

発電用原子炉施設に係る特定機器の設計の 型式証明申請

設置許可基準規則への適合性について (コメント回答2)

2023.10.20
日立造船株式会社

目次

1. 指摘事項（コメント）リスト
 2. 指摘事項（コメント）への回答
 3. 今後のスケジュール
- 参考 1. 過去の関連する審査会合でのコメント回答
- 参考 2. Hitz-B69型の概要
- 参考 3. 承認を受けた他のキャスクとの違い

1. 指摘事項（コメント）リスト

1. 指摘事項（コメント）リスト

No.	受領日	コメント内容	該当条文	コメント回答	対応状況
1	2022/09/15 審査会合	横置き(Hitz-B69型)と縦置き(Hitz-B52型)の違いによる安全機能の評価の違いについて、審査の中で詳細に説明すること。	全般	<ul style="list-style-type: none">・臨界防止機能については、置き方の違いによる影響はない。・除熱機能については、横置き配置に対し、保守的な条件設定としている。	臨界防止機能及び除熱機能については第21回審査会合(2022/12/5)で回答。
				<ul style="list-style-type: none">・遮蔽機能については、燃料集合体の胴内部の軸方向位置の考慮の仕方に違いがある。・閉じ込め機能については、違いはない。	遮蔽機能及び閉じ込め機能については第24回審査会合(2023/2/28)で回答。

1. 指摘事項（コメント）リスト

No.	受領日	コメント内容	該当条文	コメント回答	対応状況
2	2022/09/15 審査会合	<p>バスケット構造について、上部格子枠の構造にした理由を説明すること。また燃料集合体と格子枠、コンパートメントとの関係を示すこと。</p> <p>クランプとその構成部材に関して、Hitz-B52型と構造が少し異なるが、考え方や構造強度評価上問題ないことを説明すること。</p> <p>JSME金属キャスク構造規格でバスケット材として規定されていないSG295を採用した理由を説明すること。またSG295材に変更することで、遮蔽や構造強度など、安全機能への影響も説明すること。</p>	全般	<p>補足説明資料16-1の別紙2にて、バスケット構造(上部格子枠やクランプ構造について)を説明する。⇒P11～14</p> <p>補足説明資料16-1の別紙3にて、SG295材の採用理由及び安全機能への影響について説明した。</p> <p>⇒追加のコメントはNo.14、No.15に記載。</p>	第27回(2023/08/24)審査会合で回答。

1. 指摘事項（コメント）リスト

No.	受領日	コメント内容	該当条文	コメント回答	対応状況
3	2022/09/15 審査会合	設計基準値が各安全機能の評価で異なる個所があるが、どのように許容基準を設定しているのか詳細を説明すること。 基本設計方針が示されているが、それと設計基準値との関係、考え方を示すこと。	全般	基本方針及び許容基準の考え方、その具体的な数値を示し、説明した。	第27回(2023/08/24) 審査会合で回答。
4	2022/09/15 審査会合	使用済燃料の収納配置条件が4つ示されているが、評価条件の代表性の考え方を具体的に説明すること。	全般	基本的安全機能に対して、各配置条件での評価及びその代表性について説明した。	<p>臨界防止機能及び除熱機能については第21回 審査会合 (2022/12/5) で回答。</p> <p>遮蔽機能及び閉じ込め機能については第24回審査会合 (2023/2/28) で回答。</p>

1. 指摘事項（コメント）リスト

No.	受領日	コメント内容	該当条文	コメント回答	対応状況
5	2023/2/28 審査会合	Hitz-B69型に特徴的な構造である上部格子枠のモデル化の考え方の保守性と妥当性について説明すること。	16条 (遮蔽)	補足説明資料16-3別紙8に説明を追加する。 ⇒追加のコメントはNo.16に記載。	第27回(2023/08/24)審査会合で回答。
6	2023/2/28 審査会合	使用済燃料（Zrライナなし）について、基準値200℃に対し解析結果が197℃と裕度が小さいため、解析の保守性や基準値の妥当性について説明すること。	16条 (長期健全性)	除熱解析の保守性及び基準値の妥当性については、補足説明資料16-6の7及び16ページに説明を追加する。	第27回(2023/08/24)審査会合で回答。
7	2023/2/28 審査会合	中性子遮蔽材の質量減損について、設定した温度の根拠と、具体的な温度の考慮の仕方を説明すること。	16条 (遮蔽)	補足説明資料16-3別紙2に根拠及び具体的な温度の考慮の仕方について説明を追加する。	第27回(2023/08/24)審査会合で回答。
8	2023/2/28 審査会合	表面線量率が先行例と比較して大きく低い値になっているが、その理由に挙げている「中性子が遮蔽されやすい構造」について説明すること。	16条 (遮蔽)	補足説明資料16-3別紙7の説明を修正し、説明を追加する。	第27回(2023/08/24)審査会合で回答。

1. 指摘事項（コメント）リスト

No.	受領日	コメント内容	該当条文	コメント回答	対応状況
9	2023/5/11 審査会合	シール部許容値の見直し説明の中の「設計温度を合理的に設定」について、具体的な説明を示すこと。	4条 (地震)	「設計温度を合理的に設定」の具体的な説明について、審査会合資料を見直し、説明した。	第27回(2023/08/24) 審査会合で回答。
10	2023/5/11 審査会合	入力値の誤りについて、誤りの理由及び他に誤りがないか社内の申請書の確認体制も含めて説明すること。	5条 (津波)	「入力値の誤りの理由及び他に誤りがないこと」及び「社内の申請書の確認体制」について、説明した。 ⇒ 追加の質問は No.17に記載。	第27回(2023/08/24) 審査会合で回答。
11	2023/5/11 審査会合	申請時から設計方針が変更になった点について、理由を説明すること。	4条 (地震) 5条 (津波) 6条 (竜巻)	「設計方針の変更の理由」について、説明した。	第27回(2023/08/24) 審査会合で回答。

1. 指摘事項（コメント）リスト

No.	受領日	コメント内容	該当条文	コメント回答	対応状況
12	2023/5/11 審査会合	「バスケットは臨界防止上有意な変形が生じないように設計することについて、コンパートメントの基準値(Sy、Su)及びサポートプレートの基準値(fc)の設定の考え方を説明すること。	4条 (地震) 5条 (津波) 6条 (竜巻)	コンパートメントの基準値(Sy、Su)及びサポートプレートの基準値(fc)の設定の考え方を説明した。	第27回(2023/08/24) 審査会合で回答。
13	2023/5/11 審査会合	津波荷重の荷重条件について、津波波圧と漂流物衝突荷重をそれぞれ作用させるとあるが、同時なのか別々なのか不明瞭であるので、説明内容を見直すこと。	5条 (津波)	津波波圧と漂流物衝突荷重が「それぞれ作用する」という表現は、「同時に作用する」という記載に変更する。	第27回(2023/08/24) 審査会合で回答。
14	2023/8/24 審査会合	JSMEでバスケット材料への適用が認められたSGV410が規定されているJIS G 3118は、SG295を規定しているJIS G 3116よりも多くの項目を規定しており、バスケット材料にSG295を適用するためには、JIS G 3118と同じく製造方法、熱処理、オーステナイト結晶粒度について定める必要がある。この点について、考え方や方針を説明すること。	概要	SG295については、製造時にJIS G 3116の規定に加え、JIS G 3118と同等となる製造方法、熱処理、オーステナイト結晶粒度を規定する。 本件については、「2.指摘事項への回答」で詳しく説明する。 ⇒P.12~16	次回審査会合で回答予定。

