位自由とした。</p> <p>それぞれの落下方向に対する荷重条件及び境界条件を (a)-第 A.40 図及び (a)-第 A.41 図に示す。</p> <p>(a)-A-131</p>	



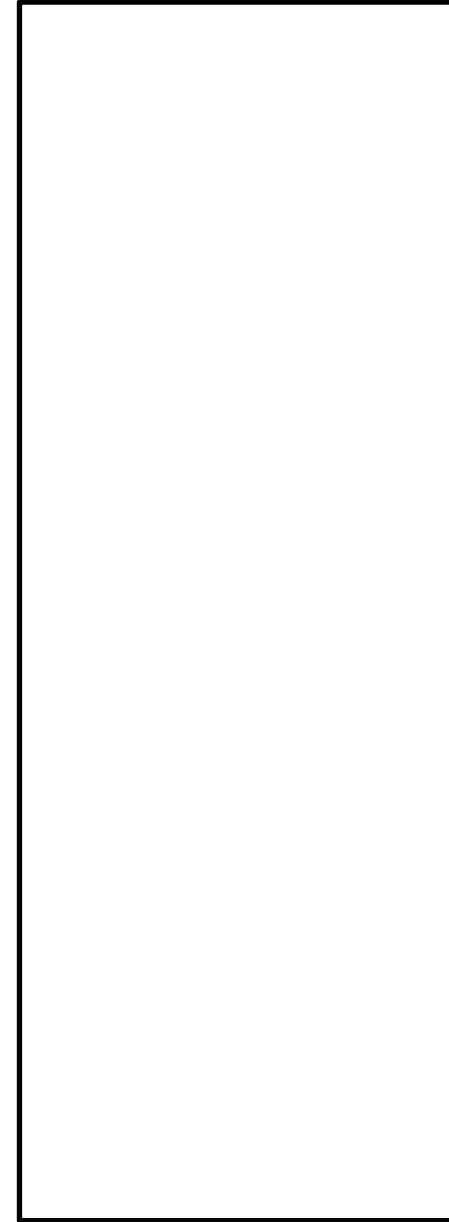
F_{ab} : 下部緩衝体の慣性力
 P_i : 胴内圧 (-0.101325 MPa G)
 P_{ii} : 一二次蓋間圧力 (0.31 MPa G)
 P_{iii} : 二三次蓋間圧力 (0.19 MPa G)
 F_{iw} : 内部の収納物等 (バスケット、燃料集合体) の慣性力
 P_{or} : 側部中性子遮蔽材部 (外筒側面) 圧力 MPa G)
 P_{er} : 側部中性子遮蔽材部 (端板面) 圧力 MPa G)
 P_{tr} : 蓋部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{br} : 底部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 F_{rw} : 上部緩衝体反力
 P_{bi} : 一次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{bii} : 二次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{biii} : 三次蓋ボルト初期締付力 MPa)



(ボルト初期締付力：一次蓋ボルトの例)

(a)-第 A.40 図 頭部 9 m 垂直落下時の荷重条件及び境界条件

(a)-A-132



F_{ab} : 下部緩衝体の慣性力
 P_i : 胴内圧 (-0.101325 MPa G)
 P_{ii} : 一二次蓋間圧力 (0.31 MPa G)
 P_{iii} : 二三次蓋間圧力 (0.19 MPa G)
 F_{iw} : 内部の収納物等 (バスケット、燃料集合体) の慣性力
 P_{or} : 側部中性子遮蔽材部 (外筒側面) 圧力 MPa G)
 P_{er} : 側部中性子遮蔽材部 (端板面) 圧力 MPa G)
 P_{tr} : 蓋部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{br} : 底部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 F_{rw} : 上部緩衝体反力
 P_{bi} : 一次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{bii} : 二次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{biii} : 三次蓋ボルト初期締付力 MPa)



(ボルト初期締付力：一次蓋ボルトの例)

(a)-第 A.40 図 頭部 9 m 垂直落下時の荷重条件及び境界条件

(a)-A-132



F_{ab} : 上部緩衝体の慣性力
 P_i : 胴内圧 (-0.101325 MPa G)
 P_{ii} : 一二次蓋間圧力 (0.31 MPa G)
 P_{iii} : 二三次蓋間圧力 (0.19 MPa G)
 F_{iw} : 内部の収納物等 (バスケット、燃料集合体) の慣性力
 P_{or} : 側部中性子遮蔽材部 (外筒側面) 圧力 MPa G)
 P_{or} : 側部中性子遮蔽材部 (端板面) 圧力 MPa G)
 P_{tr} : 蓋部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{br} : 底部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{bi} : 一次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{bii} : 二次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{biii} : 三次蓋ボルト初期締付力 MPa)



(ボルト初期締付力：一次蓋ボルトの例)

(a)-第 A.41 図 底部 9 m 垂直落下時の荷重条件及び境界条件

(a)-A-133



F_{ab} : 上部緩衝体の慣性力
 P_i : 胴内圧 (-0.101325 MPa G)
 P_{ii} : 一二次蓋間圧力 (0.31 MPa G)
 P_{iii} : 二三次蓋間圧力 (0.19 MPa G)
 F_{iw} : 内部の収納物等 (バスケット、燃料集合体) の慣性力
 P_{or} : 側部中性子遮蔽材部 (外筒側面) 圧力 MPa G)
 P_{or} : 側部中性子遮蔽材部 (端板面) 圧力 MPa G)
 P_{tr} : 蓋部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{br} : 底部中性子遮蔽材部圧力 MPa G)
 P_{bi} : 一次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{bii} : 二次蓋ボルト初期締付力 MPa)
 P_{biii} : 三次蓋ボルト初期締付力 MPa)



(ボルト初期締付力：一次蓋ボルトの例)

(a)-第 A.41 図 底部 9 m 垂直落下時の荷重条件及び境界条件

(a)-A-133

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) 解析結果</p> <p>主要な位置 ((a)-第 A.30 図参照) に対する頭部垂直落下時の一次応力及び蓋ボルトの評価結果を (a)-第 A.38 表に、また、底部垂直落下時の一次応力及び蓋ボルトの評価結果を (a)-第 A.39 表に示す。</p> <p>それぞれの表に示すように、すべての評価位置において A.1.2 に示す解析基準を満足する。</p> <p>また、三次蓋とキャスク本体の O リング取り付け位置での相対口開き変形量は 0.01mm 以下であり、O リングの初期締め付け代 <input type="text" value=""/>mm より小さく、密封性が損なわれることはない。</p> <p style="text-align: center;">(a)-A-134</p>	<p>(3) 解析結果</p> <p>主要な位置 ((a)-第 A.30 図参照) に対する頭部垂直落下時の一次応力及び蓋ボルトの評価結果を (a)-第 A.38 表に、また、底部垂直落下時の一次応力及び蓋ボルトの評価結果を (a)-第 A.39 表に示す。</p> <p>それぞれの表に示すように、すべての評価位置において A.1.2 に示す解析基準を満足する。</p> <p>また、三次蓋とキャスク本体の O リング取り付け位置での相対口開き変形量は 0.01mm 以下であり、O リングの初期締め付け代 <input type="text" value=""/>mm より小さく、密封性が損なわれることはない。</p> <p style="text-align: center;">(a)-A-134</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.38 表 頭部 9 m 垂直落下時の容器本体に対する

一次応力及び蓋ボルトの評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
二次蓋	③	P _m P _L +P _b	—	22	[Redacted]	251	10.4
			内	91		377	3.14
	外	124		2.04			
④	P _L	—	18	377		19.9	
三次蓋	⑤	P _m P _L +P _b	—	26		270	9.38
			内	39		406	9.41
	外	78		4.20			
⑥	P _L	—	86	406		3.72	
⑦	P _L	—	106	377		2.55	
胴	⑧	P _m P _L +P _b	—	19		251	12.2
			内	20		377	17.8
	外	18		19.9			
	⑨-1	P _L	—	11		377	33.2
⑨-2	P _L	—	13			28.0	
胴(底板)	⑩	P _m P _L +P _b	—	2	251	124	
			内	13	377	28.0	
	外	12		30.4			
⑪	P _L	—	9	377	40.8		
外筒	⑫	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	25	282	10.2	
			—	50	282	4.64	
			—	45	162	2.60	
			—	170	282	0.65	
	⑬	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	99	282	1.84	
			—	7	282	39.2	
			—	1	162	161	
			—	3	282	93.0	
	⑭	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	11	282	24.6	
			—	3	282	93.0	
			—	14	162	10.5	
			—	62	282	3.54	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) P_m : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注3) 断面③~④及び⑦~⑩の P_m に対する基準値は 2/3S_m、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は S_m である。

断面⑤及び⑥の P_m に対する基準値は MIN[2.4S_m, 2/3S_m]、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は MIN[3.6S_m, S_m] である。断面⑪~⑭に示す引張応力に対する基準値は 1.5f_t、圧縮応力に対する基準値は 1.5f_c、せん断応力に対する基準値は 1.5f_s、曲げ応力に対する基準値は 1.5f_b である。

(ロ)-A-135

(ロ)-第 A.38 表 頭部 9 m 垂直落下時の容器本体に対する

一次応力及び蓋ボルトの評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
二次蓋	③	P _m P _L +P _b	—	22	[Redacted]	251	10.4
			内	91		377	3.14
	外	124		2.04			
④	P _L	—	18	377		19.9	
三次蓋	⑤	P _m P _L +P _b	—	26		270	9.38
			内	39		406	9.41
	外	78		4.20			
⑥	P _L	—	86	406		3.72	
⑦	P _L	—	106	377		2.55	
胴	⑧	P _m P _L +P _b	—	19		251	12.2
			内	20		377	17.8
	外	18		19.9			
	⑨-1	P _L	—	11		377	33.2
⑨-2	P _L	—	13			28.0	
胴(底板)	⑩	P _m P _L +P _b	—	2	251	124	
			内	13	377	28.0	
	外	12		30.4			
⑪	P _L	—	9	377	40.8		
外筒	⑫	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	25	282	10.2	
			—	50	282	4.64	
			—	45	162	2.60	
			—	170	282	0.65	
	⑬	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	99	282	1.84	
			—	7	282	39.2	
			—	1	162	161	
			—	3	282	93.0	
	⑭	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	11	282	24.6	
			—	3	282	93.0	
			—	14	162	10.5	
			—	62	282	3.54	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) P_m : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注3) 断面③~④及び⑦~⑩の P_m に対する基準値は 2/3S_m、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は S_m である。

断面⑤及び⑥の P_m に対する基準値は MIN[2.4S_m, 2/3S_m]、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は MIN[3.6S_m, S_m] である。断面⑪~⑭に示す引張応力に対する基準値は 1.5f_t、圧縮応力に対する基準値は 1.5f_c、せん断応力に対する基準値は 1.5f_s、曲げ応力に対する基準値は 1.5f_b である。

(ロ)-A-135

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.38 表 頭部 9 m 垂直落下時の容器本体に対する

一次応力及び蓋ボルトの評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度(°C)	解析 基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
下部端板	⑮	引張	—	3	[Redacted]	218	71.6
		圧縮	—	1		218	217
		せん断	—	8		126	14.7
		曲げ	—	26		218	7.38
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	—		217	—
		圧縮	—	1		217	216
		せん断	—	1		125	124
		曲げ	—	2		217	107
	⑲	引張	—	1		217	216
		圧縮	—	2		217	107
		せん断	—	1		125	124
		曲げ	—	1		217	216
二次蓋シール部	㉔	P_L+P_b+Q	内	72	186	1.58	
		P_L+P_b+Q	外	77		1.41	
	㉕	P_L+P_b+Q	内	79	185	1.34	
		P_L+P_b+Q	外	72		1.56	
二次蓋ボルト	—	σ_m	—	311	848	1.72	
		$\sigma_m+\sigma_b$	—	663	848	0.27	
三次蓋ボルト	—	σ_m	—	180	848	3.71	
		$\sigma_m+\sigma_b$	—	216	848	2.92	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) P_m : 一次一般膜応力、 P_L : 一次局部膜応力、 P_b : 一次曲げ応力

Q : 二次応力、 σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力

(注3) 断面⑮、⑱及び⑲における引張応力に対する $1.5f_t$ 、圧縮応力に対する基準値は $1.5f_c$ 、せん断応力に対する基準値は $1.5f_s$ 、曲げ応力に対する基準値は $1.5f_b$ である。断面㉔及び㉕に対する基準値は S_y である。蓋ボルトの基準値は S_y である。

(ロ)-A-136

(ロ)-第 A.38 表 頭部 9 m 垂直落下時の容器本体に対する

一次応力及び蓋ボルトの評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度(°C)	解析 基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
下部端板	⑮	引張	—	3	[Redacted]	218	71.6
		圧縮	—	1		218	217
		せん断	—	8		126	14.7
		曲げ	—	26		218	7.38
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	—		217	—
		圧縮	—	1		217	216
		せん断	—	1		125	124
		曲げ	—	2		217	107
	⑲	引張	—	1		217	216
		圧縮	—	2		217	107
		せん断	—	1		125	124
		曲げ	—	1		217	216
二次蓋シール部	㉔	P_L+P_b+Q	内	72	186	1.58	
		P_L+P_b+Q	外	77		1.41	
	㉕	P_L+P_b+Q	内	79	185	1.34	
		P_L+P_b+Q	外	72		1.56	
二次蓋ボルト	—	σ_m	—	311	848	1.72	
		$\sigma_m+\sigma_b$	—	663	848	0.27	
三次蓋ボルト	—	σ_m	—	180	848	3.71	
		$\sigma_m+\sigma_b$	—	216	848	2.92	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) P_m : 一次一般膜応力、 P_L : 一次局部膜応力、 P_b : 一次曲げ応力

Q : 二次応力、 σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力

(注3) 断面⑮、⑱及び⑲における引張応力に対する $1.5f_t$ 、圧縮応力に対する基準値は $1.5f_c$ 、せん断応力に対する基準値は $1.5f_s$ 、曲げ応力に対する基準値は $1.5f_b$ である。断面㉔及び㉕に対する基準値は S_y である。蓋ボルトの基準値は S_y である。

(ロ)-A-136

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.39 表 底部 9 m 垂直落下時の容器本体に対する

二次応力及び蓋ボルトの評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は 応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
二次蓋	③	P _n P _L +P _b	—	7	[]	251	34.8
			内	52		377	6.25
	外	50	377	6.54			
④	P _L	—	17	377		21.1	
三次蓋	⑤	P _n P _L +P _b	—	5		270	53.0
			内	21		406	18.3
	外	22	406	17.4			
	⑥	P _L	—	50		406	7.12
胴	⑦	P _L	—	10		377	36.7
	⑧	P _n P _L +P _b	—	20		251	11.5
			内	21		377	16.9
	外	20	377	17.8			
	⑨-1	P _L	—	31		377	11.1
⑨-2	P _L	—	60	377		5.28	
胴(底板)	⑩	P _n P _L +P _b	—	17	251	13.7	
			内	100	377	2.77	
	外	123	377	2.06			
⑪	P _L	—	49	377	6.69		
外筒	⑫	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	17	282	15.5	
			—	—	282	—	
			—	9	162	17.0	
			—	43	282	5.55	
	⑬	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	53	282	4.32	
			—	1	282	281	
			—	1	162	161	
			—	2	282	140	
	⑭	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	27	282	9.44	
			—	15	282	17.8	
			—	20	162	7.10	
			—	85	282	2.31	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) P_n: 一次一般膜応力、P_L: 一次局部膜応力、P_b: 一次曲げ応力

(注3) 断面③~④及び⑦~⑩の P_n に対する基準値は 2/3S_n、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は S_n である。

断面⑤及び⑥の P_n に対する基準値は MIN[2.4S_n, 2/3S_n]、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は MIN[3.6S_n, S_n] である。断面⑫~⑭に示す引張応力に対する基準値は 1.5f_t、圧縮応力に対する基準値は 1.5f_c、せん断応力に対する基準値は 1.5f_s、曲げ応力に対する基準値は 1.5f_b である。

(ロ)-A-137

(ロ)-第 A.39 表 底部 9 m 垂直落下時の容器本体に対する

二次応力及び蓋ボルトの評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は 応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
二次蓋	③	P _n P _L +P _b	—	7	[]	251	34.8
			内	52		377	6.25
	外	50	377	6.54			
④	P _L	—	17	377		21.1	
三次蓋	⑤	P _n P _L +P _b	—	5		270	53.0
			内	21		406	18.3
	外	22	406	17.4			
	⑥	P _L	—	50		406	7.12
胴	⑦	P _L	—	10		377	36.7
	⑧	P _n P _L +P _b	—	20		251	11.5
			内	21		377	16.9
	外	20	377	17.8			
	⑨-1	P _L	—	31		377	11.1
⑨-2	P _L	—	60	377		5.28	
胴(底板)	⑩	P _n P _L +P _b	—	17	251	13.7	
			内	100	377	2.77	
	外	123	377	2.06			
⑪	P _L	—	49	377	6.69		
外筒	⑫	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	17	282	15.5	
			—	—	282	—	
			—	9	162	17.0	
			—	43	282	5.55	
	⑬	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	53	282	4.32	
			—	1	282	281	
			—	1	162	161	
			—	2	282	140	
	⑭	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	27	282	9.44	
			—	15	282	17.8	
			—	20	162	7.10	
			—	85	282	2.31	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) P_n: 一次一般膜応力、P_L: 一次局部膜応力、P_b: 一次曲げ応力

(注3) 断面③~④及び⑦~⑩の P_n に対する基準値は 2/3S_n、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は S_n である。

断面⑤及び⑥の P_n に対する基準値は MIN[2.4S_n, 2/3S_n]、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は MIN[3.6S_n, S_n] である。断面⑫~⑭に示す引張応力に対する基準値は 1.5f_t、圧縮応力に対する基準値は 1.5f_c、せん断応力に対する基準値は 1.5f_s、曲げ応力に対する基準値は 1.5f_b である。

