

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21回

令和4年12月5日（月）

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21回 議事録

1. 日時

令和4年12月5日(月) 13:30～16:34

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
松野 元徳 上席安全審査官
後神 進史 主任技術研究調査官
櫻井 あずさ 安全審査官

三菱重工業株式会社

岸本 純一 原子力セグメント 機器設計部 主席プロジェクト統括
川原 慶幸 原子力セグメント 機器設計部 主席技師
齋藤 雄一 原子力セグメント 機器設計部 プラント機器設計課 主席チーム統括
齋藤 慶行 原子力セグメント 機器設計部 プラント機器設計課 主席技師
尾方 智洋 原子力セグメント 炉心・安全技術部 炉心・放射線技術課 主席技師
豊田 康正 原子力セグメント 炉心・安全技術部 炉心・放射線技術課 主任
若松 輝之 原子力セグメント 品質保証部 原子力安全・品質保証課 主任

日立造船株式会社

森本 好信 機械・インフラ事業本部 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 機械・インフラ事業本部 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 機械・インフラ事業本部 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 機械・インフラ事業本部 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 機械・インフラ事業本部 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

吉田 篤 機械・インフラ事業本部 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

4. 議題

- (1) 三菱重工業（株）発電用原子炉施設に係る特定機器の設計の型式指定について
- (2) 日立造船（株）発電用原子炉施設に係る特定機器の設計の型式証明（BWR）について
- (3) その他

5. 配付資料

- 資料 1 - 1 発電用原子炉施設に係る型式設計特定機器の型式指定申請 規則への適合性について
- 資料 1 - 2 補足説明資料 型式証明を受けた設計からの変更点及び安全評価への影響に関する説明資料
- 資料 1 - 3 補足説明資料 5 - 1 5条 地震による損傷の防止 地震による損傷の防止に関する説明資料
- 資料 1 - 4 補足説明資料 6 - 1 6条 津波による損傷の防止 津波による損傷の防止に関する説明資料
- 資料 1 - 5 補足説明資料 7 - 1 7条 外部からの衝撃による損傷の防止 竜巻による損傷の防止に関する説明資料
- 資料 1 - 6 補足説明資料 17 - 1 17条 クラス3容器の材料及び構造に関する説明資料

- 資料 1 - 7 補足説明資料 2 6 - 1 2 6 条 燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備 臨界防止機能に関する説明資料
- 資料 1 - 8 補足説明資料 2 6 - 2 2 6 条 燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備 遮蔽機能に関する説明資料
- 資料 1 - 9 補足説明資料 2 6 - 3 2 6 条 燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備 除熱機能に関する説明資料
- 資料 1 - 1 0 補足説明資料 2 6 - 4 2 6 条 燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備 閉じ込め機能に関する説明資料
- 資料 1 - 1 1 補足説明資料 2 6 - 5 2 6 条 燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備 材料・構造健全性（長期健全性）に関する説明資料
- 資料 1 - 1 2 補足説明資料 2 6 - 6 2 6 条 燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備 構造強度に関する説明資料
- 資料 1 - 1 3 補足説明資料 原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則への適合性に関する説明資料
- 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（第十六条関連）
- 資料 2 - 2 補足説明資料 1 6 - 2 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設 臨界防止機能に関する説明資料
- 資料 2 - 3 補足説明資料 1 6 - 4 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設 除熱機能に関する説明資料
- 資料 2 - 4 補足説明資料 1 6 - 1 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

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21回特定兼用キャスクの型式証明等に係る審査会合を開催します。

本日の議題は二つ、議題1、三菱重工業株式会社発電用原子炉施設に係る特定機器の設計の型式指定について、議題2、日立造船株式会社発電用原子炉施設に係る特定機器の設計の型式証明(BWR)についてであります。

本日の会合は、新型コロナウイルス感染症対策のため、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。

三菱重工業から資料について、説明をお願いいたします。

○三菱重工業（斎藤） 三菱重工業の斎藤です。これより型式設計特定機器の型式指定申請の規則適合性につきまして、資料1-1を基に御説明をさせていただきます。資料1-2～1-13は補足説明資料でございます。

では、資料1-1、1ページをお願いします。本日の御説明内容ですけれども、目次に記載の順のとおり、まず、技術基準規則への適合性、品質管理基準規則への適合性、その後、初回の審査会合での御指摘事項への回答、最後に、今後の御説明スケジュールについて、御説明をさせていただきます。

2ページをお願いします。これより技術基準規則への適合性を御説明します。2ページには、技術基準規則への適合性概要を示しております。第5条～第7条、17条、26条が適合性説明の範囲となります。下の表につきましては、各条の適合性説明における安全評価説明事項の概要を示しております。

3ページをお願いします。3ページには、型式指定の安全評価について、型式証明での御説明済みの事項、安全評価方法及び評価条件との差異を示しております。5条、6条、7条及び26条の構造強度について、型式証明では、構造公式による簡易評価としておりましたけれども、型式指定では、FEM等による詳細評価を実施しております。

また、26条の四つの安全機能及び長期健全性に関して、臨界防止は、型式証明と同一の安全評価でございます。遮蔽については、線量当量率評価に用いる線源強度は型式証明と同一ですが、線量当量率評価に用いるコードについて、型式証明では、MCNP5コード及びDOT3.5コードを使用しておりましたが、型式指定では、MCNP5コードに限定しています。また、評価条件として、記載の差異がございます。除熱については、崩壊熱量は型式証明と同一ですけれども、除熱解析の条件として、記載している差異がございます。また、閉じ込め、長期健全性について、評価方法は型式証明と同じですけれども、型式指定の除熱解析結果を反映して評価を行っています。

型式指定と型式証明の評価条件の差異による安全機能評価結果への影響については、後ほど御説明する指摘事項への回答の中で御説明します。

4ページをお願いします。これより、技術基準規則各条への適合性について、御説明し

ます。

まず、第5条です。基本設計方針は、型式証明を受けた方針であり、記載のとおりです。

安全評価として、設計用地震力による荷重と地震力以外の荷重の組合せにつきまして、適切に考慮した上で、特定兼用キャスクの安全機能を担保する構成部位は十分な構造強度を有しており、地震時において安全機能が維持されることを確認しております。

構造強度評価は、安全機能を確保するために必要な強度部材としまして、表に示す部位を対象としております。表の右の備考欄に記載のとおり、これらを評価部位とすること及び評価部位に対する適用規格などは、先行設工認におけます使用済燃料貯蔵容器と同じものでございます。

7ページ。7ページをお願いします。地震力に対する安全評価方法について、御説明します。安全機能の維持は、設計用地震力及び地震力以外の荷重に対して、特定兼用キャスクの構造強度の確保を基本とし、特定兼用キャスクにこれらの荷重が作用した場合に、安全機能を担保する部位に生じる応力等を許容限界以下とすることで、構造強度を確保することとしております。

構造強度評価の評価部位とその評価方法を表に示しております。地震力は、兼用キャスク告示で定める加速度による地震力、水平2,300Gal及び鉛直1,600Galを用い、水平地震力と鉛直地震力を同時に不利な方向での組合せで作用させています。地震力以外の荷重としては、貯蔵施設での特定兼用キャスクの貯蔵状態に作用する荷重及び自重を考慮していません。

応力評価及び疲労評価につきましては、金属キャスク構造規格の供用状態Dに基づいております。許容限界については、表に記載の許容限界を用いております。

8ページをお願いします。(3)番に構造強度の評価結果を示します。(2)番に記載しているとおり、構造強度評価の応力解析にはABAQUSコードを適用しています。各部位の強度に対する適合性確認結果として、応力評価及び疲労評価の結果、金属キャスク構造規格等に規定される許容基準を満足しているということを確認しております。したがって、安全機能を確保する部位は十分な強度を有しており、地震による損傷防止に係る要求事項に適合しています。

続いて、9ページをお願いします。第6条になります。津波による損傷防止に対する基本設計方針、こちらも型式証明を受けた基本設計方針のとおりであり、記載しているとおり

です。

安全評価としまして、津波荷重とそれ以外の荷重の組合せを適切に考慮した上で、特定兼用キャスクの安全機能を担保する構成部位は十分な構造強度を有しており、津波荷重作用時において安全機能が維持されることを確認しております。

構造強度評価は、安全機能を確保するために必要な強度部材としまして、表中の部位を対象としています。

11ページをお願いします。津波荷重に対する安全評価方法について、御説明します。

安全機能の維持につきましては、津波荷重、その他考慮すべき荷重の組合せを考慮して、特定兼用キャスクの構造強度の確保を基本として、特定兼用キャスクにこれらの荷重が作用した場合に、安全機能を担保する部位に生じる応力等を許容限界以下とすることで、構造強度を確保することとしております。

構造強度評価の評価部位とその評価方法を表に示しております。津波荷重につきましては、兼用キャスク告示で定める津波による作用力として、表中に記載の条件を用いて設定し、評価上、最も厳しくなる位置へ作用させています。また、津波荷重以外の荷重としては、貯蔵施設での特定兼用キャスクの貯蔵状態、この状態で作用する荷重に加え、自重を考慮しています。応力評価は、金属キャスク構造規格の供用状態Dに基づいております。許容限界は、表中に記載の許容限界を用います。

12ページをお願いします。津波荷重の算定及び作用方向について、御説明します。

津波荷重の算定方法は、型式証明を受けた方法と同じで、記載している算出式を用いています。①に示す津波波力については、右に示すイメージ図を入れておりますけれども、津波が兼用キャスクを遡上するということを考慮しまして、(1)の特定兼用キャスクの軸方向に衝突する場合と(2)の径方向に衝突する場合の荷重をそれぞれ算出しています。①の津波波力と②の漂流物衝突荷重は、貯蔵用緩衝体によるエネルギー吸収を無視した形での算定ということになります。津波荷重は、①と②が同時に作用することに加えまして、常時作用する荷重である自重及び供用中に作用する荷重を考慮します。また、漂流物衝突荷重の衝突作用位置としましては、許容応力に対して余裕が小さく、最も厳しくなります蓋部の衝突としています。評価は下の図に示すとおり、蓋部に漂流物衝突荷重が軸方向及び径方向に作用する2ケースを実施しております。

13ページをお願いします。津波の応力解析に用いる解析コードですが、地震時と同様に、

(3)に示す部材も応力解析にABAQUSコードを用いています。(4)に各部位の強度評価結果のまとめを表で示しております。金属キャスク構造規格等に規定される許容基準を満足していることを確認しています。この結果は、蓋部に津波荷重が作用する場合の結果となりますけれども、蓋部以外に津波荷重が作用する場合においても、MSF-24P(S)型は十分な強度を有するということが14ページに示しております。したがって、安全機能を確保する部位は十分な強度を有しており、津波による損傷防止に係る要求事項に適合しております。

15ページをお願いします。第7条の説明に移ります。外部からの衝撃による損傷防止のうち、竜巻による損傷防止に対する基本設計方針、こちらにつきましても、型式証明を受けた基本設計方針のとおりでございます。

安全評価としまして、設計竜巻荷重とそれ以外の荷重の組合せにつきまして、適切に考慮した上で、特定兼用キャスクの安全機能を担保する構成部位が十分な構造強度を有しており、竜巻荷重作用時において、安全機能が維持されることを確認しています。構造強度評価は、安全機能を確保するために必要な強度部材として、表に示す部位を対象としております。

17ページをお願いします。17ページです。竜巻による作用力に対する安全評価方法について、御説明します。

安全機能の維持につきましては、設計竜巻荷重、それ以外の荷重の組合せを考慮しまして、特定兼用キャスクの構造強度の確保を基本としまして、特定兼用キャスクにこれら荷重が作用した場合に、安全機能を担保する部位に生じる応力等を許容限界以下とすることで、構造強度を確保することとしています。

構造強度評価の評価部位とその評価方法について、表に示しております。竜巻荷重は、兼用キャスク告示で定める竜巻による作用力として、表に記載の条件を用いて設定する設計竜巻荷重を評価上最も厳しくなる位置へ作用させています。また、竜巻荷重以外の荷重としましては、貯蔵施設での特定兼用キャスク貯蔵状態に作用する荷重に加えまして、自重を考慮しています。こちらについても、応力評価は、金属キャスク構造規格の供用状態Dに基づいています。許容限界は、表に記載の許容限界です。

18ページをお願いします。設計竜巻荷重の算定と作用方向について、御説明します。

設計竜巻荷重の算定方法は、こちらでも型式証明を受けた方法と同じでありまして、原子力発電所の竜巻影響評価ガイドに基づいて、風圧力による荷重、気圧差による荷重、設計

飛来物による衝撃荷重を組み合わせた複合荷重を作用させます。設計竜巻荷重は、貯蔵用緩衝体によるエネルギー吸収を無視して算定をしていることとなります。設計竜巻荷重に加えまして、常時作用する荷重である自重及び供用中に作用する荷重を考慮します。また、設計飛来物による衝撃荷重の作用位置につきましては、許容応力に対して余裕が小さくなり、最も厳しくなる蓋部に当たるということとしております。評価は下の図に示すように、蓋部に設計竜巻荷重が作用する2ケースを実施しております。

19ページをお願いします。応力解析に用いるコードにつきましては、こちらも、地震、津波と同様に、(3)に記載の部分に対して応力解析にABAQUSコードを用いております。(4)に各部位の強度評価結果のまとめを表で示しております。金属キャスク構造規格等に規定される許容基準を満足することを確認しております。この結果につきましては、蓋部に設計竜巻荷重が作用する場合の結果ですけれども、蓋部以外に荷重が作用する場合についても十分な強度を有するというを、次の20ページに示しております。したがって、安全機能を確保する部位は十分な強度を有しており、竜巻による損傷防止に係る要求事項に適合しております。

21ページをお願いします。続いて、第17条の適合性説明に移ります。MSF-24P(S)型の容器につきましては、クラス3容器に該当しますので、17条のうち、クラス3容器に対する要求に適合することを示します。

