

特定兼用キャスクの設計の型式証明等に係る審査会合

第25回

令和5年5月11日（木）

原子力規制委員会

特定兼用キャスクの設計の型式証明等に係る審査会合

第25回 議事録

1. 日時

令和5年5月11日（木）10:00～12:04

2. 場所

原子力規制委員会 13階 会議室A

3. 出席者

原子力規制庁

小野 祐二 審議官  
渡邊 桂一 安全規制管理官（実用炉審査担当）  
戸ヶ崎 康 安全規制調整官  
寺野 印成 管理官補佐  
松野 元徳 上席安全審査官  
甫出 秀 安全審査官  
福田 拓司 副主任技術研究調査官  
櫻井 あずさ 安全審査官

日立造船株式会社

森本 好信 脱炭素化事業本部 プロセス機器ビジネスユニット 原子力機器事業推進室 室長  
大岩 章男 脱炭素化事業本部 プロセス機器ビジネスユニット 原子力機器事業推進室 主席技師  
岩佐 和生 脱炭素化事業本部 プロセス機器ビジネスユニット 原子力機器事業推進室 開発グループ長  
岡田 啓介 脱炭素化事業本部 プロセス機器ビジネスユニット 原子力機器事業推進室 開発グループ  
樋口 晃 脱炭素化事業本部 プロセス機器ビジネスユニット 原子力機器事業推進室 開発グループ

濱田 健太 脱炭素化事業本部 プロセス機器ビジネスユニット 原子力機器事業推進室 開発グループ

古田 篤 脱炭素化事業本部 プロセス機器ビジネスユニット 原子力機器事業推進室 開発グループ

茂手木 裕一 脱炭素化事業本部 プロセス機器ビジネスユニット 原子力機器事業推進室 開発グループ

楠 和憲 開発本部 技術研究所 基礎技術研究センター 材料グループ

竹内 輝 開発本部 技術研究所 基礎技術研究センター 材料グループ

#### 4. 議題

- (1) 日立造船(株)特定兼用キャスクの設計の型式証明について (H i t z - P 2 4 型)
- (2) 日立造船(株)特定兼用キャスクの設計の型式証明について (H i t z - B 6 9 型)
- (3) その他

#### 5. 配付資料

- 資料 1 - 1 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 (審査会合コメント回答)
- 資料 1 - 2 補足説明資料 1 - 1 バスケット用アルミニウム合金 (H Z - A 3 0 0 4 - H 1 1 2) について
- 資料 2 - 1 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 (第四条、第五条、第六条)
- 資料 2 - 2 補足説明資料 4 - 1 地震に対する安全機能維持に関する説明資料
- 資料 2 - 3 補足説明資料 5 - 1 津波に対する安全機能維持に関する説明資料
- 資料 2 - 4 補足説明資料 6 - 1 竜巻及びその他外部事象に対する安全機能維持に関する説明資料

#### 6. 議事録

○小野審議官 定刻になりましたので、ただいまから第25回特定兼用キャスクの設計の型式証明等に係る審査会合を開催いたします。

本日の議題は、議事次第に記載のとおり2件でございます。

本日の会合は、テレビ会議システムを利用しております。音声等が乱れた場合には、お互いにその旨を伝えるようにしてください。

それでは、議事に入ります。

最初の議題は、議題(1)日立造船株式会社特定兼用キャスクの設計の型式証明について、これはP24型です。

それでは、日立造船から資料についての説明を始めてください。

○日立造船（大岩） 日立造船の大岩でございます。

Hitz-P24型の型式証明で、前回の審査会合、2月16日に行われました審査会合でいただいたアルミの長期健全性に関するコメントについて、本日は回答と御説明をしたいと考えております。

では、具体的によろしく申し上げます。

○日立造船（樋口） 説明者を交代いたします。日立造船株式会社の竹内と申します。よろしくお願いたします。

資料1-1につきまして、右下11ページ目から御説明いたします。こちらは、いただいた指摘事項（コメント）リストに対し、今回の審査会合における回答の概要を説明しております。

一つ目はコメントNo. 14、Mgの強化機構が長期的に低減すること及びMgの固溶強化の低減が設計強度に反映されている旨の説明を追記することです。

回答としては、本件に関する説明を追加して補正に盛り込むことで対応いたします。詳細は2. 指摘事項への回答で説明いたします。

1枚めくっていただき、右下12ページ目上段のコメントNo. 15、設計貯蔵期間におけるバスケットの温度低下による冷却速度がバスケット材料の金属組織変化に与える影響について説明いたします。

回答として、設計貯蔵期間中にバスケット用材料の温度が低下しない場合、Mgの固溶強化やMn系分散相の分散強化に関しては、温度低下する場合と比較して同等か保守的と推察され、温度が低下しない（200℃×60年）によって保守的に評価できます。詳細は2. 指摘事項への回答で説明いたします。

続いて、同じ12ページの中段コメントNo. 16、過時効熱処理条件の設定にラーソン・ミラー・パラメータ（以下「LMP」という。）を適用する妥当性について説明いたします。

回答としては、LMPは元素の拡散を扱うことのできるアレニウスの式から導出されるも

のであり、過時効熱処理条件の設定に適用することは妥当です。詳細は2. 指摘事項への回答で説明いたします。

次に、同じ12ページの下段コメントNo. 17、設計貯蔵期間の保持されたバスケット用材料におけるMn系分散相の粗大化が過時効熱処理で模擬できることを説明することについて回答いたします。

回答としては、Mn系分散相の粗大化はLMPに基づいて設定された過時効熱処理により模擬できます。また、拡散距離の観点からも過時効熱処理による模擬が可能であることを確認しております。詳細は2. 指摘事項への回答で説明いたします。

1枚めくっていただき、右下13ページ目のコメントNo. 18、HZ-A3004-H112材において、設計貯蔵期間にT相、こちらはAlとCuとMgとZnの化合物です。これが析出することによる強度への影響を定量的に示すことについて説明いたします。

回答としては、材料に添加するMg量を減らすとともに、過時効熱処理した機械試験用供試材により、T相の析出を含めた設計貯蔵期間の熱ばく露によるバスケット用材料の強度低下を保守的に模擬できます。したがって、T相の析出による強度の低下について特別な配慮は不要です。詳細は2. 指摘事項への回答で説明いたします。

概要としての説明は以上となります。ここからは指摘事項（コメント）への回答について詳細を説明いたします。

初めに、右下15ページ目を御覧ください。各指摘事項（コメント）への回答を申し上げる前に、バスケット材料の課題と当社の考え方について、全体を俯瞰して整理したスライドの説明をいたします。こちらのページでは、スライド上段にバスケット用アルミニウム合金の主な課題を説明しており、スライド中段には課題に対する当社の考え方、下段には対応する審査会合の指摘事項ナンバーを示しております。

まず、バスケット用アルミニウム合金には大きく分けて三つの課題がございます。一つ目の課題は、課題①、Mg固溶強化の低下です。課題①-1として、材料に含まれるSi、Cu、Znなどの不純物元素が設計貯蔵期間の熱ばく露でMgと析出物を形成することでMgの固溶量を低下させます。この課題に対し当社では、材料に添加される不純物元素に関し添加許容値を低く設定することで対応をしております。

次に、課題①-2として、Mgの平衡固溶度は温度の上昇とともに増加するため、高温の過時効熱処理では設計貯蔵期間のMg固溶量の低下を模擬できません。この課題に対し当社では、計算材料科学により設計貯蔵期間熱ばく露された材料のMg固溶量を計算し、これを保

守的に模擬できる機械試験用供試材のMg添加量を決定しています。

二つ目の課題は、課題②、設計貯蔵期間の熱ばく露に伴うMn系分散相の粗大化による強度低下の模擬です。この課題に対し当社では、LMPに基づき設計貯蔵期間と保守的に同等な機械試験用供試材の過時効熱処理条件を決定することで対応しています。