(ロ)-A-137

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.39 表 底部 9 m 垂直落下時の容器本体に対する

一次応力及び蓋ボルトの評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
下部端板	⑮	引張	—	18	—	218	11.1
		圧縮	—	7		218	30.1
		せん断	—	26		126	3.84
		曲げ	—	107		218	1.03
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	42		217	4.16
		圧縮	—	1		217	216
		せん断	—	14		125	7.92
		曲げ	—	44		217	3.93
	⑲	引張	—	43		217	4.04
		圧縮	—	6		217	35.1
		せん断	—	14		125	7.92
		曲げ	—	99		217	1.19
二次蓋シール部	㉔	P_L+P_b+Q	内	30		186	5.20
		P_L+P_b+Q	外	19			8.78
	㉕	P_L+P_b+Q	内	45		185	3.11
		P_L+P_b+Q	外	35			4.28
二次蓋ボルト	—	σ_m	—	200	848	3.24	
		$\sigma_m+\sigma_b$	—	209	848	3.05	
三次蓋ボルト	—	σ_m	—	302	848	1.80	
		$\sigma_m+\sigma_b$	—	436	848	0.94	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) P_m : 一次一般膜応力、 P_L : 一次局部膜応力、 P_b : 一次曲げ応力

Q : 二次応力、 σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力

(注3) 断面⑮、⑱及び⑲における引張応力に対する基準値は $1.5f_c$ 、圧縮応力に対する基準値は $1.5f_c$ 、せん断応力に対する基準値は $1.5f_s$ 、曲げ応力に対する基準値は $1.5f_b$ である。断面㉔及び㉕に対する基準値は S_y である。蓋ボルトの基準値は S_y である。

(ロ)-A-138

(ロ)-第 A.39 表 底部 9 m 垂直落下時の容器本体に対する

一次応力及び蓋ボルトの評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
下部端板	⑮	引張	—	18	—	218	11.1
		圧縮	—	7		218	30.1
		せん断	—	26		126	3.84
		曲げ	—	107		218	1.03
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	42		217	4.16
		圧縮	—	1		217	216
		せん断	—	14		125	7.92
		曲げ	—	44		217	3.93
	⑲	引張	—	43		217	4.04
		圧縮	—	6		217	35.1
		せん断	—	14		125	7.92
		曲げ	—	99		217	1.19
二次蓋シール部	㉔	P_L+P_b+Q	内	30		186	5.20
		P_L+P_b+Q	外	19			8.78
	㉕	P_L+P_b+Q	内	45		185	3.11
		P_L+P_b+Q	外	35			4.28
二次蓋ボルト	—	σ_m	—	200	848	3.24	
		$\sigma_m+\sigma_b$	—	209	848	3.05	
三次蓋ボルト	—	σ_m	—	302	848	1.80	
		$\sigma_m+\sigma_b$	—	436	848	0.94	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) P_m : 一次一般膜応力、 P_L : 一次局部膜応力、 P_b : 一次曲げ応力

Q : 二次応力、 σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力

(注3) 断面⑮、⑱及び⑲における引張応力に対する基準値は $1.5f_c$ 、圧縮応力に対する基準値は $1.5f_c$ 、せん断応力に対する基準値は $1.5f_s$ 、曲げ応力に対する基準値は $1.5f_b$ である。断面㉔及び㉕に対する基準値は S_y である。蓋ボルトの基準値は S_y である。

(ロ)-A-138

2. バスケット

垂直落下時にバスケットに生じる応力は A. 5. 3. 2 と同様を求める。ここで、垂直落下時の衝撃加速度には、加速度割増係数として 2.6¹⁷⁾を衝撃加速度 (600 m/s²) に乗じる。計算条件と計算結果を (ロ)-第 A. 40 表及び (ロ)-第 A. 41 表に示す。表に示すように、評価位置において A. 1. 2 に示す解析基準値を満足する。なお、バスケットに生じる応力は、設計降伏点 (56 MPa) より低いのでバスケットは塑性変形しない。

2. バスケット

垂直落下時にバスケットに生じる応力は A. 5. 3. 2 と同様を求める。ここで、垂直落下時の衝撃加速度には、加速度割増係数として 2.6¹⁷⁾を衝撃加速度 (600 m/s²) に乗じる。計算条件と計算結果を (ロ)-第 A. 40 表及び (ロ)-第 A. 41 表に示す。表に示すように、評価位置において A. 1. 2 に示す解析基準値を満足する。なお、バスケットに生じる応力は、設計降伏点 (56 MPa) より低いのでバスケットは塑性変形しない。

(ロ)-第 A. 40 表 バスケットの応力計算条件及び計算結果

項目	バスケット 合計質量 : W_b (kg)	垂直落下時の 衝撃加速度 : G_v (m/s ²)
数値	5600	1560

(ロ)-第 A. 40 表 バスケットの応力計算条件及び計算結果

項目	バスケット 合計質量 : W_b (kg)	垂直落下時の 衝撃加速度 : G_v (m/s ²)
数値	5600	1560

項目	バスケット プレートの タイプ	バスケット プレート 全厚さ : b_1 (mm)	バスケット プレート 内幅 : b_2 (mm)	バスケット プレート長さ : L_1 (mm)	胴に接触する バスケット プレート L_1 部の個数 : n (-)	バスケット プレートと胴 の接触面積 : A_1 (mm ²)
数値	A					
	B					

項目	バスケット プレートの タイプ	バスケット プレート 全厚さ : b_1 (mm)	バスケット プレート 内幅 : b_2 (mm)	バスケット プレート長さ : L_1 (mm)	胴に接触する バスケット プレート L_1 部の個数 : n (-)	バスケット プレートと胴 の接触面積 : A_1 (mm ²)
数値	A					
	B					

項目	バスケット プレートの タイプ	圧縮応力 : σ_c (MPa)	基準値 : $2/3S_u$ (MPa)	余裕率 (-)
数値	A	38	79	1.07
	B	38		1.07

項目	バスケット プレートの タイプ	圧縮応力 : σ_c (MPa)	基準値 : $2/3S_u$ (MPa)	余裕率 (-)
数値	A	38	79	1.07
	B	38		1.07

(ロ)-第 A. 41 表 バスケットプレートの一次圧縮応力の計算条件及び計算結果

項目	バスケット プレート長さ : L (mm)	バスケット プレートの 断面積 : A_2 (mm ²)	バスケット プレートの 縦弾性係数 : E (MPa)
数値			6.94×10^4

(ロ)-第 A. 41 表 バスケットプレートの一次圧縮応力の計算条件及び計算結果

項目	バスケット プレート長さ : L (mm)	バスケット プレートの 断面積 : A_2 (mm ²)	バスケット プレートの 縦弾性係数 : E (MPa)
数値			6.94×10^4

項目	座屈長さ : l_k (mm)	設計降伏点又は設計 引張強さの 0.7 倍の 値のいずれか小さい 方の値 : F (MPa)	圧縮応力 : σ_c (MPa)	許容圧縮 応力: $1.5f_c$ (MPa)	余裕率 (-)
数値			38	66	0.73

項目	座屈長さ : l_k (mm)	設計降伏点又は設計 引張強さの 0.7 倍の 値のいずれか小さい 方の値 : F (MPa)	圧縮応力 : σ_c (MPa)	許容圧縮 応力: $1.5f_c$ (MPa)	余裕率 (-)
数値			38	66	0.73

(ロ)-A-139

(ロ)-A-139

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.6.1.2 水平落下</p> <p>9 m 水平落下時の衝撃力に対して、容器本体は十分な強度で密封性を保持し、かつ、遮蔽評価に影響を及ぼすような塑性変形が生じないことを示す。また、胴内のバスケットは破損しないことを示す。</p> <p>1. 容器本体</p> <p>水平落下時の衝撃力に対する容器本体の解析を有限要素法による ABAQUS コードにより行う。</p> <p>(1) 解析モデル</p> <p>A.5.3.2 と同様に、三次元有限要素を用いた (p)-第 A.16 図に示す三次元 180° 対称モデルを用いる。</p> <p>(2) 荷重条件及び境界条件</p> <p>a. 荷重条件</p> <p>水平落下時に作用する荷重は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・容器本体には、衝撃加速度 (710 m/s²) による自重の慣性力が落下方向に働く。 ・胴内面には、衝撃加速度 (710 m/s²) に加速度割増係数として 1.2¹⁷⁾ を乗じた加速度による内部収納物等 (バスケット及び燃料集合体) の慣性力が働く。 ・落下時の上・下部緩衝体木材反力が胴フランジ面及び底板へ働く。 <p>b. 境界条件</p> <p>上・下部緩衝体を取り付く面 (反力を受ける面) の上・下 1 箇所の Y 方向変位を拘束した。また、0° -180° 面の対称面において X 方向の変位を拘束した。</p> <p>水平落下時に作用する荷重条件及び境界条件を (p)-第 A.42 図に示す。</p> <p>(p)-A-140</p>	<p>A.6.1.2 水平落下</p> <p>9 m 水平落下時の衝撃力に対して、容器本体は十分な強度で密封性を保持し、かつ、遮蔽評価に影響を及ぼすような塑性変形が生じないことを示す。また、胴内のバスケットは破損しないことを示す。</p> <p>1. 容器本体</p> <p>水平落下時の衝撃力に対する容器本体の解析を有限要素法による ABAQUS コードにより行う。</p> <p>(1) 解析モデル</p> <p>A.5.3.2 と同様に、三次元有限要素を用いた (p)-第 A.16 図に示す三次元 180° 対称モデルを用いる。</p> <p>(2) 荷重条件及び境界条件</p> <p>a. 荷重条件</p> <p>水平落下時に作用する荷重は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・容器本体には、衝撃加速度 (710 m/s²) による自重の慣性力が落下方向に働く。 ・胴内面には、衝撃加速度 (710 m/s²) に加速度割増係数として 1.2¹⁷⁾ を乗じた加速度による内部収納物等 (バスケット及び燃料集合体) の慣性力が働く。 ・落下時の上・下部緩衝体木材反力が胴フランジ面及び底板へ働く。 <p>b. 境界条件</p> <p>上・下部緩衝体を取り付く面 (反力を受ける面) の上・下 1 箇所の X 方向変位を拘束した。また、0° -180° 面の対称面において Y 方向の変位を拘束した。</p> <p>水平落下時に作用する荷重条件及び境界条件を (p)-第 A.42 図に示す。</p> <p>(p)-A-140</p>	

(b)-A-141

P_i : 胴内圧 (-0.101325 MPa G)
 P_{a1} : 一次蓋間圧力 (0.31 MPa G)
 P_{a2} : 二次蓋間圧力 (0.19 MPa G)
 P_{a3} : 三次蓋間圧力 (0.19 MPa G)
 P_{sr} : 側部中性子遮蔽材部 (外筒側面) 圧力 MPa G
 P_{er} : 側部中性子遮蔽材部 (端板面) 圧力 MPa G
 P_{tr} : 蓋部中性子遮蔽材部圧力 MPa G
 P_{br} : 底部中性子遮蔽材部圧力 MPa G
 F_{is} : 内部収納物等 (バスケット、燃料集合体) の慣性力
 F_{ur} : 上部緩衝体反力
 F_{br} : 下部緩衝体反力

P_{b1} : 一次蓋ボルト初期締付力 MPa
 P_{b2} : 二次蓋ボルト初期締付力 MPa
 P_{b3} : 三次蓋ボルト初期締付力 MPa

(ボルト初期締付力：一次蓋ボルトの場合)

(e)-第 A.42 図 9 m 水平落下時の荷重条件及び境界条件

(b)-A-141

P_i : 胴内圧 (-0.101325 MPa G)
 P_{a1} : 一次蓋間圧力 (0.31 MPa G)
 P_{a2} : 二次蓋間圧力 (0.19 MPa G)
 P_{a3} : 三次蓋間圧力 (0.19 MPa G)
 P_{sr} : 側部中性子遮蔽材部 (外筒側面) 圧力 MPa G
 P_{er} : 側部中性子遮蔽材部 (端板面) 圧力 MPa G
 P_{tr} : 蓋部中性子遮蔽材部圧力 MPa G
 P_{br} : 底部中性子遮蔽材部圧力 MPa G
 F_{is} : 内部収納物等 (バスケット、燃料集合体) の慣性力
 F_{ur} : 上部緩衝体反力
 F_{br} : 下部緩衝体反力

P_{b1} : 一次蓋ボルト初期締付力 MPa
 P_{b2} : 二次蓋ボルト初期締付力 MPa
 P_{b3} : 三次蓋ボルト初期締付力 MPa

(ボルト初期締付力：一次蓋ボルトの場合)

(e)-第 A.42 図 9 m 水平落下時の荷重条件及び境界条件

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) 解析結果</p> <p>水平落下時の主要な位置 ((a)-第 A.30 図参照) に対する一次応力の評価結果を (a)-第 A.42 表に示す。表に示すように、すべての評価位置において A.1.2 に示す解析基準値を満足する。</p> <p>また、三次蓋とキャスク本体の Oリング取り付け位置での相対口開き変形量は 0.39 mm であり、Oリングの初期締め付け代 <input type="text" value=""/> mm より小さく、密封性が損なわれることはない。</p> <p style="text-align: center;">(a)-A-142</p>	<p>(3) 解析結果</p> <p>水平落下時の主要な位置 ((a)-第 A.30 図参照) に対する一次応力の評価結果を (a)-第 A.42 表に示す。表に示すように、すべての評価位置において A.1.2 に示す解析基準値を満足する。</p> <p>また、三次蓋とキャスク本体の Oリング取り付け位置での相対口開き変形量は 0.39 mm であり、Oリングの初期締め付け代 <input type="text" value=""/> mm より小さく、密封性が損なわれることはない。</p> <p style="text-align: center;">(a)-A-142</p>	

(□)-第 A. 42 表 9 m 水平落下時の容器本体に対する一次応力
及び蓋ボルトの評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は 応力 (MPa)	温度 (°C)	解析 基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
二次蓋	③	P _a	—	18	251	251	12.9
		P _L +P _b	内	29		377	12.0
	外		40	377		8.42	
④	P _L	—	57	377		5.61	
三次蓋	⑤	P _a	—	48		270	4.62
		P _L +P _b	内	45		406	8.02
	外		76	406		4.34	
⑥	P _L	—	60	406		5.76	
胴	⑦	P _L	—	172		377	1.19
	⑧	P _a	—	67		251	2.74
		P _L +P _b	内	66		377	4.71
	外		94	377		3.01	
	⑨-1	P _L	—	68		377	4.54
⑨-2	P _L	—	108	377		2.49	
胴 (底板)	⑩	P _a	—	27	251	8.29	
		P _L +P _b	内	28	377	12.4	
外	38		377	8.92			
⑪	P _L	—	56	377	5.73		
外筒	⑫	引張	—	185	282	0.52	
		圧縮	—	51	282	4.52	
		せん断	—	95	162	0.70	
		曲げ	—	174	282	0.62	
	⑬	引張	—	119	282	1.36	
		圧縮	—	53	282	4.32	
		せん断	—	7	162	22.1	
		曲げ	—	18	282	14.6	
	⑭	引張	—	33	282	7.54	
		圧縮	—	50	282	4.64	
		せん断	—	69	162	1.34	
		曲げ	—	205	282	0.37	

(注1) (□)-第 A. 30 図参照

(注2) P_a : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注3) 断面③~④及び⑦~⑩の P_a に対する基準値は 2/3S_a、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は S_a である。

断面⑤及び⑥の P_a に対する基準値は MIN[2.4S_a, 2/3S_a]、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は MIN[3.6S_a, S_a] である。断面⑫~⑭に示す引張応力に対する基準値は 1.5f_t、圧縮応力に対する基準値は 1.5f_c、せん断応力に対する基準値は 1.5f_v、曲げ応力に対する基準値は 1.5f_b である。

(□)-A-143

(□)-第 A. 42 表 9 m 水平落下時の容器本体に対する一次応力
及び蓋ボルトの評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は 応力 (MPa)	温度 (°C)	解析 基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
二次蓋	③	P _a	—	18	251	251	12.9
		P _L +P _b	内	29		377	12.0
	外		40	377		8.42	
④	P _L	—	57	377		5.61	
三次蓋	⑤	P _a	—	48		270	4.62
		P _L +P _b	内	45		406	8.02
	外		76	406		4.34	
⑥	P _L	—	60	406		5.76	
胴	⑦	P _L	—	172		377	1.19
	⑧	P _a	—	67		251	2.74
		P _L +P _b	内	66		377	4.71
	外		94	377		3.01	
	⑨-1	P _L	—	68		377	4.54
⑨-2	P _L	—	108	377		2.49	
胴 (底板)	⑩	P _a	—	27	251	8.29	
		P _L +P _b	内	28	377	12.4	
外	38		377	8.92			
⑪	P _L	—	56	377	5.73		
外筒	⑫	引張	—	185	282	0.52	
		圧縮	—	51	282	4.52	
		せん断	—	95	162	0.70	
		曲げ	—	174	282	0.62	
	⑬	引張	—	119	282	1.36	
		圧縮	—	53	282	4.32	
		せん断	—	7	162	22.1	
		曲げ	—	18	282	14.6	
	⑭	引張	—	33	282	7.54	
		圧縮	—	50	282	4.64	
		せん断	—	69	162	1.34	
		曲げ	—	205	282	0.37	

(注1) (□)-第 A. 30 図参照

(注2) P_a : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注3) 断面③~④及び⑦~⑩の P_a に対する基準値は 2/3S_a、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は S_a である。

