

材料・構造の基本設計方針に基づく類型化の考え方

材料・構造の基本方針に関する類型化に対する分類の考え方

材料・構造のうち構造の観点から行う強度評価での設計プロセスは、評価手法に応じて表1のとおり4つに分類にされる。(詳細は添付1参照)

表1. 評価手法に応じた分類

設備		容器および管	支持構造物他
既設	条件変更なし	①	④
	条件変更あり	②	
新設	完成品以外	③	—
	完成品		

- ①: 既認可を確認
- ②: 設計・建設規格を準用し評価
- ③: 完成品の法令、メーカー基準を確認
- ④: 他規格、他評価による評価

代表設備の考え方

4つの分類のうち分類①、③については、それぞれ代表設備を1つ選定する。

分類②においては、事業変更許可や技術基準に関する規則にて要求される「安全機能」と「設備の構造」ごとに設計条件の設定が異なることから、設計条件ごとの評価手法に応じて代表設備を選定する。

具体的には、重大事故の想定事象ごとに要求される「安全機能」として、構造の観点においては通水、空気供給、放出等の経路維持が要求されるため、破断や開口に至る塑性変形が生じない設計が必要である。また、形状管理により臨界を防止している設備等については、形状を維持する設計(変形を防止するため弾性域に抑える)が必要である。

「設備の構造」に関しては対象として容器と管があり、計算手法として「定式化された計算式」、「FEM(動的解析)」があることから、この2つを代表設備数と考える。分類②における代表設備数を表2に示す。

表2. 分類②の代表設備数

	想定事象	安全機能	構造	評価手法	代表設備数
重大事故	①臨界事故	・ 経路維持 (弾塑性範囲)	容器 管	・ 計算式	0 ^{※2}
	②冷却機能の喪失による蒸発乾固			・ 計算式 ・ 動的FEM (容器)	2 ^{※1}
	③放射線分解により発生する水素による爆発	・ 形状管理による 臨界防止 (弾性範囲)			
	④有機溶媒等による火災又は爆発				
	⑤使用済燃料貯蔵設備に貯蔵する使用済燃料の著しい損傷	・ 計算式		0 ^{※2}	

※1 配管は計算式、容器は計算式と動的FEMともに実施した設備を代表とする。

※2 「放射線分解により発生する水素による爆発」の計算式を代表設備とする。

補足 動的FEMの代表設備について

弾性域を超えて変形する機器に対して、動的FEMの対象設備としている。対象設備には、環状槽タイプとそれ以外があり、環状槽タイプにおいては内圧、外圧が最も厳しい条件を代表として計算し、環状槽タイプ以外は個々にすべてを計算している。解析モデルの作成、解析条件等は全て同様の考え方であることから、環状槽タイプの内圧が最も厳しい条件の機器を代表とする。

基本設計方針の記載について

設計条件に対しては臨界形状管理機器等(別図参照)に対しては全体的な変形を弾性域に抑えることとし、その他の重大事故等対処設備に対しては、設計条件を超える状態において延性破断に至る塑性変形が生じない設計として記載する。

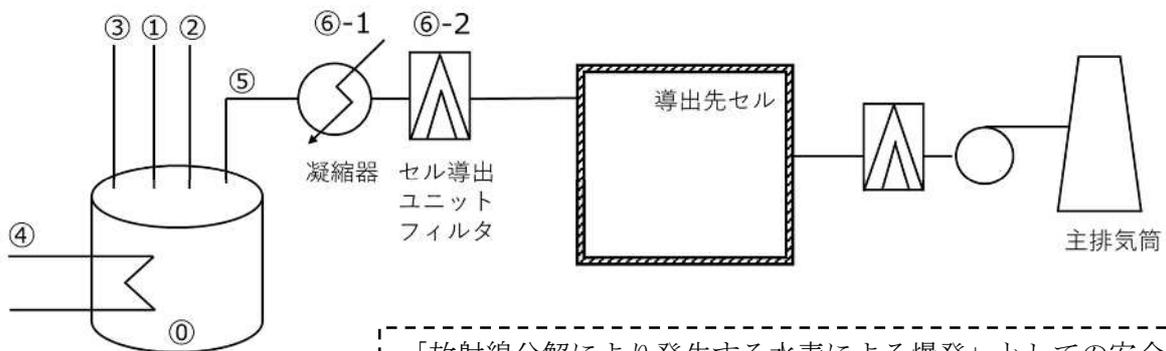
9.3.2 重大事故等対処設備

9.3.2.1 材料及び構造

9.3.2.1.2 構造

重大事故等対処設備の容器等のうち臨界形状管理機器等は、設計条件において、全体的な変形を弾性域に抑える設計とする。その他の重大事故等対処設備の容器等は、水素爆発等の衝撃荷重等の負荷に対し、通水、空気供給、放出等の経路維持できるよう破断や開口に至る塑性変形が生じない設計とする。

別図.



