



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15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

1.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。

・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。
なお、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、内蓋と粉末缶の間のギャップを減らし、落下時における粉末缶と内蓋の衝突により内蓋にかかる衝撃力を低減することを目的に、ブロッキングシステムを採用する。

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

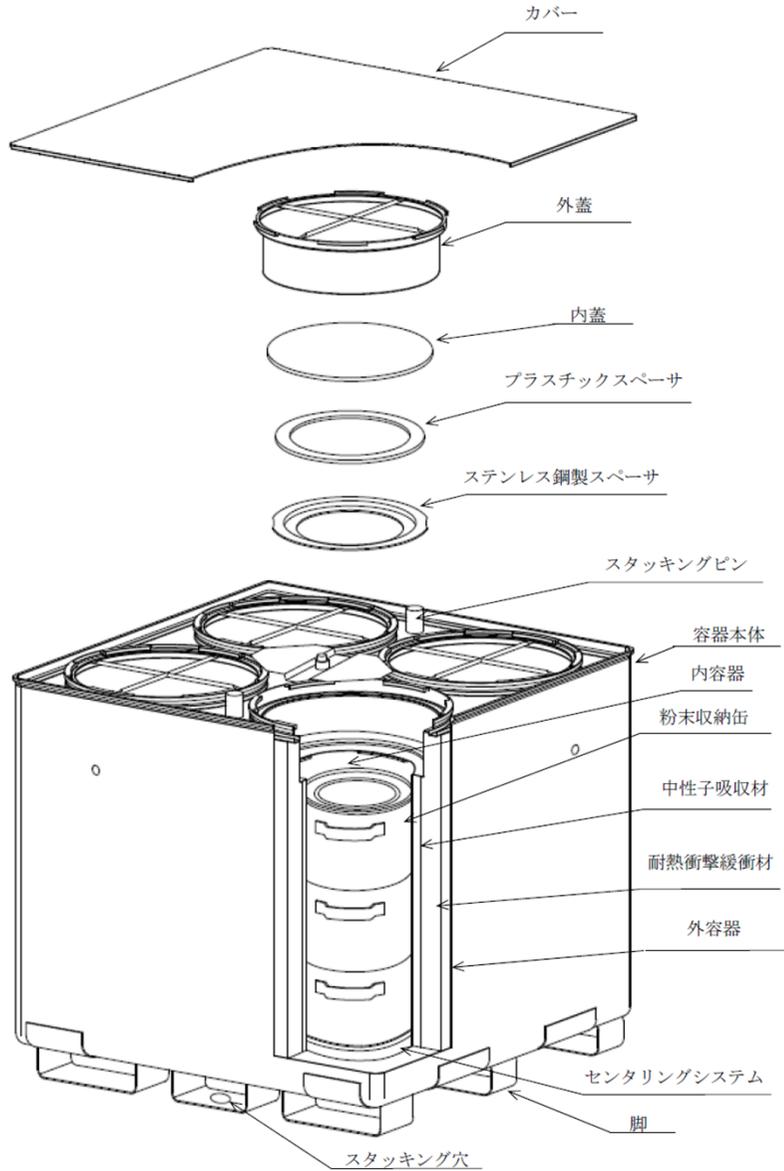
2.核燃料輸送物の概要について



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

□ TNF-XI型輸送物の主な仕様は以下の通り

輸送物の名称	TNF-XI型
外形寸法	長さ 約1.10m 幅 約1.10m 高さ 約1.04m
輸送容器の重量	660kg以下
輸送物の重量	1,050kg以下
核燃料輸送物の種類	A型核燃料輸送物
材質	
外容器	ステンレス鋼
内容器	ステンレス鋼
耐熱衝撃緩衝材	フェリックフォーム
中性子吸収材	ボロン入りレジン (BORALレジン)
//	ボロン入りステンレス鋼
外蓋外殻	ステンレス鋼
内蓋	ステンレス鋼
ガスケット	エチレン・プロピレンゴム