基本設計方針として、MSF-24P(S)型の容器の材料及び構造は、日本機械学会の設計・建設規格に基づき設計することとし、容器に使用する材料については、同材料規格に規定される材料を使用します。容器の構造及び強度につきましては、全体的な変形を弾性域に抑えるとともに、座屈が生じない設計として、設計・建設規格のクラス3容器の構造規定を満足する設計とします。また、容器の主要な耐圧部の溶接部については、規則の第1項15号の要求を満足するものとしまして、使用前検査におきまして、日本機械学会の溶接規格に適合していることを確認することとします。

次に、基本設計方針に対する安全評価として、一番下の表に示すように、クラス3容器となる部位は、設計・建設規格のクラス3容器として必要な構造強度を有していることの確認をしております。この表の備考欄に示しておりますとおり、評価部位に対する適用規格等は、先行設工認における使用済燃料乾式貯蔵容器と同じ評価を用いております。

22ページをお願いします。22ページには、構造強度評価結果として、クラス3容器の構

造及び強度は、クラス3容器の規定を満足することの確認結果のまとめを示しております。表に示すとおり、MSF-24P(S)型はクラス3容器に係る材料及び構造に係る要求事項に適合する設計であるということになります。

23ページをお願いします。続いて、26条の説明に移ります。23ページには、26条要件に対する適合性のまとめとして、基本設計方針と安全評価結果についてまとめたものになります。これより順に御説明いたします。26条につきましては、型式証明から条件等が変更があった点を中心の御説明とさせていただきます。

24ページをお願いします。まず、臨界防止機能についてです。

基本設計方針は、型式証明を受けた基本設計方針のとおりで、記載しているとおりです。安全評価として臨界評価を実施しておりまして、中性子実効増倍率は0.95を下回るということを確認しています。臨界防止機能に係る安全評価につきましては、25～28ページにかけて示しておりますけれども、型式証明から評価条件及び評価結果全て同じでございますので、御説明は割愛させていただきます。

続いて、29ページ、お願いします。29ページ、遮蔽機能についてです。

基本設計方針は、型式証明を受けた基本設計方針のとおりでございます。

安全評価としまして遮蔽評価を実施しており、特定兼用キャスク表面及び表面から1m離れた位置の線量当量率がそれぞれ2mSv/h及び100 μ Sv/h以下となることを確認しております。

31ページをお願いします。31ページですけれども、遮蔽機能の安全評価として実施した遮蔽解析、こちらの解析条件のうち、収納物仕様を示しております。使用済燃料の放射線源強度は、この表に示す初期濃縮度、燃焼度、冷却期間を基に、ORIGEN2コードによって算出しています。このページに記載している事項は、型式証明から差異はございません。

32ページをお願いします。次に、遮蔽解析条件のうち、線量当量率を計算する遮蔽解析のモデル化についてです。遮蔽解析は、MCNP5コードにより実施しております。兼用キャスクの線量当量率は、使用済燃料の放射線源強度などを条件としまして、下の図に示しておりますMSF-24P(S)型及び使用済燃料集合体の実形状を三次元でモデル化したモデルを用いて計算しています。モデル化におきまして、貯蔵用三次蓋、貯蔵用緩衝体は、構造体としての遮蔽効果を見做しません。線量当量率評価位置についても、これらが装着されていることを考慮しません。その他、黒枠囲いで記載しているように、保守的な条件設定を考慮

しております。

33ページをお願いします。次に、解析コードですが、このページに示す線源強度評価に用いるORIGEN2コードは、①に示すとおり、技術的な特殊性、新規性はなくて、許認可で使用実績があるものでございます。

次に、②の線量当量率で計算を、遮蔽解析に用いるMCNP5コードについてですが、記載のとおり、適用妥当性を確認しておりますけれども、この確認については、後ほど指摘事項への回答の中で御説明させていただきます。

34ページをお願いします。34ページに遮蔽解析の評価結果を示します。MSF-24P(S)型の表面及び表面から1m離れた位置における線量当量率は、評価基準を満足していることを確認しています。したがって、MSF-24P(S)型は、使用済燃料からの放射線に対して、適切な遮蔽能力を有する設計であり、MSF-24P(S)型は遮蔽機能に係る要求事項に適合しています。

35ページをお願いします。次に、除熱機能についてです。

基本設計方針については、型式証明を受けた基本設計方針のとおりです。

安全評価として除熱評価を実施しており、燃料被覆管及びMSF-24P(S)型を構成する鋼製部材の健全性を維持できる温度を超えないということを確認しています。

37ページをお願いします。37ページには、除熱機能の安全評価として実施した除熱解析の解析条件のうち、収納物仕様を示しております。使用済燃料の崩壊熱量は、表に示す条件を基に、ORIGEN2コードにより算出しています。このページに記載している事項は、型式証明から差異はございません。

38ページをお願いします。次に、除熱解析条件のうち、温度解析のモデル化についてです。温度解析は、ABAQUSコードより実施しております。兼用キャスクの各部温度は、MSF-24P(S)型の実形状について三次元でモデル化した左の図に示す全体モデルにより求めまして、燃料集合体の温度につきましては、燃料集合体の径方向の実形状を二次元でモデル化した右の図に示している燃料集合体モデルにより求めます。除熱解析では、黒枠で囲って記載しているように、保守的な条件設定を考慮しています。

39ページをお願いします。次に、解析コードですけれども、ORIGEN2コード及びABAQUSコードは、技術的な特殊性、新規性はございません。(4)に除熱解析結果を示しておりますけれども、燃料被覆管及び兼用キャスク各部の温度は健全性を維持できる温度以下であ

ることを確認しています。MSF-24P(S)型は、使用済燃料の崩壊熱を適切に除去できる設計であり、除熱機能に係る要求事項に適合しています。

40ページのほうをお願いします。次に、閉じ込め機能についてです。

基本設計方針については、型式証明を受けた基本設計方針のとおりです。

安全評価として、閉じ込め評価を実施しております。金属ガスケットの性能は、(雑音のため聴取不能)する対応をすることを確認しております。

次、42ページをお願いします。42ページ、閉じ込め機能評価について、御説明します。

閉じ込め機能評価につきましては……

○戸ヶ崎安全規制調整官 すみません。規制庁の戸ヶ崎ですけど、今、音声に雑音が入っているんですけど、そちらのマイクの調子かどうかをちょっと確認していただきたいんですけど。

○三菱重工業（斎藤） 三菱ですけども、特に、こちらで条件を変えたものではないのですが、今の状態で音声のほうはいかがでしょうか。

○戸ヶ崎安全規制調整官 ちょっと資料をめくってもらえますか。その音かもしれないので。

○三菱重工業（斎藤） 資料をめくっているときは、こういう音になりますけども。

○戸ヶ崎安全規制調整官 ちょっと違いますね。はい。

○戸ヶ崎安全規制調整官 ちょっと、今、ちょっと原因は分からないんですけど、またちょっと引き続き説明を続けていただいて、またちょっと雑音とかが入ったら確認をしていただきます。よろしくをお願いします。

○戸ヶ崎安全規制調整官 あと、音声をちょっと、声を大きめにお話をお願いします。

今、雑音がしています。今、雑音があります。

○三菱重工業（斎藤） 今の状態で雑音ありませんか。

○戸ヶ崎安全規制調整官 ちょっとまだ雑音が入っていますけど。二つ目のマイクを切ってもらえますか。

○三菱重工業（斎藤） すみません。マイクのほうがちょっと連動して、オン、オフになっておりました。

○櫻井安全審査官 なくなりました。

○三菱重工業（川原） すみません。三菱、川原ですけども、今、二つ目のマイクの近

くでしゃべっていますけれども、クリアに聞こえていますでしょうか。

○戸ヶ崎安全規制調整官 はい。そちらはクリアに聞こえます。

○三菱重工業（川原） ありがとうございます。

○三菱重工業（斎藤） 三菱重工、斎藤です。

今、こちらのマイクを交換しましたので、こちらで御説明のほうを続けさせていただきます。

○戸ヶ崎安全規制調整官 はい、お願いします。

○三菱重工業（斎藤） はい。42ページの途中まで御説明させていただきました。閉じ込め機能について、評価について、御説明をさせていただきます。

閉じ込め機能評価につきましては、左下の図で御説明しますが、青塗りで示す蓋間空間、こちらを上流側としまして、赤色の線で示す閉じ込め境界につきまして、下流側として――を下流としまして、緑色のラインで示しますガスの流れによって、特定兼用キャスクの内部空間の圧力が増加していく状態を考えて、設計貯蔵期間中に本体内部が低気圧となる基準漏えい率を求めます。そして、基準漏えい率を下回るようにリークテスト判定基準を設定して、リークテスト判定基準よりも漏えい率の小さい金属ガスケットを用いるということを確認する評価になります。評価につきましては、(1)、(2)の枠囲みに記載のとおり、保守的な条件設定としております。

漏えい率の算出式については、43ページに示しております。評価方法については、型式証明と同じです。

44ページをお願いします。44ページの閉じ込め評価結果です。算出した基準漏えい率を下回るように設定しましたリークテスト判定基準に対しまして、MSF-24P(S)型に用いる金属ガスケットの漏えい率が小さいことを確認しております。

続いて、45ページをお願いします。閉じ込め機能の監視構造について、御説明します。左の図に示すとおり、MSF-24P(S)型は、二次蓋に貫通部を設けまして、圧力センサを設置する構造です。蓋間空間の圧力を測定することによって、閉じ込め機能を監視するという構造でございます。以上、設計貯蔵期間中に本体の内部を負圧に維持できる設計であり、また、一次蓋と二次蓋の間の圧力を監視できる構造としております。したがって、MSF-24P(S)型は、閉じ込め機能に係る要求事項に適合しております。

46ページをお願いします。次に、長期健全性の適合性についてです。

基本設計方針は、型式証明を受けた基本設計方針のとおりです。

安全評価としては、表に示す設計特性上、考慮すべき経年変化要因であります温度、放射線照射、腐食について、文献、試験データに基づき、設計貯蔵期間である60年間の健全性確認を実施しております。

48ページをお願いします。各経年変化要因に対する健全性評価結果を示しております。記載しておりますとおり、(1)の温度影響、(2)の放射線の照射影響、(3)の腐食による影響について、経年変化の観点で問題ない設計であることを確認しております。

特定兼用キャスクの構成部材の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を確保する設計でありまして、長期健全性に関わる要求事項に適合しております。

49ページをお願いします。49ページから、26条での構造強度に関わる要求に対する適合性を説明します。

構造強度に関する基本設計方針は、金属キャスク構造規格等に基づき、設計するということになっております。

本設計方針に基づく安全評価として、安全機能を確保するために必要な構造強度部材が金属キャスク構造規格などに規定される強度基準を満足する構造強度を有しているということを確認しています。構造強度評価は、安全機能を確保するために必要な強度部材として、表に示す構造強度部材を対象としております。

備考欄、右側の備考欄に記載しているとおり、これら評価部位に対する適用規格等は、先行設工認における使用済燃料貯蔵容器と同じでございます。

50ページをお願いします。構造強度部材の構造強度評価について、御説明します。50ページには、構造強度評価を行う代表事象について示しております。代表事象は、この表の赤枠で示す事象になります。

51ページに示します貯蔵施設内におけるハンドリングフローに基づいて、貯蔵施設内において、設計上、考慮する事象を選定し、荷重条件等を考慮して、代表事象を選定しています。また、金属キャスク構造規格において、設計条件及び試験状態として要求される設計時及び試験時においても、代表事象として評価を行っています。

52ページをお願いします。強度計算の方法について、御説明します。52ページでは、金属キャスク構造規格の密封容器として設計している、胴、一次蓋、二次蓋について、示しています。

金属キャスク構造規格の密封容器の評価方法に基づき、密封容器として設計上考慮すべき荷重として、下の表に示す荷重の組合せを考慮しています。密封容器の評価方法ですが、評価にはABAQUSコード及び構造公式を用いております。

これと同様に、53ページにバスケット、54ページにトラニオン、55ページに外筒などの計算方法を示しておりますので、御参照いただければと思います。

続いて、56ページをお願いします。56ページです。(3)応力解析に用いる解析コードについてですが、(雑音のため聴取不能)の構造強度計算結果です。

○戸ヶ崎安全規制調整官 すみません。規制庁の戸ヶ崎ですけど、ちょっとまた雑音が入りましたので。ちょっとこちらも確認します。

○三菱重工業（斎藤） はい。

○戸ヶ崎安全規制調整官 あの、ちょっとこちらではなさそうなので、マイクをもう一度確かめていただけますか。

○三菱重工業（斎藤） 三菱重工の斎藤です。

少し、ちょっと線のほうを、接触を確認しましたけれども、今の音声でいかがでしょうか。

○戸ヶ崎安全規制調整官 今は良好に聞こえています。説明を続けてください。

○三菱重工業（斎藤） はい。じゃあ、続けます。資料56ページの説明をさせていただいて、次、57ページに移ります。

57ページ、各代表事象に対する構造強度評価結果でございます。各代表事象についての応力評価及びその他の評価結果をまとめて示しております。構造強度部材につきましては、金属キャスク構造規格等に規定される許容基準を満足していることを確認しています。安全機能を確保するために必要な構造強度部材が十分な強度を有しておりますので、構造に係る要求事項に適合しています。

技術基準規則への適合性については、以上となります。

続いて、58ページをお願いします。58ページ、品質管理基準規則への適合性について、御説明します。

炉規法及び型式証明、型式指定の運用ガイドにおきまして、型式指定では、型式設計特定機器は均一に製作されるよう品質管理が行われているということが要求されてあります。当社は、MSF-24P(S)型を均一に製作できるように、品質管理を行うための品質マネジメン

トシステムを構築しています。実用炉規則に従いまして、MSF-24P(S)型の設計及び製作に関わる品質管理の方法並びにその実施に係る組織に関する事項が品質管理基準規則に適合しており、MSF-24P(S)型が均一性を有するものであるということを型式指定の申請書に示してございます。

59ページをお願いします。MSF-24P(S)型の設計及び製作に係る品質管理の方法並びにその実施に係る組織に関する事項については、申請書の本文及び添付書類14に記載をしており、記載している品質管理の方法に基づき、設計、製作活動を行っております。

