

資料 1-4

Doc No. GK04-SC-Z01 Rev.8

2023年11月22日

日立造船株式会社

補足説明資料 16-1

16条

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

(別紙 2 抜粋)

目 次

1. 特定機器型式証明申請に係る要求事項に対する適合性	1
2. Hitz-B69 型の構造	12
3. Hitz-B69 型の収納条件	25
4. 貯蔵施設の前提条件	32
5. Hitz-B69 型の設計貯蔵期間	34
6. Hitz-B69 型の安全設計	36
7. Hitz-B69 型の蓋間圧力等の監視について	37

別紙 1 Hitz-B69 型のハンドリングフロー例

別紙 2 バスケットの構造について

別紙 3 (欠番)

別紙 4 使用済燃料収納配置の考え方について

別紙 5 Hitz-B69 型の取扱時の構造健全性

バスケットの構造について

1. 概要

本資料は、特定兼用キャスク（以下、「キャスク」という。）である Hitz-B69 型のバスケット構造について、使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明（M-DPC20002）を受けた類似構造の先行例（Hitz-B52 型）のバスケットとの比較を含め以下に説明する。

2. バスケットの構造概要

Hitz-B69 型のバスケットは、使用済燃料集合体を収納する炭素鋼製の角パイプ（以下、「コンパートメント」という。）、コンパートメント間の隙間に配置する中性子吸収材、コンパートメント間の隙間を保持するスペーサ、これらを束ねると共に径方向の支持構造物となるサポートプレート、並びにキャスクの蓋側に配置される上部格子枠及びキャスク底板側に配置される底部プレートで構成される。

バスケット外周のコンパートメントに溶接したサポートプレートは周方向に分割しており、クランプという部材で周方向に連結している。（以下、主たる連結部材である「クランプ」とこれを固定するクランプボス及びクランプボルトによる締結構造を「クランプ構造」（図 別 2-5 参照）という。）また、コンパートメントの軸方向両端に溶接されたフランジプレート（サポートプレートと同形状）は、上部格子枠及び底部プレートとそれぞれボルトで締結している。

先行例（Hitz-B52 型）と Hitz-B69 型のバスケットの違いは次のとおりである。

先行例（Hitz-B52 型）のバスケットは、使用済燃料集合体収納部の全長がコンパートメントで構成される。一方で Hitz-B69 型のバスケットは、図 別 2-1 に示すとおり、使用済燃料集合体の収納部を上部格子枠とコンパートメントの組み合わせで構成しており、燃料有効部が収まるように中性子吸収材を配置している。

一般にキャスクの質量は、使用済燃料集合体の収納体数が増える（52 体→69 体）と増加する傾向があるが、一方で使用済燃料を含むキャスクの取扱重量制限は先行例（Hitz-B52 型）と Hitz-B69 型で大きく変わらない。

このため、Hitz-B69 型はキャスク単体としての軽量化が必要であり、その方法としてバスケットの軽量化が有効であると考えられる。

上部格子枠は、燃料有効部よりキャスク蓋側に位置することから、中性子吸収材を配置する必要がなく、主に使用済燃料集合体の幾何学的配置の保持に特化した構造とすることにより、安全機能を低下させることなく必要な構造強度を確保し、バスケットの軽量化を図ることができる。

なお、中性子吸収材のキャスク軸方向の配置は、輸送時における使用済燃料集合体の移

動並びに一般及び特別の試験条件下における使用済燃料集合体の上部構造体の変形を考慮しても中性子吸収材の範囲から燃料有効部が逸脱することはなく、中性子吸収材の適切な配置が維持される設計としており、技術的に想定されるいかなる場合でも未臨界を維持できる構造である。

