

柏崎刈羽原子力発電所第6号機 設計及び工事計画審査資料	
資料番号	KK6 添-3-001-4 改0
提出年月日	2023年10月11日

## クラス3機器の強度計算の基本方針

2023年10月

東京電力ホールディングス株式会社

#### VI-3-1-4 クラス 3 機器の強度計算の基本方針

## 目 次

1. 概要 .....	1
2. クラス 3 機器の強度計算の基本方針 .....	2
2.1 クラス 3 機器（消火設備用ポンベ及び消火器を除く）の構造及び強度 .....	3
2.2 クラス 3 機器のうち消火設備用ポンベ及び消火器の構造及び強度 .....	4

## 1. 概要

クラス 3 機器の材料及び構造については、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（平成 25 年 6 月 28 日 原子力規制委員会規則第六号）（以下「技術基準規則」という。）第 17 条第 1 項第 3 号及び第 10 号に規定されており、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。

本資料は、クラス 3 機器のうち材料及び構造の要求が追加又は変更となる以下の機器が十分な強度を有することを確認するための強度評価の基本方針について説明するものである。

- ・「放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備」の改造に伴い強度評価が必要となる管
- ・「その他発電用原子炉の附属施設（火災防護設備）」の容器及び管
- ・「その他発電用原子炉の附属施設（浸水防護設備）」の管

## 2. クラス 3 機器の強度計算の基本方針

クラス 3 機器の材料及び構造については、技術基準規則第 17 条（材料及び構造）に規定されており、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（平成 25 年 6 月 19 日 原規技発第 1306194 号）（以下「技術基準規則の解釈」という。）第 17 条 11 において「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。）」＜第 I 編 軽水炉規格＞ JSME S NC 1-2005/2007」（日本機械学会）又は「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012 年版）＜第 I 編軽水炉規格＞ JSME S NC 1-2012」（日本機械学会）によることとされているが、施設時に JSME S NC 1-2005/2007 又は JSME S NC 1-2012 が適用されていない設計基準対象施設については、施設時に適用された規格によることと規定されている。同解釈において規定されている JSME S NC 1-2005/2007 及び JSME S NC 1-2012 は、いずれも技術基準規則を満たす仕様規定として相違がない。

よって、クラス 3 機器（火災防護設備のハロンボンベ及び二酸化炭素ボンベ（以下「消火設備用ボンベ」という。）並びに消火器を除く。）の評価は、基本的に JSME S NC 1-2005/2007（以下「設計・建設規格」という。）による評価を実施する。ただし、施設時の適用規格が「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和 55 年 10 月 30 日 通商産業省告示第 501 号）（以下「告示第 501 号」という。）の場合は、設計・建設規格と告示第 501 号の比較を行い、いずれか安全側の規格による評価を実施する。

また、技術基準規則の解釈の冒頭において「技術基準規則に定める技術的要件を満足する技術的内容は、本解釈に限定されるものではなく、技術基準規則に照らして十分な保安水準の確保が達成できる技術的根拠があれば、技術基準規則に適合するものと判断する。」ことが規定されている。

クラス 3 容器のうち完成品としてそれぞれ高圧ガス保安法及び消防法の規制を受ける消火設備用ボンベ及び「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」に基づき火災区域又は火災区画に配備する消火器（以下「消火器」という。）については、技術基準規則第 17 条第 1 項第 3 号及び第 10 号におけるクラス 3 容器の材料、構造及び強度の要求に照らして十分な保安水準の確保ができることを確認した上で、高圧ガス保安法又は消防法に適合したものを使用する設計とする。

消火設備用ボンベ及び消火器の材料については、技術基準規則第 17 条におけるクラス 3 容器の材料、構造及び強度の規定と高圧ガス保安法又は消防法の規定の比較評価において適切であることを確認する。

## 2.1 クラス3機器（消火設備用ポンベ及び消火器を除く）の構造及び強度

### (1) 強度計算における適用規格の選定

クラス3機器（消火設備用ポンベ及び消火器を除く。）のうち改造を実施する機器又は施設時の適用規格が設計・建設規格の機器の場合は設計・建設規格による評価を実施する。

クラス3機器（消火設備用ポンベ及び消火器を除く。）のうち施設時の適用規格が告示第501号の場合は、設計・建設規格と告示第501号との比較を行い、いずれか安全側の規格による評価を実施する。