品質管理基準規則の要求事項と型式指定申請書の本文、添付書類14の記載事項の対応関係について、この資料の59ページ～63ページにかけて示しております。記載事項の詳細につきましては、別途、補足説明資料に示しておりまして、品質管理基準規則に適合しております。

品質管理基準規則への適合性につきまして、以上でございます。

65ページをお願いします。65ページからになります。これより前回審査会合での指摘事項への回答をさせていただきます。前回会合では三つの指摘をいただいておりますけれども、本日はNo.1とNo.2について御回答をさせていただきます。

次の66ページをお願いします。指摘事項No.1への回答です。

指摘事項は、型式証明からの変更点（貯蔵用三次蓋の材質・形状）による安全機能の評価への影響について説明をすることです。

御回答ですけれども、型式証明からの貯蔵用三次蓋の構造変更を踏まえまして、貯蔵用三次蓋のモデル化の差異及びその他評価条件の差異による型式証明の各安全機能評価結果への影響を整理しました。

表を御覧ください。特定兼用キャスクの四つの安全機能及び長期健全性について、貯蔵用三次蓋のモデル化、そのモデル化を除きます評価条件について、型式指定と型式証明の差異を示すとともに、それら差異による評価結果の差異を示しております。

まず、臨界防止ですけれども、型式指定、証明ともに、貯蔵用三次蓋をモデル化しておらず、また、その他評価条件も差異はなく、評価結果に差異はございません。

次の遮蔽ですが、型式指定では、型式証明でモデル化していた貯蔵用三次蓋及び貯蔵用三次蓋について無視することとしております。評価結果への影響としましては、このモデル化の差異によりまして、頭部及び底部方向の線量当量率が増加しております。線量当量率

の差異については、68ページ、69ページに示しておりますので、御確認いただければと思います。

次に、除熱に関してですけれども、除熱解析では、型式指定、型式証明ともに、貯蔵用三次蓋をモデル化しています。また、その他の条件の差異ですけれども、貯蔵場所の差異による境界条件の違いがございます。型式指定では、貯蔵建屋内に貯蔵することを限定しておりまして、貯蔵用建屋内の貯蔵条件というのを適用していますが、型式証明では屋外貯蔵を代表ケースとしておりました。これらの差異による評価結果への影響ですが、貯蔵用三次蓋の構造変更による除熱への影響は僅かでありまして、貯蔵場所の差異に起因する境界条件の違いによりまして、型式証明に対して、型式指定の温度は高くなっております。詳細、70ページ～71ページを御参照いただければと思います。

次に、閉じ込めと長期健全性ですが、閉じ込め評価では、貯蔵用三次蓋は無視して評価を行います。また、長期健全性については、温度、放射線等に基づき、健全性を評価するものでして、評価モデルというものは存在しません。

その他評価条件の差異のところに記載しているとおり、閉じ込め及び長期健全性では、除熱解析により得られる温度を条件に用いております。型式証明と型式指定で、除熱解析結果、つまり、温度が変わりますので、この条件を反映します。その影響により、閉じ込め評価、長期健全性評価では、僅かですが差異が生じます。

指摘事項No.1への回答は以上でございます。

続いて、73ページをお願いします。続きまして、指摘事項No.2に対する回答です。No.2の指摘事項は、MCNP5コードの適用妥当性を具体的に説明することでございます。

回答ですけれども、原子力学会標準のシミュレーションガイドラインのモデル検証及び妥当性確認方法を参考に、本型式指定と類似の評価条件を用いた使用済燃料輸送・貯蔵容器体系での遮蔽ベンチマーク解析に基づき、MSF-24P(S)型の体系において保守的な評価ができることの確認を行っています。また、この確認に加えまして、許認可実績が豊富なDOT3.5コードによる既認可値との比較でも同等の結果となっており、DOT3.5コードと同様に、妥当な解が得られることを確認しています。

以上により、線量当量率基準への適合性確認にMCNP5コードを適用することは妥当であると判断しております。

これらの確認結果について、御説明します。まず、(1)のシミュレーションガイドライ

ンを参考としたモデル検証及び妥当性確認についてです。このガイドラインでは、左下のモデル検証及び妥当性確認フローが示されておりまして、そのフローに従って、確認を行いました。確認結果を右の表に示しております。

まず、エレメント1、概念モデルの整理です。この確認につきましましては、MCNP5コードを遮蔽解析に適用する際に、妥当性を確認する範囲について、整理するものです。一旦、資料の77ページをお願いします。77ページです。

このページの一目の矢羽根になりますけれども、MSF-24P(S)型の遮蔽解析では、ミクロ的な物理現象であります散乱、吸収に基づく遮蔽材の透過、遮蔽材欠損部でのストリーミング効果、それから、使用済燃料が複数収納されることによる相互遮蔽といったマクロ的な物理現象の考慮が必要となります。これらの物理現象を考慮するに当たっては、使用済燃料の線源条件、線源形状、遮蔽材質及び形状が必要となりますので、線量当量率の評価結果に影響を与える要素として、整理をしております。整理した結果は、77ページ～79ページの表の一番左と左から2列目に示しております。

もう一度、73ページに戻っていただきたいと思います。73ページです。フローのエレメント2の数学的モデル化についてです。

この確認は、エレメント1の概念モデルを計算機で解く数値モデルに関して、数値的な解法について問題がないことが検証されていることを確認するものです。表のとおり、コード開発機関において、精度よく実施できることを確認しております。

次に、エレメント3、物理的モデル化についてです。この確認では、エレメント1で整理した概念モデルの要素が類似した内容で構成されますベンチマーク解析に基づいて、使用済燃料輸送・貯蔵容器体系での評価精度を確認するものでして、表に示すとおり、ベンチマーク解析により評価結果がよく一致することを確認しております。

75ページをお願いします。75ページに物理的モデル化の確認に用いましたベンチマーク解析結果について、御説明します。

ベンチマーク解析は、二つの体系で実施しております。一つ目は、このページに示す使用済燃料輸送容器体系です。使用済PWR燃料が14体収納された輸送容器の中性子及びガンマ線の線量当量率測定値に基づきまして、ベンチマークが実施されています。

ベンチマーク解析の条件は、74ページに示しております。緩衝体を含みます輸送容器について、実形状に合わせた三次元モデルで、MCNP5コードにより遮蔽解析を実施していま

す。線量当量率評価位置は左の図に示すとおりでして、輸送容器の表面1mから離れた位置の中性子及びガンマ線の試験測定値とベンチマーク解析の計算値の比較を右の図に示しています。計算値と測定値の比、これをC/Eと表現していますが、こちらは中性子で0.89～2.89、ガンマ線で0.71～3.10とよく一致しておりまして、基本的に測定値を上回るということは確認されています。

続いて、76ページをお願いします。もう一つのベンチマーク解析であります乾式貯蔵容器体系について、御説明します。使用済PWR燃料が1体収納された貯蔵容器の中性子及びガンマ線の線量当量率測定値を基に、ベンチマークが実施されています。

このベンチマーク解析の条件も74ページに示しております。貯蔵容器を実形状に基づき三次元形状でモデル化しまして、MCNP5コードにより遮蔽解析を実施しております。容器の表面における中性子とガンマの試験測定値とベンチマーク解析の計算値の比較を右の表に示しています。計算値と測定値の比C/Eは、中性子で0.93～1.17、ガンマ線で0.90であり、よい一致を示していることが確認できます。

もう一度、73ページ、73ページをお願いします。最後に、エレメント4、シミュレーションモデルの予測性能判断です。エレメント2及びエレメント3の確認結果を基に、MSF-24P(S)型の遮蔽解析への適用性を判断します。表に記載していますとおり、ベンチマーク解析は、概念モデル要素が類似であり、評価条件が同様であれば、ベンチマーク解析が同程度の評価精度になると判断できます。

ここまで御説明した内容は、73ページの(1)の二つ目の矢羽根になります。最後に、三つ目の矢羽根のところですが、MSF-24P(S)型の遮蔽解析につきましては、使用済燃料の収納条件であります濃縮度や燃焼度、また、評価モデルの不確かさを保守的に設定しておりまして、ベンチマーク解析の結果、計算値と測定値の比を包絡するということを踏まえ、MSF-24P(S)型運用時の測定を上回る評価結果を与えるということができると判断しております。

続いて、80ページをお願いします。次に、二次元輸送計算コードDOT3.5による既認可評価値との同等性確認結果について、御説明します。

二つ目の矢羽根です。比較する対象ですが、MSF-24P(S)型の輸送様態と同じ仕様、構造で設計承認を受けているMSF-24P型になります。下の表に計算方法、条件設定の比較を示しておりますけれども、MCNP5コードでは三次元でモデル化しますが、DOT3.5コード

は二次元円筒体系でモデル化を行います。

三つ目の矢羽根のところになります。両コードによるMSF-24P型表面及び表面から1m離れた位置での線量当量率の比較の結果を81ページに示しております。DOT3.5コードと比較して、同等の結果が得られておりまして、MCNP5コードによりDOT3.5コードと同様に、妥当な解が得られているということを確認しました。

No.2の回答については、以上でございます。

最後に、82ページをお願いします。今後の御説明スケジュールについて説明いたします。黒く塗っている線が本日までに御説明させていただいた内容となります。今後につきましては、外運搬規則への適合性などを御説明、続けて御説明させていただく予定です。

以上で、資料の説明を終了いたします。

○小野審議官 はい。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。

○松野上席安全審査官 規制庁の松野です。私からは2点、確認があります。

まず、資料1-1の60ページ目に品質管理基準規則への適合性についてですが、こちら、59ページを見ますと、品管規則の要求事項と型式指定の申請書、記載事項の対比、対応関係を下の表で示しておりますけども、実用炉則の第111条で、その要求事項を見ますと、当該型式設計特定機器が均一性を有するようにするために行う検査の結果、その他品質管理の実施の記録を5年間保存しなければならないとの要求事項がありますけども、この要求事項に対する記録に関しまして、具体的に説明をお願いします。

○三菱重工業（若松） はい。三菱重工品質保証課の若松でございます。ただいまの御質問にお答えいたします。

弊社の品質マネジメントシステムの中で、記録の保管・管理要領というものを定めてございます。ここでは、品質に影響する記録については、永久保管、永久保管ということを決めておりまして、このとおり実行いたします。

○松野上席安全審査官 規制庁、松野です。

例えば、この59ページ目にある表の真ん中に7.4.2.4の記録の管理、全てこの表に書かれている記録は、全て永久保存という理解でよろしいですか。

○三菱重工業（若松） 具体的な保管基準については、記録の種類ごとに要領の中で定めているんですけども、少なくとも、この品質に関わる記録というのは、永久保管という

ことを定めています。また、実態としては、電子保管によりまして、全ての記録が永久保管されることとなります。

○松野上席安全審査官 規制庁、松野です。

その点、審査資料には明確に書かれていないかと思imasので、その点は記載を明確にするよう、お願いいたします。

○小野審議官 三菱重工、よろしいでしょうか。

○三菱重工業（斎藤） 三菱重工、斎藤です。

今、弊社から申し上げた御回答の中での永久管理というところについては、補足説明資料、資料でいうと、1-13になりますけれども、こちらのほうに記載をしておりますし、その内容は、申請書のほうにも記載をしております。

○松野上席安全審査官 規制庁、松野です。

補足説明資料のページでいいますと、何ページ目になりますか。

○三菱重工業（若松） 右下のページで申し上げますと、18ページになります。18ページの表の中のNo.16ですね。記録の管理の中で、(1)番としておりまして、図面、仕様書、試験・検査・補修記録、書き出しから始まりますけれども、トレーサビリティに関する記録及び継続して保持する必要のある、必要のあるですね、各種記録等を含む管理すべき記録を明確に……

○三菱重工業（……） 右下、右下だと……

○三菱重工業（若松） 失礼いたしました。右下だと20ページですね。20ページになります。20ページで、表の整理番号、ナンバーでいきますと、16番。

○松野上席安全審査官 規制庁、松野です。

実用炉則には、5年間保存しなければならないという要求事項がありますので、その要求事項に対して、基準を満足するような記載で審査資料等に記載をお願いしたいと思imasけれども、いかがでしょうか。

○三菱重工業（若松） はい、承知いたしました。

○小野審議官 ほか、いかがですか。

○松野上席安全審査官 規制庁、松野です。

2点目ですけれども、68ページ目に、遮蔽の評価条件の差異が線量当量率に与える影響について説明がありますけれども、このページのこの下の表の線量当量率の比較を見ますと、

表面での型式指定と型式証明の線量が、型式証明では788 μ Sv/h、型式指定では1,528 μ Sv/hで、倍の数字になっています。差異の理由としましては、69ページ目に記載があります緩衝体の有無で線量が最大となる位置の違いが影響しているかと思えますけれども、今回の型式指定申請で、三次蓋があつて、緩衝体が装着した横置き貯蔵姿勢になるんですけども、遮蔽の評価条件で、三次蓋、緩衝体でも装着なしとしている理由、考え方について、説明をお願いいたします。

○三菱重工業（斎藤） 三菱、斎藤です。

資料1-1の66ページを見ていただければと思いますけれども、66ページの表の下に注がございまして、この注というのは、遮蔽解析において、貯蔵用三次蓋と貯蔵用緩衝体を無視していることに係る注記でございます。我々、型式証明の段階では、装着するというのを考えておりましたけれども、型式指定におきまして、詳細に運用を考えたときに、事業者さんの運用というのが出てまいりまして、貯蔵中における保守などで、貯蔵用緩衝体や貯蔵用三次蓋というのを一時的に取り外す可能性というのがあるのかなというところを想定しました。そういった場合においても、技術基準を満足している必要があるというふうに考えましたので、型式指定では、貯蔵用三次蓋、貯蔵用緩衝体というのを未装着として評価を実施するということとしております。

