

## 輸送容器①及び②の設計承認申請に関する説明資料

京都大学複合原子力科学研究所

輸送容器①の設計承認申請については、これまでのヒアリングのコメント等に従い、説明を追記する。輸送容器②についても同様に、コメントに従った記載内容に変更する。

本日のヒアリングでは、これまでのヒアリングで明記できていなかった F 章経年変化に関する記載内容について説明する。

### 経年変化概要

輸送容器①では、主要材料であるステンレス鋼 [REDACTED] について、熱、放射線、化学反応に関して、定量的な記載を実施した。

輸送容器②では、主要材料であるステンレス鋼 [REDACTED] について、熱、放射線、化学反応に関して、定量的な記載を実施した。

以下の詳細については、別紙を参照ください。

以上

## F 核燃料輸送物の経年変化の考慮

(ロ)－F．核燃料輸送物の経年変化の考慮

B.1 考慮すべき経年変化要因

本章では、本輸送物について、使用を予定する期間中に想定される使用状況及びそれに伴う経年変化について考慮する。

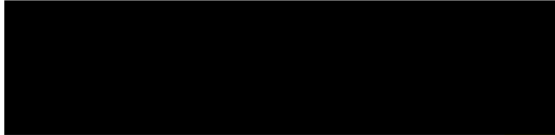
本輸送物の使用期間中に想定される経年変化の要因としては、容器保管中や使用中における温度変化、収納物から発生する放射線、腐食等の化学的変化、**輸送での振動による疲労**が考えられる。そこで、これらの経年変化を生じさせる要因について、本輸送容器の主要材料・部材に関して評価を実施することとする。

**本輸送物を使用する期間としては、製造後から 30 年として、使用回数としては、年 3 回、一輸送当たり輸送に要する日数を 100 日として評価を実施する。**

## F.2 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価

本輸送物の構成材料は、口章の(口)－第 A.5 表に示す通りである。これらの材料のうち経年変化を考慮する材料を以下に示す。

- ・ステンレス鋼



なお、O-ring の経年変化については、輸送毎に交換を行うため、本章では考慮しない。  
また、収納物については、輸送毎で変わるため、輸送容器本体についてのみ考慮する。

以下に、(口)－第 F.1 表に各材料の経年変化の考慮について示す。吊り上げ装置の疲労評価・振動影響については、(口)章 A の A.4.7 において、評価を行い問題ないことが確認されているため、ここでは評価を実施しない。

(ロ) - 第 F.1 表 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価(1/3)

材料	要因	経年変化の考慮の必要性の検討	評価
ステンレス鋼 ( )	熱	ステンレス鋼の温度変化については、金属キャスク構造規格（設計・建設規格（JSME S NSI-2005） <sup>(1)</sup> （2007年追補版） <sup>(2)</sup> において350℃までの設計用強度・物性値が規定されている。	輸送時における最高温度は であり、本材料では機能の低下はおきないため、熱による経年変化を考慮する必要はない。
	放射線	中性子照射量が $10^{16}\text{n/cm}^2$ までは、顕著な機械的特性変化は認められない <sup>(3)</sup> 。	本輸送容器で収納する収納物について、そこから発生する中性子からの中性子照射量は、保守的に見積もっても であるため、中性子照射による経年変化を考慮する必要はない。
	化学反応	海浜環境での長期暴露試験において、腐食割れは認められない <sup>(4)</sup> 。	本輸送容器外部は、海塩粒子が曝されるが、実用上問題となる腐食は生じない。また、腐食が生じた場合でも、定期点検等により腐食の有無は確認され、適切に対応される。

(ロ) - 第 F.1 表 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価(2/3)

