

九州電力株式会社の核燃料輸送物設計変更承認申請 (MSF-21P型) についての審査結果

原規規発第 2402011 号
令和 6 年 2 月 1 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、九州電力株式会社（以下「申請者」という。）の核燃料輸送物設計変更承認申請書（令和 5 年 8 月 31 日付け原発本第 89 号をもって申請、令和 5 年 12 月 22 日付け原発本第 197 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、本申請に係る輸送容器（以下「輸送容器」という。）の設計及び核燃料輸送物（以下「輸送物」という。）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、令和 2 年 12 月 23 日付け原規規発第 20122313 号をもって承認された核燃料輸送物設計承認申請書（以下「既に承認された申請書」という。）に関し、令和 3 年 1 月 1 日施行の規則改正を踏まえ、輸送物の経年変化を考慮したものであることについて、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、承認を求めるものである。輸送物の概要等は以下のとおり。なお、輸送容器及び収納する核燃料物質等（以下「収納物」という。）については、既に承認された申請書の内容から変更はない。

(1) 輸送物の名称

MSF-21P型

(2) 輸送容器

輸送容器は、円筒形状であり運搬中は輸送架台において水平状態に保持され、取扱い中は水平状態又は垂直状態に保持される。また、遮蔽及び密封機能を担う輸送容器本体（容器本体、一次蓋、二次蓋、三次蓋、金属ガスケット及びOリング）、収納物を健全に保持するためのバスケット並びに落下時等の衝撃を吸収するため容器本体の上部及び下部に装着される緩衝体で構成される。

(3) 収納物

○加圧水型軽水炉の使用済燃料集合体

①17×17燃料（最大21体）※¹

- a. 1体のウラン量：■■■kg以下
- b. 1体の放射エネルギー：■■■■PBq以下
- c. 冷却日数：■■■日以上

②14×14燃料（最大21体）※¹

- a. 1体のウラン量：■■■kg以下
- b. 1体の放射エネルギー：■■■■PBq以下
- c. 冷却日数：■■■日以上

※¹：燃焼度に応じて収納位置が制限される。また、バーナブルポイズン集合体を挿入した燃料集合体を収納する場合の収納位置は中央部に制限される。17×17燃料と14×14燃料は同一容器に収納されない。

(4) 核燃料輸送物の種類

BM型輸送物及び核分裂性物質に係る核燃料輸送物

(5) 核燃料輸送物設計承認番号

J/2034/B(M)F-96

3. 審査の方針

本申請の内容が、既に承認された申請書に対し、輸送物の経年変化の考慮を追加したものであることから、本審査では、第3条第3項及び第11条の規定に基づき、輸送容器に使用する材料について使用予定期間における経年変化を考慮した上で、第6条に定めるBM型輸送物に係る技術上の基準及び第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ことを確認することとした。また、第17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項及び第11条

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するものであることを求めている。本節では、経年変化の考慮の必要性の有無に係る評価について確認した内容を記載する。その上で、4-2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、輸送物について、経年変化の要因を熱、放射線、化学変化及び繰り返し荷重であるとし、使用予定期間である60年の間に継続して熱、放射線及び化学変化の影響を受ける環境にあるとした上で、通算10回の運搬に伴う繰り返し荷重（三次蓋及び三次蓋ボルトについては計80回）を受けることから、以下のとおり経年変化の考慮の必要性及び考慮すべき事項を抽出したとしている。なお、三次蓋のOリングについては、1回の運搬ごとに交換するため評価の対象としないとしている。