安全側の適用規格の選定は、クラス3機器において解析による評価は行わないため、公式による評価について実施する。

#### a. 公式による評価の比較

公式による評価において評価結果に影響を与えるものとしては、評価式、評価式に用いる許容値及び係数並びに材料の物性値がある。このうち係数については、評価式を構成するものであることから評価式として扱う。材料の物性値については、物性値を割下げ率で除して許容値が設定されていることからその影響は許容値に含まれることになる。よって、評価式と許容値の2つの項目について比較する。

評価式及び許容値の比較は、評価対象部位ごとに実施する。許容値の比較は、許容値が小さい方を安全側とする。

ただし、許容値のSI単位化による誤差は、単位換算によるものであり工学的な意味合いはなく、評価結果に影響を与えないため、ここでは相違するものとはみなさない。

上述の2つの項目における比較において安全側の規格が容易に判断できる場合は、安全側の規格として選定した設計・建設規格又は告示第501号のいずれかにて評価を実施する。また、安全側の規格が異なる場合等で、安全側の規格が容易に判断できない場合は設計・建設規格及び告示第501号の両規格により評価を実施する。両規格に相違がない場合は設計・建設規格に基づき評価を実施する。

### (2) 規格の相違

施設時の適用規格が告示第501号である場合の設計・建設規格及び告示第501号による評価について、評価式及び許容値の2つの項目について比較を実施した結果、両規格に相違がないことを確認した。

(3) 選定規格

施設時の適用規格が告示第501号である場合の設計・建設規格及び告示第501号の比較において、両規格に相違がないことが確認できたことから設計・建設規格に基づき評価を実施する。

2.2 クラス3機器のうち消火設備用ボンベ及び消火器の構造及び強度

クラス3機器のうち消火設備用ボンベ及び消火器については、設計に適用した高圧ガス保安法及び消防法の規定が技術基準規則第17条に照らして十分な保安水準の確保が達成できる技術的根拠があることを確認する。

(1) 技術基準規則第17条第1項第3号、第10号及び第15号の要求事項

a. 材料

- ・クラス3容器に使用する材料が、その使用される圧力、温度、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を有すること。
- ・工学的安全施設に属するクラス3容器に使用する材料にあっては、当該機器の最低使用温度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したものであること。(火災防護設備は工学的安全施設に該当しないため対象外。)

b. 構造及び強度

- ・設計上定める条件において全体的な変形を弾性域に抑えること。
- ・クラス3容器に属する伸縮継手については、設計上定める条件で応力が繰り返し加わる場合において、疲労破壊が生じないこと。(消火設備用ボンベ及び消火器に対して伸縮継手を使用していないため対象外)
- ・設計上定める条件において、座屈が生じないこと。(消火設備用ボンベ及び消火器の外面には圧力が加わらないことから対象外)

c. 主要な耐圧部の溶接部

主要な耐圧部の溶接部について、不連続で特異な形状でないものであること等が規定されている。(主要な耐圧部の溶接部は、機器のうち容器及び管を対象とし、施設の安全上の重要度、圧力、口径等から技術基準規則の解釈に定められており、火災防護設備については、外径150mm以上の管が「主要な耐圧部の溶接部」に該当し、容器については対象外)

(2) 技術基準規則第 17 条と高圧ガス保安法の規定の比較

a. 材料

技術基準規則第 17 条では、圧力、温度、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を有する材料を使用することが要求されている。

一方、高圧ガス保安法では、容器について、充てんする高圧ガスの種類、充てん圧力、使用温度及び使用される環境に応じた適切な材料を使用して製造することが要求されており、考慮する使用条件は以下のとおり同等であることから、材料に対して要求する保安水準は同等である。

(圧力)

技術基準規則第 17 条では、設計上定める条件において、機器が受ける最高の圧力以上の圧力である「最高使用圧力」を条件としており、高圧ガス保安法におけるポンペ内部に受ける最高の圧力である「充てん圧力」と同等である。

(温度)

技術基準規則第 17 条では、設計上定める条件において、最高の温度以上の温度である「最高使用温度」を条件としており、高圧ガス保安法における「使用温度」として規定している温度の上限値と同等である。

(荷重)