「放射線分解により発生する水素による爆発」としての安全機能は放出経路や通水経路維持のみであるが、「冷却機能の喪失による蒸発乾固」との同時発災を想定した場合、爆発発生後に蒸発乾固の観点で⑥で経路維持以外の機能(除去機能)を必要とするため「等」としている。

技術基準(抜粋)

第十七条 (設計基準事故)

二 イ 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。

第三十七条 (重大事故)

一 容器等がその設計上要求される強度及び耐食性が確保できるものであること。

JSME 設計・建設規格 (解説 GNR-2110) における供用状態

通常運転において使用される常用系機器にあつては、主たる機能を果たす状態である運転状態 I において供用状態 A が適用され、事故時の運転状態 IV においては供用状態 D が適用される。一方、事故時に機能を発揮する必要がある機器については、事故時の状態である運転状態 IV (運転状態 I, II を含む。) において供用状態 A が適用され、健全性が維持されていればよい事象にあつては供用状態 D が適用される。ただし、健全性が維持されていればよい事象もあることから () として併記している。

(JSME 設計・建設規格 解説 GNR-2110)

○ 常用系機器 (通常運転において使用される機器)

	供用状態 A	供用状態 B	供用状態 C	供用状態 D
運転状態 I	○			
運転状態 II		○		
運転状態 III			○	
運転状態 IV				○

○ 事故時に機能することを求められる機器

	供用状態 A	供用状態 B	供用状態 C	供用状態 D
運転状態 I	○			
運転状態 II	○	(○)		
運転状態 III	*1		○	
運転状態 IV	○			(○)

*1 運転状態 IV における荷重として考慮 (包絡) される。

*2 健全性が維持されていればよい事象もあることから () として併記した。

		重大事故	供用状態 A	供用状態 B	供用状態 C	供用状態 D
運転状態 IV	① 臨界事故	Gd の供給	○			
		影響緩和	○			
		機器	○			
	② 冷却機能の喪失による蒸発乾固	内部ループ④	○			(○)
		機器注水③	○			(○)
		コイル通水④	○			(○)
		セル導出(経路)⑤	○			(○)
		セル導出(凝縮)⑥-1	○			
		セル導出(フィルタ)⑥-2	○			(○)
	③ 放射線分解により発生する水素による爆発	発生防止	○			(○)
		拡大防止	○			(○)
		機器(形状) 機器(形状以外)	○			(○)
	④ 有機溶媒等による火災又は爆発		○			
	⑤ 使用済燃料貯蔵設備に貯蔵する使用済燃料の著しい損傷		○			

