



資料1

核燃料輸送物設計承認申請(熊原第21-021号)の概要 について (TNF-XI型)

2022年02月7日
原子燃料工業株式会社



- 1.本申請の背景
- 2.核燃料輸送物の概要について
- 3.本申請に係る設計の主なポイントについて
- 4.別紙1 設計①及び設計②と本申請書との比較
- 5.技術基準適合性評価における経年変化による影響について

本申請の背景



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

- ・TNF-XI型輸送物は、以下の2つの設計承認番号が存在し、輸送容器の構造は同一であるものの、収納物が異なる。

 - ウラン酸化物を収納するJ/2006/AF-96(Rev.5) (以下、設計①と称す)

 - ウラン残渣を収納するJ/2021/AF-96 (以下、設計②と称す)

- ・本申請は、設計①と設計②を統合して一つの申請書とした上で、収納物に係る設計の一部見直しおよび法令改正の内容を反映したものである。

核燃料輸送物の概要について



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

□ 輸送容器の概要

◆ 輸送物の使用目的：

軽水炉向け燃料等のウラン酸化物（粉末、焼結体又はスクラップ）、及びウラン残渣の国内及び国際輸送に使用することを目的とする。

◆ 輸送容器の名称：

TNF-XI型

◆ 輸送物の種類：

A型核分裂性輸送物

本申請に係る設計の主なポイントについて 【1/5】



1. 収納物について

- ・本申請における収納物は、設計①と設計②両方の収納物を含む、下記の3ケースである。
- ・ケース1とケース3については、内容器に収納する粉末収納缶の、可動範囲を制限するために、ステンレス鋼製のスペーサ、プラスチック製のスペーサおよびセンタリングシステムで構成するブロッキングシステムを新たに採用する。

ケース1：粉末収納缶を使用しウラン酸化物を収納するケース(設計①)
+ ブロッキングシステム

ケース2：長尺粉末収納缶を使用しウラン酸化物を収納するケース(設計①)

ケース3：粉末収納缶を使用しウラン残渣を収納するケース(設計②)
+ ブロッキングシステム

本申請に係る設計の主なポイントについて 【2/5】



2. ケース2の⁹⁹Tc濃度制限値について

- ・ケース2の⁹⁹Tc濃度制限値を0.05μg/gUに設定

- ・安全解析上のポイント

遮蔽評価

本申請では、下表の通り、ケース2の⁹⁹Tc濃度制限値は設計①とは異なり、0.05μg/gUとしているが、遮蔽評価においては、設計①と同様にケース1が最も線源強度が強い条件で代表ケースとなることから、ケース1で遮蔽評価を行った結果、設計①と同様に、本核燃料輸送物について、通常時および一般の試験条件下に置いたときの表面および表面から1mの位置における最大線量当量率は基準を満足することを確認した。

設計	⁹⁹ Tc濃度制限値(単位: μg/gU)			遮蔽評価の代表ケース
	ケース1	ケース2	ケース3	
設計①	0.01	0.01	—	ケース1
設計②	—	—	0.01 or 0.04 (濃縮度により制限値が変わる)	ケース3
本申請	0.01	0.05	同上	ケース1

本申請に係る設計の主なポイントについて 【3/5】



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

2. ケース2の ^{99}Tc 濃度制限値について

・安全解析上のポイント

臨界評価

本申請においては、ケース1, ケース2およびケース3の全ケースで臨界評価を行っている。

^{235}U 以外のU同位体および ^{99}Tc は、 ^{238}U より中性子吸収断面積が大きいため、全ケースの臨界評価において、保守的に ^{235}U 以外のU同位体および ^{99}Tc はすべて ^{238}U であるとして解析を行っている。

したがって、ケース2において ^{99}Tc の濃度制限値が設計①と相違しても、技術基準に適合していることの説明に影響はない。

本申請に係る設計の主なポイントについて 【4/5】



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

3. ブロッキングシステムの採用について

- ・具体的な設計

ケース1とケース3の収納物として、粉末収納缶を収納する上で、当該収納缶の可動範囲を制限するために、ブロッキングシステムを採用する。

- ・安全解析上のポイント

輸送物最大重量

本輸送物の最大重量が、設計①及び設計②と同じになるように、ウラン酸化物ならびにウラン残渣の最大収納量を決定。

臨界評価

臨界評価において、内容器内に設置するスペーサー等のブロッキングシステム部分について、水素密度の高い水に置き換える臨界評価上厳しい条件設定を行った上で、解析を行った結果、規則で定める5つの条件において、臨界に至らないことを確認。