1. 指摘事項（コメント）リスト

No.	受領日	コメント内容	該当条文	コメント回答	対応状況
15	2023/8/24 審査会合	バスケットに用いるクランプは、地震、津波、竜巻で評価対象外としているが、特定兼用キャスクであることから、輸送時と貯蔵時における評価対象の考え方は同じであるべきと考える。 クランプには有意な応力が生じないことから評価対象外とすると説明しているが、クランプには有意な応力が生じないことを具体的に説明すること。	概要	クランプに有意な応力が生じないことを具体的に説明するとともに補足説明資料を訂正する。 本件については、「2. 指摘事項への回答」で詳しく説明する。 ⇒P.17~19	次回審査会合で回答予定。
16	2023/8/24 審査会合	上部格子枠のモデル化の考え方について、均質化によって軸方向に非保守側の評価になっている可能性があるため、解析モデルにおける軸方向の保守性について説明すること。	16条 (遮蔽)	三次元輸送計算コードを用いた確認を行った。その結果、非保守側の影響は存在するが、問題にならないことを説明する。 ⇒P.20,21	次回審査会合で回答予定。
17	2023/8/24 審査会合	入力値の誤りに対する対応で示している水平展開として、過去のキャスク評価でも同様の誤りがなければ確認すること。	5条 (津波)	過去のキャスク評価で同様の誤りがなければ確認したことを説明する。 ⇒P.22	次回審査会合で回答予定。

2. 指摘事項（コメント）への回答

指摘事項 No.14

指摘事項 No.16

指摘事項 No.15

指摘事項 No.17

指摘事項 No.14

JSMEでバスケット材料への適用が認められたSGV410が規定されているJIS G 3118は、SG295を規定しているJIS G 3116よりも多くの項目を規定しており、バスケット材料にSG295を適用するためには、JIS G 3118と同じく製造方法、熱処理、オーステナイト結晶粒度について定める必要がある。この点について、考え方や方針を説明すること。

(回答)

1. 製造方法

図1に材料の製造フロー、図2にバスケットのコンパートメントの製造フローを示す。

JSME金属キャスク構造規格においてバスケット材料として認められている炭素鋼の規格であるJIS G 3118では、製造方法として「鋼板は、細粒キルド鋼から製造する。」と規定されている。

一方、SG295が規定されているJIS G 3116には、製造方法の規定がないことから、バスケット材料に使用するSG295については、**製造管理規定として「鋼板及び鋼帯は、細粒キルド鋼から製造する。」を規定**することとし、申請書の添付書類一 別添1-1「バスケット用材料 炭素鋼（SG295）に関する説明書」を補正する。

2. 熱処理

JIS G 3116に規定されるSG295は、炭素量が0.2%以下の普通鋼に分類され、熱処理による材料強度および靱性の向上を考慮していないため、熱処理で調質する必要はない。

したがって、本材料は「圧延のまま」と考えている。

また、SG295は炭素量が0.2%以下の低炭素鋼であり、熱による経年変化から着目される金属組織の長期健全性の観点としては、以下の2点が考えられる。

- セメントイト（ Fe_3C ）の黒鉛化に伴う材料強度の低下
- コンパートメントの曲げ成形時の冷間加工に伴うひずみ時効による脆化

2. 指摘事項（コメント）への回答

（指摘事項No.14回答／つづき）

（1）セメンタイト（ Fe_3C ）の黒鉛化に伴う材料強度の低下

炭素鋼は、セメンタイトと呼ばれる Fe_3C の炭化物によって機械的性質が大きく変化するといわれており、一般的に生成するセメンタイトの量が多くなると炭素鋼は硬くなるといわれている。このセメンタイトが黒鉛化することによって、炭素鋼の強度は低下する。

しかし、セメンタイトの黒鉛化は480℃から始まるため^[1]、**使用温度条件が480℃以下であれば、セメンタイトの黒鉛化に伴う材料強度の低下を考慮する必要はない。**

したがって、Hitz-B69型のバスケットの使用温度域は-22.4℃～300℃であることから、**セメンタイトの黒鉛化に伴う材料強度の低下を考慮する必要はない。**

（2）コンパートメントの曲げ成形時の冷間加工に伴うひずみ時効による脆化

ひずみ時効は、冷間加工を施した局部が時間の経過とともに硬く（脆く）なる硬化現象であり、固溶した炭素原子や窒素原子の影響によるものといわれている。^[2]

これまで、SG295は炭素量0.2%以下の細粒アルミキルド鋼であり、薄い鋼板であることからひずみ時効に伴う脆化は問題にならないと考えていた。

しかし、調査の結果、現状の規定では、ひずみ時効に伴う延性－脆性遷移温度の上昇から、ひずみ時効に起因する脆性破壊を完全に否定することはできないと推察される。

ひずみ時効に起因する脆性破壊を防止するためには、添加する炭素量を0.1%以下に制限するか、冷間加工で生じた材料の残留応力を除去するとともに延性及び靱性を回復する必要がある。

したがって、バスケット材料に使用するSG295については、冷間加工後に図2に示す応力除去焼鈍を施して材料の延性及び靱性を回復させ、ひずみ時効を抑制することとする。

(指摘事項No.14回答／つづき)

3. オーステナイト結晶粒度

鋼は結晶粒が微細であるほど強度と靱性が高くなり、JIS G 0202ではオーステナイト結晶粒度5以上を細粒鋼、5未満を粗粒鋼としている。

JIS G 3118では「鋼板は、細粒キルド鋼から製造する。」および「オーステナイト結晶粒度は5以上とする」ことが規定されており、酸可溶性アルミニウムの分析値（溶鋼分析において酸に溶解するアルミニウム成分の分析値）が0.015%以上の場合は、オーステナイト結晶粒度試験を省略できることが付記されている。

JIS G 3118のSGV410とJIS G 3116のSG295は同等の化学成分であり、アルミニウムは結晶粒の粗大化を抑制する効果があることから、SGV410と同等の酸可溶性アルミニウムを含有していれば、SG295のオーステナイト結晶粒径はSGV410と同等と考えられる。

したがって、バスケット用材料として使用するSG295は、金属キャスク構造規格においてバスケット材料として認められているSGV410と同等の機械的性質を確保するために、新たに**製造管理規定として「オーステナイト結晶粒度を5以上または酸可溶性アルミニウムの分析値を0.015%以上とする。」ことを定め**、申請書の添付書類一 別添1-1「バスケット用材料 炭素鋼（SG295）に関する説明書」を補正する。

参考文献

- [1] 手塚則雄,米山猛,“設計者に必要な材料の基礎知識”,日刊工業新聞社,(2003),p55
- [2] 小林政信,山本恭永,為広博,“基礎 材料学”,コロナ社,(2011),p162-p163

2. 指摘事項（コメント）への回答

(指摘事項No.14回答/つづき)