(1) 熱による経年変化の影響

- ① 輸送容器の各構造部（胴・蓋・ボルト・伝熱フィン等）に使用する炭素鋼、ステンレス鋼、ニッケルクロムモリブデン鋼、銅等については、使用予定期間中に想定される最高温度は解析的評価から約140℃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。なお、燃料集合体の燃料被覆管（以下「燃料被覆管」という。）に使用するジルカロイについては、使用予定期間中に想定される最高温度及び周方向発生応力は解析的評価から、17×17燃料はそれぞれ206℃及び93MPa、14×14燃料はそれぞれ192℃及び84MPaであり、水素化物再配向等の機械的特性が変化する温度及び応力を下回る。
- ② 緩衝材に使用する木材については、運搬中に予想される最高温度は解析的評価から100℃を超えることが予想されるが、これまでの使用済燃料輸送時における輸送物の温度測定実績に基づき、緩衝材の温度は解析的評価から最大でも約70℃であること及び使用済燃料輸送に使用した輸送容器の緩衝材に使用した木材の圧潰強度試験結果は製造時の強度との差異がないことから、これまでの実績に基づく温度範囲で使用するのであれば熱による影響が生じるおそれはないと考えられる。なお、当該評価は、木材の熱による経年変化に係る知見が少ないことから、これまでの輸送実績に基づくものであることを踏まえ、運搬の都度、緩衝材の温度が実績に基づく温度の範囲内であることを確認した上で使用する。

- ③ 中性子遮蔽材に使用するレジンについては、使用予定期間中に想定される最高温度は解析的評価から約 140℃であり、使用予定期間を通して同温度環境下で使用した場合には水分の遊離により約 2%の質量減損が生じると想定されるため、第 6 条第 1 号、第 2 号及び第 3 号に定める最大線量当量率に係る技術上の基準に対する適合性を評価する上で、当該減損量を保守的に 2.5%としている。
- ④ バスケットに使用するアルミニウム合金については、使用予定期間中に想定される最高温度は解析的評価から約 180℃であり、使用予定期間を通して同温度環境下で使用した場合に経年変化により強度低下が生じることが想定される。この強度低下については、輸送物を告示第 1 4 条に定める BM 型輸送物に係る一般の試験条件、告示第 1 6 条に定める BM 型輸送物に係る特別の試験条件、告示第 2 4 条に定める核分裂性輸送物に係る一般の試験条件及び告示第 2 6 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くこととした場合にもバスケットが構造健全性を維持することを確認する上で、最高温度である貯蔵開始時の温度が 60 年間継続することによるアルミニウム合金の強度低下を考慮しており、使用予定期間中に想定されるバスケットの強度低下を考慮してもバスケットが構造健全性を維持し、バスケット格子寸法が変化しないことを確認している。
- ⑤ 金属ガスケットに使用するアルミニウム／ニッケル基合金については、使用予定期間中に想定される最高温度は解析的評価から約 110℃であり、使用予定期間を通して同温度環境下で使用した場合にはリラクゼーションが生じ、落下等により金属ガスケットを配置したシール部の密封性能の低下により容器本体内部へ約 2L の水が浸入することが想定されるため、第 1 1 条第 2 号に定める輸送物が臨界に達しないことに係る技術上の基準に対する適合性を評価する上で、当該浸入量を保守的に 5L としている。

以上のことから、輸送容器に使用する金属材料及び木材については、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。ただし、レジン及びアルミニウム／ニッケル基合金については、使用予定期間中に想定される水分の遊離に伴う質量減損及び水の浸入量を考慮する必要がある。

(2) 放射線による経年変化の影響

- ① 輸送容器に使用する炭素鋼、ステンレス鋼、アルミニウム合金、ニッケル

ロムモリブデン鋼、銅、アルミニウム／ニッケル基合金及び木材並びに燃料被覆管に使用するジルカロイについては、使用予定期間中に受ける中性子照射量は最大で 10^{15}n/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 中性子吸収材に使用するほう素添加アルミニウム合金については、使用予定期間中における中性子吸収材に含まれるほう素の減損割合は 10^{-5} 程度であり、無視し得るほど小さい。
- ③ 中性子遮蔽材に使用するレジンについては、使用予定期間中に受ける中性子照射量は最大で 10^{14}n/cm^2 のオーダーであり、著しい質量減損が生じるおそれのある中性子照射量を下回る。