断面⑤及び⑥の P_a に対する基準値は MIN[2.4S_a, 2/3S_a]、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は MIN[3.6S_a, S_a] である。断面⑫~⑭に示す引張応力に対する基準値は 1.5f_t、圧縮応力に対する基準値は 1.5f_c、せん断応力に対する基準値は 1.5f_v、曲げ応力に対する基準値は 1.5f_b である。

(□)-A-143

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.42 表 9 m 水平落下時の容器本体に対する

一次応力及び蓋ボルトの評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度(°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
下部端板	⑮	引張	—	22	—	218	8.90
		圧縮	—	35		218	5.22
		せん断	—	41		126	2.07
		曲げ	—	171		218	0.27
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	5		217	42.4
		圧縮	—	89		217	1.43
		せん断	—	46		125	1.71
		曲げ	—	21		217	9.33
	⑲	引張	—	36		217	5.02
		圧縮	—	142		217	0.52
		せん断	—	47		125	1.65
		曲げ	—	140		217	0.55
二次蓋シール部	㉔	P_L+P_b+Q	内	127	186	0.46	
		P_L+P_b+Q	外	63		1.95	
	㉕	P_L+P_b+Q	内	149	185	0.24	
		P_L+P_b+Q	外	155		0.19	
二次蓋ボルト	—	σ_m	—	314	848	1.70	
		$\sigma_m+\sigma_b$	—	809	848	0.04	
三次蓋ボルト	—	σ_m	—	420	848	1.01	
		$\sigma_m+\sigma_b$	—	767	848	0.10	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) P_m : 一次一般膜応力、 P_L : 一次局部膜応力、 P_b : 一次曲げ応力

Q : 二次応力、 σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力

(注3) 断面⑮、⑱及び⑲における引張応力に対する基準値は $1.5f_t$ 、圧縮応力に対する基準値は $1.5f_c$ 、せん断応力に対する基準値は $1.5f_s$ 、曲げ応力に対する基準値は $1.5f_b$ である。断面㉔及び㉕に対する基準値は S_y である。蓋ボルトの基準値は S_y である。

(ロ)-A-144

(ロ)-第 A.42 表 9 m 水平落下時の容器本体に対する

一次応力及び蓋ボルトの評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度(°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
下部端板	⑮	引張	—	22	—	218	8.90
		圧縮	—	35		218	5.22
		せん断	—	41		126	2.07
		曲げ	—	171		218	0.27
底部中性子遮蔽材カバー	⑱	引張	—	5		217	42.4
		圧縮	—	89		217	1.43
		せん断	—	46		125	1.71
		曲げ	—	21		217	9.33
	⑲	引張	—	36		217	5.02
		圧縮	—	142		217	0.52
		せん断	—	47		125	1.65
		曲げ	—	140		217	0.55
二次蓋シール部	㉔	P_L+P_b+Q	内	127	186	0.46	
		P_L+P_b+Q	外	63		1.95	
	㉕	P_L+P_b+Q	内	149	185	0.24	
		P_L+P_b+Q	外	155		0.19	
二次蓋ボルト	—	σ_m	—	314	848	1.70	
		$\sigma_m+\sigma_b$	—	809	848	0.04	
三次蓋ボルト	—	σ_m	—	420	848	1.01	
		$\sigma_m+\sigma_b$	—	767	848	0.10	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) P_m : 一次一般膜応力、 P_L : 一次局部膜応力、 P_b : 一次曲げ応力

Q : 二次応力、 σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力

(注3) 断面⑮、⑱及び⑲における引張応力に対する基準値は $1.5f_t$ 、圧縮応力に対する基準値は $1.5f_c$ 、せん断応力に対する基準値は $1.5f_s$ 、曲げ応力に対する基準値は $1.5f_b$ である。断面㉔及び㉕に対する基準値は S_y である。蓋ボルトの基準値は S_y である。

(ロ)-A-144

2. バスケット

水平落下時にバスケットに生じる応力は A.5.3.2 と同様に求める。ここで、水平落下時の衝撃加速度には加速度割増係数として 1.2¹⁷⁾ を衝撃加速度 (710 m/s²) に乗じる。計算条件と計算結果を(□)-第 A.43 表及び(□)-第 A.44 表に示す。表に示すように、評価位置において A.1.2 に示す解析基準値を満足する。なお、180° 側以外の任意の角度で落下する場合も健全性は維持される。なお、バスケットに生じる応力は、設計降伏点 (56 MPa) より低いので、バスケットは塑性変形しない。

(□)-第 A.43 表 バスケットプレート縦板の応力計算条件及び計算結果

項目	燃料集合体の質量(BP 無, BP 有) : W _F (kg)	領域 I の範囲にある燃料集合体の数 (BP 無, BP 有) : N _I (体)	領域 I のバスケットプレート、中性子吸収材、バスケットサポート及び燃料集合体の質量 ^(注1) : W _I (kg)	領域 II のバスケットプレート及び中性子吸収材の質量 ^(注2) : W _{II} (kg)	水平落下時の衝撃加速度 : G _H (m/s ²)
数値	680, []	[]	[]	[]	852

項目	バスケットプレート幅 1 : b ₁ (mm)	バスケットプレート幅 2 : b ₂ (mm)	バスケットプレート高さ 1 : h ₁ (mm)	バスケットプレート幅 3 : b ₃ (mm)	バスケットプレート幅 4 : b ₄ (mm)	バスケットプレート高さ 2 : h ₂ (mm)	断面積 : A (mm ²)
数値	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]

項目	バスケットプレートの数 : N (枚)	圧縮応力 : σ _c (MPa)	基準値 : (2/3)S _u (MPa)	余裕率 (-)
数値	[]	46	79	0.71

(注1) 領域 I のバスケットプレート、中性子吸収材、バスケットサポート及び燃料集合体の各質量の内訳は、以下のとおりである。

バスケットプレートの質量 : [] (kg)
 中性子吸収材の質量 : [] (kg)
 バスケットサポートの質量 : [] (kg)
 燃料集合体の合計質量 : 680 × [] (kg)

(注2) 領域 II のバスケットプレート及び中性子吸収材の各質量の内訳は以下のとおりである。

バスケットプレートの質量 : [] (kg)
 中性子吸収材の質量 : [] (kg)

(□)-A-145

2. バスケット

水平落下時にバスケットに生じる応力は A.5.3.2 と同様に求める。ここで、水平落下時の衝撃加速度には加速度割増係数として 1.2¹⁷⁾ を衝撃加速度 (710 m/s²) に乗じる。計算条件と計算結果を(□)-第 A.43 表及び(□)-第 A.44 表に示す。表に示すように、評価位置において A.1.2 に示す解析基準値を満足する。なお、180° 側以外の任意の角度で落下する場合も健全性は維持される。なお、バスケットに生じる応力は、設計降伏点 (56 MPa) より低いので、バスケットは塑性変形しない。

(□)-第 A.43 表 バスケットプレート縦板の応力計算条件及び計算結果

項目	燃料集合体の質量(BP 無, BP 有) : W _F (kg)	領域 I の範囲にある燃料集合体の数 (BP 無, BP 有) : N _I (体)	領域 I のバスケットプレート、中性子吸収材、バスケットサポート及び燃料集合体の質量 ^(注1) : W _I (kg)	領域 II のバスケットプレート及び中性子吸収材の質量 ^(注2) : W _{II} (kg)	水平落下時の衝撃加速度 : G _H (m/s ²)
数値	680, []	[]	[]	[]	852

項目	バスケットプレート幅 1 : b ₁ (mm)	バスケットプレート幅 2 : b ₂ (mm)	バスケットプレート高さ 1 : h ₁ (mm)	バスケットプレート幅 3 : b ₃ (mm)	バスケットプレート幅 4 : b ₄ (mm)	バスケットプレート高さ 2 : h ₂ (mm)	断面積 : A (mm ²)
数値	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]

項目	バスケットプレートの数 : N (枚)	圧縮応力 : σ _c (MPa)	基準値 : (2/3)S _u (MPa)	余裕率 (-)
数値	[]	46	79	0.71

(注1) 領域 I のバスケットプレート、中性子吸収材、バスケットサポート及び燃料集合体の各質量の内訳は、以下のとおりである。

バスケットプレートの質量 : [] (kg)
 中性子吸収材の質量 : [] (kg)
 バスケットサポートの質量 : [] (kg)
 燃料集合体の合計質量 : 680 × [] (kg)

(注2) 領域 II のバスケットプレート及び中性子吸収材の各質量の内訳は以下のとおりである。

バスケットプレートの質量 : [] (kg)
 中性子吸収材の質量 : [] (kg)

(□)-A-145

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

(ロ)-第 A.44 表 バスケットプレート横板の応力計算条件及び計算結果

項目	燃料集合体の質量 (BP 有) : W_f (kg)	バスケットプレート及び中性子吸収材の質量 : W_b (kg)	バスケットプレートの数 : N (枚)	バスケットセルの内幅 : l (mm)	分布荷重 : w (kg/mm)	水平落下時の衝撃加速度 : G_H (m/s^2)
数値						852

項目	バスケットプレート高さ 1 : h_1 (mm)	バスケットプレート幅 1 : b_1 (mm)	バスケットプレート幅 2 : b_2 (mm)	バスケットプレート高さ 2 : h_2 (mm)	バスケットプレート幅 3 : b_3 (mm)
数値					

項目	曲げモーメント : M ($N \cdot mm$)	断面係数 : Z (mm^3)	曲げ応力 : σ_b (MPa)	基準値 : $(2/3) \alpha S_y$ (MPa)	余裕率 (-)
数値			32	103	2.21

項目	せん断力 : F (N)	断面積 : A (mm^2)	せん断応力 : τ (MPa)	基準値 : $1.2S_u$ (MPa)	余裕率 (-)
数値			8	43	4.37

(ロ)-A-146

先行設計承認申請書記載事項

(ロ)-第 A.44 表 バスケットプレート横板の応力計算条件及び計算結果

項目	燃料集合体の質量 (BP 有) : W_f (kg)	バスケットプレート及び中性子吸収材の質量 : W_b (kg)	バスケットプレートの数 : N (枚)	バスケットセルの内幅 : l (mm)	分布荷重 : w (kg/mm)	水平落下時の衝撃加速度 : G_H (m/s^2)
数値						852

項目	バスケットプレート高さ 1 : h_1 (mm)	バスケットプレート幅 1 : b_1 (mm)	バスケットプレート幅 2 : b_2 (mm)	バスケットプレート高さ 2 : h_2 (mm)	バスケットプレート幅 3 : b_3 (mm)
数値					

項目	曲げモーメント : M ($N \cdot mm$)	断面係数 : Z (mm^3)	曲げ応力 : σ_b (MPa)	基準値 : $(2/3) \alpha S_y$ (MPa)	余裕率 (-)
数値			32	103	2.21

項目	せん断力 : F (N)	断面積 : A (mm^2)	せん断応力 : τ (MPa)	基準値 : $1.2S_u$ (MPa)	余裕率 (-)
数値			8	43	4.37

(ロ)-A-146

備考

A.6.1.3 コーナー落下

(ロ)第 A.19 表に示すように、コーナー落下時の衝撃加速度は垂直落下及び水平落下に比べて小さい。

したがって、コーナー落下時の輸送容器の各部の応力は垂直及び水平落下時の結果よりも厳しくなることはない。ただし、頭部コーナー落下時は、頭部垂直落下時と違い蓋部に作用する緩衝体の圧潰力が蓋全面に作用せず内部の収納物等による慣性力が蓋を介して蓋ボルトに作用するため蓋ボルトの健全性を評価する。

1. 二次蓋ボルト

頭部コーナー落下時に、二次蓋ボルトには、二次蓋自重及び蓋間圧力による引張応力が生じる。ここで、初期締付トルク、熱応力及び蓋間圧力によってボルト引張力とフランジ部とは釣合った状態になっているが、コーナー落下時、二次蓋ボルトには二次蓋自重の慣性力が外力としてボルトに加わる。

(1) 初期締付力、熱応力、胴内圧及び蓋間圧力により生じる引張応力

初期締付力、熱応力、胴内圧及び蓋間圧力により二次蓋ボルトに生じる引張応力 σ_{t1} (MPa) は、 MPa である。

(2) 慣性力により生じる引張応力

慣性力によりボルトに生じる引張応力 σ_{t2} (MPa) は、次式で与えられる。

$$\sigma_{t2} = \frac{WG_c \cos \theta}{\frac{\pi}{4} d^2 n}$$

ここで、

- W : 二次蓋の質量 (kg)
- G_c : 衝撃加速度 (m/s^2)
- θ : 落下角度 ($^\circ$)
- d : ボルト軸径 (mm)
- n : ボルトの数 (本)

計算条件と計算結果を(ロ)第 A.45 表に示す。

(ロ)第 A.45 表 慣性力によりボルトに生じる引張応力計算条件及び計算結果

項目	二次蓋の質量 : W (kg)	衝撃加速度 : G_c (m/s^2)	落下角度 : θ ($^\circ$)	ボルト軸径 : d (mm)	ボルトの数 : n (本)	引張応力 : σ_{t2} (MPa)
数値	4.5×10^3	480	28.6	<input type="text"/>		44

(ロ)-A-147

A.6.1.3 コーナー落下

(ロ)第 A.19 表に示すように、コーナー落下時の衝撃加速度は垂直落下及び水平落下に比べて小さい。

したがって、コーナー落下時の輸送容器の各部の応力は垂直及び水平落下時の結果よりも厳しくなることはない。ただし、頭部コーナー落下時は、頭部垂直落下時と違い蓋部に作用する緩衝体の圧潰力が蓋全面に作用せず内部の収納物等による慣性力が蓋を介して蓋ボルトに作用するため蓋ボルトの健全性を評価する。

1. 二次蓋ボルト

頭部コーナー落下時に、二次蓋ボルトには、二次蓋自重及び蓋間圧力による引張応力が生じる。ここで、初期締付トルク、熱応力及び蓋間圧力によってボルト引張力とフランジ部とは釣合った状態になっているが、コーナー落下時、二次蓋ボルトには二次蓋自重の慣性力が外力としてボルトに加わる。

(1) 初期締付力、熱応力、胴内圧及び蓋間圧力により生じる引張応力

初期締付力、熱応力、胴内圧及び蓋間圧力により二次蓋ボルトに生じる引張応力 σ_{t1} (MPa) は、 MPa である。

(2) 慣性力により生じる引張応力

慣性力によりボルトに生じる引張応力 σ_{t2} (MPa) は、次式で与えられる。

$$\sigma_{t2} = \frac{WG_c \cos \theta}{\frac{\pi}{4} d^2 n}$$

ここで、

- W : 二次蓋の質量 (kg)
- G_c : 衝撃加速度 (m/s^2)
- θ : 落下角度 ($^\circ$)
- d : ボルト軸径 (mm)
- n : ボルトの数 (本)

計算条件と計算結果を(ロ)第 A.45 表に示す。

(ロ)第 A.45 表 慣性力によりボルトに生じる引張応力計算条件及び計算結果

項目	二次蓋の質量 : W (kg)	衝撃加速度 : G_c (m/s^2)	落下角度 : θ ($^\circ$)	ボルト軸径 : d (mm)	ボルトの数 : n (本)	引張応力 : σ_{t2} (MPa)
数値	4.5×10^3	480	28.6	<input type="text"/>		44

(ロ)-A-147

(3) ボルトに生じる引張応力

各荷重によりボルトに生じる引張応力 σ_t (MPa) の合計は、次式で与えられる。

$$\sigma_t = \sigma_{t1} + \phi \sigma_{t2}$$

ここで、

ϕ : ボルト内力係数(-)

計算条件と計算結果を(□)-第 A.46 表に示す。

(□)-第 A.46 表 ボルトに生じる引張応力計算条件及び計算結果

項目	初期締付力、熱応力、 胴内圧及び蓋間圧力 により生じる引張応 力: σ_{t1} (MPa)	ボルト 内力係数 : ϕ (-)	慣性力により 生じる 引張応力 : σ_{t2} (MPa)	ボルトに 生じる 引張応力 : σ_t (MPa)	解析基準値 : S_y (MPa)	余裕率 (-)
数値			44	214	848	2.96

2. 三次蓋ボルト

頭部コーナー落下時に、三次蓋ボルトには、三次蓋自重及び蓋間圧力による引張応力が生じる。ここで、初期締付トルク、熱応力及び蓋間圧力によってボルト引張力とフランジ部とは釣合った状態になっているが、コーナー落下時、三次蓋ボルトには三次蓋自重の慣性力が外力としてボルトに加わる。

(1) 初期締付力、熱応力及び蓋間圧力により生じる引張応力

初期締付力、熱応力及び蓋間圧力により三次蓋ボルトに生じる引張応力 σ_{t1} (MPa) は、(□)-第 A.17 表より 229 MPa である。

(2) 慣性力により生じる引張応力

慣性力によりボルトに生じる引張応力 σ_{t2} (MPa) は、 W を三次蓋の質量として二次蓋と同様に求める。

計算条件と計算結果を(□)-第 A.47 表に示す。

(□)-第 A.47 表 慣性力によりボルトに生じる引張応力計算条件及び計算結果

項目	三次蓋の 質量: W (kg)	衝撃加速度 : G_c (m/s ²)	落下角度 : θ (°)	ボルト軸径 : d (mm)	ボルトの数 : n (本)	引張応力 : σ_{t2} (MPa)
数値	3.3×10^3	480	28.6			47

(□)-A-148

(3) ボルトに生じる引張応力

各荷重によりボルトに生じる引張応力 σ_t (MPa) の合計は、次式で与えられる。

$$\sigma_t = \sigma_{t1} + \phi \sigma_{t2}$$

ここで、

ϕ : ボルト内力係数(-)

