

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)

2022.12.22
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. 今後の説明スケジュール

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	2021/11/11 審査会合	特定機器を使用することができる原子炉施設の条件の記載については、条件が明確に記載されていないものがあるので、今後審査の中で整理して説明すること。	全般	臨界防止機能、除熱機能に係る条件については、第14回審査会合資料1-1の中の「2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条）」の説明で回答する。	臨界防止機能、除熱機能に対する条件については、第14回審査会合で回答。
				閉じ込め機能に係る条件については、第15回審査会合資料1-1の中の「2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条）」の説明で回答する。	閉じ込め機能に対する条件については、第15回審査会合で回答。
				遮蔽機能に係る条件については、第16回審査会合資料1-1の中の「2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条、第四条）」の説明で回答する。	遮蔽機能に対する条件については、第16回審査会合で回答。
2	2021/11/11 審査会合	評価に用いた解析のコードについて、それぞれの適用性について、検証の方法や適用性を整理して説明すること。既許可で使用したコードであっても、バージョンや核定数の違いがある場合はそれを含めて適用性を説明すること。	4条,5条, 6条,16条	<p>臨界防止機能の評価にはSCALEコードシステム（SCAL6.2.1）（臨界計算はKENO-V.a、断面積ライブラリはENDF/B-VIIに基づく252群の多群断面積ライブラリ）を用いている。</p> <p>SCALEコードシステムについては、Hitz-P24型の評価条件に類似する複数の臨界実験ベンチマーク解析を実施して、適用性を確認している。</p> <p>除熱機能評価では、崩壊熱計算にORIGEN2（ORIGEN2.2UPJ）、温度計算にABAQUSを用いている。</p> <p>ORIGEN2については、ANS標準崩壊熱データにより検証され、Hitz-P24型に収納する使用済燃料と同等の冷却条件における適用性を確認している。</p> <p>ABAQUSについては、Hitz-P24型と同等の伝熱形態を有する兼用キャスクの伝熱試験により検証され適用性が確認されている。</p>	臨界防止機能、除熱機能の評価に用いた解析コードについては、第14回審査会合で回答。

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
2	2021/11/11 審査会合	評価に用いた解析のコードについて、それぞれの適用性について、検証の方法や適用性を整理して説明すること。既許可で使用したコードであっても、バージョンや核定数の違いがある場合はそれを含めて適用性を説明すること。	4条,5条, 6条,16条	<p>遮蔽防止機能の評価では線源強度評価にORIGEN2（ORIGEN2.2UPJ）、線量当量率計算にDOT3.5コードを用いている。</p> <p>ORIGEN2については、ANS標準崩壊熱データにより検証され、Hitz-P24型に収納する使用済燃料と同等の冷却条件における適用性を確認している。</p> <p>DOT3.5コードについては、使用済燃料輸送容器において、測定値と解析値の比較により妥当性の確認を行っている。</p> <p>また、断面積ライブラリには、遮蔽性能に関するベンチマーク解析で信頼性が確認されているJENDL-3.3に基づくMATXSILIB-J33を用いる。</p>	遮蔽機能に対する条件については、第16回審査会合で回答。

