

原子燃料工業株式会社に係る核燃料輸送物設計承認申請 (TNF-XI型) についての審査結果

原規規発第 2204152 号
令和 4 年 4 月 15 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、原子燃料工業株式会社（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 1 月 26 日付け熊原第 21-021 号をもって申請、令和 4 年 3 月 17 日付け熊原第 22-002 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：TNF-XI 型
- (2) 輸送容器の概要

輸送容器は、直方体形状であり、運搬時及び取扱い時ともに縦置き姿勢で保持される。また、外容器（外容器本体及び容器外蓋）、密封装置である内容器（内容器本

体、容器内蓋及びガスカート) 4個、内容器の周りに配置される中性子吸収材、内容器及び外容器の間に充填される耐熱衝撃緩衝材等から構成されている。

(3) 核燃料輸送物の種類：A型輸送物及び核分裂性物質に係る核燃料輸送物

(4) 収納する核燃料物質等（以下「収納物」という。）

○ 収納物 1

- ・各内容器に3個の粉末収納缶を収納
- ・粉末収納缶に収納されるウラン酸化物
(輸送容器に収納されるウラン酸化物量 (^{235}U 濃縮度：5%以下)：最大 284 kg)
- ・ブロッキングシステム¹⁾

○ 収納物 2

- ・1個の内容器のみに1個の長尺収納缶を収納
- ・長尺収納缶に収納されるウラン酸化物
(輸送容器に収納されるウラン酸化物量 (^{235}U 濃縮度：5%以下)：最大 10 kg)

○ 収納物 3

- ・各内容器に3個の粉末収納缶を収納
- ・粉末収納缶に収納されるウラン残渣²⁾
(輸送容器に収納されるウラン残渣：最大 284kg)
[残渣に含まれるウラン量 (^{235}U 濃縮度 5%以下)：最大 20kg]
[残渣に含まれるウラン量 (^{235}U 濃縮度 20%以下)：最大 2kg]
- ・ブロッキングシステム¹⁾

(注1)

1) 輸送容器落下時において内容器本体及び容器内蓋と粉末収納缶の衝突により発生する衝撃力を低減するための措置として、容器内蓋裏面と粉末収納缶上面の距離を減少させることを目的として内容器本体及び容器内蓋と粉末収納缶の隙間に配置される構造体であり、繰り返し使用する。

2) 固体のウラン化合物と金属化合物、 等の混合体である。

(注2)

収納物1のウラン酸化物を収納する粉末収納缶、収納物2のウラン酸化物を収納する長尺収納缶及び収納物3のウラン残渣を収納する粉末収納缶は混載されることはない。また、収納物3において ^{235}U 濃縮度が5%以下と20%以下のウラン化合物を混載する場合には収納されるウラン総量は2kg以下とする。

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A型輸送物及び核分裂性物質に係る核燃料輸送物（以下「核分裂性輸送物」という。）であり、第3条第3項及び第11条において輸送物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ことから、輸送物の経年変化による影響が評価されていること並びに経年変化を考慮した上で第5条各号に定めるA型輸送物に係る技術上の基準及び第11条各号に定める核分裂性輸送物に係る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17条の2において核燃料物質等の運搬に係る品質管理等の措置について求めていることに関して、輸送容器の設計に係る品質管理の方法等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項及び第11条（輸送物の経年変化の考慮）

第3条第3項及び第11条は、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。

申請者は、輸送物の経年変化を考慮するため、輸送容器の使用予定期間を40年とし、使用予定期間中に運搬に使用する回数を最大で■■■回、1回の運搬に要する期間を最大■■■■と想定している。

輸送物のうち、1回の運搬ごとに交換されるエチレンプロピレンゴム製のガスケットを除いた輸送容器構成部品に使用する材料並びに繰り返し使用される収納缶及びブロッキングシステムに使用する材料に関する経年変化の影響について、年間の使用期間を保守的に365日として以下のとおり評価し、経年変化による影響はないとした上で、技術上の基準に適合していることの確認をしたとしている。

- ・輸送容器構成部品、収納缶及びブロッキングシステムに使用するステンレス鋼、ホウ素入りステンレス鋼、フェノリックフォーム、ホウ素入り樹脂及びプラスチックについて、使用予定期間中に受ける累積中性子照射量は $10^{10}\text{n}/\text{cm}^2$ オーダーであるのに対して、ステンレス鋼及びホウ素入りステンレス鋼の機械的特性に影響を与えるおそれがあるとされる照射量は $10^{16}\text{n}/\text{cm}^2$ オーダーであり、フェノリックフォーム、ホウ素入り樹脂及びプラスチックの機械的特性に影響を与えるおそれがあるとされる照射量は $10^{14}\text{n}/\text{cm}^2$ オーダーである。また、中性子吸収機能を有するホウ素入り樹脂及びホウ素入りステンレス鋼について、含有する ^{10}B の使用予定期間中における減損量は全 ^{10}B 量の約 10^{-9} 倍である。以上のことから、これらの材料については、中性子照射による影響はない。
- ・運搬中に想定される輸送容器構成部品、収納缶及びブロッキングシステムの温

