

日本原燃株式会社に係る核燃料輸送物設計承認申請 (48Y-JDTC型) についての審査結果

原規規発第 2211247 号
令和 4 年 11 月 24 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、日本原燃株式会社（以下「申請者」という。）の核燃料輸送物設計承認申請書（令和 4 年 9 月 15 日付け 2022 濃計発第 37 号をもって申請、令和 4 年 11 月 7 日付け 2022 濃計発第 49 号をもって一部補正。以下「本申請」という。）が、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。以下「法」という。）第 59 条第 1 項の技術上の基準として定める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。）に適合しているものであるかどうかについて審査した。

審査の結果、本申請は、輸送容器の設計及び核燃料輸送物の安全性に関する事項について、法第 59 条第 1 項の技術上の基準に適合しているものと認められる。

具体的な審査の内容等については以下のとおり。なお、本審査結果においては、法令の規定等や本申請の内容について、必要に応じ、文章の要約、言い換え等を行っている。

本審査結果で用いる条番号は、断りのない限り規則のものである。

2. 申請の概要

本申請は、法第 59 条第 3 項の容器承認に先立ち、第 21 条第 2 項の規定の適用を受けるため、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（平成 2 年科学技術庁告示第 5 号。以下「告示」という。）第 41 条第 1 項の規定に基づき、本申請に係る輸送容器（以下「輸送容器」という。）の設計及び本申請に係る核燃料輸送物（以下「輸送物」という。）の安全性に関する事項の承認を求めるものであり、その概要は以下のとおり。

(1) 核燃料輸送物の名称

48Y-JDTC型

(2) 輸送容器の概要

輸送容器は、円筒形状であり、運搬時及び取扱い時ともに横置き姿勢で保持される。また、密封装置である 48Y シリンダ（シリンダ本体、弁及び閉止栓）、弁保護具及び耐熱キャップより構成される。

(3) 核燃料輸送物の種類

I P - 1 型輸送物及び六ふつ化ウランに係る核燃料輸送物

(4) 収納する核燃料物質（以下「収納物」という。）

天然六ふつ化ウラン

- a. 輸送容器に収納される六ふつ化ウラン重量：最大 12,500kg、最小 8,800kg
- b. ^{235}U 濃縮度：0.72%以下、輸送容器内において固体状態を保持

3. 審査の方針

輸送物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、輸送物は第 3 条第 2 項に規定する I P - 1 型輸送物及び第 1 2 条に規定する六ふつ化ウランに係る核燃料輸送物（以下「六ふつ化ウラン輸送物」という。）であることから、第 3 条第 3 項及び第 8 条に定める I P - 1 型輸送物に係る技術上の基準並びに第 1 2 条に定める六ふつ化ウランに係る核燃料輸送物の技術上の基準に適合していることを確認することとした。また、第 1 7 条の 2 に規定する輸送容器の設計に係る品質管理の方法を定めていることを確認することとした。

4. 審査の内容

4-1 第 3 条第 3 項並びに第 1 2 条第 1 項及び第 2 項（輸送物の経年変化の考慮）

第 3 条第 3 項並びに第 1 2 条第 1 項及び同条第 2 項は、輸送物はその経年変化を考慮した上で、技術上の基準に適合していることを求めている。

本節では、輸送物の使用予定期間中に想定される経年変化による影響が評価されていること及び技術上の基準に適合していることの確認において、その影響の評価の必要性の有無及び必要な場合における考慮すべき事項が抽出されていることについて確認した内容を記載する。その上で、4-2 節及び 4-3 節において技術上の基準に適合していることについて確認した内容を記載する。

申請者は、輸送物の使用予定期間中における経年変化の要因を熱、放射線照射、化学変化及び繰り返し荷重であるとし、輸送容器の構成部品のうち、48Y シリンダについては輸送容器として使用する期間を 2 年、弁保護具及び耐熱キャップについては 40 年としているが、いずれの構成部品も使用予定期間を 40 年と設定し、その間に熱、

放射線照射及び化学変化の影響を受ける環境にあるとした上で、48Y シリンダについては1回、弁保護具及び耐熱キャップについては通算40回の運搬に伴う繰り返し荷重を含め、以下のとおり経年変化の考慮の必要性及び必要な場合における考慮すべき事項を抽出したとしている。