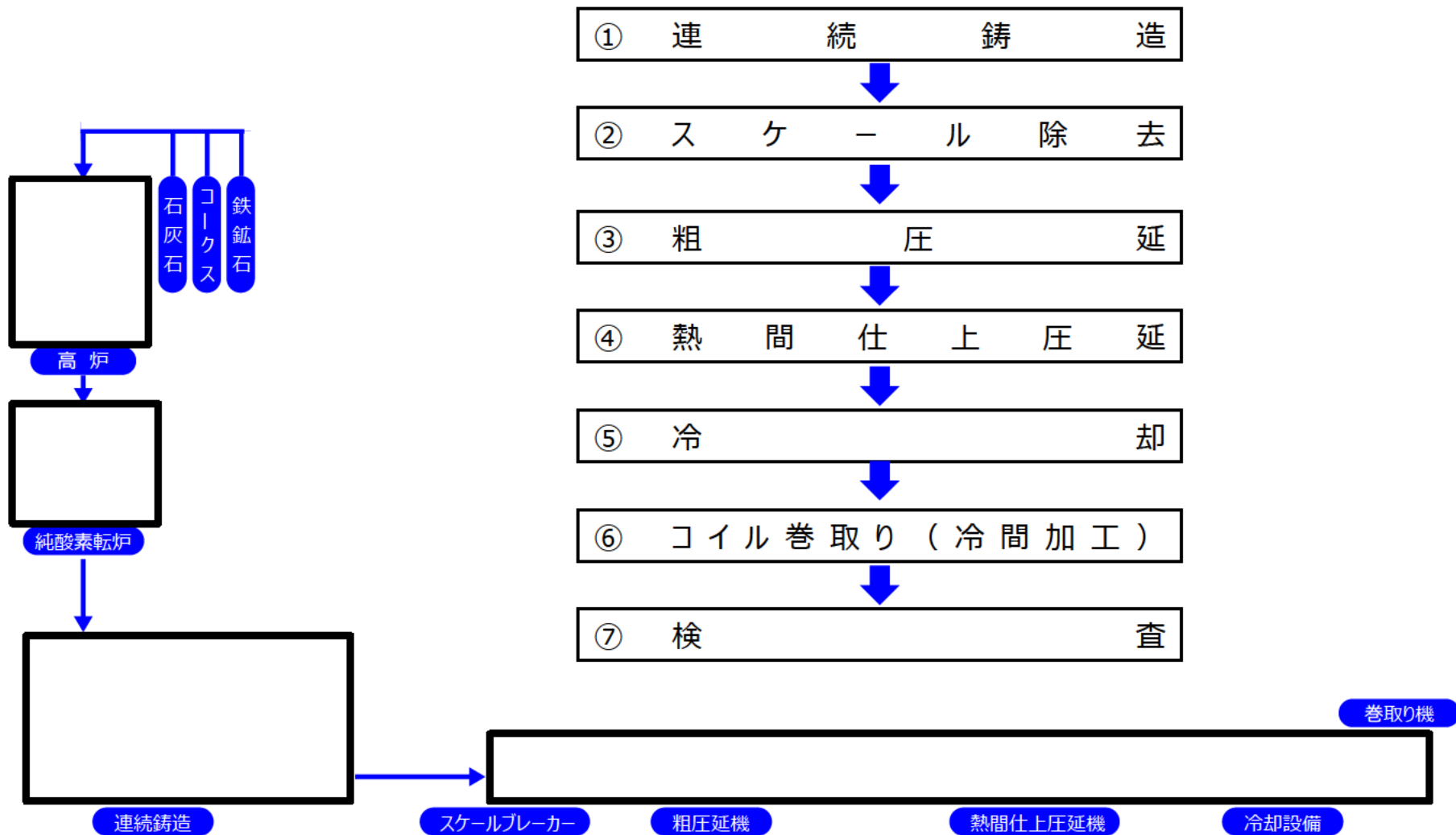
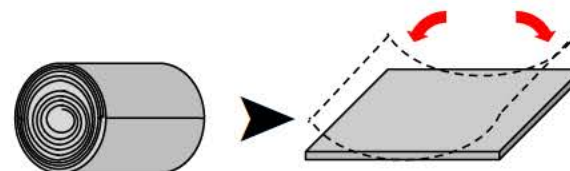


図1 材料（鋼板及び鋼帯）の製造フロー

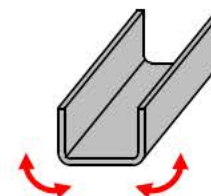
2. 指摘事項（コメント）への回答

(指摘事項No.14回答/つづき)

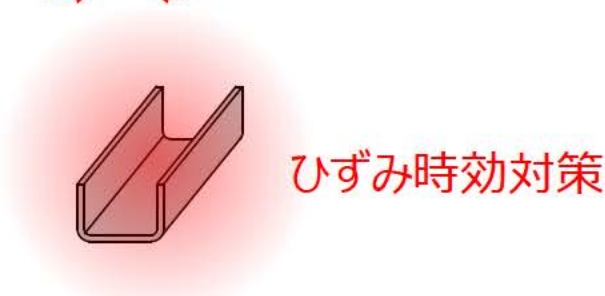
① 整直（冷間加工）



② 曲げ加工（冷間加工）



③ 応力除去焼鈍



④ レーザ溶接

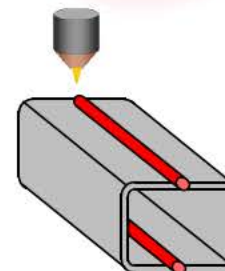


図2 コンパートメントの製造フロー

指摘事項 No.15

バスケットに用いるクランプは、地震、津波、竜巻で評価対象外としているが、特定兼用キャスクであることから、輸送時と貯蔵時における評価対象の考え方は同じであるべきと考える。クランプには有意な応力が生じないことから評価対象外とすると説明しているが、クランプには有意な応力が生じないことを具体的に説明すること。

(回答)

クランプ構造について、**図4**に示す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、FEMでバスケットの変形挙動が臨界防止機能に有意な影響を与えないことを確認している。この際、クランプはばね要素としてモデル化し、クランプの影響も考慮して解析を行っているが、この解析結果から、**図5**に示すとおりクランプ部の**相対変位は最大でも1.3mm**であり、一方、**図6**に示すとおり、クランプには**1.5mmの隙間がある**ことから、いずれの条件下においてもクランプに有意な応力が生じることはない。

また、地震、津波及び竜巻飛来物の外部事象の評価では、地震、津波及び竜巻飛来物の外部事象で考慮する最大の設計加速度 が輸送時の各試験条件下で想定される設計加速度 を大きく下回るため、外部事象におけるバスケットの構造強度は、クランプの影響を考慮する必要はなく、応力評価式による計算で評価することとした。

補足説明資料16-1 別紙2において『輸送時においては、「特別の試験条件」における構造解析の中でクランプをばね要素としてモデル化し、自由落下によって大きな衝撃加速度が生じた際に、中性子吸収材の適切な配置を保持するための補助部材として評価に用いている。』と説明しているが、この説明はクランプを考慮して構造強度を評価しているとの誤解を招くことから見直すこととする。

2. 指摘事項（コメント）への回答

(回答)