計算条件と計算結果を(□)-第 A.46 表に示す。

(□)-第 A.46 表 ボルトに生じる引張応力計算条件及び計算結果

項目	初期締付力、熱応力、 胴内圧及び蓋間圧力 により生じる引張応 力: σ_{t1} (MPa)	ボルト 内力係数 : ϕ (-)	慣性力により 生じる 引張応力 : σ_{t2} (MPa)	ボルトに 生じる 引張応力 : σ_t (MPa)	解析基準値 : S_y (MPa)	余裕率 (-)
数値			44	214	848	2.96

2. 三次蓋ボルト

頭部コーナー落下時に、三次蓋ボルトには、三次蓋自重及び蓋間圧力による引張応力が生じる。ここで、初期締付トルク、熱応力及び蓋間圧力によってボルト引張力とフランジ部とは釣合った状態になっているが、コーナー落下時、三次蓋ボルトには三次蓋自重の慣性力が外力としてボルトに加わる。

(1) 初期締付力、熱応力及び蓋間圧力により生じる引張応力

初期締付力、熱応力及び蓋間圧力により三次蓋ボルトに生じる引張応力 σ_{t1} (MPa) は、(□)-第 A.17 表より 229 MPa である。

(2) 慣性力により生じる引張応力

慣性力によりボルトに生じる引張応力 σ_{t2} (MPa) は、 W を三次蓋の質量として二次蓋と同様に求める。

計算条件と計算結果を(□)-第 A.47 表に示す。

(□)-第 A.47 表 慣性力によりボルトに生じる引張応力計算条件及び計算結果

項目	三次蓋の 質量: W (kg)	衝撃加速度 : G_c (m/s ²)	落下角度 : θ (°)	ボルト軸径 : d (mm)	ボルトの数 : n (本)	引張応力 : σ_{t2} (MPa)
数値	3.3×10^3	480	28.6			47

(□)-A-148

(3) ボルトに生じる引張応力

各荷重によりボルトに生じる引張応力 σ_t (MPa) の合計は、二次蓋と同様に求める。
計算条件と計算結果を(ロ)-第 A.48 表に示す。

(ロ)-第 A.48 表 ボルトに生じる引張応力計算条件及び計算結果

項目	初期締付力、熱応力 及び蓋間圧力により 生じる引張応力 : σ_{t1} (MPa)	ボルト 内力係数 : ϕ (-)	慣性力により 生じる 引張応力 : σ_{t2} (MPa)	ボルトに 生じる 引張応力 : σ_t (MPa)	解析基準値 : S_y (MPa)	余裕率 (-)
数値			47	236	848	2.59

A.6.1.4 傾斜落下

傾斜落下については、落下方向がコーナー落下と垂直落下との間の場合とコーナー落下と水平落下との間の場合がある。

前者の場合は、落下エネルギーの一部が輸送物を垂直方向に回転させるのに費やされるので、エネルギーの吸収は垂直落下とコーナー落下よりも小さくなり、これらのいずれよりも条件が厳しくなることはない。

一方、後者の場合、細長い輸送物では落下エネルギーの一部が輸送物の回転運動エネルギーとなり二次衝撃側の吸収エネルギーが増加する。特に、蓋密封部が二次衝撃側となる場合、密封性能を損なうおそれがあるため、二次衝撃側の衝撃加速度の影響を評価する必要がある。A.10.3 に示すように、落下試験結果を基にした密封性能の評価の結果、傾斜落下時に輸送物の健全性が損なわれることはない。

(ロ)-A-149

(3) ボルトに生じる引張応力

各荷重によりボルトに生じる引張応力 σ_t (MPa) の合計は、二次蓋と同様に求める。
計算条件と計算結果を(ロ)-第 A.48 表に示す。

(ロ)-第 A.48 表 ボルトに生じる引張応力計算条件及び計算結果

項目	初期締付力、熱応力 及び蓋間圧力により 生じる引張応力 : σ_{t1} (MPa)	ボルト 内力係数 : ϕ (-)	慣性力により 生じる 引張応力 : σ_{t2} (MPa)	ボルトに 生じる 引張応力 : σ_t (MPa)	解析基準値 : S_y (MPa)	余裕率 (-)
数値			47	236	848	2.59

A.6.1.4 傾斜落下

傾斜落下については、落下方向がコーナー落下と垂直落下との間の場合とコーナー落下と水平落下との間の場合がある。

前者の場合は、落下エネルギーの一部が輸送物を垂直方向に回転させるのに費やされるので、エネルギーの吸収は垂直落下とコーナー落下よりも小さくなり、これらのいずれよりも条件が厳しくなることはない。

一方、後者の場合、細長い輸送物では落下エネルギーの一部が輸送物の回転運動エネルギーとなり二次衝撃側の吸収エネルギーが増加する。特に、蓋密封部が二次衝撃側となる場合、密封性能を損なうおそれがあるため、二次衝撃側の衝撃加速度の影響を評価する必要がある。A.10.3 に示すように、落下試験結果を基にした密封性能の評価の結果、傾斜落下時に輸送物の健全性が損なわれることはない。

(ロ)-A-149

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.6.1.5 結果の要約</p> <p>1. 結果の要約</p> <p>9 m 落下試験の衝撃加速度と緩衝体変形量の要約は(□)-第 A.37 表のとおりである。なお、緩衝体変形量は設計基準変形量以下であり、容器本体に発生する衝撃加速度が急激に上昇することはない。</p> <p>また、本試験では、緩衝体は変形するが、緩衝体は容器本体からはずれることはない。</p> <p>2. 結果の検討</p> <p>9 m 落下試験による塑性変形は、緩衝体に生じるが、容器本体及びバスケットの構造上の健全性が損なわれることはない。</p> <p>以上の解析及び評価は周囲温度 38 °C の高温側の環境下に対して行った。低温側の環境下に対しては、A.4.2 に示すように低温になっても材料は脆化等がなく、機械的性質が低下することがないので、輸送物の構造上の健全性は維持される。</p> <p>A.6.2 強度試験・落下試験Ⅱ (1 m 落下時)</p> <p>本項では、9 m 落下試験に引き続いて 1 m 貫通試験が起こるとして輸送物が 1 m 高さから直径 150 mm の軟鋼棒へ落下した場合に対して、輸送物の構造の健全性を解析によって示す。</p> <p>1 m 貫通試験は、輸送物が最大破損をうけるよう垂直及び水平方向に落下し、衝突時に輸送物の重心の真下に軟鋼棒があるとして解析した。</p> <p>これ以外の落下は、落下エネルギーが回転モーメントとして作用するので輸送物に対して上記落下より大きな破損を生じることはない。</p> <p>解析は垂直方向落下において蓋部及び底部について行う。また、水平方向落下においては胴について行う。</p> <p>なお、三次蓋のリリーフバルブカバープレート上への垂直方向落下、及び三次蓋シール部への垂直方向落下又は水平方向落下では、過大な圧縮力により塑性変形が生じ、O リングと三次蓋又は胴フランジのシール面との間に生じた隙間が原因で密封性能を損なう恐れがあるが、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の緩衝体は、A.10.1 に示すとおり当該部への直接的な荷重入力を防止するために緩衝体内部のカバープレートの剛性を高める設計としており、1m 貫通試験で密封性能が維持されることを確認している。MSF-24P(□)型の緩衝体は落下試験モデルと同じ構造であり、かつ、A.10.3 に示すとおり MSF-24P(□)型は落下試験モデルに比べ高い密封性能を有しているため、密封性能が損なわれることはない。</p> <p>(□)-A-150</p>	<p>A.6.1.5 結果の要約</p> <p>1. 結果の要約</p> <p>9 m 落下試験の衝撃加速度と緩衝体変形量の要約は(□)-第 A.37 表のとおりである。なお、緩衝体変形量は設計基準変形量以下であり、容器本体に発生する衝撃加速度が急激に上昇することはない。</p> <p>また、本試験では、緩衝体は変形するが、緩衝体は容器本体からはずれることはない。</p> <p>2. 結果の検討</p> <p>9 m 落下試験による塑性変形は、緩衝体に生じるが、容器本体及びバスケットの構造上の健全性が損なわれることはない。</p> <p>以上の解析及び評価は周囲温度 38 °C の高温側の環境下に対して行った。低温側の環境下に対しては、A.4.2 に示すように低温になっても材料は脆化等がなく、機械的性質が低下することがないので、輸送物の構造上の健全性は維持される。</p> <p>A.6.2 強度試験・落下試験Ⅱ (1 m 落下時)</p> <p>本項では、9 m 落下試験に引き続いて 1 m 貫通試験が起こるとして輸送物が 1 m 高さから直径 150 mm の軟鋼棒へ落下した場合に対して、輸送物の構造の健全性を解析によって示す。</p> <p>1 m 貫通試験は、輸送物が最大破損をうけるよう垂直及び水平方向に落下し、衝突時に輸送物の重心の真下に軟鋼棒があるとして解析した。</p> <p>これ以外の落下は、落下エネルギーが回転モーメントとして作用するので輸送物に対して上記落下より大きな破損を生じることはない。</p> <p>解析は垂直方向落下において蓋部及び底部について行う。また、水平方向落下においては胴について行う。</p> <p>なお、三次蓋のリリーフバルブカバープレート上への垂直方向落下、及び三次蓋シール部への垂直方向落下又は水平方向落下では、過大な圧縮力により塑性変形が生じ、O リングと三次蓋又は胴フランジのシール面との間に生じた隙間が原因で密封性能を損なう恐れがあるが、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の緩衝体は、A.10.1 に示すとおり当該部への直接的な荷重入力を防止するために緩衝体内部のカバープレートの剛性を高める設計としており、1m 貫通試験で密封性能が維持されることを確認している。MSF-24P 型の緩衝体は落下試験モデルと同じ構造であり、かつ、A.10.3 に示すとおり MSF-24P 型は落下試験モデルに比べ高い密封性能を有しているため、密封性能が損なわれることはない。</p> <p>(□)-A-150</p>	<p>備考</p> <p>名称（型式）の差異</p>

1. 垂直落下

(1) 蓋部の貫通強度

蓋部については、三次蓋が貫通しないことを示す。

落下時に軟鋼棒が圧潰することにより輸送容器に加わる最大荷重 F_{bar} (N) は以下のとおり求められる。

$$F_{bar} = \sigma_u A$$

ここで、

σ_u : 軟鋼棒の設計引張強さ (MPa)

A : 軟鋼棒の断面積 (mm²)

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

d : 軟鋼棒の直径 (mm)

計算条件と計算結果を(ロ)-第 A.49 表に示す。

(ロ)-第 A.49 表 輸送容器に加わる最大荷重計算条件及び計算結果

項目	軟鋼棒直径 : d (mm)	軟鋼棒の設計引張強さ : σ_u (MPa)	最大荷重 : F_{bar} (N)
数値	150	400	7.068×10^6

押抜きせん断によって板にせん断破壊を引き起すのに必要な力 F(N) は、次式で表わされる。

$$F = \pi dtS$$

ここで、

d : 軟鋼棒直径 (mm)

t : 板厚 (mm)

S : せん断強さ (MPa)

計算条件と計算結果を(ロ)-第 A.50 表に示す。三次蓋が貫通されることはない。したがって、これらに覆われる二次蓋、これに付属するモニタリングポートカバープレート、二次蓋に覆われる一次蓋及びバルブカバープレートは貫通されることなく健全性は担保される。また、三次蓋は胴フランジ部に押付けられ、Oリング取り付け位置での口開きは生じない。

(ロ)-A-151

1. 垂直落下

(1) 蓋部の貫通強度

蓋部については、三次蓋が貫通しないことを示す。

落下時に軟鋼棒が圧潰することにより輸送容器に加わる最大荷重 F_{bar} (N) は以下のとおり求められる。

$$F_{bar} = \sigma_u A$$

ここで、

σ_u : 軟鋼棒の設計引張強さ (MPa)

A : 軟鋼棒の断面積 (mm²)

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

d : 軟鋼棒の直径 (mm)

計算条件と計算結果を(ロ)-第 A.49 表に示す。

(ロ)-第 A.49 表 輸送容器に加わる最大荷重計算条件及び計算結果

項目	軟鋼棒直径 : d (mm)	軟鋼棒の設計引張強さ : σ_u (MPa)	最大荷重 : F_{bar} (N)
数値	150	400	7.068×10^6

押抜きせん断によって板にせん断破壊を引き起すのに必要な力 F(N) は、次式で表わされる。

$$F = \pi dtS$$

ここで、

d : 軟鋼棒直径 (mm)

t : 板厚 (mm)

S : せん断強さ (MPa)

計算条件と計算結果を(ロ)-第 A.50 表に示す。三次蓋が貫通されることはない。したがって、これらに覆われる二次蓋、これに付属するモニタリングポートカバープレート、二次蓋に覆われる一次蓋及びバルブカバープレートは貫通されることなく健全性は担保される。また、三次蓋は胴フランジ部に押付けられ、Oリング取り付け位置での口開きは生じない。

(ロ)-A-151

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.50 表 せん断破壊を引き起こすのに必要な力の計算条件及び計算結果

項目	軟鋼棒直径 : d (mm)	板厚 : t (mm)	せん断強さ : S (MPa)	せん断破壊に 必要な力 : F (N)	最大荷重 : F _{bar} (N)	余裕率 (-)
数値	150	□ (注1)	□ (注2)	1.323×10 ⁷	7.068×10 ⁸	0.87

(注1)

(注2)せん断強さはせん断ひずみエネルギー説に基づき設計引張強さ S_dの1/√3とする。ここで、(ロ)-第 A.2 図及び(ロ)-第 A.3 図より上部緩衝体カバープレートの材料 □ の □ MPa であるので、低い方の設計引張強さ □ MPa を使用し、せん断強さ S は、S = □ MPa となる。

(2) 底部（底部中性子遮蔽材カバー）の貫通強度

底部については底部中性子遮蔽材カバーが貫通しないことを蓋部と同様に示す。
計算条件と計算結果を(ロ)-第 A.51 表に示す。底部（底部中性子遮蔽材カバー）が貫通されることはない。

(ロ)-第 A.51 表 せん断破壊を引き起こすのに必要な力の計算条件及び計算結果

項目	軟鋼棒直径 : d (mm)	板厚 : t (mm)	せん断強さ : S (MPa)	せん断破壊に 必要な力 : F (N)	最大荷重 : F _{bar} (N)	余裕率 (-)
数値	150	□ (注1)	□ (注2)	7.596×10 ⁶	7.068×10 ⁸	0.07

(注1)

(注2)

(ロ)-A-152

(ロ)-第 A.50 表 せん断破壊を引き起こすのに必要な力の計算条件及び計算結果

項目	軟鋼棒直径 : d (mm)	板厚 : t (mm)	せん断強さ : S (MPa)	せん断破壊に 必要な力 : F (N)	最大荷重 : F _{bar} (N)	余裕率 (-)
数値	150	□ (注1)	□ (注2)	1.323×10 ⁷	7.068×10 ⁸	0.87

(注1)

(注2)せん断強さはせん断ひずみエネルギー説に基づき設計引張強さ S_dの1/√3とする。ここで、(ロ)-第 A.2 図及び(ロ)-第 A.3 図より上部緩衝体カバープレートの材料 □ の □ MPa であるので、低い方の設計引張強さ □ MPa を使用し、せん断強さ S は、S = □ MPa となる。

(2) 底部（底部中性子遮蔽材カバー）の貫通強度

底部については底部中性子遮蔽材カバーが貫通しないことを蓋部と同様に示す。
計算条件と計算結果を(ロ)-第 A.51 表に示す。底部（底部中性子遮蔽材カバー）が貫通されることはない。

(ロ)-第 A.51 表 せん断破壊を引き起こすのに必要な力の計算条件及び計算結果

項目	軟鋼棒直径 : d (mm)	板厚 : t (mm)	せん断強さ : S (MPa)	せん断破壊に 必要な力 : F (N)	最大荷重 : F _{bar} (N)	余裕率 (-)
数値	150	□ (注1)	□ (注2)	7.596×10 ⁶	7.068×10 ⁸	0.07

(注1)

(注2)

(ロ)-A-152

2. 水平落下

(1) 胴の貫通強度

水平落下の場合、軟鋼棒には外筒が衝突して変形し、破損する可能性がある。したがって、水平落下では胴に対して検討する。

押抜きせん断によって胴がせん断破壊を引き起こすのに必要な力 $F(N)$ は、1. の(1)と同様の式で与えられる。計算条件と計算結果を(ロ)-第 A.52 表に示す。胴が貫通されることはない。

(ロ)-第 A.52 表 せん断破壊を引き起こすのに必要な力の計算条件及び計算結果

項目	軟鋼棒直径 : $d(mm)$	板厚 : $t(mm)$	せん断強さ : $S(MPa)$	せん断破壊に 必要な力 : $F(N)$	最大荷重 : $F_{bar}(N)$	余裕率 (-)
数値	150	□	□注1)	2.403×10^7	7.068×10^8	2.39

(注1) □であるので、せん断強さ S は、
 $S = \square MPa$ となる。

A.6.2.1 結果の要約

1 m 貫通試験においては緩衝体、外筒及び中性子遮蔽材に貫通又は変形が生じるおそれがあるが、容器本体に破損が生じることはない。

以上の解析及び評価は周囲温度 38 °C の高温側の環境下に対して行った。低温側の環境下に対しては、A.4.2 に示すように低温になっても材料は脆化等がなく、機械的性質が低下することがないので、輸送物の構造上の健全性に問題はない。

(ロ)-A-153

2. 水平落下

(1) 胴の貫通強度

水平落下の場合、軟鋼棒には外筒が衝突して変形し、破損する可能性がある。したがって、水平落下では胴に対して検討する。

押抜きせん断によって胴がせん断破壊を引き起こすのに必要な力 $F(N)$ は、1. の(1)と同様の式で与えられる。計算条件と計算結果を(ロ)-第 A.52 表に示す。胴が貫通されることはない。

