

核燃料輸送物設計承認に係る審査書
(MX-6P型、三菱原子燃料株式会社)

原規規発第 2103111 号
令和 3 年 3 月 11 日
原子力規制庁

1. 審査の結果

原子力規制委員会原子力規制庁（以下「規制庁」という。）は、三菱原子燃料株式会社（以下「申請者」という。）から平成 2 年科学技術庁告示第 5 号（核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示）及び平成 2 年科学技術庁告示第 7 号（放射性同位元素等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示）の一部を改正する告示（令和 2 年原子力規制委員会告示第 13 号）による改正前の平成 2 年科学技術庁告示第 5 号（核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示。以下「告示」という。）第 4 1 条第 1 項の規定に基づき申請のあった「核燃料輸送物設計承認申請書」（令和 2 年 6 月 29 日付け三原燃第 20-0164 号（令和 3 年 2 月 23 日付け三原燃第 20-0708 号をもって一部補正）。以下「本申請」という。）について核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和 32 年法律第 166 号）第 5 9 条第 1 項に規定する原子力規制委員会規則で定める技術上の基準（核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則等の一部を改正する規則（令和 2 年原子力規制委員会規則第 20 号）による改正前の核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則（昭和 53 年総理府令第 57 号。以下「規則」という。))に従って保安のために必要な措置が講じられているか審査した。

審査の結果、本申請は、輸送容器の設計及び運搬することを予定する核燃料物質等を当該輸送容器に収納した場合の核燃料輸送物の安全性に関し、技術上の基準に適合しているものと認められる。

具体的な内容は以下のとおり。なお、本審査書においては、法令の規定等や申請書の内容について、必要に応じ、文章の要約や言い換え等を行っている。

2. 申請の概要

(1) 対象輸送物

- ① 名称：MX-6P型
- ② 収納する核燃料物質等（以下「収納物」という。）
 - 1) 加圧水型軽水炉用の未照射燃料集合体（以下「新燃料」という。）最大 8 体

- ・14×14 燃料 (12 フィート燃料及び 10 フィート燃料、濃縮度：5%以下)
- 2) 高さ調整用のスツール (かさ上げ台) 最大 8 体
 - ・ 10 フィート燃料収納時に使用

(2) 輸送物の種類：A型輸送物及び核分裂性物質に係る核燃料輸送物

3. 審査の方針

MX-6P型核燃料輸送物 (以下「輸送物」という。)に係る輸送容器の設計及び収納物を輸送容器に収納した場合の安全性に関して、輸送物はA型輸送物及び核分裂性物質に係る核燃料輸送物であることから、規則第5条に定めるA型輸送物に係る技術上の基準及び規則第11条に定める核分裂性物質に係る核燃料輸送物の技術上の基準に適合しているか確認することとした。また、輸送容器に係る品質管理の方法、保守及び輸送物に係る取扱いについても確認することとした。

4. 審査の内容

4-1 規則第5条各号に対する適合性について

(1) 規則第5条第1号、第4号、第5号及び第11条第3号

① 容易かつ安全な輸送物の取扱い

規則第5条第1号は、輸送物は容易に、かつ、安全に取扱うことができることを求めている。

申請者は、輸送容器には垂直姿勢での輸送物の吊上げ、吊下ろし等が容易に行えるよう本体の両端に円筒形状の金物 (以下「トラニオン」という。) 及び水平姿勢での輸送物の吊上げ、吊下ろしが容易に行えるよう本体側部に円環形状金物 (以下「ハンドリングベルト」という。) を設ける設計としている。これらは、輸送容器の重量、収納物の最大重量及び最大収納体数並びに取扱い時の荷重を考慮し、必要な強度を有する設計としている。

規制庁は、申請者が輸送物を容易に、かつ、安全に取扱うことができるよう輸送容器の本体にトラニオン及びハンドリングベルトを設ける設計とし、トラニオン及びハンドリングベルトは取扱い時に予想される荷重に対して必要な強度を有する設計としていることを確認したことから、規則第5条第1号に定める技術上の基準に適合していると判断する。