(1) 熱による経年変化の影響

- ① 輸送容器の構成部材として使用する炭素鋼、ステンレス鋼、合金鋼、鋳鋼等（以下まとめて「鉄鋼材料」という。）並びにアルミニウム青銅及びニッケル銅合金（以下まとめて「非鉄合金」という。）については、使用予定期間中における最高温度は大気に触れる外表面に生じ、約70℃（収納する天然六ふつ化ウランの最高温度は固体状態を維持する54℃）であり、クリープ等による強度変化が生じる温度を下回る。
- ② 耐熱キャップの断熱材に使用するセラミックファイバーについては、使用予定期間中における最高温度は約70℃であり、加熱収縮の原因となる結晶が析出する温度を十分に下回る。

以上のことから、輸送容器に使用する材料は、使用予定期間中における熱による経年変化の影響について、技術上の基準に適合していることを確認する上で考慮する必要はない。

(2) 放射線照射による経年変化の影響

- ① 輸送容器に使用する鉄鋼材料及び非鉄合金については、六ふつ化ウランから放出される全中性子が使用予定期間を通して単位面積に照射されるという保守的な仮定をした場合でも、中性子照射量は最大で $10^{14}\text{n}/\text{cm}^2$ のオーダーであり、機械的特性に影響を与える中性子照射量を下回る。
- ② 耐熱キャップの断熱材に使用するセラミックファイバーについても、中性子照射量は最大で $10^{14}\text{n}/\text{cm}^2$ のオーダーであり、材料の結晶構造に影響を与える中性子照射量を下回る。

以上のことから、輸送容器に使用する材料は、使用予定期間中における中性子照射による経年変化の影響について、技術上の基準に適合していることを確認する上で考慮する必要はない。

(3) 化学変化による経年変化の影響

- ① 輸送容器に使用する炭素鋼、合金鋼及び鋳鋼については、空気に触れる面は

塗装等による防食措置を施すとともに防錆措置については必要に応じ補修を行う。なお、炭素鋼は、六ふつ化ウランに直接接触れるが、触れる面の腐食量は年間約2ミクロン程度であり十分に小さい。

- ② 輸送容器に使用するステンレス鋼は、表面に不動態膜を形成し、腐食しにくい材料である。
- ③ 輸送容器に使用する非鉄合金については、表面に保護被膜を形成し、腐食しにくい材料であること、また、六ふつ化ウランと触れる面の腐食量は年間10ミクロン程度であり十分に小さい。
- ④ 耐熱キャップの断熱材に使用するセラミックファイバーについては、ステンレス鋼で密閉された空間で使用することから、外気と接触することはない。

以上のことから、輸送容器に使用する材料は、使用予定期間中における腐食の発生等の化学変化による経年変化の影響について、技術上の基準に適合していることを確認する上で考慮する必要はない。

(4) 繰り返し荷重による経年変化の影響

炭素鋼を使用しているシリンダ本体の吊金具については、使用予定期間中においてそれぞれ取扱いによる荷重を繰り返し受けること、また、運搬中に予想される内圧が変化することによる荷重を繰り返し受けることから、これらの繰り返し荷重による疲労に対して使用材料に亀裂、破損等の生じるおそれがないことを評価する必要がある。評価の条件においては、繰り返し回数を想定している1回の運搬回数に基づき保守的に設定する。なお、4-2節において技術上の基準に適合していることについて確認した内容を記載する。

規制庁は、申請者が、輸送物の使用予定期間及び想定する使用状況において、輸送物の経年変化による影響の評価対象を輸送容器とし、経年変化の要因である熱、放射線照射、化学変化及び繰り返し荷重による影響を評価した結果、熱、放射線照射及び化学変化については経年変化の考慮は必要ないとしていること、また、繰り返し荷重については経年変化の考慮として、輸送物の取扱いによる荷重及び運搬中に予想される内圧が変化することによる荷重を繰り返し受けることによる影響評価を必要とし、評価事項等の考慮すべき事項の抽出がされていることを確認した。

4-2 第8条の適合性について

① 容易かつ安全な輸送物の取扱い

第8条は、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、取扱い中において、輸送物の吊上げ、吊下しが容易に、かつ、安全に行うことができるようシリンダ本体の補強板に吊金具を設ける設計としている。また、吊金具について、取扱い中に輸送物の最大重量の5倍の重量が加わると想定し、この荷重に対して必要な強度を有する設計としている。さらに、この荷重を使用予定期間中に繰り返し受けることから、上記4-1節のとおり想定している運搬回数よりも保守的に設定した繰り返し回数に対して、疲労による亀裂、破損等の生じるおそれがない設計としている。

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シリンダ本体の補強板に吊金具を設け、専用の吊り具と接続する設計として、吊金具は取扱い中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、及びこの荷重を使用予定期間中に繰り返し受けた場合においても亀裂、破損等の生じるおそれがない設計として、確認したことから、第8条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