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	2021/11/11 審査会合	バスケットは複雑な構造をしているので、バスケットプレート及びバスケットを支持する部分にどのように力が伝わっていくか説明すること。	4条,5条, 6条,16 条	バスケット構造の詳細については、第14回審査会合資料1-1の中の「参考1. Hitz-P24型の概要（構造・収納条件等）」に示す。（P.30～34参照） バスケットは内側部と外側部に分割されており、それぞれアルミニウム合金製のプレートを軸方向に重ねた構造である。プレートはタイロッドで軸方向に連結されており、径方向はリーマピンで位置決めされている。 内側部は外側部に囲まれた空間に挿入される（固定はされていない。）。内側部が径方向に移動する場合は、外側部に平面で支持される構造であり、内側部（燃料集合体含む）の荷重は外側部に伝達される。 外側部は本体胴に支持され、また固定金具により径方向には本体胴に固定されており、外側部（燃料集合体含む）の荷重は内側部から伝達されるものも含めて、本体胴に直接伝達するか、固定金具を介して本体胴に伝達する。	第14回審査会合で回答。
4	2021/11/11 審査会合	地震、津波、竜巻の評価では、一部の部材の応力評価結果のみが示されているが、基準要求事項としては、告示の条件に対してキャスクの安全機能が損なわれないことであるので、4つの安全機能を担保するキャスクの部材の応力評価結果を示し、安全機能の維持の成立性を定量的に説明すること。また、設計基準値の考え方も説明すること。 さらに、津波、竜巻については、外運搬規則の0.3m落下の衝突荷重と比較している考え方や適切性についても説明すること。	4条,5条, 6条	地震、津波、竜巻の評価については、第16回審査会合資料1-1の中の「2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条、第四条、第五条、第六条）」の説明で回答する。	第16回審査会合で回答。

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
5	2021/11/11 審査会合	臨界評価における「技術的に想定されるいかなる場合」について、例えば燃料装荷時の満水状態や、排水時の水位変化などの状態をすべて考慮して臨界防止できることの説明をすること。	16条	Hitz-P24型への燃料装荷から貯蔵施設への搬入、搬出、燃料取出しまでのハンドリングフローを整理し、各取扱いモードにおけるHitz-P24型の条件を踏まえた臨界防止機能の成立性を確認しており、例えば燃料装荷時の満水状態や、排水時の水位変化などの状態等の使用済燃料を収納した条件下で、技術的に想定されるいかなる場合でも中性子実効増倍率が0.95以下となる設計となっていることを確認している。 詳細は、第14回審査会合資料1-1の中の「2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条）」の説明の中で回答する。 ⇒P.9～12参照	第14回審査会合で回答。
6	2021/11/11 審査会合	金属ガasketの長期健全性について、公開知見などのような技術的根拠を使ったのかを明確にした上で説明すること。	16条	電中研で実施された金属ガasketの密封性能に関する試験結果において、漏えい率とラーソン・ミラー・パラメータ（以下「LMP」という）の関係が整理されており、初期の閉じ込め機能を維持できる限界のLMPが確認されている。Hitz-P24型に対して評価したLMPが上記の限界のLMPを下回ることから、設計貯蔵期間を通じて初期の閉じ込め機能は維持される。評価の詳細及び使用した参考文献については、本資料の中の「2. 設置許可基準規則への適合性（第十六条）（長期健全性）」の箇所で説明する。 ⇒P.15参照	第20回審査会合で回答。

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
7	2021/11/11 審査会合	<p>バスケット用アルミニウム合金の設計用強度を決めるまでの一連の流れについて、以下の点を明確にすること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・考え方、評価方法を含め国内でどのような許認可実績を持っているか ・評価方法、評価結果を使うにあたって具体的にどのような検証がなされてきているか ・今回本申請にこの考え方を適用することについて、どのように適用性を整理し、どのような根拠があるか 	全般	<p>バスケット用アルミニウム合金の設計用強度を決める上で、計算材料科学に基づくシミュレーションとLMPを用いて経年変化を模擬した機械試験用供試材により強度評価を行っている。</p> <p>この手法には許認可実績がないため、妥当性を確認するための試験を実施し、有効性を確認している。</p> <p>評価方法、評価結果については、基本的にJSME新規材料採用ガイドラインに準じ、貯蔵施設の型式指定を受けた先行例を参考にしている。</p> <p>破壊靱性については、-40°C～200°Cの範囲で破壊靱性試験を実施し、取得したJ_Q値及びJ_{IC}値から問題のないこと確認している。</p> <p>今回の申請でこの考え方を適用することに係る適用性や根拠については、補足説明資料1-1 別紙2にて説明する。</p>	第20回審査会合で回答。