使用済燃料集合体と中性子吸収材の位置関係を図 別 2-1 に示す。

以上のことから **Hitz-B69** 型のバスケットは、軽量化が期待できる上部格子枠とコンパートメントを組み合わせる構造とした。

バスケットの構造を図 別 2-2 に示す。

先行例 (**Hitz-B52** 型) と同様に **Hitz-B69** 型のバスケットにも適用しているクランプ構造の考え方については、次項で説明する。

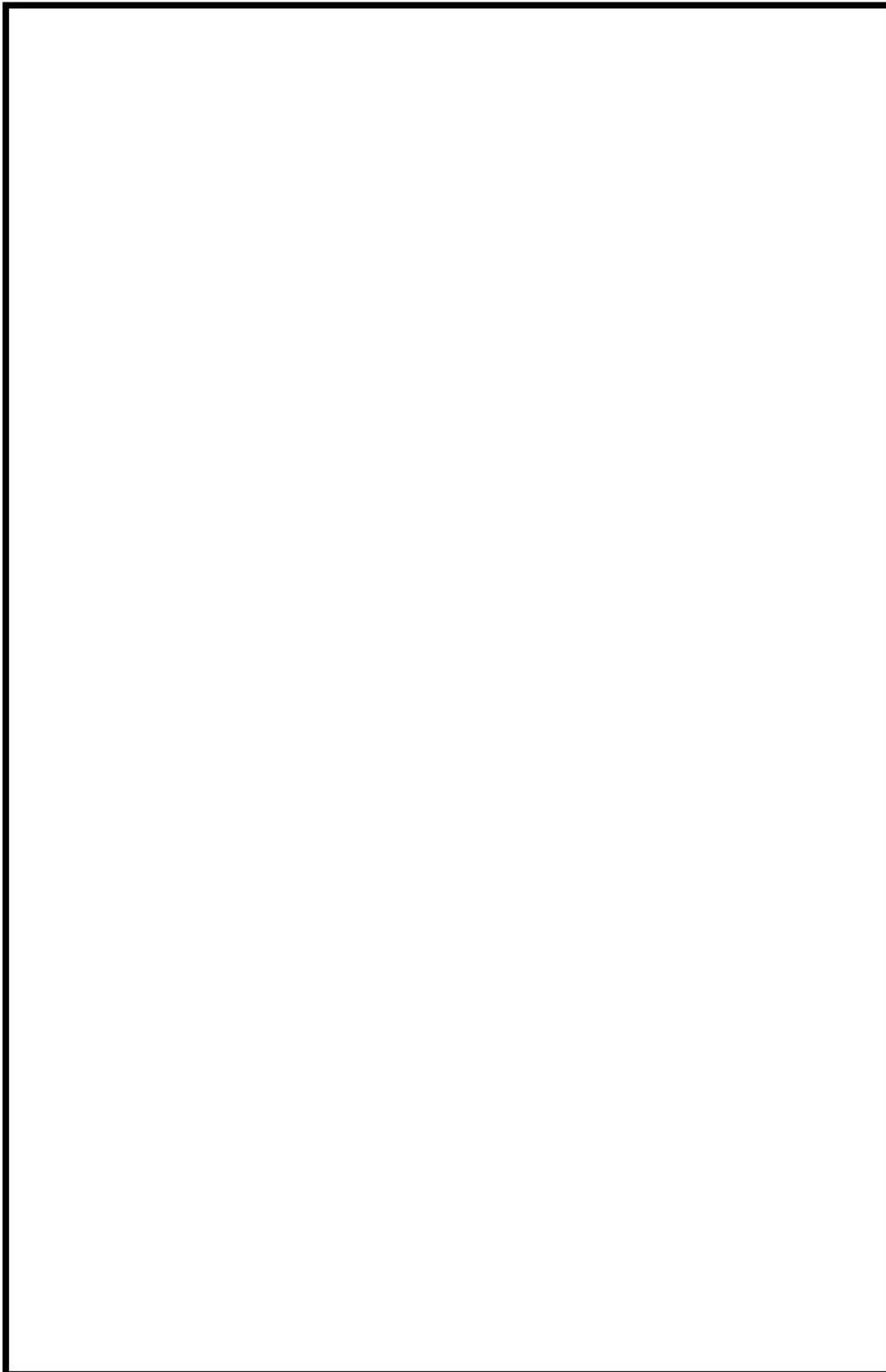


図 別 2-1 使用済燃料集合体と中性子吸収材の位置関係

別紙 2-3

 内は商業機密のため、非公開とします。

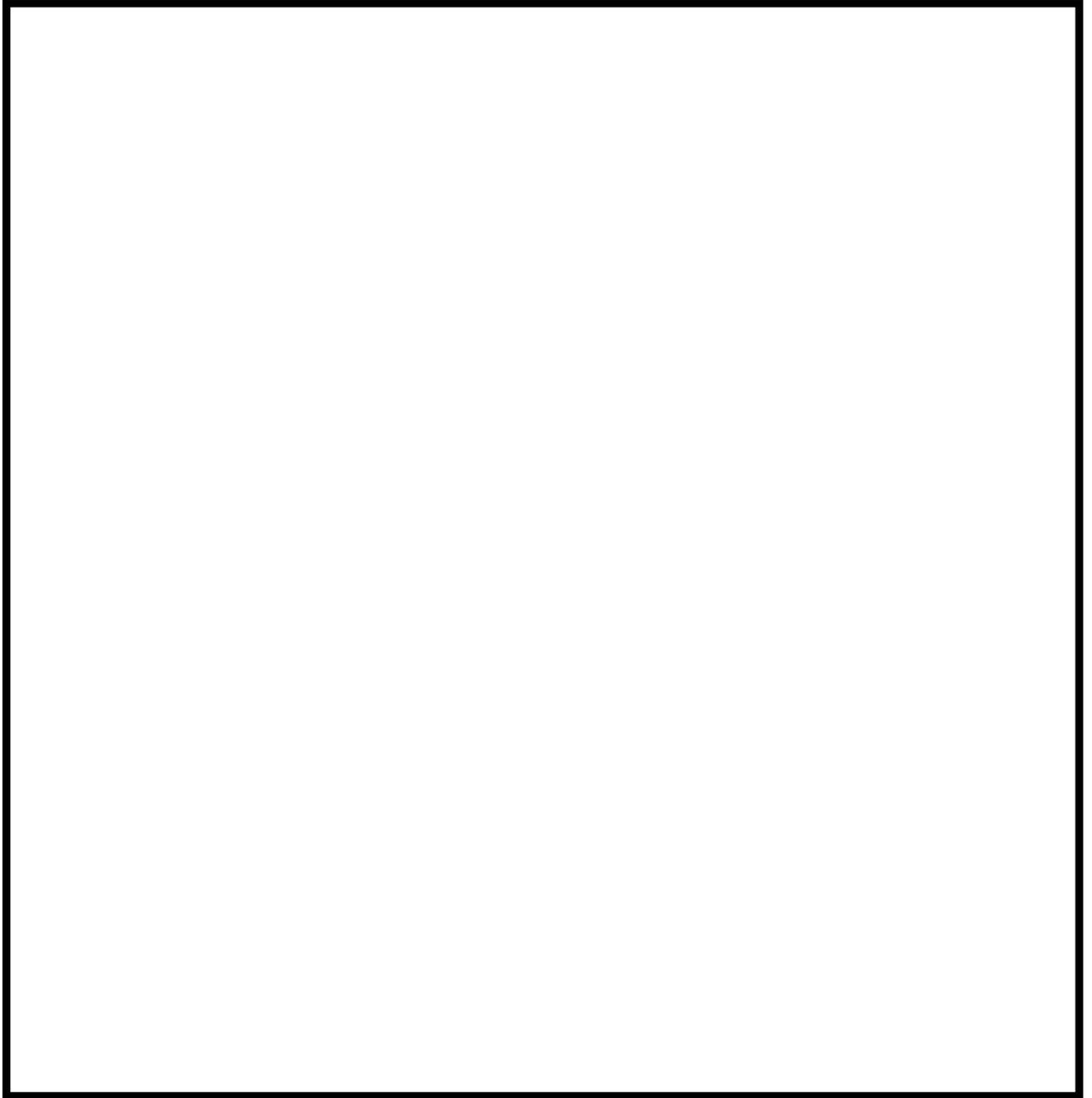


図 別 2-2 (1/2) バスケットの構造

別紙 2-4



内は商業機密のため、非公開とします。

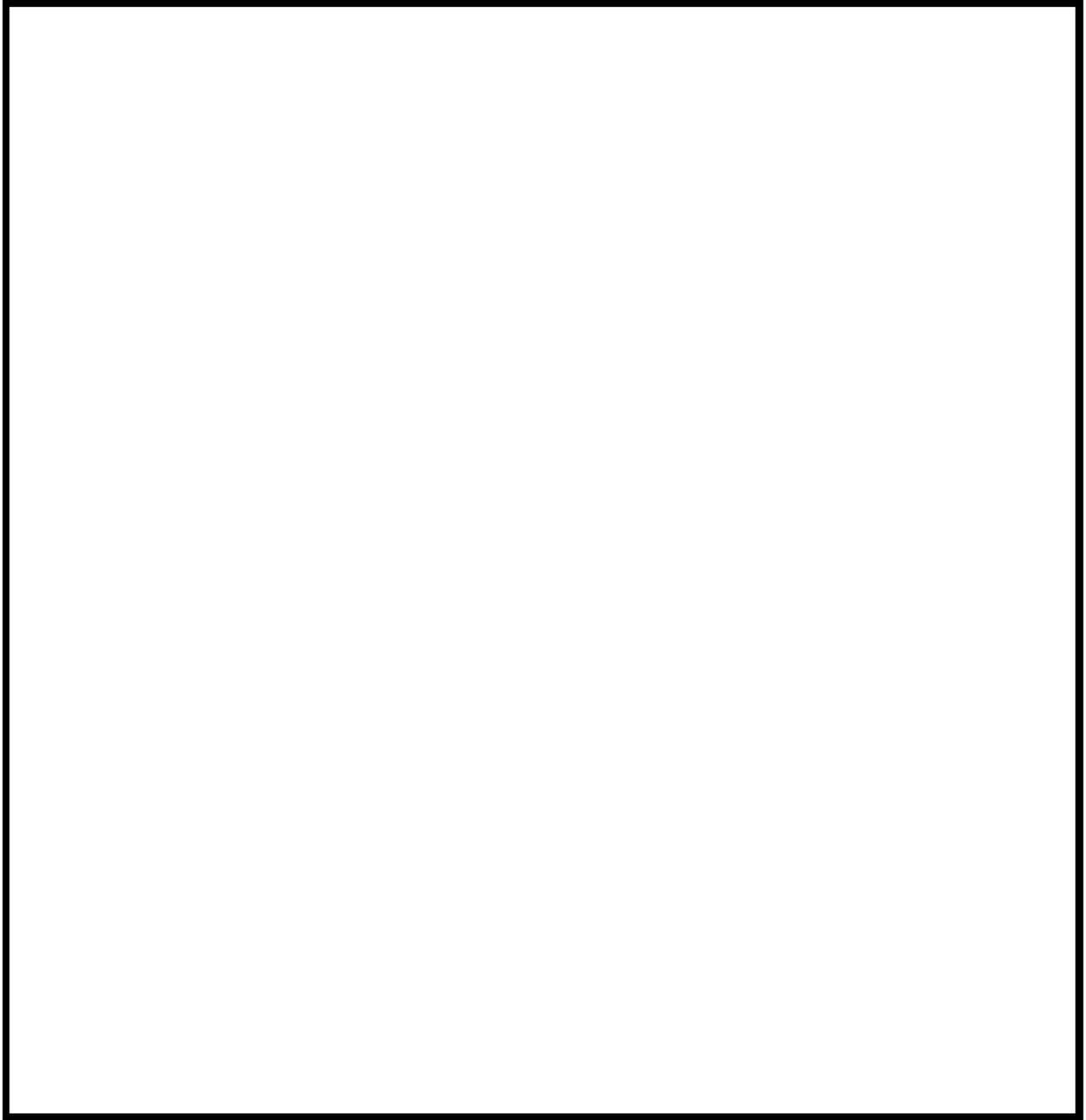


図 別 2-2 (2/2) バスケットの構造

別紙 2-5



内は商業機密のため、非公開とします。