以上です。

○松野上席安全審査官 規制庁、松野です。

貯蔵中の保守の観点で、条件の設定をしていることには理解いたしました。

以上です。

○小野審議官 ほかはいかがですか。

○櫻井安全審査官 規制庁、櫻井です。私のほうからも2点確認させていただきます。

先ほど松野が型式証明からの変更点で遮蔽の観点でお聞きしたんですけど、私のほうから除熱評価の条件、資料1-1の70ページのところで確認させていただきます。

70ページにおいて、除熱評価の解析モデルの差異というふうに、貯蔵用三次蓋の構造差異というのを示していただいておりますので、この蓋側というか、主に軸方向のほうへは熱抵抗があるので、熱の流れは少なく、三次蓋の構造変更というものが温度に与える影響は小さいというふうに説明されていて、次の71ページにおいて、置き場所による環境の変化、境界条件、対流だったり、ふく射という点から、型式指定について、温度上昇する傾向と

なるという御説明ですが、70ページに、すみません、戻っていただいて、蓋部のほうの軸方向へは熱量が少なく、径方向のほうは熱量が多いという御説明になっているんですけども、だとすると、径方向の影響と71ページで御説明いただいている環境条件の影響は、これはどちらが大きくなるんでしょうかという確認です。

○三菱重工業（斎藤） 三菱の斎藤です。

70ページで御説明しているのは、貯蔵用三次蓋の構造変更の影響があるのか、ないのかというところに絞った御説明になっております。軸方向に流れる熱が少なくなりますので、形状が僅かに変更しても、影響というのは小さいということを申し上げたものになります。記載しているとおり、特定兼用キャスクの各部、除熱評価への影響というのは、この三次蓋の影響というのはほとんどありません。

71ページに御説明している境界条件の変更による影響というのが、型式証明と型式指定の温度の変化の影響にそのまま効いてきているということになっているのが、この資料で御説明している内容です。

以上です。

○櫻井安全審査官 規制庁、櫻井ですけども、はい、その説明は今理解しているんですが、71ページの径方向、胴の部分、長いほうに熱量が多いという記載というのは、この、蓋部に行くのか、径方向、胴のほうに行くのかといたら、胴のほうに行くほうが大きいという観点でしか述べていないという理解でよろしいですか。環境条件と径方向への熱の流れという意味では、もう環境条件のほうの影響が大きいよという御説明と理解してよろしいですか。

○三菱重工業（斎藤） 三菱重工、斎藤です。

先ほど70ページで申し上げたキャスクの内部での熱の流れというのは、縦置きであろうが、横置きであろうが、常にこのように径方向への流れが主になります。今回、71ページの図にあるように、横置きで設置をしてございまして、キャスクの中での流れが径方向に流れていくということで、径方向を伝って外面にたどり着いた熱というのは、境界条件に左右されて、内部の温度は決まっていくということですね。ですので、径方向に流れる熱が主であるということと、それを受けて、境界条件の差異というのが71ページに書いてあるような差異がございまして、温度差が生じるということでございます。

以上です。

○櫻井安全審査官 はい。御説明ありがとうございました。その70ページの径方向の熱の流れと環境条件が大きく影響して、除熱評価の解析に影響を与えていたというふうに理解いたしました。

もう一点のほうは、安全評価というよりかは材質と形状の変更点についてなんですけれども、今回の材質を調達性のよいものにしたというのと、形状の変更を資料1-2にちょっとマスキング箇所ではありますが記載されていて、保守性の向上だったり、製作性向上のためというふうに御説明されていたんですけれども、そもそもこの変更によって貯蔵用三次蓋の重さだとかは変わらないんでしょうか。

○三菱重工業（斎藤） 三菱重工、斎藤です。

貯蔵用三次蓋の重量に関しましては、僅かに差異がございます。材質の変更というのはそれほど大きくないものと考えておりますけれども、形状について、製作上の合理化というところで、もともと少し形状の細かい形状が多かったものが細かい形状を少し簡素化したとかというところがございまして、多少ですけれども、増加する方向には行っていますが、大きな変更はないという状況でございます。

以上です。

○櫻井安全審査官 御説明ありがとうございます。多少は増加するというのは分かったんですけれど、これって、一応、資料1-2の補足資料の中に記載いただけますでしょうか。また、あと、形状だったり、まあ、材質はあんまり関係ないかもしれないですけど、重くなったりすることによって、貯蔵時の取扱いや輸送する際に影響はないかなど、考慮されておりますでしょうか。

○三菱重工業（斎藤） 三菱、斎藤です。

資料の中に、今、資料1-2の中に質量が入っているのかという御質問に関しては、現時点では、ちょっと貯蔵用三次蓋の質量の比較というのは入れていませんので、別途含める形にさせていただきたいと思います。

質量の差というのは、ほんの僅かなものでございます。もちろんキャスクを設計する上で、その質量制限や形状制限というのは、一番重要視される部分でございますので、その辺は、事業者さんが持たれている仕様の範囲の中で、設計の変更というのは考えておりますので、そこを、貯蔵時、輸送時を含めて、取扱いに問題がないということは確認してございます。

以上です。

○櫻井安全審査官 御説明ありがとうございました。今、御説明いただいた貯蔵と輸送の観点から、この変更をしたとしての取扱いにおいて問題がない旨を、補足資料1-2でいいので、記載しておいてください。

以上です。

○三菱重工業（斎藤） 三菱、斎藤です。

了解しました。

○小野審議官 ほか、いかがですか。

○後神主任技術研究調査官 規制庁の後神です。私からは、遮蔽解析に使用したMCNP5コードの適用妥当性について、一つ、指摘点があります。

まず、その前に事実関係を確認させてもらいたいんですけども、説明資料の33ページの下の辺りに、今回行った適用妥当性の確認として3項目ありますが、この中の2番目、「原子力学会標準 シミュレーションの信頼性確保に関するガイドライン:2015」を参考に今回の作業を行ったというのがあるんですけども、もともと、このガイドラインはいろんな角度から不確かさを詳細に評価して、解析コードの性能を定量的に評価しようという学会標準になるんですけども、今回、これを参考にして、最終的には、保守的な評価ができることを確認しましたというのがあるんですけども、この参考にしたというのが、どういう方針で参考にされたのかという点、これが一つ。

二つ目が、73ページの図表のすぐ上のところ、矢羽根の三つ目ですけども、ここに、申請対象の遮蔽解析は解析条件の不確かさを保守的に設定しており、ベンチマーク解析の計算値と測定値、この中でC/Eと言われている、この比を包絡しているという表現があるんですけども、この資料の中の具体的にどの情報を比較して、この包絡しているというのを判断したのかということ、まず、回答いただきたいと思います。

○三菱重工業（尾方） 三菱重工、尾方と申します。よろしく申し上げます。

まず1点目の御質問につきましては、学会標準のガイドラインにつきまして、なぜ参考としたのかという御質問なんですけど、回答としましては、今回、参考といたしましたベンチマーク等につきまして、ガイドラインに従って、詳細に予測性能の判断と評価ということとしますと、ベンチマークに関わる誤差等の情報が必要となります。その誤差等の情報が公開文献等にございませんで、詳細な予測性能という形の評価というのはい

という判断をしております。その代わりに、このベンチマークの結果を用いまして、どの程度精度よく評価できるのかということを確認するというのが一つ、その精度がよく評価できると確認した後に、今回のMSF-24P(S)型で保守的な条件を設定してあげると。その保守的な条件を設定してあげれば、少なくとも、その24P、MSF-24P(S)型の運用時の線量当量率が評価値を上回るということはないだろうと、そういうふうに考えまして、このように参考とさせていただきます。

ちょっと2点目の御質問に関わるかと思えますけど、じゃあ、具体的にC/Eの比、0.9とか3とかありましたけど、C/Eを包含するような不確かさをどのように設定しているかという御質問ですけど、こちらについては、別紙の1-8の資料を御覧いただきたいんですけども、別紙の1-8の資料の別紙1-19ページになります。こちらが、

○三菱重工業（豊田） 通しページで……

○三菱重工業（尾方） 右下……

○三菱重工業（豊田） 70。

○三菱重工業（尾方） 右下70ページになります。別紙の表題としましては、別紙1-7表、解析条件の保守性による線量当量率への影響という形で、それぞれ評価条件とその影響について整理しております。例えば、ウラン初期濃縮度、燃料集合体の燃焼度、中性子遮蔽材、レジンの質量減損、線源である燃料集合体の移動を考慮しているかどうか、あと、バーナブルポイズンをどのように考えているかという項目につきまして、それぞれ線量当量率への影響としまして、この一番右端の保守性と書いておりますけども、例えば、ウラン初期濃縮度を見ると、詳細条件に対して、ちょっとマスキングされていますけど、遮蔽解析条件をこのように設定すると、保守性としては、大体、0.5%程度だろうと。燃焼度についても、実際は、遮蔽解析条件の詳細条件、保守的に設定していますので、その差異を見ると10%だろうと。同じように、評価したものは、その下の10%、7%、1%といったようなことで整理をしております。これらが、大体、20オーバーを考えると、10%以上の保守性はあるだろうと、そういうふうに考えております。

一方、最初に斎藤のほうから説明させていただきましたベンチマークの解析結果、こちらにつきまして、資料1-1の右下の、これは75ページ、76ページになりますけれども、こちらのほうで、使用済燃料の輸送容器体系では、中性子で0.89～2.89、ガンマ線で0.71～3、76ページに参りますと、乾式貯蔵容器体系では、中性子で0.93～1.17、ガンマ線で

は0.90という計算値と測定値の比が確認されておりますと。ちょっと、ここで、一部、0.9より低いところがありますけれども、こちらにつきましては、75ページのところでありますとおり、ベンチマーク解析のほうでは、一部、評価条件として考慮していない条件がありますので、この注意書きさせていただいているところですが、構造材の放射化ガンマ線を考慮していないというところで、こちらを適切に考慮すると、恐らく1を超えるC/E、測定値と計算値の比は1を超えるだろう。そういうふうに考えております。

以上のようなことを考えると、少なくとも、キャスク体系では、0.9以上はC/Eの差があると。その0.1を埋める保守性としまして、今回、設定しているような、先ほど申しました別紙1-7表で整理しました解析条件が包含していると、そのように考えておきまして、今回、MCNP5を適用するに当たって、MSF-24Pの運用時の線量当量率の測定値が計算値を上回るということはないだろうと。そのように判断して、適用、MCNP5がこの評価に適用することを妥当だというふうに判断をしております。

以上です。

○後神主任技術研究調査官 はい。規制庁の後神です。御説明ありがとうございました。

今の回答を受けた上で指摘させていただきたいんですけども、今回、この学会のシミュレーションガイドラインを参考にした作業で、コード開発者が行っている検証作業であるとか品質保証活動であるとか、その辺りは確認させていただいて、実測値との比較で傾向が一致しているであるとか、精度についても一定の確認を行ったということで、MCNP5コードが、それに対する適用妥当性は、定性的には一定程度認められるというのは確認できるころかなとは思うんですけども。

一方で、今の回答の話を聞くと、まず、C/Eの値を評価して、数値を出しています。そして、申請対象の解析に対する保守性というのも数値化されているわけですね。この二つの数値を比較して、どっちが大きい、どっちが小さい、こういう数値の比較というのは、基本的に定量的な評価という話になってきますので、三菱重工の方針としては、あくまで定性的なものであるという主張はあったんですけども、実際、中で行われているのは定量的な評価にだんだんシフトしてきているので、ここで結論である保守的な評価ができるということを言い切ろうと思うと、まず、この、比較しているC/Eの値と評価の保守性の値と、この二つの値の信頼性というのが非常に重要になってきます。

ここで、まず、C/Eのほうなんですけども、C/Eは、計算値Cと測定値Eの比率なので、こ

ここで、まず二つの数字が出てきます。これら二つの数字はまず信頼性を確保しないといけないんですが、測定値Eについて、確かに実験の条件でいろいろ不確かさがあるんですけども、数値上で比較しようと思えば、それを無視していいという話にはならないので、細かいところは全て詰めていく。今回詰めていく必要があるか、ないかというような話は別として、結果に非常に大きく影響してくるところはやはり考慮する必要があるというのが考えられます。

特に、今回、この測定実験として、75ページ、76ページに2例出てきますけども、76ページの乾式貯蔵容器体系の実験、これは三菱重工のほうで独自に実施されて、論文としてまとめられていましたけども、この論文の中身を見ると、この測定値というのは線量計で測定したという記述が出てきます。線量を直接数値として出力するタイプの検出器というのは、それほど信頼性、出力された数値に対する信頼性がそれほど高いものではないので、どうしてもその測定誤差、測定の不確かさというのが乗ってきます。そこで、メーカーのカタログなんかを調べると、例えば、レムカウンターとかサーベイメータ、そういったものが使われていましたけども、それに対する相対指示誤差として、プラス・マイナス10%、20%というのが出てきます。少なくとも、この不確かさは、測定結果の数値に乗ってくるはずなので、最低限こういったものは評価していかないといけないというのが、測定値Eに対して考えるべき不確かさかと思います。

続いて、計算値Cについてなんですけども、こちら、3点ほど指摘をしたいんですが、同じ75ページ、76ページのところで、先ほどの測定結果に対して、計算値の比較の図表が並べられているんですけども、この中で、C/Eが1を下回る計算値のほうで低く出ている点について、先ほど御説明の中でも出てきましたけども、原因の一つとして、周辺構造物による中性子やガンマ線の反射という効果が計算値で考えられているか、いないか。そういったところを挙げられていますけども、その記載の最後が「考えられる」で終わっているというのは、これは推論であるのか、ある程度の確認を取った上での結論であるのかというところが、その辺りがこの資料からは判断できません。これが1点目。

2点目は、逆に上回る点です。一般的に、保守的な解析条件を設定して計算した結果が測定値を上回りました。これは保守的な計算結果ですというのは論理が通るんですけども、今回の場合は、74ページの表の上に記載があるんですけども、ベンチマーク解析に用いる評価条件は現実的な設定としているというものがあるので、現実的な計算条件で出てきた評価

結果というのは実測値になるべく近づいてほしいはずなのですが、それが結果として基本的に測定値を上回るという表現で結論づけられています。これは、保守的な評価結果ではなくて、上側にずれましたという評価結果としてしか読めないのです。今回、下側には、例えば、75ページの輸送容器体系のC/Eだと下側には0.89、ガンマで0.71に対して、上側には3倍ぐらいうずれているということになります。これは3倍保守的なんではなくて、これぐらいうずれる可能性があるというのを示しているということになって、上側になぜずれるのかという、その理由がはっきりしなければ、別の条件や別の体系にこの計算コードを使ったときに、下側に大きくずれる可能性が否定できなくなってきますので、上側に大きくずれるのはなぜなのかという、その辺の評価も必要になってくると考えます。これが2点目です。