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
8	2022/2/8 審査会合	<p>臨界防止機能については、減速材（水）がキャスク内に偏在することなく均一に排出できる構造であるとしていることについて、バスケットプレートの構造面の特性等を踏まえて、詳細に説明すること。</p>	16条	<p>Hitz-P24型の取扱いにおいて、使用済燃料を収納した状態での容器内水の水位の変動が想定されるのは、以下の場合である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・燃料装荷後の排水時 ・燃料取出し前の注水時 <p>Hitz-P24型のバスケットは、燃料格子は軸方向に貫通しており、最底部のバスケットプレートの下面側には、燃料格子間及び燃料格子からバスケット外周部につながる溝が設けてあり、ドレンパイプから容器外へ排水される流路となっている。また、水ギャップ部については、最上部及び最下部のバスケットプレートを除く、その間のプレートは軸方向に貫通しており、最上部のバスケットプレートの下面側及び最底部のバスケットプレートの上面側には、水ギャップから近傍の燃料格子につながる溝が設けてあり、燃料格子内の水と同じ流路で排水される設計となっている。</p> <p>そのため、注排水時にバスケット格子内部と水ギャップとの水位差はほとんど生じない。</p> <p>詳細は、第15回審査会合資料1-1（本資料）の中の「4. 指摘事項への回答」の説明で回答する。</p>	第15回審査会合で回答。

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	2022/2/8 審査会合	除熱機能については、伝熱解析コード（ABAQUS）の適用性について、本申請の特定兼用キャスクと ABAQUS コードの解析機能の検証に用いた定常伝熱試験用供試体との伝熱形態の比較等を踏まえて、詳細に説明すること。	16条	Hitz-P24型と定常伝熱試験用供試体は、主要な構造及び収納物仕様は同等であり、伝熱形態（伝導、放射、対流）は同様である。そのため、定常伝熱試験用供試体の伝熱試験により検証された伝熱解析コード（ABAQUS）の Hitz-P24型への適用性は確認されている。 詳細は、第15回審査会合資料1-1（本資料）の中の「4. 指摘事項への回答」の説明で回答する。	第15回審査会合で回答。
10	2022/2/8 審査会合	第14回審査会合資料1-4の別紙1に記載されている除熱解析の保守性について、保守的となる理由を、感度解析の結果等を踏まえ、より詳細に説明すること。	16条	詳細は、第15回審査会合資料1-1（本資料）の中の「4. 指摘事項への回答」の説明で回答する。	第15回審査会合で回答。
11	2022/11/28 審査会合	60年の設計貯蔵期間を経てもHZ-A3004はMn系分散相による分散強化とMgによる固溶強化が期待できるとあるが、強度とは別に伝熱機能への影響はないか。	全般	定性的には不純物元素が少なくなるとアルミニウム合金の熱伝導率は高くなる傾向にある。 詳しくは、「2.指摘事項への回答」の説明で回答する。	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
12	2022/11/28 審査会合	<p>バスケットの強度条件を決めるために既知試験文献の確認、シミュレーション及び機械試験を用いており、その関係が網羅的に説明されているが、主となるものの関係が明確になっていない。</p> <p>ロジックを改めて整理すること。</p> <p>申請書のバスケットの長期健全性について、熱的に温度に耐えるという記載があるが、強度において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という記載がないので申請書に説明を追記すること。</p> <p>申請書には材料の強度についての基準が添付されており、妥当性を説明するためにMgの固溶量により、固溶強化等の強化機構の低下が強度に影響すると考えられ、これと不純物の関係が、強度に対しどのように考慮されているかを文献、シミュレーション及び機械試験の結果を用いて説明されているが、その説明をわかりやすく整理すること。</p>	全般	<p>固溶強化に寄与するMgの固溶量低下の考慮方法、不純物合金元素の強度への影響、設計用強度と機械試験用供試材の関係について、ロジックが明確になるように、補足説明資料を整理し、申請書を補正する。</p> <p>詳しくは、「2.指摘事項への回答」の説明で回答する。</p>	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.11