(ロ)-第 A.52 表 せん断破壊を引き起こすのに必要な力の計算条件及び計算結果

項目	軟鋼棒直径 : $d(mm)$	板厚 : $t(mm)$	せん断強さ : $S(MPa)$	せん断破壊に 必要な力 : $F(N)$	最大荷重 : $F_{bar}(N)$	余裕率 (-)
数値	150	□	□注1)	2.403×10^7	7.068×10^8	2.39

(注1) □であるので、せん断強さ S は、
 $S = \square MPa$ となる。

A.6.2.1 結果の要約

1 m 貫通試験においては緩衝体、外筒及び中性子遮蔽材に貫通又は変形が生じるおそれがあるが、容器本体に破損が生じることはない。

以上の解析及び評価は周囲温度 38 °C の高温側の環境下に対して行った。低温側の環境下に対しては、A.4.2 に示すように低温になっても材料は脆化等がなく、機械的性質が低下することがないので、輸送物の構造上の健全性に問題はない。

(ロ)-A-153

A.6.3 熱的試験

A.6.3.1 温度及び圧力の要約

1. 温度

輸送物各部の最高温度は(ロ)章 B の熱解析から求まる。各部位の最高温度と解析基準値を定める温度を(ロ)-第 A.53 表に示す。

(ロ)-第 A.53 表 特別の試験条件における最高温度の要約

(単位:℃)

部位	熱解析結果		解析基準値 設定温度
	17×17燃料 収納時	15×15燃料 収納時	
胴 (本体部)	206	206	
胴 (フランジ部)	224	224	
胴 (底板)	175	175	
二次蓋	137	137	
三次蓋	186	186	
二次蓋ボルト	137	137	
三次蓋ボルト	153	153	
外筒	714	714	
下部端板	655	655	
底部中性子遮蔽材カバー	161	161	

(ロ)-A-154

A.6.3 熱的試験

A.6.3.1 温度及び圧力の要約

1. 温度

輸送物各部の最高温度は(ロ)章 B の熱解析から求まる。各部位の最高温度と解析基準値を定める温度を(ロ)-第 A.53 表に示す。

(ロ)-第 A.53 表 特別の試験条件における最高温度の要約

(単位:℃)

部位	熱解析結果	解析基準値設定温度
胴 (本体部)	206	
胴 (フランジ部)	224	
胴 (底板)	175	
二次蓋	137	
三次蓋	186	
二次蓋ボルト	137	
三次蓋ボルト	153	
外筒	714	
下部端板	655	
底部中性子遮蔽材カバー	161	

(ロ)-A-154

15×15 燃料追加に伴う記載の追加

2. 圧力

(ロ)章 B の熱解析から求まる特別の試験条件における輸送容器各部の圧力及び構造解析で使用する圧力を(ロ)-第 A.54 表に示す。

(ロ)-第 A.54 表 特別の試験条件の熱解析の要約と評価

項目	熱解析結果	構造解析使用圧力	圧力設定方法
胴内圧	0.307 MPa (0.206 MPa G)	0.351325 MPa (0.25 MPa G)	内外圧力差が最大となるように熱解析結果に余裕を取った値を使用
一二次蓋間圧力	0.420 MPa (0.319 MPa G)	0.441325 MPa (0.34 MPa G)	内外圧力差が最大となるように熱解析結果に余裕を取った値を使用
二三次蓋間圧力	0.272 MPa (0.171 MPa G)	0.371325 MPa (0.27 MPa G)	三次蓋に対して安全側となるように熱解析結果(二三次蓋間圧力)に余裕を取った値を使用

なお、蓋部中性子遮蔽材充填空間については、当該空間の水の存在による圧力上昇を考慮して、 MPa G MPa) とする。

側部中性子遮蔽材充填空間は、外筒部を MPa G MPa)、端板部を MPa G MPa) とする。底部中性子遮蔽材充填空間は、 MPa G MPa) とする。

(ロ)-A-155

2. 圧力

(ロ)章 B の熱解析から求まる特別の試験条件における輸送容器各部の圧力及び構造解析で使用する圧力を(ロ)-第 A.54 表に示す。

(ロ)-第 A.54 表 特別の試験条件の熱解析の要約と評価

項目	熱解析結果	構造解析使用圧力	圧力設定方法
胴内圧	0.307 MPa (0.206 MPa G)	0.351325 MPa (0.25 MPa G)	内外圧力差が最大となるように熱解析結果に余裕を取った値を使用
一二次蓋間圧力	0.420 MPa (0.319 MPa G)	0.441325 MPa (0.34 MPa G)	内外圧力差が最大となるように熱解析結果に余裕を取った値を使用
二三次蓋間圧力	0.272 MPa (0.171 MPa G)	0.371325 MPa (0.27 MPa G)	三次蓋に対して安全側となるように熱解析結果(二三次蓋間圧力)に余裕を取った値を使用

なお、蓋部中性子遮蔽材充填空間については、当該空間の水の存在による圧力上昇を考慮して、 MPa G MPa) とする。

側部中性子遮蔽材充填空間は、外筒部を MPa G MPa)、端板部を MPa G MPa) とする。底部中性子遮蔽材充填空間は、 MPa G MPa) とする。

(ロ)-A-155

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.6.3.2 熱膨張</p> <p>1. 応力計算</p> <p>本項では、特別の試験条件下における容器本体各部の熱応力と胴内圧による応力の計算を行う。B.5.3 に示す温度分布と胴内圧を荷重条件とし、解析は有限要素法による ABAQUS コードを用いて行う。</p> <p>(1) 解析モデル</p> <p>A.5.1.3 と同様に、三次元有限要素を用いた (p)-第 A.16 図に示す三次元 180° 対称モデルを用いる。</p> <p>(2) 荷重条件及び境界条件</p> <p>a. 荷重条件</p> <p>B.5.3 に示される容器本体の温度差が一番大きくなる火災後 30 分における温度分布 ((p)-第 B.12 図参照)、胴内圧 (0.25 MPa G)、一二次蓋間圧力 (0.34 MPa G)、二三次蓋間圧力 (0.27 MPa G) を荷重条件とする。</p> <p>蓋部中性子遮蔽材充填空間は、当該空間の水の存在による圧力上昇を考慮して、<input type="text"/> MPa G とする。</p> <p>側部中性子遮蔽材充填空間は、外筒部を <input type="text"/> MPa G、端板部を <input type="text"/> MPa G、底部中性子遮蔽材充填空間は、<input type="text"/> MPa G とする。</p> <p>b. 境界条件</p> <p>(p)-第 A.43 図に示すように、底部の 1 箇所の軸方向変位及び対称面の法線方向変位を拘束し、他は変位自由とする。</p> <p>(p)-A-156</p>	<p>A.6.3.2 熱膨張</p> <p>1. 応力計算</p> <p>本項では、特別の試験条件下における容器本体各部の熱応力と胴内圧による応力の計算を行う。B.5.3 に示す温度分布と胴内圧を荷重条件とし、解析は有限要素法による ABAQUS コードを用いて行う。</p> <p>(1) 解析モデル</p> <p>A.5.1.3 と同様に、三次元有限要素を用いた (p)-第 A.16 図に示す三次元 180° 対称モデルを用いる。</p> <p>(2) 荷重条件及び境界条件</p> <p>a. 荷重条件</p> <p>B.5.3 に示される容器本体の温度差が一番大きくなる火災後 30 分における温度分布 ((p)-第 B.12 図参照)、胴内圧 (0.25 MPa G)、一二次蓋間圧力 (0.34 MPa G)、二三次蓋間圧力 (0.27 MPa G) を荷重条件とする。</p> <p>蓋部中性子遮蔽材充填空間は、当該空間の水の存在による圧力上昇を考慮して、<input type="text"/> MPa G とする。</p> <p>側部中性子遮蔽材充填空間は、外筒部を <input type="text"/> MPa G、端板部を <input type="text"/> MPa G、底部中性子遮蔽材充填空間は、<input type="text"/> MPa G とする。</p> <p>b. 境界条件</p> <p>(p)-第 A.43 図に示すように、底部の 1 箇所の軸方向変位及び対称面の法線方向変位を拘束し、他は変位自由とする。</p> <p>(p)-A-156</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="305 401 679 1446" style="border: 1px solid black; width: 126px; height: 498px; margin-bottom: 10px;"></div> <div data-bbox="736 680 1166 1119"> <p>P_i : 胴内圧 (0.25 MPa G)</p> <p>P_{ii} : 一二次蓋間圧力 (0.34 MPa G)</p> <p>P_{iii} : 二三次蓋間圧力 (0.27 MPa G)</p> <p>P_{er} : 側部中性子遮蔽材部 (外筒側面) 圧力 <input type="text"/> MPa G)</p> <p>P_{er} : 側部中性子遮蔽材部 (端板面) 圧力 <input type="text"/> MPa G)</p> <p>P_{tr} : 蓋部中性子遮蔽材部圧力 <input type="text"/> MPa G)</p> <p>P_{br} : 底部中性子遮蔽材部圧力 <input type="text"/> MPa G)</p> <p>P_{bi} : 一次蓋ボルト初期締付力 <input type="text"/> MPa)</p> <p>P_{bii} : 二次蓋ボルト初期締付力 <input type="text"/> MPa)</p> <p>P_{biii} : 三次蓋ボルト初期締付力 <input type="text"/> MPa)</p> </div> <div data-bbox="762 1127 1190 1440" style="border: 1px solid black; width: 144px; height: 149px; margin-bottom: 10px;"></div> <p data-bbox="810 1442 1148 1465">(ボルト初期締付力：一次蓋ボルトの例)</p> <p data-bbox="439 1503 1101 1526">(□)-第 A.43 図 特別の試験条件の熱的試験における荷重条件及び境界条件</p> <p data-bbox="721 1749 819 1772">(□)-A-157</p>	<div data-bbox="1555 401 1929 1446" style="border: 1px solid black; width: 126px; height: 498px; margin-bottom: 10px;"></div> <div data-bbox="1985 680 2415 1119"> <p>P_i : 胴内圧 (0.25 MPa G)</p> <p>P_{ii} : 一二次蓋間圧力 (0.34 MPa G)</p> <p>P_{iii} : 二三次蓋間圧力 (0.27 MPa G)</p> <p>P_{er} : 側部中性子遮蔽材部 (外筒側面) 圧力 <input type="text"/> MPa G)</p> <p>P_{er} : 側部中性子遮蔽材部 (端板面) 圧力 <input type="text"/> MPa G)</p> <p>P_{tr} : 蓋部中性子遮蔽材部圧力 <input type="text"/> MPa G)</p> <p>P_{br} : 底部中性子遮蔽材部圧力 <input type="text"/> MPa G)</p> <p>P_{bi} : 一次蓋ボルト初期締付力 <input type="text"/> MPa)</p> <p>P_{bii} : 二次蓋ボルト初期締付力 <input type="text"/> MPa)</p> <p>P_{biii} : 三次蓋ボルト初期締付力 <input type="text"/> MPa)</p> </div> <div data-bbox="2012 1127 2439 1440" style="border: 1px solid black; width: 144px; height: 149px; margin-bottom: 10px;"></div> <p data-bbox="2059 1442 2398 1465">(ボルト初期締付力：一次蓋ボルトの例)</p> <p data-bbox="1682 1503 2344 1526">(□)-第 A.43 図 特別の試験条件の熱的試験における荷重条件及び境界条件</p> <p data-bbox="1964 1749 2062 1772">(□)-A-157</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.6.3.3 許容応力との比較</p> <p>1. 容器本体各部</p> <p>(a)-第 A.30 図に示す容器本体の主要な評価位置における一次応力及び蓋ボルトの応力の評価結果を(a)-第 A.55 表に示す。表に示すように、いずれの応力も A.1.2 に定めた解析基準値以下である。</p> <p>なお、三次蓋ボルトは三次蓋と異なる材質のため、運搬中に予想される-20℃～38℃の周囲温度の変化により軸力が変化する。仮に周囲温度-20℃で三次蓋ボルトを締め付けた後、特別の試験条件下に置かれた場合は、ステンレス鋼製の三次蓋と合金鋼製の三次蓋ボルトの熱膨張係数の差により三次蓋ボルトの軸力が約 5%増加するものの余裕率が 0.05 以上あるため、また周囲温度 38℃で締め付けた後、特別の試験条件下に置かれた場合には、軸力が約 2%低下するものの Oリングを締め付けるために必要な軸力を維持しているため、三次蓋ボルトにゆりみや破損を生じることはない。一方、一次蓋ボルトと二次蓋ボルトは、それぞれ一次蓋と二次蓋との温度の差及び熱膨張係数の差が小さいため、軸力の変化は三次蓋ボルトに比べ軽微であることから、ゆりみや破損を生じることはない。</p> <p>また、三次蓋とキャスク本体の Oリング取り付け位置での相対口開き変形量は 0.32 mm であり、Oリングの初期締め付け代 <input type="text" value="0.1"/> mm より小さく、密封性が損なわれることはない。</p> <p style="text-align: center;">(a)-A-158</p>	<p>A.6.3.3 許容応力との比較</p> <p>1. 容器本体各部</p> <p>(a)-第 A.30 図に示す容器本体の主要な評価位置における一次応力及び蓋ボルトの応力の評価結果を(a)-第 A.55 表に示す。表に示すように、いずれの応力も A.1.2 に定めた解析基準値以下である。</p> <p>なお、三次蓋ボルトは三次蓋と異なる材質のため、運搬中に予想される-20℃～38℃の周囲温度の変化により軸力が変化する。仮に周囲温度-20℃で三次蓋ボルトを締め付けた後、特別の試験条件下に置かれた場合は、ステンレス鋼製の三次蓋と合金鋼製の三次蓋ボルトの熱膨張係数の差により三次蓋ボルトの軸力が約 5%増加するものの余裕率が 0.05 以上あるため、また周囲温度 38℃で締め付けた後、特別の試験条件下に置かれた場合には、軸力が約 2%低下するものの Oリングを締め付けるために必要な軸力を維持しているため、三次蓋ボルトにゆりみや破損を生じることはない。一方、一次蓋ボルトと二次蓋ボルトは、それぞれ一次蓋と二次蓋との温度の差及び熱膨張係数の差が小さいため、軸力の変化は三次蓋ボルトに比べ軽微であることから、ゆりみや破損を生じることはない。</p> <p>また、三次蓋とキャスク本体の Oリング取り付け位置での相対口開き変形量は 0.32 mm であり、Oリングの初期締め付け代 <input type="text" value="0.1"/> mm より小さく、密封性が損なわれることはない。</p> <p style="text-align: center;">(a)-A-158</p>	

(ロ)-第 A.55 表 特別の試験条件における胴内圧による容器本体に対する

二次応力及び蓋ボルトの評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
二次蓋	③	P _m P _L +P _b	—	2	[]	251	124
			内	8		377	46.1
	外	9	40.8				
④	P _L	—	4	377		93.2	
三次蓋	⑤	P _m P _L +P _b	—	6		251	40.8
			内	28		377	12.4
	外	26	13.5				
	⑥	P _L	—	8		377	46.1
胴	⑦	P _L	—	2		377	187
	⑧	P _m P _L +P _b	—	1		251	250
			内	1		377	376
	外	1	376				
	⑨-1	P _L	—	2		377	187
⑨-2	P _L	—	2	187			
胴 (底板)	⑩	P _m P _L +P _b	—	1	251	250	
			内	2	377	187	
	外	3	124				
⑪	P _L	—	1	377	376		
外筒	⑫	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	11	124	10.2	
			—	—	124	—	
			—	8	72	8.00	
			—	34	124	2.64	
	⑬	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	21	124	4.90	
			—	1	124	123	
			—	1	72	71.0	
			—	2	124	61.0	
	⑭	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	6	124	19.6	
			—	1	124	123	
			—	8	72	8.00	
			—	35	124	2.54	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) P_m : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注3) 断面③~④及び⑦~⑩の P_m に対する基準値は 2/3S_m、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は S₀ である。

断面⑤及び⑥の P_m に対する基準値は MIN[2.4S_m, 2/3S₀]、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は MIN[3.6S_m, S₀] である。断面⑫~⑭に示す引張応力に対する基準値は 1.5f_t、圧縮応力に対する基準値は 1.5f_c、せん断応力に対する基準値は 1.5f_s、曲げ応力に対する基準値は 1.5f_b である。

(ロ)-A-159

(ロ)-第 A.55 表 特別の試験条件における胴内圧による容器本体に対する

二次応力及び蓋ボルトの評価 (1/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
二次蓋	③	P _m P _L +P _b	—	2	[]	251	124
			内	8		377	46.1
	外	9	40.8				
④	P _L	—	4	377		93.2	
三次蓋	⑤	P _m P _L +P _b	—	6		251	40.8
			内	28		377	12.4
	外	26	13.5				
	⑥	P _L	—	8		377	46.1
胴	⑦	P _L	—	2		377	187
	⑧	P _m P _L +P _b	—	1		251	250
			内	1		377	376
	外	1	376				
	⑨-1	P _L	—	2		377	187
⑨-2	P _L	—	2	187			
胴 (底板)	⑩	P _m P _L +P _b	—	1	251	250	
			内	2	377	187	
	外	3	124				
⑪	P _L	—	1	377	376		
外筒	⑫	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	11	124	10.2	
			—	—	124	—	
			—	8	72	8.00	
			—	34	124	2.64	
	⑬	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	21	124	4.90	
			—	1	124	123	
			—	1	72	71.0	
			—	2	124	61.0	
	⑭	引張 圧縮 せん断 曲げ	—	6	124	19.6	
			—	1	124	123	
			—	8	72	8.00	
			—	35	124	2.54	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) P_m : 一次一般膜応力、P_L : 一次局部膜応力、P_b : 一次曲げ応力