材料	要因	経年変化の考慮の必要性の検討	評価
	熱	<p>の温度変化における重量変化量に関しては、200℃を超えると急激に変化することが確認されている<sup>(5)</sup>。</p>	<p>輸送時における最高温度は であり、本材料では機能の低下はおきないため、熱による経年変化を考慮する必要はない。</p>
	放射線	<p>中性子照射量が <math>10^{15}\text{n/cm}^2</math> までは、顕著な機械的特性変化は認められない<sup>(3)</sup>。</p>	<p>本輸送容器で収納する収納物について、そこから発生する中性子からの中性子照射量は、保守的に見積もっても <math>\text{cm}^2</math> であるため、中性子照射による経年変化を考慮する必要はない。</p>
	化学反応	<p>本材料はステンレス鋼により覆われているため、腐食については、考慮する必要はない。</p>	<p>本材料はステンレス鋼により覆われているため、腐食については、考慮する必要はない。</p>

(ロ) - 第 F.1 表 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価(3/3)

材料	要因	経年変化の考慮の必要性の検討	評価
	熱	本材料に関する温度変化については■■■■から影響が出ることが確認されているが、その温度以下についての影響については、温度変化についての経年変化は認められない <sup>(7)</sup> 。	輸送時における最高温度は■■■■であり、本材料では機能の低下はおきないため、熱による経年変化を考慮する必要はない。
	放射線	中性子照射量が 3MGy までは、顕著な機械的特性変化は認められない <sup>(8)</sup> 。	本輸送容器で収納する収納物について、そこから発生する中性子からの中性子照射量は、保守的に見積もっても■■■■程度であるため、中性子照射による経年変化を考慮する必要はない。
	化学反応	本材料はステンレス鋼により覆われているため、腐食については、考慮する必要はない。	本材料はステンレス鋼により覆われているため、腐食については、考慮する必要はない。

参考文献

(1) (一社) 日本機械学会、「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格 (JSME S FA1-2007)」(2007).

(2) (一社) 日本機械学会、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005 年版) <第 I 編 軽水炉規格> (JSME S NC1-2005 (2007 年追補版含む))」(2007).

(3) K. Farrell, et al, "An Evaluation of Low Temperature Radiation Embrittlement Mechanisms in Ferritic Alloys", J. of Nuclear Materials, Vol.210, (1994).

(4) R. R. Gaugh, "Stress Corrosion Cracking of Precipitation-Hardening Stainless Steels", Materials Performance, Vol.26, No.2, (1987).

(6) (独) 原子力安全基盤機構、「平成 15 年 金属キャスク貯蔵技術確証試験 報告書 最終報告」, (2004).



### F.3 安全解析における経年変化の考慮内容

前章に示したとおり、本輸送物に係る各材料について、経年変化の考慮の必要性について評価を行った。その結果、本輸送物については、安全解析において経年変化を考慮する必要がないことが分かった。本章にて評価を実施しなかった部材については、(ハ)章にて示す輸送容器の保守および取り扱いにおいてその健全性が担保されるため、安全解析上考慮する必要はない。

## F 核燃料輸送物の経年変化の考慮

(ロ)－F．核燃料輸送物の経年変化の考慮

B.1 考慮すべき経年変化要因

本章では、本輸送物について、使用を予定する期間中に想定される使用状況及びそれに伴う経年変化について考慮する。

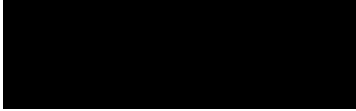
本輸送物の使用期間中に想定される経年変化の要因としては、容器保管中や使用中における温度変化、収納物から発生する放射線、腐食等の化学的変化、**輸送での振動による疲労**が考えられる。そこで、これらの経年変化を生じさせる要因について、本輸送容器の主要材料・部材に関して評価を実施することとする。

**本輸送物を使用する期間としては、製造後から 30 年として、使用回数としては、年 3 回、一輸送当たり輸送に要する日数を 100 日として評価を実施する。**

## F.2 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価

本輸送物の構成材料は、(ロ)章の(ロ)－第 A.5 表に示す通りである。これらの材料のうち経年変化を考慮する材料を以下に示す。

- ・ステンレス鋼



なお、O-ring と収納缶の経年変化について、O-ring は輸送毎に交換を行い、

本章では考慮しない。

また、収納物については、輸送毎で変わるため、輸送容器本体についてのみ考慮する。

以下に、(ロ)－第 F.1 表に各材料の経年変化の考慮について示す。振動影響については、(ロ)章 A の A.4.7 において、輸送時に発生する振動を模擬した原型試験を実施し、輸送時の影響も考慮した評価を行い、亀裂破損等がないことが確認されているため、ここでは評価を実施しない。