三つ目の課題は、課題③、設計貯蔵期間の熱ばく露に伴う析出物の粗大化による靱性低下の模擬です。この課題に対し当社では、機械試験用供試材よりもMg添加量が多く、析出物の粗大化しやすいHZ-A3004-H112材に過時効熱処理を施して靱性を確認することで健全性を評価しています。また、スライドの下段には課題及び当社の考え方に対しまして関連する指摘事項のナンバーを示してございます。

ページを1枚めくっていただき右下16ページ目を御覧ください。こちらのスライドではバスケット用アルミニウム合金の主な課題と当社の回答を一つの表にまとめて説明をしております。本スライドについては詳細の説明は割愛させていただきます。ここからは各指摘事項（コメント）への回答を説明いたします。

ページを1枚めくっていただき右下17ページ目を御覧ください。指摘事項No. 14、Mgの強化機構が長期的に低減すること及びMgの固溶強化の低減が設計強度に反映されている旨の説明を追記することに対する回答を申し上げます。

アルミニウム合金に添加され、過飽和に固溶したMgは、時間の経過とともに固溶量が低下し、Mg<sub>2</sub>Siなどの金属間化合物として析出します。これに伴いMgによる固溶強化が低下し、材料強度が低下する恐れがあります。

HZ-A3004はMgの添加量を減らすとともに、過時効熱処理することで設計貯蔵期間中の熱ばく露、こちらは（200℃ 100℃×60年）などを保守的に模擬した機械試験用供試材の試験により、材料特性を保守的に包絡するように設計用強度を設定することで、Mgによる固溶強化が低下したHZ-A3004の強度を包絡できます。本説明の内容を補正に盛り込むことで対応いたします。

以上が指摘事項No. 14の回答となります。

続いて、ページを1枚めくっていただき右下18ページ目を御覧ください。指摘事項No. 15、設計貯蔵期間におけるバスケットの温度低下による冷却速度がバスケット材料の金属組織変化にあたえる影響について回答を申し上げます。

設計貯蔵期間中にバスケット材料の温度が低下しない場合は温度が低下する場合と比較してMgの固溶強化およびMn系分散相の分散強化が同等ないしは保守的と推察されるため、

温度が低下しない場合に基づいて評価することで保守的に模擬ができます。

右下19ページ目はMg固容量に対する冷却速度の影響を検討した結果を示しています。また、右下20ページ目はMn系分散相の粗大化に対する冷却速度の影響を検討した結果を示しています。詳細な説明は割愛いたしますが、設計貯蔵期間に温度が低下しない場合については、温度が低下する場合と比較してMgの固溶強化やMn系分散相の分散強化が同等ないしは保守的になることを確認しております。

以上が指摘事項No.15の回答となります。

ページを1枚めくっていただき右下21ページ目を御覧ください。指摘事項No.16、過時効熱処理条件の設定にLMPを適用する妥当性に関し回答を申し上げます。

設計貯蔵期間のバスケット用材料の金属組織変化は、アルミニウム中の元素の拡散により生じますが、拡散の温度依存性はアレニウスの関係に従います。LMPはアレニウスの式から導出されるもので、LMPを用いた過時効熱処理条件の設定は妥当です。また、アルミニウムの金属組織変化やクリープ特性をLMPで整理できることを確認しており、アルミニウム中の元素の拡散が支配的になる現象については、LMPによる温度 - 時間の換算が可能です。なお、補足として、これまでの説明にもあったように、「Mgの固容量」については短時間の過時効熱処理のみでは模擬ができませんので、別の方法で模擬をしてございます。

ここからはより詳細な説明をいたします。ページを2枚めくっていただき、右下23ページ目を御覧ください。本スライドにはアレニウスの式と金属における拡散係数と温度の関係式、二つの式を示しております。右側の金属中の元素の拡散係数はアレニウス型と同じ式の形、つまり同じ温度依存性を示しており、アレニウスの式で金属における元素の拡散を扱えることが分かります。

次に、右下24ページ目を御覧ください。本スライドには、LMPの導出過程を示しております。LMPはアレニウスの式から導出されることをこのスライドでは示してございます。式の導出の詳細は割愛させていただきます。

右下25ページを御覧ください。こちら図3にはLMPで整理したバスケット材料のクリープ試験結果を示しております。試験結果はLMPで整理した予測線、こちら図中の実線とよく一致をしており、LMP、つまりアレニウスの関係に従うことが分かります。

右下26ページ目を御覧ください。こちらの図4及び図5には、様々の温度で熱処理をした純アルミニウムの再結晶率を示しています。先ほどのクリープ試験結果に加えまして、熱処理に伴う金属組織の変化に対してもLMPでよく整理ができることが分かります。

右下27ページ目を御覧ください。図6は設計貯蔵期間とLMPが等価な熱処理を行ったバスケット材料のMg固容量の計算結果を示しています。ここでは設計貯蔵期間とLMPが等価な低温長時間、高温短時間の熱処理条件を比較していますが、保持後のMgの固容量はほぼ等しく、過時効熱処理におけるMg固容量の変化はLMPで模擬できていることが分かります。ただし、設計貯蔵期間のみ長期の保持後にT層が析出してMgの固容量がさらに低下しており、LMPで整理することができません。

右下28ページ目を御覧ください。本スライドでは、これまでの検討を踏まえ、設計貯蔵期間に生じる金属組織変化の模擬方法を整理して示しています。設計貯蔵期間に生じる金属組織変化の中でMg固容量の低下のみ設計貯蔵期間の長期で生じる金属組織変化をLMPに基づいた過時効熱処理のみでは模擬できません。そこで計算材料科学により設計貯蔵期間後のMg固容量を予測し、機械試験用供試材のMg添加量を低減することで保守的に模擬しました。一方、②、③、④の金属組織変化については、アルミニウム中の元素の拡散のみが支配的になる現象であり、LMPに基づいた過時効熱処理で模擬しました。また、LMPに基づいた過時効熱処理条件はMg固容量の低下以外の金属組織変化に対して保守的であることを確認しております。

以上が指摘事項No.16の回答となります。

ページを1枚めくっていただき右下29ページ目を御覧ください。指摘事項No.17、設計貯蔵期間におけるMn系分散相の粗大化が過時効熱処理で模擬できることを説明することについて回答いたします。Mn系分散相の粗大化はMnの拡散により生じますが、過時効熱処理条件は拡散の温度依存性を扱うLMPに基づいて設定をしており、過時効熱処理によるMn系分散相の粗大化を妥当に模擬できます。なお、補足として、Mn系分散相の粗大化は拡散距離の観点からも設計貯蔵期間より過時効熱処理のほうが保守的であることを確認しております。

右下30ページ目を御覧ください。本スライドでは、拡散距離の観点から設計貯蔵期間を経たバスケット材料のMn系分散相の粗大化を過時効熱処理で保守的に模擬できることを説明しております。金属間化合物の粗大化は化合物を形成する元素の中で拡散係数が最も小さい元素に律速されると考えられます。

32ページの図7に示すとおり、Mn系分散相を構成するAl、Cu、Mnの中では、Mnの拡散係数が最も小さいわけです。したがって、設計貯蔵期間熱ばく露されたものよりも過時効熱処理した材料のほうがMnの拡散距離が大きければ、Mn系分散相の粗大化による分散強化の



低下を保守的に模擬できていると言えます。そこで設計貯蔵期間と過時効熱処理によるMnの拡散距離を評価、比較いたしました。なお、拡散距離はLMPで求めることができないため、文献に記載された式や係数に基づき評価をいたしました。

右下31ページ目を御覧ください。スライド下側の表3には検討の結果を示しております。Mnの拡散距離は設計貯蔵期間の熱ばく露よりも過時効熱処理のほうが大きいことが分かります。したがって、拡散距離の観点からも設計貯蔵期間を経たバスケット材料のMn系分散相の粗大化は過時効熱処理で保守的に模擬できていると言えます。

右下33ページ目を御覧ください。こちらのスライドでは、参考として設計貯蔵期間経過したHZ-A3004-H112材および過時効熱処理された機械試験用供試材におけるMn及びMgの固容量の変化を示しています。表4には、計算材料科学による熱ばく露後の添加元素の固容量を示しており、過時効熱処理した機械試験用供試材は設計貯蔵期間を経たバスケット材料よりもMn及びMgの固容量が小さく、固溶強化が保守的になることが分かります。