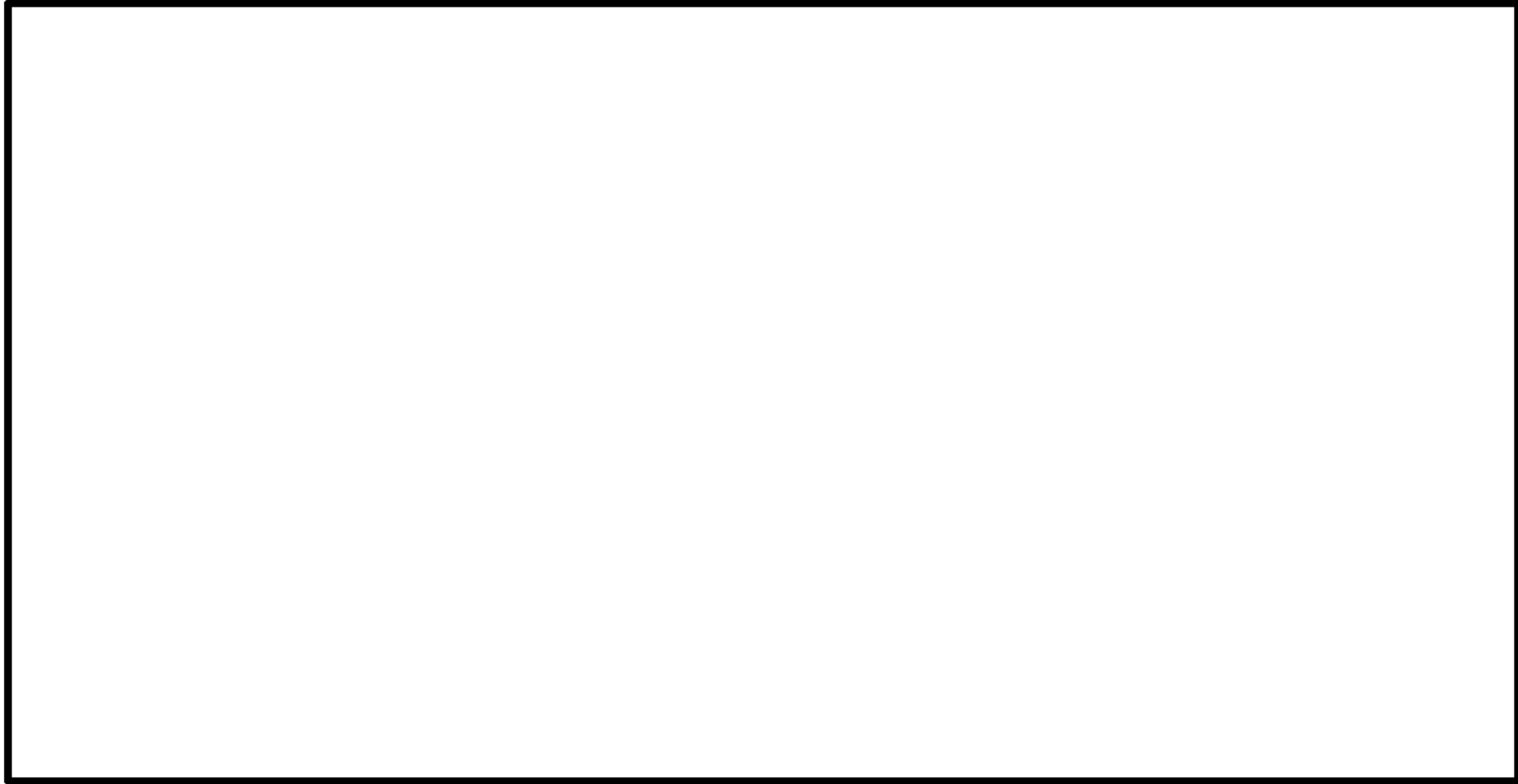


図4 FEM解析モデル図例（Abaqus）

※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。

2. 指摘事項（コメント）への回答

(回答)



図5 クランプ断面図



図6 クランプばね反力特性

2. 指摘事項（コメント）への回答

指摘事項 No.16

上部格子枠のモデル化の考え方について、均質化によって軸方向に非保守側の評価になっている可能性があるため、解析モデルにおける軸方向の保守性について説明すること。

(回答) 補足説明資料16-3 別紙9 参照

均質化における保守性の基本的な考え方は、「均質化領域に考慮する物質の量が、実形状で対応する領域に存在する物質の量を超えないように設定することであり、バスケットの格子構造を均質化することによる軸方向の非保守性に関する詳細な検討は行っていない。

均質化による軸方向の非保守側の影響を確認するため、格子構造を均質化せずにモデル化可能な三次元輸送計算コード（MCNP5）を用い、格子構造を均質化しないモデル及び遮蔽機能評価に適用している二次元モデルと同様に均質化したモデル、それぞれの蓋部側軸方向の線量当量率を求めて比較した。



[格子構造を均質化しないモデル（非均質化モデル）]



[格子構造を均質化したモデル（均質化モデル）]

2. 指摘事項（コメント）への回答

(つづき)

非均質化モデルと均質化モデルの比較から、Hitz-B69型の蓋部側軸方向の線量当量率については、

- ・中性子は、格子構造の均質化の有無で顕著な差が無く、非保守側の影響が確認できなかった。
- ・構造材放射化ガンマ線は、格子構造の均質化をすることで約20%程度過少評価する可能性が示された。
(中性子が支配的であるため、合計の線量当量率には大きな影響を及ぼさない。)



[Hitz-B69型二次蓋表面の線量当量率]

[Hitz-B69型蓋部断面実形状]



[Hitz-B69型遮蔽機能評価モデル]

Hitz-B69型の遮蔽機能評価に適用している解析モデルは、

- ・ 蓋部側軸方向に支配的な中性子に対して、ことで線量当量率の最大値の評価に対する保守性を有している。
- ・ 格子構造の均質化による過小評価の可能性のある構造材放射化ガンマ線の線量当量率（左上図の黒実線）は、非均質化モデルの解析結果（左上図の▲）と同等の結果が得られており問題ない。

指摘事項 No.17

入力値の誤りに対する対応で示している水平展開として、過去のキャスク評価でも同様の誤りがないか確認すること。

(回答)

指摘事項No.10に関連して、過去のキャスク評価について、以下のとおり社内で水平展開し、確認を行った。

事象：バスケットに対する津波の影響評価

確認事項：型式証明申請を行っている他キャスク設計（Hitz-P24型、Hitz-B52型）に対し、**作用する加速度を取り違えて評価しないよう**、キャスク方向毎の加速度が適切に示されていることの確認を行った。

事象：外筒に対する竜巻飛来物の影響評価

確認事項：型式証明申請を行っている他キャスク設計（Hitz-P24型、Hitz-B52型）に対し、**ワークシート毎に異なる事象の混同による間違いがないよう**、計算条件が適切に設定されていることの確認を行った。



確認結果：**型式証明申請を行っている他キャスク設計（Hitz-P24型、Hitz-B52型）に対し再チェックを実施し、同様の誤りがないことを確認した。**

3. 今後の説明スケジュール

3. 今後の説明スケジュール

- 審査での説明スケジュールを以下に示す。

条項	2022年度			2023年度		
	6月～ 9月	10月～ 12月	1月～ 3月	4月～ 6月	7月～ 9月	10月～ 12月
全般	▼7/29 申請			コメント回答 ▼▼	コメント回答 ▼▼	補正▼ コメント回答 ▼(10/20)
型式証明申請の概要	▼ []	9/15審査会合				
4条 地震による損傷の防止			5/11審査会合▼ []			
5条 津波による損傷の防止			5/11審査会合▼ []			
6条 外部からの衝撃による損傷の防止			5/11審査会合▼ []			
16条 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	[] (概要) (臨界、除熱)	[] (遮蔽、閉じ込め 長期健全性)	▼ 12/5審査 会合	▼ 2/28審査 会合	[] (SG295材)	8/24審査会合▼ 審査会合▼ (11下旬)



