

MS-1 型設計承認申請に係るヒアリングコメント回答

1. はじめに

本資料では、MS-1 型設計承認申請に係る 10/28 ヒアリングで頂いたコメントに対する回答を章ごとに行う。

2. コメントに対する回答

2.1 口章 A

コメント	①A. 4.7 振動 輸送物の固有振動数での評価だけではなく、応答増幅についても評価すること。
回答	積載車両の荷台に生ずる振動数との差の少ないバスケットに対する振動数比から保守的な変位振幅倍率を評価した。輸送中の積載車両に発生する加速度に対してこの増幅を考慮しても一般の試験条件の落下時の加速度より十分小さいことから、輸送物が亀裂、破損することはない。詳細を評価 1 に示す。

【評価 1】

輸送物輸送時に積載車両の荷台に生ずる振動数は、最大 50Hz 程度である。

この輸送物の固有振動数は、輸送容器が158Hz、輸送容器に収納されるバスケットが73.1Hz であり、積載車両の荷台に生ずる振動数に比べ大きく、固有振動数と差がある。積載車両の荷台に生ずる振動数と差の少ないバスケットに対する振動数比0.684の場合、保守的に減衰を考慮しない場合の変位振幅倍率*は1.88倍（図1参照）となる。輸送中積載車両に発生する加速度は、3G 以下であり、保守的に倍率を1.90倍としても輸送容器に負荷される加速度は6G 以下である。一般の試験条件における落下評価において負荷される加速度は、水平落下時95G、垂直落下時228G、コーナ落下時50.3G であり、この加速度に比べ輸送中積載車両に発生する振動による加速度は十分小さく、輸送物が亀裂、破損することはない。

（注）* 振動中の最大変位振幅と外力が静的に加わった場合の最大変位振幅との比

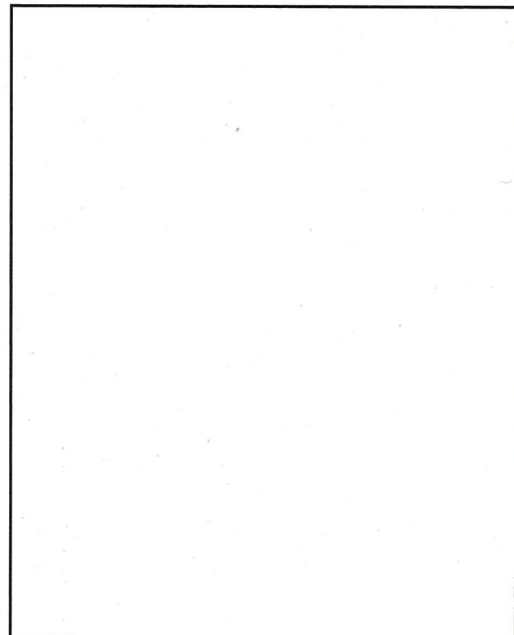


図 1 力による強制振動の共振曲線

コメント	②周囲の圧力を 60kPa とした場合に、放射性物質の漏洩がないことを、密閉境界の口が開くことがないことも含めて、密封性が保持されることを示すこと。
回答	0章 A に示している蓋密封部の健全性に加えて、差圧による蓋のたわみ量は O リングの締め付け代と比較して十分小さいことから、密封境界の口開きは生じない。詳細を評価 2 に示す。

【評価 2】

本体蓋 O リング部変位の変位を周辺単純支持円板における変位 ω (mm) として、下部蓋、上部蓋及びシャッタ蓋共通で次式で与えられる。なお、各蓋は同じ板厚であるため蓋の曲げ剛性は同じであるが、蓋支持点半径が最大である上部蓋の内側の O リングの変位量が最大となる。ここでは、上部蓋の内側の O リングに生ずる変位量について求める。

$$\omega = \frac{P \cdot a^4}{64D} \times \left(1 - \frac{r^2}{a^2}\right) \times \left(\frac{5 + \nu}{1 + \nu} - \frac{r^2}{a^2}\right)$$

ここで、

P : 圧力 = 57×10^{-3} MPa

ν : ポアソン比 = 0.3

a : 蓋支持点の半径 = 275mm

r : 中心から評価点までの距離 = 236.3mm (内側 O リング溝の半径)

D : 蓋の曲げ剛性 (N・mm)

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \nu)} = \frac{1.92 \times 10^5 \cdot 50^3}{12(1 - 0.3)} = 2.86 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