第8条は、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がないことを求めている。

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。

周囲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温度の範囲を-40℃から38℃に設定した上で、収納する核燃料物質の崩壊熱量を踏まえ、輸送容器の各部及び収納物の温度を評価した結果、想定される温度の範囲において輸送容器の構成部品（炭素鋼、アルミニウム青銅等）の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対する構成部品に係る熱応力、変形等に対して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、運搬中に予想される周囲温度の変化に対する耐性の評価結果を踏まえ、本体の内圧の変化を想定した荷重に対し48Y

シリンダの構造健全性が確保されるとともに、当該荷重については、使用予定期間中に繰り返し受けることから、上記4-1節のとおり想定している運搬回数よりも保守的に設定した。その繰り返し回数は、疲労評価を行う必要のない範囲であることを確認したことから、亀裂、破損等の生じるおそれはないとしている。

振動等に対する耐性については、輸送物は運搬中において、車両等に固定するとしており、輸送物の最大重量及び運搬中に発生が予想される加速度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、振動により生じる励振力による荷重は、励振力の持つ振動数と輸送物の固有振動数の差が大きいことから輸送物の応答増幅を考慮しても、輸送物の構造健全性が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ついて、保守的な条件を設定し、評価した結果、輸送物の構造健全性が確保されること等を確認したことから、第8条に定める技術上の基準に適合していると判断する。

③ 輸送容器の構成部品の材料相互の間及び材料と収納物との間の危険な物理的作用又は化学反応

第8条は、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が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炭素鋼、アルミニウム青銅等を使用していることから腐食等の発生がなく、また、異なる材料同士の接触及び材料と収納物との接触による亀裂、破損等の生じるおそれのない設計としている。また、セラミックファイバーはステンレス鋼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、申請者が輸送容器の構成部品には化学的に安定した材料を使用し、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がない設計としていることを確認したことから、第8条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

第8条は、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、弁が誤って操作されることのないよう、弁及び閉止栓についてそれぞれ耐熱キャップで覆われる設計としている。

規制庁は、申請者が輸送容器の弁及び閉止栓について、それぞれ耐熱キャップで覆われる設計とし、誤って操作されない措置を講じることを確認したことから、第8条に定める技術上の基準に適合していると判断する。

⑤ 最大線量当量率

第8条は、表面における最大線量当量率が 2mSv/h を超えないこと及び表面から 1m 離れた位置における最大線量当量率が 100 μ Sv/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、六ふつ化ウラン及びその子孫核種がシリンダ内表面に張り付く形で円筒状に存在する等の保守的な条件を設定した上で、六ふつ化ウランが最大重量収納されているとして評価した結果、表面の最大線量当量率は約 0.2mSv/h、表面から 1m 離れた位置における最大線量当量率は約 40 μ Sv/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、保守的な条件を設定し、評価した結果、表面の最大線量当量率が 2mSv/h を超えないとしていること及び表面から 1m 離れた位置における最大線量当量率が 100 μ Sv/h を超えないとしていることを確認したことから、第8条に定める技術上の基準に適合していると判断する。

⑥ その他の措置

第8条は、表面の放射性物質の密度が告示第9条に示す密度（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、表面に不要な突起物がなく、かつ、表面の汚染の

除去が容易であること及び輸送物は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、輸送物の発送前に以下の a. 及び b. を確認するとしている。また、輸送容器について、以下の c. から e. のとおりの設計としている。

- 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ていないこと。
- b. 48Y シリンダ内には六ふつ化ウラン以外の物品が収納されていないこと。
- c. 表面には補強板や耐熱キャップ固定金具以外の突起物を設けない。
- d. 48Y シリンダの表面等は平滑としている。
- e. 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が表面密度限度を超えていないこと、収納物以外のものが収納されていないことについて確認するとしていること、また、輸送物の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な設計としていること等を確認したことから、第 8 条に定める技術上の基準に適合していると判断する。

4-3 第 12 条第 1 項各号及び第 2 項各号の適合性について

(1) 第 12 条第 1 項各号

第 12 条第 1 項第 1 号は、六ふつ化ウラン輸送物について、六ふつ化ウランの容積は、封入又は取出しの時に予想される最高温度において、容器の内容積の 95% を超えないこと、同項第 2 号は通常の運搬状態において、当該六ふつ化ウランが固体状であり、かつ、容器の内部が負圧となるような措置を講じることを求めている。