第1章 共通項目 15,16,36条

9. 設備に対する要求

9.1 安全機能を有する施設
DBA及びDBAに至るまでの環境条件に耐える設計

9.2 重大事故等対処設備

9.2.1 重大事故等対処設備に対する設計方針
SA時の環境条件に耐える設計
水素爆発の発生を想定する機器：瞬間的に上昇する温度及び圧力に耐える設計

第1章 共通項目 17,37条

9. 設備に対する要求

9.3 材料及び構造

9.3.1 材料及び構造

9.3.1.1 材料

9.3.1.2 構造

9.3.1.2.1 安有の容器等/常設SAの容器等

(1) 容器及び管
定常状態：弾性範囲
過渡状態（水素爆発等）：塑性変形

(2) ポンプ、弁、内燃機関

(3) 支持構造物

9.3.1.2.2 可搬型SAの容器等
法令、メーカ基準を確認

第2章 個別項目 40条

5 放射性廃棄物の廃棄施設

5.1.6 代替換気設備
常設SA設備：同時に発生する蒸発乾固及び水素爆発時の環境条件に耐える設計
セル導出設備：12vol%での水素爆発に耐える設計

7 その他再処理設備の附属施設

7.1.2 圧縮空気設備

7.1.2.3 代替安全圧縮空気系
常設SA設備：同時に発生する蒸発乾固及び水素爆発時の環境条件に耐える設計 + 12vol%での水素爆発に耐える設計

重大事故等対処設備に係る共通的な設計方針

重大事故等対処設備の設備別設計方針（共通要因故障に対する考慮、悪影響防止、個数及び容量、環境条件等、試験・検査）

重大事故等対処設備の個別設計方針

VI-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書

2. 重大事故等対処設備

2.4 環境条件等⇒SA時の環境条件（定常、過渡の両方）の特定

2.8 系統施設の設計上の考慮

2.8.4 放射性廃棄物の廃棄施設

2.8.4.1 気体廃棄物の廃棄施設

(1) 代替換気設備⇒個別設備に展開する環境条件の整理

2.8.6 その他再処理設備の附属施設

2.8.6.2 圧縮空気設備

(1) 代替安全圧縮空気系⇒個別設備に展開する環境条件の整理

条件変更を伴う設備に関する設定根拠を展開

VI-1-1-3 設備別記載事項の設定根拠に関する説明書
新設設備、条件変更設備の温度、圧力の設定根拠の説明（健全性説明書を引用）

仕様表（最高使用温度、最高使用圧力）

仕様表記載数値の根拠

V-1-1 強度及び耐食性に関する設計の基本方針

V-1-2 強度及び耐食性に関する評価方針

V-1-3 強度計算及び強度評価書作成の基本方針

V-1-3-1 安全機能を有する施設の容器等及び常設重大事故等対処設備の容器等の計算書作成の基本方針

別紙1 容器の公式による評価

別紙2 管の公式による評価

別紙3 機器の解析による評価

V-1-3-2 可搬型重大事故等対処設備の容器等の評価書作成の基本方針

V-2 再処理施設の強度計算書及び強度評価書

V-2-1 評価条件整理表

V-2-2 強度計算書及び強度評価書

Ⅲ-2 放射線分解により発生する水素による爆発に対処するための設備に関する説明書

前提（系統構成）の整理内容をインプット

「V-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」への展開

V-1-1-4 安全機能を有する施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書

2. 重大事故等対処設備

2.1 概要

2.2 重大事故等対処設備に対する設計方針

2.3 多様性, 位置的分散, 悪影響防止等

2.4 環境条件等

⇒環境条件等を踏まえた重大事故等対処設備の設計方針を示す。

○SA設備:

- ・想定される重大事故等が発生した場合における温度, 圧力, 湿度, 放射線及び荷重を考慮し, その機能が有効に発揮できるよう, その設置場所(使用場所)及び保管場所に応じた耐環境性を有する設計とする。

- ・同一建屋内において同時に発生を想定する蒸発乾固及び水素爆発に対して, これらの重大事故等に対処するための重大事故等対処設備は, 系統的な影響を受ける範囲において互いの重大事故等による温度, 圧力, 湿度, 放射線及び荷重に対して, 重大事故等への対処に必要な機能を損なわない設計とする。

- ・具体的な環境条件の特定

○水素爆発の発生を想定する機器:

- ・瞬間的に上昇する内部流体温度及び内部流体圧力の影響により重大事故等への対処に必要な機能を損なわない設計とする。

- ・具体的な環境条件の特定

2.5 操作性及び試験・検査性

2.6 地震を要因とする重大事故等に対する施設の耐震設計

2.7 可搬型重大事故等対処設備の内部火災に対する防護方針

2.8 系統施設毎の設計上の考慮

2.8.1 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設

2.8.2 再処理設備本体

2.8.3 計測制御系統施設

2.8.3.1 計装設備

2.8.3.2 代替可溶性中性子吸収材緊急供給回路

2.8.3.3 重大事故時可溶性中性子吸収材供給回路

2.8.3.4 重大事故時供給停止回路

2.8.3.5 制御室

<凡例>

赤字: 材料構造 (耐圧) に関連する項目

青字: 説明内容

(続き)

2.8.4 放射性廃棄物の廃棄施設

2.8.4.1 気体廃棄物の廃棄施設

(1) 代替換気設備

⇒蒸発乾固との同時発生, 12vol%での水素爆発による瞬間的に上昇する温度及び圧力の影響を考慮しても必要な機能を損なわない設計方針について示す。

- ・代替換気設備の常設重大事故等対処設備は, 同時に発生するおそれがある冷蒸発乾固及び水素爆発による温度, 圧力, 湿度, 放射線及び荷重に対して, 重大事故等への対処に必要な機能を損なわない設計とする。