E : 縦弾性係数 = 1.92×10^5 N/mm²

h : 蓋の最小板厚 = 50mm

したがって、

$$\omega = \frac{57 \times 10^{-3} \cdot 275^4}{64 \cdot 2.86 \times 10^9} \times \left(1 - \frac{236.3^2}{275^2}\right) \times \left(\frac{5 + 0.3}{1 + 0.3} - \frac{236.3^2}{275^2}\right) = 1.56 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

O リングの初期締付量は 1.1mm であり、蓋の変位量は十分小さいため、密封境界である各蓋の口開きは生じないため、密封性は保たれる。

コメント	③A. 5. 1. 4 許容応力との比較 保守的に評価した内容を示すこと。 また、 $1.35 \times 10^{-1} \text{MPa} \cdot \text{abs}$ の値の計算式を示すこと。
回答	保守的な圧力評価 $1.35 \times 10^{-1} \text{MPa} \cdot \text{abs}$ の根拠となる計算過程を評価 3 に示す。

【評価 3】

通常最大の輸送期間が 1 ヶ月である本輸送物が、1 回の輸送中に真冬と真夏の両方の周囲温度に晒されることはないが、運搬中に予想される $-20 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 38 \text{ }^{\circ}\text{C}$ の周囲温度の変化を保守的に考慮し、 $-20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ で蓋を閉めたのち、 $38 \text{ }^{\circ}\text{C}$ で太陽熱放射下で長く置かれたと仮定して圧力を設定した。

$$T_0 : -20^{\circ}\text{C} = 273 - 20 = 253 \text{ K}$$

したがって、

$$P = 1.01 \times 10^{-1} \times \frac{338}{253} = 1.35 \times 10^{-1} \text{ MPa} \cdot \text{a}$$

コメント	④A.7 強化浸漬試験 強化浸透試験に該当しない理由を示すこと。
回答	強化浸透試験に該当しない理由は、「本輸送物の収納放射能は原子力規制委員会の定めるA ₂ 値を超えるが、A ₂ 値の300倍程度であり十万倍以下のため」である。

2.2 口章F

コメント	①各材料の経年変化の影響の有無について、「技術基準に照らして評価する上で経年変化の考慮は必要ない。」との主旨で記載すること。 また、根拠としている事項について、経年変化の考慮の必要性の検討は、「～が生じない。」という事実のみで文章を止めておくこと。
回答	各材料の経年変化の考慮の必要性の検討結果において、「技術基準に照らして評価する上で経年変化の考慮は必要ない。」のように記載する。 また、各材料の経年変化の考慮の必要性の検討内容において、事実で文章を止めるように記載する。低合金鋼（経年変化の要因：熱）の記載例参照

【低合金鋼（経年変化の要因：熱）の記載例】

・経年変化の考慮の必要性の検討

使用期間中に想定される低合金鋼の温度範囲である-20℃から60℃までを考慮する。クリープの影響を受ける温度は低合金鋼の融点(K)の三分の一である300℃であり、運搬中に予想される最高温度(60℃)と比較して十分に高いことから、仮に低合金鋼を使用期間中、継続して上記温度環境下に置いた場合でも、使用期間に想定される温度範囲においては組織変化、クリープ、割れ等の経年変化の影響は受けない。

以上のことから技術基準への適合性を評価する上で経年変化の考慮は必要ない。

コメント	②疲労評価について 経年変化評価で考慮する保守的な条件の内容を0章 F に示し、その結果については0章 A に示すこと。トラニオンの疲労評価も0章 A（構造解析）に記載すること。
回答	0章 F に反映する経年変化評価で考慮する保守的な条件の内容を【評価 5】に示す。 0章 F に記載していたトラニオンの疲労評価も併せて0章 A 付属資料に移動する。

【評価 5】

本輸送物の使用期間中に想定される経年変化の要因としては、容器保管中や使用中における温度変化(熱)、収納物から発生する放射線、腐食等の化学変化及び繰り返し応力が生じることによる疲労が考えられる。そこで、これらの経年変化を生じさせる要因について、本輸送容器の構成部品に関して評価を実施する。

熱、放射線、化学変化の評価においては、使用予定より保守的な条件として 60 年の連続使用を考慮する。また、疲労の評価において、トラニオンについては吊上げ予定回数を以下の通りとする。

吊上げ予定回数：輸送容器使用期間×輸送回数×吊上回数

ここで、

- ・輸送容器使用期間：60 年
- ・輸送回数 : 5 回／年
- ・吊上回数 : 20 回／輸送（輸送物の標準的な取扱いとして想定される吊上回数 4 回／輸送に、保守・点検等を含め保守的に設定）