技術基準規則第 17 条の要求を満たす仕様規定である設計・建設規格のクラス 3 容器の規定において、具体的な荷重は規定されていない。消火設備用ポンペに対する荷重は最高使用圧力に包絡されており、高圧ガス保安法も充てん圧力を規定していることから、想定する荷重は同等である。

(その他の使用条件)

技術基準規則第 17 条では、機器の内部流体などの使用条件を考慮した材料を選定することが要求されており、具体的な使用可能材料が設計・建設規格に規定されている。

一方、高圧ガス保安法では、ポンペの材料選定として、充てんする高圧ガスの種類等、使用される環境に応じた適切な材料を選定するよう規定していることから、技術基準規則第 17 条において考慮すべき「その他の使用条件」と同等である。



b. 構造及び強度

技術基準規則第 17 条では、設計上定める条件において全体的な変形を弾性域に抑えることが要求されている。

一方、高圧ガス保安法では、「溶接容器（ハロンボンベ）及び一般継目なし容器（二酸化炭素ボンベ）の必要肉厚を材料の許容応力より算出すること」が要求されており、材料の降伏点を越えることのないよう許容応力を規定していることから、要求する保安水準は同等である。

上述の a. 項及び b. 項より、技術基準規則第 17 条と高圧ガス保安法の材料、構造及び強度の規定の水準は同等であることから、火災防護設備として使用する消火設備用ボンベについては、高圧ガス保安法の材料、構造及び強度に関する要求に適合することにより、技術基準規則第 17 条の要求に照らして十分な保安水準の確保が可能であるため、高圧ガス保安法に適合したものを使用する設計とする。

(3) 技術基準規則第 17 条と消防法の規定の比較

a. 材料

技術基準規則第 17 条では、圧力、温度、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を有する材料を使用することが要求されている。

一方、消防法では、容器について耐食性及び耐久性を有する良質の材料を用いた堅ろうな材料を使用すること並びに腐食試験等においてさび等の異常を生じないことが要求されており、考慮する使用条件は以下のとおり同等であることから、材料に対して要求する保安水準は同等である。

(圧力)

技術基準規則第 17 条では、設計上定める条件において、機器が受ける最高の圧力以上の圧力である「最高使用圧力」を条件としており、消防法における消火器内部に受ける最高の圧力である「調整圧力、閉そく圧力及び使用圧力の上限值」と同等である。

(温度)

技術基準規則第 17 条では、設計上定める条件において、最高の温度以上の温度である「最高使用温度」を条件としており、消防法における「使用温度範囲」として規定している最高温度と同等である。

(荷重)

技術基準規則第 17 条の要求を満たす仕様規定である設計・建設規格のクラス 3 容器の規定において、具体的な荷重は規定されていない。消火器に対する荷重は最高使用圧力に包絡されており、消防法も使用圧力等を規定していることから、想定される荷重は同等である。

(その他の使用条件)

技術基準規則第 17 条では、機器の内部流体等の使用条件を考慮した材料を選定することが要求されており、具体的な使用可能材料が設計・建設規格に規定されている。

一方、消防法では、消火器の材料選定として、充てんした消火剤に接触する部分をその消火剤に侵されない材料で造ることが規定されており、技術基準規則第 17 条において考慮すべき「その他の使用条件」と同等である。

b. 構造及び強度

技術基準規則第 17 条では、設計上定める条件において全体的な変形を弾性域に抑えることが要求されている。

一方、消防法では、使用材料に応じた消火器の本体容器の板厚を規定しており、消火器内部に受ける最高の圧力（調整圧力，閉そく圧力及び使用圧力の上限值）を超える圧力（設計上定める最高の圧力の 1.3～2.0 倍）で耐圧試験を実施し，強度上支障のある永久ひずみ（円筒部分にあっては，円周長の 0.5%以上の永久ひずみ）を生じないことが要求されている。これは，設計上定める条件に対して十分な裕度を持って，全体的な変形を弾性域に抑えることができる水準であることから，要求する保安水準は同等である。

上述の a. 項及び b. 項より，技術基準規則第 17 条と消防法の材料，構造及び強度の規定の水準は同等であることから，火災防護設備として使用する消火器については，消防法の材料，構造及び強度に関する要求に適合することにより，技術基準規則第 17 条の要求に照らして十分な保安水準の確保が可能であるため，消防法に適合したものを使用する設計とする。