

Doc No. L5-95HP217 R0

2023年4月21日

三菱重工業株式会社

補足説明資料 8 - 11

技術基準規則 第 14 条 材料及び構造への適合性について

目 次

1. 概要	1
2. 適用部材の分類	1
3. 強度評価の基本方針	1
4. MSF-52B 型の耐圧強度及び耐食性に対する設計	1
4.1 材料について	2
4.2 構造及び強度について	3
4.3 密封容器の主要な耐圧部の溶接部について	5
4.4 耐圧試験について	5

1. 概要

使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を確保する上で必要な容器等の材料及び構造は、「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（令和2年3月17日 原子力規制委員会規則第8号）（以下「技術基準規則」という。）第14条に規定されており、適切な材料を使用し、十分な構造及び強度を有することが要求されている。

本書は、MSF-52B型が使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を確保する上で十分な構造、強度及び耐食性を有することを説明するものである。

2. 適用部材の分類

MSF-52B型の構造図を第2-1図に示す。これらの構成部材のうち、技術基準規則第14条に規定される基本的安全機能を確保する上で必要な強度部材として、密封容器を評価対象とする。また、（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」（以下「構造規格」という。）に規定されるバスケット及びトラニオンに加えて、一次蓋と同様に金属ガasketを用いて金属キャスクの閉じ込め機能を有する二次蓋、並びに中性子遮蔽材を支持する外筒、下部端板、蓋部中性子遮蔽材カバー及び底部中性子遮蔽材カバーを評価対象とする。適用部材の分類を第2-1表に示す。

3. 強度評価の基本方針

第2-1表に従い、「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則の解釈」（令和2年2月5日 制定 原規規発第2002054号-3）、構造規格及び（一社）日本機械学会「発電用原子力設備規格設計・建設規格 JSME S NC1-2005（2007年追補版含む）」（以下「設計・建設規格」という。）による評価を実施する。

4. MSF-52B型の耐圧強度及び耐食性に対する設計

基本的安全機能を維持する上で重要となるMSF-52B型の構成部材は、密封容器（二次蓋を含む。）、バスケット及びトラニオンに加えて、中性子遮蔽材を支持する外筒、下部端板、蓋部中性子遮蔽材カバー及び底部中性子遮蔽材カバーである。これらの構成部材について応力評価を行い、当該部材に発生する応力が許容応力以下となり、MSF-52B型が基本的安全機能を維持するために必要な耐圧強度を有することを示す。また、MSF-52B型の主要な構成部材について、設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境及びその環境下での腐食等の経年変化に対して必要な耐食性を有することを示す。なお、MSF-52B型を構成する部材のうち中性子遮蔽材、金属ガasket及び伝熱フィン、MSF-52B型の耐圧強度を担保する部材ではないことから、耐食性についてのみ評価する。

4.1 材料について

(1) 機械的強度及び化学的成分

密封容器は、その使用される圧力、温度、水質、放射線、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分（使用中の応力その他の使用条件に対する適切な耐食性を含む。）を有する材料を使用する。機械的強度及び化学的成分は、申請書本文 第1表 材料検査にて構造規格の規定を満足することを確認する。

- ・密封容器に使用する材料は、構造規格 MCM-1110 に従い別表 1-1 に示される材料の規格に適合するもの又はこれと同等以上の化学的成分及び機械的強度を有するものを選定し、MCM-1200 で規定される機械試験によって、適切な機械的強度及び化学成分を有する材料であることを確認する。
- ・規定に基づく機械的強度を用いて、使用する圧力及び荷重に対して適切な強度を有することを「添付書類 8 耐圧強度及び耐食性に関する説明書」における強度評価によって確認する。
- ・密封容器に使用する材料は、「添付書類 8-5 金属キャスクの耐食性に関する説明書」にて温度、水質及び放射線に対して適切な耐食性を有することを確認する。

(2) 破壊じん性

密封容器に使用する材料にあつては、当該密封容器が使用される圧力、温度、放射線、荷重その他の使用条件に対して適切な破壊じん性を有することを機械試験その他の評価方法により確認する。破壊じん性は、申請書本文 第1表 材料検査にて構造規格の規定を満足することを確認する。

- ・密封容器に使用する材料は、構造規格 MCM-1334 で規定される破壊じん性試験を行い、MCM-1334.2 の判定基準を満足することで適切な破壊じん性を有することを確認する。
- ・密封容器に使用するボルト材料は、構造規格 MCM-1331 で規定される破壊じん性試験を行い、表 MCM-1331-1 の判定基準を満足することで適切な破壊じん性を有することを確認する。