以上が指摘事項No. 17の回答となります。

ページを1枚めくっていただき、右下34ページを御覧ください。指摘事項No. 18、HZ-A3004-H112材において、設計貯蔵期間にT相（AlCuMgZn）の化合物が析出することによる強度への影響を定量的に示すことについて回答いたします。

Mgの添加量を減らすとともに、過時効熱処理した機械試験用供試材により設計貯蔵期間を経たバスケット材料のT相析出を含む強度低下を保守的に模擬できます。したがって、T相析出による強度の低下について特別な配慮は不要です。

右下35ページ目を御覧ください。こちらではT相の析出に伴う強度への影響に関する説明をしております。スライド上側、T相による析出強化についてですが、設計貯蔵期間を経たバスケット材料は、定性的にT相の析出による析出強化が見込まれますが、過時効熱処理した機械試験用供試材はT相が析出していないため、T相の析出強化に対して保守的になります。

続いて、スライド下側、T相の析出による固溶強化の変化について説明いたします。設計貯蔵期間を経たバスケット材料は、T相の析出により母相のCu、Zn、Mgの固溶強化が低下します。

36ページ目を御覧ください。スライド左側の表5はアルミニウムの固溶強化に対する様々な元素の寄与を示します。この換算表を用いてCu、Zn、Mgの固溶強化への寄与を計算しました。結果を右側の表6及び表7に示しており、Cu、Zn、Mgによる固溶強化は設計貯蔵

期間熱ばく露されたバスケット材料よりも機械試験用供試材のほうが小さく保守的であることが分かります。

スライド右下37ページ目を御覧ください。こちらでは補足としてT相の析出に伴う脆化について説明しています。HZ-A3004よりもCu、Mg、Znの添加量が多く、T相が生じやすいアルミニウム合金のTEM組織が文献に示されており、T相の大きさが数nmであることを確認しております。HZ-A3004の製造時に生じるMn系の晶出物の大きさ、これが約25 $\mu$ 程度に対して、T相の大きさというのは十分に小さく、析出物を欠陥、これは材料に生じた穴と考えた場合、微小なT相による脆化というのはほとんどないと推察されます。また、T相が析出した材料の破面も文献に示されておりますが、一般的な延性破面を呈することを確認しております。HZ-A3004は文献の材料よりもCu、Zn、Mgの添加量が少なく、T相の析出による脆化はほとんどないと推察されます。

スライドの右下38ページから40ページはT相の析出に伴う脆化について説明した図面を示しています。図面については詳細な説明は割愛いたします。

次に、スライドの右下41ページ目を御覧ください。こちらでは参考として設計貯蔵期間経過したHZ-A3004及び過時効熱処理された機械試験用供試材における析出物の体積率変化を説明しております。また、補足としてMn系分散相の分散強化への寄与について、設計貯蔵期間を経たHZ-A3004及び過時効熱処理した機械試験用供試材が同等であることを説明しております。本件について詳細な説明は割愛させていただきます。

次に、スライドの右下43ページ目です、こちらでは今回の回答に用いた参考文献をまとめて示しております。

2. 指摘事項（コメント）への回答は以上となります。

○日立造船（樋口） ここで説明者を交代させていただきます。日立造船の樋口でございます。

では、右下44ページ目から御説明させていただきます。補正申請におけるバスケット用アルミニウム合金に関わる主な変更点について御説明いたします。

では、1枚めくっていただきまして右下45ページ目を御覧ください。補正申請における変更点は以下のとおりです。

まず、一つ目の四、特定機器の構造及び設備、その中の1. 構造、へ. その他の主要な構造につきまして、現在、バスケットアルミニウム合金に関する記載はございません。補正での変更内容といたしましては、バスケット用アルミニウム合金の経年変化が計算材料科

学に基づいた化学成分調整と過時効熱処理を施した機械試験用供試材により強度を設定したことを追記いたします。変更理由といたしましては、熱ばく露に伴う経年変化について考慮していることを明示するためです。

二つ目、こちらと同じ項目になりますが、使用温度範囲において、延性を失わず脆性破壊を生じないこと、靱性不足による破壊に対して十分な余裕を有していることを追記いたします。理由といたしましては、脆性破壊及び靱性不足による破壊について考慮していることを明示するためです。

三つ目、こちらは添付書類一になります。この中の4.6、長期健全性につきまして、現在、バスケット各部の温度は180℃以下であり、アルミニウム合金及びステンレス鋼が材質変化することはないという記載がありますが、この記載はアルミニウム合金については誤りでございまして、こちらの内容を補正では、経年変化後強度を保証するための製造管理に関わる記載を追記させていただきたいと考えておりまして、機械試験用供試材を用いたクリープ試験データの結果が強度に考慮されていること並びにクリープが設計上の制約条件にならないことを追記いたします。理由といたしましては、バスケット用アルミニウム合金は熱による経年変化により強度の低下する可能性がございまして、経年変化したアルミニウム合金の強度を保証するための製造管理及びクリープに対する考慮を明示するためにここを変更させていただきたいと考えております。

対応状況につきましては、この表の記載のとおりでございます。

続きまして、右下47ページ目を御覧ください。47ページは今後のスケジュールについて当社の考えを示しております。本日の審査会合が5月11日ということでした、その後、可能であれば5月末ないしは6月の初め頃に補正申請を提出させていただきたいというふうに考えております。

48ページ以降は参考資料になりまして、さらにその後ろのほうも参考ということで添付させていただきますが、詳しい説明は割愛いたします。

説明は以上となります。

○小野審議官 どうもありがとうございました。

それでは、質疑に入りたいと思います。質問、コメント等ございますでしょうか。

○福田副主任技術調査官 規制庁、福田です。

質問、念押しの確認になるんですけども、強度基準設定のための試験材、ここで言っているところの機械試験用供試材についてですが、Mnを除く主な添加元素につきまして、

アルミ中の固溶量及び析出に伴う分散強化の効果を低く抑えるため、これらの含有量を製品材よりも低く設定しており、これらの結果から保守的な結果を与える。製品材のほうが保守的な結果を与えるということがトータルで説明されているというふうなことでよろしいでしょうか。

○日立造船（樋口） 福田様に御指摘いただきましたとおり、御認識のとおりでございます。

○福田副主任技術調査官 規制庁、福田です。

続けて二つ目の質問になりますが、合金元素のうちでMnについては試験材料、製品材料ともに主要温度ではほとんど固溶しておらず、Mnの影響はほぼこちらで言っているところの機械試験用供試材のほうがより製品材よりも保守的な結果を与えていると、そういうような認識でよろしいでしょうか。

○日立造船（竹内） 日立造船の竹内でございます。

御指摘のとおりでございます。

○小野審議官 ほかはいかがですか。

○櫻井審査官 規制庁、櫻井です。

では私のほうからも確認をさせていただきます。指摘事項の16から18に関連するところなんですけれども、まず指摘とかではないんですけど、16ページに記載いただいたこれまでの質問、15、16ページで整理していただいたのが理解しやすくなっているの、ありがとうございますということと、No. 16～18に関連しまして、このLMPの考えに基づいて過時効熱処理条件を定めて製品材の受ける熱履歴における添加元素の固溶と析出、あと、析出に伴う生成物の量を計算材料科学に基づく計算をした結果は、MgとMnともに固溶量は試験材のほうが下回っていて、設計貯蔵期間中における製品材の強度が上回るということを確認されたというふうに理解しております。

このことというのは、No. 18に関わるかと思うんですが、過時効熱処理条件の温度では析出しないT相と呼ばれるAlだとかZnとかの化合物が生成されることを踏まえても、その結論は変わらないということよろしいでしょうか。

○日立造船（竹内） 日立造船の竹内でございます。

櫻井様に御指摘いただいたとおり、製品材のみにT相が析出して、試験材には析出をしません。このT相の影響を含めても、ほかの試験材のほうではMgの添加量を減らしておりまして、これによってこのT相の析出による影響も包絡した設計を強度への反映というの