TNF-XI型輸送物の例

2.核燃料輸送物の概要について



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

□ TNF-XI型輸送物の収納物について

TNF-XI型輸送物に収納物の主な仕様は以下の通り

	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	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	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
種類	ウラン酸化物及び添加物	ウラン酸化物及び添加物	ウラン酸化物、ウラン化合物 (UO ₂ (NO ₃) ₂ 、 Na ₂ U ₂ O ₇ , Na ₂ U ₄ O ₉ , (NH ₄) ₂ U ₂ O ₇) 及びその他含有物 (各種金属酸化物等)
性状	固体 (粉末、焼結体又はスクラップ)	固体 (粉末、焼結体又はスクラップ)	固体 (粉末、焼結体又はスクラップ)
重量	ウラン酸化物および添加物の 合計重量： 284kg以下	ウラン酸化物重量： 10kg以下	ウラン重量： 5kg以下(濃縮度5%以下) 0.5kg以下(濃縮度20%以下) ウラン酸化物、ウラン化合物、その他含有物の 合計重量： 284kg以下
輸送物 重量	1,050kg以下	693kg以下	1,050kg以下
濃縮度	5.0%以下	5.0%以下	20%以下
燃焼度,発熱量, 冷却日数	該当しない (未照射ウラン)	該当しない (未照射ウラン)	該当しない (未照射ウラン)
粉末収納缶	粉末収納缶 (内容器あたり3缶)	長尺粉末缶(内容器あたり1缶、 高さは粉末収納缶3缶分)	粉末収納缶(内容器あたり3缶)
ブッキングシステム	有り	無し	有り

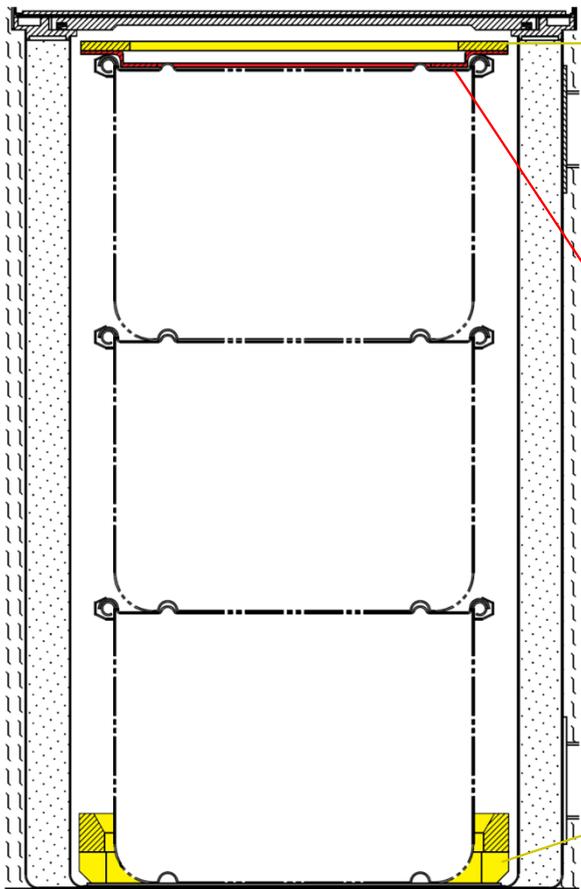
3.本申請に係る設計の主なポイントについて 【1/11】



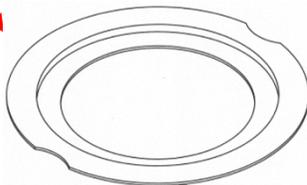
3.1 ブロッキングシステムの採用について

・具体的な設計

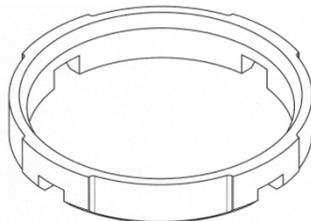
ケース1とケース3の収納物として、粉末収納缶を収納する上で、内蓋と粉末缶の間のギャップを減らし、落下時における粉末缶と内蓋の衝突により内蓋にかかる衝撃力を低減することを目的に、ブロッキングシステムを採用する。