② 運搬中に予想される温度及び内圧の変化並びに振動等に対する輸送物の耐性

規則第5条第1号は、輸送物は運搬中に予想される温度及び内圧の変化、振動等により亀裂、破損等の生じるおそれのないこと、規則第5条第4号は、構成部品は-40℃から70℃までの温度の範囲において、亀裂、破損等の生じるおそれがないこと (運搬中に予想される温度の範囲が特定できる場合は、この限りでない。)

及び規則第5条第5号は周囲の圧力を60kPaとした場合に、放射性物質の漏えいがないことを求めている。また、規則第11条第3号は、-40℃から38℃までの温度の範囲において、亀裂、破損等の生じるおそれがないこと（運搬中に予想される最も低い温度が特定できる場合は、この限りでない。）を求めている。

申請者は、輸送物について以下のとおり、運搬中に予想される輸送物の周囲の温度及び内圧の変化並びに振動等に対して耐性を有するとしている。

温度の変化に対する耐性については、運搬中に予想される輸送物の周囲の温度の範囲を-40℃から38℃に設定した上で、収納物の崩壊熱は微少であり無視しうることを踏まえ、輸送容器各部及び収納物の温度を評価した結果、想定される温度範囲において輸送容器の構成部品（ステンレス鋼、チタン合金、エチレンプロピレンゴム製ガスケット等）に必要とされる材料強度に影響はないとしている。また、運搬中に想定される温度変化による熱応力、変形等に対して輸送物の構造健全性が確保されるとしている。

内圧の変化に対する耐性については、上記の周囲温度の変化に対する耐性の評価結果を踏まえ、輸送容器の内圧の変化を評価した結果、内圧の変化による荷重に対して構造健全性が確保されるとしている。また、輸送物の周囲の圧力を60kPaとした場合において、輸送容器の最大内圧との差圧を評価した結果、差圧による荷重に対して輸送容器の構造健全性が確保され、密封境界を形成する蓋板と上部フランジ部の合わせ面の口開き量は、蓋板に装着された蓋部ガスケットの初期締め付け代を下回る設計としていることから、密封性を損なうことはないとしている。

振動等に対する耐性については、輸送物は運搬中、本体の胴部を固定する設計としており、輸送物重量及び運搬中に発生が予想される加速度等を考慮した荷重に対して、輸送物の構造健全性が確保されるとしている。また、運搬時の振動により生じる励振力の振動数域と輸送物の固有振動数との差が大きいため、励振力の応答増幅を考慮しても、輸送物の構造健全性は確保されるとしている。

規制庁は、申請者が運搬中に予想される温度及び内圧の変化並びに振動等に対する耐性に関して、温度及び内圧の変化並びに振動等を保守的に設定し評価した結果、輸送物の構造健全性が確保されるとしていることを確認したことから、規則第5条第1号、同条第4号、同条第5号及び第11条第3号に定める技術上の基準に適合していると判断する。

③ 輸送容器構成部品の材料相互及び収納物との危険な物理的作用又は化学反応

規則第5条第1号は、材料相互の間及び材料と収納される核燃料物質等との間で危険な物理的作用又は化学反応の生じるおそれのないことを求めている。

申請者は、輸送容器の構成部品には化学的に安定したステンレス鋼、チタン合

金等を使用するとし、材料相互及び材料と収納物の接触による亀裂、破損等がなく、腐食等の発生がない設計としている。また、遮蔽材に用いる樹脂（以下「レジン」という。）及び蓋板等に装着されるガスケットの材料であるエチレンプロピレンゴムは金属と接触しても化学反応の生じるおそれはないとしている。

規制庁は、申請者が輸送容器に使用される材料は化学的に安定した材料であり、材料相互の間及び材料と収納される核燃料物質等との間で危険な物理的作用又は化学反応の生じるおそれはない設計としていることを確認したことから、規則第5条第1号に定める技術上の基準に適合していると判断する。

④ 弁の誤操作防止措置

規則第5条第1号は、弁が誤って操作されないような措置が講じられていることを求めている。

申請者は、輸送容器の蓋板に設置している胴内のガスサンプリング等に用いる弁には、誤って操作されないようカバーを設ける設計としている。

規制庁は、申請者が輸送容器の弁の誤操作防止のため、カバーを設置する設計としており、誤って操作されない措置が講じられていることを確認したことから、規則第5条第1号に定める技術上の基準に適合していると判断する。