申請者は、容器は ISO 規格に規定される 48Y シリンダを使用するとしており、当該シリンダは六ふつ化ウランを最大重量収納し、封入時及び取出し時において予想される最高温度を 121℃ と設定した場合に六ふつ化ウランの容積が 48Y シリンダの容積の 95% を超えない仕様であることから、収納時に収納重量を超えないことを確認するとしている。また、運搬中に予想される六ふつ化ウランの最高温度は解析的評価を実施した結果約 54℃ であり、六ふつ化ウランの三重点 (64.1℃) を下回り固体状であること、また、シリンダの内圧は六ふつ化ウランの飽和蒸気圧である約 0.09MPa (絶対圧) となり大気圧を超えないとしている。

規制庁は、申請者が輸送物について、封入時又は取出し時に予想される最高温度

が設定した温度を超えないこと及び封入時に収納する六ふつ化ウランの重量が最大重量を超えないことを確認し、封入時等に予想される最高温度においてシリンダ容積の95%を超えないとしていること並びに運搬中において、六ふつ化ウランは固体であること及び48Yシリンダの内圧は大気圧を下回るとしていることを確認したことから、第12条第1項各号に定める技術上の基準に適合していると判断する。

(2) 第12条第2項各号

第12条第2項第1号は、六ふつ化ウラン輸送物について、告示第29条に定める耐圧試験の条件の下に置くこととした場合に、放射性物質の漏えいがなく、かつ、受け入れない応力が発生しないこと、同項第2号は、告示第30条に定める一般の試験条件の下に置くこととした場合に、放射性物質の漏えいがなく、かつ、弁に損傷のないこと、同項第3号は、告示第31条に定める特別の試験条件の下に置くこととした場合に、密封装置に破損のないこと及び同項第4号は、安全弁、逃がし弁その他の容器の内部の流体の排出による過圧防止効果を有する装置を備えないことを求めている。

申請者は、耐圧試験に置くこととした場合、①のとおり確認するとしている。また、一般の試験条件及び特別の試験条件に置くこととした場合、それぞれ②及び③のとおり確認したとしている。また、48Yシリンダの設計は④のとおりであるとしている。

- ① シリンダ本体製造時に告示に定める耐圧試験及び気密漏えい試験を行い、それぞれシリンダ本体に形状変化が生じないこと並びに弁、閉止栓及びそれらの取付け部に漏えいのないこと。
- ② 輸送物に最大の損傷を及ぼすよう落下の方法等の条件を設定し、解析的評価を実施した結果からシリンダ本体が破損することはなく、弁、閉止栓及びその取付け部が健全性を維持する。
- ③ 輸送物各部の温度の解析的評価の結果からシリンダ本体、弁、閉止栓及びそれらの取付け部は構造健全性及び熱的健全性を維持する。
- ④ 48Yシリンダは安全弁等の過圧防止装置を備えない。

規制庁は、申請者が製造時に耐圧試験を実施し、シリンダ本体及び弁等の構造健全性及び密封性を確認するとしていること、一般及び特別の試験条件におくこととした場合に48Yシリンダが破損することなく、密封性を維持することを確認したと

していること並びに輸送物は過圧防止装置を備えない設計であることを確認したことから、第12条第2項各号に定める技術上の基準に適合していると判断する。

4-4 輸送容器に係る品質管理の方法について

申請者は、輸送容器に係る品質管理の方法として、品質マネジメントシステムによって以下のとおり設計、製造に係る調達及び取扱い・保守を行うとしている。また、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。

- (1) 設計、製造に係る調達及び検査に係る業務に従事する者に対する教育・訓練について、力量のある要員に従事させるための力量の明確化、要員に対する教育・訓練、その実効性評価及びこれらの記録の作成及び管理等を実施するとしている。
- (2) 設計管理について、設計者等の責任と権限の明確化、設計要求事項の明確化、設計の結果が要求事項に対し適合していることの評価等を実施するとしている。
- (3) 輸送容器の製造に係る調達について、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システム要求事項の明確化、輸送容器の検査及び品質監査等による検証を実施するとしている。
- (4) 取扱い・保守について、発送前検査、定期自主検査及び輸送容器の保管等に関する文書を策定し実施するとしている。
- (5) 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、製造に係る調達及び取扱い・保守に関し、業務に従事する要員の教育・訓練等を含めた力量管理を実施すること、設計管理について設計要求の明確化及び設計のレビュー等を実施すること、製造に係る調達について容器製造者への要求事項の明確化、製造に係る検査、検証を実施すること及び取扱い・保守について、それぞれ文書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。