したがって、吊上げ予定回数＝60×5×20＝6000 回とする。

その他の部位については内圧による応力を考慮して保守的に輸送回数 300 回を上回る 500 回の応力発生を考慮する。

コメント	③鉛の経年変化要因（化学）について 「密閉空間」がどのような影響を与えるか記載を追加すること。
回答	「密閉空間」により、鉛が外部の空気及び水分と遮断され酸化反応の進行が防がれるたる旨を記載する。詳細は【評価6】を参照

【評価6：鉛（経年変化の要因：化学）の説明】

・経年変化の考慮の必要性の検討

鉛は空気中では安定な酸化被膜を表面に形成し、下地の鉛を保護する。また、本材料はステンレス鋼に覆われており、密閉空間にあることから雨水との接触や酸素の連続供給がなく酸化反応の進行が防がれるため、経年変化の影響は受けない。

以上のことから技術基準への適合性を評価する上で経年変化の考慮は必要ない。

コメント	④キャストブルの経年変化要因（化学）について 断熱性能への影響が生じないことの根拠となる記載を充実させること。
回答	隙間が生じるような形状変化は生じない旨の説明にて断熱性能への影響が生じないことを示す。詳細は【評価7】を参照

【評価7：キャストブル（経年変化の要因：化学）の説明】

キャストブルは閉鎖空間に存在し、雨水との接触や大気の連続供給がないため、多湿による炭酸化のような化学変化は生じず、設計上考慮している断熱性能は維持される。また、経年による形状変化はほぼ生じることはなくキャストブル充填領域に本材料が存在していることから、経年変化により設計上考慮している断熱領域は維持される。

以上のことから、技術基準への適合性を評価する上で経年変化の考慮は必要ない。

コメント	⑤木材の経年変化要因（熱）について 緩衝体（木材）の環境温度を記載すること。
回答	緩衝体（木材）の環境温度として、使用期間中に想定される木材の温度が、熱解析で算出した容器の温度と同等である60℃までを考慮する旨を記載する。

2.3 口章 G

コメント	①上記口章Aのコメントを反映すること ②上記口章Fのコメントを反映すること
回答	口章Aの修正を踏まえ、蓋の口開き、応答増幅に関する記載を追記する。【評価8】 また、口章Fの修正を踏まえ、鉛とキャストブルの記載を追記する。【評価9】

【評価8】

- 2-1 本輸送物の固有振動数は158及び73.1[Hz]であり、車両輸送時及び船舶輸送時に受ける振動数域0~50[Hz]の範囲外である。よって、輸送物が共振することはなく、また応答増幅を考慮しても、輸送容器に亀裂、破損等は生じない。
11. 周囲の圧力が60kPaとなった場合にも本輸送物の密封境界である内容器に発生する応力は0.486MPaであり、基準値($S_y=193\text{ N/mm}^2$)に対し十分小さいため健全性を維持し、また、Oリングの初期締付量(1.1mm)に対して蓋のたわみによる蓋の変位量($1.56 \times 10^{-3}\text{ mm}$)は十分小さく密封境界の口開きは生じないため、密封性は保持される。また、運搬中に予想される周囲温度及び周囲圧力の変化を考慮しても、容器内外の差圧により部材に発生する応力が基準値に対し十分小さいため、ボルトを含む内容器は健全性を維持し、密封性は保持される。したがって、本輸送物から放射性物質の漏洩はない。

【評価9】

- ステンレス鋼については材料の表面に不動態膜を形成し、低合金鋼が使用されているボルトにはメッキを施すことから腐食は発生しにくく、定期自主検査の外観検査でステンレス鋼製の輸送容器外面又は内面に腐食が確認された場合は補修し、バスケット及び低合金鋼製のボルトに腐食が確認された場合は補修又は交換する。さらに発送前検査で輸送容器外面及び低合金製のボルトの外観に異常がないことを確認している。鉛は安定な酸化被膜を表面に形成し下地の鉛を保護しており、さらにステンレス鋼の密閉空間にあることから雨水との接触や酸素の連続供給がなく酸化反応の進行が防がれるため、木材はステンレス鋼製のカバープレートに覆われた閉鎖環境にあり、酸素が連続的に供給されないため、腐朽による経年変化の影響は受けない。一方、キャストブルは構造強度部材ではないが、経年による形状変化で隙間を生じないことから経年変化による断熱性能への影響を考慮する必要はない。