ができてございます。

○櫻井審査官 ありがとうございます。私のほうからは以上です。

○小野審議官 ほか、いかがですか。

○松野上席審査官 規制庁の松野です。

私のほうからは、Mnの析出量と固溶量との関係、あと、Mnの粗大化について2点確認が  
ございます。

パワポ資料の41ページ目に表の10ということで、析出物の体積率の計算結果が示されて  
おります。この表を見ますと、製品材の材料と試験供試材との体積率が示されておしまし  
て、その下の補足を見ますと、2段落目に試験用供試材はHZ-A3004材よりもMnが多く析出  
するとありますので、この試験用供試材の値を見れば分散強度の寄与度のほうは高いと読  
み取れます。

一方で、パワポ資料の33ページ目を見ますと、こちらの表4のMnとMgの固溶量の変化の  
計算結果が示されておりますけども、この表でHZ-A3004よりも試験用供試材のほうMnの  
固溶量が小さく、固溶強化の低下の程度が大きいから試験材のほうが保守的になると理解  
しました。

2点目のそのMnの粗大化の関係で言いますと、パワポ資料の31ページ目の表3に過時効熱  
処理のMnの拡散距離が示されておりますけども、この表を見ますと、過時効熱処理のほう  
が大きいので、HZ-A3004材よりも試験用供試材のほうが保守的になる。粗大化しやす  
い条件になっていると理解しましたが、いずれにしても、試験用供試材のほうが保守  
的になっているという理解で、その認識でよろしいかということで確認したいと思います。

○日立造船（竹内） 日立造船の竹内でございます。

松野様から御指摘をいただいた、まず31ページ目から、こちらおっしゃっていただいた  
ように、設計貯槽期間の60年の熱処理よりも過時効熱処理のほうMnの拡散距離が大きい。  
要はMnの粗大化が生じやすいということで、Mnの粗大化の観点から言えば過時効熱処理の  
ほうが保守的ということが言えます。

次に、33ページ目ですね。Mnの固溶強化に関しても同様でして、こちらは計算材料科学  
の検討の結果、60年後よりも過時効熱処理をしたほうが保持後のMnの固溶量が低くなる  
ということで、こちらについても保守的でございます。

最後、析出したMnの体積率について、こちらが41ページ目でして、60年後よりも試験材  
のほうMnが多く析出するので、この析出したMnが体積率が60年後よりも試験材のほう

析出した体積率が多くなるということなのですが、これが分散強化に寄与してしまうと試験材のほうが60年後よりも分散強化が高くなってしまふということが考えられます。そこで42ページ目です、試験材とのTEM組織を我々は確認をしてございまして、機械試験用供試材の初期材と過時効熱処理材のMnの分散相の分散度合い、これをちょっと確認をしております。

その中で、この初期材から過時効熱処理材にかけてMnの数が増えてくると分散強化が大きくなってしまふということが考えられるのですが、特にこの初期材から過時効熱処理材にかけてMnの分散度合いというのは変化がございませぬ。つまり、試験材において熱処理に伴って析出したMnは、分散度合いを上げるのではなくて、単純に粗大化に寄与しているということが考えられます。したがって、この分散強化については60年後と試験材の間で同等と考えられます。

つまり、松野様から御指摘をいただきましたMnの粗大化に関する観点、Mnの固容量に関する観点、さらには分散強化に関する観点、この三つの観点からして、Mnについては60年後よりも機械試験用供試材のほうが保守的であるということが言えます。

回答としては以上です。

○松野上席審査官 理解いたしました。私からは以上です。

○小野審議官 ほか、いかがですか。

○甫出審査官 規制庁の甫出でございませぬ。

今、幾つかこちらのほうから確認させていただいたところを整理してみますと、まず、過時効熱処理をした試験材と、要は設計貯蔵期間、その設計温度にさらされた製品材の強度、これを比較すると、まず成分のほうからいくと、成分等から考えて、固溶の観点では要はアルミ中に固溶しているMgとかMnの量というのは試験材のほうが少ないと。析出物の体積率と、それで、先ほどちょっと御説明があったことも踏まえて、析出物の体積率に優位な差がないと判断できるんで、分散強化への寄与はあまり差異がないだろうと。

あともう一つ、析出物の粗大化の観点では、その温度とか過時効熱処理した条件のほう粗大化する、あえて言えば確率が高くなるということをもって、いわゆる試験材の強度というものは設計貯蔵期間にある、200℃にさらされた製品材の強度を下回るという結論づけをされたと。

以上をもって試験材を用いた材料強度試験結果に基づいて、バスケットの構造強度設計を行うということは、保守側、言い換えれば余裕のある設計となっているというふうな理

解いたしましたけど、その理解で正しいでしょうか。

○日立造船（竹内） 日立造船の竹内でございます。

甫出様のおっしゃっていただいたとおりでございます。

○甫出審査官 了解いたしました。

○小野審議官 ほか、いかがですか。

○戸ヶ崎調整官 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

私からは資料の17ページと、あと45ページについての補正について質問させていただきます。

まず、17ページの質問になります。こちら今の回答には、主にMgの添加の制限の観点で、固溶強化への観点での記載が中心に書かれていると思うんですけど、その前のページ、16ページを御覧いただきますと、ここの中で、上の左の欄で言うとMgというふうに書いてあるのと、それと右の欄で言うと赤の固溶強化の低下の観点の御説明はここに詳細に書かれていると思います。

一方で、今まで御回答をいただいた内容というのは、Mnの影響とか、それとか右の欄にある分散強化とか、あと粗大化の影響とかですね、そういうことの御説明がありました。この17ページの補正をされた内容というのは、そのMgの固溶強化の低下だけではなくて、ほかの分散強化とか、そういう粗大化とか、そういうのもちゃんと含んだそういう補正の内容になっているかどうかというのをちょっとまず確認させていただきたいと思います。

○日立造船（樋口） 日立造船の樋口でございます。

今、御指摘いただきました戸ヶ崎様のコメントのとおりでございますして、Mnの粗大化やMg固溶量の低下、それらを含んだ記載内容というふうに当社では考えております。

○戸ヶ崎調整官 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

分かりました。では、そうしましたら、こちらは実際の補正の内容というのはこれから詳細に考えられると思いますので、補正申請を受けて、その内容が今まで御説明があった内容をちゃんと説明されているかということを確認させていただきたいと思います。

○日立造船（樋口） 日立造船の樋口でございます。

承知いたしました。

○小野審議官 ほかはよろしいですか。

○戸ヶ崎調整官 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

もう1点ですけど、資料の45ページのほうに、ほかの補正の内容についての御説明もあ

ります。先ほどの17ページの御説明はNo. 1に関するものだと思うんですけど、それ以外にNo. 2とNo. 3の破壊靱性とか、あとA1の製造管理とか、クリープの試験の反映とかというのも補正されるということだと思います。

ちょっと1点確認をしたいんですけど、No. 3のところで、ちょっと今の御説明で誤りがあったので直しますというような説明があったと思うんですけど、どういう誤りがあったかというのをちょっと教えてもらいたいと思います。

○日立造船（樋口） 日立造船の樋口でございます。

誤りというのは、記載でバスケット各部の温度が180℃以下、つまり180℃以下ではアルミニウム合金の材質が変化することはないというふうに見られます。これはこれまで御説明させていただいたとおり、60年間というスパンで考えた場合は、当然、経年変化により材質が変化して強度が低下することがございますので、そういった観点で誤りである記載であるということでこちらを変更させていただきたいというふうに考えております。

○戸ヶ崎調整官 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

どういふふうに変更されるかというのを説明していただきたいと思うんですけど。

○日立造船（樋口） 日立造船の樋口でございます。

変更といたしましては、バスケット用アルミニウム合金は経年変化後に強度が変化すると。強度が変化するという観点で機械試験用供試材を用いたクリープ試験等を使って強度を考慮していること、並びにそういう記載をして、さらに、上でも、No. 1でも記載しておりますとおり、経年変化を考慮して過時効熱処理を施した機械試験の試験結果を用いて設計用強度を保守的に設定することによって保守性を担保するという事で、記載としては1、2、3を含めた形に変更させていただきまして、3番の説明を包絡する形にさせていただきたいというふうに考えております。