3点目は、74ページにベンチマーク解析に設定した条件表がありますが、この中の線源条件、ここの項目を読むと、ORIGEN2コードを使って、燃料計算を行って、その結果を遮蔽解析の最初の線源条件として設定しましたというのが書かれているんですけども、ORIGEN2の計算で出てきた評価結果というのは、当然、ORIGEN2コードの不確かさとそこに使われた断面積ライブラリーの不確かさを含んだものであるのです。その情報を使って行われた遮蔽解析の結果には、これらが全部伝播してくることになります。したがって、ここの線源条件に対する不確かさというのがどれだけ評価されているのかという情報もまだ抜けています。

以上3点が、計算値Cに対して大きいかなと思われるところの例として挙げさせていただきました。これら、いろんな不確かさを評価した上で出てきたC/Eと別のものを比較して、どちらが大きい、小さいという比較を行わなければ、最終的に保守的な評価が行われているか、いないかということの判断ができないはずなので、今現在、その辺りの情報は大きく欠落しているかなと考えます。

もう一つ加えておきたいんですけども、73ページの図表のすぐ上の、三つある矢羽根の三つ目のところなのですが、今の問題の発端になる――発端というか結論になる文章のところ、本型式の遮蔽解析は、計算条件の不確かさを保守的に設定していて、それがC/Eと比較して包絡しているという結論になっているんですけども、この前半の部分、計算条件の不確かさを保守的に設定しているのが保守性であるというのであれば、ここで設定された保守性というものは、出発点の解析条件に対する不確かさを担保するために使われているも

のではないのかと考えています。これをさらに解析コードの不確かさを担保するためにもう一度使うというのがいいのか、悪いのかというのは、それぞれ詳細に評価して、それでも保守性のほうが上回りますよというのを明確に説明していただかないと、これはどっちが上回るかという結論が出ないということになりますので、これらも含めると、今、幾つか挙げたのは、影響の大きいと思われる点で、ほかにもいろいろあるかもしれませんが、最低限こういったところを押さえていかないと、三菱重工のほうで結論として主張しているMCNP5コードが保守的な評価ができるという、予測性能の判断ができないと考えているというのが、こちらからの指摘点になります。

長くなりましたが、以上です。

○三菱重工業（尾方） はい。三菱重工、尾方です。御指摘の点、ありがとうございます。

まず、全体的な御指摘の事項に対する回答ですけれども、まず1番目ですけど、76ページの測定、ベンチマーク解析の測定に対する誤差というのがどのようなものかということなんですけれども、御指摘のとおり、このガンマ線、中性子といったものは、線量率で測定しております。で、その線量率については、この誤差というのは、繰り返し測定したときの誤差でございます。線量率の指示値自体の誤差ではありませんので、その点はちょっと、ここの評価は読み取れないとは思いますが、いずれにしても、繰り返し測定することによって、この程度ぐらいの範囲でのばらつきなのかなというふうに考えておりました、このC/Eを設定させていただいておりますというのが1点。

で、あとは2点目ですけども、C/Eが上側にずれているという御指摘ですけれども、それも、上下、ばらついておりますけれども、上側にずれているものというのは、こちらにつきましては、パワーポイント資料の74ページ目に、ベンチマーク解析に用いる評価条件として、ずらっと示しておりますけれども、例えば、一部、モデル化していないものもあつたり、まあ、これはあんまり関係ないとは思いますが、あと組成とかで最小密度を使っているとか、そういったものが影響しているのかなというふうには考えております。ですので、実際問題は、密度はもうちょっと最小密度より上ということで、計算値が高くなっていると、そのようなことを考えております。

あと、ORIGENのこのベンチマーク自体につきましては、線源強度評価はORIGENコードで、遮蔽計算、線量評価はMCNP5コードという流れになっておりますけれども、このORIGENコードの、御指摘のとおりの誤差というのを伝播して、含めて考えないといけない。その点は

考えておりますが、今回、ベンチマークとしましては、ORIGENと、ORIGENによる線源強度と線量評価を積分したような形で、それを伝播せずに、それを統合したような形で、C/Eがこれこれというように整理をさせていただいております。その理由につきましては、今回のMSF-24P(S)型につきましても、同じようにORIGEN2コードとMCNP5コードを使用しておりますので、同じような計算コードで、同じような使用済燃料、キャスク体系といったことで、含めて、C/Eを評価して問題ないというふうに考えております。

最後ですけれども、この保守的に設定しているということで、先ほど御説明しました別紙1-7の表の解析条件、保守性による線量当量率への影響ということで、こちら、解析の担保するための条件、その保守性を条件に加えてよいのかという御指摘ですけれども、確かに一部重なるところはあるかとは考えておりますけれども、燃焼度とかにつきましてはキャスク平均——これこれの燃焼度ということに対して、実際はそれを超えるような上限値というふうな形で設定しておりますので、この辺りにつきましても、入れるものの担保という、まあ、不確かさという形と重複して考慮してもよいのかなというふうには考えております。

ちょっと長くなりましたけれども、以上でございます。

○後神主任技術研究調査官 はい。規制庁の後神です。

ある一定の評価方針というものはあるというのはお見受けできるんですけども、それらが資料の中に反映されていて、この条件がどこに利いてきて、逆にこの条件はここには利きませんか、そういったところの整理がまだ不十分ではないかという点と、そもそも最初に学会標準を参考にして、どちらかというところを見ていきたいというところがだんだんこの数値の話に置き換わって、定量的なところが変わって行って、それで結論を得ようとしているというところに、ストーリーの無理が生じているのではないかと考えられますので、その辺りもう少し整理して、誰が聞いても納得のいくような話の筋にさせていただければと思いますが、いかがでしょうか。

○三菱重工業（尾方） はい。三菱重工、尾方です。

今の御指摘につきましては、ガイドラインを、学会標準のガイドラインを参考にしてということで、ちょっとその参考で定性的にということのをもう少し強めて、ちょっと記載内容を見直したいと考えます。

○小野審議官 ほかはいかがですか。

○戸ヶ崎安全規制調整官 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

先ほど議論がありましたMCNP解析コードの適用妥当性の今回の御回答についてなんですけど、本日の説明では、この資料にはそのMCNP解析コードの適用の妥当性というのが、本日の時点では判断できません。それで、今後、三菱重工業としてどういう方針で御説明されるかというのを確認したいというふうに考えております。

まず一つ目につきまして、1点目につきましては、先ほどから三菱重工業から説明があったと思いますが、このMCNP解析コード適用妥当性を学会標準のガイドラインに、参考にではなくて沿って、測定の不確かさを定量的に評価して、解析コードの予測性能を明確にして、遮蔽に係る基準適合性を説明していただくということですね。先ほどC/Eの数値と、あと、各パラメータの保守性の数値がありましたけど、そういうところを定量的に説明していただくというやり方になります。

もう一つは、そのMCNP解析コードを用いて、学会標準のガイドラインを参考にして、C/Eの傾向等を基に、定性的に予測性能ができるということの評価するというやり方ですね。その場合については、保守性については、既に許認可実績のある解析コード、例えば、DOT3.5とかとの比較等で、この評価が保守的になるということを説明していただいて、遮蔽に係る基準適合性を説明していただくという二つの方法があると思います。

で、ちょっと今までの御説明だと、このガイドラインを参考にすると言いつつも、定量的に不確かさとか保守性を説明されるというような御説明もあったと思いますので、ちょっとその二つのやり方は、ちょっとどちらなのかというのを、ここで確認しておきたいと思います。

以上です。

○三菱重工業（尾方） はい。三菱重工、尾方と申します。

ただいまの御確認につきましては、基本的には、MCNPを――すみません、学会標準のガイドラインを参考にして――しつつも、DOT3.5とかといった既往の許認可コードとの比較をして保守的に評価できると、そういった趣旨で、後者の説明を考えております。

○戸ヶ崎安全規制調整官 はい。規制庁の戸ヶ崎です。

分かりました。その後者のほうで御説明をされるということでしたので、今まで御説明あった情報も含めて、あと、そういう、補足できる情報がありましたらそれを追加していただいて、また説明していただきたいと思います。それで、引き続き審査会合で確認した

いと思います。

以上です。

○小野審議官 ほか、いかがですか。よろしいですか。

三菱重工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。

○三菱重工業（斎藤） 三菱重工の斎藤です。

特にございません。

以上です。

○小野審議官 それでは、以上で議題1のほうを終了したいと思います。

ここで一旦休憩に入りまして、15分後ですから、15時20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）

（再開）

○小野審議官 それでは再開します。

次の議題は、議題2、日立造船株式会社発電用原子炉施設に係る特定機器の設計の型式証明（BWR）についてです。

それでは、日立造船から資料についての説明をお願いいたします。

○日立造船（岡田） はい。それでは、日立造船、岡田です。

それでは、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（第十六条関連）について御説明いたします。

今回、資料を四つ用意しておりまして、資料2-1のパワーポイントに沿って説明いたします。この資料2-1ですが、まず、設置許可基準規則への適合性の概要、そして、設置許可基準規則への適合性、これは臨界と除熱に今回はなります。3番目、指摘事項のコメントリストの確認という流れで進めさせていただきます。

それでは、資料2-1のまず3ページ目、御覧ください。今回は、第16条の燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設のうち、特定兼用キャスク安全機能の臨界防止機能及び除熱機能について説明いたします。

では、続きまして、4ページ目、5ページ目に移りますが、設置許可基準規則への適合性について説明いたします。まず、臨界防止機能について説明いたします。

○日立造船（吉田） はい。日立造船、吉田です。説明者を交代させていただきます。

まず、資料2-1の5ページ目～7ページ目にかけては、臨界防止機能に関する設置許可基準規則への適合性についてまとめております。

まず、5ページ目に関しまして、燃料体と規則等の要求事項に対して、設計方針を示したのになっております。表の形式で示しております。臨界に達するおそれがないものというところで、中性子実効倍率0.95以下となるように設計するというような項に比較して並べております。

基本的には、特記事項等を書いておりますが、先行の承認を受けているものと比較しまして、特別に差異があるような項目はございません。その特記事項の欄の中に青字の矢印を書かせていただきまして、後ほどのページのところで評価結果やバスケットの構造や収納物の条件や解析モデルについては、詳細に説明させていただきます。

というところで、5ページ目～7ページ目にかけては、特別なところはございませんので、一旦ちょっとページを飛ばさせていただきますして、8ページ目までお願いします。

8ページ目には、審査ガイドの確認内容と、それに対して確認内容が考慮されているということを示したのになっております。ここに関しましても、基本的に設計方針のほうで特別なところはございませんので、新規性は特にならぬものと認識しております。

そして、9ページ目をお願いいたします。9ページ目にHitz-B69型の臨界防止機能に関する構造を示しております。バスケットは燃料集合体を使用済燃料を所定の配置に維持できる角チューブ、「(コンパートメント)」と呼称しておりますが、そちらを束ねて径方向の荷重を支持するためのサポートプレートというものが組み合わされた構造となっております。また、バスケットには中性子吸収剤であるほう素添加アルミニウム合金をバスケット内に配置するというので、臨界を防止する設計となっております。

下の枠内にバスケットの構造の図を示しておりますが、断面で見ると右側のようにコンパートメントという角チューブ状の部材と、それらが束ねられて、それらの隙間に中性子吸収剤というものが収まるような構造をしております。

10ページ目をお願いいたします。10ページ目はHitz-B69型の臨界防止機能の評価に関する収納物の条件を示しております。Hitz-B69型にはBWR燃料として、8×8燃料、新型8×8燃料、新型8×8ジルコニウムライナ燃料及び高燃焼度8×8燃料の四つの燃料型式を収納することを想定しております。それらは、Hitz-B69型の配置条件、4種類ございますが、それらの中で、それらを考慮しても一番保守的となるよう、臨界防止機能の評価条件として

は、この四つの燃料型式の中で初期濃縮度が高く反応度の大きい高燃焼度8×8燃料を69体装荷したような条件で評価いたします。

このときの燃料体の初期濃縮度は、申請書に燃料仕様として最大となる初期濃縮度を設定します。下の図に書いてありますが、実際の燃料集合体の反応度特性は、燃焼に伴い、左図のように、左図の①、②、③という数字を付してありますが、反応度が一旦、可燃性毒物の燃焼に伴い上昇して、あるところでピークになりまして、その後は²³⁵Uの減損に伴い単調に下降するというような特性を示しておりまして、通常の使用済燃料は、この③の領域にあるというところですが、このHitz-B69型に収納する使用済燃料の燃焼度については制限を設けないという考えでおりますので、このピークとなる②のところも考慮して、十分に反応度の高い燃料で評価するという考えでおります。

また、資料の中段の矢羽根のところですが、乾燥状態の評価では、ガドリニアの中性子吸収効果が期待できないため、ガドリニアを無視し、最大の初期濃縮度(3.66wt%)で評価しますということ。

次、冠水状態の評価では、可燃性毒物の燃焼初期の反応度抑制効果を考慮して、この左の図の②のピークを十分に保守的に評価できるものとして、無限増倍率が1.3となる燃料モデルを仮定して評価に用いることとしております。具体的には、このページの右下の図に示しているような燃料モデルで冠水状態は評価するということとなります。

11ページ目に解析モデルについて説明しております。解析モデルは、以下のとおり、配置・形状等を適切に考慮し、実効増倍率が最大となる保守的な条件としております。

寸法条件につきましては、Hitz-B69型を評価する上で設定している条件というのは、この資料の表にまとめているんですけども、この中で注1というところで、中性子吸収材の板厚を最小、最大と振っておりまして、ただし、この中性子吸収材の中に含まれる中性子吸収機能のあるほう素ですね。¹⁰Bの濃度は材質として面密度で規定することになりますので、それらの存在量は最小となるように、板厚によらず、ほう素の量は最小となるように設定するように、解析上、考慮しております。