(2) 規則第5条第7号及び第8号

規則第5条第7号は、表面における最大線量当量率が2mSv/hを超えないこと、同条第8号は表面から1m離れた位置における最大線量当量率が100µSv/hを超えないことを求めている。

申請者は、最大線量当量率の評価において、新燃料のウラン同位体核種の崩壊を考慮すること、収納物を収納する領域を形成する矩形管（以下「ロジメント」という。）及びバスケット外周部に配置されるアルミスペーサ以外のバスケットの構成部品を無視する等の保守的な評価条件を設定して評価した結果、輸送物表面（以下、単に「表面」という。）の最大線量当量率は約 mSv/h、表面から1m離れた位置における最大線量当量率は約 µSv/h であるとしている。

規制庁は、申請者が最大線量当量率について、ウラン同位体核種の崩壊を考慮すること、ロジメント及びアルミスペーサ以外のバスケットの構成部品を無視する等の保守的な評価条件を設定して評価した結果、表面の最大線量当量率が2mSv/h及び表面から1m離れた位置における最大線量当量率が100µSv/hを超えないとしていることを確認したことから、規則第5条第7号及び同条第8号に定める技術上の基準に適合していると判断する。

(3) 規則第5条第9号

規則第5条第9号は、輸送物について、一般の試験条件（別紙の表2に示す条件をいう。以下同じ。）の下に置くこととした場合に以下のa)及びb)に掲げる要件に適合することを求めている。

- a) 放射性物質の漏えいがないこと。
- b) 表面における最大線量当量率が著しく増加せず、かつ、2mSv/hを超えないこと。

a) 放射性物質の漏えい

申請者は、一般の試験条件において、輸送物に対して最大の破損を及ぼすよう落下の方法等の条件を想定し、解析的評価を行った結果、輸送容器の密封装置である蓋板及び胴の構造健全性は確保され、密封性を損なうことはないことから放射性物質の漏えいはないとしている。

規制庁は、申請者が一般の試験条件の下に置いた輸送物の放射性物質の漏えい量について、輸送容器の密封性が確保されることから放射性物質の漏えいがないとしていることを確認したことから、規則第5条第9号イに定める技術上の基準に適合していると判断する。

b) 最大線量当量率

申請者は、一般の試験条件において、輸送物に対して最大の破損を及ぼすよう落下の方法等の条件を想定し、解析的評価結果に基づき輸送容器の衝撃吸収カバーの変形を踏まえて輸送物の表面における最大線量当量率の評価を行った結果、通常時からの増加はなく約 mSv/h であるとしている。

規制庁は、申請者が輸送物の最大線量当量率について、一般の試験条件に置いた輸送物に生じる衝撃吸収カバーの変形を考慮して評価した結果、表面において通常時からの増加はなく、かつ、2mSv/hを超えないとしていることを確認したことから、規則第5条第9号ロに定める技術上の基準に適合していると判断する。

(4) 規則第5条第1号、第2号及び第3号（その他の措置）

規則第5条第1号は、表面の放射性物質の密度が別紙の表1に示す密度（以下「表面密度限度」という。）を超えないこと、核燃料物質等の使用等に必要な書類その他の物品（核燃料輸送物の安全性を損なうおそれのないものに限る。）以外のものが収納されていないこと及び表面に不要な突起物はなく、かつ、表面の汚染の除去が容易であること、規則第5条第2号は、輸送物は外接する直方体の各辺が10cm以上であること並びに規則第5条第3号は、みだりに開封されないように、かつ、開封された場合に開封されたことが明らかになるように、容易に破れないシールの貼付け等の措置が講じられていることを求めている。