(注3) 断面③~④及び⑦~⑩の P_m に対する基準値は 2/3S_m、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は S₀ である。

断面⑤及び⑥の P_m に対する基準値は MIN[2.4S_m, 2/3S₀]、P_L 及び P_L+P_b に対する基準値は MIN[3.6S_m, S₀] である。断面⑫~⑭に示す引張応力に対する基準値は 1.5f_t、圧縮応力に対する基準値は 1.5f_c、せん断応力に対する基準値は 1.5f_s、曲げ応力に対する基準値は 1.5f_b である。

(ロ)-A-159

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.55 表 特別の試験条件における胴内圧による容器本体に対する

一次応力及び蓋ボルトの評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は 応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
下部端板	⑮	引張	—	2	[Redacted]	144	71.0
		圧縮	—	1		144	143
		せん断	—	3		83	26.6
		曲げ	—	12		144	11.0
底部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	3		201	66.0
		圧縮	—	1		201	200
		せん断	—	6		116	18.3
		曲げ	—	19		201	9.57
	⑰	引張	—	8		201	24.1
		圧縮	—	—		201	—
		せん断	—	11		116	9.54
		曲げ	—	70		201	1.87
二次蓋シール部	⑳	P_L+P_b+Q	内	27	183	5.77	
		P_L+P_b+Q	外	20		8.15	
	㉑	P_L+P_b+Q	内	115		0.51	
		P_L+P_b+Q	外	112		0.55	
二次蓋ボルト	—	σ_m	—	307	833	1.71	
		$\sigma_m+\sigma_b$	—	766	833	0.08	
三次蓋ボルト	—	σ_m	—	391	825	1.10	
		$\sigma_m+\sigma_b$	—	669	825	0.23	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) P_m : 一次一般膜応力、 P_L : 一次局部膜応力、 P_b : 一次曲げ応力

Q : 二次応力、 σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力

(注3) 断面⑮、⑯及び⑰における引張応力に対する基準値は $1.5f_t$ 、圧縮応力に対する基準値は $1.5f_c$ 、せん断応力に対する基準値は $1.5f_s$ 、曲げ応力に対する基準値は $1.5f_b$ である。断面⑳及び㉑に対する基準値は S_y である。蓋ボルトの基準値は S_y である。

(ロ)-A-160

(ロ)-第 A.55 表 特別の試験条件における胴内圧による容器本体に対する

一次応力及び蓋ボルトの評価 (2/2)

部位	断面 No. (注1)	応力分類 (注2) 又は 応力の種類	表面	応力強さ 又は 応力 (MPa)	温度 (°C)	解析基準値 (MPa) (注3)	余裕率 (MS)
下部端板	⑮	引張	—	2	[Redacted]	144	71.0
		圧縮	—	1		144	143
		せん断	—	3		83	26.6
		曲げ	—	12		144	11.0
底部中性子遮蔽材カバー	⑯	引張	—	3		201	66.0
		圧縮	—	1		201	200
		せん断	—	6		116	18.3
		曲げ	—	19		201	9.57
	⑰	引張	—	8		201	24.1
		圧縮	—	—		201	—
		せん断	—	11		116	9.54
		曲げ	—	70		201	1.87
二次蓋シール部	⑳	P_L+P_b+Q	内	27	183	5.77	
		P_L+P_b+Q	外	20		8.15	
	㉑	P_L+P_b+Q	内	115		0.51	
		P_L+P_b+Q	外	112		0.55	
二次蓋ボルト	—	σ_m	—	307	833	1.71	
		$\sigma_m+\sigma_b$	—	766	833	0.08	
三次蓋ボルト	—	σ_m	—	391	825	1.10	
		$\sigma_m+\sigma_b$	—	669	825	0.23	

(注1) (ロ)-第 A.30 図参照

(注2) P_m : 一次一般膜応力、 P_L : 一次局部膜応力、 P_b : 一次曲げ応力

Q : 二次応力、 σ_m : 平均引張応力、 σ_b : 曲げ応力

(注3) 断面⑮、⑯及び⑰における引張応力に対する基準値は $1.5f_t$ 、圧縮応力に対する基準値は $1.5f_c$ 、せん断応力に対する基準値は $1.5f_s$ 、曲げ応力に対する基準値は $1.5f_b$ である。断面⑳及び㉑に対する基準値は S_y である。蓋ボルトの基準値は S_y である。

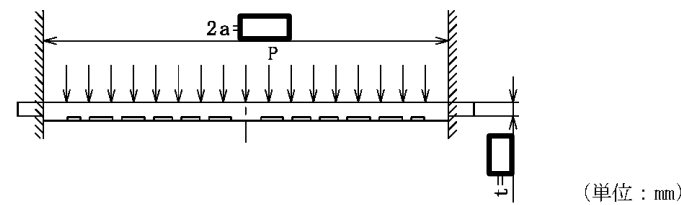
(ロ)-A-160

A.6.4 浸漬

本輸送物の収納物は、最大放射量が A_2 値の 10 万倍を超えるので、A.7 において 200 m 浸漬に相当する水頭圧で解析を行い、胴、底板及び三次蓋に破損のないことを確認している。

特別の試験条件の 15 m 浸漬試験においては、200 m 浸漬試験の負荷条件より厳しくないため密封装置は A.1.2 で定めた基準を満足するが、「規則」及び「告示」に基づいて 15 m 浸漬試験における三次蓋の強度を確認する。

三次蓋の強度解析モデルを (ロ)-第 A.44 図に示す。



(ロ)-第 A.44 図 三次蓋の強度解析モデル図

三次蓋を端部固定の円板としてモデル化すると、その最大曲げ応力 σ_b (MPa) は、次式で与えられる。¹⁵⁾

$$\sigma_b = 0.75 \frac{Pa^2}{t^2}$$

ここで、

a : 円板の半径 (mm)

P : 差圧 (MPa)

t : 板厚 (mm)

計算条件と計算結果を (ロ)-第 A.56 表に示す。三次蓋は、外圧に対して十分な強度を有する。なお、上記の発生応力値は °C における三次蓋の材料の設計降伏点 ($S_y=166$ MPa) より低く、また、外圧は蓋を胴に押し付けるように作用するので蓋 O リングの密封性能は 15 m 浸漬時において保持される。

(ロ)-第 A.56 表 三次蓋の曲げ応力計算条件及び計算結果

項目	円板の半径 : a (mm)	差圧 : P (MPa)	板厚 : t (mm)	最大 曲げ応力 : σ_b (MPa)	三次蓋の 温度 (°C)	基準値 : MIN[3.6 S_u , S_u] (MPa)	余裕率 (-)
数値	<input type="text"/>	0.251325	<input type="text"/>	41	<input type="text"/>	406	8.90

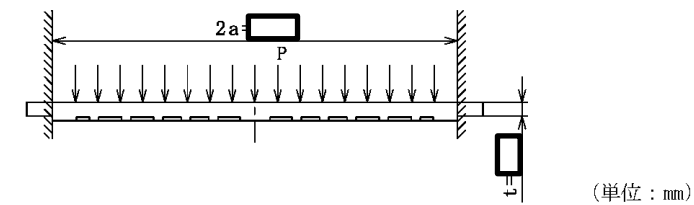
(ロ)-A-161

A.6.4 浸漬

本輸送物の収納物は、最大放射量が A_2 値の 10 万倍を超えるので、A.7 において 200 m 浸漬に相当する水頭圧で解析を行い、胴、底板及び三次蓋に破損のないことを確認している。

特別の試験条件の 15 m 浸漬試験においては、200 m 浸漬試験の負荷条件より厳しくないため密封装置は A.1.2 で定めた基準を満足するが、「規則」及び「告示」に基づいて 15 m 浸漬試験における三次蓋の強度を確認する。

三次蓋の強度解析モデルを (ロ)-第 A.44 図に示す。



(ロ)-第 A.44 図 三次蓋の強度解析モデル図

三次蓋を端部固定の円板としてモデル化すると、その最大曲げ応力 σ_b (MPa) は、次式で与えられる。¹⁵⁾

$$\sigma_b = 0.75 \frac{Pa^2}{t^2}$$

ここで、

a : 円板の半径 (mm)

P : 差圧 (MPa)

t : 板厚 (mm)

計算条件と計算結果を (ロ)-第 A.56 表に示す。三次蓋は、外圧に対して十分な強度を有する。なお、上記の発生応力値は °C における三次蓋の材料の設計降伏点 ($S_y=166$ MPa) より低く、また、外圧は蓋を胴に押し付けるように作用するので蓋 O リングの密封性能は 15 m 浸漬時において保持される。

(ロ)-第 A.56 表 三次蓋の曲げ応力計算条件及び計算結果

項目	円板の半径 : a (mm)	差圧 : P (MPa)	板厚 : t (mm)	最大 曲げ応力 : σ_b (MPa)	三次蓋の 温度 (°C)	基準値 : MIN[3.6 S_u , S_u] (MPa)	余裕率 (-)
数値	<input type="text"/>	0.251325	<input type="text"/>	41	<input type="text"/>	406	8.90

(ロ)-A-161

型式指定申請書 添付書類 13 記載事項

また、外筒及び底部中性子遮蔽材カバーは内部空間にそれぞれ \square MPa G 及び \square MPa G の内圧が生じているが、水深 15m の水圧 (0.15 MPa) が外圧として負荷されることで差圧が緩和されるため、遮蔽解析に影響を及ぼすような破損は生じない。

A.6.5 結果の要約及びその評価

1. 解析結果の要約

特別の試験条件における輸送物に対する評価結果の要約を (p)-第 A.57 表に示す。表に示すように、各試験条件下において輸送物各部は A.1.2 に定めた基準を満足し構造上の健全性が損なわれることはない。

(p)-第 A.57 表 特別の試験条件における構造解析結果の要約 (1/4)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
9 m落下試験				
1. 垂直落下				
(1) 容器本体 (頭部垂直落下)				
二次蓋 (P _L +P _b)	S _u	377	124	2.04
三次蓋 (P _L)	S _u	406	86	3.72
胴 (P _L)	S _u	377	106	2.55
胴 (底板) (P _L +P _b)	S _u	377	13	28.0
外筒 (引張)	1.5f _t	282	99	1.84
外筒 (圧縮)	1.5f _c	282	50	4.64
外筒 (せん断)	1.5f _s	162	45	2.60
外筒 (曲げ)	1.5f _b	282	170	0.65
下部端板 (引張)	1.5f _t	218	3	71.6
下部端板 (圧縮)	1.5f _c	218	1	217
下部端板 (せん断)	1.5f _s	126	8	14.7
下部端板 (曲げ)	1.5f _b	218	26	7.38
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	1.5f _t	217	1	216
底部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	1.5f _c	217	2	107
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	1.5f _s	125	1	124
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	1.5f _b	217	2	107
二次蓋密封シール部 (P _L +P _b +Q)	S _y	185	79	1.34
二次蓋ボルト (σ _m)	S _y	848	311	1.72
二次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	S _y	848	663	0.27
三次蓋ボルト (σ _m)	S _y	848	180	3.71
三次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	S _y	848	216	2.92

(p)-A-162

先行設計承認申請書記載事項

また、外筒及び底部中性子遮蔽材カバーは内部空間にそれぞれ \square MPa G 及び \square MPa G の内圧が生じているが、水深 15m の水圧 (0.15 MPa) が外圧として負荷されることで差圧が緩和されるため、遮蔽解析に影響を及ぼすような破損は生じない。

A.6.5 結果の要約及びその評価

1. 解析結果の要約

特別の試験条件における輸送物に対する評価結果の要約を (p)-第 A.57 表に示す。表に示すように、各試験条件下において輸送物各部は A.1.2 に定めた基準を満足し構造上の健全性が損なわれることはない。

(p)-第 A.57 表 特別の試験条件における構造解析結果の要約 (1/4)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
9 m落下試験				
1. 垂直落下				
(1) 容器本体 (頭部垂直落下)				
二次蓋 (P _L +P _b)	S _u	377	124	2.04
三次蓋 (P _L)	S _u	406	86	3.72
胴 (P _L)	S _u	377	106	2.55
胴 (底板) (P _L +P _b)	S _u	377	13	28.0
外筒 (引張)	1.5f _t	282	99	1.84
外筒 (圧縮)	1.5f _c	282	50	4.64
外筒 (せん断)	1.5f _s	162	45	2.60
外筒 (曲げ)	1.5f _b	282	170	0.65
下部端板 (引張)	1.5f _t	218	3	71.6
下部端板 (圧縮)	1.5f _c	218	1	217
下部端板 (せん断)	1.5f _s	126	8	14.7
下部端板 (曲げ)	1.5f _b	218	26	7.38
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	1.5f _t	217	1	216
底部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	1.5f _c	217	2	107
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	1.5f _s	125	1	124
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	1.5f _b	217	2	107
二次蓋密封シール部 (P _L +P _b +Q)	S _y	185	79	1.34
二次蓋ボルト (σ _m)	S _y	848	311	1.72
二次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	S _y	848	663	0.27
三次蓋ボルト (σ _m)	S _y	848	180	3.71
三次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	S _y	848	216	2.92

(p)-A-162

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 A.57 表 特別の試験条件における構造解析結果の要約 (2/4)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
(2)容器本体 (底部垂直落下)				
二次蓋 (P _L +P _b)	S _y	377	52	6.25
三次蓋 (P _L)	S _y	406	50	7.12
胴 (P _L)	S _y	377	60	5.28
胴 (底板) (P _L +P _b)	S _y	377	123	2.06
外筒 (引張)	1.5f _t	282	53	4.32
外筒 (圧縮)	1.5f _c	282	15	17.8
外筒 (せん断)	1.5f _s	162	20	7.10
外筒 (曲げ)	1.5f _b	282	85	2.31
下部端板 (引張)	1.5f _t	218	18	11.1
下部端板 (圧縮)	1.5f _c	218	7	30.1
下部端板 (せん断)	1.5f _s	126	26	3.84
下部端板 (曲げ)	1.5f _b	218	107	1.03
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	1.5f _t	217	43	4.04
底部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	1.5f _c	217	6	35.1
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	1.5f _s	125	14	7.92
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	1.5f _b	217	99	1.19
二次蓋密封シール部 (P _L +P _b +Q)	S _y	185	45	3.11
二次蓋ボルト (σ _m)	S _y	848	200	3.24
二次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	S _y	848	209	3.05
三次蓋ボルト (σ _m)	S _y	848	302	1.80
三次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	S _y	848	436	0.94
三次蓋相対口開き変形量	—	□ mm	0.01 mm以下	基準に合致
(3)バスケット				
バスケットプレート (σ _c)	2/3S _y	79	38	1.07
	1.5f _c	66	38	0.73

(a)-A-163

(a)-第 A.57 表 特別の試験条件における構造解析結果の要約 (2/4)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
(2)容器本体 (底部垂直落下)				
二次蓋 (P _L +P _b)	S _y	377	52	6.25
三次蓋 (P _L)	S _y	406	50	7.12
胴 (P _L)	S _y	377	60	5.28
胴 (底板) (P _L +P _b)	S _y	377	123	2.06
外筒 (引張)	1.5f _t	282	53	4.32
外筒 (圧縮)	1.5f _c	282	15	17.8
外筒 (せん断)	1.5f _s	162	20	7.10
外筒 (曲げ)	1.5f _b	282	85	2.31
下部端板 (引張)	1.5f _t	218	18	11.1
下部端板 (圧縮)	1.5f _c	218	7	30.1
下部端板 (せん断)	1.5f _s	126	26	3.84
下部端板 (曲げ)	1.5f _b	218	107	1.03
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	1.5f _t	217	43	4.04
底部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	1.5f _c	217	6	35.1
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	1.5f _s	125	14	7.92
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	1.5f _b	217	99	1.19
二次蓋密封シール部 (P _L +P _b +Q)	S _y	185	45	3.11
二次蓋ボルト (σ _m)	S _y	848	200	3.24
二次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	S _y	848	209	3.05
三次蓋ボルト (σ _m)	S _y	848	302	1.80
三次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	S _y	848	436	0.94
三次蓋相対口開き変形量	—	□ mm	0.01 mm以下	基準に合致
(3)バスケット				
バスケットプレート (σ _c)	2/3S _y	79	38	1.07
	1.5f _c	66	38	0.73

(a)-A-163

(ロ)-第 A.57 表 特別の試験条件における構造解析結果の要約 (3/4)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
2. 水平落下				
(1) 容器本体				
二次蓋 (P _L)	S _u	377	57	5.61
三次蓋 (P _L +P _b)	S _u	406	76	4.34
胴 (P _L)	S _u	377	172	1.19
胴 (底板) (P _L)	S _u	377	56	5.73
外筒 (引張)	1.5f _t	282	185	0.52
外筒 (圧縮)	1.5f _c	282	53	4.32
外筒 (せん断)	1.5f _s	162	95	0.70
外筒 (曲げ)	1.5f _b	282	205	0.37
下部端板 (引張)	1.5f _t	218	22	8.90
下部端板 (圧縮)	1.5f _c	218	35	5.22
下部端板 (せん断)	1.5f _s	126	41	2.07
下部端板 (曲げ)	1.5f _b	218	171	0.27
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	1.5f _t	217	36	5.02
底部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	1.5f _c	217	142	0.52
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	1.5f _s	125	47	1.65
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	1.5f _b	217	140	0.55
二次蓋密封シール部 (P _L +P _b +Q)	S _y	185	155	0.19
二次蓋ボルト (σ _m)	S _y	848	314	1.70
二次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	S _y	848	809	0.04
三次蓋ボルト (σ _m)	S _y	848	420	1.01
三次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	S _y	848	767	0.10
三次蓋相対口開き変形量	—	□ mm	0.39 mm	基準に合致
(2) バスケット				
バスケットプレート	2/3S _u	79	46	0.71
縦板 (σ _c)				
バスケットプレート	2/3αS _u	103	32	2.21
横板 (σ _b)	1.2S _m	43	8	4.37
横板 (τ)				
3. コーナー落下				
二次蓋ボルト	S _y	848	214	2.96
三次蓋ボルト	S _y	848	236	2.59
1 m 貫通試験				
(1) 垂直落下				
蓋部	許容貫通強度	1.323×10 ⁷ N	7.068×10 ⁶ N	0.87
底部	許容貫通強度	7.596×10 ⁶ N	7.068×10 ⁶ N	0.07
(2) 水平落下				
胴	許容貫通強度	2.403×10 ⁷ N	7.068×10 ⁶ N	2.39