地球と人のための技術をこれからも

日立造船はつないでいきます。かけがえのない自然と私たちの未来を。

Hitz
Hitachi Zosen

日立造船株式会社 <https://www.hitachizosen.co.jp/>

無断複製・転載禁止 日立造船株式会社

参考 1 . 過去の関連する審査会合でのコメント回答

指摘事項 No.2

バスケット構造について、上部格子枠の構造にした理由を説明すること。また燃料集合体と格子枠、コンパートメントとの関係を示すこと。－(1)

クランプとその構成部材に関して、Hitz-B52型と構造が少し異なるが、考え方や構造強度評価上問題ないことを説明すること。－(2)

JSME金属キャスク構造規格でバスケット材として規定されていないSG295を採用した理由を説明すること。またSG295材に変更することで、遮蔽や構造強度など、安全機能への影響も説明すること。－(3)

(1) 上部格子枠の構造にした理由に関する回答

燃料、コンパートメントとの関係図を、下図に示す。使用済燃料上部構造材の一部が上部格子枠に収まる。 ⇒補足説明資料16-1

別紙2-1ページ～

別紙2-3ページ

2. 指摘事項（コメント）への回答

(1) 上部格子枠の構造にした理由に関する回答（続き）：燃料集合体と格子枠、コンパートメントとの関係

Hitz-B69型においては、キャスク重量は使用済燃料の収納体数の増加分だけ（52体→69体）増加するが、一方でキャスクの取扱制限重量はHitz-B52型とHitz-B69型で大きく変わらないことから、バスケットの軽量化を図る必要が生じたため、全長をコンパートメントとする構造から上部格子枠とコンパートメントを組み合わせる構造に変更した。

上部格子枠は、燃料有効部（前頁参照）より上部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、主に使用済燃料の幾何学的配置の保持に特化した構造とし、これによりバスケットの軽量化を図ることとした。

2. 指摘事項（コメント）への回答

((2)クランプとその構成部材に関する回答) : 考え方、構造強度評価上問題ないことの説明

<バスケットの全体構成>

- 外周のコンパートメントをサポートプレート等で結合
- 上端は上部格子枠を配置しボルトで締結
- 下端は底部プレートとボルトで締結
- サポートプレートは周方向に分割して外周のコンパートメントに溶接し、クランプ及びクランプボスという連結部材で周方向にサポートプレートを締結。
(以下、クランプとクランプボスによる締結構造を「クランプ構造」という。)

<クランプ構造>

- サポートプレートを挟んで軸方向に上下一組で一つの締結構造を形成する構造である。
- クランプ構造は、周方向に分割したサポートプレートを締結する部材である。
- 製作時のバスケット取扱時において、バスケットを束ねて外径を調整し、本体胴にバスケットを挿入する際の補助的機能を担う。
- バスケットを本体胴に挿入した後は、本体胴とバスケットの隙間が狭いことから、クランプ構造の有無に拘わらず、バスケットは本体胴で保持される。
- クランプ構造は、外部事象に対し重要な構造強度部材ではなく、クランプの有無に拘わらず、使用済燃料集合体の幾何学的配置、ならびに中性子吸収材の適切な配置は保持できる。
- 型式証明審査対象外となる輸送時の特別の試験条件下においては、中性子吸収材の適切な配置を保持するための補助部材としての役割を担う。

⇒補足説明資料16-1 別紙2-6ページ～別紙2-7ページ

2. 指摘事項（コメント）への回答

((2)クランプとその構成部材に関する回答) (続き)

クランプ構造は、クランプ、クランプボスおよびクランプボルトで構成され、サポートプレート突き抜けるよう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、クランプ側に設けられたねじ穴を用いて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。

<モデル化>

地震、津波及び竜巻飛来物の評価：クランプ構造の有無にかかわらずバスケットは本体胴で保持されることから、クランプ構造に有意な応力が生じないためクランプを評価対象としていない。
 輸送時（型式証明対象外）の評価：解析モデルではサポートプレートを連結するバネ要素として考慮する。

<Hitz-B52型のバスケットとの構造の差異>

Hitz-B52型もHitz-B69型と同じく、クランプ構造を介してサポートプレートを連結する構造を用いている。ただし、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いるが、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固定用ボルトでコンパートメントに固定される。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および構造解析における考慮方法は同じである。



2. 指摘事項（コメント）への回答

((3)SG295材に関する回答)

・SG295を採用した理由

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。JIS G 3116「高圧ガス容器用鋼板及び鋼帯」に規定されているSG295は、先行例（Hitz-B52型）に適用しているSGV410と同等の化学成分であり、厚さ6mm以下の薄い鋼板が規定されていることから、Hitz-B69型のバスケットのコンパートメントにSG295を適用することによって、各安全機能及び構造強度性能を低下させることなくバスケットを軽量化することが可能となる。

・ASME規格の考慮

ASME Sec.II Part Dのガイドラインによれば、降伏点（耐力） S_y の設定に関しては JSME 材料規格と同様であるが、設計引張強さ（ $S=R_T \times S_T$ ）の設定においては、係数に違いがあり、JSME材料規格の方が保守的な設定である。（JSME：係数なし、ASME：係数1.1）本材料はJSME材料規格に従って設定する。

日本機械学会「発電用原子力設備規格 材料規格（2012年版）（JSME S NJ1-2012）に関する技術評価書」（以下、NRA技術評価書という）に記載の「フランジ等のひずみが大きく影響するもの」の考慮については、オーステナイトステンレス鋼に対する規程であり、バスケット格子に使用する炭素鋼は該当しない。

- NRA技術評価書の3.2.2.10新規材料採用ガイドラインの策定での技術評価の結果として、「ASME規格やJIS B 8267では、ボルト材を除く材料の許容引張応力 S の設定方法について、オーステナイト系ステンレス鋼等として2種類の許容引張応力 S を示し、フランジ等のひずみが大きく影響するものには高い方の値を用いるべきではない旨記載しているのに対し、材料規格2012年版の新規材料採用ガイドラインには当該規定がない等、必ずしもASME規格と整合したものとなっていない。」と記載されている。
- ASME規格では、 S 値の設定において、一部の材料で降伏点ベースの許容基準は $2/3S_yR_y$ もしくは $0.9S_yR_y$ としているが、フランジ等のひずみが大きく影響するものには $0.9S_yR_y$ を用いるべきではないと規定されている。JSME規格では、その設定がない。（JSME規格では $0.9S_yR_y$ を用いるのはオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル鋼との規定のみ。）

→2種類の許容引張応力 S が規定されているのは、対象が今回使用する炭素鋼ではなくオーステナイト系ステンレス鋼であることから、該当しない。

((3)SG295材に関する回答) (続き)