度は最大でも約72℃であり、これらに使用するフェノリックフォーム、ホウ素入り樹脂及びプラスチックの使用可能温度であるとともに、ステンレス鋼及びホウ素入りステンレス鋼のクリープ等の考慮が必要ない温度である。このことから、これらの材料については、熱による影響はない。

- ・輸送容器構成部品、収納缶及びブロッキングシステムのうち、空気に触れる部分に使用するステンレス鋼は、表面に形成される不動態膜により腐食が進行し難い材料であるうえ、外観検査等の結果、必要に応じて補修を行う。また、容器外蓋の内部及び内容器の底面に配置するホウ素入りステンレス鋼については、日光や雨水に晒されることはないうえ、表面に形成される不動態膜により腐食は進行し難い材料である。さらに、ステンレス鋼により密閉された状態で使用するフェノリックフォーム及びホウ素入り樹脂については、外気との接触はなく、水分や紫外線等の影響は受けなため、加水分解や紫外線による分解は生じない。このほか、内容器内で使用するプラスチックについては、日光や雨水に晒されることはなく、加水分解や紫外線による分解は生じないことに加えて、発送前の検査で異常のないことを確認する。以上のことから、これらの材料については、化学変化による影響はない。
- ・内容器本体及び容器内蓋に使用するステンレス鋼には、輸送容器の使用期間中において温度変化に伴い発生する繰り返し負荷が加わるため、これらの負荷荷重に対する許容繰り返し回数を求めた結果、許容繰り返し回数は想定される通算の使用回数を十分に上回る。このことから、当該ステンレス鋼については、繰り返し荷重による影響はない。

規制庁は、申請者が、輸送物の使用予定年数及び想定する使用状況において、輸送物の経年変化の影響について評価する対象は輸送容器及び繰り返し使用される収納物の構成部品であるとし、経年変化の要因である放射線照射、熱、化学変化及び繰り返し荷重による影響を評価した結果、経年変化による影響はないとした上で、技術上の基準に適合していることの確認をしたとしていることから、第3条第3項及び第11条に定める技術上の基準に適合していると判断する。

4-2 第5条各号及び第11条第3号の適合性について

(1) 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

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、輸送物に吊上げ用の金物等を設けない設計としているが、取扱い中において、吊りワイヤやフォークリフト等の汎用機器を用いて吊上げ、吊り下し、移動等が容易に、かつ、安全に行えるよう輸送容器の外容器の底部に設けた脚を、吊りワイヤ等の外れ等を防止するガイドとして使用できる設計としている。

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外容器に設けた脚を吊りワイヤ等の外れ等を防止するガイドとして使用できる設計としていることを確認したことから、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

第5条第1号は、輸送物は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、同条第4号は、構成部品は、 -40°C から 70°C 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。）及び同条第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、第11条第3号は、 -40°C から 38°C までの周囲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°C から 38°C 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、ホウ素入りステンレス鋼、フェノリックフォーム及びホウ素入り樹脂）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温度の変化に対する耐性の評価結果を踏まえ、輸送物の内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内容器本体及び容器内蓋の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、内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内容器本体及び容器内蓋の構造健全性が確保され、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は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域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としていること等を確認したことから、第5条第1号、第4号及び第5号並びに第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

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並びに収納物である収納缶及びブロッキングシステムには化学的に安定したステンレス鋼等を使用していること並びに核燃料物質であるウラン酸化物等は収納缶に収納される設計であることから、材料相互及び材料と核燃料物質等の接触による亀裂、破損等はなく、腐食等の発生がない設計としている。また、断熱衝撃吸収体に用いるフェノリックフォーム、中性子吸収材に用いるホウ素入り樹脂、ガasketに用いるエチレンプロプレングム及びブロッキングシステムに用いるプラスチックは、接触するステンレス鋼と化学反応が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が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、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