○戸ヶ崎調整官 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

補正の概要は分かりましたので、こちらについても、実際に補正で文章がちゃんと確認されたものを我々のほうで確認したいと思います。

それでは、ほかに誤りというものはなかったということによろしいでしょうか。

○日立造船（樋口） 日立造船の樋口でございます。

ほかに誤っている部分はございません。

○戸ヶ崎調整官 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

了解しました。



○小野審議官 ほか、いかがですか。よろしいですか。

日立造船のほうから確認しておきたい事項とかはございますでしょうか。

○日立造船（大岩） 日立造船です。

特にございません。

○小野審議官 それでは、以上で議題1を終了いたします。

ここで休憩に入ります。一旦中断し、11時05分に再開したいと思います。

どうもありがとうございました。

（休憩）

○小野審議官 再開します。

次は議題2、日立造船株式会社特定兼用キャスクの設計の型式証明について、B69型であります。

それでは、日立造船は資料について説明を始めてください。

○日立造船（岡田） 日立造船の岡田です。

それでは、設置許可基準規則への適合性について第四条、五条、六条について御説明いたします。

まず、資料ですが、資料2-1が、まず、設置許可基準規則への適合性について、四条、五条、六条のパワーポイントの資料、続きまして資料2-2が補足説明資料4-1、地震に対する安全機能維持に関する説明資料、資料2-3としまして、補足説明資料5-1、第5条の津波に対する安全機能維持に関する説明資料、そして資料2-4、補足説明資料6-1、竜巻及びその他外部事象に対する安全機能維持に関する説明資料、以上、資料は四つとなります。

それでは、まず、資料2-1のほうで説明させていただきます。

では、説明者、替わります。

○寺野管理官補佐 規制庁の寺野です。すみません。ちょっと音声、聞こえないんですけども。

○日立造船（濱田） 今、聞こえますか。

○寺野管理官補佐 はい、聞こえます。ありがとうございます。

○日立造船（濱田） 失礼しました。

では、日立造船、濱田が説明させていただきます。

それでは、資料2-1、3ページ目から、申請書添付書類等の記載の変更点について御説明いたします。

4ページ目に進んでいただきまして、まず、地震についての記載の変更点、変更見直し前と変更後を示しています。

5ページ目からその内容について御説明させていただきます。まず、地震のうちでトラニオン接続部は支圧応力の評価の追加を行いまして、トラニオンボルトのねじ山の支圧応力の計算が必要とのことで、その評価を追加しました。また、トラニオンボルトの接続部の結果が一番厳しくなったということで、こちらの計算結果を申請書の記載値としました。この評価結果及び評価基準値を見直したことによる基本的安全機能への影響はありません。見直し前はせん断応力評価として96MPaとなっていたのを、見直し後は支圧応力の計算値として121MPaという基準値に変更しています。また、名称もトラニオンボルト接続部としていたのをトラニオン接続部に見直しています。

続きまして、地震の(2)密封シール部について、こちらは評価基準値の設計温度の見直しを行いました。もともとは本体を同じ設計温度145℃で設計基準値を記載していたんですけども、それは合理的ではないだろうということで、シール部の設計温度を135℃を設計基準値として見直しを行いました。これにより設計基準値が183から184MPaに変更になっています。

続きまして、6ページに進みます。地震の(3)としてバスケットの中のコンパートメントの評価について、今まで水平軸方向の加速度と鉛直下方向の加速度の応力を両方とも加えた評価を行っていたんですけども、その際のせん断応力と曲げ応力の評価位置が異なることから、分けて評価するべきと判断しまして、評価の見直しを行いました。

見直し前は圧縮応力+応力強さとしていたところを、見直し後に圧縮応力としまして、さらにコンパートメントよりサポートプレートのほうが厳しくなったことから、サポートプレートの圧縮応力の評価値を記載しています。

地震(4)外筒につきましては、手計算で評価していたのをFEM評価へ見直しを行いました。地震の評価においては、外筒には津波や竜巻のような側部からの外部の荷重は生じないため、密封境界部での解析モデルを用いたFEM解析の評価に見直すこととしました。

続きまして、7ページ目、地震の(5)伝熱フィンになります。こちらは設計基準値の見直しと溶接継手効率を考慮することとしました。もともと設計基準値として許容引張応力のS値としていたんですけども、破断しなければ除熱機能は維持されるということから、設計基準値を設計引張強さSu値に見直しました。また、伝熱フィンは溶接により取り付けられていることから、溶接の継手効率を考慮することとしました。

続きまして、地震の(6)二次蓋ボルトについて、二次蓋ボルトは、もともと入れていなかったんですけども、緩衝体を支持する機能が必要だということで、こちらの評価も追加しました。

続きまして、8ページ、津波の変更点になります。密封シール部と伝熱フィンは、地震と一緒に割愛させていただきまして、バスケット、外筒、二次蓋ボルトの変更箇所について御説明させていただきます。

9ページ目に進んでいただきまして、まず、津波の(2)バスケットについては、表計算ソフトを使用して各部の応力評価を行っていたんですけども、その中の計算途中で水平の径方向加速度と水平の軸方向加速度を読み込む際に、それぞれの参照するべきセルを取り違えた状態で計算を行っていたため、正しい計算結果に修正しました。それにより評価結果は7MPaから10MPaとなっています。また、ここ以外の箇所についても同様のセルの取り違えがないことを確認しました。

続きまして津波の(3)外筒になります。こちらは津波波力を受ける面積について、もともと緩衝体の外径を面積の外径としていたんですけども、そちらは保守的過ぎるということで、実際の外筒になるキャスクの外径の投影面積の直径に見直しました。また、下部端板との接続部を適切に評価するため、下部端板をピン支持としまして、上部を固定端とする梁モデルにモデルの変更を行いました。

続きまして、10ページの津波の(5)二次蓋ボルトになります。こちらも二次蓋が遮蔽体を支持するものであるということから、二次蓋ボルトの評価を追加しました。

続きまして、11ページ、竜巻になります。こちらも密封シール部と伝熱フィンは地震と同様なので割愛させていただきまして、外筒と二次蓋ボルトについて御説明いたします。

まず、12ページ、竜巻(2)の外筒については、こちらも緩衝体を外径とした投影面積としていたんですけども、風の圧力としての影響が保守的過ぎるということから、キャスクの外径、緩衝体を抜いた外筒外径を投影面積として評価の見直しを行いました。また、下部端板との溶接部はピン支持としてモデルに変更しています。

二次蓋ボルトにつきましても、同様にもともと評価していなかったんですけども、こちらの評価も追加しています。

続きまして、設置許可基準規則への適合性の概要について御説明いたします。

要求事項に対しましては、四条、五条、六条について、それぞれ対応しています。まず、四条から御説明させていただきます。

16ページに進んでいただきまして、設置許可基準規則4条の第6項及び別記4第4条第2項について、設計について考慮しています。

17ページに進んでいただきまして、設計許可基準、これは続きます。別記4の第4条第2項について、波及的影響を除いて考慮しています。また、第4条第3項についても考慮しています。

続きまして、審査ガイドについて、18ページになります。地震力については、兼用キャスク告示で定める加速度を考慮しまして、基礎等に固定しない設置方法としています。また、荷重及び荷重の組合せについても、それぞれ考慮しています。

19ページ目に進んでいただいて、許容限界、解析モデル、解析手法について、それぞれ記載のとおりになります。耐震性評価についての疲労評価については、型式指定で評価を実施することとしています。

20ページに進みまして、基本方針として、表のとおり、安全機能と評価基準を定めています。閉じ込め機能は密封境界部として一次蓋密封シール部と一次蓋ボルトを対象としていまして、評価機能としては外筒と二次蓋ボルト、臨界防止機能としてはバスケット、除熱機能としては伝熱フィンをそれぞれ評価部位としています。