・安全機能への影響

項目	評価
構造強度	得られた強度データに基づき、設定する荷重条件に対して成立する設計となることを確認
臨界防止機能	構造強度の設計で、臨界防止機能上問題のない設計であることを確認。なお、当該部の組成はFeを100%としているため、鋼種の違いによる影響はない。
遮蔽機能	構造強度の設計で、遮蔽機能上問題のない設計であることを確認。なお、当該部の組成はFeを100%としているため、鋼種の違いによる影響はない。
除熱機能	得られた物性値に基づき、設定する熱的条件に対して成立する設計となることを確認
閉じ込め機能	閉じ込め機能の評価において、バスケット材料の違いによる影響はない。

JIS G 3118を使用した場合と同様に、各解析評価により適切に各安全機能を満足できることを確認できれば、SG295をバスケット材料として適用できる。⇒補足説明資料16-1 別紙3全般で説明

・型式証明審査におけるSG295の審査について（方針）

- JSME金属キャスク構造規格に記載のない材料であるSG295については、JSME材料規格の新規材料採用ガイドラインに基づいた材料試験により、金属キャスク構造規格に従って設計するための材料特性を取得して設計用強度を規定する。
- SG295材の適合性については型式証明で説明する。
- 型式証明の審査においては、設計に使用する基準値の設定についての妥当性を説明する。
→基準値の設定方法（あるいは設定の考え方）
材料の基準値については、材料試験により材料特性を取得し、JSME材料規格の新規材料採用ガイドラインに基づいて保守的な設計用強度を設定している。（ASME規格との差異についても考慮）
→材料特性の取得及び設計用強度の設定の考え方については、補足説明資料16-1、別紙3で説明

指摘事項 No.5

Hitz-B69型に特徴的な構造である上部格子枠のモデル化の考え方の保守性と妥当性について説明すること。

（回答） [補足説明資料16-3 別紙8 参照](#)

Hitz-B69型の遮蔽解析モデルにおいて、

胴内は、R-Z二次元モデルで実形状を表現できないため、燃料集合体とバスケットを均質化する。

ここで、線源と遮蔽物となる物質の位置関係を考慮するため、

キャスク径方向には、

燃料領域（線源を含む）とバスケット外周部領域（線源を含まない）に区分※1し、

キャスク軸方向には、

燃料集合体及びバスケットの構造が変わる位置で区分し、
区分された領域ごとに、領域の体積及び含まれる部材の量に基づき、
均質化材質（原子個数密度）を設定する。

※1：燃料領域境界（燃料領域とバスケット外周部領域の区分境界）はコンパートメントを含む断面で設定している。

上部格子枠については、

設定した燃料領域境界に基づいて、燃料領域とバスケット外周部領域それぞれに均質化する部材の量を
考慮することを基本的な考え方として、

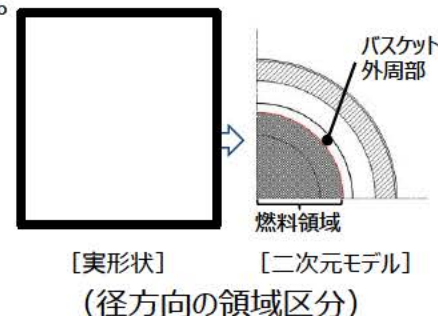
**遮蔽機能評価に適用しているモデルは、基本的な考え方に対して保守的となるよう、
部材の量が少なくなるように計算している。**

（計算の詳細は[補足説明資料16-3 別紙8-2ページ 参照](#)。）

**遮蔽機能評価に適用しているモデルは、上部格子枠近傍では基本的な考え方に対して保守的であり、
上部格子枠から離れた位置※2では影響が微小であることから、遮蔽機能評価に適用することは妥当である。**

※2：遮蔽機能評価において最も基準に対する余裕が小さい評価位置を含む。

（[補足説明資料16-3 別紙8-6ページ参照](#)。）



指摘事項 No.10

入力値の誤りについて、誤りの理由及び他に誤りがないか社内の申請書の確認体制も含めて説明すること。

(回答)

入力値の誤りについて以降に説明する。

対 象：Hitz-B69型 型式証明申請書

事 象：バスケットに対する津波の影響評価

発見経緯：型式証明申請後、補足説明資料の作成時に発見。

事例概要：Hitz-B69型のバスケットの構造強度は、Excelに入力した応力評価式で確認しており、津波に伴って作用する**加速度は個別のセルに入力**している。Hitz-B69型は横置き姿勢で貯蔵するキャスクであり、申請時において横置き貯蔵に対する**津波に伴って作用する加速度の整理が十分にできていなかった**。津波に伴って作用する加速度として、キャスク軸方向に4.5G、径方向に7.1Gを想定しているが、縦置き貯蔵の評価方法とは考え方が異なる（縦置き貯蔵ではキャスク方向に対する加速度の違いは生じない）ため、**作用する加速度を取り違えて評価**していた。

原 因：社内チェックでは、キャスクに作用する加速度を評価モデルで確認しているが、簡易的な評価モデルであったためキャスク方向ごとの加速度が明記されておらず、**取り違いを発見できなかった**。

処 置：同様の不適合の有無を確認するため、バスケットの強度計算書の再チェックを実施した。再チェックでは評価モデルに**キャスク方向ごとの加速度を明記**するよう是正するとともに、同様の誤りが再発しないよう原因と是正措置等を報告書にまとめ、社内で水平展開する。

2. 指摘事項（コメント）への回答

(No.10回答の続き)

(回答)

対 象：Hitz-B69型 補足説明資料

事 象：外筒に対する竜巻飛来物の影響評価

発見経緯：型式証明申請後、再チェック時に発見

事例概要：Hitz-B69型の津波時及び竜巻時における外筒の構造強度は、Excelに入力した応力評価式で確認しており、津波に伴って作用する「漂流物衝突荷重」と、竜巻に伴って作用する「飛来物衝突荷重」を計算条件として個別のセルに入力している。竜巻評価のなかで外筒中央部の曲げ応力を評価する際に漂流物衝突荷重と飛来物衝突荷重を混同し、津波に伴って作用する漂流物衝突荷重を竜巻に伴って作用する飛来物衝突荷重として誤って使用した。

原 因：キャスクに作用する各荷重は計算条件として社内チェック時に確認しているが、**津波作用時と竜巻作用時の計算をひとつのワークシート上で計算していた**ため、漂流物衝突荷重と飛来物衝突荷重の混同に気が付かなかった。

処 置：津波時の計算書と竜巻時の**計算書を別々のワークシートに分割し、ワークシート毎に計算条件を設定・確認**することで、計算条件を混同しないよう是正するとともに、同様の誤りが再発しないよう原因と是正措置等を報告書にまとめ、社内で水平展開する。

2. 指摘事項（コメント）への回答

(No.10回答の続き)