その寸法条件の基本的な考え方というところで示しているんですけども、これについては詳細、なぜこのような設定になるのかというところは補足説明資料、今回の資料2-2の17ページのところに、なぜこれが保守的になるかというようなところは説明させていただいております。

ただ、少しこれだけだと分からないというところに関しましては、別紙1というところで感度解析等を行ってございまして、別紙1-8ページにおいて、ちょっとここ、資料の中で、申し訳ございません、文字が消えてしまっているところがあるかと思うんですけれども、この別紙1-8ページの表の欄のバスケット格子板厚と入っているものの下が、変化項目としましては、バスケット格子内のり、その下が中性子吸収材の板厚、その下が、一番下が隙間厚さというようなものを変化項目として並べたものになっております。

別紙1-8ページの傾向を見ていただくと、Hitz-B69型においては、こちらの資料2-1の11ページに示す寸法条件が最も保守的であるというところを御理解いただけるかなと思います。

また、資料2-1の11ページに戻りまして、キャスクの配置に関しましては無限配列として、完全反射として、この完全反射、無限配列を模擬することによって、無限配列をする境界面ですね。そちら、左の図に書いてあるように、キャスクの外面に接するようところで完全反射境界としておりますので、キャスク同士が最も近接した条件で無限配列とするため、滑動等によりキャスクの配置がどのように変化する場合に対しても保守的というところで、後ほど、コメントに対する回答でも関連するところですので、その際にまた御説明させていただきたいと思います。

12ページをお願いいたします。これらの条件によりまして、Hitz-B69型の臨界解析結果、臨界評価結果を12ページに示しておりますが、評価基準である中性子実効増倍率0.95を十分下回るというところを確認してございまして、このHitz-B69型の臨界防止機能に係る設置許可基準規則の要求事項を満足しているものと考えております。

設置（変更）許可申請において別途確認をする条件といたしましては、使用済燃料集合体を収納するに当たり、臨界防止機能に関する評価で考慮した因子についての条件または範囲を逸脱しないよう、必要な措置が講じられることとしております。

臨界防止機能に関しては、説明は以上となります。

○日立造船（岡田） はい。それでは、続きまして除熱機能に関しまして説明いたします。説明者、代わりまして、岡田が説明いたします。

それでは、資料の13ページをお願いいたします。まず、13ページ～14ページにかけては、設置許可基準規則の要求事項についてまとめております。そして、その後、15ページ及び16ページに関しましては、審査ガイドの確認内容について示しております。

それでは、13ページから説明いたします。設置許可基準規則の要求事項としましては、一つは、使用済燃料の崩壊熱を適切に除去することができるものとする。こちらは、動力を用いず使用済燃料の崩壊熱を適切に除去するため、使用済燃料の崩壊熱を特定キャスクの外表面に伝え、周囲空気等に伝達することにより除熱する設計とします。

そして、続きましては、使用済燃料の温度を被覆管のクリープ破損及び被覆管の機械的特性の低下を防止する観点から制限される値以下に維持できる設計であること。これは、燃料被覆管の温度に制限値を設定して、その制限値以下となる設計としております。

また、金属キャスク構成部材の温度につきましては、基本的安全機能を維持する観点から制限される値以下に維持される値、それよりも低い温度にするという設計となっております。これも同じく特定兼用キャスクの各部の温度が制限値以下となる設計としております。

こちらのページに関しましては、それぞれ先行するキャスクと基本的な考えは同じであり、詳細についてはまた後ほど説明いたします。

それでは14ページに移ります。14ページの今回設置許可基準規則の要求事項としましては、使用済燃料及び金属キャスクの温度が制限される値以下に維持されることを評価するために必要なデータを測定等により取得できることというのは、これはキャスクの表面温度を測定できる設計としておりまして、こちらも先行するキャスクと同様の設計となっております。

また、設計貯蔵期間につきましては60年ですが、設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境下での経年変化を考慮した材料及び構造に関しましては、これはまた別途、長期健全性の審査の際に、次回以降の長期健全性の資料で説明いたします。今回は内容としては省略いたします。

続きまして、15ページ目、審査ガイドの確認内容に移りますが、一つ目が使用済燃料の崩壊熱評価。こちらは検証され適用性が確認された燃焼計算コードを使用して求める。今回、ORIGEN2を使用して求めております。

兼用キャスク部の温度評価、大きく二つ、すみません、温度評価ですが、各部の温度は検証され適用性が確認された伝熱解析コードを使用して求めるということで、ABAQUSを使用して求めております。また、キャスク各部の温度に制限値を設定して、各温度が制限値以下となる設計としております。

では、続きまして16ページに移ります。続きましては、燃料被覆管の温度評価に関しましては、同じく検証され適用性が確認された伝熱解析コードとしまして、ABAQUSを使用して求めております。同じく適切にキャスク外表面に熱を伝達することにより除熱する設計としておりまして、燃料被覆管の制限温度は制限値以下となることを確認しております。これらの考え方につきましても後ほど説明いたします。

それでは、17ページに移ります。こちらに除熱機能の安全評価について概要をまとめております。一つは、使用済燃料の崩壊熱計算、こちら、先ほど説明しましたとおり、ORIGEN2コードを使用しております。

そして、その崩壊熱計算を基に、特定兼用キャスクの構成部材及燃料被覆管の温度解析を実施しております。これは伝熱解析コードABAQUSを使用しておりまして、モデルにつきましては、全体モデルは三次元でモデル化しており、また、燃料集合体に関しては二次元モデルでモデル化しております。これも後ほど説明いたします。

では、続きまして18ページに移ります。まずは、使用済燃料の崩壊熱計算ですが、こちらは考え方としましては、まずキャスクの条件としまして最大崩壊熱量を設定しております。これは、使用済燃料集合体の燃料度分布を考慮しない場合の崩壊熱量を使用済燃料の収納制限とするということの設定しております。こちらは、燃料集合体1体当たりの崩壊熱量、これはピーキングファクタ、つまり使用済燃料集合体の軸方向燃焼度の平均値に対する燃焼度の比を包絡する燃焼度分布になりますが、ピーキングファクタと呼びます。こちらを考慮しておりません。それにORIGEN2コードの計算結果の5%の不確かさを考慮した係数を掛けて収納台数、これを最大崩壊熱量として設定しております。

一方で、解析に用いる熱量としまして、設計崩壊熱量を設定しております。これは、収納対象とする使用済燃料集合体の燃焼度を包絡する燃焼度分布を考慮することで、ピーキングファクタを考慮することで、最大崩壊熱量を上回る条件となっております。こちらは、燃料集合体1体当たりの崩壊熱量、これはピーキングファクタを考慮したものに、先ほどのORIGEN2コードの不確かさを考慮した係数掛ける収納体数で計算したものとなります。

では、19ページに移ります。使用済燃料の崩壊熱計算としましては、今回、Hitz-B69型キャスクに関しましては、四つの配置を考えております。こちらが19ページ～22ページまで示しております。

まず、配置の一つ目としましては、解析条件として、中央部に37体、新型8×8燃料を配

置、そして外周部に8×8燃料を配置するというようにしております。

続きまして20ページ目に移りますが、この配置の(2)としましては、解析条件としましては中央部に新型8×8ジルコニウムライナ燃料を37体、そして外周部に新型8×8ジルコニウムライナの、こちらは、先ほどの中央部は燃焼度が40Gwd/tのもので、外周部に関しましては新型8×8ジルコニウムライナ燃料を35Gwd/tのものを収容するようしております。

続きまして21ページ目ですが、配置の(3)、こちらに関しましては、まず中央部、こちらが、中央部に関しましては高燃焼度8×8燃料、そして中間部としましては、先ほどの配置(1)、(2)の外周部のうち、中央寄りの8体分を新型8×8ジルコニウムライナ燃料を配置しております。そして外周部に新型8×8燃料、残りの24体を配置するようしております。

では、22ページ目に移ります。そして、最後に配置(4)としましては、中央部に高燃焼度8×8燃料を37体、そして外周部に新型ジルコニウムライナ燃料を32体、合計69体を配置する配置としております。

23ページ目に移りますが、そこで先ほどの最大崩壊熱量及び設計崩壊熱量、また、燃料の配置条件について、こちらの23ページ目に示しております。それぞれの配置におきまして、設計崩壊熱量が最大崩壊熱量を上回っているということを確認できると思います。

では、続きまして24ページ目に移ります。それでは、続きましては、特定兼用キャスクの構成部材及び燃料被覆管の除熱解析について説明いたします。この伝熱形態について、まず説明いたしますが、使用済燃料から発生する崩壊熱を熱伝導及び放射により特定兼用キャスクの外表面に伝え、対流及び放射により周囲の空気等に伝達いたします。

また、本体側部の中性子遮蔽材は熱伝導率の低い樹脂（レジン）を用いておりますが、伝熱フィンを設けることによって必要な伝熱性能を確保しております。それらの詳細につきましては、伝熱の形態の詳細につきましては25ページに示しております。

まず、最初の燃料被覆管からの熱伝導につきましては、①番、まず、径方向の熱伝導につきましては①番、燃料被覆管表面からヘリウムガスを介した熱伝導及び放射によりバスケット外面に、そしてバスケット内の熱伝導及び放射によるバスケット外周部に崩壊熱が伝えられます。

そして、その後、②番、バスケット外周部からヘリウムガスを介した熱伝導及び放射により、キャスク胴内面に崩壊熱が伝えられます。

そして、③番、その熱が熱伝導でキャスク胴外面に、そしてキャスク外面から伝熱フィ

ンの熱伝導によって外筒の内面に崩壊熱が伝えられます。そして、外筒に伝えられた熱は外周の対流及び貯蔵施設への放射により外部へ崩壊熱が伝えられるという流れとなっております。

また、キャスクの軸方向に関しましては、この25ページ目の左下に示しております。軸方向はコンパートメントを介して熱伝導が行われます。そして、サポートプレート、伝熱ブロック間にはギャップを設定しております。こちらのギャップの部分に関しましては、熱伝導と放射を考慮して、崩壊熱を伝える構造となっております。

伝熱形態については以上になります。

そこで、続きまして26ページに移ります。このモデルに関しまして、こちらの図に示しているとおりで、二つのモデルを使用して、今回、除熱の解析を行っております。下部の図の左側に示しておりますのが、燃料集合体モデル、これは二次元モデルとなっております。そして、右側に示しているものが三次元の全体モデル、これはキャスク、バスケット等を模擬しております。

この解析の流れとしましては、まずは、この燃料集合体モデルで予備解析を行い、燃料集合体容器の径方向の透過熱伝導率を設定します。そして、設定されたものを三次元全体モデルの燃料領域に設定し、そして全体モデルで本解析を実施します。この本解析により、特定兼用キャスクの全体の温度分布、構成部材の温度分布が計算されます。そして、計算した構成部材のうちバスケット格子の内面温度を燃料集合体モデルの解析条件として引継ぎ、燃料集合体モデルで本解析を実施し、最終的に燃料集合体の断面の温度分布を計算いたします。

こちらの解析結果につきましては、構成部材については29ページ目、そして燃料集合体については30ページ目に示しておりますが、後ほど説明いたします。

では、27ページ目に移りますが、27ページ目及び28ページ目、こちらは解析条件の保守性について説明いたします。まず大きく一つ目がモデル化の保守性、そして二つ目が収納制限に対する解析条件の保守性という流れで説明いたします。

まず、27ページ目のモデル化の保守性ということで、一つは特定兼用キャスク本体内のバスケット及びバスケット内の使用済燃料は、横置きの場合、重力によりコンパートメント下面で使用済燃料とバスケットの接触による熱伝導というのも考えられますが、燃料集合体の温度を高め評価するために、その影響を排除するように、空間の中央部に配置い

たします。こちらは、右の図に示しているとおりで、燃料集合体をそれぞれ中央に配置しております。また、燃料集合体モデルは、軸方向への熱移動を考慮しない条件としております。

そして、全体モデルにおいて、径方向の熱移動量設置時は保守的に、コンパートメントとスペーサーやコンパートメントと伝熱ブロック等、バスケットの構成部材、ギャップを設けて、考慮して解析をしております。実際は接触している可能性もありますが、ギャップとして設定しております。

では、28ページ目に移りますが、このモデルの保守性、引き続きですが、貯蔵部、貯蔵用緩衝体取付部、キャスクの上部と下部に取りつくこととなりますが、こちらに関しては、この28ページ右の図に示しましたとおり、この赤色の部分、取付部全体、こちらは熱の移動を無視し、保守的に断熱条件としております。

そして、横置きの設定としましては、横置き時において、外筒外表面の熱伝達に、こちらは補足説明資料16-4の別紙1の別添に示しておりますが、これが、今回、用意している資料2-3になりますが、これの別1-18ページに示しておりますとおり、このキャスクの外筒外表面の熱伝達は全周にわたって熱伝達率が変化しておりますが、これを保守的に低減係数、保守的に0.87の値として低減係数として0.87を乗じております。使用しております。で、これを全周に考慮します。

また、同じくHitz-B69型の側面の放射形態係数、こちらと同じく周方向に変化しますが、これは最小値を全周に設定しております。こういったところで横置きに対する保守性を見ております。

続きまして、収納制限に対する解析条件の保守性としましては、一つ目は、崩壊熱量を保守的に高めに算出するためにウラン濃縮度を低めに設定しております。ですから、こちらは資料の19ページ～22ページ目、こちらで示しておりますが、初期濃縮度の設定値に対して、最小値を崩壊熱量の計算に使用しております。することで、崩壊熱量を高めに設定しております。

次に、外周部に収納可能な燃料が複数ある場合、こちら、例えば配置の(2)番、20ページ目の配置の(2)番になりますが、外周部に複数の燃料配置を認めている場合、こちらの場合、配置(2)に関しましては、新型8×8ジルコニウムライナ燃料、最高燃焼度35GWのもの、もしくは、注記1に書いていますとおり、新型8×8燃料の燃焼度35GWd/tのものを収納

可能としておりますが、高いもの、崩壊熱量が高くなる新型8×8ジルコニウムライナ燃料のほうを条件として除熱解析を実施しております。

また、最後に、燃料集合体最高温度を高め算出するために、中央部には燃焼度の高い燃料の崩壊熱量を設定することでHitz-B69型の最大貯蔵能力として規定した最大崩壊熱量に対して、保守的な設定としております。