3. クランプ構造について

クランプ構造は、周方向に分割したサポートプレートを連結するための構造であり、クランプ、クランプボス及びクランプボルトで構成され、サポートプレートに溶接されたクランプボスを上下からコの字型のクランプで挟み込み、クランプボスを貫通してクランプボルトで固定する構造である。(図 別 2-5 参照)

クランプ構造は上記の主な機能に加え、製造時等のバスケット単体を取り扱う場合において、バスケットを容器本体に挿入する際、サポートプレートを介して束ねられたコンパートメントの結束を締めたり緩めたりすることにより、バスケットの外径を調節するといった補助的機能を有している。

先行例 (Hitz-B52 型) は、Hitz-B69 型と同じく、クランプ構造でサポートプレートを周方向に連結する構造を適用している。ただし、先行例 (Hitz-B52 型) のクランプ構造は、除熱材であるアルミニウム合金を固定する機能を有しており、Hitz-B69 型のクランプ構造にはその機能がなく、アルミニウム合金はクランプ構造とは別の固定用ボルトでコンパートメントに固定される。

先行例 (Hitz-B52 型) と Hitz-B69 型のクランプ構造は、一部の機能に違いがあるものの目的とする基本的機能及び設計における考え方は同じである。

4. FEM 解析によるバスケットの変形挙動の評価

貯蔵時に比べて輸送時は衝撃加速度が大きくなる傾向があり、バスケットにかかる荷重は輸送時の方が大きくなると考えられる。一部塑性を含む弾性変形を考慮した場合、クランプ構造に負荷が加わる可能性のあることが予備的解析評価で想定されたため、輸送要件の安全解析では、一般の試験条件及び特別の試験条件において、図 別 2-4 に示すとおり、バスケットの変形挙動が臨界防止機能に対して有意な影響を与えないことを FEM 解析で確認している。

この時、クランプ構造は、ばね要素としてモデル化することでその影響を考慮しており、FEM 解析によるバスケットの変形挙動の評価では、瞬間的にバスケットが変形しても中性子吸収材の適切な配置が維持されることを確認 (サポートプレート間の隙間の相対変位は最大でも 1.3mm 程度) している。