Hitz社内の申請書の確認体制について、以下のとおり説明する。

<確認体制>（以下の手順にて確認）

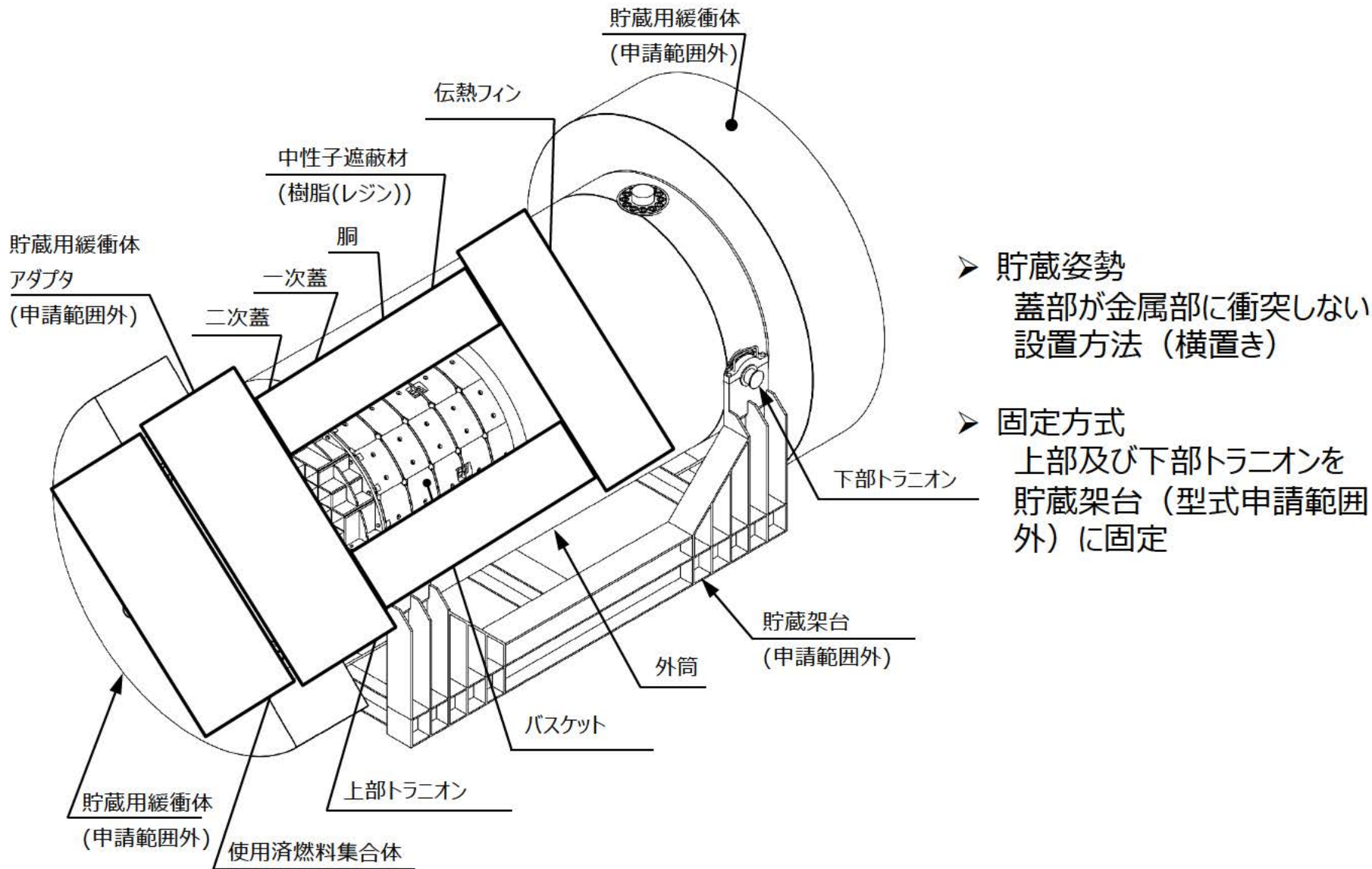
1. 社内の設計管理規程に従って業務を実施。
2. 先行他社の申請書の内容を確認、当社申請内容を社内で協議し方針を決定。
3. 評価内容、工学式の根拠を確認
(Hitz-B52型の評価方法を踏襲、その上で先行で申請された内容で反映すべきものを検討、反映)
4. 工学式による計算書の作成、評価を実施
5. 計算の入力、計算結果はダブルチェックを行う。
6. 作成した計算書は、原設計者以外による検証を行う。
7. 妥当性の確認として、Hitz-B52型の評価内容と比較し、結果の傾向を確認する。
8. 申請前に、関係者で申請書の読み合わせを実施、申請書を確認する。

今回の誤り：
ダブルチェックで発見すべきであった

<これまでの誤りについての対応>

- 応力評価式で確認している計算書（バスケット、トラニオン、外筒、伝熱フィン、一次蓋の横ずれ）の再チェックを実施し、他に誤りがないことを確認した。
- バスケットの強度計算書の再チェック時に、評価モデルにキャスク方向ごとの加速度を明記した。
- 外筒の強度計算書の再チェック時に、計算条件を混同しないよう別々のワークシートに分割し、ワークシート毎に計算条件を設定・確認することとした。
- ダブルチェック時に同種の誤りをおこさないよう原因と是正措置等を報告書にまとめ、社内で水平展開する。

参考 2. Hitz-B69型の概要



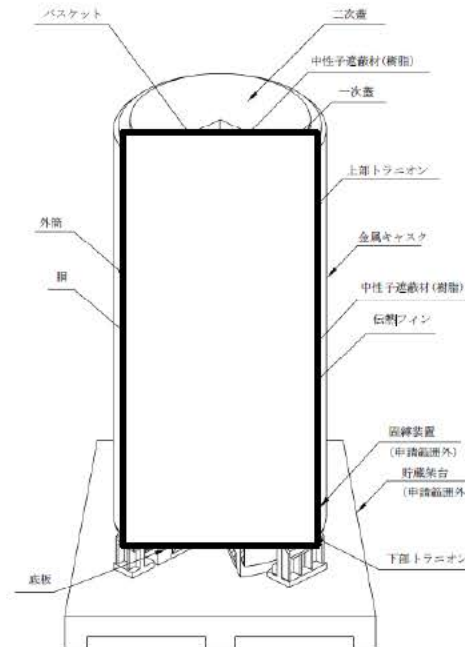
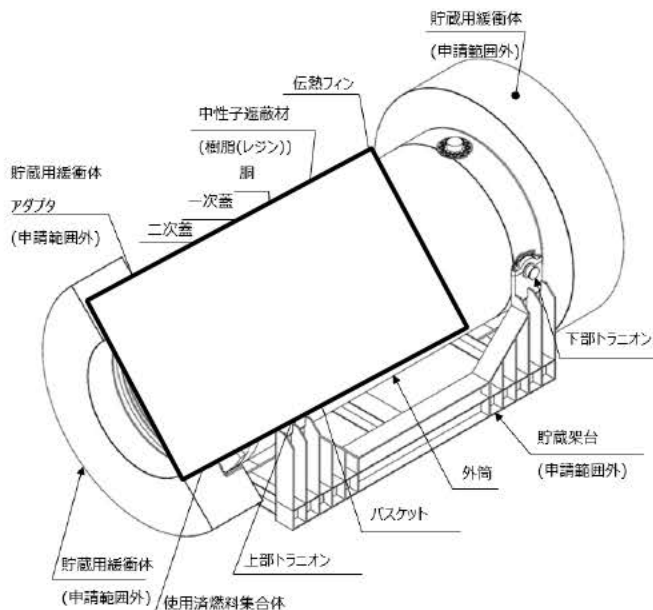
- 貯蔵姿勢
蓋部が金属部に衝突しない
設置方法 (横置き)
- 固定方式
上部及び下部トラニオンを
貯蔵架台 (型式申請範囲
外) に固定

Hitz-B69型構造図

参考3. 承認を受けた他のキャスクとの違い

●キャスク本体の構造

相違点を朱書きで示す。(以下ページで同様。)