(3) 非破壊試験

密封容器に使用する材料は、有害な欠陥がないことを非破壊試験により確認する。申請書本文 第1表 材料検査にて構造規格の非破壊試験の規定を満足することを確認する。

- ・密封容器に使用する材料は、構造規格 MCM-1410 で規定される非破壊試験を行い、MCM-

1440 の判定基準を満足することで有害な欠陥がないことを確認する。

4.2 構造及び強度について

(1) 延性破壊の防止

- a. 密封容器、バスケット、トラニオン、外筒、下部端板、蓋部中性子遮蔽材カバー及び底部中性子遮蔽材カバーは、取扱い時及び貯蔵時において、全体的な変形を弾性域に抑える設計とする。「添付書類 8 耐圧強度及び耐食性に関する説明書」にて構造規格等の規定を満足することを評価する。

取扱い時及び貯蔵時の評価条件は以下のとおりである。

(a) 貯蔵時

- ・金属キャスクの貯蔵姿勢 : たて置き
- ・金属キャスクの固縛方式 : 下部トラニオン固縛
- ・鉛直方向加速度 : 自重 (1 g)

(b) 取扱い時 (吊上げ時)

- ・金属キャスクの姿勢 : 垂直姿勢及び水平姿勢
- ・鉛直方向加速度 : 1.3 g

- ・密封容器は、取扱い時及び貯蔵時において、一次応力評価結果が構造規格 MCD-1311.1、MCD-1318.1 及び MCD-1321.1 の規定を満足し、全体的な変形を弾性域に抑える設計であることを確認する。
- ・バスケットは、取扱い時及び貯蔵時において、一次応力評価結果が構造規格 MCD-2311 の規定を満足し、全体的な変形を弾性域に抑える設計であることを確認する。
- ・トラニオンは、取扱い時及び貯蔵時において、一次応力評価結果が構造規格 MCD-3311.1 の規定を満足し、全体的な変形を弾性域に抑える設計であることを確認する。
- ・外筒、下部端板、蓋部中性子遮蔽材カバー及び底部中性子遮蔽材カバーは、取扱い時及び貯蔵時において、一次応力評価結果が設計・建設規格 SSB-3121.1 の規定を満足し、全体的な変形を弾性域に抑える設計であることを確認する。

- b. 密封容器は、破断延性限界に十分な余裕を有し、金属キャスクに要求される機能に影響を及ぼさない設計とする。また、閉じ込め機能を担保する密封シール部については、変形を弾性域に抑える設計とする。「添付書類 8 耐圧強度及び耐食性に関する説明書」にて構造規格の規定を満足することを評価する。

評価条件は、たて起こし架台への衝突時及び貯蔵架台への衝突時である。

(a) 貯蔵架台への衝突時

- ・金属キャスクの姿勢 : 垂直姿勢
- ・鉛直方向加速度 : 3 g (たて起こし架台への衝突時)
5 g (貯蔵架台への衝突時)

- ・密封容器は、一次応力評価結果が構造規格 MCD-1311.1 及び MCD-1321.1 の規定を満足し、破断延性限界に十分な余裕を有し、金属キャスクに要求される機能に影響を及ぼさない設計であることを確認する。
- ・密封シール部は、一次応力評価結果が構造規格 MCD-1318.1 の規定を満足し、変形を弾性域に抑える設計であることを確認する。

- c. 密封容器は、試験状態において、全体的な塑性変形が生じない設計とする。また、密封シール部については、変形を弾性域に抑える設計とする。「添付書類 8 耐圧強度及び耐食性に関する説明書」にて構造規格の規定を満足することを評価する。
試験時の評価条件は以下のとおりである。

(a) 試験時

- ・金属キャスクの姿勢 : たて置き
- ・鉛直方向加速度 : 自重 (1 g)

- ・密封容器は、試験状態において、一次応力評価結果が構造規格 MCD-1311.4 の規定を満足し、全体的な塑性変形が生じない設計であることを確認する。
- ・密封シール部は、試験状態において、一次応力評価結果が構造規格 MCD-1318.2 の規定を満足し、変形を弾性域に抑える設計であることを確認する。

(2) 疲労破壊の防止

密封容器は、取扱い時及び貯蔵時において、疲労破壊が生じない設計とする。「添付書類 8 耐圧強度及び耐食性に関する説明書」にて構造規格の規定を満足することを評価する。

- ・密封容器 (ボルトを除く。) は、構造規格 MCD-1314 の疲労評価を実施し、構造規格 MCD-1332 の規定により、取扱い時及び貯蔵時において疲労解析不要であることを確認する。
- ・密封容器のボルトは、構造規格 MCD-1322 の規定により、疲労評価を行い、取扱い時及び貯蔵時において疲労破壊が生じない設計であることを確認する。