指摘事項No.12

指摘事項No.11

60年の設計貯蔵期間を経てもHZ-A3004はMn系分散相による分散強化とMgによる固溶強化が期待できるとあるが、強度とは別に伝熱機能への影響はないか。

(回答)

(1) 熱物性等に対する合金元素と経年変化の影響の考え方

アルミニウムの導電率、比抵抗、熱伝導率などの物理的性質は、純度の影響が大きく、純度が高くなるほど、導電率、熱伝導率は高くなり、逆に比抵抗は低くなる。

熱物性に対する60年の設計貯蔵期間における熱ばく露に伴う過時効の影響については、補足説明資料1-1 9.1項にHZ-A3004の初期材と過時効熱処理材の熱物性値が示されており、試験の結果から初期材と過時効熱処理材の熱物性値に有意な差がないことを確認している。

したがって、熱物性に対する60年の設計貯蔵期間における熱ばく露に伴う過時効の影響はほとんどないものと推定される。

本説明を補足説明資料1-1 別紙2に追記する。

指摘事項No.12

バスケットの強度条件を決めるための主となるものの関係が明確になっていないので、ロジックを整理すること。
申請書のバスケットの長期健全性について、強度において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という記載がないので申請書に説明を追記すること。
Mgの固溶量に伴う固溶強化などの強化機構の低下に対し、不純物の影響が設計用強度にどのように考慮されているのか整理し、わかりやすく説明すること。

(回答)

(1) Mg固溶量低下の考慮の方法

固溶強化に寄与するMgの固溶量は、設計貯蔵期間中の熱ばく露に伴い低下する。このMg固溶量の変化量を計算材料科学に基づく計算により推定し、機械試験用供試材の を設定する。