(ロ)-A-164

(ロ)-第 A.57 表 特別の試験条件における構造解析結果の要約 (3/4)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
2. 水平落下				
(1) 容器本体				
二次蓋 (P _L)	S _u	377	57	5.61
三次蓋 (P _L +P _b)	S _u	406	76	4.34
胴 (P _L)	S _u	377	172	1.19
胴 (底板) (P _L)	S _u	377	56	5.73
外筒 (引張)	1.5f _t	282	185	0.52
外筒 (圧縮)	1.5f _c	282	53	4.32
外筒 (せん断)	1.5f _s	162	95	0.70
外筒 (曲げ)	1.5f _b	282	205	0.37
下部端板 (引張)	1.5f _t	218	22	8.90
下部端板 (圧縮)	1.5f _c	218	35	5.22
下部端板 (せん断)	1.5f _s	126	41	2.07
下部端板 (曲げ)	1.5f _b	218	171	0.27
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	1.5f _t	217	36	5.02
底部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	1.5f _c	217	142	0.52
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	1.5f _s	125	47	1.65
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	1.5f _b	217	140	0.55
二次蓋密封シール部 (P _L +P _b +Q)	S _y	185	155	0.19
二次蓋ボルト (σ _m)	S _y	848	314	1.70
二次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	S _y	848	809	0.04
三次蓋ボルト (σ _m)	S _y	848	420	1.01
三次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	S _y	848	767	0.10
三次蓋相対口開き変形量	—	□ mm	0.39 mm	基準に合致
(2) バスケット				
バスケットプレート	2/3S _u	79	46	0.71
縦板 (σ _c)				
バスケットプレート	2/3αS _u	103	32	2.21
横板 (σ _b)	1.2S _m	43	8	4.37
横板 (τ)				
3. コーナー落下				
二次蓋ボルト	S _y	848	214	2.96
三次蓋ボルト	S _y	848	236	2.59
1 m 貫通試験				
(1) 垂直落下				
蓋部	許容貫通強度	1.323×10 ⁷ N	7.068×10 ⁶ N	0.87
底部	許容貫通強度	7.596×10 ⁶ N	7.068×10 ⁶ N	0.07
(2) 水平落下				
胴	許容貫通強度	2.403×10 ⁷ N	7.068×10 ⁶ N	2.39

(ロ)-A-164

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 A. 57 表 特別の試験条件における構造解析結果の要約 (4/4)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
熱的試験				
二次蓋 (P _L +P _b)	S _u	377	9	40.8
三次蓋 (P _L +P _b)	S _u	377	28	12.4
胴 (P _L)	S _u	377	2	187
胴 (底板) (P _L +P _b)	S _u	377	3	124
外筒 (引張)	1.5f _t	124	21	4.90
外筒 (圧縮)	1.5f _c	124	1	123
外筒 (せん断)	1.5f _s	72	8	8.00
外筒 (曲げ)	1.5f _b	124	35	2.54
下部端板 (引張)	1.5f _t	144	2	71.0
下部端板 (圧縮)	1.5f _c	144	1	143
下部端板 (せん断)	1.5f _s	83	3	26.6
下部端板 (曲げ)	1.5f _b	144	12	11.0
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	1.5f _t	201	8	24.1
底部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	1.5f _c	201	1	200
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	1.5f _s	116	11	9.54
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	1.5f _b	201	70	1.87
二次蓋密封シール部 (P _L +P _b +Q)	S _y	174	115	0.51
二次蓋ボルト (σ _m)	S _y	833	307	1.71
二次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	S _y	833	766	0.08
三次蓋ボルト (σ _m)	S _y	825	391	1.10
三次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	S _y	825	669	0.23
三次蓋相対口開き変形量	—	□ mm	0.32 mm	基準に合致
15 m 浸漬				
三次蓋	S _u	406	41	8.90

(a)-A-165

(a)-第 A. 57 表 特別の試験条件における構造解析結果の要約 (4/4)

項目	解析基準	解析基準値 (MPa)	解析結果等 (MPa)	余裕率等 (-)
熱的試験				
二次蓋 (P _L +P _b)	S _u	377	9	40.8
三次蓋 (P _L +P _b)	S _u	377	28	12.4
胴 (P _L)	S _u	377	2	187
胴 (底板) (P _L +P _b)	S _u	377	3	124
外筒 (引張)	1.5f _t	124	21	4.90
外筒 (圧縮)	1.5f _c	124	1	123
外筒 (せん断)	1.5f _s	72	8	8.00
外筒 (曲げ)	1.5f _b	124	35	2.54
下部端板 (引張)	1.5f _t	144	2	71.0
下部端板 (圧縮)	1.5f _c	144	1	143
下部端板 (せん断)	1.5f _s	83	3	26.6
下部端板 (曲げ)	1.5f _b	144	12	11.0
底部中性子遮蔽材カバー (引張)	1.5f _t	201	8	24.1
底部中性子遮蔽材カバー (圧縮)	1.5f _c	201	1	200
底部中性子遮蔽材カバー (せん断)	1.5f _s	116	11	9.54
底部中性子遮蔽材カバー (曲げ)	1.5f _b	201	70	1.87
二次蓋密封シール部 (P _L +P _b +Q)	S _y	174	115	0.51
二次蓋ボルト (σ _m)	S _y	833	307	1.71
二次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	S _y	833	766	0.08
三次蓋ボルト (σ _m)	S _y	825	391	1.10
三次蓋ボルト (σ _m +σ _b)	S _y	825	669	0.23
三次蓋相対口開き変形量	—	□ mm	0.32 mm	基準に合致
15 m 浸漬				
三次蓋	S _u	406	41	8.90

(a)-A-165

2. 破損の要約

特別の試験条件における輸送物の主な破損の要約を(ロ)-第 A.58 表に示す。
各解析で考慮するこれらの影響の具体的評価は、(ロ)章各項で検討する。

(ロ)-第 A.58 表 特別の試験条件における輸送物破損の評価

(備考) ○印は破損有り、-印は破損無し

試験 \ 部位	本体	緩衝体	バスケット	備考
9 m 落下試験	-	○	-	・緩衝体が塑性変形する。最大変形は頭部コーナー落下時に上部緩衝体に生じ、最大760 mm 圧潰する。緩衝体は変形するが、容器本体からはずれることはない。
1 m 貫通試験	○	○	-	・緩衝体及び外筒には貫通または変形が生じる。
熱的試験	-	-	-	—
浸漬試験	-	-	-	—

(ロ)-A-166

2. 破損の要約

特別の試験条件における輸送物の主な破損の要約を(ロ)-第 A.58 表に示す。
各解析で考慮するこれらの影響の具体的評価は、(ロ)章各項で検討する。

(ロ)-第 A.58 表 特別の試験条件における輸送物破損の評価

(備考) ○印は破損有り、-印は破損無し

試験 \ 部位	本体	緩衝体	バスケット	備考
9 m 落下試験	-	○	-	・緩衝体が塑性変形する。最大変形は頭部コーナー落下時に上部緩衝体に生じ、最大760 mm 圧潰する。緩衝体は変形するが、容器本体からはずれることはない。
1 m 貫通試験	○	○	-	・緩衝体及び外筒には貫通または変形が生じる。
熱的試験	-	-	-	—
浸漬試験	-	-	-	—

(ロ)-A-166

A.7 強化浸漬試験

1. 外圧に対する胴の耐圧強度

本輸送物の収納物は、最大放射エネルギーが A₂ 値の 10 万倍を超えるので、200 m 浸漬に相当する水頭圧で解析を行う。

金属キャスク構造規格¹⁾においては、本試験条件における円筒の許容外圧 1.5P_a (MPa)は、次の式のいずれか小さい方で与えられる。

$$1.5P_{a1} = 1.5 \times \left(\frac{2.167t}{D_o} - 0.0833 \right) B$$

$$1.5 P_{a2} = 1.5 \times \frac{2St}{D_o} \left(1 - \frac{t}{D_o} \right)$$

ここで、

t : 胴板厚 (mm)

D_o : 胴外径 (mm)

B : L/D_o、D_o/t 及び温度で定まる値 (MPa)

L : 胴支持間隔 (mm)

S : 設計応力強さの 1.5 倍又は設計降伏点の 0.9 倍の小さい方 (MPa)

計算条件と計算結果を(ロ)-第 A.59 表に示す。胴の耐圧強度は十分である。

(ロ)-第 A.59 表 胴の許容外圧計算条件及び計算結果

項目	胴板厚 : t (mm)	胴外径 : D _o (mm)	L/D _o 、D _o /t 及び温度で 定まる値 : B (MPa)	胴支持 間隔 : L (mm)	許容外圧 : 1.5P _a (MPa)	外圧 : P _o (MPa)	余裕率 (-)
数値			90 (注1)		19 (注2)	2.101325	8.04

(注1) 金属キャスク構造規格¹⁾ 別図 7-1 と別図 7-2 により、 °C における炭素鋼に対する B 値は、L/D_o= D_o/t= であるから、B=90 MPa となる。

(注2) であり、1.5P_{a1}= MPa、1.5P_{a2}= となるため、 を許容外圧 1.5P_a として採用する。

2. 外圧に対する底板の強度

胴 (底板) を端部固定の円板にモデル化すると、その最大曲げ応力 σ_b (MPa) は、次式で与えられる。¹⁵⁾

$$\sigma_b = 0.75 \frac{Pa^2}{t^2}$$

ここで、

a : 円板の半径 (mm)

(ロ)-A-167

A.7 強化浸漬試験

1. 外圧に対する胴の耐圧強度

本輸送物の収納物は、最大放射エネルギーが A₂ 値の 10 万倍を超えるので、200 m 浸漬に相当する水頭圧で解析を行う。

金属キャスク構造規格¹⁾においては、本試験条件における円筒の許容外圧 1.5P_a (MPa)は、次の式のいずれか小さい方で与えられる。

$$1.5P_{a1} = 1.5 \times \left(\frac{2.167t}{D_o} - 0.0833 \right) B$$

$$1.5 P_{a2} = 1.5 \times \frac{2St}{D_o} \left(1 - \frac{t}{D_o} \right)$$

ここで、

t : 胴板厚 (mm)

D_o : 胴外径 (mm)

B : L/D_o、D_o/t 及び温度で定まる値 (MPa)

L : 胴支持間隔 (mm)

S : 設計応力強さの 1.5 倍又は設計降伏点の 0.9 倍の小さい方 (MPa)

計算条件と計算結果を(ロ)-第 A.59 表に示す。胴の耐圧強度は十分である。

(ロ)-第 A.59 表 胴の許容外圧計算条件及び計算結果

項目	胴板厚 : t (mm)	胴外径 : D _o (mm)	L/D _o 、D _o /t 及び温度で 定まる値 : B (MPa)	胴支持 間隔 : L (mm)	許容外圧 : 1.5P _a (MPa)	外圧 : P _o (MPa)	余裕率 (-)
数値			90 (注1)		19 (注2)	2.101325	8.04

(注1) 金属キャスク構造規格¹⁾ 別図 7-1 と別図 7-2 により、 °C における炭素鋼に対する B 値は、L/D_o= D_o/t= であるから、B=90 MPa

(注2) であり、1.5P_{a1}= MPa、1.5P_{a2}= となるため、 を許容外圧 1.5P_a として採用

2. 外圧に対する底板の強度

胴 (底板) を端部固定の円板にモデル化すると、その最大曲げ応力 σ_b (MPa) は、次式で与えられる。¹⁵⁾

$$\sigma_b = 0.75 \frac{Pa^2}{t^2}$$

ここで、

a : 円板の半径 (mm)

(ロ)-A-167

P : 差圧 (MPa)
t : 板厚 (mm)

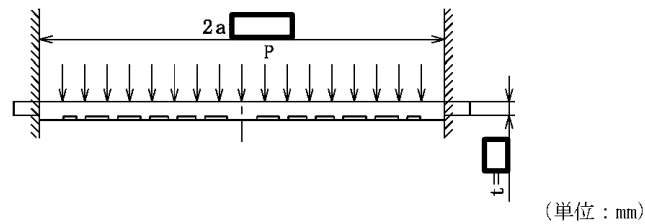
計算条件と計算結果を(□)-第 A.60 表に示す。胴 (底板) は、外圧に対して十分な強度を有する。

(□)-第 A.60 表 胴 (底板) の曲げ応力計算条件及び計算結果

項目	円板の半径 : a (mm)	差圧 : P (MPa)	板厚 : t (mm)	最大 曲げ応力 : σ_b (MPa)	胴 (底板) の温度 (°C)	設計 引張強さ : S_u (MPa)	余裕率 (-)
数値	□	2.101325	□	29	□	377	12.0

3. 外圧に対する三次蓋の強度

三次蓋の強度解析モデルを(□)-第 A.45 図に示す。



三次蓋の最大応力は蓋端部に生じる。この半径方向曲げ応力 σ_b (MPa) は次式で与えられる。

$$\sigma_b = 0.75 \frac{Pa^2}{t^2}$$

ここで、

- a : 三次蓋半径 (mm)
- P : 差圧 (MPa)
- t : 板厚 (mm)

計算条件と計算結果を(□)-第 A.61 表に示す。三次蓋は、外圧に対して十分な強度を有する。

(□)-A-168

P : 差圧 (MPa)
t : 板厚 (mm)

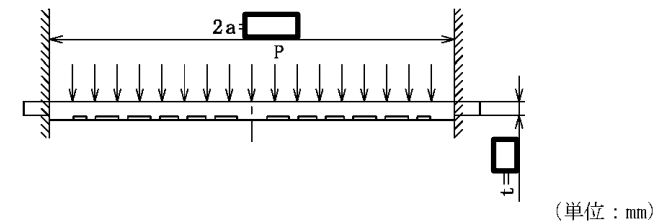
計算条件と計算結果を(□)-第 A.60 表に示す。胴 (底板) は、外圧に対して十分な強度を有する。

(□)-第 A.60 表 胴 (底板) の曲げ応力計算条件及び計算結果

項目	円板の半径 : a (mm)	差圧 : P (MPa)	板厚 : t (mm)	最大 曲げ応力 : σ_b (MPa)	胴 (底板) の温度 (°C)	設計 引張強さ : S_u (MPa)	余裕率 (-)
数値	□	2.101325	□	29	□	377	12.0

3. 外圧に対する三次蓋の強度

三次蓋の強度解析モデルを(□)-第 A.45 図に示す。



三次蓋の最大応力は蓋端部に生じる。この半径方向曲げ応力 σ_b (MPa) は次式で与えられる。

$$\sigma_b = 0.75 \frac{Pa^2}{t^2}$$

ここで、

- a : 三次蓋半径 (mm)
- P : 差圧 (MPa)
- t : 板厚 (mm)

計算条件と計算結果を(□)-第 A.61 表に示す。三次蓋は、外圧に対して十分な強度を有する。

(□)-A-168

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 A. 61 表 三次蓋の曲げ応力計算条件及び計算結果

項目	三次蓋半径 : a (mm)	差圧 : P (MPa)	板厚 : t (mm)
数値	□	2.101325	□

項目	最大曲げ応力 : σ_b (MPa)	三次蓋の 温度 (°C)	基準値 : MIN[3.6S _m , S ₀] (MPa)	余裕率 (-)
数値	340	□	406	0.19

(□)-A-169

(□)-第 A. 61 表 三次蓋の曲げ応力計算条件及び計算結果

項目	三次蓋半径 : a (mm)	差圧 : P (MPa)	板厚 : t (mm)
数値	□	2.101325	□

項目	最大曲げ応力 : σ_b (MPa)	三次蓋の 温度 (°C)	基準値 : MIN[3.6S _m , S ₀] (MPa)	余裕率 (-)
数値	340	□	406	0.19