また、格子間の隙間が広がることに対する臨界防止機能への影響については、補足説明資料 16-2 別紙 1-2 表に示すとおり、格子間の隙間厚さの感度解析結果において、全ての条件で格子間の隙間厚さの最大が最小を下回っており、格子間の隙間が大きくなるほど中性子実効増倍率が低下することを確認している。

なお、除熱解析において、キャスクの本体胴に対してバスケットを中央とする配置は、径方向に本体胴とバスケットが接触しない条件であることから除熱評価上厳しい条件となり、補足説明資料 16-4 図 1-1 に示すとおり、本キャスクはバスケットを中央に配置した条件で除熱機能の評価している。

バスケットがキャスク内で偏るとバスケットと本体胴が接触し、本体胴への熱伝達が容易になることから、バスケットの変形挙動が除熱機能に対して有意な影響を与えることはない。

5. 外部事象に対するバスケット構造の考え方

容器本体に挿入したバスケットは、本体胴で径方向に保持される。

バスケットと本体胴の隙間は小さく、本体胴による径方向の保持によりバスケットの変形挙動が抑えられることに伴ってクランプ部の相対変位（輸送時の条件下で最大1.3mm程度）が抑制されるため、クランプ構造内の隙間等を考慮するとクランプ構造に有意な応力が生じることはない。