続きまして、21ページで、評価モデルについて御説明します。密封境界部、二次蓋ボルト、外筒については、有限要素法で解析を行っておりまして、図に示すとおり、水平の地震力 $23\text{Mm/s}^2$ と鉛直下方向の地震力 $25.80665$ 、こちらは重力加速度を考慮したもので、こちらも加速度を組み合わせた評価を実施しています。

続きまして、22ページへ進んでいただいて、こちらは水平の軸方向と鉛直の下方向を組み合わせた評価になります。

続きまして、23ページに評価位置を示しています。評価位置の1～5は外筒、6は一次蓋密封シール部の一次蓋側、7は一次蓋密封シール部の胴フランジ側になります。さらに一次蓋ボルトと二次蓋を評価対象としています。

続きまして、24ページにバスケットの評価モデルを示しています。バスケットの中でコンパートメントの鉛直下方向については、最も荷重がかかる $180^\circ$ 側のコンパートメント5体を対象として、1スパン分をモデル化して、曲げとせん断の評価を行っています。

続きまして、25ページで、コンパートメントの水平方向の評価については、 $90^\circ$ 側のコンパートメント5体を評価対象として、同様に支持スパン1スパン分をモデル化しています。

続きまして、26ページのサポートプレートになります。鉛直下方向の地震加速度が作用

した場合の最大荷重がかかる180°側のサポートプレート11枚を評価対象としています。コンパートメントと胴に挟まれているサポートプレートに生じる圧縮応力の評価を行っています。

続きまして、水平径方向の地震加速度については、90°側のサポートプレート11枚を同様に評価対象としています。

28ページに進みまして、伝熱フィンの評価モデルになります。伝熱フィンでは水平方向の地震加速度を評価対象としていまして、伝熱フィン両側の溶接部をそれぞれ評価位置としています。

続きまして、29ページ、トラニオン本体になります。鉛直下方向と水平方向の両方の加速度が作用する下部トラニオンを対象としまして、断面の異なる3断面、A-A、B-B、C-C断面をそれぞれ評価位置として各部位に発生するせん断応力と曲げ応力を評価しています。

続きまして、30ページにトラニオンボルトになります。こちらは下部トラニオンの中で最も引張荷重が働くNo.9のトラニオンボルトを評価対象としています。

続きまして、31ページにトラニオン接続部になります。こちらでもNo.9のトラニオンボルトを対象として、おねじ部のボルト側、めねじ部の胴側のねじ山とそれぞれのねじ山の接触面を評価対象として評価を行っております。

続きまして、32ページに評価結果を示しています。こちらは水平軸方向及び鉛直下方向の加速度のときの評価結果になります。それぞれ密封境界部、二次蓋ボルト、外筒、バスケット及び伝熱フィンに生じる応力は、評価基準値を満足しています。また、コンパートメントに生じる応力強さは設計降伏応力より小さいため、臨界防止上有意な変形は生じません。

続きまして、33ページに水平径方向及び鉛直下方向地震力についての評価結果を示しています。こちらでもそれぞれの応力は評価基準値を満足しています。

続きまして、34ページで一次蓋の横ずれの評価の結果をお示しします。こちらについては、一次蓋の慣性力は摩擦力より小さいため、一次蓋に横ずれは発生しません。

続きまして、35ページでトラニオンの結果について示します。トラニオン本体、トラニオンボルト及びトラニオン接続部について、それぞれ生じる応力は評価基準を満足しており、トラニオンの構造健全性は維持されています。

次のページより第五条についての適合性を示します。

37ページに進んでいただきまして、設置許可基準規則第5条第2項及び別記4第5条第2項

について表のとおり設計方針を示しています。

次、38ページへ進みまして、審査ガイドの確認内容に対しては、表のとおりになります。津波力としては兼用キャスク告示で定める津波を考慮しています。

続きまして、39ページに評価部位及び評価基準を示しています。こちらは第4条のものと評価部、評価基準と同じになります。

続きまして、40ページに津波の波圧及び漂流物衝突荷重について荷重条件を示しています。

41ページについては、バスケット及び伝熱フィンについての波圧と漂流物衝突荷重を組合寄せた津波荷重として作用させる際の条件を示しています。

続きまして、42ページに密封境界部、二次蓋ボルトについての解析モデル及び解析手法を示しています。津波波圧を等分布荷重として、漂流物衝突荷重を集中荷重としてそれぞれ作用させています。長手方向としてキャスクの頭部へそれぞれの津波荷重を作用させています。

続きまして、43ページに同様に径方向からの津波荷重についての解析モデルを示しています。こちらも波圧を等分布荷重として、衝突荷重を集中荷重として、キャスクの径方向、側部側へ作用させています。

44ページに評価位置について示しています。評価位置1を一次蓋密封シール部の一次蓋側、評価位置2を密封シール部の胴フランジ側としています。また、一次蓋ボルト及び二次蓋ボルトについても評価しています。

45ページに外筒の評価モデルについて示しています。まず、径方向からの津波荷重について、それぞれ津波波圧と漂流物衝突荷重を作用させています。外筒と胴フランジの接続部を固定端、下部レジンカバーとの接続部をピン支持とする梁モデルとして評価しています。

46ページにバスケットのうちコンパートメントの評価モデルについて示しています。こちらはコンパートメント69体を対象として、長手方向からの津波荷重による加速度が作用するものとして、最も荷重が大きくなる下部側の支持スパン1スパン分をモデル化して、圧縮応力の評価を行っています。

続きまして、47ページにバスケットの中のコンパートメントの評価モデルを示しています。こちらは地震と同じようにコンパートメント5体分を評価対象として、支持スパン1スパン分をモデル化して評価を行っています。

48ページのサポートプレートも地震と同様にサポートプレート11枚を対象として評価を行っています。

49ページの伝熱フィンも、こちらは地震荷重と同様の評価となります。

続きまして50ページに評価結果を示しています。長手方向からの津波荷重が作用する場合の密封境界部、二次蓋ボルト、バスケット及び伝熱フィンについて、それぞれ応力は評価基準値を満足しています。

続きまして、51ページに径方向からの津波荷重が作用する場合の結果を示しています。こちらそれぞれ応力は評価基準値を満足しています。また、コンパートメントに生じる応力強さは設計降伏応力より小さいため、臨界防止上有意な変形は生じておりません。

続きまして、52ページに一次蓋の横ずれの評価結果を示しています。こちら一次蓋に生じる慣性力はボルトの締付による摩擦力より小さいため、横ずれは生じない結果となっています。

続きまして、第六条への適合性について御説明します。

54ページへ進んでいただきまして、設置許可基準規則第6条第4項及び別記第4第6条第2項について表のとおり設計方針を定めています。なお、森林火災、爆発及びその他の火災については、型式証明申請の範囲外としています。

続きまして、55ページに審査ガイドの確認内容について示しています。こちらは竜巻による作用力は、兼用キャスク告示で定める竜巻を考慮しています。その他は表のとおりになります。

続きまして、56ページに評価部位及び評価基準値を示しています。なお、こちらにつきましても、第4条及び第5条と同様の評価部位及び評価基準となっています。

続きまして、57ページに密封境界部及び二次蓋ボルトの荷重条件を示します。風圧力については等分布荷重として、飛来物衝突荷重について集中荷重としてそれぞれ作用させています。

続きまして、58ページにバスケットと伝熱フィンの荷重条件を示しています。こちらについては風圧力と飛来物衝突荷重を組み合わせた竜巻荷重としてそれぞれ作用させています。

続きまして、59ページに密封境界部及び二次蓋ボルトの解析モデルを示しています。風圧力による荷重を等分布荷重として、飛来物衝突荷重については集中荷重としてそれぞれ作用させています。こちらは長手方向からの竜巻荷重としてキャスク頭部側へ作用させて

います。

続きまして、60ページに径方向からの竜巻荷重のモデルを示します。こちらについては、風圧力及び飛来物衝突荷重をキャスクの側部側へ作用させています。

続きまして、61ページに密封境界部及び二次蓋ボルトの評価位置を示しています。こちらは先ほどと同様に一次蓋密封シール部を評価断面の1、一次蓋密封シール部の胴フランジ側を評価断面の2としています。