本申請に係る設計の主なポイントについて 【5/5】



4.核燃料輸送物の経年変化の考慮

・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及び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の改正内容(令和3年1月1日施行分まで)の反映を行うため、使用期間中に想定される使用状況及びそれに伴う経年変化の評価を行い、その結果を別紙1(安全解析書)における(口)章-F「核燃料輸送物の経年変化の考慮」に記載した。

・経年変化を生じさせる要因(熱、放射線、化学変化、疲労)について、本輸送容器の主要部材への影響を評価した結果、技術上の基準への適合性の評価において、経年変化による影響はないことを確認した。

別紙1 設計①及び設計②と本申請書との比較【1/2】



<p>章番号 (本申請書別紙1)</p>	<p>設計①及び設計②との比較</p>
<p>(イ)章全般</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ケース1、ケース3を対象に、ブロッキングシステムを採用。 ・ブロッキングシステムの採用を考慮し、ケース1、ケース3の収納物重量、ケース1の放射エネルギーを設計。 ・ケース2の⁹⁹Tc濃度制限値を0.05μg/gUに設定。
<p>(ロ)-A A.2</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ブロッキングシステムの採用を考慮し、収納物及び重量を設計。
<p>(ロ)-A A.4.1</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ブロッキングシステムを異種材料一覧に反映。
<p>(ロ)-A A.5.1.2</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ブロッキングシステム採用の影響を考慮し、熱膨張の評価を見直し。
<p>(ロ)-A A.5.1.3.4</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・繰り返し応力の評価を新しく実施。
<p>(ロ)-A A.8</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ケース1、ケース3を対象に、ブロッキングシステムを採用。 ・ブロッキングシステムの採用を考慮し、ケース1、ケース3の収納物重量、ケース1の放射エネルギーを設計。 ・ケース2の⁹⁹Tc濃度制限値を0.05μg/gUに設定。

別紙1 設計①及び設計②と本申請書との比較【2/2】



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

章番号 (本申請書別紙1)	設計①及び設計②との比較
(口)-B 全般	・特に相違なし
(口)-C 全般	・特に相違なし
(口)-D 全般	・遮蔽評価はケース1を代表ケースとして実施。
(口)-E 全般	・ケース1、ケース2及びケース3について、それぞれ臨界評価結果を記載。
(口)-F 全般	・「(口)F 核燃料輸送物の経年変化の考慮」を新規作成。
(口)-G 全般	・ケース1、ケース2及びケース3いずれを収納した場合においても、技術基準に適合していることが理解できるように記載を修正。
(ハ)章 全般	<ul style="list-style-type: none"> ・ケース1、ケース3を対象に、ブロッキングシステムを採用。 ・ケース2の⁹⁹Tc濃度制限値を0.05μg/gUに設定。

技術基準適合性評価における経年変化による影響について



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

経年変化は約40年の使用期間を想定し、年間で運搬する期間を保守的に365日と仮定する。また経年変化の要因として、容器保管中・使用中における温度変化、収納物から発生する放射線、腐食等の化学変化及び繰り返し応力が生じることによる疲労を考慮する。これら4点の要因について、輸送容器の安全機能を担う部品に使用される以下の4つの主要部材を対象に評価を行う。

主要部材	使用箇所
ステンレス鋼	構造部材
フェリックフォーム	耐熱衝撃吸収材
BORALレジン	中性子吸収材
ボロン入りステンレス鋼	中性子吸収材

技術基準適合性評価における経年変化による影響について(ステンレス鋼)



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

構成材料	経年変化要因	経年変化の評価
ステンレス鋼	熱	使用期間中にさらされる温度では、組織変化、クリープ、割れ等の経年変化の影響は受けない。以上のことから輸送物が規則に定める技術基準に適合していることへの影響はない。
	放射線	使用期間における中性子の累積照射量は、材料強度に影響を与えるとされる中性子照射量(10^{16} n/cm ²)と比較して十分に小さく、放射線照射による経年変化の影響は受けない。以上のことから輸送物が規則に定める技術基準に適合していることへの影響はない。
	化学変化	ステンレス鋼は表面に不動態膜を形成することから腐食は発生しにくく、輸送容器の保管・輸送での環境下では日光や雨に直接さらされることは殆どない。外面の腐食については、発送前検査及び定期自主検査による確認が可能であり、確認された場合には補修される。以上のことから輸送物が規則に定める技術基準に適合していることへの影響はない。
	疲労	使用期間中に想定される最大応力から求めた許容繰返し回数と比較すると、使用期間中に想定される応力の繰返し回数(14600回)は十分小さい。そのため、疲労による経年変化の影響は受けない。以上のことから輸送物が規則に定める技術基準に適合していることへの影響はない。