- ・セル導出設備の常設重大事故等対処設備は, 水素爆発の発生を仮定する機器における水素濃度12vol%での水素爆発に伴う瞬間的に上昇する温度及び圧力の影響を考慮しても, 放射性物質の閉じ込め機能 (放出経路の維持機能) を損なわない設計とする。

- ・過渡状態 (水素爆発等) において, 形状寸法管理機器等の経路維持以外の安全機能を有するSA設備は弾性範囲に, それ以外の機器については, 破断や開口に至る塑性変形が生じない設計とする。

2.8.5 放射線管理施設

2.8.6 その他再処理設備の附属施設

2.8.6.1 電気設備

2.8.6.2 圧縮空気設備

(1) 代替安全圧縮空気系

⇒蒸発乾固との同時発生, 12vol%での水素爆発による瞬間的に上昇する温度及び圧力の影響を考慮しても必要な機能を損なわない設計方針について示す。

- ・代替安全圧縮空気系の常設重大事故等対処設備は, 同時に発生するおそれがある冷却機能の喪失による蒸発乾固及び水素爆発による温度, 圧力, 湿度, 放射線及び荷重に対して, 重大事故等への対処に必要な機能を損なわない設計とする。

- ・代替安全圧縮空気系の常設重大事故等対処設備は, 放射線分解により発生する水素による爆発の発生を仮定する機器の気相部における水素濃度ドライ換算12vol%で爆発が発生した場合による瞬間的に上昇する温度及び圧力の影響を考慮しても, 重大事故等への対処に必要な機能を損なわない設計とする。

- ・過渡状態 (水素爆発等) において, 形状寸法管理機器等の経路維持以外の安全機能を有するSA設備は弾性範囲に, それ以外の機器については, 破断や開口に至る塑性変形が生じない設計とする。

2.8.6.3 給水処理施設

2.8.6.4 冷却水設備

2.8.6.5 補機駆動用燃料補給設備

2.8.6.6 放出抑制設備

2.8.6.7 緊急時対策所

2.8.6.8 通信連絡設備

「V-1-1 強度及び耐食性に関する設計の基本方針」への展開

V-1-1 強度及び耐食性に関する設計の基本方針

1. 概要

2. 材料及び構造の基本方針

2.1 材料設計

⇒安有・SA設備の容器等の使用条件に対する材料の方針を示す。

- ・安有・SA設備の容器等は、その使用される圧力、温度、荷重、腐食環境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設計とする。

2.2 構造設計

2.2.1 使用される圧力、温度、荷重、腐食環境その他の使用条件の整理

⇒各強度計算書への導入として、評価条件整理表にて整理することを説明する。

- ・既認可条件から変更がない設備と、変更がある設備に分類される旨を説明。

2.2.2 安全機能を有する施設の容器等及び常設重大事故等対処設備の容器等

2.2.2.1 既認可条件から変更がない設備

(1)容器及び管

⇒安有の容器等の容器及び管の構造に関する設計方針を示す。

詳細については、「V-1-2 強度及び耐食性に関する評価方針」にて展開する。

- ・安有の容器等の容器及び管（ダクトは除く。）は、最高使用圧力、最高使用温度及び機械的荷重が負荷されている状態において、全体的な変形を弾性域に抑える及び座屈が生じない設計とする。
- ・安有の容器等のダクトは、延性破断に至る塑性変形を生じない設計とする。
- ・安有の容器等の伸縮継手は、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設計とする。

(2)ポンプ、弁及び内燃機関

⇒安有の容器等のポンプ、弁及び内燃機関（燃料系を含む。）の構造に関する方針を示す。

- ・安有の容器等のポンプ、弁及び内燃機関（燃料系を含む。）は、全体的な変形を弾性域に抑える及び座屈が生じない設計とする。
- ・ポンプ、弁は、配管の必要肉厚以上の肉厚を確保する設計とする。（配管の評価については、「V-1-2 強度及び耐食性に関する評価方針」にて展開する。）
- ・内燃機関は、火力基準を満足するものを使用する設計とする。

(3)支持構造物

⇒安有の容器等の支持構造物の構造に関する方針を示す。

安有の容器等の支持構造物は、延性破断及び座屈が生じない設計とする。（計算方法は耐震評価と同じであり、地震荷重が支配的であることから、「IV 耐震性に関する説明書」にて説明する。）

(続き)