続きまして、62ページに外筒、バスケット、伝熱フィンの評価モデルを示します。ただ、こちらについては、全て第5条と同様でありますため、説明は割愛させていただきます。

続きまして、63ページに局部の貫通評価の評価モデルを示しています。評価としましては、BRL式を用いて評価を行っておりまして、評価基準値としてそれぞれ一番外側にある二次蓋、外筒及び底部のレジンカバーの板厚を評価基準値としています。

64ページに長手方向からの竜巻による密封境界部、二次蓋ボルト、バスケット及び伝熱フィンの評価結果を示します。それぞれ応力は評価基準を満足しています。

65ページに径方向からの竜巻による評価結果を示します。こちらも同様にそれぞれ応力は評価基準値を満足しています。また、コンパートメントに生じる応力強さは設計降伏応力より小さいため、臨界防止上有意な変形は生じておりません。

続きまして、66ページに一次蓋の横ずれの評価結果を示しています。こちらについても慣性力は一次蓋ボルトの締付による摩擦力より小さいため、横ずれは生じておりません。

続きまして、67ページに貫通評価について示しています。飛来物による限界貫通厚さは、評価基準値としていますそれぞれの板厚より小さいため、飛来物が鋼板を貫通することはありません。

続きまして、質問事項に対する回答を69ページから示しています。ただ、69～72ページまで示していますけど、今回は回答はありません。

続きまして、今後の説明スケジュールについて74ページに示しております。今回、四条、五条、六条の審査会合がありまして、今後、コメント回答と補正申請を行う予定になります。

以上で御説明を終わらせていただきます。

○小野審議官 それでは質疑に入りたいと思います。質問、コメント等はございますでしょうか。

○櫻井審査官 規制庁の櫻井です。



私のほうからは1点、概要パワポの5ページに記載していただいております申請書の添付書類記載の変更点のうち、地震(2)密封シール部のところについて質問させていただきます。

ここの評価基準値の設計温度見直しによる許容基準値の見直しということなんですけれども、密封シール部の評価において、見直し前は胴、底板最高温度の設計温度を使っていたところを、見直し後はフランジ部の温度を採用するということなんですけれども、この内容のところの変更理由のところなんですけど、補足説明資料作成時に設計温度を合理的に設定しても問題ないと判断し、シール部の設定温度135℃に許容基準値の見直しを行ったということなんですけど、特に「設定温度を合理的に設定しても問題ないと判断し」のこの「合理的に設定しても」という意味の御説明をお願いします。

○日立造船（濱田） 日立造船、濱田です。

もともと資料作成時には胴については最高温度である145℃を一律に設定して評価基準値を定めていたんですけれども、実際、フランジ部についてはそこより10℃低い温度になっておりまして、一律で設定基準値を定めるよりは各部の温度をそれぞれ正しく設定して設計基準値を定めるほうが合理的であるだろうと判断しまして、変更を行っています。

○櫻井審査官 規制庁、櫻井ですけど、合理的という意味がちゃんと部位の温度を設定したことだと理解しましたが、この説明だと、ちょっと意味が分からないので、その説明を、この概要パワポをいずれまとめてお出しいただくことになると思うので、記載してください。

ここに関してですけど、適当な図が今回の資料の中にはないんですけど、白抜きの中ではありますが、23ページの真四角の7のところの位置で理解していいですか。

○日立造船（濱田） 日立造船、濱田です。

一応、その7の位置で問題ありません。

○櫻井審査官 問題ないというか、ここの温度を設定したということですよ。

○日立造船（濱田） はい。そういうことです。

○櫻井審査官 はい、ありがとうございます。

私からは以上です。

○小野審議官 ほかはいかがですか。

○戸ヶ崎調整官 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

まず、9ページの上の説明の誤りについてなんですけど、こちらは表計算ソフトを使用

したときに加速度 $69\text{m/s}^2$ と、あと水平軸方向の加速度を44を取り違えてしまったということなんですけど、具体的にどういう間違いが起きたのかというのを説明していただけますか。

○日立造船（濱田） 日立造船、濱田です。

こちらは表計算ソフトとしてエクセルを使用していたんですけども、それぞれあらかじめ水平径方向の加速度と水平軸方向の加速度を設定しているセルがありまして、計算中にそのセルの数字を読み込むために、そのセルを選択しているんですけども、選択するのを取り違えて、それぞれの逆のセルを選択して計算を進めてしまっておりました。今回、そちらの取り違えた、間違えたセルをそれぞれ正しいセルに選択し直して再計算を行っています。

○戸ヶ崎調整官 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

この表計算ソフトというのは一般的に使われているもので、これは手動でそういう参照セルを引用するような形になっていたというふうに理解してよろしいですか。

○日立造船（濱田） 日立造船、濱田です。

御理解のとおりになります。

○戸ヶ崎調整官 規制庁の戸ヶ崎です。

そうしますと、こういう手動で一般的な表計算ソフトを使っていたようなところというのは、同じような間違いがある可能性がありますけど、そういうものはなかったのかというのを教えていただきたいと思います。

○日立造船（濱田） 日立造船、濱田です。

こちらのミスを見つけて修正して、それ以降、同様の間違いがないかどうかについて確認をしまして、そちらの間違いは特にございませんでした。

○戸ヶ崎調整官 規制庁の戸ヶ崎です。

同様に、こういう表計算ソフトを使ったようなものというのは、大体何件ぐらいあったんでしょうか。

○日立造船（濱田） それはどのぐらいの数のエクセルファイルがあるかどうかということでしょうか。

○戸ヶ崎調整官 規制庁の戸ヶ崎です。

今、ここに影響のところには書かれていますけど、「他の計算について、同様の参照セルの取り違いのないことを確認した」と書いてありますので、実際に確認された対象のもの

です。それが何件ぐらいあったのかというのを教えてもらいたいと思います。

○日立造船（濱田） 日立造船、濱田です。

件数については即答できないんですけども、少なくともバスケットでの評価については一つのエクセルファイルでまとまっています、そちらについては全部確認しています。

それ以外の計算をエクセルで行っているものについても、ファイル数等は分からないんですけども、そちらについても計算内容は問題ないことは確認しました。

○戸ヶ崎調整官 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

そもそも表計算とかを使って手動で入力するようなものの入力の仕方とかチェック体制とか、そういうものがどうなっているのかということと、それと、今回の誤りを踏まえて、どういうものを対象にチェックをして、ほかになかったのであれば、ちゃんとしたチェックした結果、なかったということですね。そういうのを網羅的に説明していただきたいと思います。

○小野審議官 日立造船、いかがでしょうか。

○日立造船（濱田） 日立造船、濱田です。

チェック体制等については承知しました。

○小野審議官 チェック体制のみならず、どういった広がりがあったのかというところも確認して御説明をしてくださいというこちらからの意見ですけど、それについてはいかがでしょうか。

○日立造船（濱田） 日立造船、濱田です。

チェック体制とその他、広がりについては一度整理して、また、御説明させていただきたいと思います。

○戸ヶ崎調整官 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

誤りについては以上になります。

そのほかに、4ページから御説明があつて、ほかにも地震とか津波とか竜巻のところで、申請書に記載をしていた設計基準値とか評価結果を見直されているんですけど、見直しの理由が幾つかあると思うんですけど、その中で合理的にやるとか、現実に合わせてとか、そういうものもあると思うんですけど、そもそも申請書を作るに当たって、こういう設計の考え方というのをどういうふうに考えていたのか、あと、なぜ申請後にそういう合理的に見直すとか、そういうことを考えられたのかというのを、組織的なチェックとか、考え方というのをも併せて説明をしていただきたいと思います。

○日立造船（濱田） 日立造船、濱田です。

そちらについても承知しました。

○小野審議官 ほかはいかがですか。

○寺野管理官補佐 規制庁の寺野です。

1点、確認したい点がございまして。地震による損傷の防止第4条のところでもございまして、17ページ目と32ページ目でもございまして。バスケットについて設計方針と、その基準値の設定の考え方について確認したいというふうに思います。