プラスチックスペーサ
材質:ポリオキシメチレン
内容器あたりの個数:最大3個



ステンレス鋼製スペーサ
材質:ステンレス鋼
内容器あたりの個数:1個



センタリングシステム
材質:ポリオキシメチレン
内容器あたりの個数:1個

内蓋と粉末缶の間のギャップを低減

内容器の偏心を防ぎ、ステンレス鋼製スペーサの設置性を担保

3.本申請に係る設計の主なポイントについて 【2/11】



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

3.1 ブロッキングシステムの採用について

・安全解析におけるブロッキングシステムの考慮

項目	内容
構造解析	<ul style="list-style-type: none"> ・自由落下試験、落下試験I、落下試験IIは、保守的にブロッキングシステムを収納せずに実施。なお、ブロッキングシステム分の重量（16kg）は模擬粉末を16kg分増量して考慮。 ・保守的に内蓋とプラスチックペーサのギャップを0と仮定し、容器の構造材であるステンレス鋼とポリオキシメチレンの熱膨張差を評価し、輸送容器に亀裂・破損の生じるおそれはないことを確認。
熱解析	<ul style="list-style-type: none"> ・ブロッキングシステムの有無はガスケットの温度に影響しないため、存在を考慮せず熱解析を行った結果、特別の試験条件下に置いた際の内蓋のガスケットの最高温度は163℃であり、使用可能温度180℃を超えず、密封性が損なわれることはないことを確認。 ・保守的に、内容器内が特別の試験条件下におけるガスケットの最高温度（163℃）に達すると仮定しても、ポリオキシメチレンの融点は165℃であり、溶融に至らず、密封性に影響を与えない。
遮蔽解析	<ul style="list-style-type: none"> ・ブロッキングシステムの存在を考慮せず、遮蔽評価上厳しい条件設定で解析を行った結果、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。
臨界解析	<ul style="list-style-type: none"> ・ブロッキングシステムについて、ブロッキングシステムよりも水素密度の高い“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。

3.本申請に係る設計の主なポイントについて 【3/11】



3.2 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

3.本申請に係る設計の主なポイントについて 【4/11】



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

3.2 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。

3.本申請に係る設計の主なポイントについて 【5/11】



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

3.3 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(ロ)章-F「核燃料輸送物の経年変化の考慮」に記載した。

3.本申請に係る設計の主なポイントについて 【6/11】



3.3 核燃料輸送物の経年変化の考慮

- ・経年変化は約40年の使用期間を想定
- ・年間で運搬する期間を保守的に365日と仮定
- ・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
- ・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および収納物に使用される以下の5つの主要部材を対象に評価した。

主要部材	使用箇所
ステンレス鋼	構造部材、粉末収納缶、ステンレス鋼製スペーサ
フェノリックフォーム	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
ポリオキシメチレン	プラスチックスペーサ、センタリングシステム

- ・収納物の核燃料物質等の特性

収納物のウラン酸化物およびウラン化合物はいずれも未照射

- 収納物の発熱はなく、輸送物が使用期間中にさらされる温度は72℃以下
- 収納物の線量は低く、輸送容器は遮蔽に関して特別な設計を設けていないにもかかわらず、通常時の表面の最大線量当量率は 2.20×10^{-2} mSv/h

3.本申請に係る設計の主なポイントについて 【7/11】



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

3.3 核燃料輸送物の経年変化の考慮(ステンレス鋼)

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(-40~72°C)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(7×10^{10} n/cm ²)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。輸送容器外面や粉末収納缶の腐食については、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(10^7 回以上)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。

3.本申請に係る設計の主なポイントについて 【8/11】



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

3.3 核燃料輸送物の経年変化の考慮(フェノリックフォーム)

構成材料	経年変化要因	経年変化の評価
フェノリックフォーム	熱	使用期間中にさらされる温度(-40～72℃)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の累積照射量(7×10^{10} n/cm ²)及びガンマ線の累積照射量(5×10^1 Gy)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	フェノ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。

3.本申請に係る設計の主なポイントについて 【9/11】



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

3.3 核燃料輸送物の経年変化の考慮(BORALレジン)

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(-40℃～50℃)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の累積照射量(7×10^{10} n/cm ²)及びガンマ線の累積照射量(6×10^1 Gy)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 10^{-10} 未満であり、中性子吸収性能への影響はない。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。

3.本申請に係る設計の主なポイントについて 【10/11】



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

3.核燃料輸送物の経年変化の考慮(ボロン入りステンレス鋼)

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(-40~72℃)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(7×10 ¹⁰ n/cm ²)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10 ⁻⁹ 未満であり、中性子吸収性能への影響はない。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、内容物の底面に使用され、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。

3.本申請に係る設計の主なポイントについて 【11/11】



Nuclear Fuel Industries, Ltd.

3.核燃料輸送物の経年変化の考慮(ポリオキシメチレン)

構成材料	経年変化要因	経年変化の評価
ポリオキシメチレン	熱	熱分解は融点(165°C)以下の温度では発生しない。使用期間中にさらされる温度(-40°C~50°C)は、融点と比較し十分に低いため、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の累積照射量(XXX n/cm ²)及びガンマ線の累積照射量(XXX Gy)は、材料強度に影響を与えるとされる中性子照射量(10 ¹³ n/cm ²)及びガンマ線照射量(10 ³ Gy)と比較し十分に小さい。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	内容物の内部に使用され、日光や雨に直接さらされることはないため、加水分解や紫外線による分解は発生しない。 ブロッキングシステムは発送前検査による確認が可能であり、確認された場合には交換される。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	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。