(ロ) - 第 F.1 表 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価(1/3)

材料	要因	経年変化の考慮の必要性の検討	評価
ステンレス鋼 [REDACTED]	熱	ステンレス鋼の温度変化については、金属キャスク構造規格（設計・建設規格（JSME S NSI-2005） <sup>(1)</sup> （2007年追補版） <sup>(2)</sup> において350℃までの設計用強度・物性値が規定されている。	輸送時における最高温度は [REDACTED] であり、本材料では機能の低下はおきないため、熱による経年変化を考慮する必要はない。
	放射線	中性子照射量が $10^{16}\text{n/cm}^2$ までは、顕著な機械的特性変化は認められない <sup>(3)</sup> 。	本輸送容器で収納する収納物は新燃料であるため、中性子照射による経年変化を考慮する必要はない。
	化学反応	海浜環境での長期暴露試験において、腐食割れは認められない <sup>(4)</sup> 。	本輸送容器外部は、海塩粒子が曝されるが、実用上問題となる腐食は生じない。また、腐食が生じた場合でも、定期点検等により腐食の有無は確認され、適切に対応される。

(ロ) - 第 F.1 表 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価(2/3)

材料	要因	経年変化の考慮の必要性の検討	評価
[REDACTED]	熱	本材料は [REDACTED] までの耐熱性を有している材料である。	輸送時における最高温度は [REDACTED] であり、本材料では機能の低下はおきないため、熱による経年変化を考慮する必要はない。
	放射線	-	本輸送容器で収納する収納物は新燃料であるため、中性子照射による経年変化を考慮する必要はない。
	化学反応	-	本材料はステンレス鋼により覆われているため、腐食については、考慮する必要はない。

(ロ) - 第 F.1 表 安全解析における経年変化の考慮の必要性の評価(3/3)

材料	要因	経年変化の考慮の必要性の検討	評価
[Redacted]	熱	本材料の主成分である [Redacted] である <sup>(5)</sup> 。	輸送時における最高温度 [Redacted] であり、本材料では機能の低下はおきないため、熱による経年変化を考慮する必要はない。
	放射線	中性子照射量が $10^{16}\text{n/cm}^2$ までは顕著な機械的特性変化は認められない <sup>(6)</sup> 。	本輸送容器で収納する収納物は新燃料であるため、中性子による減損は無視できるため、中性子照射による経年変化を考慮する必要はない。
	化学反応	[Redacted]	本材料はステンレス鋼により覆われているため、腐食については、考慮する必要はない。

## 参考文献

- (1) (一社) 日本機械学会、「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格 (JSME S FA1-2007)」 (2007).
- (2) (一社) 日本機械学会、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005年版) <第I編 軽水炉規格> (JSME S NC1-2005 (2007年追補版含む))」 (2007).
- (3) K. Farrell, et al, "An Evaluation of Low Temperature Radiation Embrittlement Mechanisms in Ferritic Alloys", J. of Nuclear Materials, Vol.210, (1994).
- (4) R. R. Gaugh, "Stress Corrosion Cracking of Precipitation-Hardening Stainless Steels", Materials Performance, Vol.26, No.2, (1987).
- (6) (一社) 日本原子力学会、「使用済燃料中間貯蔵施設用金属キャスクの安全設計及び検査基準 (AESJ-SC-F002) :2010」 (2010).



### F.3 安全解析における経年変化の考慮内容

前章に示したとおり、本輸送物に係る各材料について、経年変化の考慮の必要性について評価を行った。その結果、本輸送物については、安全解析において経年変化を考慮する必要がないことが分かった。本章にて評価を実施しなかった部材については、(ハ)章にて示す輸送容器の保守および取り扱いにおいてその健全性が担保されるため、安全解析上考慮する必要はない。