技術基準適合性評価における経年変化による影響について(フェニリックフォーム)



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

構成材料	経年変化要因	経年変化の評価
フェニリックフォーム	熱	使用期間中にさらされる温度は、熱重量分析で確認された顕著な重量変化が生じる温度(90℃)と比較し十分に低い。また、輸送容器構造材に密閉されているため、熱による経年変化を促進させる外気・水分との接触がない。よって熱による経年変化の影響は受けない。以上のことから輸送物が規則に定める技術基準に適合していることへの影響はない。
	放射線	使用期間における中性子及びガンマ線の累積照射量は、材料強度に影響を与えるとされる中性子照射量(10^{14} n/cm ²)及びガンマ線照射量(10^4 Gy)と比較して十分に小さいことから、放射線照射による経年変化の影響は受けない。以上のことから輸送物が規則に定める技術基準に適合していることへの影響はない。
	化学変化	フェニリックフォームは輸送容器構造材に密閉され外気との接触はなく、加水分解や紫外線による分解は発生しない。よって化学変化による経年変化の影響は受けない。以上のことから輸送物が規則に定める技術基準に適合していることへの影響はない。
	疲労	当部材の使用箇所には、内外圧力差や取扱いに起因する応力は生じないため、疲労による経年変化を考慮する必要はない。以上のことから輸送物が規則に定める技術基準に適合していることへの影響はない。

技術基準適合性評価における経年変化による影響について(BORALレジン)



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

構成材料	経年変化要因	経年変化の評価
BORALレジン	熱	使用期間中にさらされる温度は、熱重量分析で確認された顕著な重量変化が生じる温度(150℃)と比較し十分に低い。また、輸送容器構造材に密閉されているため、熱による経年変化を促進させる外気・水分との接触がない。よって熱による経年変化の影響は受けない。以上のことから輸送物が規則に定める技術基準に適合していることへの影響はない。
	放射線	使用期間における中性子及びガンマ線の累積照射量は、材料強度に影響を与えるとされる中性子照射量(10^{14} n/cm ²)及びガンマ線照射量(10 ⁴ Gy)と比較し十分に小さい。また中性子照射による ¹⁰ Bの減損率は極めて小さい。よって、放射線照射による経年変化の影響は受けない。以上のことから輸送物が規則に定める技術基準に適合していることへの影響はない。
	化学変化	BORALレジンに輸送容器構造材に密閉され外気との接触はなく、加水分解や紫外線による分解は発生しない。よって化学変化による経年変化の影響は受けない。以上のことから輸送物が規則に定める技術基準に適合していることへの影響はない。
	疲労	当部材の使用箇所には、内外圧力差や取扱いに起因する応力は生じないため、疲労による経年変化を考慮する必要はない。以上のことから輸送物が規則に定める技術基準に適合していることへの影響はない。

技術基準適合性評価における経年変化による影響について(ボロン入りステンレス鋼)



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

構成材料	経年変化要因	経年変化の評価
ボロン入りステンレス鋼	熱	ステンレス鋼同様に使用期間中にさらされる温度では、組織変化、クリープ、割れ等の経年変化の影響は受けない。以上のことから輸送物が規則に定める技術基準に適合していることへの影響はない。
	放射線	基本的な性質はステンレス鋼と変わらないため、使用期間における中性子の累積照射量は、材料強度に影響を与えるとされる中性子照射量(10 ¹⁶ n/cm ²)と比較し十分に小さい。また、中性子照射による ¹⁰ Bの減損率は極めて小さい。よって、放射線照射による経年変化の影響は受けない。以上のことから輸送物が規則に定める技術基準に適合していることへの影響はない。
	化学変化	ステンレス鋼は表面に不動態膜を形成することから腐食は発生しにくく、ボロン入りステンレス鋼は外蓋の内部、内容器の底面に使用され、日光や雨に直接さらされることはないため、腐食等による経年変化の影響は受けない。以上のことから輸送物が規則に定める技術基準に適合していることへの影響はない。
	疲労	当部材の使用箇所には、内外圧力差や取扱いに起因する応力は生じないため、疲労による経年変化を考慮する必要はない。以上のことから輸送物が規則に定める技術基準に適合していることへの影響はない。