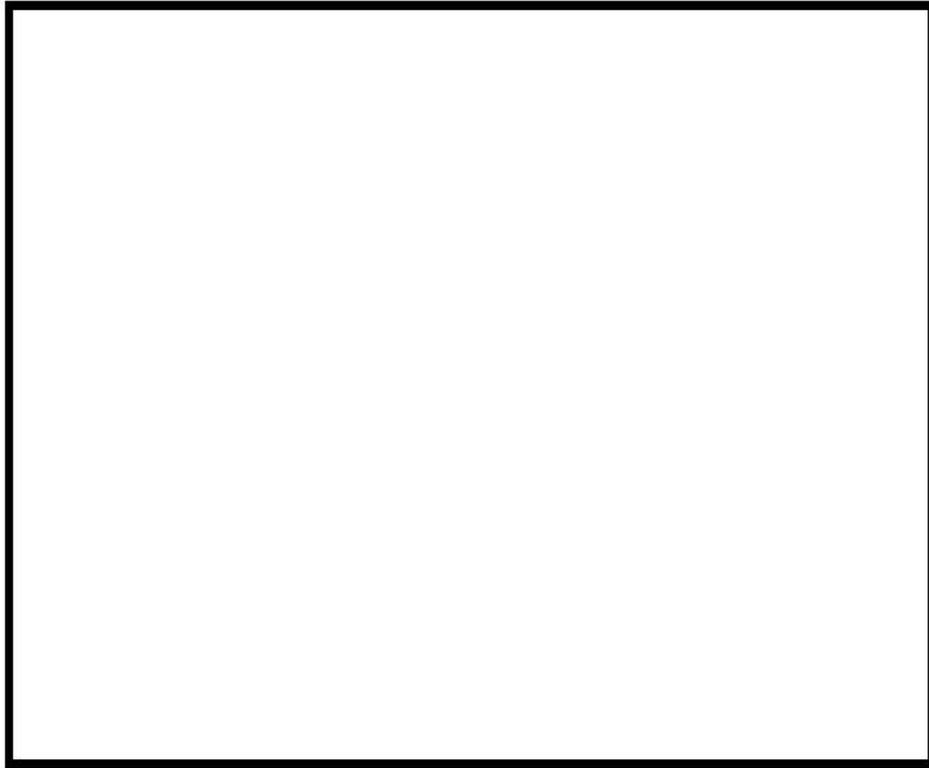
クランプ構造がない場合にバスケットが径方向に広がろうとしても貯蔵時の外部事象を想定した荷重条件では、この考え方が成り立つことを予備的解析評価で確認しており、クランプ構造の有無は、安全機能及び安全機能を担保する構造強度に対して有意な影響を与えることはない。

また、地震、津波及び竜巻飛来物の外部事象で想定する最大の加速度 は、輸送要件の FEM 解析におけるバスケットの変形挙動の評価で想定している設計加速度 を大きく下回っており、外部事象におけるバスケットに生じる応力及び変形挙動の評価では、輸送時と同様のクランプ構造をばね要素とした FEM 解析による確認は必要なく、クランプ構造を応力及び変形挙動の評価対象としないモデルを用い、応力評価式による計算で評価することとした。



図 別 2-3 クランプ構造の概要

別紙 2-8



a) 水平落下評価モデル（載荷前）



b) 0.3m 水平落下評価モデル

※Max 5.3mm（相対変位 1.3mm）は、9m 水平落下時を含む全解析ケースにおける最大値を示す。

図 別 2-4 FEM による輸送時の水平落下解析モデル例

別紙 2-9



a) クランプ断面図



b) クランプばね反力特性

図 別 2-5 FEM による輸送要件の構造解析に用いたクランプの断面図とばね反力特性