では、29ページ目、30ページ目に除熱解析の結果を示しております。

まず、29ページ目ですが、こちらが構成部材の除熱解析の評価結果となります。除熱解析としましては、配置(1)～(4)まで解析をしておりますが、今回、構成部材の最高となる温度、温度が最高となる条件は配置(4)であることを確認しておりますので、こちらは補足説明資料の中に、解析結果、配置(1)～(4)までは示しておりますが、この中で最高となる配置(4)の結果をこの資料に示しております。この解析の結果から、それぞれ解析設計基準値を設けておりますが、評価温度は下回っているということを確認できます。

続きまして、30ページに移ります。こちらは、燃料被覆管の解析結果を示しております。同じく配置(1)～配置(4)までのそれぞれの除熱解析を実施しております、それぞれの燃料の温度を評価しております。

その結果、一つ目が、今回、燃料被覆管に関しましては、新型8×8燃料及び8×8燃料は設計基準値が200℃、また、新型8×8ジルコニウムライナ燃料及び高燃焼度8×8燃料の設計基準値が300℃というふうに設定されておりますので、こちらの二つの設計基準でそれぞれ最高となるものを、この配置(1)～配置(4)で確認しております。その結果、一つ、制限設計基準値が200℃となる燃料に関しましては、配置(3)の外周部に新型8×8燃料を配置しておりますが、こちらが最高となりまして197℃、また、制限値が300℃となるものに関しましては、配置(4)の高燃焼度8×8燃料、こちらが最高となりまして278℃、それぞれ制限値を満足、基準値を下回ることを確認しております。

この配置(3)及び配置(4)の解析結果につきましては、左側の図に示しております。

以上より、除熱解析の結果、設計方針の妥当性としましては、燃料被覆管及びHitz-B69型を構成する部材の健全性を維持できる温度以下であることを確認しておりますので、このHitz-B69型は使用済燃料の崩壊熱を適切に除去できる設計であると。したがって、除熱機能に係る設計方針は妥当であることを確認いたしました。

それでは、除熱機能についての説明は以上となります。

では、続きまして、3番の指摘事項に対する回答になります。31ページ目から説明いたします。

これまでの指摘事項は四つございまして、一つ目が縦置きと横置き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が一つ目。

二つ目が、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。こちらに関しましては今後説明予定ということで、3番目、設計基準値が各安全機能の評価で異なる箇所があるが、どのように設計基準値を設定しているのか詳細を説明すること。こちら、構造に関する御質問ですので、また構造に関する説明で、審査で説明いたします。

そして4番目が使用済燃料の収納配置条件が四つ示されているが、評価条件の代表性の考え方を具体的に説明することとなります。

今回はこの1番と4番について説明いたします。回答いたします。

では、まず1番目ですが、まず臨界については、引き続き吉田から説明いたします。

○日立造船（吉田） はい。説明者を、ここで交代させていただきます。

34ページの指摘事項No.1、横置きと縦置きの違いによる安全機構の評価についてというところで、臨界防止機能に関する回答に関しましては、結論といたしましては、臨界防止機能の評価において違いはないということになります。資料の中で、表の中で横置きと縦置きで異なる因子というところでまとめさせていただいております。

まず一つ目が、燃料集合体の偏りというもの、こちらは横置きの場合には鉛直下方向へ偏ったような形で存在するということが実際のところだと考えられます。縦置きに関しましては、特定の方向へ偏ることはないというような想定ができます。それに対して評価条件といたしましては、いずれにおいても保守的な条件として中心偏向配置というところでやらせて、評価を行いますので、こちらは評価上、影響はありません。

二つ目、キャスク相互の中性子干渉といたしまして、横置きの場合には、横置き状態で水平方向のみに所定の間隔で有限配列されているというのが実際のところ。下の図で横置きのところでキャスクを並べている図がございしますが、イメージとしてはある程度の間隔を保った中でキャスクが配置されているようなものになります。縦置きに関しましては、縦置き状態で水平方向のみに所定の間隔で有限配列と記載しておりますが、こちらも下の図であるように、キャスクがある程度の間隔で配置されるというようところが実際のと

ころでございます。

ただ、横置きのところ*1というところにつけさせていただいておりますが、Hitz-B69型に関しましては基礎等に固定しない設置方法でございますので、設置後に間隔が変わってしまう可能性があるという場合がございます。これに関しましては、評価条件といたしましては、キャスクに外接する領域で臨界解析モデルを組みまして、その境界を完全反射とするというところで、下の評価条件の図、右下の図ですね、無限配列のイメージと書かせていただいておりますが、これをキャスクの軸方向の上から見たようなイメージで見ていただければと思いますが、一番キャスクが密になって無限に配列しているような状態を評価するというところで、このキャスクの中性子干渉に関しては、保守的な条件で評価条件、横置き、縦置きにかかわらず、保守的な条件で評価しているということになります。

因子の三つ目として、周囲の構造物からの中性子反射というものを挙げておりますが、これは、例えば横置きに関しましては、下の図のようにキャスクがある場合に貯蔵架台や床等が近接したところに構造物として存在しますので、そちらから中性子が反射してくるというようなことも考えられると。縦置きに関しても、同様に床等から反射してくるということが考えられるんですが、これは評価条件の中でキャスクに外接する領域での完全反射とするところに評価上は包絡されるということになりまして、臨界防止機能に関しては、この横置きと縦置きでの違いはございません。

○日立造船（岡田） はい。では、日立造船の岡田です。

続きまして、除熱に関して説明いたします。35ページですが、除熱機能に関しては、縦置きと横置きの違いに関しまして、この表にまとめております。評価条件としては、それぞれ保守的に評価する条件を設定しております。

まず一つ目、解析モデルですが、横置きの場合は三次元全体モデルを使用しております。また縦置きに関しましては、二次元全体モデルと三次元輪切りモデルを使用しております。これは、横置きでは縦置きのように軸対称でない条件が考えられますので、三次元全体モデルを使用いたしました。

続きまして、燃料集合体の位置は、これは保守性でも説明しましたとおり、横置きHitz-B69型は格子下面と接触すると、実際は。で、縦置きは特定の方向への燃料は偏りはないということになりますが、横置き、縦置きともに、燃料格子中央に配置する条件とし

て設定をしております。特に横置きに関しましては、下面に接触等の影響を排除するように中央部に配置しているところです。

三つ目は、外筒外表面の熱伝達係数ですが、横置きに関しましては、水平円筒の自然熱対流熱伝達式により求めた熱伝達係数を使用しております。そして、先ほど御説明したとおり、周方向分布を考慮した低減係数0.87を適用しております。一方で縦置きに関しましては、垂直平面の自然熱対流熱伝達式により求めた熱伝達係数を適用しております。この設定は、縦置き、横置きの違いと捉えていただきたいと思います。この外表面の熱伝達条件として、キャスクの姿勢に合わせた熱伝達係数を適用。そして横置きでは、低減係数を考慮しております。

また、側面の放射形態係数に関しましては、まず横置きのHitz-B69はキャスクから施設壁面の放射形態係数を考慮。同じく縦置きの場合にも施設壁面の放射形態係数を考慮しております。なお、横置きのHitz-B69に関しましては、放射形態係数が周方向で変化する部分は、最小値の0.65を全周に設定して保守的な設定としております。

除熱機能に関しては、違いは考慮する上で、それぞれ評価条件としては保守的に評価する条件を設定しているというのが回答になります。

以上です。

では、指摘事項4番、36ページ目に移ります。使用済燃料の収納配置条件が四つ示されているが、評価条件の代表性の考え方について説明ということで、こちらの36ページに四つの基本的安全機能に対して、それぞれ配置(1)～(4)の評価及び代表性を示しております。

まず、臨界防止機能ですが、これは配置(1)～(4)のそれぞれといいますか、全体の69体を初期濃縮度が高い高燃焼度8×8燃料とするといった保守的な条件で評価を実施しております。ですから、配置によらず、保守的な条件としております。

続きまして、遮蔽に関しましては、線源強度が最高となるのが配置(4)ですから、こちらを評価条件としております。配置(3)、配置(2)、配置(1)に関しましては、(4)番の評価で代表される、線源強度が低いため、代表しております。

除熱に関しましては、構成部材と燃料被覆管について分けて説明いたします。これは、今回の資料により既に説明したとおり、構成部材に関しましては、それぞれ四つの配置条件で解析を実施しておりますが、最終的に発熱量が最大となる配置(4)、こちらが構成部材の温度も最高となるため、この配置(4)を評価条件としております。配置(3)、(2)、(1)

に関しましては、解析は実施しておりますが、その上で(4)番を代表の評価条件といたしました。

燃料被覆管の評価に関しましては、それぞれ配置(1)～(4)の解析評価を実施しております。その上で、二つ、燃料被覆管の制限温度が300℃のもの、200℃のもの二つの観点で評価を行いました。その燃料被覆管温度の制限が300℃のものは配置(4)の高燃焼度8×8燃料が最高となるため、配置(4)を一つは解析の評価結果としております。また、燃料被覆管制限温度が200℃なるものは、新型8×8燃料が配置(3)で全配置のうち最高温度となったため、こちらの配置(3)も評価結果を示しております。

除熱に関しての考え方は以上になります。

最後、閉じ込めに関しましては、構成部材温度が全配置中、最高となるもの、こちら、除熱解析の結果も加味して配置(4)が最高となるため、こちらを評価条件としております。そして、配置(3)、配置(2)、配置(1)に関しましては、配置(4)で代表することとしております。

この基本的安全機能に対して評価及び代表性については、説明は以上となります。

それでは、資料の説明は以上となります。

○小野審議官 はい。どうも、御説明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、ございますか。

○櫻井安全審査官 規制庁、櫻井です。私のほうからは、臨界評価に対して2点確認させていただきます。

資料2-1の概要パワポで言うと、11ページの左側の表、バスケット格子板厚とかバスケット格子内のりの寸法条件について記載されている表ですけれども、この配置とか形状等を適切に考慮して、このようなそれぞれの項目を最小、最大、乾燥状態、冠水状態においてそれぞれそういう設定をしますというものの説明において、実効増倍率が最大となるような条件、保守的な条件を設定しますということですが、特にお聞きしたいのが、バスケット格子板厚と中性子吸収剤板厚の設定の仕方、考え方についてですけれども、それを具体的にちょっとお聞きしたいんですが、補足説明資料の資料2-2の、今、細かく書いていただいている資料が別紙1となりまして、その中で別紙1-2の乾燥状態というのは理解できたんですけれども、バスケット格子板厚と中性子吸収剤の板厚の乾燥状態は読んで理解したんですけれども、②の冠水状態で、読むとちょっと長くなるんですけど、バスケ

ット格子板厚というのは、板厚が小さい場合に乾燥状態と同様の理由で中性子実効増倍率を大きくする影響があると考えられるが、今回のこのHitz-B69型の燃料集合体と中性子吸収剤の間のコンパートメントが存在する構造であるために、逆にコンパートメントの板厚が大きい場合も、反射効果によって燃料集合体側の熱中性子束が増加し核分裂反応を起しやすくなり、また、そこから同時に中性子吸収剤側の熱中性子束が減少して、結果的に中性子実効増倍率を大きくする影響があると考えられるという、二本立てで書かれているんですけども、これらの影響が兼ね合った結果と書いてあるんですけど、その二つ、小さい場合と大きい場合、どちらもあるんだけど、影響として考えられるのが、後半の「コンパートメントが存在する構造であるために」のほうだと思うんですが、この説明をちょっとお願いできますか。

○日立造船（吉田） 日立造船、吉田です。

確認の点ですが、読み上げていただいたところに関しまして、定性的に考えたときに、板厚が小さいときに、小さいほうが中性子実効増倍率を上げる効果があるんじゃないかというところは当然考えられて、ただ、このHitz-B69型に関しましては、ちょっと構造としまして、燃料体と中性子吸収剤の間にそのコンパートメントの板が完全に存在している状態でごさいます、そのような状態ですと、そのコンパートメントの板厚がちょっと増えるということによって、記載のとおり、何というんですかね、中性子の反射効果が生じまして、板厚を上げると、板厚がある程度大きくなると、板厚が少し変わるぐらいに対して、その反射効果の影響というのがあまり変わらなくなるんですけども、ちょうど、何というんですかね、このB69型の板厚の領域に関しまして、その板厚をちょっと上げることによって定性的に燃料体側に中性子実効増倍率を上げる方向、上げる条件に重なっているといえますか、双方の、双方向の影響がバランスして、結果的にはその中性子実効増倍率を上げる方向になるのが板厚が大きい側だったという、そのような理解をいただければと思います。

○櫻井安全審査官 規制庁、櫻井ですけれども、この文章、よく読まないとちょっと理解がしづらいところではあるんですけど、それぞれの話は理解できるんですけど、兼ね合いというところがちょっと細かく書かれていなかったのも、これって、後ろについている感度解析とは関係はあるんですか、ないんですか。

○日立造船（吉田） 関係はあります。関係はあるといえますか、感度解析の結果として、

別紙1-8ページにグラフを出させていただいておりますけれども、実際、ここのどちらのほうが、板厚最小か最大か、どちらのほうが厳しいかというところが、定性的に断言できないところというところに兼ね合っていて、なっていて、この感度解析結果を見ていただくと、一番表の上の欄ですね、冠水状態では最大のほうが若干高めに出るような傾向が見てとれるかと思えます。で、この感度解析結果を踏まえての条件設定であるというところですね。

○櫻井安全審査官 踏まえてか。はい。ありがとうございます。この説明文と、このちょっとマスキング箇所ですけど、それぞれバスケット格子板厚とか、あと、格子内のりとか中性子吸収剤板厚とかを振って、出た結果によって、今回の寸法条件を決められているというふうに理解いたしました。

また、この項目ですけど、バスケット格子板厚とかバスケット格子内のりとか中性子吸収剤板厚とかあるんですけど、ほかに何か振る項目というのは、過不足ないんですかという質問になりますけど、例えばスペーサーの、何か幅とか、ありますよね。幅とかはあまり関係ないですか。