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、輸送容器には弁を設けない設計であるとしている。

規制庁は、申請者が輸送容器に弁を設けない設計としており、第5条第1号に定める弁の誤操作防止措置を要しないことを確認した。

(2) 第5条第7号及び第8号

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、収納物の最大ウラン量を超える約300kgのウラン酸化物が4つの内容器に分割してそれぞれ75kg収納されているとし、ウラン同位体の崩壊を考慮した上で、粉末収納缶やブロッキングシステムの存在を無視し、ウラン酸化物のみが内容器に収納されているとする保守的な条件を設定し評価した結果、輸送容器表面（以下、単に「表面」という。）の最大線量当量率は約 3×10^{-2} 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3 μ Sv/hであるとしている。

規制庁は、申請者の最大線量当量率の評価について、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を超えないことを確認したことから、第5条第7号及び第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) 第5条第9号

第5条第9号は、輸送物について、告示第13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) 放射性物質の漏洩がないこと
- 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。

① 放射性物質の漏えい（上記のa)）

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設定し、実物大の試験用容器を用いた落下試験の結果、密封装置である内容器の健全性は確保されることを確認したことから、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について、密封装置である内容器の健全性が確保され放射性物質の漏えいはないとしていることを確認したことから、第5条第9号に定める技術上の基準に適合していると判断する。

② 最大線量当量率（上記の b）

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設定し、実物大の試験用容器を用いた落下試験を実施した結果に基づき、外容器の変形を考慮した上で、内容器の中には粉末収納缶やブロッキングシステムが存在しない状態で、ウラン酸化物のみが収納されているとする保守的な条件を設定し、表面の最大線量当量率の評価を行った結果、通常時から著しい増加はなく約 $3 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$ であるとしている。

規制庁は、申請者が輸送物の表面の最大線量当量率について、一般の試験条件の下に置いた輸送物の変形を考慮した上で、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通常時に比べて著しく増加することはないと 2mSv/h を超えないとしていることを確認したことから、第 5 条第 9 号に定める技術上の基準に適合していると判断する。

（4）第 5 条第 1 号、第 2 号及び第 3 号

第 5 条第 1 号は、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、同条第 2 号は、輸送物は外接する直方体の各辺が 10cm 以上であること及び同条第 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) 容器外蓋を外容器本体に取付けた後に封印すること。
- d) 表面には外容器の脚以外の突起物を設けない。
- e) 外容器の表面等は平滑としている。
- f) 輸送容器の各辺とも 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、封印の設置等について確認するとしていること、また、輸送物は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等を確認したことから、第 5 条第 1 号、第 2 号及び第 3

号に定める技術上の基準に適合していると判断する。

4-3 第11条第1号及び第2号の適合性について

(1) 第11条第1号

第11条第1号は、核分裂性輸送物について、告示第24条に定める核分裂性輸送物に係る一般の試験条件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設定し、実物大の試験用容器を用いた落下試験を実施した結果、輸送容器に生じる変形は外容器に限られ、一辺が10cmの立方体を包含するようなくぼみが生じることはなく、また、輸送物に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の下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が生じるような変形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以上であるとしていることを確認したことから、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) 第11条第2号

第11条第2号は、核燃料輸送物は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。

- a) 告示第25条に定める孤立系の条件の下に置くこととした場合
- b) 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
- c) 告示第26条に定める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孤立系の条件の下に置くこととした場合
- d) 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、告示第27条に定める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（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

- e) 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、上記 a)～e)のうち臨界評価上最も厳しい条件を定めるため、配列系(上記の d)と e))について、孤立系(上記の a)、b)、c))の評価条件を包含するような輸送物への水の浸入を考慮し、中性子実効増倍率を比較した結果、e)における中性子実効増倍率が大きくなることを確認した上で、臨界評価上厳しい結果を与えるよう各収納物の最大収納量以上のウラン酸化物やウラン化合物が収納され、内容器の中に配置されるブロッキングシステムの中性子の反射効果等が高くなるように水素密度が高い水に置き換える等を条件として評価を行った結果、中性子実効増倍率の最大値は約0.95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、申請者が第11条第2号に掲げる要件を包含した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、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。

4-4 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。なお、品質マネジメントシステムの要求事項は品質保証計画書として文書化したとしている。

- ・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、その有効性評価及びこれらの記録の維持等を実施するとしている。
- ・設計管理について、設計要求事項の明確化、要求事項の適切性のレビュー、設計の結果における要求事項の反映確認、第三者による設計の検証及び設計変更におけるレビュー、検証等を実施するとしている。
- ・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。

- ・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作業マニュアルを策定し実施している。
- ・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している。

規制庁は、申請者における輸送物に係る設計、輸送容器の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に対する教育・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調達要求事項の明確化、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、それぞれマニュアル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。