以上のことから、輸送物に使用する材料は、使用予定期間中における放射線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 輸送容器の大気に触れる外部部分に使用するステンレス鋼については、不動態被膜を表面に形成し腐食しにくい材料である。炭素鋼及びニッケルクロムモリブデン鋼については、塗装等の防錆措置を施し、必要に応じ補修する。
- ② 容器本体の内部で使用する炭素鋼、ステンレス鋼、アルミニウム／ニッケル基合金及びニッケルクロムモリブデン鋼等については、ヘリウムガスで周辺の不活性雰囲気は維持される構造になっている。
- ③ 中性子遮蔽材に使用するレジン、伝熱フィンに使用する銅及び緩衝材に使用する木材については、酸素が連続的に供給される環境にない。

以上のことから、輸送物に使用する材料は、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

ステンレス鋼を使用している輸送容器のトラニオンについては、使用予定期間中において取扱いによる荷重を繰り返し受ける。ステンレス鋼及びニッケルクロムモリブデン鋼を使用している輸送容器の三次蓋及び三次蓋ボルトについては、運搬中に内圧変化による荷重を繰り返し受ける。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、破損等が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、当該期間中における通算 10 回の運搬に伴う繰り返し荷重（三次蓋及び三次蓋ボルトについては計 80 回）による負荷よりも保守的に設定している。

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及び収納物とした上で、経年変化の要因である熱、放射線、化学変化及び繰り返し荷重による影響を評価した結果、放射線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、一方、熱及び繰り返し荷重については経年変化の考慮を必要とし、考慮すべき評価条件の抽出が行われていることを確認した。これらを踏まえ、4-2 及び 4-3 節で技術上の基準に適合していることに対して確認した内容を記載する。

4-2 第 6 条第 1 号から第 4 号及び第 11 条第 3 号

(1) 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 6 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、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、同条第 4 号は、運搬中に予想される最も低い温度から 38℃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、第 11 条第 3 号は、-40℃から 38℃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（ただし、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、取扱い中にトラニオンに負荷される荷重並びに運搬中に三次蓋及び三次蓋ボルトに負荷される荷重の繰り返し回数について、上記 4-1 節のとおり保守的に設定した場合の疲労評価において、亀裂、破損等の生じるおそれがないことを確認したとしている。

規制庁は、申請者が取扱い中や運搬中にトラニオンや三次蓋等に負荷される荷重の繰り返し回数について、想定している運搬回数よりも保守的に設定した回数としても、亀裂、破損等の生じるおそれがないことを確認したことから、第 6 条第 1 号、同条第 4 号及び第 11 条第 3 号の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

第6条第1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、同条第2号は、輸送物について、告示第14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を超えないこと並びに同条第3号は、輸送物について、告示第16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表面から1m離れた位置における最大線量当量率が10mSv/hを超えないことを求めている。

申請者は、既に承認された申請書の線量当量率の評価において、上記4-1節のとおりレジンの質量減損を保守的に想定した上で、表面及び表面から1m離れた位置における最大線量当量率が基準値を超えないことを確認したとしている。

規制庁は、申請者が中性子遮蔽材の質量減損を考慮しても表面及び表面から1m離れた位置における最大線量当量率が基準値を超えないことを確認したとしていることから、第6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2号

第11条第2号は、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。）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。

- ・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
- ・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いたものを孤立系の条件の下に置くこととした場合
- ・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
- ・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

- ・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、既に承認された申請書の臨界評価において、上記 4-1 節のとおりバスケット格子の寸法が変化しないことを確認した上で、密封性能の低下による水の浸入量を保守的に 5L としても臨界に達しないことを確認したとしている。

規制庁は、申請者が密封性能の低下による水の浸入量等を考慮しても臨界に達しないことを確認したとしていることから、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等（設計に係るものに限る。）に関する説明書を追加しているが、既に承認された申請書における品質マネジメントの基本方針に対し、品質管理の方法自体に変更はないとしている。

規制庁は、申請者が輸送容器に係る品質管理の方法について既に承認された申請書から品質管理の方法自体に変更はないことを確認した。