(3) 座屈による破壊の防止

密封容器、バスケット、トラニオン、外筒、下部端板、蓋部中性子遮蔽材カバー及び底部中性子遮蔽材カバーは、取扱い時及び貯蔵時において、座屈が生じない設計とする。「添付書類 8 耐圧強度及び耐食性に関する説明書」にて構造規格等の規定を満足することを評価する。

- ・密封容器は、取扱い時及び貯蔵時において圧縮応力評価結果が構造規格 MCD-1317 の規定を満足し、座屈が生じない設計であることを確認する。
- ・バスケットは、取扱い時及び貯蔵時において圧縮応力評価結果が構造規格 MCD-2317 の規定を満足し、座屈が生じない設計であることを確認する。
- ・トラニオンは、取扱い時及び貯蔵時において圧縮応力が作用するような評価事象はなく、座屈が生じないことを確認する。
- ・外筒、下部端板、蓋部中性子遮蔽材カバー及び底部中性子遮蔽材カバーは、取扱い時及び貯蔵時において圧縮応力評価結果が設計・建設規格 SSB-3121.1 の規定を満足し、座屈が生じない設計であることを確認する。

4.3 密封容器の主要な耐圧部の溶接部について

密封容器の主要な耐圧部の溶接部は、次のとおりとし、各種検査により、適用基準及び適用規格に適合していることを確認する。申請書本文 第2表、第3表及び第4表の検査を行う。

- ・密封容器の主要な耐圧部の溶接部は、不連続で特異な形状でない設計とする。
- ・密封容器の主要な耐圧部の溶接部は、構造規格 MCN-2300 の規定に従い表 MCN-2300-1 の非破壊試験を行い、溶接による割れが生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを確認する。
- ・密封容器の主要な耐圧部の溶接部は、構造規格 MCN-2320 の規定により、母材の強度と同等以上の強度を有することを確認する。
- ・溶接施工法及び溶接設備並びに適切な技能を有する溶接士であることの確認を行う。

4.4 耐圧試験について

密封容器は、適切な耐圧試験を行ったとき、これに耐え、かつ、著しい漏えいがないことを確認する。申請書本文 第1表 耐圧検査及び漏えい検査にて構造規格の規定を満足することを確認する。

- ・密封容器は、構造規格 MCT-1200 に規定される耐圧・漏えい検査を行い、これに耐え、かつ、著しい漏えいがないことを確認する。



第 2-1 図 MSF-52B 型の構造図

第 2-1 表 MSF-52B 型の適用部材の分類

機器名	部材名	構造規格 適用部材の分類	技術基準規則 第 14 条の分類		
			容器等	容器	密封 容器
MSF-52B 型	胴	密封容器	容器等	容器	密封 容器
	胴（底板）				
	一次蓋				
	一次蓋ボルト				
	カバープレート				
	カバープレートボルト				
	二次蓋	—（注 1）	—	—	—
	二次蓋ボルト				
	バスケット	バスケット（注 2）	—	—	—
	トラニオン	トラニオン（注 3）	—	—	—
	外筒	—（注 4）	—	—	—
	下部端板				
	蓋部中性子遮蔽材カバー				
	底部中性子遮蔽材カバー				

（注 1）二次蓋は一次蓋と同様に金属ガスケットを用いて金属キャスクの閉じ込め機能を有していることから、構造強度評価手法としては一次蓋と同様、構造規格の密封容器の規定を用いる。

（注 2）バスケットは、技術基準規則第 14 条に規定される密封容器を支える支持構造物ではないが、構造規格に規定される強度部材であるため、構造規格のバスケットの規定を用いる。

（注 3）トラニオンは、技術基準規則第 14 条に規定される密封容器を支える支持構造物ではないが、構造規格に規定される強度部材であるため、構造規格のトラニオンの規定を用いる。

（注 4）外筒、下部端板、蓋部中性子遮蔽材カバー及び底部中性子遮蔽材カバーは、技術基準規則第 14 条に規定される密封容器を支える支持構造物ではないが、外筒、下部端板、蓋部中性子遮蔽材カバー及び底部中性子遮蔽材カバー内部に充填される中性子遮蔽材を保持する機能を有しているため、設計・建設規格のクラス 1 支持構造物に準じた評価を行う。ただし、クラス 1 支持構造物はクラス 1 容器を支持し、その損壊を防止する機能が要求されるため、そのクラス 1 容器に溶接により取り付けられる支持構造物であってその破損によりクラス 1 容器の損壊を生じさせるおそれのあるものの材料に対する規定が設けられている（SSB-3010（1））が、外筒、下部端板、蓋部中性子遮蔽材カバー及び底部中性子遮蔽材カバーにおいてはこの機能は要求されないため、当該規定は参考としない。