項目	Hitz-B69型	Hitz-B52型
胴/底板	・炭素鋼	・炭素鋼
外筒	・炭素鋼	・炭素鋼
一次蓋/二次蓋	・鍛造ステンレス鋼（一次蓋）、炭素鋼（二次蓋）	・鍛造ステンレス鋼（一次蓋）、炭素鋼（二次蓋）
トランニオン	<ul style="list-style-type: none"> ・析出硬化系ステンレス鋼 ・上下に2対づつ ・取付け方法 ・貯蔵姿勢：横置き、上部及び下部トランニオンにて貯蔵架台に設置 	<ul style="list-style-type: none"> ・析出硬化系ステンレス鋼 ・上下に2対づつ ・取付け方法 ・貯蔵姿勢：縦置き、下部トランニオン固縛

● キャスク本体の構造 (2/2)



Hitz-B69型

Hitz-B52型

項目	Hitz-B69型	Hitz-B52型
中性子遮蔽材	・樹脂 (レジン) ・ スペーサ による中性子遮蔽材の膨張代を設置	・樹脂 (レジン) ・ 軸方向端部 に中性子遮蔽材の膨張代を確保
伝熱フィン	・銅	・銅

● 蓋部構造 (1/2)

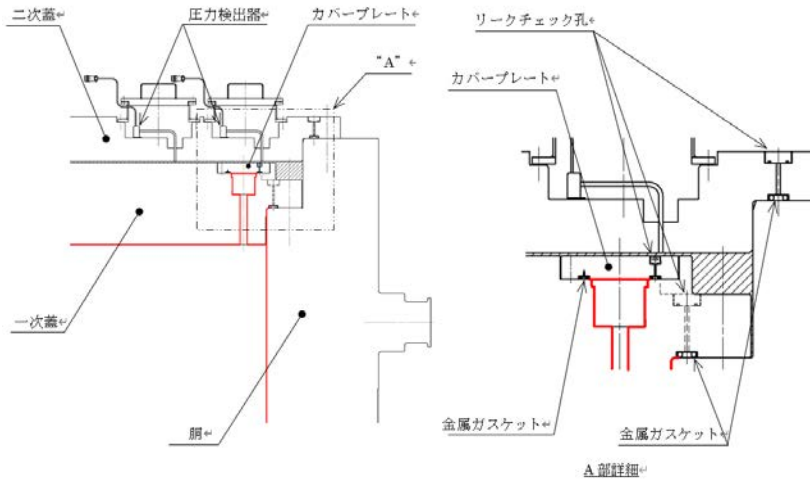


Hitz-B69型

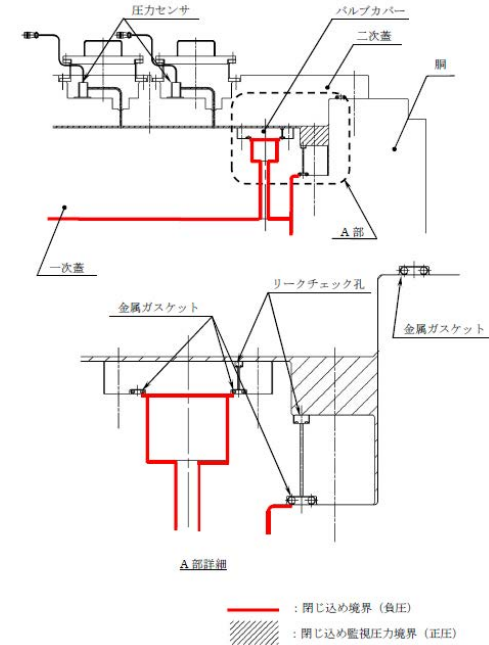
Hitz-B52型

項目	Hitz-B69型	Hitz-B52型
一次蓋	<ul style="list-style-type: none"> ・ステンレス鋼 ・中性子遮蔽材（樹脂（レジン））を設置 ・シール材：金属ガスケット 	<ul style="list-style-type: none"> ・ステンレス鋼 ・中性子遮蔽材（樹脂（レジン））を設置 ・シール材：金属ガスケット
二次蓋	<ul style="list-style-type: none"> ・炭素鋼 ・シール材：金属ガスケット 	<ul style="list-style-type: none"> ・炭素鋼 ・シール材：金属ガスケット
蓋ボルト	<ul style="list-style-type: none"> ・合金鋼 	<ul style="list-style-type: none"> ・合金鋼

● 蓋部構造 (2/2)



Hitz-B69型



Hitz-B52型

項目	Hitz-B69型	Hitz-B52型
一次蓋	<ul style="list-style-type: none"> ・胴、底板とともに閉じ込め境界を形成 	<ul style="list-style-type: none"> ・胴、底板とともに閉じ込め境界を形成
二次蓋	<ul style="list-style-type: none"> ・蓋間へのヘリウム充填及び蓋間圧力測定のための貫通孔（モニタリングポートバルブ）を設置。 ・貯蔵時にはモニタリングポートカバーを設置。 	<ul style="list-style-type: none"> ・蓋間へのヘリウム充填及び蓋間圧力測定のための貫通孔（モニタリングポートバルブ）を設置。 ・貯蔵時にはモニタリングポートカバーを設置。

● バスケットの構造 (1/2)



Hitz-B69型

Hitz-B52型

項目	Hitz-B69型	Hitz-B52型
バスケット (材質)	<ul style="list-style-type: none"> 炭素鋼、ステンレス鋼、アルミニウム合金 (除熱用) 中性子吸収材：ほう素添加アルミニウム合金 コンパートメントの炭素鋼はSG295を使用 	<ul style="list-style-type: none"> 炭素鋼、ステンレス鋼、アルミニウム合金 (除熱用) 中性子吸収材：ほう素添加アルミニウム合金 コンパートメントの炭素鋼は [] を使用
バスケット (構造)	<ul style="list-style-type: none"> 炭素鋼製のコンパートメント (角チューブ)、スペーサ及びサポートプレートで構成された格子構造 バスケットは一体組立構造で容器本体に挿入 中性子吸収材 (B-AI) はコンパートメント間に設置されたスペーサによる間隙に配置 使用済燃料のハンドル及び上部プレナム部の位置のバスケット格子部分は、コンパートメントでなく支持構造物としての上部格子枠を配置 	<ul style="list-style-type: none"> 炭素鋼製のコンパートメント (角チューブ)、スペーサ及びサポートプレートで構成された格子構造 バスケットは一体組立構造で容器本体に挿入 中性子吸収材 (B-AI) はコンパートメント間に設置されたスペーサによる間隙に配置

● バスケットの構造 (2/2)



Hitz-B69型

Hitz-B52型

項目	Hitz-B69型	Hitz-B52型
クランプ (材質)	・ステンレス鋼	・ステンレス鋼
クランプ (構造)	<ul style="list-style-type: none"> ・周方向に分割したサポートプレートをクリックで束ねる構造 ・周方向に分割されたサポートプレート上下に溶接された1組(2個)の [] を、サポートプレート上部及び下部からクランプで挟み込み両者を締結する構造 	<ul style="list-style-type: none"> ・周方向に分割したサポートプレートをクリックで束ねる構造 ・周方向に分割されたサポートプレート上下に溶接された [] を、バスケット外側からクランプで挟み込み両者を締結する構造