(2) 不純物合金元素の強度への影響

不純物については、不用意に添加すると母相中のMg固溶量の減少に伴いMgによる固溶強化が低下するため可能な限り低減する。

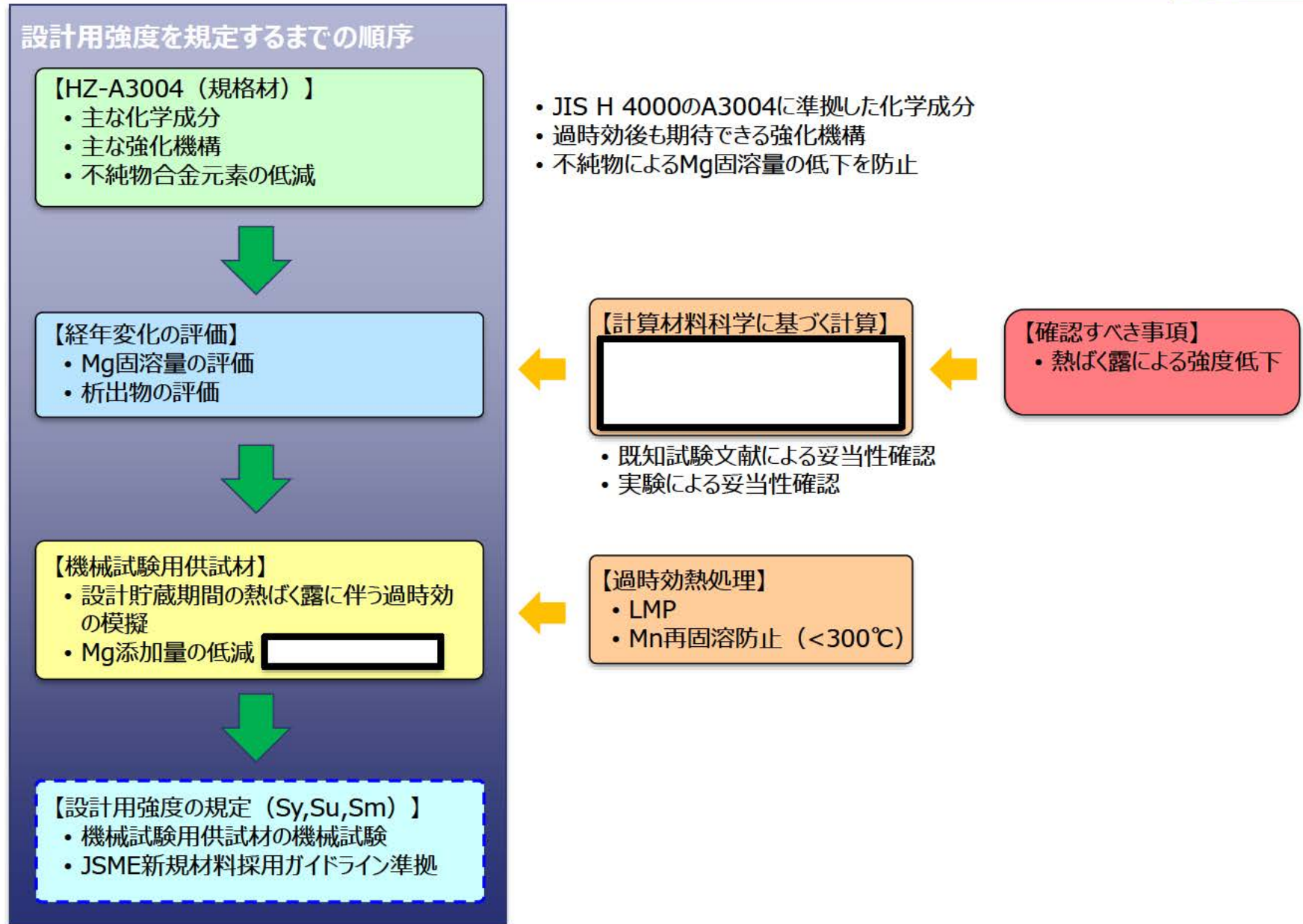
(3) 設計用強度と機械試験用供試材の関係

設計用強度は、これらの考え方を踏まえ、設計貯蔵期間中の熱ばく露に伴う過時効を模擬した機械試験用供試材の材料試験により得られた機械的性質を保守的に包絡するように設定する。

(4) 型式証明申請書への記載

申請書では(1)～(3)のロジックを踏まえ、「HZ-A3004-H112の設計用強度は、設計貯蔵期間中の熱ばく露に伴う過時効による強度低下を考慮し、設計貯蔵期間中の熱ばく露に伴う過時効を模擬した機械試験用供試材の材料試験により得られた機械的性質を保守的に包絡するように設定している。」ことを記載する。








3.2. バスケット用アルミニウム合金の考え方と評価方法

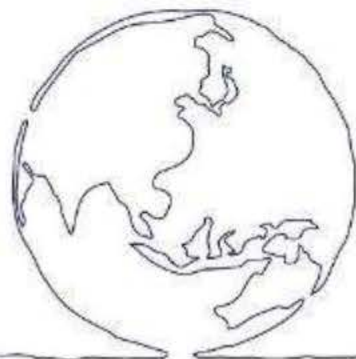


3. 今後の説明スケジュール

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	2021年度		2022年度			
	9月～12月	1月～3月	4月～6月	7月～9月	10月～12月	1月～3月
全般	▼9/16申請					▽補正
型式証明申請の概要	 ▼11/11 審査会合					
バスケット用材料 アルミニウム合金の説明						▼11/29 審査会合
4条 地震による損傷の防止						▼6/30 審査会合
5条 津波による損傷の防止						▼6/30 審査会合
6条 外部からの衝撃による 損傷の防止						▼6/30 審査会合
16条 燃料体等の取扱施設 及び貯蔵施設						▼11/29 審査会合
		▼2/8 審査会合	▼3/29 審査会合	▼6/30 審査会合		



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