申請者は、輸送物の発送前に以下の a) から c) を確認するとしている。また、輸送容器について、以下の d) から f) のとおりの設計であるとしている。

- a) 表面の放射性物質の密度を測定し、表面密度限度を超えないこと。
- b) 容器内には収納物以外の物品が収納されていないこと。
- c) すること。
- d) 表面には取扱い時に使用されるトランニオン及びハンドリングベルト等以外の突起物を設けない。
- e) 外筒の表面等は平滑としている。
- f) 輸送容器の外径、全長とも 10cm 以上としている。

規制庁は、申請者が発送前に表面の放射性物質の密度の測定、容器内の確認、 等をするとしていること、表面の汚染の除去が容易なように輸送容器を設計していること及び輸送物は外接する直方体の各辺が 10cm 以上としていることを確認したことから、規則第 5 条第 1 号、同条第 2 号及び同条第 3 号に定める技術上の基準に適合していると判断する。

4-2 規則第 11 条各号に対する適合性について

(1) 規則第 11 条第 1 号

規則第 11 条第 1 号は、核分裂性輸送物について、核分裂性輸送物に係る一般の試験条件（別紙の表 3 に示す条件をいう。以下同じ。）の下に置くこととした場合に容器の構造部に一辺 10cm の立方体を包含するようなくぼみが生じないこと及び外接する直方体の各辺が 10cm 以上であることを求めている。

申請者は、核分裂性輸送物に係る一般の試験条件において、輸送物に対して最大の破損を及ぼすよう落下の方法等の条件を想定し、解析的評価を実施した結果、輸送容器の構造部に生じる変形は衝撃吸収カバーに限られ、一辺が 10cm の立方体を包含するようなくぼみは生じることはないとしている。また、外接する直方体の各辺は 10cm 以上であるとしている。

規制庁は、申請者が核分裂性輸送物に係る一般の試験条件に置いた輸送物について、容器の構造部に一辺が 10cm の立方体を包含するようなくぼみは生じないとしていること及び輸送物に外接する直方体の各辺が 10cm 以上としていることを確認したことから、規則第 11 条第 1 号に定める技術上の基準に適合していると判断する。

(2) 規則第 11 条第 2 号

規則第 11 条第 2 号は、核分裂性輸送物について、以下のいずれの場合にも臨界に達しないことを求めている。

- ・孤立系の条件（別紙の表 4 に示す条件をいう。以下同じ。）の下に置くこととし

た場合。

- ・核分裂性輸送物に係る一般の試験条件の下に置いたものを孤立系の条件の下に置くこととした場合。
- ・核分裂性輸送物に係る特別の試験条件（別紙の表5に示す条件をいう。以下同じ。）の下に置いたものを孤立系の条件の下に置くこととした場合。
- ・核分裂性輸送物と同一のものであって核分裂性輸送物に係る一般の試験条件の下に置いたものを、配列系の条件（別紙の表6に示す条件をいう。以下同じ。）の下で、かつ、核分裂性輸送物相互の間が最大の中性子増倍率（原子核分裂の連鎖反応において、核分裂により放出された1個の中性子ごとに、次の核分裂によって放出される中性子の数をいう。以下同じ。）になるような状態で、核分裂性輸送物の輸送制限個数（1箇所（集合積載した核分裂性輸送物が、他のどの核分裂性輸送物とも6m以上離れている状態をいう。）に集合積載する核分裂性輸送物の個数の限度として定められる数をいう。以下同じ。）の5倍に相当する個数積載することとした場合。
- ・核分裂性輸送物と同一のものであって核分裂性輸送物に係る特別の試験条件の下に置いたものを、配列系の条件の下で、かつ、核分裂性輸送物相互の間が最大の中性子増倍率になるような状態で、輸送制限個数の2倍に相当する個数積載することとした場合。

申請者は、規則で要求する上記の条件を全て包含し、臨界評価上、厳しい結果を与えるよう、完全反射条件とすること等を条件として評価を行った結果、中性子実効増倍率は約 であり、1未満であることから臨界に達しないとしている。

規制庁は、申請者が規則第11条第2号に掲げる要件を全て包含し、臨界解析上、厳しい結果を与えるよう、完全反射条件とする等の保守的な条件で解析した結果、中性子実効増倍率が1未満であり、臨界に達しないとしていることを確認したことから、規則第11条第2号に定める技術上の基準に適合していると判断する。