2.2.2.2 既認可条件から変更がある設備

(1)容器及び管

⇒安有・常設SA設備の容器等の容器及び管の構造に関する設計方針を示す。

詳細については、「V-1-2 強度及び耐食性に関する評価方針」にて展開する。

- ・安有・常設SA設備の容器等の容器及び管（ダクトは除く。）は、最高使用圧力、最高使用温度及び機械的荷重が負荷されている状態において、全体的な変形を弾性域に抑える及び座屈が生じない設計とする。
- ・過渡状態（水素爆発等）において、形状寸法管理機器等の経路維持以外の安全機能を有するSA設備は弾性範囲に、それ以外の機器については、破断や開口に至る塑性変形が生じない設計とする。
- ・安有・常設SA設備の容器等のダクトは、延性破断に至る塑性変形を生じない設計とする。
- ・安有・常設SA設備の容器等の伸縮継手は、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設計とする。

(2)ポンプ、弁及び内燃機関

⇒安有・常設SA設備の容器等のポンプ、弁及び内燃機関（燃料系を含む。）の構造に関する方針を示す。

- ・安有・常設SA設備の容器等のポンプ、弁及び内燃機関（燃料系を含む。）は、全体的な変形を弾性域に抑える及び座屈が生じない設計とする。
- ・ポンプ、弁は、配管の必要肉厚以上の肉厚を確保する設計とする。（配管の評価については、「V-1-2 強度及び耐食性に関する評価方針」にて展開する。）
- ・内燃機関は、火力基準を満足するものを使用する設計とする。

(3)支持構造物

⇒安有・常設SA設備の容器等の支持構造物の構造に関する方針を示す。

安有・常設SA設備の容器等の支持構造物は、延性破断及び座屈が生じない設計とする。（計算方法は耐震評価と同じであり、地震荷重が支配的であることから、「IV 耐震性に関する説明書」にて説明する。）

2.2.3 可搬重大事故等対処設備の容器等

⇒可搬SAの容器等の構造に関する基本方針に説明する。

詳細については、「V-1-2 強度及び耐食性に関する評価方針」にて展開する。

2.3 主要な溶接部

⇒安有・SA設備の容器等の主要な溶接部の設計方針を示す。

3. 耐圧試験等

⇒安有・SA設備の容器等の耐圧試験等に関する方針を示す。

<凡例>

赤字：材料構造（耐圧）に関連する項目

青字：説明内容

「V-1-2 強度及び耐食性に関する評価方針」への展開

V-1-2 強度及び耐食性に関する評価方針

1. 概要

2. 強度評価方針

2.1 安全機能を有する施設の容器等及び常設重大事故等対処設備の容器等

⇒弾性範囲で抑えるものと、塑性変形まで許容するものがあることを説明する。

・安有・常設SA設備の容器等の評価方針について以下それぞれ説明する。

(1) 公式による評価

・既認可からの条件変更がない設備は、既認可から変更がない旨を説明。

・既認可からの条件変更がある設備は、従来の告示による方法と設計・建設規格の方法を比較し、保守的な結果を与える方法を採用することを説明する。

(新設SA設備も同様)

(2) 解析による評価

・既認可からの条件変更がない設備は、既認可から変更がない旨を説明。

・既認可からの条件変更がある設備は、評価方法を説明する。(新設SA設備も同様)

2.2 可搬型重大事故等対処設備の容器等

⇒可搬型SA設備の容器等の評価方針について説明する。

「V-1-3 強度計算及び強度計算書作成の基本方針」への展開

V-1-3 強度計算及び強度計算書作成の基本方針

⇒各強度計算書への導入として、評価条件整理表にて整理することを説明する。

「V-1-3-1 安全機能を有する施設の容器等及び常設重大事故等対処設備の容器等の計算書作成の基本方針」への展開

V-1-3-1 安全機能を有する施設の容器等及び常設重大事故等対処設備の容器等の計算書作成の基本方針

⇒安有・常設SA設備の容器等の具体的な計算式等について以下それぞれ説明する。

別紙1 容器の公式による評価

別紙2 管の公式による評価

別紙3 容器及び管の解析による評価

「V-1-3-2 可搬型重大事故等対処設備の容器等の評価書作成の基本方針」への展開

V-1-3-2 可搬型重大事故等対処設備の容器等の評価書作成の基本方針

⇒可搬型SA設備の容器等の具体的な計算式等について説明する。

<凡例>

赤字：材料構造（耐圧）に関連する項目

青字：説明内容

<材料及び構造に係る類型化>