バスケットについては、設計方針として臨界防止機能を担保するバスケットは、臨界防止上有意な変形が生じないように設計するといった設計方針が17ページ目の設計方針に示されておりまして、これに基づき32ページ目で、バスケットをそれぞれコンパートメント等サポートプレートから構成されていて、コンパートメントについては設計評価基準値として $S_y$ と $S_u$ が二つ標示されていると。サポートプレートについては $F_c$ が設定されておりまして、コンパートメントについては、御説明がありましたとおり、設計降伏応力の弾性範囲内にとどめるということで、 $S_y$ を用いられるということによろしいかということと、サポートプレートについて $F_c$ を用いられている理由について御説明いただきたいというふうに思います。

○日立造船（樋口） 日立造船の樋口でございまして。

バスケットのサポートプレートを $F_c$ で評価している件に関しましては、日本機械学会の金属キャスク構造規格並びに設計建設規格の炉心支持構造物においてを参考に評価しておりまして、そうすると、評価対象、圧縮に関しては $F_c$ で評価するというのを考えております。実質的になぜ $F_c$ で評価しているかといいますと、 $F_c$ というのは単純な支圧だけではなくて、座屈も考慮された圧縮応力を評価するための基準値となりまして、そういった座屈を含めた評価基準値ということで $F_c$ を採用してございまして。

以上でございまして。

○寺野管理官補佐 規制庁の寺野です。

そうすると、今、おっしゃられた $F_c$ で、座屈も考慮した $F_c$ で評価すると、臨界上有意な変形は生じないということで整理されているということで、理解としては、使用済燃料集合体を所定の幾何学的配置を維持するためにバスケット、それについてはコンパートメントで担保されているということで、サポートプレートについては、座屈等を防止するための評価値を用いれば、特段、臨界防止については機能を担保していないというような理解

でよろしゅうございますでしょうか。

○日立造船（樋口） 日立造船の樋口でございます。

御理解のとおりでございます。F<sub>0</sub>を採用しているのは、より保守的にという意味合いも含めてでございます。

以上でございます。

○寺野管理官補佐 規制庁の寺野です。

以上です。

○小野審議官 ほかはいかがですか。

○松野上席審査官 規制庁の松野です。

私のほうからは津波の荷重条件の設定について1点確認があります。パワポ資料の40ページ目に、荷重条件として、括弧書きで、①密封境界部及び二次蓋ボルト、②として外筒、これらの荷重の条件として一つ目の矢羽根のところ、津波波圧は等分布荷重として、漂流物衝突荷重は集中荷重としてそれぞれ作用させると。

次のページの41ページ目を見ますと、今度は荷重条件として、③のバスケットと④の伝熱フィン、こちらの条件は、一つ目の矢羽根を見ると、津波波圧と漂流物衝突荷重を合わせた津波荷重として作用させると。こちらは評価部位によって荷重の条件の設定が異なっていますけども、荷重条件の異なる理由の説明をお願いいたします。

○日立造船（濱田） 日立造船、濱田です。

まず、40ページの密封境界部及び二次蓋ボルトと外筒については、津波が直接作用することから、それぞれ等分布荷重と集中荷重として直接作用させています。

41ページのバスケットと伝熱フィンについては、津波そのものが直接当たっているわけではなく、内部のものに対して加速度という形で作用させていますため、こちらを合わせたものを津波荷重として評価に使用しています。

○松野上席審査官 規制庁の松野です。

こちらの荷重の組合せの考え方なんですけども、兼用キャスクガイドを見ますと、告示で定める津波を適用する場合、キャスクの評価において保守的な荷重の作用及び組合せを設定することとなっております。今のパワポ資料の38ページ目で審査ガイドの確認内容に対する設計方針が書かれてありまして、その荷重の組合せの設計方針とその右に先行型式との比較として書かれているんですけども、これは先行として同じとして書かれているんですけど、先行の型式では部位によって荷重の組合せを変えているのではなくて、どの部

位に対しても同じ荷重の組合せ、保守的に設定した荷重の組合せを行っておりますので、まず、ここは先行との比較では、多分同じではないと思うんですけども、そこはいかがでしょうか。

○日立造船（岡田） 日立造船日立造船の岡田です。

今の38ページの荷重の組合せのところに関しましては、考え方としては同じというふうな捉え方をしておりますので、先行のキャスクと同じような考え方をしていて。ただし、具体的な荷重の与え方については、先行のものとの比較方法は同じように、実際に今回、貯蔵ということで、我々は貯蔵に関して先行他社さんが輸送の承認も考慮した評価をしていますが、我々はそこまでちょっと、輸送の評価というよりは直接貯蔵で一番考えられる荷重ということで我々は今回、特に密封境界部と外筒については、より現実的な荷重の与え方をしていると、現実的な、そして保守的な与え方をしているというふうに評価しております。

すみません。今ので説明になっておりますでしょうか。

○松野上席審査官 規制庁、松野です。

ここに書かれている先行型式の比較で、同じ日立造船の中の先ほど議題1であったHitz-P24、縦置き設計方針の考え方でも、BWRの今回の説明とはまた詳細な設計の考え方とは多分違っているかと思うんですけども、そこも同じということによろしいですか。

○日立造船（岡田） 日立造船、岡田です。

資料を確認いたしますので、少々お待ちください。

日立造船の岡田です。

Pのほうの資料とも、特に考え方としては同じ考え方にしておりまして、その上で評価方法がBのほうは具体的に評価をしているということになります。

○戸ヶ崎調整官 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

まず、先ほど御説明があったんですけど、40ページのほうは、これは先ほどの御説明ですと、衝撃がある部位が直接津波とか漂流物が当たるから、それはそれぞれで評価をしていて、41ページのほうは、こちらのほうは内部の構造物の評価で、間接的に力が加わるので、間接的に力が伝わる荷重としては津波と漂流物というふうに考えられているという御説明だったと思うんですけど、まず、そういう理解でよろしいんですか。

○日立造船（濱田） 日立造船、濱田です。

荷重の条件としては御理解のとおりで間違いありません。

○戸ヶ崎調整官 規制庁の戸ヶ崎です。

そうしますと、後者のほうは、そういう両方の荷重が内部の構造物に加わるということで理解できるんですけど、前者のほうも外部のところで津波と漂流物が同じ場所に同時に当たるといことは考慮する必要はないんでしょうか。

○日立造船（岡田） 日立造船の岡田です。

40ページのところの図の説明になりますが、我々の考え方としましては、40ページの津波荷重の作用というところで、これは津波波圧がかかった上で、同時に漂流物衝突荷重が、外筒であれば一番真ん中の部分、影響の大きいところ、そして蓋部に関しましても、中央ということで、一番影響の大きいと考えられるところにかけているというふうに御理解いただければと思います。少なくとも荷重は同時にかけて評価をしております。

以上です。

○戸ヶ崎調整官 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

40ページの「それぞれ作用させる」という表現になっているので、別々に評価をしているというふうに最初に捉えたんですけど、同じ場所に力がかかる場合は、それは合わせて評価をしているというふうに理解しましたが、それでよろしいでしょうか。

○日立造船（岡田） 日立造船の岡田です。

御理解どおりです。ありがとうございます。

○戸ヶ崎調整官 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

そうしましたら、そういうのが分かる表現に見直しをしていただきたいと思います。

○日立造船（濱田） 日立造船、濱田です。

表現については承知しました。適切な言い回しに変更したいと思います。

○松野上席審査官 規制庁、松野です。

補足説明資料につきましても、その点、表現ぶりなども、必要に応じて、あと評価式もそれぞれ評価している式にも見えましたので、その辺も踏まえて全体的に少し再整理、再検討のほど、お願いいたします。

○日立造船（岡田） 日立造船、濱田です。

はい、承知しました。

○小野審議官 ほかはいかがですか。よろしいですか。

日立造船のほうから確認をしておきたい事項とかはございますでしょうか。

○日立造船（岡田） 日立造船の岡田です。

確認事項は特にごさいません。ありがとうございます。

○小野審議官 それでは、以上で議題2を終了いたします。

本日予定しておりました議題は以上でございます。

それでは、第25回審査会合を閉会いたします。どうもありがとうございました。