4-3 輸送容器に関する品質管理の方法、保守及び輸送物の取扱い方法

申請者は、輸送物の設計にあたり、品質マネジメントシステムに基づき以下のとおり、設計、製造発注及び取扱い・保守を行うとしている。なお、品質マネジメントシステムの要求事項は品質マニュアルとして文書化したとしている。

- ・輸送容器の品質に影響を与える業務に従事する者に対する教育・訓練について、教育・訓練の計画、実施及び記録の維持を実施するとしている。また、容器製造者に対しても、教育、訓練を実施することを求めるとしている。
- ・設計管理について、設計の計画、要求事項等の設計のインプットの明確化、設計者以外の担当者も含めた要求事項に対する設計アウトプットのレビュー及び設計変更管理等を実施するとしている。

- ・輸送容器の製造に係る調達管理について、容器製造者の能力評価、容器製造者への品質マネジメント要求事項の明確化、輸送容器製作に係る検査及び品質監査による検証を実施するとしている。
- ・取扱い・保守について、発送前検査、定期自主検査、ガスケットの保守及び輸送容器の保管等に関する実施要領等を策定し実施するとしている。
- ・測定、分析及び改善について上記の活動に関する内部監査、不適合管理並びに是正措置及び予防措置について手順書に定めて実施するとしている。

規制庁は、申請者における輸送物に係る設計、製造発注及び取扱い・保守について業務に従事する者の教育訓練等を含めた力量管理を実施すること、設計管理について要求事項等インプットの明確化及び設計のレビュー等を実施すること、調達管理について容器製造者へ調達要求事項の明確化、製作に係る検査、検証を実施すること、取扱い・保守についてそれぞれ要領を策定して実施すること並びにこれらの活動に関する内部監査等を実施することを確認した。

(別紙)

技術上の基準において、告示及び別記に定められる試験条件及び基準について

表1 原子力規制委員会の定める密度

告示第9条	規則第4条第8号の原子力規制委員会の定める密度は、次の表の上欄に掲げる放射性物質の区分に応じ、それぞれ同表の下欄に掲げる密度とする。ただし、通常の手扱いにおいて、はく離するおそれがない放射性物質の密度については、この限りでない。	
	放射性物質の区分	密度
	アルファ線を放出する放射性物質	0.4 Bq/cm ²
	アルファ線を放出しない放射性物質	4 Bq/cm ²

表2 原子力規制委員会の定めるA型輸送物に係る一般の試験条件

告示第13条	規則第5条第9号の原子力規制委員会の定めるA型輸送物に係る一般の試験条件は、別記第3に掲げる条件とする。
別記第3第1号イ	50mm/hの雨量に相当する水を1時間吹き付けること。
別記第3第1号ロ	イの条件の下に置いた後、次の条件の下に置くこと。
別記第3第1号ロ(1)	その重量が、15,000kg以上のものにあつては0.3mの高さから、最大の破損を及ぼすように落下させること。
別記第3第1号ロ(3)	その重量の5倍に相当する荷重又は鉛直投影面積に13kPaを乗じて得た値に相当する荷重のうち、いずれか大きいものを24時間加えること。
別記第3第1号ロ(4)	重量が6kgであり、直径が3.2cmの容易に破損しない棒であつて、その先端が半球形のを1mの高さから当該核燃料輸送物の最も弱い部分に落下させること。

表3 原子力規制委員会の定める核分裂性輸送物に係る一般の試験条件

告示第24条	規則第11条第1号並びに第2号ロ及びニの原子力規制委員会の定める核分裂性輸送物に係る一般の試験条件は、別記第11に掲げる条件とする。
別記第11第1号	別記第3第1号イの条件の下に置くこと。
別記第11第2号	別記第3第1号ロ(1)の条件の下に置くこと。
別記第11第3号	別記第3第1号ロ(3)の条件及び(4)の条件の下に置くこと。
別記第11備考	第1号及び第2号の条件の下には、この順序で置くものとする。