○日立造船（吉田） ここに挙げているものよりかは影響は少ないものと考えております。あくまでも一番定性的に効いてくる燃料体の間の、全体的なところに効いてくることをパラメータにしているということですので、スペーサーの幅ですね、こちらに関しては、基本的には公称かつ最大というところで記載はしていませんけれども、固定してやっております、その理由というのは、この冠水状態のところは結局、厳しいというところで、その隙間のところの水ですね。そこを僅かながらスペーサーの幅が広いほうが、その水の領域を食うということになりまして、冠水状態に対して保守的であろうという想定の下、そのような設定をしている、評価しております。

○櫻井安全審査官 御説明ありがとうございます。これ以外にも、影響は少ないんですけども、例えばさっき言ったスペーサー幅というのは公称値というのを最大に固定して、ほかの項目を振っているということなので、これ以外にあれば、資料の別紙1のほうでよいので、まあ、注釈でよいので、付け加えておいていただけますか。

○日立造船（吉田） 承知いたしました。

○櫻井安全審査官 あと、もう一つ臨界で、資料2-1の34ページで指摘事項No.1に対する回答の中で、ちょっと評価条件の設定のこれも考え方に対してなんですけど、この因子があ

って、横置き、縦置きがあつて、評価条件（横置き・縦置き共有）として、キャスク相互の中性子干渉と周囲の構造物からの中性子反射で、評価条件としては、今、キャスク同士が近接した状態で無限配列、周囲からの反射も包絡した条件を、保守的、恐らく保守的な評価条件として設定しているとのことなんですけど、これ、具体的にどう保守的になるのか、説明していただけますか。

補足も見たんですけど、多分、11ページにさらっとしか書いていなかった。資料2-2の11ページにさらっと書いてあるのかなと思うので、具体的に説明をお願いします。

○日立造船（吉田） 日立造船、吉田です。

そうですね、補足説明資料のほうでも、確かにさらっと書いているというところではあるんですけども、その、どれくらい保守的なのかというところ、一つの参考といたしまして、別紙1-7ページを見ていただければと思うんですけども。

別紙1-7ページに、ちょっとここの配列の趣旨とはちょっと違うわけですが、キャスクの外雰囲気の影響評価というところで、別紙1-3図に関しては、冠水状態で外雰囲気の水を換えたらどうかというところや、別紙1-4図では乾燥状態で外雰囲気を水にしていたらどうかというようなところを載せているんですけども、基本的にほとんど外側の条件というものが体系の実効増倍率にほとんど影響しないという体系になっておりまして、この無限配列にしておくことで、定性的には保守的ということは間違いないと考えてはいるんですけども、正直なところ、解析評価の結果に対してのインパクトというのは、それほどはないというのが、弊社の理解でいます。

○櫻井安全審査官 あれっ。そうすると、無限配列、今、日立造船の説明だと、外雰囲気とかの影響は受けないという説明ですよ。

○日立造船（吉田） 受けにくいですね。

○櫻井安全審査官 受けにくい。

○日立造船（吉田） 全く受けないというわけではないんですけども。

○櫻井安全審査官 受けにくいんだけど、無限配列にしておけば、まあ問題ないでしょうという考えということですかね。

○日立造船（吉田） そうです。そのとおりです。

○櫻井安全審査官 であれば、もうそこら辺の考え方のところも少し踏まえて、これ、文章に全然されていないので、そこら辺も追記していただけますか。

○日立造船（吉田） この一すみません。承知しました。こちらの保守的、まあ定性的に保守的な条件として設定するということと、その影響の程度に関してはというところ、御説明を入れるということですね。

○櫻井安全審査官 そうです。はい。

○日立造船（吉田） はい、承知いたしました。

○櫻井安全審査官 はい。私からは以上です。

○小野審議官 ほか、いかがですか。

○松野上席安全審査官 規制庁、松野です。私からも、この指摘事項に対する回答について、2点確認、指摘があります。

ページで言いますと、パワポ資料の35ページ目に、除熱の評価条件について記載がありますけれども、この除熱機能の評価上の影響を与える因子として、燃料集合体の位置、外表面の熱伝達係数、側面の放射形態係数が因子とありまして、評価条件として燃料格子中央に配置、0.87を考慮、で、側面の放射形態係数については最小値の0.650を全周に設定として条件が設定されているんですけどもこの保守的である考え方について、具体的に説明をお願いします。

○日立造船（岡田） はい。日立造船の岡田です。

まず、燃料集合体の配置につきましては、まず横置きですと、実際は燃料が偏って配置される。これは35ページ目のスケッチに示しておりますが、そうしますと、それぞれ熱の伝達の経路は偏ってしまう。ですから、中央に配置した場合よりも熱の伝達がよくなる可能性がございます。部材等の熱伝達、部材と部材との熱伝達によると、より熱が外に逃げやすくなるといったことも考えられます。そういったことを考慮しますと、燃料を中央に配置するという条件が、一番、熱が逃げにくくなるという条件であると我々は考えておりますので、この中央に配置するという条件、保守的というふうに考えて設定しております。

続きまして、外筒外表面の熱伝達係数ですが、これは、それぞれ横置きと縦置きで、それぞれ配置の仕方に対して適切な条件を設定しておりますが、その中で先ほど御説明いただきました低減係数を考慮ということですが、これは、補足説明資料2-3の別1-8、すみません、別1-18ページに示しておりますが、これが円筒横置きのもの外表面の熱伝達率に関しましては、こちらの別紙2-1図に示すとおり、周方向でそれぞれ熱伝達率が変化するということが分かっております。文献から分かっております。最高としましては、平均値

に対して、平均を1としまして、平均値よりも上部では、上部というのはこちらの0°～90°の間ではより熱が逃げやすくなるという条件ですが、一方で90°～180°に関しましては、大体その平均値0.87となっております。全体として平均すれば1になるんですが、それで熱の伝達率が悪いほう、ですから90°～180°ですと、その平均よりも低くなるということで、より熱が逃げやすい条件というのを排除した、0°～90°の熱が逃げやすいという条件を排除した、低減した係数0.87を全周に掛けることによって、より外面には熱を逃げにくい条件として設定しております。

3番目の側面の放射形態係数に関しましては、これは、ちょっと形状によって、現状、想定しておりますのが、キャスクが配置されておまして、その貯蔵施設があつて、天井等との熱のやり取りがあるんですが、それは距離やそれぞれのキャスクの配置位置、そして天井との距離等によって、この形態係数がそれぞれによって変わってくると。これに対して、より形態係数を最小値に設定することで、それぞれの熱のやり取りを一番低いところに抑えるということで、この最小値0.65を全周に設定しております。実際は、ですから、実際はこれよりも熱のやり取りが多いところもございしますが、そのため、外面に放熱する量が増えるという条件ですが、それを排除してやろうということで、最小値を設定して保守的な条件としているというふうに考えております。

すみません。説明は以上になります。

○松野上席安全審査官 規制庁、松野です。

まず、この燃料集合体の位置については、横置きの場合はこの格子下面と接触するというので、どちらかというと、キャスクの上の上部側が、その崩壊熱の熱の伝わり方が非保守的側になるので、それを横置きと同じような中央配置することによって、よりキャスクの上部側が、熱の伝わり方が厳しい条件になるという理解でよろしいですか。

○日立造船（岡田） 日立造船の岡田です。

上面の熱の、非保守的になるといいますか、より熱が燃料集合体下面で近づくことによって、そちらの下面から熱が逃げやすくなるということで、それを排除するために中央に配置するという考えとしております。

○松野上席安全審査官 下面側の熱の逃げやすさというところの観点で、保守的、中央に配置することで理解しました。

2点目の外表面の熱伝達係数ですけれども、先ほど補足説明資料の別紙1-18で、これ、

注意書きで文献から、これ、引用していますけども、そもそもこの、文献とこの別添2の説明はどういう関係になるのでしょうか。

○日立造船（岡田） はい。日立造船の岡田です。

この引用している文献は、実際に熱伝達係数の一つのパラメータであるヌセルト数に關しまして、実験をして評価をしている文献となっております。

そのヌセルト数の、この横置き円筒のヌセルト数というのを評価しておりまして、一部その数値をこちらの別添2のところに持ってきて、それを経験値に対する割合として評価したものをこちらにプロットしております。ですから、文献値から持ってきたデータが、こちらに示しているというふうに考えていただければと思います。

○松野上席安全審査官 規制庁、松野です。

この0.87の係数は、文献値から引用しているものと理解しました。

あと、最後のこの放射形態係数の0.650ですけども、ちなみに、この、具体的に0.650というのはどのように算出されたものなのでしょうか。

○日立造船（岡田） はい。日立造船の岡田です。

これは、資料2-4の中にありますキャスクの配置条件として――資料2-4の32ページになります。補足説明資料16-1の32ページになります。実際のこの32ページの貯蔵施設の概要図に示しておりますとおり、キャスクとこの貯蔵施設の配置を具体的に解析でモデル化しまして、それぞれの熱のやり取りを計算した上で形態係数を計算しております。ですから、キャスクと天井というところで熱のやり取りがあると決めて、それをそれぞれ計算した上で最小値というのを解析で計算した値が最小値0.65となっております。

○松野上席安全審査官 規制庁、松野です。

そのあたり、この0.650の算出について、今の補足説明資料等には何も記載がありませんので、明確にお願いいたします。

○日立造船（岡田） 日立造船の岡田です。はい。補足するようにいたします。

○松野上席安全審査官 規制庁、松野です。

2点目ですけども、36ページ目に使用済燃料の収納配置条件の代表性の考え方があるんですけども、この表の除熱、燃料被覆管のこの配置(3)と配置(4)を見ますと、全配置中、最高温度となった燃料のみの結果を記載していると。それ以外の燃料、8×8燃料、新型8×8ジルコニウムライナ燃料の結果が記載していないんですけども、その理由について説

明をお願いいたします。

○日立造船（岡田） はい。日立造船の岡田です。

こちらの補足説明資料の16-4、ですから資料2-3に関しましては、各温度解析の結果を、全部の解析結果を、燃料被覆管に関しては全部の評価を示しております。ページで言いますと、資料2-3の37ページに全評価結果、燃料被覆管の評価結果を示させていただいております。その上で、申請書に関しましては、部材の最高温度ということで、一つは制限温度が300℃となるものの最高の温度、高燃焼度8×8燃料の温度、そして、200℃の制限の燃料の最高温度のものを、配置(3)の外周部の新型8×8燃料の温度を示させていただいております。考え方としてはこういった考えでしております。

○松野上席安全審査官 規制庁、松野です。

この燃料被覆管につきましては、それぞれ評価燃料に対して基準適合性の確認を行う必要がありますので、全ての燃料に対して評価温度の記載をお願いいたします。

以上です。

○日立造船（岡田） 日立造船、岡田です。

今のお話ですが、燃料ごとの最高温度を記載するという事で理解いたしました。はい、また申請書、今、すみません、申請書にということですよ、これは。

○松野上席安全審査官 規制庁、松野です。

そうです。

○日立造船（岡田） 承知しました。

○小野審議官 ほか、いかがですか。

○戸ヶ崎安全規制調整官 原子力規制庁の戸ヶ崎です。

さっきの御回答で、ちょっと確認をさせていただきたいんですけど、資料2-3の別紙1-18で水平円筒の自然対流熱伝達率に乗じる係数で0.87というのを使われているということなんですけど、これは、文献にこういう各角度の数値が書かれているという御説明だったとも思うんですけど、これは、今回のキャスクの構造とかも考慮してもこういうような角度ごとの係数というのは適用されるのでしょうか。

○日立造船（岡田） 日立造船の岡田です。

この、もともと、はい、その御理解です。その理解です。文献では、この円筒の、水平に置かれた円筒の評価でそれぞれのヌセルト数の数値が出ておりますが、形状としては同

じくHitz-B69型も横置きの円筒ということで考えておりますので、はい、適用可能と考えております。

○戸ヶ崎安全規制調整官 規制庁の戸ヶ崎です。

ちょっと、文献の具体的な内容ですね。こういう円筒の形であれば、どういう、横置きの状態でどういう中身の構造であっても適用されるというのが分かる説明をお願いしたいと思います。

それと、もう一つなんですけど、先ほど資料2-4の32ページで御説明があったと思うんですけど、ここの貯蔵施設の配置条件の図面があるんですけど、これ、資料2-3の別紙1-8のほうには、この注1で特定兼用キャスク側面の放射形態係数が0.650の理由として、「貯蔵モジュール内においてキャスクが4.33m間隔 (キャスク中心間距離、最小値として仮定) で一列に配置された場合を仮定しており」と書いてあるんですけど、ここの条件と先ほどの図面の条件というのは同じでしょうか。

○日立造船（岡田） はい。日立造船の岡田です。

はい、この条件と同じになります。

○戸ヶ崎安全規制調整官 規制庁の戸ヶ崎です。

そうすると、この、実際に施設でどうやって置かれるかというのは施設側で決まると思うんですけど、この条件というのは施設側に引き継がれるのでしょうか。

○日立造船（岡田） 日立造船の岡田です。

はい、施設側に条件として引き継がれる条件となります。これは申請書にもキャスクの……。はい、引き継がれる条件としております。

○戸ヶ崎安全規制調整官 規制庁の戸ヶ崎。

申請書のどこで書かれているかをちょっと教えていただきたいんですけど。

○日立造船（岡田） はい。日立造船の岡田です。

申請書の1-8ページの、この設計条件の中にMという、貯蔵施設におけるキャスク配列ピッチ寸法は4.33mとする。これが一つ、条件となります。また、Lの貯蔵施設における壁面放射率は0.8とする。こちらが壁面放射率の条件としております。

○戸ヶ崎安全規制調整官 はい、分かりました。私からは以上です。

○小野審議官 ほか、いかがですか。よろしいですか。

(なし)

○小野審議官 日立造船のほうからは、何か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（岡田） はい。日立造船の岡田です。

はい、特にはございません。ありがとうございました。

○小野審議官 はい。それでは、以上で議題2を終了いたします。

本日予定していた議題は以上でございます。

それでは、第21回審査会合を閉会します。どうもありがとうございました。