(□)-A-169

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.8 放射性収納物</p> <p>本輸送物の放射性収納物は、PWR 使用済燃料集合体であり、PWR 燃料集合体の構造図を (イ) 第 D.1 図に示す。</p> <p>各収納物の構造的特徴及び仕様は (イ) 章 D. に示すとおりである。</p> <p>燃料集合体の強度解析については、一般の試験条件である 0.3 m 落下時に輸送容器と等しく落下衝撃を受けるものとして行っている。その結果、燃料被覆管の強度上の余裕は十分あり、燃料被覆管内の核分裂生成物は、外部に放散されることはない。</p> <p>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・下部ノズル及び燃料棒の変形が想定される¹⁸⁾ ことから、特別の試験条件では各安全解析における燃料集合体の状態を (ロ) 第 A.62 表に示すように設定して評価を行う。</p> <p style="text-align: center;">(ロ) 第 A.62 表 各安全解析における燃料集合体の設定</p> <table border="1" data-bbox="373 856 1121 1180"> <thead> <tr> <th>解析項目</th> <th>解析における燃料集合体の設定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>熱解析</td> <td>燃料棒ピッチの変化及び上下部ノズルの変形が輸送容器及び燃料棒の温度に与える影響は小さいので、変形を無視する。ただし、保守的に全ての燃料棒の密封機能が失われたと仮定し、容器内部のガスの熱伝導率に核分裂生成ガスの影響を考慮する。</td> </tr> <tr> <td>密封解析</td> <td>全燃料棒の密封性が失われたと仮定する。</td> </tr> <tr> <td>遮蔽解析</td> <td>燃料棒ピッチの変化や燃料有効部の移動の可能性があるが、線量当量率の最大値は 1 m 貫通落下による側部中性子遮蔽材の損傷により本体側部に生じ、これらの燃料の変形等が影響を与えないため、考慮しない。</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">(ロ)-A-170</p>	解析項目	解析における燃料集合体の設定	熱解析	燃料棒ピッチの変化及び上下部ノズルの変形が輸送容器及び燃料棒の温度に与える影響は小さいので、変形を無視する。ただし、保守的に全ての燃料棒の密封機能が失われたと仮定し、容器内部のガスの熱伝導率に核分裂生成ガスの影響を考慮する。	密封解析	全燃料棒の密封性が失われたと仮定する。	遮蔽解析	燃料棒ピッチの変化や燃料有効部の移動の可能性があるが、線量当量率の最大値は 1 m 貫通落下による側部中性子遮蔽材の損傷により本体側部に生じ、これらの燃料の変形等が影響を与えないため、考慮しない。	<p>A.8 放射性収納物</p> <p>本輸送物の放射性収納物は、PWR 使用済燃料集合体であり、PWR 燃料集合体の構造図を (イ) 第 D.1 図に示す。</p> <p>各収納物の構造的特徴及び仕様は (イ) 章 D. に示すとおりである。</p> <p>燃料集合体の強度解析については、一般の試験条件である 0.3 m 落下時に輸送容器と等しく落下衝撃を受けるものとして行っている。その結果、燃料被覆管の強度上の余裕は十分あり、燃料被覆管内の核分裂生成物は、外部に放散されることはない。</p> <p>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・下部ノズル及び燃料棒の変形が想定される¹⁸⁾ ことから、特別の試験条件では各安全解析における燃料集合体の状態を (ロ) 第 A.62 表に示すように設定して評価を行う。</p> <p style="text-align: center;">(ロ) 第 A.62 表 各安全解析における燃料集合体の設定</p> <table border="1" data-bbox="1638 856 2386 1180"> <thead> <tr> <th>解析項目</th> <th>解析における燃料集合体の設定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>熱解析</td> <td>燃料棒ピッチの変化及び上下部ノズルの変形が輸送容器及び燃料棒の温度に与える影響は小さいので、変形を無視する。ただし、保守的に全ての燃料棒の密封機能が失われたと仮定し、容器内部のガスの熱伝導率に核分裂生成ガスの影響を考慮する。</td> </tr> <tr> <td>密封解析</td> <td>全燃料棒の密封性が失われたと仮定する。</td> </tr> <tr> <td>遮蔽解析</td> <td>燃料棒ピッチの変化や燃料有効部の移動の可能性があるが、線量当量率の最大値は 1 m 貫通落下による側部中性子遮蔽材の損傷により本体側部に生じ、これらの燃料の変形等が影響を与えないため、考慮しない。</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">(ロ)-A-170</p>	解析項目	解析における燃料集合体の設定	熱解析	燃料棒ピッチの変化及び上下部ノズルの変形が輸送容器及び燃料棒の温度に与える影響は小さいので、変形を無視する。ただし、保守的に全ての燃料棒の密封機能が失われたと仮定し、容器内部のガスの熱伝導率に核分裂生成ガスの影響を考慮する。	密封解析	全燃料棒の密封性が失われたと仮定する。	遮蔽解析	燃料棒ピッチの変化や燃料有効部の移動の可能性があるが、線量当量率の最大値は 1 m 貫通落下による側部中性子遮蔽材の損傷により本体側部に生じ、これらの燃料の変形等が影響を与えないため、考慮しない。	
解析項目	解析における燃料集合体の設定																	
熱解析	燃料棒ピッチの変化及び上下部ノズルの変形が輸送容器及び燃料棒の温度に与える影響は小さいので、変形を無視する。ただし、保守的に全ての燃料棒の密封機能が失われたと仮定し、容器内部のガスの熱伝導率に核分裂生成ガスの影響を考慮する。																	
密封解析	全燃料棒の密封性が失われたと仮定する。																	
遮蔽解析	燃料棒ピッチの変化や燃料有効部の移動の可能性があるが、線量当量率の最大値は 1 m 貫通落下による側部中性子遮蔽材の損傷により本体側部に生じ、これらの燃料の変形等が影響を与えないため、考慮しない。																	
解析項目	解析における燃料集合体の設定																	
熱解析	燃料棒ピッチの変化及び上下部ノズルの変形が輸送容器及び燃料棒の温度に与える影響は小さいので、変形を無視する。ただし、保守的に全ての燃料棒の密封機能が失われたと仮定し、容器内部のガスの熱伝導率に核分裂生成ガスの影響を考慮する。																	
密封解析	全燃料棒の密封性が失われたと仮定する。																	
遮蔽解析	燃料棒ピッチの変化や燃料有効部の移動の可能性があるが、線量当量率の最大値は 1 m 貫通落下による側部中性子遮蔽材の損傷により本体側部に生じ、これらの燃料の変形等が影響を与えないため、考慮しない。																	

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.9 核分裂性輸送物</p> <p>本輸送物は核分裂性輸送物に該当する。したがって、本項では、(ロ)章 E. 臨界解析において想定する輸送物の損傷状態を、以下の試験条件に対して評価する。</p> <p>なお、本輸送物は周囲温度-20℃以上で使用し、A.4.2に示すとおり、周囲温度-20～38℃の温度条件でき裂、破損等の生じるおそれはない。</p> <p>A.9.1 核分裂性輸送物に係る一般の試験条件</p> <p>核分裂性輸送物に係る一般の試験条件は、告示により次の3種類が定められており、(i)については連続条件となる。</p> <p>(i) 落下試験</p> <p>① 水噴霧</p> <p>② 0.3 m 自由落下</p> <p>(ii) 積み重ね試験</p> <p>(iii) 6 kg 棒貫通試験</p> <p>(ロ)章 E. の臨界解析における評価方法を考慮して、影響する輸送物の損傷状態を A.5 の解析結果をもとに評価すると次のようになる。</p> <p>1. 落下試験</p> <p>(1) 水噴霧</p> <p>A.5.2 と同一であり、輸送物に損傷はない。</p> <p>(2) 0.3 m 自由落下</p> <p>A.5.3 と同一であり、緩衝体に変形が生じるがそれ以外の部位に損傷はない。</p> <p>2. 積み重ね試験</p> <p>A.5.4 と同一であり、輸送容器に損傷はない。</p> <p>3. 6 kg 棒貫通試験</p> <p>A.5.5 と同一であり、軟鋼棒は緩衝体カバープレートを貫通しない。</p> <p>以上の結果より、核分裂性輸送物に係る一般の試験条件における輸送物の損傷状態は(ロ)第 A.63 表のようにまとめられる。本輸送物は、(ロ)第 A.64 表に示すように、核分裂性輸送物に係る一般の試験条件において、規則及び告示に定められている核分裂性輸送物としての要件を満足する。</p> <p>(ロ)-A-171</p>	<p>A.9 核分裂性輸送物</p> <p>本輸送物は核分裂性輸送物に該当する。したがって、本項では、(ロ)章 E. 臨界解析において想定する輸送物の損傷状態を、以下の試験条件に対して評価する。</p> <p>なお、本輸送物は周囲温度-20℃以上で使用し、A.4.2に示すとおり、周囲温度-20～38℃の温度条件でき裂、破損等の生じるおそれはない。</p> <p>A.9.1 核分裂性輸送物に係る一般の試験条件</p> <p>核分裂性輸送物に係る一般の試験条件は、告示により次の3種類が定められており、(i)については連続条件となる。</p> <p>(i) 落下試験</p> <p>① 水噴霧</p> <p>② 0.3 m 自由落下</p> <p>(ii) 積み重ね試験</p> <p>(iii) 6 kg 棒貫通試験</p> <p>(ロ)章 E. の臨界解析における評価方法を考慮して、影響する輸送物の損傷状態を A.5 の解析結果をもとに評価すると次のようになる。</p> <p>1. 落下試験</p> <p>(1) 水噴霧</p> <p>A.5.2 と同一であり、輸送物に損傷はない。</p> <p>(2) 0.3 m 自由落下</p> <p>A.5.3 と同一であり、緩衝体に変形が生じるがそれ以外の部位に損傷はない。</p> <p>2. 積み重ね試験</p> <p>A.5.4 と同一であり、輸送容器に損傷はない。</p> <p>3. 6 kg 棒貫通試験</p> <p>A.5.5 と同一であり、軟鋼棒は緩衝体カバープレートを貫通しない。</p> <p>以上の結果より、核分裂性輸送物に係る一般の試験条件における輸送物の損傷状態は(ロ)第 A.63 表のようにまとめられる。本輸送物は、(ロ)第 A.64 表に示すように、核分裂性輸送物に係る一般の試験条件において、規則及び告示に定められている核分裂性輸送物としての要件を満足する。</p> <p>(ロ)-A-171</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. 63 表 核分裂性輸送物に係る一般の試験条件における輸送物の損傷状態

試験条件	輸送物の損傷状態	備考
落下試験	水噴霧	損傷なし
	0.3 m 落下	緩衝体の変形 緩衝体は臨界解析では無視する。
	積み重ね	緩衝体の変形 緩衝体は臨界解析では無視する。
	6 kg 棒貫通	損傷なし

(ロ)-第 A. 64 表 核分裂性輸送物に係る一般の試験条件における適合性評価

核分裂性輸送物としての要件	評価
構造部に一辺10 cmの立方体を包含するようなくぼみが生じないこと。	緩衝体に変形するが、一辺が10 cmの立方体を包含するようなくぼみが生じるような変形ではない。

(ロ)-A-172

(ロ)-第 A. 63 表 核分裂性輸送物に係る一般の試験条件における輸送物の損傷状態

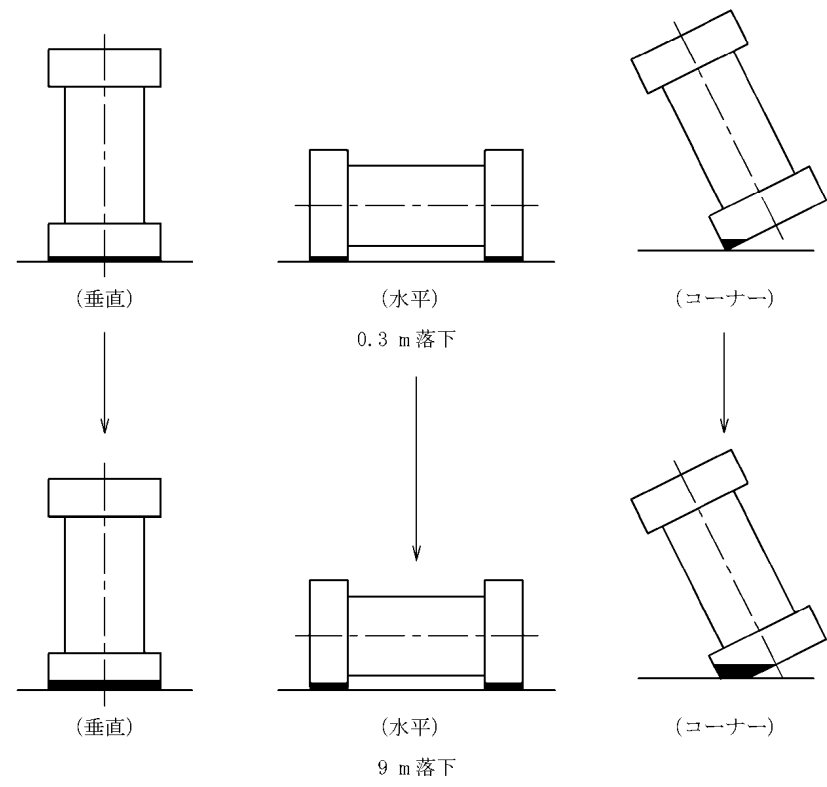
試験条件	輸送物の損傷状態	備考
落下試験	水噴霧	損傷なし
	0.3 m 落下	緩衝体の変形 緩衝体は臨界解析では無視する。
	積み重ね	緩衝体の変形 緩衝体は臨界解析では無視する。
	6 kg 棒貫通	損傷なし

(ロ)-第 A. 64 表 核分裂性輸送物に係る一般の試験条件における適合性評価

核分裂性輸送物としての要件	評価
構造部に一辺10 cmの立方体を包含するようなくぼみが生じないこと。	緩衝体に変形するが、一辺が10 cmの立方体を包含するようなくぼみが生じるような変形ではない。

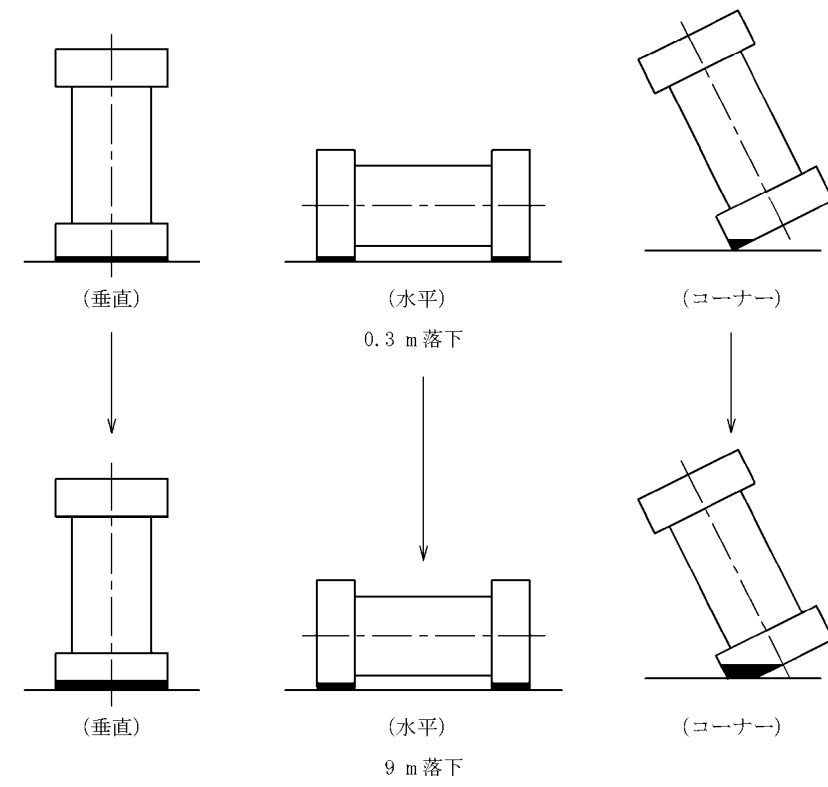
(ロ)-A-172

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.9.2 核分裂性輸送物に係る特別の試験条件</p> <p>A.9.1の一般の試験条件に続いて15m浸漬試験が実施される場合には、A.6.4に示すように本輸送物の損傷が拡大することはないので、本輸送物に関する核分裂性輸送物に係る特別の試験条件は最大破損条件となる以下の順序で実施する。</p> <p>① A.9.1の一般の試験条件 ② 9m落下試験 ③ 1m貫通試験 ④ 熱的試験（火災） ⑤ 0.9m浸漬試験</p> <p>ここで、核分裂性輸送物に係る一般の試験条件としては(ρ)-第A.63表に示すように損傷がある落下試験を採用する。</p> <p>(ρ)章E.臨界解析における評価方法を考慮して、影響する輸送物の損傷状態を評価すると次のようになる。</p> <p>1. 核分裂性輸送物に係る一般の試験条件のうち落下試験 本試験条件における輸送物の損傷状態は(ρ)-第A.63表に示すとおりである。</p> <p>2. 9m落下試験 (1) 落下姿勢と落下試験の順序 (ρ)-第A.46図に落下姿勢と落下試験の順序を示す。 A.9.1の0.3m落下と9m落下の落下方向が同一の場合に緩衝体の変形量が最大になると考えられるので、この場合について検討を行う。</p> <p>(ρ)-A-173</p>	<p>A.9.2 核分裂性輸送物に係る特別の試験条件</p> <p>A.9.1の一般の試験条件に続いて15m浸漬試験が実施される場合には、A.6.4に示すように本輸送物の損傷が拡大することはないので、本輸送物に関する核分裂性輸送物に係る特別の試験条件は最大破損条件となる以下の順序で実施する。</p> <p>① A.9.1の一般の試験条件 ② 9m落下試験 ③ 1m貫通試験 ④ 熱的試験（火災） ⑤ 0.9m浸漬試験</p> <p>ここで、核分裂性輸送物に係る一般の試験条件としては(ρ)-第A.63表に示すように損傷がある落下試験を採用する。</p> <p>(ρ)章E.臨界解析における評価方法を考慮して、影響する輸送物の損傷状態を評価すると次のようになる。</p> <p>1. 核分裂性輸送物に係る一般の試験条件のうち落下試験 本試験条件における輸送物の損傷状態は(ρ)-第A.63表に示すとおりである。</p> <p>2. 9m落下試験 (1) 落下姿勢と落下試験の順序 (ρ)-第A.46図に落下姿勢と落下試験の順序を示す。 A.9.1の0.3m落下と9m落下の落下方向が同一の場合に緩衝体の変形量が最大になると考えられるので、この場合について検討を行う。</p> <p>(ρ)-A-173</p>	



(ロ)-第 A.46 図 落下姿勢と試験の順序

(ロ)-A-174



(ロ)-第 A.46 図 落下姿勢と試験の順序

(ロ)-A-174