表4 原子力規制委員会の定める孤立系の条件

告示第25条	規則第11条第2号イ、ロ及びハの原子力規制委員会の定める孤立系の条件は、次の各号に定める条件とする。
告示第25条第1号	核分裂性輸送物の中を水で満たすこと。ただし、浸水及び漏水を防止する特別な措置が講じられた部分については、この限りでない。
告示第25条第2号	収納される核燃料物質等は中性子増倍率が最大となる配置及び減速状態にすること。
告示第25条第3号	密封装置の周囲に置かれた厚さ20cmの水による中性子の反射があること。

表5 原子力規制委員会の定める核分裂性輸送物に係る特別の試験条件

告示第26条	規則第11条第2号ハ及びホの原子力規制委員会の定める核分裂性輸送物に係る特別の試験条件は、別記第12に掲げる条件とする。															
別記第12	別記第12第1号及び第2号の条件のうち、最大の破損を受ける条件の下に置くこと。															
別記第12第1号	次の条件の下に順次置くこと。															
別記第12第1号イ	別記第11の条件の下に置くこと。															
別記第12第1号ロ	ハの条件の下で核燃料輸送物が最大の破損を受けるような順序で次に掲げる条件の下に順次置くこと。															
別記第12第1号ロ(1)	9mの高さから落下させること。															
別記第12第1号ロ(2)	別記第5第1号ロの条件の下に置くこと。															
別記第5第1号ロ	垂直に固定した直径が15cmであり、長さが20cmの軟鋼丸棒であって、その上面が滑らかな水平面であり、かつ、その端部の曲率半径が6mm以下のものに1mの高さから落下させること。															
別記第12第1号ハ	別記第5第2号の条件の下に置くこと。															
別記第5第2号	次の条件の下に順次置くこと。															
別記第5第2号イ	38℃の条件下に表面温度が一定になるまで置いた後、800℃で、かつ、平均値が最小で0.9の放射率を有する火炎の放射熱の条件下に30分間置くこと。この場合において、別記第4第1号に定める放射熱及び設計上最大となる内部発熱を負荷するものとし、当該核燃料輸送物の表面吸収率は0.8又は実証された値とするものとする。															
別記第5第2号ロ	38℃の条件下で別記第4第1号に定める放射熱及び設計上最大となる内部発熱を負荷しつつ冷却すること。ただし、人為的に冷却してはならない。															
別記第4第1号	38℃の条件下に1週間置くこと。この場合において、次の表の上欄に掲げる当該核燃料輸送物の表面の形状及び位置の区分に応じ、それぞれ、同表下欄に掲げる放射熱を1日につき12時間負荷すること。															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">表面の形状及び位置の区分</th> <th>放射熱 (W/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">水平に輸送される平面</td> <td>下向きの表面</td> <td>なし</td> </tr> <tr> <td>上向きの表面</td> <td>800</td> </tr> <tr> <td colspan="2">垂直に輸送される表面及び水平に輸送されない下向きの表面</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td colspan="2">その他の表面</td> <td>400</td> </tr> </tbody> </table>		表面の形状及び位置の区分		放射熱 (W/m ²)	水平に輸送される平面	下向きの表面	なし	上向きの表面	800	垂直に輸送される表面及び水平に輸送されない下向きの表面		200	その他の表面		400
表面の形状及び位置の区分		放射熱 (W/m ²)														
水平に輸送される平面	下向きの表面	なし														
	上向きの表面	800														
垂直に輸送される表面及び水平に輸送されない下向きの表面		200														
その他の表面		400														
別記第12第1号ニ	深さ0.9mの水中に8時間浸漬させること。ただし、臨界の評価において、浸水又は漏水があらかじめ想定されている場合は、この限りでない。															
別記第12第2号	次の条件の下に順次置くこと。															
別記第12第2号イ	別記第11の条件の下に置くこと。															
別記第12第2号ロ	深さ15mの水中に8時間浸漬させること。															

表6 原子力規制委員会の定める配列系の条件

告示第27条	規則第11条第2号二及びホの原子力規制委員会の定める配列系の条件は、任意に配列した核分裂性輸送物の周囲に置かれた厚さ 20cm の水による中性子の反射があることとする。
--------	--